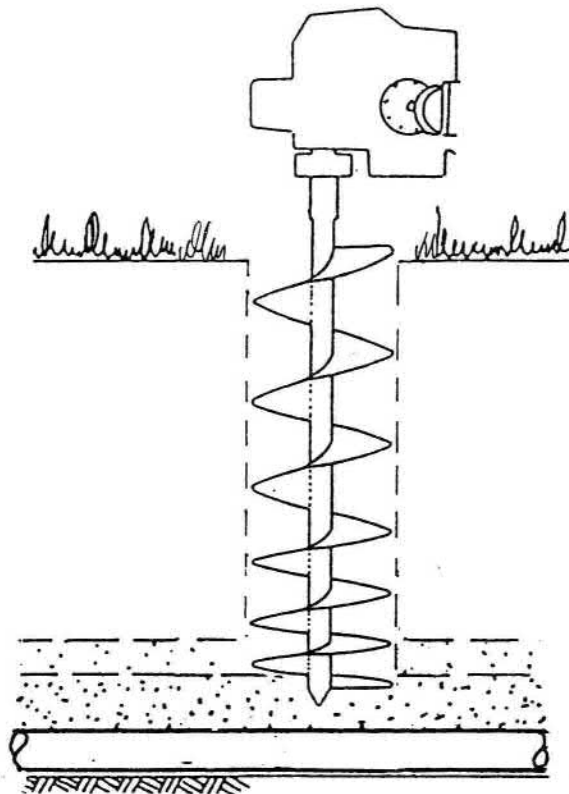


HELSINGIN YLIOPISTO
MAATALOUSTEKNOLOGIAN LAITOS

TUTKIMUSTIEDOTE N:O 51

MARKKU PUUSTINEN
RISTO VARIS
TARMO LUOMA

SALAOJEN TOIMINTAHÄIRIÖIDEN
KORJAUS SAVI- JA TURVEMAILLA



1987

Ulla U.

HELSINGIN YLIOPISTO

MAATALOUSTEKNOLOGIAN LAITOS

Tutkimustiedote n:o 51

S A L A O J I E N T O I M I N T A H Ä I R I Ö I D E N
K O R J A U S S A V I - J A T U R V E M A I L L A

Solutions for Subsurface Drainage Malfunctions
on compacted clay and peat soils.

Puustinen, Markku
Varis, Risto
Luoma, Tarmo
1987

ISBN 951-45-4293-2

ISSN 0357-5799

ESISANAT

Salaojien toimintahäiriöt aiheuttivat Suomessa vilkasta keskustelua sateisina 1980-luvun alkuvuosina. Toimintahäiriöiden syiden selvittämiseksi käynnistettiin keväällä 1982 Helsingin yliopiston maatalousteknologian laitoksella tutkimus, joka päättyi keväällä 1985. Suurimmaksi ongelman aiheuttajaksi osoittautui veden virtauksen estyminen salaojien läheisyyteen. Yleensä veden virtaus salaojien läheisyyteen estyi peltomaan tiivistymisen seurauksena.

Kesällä 1984 aloitettiin Maa- ja metsätalousministeriön yhteistutkimusmäärärahojen ja Salaojakeskus ry:n taloudellisella tuella tutkimus tiivistymien aiheuttamien toimintahäiriöiden korjaamiseksi. Tavoitteena oli löytää taloudellisesti edullisia ratkaisukeinoja veden virtauksen varmistamiseksi salaojiin. Tutkimus jakaantui suoritustavaltaan kahteen osaan; perustettiin koekenttiä, joissa kokeiltiin erilaisia toimenpiteitä veden virtauksen edistämiseksi ja tutkittiin jo aikaisemmin suoritettujen korjaustoimenpiteiden vaikutuksia. Koekenttien perustamisesta vastasi agr. Markku Puustinen, joka on kirjoittanut raportin luvut 4, 6 - 8, 10 ja 11. Salaojakeskuksen alueinsinöörien suunnittelemien korjaustoimenpiteiden toimivuutta selvitti agr. yo Risto Varis. Hän on kirjoittanut raportin kirjallisuusosan luvut 2-3 ja koetuloksista luvun 9. Tutkimuksen suunnitteli ja ohjasi v.t. apul.prof. Tarmo Luoma, joka on kirjoittanut raportin johdanto-osan ja luvun 5 salaojituksen toimivuuden mittaamenetelmistä. Prof. Aarne Pehkonen toimi tutkimuksen käynnistäjänä ja antoi arvokkaita neuvoja kenttätutkimusten suorittamiseksi.

Tutkimuksen aikana olemme saaneet merkittävää apua erityisesti Salaojakeskuksen ja Maatalouden tutkimuskeskuksen henkilökunnalta. Johtaja Seppo Rusilan asiantuntija-avulla koekenttien suunnittelussa oli tutkimuksen onnistumisen kannalta ratkaiseva merkitys. Haluamme kiittää kaikkia viljelijöitä, jotka osallistuivat tutkimukseen, erityisesti heitä, joiden pelloille perustettiin koekenttiä. Viljelijöiden oma työpanos oli huomattava. Lisäksi haluamme kiittää Tii-

liteollisuusliitto ry:tä ja Ojamuovi Oy:tä käyttöömmme luovutetuista ojitusmateriaaleista samoinkuin Energiansäästö Oy:tä lainaamastaan kaapeliojan kaivuukoneesta.

Suoritetut korjaustoimenpiteet olivat tutkimushetkellä melko nuoria. Niiden tehokkuutta veden virtauksen edistäjänä seurattiin ainoastaan kahtena kasvukautena. Ojakaivantojen tiivistyminen vuosien kuluessa saattaa muuttaa korjausten toimivuutta ja rajoittaa saamiemme tulosten tulkintaa. Eri menetelmien suhteelliseen tehokkuuteen sillä tuskin kuitenkaan on vaikutusta. Tarkoituksemme on kuitenkin seurata perustetuilla koekentillä lähivuosina tapahtuvia muutoksia, jolloin pitempiaikainen toimintateho pystytään varmistamaan.

Helsingissä 07.05.1987

Tarmo Luoma

ABSTRACT

In the research projects described in this publication the aims have been to find methods how to solve such malfunctionary subsurface drainages caused by either compaction of the topsoil on heavy clays or by poor hydraulic conductivity of highly mouldered peatlands. On this basis some studies have been made to declare if the field suffering of underdrainage malfunction could be returned to a "normal" state in order to maintain the farming practises. Also comparison between the different solving methods have been studied to find the most effective and economical way to improve inadequate drainage.

On the heavy clays the most effective method to improve the drainage effect of compacted fields was to lay a completely new set of minor drains with gravel inlet spacing of about 10 meters. The high costs of this method limit the wider use of it. Almost similiar results were achieved by digging blind gravel inlets over the old minor drains with excavator digger. Due the high gravel consumption also this method tends to become an expensive one. Less severe drainage problems could be solved by renewing the blind gravel inlets with a tractor jointed post hole digger. The decreased use of gravel cuts down the price of this method per hectare.

In order to maintain the arability of the problematic peatlands there had to be used more severe and effective solving methods than on mineral soils. New minor drains in every old minor drain spacing seemed to be the only adequate enough method to guarantee the drainage efficiency on such soils.

As the drainage problems especially on peatlands seem to be quite complex, it is essential for future needs to carry on the study of finding valid methods for solving malfunctions of underdrainage.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	MAAN VESITALOUS SALAOJITUKSEN KANNALTA	3
2.1.	Veden kiertokulku	3
2.2.	Maaveden energiasuhteet	5
2.3.	Veden varastoituminen maahan ja kulkeutuminen salaojien läheisyyteen	8
3.	MAAPERÄN OMINAISUUDET SALAOJITUKSEN KANNALTA	12
3.1.	Maan rakenne	12
3.2.	Vedenpidätyskyky ja vedenläpäisevyys	14
3.2.1.	Tiiviit savimaat	14
3.2.2.	Turvemaat	19
3.3.	Maan tiivistymisalttius ja tiivistyminen	21
3.3.1.	Kivennäismaat	21
3.3.2.	Turvemaat	26
4.	OJAETAISYYTEEN JA -SYVYYTEEN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ	28
5.	SALAOJITUKSEN TOIMIVUUDEN MITTAUSMENETELMÄT	33
6.	TAVALLISIMMAT SALAOJIEN TOIMINTAHÄIRIÖT	37
7.	SALAOJIEN TOIMINTAHÄIRIÖIDEN KORJAUSMAHDOLLISUUKSISTA	42
8.	KOEJITUSTEN PERUSTAMINEN JA TUTKIMUSTULOKSET	46
8.1.	Koetila nro 1	47
8.1.1.	Kuivatusongelmat ja niiden korjaus	48
8.1.2.	Toteutus	56
8.1.3.	Seuranta ja tulokset	60
8.2.	Koetila nro 2	64
8.2.1.	Kuivatusongelmat ja niiden korjaus	64
8.2.2.	Toteutus	65

8.2.3.	Seuranta ja tulokset	67
8.3.	Koetila nro 3	68
8.3.1.	Kuivatusongelmat ja niiden korjaus	69
8.3.2.	Toteutus	71
8.3.3.	Seuranta ja tulokset	72
8.4.	Koetila nro 4	75
8.4.1.	Kuivatusongelmat ja niiden korjaus	75
8.4.2.	Toteutus	76
8.4.3.	Seuranta ja tulokset	77
9.	KÄYTÄNNÖN VILJELMILLÄ TEHDYT TUTKIMUKSET	79
9.1.	Tutkimusten suorittaminen ja aineisto	79
9.2.	Tutkimustulokset	83
9.2.1.	Taustatietoja tutkimustiloista ja ojastoista	83
9.2.2.	Kivennäismaiden tiivistymismittauk- set	86
9.2.3.	Kivennäismaiden viljelykelpoisuuden muutos	88
9.2.4.	Turvemaiden viljelykelpoisuuden muu- tos	90
9.2.5.	Korjausmenetelmien väliset erot ki- vennäismailla	92
9.2.6.	Korjausmenetelmien väliset erot turvemailla	94
10.	TULOSTEN TARKASTELU	98
10.1.	Kuivatusongelmien korjausmahdollisuudet käytännössä	100
10.2.	Korjausmenetelmien väliset erot	100
10.2.1.	Kivennäismailla	103
10.2.2.	Turvemailla	103
11.	TIIVISTELMÄ	105

KIRJALLISUUS

LIITTEET

1. JOHDANTO

Salaojitus on yksi olennaisin pellon perusparannusmuodoista. Toimintahäiriöisenä se ei kuitenkaan vastaa sille asetettuja vaatimuksia ja tällöin sen taloudelliset eivätkä muutkaan hyödyt voi muodostua täysimääräisiksi. Pellon viljelykelpoisuuden palauttaminen on tällöin tärkeää, mutta näistä toimenpiteistä aiheutuvat kustannukset eivät saa muodostua jo kerran salaojitetulle pellolle liian suuriksi.

Salaojakeskus ry teki vuonna -81 vikatarkastuksia yhteensä 824 ha:lla, josta varsinaista ongelma-aluetta oli 411 ha sekä vuonna -82 817 ha:lla, josta ongelma-aluetta oli vastaavasti 354 ha. Prosentteina ilmaistuna ongelmallisten peltolohkojen pinta-ala olisi siten 2,5 % ja varsinaisen häiriöalueen pinta-ala 1,1 - 1,2 % keskimääräisestä 33 000 ha:n vuosiojituksesta laskettuna (PUUSTINEN ja PEHKONEN 1986). RISTOLAISEN (1982) tekemän selvityksen mukaan erilaisia salaojien toimintahäiriöitä esiintyy joka viidennellä salaojittaneella tilalla keskim. 5 %:lla salaojitetusta pinta-alasta. Tämän perusteella salaojien toimintahäiriöiden määrä on viime vuosina vaihdellut vuosittain 2 - 4 %:n välillä keskimääräisestä vuosiojituksesta. Toimintahäiriöiden esiintymistiheyttä tai yleisyyttä ei voida esittää tarkemmin, koska peltojen kuivatustilaan vaikuttaa suuressa määrin kasvukauden aikainen säätila ja vuosivaihtelut voivat olla varsin suuria.

Helsingin yliopiston maatalousteknologian laitoksella ryhdyttiin yhteistyössä Salaojakeskuksen kanssa selvittämään salaojitettujen peltojen keskeisimpien kuivatusongelmien korjausmahdollisuuksia. Tässä tutkimuksessa keskityttiin toimintahäiriöihin, jotka ilmenivät veden pääsyn estymisenä salaojaputken läheisyyteen. Tämä toimintahäiriön ilmenemismuoto todettiin yleisimmäksi laitoksella aikaisemmin suoritettussa "Salaojien toimintahäiriöt" tutkimuksessa" (PUUSTINEN ja PEHKONEN 1986). Veden pääsy salaojaputken läheisyyteen estyi yleensä joko pellon pintakerroksen tai ajokaivannon tiivistymisen seurauksena.

Erilaisia toimintahäiriön korjausmahdollisuuksia etsittiin kenttäkokeilla, joita perustettiin käytännön maataloille sekä kivennäis- että turvemaille. Lisäksi selvitettiin Salaojakeskuksen suunnittelijoiden laatimien korjaustoimenpiteiden vaikutuksia haastatteleamalla tilojen omistajia ja mittaamalla pellon kantavuutta ja kosteuspitoisuuksia.

2. MAAN VESITALOUS SALAOJITUKSEN KANNALTA

2.1. Veden kiertokulku

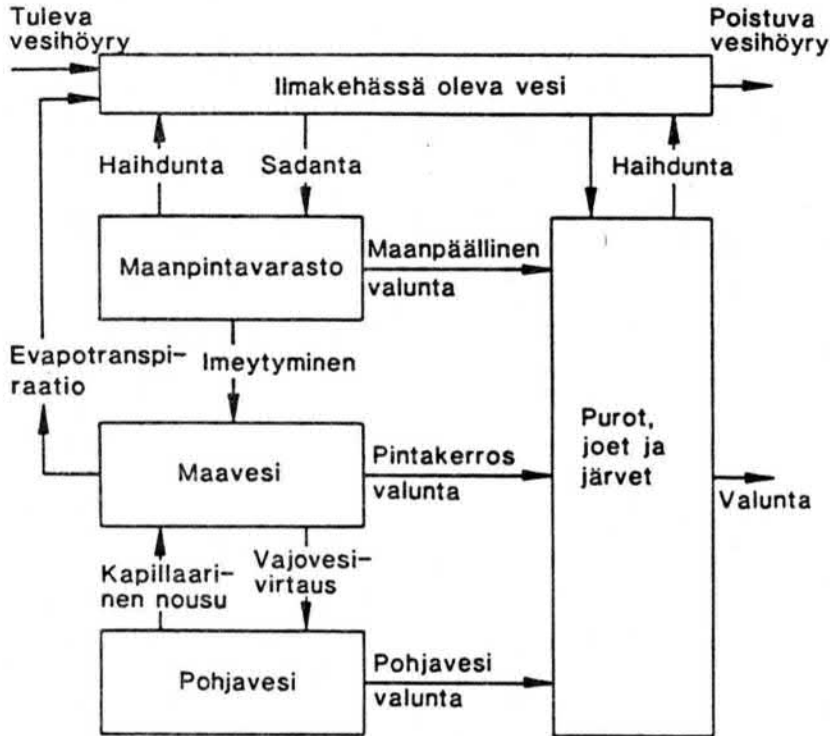
Luonnossa tapahtuu jatkuvaa veden kiertokulkua, joka käsittää joukon veden varastoitumisvaiheita ja näiden välisiä siirtymisvaiheita. Vettä varastoituu vesihöyrynä ilmakehään ja nesteenä meriin, mantereiden vesivarastoihin ja maaperään sekä myös kiinteässä muodossa lumi- ja jääpeitteeseen ja talvisin routana maaperään. Vastaavasti veden siirtymävaiheita ovat sadanta ja haihdunta sekä kosteuden kulkeutuminen ilmakehään ja valunta.

Mantereilla ja yksittäisillä valuma-alueilla kuten salaojitetuilla pelloilla veden kiertokulku tapahtuu pääpiirteis-
sään kuvion 1 mukaisesti.

Sateesta osa pidättyy kasvillisuuteen ja haihtuu siitä suurimmaksi osaksi takaisin ilmakehään. Maanpinnalle sateena tuleva vesi valuu osaksi vesiuomiin, kuten luonnossa puroihin sekä pelloilla sala- ja avo-ojiin. Tämä maaperällinen valunta on suurinta keväisin lumen sulaessa sekä rankkasateiden aikana. Tällöin maanpinnalle tuleva vesimäärä ylittää moninkertaisesti maanpinnalta poistuvan vesimäärän elimitymisen ja haihtumisen. Tämän johdosta loppuosa vedestä keräytyy lammikoihin maapinnalle, mikä ilmenee pelloilla ns. ilmivetenä notkoissa ja painanteissa (HOOLI ym. 1977, s. 18).

Pohjavedenpinnan ja maanpinnan välissä olevat vedet ovat maavettä. Maavesivarastoista osa valuu pintakerrosvaluntana vesiuomiin, mm. salaojiin, osa siirtyy pohjavesiin ja osa haihtuu suoraan (evaporaatio) tai kasvien kautta (transpiraatio) ilmakehään. Kasvukauden aikana juuri evapotranspiraatio (maan pinnalta, kasvien ilmaraoista ja kasvien pinnoilta tapahtuva haihtuminen) vaikuttaa eniten maan vesita-

louteen. Pohjavesivarastoista vedet valuvat pohjavesivaluntana vesistöihin ja osaksi kohoavat kapillaarisesti pohjavedenpinnan yläpuolelle maavetenä (HOOLI ym. 1977).



Kuvio 1. Veden kierto valuma-alueella (HOOLI ym. 1977, s. 18)

Kiertokulkukaaviosta kokonaisuutena voidaan todeta, että se kuvaa valuma-alueella keskimäärin tapahtuvia ilmiöitä. Yksityisestä sadetapahtumasta ei välttämättä seuraa muutoksia kaikissa kierron toiminnoissa, vaan tosiasialliset tapahtumat riippuvat siitä, missä tilassa kiertosysteemi kulloinkin on. Pienten kesäsateiden tuoma vesi haihtuu lähes välittömästi takaisin ilmakehään, jos maanpinta on kuiva ja etenkin, jos kasvipeite on tuuhea. Vastaavasti lumena satanut vesi aiheuttaa muutoksia kierron toiminnassa vasta sulamisen jälkeen (HOOLI ym. 1977).

2.2. Maaveden energiasuhteet

Maassa oleva vesi eli maavesi voidaan jakaa ja määrittellä energeettisin perustein taulukon 1. osoittamalla tavalla.

Taulukko 1. Maaveden energeettinen jako (ANON 1976, s. 130)

	Energeettinen jako	Määritelmä	Raja-arvon määritteet
Vapaa vesi	Vapaa painovoimavesi	Painovoiman vaikutuksesta vapaasti liikkuva vesi	Täysin vedellä kyllästynyt pF 0
	Kapillaarivesi	Pohjavesipinnan yläpuolella kapillaarivoimien vaikutuksesta esiintyvä vesi	Kenttäkapasiteetti pF 1,7 - 2,3
Sidon- naisvesi	Adsorptiovesi	Lähinnä elektrokineettisin voimin sitoutunut vaippavesi	Lakastumisraja pF 4,2
	Hydroskooppinen vesi	Ilman kosteuden mukaan määräytyvä vesivaippa	Ilmakuiva
Hiuk- kasvesi	Kidevesi	Molekyyleinä ionisidoksiin sitoutunut vesi	Uunikuiva 105 °C pF 7,0

Maavedellä on energiaa sen pienistä virtausnopeuksista johtuen käytännöllisesti katsoen vain sen verran kuin sillä on potentiaalienergiaa. Tämä maaveden potentiaalienergia muodostuu useista komponenteista, joista merkittävämpiä ovat seuraavat:

$$(1) \quad W_{tot} = W_g + W_p + W_{osm}$$

- W_{tot} = maaveden kokonaisenergia
 W_g = maaveden gravitaatioenergia
 W_p = maaveden paine-energia
 W_{osm} = maaveden osmoottinen energia

Maaveteen vaikuttaa siis maan vetovoima eli gravitaatio, jonka vaikutuksesta vesi liikkuu maaperässä alaspäin. Maaveteen vaikuttaa edelleen kaksi rajapintavoimaa: kapillaarivoima (nestekaasurajapinta) ja adheesiovoima (nestekiinteä ainerajapinta). Näiden voimien resultanttia kuvastaa kaavassa 1 maaveden paine-energia eli maaveden jännitys. Maaveden jännitys kuvastaa maaveden paine-energiaa pohjaveden pinnan yläpuolella samalla tavalla kuin hydrostaattinen paine pohjaveden pinnan alapuolella. Teoreettisen tasapainotilan vallitessa gravitaatio- ja paine-energia ovat yhtä suuret, mutta vastakkaismerkkiset. Tällöin veden liikkumista maassa ei siis esiinny. Maaveden osmoottisella energialla on merkitystä lähinnä vain juurten vedenottotapahtumissa, joten kokonaisenergian muodostumisen kannalta se on lähes merkityksetön (PÄIVÄNEN 1982).

Edellä mainitusta seuraa, että gravitaation vaikutuksesta maaperässä liikkuu vain se vesi, joka on sitoutunut maahan tai maahiukkasiin itseisarvoltaan pienemmällä voimalla kuin mitä on maan vetovoiman itseisarvo. Koska gravitaatio on pelto-olosuhteissa vakio, jää veden liikkeisiin vaikuttavaksi voimaksi veden vapaata virtausta vastustavat voimat, jotka vaihtelevat maalajin ja sen ominaisuuksien mukaan.

Maaveden jännitys ilmaistaan tavallisesti pF-arvolla, joka kuvaa sitä imua, mikä tarvitaan veden poistamiseksi maasta. pF-luku on kymmenjärjestelmän logaritmi sen vesipatsaan korkeudesta cm:nä ilmaistuna, joka aiheuttaa vastaavan imun. Maaveden jännitys voidaan esittää seuraavasti (PÄIVÄNEN 1982).

Vesipatsaan korkeus, cm H ₂ O	pF-arvo	kPa	Paine kg/cm ²
10	1	0,98	0,01
100	2	9,81	0,1
1000	3	98,1	1,0
10000	4	981,0	10,0

Kun maa on kastunut kyllästymispisteeseen ja liika vesi on saanut valua pois niin kauan, että valumisnopeus on olennaisesti vähentynyt, sanotaan maan olevan kenttäkapasiteettissa (VEIHMEYER ja HENDRICKSON 1950, s. 290). Määritelmä edellyttää veden vapaata suotautumismahdollisuutta maaprofiilissa alaspäin eli käytännössä syvällä olevaa pohjaveden pintaa. Turvemaille, joissa pohjaveden pinta on lähes aina lähellä maanpintaa, ei kenttäkapasiteettikäsite sellaisenaan siten sovelu (PÄIVÄNEN 1982).

Maavesi ei kenttäkapasiteetin vallitessa liiku, koska maaveteen vaikuttavat voimat, gravitaatioenergia ja paine-energia ovat keskenään tasapainossa. Kenttäkapasiteettia on kivennäismaiden vesitaloutta käsittelevissä tutkimuksissa käytetty yhtenä kasveille käyttökelpoisen vesimäärän indikaattorina. Turvemaille kenttäkapasiteettikäsite on tässäkin mielessä vailla merkitystä, koska juurikerroksen vesivarasto täydentyy kapillaarisesti pohjavedestä. Jos turvemaille tunnetaan pohjavedenpinnan syvyys, tunnetaan myös kyseessä olevan turvekerroksen kenttäkapasiteettia vastaava pF-jakautuma. Teoreettisen tasapainotilan vallitessa voidaan siis merkitä (AHTI 1972, ss. 106-108):

Etäisyys pohjavesipinnasta	Maaveden jännitys
cm	pF
10	1,00
50	1,70
100	2,00

Tämän vuoksi turvemaille pohjaveden ollessa lähellä maanpintaa, ovat tasapainotilaa vastaavat maaveden jännityksen arvot pieniä verrattuna kivennäismaille esitettyihin kenttäkapasiteetin arvoihin. On kuitenkin muistettava, että tämä teoreettinen tasapainotila muuttuu sateen tai haihdunnan seurauksena, jolloin maaveden jännitys joko laskee tai kasvaa.

Kuivatuksen ja kasvien kannalta kenttäkapasiteetin lisäksi lakastumisraja on toinen yleisesti käytetty, oleellinen raja-arvomääre (vrt. taulukko 1). Puhuttaessa lakastumisra-

jasta on maan vesipitoisuus niin pieni, etteivät kasvien juuret enää pysty irrottamaan siitä vettä (ANDERSSON ja WIKLERT 1972, s. 67). Kenttäkapasiteettia vastaa pF-luku 1,5 - 1,0 ja lakastumisrajaa pF 4,0 - 4,5.

2.3. Veden varastoituminen maahan ja kulkeutuminen salaojien läheisyyteen

Luonnossa maaveden energiaerot pyrkivät tasoittumaan. Maaperässä olevien vesien osalta tämä tarkoittaa sitä, että vesi virtaa pienenevän potentiaalin suuntaan. Pohjaveden osalta virtausnopeuden kuvaamiseen on käytetty nk. Darcyn lakia (VAKKILAINEN 1983, s. 52).

$$(2) \quad q = K \times H/L$$

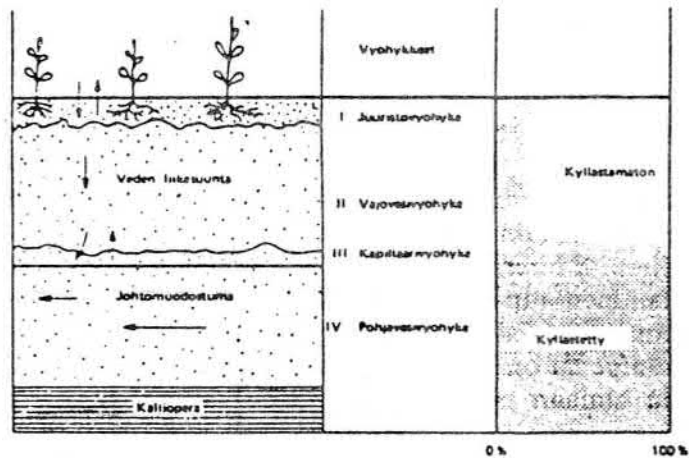
jossa q = veden virtausnopeus (cm/s)
 K = hydraulisen johtavuuden kerroin
 H/L = paineviivan kaltevuus

Kaavan 2 mukaan pohjaveden virtausnopeus on riippuvainen vesipintojen korkeuserosta, välimatkasta ja hydraulisesta johtavuudesta. Hydraulinen johtavuus K on taas riippuvainen maalajin ja veden ominaisuuksista. Maalajin ominaisuuksista vaikuttavat hydrauliseen johtavuuteen mm. huokosten muoto, koko ja lukumäärä sekä veden ominaisuuksista etenkin viskositeetti (SAAVALAINEN 1983, s. 47).

Sateena tai sulantana tuleva vesi imeytyy maahan niiden periaatteiden mukaisesti, joita edellisissä kappaleissa on esitetty. Vastaavasti maaperässä tapahtuvaa veden varastoitumista tarkasteltaessa voidaan maaperä jakaa vertikaalisuunnassa neljään toiminnallisesti erilaiseen vyöhykkeeseen kuvion 2 mukaan.

Pintakerroksen eli juuristovyöhykkeen vedenpidätyskyvyn ylittävä osa sadannasta vajoaa alaspäin välivyöhykkeeseen eli rajapintavyöhykkeeseen, joka on pintakerroksen tavoin vedellä kyllästämätön. Tämän kerroksen alla on kapillaarivyöhyke, jossa maa on veden pintajännityksen vaikutuksesta

vedellä lähes kyllästetty. Alempana maaperän vesien vyöhykkeenä on täysin kyllästetty pohjavesivyöhyke (HOOLI ym. 1977). Näiden vyöhykkeiden rajat vaihtuvat mm. maalajin ja maaperän kosteusolojen mukaan ja ääritapauksissa pohjavesi yltää maanpintaan asti. Lisäksi erilaisia kerroksia sisältävässä maaperässä saattaa esiintyä useita vedellä kyllästettyjä tasoja. Esimerkiksi vettä johtavien kerrosten välissä saattaa olla läpäisemättömiä savilinssejä, joiden päälle muodostuu vedellä kyllästynyt kerros (HOOLI ym. 1977). Myös kyntöanturan tapaista tiivistynyttä maakerrosta voidaan pitää tällaisena veden virtausta muuttavana vyöhykkeenä (vrt. kuvio 4.)



Kuvio 2. Maaperän kosteusvyöhykkeet (HOOLI ym. 1977)

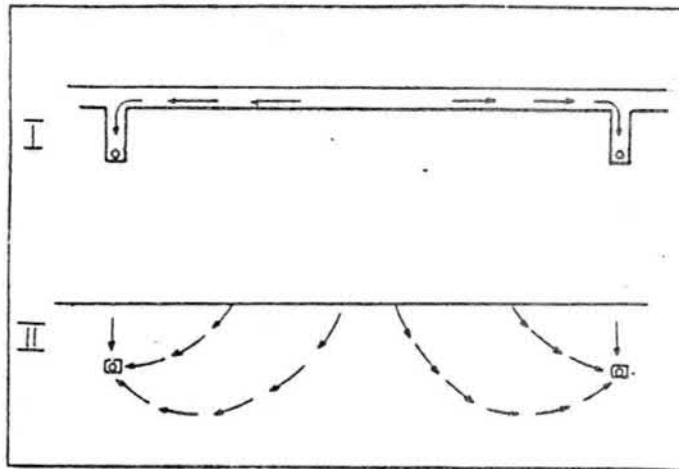
Kapillaarivesivyöhykkeen korkeus riippuu HOOLIn ym. (1977) mukaan maalajin kapillaarisesta nousukorkeudesta, joka hienoilla maalajeilla voi olla teoreettisesti jopa kymmeniä metrejä. Kapillaarisen veden vaikutus maaperän pintakerroksen kosteussuhteisiin riippuu myös kapillaarisesta nousunopeudesta, joka hidastuu raekoon pienetessä.

Pohjavesi muodostuu maahan imeytyneestä sade- tai sulamisvedestä. Pohjavesi on jatkuvassa, hitaassa liikkeessä, jonka suunnan ja nopeuden määräävät pohjaveden pinnan kaltevuus ja

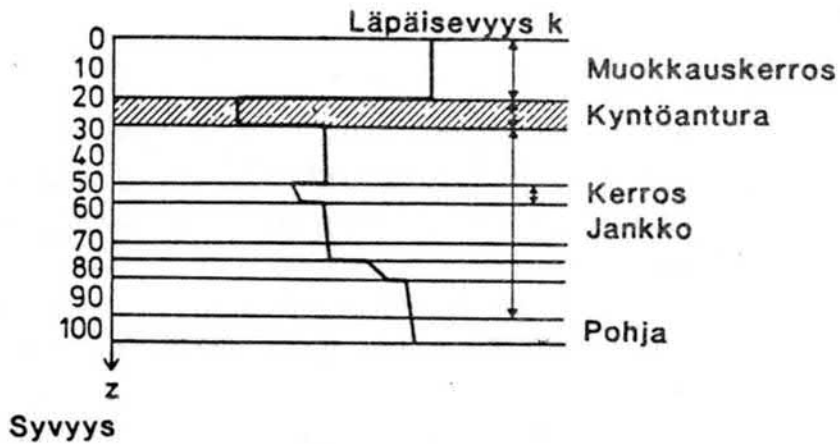
maaperän vedenläpäisyvyys (HOOLI ym. 1977). Pohjaveden korkeus vaihtelee sadannan ja haihdunnan vaihteluja seuraten. Pohjaveden pinnan korkeus vaikuttaa olennaisesti mm. pellon kantavuuteen.

Maaperän vedet luokitellaan sitoutumisvoimiensa perusteella huokos- ja hiukkasvesiin. Hiukkasvedet ovat sitoutuneet maan hiukkasiin niin suurella voimalla, etteivät ne ole kasvien käytettävissä. Huokosvedet jakaantuvat sitoutuneisiin ja vapaisiin vesiin. Kuivatuksella voidaan maaperästä poistaa ainoastaan vapaa vesi eli gravitaation vaikutuksesta maaperässä liikkuva vesi. Vapaita vesiä ovat maanpinnan ilmivedet, lyhytaikaisesti sateiden jälkeen pintakerroksesta alaspäin hitaasti liikkuvat vajovedet sekä pohjavesi (HOOLI ym. 1977). Sitoutunut huokosvesi on varastoitunut kapillaarisesti vesihuokosiin ja adsorptoitumalla huokosten pintaan.

Vesi virtaa pellon pintakerroksista (pienemmän potentiaalinsuuntaan) kohti salaojia edellä esitettyjen periaatteiden mukaan. Tarkasteltaessa tätä veden kulkeutumisreittiä lähemmin voidaan erottaa kaksi eri toimintatapaa, jotka jakaantuvat lähinnä maalajin mukaan. Karkeissa tai hyvin vettä läpäisevissä maissa vesi vajoaa maan pinnalta lähes kohtisuoraan maan sisään ja kulkeutuu sitten salaojien läheisyyteen potentiaaliviivojen määrittämää uraa pitkin. Tiiviillä ja heikosti vettä läpäisevillä mailla vesi kulkeutuu muokkauskerroksen ruokamultaosassa lähes pystysuoraan, mutta liikkuu sen jälkeen pääosin tiiviin maakerroksen tai kyntöanturan päällä ja hakeutuu salaojan läheisyyteen lähemmän salaojakaivannon kautta (kuvio 3.).



Kuvio 3. Veden kulkeutuminen salaojien läheisyyteen tiiviillä (I) ja hyvin läpäisevillä mailla (II) (SAAVALAINEN 1982)



Kuvio 4. Periaatteellinen esitys läpäisevyyden vaihtelusta pellon maaprofiilissa (SAAVALAINEN 1983)

Käytännössä veden virtaus ei kuitenkaan tapahdu kaavamaisesti edellä esitetyn mukaan. Löyhät maat ovat harvoin homogeenisia. Lisäksi maaperä on usein kerroksellista, jolloin vedenläpäisevyys vaihtelee eri kerroksissa ja kuviossa 3 esitetyt virtausviivat muodostuvatkin varsin epäsäännöllisiksi (kuvio 4.).

3. MAAPERÄN OMINAISUUDET SALAOJITUKSEN KANNALTA

3.1. Maan rakenne

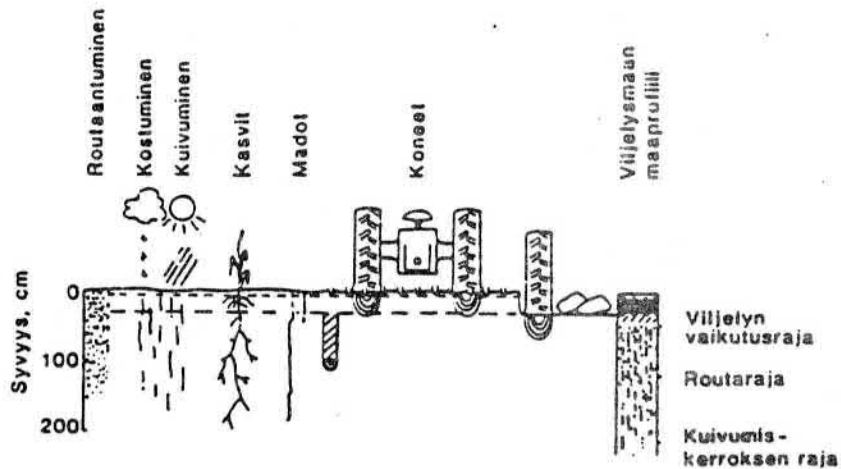
Maan rakenteella (strukturi) tarkoitetaan sitä tapaa, jolla maan yksittäiset partikkelit ovat kerrostuneet ja liittyneet toisiinsa. Karkearakeisissa maissa rakeet ovat yksittäin ja kyseessä on ns. hiukkeinen rakenne. Savimaassa primääripartikkelit ovat liittyneet toisiinsa muodostaen ns. mururakenteen, jonka syntymisessä ja säilymisessä etenkin humuksen määrällä ja maan raakoostumuksella (tekstuuri) on merkittävä vaikutuksensa (SAAVALAINEN 1983). Mururakenne edellyttää, että maassa on riittävän suuri määrä kolloidisia aineksia, jotka sitovat muruissa olevat hiukkaset yhteen. Mururakenteen syntyminen ja säilyminen riippuu myös kosteus-suhteista ja maan mikroelämästä. Ihanteellisessa mururakenteessa pääosa maa-aineksesta on ryhmittynyt 1 - 5 mm:n läpimittaisiksi muruiksi, jotka kestävät sadepisaroiden iskut ja vedessä liottamista sekä ovat huokoisia.

Etenkin tiiviiden savimaiden kuivatuksen kannalta tätä edellä kuvattua mikrostruktuuria tärkeämpi tekijä on ns. makrostrukturi, joka sisältää mikrostruktuurin ohella myös rouhdan ja kuivumisen aiheuttamat onkalot ja halkeamat sekä juurten ja matojen tekemät reiät (ns. sekundääri- l. makrohuokokset). Maan pintakerroksen synnyttämistä fysikaalisista tapahtumista mainittavia ovat routa ja kuivumiskutistuminen, biologisista tapahtumista taas juurten ja matojen tekemät reiät. Näiden luonnon omien prosessien lisäksi rakenteeseen vaikuttavat oleellisesti kuivatus- ja viljelytoimenpiteet (ERIKSSON ym. 1974, s. 10-11) (kuvio 5.).

Pellon kuivatuksen kannalta huokosten kokojakauma kuvaa parhaiten maan vedenläpäisyominaisuuksia. Huokokset jaetaan kokonsa puolesta seuraavasti (ANON 1982, s. 29):

makrohuokokset l. ilmahuokokset	$\phi > 30 \mu\text{m}$
keskihuokokset l. vesihuokokset	$\phi 0,2 - 30 \mu\text{m}$
mikrohuokokset	$\phi < 0,2 \mu\text{m}$

Ilmahuokokset ovat maan hengityksen kannalta välttämättömiä. Sadevedet imeytyvät maahan vain ilmahuokosten kautta. Vesihuokokset ovat kasvien veden saannille välttämättömiä, koska ilmahuukosissa vesi ei pysy ja mikrohuukosiin varastoitunutta vettä kasvit eivät pysty käyttämään. Mikrohuukokset vaikuttavat lähinnä maan plastisuuteen, takertuvuuteen ja kovuuteen.



Kuvio 5. Maan rakenteeseen vaikuttavia tekijöitä (ERIKSSON ym. 1974)

Eloperäisten maiden rakenne poikkeaa huomattavasti kivennäismaiden rakenteesta. Eloperäiset maat jaetaan eri maalajeihin sen aineksen mukaan, josta ne ovat syntyneet. Turve on syntynyt sammalten, sarojen ja ruohojen jätteistä. Eri kasvilajien ja niiden maatumisasteen mukaan turve jaetaan eri turvelajeiksi (KESO 1951, s. 73).

Turpeen rakenteen määrää sen kasvin rakenne, josta ao. turve on muodostunut. Esim. rahkaturpeen kyky imeä ja varastoida vettä hyvin perustuu sammalten varsipinnan ja lehdissä olevien rakkosolujen toimintaan (PUUSTJÄRVI 1973, s. 41).

Eloperäisen maan kaikki rakenneosaset eivät ole kestäviä. Huokoisuus riippuu toisiinsa liittyvistä hiukkasista, muruista ja näiden murujen vedenkestävyydestä. Laboratorionkokeissaan PUUSTJÄRVI (1975, s. 579) on lisäksi havainnut,

että turpeen rakenne riippuu myös siinä kasvavien kasvien kasvuvaiheesta, ts. kasvukauden ajankohdasta.

Turpeen ominaisuudet määräytyvät yhtäältä kasvijäännöskoostumuksen (turvelaji) ja toisaalta maatuneisuuden mukaan. Turvelaji heijastaa lähinnä ravinteisuutta. Turpeen fyysisiä ominaisuuksia määrää lähinnä maatuneisuus ja sitä enemmän mitä maatuneempaa turve on (PÄIVÄNEN 1982). Maatumisessa kasviaines pilkkoutuu pieneliöstön aiheuttaman kemiallisen hajaantumisen seurauksena tai mekaanisesti hienontumalla (PUUSTJÄRVI 1973, s. 20-21). Maatuminen vaikuttaa eri tavalla eri turvelajeihin. Rahkaturpeen kuivatilavuuspaino kasvaa selvästi maatumisen edistyessä, saraturpeen muutokset kuivatilavuuspainossa eivät ole yhtä suuria (KORPIJAAKKO ym. 1981, s. 40). Vastaavasti kuivatilavuuspainolla on oleellinen merkitys turpeen vedenpidätyskykyyn (PÄIVÄNEN 1982) (Vrt. kpl. 3.2.2.).

3.2. Vedenpidätyskyky ja vedenläpäisevyys

3.2.1. Tiiviit savimaat

Edellä jo käsiteltiin maan huokoisuuden vaikutusta savimaiden vedenläpäisyominaisuuksiin. Kuivatuksen kannalta on tärkeintä säilyttää yhtenäinen makrohuokosverkosto. Salaojituksen yhteydessä suuria huokosia muodostuu maahan vanhojen avo-ojien umpeen kynnön ja salaojakaivannon täytön seurauksena. Salaojathan kaivetaan yleensä leikkaamaan avo-ojia, jotka kynnetään umpeen. Sekä salaojan että avo-ojan kohdalla maa jää ympäristöään löyhemmäksi ja näin syntyy pellolle verkosto, jossa huokokset ovat suuria ja tarjoavat vedelle kulkutien salaojan läheisyyteen.

Makrohuokosten merkitys käy ilmi, kun ajatellaan, että rae-koostumuksesta johtuva hydraulinen johtavuus säätelisi veden suotautumista maan läpi. Tällöin tilanne savipelloilla muodostuisi viljelyn kannalta toivottomaksi, sillä esim. 10 mm:n vesimäärän valuminen ojaan kestäisi savipelloilla yli 100 vuorokautta (vrt. taulukko 2).

ANDERSSON ja WIKLERT (1972, s. 43) ovat osoittaneet, että maan vedenläpäisevyys on suoraan verrannollinen huokosten lukumäärään ja huokossäteen neljänteen potenssiin. Tämä merkitsee mm. sitä, että yksi huokonen johtaa vettä yhtä paljon kuin 10 000 kpl sellaista huokosta, joiden halkaisija on 1/10 vertailuhuokosten halkaisijasta. Tämän perusteella voidaan sanoa, että makrohuokokset määräävät jokseenkin täydellisesti savipellon todellisen vedenläpäisevyyden.

Taulukko 2. Eräiden maalajien hydrauliset johtavuudet
(SAAVALAINEN 1983)

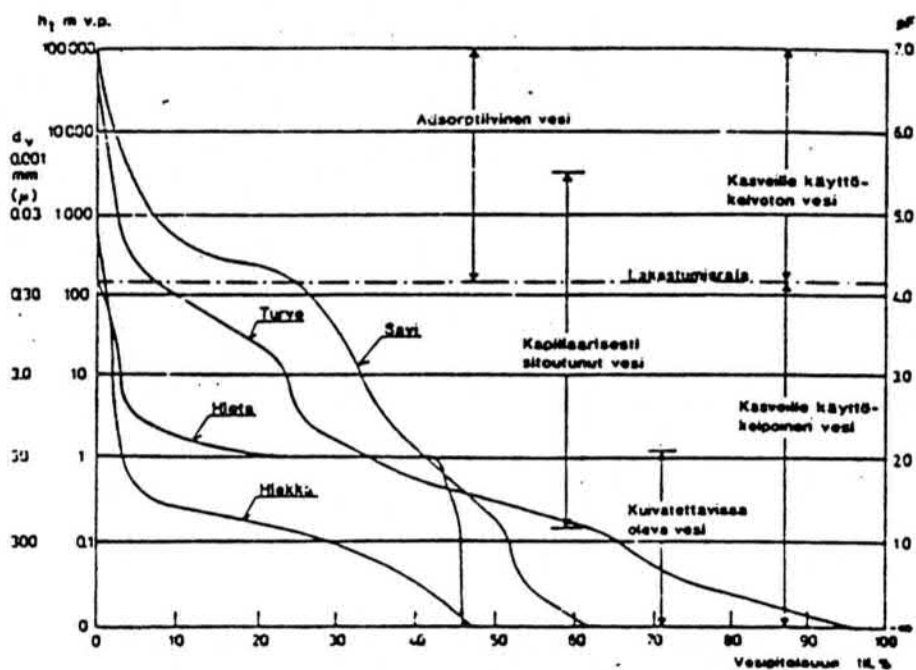
Maalaji	K (cm/s)
sora	10,0 - 0,1
karkea hiekka	1,0 - 0,01
hiekkä	0,1 - 0,001
karkea hieta	10^{-2} - 10^{-4}
hieno hieta	10^{-3} - 10^{-5}
hiesu	10^{-4} - 10^{-6}
savi	$\leq 10^{-6}$

Maan kyky varastoida vettä ja veden maahan sitoutumisen voimakkuus ovat ominaisuuksia, joiden vaikutus salaojituksen toimivuuteen ja kasvien kasvuun on huomattava. Maan kyvystä sitoa vettä saadaan parhaiten käsitys vedenpidätyskäyrän avulla (vrt. kuvio 6). Veden sitoutumisen voimakkuus riippuu maalajista ja maan kosteudesta. Kuivaan maahan vesi on sitoutunut voimakkaammin kuin märkään maahan (ANDERSSON ja WIKLERT 1972, s. 69).

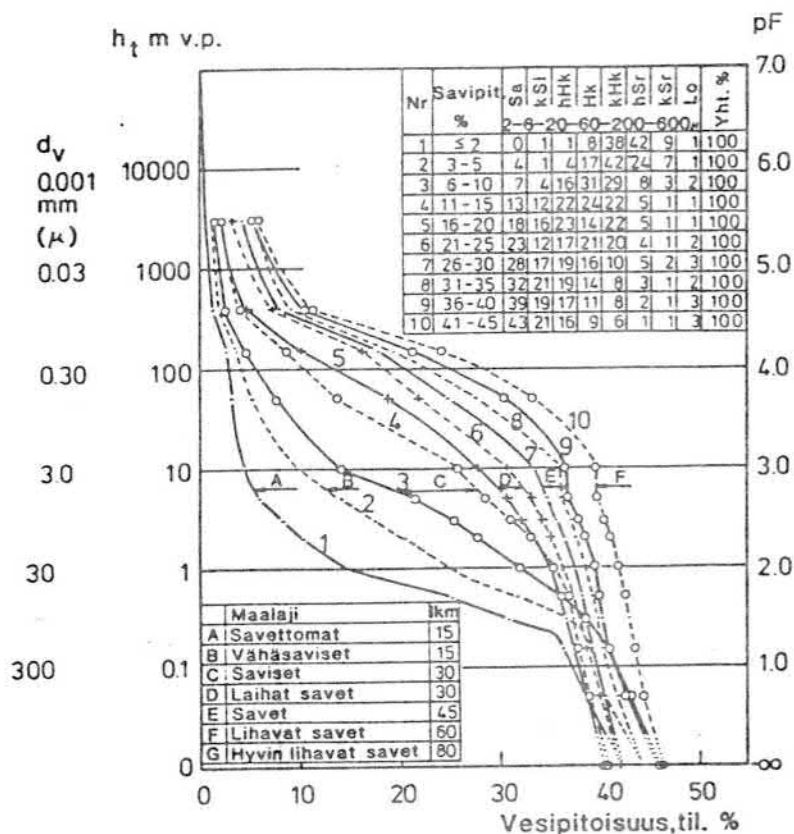
Kuivatettavissa oleva vesi on sitoutunut maahan voimalla, jonka yläraja vastaa 1 m v.p. (pF₂). Kasveille käyttökelpoista vettä on lakastumisrajan ja kuivatettavissa olevan veden välinen alue.

Vedenpidätyskäyrä kuvaa myös maan huokosjakautumaa. Kuvion 6 koordinaatiston yhtenä akselina on vesipitoisuus ja toisena imu, jota usein ilmaistaan vesipatsaan korkeutena (hf). Tämän hf-asteikon ja sen vierelle sijoitetun dv-asteikon välillä vallitsee yhteys $hf = 0,30/dv$, mikä tarkoittaa mm.

että metrin kuivatussyvyys poistaa veden näin ollen pinta-kerroksen huokosista, joiden halkaisija on 0,03 mm tai tätä suurempi. Näissä huokosissa ilma korvaa poistuvan veden. Mikäli yhtenäinen makrohuokossysteemi mm. tiivistymisen johdosta puuttuu, on kuivatuksella poistuvan veden määrä tällöin etenkin savimailla vähäinen ja riski pellon liikakostumiseen kasvaa. Asia voidaan myös ilmaista siten, että suuri savipitoisuus merkitsee pieniä huokosia, joihin vesi on lujasti sitoutunut. ANDERSSON ja WIKLERT (1972, s. 137) esittävät tätä koskevat tutkimustuloksensa mm. kuvioiden 7 ja 8 tapaan. Kuvioiden mukaan maan vedensitoutumisominaisuudet muuttuvat säännönmukaisesti savipitoisuuden kasvaessa. Esim. savipitoisuuden kohoaminen n. 10 % osuuteen vähentää kuivattavissa olevan veden määrää selvästi.



Kuvio 6. Eräiden maiden vedenlöpäisevyyskäyriä (ANDERSSON ja WIKLERT 1972, s. 69).

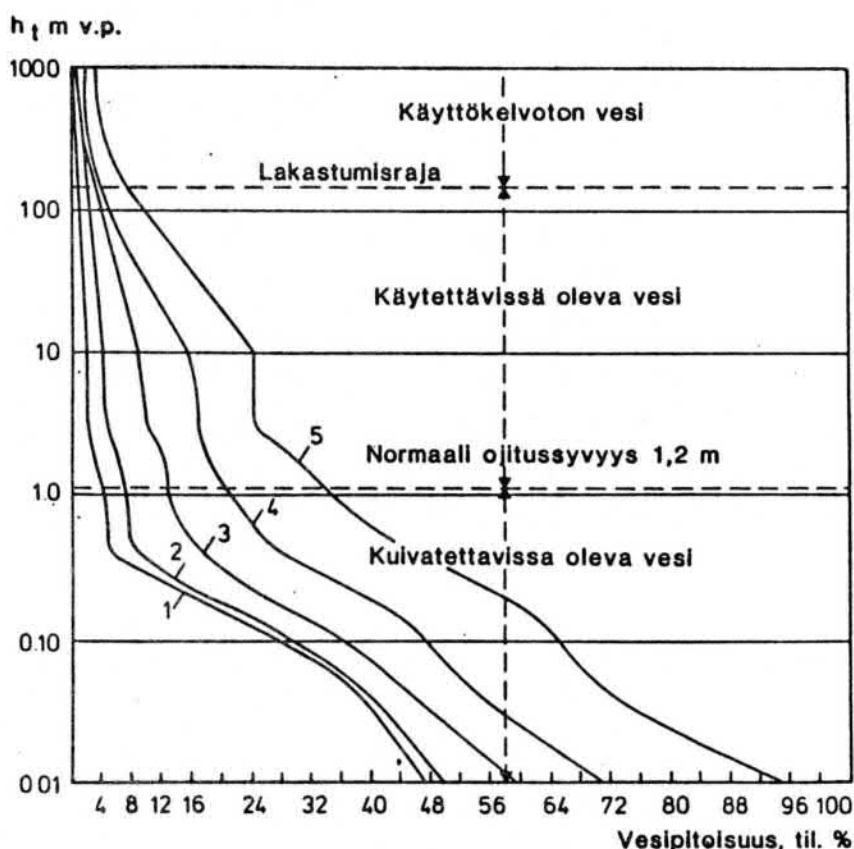


Kuvio 7. Vedensitomiskäyriä eri maalajeille (ANDERSSON ja WIKLERT 1972, s. 137). (Käyrät ovat keskiarvokäyriä savipitoisuusluokille < 2, 3-5, 6-10, 11-15... 41-45 % savesta.)



Kuvio 8. Diagrammi maan savipitoisuuden ja vedensitomiskyvyn välisestä yhteydestä (ANDERSSON ja WIKLERT 1972, s. 139).

Savipitoisuuden ohella maan humuksen määrä vaikuttaa merkittävästi maan vedenpidätyskykyyn (kuvio 9). Humuspitoisuuden kasvu lisää maan tehopintaa. Maan hiukkasten väliset reaktiot tapahtuvat suureksi osaksi niiden ulkoisten pintojen välityksellä. Tästä kokonaispinnasta käytetään nimitystä ulkoinen tehopinta, joka edesauttaa maarakenteen syntymistä ja luo maahan kasvien vedensaannin kannalta suotuisan huokoskoon (ANDERSSON ja WIKLERT 1972, s. 139)



Kuvio 9. Vedensitomiskyvyn riippuvuus humuksen määrästä.

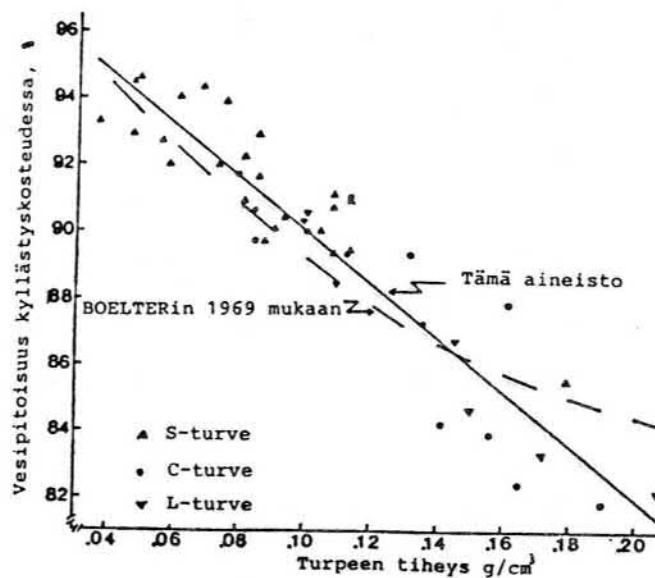
- Käyrä 1: puhdas hiekka
 2: 0,7 paino-% humusta
 3: 2,1 paino-% humusta
 4: 6,0 paino-% humusta
 5: turpeen vedensitomiskyky

Kuvion 9 mukaan yhden metrin kuivatussyvyydellä lisääntyy hyödyllisen vesivaraston määrä 20 cm:n muokkauskerroksessa 25 mm, jos hiekkaan sekoitetaan 6 % humusta.

3.2.2. Turvemaat

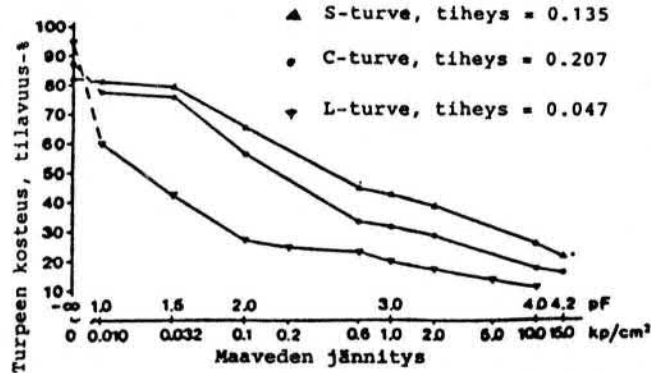
Kuvion 6 vedenläpäisevyyskäyristä nähdään, että maatumaton turve sisältää vettä kyllästyneessä tilassa 95 %. Kuivatuksella vesipitoisuutta voidaan alentaa maatumattomalla turpeella n. 33 %:iin. Pelkkää turpeen sisältämää veden suhteellista osuutta ei voida kuitenkaan pitää riittävänä määränä, vaan tarkasteltaessa turvemaiden vesitaloutta kuivatuksen kannalta on kiinnitettävä ennen kaikkea huomiota turpeen vedenpidätyskykyyn ja vedenläpäisevyyteen.

Kuviosta 10 nähdään, että turpeen tiheys (tilavuuspaino) selittää hyvin turpeen vedenpidätyskykyä. Mitä pienempi on turpeen tiheys, sitä suurempi on turpeen vesipitoisuus kyllästyskosteudessa. Tiiviimmässä turpeessa suurin osa huokosista on pieniä huokosia, joihin vesi sitoutuu suuremmalla voimalla kuin löyhässä turpeessa. Turpeen tiheyden lisäksi myös kasvijäännöskoostumuksella on merkitystä veden pidättymiseen (PÄIVÄNEN 1973).



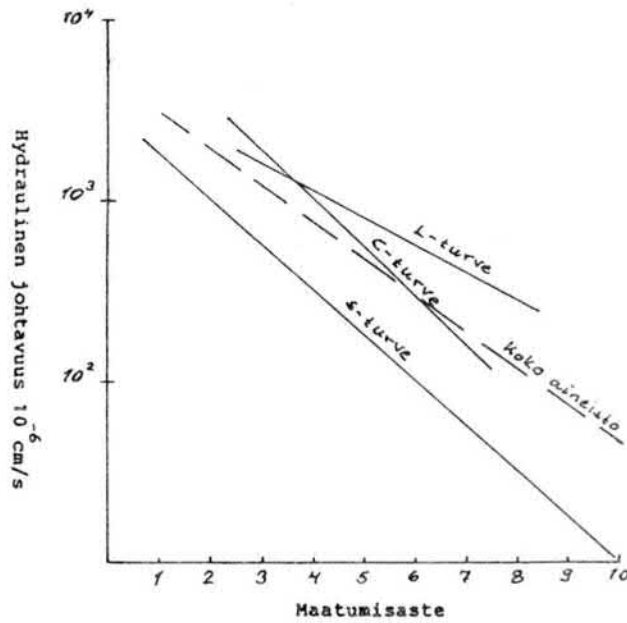
Kuvio 10. Kyllästyskosteudessa mitatun vesipitoisuuden riippuvuus turpeen tiheydestä (PÄIVÄNEN 1973 s. 46)

PÄIVÄSEN (1973) mukaan heikosti maatunut, huokoinen rahkaturve sisältää runsaasti vettä kyllästyskosteudessa, mutta se myös suhteellisen helposti luovuttaa sisältämänsä veden. Pitemmälle maatuneiden turpeiden vesipitoisuus kyllästyskosteudessa on edellistä alhaisempi, mutta veden poistuminen turpeesta on vähäisempää (kuvio 11).



Kuvio 11. Heikosti maatuneen rahkaturpeen (S), keskinkertaisesti maatuneen saraturpeen (C) ja hyvin maatuneen puuturpeen (L) vedenpidätyskyky maaveden jännityksen kasvaessa (PÄIVÄNEN 1973)

Vedenpidätyskyvyn lisäksi pellon kuivumiseen vaikuttaa myös turpeen vedenläpäisevyys. Sen kvantitatiivinen vaihtelu on todettu Suomessa suureksi: $2,0 \times 10^{-6}$ - $1,1 \times 10^{-2}$ cm/s (vrt. taulukko 2) (PÄIVÄNEN 1973, s. 69). Turpeen vedenläpäisevyys heikkenee voimakkaasti maatuneisuuden (ilmaistuna joko von Postin maatumisasteena tai turpeen tiheytenä) kasvaessa. Yleensä vedenläpäisevyys on suurempaa puujäännös- ja saravaltaisissa turpeissa kuin rahkaturpeissa tarkasteltaessa maatuneisuudeltaan samanlaisia turpeita (kuvio 12). Turpeen vedenläpäisevyys heikkenee myös siirryttäessä pintaturvekerroksista syvempiin turvekerroksiin, mikäli pintaturpeen makrohuokosten ja tiehytsysteemi on määrällisesti suuri ja laadullisesti kunnossa sekä turpeen tiheydessä ei tapahdu muutoksia ainakaan pienempään suuntaan (PÄIVÄNEN 1973).



Kuvio 12. Maatumisasteen vaikutus (von Postin asteikko) turpeen vedenläpäisevyyteen rahka- (S), sara- (C) ja puujäännösvaltaisilla (L) turpeissa (PÄIVÄNEN 1973)

Viljellyillä turvemaidilla on pellon muokkauskerros mm. muokkaustoimenpiteiden ja tehokkaamman pieneliötoiminnan vuoksi yleensä pidemmälle maatunutta kuin alemmat turvekerrokset. Edellä kuvaillun turpeen vedenpidätyskyvyn ja vedenläpäisevyysominaisuuksien mukaan aiheutuu tämän tyyppisillä turvepeltoilla poikkeuksellisen märkinä vuosina ylimääräisiä ongelmia mm. huonon kantavuuden ja kasvien kannalta liiallisen veden vuoksi. Pitkälle maatunut pintamaa pidättää liiankin hyvin sisältämänsä veden eikä läpäise sitä riittävän tehokkaasti. Ongelmaa saattaa pahentaa vähemmän maatunut pohjaturvekerros, joka juuri huonoissa olosuhteissa ei kanna riittävän hyvin nykyisin käytössä olevia koneita.

3.3. Maan tiivistymisalttius ja tiivistyminen

3.3.1. Kivennäismaat

Maan tiivistymisalttius riippuu useista eri tekijöistä. Erityisesti siihen vaikuttavat maan kosteuspitoisuus sekä maan koheesio- ja kitkaominaisuudet. Herkimmin tiivistyvät

sellaiset maalajit, joilla on kosteassa tilassa pieni koheesio ja pieni sisäinen kitka. Tätä tyyppiä edustavat hiesumaat. Puhtailla koheesiomailla eli savimailla tiivistymistä tapahtuu toistuvan kuormituksen ja pitkäaikaisen kosteuden vaikutusten seurauksena (HAKANSSON 1966, s. 162).

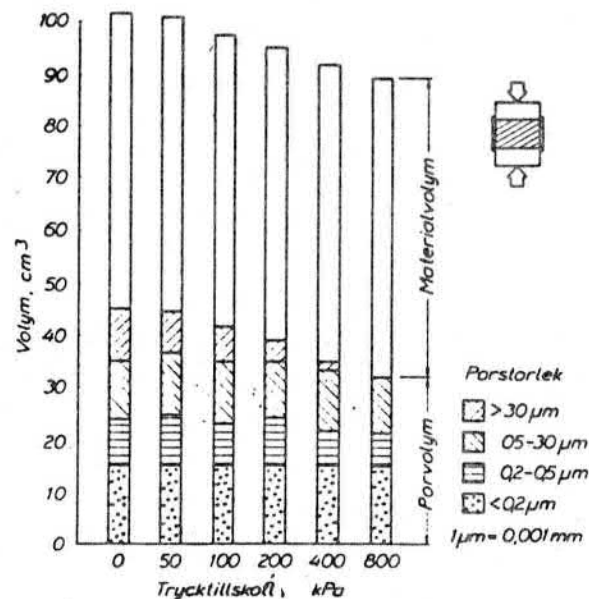
Kuormitettaessa maata tapahtuu sekä maassa itsessään että siinä kasvavissa kasveissa erilaisia muutoksia. Näitä muutoksia ovat mm. maan huokoisuudessa tapahtuvat vaihtelut, jotka heijastuvat laajemmalti myös maan vesi- ja ilmataloudessa, sekä juurien kasvussa ja veden läpäisevyydessä (ERIKSSON 1982, ss. 73-109). Koska etenkin luonnostaan tiiviillä mailla vedenläpäisevyys on voimakkaasti riippuvainen makrohuokosten määrästä sekä ojakaivannossa että jankossa, ovat myös tiivistymisen vaikutukset vedenläpäisevyyteen tällöin selvät.

Koneiden painon maata tiivistävä vaikutus perustuu siihen, että maapartikkelit joutuvat lähemmäs toisiaan, jolloin mikrohuokokset pienenevät, mururakenne muuttuu ja kuivatuksen kannalta tärkeät makrohuokokset painuvat umpeen. Muutokset ovat suuremmat määrässä maassa veden toimiessa kitkaa pienentävänä tekijänä maapartikkeleiden välissä (VAKKILAINEN 1980). Kokonaisuutena maan tiivistymistä tapahtuu sekä muokkauskerroksessa että pohjamaassa. Maan rakenteeseen vaikuttavat koneiden lisäksi mm. sää, routaantuminen ja kasvien juuret. Osa näistä tekijöistä huonontaa maan rakenteellisia ominaisuuksia, osa pitää maan rakennetta kunnossa tai palauttaa sitä läpäisevämpään tilaan (vrt. kuvio 5).

Salaojien toiminta luonnostaan tiiviillä mailla perustuu kaavamaisesti esitettynä siihen, että suurin osa salaojan läheisyyteen tulevasta vesistä valuu ojakaivantoa myöten alas (kuvio 3). Ojakaivannon täytön jälkeen täyttemaahan syntyy uusia huokosia, jotka ovat yleensä hyvin pysymättömiä suurimman osan tuhoutuessa maahan kohdistuvan paineen ja veden virtailun seurauksena. Suurien huokosten tuhoutuessa saavuttaa täyttemaan huokostila lopulta jonkinasteisen tasapainotilan ja jää rakenteeltaan löyhemmäksi kuin ojakaivantoa ympäröivä, koskematon maa (KOWALD 1968, ss. 150 -

152). Täyttömaan tiivistyminen on kuitenkin huomattu jatkuvan koneiden maata tiivistävien vaikutusten seurauksena. Veden imeytyminen maahan ei VAKKILAISEN (1980, ss. 26 - 28) mukaan vaihdellut tiiviillä mailla salaojien välisellä alueella merkittävästi, mutta salaojien kohdalla imeytymiserot olivat selvät eri ikäisten salaojakaivantojen välillä. Tämä johtui siitä, että ojakaivantojen yläosa oli tiivistynyt 4-5 vuoden kuluessa siinä määrin, että se heikensi kuivatus- ta merkittävästi.

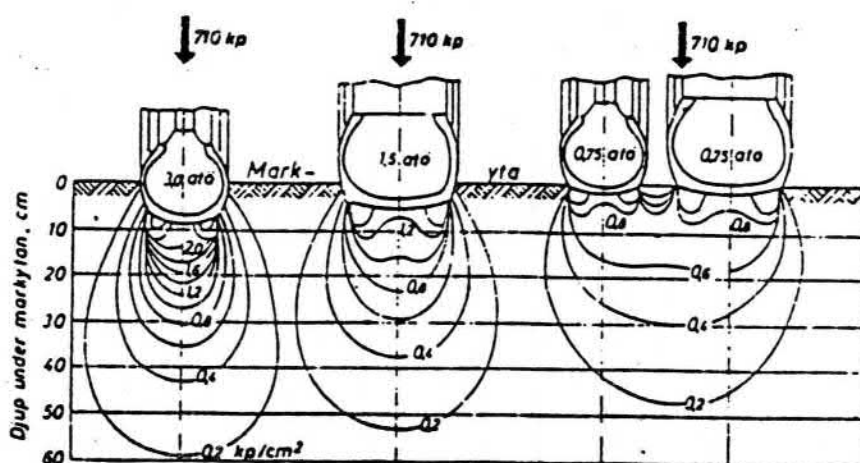
Edellä mainittua tulosta tukevat myös pellon koko maaprofiilissa tapahtuneita tiivistymismuutoksia selvittäneet tutkimukset. ERIKSSONin ym. (1974, s. 16) mukaan jo 200 kPa:n suuruinen kuorma aiheuttaa kriittisiä muutoksia maan huokos- tilassa (maan savespitoisuus 40 %). Vaikutukset kohdistuvat eniten huokosiin, joiden halkaisija on suurempi kuin 0,03 mm (30 μm). Nämä huokokset tyhjenevät 1,0 metrin ojasyvyydellä kuivatuksen avulla ja juuri em. suuruusluokan huokokset ovat sekä kasvien juurten kasvureittinä että maan ilma- ja vesi- talouden ylläpitäjinä ensiarvoisen tärkeitä (kuvio 13).



Kuvio 13. Kokonaishuokosvolyymissä ja huokosjakaumassa tapahtuneet muutokset maahan kohdistuvaa painetta lisättäessä. Mittaussyvyys 40,0 - 42,5 cm. Tiivistynyt savimaa, savespitoisuus 40 % (ERIKSSON ym. 1974)

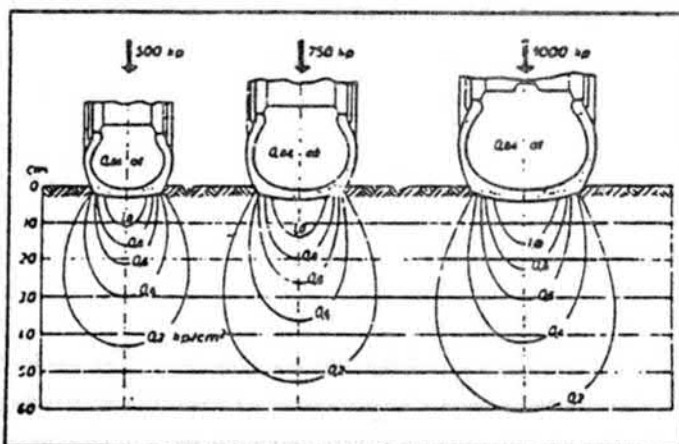
Selvimmät huokostilavuuden muutokset tapahtuvat ERIKSSONin ym. (1974, s. 45-60) mukaan muokkauskerroksessa, koska sen huokostilavuus ja siihen kohdistuvat rasitukset ovat suuremmat kuin jankossa. Muokkauskerroksen tiivistyminen aiheutuu pääasiassa koneiden renkaiden pintapaineesta. Muokkauskerroksen kokonaishuokospitoisuudessa ja etenkin huokosjakoumassa tapahtuvat muutokset vaikuttavat sekä suoranaisesti että välillisesti satoon ja maan muokkautuvuuteen. Kuivatuksen kannalta huomattavaa on myös veden valumisnopeuden selvä hidastuminen muokkauskerroksen läpi makrohuokosten kiinniumpeutumisen vuoksi. Muokkauskerroksen tiivistyminen ei toisaalta koskaan ole täysin palauttamaton, vaan tiivistynyt kerros voidaan palauttaa kuohkeampaan tilaan. Huoleellinen kyntö kuivissa olosuhteissa, routa ja hyvä kuivatus vaikuttavat edullisesti muokkauskerroksen huokostilaan (vrt. kuvio 5.).

Maahan kohdistuvan pintapaineen pienentämisellä ts. renkaiden ja maan välisen pinta-alan lisäämisellä voidaan maan tiivistymisvaikutusta vähentää SÖHNE (ref. DANFORS 1970, s. 35) mukaan. Samalla myös vältetään tiivistäjästä maata syvemmistä kerroksista ja sitä myötä mahdollisuudet maan rakenteen parantumiseksi kohenevat.

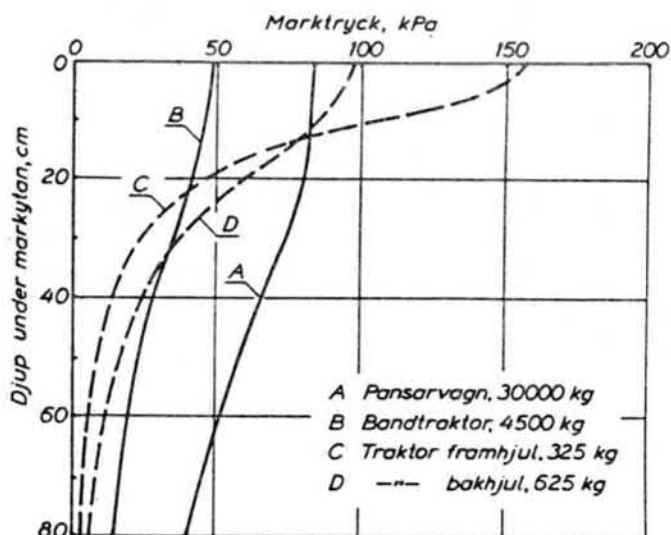


Kuvio 14. Rengasvarustuksen ja rengaspaineen vaikutus maan tiivistymiseen (SÖHNE ref. DANFORS 1970)

Muokkauskerroksen tiivistymistä vakavampaa häiriötä maan rakenteelle ja siten myös kuivatukselle ja koko viljelyn onnistumiselle aiheuttaa jankon tiivistyminen. Sitä aiheuttavat ennenkaikkea painavat koneet. DANFORSin (1977) mukaan koneen lisääntynyt akselipaino aiheuttaa lisäyksen myös tiivistyneen maakerroksen syvyydessä (kuviot 15 ja 16). Esimerkiksi perävaunun akselipainon ylittäessä 6 tn tai telipainon 8 tn, saattaa haitallisesti tiivistyvä kerros ulottua yli 50 cm:n syvyyteen saakka (DANFORS 1977, ss. 16-18).



Kuvio 15. Akselipainon lisäyksen vaikutus tiivistyneen maakerroksen syvyyteen (SÖHNE ref. DANFORS 1970)



Kuvio 16. Teoreettisesti laskettu, koneen kokonaispainon ja paineen jakautumisen välinen yhteys maaprofiilissa (SÖHNE ref. DANFORS 1970)

Tänä päivänä käytettävien traktoreiden maahan kohdistava paine on niiden paidosta ja renkaiden koosta riippuen n. 100 - 200 kPa. Traktorilla kuormineen vedettävien perävaunujen aiheuttamat painearvot saattavat kohota jopa 600 - 800 kPa:in. Traktorin ja sen työkonoiden renkaiden painama pinta-ala on suuri, sillä neljällä ajokerralla tulee tallatuksi koko pellon ala. Tästä aiheutuva tiivistyminen ei kuitenkaan tapahdu tasaisesti, vaan osa maata jää yleensä tallaamatta ja osa tulee tallatuksi useaan kertaan (ELONEN 1977).

Maan tiivistymisongelmat eivät ole uusia, sillä KESOn (1951, s. 168) mukaan näitä on havaittu ja 40-luvulla. Hänen mukaansa määrän maan kyntäminen oli tukkinut jankosta kaikki suuret raot ja reiät, jolloin veden vertikaalinen liikkuminen vaikeutui.

3.3.2. Turvemaat

Turvemaille tyypillisiä ominaisuuksia ovat esim. niiden heikko kantavuus ja voimakas painuminen, etenkin niitä viljelykelpoiseksi kunnostettaessa. Painuminen on selvintä tehokkaassa kuivatuksessa ensimmäisten 3-4 vuoden aikana, jolloin pohjaveden pinta laskee ja sen myötä veden nostovoima vähenee. Turpeen painuminen riippuu turvekerroksen paksuudesta, ojituksen syvyydestä sekä myös turpeen maatumisasteesta ja turvelajista. Viljely kuluttaa turvetta keskimäärin 0,5 - 1,5 cm/v (HUIKARI ym. 1963, ss. 27-28). Ajateltaessa turvemaiden kuivatusta sekä samalla niiden tiivistymisalttiutta on em. ominaisuuksien lisäksi tarkasteltava etenkin kahta keskeistä turpeiden fysikaalista ominaisuutta ts. veden läpäisevyyttä sekä veden pidätyskykyä (kts. kpl 3.2.2. s. 19).

Taulukkoon 3 on kerätty erilaisten turvelajien veden sitoutumislujuuksia. Siitä havaitaan, että turpeen vedenpidätyskyky kasvaa selvästi etenkin maaveden suurilla jännityksillä maatumisasteen kasvaessa.

Taulukko 3. Turpeen vesipitoisuuden, maaveden jännityksen ja turpeen tiheyden välinen yhteys (PÄIVÄNEN 1973)

Turvelaji ja sen tiheys	Maaveden jännitys				
	pF0	pF1	pF2	pF3	pF4
	Vesipitoisuus % tilavuudesta				
S-t 0.047	95 %	60 %	27 %	20 %	10 %
C-t 0.135	87 %	78 %	57 %	32 %	17 %
L-t 0.207	82 %	81 %	66 %	43 %	26 %

S-t = rahkaturve

C-t = saraturve

L-t = puujäännösvaltainen turve

Kyllästyskosteudessa ja pF2:ssa turpeeseen pidättyneiden vesimäärien erotuksen (kuivatettavissa oleva vesi) suhde näytteen koko tilavuuteen kuvaa painovoiman vaikutuksesta poistuvaa vesimäärää. BOELTER (1969) käyttää tästä nimitystä vesisaanto. PÄIVÄSEN (1973, s. 55) mukaan vesisaanto riippuu turpeen tiheydestä seuraavasti:

turpeen tiheys g/cm ³	vesisaanto cm ³ /cm ³
0.05	0.60
0.10	0.36
0.15	0.22
0.20	0.18

Tämän mukaan painovoiman vaikutuksesta poistuvan veden määrä pienenee voimakkaasti turpeen tiheyden ja maatumisasteen kasvaessa.

Turvemaiden kantavuus muodostuu etenkin mutautuneilla turveilla hyvin usein viljelyä rajoittavaksi tekijäksi. Jotta pellon kantavuus olisi riittävä, tulisi turpeen vesipitoisuuden pellon pintakerroksessa laskea n. puoleen siitä, mikä se pidättää itseensä kyllästystilassa (HUIKARI ym. 1963, s. 25). Kun tarkastellaan kahta edellä esitettyä taulukkoa

havaitaan, että löyhillä ja maatumattomilla turpeilla vesipitoisuus alenee pF 2:ssa eli gravitaation vaikutuksesta alle puoleen kyllästystilan kosteudesta. Tiiviillä ja maatumuneilla turpeilla vesipitoisuus pF 2:ssa on selvästi yli puolet kyllästystilaan verrattuna. Tämä merkitsee sitä, että kuivumisen täytyisi jatkua haihtumalla ennenkuin pelto saavuttaa riittävää kantavuutta vastaavan kosteustilan. Tämä taas ei etenkään syksyisin ole juurikaan mahdollista johtuen ilman vähäisestä veden kyllästysvajauksesta eli korkeasta suhteellisesta kosteudesta.

Koneiden paino vaikuttaa turvemaileda vastaavalla tavalla kuin kivennäismailla eli turvemaata tiivistyy. Näiden maatalajiryhmien rakenteellisista eroavaisuuksista johtuen ei kivennäismailla havaittuja struktuurimuutoksia voida suoranaisesti rinnastaa turvemaileda. Turpeen rakennemuutoksista kuivatuksen kannalta olennaisimpia eli maatumista ja hienontumista nopeutetaan mm. muokkaustoimenpiteillä. Tämän seurauksena turvemaan huokoisuus muuttuu huonompaan suuntaan, koska maan sekä kasvien vesi- ja ilmatalouden kannalta tärkeiden makrohuokosten määrä vähenee ja lisäksi turpeen vedenpidätyskyky etenkin suurilla maaveden jännityksen arvoilla kasvaa ja vedenläpäisykyky pienenee (vrt. taulukko 3).

4. OJAETAISYYTEEN JA -SYVYYTEEN VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ

Teoreettisesti ajatellen sopivin ojaetäisyys kullakin ojittavalla peltolohkolla on se ojatiheys, jolla saataisiin ojituksen toimintaiän aikana paras mahdollinen taloudellinen tulos. Ts. kun ojatiheydellä säädellään pellon vesitaloutta ojatiheys olisi optimissa silloin kun viimeisellä ojatiheyspanoksen lisäyksellä ei enää saada panoksen arvoa suurempaa keskim. tuotoksen arvon lisäystä tai tuotantokustannuksen säästöä. Tämän selvittäminen etukäteen ojaston toimintaiän ajaksi lienee kuitenkin mahdotonta, koska ojatiheysvaatimukseen vaikuttaa monta vaikutuksiltaan muuttuvaa tekijää. Lyhyempää, esim. 5 - 10 v. ajanjaksoa varten ojaston salaojitusaste saattaisi olla mahdollista optimoida

em. periaatteen mukaisesti. Tällöinkin sääolosuhteiden mahdolliset poikkeamat keskimääräisestä säästä ja tuotanto-kustannusten ja tuotosten arvon muutokset suhteessa ojitus-panokseen jäisivät arvailujen varaan.

HUIKARIn ym. (1963) mukaan tärkeimmät salaojien tiheyteen vaikuttavat tekijät ovat maalajin vedenläpäisevyysominaisuudet, salaojien syvyys ja pellon kaltevuus ja topografia. Näiden lisäksi sääolosuhteilla on hyvin suuri vaikutus kuivatustarpeeseen ja siten myös ojaston mitoittamiseen ja ojatiheyteen. ZUNKERin (ref. KESO 1930, ss. 217-219) mukaan ojatiheyttä määritettäessä em. tekijöiden lisäksi tulee huomioida vielä mm. alueen käyttötapa, viljelyksen voimaperäisyys, pohjavetisyys, maaprofiili ja salaojien suunta.

Käytännön salaojituksia varten ojatiheydet on meillä arvioitu juuri maalajin ja sen tiiviysasteen perusteella tasaisen maan olosuhteissa ja joihin on ajoittain tehty tarkistuksia käytännön kokemusten mukaan (SAAVALAINEN 1984, s. 75). Maalajien vaikutus ojatiheysvaatimukseen perustuu näiden erilaiseen vedenjohtavuuteen (vrt. taulukko 2. s. 15). Lopullinen ojatiheys määräytyy siten, että tasaisen maan ojatiheyksiin tehdään korjauksia em. tekijöiden perusteella.

Taulukossa 2 esitetyt arvot on mitattu siten, että vedenjohtavuutta eri maalajeilla on säädellyt ainoastaan maalajien raekoko. Käytännössähän viljelytoimet eivät olisi lainkaan mahdollisia tiiviillä mailla (mm. savi, hiesu), jos näissä ei olisi pysyvää makrohuokosrakennetta kuivatussyvyyteen saakka. Tiiviistyneillä pelloilla huokosrakenne on tuhoutunut tavallisesti muokkauskerroksen alapuolelta, jolloin veden suotautumisnopeus on oleellisesti heikentynyt tai pahimmassa tapauksessa on vain sitä suuruusluokkaa, kuin taulukossa 2 on esitetty.

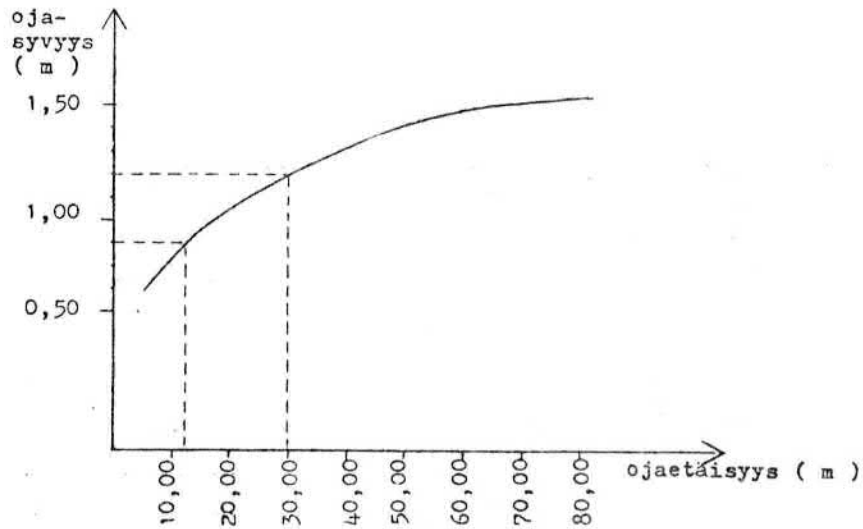
Ojatiheyden määrittämiseksi on kehitetty matemaattisia menetelmiä jo 1800-luvun lopulta lähtien. Tuollon näissä kaa-voissa ojatiheyteen vaikuttavina tekijöinä on ollut tavallisimmin mm. maan läpäisevyys, kuivatussyvyys, salaojasyvyys, sateen intensiteetti jne. Nämä eri laskutavat ovat kuitenkin

kin antaneet toisistaan huomattavastikin poikkeavia tai suorastaan ristiriitaisia ojatiheysarvoja, eikä näin saatuja arvoja ole voitu pitää kuin korkeintaan ohjeellisina arvoina. (KESO 1930, ss. 196-263)

Myöhempinä vuosikymmeninä kehitellyt ojaetäisyyden laskentamenetelmät perustuvat teorioihin veden virtauksesta idealisoidussa maaperä-vesisysteemissä joko vakio tai muuttuvissa olosuhteissa. Näillä menetelmillä on päästy jo alle 5 %:n tarkkuuksiin (ANON. 1979, s. 86). Suomessa ojaetäisyyksiin vaikuttavia tekijöitä on tutkittu verraten vähän, joten omat ojavälin arviointimenetelmämme perustuvat ulkomaisiin selvityksiin ja suuressa määrin pitkäaikaiseen käytännön kokemukseen.

Optimaalisen ojaetäisyyden arviointikriteerinä eri maaloilla tulee luonnollisesti olla pellon kuivumisen nopeus ja tasaisuus, jotta viljelytyöt voitaisiin tehdä ajallaan ja pelto tuottaisi parhaan tuottokykynsä mukaan. Savimailla riittävä kantavuus saavutetaan yleensä heti kun pohjavesi on painunut muokkauskerroksen alapuolelle eli n. 25 cm:iin. Turvemailla riittävä kantavuus saavutetaan silloin kun pintakerroksen kosteus on alentunut n. puoleen siitä, mitä se pystyy pidättämään vettä. Ohutturpeisilla mailla tämä edellyttää pohjaveden alenemista vähintään 35 cm:n ja paksutturpeisilla mailla 45 cm:n syvyyteen (SAAVALAINEN 1983).

Pellon kuivumiseen ja kuivatustilaan ei kuitenkaan vaikuta pelkästään ojatiheys vaan myös salaojien syvyys. SKINKIS'n (1982) mukaan salaojien syvyyden lisääminen 1,3 - 1,8 m:iin savi ja hiesumailla on ainoa keino alentaa pohjaveden korkeus sellaiselle tasolle, että riittävä kuivuminen olisi mahdollista myös tavallista sateisimmissä olosuhteissa. Salaojasyvyyden lisääntyessä ojaväliä voidaan siis harventaa tietyssä suhteessa kuivatustehon siitä heikentymättä (kuvio 17).



Kuvio 17. Ojaetäisyyden riippuvuus ojasyvyydestä (ANON. 1979)

Suomen olosuhteissa salaojat suositellaan laitettavaksi maalajin ja roudan paksuuden mukaan vakiosyvyydelle. Kivennäismailla Etelä- ja Keski-Suomessa salaojien ohjesyvyys on 1 m ja Pohjois-Suomessa 1,1 m sekä turvemilla 1,2 m ja uudissoilla 1,2 - 1,5 m (SAAVALAINEN 1984, s. 92).

Kullekin eri maalajille ominaisen ojatiheysvaatimuksen lisäksi ehkä tärkeimmäksi salaojien kuivatustehon varmistajaksi meillä on muodostunut salaojakaivantojen läpäisevä rakenne ja runsas sorasilmäkkeiden määrä. Suojussoran ja ruokamullan pudotuksellahan pyritään suodatustehtävän lisäksi helpottamaan veden virtausta maakerroksista salaojiin ja sorasilmäkkeillä johtamaan pintavedet tehokkaasti alas syvempiin kerroksiin (MÄENPÄÄ ja PERÄLÄ 1974)

Usein käytännön ojituksissa ojakaivannon rakennetta ei kuitenkaan ole osattu tehdä suunnittelijan tarkoittamalla tavalla; sorasilmäkkeitä ei ole tehty riittävästi tai ne ovat jääneet liian pieniksi. Pienien sorasilmäkkeiden vaikutus kuivatukseen jää helposti vähäiseksi, koska hyvin muotoiltujen, kuperien sarkapeltojen tasoittelun jälkeen salaojien ja sarkaojien risteyksiin tehdyt sorasilmäkkeet jäävät syvälle muokkauskerroksen alapuolelle. Suuria riskejä ojituksen toimivuudelle aiheutuu myös ojituksesta huonoissa olosuhteissa.

Jos salaojaputket joutuvat ennen sorastusta kosketuksiin lietteen tai lietteisen veden kanssa, salaojien toimivuutta ei voida enää varmistaa runsaallakaan soran ja sorasilmäkkeiden määrällä. Tällöin ongelmaksi on jo muodostunut putkisaumojen ja -reikien tukkeutuminen, jolloin vesi ei pääse riittävän hyvin salaojaputken sisään. Tehokkaalla pintavesien johtamisella on mitä ilmeisemmin suurempi vaikutus kuivatukseen kuin pelkästään 2 - 3 m:n ojavälimuutoksilla.

Erityisen vaikeaksi oikean ojavälin löytyminen muodostuu tietyyntyyppisillä turvemaidella. Kuten aikaisemmin on jo esitetty, turvemaiden vedenpidätys ja -läpäisykykyyn vaikuttaa turpeen maatumisaste, turvelaji ja näiden kerrostuneisuus maaprofiilissa. Pitkälle maatunut turve sitoo vettä itseensä huomattavasti vähemmän kuin maatumaton turve, mutta sitoutuu siihen suuremmalla voimalla. Maatumaton turve vastaavasti luovuttaa pidättämänsä veden suhteellisen helposti.

Viljeltävien turvemaiden maaprofiilissa turvelaji ja eri turvelajien kerrosten paksuudet tyyppillisesti vaihtelevat. Lisäksi maaprofiilissa turvekerroksen maatumisaste tavallisesti vaihtelee siten, että pintakerros, n. 30 - 50 cm:n syvyyteen saakka on täysin maatunutta (mutautunutta) turvetta ja heti tämän kerroksen alapuolelta alkaa heikosti maatuneen turpeen kerros. Kaikilla näillä kerroksilla on hyvin erilaiset vedenpidätys- ja -läpäisyominaisuudet. Tällaisessa tilanteessa turvemaiden kuivatusongelmat tulevatkin helposti esille ja pahenevat märkää maata viljeltäessä pinta-maan tiivistymisen seurauksena.

Koska myös pohjaveden korkeus vaikuttaa maan kenttäkapasiteettiin, merkitsee tämä sitä, että mutautuneen pintakerroksen alla oleva maatumaton turvekerros sitoo vettä itseensä enemmän kuin mitä se pystyisi sitomaan maan pinnalla. Tämä vaikuttaa siten, että mutautunut pintakerros pysyy myös kosteana ja sen kantavuus alenee riittämättömäksi. Ainoa tapa estää tämän tyyppiset kuivatusongelmat on alentaa pohjaveden korkeutta riittäväällä peruskuivatuksella sekä riittäväällä salaojien tiheydellä ja syvyydellä.

Ohutturpeisilla turvepelloilla riittävän ojatiheyden löytäminen vaikeutuu silloin, kun turvekerroksen alla n. 50 - 80 cm:n syvyydestä alkaa tiivis, läpäisemätön kivennäismaa. Turvemaa on yleensä läpäisevämpää kuin tiivis kivennäismaa, jolloin valuedet kerääntyvät turvemaan ja kivennäismaan rajapintaan. Turvekerroksen paksuudesta ja maatuneisuudesta riippuen pintakerroksen kantavuus siten helposti menetetään. Jos pohjamaa turvekerroksen alla on löyhää hietaa tai läpäisevämpää maata ja peruskuivatus on kunnossa, kuivatusongelmia ei yleensä esiinny, koska löyhä maa toimii tällöin ns. luonnon salaojituksena.

5. SALAOJITUKSEN TOIMIVUUDEN MITTAUSMENETELMÄT

Salaojien tehtävänä on poistaa maasta mahdollinen ylimääräinen vesi, jolloin kasvien kasvulle muodostuu mahdollisimman hyvät olosuhteet. Koska maan vesipitoisuus vaikuttaa myös maan kantavuuteen, asettaa nykyinen viljelytekniikka maan vesisisällölle omia rajoituksiaan. Erityisesti kasvukauden alussa aiheutuu lumen sulamisesta maaperässä huomattavaa vesimäärän lisäystä. Samoin kasvukauden lopulla haihdunnan pienentyessä ja sadannan lisääntyessä kasvaa maaperän vesisisältö huomattavasti. Nämä ajankohdat asettavat salaojituksen toiminnalle suurimmat vaatimukset. Koska salaojan tehtävänä on poistaa maaperästä vettä, voidaan niiden toimintakykyä selvittää joko suorilla tai epäsuorilla mittaus-tavoilla.

1. Suorat menetelmät

- maasta poistuvan vesimäärän mittaus
- maan kosteuspitoisuuden mittaus
- pohjaveden korkeuden mittaus

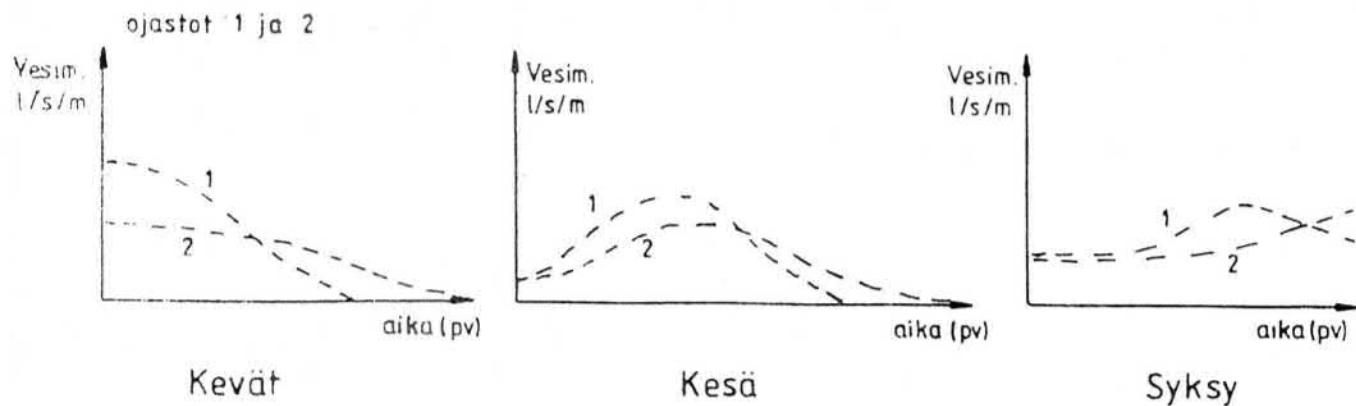
2. Epäsuorat menetelmät

- maan kantavuus
- sato

Salaojista poistuvan vesimäärän mittaus tapahtuu yksittäis-
ojien ja ojastojen laskuaukoilta. Maan sisältämä ja sadan-
nan tai sulannan kautta lisääntyvät vesimäärät on selvitet-
tävä mittauksen lähtökohtatilanteessa ja mittauksen aikana.
Samoin haihdunnan kautta poistuvat vesimäärät on pyrittävä
arvioimaan mahdollisimman tarkasti. Maan fysikaalinen ra-
kenne, huokosten määrä ja koko vaikuttaa maan vedenläpäisy-
kykyyn ja veden sitoutumislujuuteen maahan. Näiden tuntemus
auttaa selittämään maan vedenläpäisykykyä ja salaojista
poistuvien vesimäärien suuruutta ja poistumisnopeutta.

Luotettavan kuvan saamiseksi virtausmääristä ja niiden muu-
toksista on mittauksia tehtävä päivittäin erilaisissa kuivu-
misen vaiheissa. Luontevia mittausjaksoja ovat kevätyliva-
lunnan, kesäsateiden ja syyssateiden vaikutusajat. Mittaus-
jaksojen pituus määräytyy ylivaluntojen keston mukaan. Mit-
taustulokset (l/s, l/s ojometriä ja/tai pinta-alaa kohden)
voidaan esittää ajan funktiona lähtötilanteesta siihen kui-
vumisen tilaan, jossa virtausmäärät tasoittuvat. Tästä poik-
keuksena kuitenkin syksyn jakso, jolloin pelto ei enää kuivu
em. tilaan.

Kuviossa 18 on esitetty eräs tapa kuvata vesimääriä ja sen
muutoksia eri ojastoissa. Tämä kuvaa lähinnä eri menetel-
millä rakennettujen ojastojen kuivatustehoa.

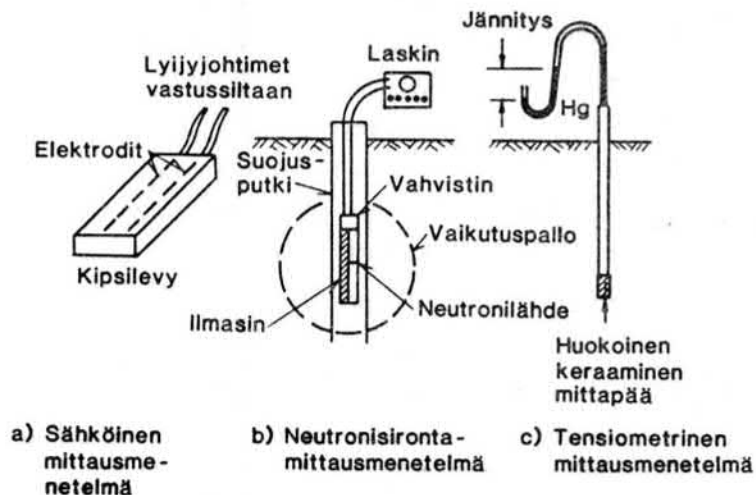


Kuvio 18. Salaojista tulevan vesimäärän muutokset ajan funk-
tiona eri ojitusmenetelmillä

Maan kosteuspitoisuuden muuttuminen ajan funktiona kuvaa maan sisältämässä vesimäärässä tapahtuvia muutoksia. Jos kosteuden seuranta on jatkuvaa, kuvaa se parhaimmillaan maasta poistuvan veden määrää. Jos seuranta tapahtuu jaksottaisena, kuvaa kosteuspitoisuudessa tapahtuneet muutokset maasta jo poistuneiden vesimäärien suuruutta. Kun kosteuspitoisuudessa tapahtuneilla muutoksilla kuvataan salaojien kautta tapahtunutta veden poistumista, on myös haihdunnan kautta poistunut vesimäärä arvioitava mahdollisimman tarkasti.

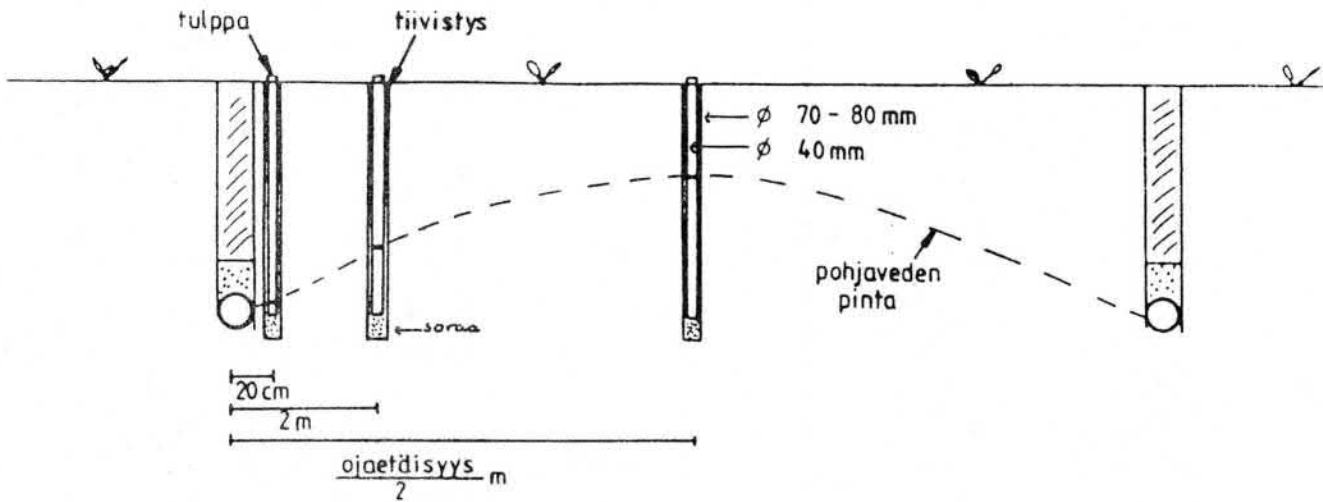
Jaksottaisessa seurannassa käytetään yleensä menetelmää, jossa vesi poistetaan maanäytteestä joko fysikaalisesti tai kemiallisesti. Yleisimmin vesi poistetaan lämmittämällä maanäytettä (105 °C) kunnes haihdutettavissa oleva vesi on poistunut. Näytteessä tapahtuneen massan väheneminen ilmoittaa maanäytteen sisältämän vesimäärän.

Jatkuvassa seurannassa voidaan käyttää mm. sähköiseen vastukseen ja kapasitanssiin, maaveden kosteusimuun (tensiometrit) ja radioaktiiviseen säteilyyn perustuvia menetelmiä (kuvio 19). Näillä menetelmillä saadut tulokset vaativat kuitenkin kalibrointia haihdutusmenetelmällä.



Kuvio 19. Maankosteuden mittaamiseen käytettyjä menetelmiä (ANON. 1976)

Salaojitusten vaikutusta pohjaveden korkeuteen ja sen muutokseen kuivumisen edistyessä voidaan mitata pohjavesiputkista. Maahan asetetaan pystysuoraan ϕ 40 mm:n muovisia putkia salaojasyvyyteen saakka kuvion 20 mukaisesti.



Kuvio 20. Pohjavesiputkien asennus

Pohjavesiputkien asennuksessa reikien pohjalle laitetaan karkeaa soraa 10 - 15 cm. Putken asentamisen jälkeen putken ja maan väliin jäävä tyhjä tila on syytä tiivistää pellon pinnasta n. 15...20 cm:n syvyyteen pintavesien valumisen estämiseksi. Vesipinnan muutokset pohjavesiputkissa kuvaavat pohjaveden korkeuden muutoksia. Mittaukset on hyvä suorittaa samanaikaisesti vesimäärien mittausten ja kosteusmäärittysten kanssa.

Pohjaveden korkeus kuvaa toisaalta kuivatustehoa, mutta myös ojatiheyden vaikutusta pohjaveden pinnan kaltevuuteen.

Maan riittävä kantavuus on edellytys nykyisille viljelytoimenpiteille. Sekä keväällä että syksyllä asettaa maan kantavuus rajoituksia viljelytekniikan käytölle. Syvät pyörien aiheuttamat painumat haittaavat myöhempiä viljelytoimenpiteitä ja muodostuvat usein tiiviiksi vettä huonosti läpäiseviksi paikoiksi.

Mittaamalla pyörien painumat eri ajokerroilla voidaan maan kantavuutta määrittää käytännön olosuhteissa. Sekä rengasvarustuksen että traktorin massan täytyy eri olosuhteissa vertailtaessa olla täysin samat. Myös vetävien pyörien erilainen luisto eri tilanteissa aiheuttaa eri suuruisen painuman. Koekenttäolosuhteissa kantavuutta tuskin kannattaa määrittää tällä menetelmällä, koska useat ajokerrat tiivistäisivät maata ja aiheuttaisivat olosuhteiden muuttumista.

Kantavuuden määrittämisessä voidaan käyttää myös ns. proctor-laitetta. Pyöreää halkaisijaltaan esim. 300 mm levyä työnnetään maahan. Mittaamalla työntämiseen tarvittava voima ja jakamalla se levyn pinta-alalla voidaan määrittää paine, joka vastustaa levyn tunkeutumista maahan ja ilmaisee samalla maan kantavuutta. JUUSELAN (1960) mittauksen mukaan maan riittävänä kantavuutena voidaan pitää 4,5 - 6 kp/mm² painetta.

Penetrometri-menetelmässä työnnetään vakioitua kartiota maahan ja mitataan tarvittava tunkeutumisvoima. Tällä menetelmällä pystytään selvittämään hyvin maakerrosten tiiviysaste. Kantavuuden mittaukseen se soveltuu huonommin, sillä kartion maahan tunkeutumista vastustava tukipinta ei ole niin suuri kuin traktorin ja työkonoiden renkaiden tukipinta.

Tarkasteltavalta lohkolta saatava sato kuvaa ojituksen toimivuutta, jos vesi on kasvien kasvulle minimitekijänä tai jos liiallisen kosteuden takia kasvien sadonmuodostus heikkenee. Sadon muodostukseen vaikuttavat kuitenkin myös monet muut sekä kasvilajista että lajikkeesta johtuvat että myös ulkoiset tekijät, kuten lämpötila, kasvukauden pituus, ravinteet ym. joiden väliset samoinkuin kosteuspitoisuuden ja kyseisten tekijöiden väliset vuorovaikutussuhteet pitäisi ottaa huomioon.

Salaojien toimivuuden ja kuivatustehon mittauksessa pitäisi pyrkiä mahdollisimman monen, mieluummin kaikkien, edellämainittujen kuivatustehoa kuvaavien indikaattorien määrittämiseen

pitkän seuranta-ajan kuluessa. Tällöin kuivatuksen toimivuus tarkasteltavalla peltolohkolla tulee määritetyksi myös vuotuisten ilmastollisten olosuhteiden vaihdellessa.

6. TAVALLISIMMAT SALAOJIEN TOIMINTAHÄIRIÖT

Salaojakeskus ry:n käyttämän ongelmien ryhmittelyn mukaan yleisimmät kuivatusongelmat ovat pintavesihaitat ja ruosteen aiheuttamat ongelmat (taulukko 4). Näiden osuus kaikista ongelmista tai ongelmien aiheuttajista on 45,9 %. Seuraavaksi yleisimpiä toimintahäiriöiden aiheuttajia ovat erilaiset suunnittelu-, työ- ja jälkihoitovirheet. Näiden osuus kaikista ongelmien aiheuttajista on 29,4 %. Ryhmään muu taulukossa 4 sisältyy mm. tulva, pieni kuivavara, lähteiköt ja turpeen painuminen. Tämän ryhmän osuus kaikista ongelmista on 11,5 %.

Taulukko 4. Salaojakeskus ry:n vikatarkastukset v. 1981 - 82 (PUUSTINEN ja PEHKONEN 1986)

Toimintahäiriö	Muoviputki		Tiiliputki		Muu		Yhteensä	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%
Ruoste	57	20,1	93	19,8	38	21,2	188	20,1
Pintavesihaitat	81	28,5	125	26,5	35	19,6	241	25,8
Juuritukkeumat	-	-	11	2,3	1	0,6	12	1,3
Suunnitteluvirhe	20	7,0	58	12,3	21	11,7	99	10,6
Työvirhe	35	12,3	37	7,9	15	8,4	87	9,3
Materiaalivirhe	12	4,2	10	2,1	16	8,9	38	4,1
Jälkihoitovirhe	28	9,8	50	10,6	11	6,1	89	9,5
Matala valtaoja	7	2,5	9	1,9	8	4,5	24	2,6
Rikkoutunut putki	1	0,4	9	1,9	4	2,2	14	1,5
Putkessa lietettä	9	3,2	20	4,3	6	3,4	35	3,7
Muu	34	12,0	49	10,4	24	13,4	107	11,5
Yhteensä	284	100	471	100	179	100	934	100
Tarkastuksia kpl	135	28,9	255	54,5	78	16,6	468	100
	Keskimäärin 2 vikaa/tila							
Tarkastettu p-ala	445 ha		887 ha		309 ha		1641 ha	
ongelma-alueita ha	201 ha		408 ha		156 ha		765 ha	

Suunnitteluvirheiden osuus on taulukon 4 mukaan tiiliputki-
ojastoissa yleisempää kuin muoviputkiojastoissa. Työvirhei-
tä ja pintavesihaittoja on vastaavasti muoviputkiojastoissa
enemmän. Muilta osin ongelmien jakaantuminen eri putkimate-
riaaleilla on samanlainen. Vikatarkastuksia Salaojakeskus
ry teki v. 1981 - 82 yht. 468 kpl. Ongelmia tai ongelman
aiheuttajia näissä tarkastuksissa löytyi keskimäärin 2
kpl/ojasto.

Salaojien toimintahäiriötutkimuksessa havaitut virheet ja
puutteet on ryhmitelty vaikutustapansa ja syntymistapansa
mukaisiin ryhmiin taulukoissa 5 ja 6. Ryhmittelyjen perus-
tana on veden virtaus pellon pinnalta salaojien kautta val-
taojiin sekä salaojituksen perustuminen kolmeen osakokonai-
suuteen eli suunnitteluun, toteutukseen ja salaojien käyt-
töön.

Taulukko 5. Ongelmien vaikutus salaojien toimintaan (PUUS-
TINEN ja PEHKONEN 1986)

Häiriö vaikuttaa	kpl	Häiriöitä		
		%	kpl	%
Vesi ei pääse pois lasku- aukosta	16	3,5	16	4,3
Vesi ei kulje putkessa	103	22,4	103	27,5
Vesi ei pääse putkeen	71	15,5	71	18,9
Vesi ei pääse putken lä- heisyyteen	185	40,3	185	49,3
Muut	84	18,3	-	-
Yhteensä	459	100 %	375	100 %

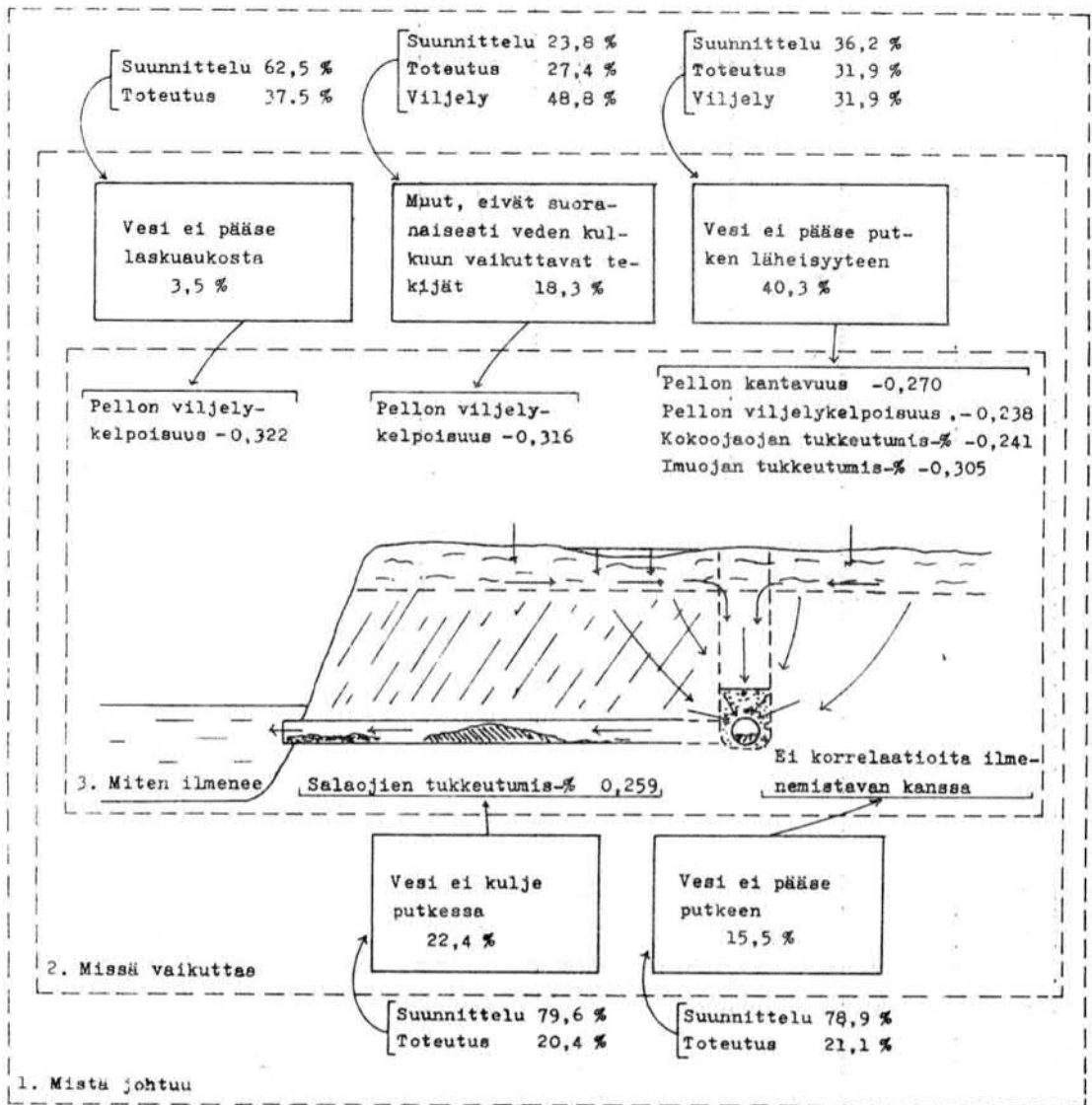
Taulukon 5 mukaan suurin ongelmaryhmä muodostuu niistä te-
kijöistä, jotka estävät tai hidastavat veden valumista pel-
lon pinnalta salaojien läheisyyteen. Yleisimpiä tällaisia
virhetekijöitä ovat maan tiivistyminen, pintavesien johtami-
seen liittyvät puutteet, ojakaivantojen virheellinen raken-
ne, turpeisiin liittyvät ongelmat ja pellon pinnanmuoto.
Toiseksi suurin ongelmaryhmä muodostuu veden virtausta sala-

ojaputkissa estävistä ja hidastavista tekijöistä. Näistä tavallisimpia ovat ruoste- ja lietesakat sekä salaojien koko ja kaltevuus. Veden virtausta salaojaputkien sisään estävistä tekijöistä tavallisimmat ovat putkisaumojen ja reikien liettyminen tai ruostuminen ja suodatinaineen puuttuminen. Vesi ei pääse pois laskuaukolta ongelmatapauksissa lähinnä pellon ympäristön vuoksi, jolloin vesien poisjohtamiselle ei ole ollut kunnollisia edellytyksiä. Ryhmään muut kuuluvat ongelmat ovat sekalaisia, jotka eivät suoranaisesti vaikuta veden kulkuun. Näitä ovat mm. salaojien riittämätön syvyys ja pieni kuivavara, karkea tai hieno suodatinaine, maan painuminen ja pellon heikko kantavuus.

Taulukko 6. Ongelmien synty tapa (PUUSTINEN ja PEHKONEN 1986)

Häiriön aiheuttaja <u>liittyy</u>	Häiriöitä	
	kpl	%
Suunnitteluun	235	51,5
- ratkaisumallien ja tarvittavien lähtötietojen puute	160	34,9
- muu syy suunnittelussa	75	16,3
Toteutukseen	124	27,0
<u>Viljelyyn</u>	100	21,8
<u>Yhteensä</u>	459	100

Taulukon 6 mukaan valtaosa toimintahäiriöistä liittyy suunnitteluvaiheeseen. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että suunnittelijalla ei ole käytössään riittävän varmoja ratkaisumalleja ja riittävästi lähtötietoja ojitettavasta peltolohkosta. Tämä tilanne esiintyy sellaisissa olosuhteissa, joissa riskitekijöinä ovat ruoste, lietteet, paineellinen pohjavesi ja turpeiden vedenpidätys- ja -läpäisykyky. Tämä on havaittavissa myös kuviossa 21. Kun riskien määrä ja vaikutusaste kasvaa, suunnitteluun liittyvien ongelmien osuus myös lisääntyy.



Kuvio 21. Toimintahäiriöiden ja vaikutustavan välinen riippuvuus (PUUSTINEN ja PEHKONEN 1986)

Yleisimmät työvirheet ovat suodatinsoran ja ruokamullan puute ja huono laatu, ojakaivannon huono rakenne, sorasilmäkkeiden puute tai vähäisyys, salaojien virheellinen kaltevuus ja puutteellinen salaojituksen jälkityö. Viljelyn seurauksena tai siihen liittyvänä ongelmana salaojitetuilla pelloilla tavallisimmin esiintyy maan tiivistymistä ja turvemaille maan voimakasta painumista.

Salaojien toimintahäiriöitä aiheuttavat perussyöt ovat ojitetun pellon maaperässä. Näitä ovat tiivistymis- ja liettymisalttius, maalajin vedenläpäisy- ja -pidätyskyky, maalajien kaivuvaikeudet, ruostumisalttius ja pohjavetisyys. Nämä riskitekijät aiheuttavat toimintahäiriön jo yksinäänkin esiintyessään, kun riskitekijän vaikutus on riittävän voimakasta. Lisäksi viljeltävään peltoon kohdistuu rasituksia, jotka kuormittavat salaojien kuivatuskapasiteettia, jolloin kuivumisongelmia esiintyy, vaikka perusriski olisi vähäisempikin. Tällaisia tekijöitä ovat pellon topografiasta ja epätasaisuudesta johtuvat kuormitukset, viljely- ja säätekijät sekä pellon ympäristö ja sivuvedet. Näiden lisäksi toimintahäiriöihin liittyy inhimillisiä tekijöitä niin suunnittelussa, toteutuksessa kuin salaojien käytössäkin. Tavallisesti salaojien toimintahäiriö onkin usean eri tekijän yhteisvaikutuksen seurausta.

Vaikeimmissa toimintahäiriötapauksissa salaojitettu peltoalue on monen ja vaikutuksiltaan vaikean riskitekijän vaikutuksesta menettänyt viljelykelpoisuutensa. Tyypillisesti tämänkaltaisissa tilanteissa pellon maalajin kantavuusominaisuudet ovat alunperinkin olleet heikot, kuivatusvesien poisjohtaminen on vaikeaa ja pelto tai pellon ympäristö on topografialtaan epäedullinen kuivatusta ajatellen. Tämän tai näiden tekijöiden seurauksena peltoalueella on usein lähes mahdotonta saada pohjaveden korkeutta riittävän alas. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että jos kuivatetulla peltolohkolla ei ole riittäviä kuivatusedellytyksiä, ei peltoalueen salaojitukseen myöskään pidä ryhtyä.

7. SALAOJIEN TOIMINTAHÄIRIÖIDEN KORJAUSMAHDOLLISUUKSISTA

Vajaatoimintaisen salaojituksen korjaustoimenpiteisiin ryhtyessä on tiedettävä ongelman aiheuttaja tai aiheuttajat ja niiden vaikutus salaojien toimintaan. Tämän perusteella toimenpiteet voidaan kohdistaa juuri siihen salaojien toiminnalliseen osaan, jossa veden kulku on häiriintynyt. Mahdolliset korjausmenetelmät ja -tavat salaojien toiminnan palauttamiseksi voidaan ryhmitellä seuraavasti:

1. Parannetaan veden valumismahdollisuuksia pellon pinnalta salaojien läheisyyteen.
2. Tehostetaan veden virtausedellytyksiä salaojissa.
3. Helpotetaan veden pääsyä salaojaputkiin.
4. Parannetaan veden purkautumis- ja poistumismahdollisuuksia laskuaukolta.

Salaojien toimintahäiriötutkimukseen perustuen keskeisimmät kysymykseen tulevat korjaustoimenpiteet liittyvät em. ryhmittelyssä kolmeen ensiksi mainittuun kohtaan. Näillä toimenpiteillä pyrittäisiin poistamaan sellaiset kuivatushäiriöt, jotka johtuvat mm. maan tiivistymisestä, sorasilmäkkeiden vähäisyydestä, puutteellisesta ojakaivannon rakenteesta, pellon painanteista, ruosteisuudesta, lietteistä ja erilaisista tukkeumista. Kohtaan 4 liittyvät toimenpiteet, esim. valtaojien perkaus sekä laskuaukkojen huolto ja korjaus, kuuluvat taas niin selkeästi säännölliseen, tavallisesti vuosittain tehtävään salaojituksen huoltoon ja peruskuivatuksen kunnossapitoon, että niitä ei voida pitää varsinaisina ojastojen korjaustoimenpiteinä.

Toimintahäiriön vakavuudesta, ojaverkoston kunnosta ja iästä riippuen edelliseen ryhmittelyyn lukeutuvilla toimenpiteillä ei kaikissa tapauksissa välttämättä saada tyydyttävää tulosta ja tällöin jouduttaisiin lisänä käyttämään täydennysojittusta tai vaihtoehtoisesti ojittamaan koko alue uudestaan. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että vaihtoehtojen 1 - 4 mielekäs käyttö yksinomaisena toimenpiteenä ojaston toiminnan palauttamiseksi edellyttää seuraavia ehtoja:

1. Salaojaverkosto on paikallista häiriötä lukuunottamatta oltava muilta osin kunnossa.
2. Salaojitus on alunperin suunniteltu ja mitoitettu normien mukaan.
3. Häiriö ei ole niin vakava tai niin monen tekijän aiheuttama, ettei sitä pystyittäisi kohtuudella korjaamaan.
4. Korjaustoimenpide tai -piteet on oltava kustannuksiltaan selvästi alhaisemmat kuin täydennys- tai uusintaojitus.

Käytännön tiloilla erilaisia korjausratkaisuja on toteutettu jo useiden vuosien ajan. Tavallisimmin tällöin on korjattu ruoste- ja lietetukkeumien, tiivistyneen maan, huonon oja-kaivannon rakenteen ja pellon painanteiden tai notkojen aiheuttamia kuivatusongelmia. Useasti näillä toimenpiteillä on ojastojen toiminta saatukin palautettua ennalleen. Ongelmana vain on ollut se, että menetelmät ovat olleet useasti työläisiä ja toivottu lopputulos on saavutettu vasta usean korjausyrityksen jälkeen. Tämän vuoksi pelkästään käytännön kokemusten perusteella on vaikea tehdä yleispäteviä menetelmäsuosituksia vastaisten vajaatoimintaisten ojastojen varalle.

Tiivistyneiden maiden kuivatusongelmien poistamiseksi lienee eniten kokeiltu erilaisia menetelmiä. Tavallisimmin käytettyjä menetelmiä ovat olleet sorasilmäkkeiden lisäys vajaa-toimintaiseen ojastoon ja vanhojen imuojien uudelleen sorastus. Maan mekaanista kuohkeuttamista on kokeiltu erilaisilla menetelmillä, mm. jankkuroimalla. Tällä ei kuitenkaan meidän oloissamme ole saatu hyviä tuloksia. Paikoin hyvin voimakkaasta maan kuohkeuttamisesta on ollut jopa suoranaista haittaa maan kantavuudelle. Tämä saattaa kuitenkin johtua pelkästään siitä, että maan kosteusolosuhteet työn aikana eivät ole olleet sopivat maan kuohkeutukselle. Myyräojitusta on myös käytetty varsin usein em. ongelmien vähentämiseksi. Uudempana menetelmänä viime vuosina on alettu kokeilla ns. suoto-ojien lisäystä salaojaverkoston päälle. TIMMUSKin (1986) mukaan suoto-ojien ojatiheytenä on käytetty kenttäkokeissa 10, 15 ja 20 m:ä ja näiden perusteella on voitu todeta, että suoto-ojien ojatiheys vaikuttaa enemmän ojaston kuivatustehoon kuin alkuperäisen ojaston imuojatiheys. Näissä kokeissa suoto-ojat on tehty 80 cm:n syvyyteen kohtisuoraan salaojien suuntaan nähden. Viime vuosina on kiinnitetty paljon huomiota myös muihin kuivatusongelmia aiheuttaviin tekijöihin. Esim. ruosteen aiheuttamat ongelmat ja ruosteisten ojastojen kuivatustehon palauttaminen ovat olleet varsin näkyvästi esillä.

Salaojien toimintahäiriötutkimuksessa vuosina -82 ja -83 mukana olleiden tilojen ojitusten täydennys- ja korjaustarpeen selvittämiseksi tehtiin kesällä -84 kirjeitse kysely kaikille näille tiloille. Kyselyssä selvitettiin tutkittujen ongelmalohkojen sen hetkinen kuivatustila ja mitä mahdollisia korjaustoimenpiteitä ongelmalohkoille oli tehty toimintahäiriötutkimuksen jälkeen. Lisäksi kyselyssä pyrittiin selvittämään viljelijöiden omat käsitykset korjaustoimenpiteiden vaikutuksista ongelmalohkojen kuivatustilaan. Vastausprosentti kyselyssä oli 64,1 %.

Kyselyyn vastanneista tiloista 15,2 %:lla oli lisätty salaojia vanhojen salaojien väliin keskimäärin 0,7 ha:n kokoiselle alueelle (liite 1). Täydellinen uusintoajitus oli tehty 8,5 %:lla tiloista keskim. 2,8 ha:n kokoiselle pelto-ohkolle. Sorasilmäkkeiden lisäystä korjausratkaisuna käytti 11,9 %, avo-ajitusta 8,5 % ja ohjaston huuhtelua 11,9 % tiloista. Kokonaan ilman korjaustoimenpiteitä ongelmalohkot oli jätetty 37,9 %:lla tiloista.

Vaikutuksiltaan eri korjausratkaisut olosuhteiden erilaisuudesta huolimatta olivat hyvin samankaltaisia (liite 1). Lisäajituksen tehneistä 30 %, ajaston huuhtelun tehneistä 28,6 % ja sorasilmäkkeitä lisänneistä 14,3 % ei osannut arvioida toimenpiteiden vaikutuksia. Lisäksi 14,3 %:ssa sorasilmäkkeitä lisänneistä tilanne oli pysynyt muuttumattomana. Kaikissa muissa tapauksissa korjausten jälkeen ongelmalohkojen kuivatustila oli selvästi parantunut. Selvimmin viljelijät havaitsivat muutoksia parempaan päin pellon kantavuudessa, viljelyolosuhteissa ja yleisesti pellon kuivatustilassa.

Niistä tiloista, joissa ongelmalohkoille ei oltu tehty mitään toimenpiteitä, oli pellon kuivatustila huonontunut edelleen 13,6 %:ssa, pelto oli pysynyt ennallaan 18,2 %:ssa ja kuivatustilan muutoksia viljelijä ei pystynyt arvioimaan 18,2 %:ssa tiloista. Peräti 50 %:ssa näistä tiloista kuivatustila oli kohentunut huolimatta siitä, että ongelmalohkoille ei oltu tehty mitään toimenpiteitä. Tämä johtuu sii-

tä, että lievemmissä toimintahäiriötapauksissa ongelmat ilmenevätkin selvimmin sateisimpina kesinä ja normaaleina kesinä viljelyä voidaan jatkaa ongelmitta.

Tämän em. kyselyn pohjalta maatalousteknologian laitoksella alettiin selvittämään yhteistyössä Salaojakeskuksen kanssa toimintahäiriöiden korjausmahdollisuuksia. Tutkimus jakaantui kahteen osaan siten, että tiivistyneiden ja läpäisemättömien kivennäis- ja turvemaiden kuivatusten tehostamismahdollisuuksia selvitettiin vartavasten perustetuissa kenttäkokeissa ja jo aikaisemmin Salaojakeskuksen valvonnan alaisena tehdyissä korjaus- ja täydennysojituksissa käytännön mautiloilla.

8. KOEJOITUSTEN PERUSTAMINEN JA TUTKIMUSTULOKSET

Vuoden -84 syksyllä kokeiltiin kolmella mautilalla erilaisia korjausratkaisuja vajaatoimintaisten ojastojen toimintavarmuuden palauttamiseksi. Vuosina -85 ja -86 ojastojen korjauksia jatkettiin vielä yhdellä edellisenä kesänä mukana olleella tilalla ja Viikin koetilalla. Näissä kaikissa ongelmatapauksissa oli yhteistä se, että salaojat olivat muuten kunnossa, mutta vesi ei päässyt valumaan riittävän nopeasti pellon pinnalta alas salaojiin. Nämä kuivatusongelmat johtuivat maan tiiviyydestä ja salaojakaivantojen huonosta rakenteesta.

Syksyllä -84 korjauksia tehtiin kivennäismailla 4,76 ha:lla ja turvemaille 3,23 ha:lla. Vuonna -85 alkukesästä koealuetta perustettiin lisää kivennäismaille 4,7 ha:lle ja vuonna -86 8,14 ha:lla. Yhteensä koeojitusten pinta-ala on siten 20,83 ha.

Koekenttien suunnittelussa käytettiin tavanomaisia jo käytännössä kokeiltuja ratkaisuja sekä myös aivan uusia sovellutuksia. Turvemaiden koealueilla lisättiin uusia salaojia vanhojen salaojien väliin ja vaihdeltiin ympäröivän laadun ja määrän. Kivennäismailla lisättiin myös uusia salaojia vanhojen salaojien jokaiseen väliin ja myös vaihtoe-

toisesti jokatoiseen salaojaväliin. Näihin lisäöjiin tehtiin sorasilmäkkeitä normaalin käytännön mukaan. Osalle kivennäismaiden ojastoista tehtiin pelkästään sorasilmäkkeitä eri menetelmillä vanhojen imuojien päälle tai vaihtoehtoisesti kohtisuoraan imuojien yli 50 cm:n syvyisiä suoto-ojia (soraajia).

Korjausratkaisujen vaikutusta ongelmallisten peltolohkojen vesitalouteen ja viljelykelpoisuuteen arvioitiin sekä mittauksin että silmämääräisin havainnoin. Kasvukauden aikana seurattiin peltojen kuivumista ja toukotöiden suoritusta, kasvuston kehitystä, satoa ja syyskyntöjen onnistumista ja verrattiin näitä havaintoja viereisten lohkojen vastaaviin tapahtumiin. Varsinaisissa mittauksissa määritettiin maan kosteuspitoisuuksia uusien ja vanhojen salaojien vierestä ja salaojien välistä muokkauskerroksesta ja jankosta. Osalla koekentistä mitattiin veden virtausmääriä uudessa ja vanhas- sa ojaverkostossa.

Seuraavissa kappaleissa esitetään koekentät, niissä esiintyneet ongelmat, tehdyt korjaukset ja korjausten vaikutukset pellon vesitalouteen tapauskohtaisesti. Koetiloilla 1 ja 2 täydennys- ja korjausojitukset on tehty tiiviille kivennäismaille ja koetiloilla 3 ja 4 heikosti läpäiseville turvemaille.

8.1. Koetila nro 1

Urjalassa sijaitsevalla koetilalla on omaa peltoa 25 ha ja vuokrapeltoa 3 ha. Viljelijän mukaan tilalla on 5 viimeisen vuoden aikana viljelty kauraa keskim. 14 ha, ohraa 7 ha ja heinä 1 ha. Kesantoa on vuosittain keskim. 3 ha. Viljelykiertona on tällä tilalla siten ollut yksipuolinen viljanviljely. Tila on erikoistunut porsastuotantoon. Emakoita on tilalla 35 kpl.

Tilan peltoalasta on kaikki salaojitettua. Salaojitus on aloitettu v. 1974 ja viimeiset salaojitukset on tehty v. 1985. Peltojen maalaji muokkauskerroksessa on pääasiassa rm LjS tai As sekä pohjamaassa LjS tai lj As salaojasyvyyteen saakka.

8.1.1. Kuivatusongelmat ja niiden korjaus

Peltojen kuivatusongelmia on alkanut esiintyä tilan salaojitetuilla pelloilla ojastosta riippuen 3 - 5 vuoden kuluttua salaojituksesta yhteensä n. 17 ha:lla. Nämä kyseisten peltolohkojen salaojitukset on tehty 70-luvulla. Kuivumisiongelmat ovat olleet kaikilla lohkoilla luonteeltaan samanlaisia eli vesi ei ole päässyt valumaan pellon pinnalta riittävän nopeasti salaojiin. Tähän on ollut syynä toisaalta pellon pintakerroksen tiivistyminen ja toisaalta huono ojakaivantojen rakenne. Syynä jälkimmäiseen on ollut sorasilmäkkeiden ja ruokamullan vähäisyys. Nämä tilan ongelmalliset peltokuviot sijaitsevat vierekkäin samalla peltoaukealla valtaojien ja tien eroittamana (kuvio 22). Topografialtaan peltolohkot ovat aivan tasaisia. Maalaji ja maaprofiili on koko peltoalueella samanlainen.

Viljelytoimenpiteet ovat vaikeutuneet kuivatusongelmien vuoksi ko. peltolohkoilla oleellisesti ja ajoittain estyneet kokonaan. Toukotöiden viivästymisen vuoksi tilalla on osa pelloista jouduttu jättämään kesannoksi. Peltojen märkyys on haitannut myös puintia ja kyntöä. Tavallisesti osa kynthöistä onkin jäänyt syksyisin kokonaan tekemättä. Usein myös viljaa on jäänyt puimatta märkyyden ja huonon kantavuuden vuoksi.

Korjaukset tilalla aloitettiin eniten märkyydestä kärsivällä peltolohkolla ja jatkettiin myöhemmin kaikilla ongelmallisilla lohkoilla. Vuonna -84 korjaukset aloitettiin ojastoissa 8 (1,86 ha), 9 (1,70 ha) ja 10 (1,20 ha) ja jatkettiin vuonna -85 ojastoissa 11 (1,18 ha) ja 13 (2,62 ha) sekä vuonna -86 ojastoissa 4 (1,60 ha), 5 (2,14 ha), 6 (1,82 ha) ja 7 (2,58 ha). Yhteensä koealuetta tälle tilalle perustettiin 16,7 ha (kuvio 22).

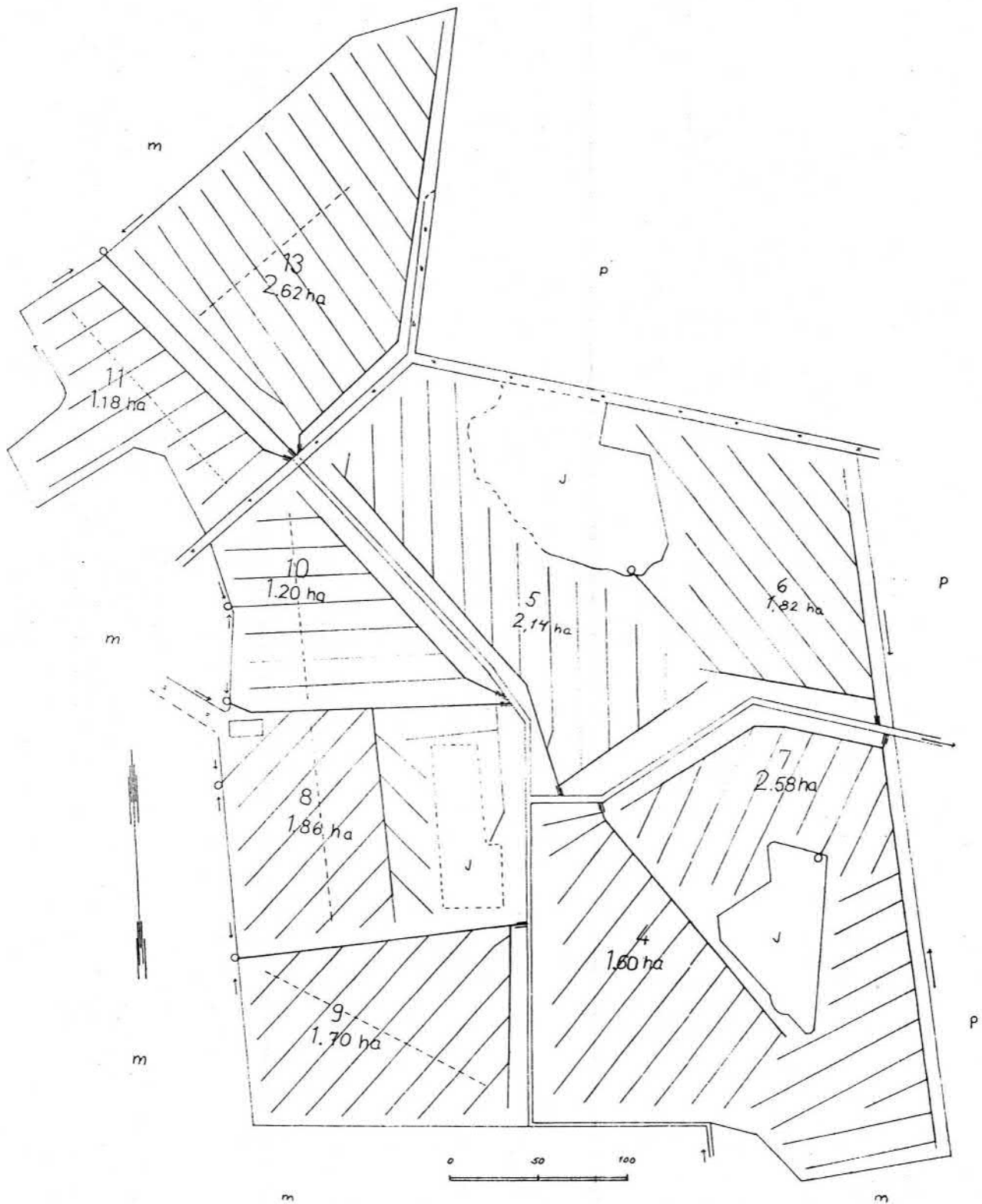
Kuivatusongelmat ojastojen 8 - 10 käsittämällä peltolohkolla ovat olleet samanlaisia kuin edellä kuvattiin, mutta vaikutuksiltaan haitallisempia. Viljelijän mukaan toukotyöt voitiin aloittaa kyseisellä peltolohkolla 7 - 10 vrk myöhemmin kuin viereisillä peltolohkoilla (ojastoissa 4 - 7), jotka

nekin siis kärsivät pahoista kuivatusongelmista. Tämän vuoksi viljan tuleentuminen siirtyi hyvin myöhäiseksi, jolloin puinti ja kyntötyöt olivat olleet vaikeita tehdä. Näiden ongelmien vuoksi viljelijä oli alkanut viljellä tällä peltolohkolla heinää, jolloin hitaasta kuivumisesta aiheutuvat haitat mahdollisesti pienenisivät. Heinäsadot olivat kuitenkin jääneet normaalia pienemmiksi. Kolmas heinäsato jäi kokonaan korjaamatta v. -84, koska heti heinän niiton jälkeen satoi vettä keskim. runsaammin ja vesi jäi seisomaan valtaosalle peltoalasta 15 - 20 cm:n kerroksena n. 1 kk:n ajaksi. Tänä aikana heinä luonnollisesti pilaantui. Vastaavia ongelmia heinäkorjuussa viljelijän mukaan ei kuitenkaan esiintynyt muilla saman kyläalueen viljelijöillä.

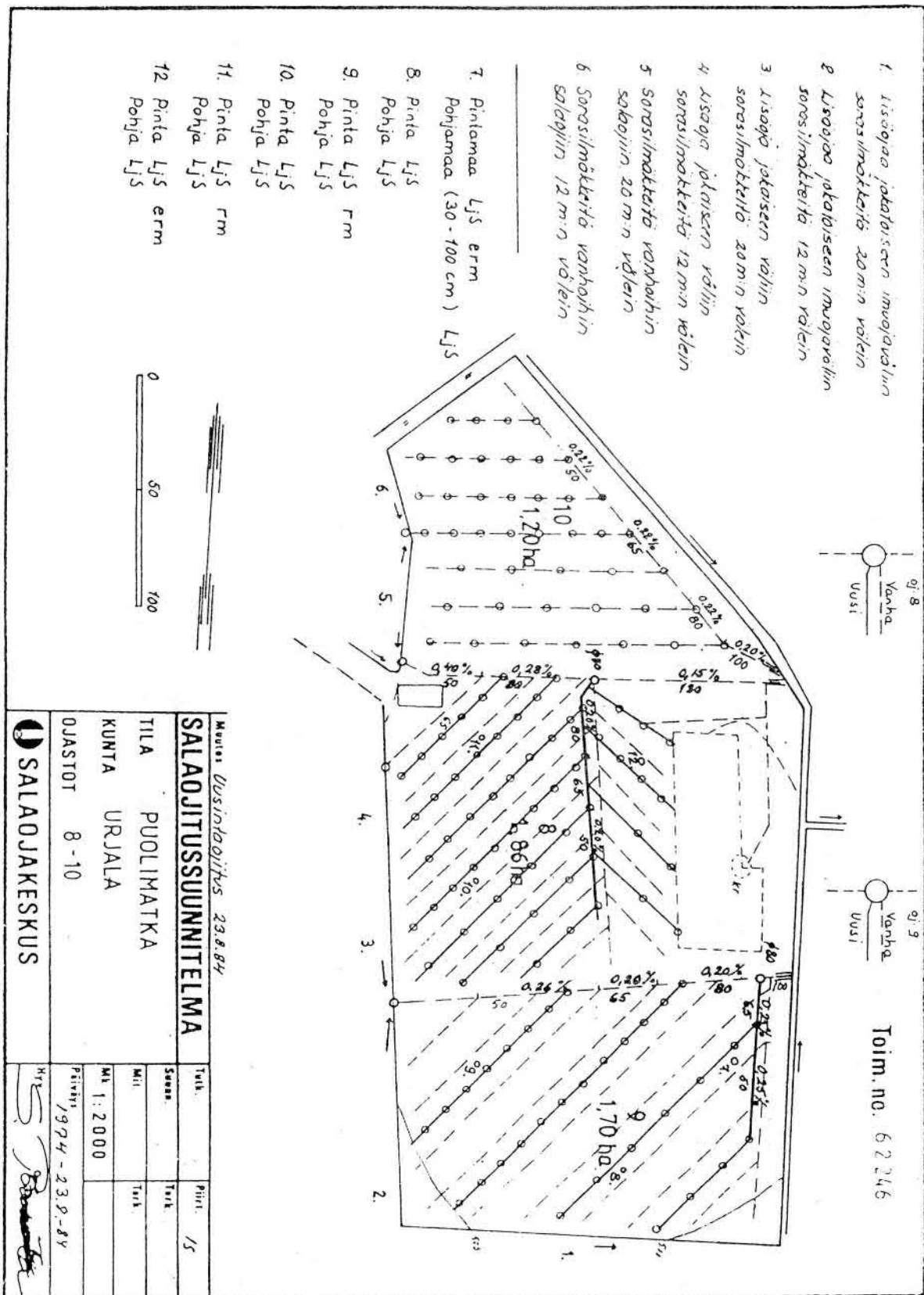
Ojastojen 11 ja 13 käsittämältä peltolohkolta viljelijä ei ollut saanut kunnollista viljasatoa kertaakaan salaojituksen jälkeen. Salaojitus oli tehty aivan 70-luvun lopulla. Kuivatusongelmat ovat vaikutuksiltaan olleet samanlaisia kuin ojastoissa 8 - 10. Vuonna -84 syksyllä pellon kantavuus oli heikentynyt niin paljon, että vilja jäi puimatta pääosalta ko. peltolohkolla. Samasta syystä myös syyskynnöt jäivät kokonaan tekemättä.

Ojastojen 4 - 7 käsittämällä peltolohkoilla kuivatusongelmien vaikutus on ollut selvästi vähäisempi kuin kahdella edellisellä lohkolta. Hidas kuivuminen on lähinnä viivästyttänyt toukotöitä ja tämän seurauksena sadonkorjuu ja kyntötyöt ovat viivästyneet. Suurimmat vaikeudet tämä on aiheuttanut kuitenkin syyskyntöihin, jotka ovat ajoittain jääneet märkinä syksyinä kokonaan tekemättä.

Salaojien toiminnan palauttamiseksi em. tapauksissa ojastoihin lisättiin uusia salaojia, sorasilmäkkeitä ja soraojia. Ojastossa 8 lisättiin uusia salaojia jokaiseen salaojaväliin ja ojastossa 9 jokatoiseen salaojaväliin sekä ojastoissa 4, 7, 10, 11 ja 13 lisättiin pelkästään sorasilmäkkeitä vaihtelevia määriä vanhoihin imuojiin (kuviot 23 - 25). Ojastoissa 5 ja 6 tehtiin suoto-ojia tasavälein kohtisuoraan vanhojen imuojien yli (kuvio 26).



Kuvio 22. Urjalan koelohkot ja niiden sijainti



Kuvio 23. Syksyn -84 kenttäkokeet Urjalassa.

Ojasto 4 (1,60 ha)

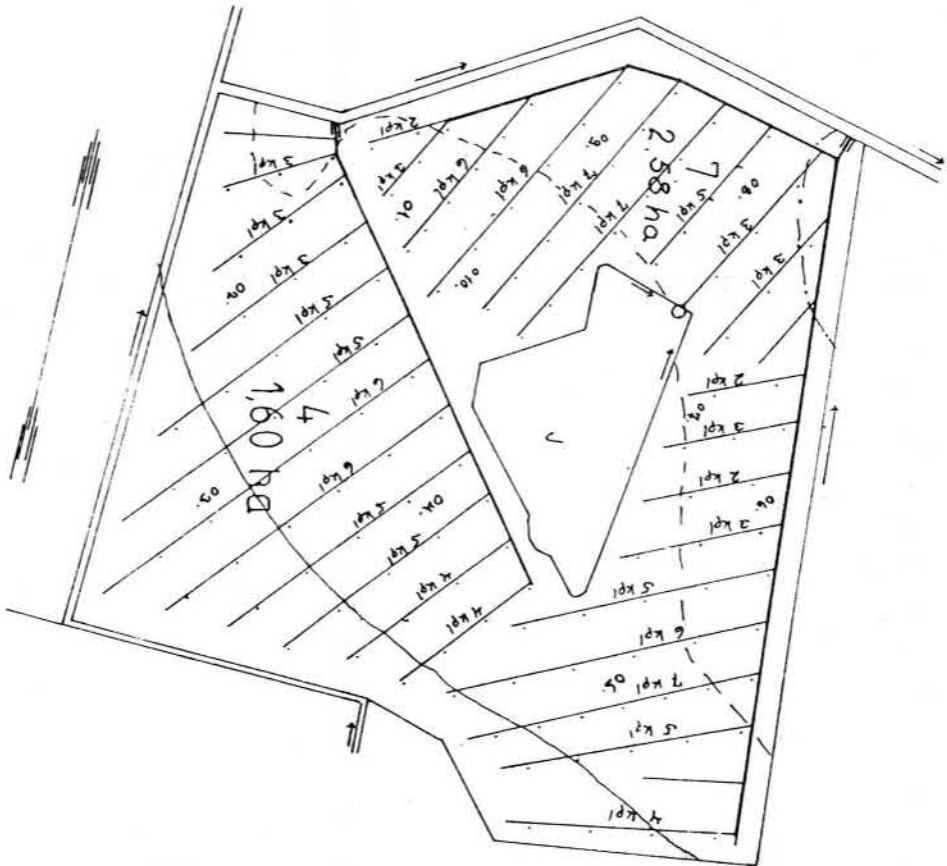
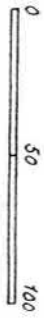
Sorasilmäkkeitä kaivinkoneella 18-20 m:n
välein, yht. 49 kpl (37 kpl/ha).
Soraneneksi 0,8-1,2 m²/silmäke

Ojasto 7 (2,58 ha)

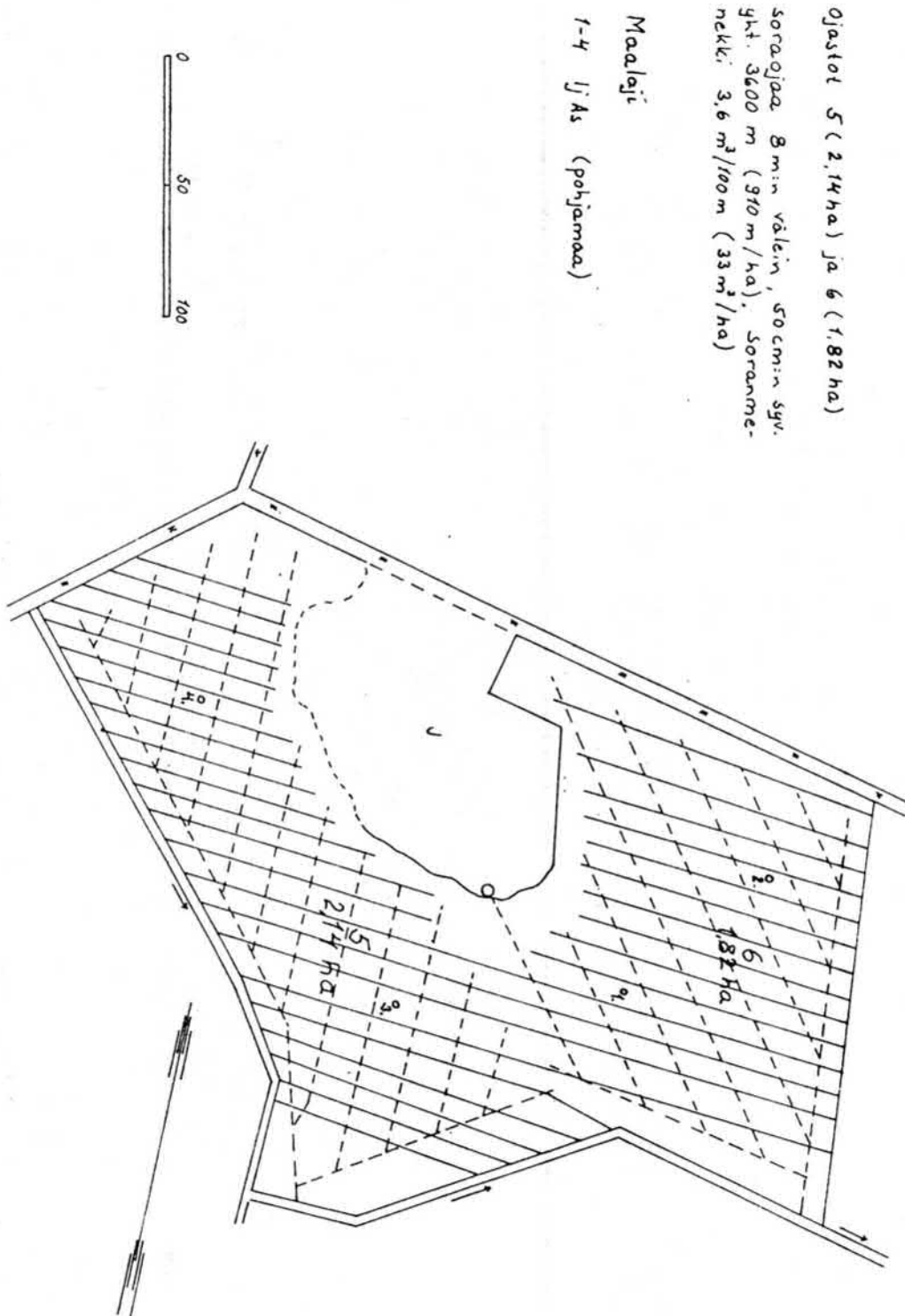
Sorasilmäkkeitä kaivinkoneella 12-15 m:n
välein, yht. 79 kpl (31 kpl/ha)
Soraneneksi 0,8-1,2 m²/silmäke

Maalaji:

1-10 I/As (pohjamaa)



Kuvio 25. Kesän -86 kenttäkokeet Urjalassa



Kuvio 26. Kesän -86 kenttäkoheet Urjalassa

Ojaston 8 täydennysojitus (kuvio 23) tehtiin siten, että pääkokoojan ja apukokoojan risteykseen tehtiin tarkastuskaivo ja kaivosta lähtevä apukokoojan suuntainen uusi kokoojaoja. Täydennysojat liitettiin uuteen kokoojaojaan siten, että ojaverkosto on kokonaan eristetty vanhasta verkostosta eikä veden siirtymistä verkostosta toiseen pääse tapahtumaan. Ojakaltevuudet sekä uudessa että vanhassa verkostossa ovat samat. Verkostoista tulevaa veden määrää voidaan siten mitata tarkastuskaivon tuloputkista. Salaojaa molemmissa verkostoissa on käytännöllisesti katsoen yhtäpaljon (taulukko 7). Uusi verkosto on 10 cm alempana kuin vanha verkosto. Rinnakkaisverkostot peittävät ojaston 8 pinta-alasta 1,18 ha. Sorasilmäkkeitä täydennysojiin tehtiin 12 m ja 20 m välein. Vanhat salaojat jätettiin koskemattomiksi.

Taulukko 7. Täydennysojitukset ja ojamäärät

Ojasto	P-ala ha	Oja- väli m	Imu- ojaa m	Kokooja- ojaa m	Yht. m
8 vanha	1,86	16	860	330	1190
uusi		16	780	95	875
rinnakkais- verkostot	1,18		vanhaa 560	105	665
			uutta 630	95	725
9 vanha	1,70	16	880	240	1120
uusi		32	400	70	470
rinnakkais- verkostot	0,80		vanhaa 390	80	470
			uutta 170	70	240
10	1,20	16	sorasilmäkkeitä 12 m:n ja 20 m:n välein kaivinkoneella 44 kpl		
11	1,18	16	sorasilmäkkeitä 5 - 6 m:n välein kairamenetelmällä 119 kpl		
13	2,62	16	sorasilmäkkeitä 10 m:n välein kaivinkoneella 123 kpl		
5 ja 6	3,96	16	soraajaa 8 m:n välein, 50 cm:n syv. yht. 3600 m		
4 ja 7	4,18	16	sorasilmäkkeitä 12 - 20 m:n välein kaivinkoneella 128 kpl		

Ojastoon 9 tehtiin myös rinnakkaisverkosto vanhan verkoston päälle samalla tavoin kuin ojastossa 8. Koska täydennysojia tehtiin vain jokatoiseen salaojaväliin, on täydennysojien määrä n. puolet vanhan verkoston salaojien määrästä (taulukko 7). Rinnakkaisverkostot peittävät ojaston 9 pinta-alasta

0,8 ha. Rinnakkaisverkostojen tuloputket tulevat samaan tarkastuskaivoon. Myös tässä vanha verkosto jätettiin koskemattomaksi.

Ojastossa 10, 11 ja 13 sorasilmäkkeet tehtiin tasavälein. Ojastossa 4 sorasilmäkkeiden etäisyys on 18 - 20 m ja ojastossa 7 12 - 15 m. Soraojat ojastoissa 5 ja 6 on myös tehty tasavälein. Hehtaaria kohden soraojaa on tällä koelohkolla 910 m.

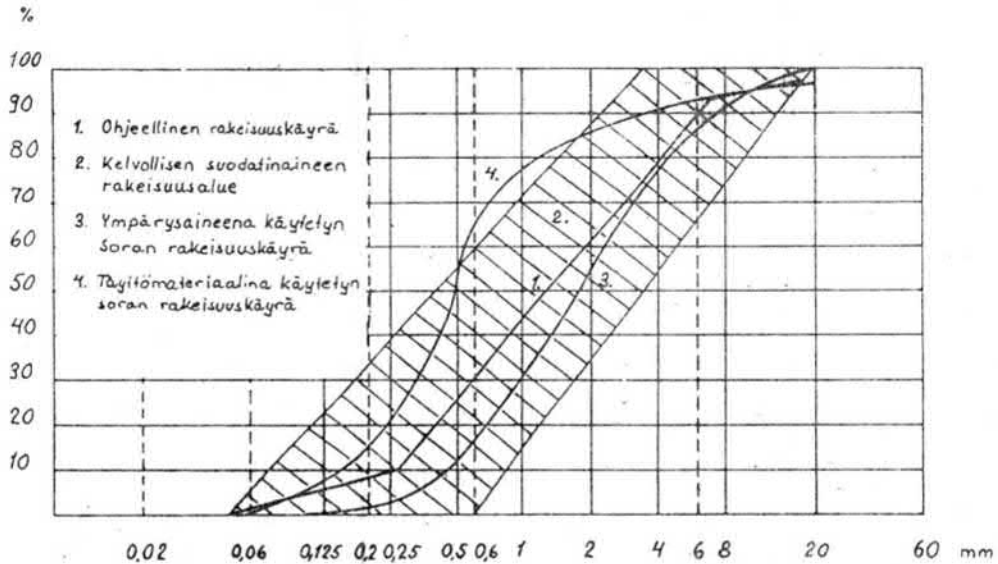
8.1.2. Toteutus

Täydennysojitus ja sorasilmäkkeiden lisäys ojastoissa 8 - 10 toteutettiin vuoden -84 syyskuussa. Ojastoihin 11 ja 13 sorasilmäkkeet tehtiin vuoden -85 heinäkuussa ja soraojat ja -silmäkkeet ojastoissa 4 - 7 vuoden -86 kesäkuussa.

Lisäojat kaivettiin kapeateräisellä (18 cm) ketju-maralla. Putkenlasku tehtiin käsin. Putkimateriaalina oli tiiliputki kuten alkuperäisissäkin ojastoissa. Soraa pudotettiin salaojien päälle 5 - 10 cm:n vahvuinen kerros. Sorastus tehtiin sorastusvaunulla. Sorasilmäkkeet lisäojien päälle tehtiin niin kookkaiksi, että maanpintaan yltävä silmäkkeen harja oli pituudeltaan n. 3 m. Ojituksessa käytetty sora oli lajitekoostumukseltaan kuvion 24 mukaista. Soranmenekki lisäojien teossa oli sorasilmäkkeiden suuresta koosta johtuen jonkinverran runsaampaa kuin keskimäärin salaojituksissa eli n. 6 m³/100 m.

Sorasilmäkkeet ojastoissa 4, 7, 10 ja 13 kaivettiin tilan omalla kaivinkoneella. Kauhan leveys koneessa oli 65 cm. Kuopat kaivettiin imuojien suuntaiseksi ja salaojaputkiin saakka. Soralla täytettävän kuopan pituus pohjasta mitattuna oli n. 150 - 180 cm ja leveys n. 70 cm. Imuojien syvyys vaihteli 75 cm:stä 100 cm:iin. Soranmenekki silmäkettä kohden vaihteli siten 0,8 m³:stä 1,2 m³:iin. Suuren soramenekin ja salaojitussoran korkean hinnan vuoksi kuopat täytettiin ojastoissa 10 ja 13 kahdella erilaisella soralla. Kuoppien pohjalle pudotettiin laadultaan normaalia salaojitussoraa n. 30 - 40 cm ja tämän päälle pintaan saakka täyt-

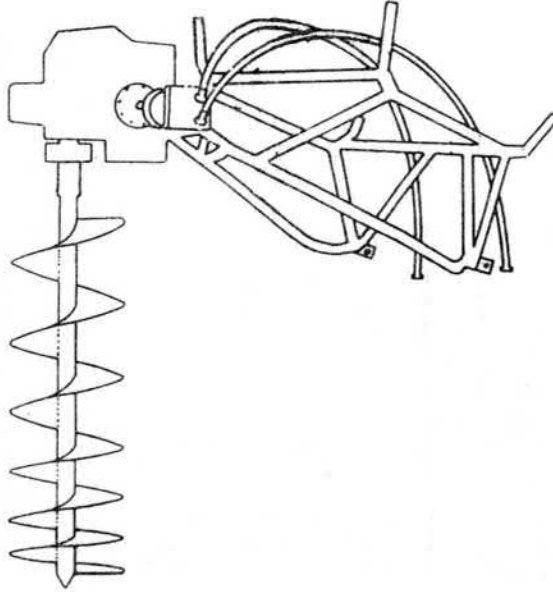
tömateriaalina varsinaiseksi salaojasoraksi sopimatonta soraa (kuvio 27). Sorastus tehtiin traktorin takakauhalla. Ojastoissa 4 ja 7 sorasilmäkkeet täytettiin kokonaan laadultaan hyvällä salaojitussoralla.



Kuvio 27. Suodatinsoran ohjeellisuuskäyrä (SAAVALAINEN 1981) ja ojituksessa käytetyn soran rakeisuuskäyrät

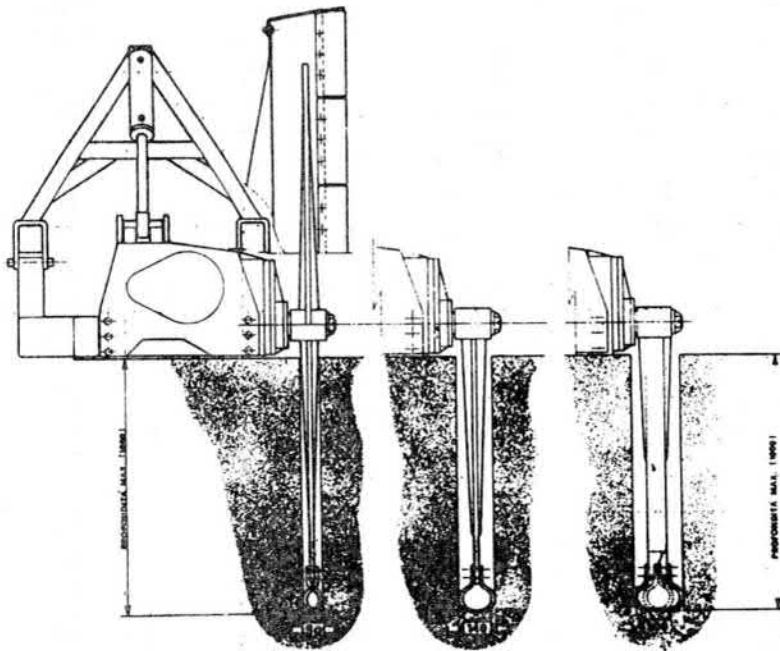
Ojastoon 11 sorasilmäkkeet tehtiin maatalousteknologian laitteella seiväskairan runkoon rakennetulla kairalla (kuvio 28). Laitteella pyrittiin saamaan huomattava soranmenekin säästö sorasilmäkkeiden teossa verrattuna kaivinkone-menetelmään. Kaira-osan pituus laitteessa on 110 cm ja kierteen halkaisija 35 cm. Laite on traktorin nostolaitteisiin sovitettava ja voimansiirto järjestettiin hydraulisesti. Kairan pyörimisnopeus työvaiheen aikana on n. 25 - 30 r/min.

Kairalla tehtyjen sorasilmäkkeiden halkaisija oli siis 35 cm ja syvyys vaihteli salaojien syvyydestä riippuen 80 - 110 cm:iin. Reiät kairattiin suoraan imuojien päälle suojuksoraan tai paikoin salaojaputkeen saakka. Soranmenekki reikää kohden vaihteli siten 0,08 m³:stä 0,1 m³:iin. Sorasilmäkkeet tehtiin tällä menetelmällä 5-6 m:n välein. Yhteensä sorasilmäkkeitä tehtiin ojastossa 11 1,18 ha:n alueelle 119 kpl (kuvio 24).



Kuvio 28. Sorasilmäkkeiden teossa käytetty kaira

Suoto-ojat kaivettiin traktoriin sovitetulla Drenag 50-merk-
kisellä kaapeliojan kaivuukoneella (kuvio 29). Koneen suurin
kaivuusyvyys on 50 cm, johon syvyyteen suoto-ojat myös kai-
vettiin. Kaivuuleveyttä voidaan koneessa säätää portaittain
90 mm:stä 200 mm:iin.



Kuvio 29. Soraojien teossa käytetty kaapeliojan kaivuukone

Koealueella käytettiin 90 mm:n leveyttä. Kaivannot täytettiin n. 10 cm:n päähän maanpinnasta. Soramenekki oli näinollen 33 m³/ha ja 3,6 m³/100 m. Koneen kaivunopeus oli keskimäärin 0,40 m/s (1,4 km/h). Soraojien täyttö tehtiin sorastusvaunulla.

Olosuhteet ojastojen 8 - 10 korjausten toteutuksessa syksyllä -84 olivat huonot. Heinäkuun alun sateiden aiheuttaman laajojen vesilammikoiden kuivuttua elokuun alkupäiviin mennessä, alkoi jälleen sataa elo-syyskuun vaihteessa. Tämän seurauksena pellolle kertyi jälleen runsaasti vettä. Ojituksen aikana peltoon jäi 10 - 15 cm syvyiset raiteet sala-ojituskoneesta ja jankkoon ulottuvat raiteet sorastusvaunusta. Kokoojaojat voitiin tehdä siten, että vesi ei haitannut putkenlaskua ja sorastusta. Imuojien putkista n. puolet jouduttiin laskemaan ojakaivantoon kertyneeseen 5 cm syvyiseen saviseen veteen ja sorastus jouduttiin paikoin tekemään kokonaan veden peitossa olevien putkien päälle. Jälkitöiden osalta ruokamullan pudotus tehtiin välittömästi ojituksen jälkeen. Peltolohkon kyntö ja tasoittelu jäivät sitävastoin märkyiden vuoksi kyseisenä syksynä kokonaan tekemättä.

Ojaston 10 sorasilmäkkeiden teon yhteydessä veden tulo kuoppiin estettiin siten, että silmäkkeen kohta suojattiin maavallilla kuopan kaivun ja täytön ajaksi. Sorasilmäkkeet voitiin tehdä tällä menetelmällä ilman, että vedestä olisi ollut suurempaa haittaa. Pellon pintaan aiheutui kuitenkin runsaasti syviä raiteita kaivurin ja sorastustraktorin renkaista ajokertojen suuren lukumäärän vuoksi.

Ojastoissa 11 ja 13 sorasilmäkkeiden teko aloitettiin kesäkuun puolessa välissä v. -85. Työt kuitenkin jouduttiin keskeyttämään, koska pellolla oli vielä kevään valumavesiä ja pellon kantavuus oli erittäin huono. Pelto kuivui heinäkuun puoleen väliin mennessä, jolloin työt voitiin tehdä loppuun saakka hyvissä olosuhteissa. Samoin ojastoissa 4 - 7 sorasilmäkkeet ja soraojat tehtiin vuoden -86 kesäkuussa hyvissä olosuhteissa.

8.1.3. Seuranta ja tulokset

Korjausratkaisujen vaikutusta pellon vesitalouteen alettiin seurata ojastoissa 8 - 10 keväältä -85 lähtien. Ojastoissa 8 ja 9 mitattiin veden virtausmäärät rinnakkaisverkostoista. Pellon kosteus tila arvioitiin maanäytteiden perusteella. Maanäytteet otettiin muokkauskerroksesta ja jankosta. Lisäksi peltolohkon kuivumista arvioitiin vertaamalla sitä viereisiin lohkoihin.

Ojastoon 8 rakennetusta uudesta ojaverkostosta mitattu tulevan veden määrä ojometriä kohden oli keväällä -85 noin kaksinkertainen (taulukko 8) ja syksyllä lähes kolminkertainen vanhaan ojastoon verrattuna. Ojastossa 9 tulevan veden määrä ojometriä kohden oli vastaavasti keväällä lähes nelinkertainen ja syksyllä yli kolminkertainen vanhan verkoston virtausmäärin verrattuna. Keväällä -86 ensimmäisessä mittauksessa molemmissa ojastoissa uuden verkoston virtausmäärä ojometriä kohden oli kaksinkertainen vanhaan verkostoon verrattuna. Kaksi viikkoa myöhemmin veden virtaus oli lakannut vanhoissa salaojissa. Uusissa verkostoissa samaan aikaan tapahtui vielä vähäistä veden virtausta.

Vaikka ojastossa 9 tehtiin uutta salaojaa n. puolet entisen määrästä ja ojastossa 8 sama määrä kuin vanhassa ojastossa oli vedenvirtausmäärän ero uuden ja vanhan verkoston välillä ojastossa 9 selvästi suurempi sekä keväällä että syksyllä kuin ojastossa 8. Tämä johtuukin siitä, että molemmat em. vedenmittaukset on tehty sellaisessa pellon kuivumisen vaiheessa, jolloin tiheämmällä ojavälillä tehty ojasto 8 on ehtinyt kuivua niin paljon pitemmälle, että virtaavan veden määrä ojometriä kohden oli jo selvästi vähentynyt. Vanhan ojaston kuivauskyky oli sama ojastoissa 8 ja 9 kahden vuoden mittausten perusteella.

Taulukko 8. Veden virtausmäärät rinnakkaisverkostoissa

Ajankohta	Ojasto	ml/min	ml/min/m	suhdeluku
23.5.-85	8 vanha	428,1	0,64	
	uusi	902,5	1,24	1,94
	9 vanha	240,0	0,51	
	uusi	465,0	1,94	3,80
24.9.-85	8 vanha	400,5	0,60	
	uusi	1211,5	1,67	2,78
	9 vanha	347,5	0,74	
	uusi	605,5	2,52	3,41
26.5.-86	8 vanha	3066,9	4,61	
	uusi	7133,3	9,84	2,31
	9 vanha	2894,8	6,16	
	uusi	3066,9	12,78	2,07
10.6.-86	8 vanha	ei virtausta		
	uusi	199,0	0,27	-
	9 vanha	22,0	0,05	
	uusi	122,0	0,47	9,4

Keväällä -85 ojastossa 8 muokkauskerroksen kosteus oli 1,2 %-yksikköä kuivempaa ja jankon kosteus 0,6 %-yksikköä kuivempaa kuin ojastossa 9 (taulukko 9). Erot eivät kuitenkaan ole tilastollisesti merkitseviä. Syksyllä ojastoissa 8 ja 9 jankon kosteudet olivat samat. Keväällä -86 muokkauskerroksen kosteus ojastossa 8 oli 1,7 %-yksikköä kuivempaa kuin ojastossa 9 ja jankon kosteudet olivat samat.

Vuonna -85 ojastossa 10 keskimääräinen pellonkosteus oli alhaisempi sekä keväällä että syksyllä kuin ojastoissa 8 ja 9. Varianssianalyysin mukaan ojaston 10 kosteustila poikkesi keväällä merkittävästi (5 % riski) ojaston 9 kosteudesta ja syksyllä sekä ojaston 8 että ojaston 9 kosteustilasta (taulukko 9). Keväällä -86 ojastossa 10 maan kosteus oli edelleen alhaisin, mutta erot eivät enää olleet merkitseviä ojastojen 8 - 10 välillä.

Taulukko 9. Maankosteus ojastoissa.

Ajankohta	Ojasto	Kosteus-%	x	Hajonta	n
23.5.-85	8 pinta	31,7		0,49	8
	jankko	32,6		1,33	8
	9 pinta	32,9	*	2,23	12
	jankko	33,2	*	0,95	12
	10 pinta	30,3	*	1,25	8
	jankko	30,9	*	1,86	8
24.9.-85	8 jankko	35,7	*	1,69	8
	9 jankko	35,8	*	2,13	8
	10 jankko	33,3	*	1,57	8
26.5.-86	8 pinta	31,4		1,75	8
	jankko	33,1	*	0,69	8
	9 pinta	33,1		1,44	12
	jankko	33,1	*	1,66	11
	10 pinta	32,1		1,81	7
	jankko	32,7	*	1,71	7
	11 pinta	33,0		2,45	8
	jankko	35,5	*	1,52	8
	13 pinta	31,9		3,61	5
	jankko	38,5	*	2,73	7
	4 pinta	34,5		0,85	3
	jankko	34,7	*	1,00	3

Silmämääräiset havainnot ja viljelijän havainnot lohkon kuivumisesta ensimmäisenä kesänä olivat samansuuntaiset kuin varsinaiset mittauksetkin osoittivat. Lohkolla oli havaittavissa keväällä kaksi kosteampaa aluetta, joista toinen oli ojastossa 9 ja toinen ojastossa 10. Ojasto 8 oli kosteudeltaan tasainen. Sama näkyy taulukossa 9 ojastojen muokkauskerroksen kosteuspitoisuuksien hajonnoissa. Vuonna -86 viljelijä jätti koealueet kesannoksi, joten vertailuja toukokuuden osalta ei voitu enää tehdä.

Kokonaisuudessaan ojastojen 8 - 10 käsittämä peltolohko kuivui keväällä -85 hyvin. Kuten jo aikaisemmin mainittiin, toukokuuta tälle ko. peltolohkolla oli päästy tekemään 7 - 10 vrk myöhemmin kuin viereisille lohkoille. Nyt korjausten jälkeen tilanne oli muuttunut siten, että ko. peltolohko

kuivui kaikista tilan pelloista ensimmäisenä äestys- ja kylvökuntoon. Keväällä n. 1,5 viikkoa ennen toukotöitä viljelijä oli kyntänyt tämän peltolohkon, mikä osaltaan nopeutti lohkon kuivumista kylvömuokkaukseen. Viereisille, syksyllä kynnetyille ojastojen 4 - 6 käsittämille peltolohkoille (kuvio 22) päästiin tekemään toukotöitä 5-6 vrk myöhemmin korjatun lohkon kylvömuokkauksesta. Tämän mukaan ojaston 8 - 10 käsittämän peltolohkon kuivuminen kylvökuntoon aikaistui 13 - 16 vrk:lla.

Ojastojen 11 ja 13 käsittämä peltolohko jäi myös edellisessä syksynä kyntämättä. Kevään -85 kenttätutkimuspäivänä lohkolle oli laajalti ilmivettä pellon pinnalla. Ongelmien vaikeusasteeltaan ojastojen 8 - 10 sekä 11 ja 13 käsittämät peltolohkot olivat ennen täydennysojitusta samanlaisia. Jälkimmäinen peltolohko jätettiin kesannolle myöhemmin kesällä tehtäviä korjaustoimenpiteitä varten.

Syksyllä -85 puimurista jäi hiukan renkaiden jälkiä (15 - 20 cm syvyisiä) korjatulla lohkolle ojastoissa 9 ja 10 niihin paikkoihin, jotka jo keväällä havaittiin kosteammiksi. Ojastossa 9 nämä kohdat olivat niissä vanhojen salaojien väleissä, joihin ei lisätty uusia salaojia ja ojastossa 10 tasoittamattomissa painanteissa. Ojaston 8 alue kantoi puimuria niin hyvin, että pyörän jälkiä ei juuri jäänyt pellon pintaan.

Käsittämättömillä peltolohkoilla (ojastot 4 - 7) puimurista sensijaan jäi syksyllä -85 jokaiselta ajokierrokselta jankkoon saakka ulottuvat raiteet. Nämä olivat kaikki pellon pintaan saakka täyttä vettä. Puinti oli tehty koko alueella samanlaisissa olosuhteissa.

Ojastojen 11 ja 13 käsittämälle peltolohkolle alkukesästä tehtyjen korjausten vaikutusta ei vielä kesän -85 aikana voitu selvittää. Keväällä -86 ojaston 11 käsittämä peltoalue oli kosteampaa ja ojasto 13 selvästi kosteampaa kuin ojastot 8 - 10 (taulukko 9). Muokkauskerroksen kosteudet

olivat samat kaikissa ojastoissa, mutta jankon kosteus oli ojastossa 11 2,4 %-yksikköä kosteampaa ja ojastossa 13 5,4 %-yksikköä kosteampaa kuin ojastossa 8.

Silmämääräisten havaintojen perusteella ei voitu nähdä eroja ojaston 11 ja ojastojen 8 - 10 välillä. Ojasto 13 sitävästoin oli selvästi havaittavissa kosteammaksi. Hitaampi kuivuminen tässä ojastossa johtunee siitä, että edellisen kesän korjausten jälkeen tehty kyntö tällä lohkolla oli erittäin huono. Lisäksi ojasto 13 poikkesi muista ojastoista siten, että tämä lohko oli ennen salaojitusta ollut luonnon niittynä ilman minkäänlaista kuivatusta. Tästä syystä maakerros ojitussyvyyteen saakka ei ollut missään vaiheessa päässyt kuivumaan siten, että maahan olisi muodostunut pysyvää huokosrakennetta. Salaojien tehottomuudesta johtuen maa ei ollut kuivunut riittävästi myöskään salaojituksen jälkeen.

Ojastoissa 4 - 7 tehtyjen korjaustoimenpiteiden vaikutusta ei voitu vielä kesän -86 aikana seurata.

Edellä mainituista korjaustoimenpiteistä teholtaan parhaaksi osoittautui kahden kesän havaintojen perusteella täydellinen uusintaojitus. Käytännöllisesti katsoen yhtä hyvä vaikutus oli kaivinkoneella tehdyillä sorasilmäkkeillä. Eroa 12 m ja 20 m silmäketiheyksien välillä ei havaittu. Teholtaan selvästi heikommaksi jäi ojastossa 9 käytetty ratkaisu, jossa uusia salaojia lisättiin jokatoiseen vanhan salaojan väliin. Myös sorasilmäkkeiden vaikutus ojastossa 13 oli heikko ensimmäisenä keväänä.

8.2. Koetila nro 2

8.2.1. Kuivatusongelmat ja niiden korjaus

Viikin koetilalla on useilla peltolohkoilla pinta-alaltaan muutamasta aarista useaan kymmeneen aariin käsittäviä painanteita, joihin pintavedet kerääntyvät lammikoiksi. Ilmalan-peltolohkolla, jossa korjaukset tehtiin, tällaisia painanteita on useassa eri kohdassa (kuvio 30). Painanteisiin kerääntyvistä pintavesistä on suurimpana haittana ollut ke-

väisin pellon hidas ja epätasainen kuivuminen sekä syksyisin pellon huono kantavuus painanteissa, jolloin sadonkorjuu ja kyntötyöt ovat vaikeutuneet. Alue on ollut aikaisempina vuosina sokerijuurikkaan viljelyssä, jolloin varsinkin sadonkorjuuongelmat ovat korostuneet ko. alueella. Painanteiden kokonaispinta-ala kyseisellä lohkolla on 1,05 ha.

Korjaustoimenpiteenä kyseisellä lohkolla tehtiin sorasilmäkkeitä imuojien päälle joulukuussa -84 (51 kpl) ja touku- kuussa -85 (59 kpl) yhteensä 110 kpl. Sorasilmäkkeet tehtiin 4 - 6 m välein yhteensä 0,90 ha alueelle. Kaksi pinta- alaltaan vähäisempää painannetta jätettiin kokonaan käsittelemättä, jolloin käsiteltyjä alueita voidaan vertailla käsittelemättömiin. Sorasilmäkkeet tehtiin kuviossa 28 esite- tyllä kairalla.

8.2.2. Toteutus

Vuoden -84 joulukuussa työolosuhteet olivat vaikeahkot. Maa oli jo routaantunut n. 5 cm syvyyteen ja lunta oli n. 5 cm. Tämä ei kuitenkaan varsinaisesti haitannut sorasilmäkkeiden tekoa. Sen sijaan pellolla oli paikoin vettä jääkerroksen alla, jolloin työt jouduttiin osittain jättämään kesken. Sorasilmäkkeet oli tarkoitus tehdä painanteisiin tasavälein imuojien päälle. Ojastossa 13 alue e (kuvio 30) käsiteltiin ilman ongelmia ja sorasilmäkkeiden määräksi tuli 28 kpl. Ojastossa 12 alueella a saatiin tehtyä vain noin puolet tarkoitetusta sorasilmäkkeiden määrästä eli yhteensä 23 silmä- kettä.

Edellisenä syksynä kesken jäänyttä aluetta täydennettiin ke- vällä -85, jolloin sorasilmäkkeiden kokonaismääräksi ko. painanteessa tuli 57 kpl. Sorasilmäkkeitä tehtiin lisäksi vielä ojastossa 12 alueella b imuojien väliin (kuvio 30) yht. 25 kpl. Soran kokonaismenekki silmäkkeitä kohden (110 kpl) oli n. 12 m³. Keväällä -85 työolosuhteet olivat hyvät.

8.2.3. Seuranta ja tulokset

Keväällä -85 ja -86 koealueelta selvitettiin maanäytteidien perusteella toimenpiteiden vaikutukset muokkauskerroksen ja jankon kosteustilaan ja mahdollisiin kosteuseroihin käsiteltyjen ja käsittelemättömien alueiden välillä. Taulukossa 10 on esitetty koelaueiden keskimääräiset kosteudet.

Taulukko 10. Koealueiden kosteudet muokkauskerroksessa ja jankossa

Ajankohta	Koeala	Kosteus-% \bar{x}	Hajonta	n
15.5.-85	a jankko	25,6	1,09	6
	b jankko	26,7	0,71	6
23.5.-85	a pinta	22,9*	1,48	12
	jankko	22,7	1,49	13
	b pinta	23,2*	0,55	9
	jankko	23,3	1,16	9
	c pinta	23,2*	1,20	8
	jankko	22,5	1,47	8
	d pinta	21,7	1,24	4
	jankko	23,1	0,78	3
	e pinta	21,4	1,26	6
	jankko	20,8	0,99	6
	f pinta	21,9	1,38	6
	jankko	22,1	1,47	6
	g pinta	25,2*	2,22	5
	jankko	24,6	1,75	4

Taulukon 10 mukaan käsitellyn alueen jankon keskimääräinen kosteus oli keväällä -85 1,1 %-yksikköä kuivempaa kuin käsittelemättömän alueen kosteus (keväällä -85 alue b oli vielä käsittelemättä). Ero ei kuitenkaan ole tilastollisesti merkitsevää. Silmämääräisten havaintojen perusteella voitiin havaita että käsiteltyjen alueiden imuojien kohdat kulvuivat nopeammin kuin käsittelemättömillä alueilla. Tämä voitiin päätellä siitä, että lumien sulettua pellolta olivat kaikki painanteet veden peitossa. Veden vähetessä ensimmäiseksi paljastuivat ne imuojien kohdat joihin oli lisätty sorasilmäkkeitä. Salaojien välisellä pellon osalla ja käsittele-

mättömillä alueilla ei näyttänyt sitävastoin olevan eroa. Koealueelta e ei tässä yhteydessä selvitetty maan kosteuspitoisuuksia.

Keväällä -86 voitiin alueiden kosteustila selvittää tarkemmin ja tehdä vertailuja useamman eri alueen välillä. Taulukon 10 mukaan maan suurin kosteuspitoisuus oli käsittelmättömällä alueella g (kuvio 30). Kuivin alue oli vastaavasti käsitelty alue e. Alueella g muokkauskerroksen keskimääräinen kosteus oli merkitsevästi suurempi (5 %:n riski) kuin kaikilla muilla alueilla ja jankon kosteus merkitsevästi suurempi kuin alueella e. Koealueen e jankon kosteus oli vastaavasti merkitsevästi alhaisempi kuin alueilla a ja b.

Vertailtaessa vierekkäisiä a, b, c ja d, havaitaan että alueella a maan kosteus on alhaisempi kuin viereisillä alueilla. Erot eivät kuitenkaan ole merkitseviä. Sama tilanne toistuu vertailtaessa alueita e, f ja g keskenään. Alue e on selvästi kuivempi kuin viereiset alueet.

Tämän koejärjestelyn tulosten perusteella ei voida varmuudella osoittaa käytetyn menetelmän tehokkuutta koealueen olosuhteissa. Verrattaessa eri painanteiden valuma-alueita, voidaan kuitenkin todeta, että maan kosteustila oli alueilla a ja e alhaisimmat, vaikka valuma-alueet olivat selvästi suurimmat. Tämä on näkynyt ennen korjaustoimenpiteitä siten, että sadonkorjuu- ja kyntövaikeudet ovat kohdistuneet pahiten juuri näihin painanteisiin.

8.3. Koetila nro 3

Lopella sijaitsevalla koetilalla on peltoa 9 ha. Peltoalasta pääosa eli n. 7 ha on turvemaita, jotka kaikki on salaojitettua. Loput peltoalasta on karkeaa kivennäismaata. Kuivatustarve kivennäismaiden osalta on vähäinen.

Tilalla on viljelty pääasiassa ohraa ja kauraa sekä vähäisemmässä määrin myös nurmikasveja. Osa turvemaista on ollut kahden vuoden ajan vuokrattuna porkkanan viljelyyn. Tilalla

maanviljelys on sivutoimista viljelyä. Tilan pellot on salaojitettu 70-luvun loppupuolella. Putkimateriaalina on käytetty muoviputkea.

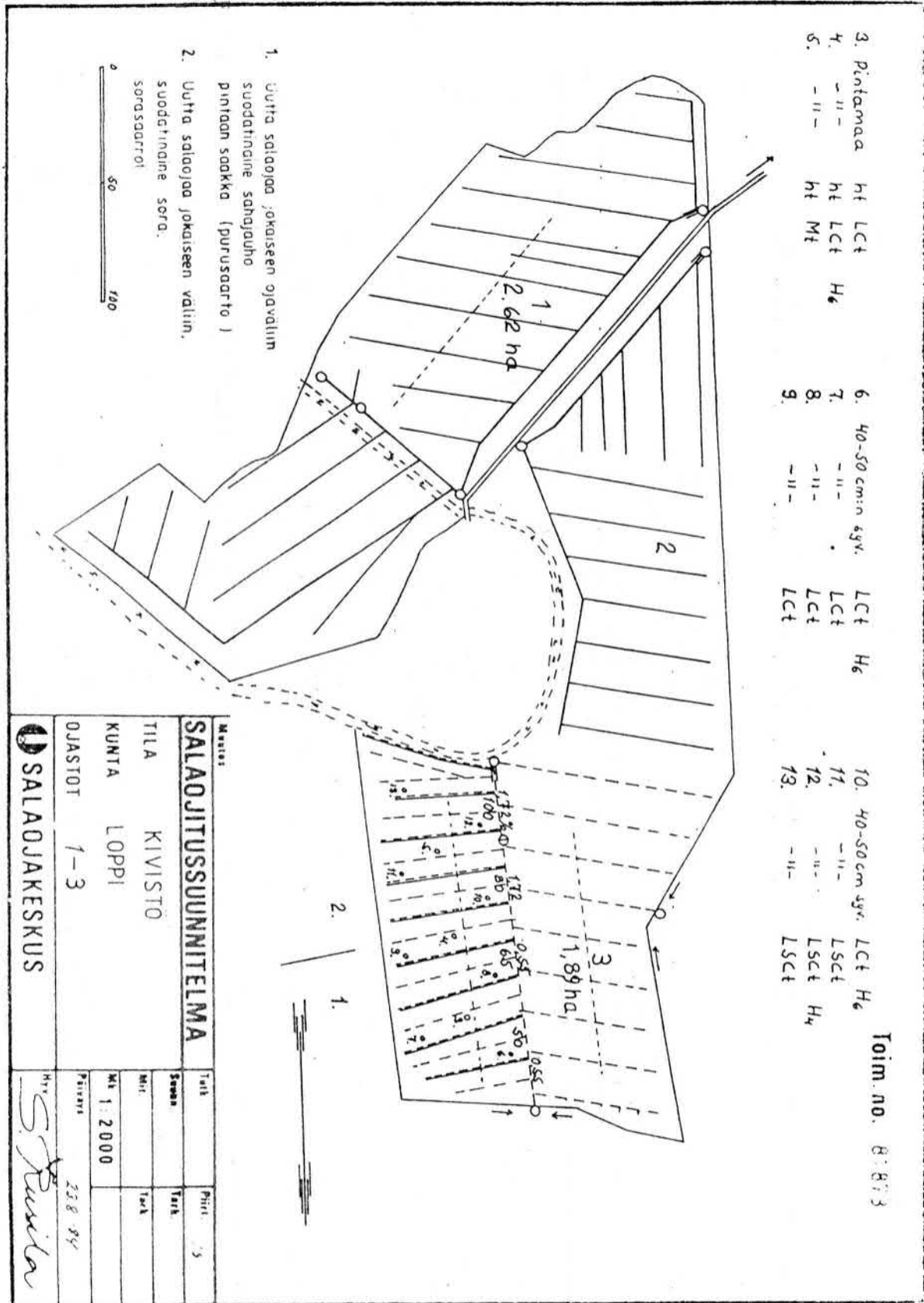
8.3.1. Kuivatusongelmat ja niiden korjaus

Kuivatusongelmia tilan salaojitetuilla pelloilla on esiintynyt paikoittain useassa eri ojastossa. Pahimmin ongelmat ovat haitanneet viljelyä ojastoissa 1 ja 3 (kuvio 31). Varsinaisten ongelma-alueiden pinta-ala on n. 1,6 ha. Maalaji ongelmallisilla peltolohkoilla on pääasiassa metsäsaraturvetta (LCT) ja metsärahasaraturvetta (LSCT). Turvekerroksen paksuus peltoalueella on yli salaojasyvyyden.

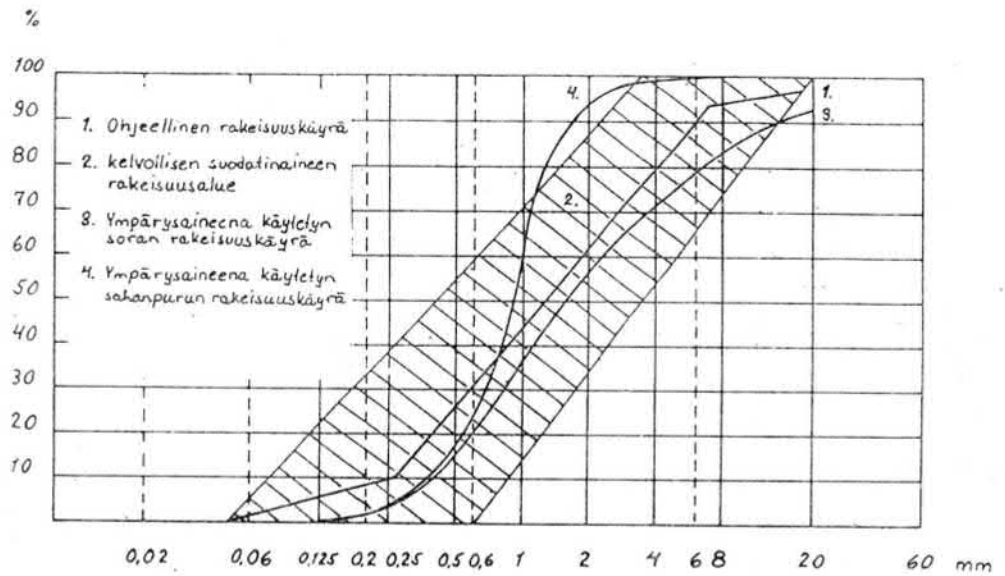
Koska kuivatusongelmista kärsivät pellot ovat turvemaita, on pellon heikko kantavuus ensimmäisenä aiheuttanut haittaa viljelyssä. Keväisin toukotyöt ovat tämän vuoksi viivästyneet ja syksyisin sadonkorjuu ja kyntötyöt ovat oleellisesti vaikeutuneet. Useasti kyntö on jäänyt syksyisin tekemättä pellon huonon kantavuuden vuoksi. Kasvuhäiriöitä on ollut lähinnä ohrakasvustoissa. Porkkanan viljely oli kokonaan keskeytetty sadonkorjuuongelmien vuoksi.

Koealueeksi tilalta valittiin ojastossa 3 0,81 ha suuruinen alue. Turvekerroksen paksuus tällä alueella on yli 2 m. Ojastossa 1 olevat ongelmalliset kohdat jätettiin käsittelemättömiksi. Vertailuja pellon kuivumisesta on mahdollista sitten tehdä ojastossa 3 käsitellyn ja käsittelemättömän alueen välillä ja ojastojen 1 ja 3 välillä.

Korjausratkaisuna ko. alueelle lisättiin uusia salaojia jokaiseen vanhan salaojan väliin. Suojusaineena käytettiin soraa ja sahanpurua. Alue jaettiin kahteen osaan siten, että soralla täytettiin 5 imuojaa pintaan saakka ja sahanpurulla 4 imuojaa pintaan saakka (kuvio 31). Vanhat salaojat jätettiin koskemattomiksi. Suojusaineena käytetty sora oli laadultaan samanlaista kuin tavallisestikin käytännön ojituksissa ja sahanpuru suhteellisen tuoretta noin vuoden vanhaa sahausjätettä (kuvio 32). Uudet imuojat liitettiin vanhaan kokooja-ojaan.



Kuvio 31. Lopen kenttäkokeet syksyllä -84



Kuvio 32. Ojituksessa käytettyjen suodatinaineiden rakeisuuskäyrät

Alkuperäinen ojatiheys ojastossa 3 oli 16-17 m. Salaojien lisäyksen jälkeen ojatiheydeksi tuli siten n. 8 m. Uutta salaojaa tehtiin 380 m. Putkimateriaalina käytettiin muoviputkea kuten oli alkuperäisessäkin ojituksessa.

8.3.2. Toteutus

Täydennysojitus koealueella toteutettiin vuoden -84 syyslokakuussa. Salaojien kaivu koealueella tehtiin salaojakauhalla varustetulla kaivinkoneella. Soran ja sahanjauhon täyttö ojakaivantoihin tehtiin traktorin takakauhalla. Ojanpohjan tasaus ja putkenlasku tehtiin käsin.

Olosuhteet ojitustyön aikana olivat erittäin huonot. Syyskuun aikana satoi vettä niin paljon, että pellon kantavuus oli heikentynyt riittämättömäksi minkäänlaisille peltotöille. Tästä huolimatta ojitustyöt aloitettiin syyskuun puolessa välissä. Ojitus kuitenkin jouduttiin keskeyttämään alkuunsa mahdottomuutensa vuoksi. Työtä jatkettiin lokakuun alkupuolella lyhyen poutajakson jälkeen. Edelleen pellon kantavuus oli huono, mutta ojitus saatiin vietyä loppuun "puoliväkisin".

Ojitusolosuhteita kuvaa se, että kaivinkone pääsi etenemään pellolla ainoastaan kaivupuomilla työntämällä. Kaivinkoneessa oli paripyörät. Soran ja sahanpurun ajo ojakaivantoihin tehtiin paripyörillä varustetulla traktorilla. Kaivinkoneen ja traktorin renkaista jäi 15 - 25 cm syvyiset raiteet peltoon. Kaivumaiden tasoittelu työmaalla jäi kokonaan tekemättä syksyllä -84.

8.3.3. Seuranta ja tulokset

Lisäojituksen vaikutusta pellon vesitalouteen seurattiin seuraavana kasvukautena, jolloin selvitettiin maan kosteuden vaihteluita vanhojen ja uusien salaojien kohdalta ja vertailtiin silmämääräisesti korjattua aluetta viereisiin käsittelemättömiin alueisiin. Maan kosteuspitoisuuksia määritettiin sekä keväällä että syksyllä n. 15 cm ja 30 cm syvyydestä (taulukko 11).

Taulukko 11. Maan kosteus.

Ajankohta	Ojasto	Maanäyte	Kosteus-%	\bar{x}	Hajonta	n
24.5.-85	3	sahanp.	pinta	64,4	1,83	7
		"	jankko	82,0	1,93	7
		sora	pinta	56,6	2,50	7
		"	jankko	83,0	1,54	8
	1		pinta	67,7	0,99	2
10.10.-85	3	sahanp.	pinta	61,5	1,43	6
		"	jankko	80,3	1,38	6
		sora	pinta	57,8	1,96	6
			jankko	80,1	1,10	6
27.5.-86	3	sahanp.	pinta	63,6*	1,90	6
		"	jankko	67,2*	1,68	5
		sora	pinta	60,3*	2,09	6
		"	jankko	62,4*	2,26	5
		vanha	pinta	63,6*	0,72	3
		"	jankko	78,9*	3,75	2
	1		pinta	66,2	4,30	2
			jankko	78,2*	9,30	2

Vuoden -85 keväällä ja syksyllä jankon kosteus oli sama soralohkolla ja sahajauhohlohkolla. Muokkauskerroksen kosteuksissa oli keväällä huomattavan suuri ero. Tämä johtui siitä, että ojitustyön jälkityöt oli tehty vasta keväällä hiukan ennen maanäytteiden ottoa, jolloin maan voimakkaan käsittelyn vaikutukset näkyvät erilaisina kosteuksina. Syksyllä muokkauskerroksen kosteuksien ero on jo selvästi pienempi. Ojastossa 1 muokkauskerros oli selvästi kosteampaa kuin koelohkolla.

Keväällä -86 soralohkolla jankon kosteus oli merkitsevästi alhaisempi (5 %:n riski) kuin sahanjauhohlohkolla. Vastavasti sahajauhohlohkolla jankon kosteus oli merkitsevästi alhaisempi kuin käsittelemättömillä lohkoilla. Pintamaan osalta kosteuserot olivat huomattavasti pienemmät, mikä johtuu suurelta osin veden haihtumisesta suoraan maan pinnalta.

Silmämääräisten havaintojen mukaan koelohko oli kuivunut keväällä hyvin. Muokkaustyöt voitiin aloittaa keväällä -85 samaan aikaan kuin viereiselläkin saman ojaston alueella. Pellon kantavuus oli hyvä, eikä pellolla ollut havaittavissa enää traktorin ajojälkiä pellon tasauksen jälkeen. Keväällä -86 ojaston 2 ja 3 alueella aloitettiin uudelleen porkkanan viljely.

Ojastojen 1 ja 3 käsittämien peltolohkojen kosteustilassa oli huomattavan suuri ero. Syksyllä märkyyden vuoksi kyntämättä jäänyt ojaston 1 alue oli keväällä hyvin märkää. Kun ojasto 3 oli keväällä -85 voitu kyntää hyvissä ajoin, ei ojaston 1 kyntäminen yrityksestä huolimatta ollut onnistunut, koska pellolla oli vielä paikoin ilmivettä. Ko. peltolohko jäikin kesannolle siksi kesäksi. Sama tilanne toistui keväällä -86 ojastossa 1.

Syksyllä -85 korjatulla alueella puinti oli onnistunut hyvin. Pelto oli kantanut hyvin, eikä puimurin pyörän jälkiä ollut lainkaan pellon pinnalla. Samassa ojastossa kookoojan toisella puolen (kuvio 31) oli sitä vastoin kolmessa eri kohtaa yht. n. 20 aarin alueella 20 - 25 cm syvyiset puimurin pyörien painumat. Muilta osin koko ojaston 3

alue oli hyvässä kunnossa. Korjattua aluetta ei voitu syksyllä vertailla ojaston 1 alueeseen kesannoinnin vuoksi.

8.4. Koetila nro 4

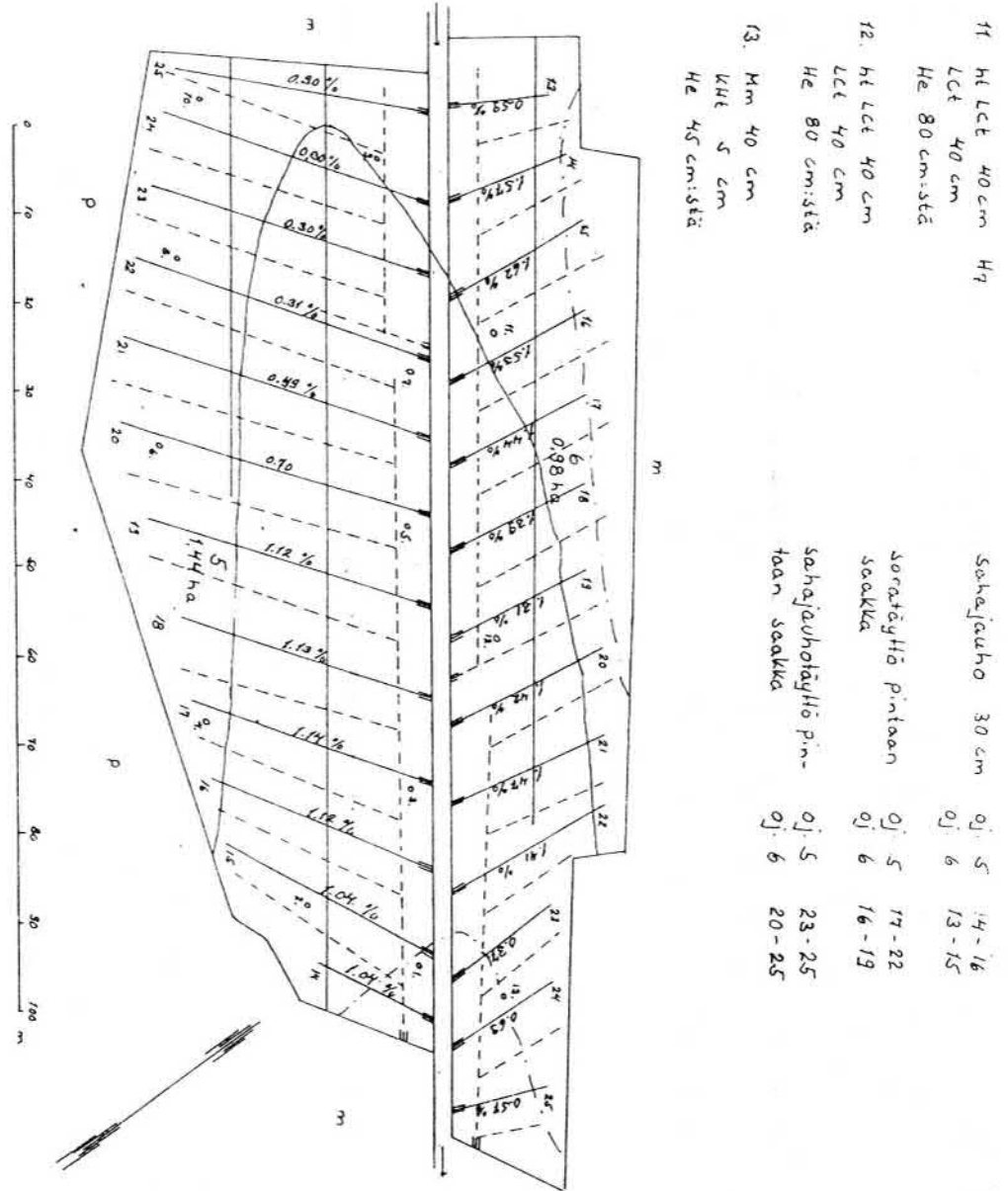
Outokummussa sijaitsevan tilan tuotantosuuntana on naudakarjatalous. Pelloilla viljellään nurmikasveja, kauraa ja ohraa. Omaa peltoa on tilalla n. 25 ha ja vuokrapeltoa n. 10 ha. Kuivatustarpeessa olevat pellot, joita on yhteensä 9,6 ha, on salaojitettu 70-luvun lopulla. Tilan peltojen maalaji on pääasiassa hietaa sekä vähäisemmin turvetta. Turve- mailla turvekerroksen paksuus on alle 1 m.

8.4.1. Kuivatusongelmat ja niiden korjaus

Kuivatusongelmasta kärsivän peltolohkon maalaji vaihtelee huomattavasti sekä maaprofiilissa että pellon eri osien välillä (kuvio 33). Maalaji pintakerroksessa on pääasiassa saraturvetta. Turpeen paksuus vähenee valtaojan alajuoksulle mentäessä sekä pellon pintatason kohotessa vaihtuen lopulta liejuksi tai liejuiseksi saveksi. Syvimmillään turpeen paksuus on 80 - 90 cm. Turvekerroksen alla kivennäismaa vaihtelee karkeasta hiedasta hietaiseen liejusaveen ja liejuun. Peltolohko ja sen ympäristö on topografialtaan suhteellisen tasainen. Piiriojista sivuvedet on johdettavissa helposti pois.

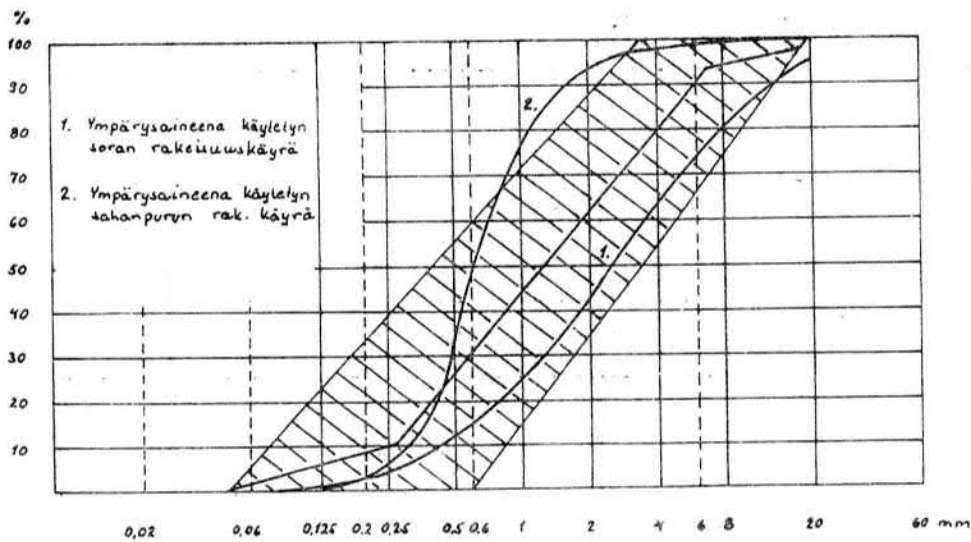
Kuivatusongelmia lohkolla on alkanut esiintyä heti salaojituksen jälkeen. Toukutyöt on yleensä voitu tehdä lähes normaaliin aikaan, mutta sadot ovat jääneet pieniksi ja viljan puintia on ollut usein mahdotonta tehdä. Vähäisenkin sateen jälkeen pellon kantavuus on menetetty. Tästä syystä myös syyskynnöt ovat jääneet tekemättä. Viljelijän mukaan lohkolta ei ole saatu yhtään normaalia satoa salaojituksen jälkeen. Tämän vuoksi viljelijä oli kaivattanut pellon pituussuuntaan ojastoon 5 kaksi kookasta avo-ojaa ja ojastoon 6 yhden avo-ojan (kuvio 33). Tämän jälkeen viljelyä oli voitu jatkaa, joskin kantavuusongelmia esiintyi edelleen merkänä ja sateisempaa aikana. Muilla tilan salaojitetuilla peltolohkoilla ei ole esiintynyt kuivatusongelmia.

1. Mm 40 cm
Lj 5 cm
He 45 cm:stä
2. Lj 35 cm
6 HHT 35 cm:stä
3. Mm 60 cm
Lj 5 cm
SHHT 65 cm:stä
4. Lj 30 cm
5 HHT 30 cm:stä
5. ht Lct 40 cm H6
Lj 40 cm
ht Lj's 80 cm:stä
6. ht Lj's
7. Lct 40 cm H7
Lj Mm 40 cm
ht Lj's 80 cm:stä
8. Lct 40 cm
Lj 10 cm
ht Lj's 50 cm:stä
9. Lct 40 cm H7
Lj Mm 40 cm
Lj Hs 80 cm:stä
10. Lct 80 cm
ht Lj's 80 cm:stä



Kuvio 33. Outokummun kenttäkokeet syksyllä -84

Kuivatusongelmien korjaamiseksi vanhaan ojastoon lisättiin uusia salaojia yksittäisoina jokaiseen vanhan salaojan väliin. Suodatinaineena käytettiin soraa ja sahajauhoa, joiden määrää vaihdeltiin. Ojastossa 5 imuojissa 14 - 16 ja ojastossa 6 imuojissa 13 - 15 suodatinaineena käytettiin sahajauhoa 30 cm (kuvio 33). Sahajauholla täytettiin pintaan saakka ojastossa 5 imuojat 23 - 25 ja ojastossa 6 imuojat 20 - 25. Soralla täytettiin pintaan saakka ojastossa 5 imuojat 17 - 22 ja ojastossa 6 imuojat 16 - 19. Putkimateriaalina käytettiin muoviputkea, kuten oli käytetty alkuperäisessäkin ojituksessa.



Kuvio 34. Ojituksessa käytettyjen suodatinaineiden rakeisuuskäyrät

Ojituksessa käytetty sora oli laadultaan normaalia salaojittussoraa (kuvio 34) ja sahajauho 1-2 vuotta vanhaa havupuun sahausjätettä.

8.4.2. Toteutus

Täydennysojitus toteutettiin vuoden -84 lokakuussa. Salaojien kaivu tehtiin ketju-tyyppisellä salaojituskoneella. Putkenlasku tapahtui suoraan kelalta automaattisesti. Sorastus ja sahajauhon pudotus tehtiin sorastusvaunulla välittömästi salaojakoneen perään.

Olosuhteet ojitustyön aikana olivat huonot. Sateisen loppukesän ja alkusyksyn vuoksi pellon kantavuus oli huono. Kookkaat avo-ojat vaikuttivat kuitenkin siten, että pellolle ei muodostunut vesilammikoita ja ojitus voitiin tehdä myöhään syksyllä. Ojituksessa pellon pintaan kuitenkin tuli syviä raiteita lähinnä sorastusvaunun renkaista.

Ojitustyön loppuvaiheessa alkanut sade aiheutti sen, että jälkitöitä ei voitu enää tehdä. Pintaan saakka täytettyihin ojiin tästä ei aiheutunut välttämättä suurempaa riskiä. Huolestuttavaksi tilanne muodostui sikäli, että avo-ojat jäivät kokonaan täyttämättä ja samoin ne salaojat, joissa sahajauhoa putken päällä oli 30 cm. Avo-ojiin jäi runsaasti vettä eikä vedellä ollut enää vapaata poistumisreittiä, koska avo-ojien ja salaojien risteyskohdat oli työn aikana täytetty.

8.2.4. Seuranta ja tulokset

Täydennysojituksen vaikutusta pellon vesitalouteen seurattiin kevästä -85 lähtien samalla tavoin kuin edellisilläkin koetiloilla. Keväällä koelohko kuivui normaalisti kylvömuokkauskuntoon ja pellon kantavuus oli hyvä. Toukokuu tehtiin tilan pelloista kuitenkin viimeiseksi tälle lohkolle, koska edellisenä syksynä ojituksen jälkityöt jäivät tekemättä. Viljelijä täytti avo-ojat ja tasoitti pellon kesäkuun ensimmäisellä viikolla juuri ennen kylvöä. Avo-ojien täyttömaaksi viljelijä kokosi traktorin etukuormaajalla löyhää turvemaata pellon pinnalta. Tasoittelun jälkeen pellolle kylvettiin ohraa kesäkuun 5. päivänä. Maan kosteusnäytteitä ei pellolta otettu keskeneräisten jälkitöiden vuoksi.

Heinäkuussa ohrakasvusto oli pituudeltaan ja tähkän muodokseltaan normaalia. Sen sijaan kasvusto oli harvaa. Tämä johtui siitä, että kylvö tehtiin hajakylvönä jo kuivahtaneeseen pintamaahan, jolloin itävyys jäi heikoksi. Pellon kantavuus oli heinäkuussa hyvä.

sääntyy samaan suuntaan (kuvio 33). Lisäksi keskiarvojen hajonnat vaihtelevat huomattavan paljon ja ovat useimmiten suuria. Em. taulukon perusteella ei kuitenkaan voida tehdä johtopäätöksiä tällä lohkolla käytettyjen korjausratkaisujen paremmuudesta, koska maalajit vaihtelevat näinkin paljon pellon eri osien välillä.

Silmämääräisesti havaintojen ja viljelykokemusten perusteella kahden vuoden ajalta näyttäisi kuitenkin siltä, että mikä tahansa kyseisellä lohkolla käytetty ratkaisu olisi riittävän tehokas kuivattamaan pelto siten, että viljely onnistuu normaaleissa sääolosuhteissa. Sateiset syksyt ovat kuitenkin asia erikseen, jolloin puintiolosuhteet vaikeutuvat kantavillakin kivennäismailla ja koelohkoa vastaavissa olosuhteissa kantavuus menetetään nopeasti kokonaan.

Suodatinaineen riittävä määrä koelohkon olosuhteissa on vaikea arvioida. Pintaan saakka täytettynä ojituksesta tulee kallis. Toisaalta tasainen 5 - 10 cm:n suodatinainekerros ei ole riittävä, koska usein tällaisissa olosuhteissa sala- ojaputki ja suodatinkerros jäväät turvekerroksen alla olevan liettyvän kivennäismaan sisään. Tämän vuoksi ojakaivannot tulisikin täyttää hyvälaatuisella suodatinaineella turvekerroksen ja kivennäismaan rajapintaan saakka.

9. KÄYTÄNNÖN VILJELMILLÄ TEHDYT TUTKIMUKSET

9.1. Tutkimuksen suorittaminen ja aineisto

Tämä tutkimus toteutettiin ao. selvitystä laajemmasta tutkimuksesta "Salaojien toimintahäiriöt" saatujen suuntaviivojen pohjalta kesällä 1985. Tutkimuksessa selvitettiin sellaisten salaojitusten toimintahäiriöiden korjausratkaisuja ja menetelmiä, joissa pellon kuivatusongelman lähtökohta oli maan "olomuodossa", ts. kivennäismailla maan tai ojakaivannon huonossa rakenteessa ja turvemaidella vettä voimakkaasti pidättävässä ja huonosti läpäisevässä pintamaakerroksessa. Tältä pohjalta lähdettiin selvittämään kuhunkin ongelmati-

lanteeseen parhaiten soveltuvaa korjausmenetelmää tutkimuskohteina olleiden käytännön viljelmien ojastojen seurannan sekä näillä toteutettujen ratkaisujen toimivuuden pohjalta.

Tältä osin ao. tutkimus toteutettiin hieman eri tavalla kuin kappaleessa 8 esitellyt kenttäkokeet. Tässä tutkimuksessa valittiin tutkimusmenetelmäksi yksityiskohtainen tutkimus sellaisilla käytännön viljelmien salaojastoilla, joihin oli salaojien suunnittelijoiden toimesta tehty korjaustoimenpiteitä. Nämä erilaiset korjausratkaisut olivat toteutettu jo 2-3 vuotta ennen tutkimuksen suorittamista, joten menetelmien toimivuudesta saatiin hieman pidemmän aikavälin tietoa. Käytännön tilojen seurantamenetelminä olivat mittaukset ja määritykset, havainnointi sekä haastattelu.

Tilojen valinnassa kiinnitettiin huomiota selkeiden ja toteutustavoiltaan yleistettävien korjausratkaisujen löytämiseen. Olosuhteiden äärevyyttä hakien kelpuutettiin tutkimukseen mukaan sekä kivennäis- että turvemaiden osalta sellaisia ojastoja, joilla ko. pellon kuivatuksessa oli esiintynyt selviä ongelmia ja joiden laatu oli ajan mittaan pahentunut vaatien korjausratkaisun toteuttamista.

Tältä pohjalta tutkimus painottui maantieteellisesti kahdelle alueelle, Forssan ympäristön savimaille sekä Itä-Suomen erityyppisille turvemaille.

Tutkimuksen kenttäosuus suoritettiin kahdessa eri vaiheessa, keväällä muokkaus- ja kylvöaikana sekä syksyllä sadonkorjuun ja syysmuokkauksen välisenä ajanjaksona. Em. ajankohdat valittiin siksi, että sekä tutkimuksen että viljelijäin kannalta mahdolliset ongelmat sekä selvitettävät eroavaisuudet olisivat suurimmillaan juuri tuolloin.

Kivennäismaiden ja eloperäisten maiden ojastoissa tehdyt määritykset poikkesivat hieman toisistaan. Koska tiiviillä kivennäismailla salaojakaivannon rakenne pitäisi olla kauttaaltaan löyhempi kuin sitä ympäröivän maan rakenteen, pyrittiin tämä asia selvittämään myös tutkituista ojastoista.

Ojakaivannon ja vastaavasti ojien välisen maan tiivistymistä mitattiin cone-arvolla, koska tiivistynyt maa on yleensä merkki myös jonkinasteisista kuivatusongelmista.

Korjaustoimenpiteen vaikutuksia maan vesitalouteen pyrittiin selvittämään maan kosteusmittausten avulla. Maan kosteuspiitoisuus otettiin selville kahdesta eri syvyydestä, kevätmuokkauskerroksen alapuolelta (n. 15 cm) sekä syysmuokkauskerroksen alapuolelta jankosta (n. 30 cm). Kosteusmäärittämistä varten maanäytteet otettiin sekä vanhojen imuojien että uusien (korjattujen) imuojien vierestä (n. 1 m:n etäisyydeltä) ja myös ojien väliseltä alueelta niiden puolivälistä.

Maalajinäytteet otettiin maalajimäärittämistä varten muokkauskerroksesta sekä 30 - 50 cm:n syvyydestä jankosta. Eloperäisillä mailla maanäytteistä selvitettiin myös maatumisaste. Maavesien liikkeiden selvittämiseksi mitattiin myös turpeen paksuus ongelmallisen pellon alueelta.

Kenttätutkimuksessa selvitettiin myös muita salaojituksen toimivuuteen välittömästi tai välillisesti vaikuttavia tekijöitä, mm. niska-, piiri- ja valtaojien kunto, pellon topografia ja paineellinen pohjavesi.

Korjausmenetelmästä riippuen mitattiin myös vanha ja uusi imuojaväli, käytetty soraäärä ja/tai sorasilmäkkeiden tiheys vanhoissa ja uusissa/korjatuissa ojissa sekä ojan kaivussyvyys.

Viljelijää haastatteleamalla täydennettiin kenttätutkimuksen yhteydessä kerättyä tietoa. Haastattelun yleisosassa selvitettiin mm. alkuperäisen ojituksen ikä, kaivutapa, käytetyn soran määrä, isännän arvio ongelman kehittymisestä ja aiheuttajasta sekä jälkihoidon suorittaminen. Lisäksi haastatteluosuudessa ongelmaojituksen korjaustoimenpiteen onnistumisen mittarina käytettiin mm. seuraavia asioita:

- muokkausajankohta keväällä
- erot kasvustossa kasvukauden eri vaiheissa
- pintavesihaitat

- sadonkorjuun aikana havaitut ongelmat
- syysmuokkauksen aikana havaitut ongelmat

Vertailukohteina olivat mahdolliset olosuhdemuutokset em. ajankohtina ennen toteutettua ojituksen korjaustoimenpidettä ja sen jälkeen. Vertailualoina käytettiin saman lohkon muuta normaalisti kuivunutta salaojitettua vertailukelpoista aluetta.

Isännän subjektiivisten mielipiteiden lisäksi tehtiin em. asioista myös tutkijan omia silmämääräisiä havaintoja paikan päällä sekä kevään että syksyn tutkimuskierroksen aikana.

Isännän haastattelun lisäksi haastateltiin myös kunkin korjaustoimenpiteen suunnittelijaa, joten tilan olosuhteista sekä tilanteen kehittymisestä saatiin myös tilan ulkopuolista tietoa.

Tutkimusaineistosta pyrittiin selvittämään missä määrin toimintahäiriöiden korjaustoimenpiteet olivat vastanneet niille asetettuihin tavoitteisiin eli oliko pellolla pystytty korjaustöiden jälkeen tekemään viljelytoimenpiteitä paremmissa olosuhteissa ja oliko korjaustoimenpide vaikuttanut pellon kasvuston kehitysvaiheisiin.

Eri korjausmenetelmien välisten erojen löytämiseksi selvitettiin maankosteuksien vaihtelut tutkittujen ojastojen mitauspisteiden välillä. Koska kunkin tilakohteen maalajit ja samalla myös maan kosteuden perusarvot vaihtelivat tapauskohtaisesti, analysoitiin jokaisen tilan kosteusmittaustulokset aluksi erikseen. Tämän jälkeen analyysien tulokset koottiin taulukoinnin avulla yhteen, mikä mahdollisti täten korjausmenetelmien välisen vertailun koko aineiston osalta.

9.2. Tutkimustulokset

9.2.1. Taustatietoja tutkimustiloista ja ojastoista

Kenttätutkimus käsitti 15 eri tilakohdetta pääasiassa Lounais-Suomessa kivennäismailla sekä Savo-Karjalassa eloperäisillä mailla. Tutkimuskohteiden maantieteellinen sijainti sekä maalajien mukainen jakauma on esitetty liitteessä 4.

Tutkittujen maatilojen viljelypinta-alat vaihtelivat 6,6 peltihehtaarista 80,0 peltihehtaariin. Vuonna 1985 tilojen keskimääräinen pinta-ala oli Suomessa n. 12 ha, kun taas tutkimustiloilla se oli 30,9 ha eli pääsääntöisesti tutkituilla tiloilla oli peltoa enemmän kuin keskimäärin maatiloilla. Tutkimustilojen salaojitettu pinta-ala vaihteli siten, että vähimmillään salaojitusta oli 3,2 ha ja enimmillään 80,0 ha keskiarvon ollessa 25,2 ha.

Koska salaojitetun pellon osuus koko peltopinta-alasta tutkimustiloilla oli myös suuri (81,6 %), voidaan olettaa, että tutkimuskohteissa maanviljely on intensiivistä ja täten myös riski salaojituksen toimintahäiriöiden syntyyn keskimääräistä suurempi.

Tutkituilla tiloilla vanhin alkuperäinen salaojitus oli toteutettu v. 1954 ja vastaavasti tuorein v. 1979. Koko aineiston keskimääräiseksi salaojitusvuodeksi muodostuu v. 1973. Kivennäismaakohteiden osalta tämä alkuperäinen salaojitusvuosi oli keskimäärin v. 1969 (vv. 1954 - 76), vastaavasti turvemaakohteiden osalta v. 1975 (vv. 1957 - 79) eli tutkimushetkellä ojastojen ikä oli keskimäärin kivennäismailla 16 vuotta ja eloperäisillä mailla 10 vuotta.

Korjaustoimenpiteet oli tehty vuosina 1982 - 83 eli tutkimushetkellä toimenpiteiden vaikutusta oli pystytty seuraamaan 2-3 vuoden ajan, mikä sinänsä asettaa selvän rajoituksen tulkittaessa tutkimustuloksia.

Ojastojen korjausratkaisut oli toteutettu usealla eri tavalla. Sorasilmäkkeiden täydennys oli yhdellä tilalla tehty

lapiotyönä. Lisäojia oli kaivettu sekä molemmilla salaojakaivinkoneilla että traktorikaivurilla. Em. tapauksissa sorastus oli tehty joko normaalisti salaojakaivantoon sorastaen tai traktorikaivinkoneen kaivantoon sorastaen. Täydelliset tila- ja ojustokohtaiset tiedot toteutetuista korjausmenetelmistä on koottu taulukkoon 13 sekä liitteisiin 2-3 salaojakarttojen yhteyteen.

Taulukko 13. Tehdyt korjaustoimenpiteet tiloittain.

Tilan nro	Ojituksen toimintahäiriöiden korjaus	
	imuoja lisätty	sorastus
3	lisäojia jokaiseen ojaväliin	sorasilmäkkeitä sorastusvaunulla n. 8 m välein
4	-	sorasilmäkkeitä vanhojen imuojien päälle (lapiokaivu); soraa 0,1 - 0,2 m ³ /silmäke
5	-	suunniteltua runsaampi soran käyttö jo alkuperäisen ojituksen toteutusvaiheessa; silmäkkeitä 7 ja 15 m välein
6	lisäojia jokaiseen ojaväliin	ojien soratäyttö pahimmissa paikoissa, muuten 10 - 15 m välein silmäkkeitä
7	lisäojia joka toiseen väliin	ojien soratäyttö
8	lisäojia jokaiseen ojaväliin	sorasilmäkkeitä sorastusvaunulla 3 - 5 m välein
9	lisäojia jokaiseen ojaväliin	3 m:n välein 2 m pitkä silmäke
10	täydellinen uusintaajitus	sorasilmäkkeitä sorastusvaunulla n. 15 m välein
11	runsasti uusia imuojia; osa 1,4 m:n syvyyteen	soraa 50 - 80 cm ojan pohjasta
12	lisäojia jokaiseen ojaväliin	sorasilmäkkeitä sorastusvaunulla n. 10 m välein
13	lisäojia ongelmallisiin paikkoihin ristiin vanhoihin imuojiin nähden	ojien soratäyttö
14	runsasti uusia imuojia kahdessa eri vaiheessa	suurimpaan osaan ojista soratäyttö; osaan silmäkkeitä 10 m välein
15	lisäojia jokaiseen ojaväliin	osaan ojista soratäyttö; osaan silmäkkeitä n. 15 m:n välein
17	lisäojia jokaiseen ojaväliin (kaivu traktorikaivurilla)	A:ojien soratäyttö B:sorasilmäkkeitä 10 m välein
18	lisäojia jokaiseen ojaväliin	ojien soratäyttö

Tehtäessä yhteenveto taulukossa 13 esitellyistä tilakohtaisista korjausratkaisuista saamme muodostettua jaottelun, jossa on neljä erityyppistä korjausmenetelmää. Ne ovat koottu taulukkoon 14.

Taulukko 14. Korjaustoimenpiteiden jako menetelmittäin (n=15)

Korjausmenetelmä	Kivenn.maat		Eloper.maat		Kaikki tapaukset	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%
1. Sorasilmien täydennys	1	20,0	1	10,0	2	13,3
2. Lisäojia joka toiseen imuojaväliin	1	20,0	-	-	1	6,7
3. Lisäojia jokaiseen imuojaväliin	3	60,0	7	70,0	10	66,7
4. Täydellinen uusintaojitus	-	-	2	20,0	2	13,3
Yht.	5	100,0	10	100,0	15	100,0

Taulukon 14 perusteella voidaan sanoa, että toimintahäiriön poistamiseksi toteutettujen korjausmenetelmien kesken on havaittavissa selvä ero kivennäismaiden ja eloperäisten maiden ojastojen välillä. Onkin ilmeistä, että etenkin tutkituissa turvemaa-ajastoissa ilmenneet ojituksen toimintahäiriöt ovat olleet useampien muuttuvien tekijöiden aiheuttamia, joten myös toteutetut korjaustoimenpiteet on täytynyt tämän vuoksi ylimitoitaa niiden vaikutusten takaamiseksi.

Tutkittujen ojastojen imuojavälit luonnollisesti muuttuivat mikäli niihin lisättiin uusia imuojia. Imuojaväleissä tapahtuneet muutokset on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Tutkittujen ojastojen imuojaväleissä toimintahäiriön korjauksen yhteydessä tapahtuneet muutokset

		Kivenn. maat n = 5	Eloper. maat n = 10	Kaikki ojastot n = 15
Imuväli m ennen korj.	x	16,2	21,4	19,7
jälkeen korj.	x	10,8	12,9	12,2
muutos	x	- 5,4	- 8,5	- 7,5

Salaojakeskus suosittelee imuojaväliksi tiiviille savimaalle 14 - 16 m ja vastaavasti maatuneille turvemaille 14 - 18 m ja maatumattomille turvemaille (tasainen, aukea, suo) 16 - 20 m (SAAVALAINEN 1984, s. 75 ja s. 104). Verrattaessa näitä suosituksia tutkittujen ojastojen alkuperäisiin ojaväleihin huomataan, että kivennäismaiden osalta ojavälit vastaavat kutakuinkin toisiaan, mutta turvemaiden ojastot olivat suunniteltu jonkin verran harvempaa ojaväliä käyttäen. Vastaavasti korjausten jälkeen ojavälit tutkituissa ojastoissa ovat sekä kivennäis- että turvemaille suosituksia tiheämmät.

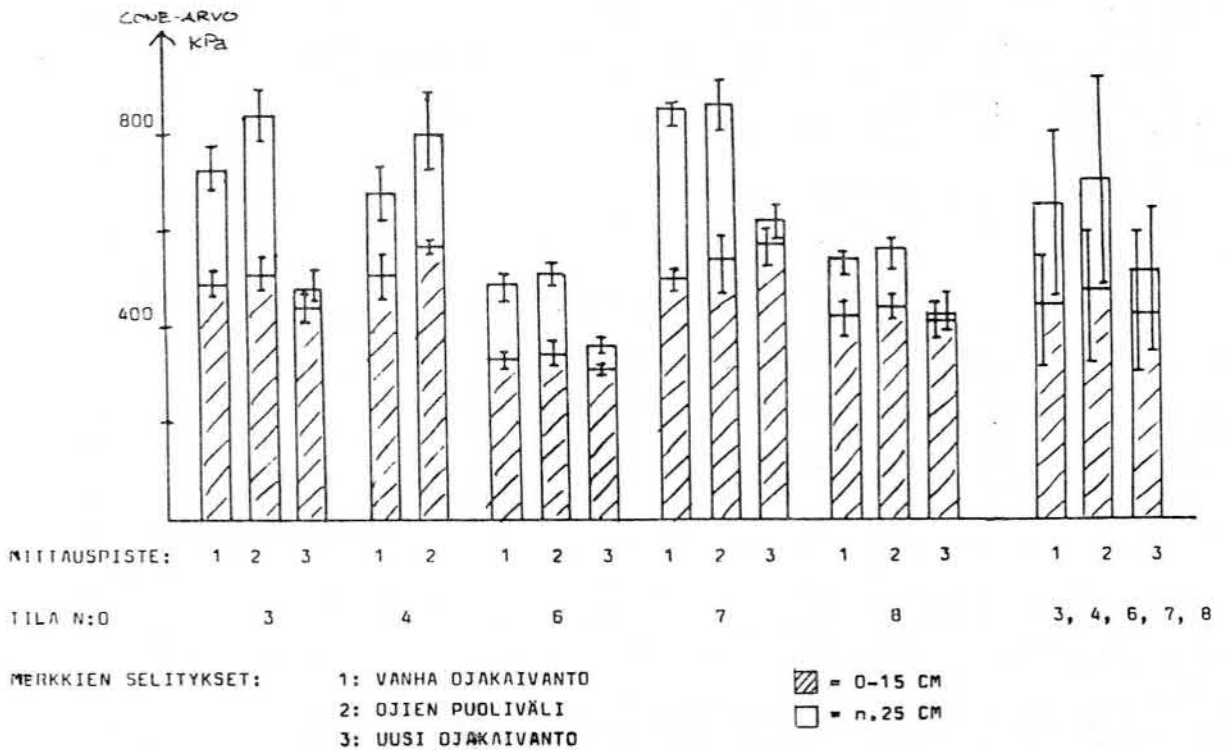
Maalajit vaihtelivat tutkituilla pelloilla suhteellisen vähän. Kivennäismaiden tapaukset olivat kaikki päämaalajiltaan savimaita eikä selvää kerroksellisuutta esiintynyt salaojitussyvyyteen saakka mentäessä. Eloperäisillä mailla turvekerroksen paksuus ja pohjamaan laatu vaihtelivat tapauskohtaisesti. Yhteisenä tekijänä oli kuitenkin se, että kaikissa turvemaatapauksissa muokkauskerros oli pitkälle maatumutta turvetta. Maalajijakaumat on esitetty liitteessä 4.

9.2.2. Kivennäismaiden tiivistymismittaukset

Tutkitut kivennäismaatapaukset edustivat viljelytoimenpiteiden, epäedullisten säätekijöiden tms. tekijän seurauksena tiivistyneiden maiden ojastoja, joissa veden kulku oli em. syiden vuoksi estynyt vielä muuten kunnossa olevaan putkistoon. Kustakin kivennäismaaojastosta ($n = 5$) mitatuilla maan cone-arvoilla selvitettiin tarkemmin maan tiivistymisen vaihtelua sekä ojakaivantojen kohdalta että ojien väliseltä alueelta (kuvio 35).

Kaikissa kivennäismaatapauksissa oli mittausten perusteella havaittavissa jonkinasteinen tivistynyt maakerros juuri kyntösyvyydessä. Lisäksi alkuperäinen ojakaivanto oli kaikissa tapauksissa tiivistynyt lähes yhtä pitkälle kuin ojien välinen maakerros kyntösyvyydessä. Näissä tapauksissa, jois-

sa uusia imuojia oli kaivettu vanhojen väliin, vastasi uuden ojakaivannon cone-arvo kauttaaltaan koko syysmuokkauskerroksen löyhempää cone-arvoa.



Kuvio 35. Maan cone-arvo tutkimustiloilla eri syvyyksissä uuden ja vanhan salaojakaivannon kohdalta sekä ojien puolivälistä mitattuna

Alkuperäisen ojaston ikä vaihteli tutkimushetkellä em. tapauksissa 12 - 31 vuoteen ja vastaavasti korjaustoimenpiteet oli tehty 2-3 vuotta sitten. Ajateltaessa veden kulkua salaojan läheisyyteen tiiviillä mailla (vrt. kuvio 3) oli se tiivistymismittausten perusteella hankaloitunut yhtenäisen kyntöanturan muodostumisen seurauksena. Olennaisinta näissä tapauksissa oli nimenomaan salaojakaivannon tiivistyminen samalle tasolle kuin sitä ympäröivä, käsittelemätön maakerros. Vastaavasti korjausratkaisujen yhteydessä maan rakenne salaojakaivannossa oli palautunut löyhemmäksi ja parantanut myös yhtenäistä makrohuokossysteemiä ja veden kulkuedellytyksiä salaojaan.

9.2.3. Kivennäismaiden viljelykelpoisuuden muutos

Ongelmallisen pellon salaojituksen toimintahäiriön korjauksen onnistumista selvitettiin käyttämällä mittareina korjausten seurauksena tapahtuneita muutoksia viljelytoimenpiteissä etenkin keväällä ja syksyllä. Kivennäismaiden kevätkuokkauksen ajankohdassa kuivatusongelman korjauksen seurauksena tapahtuneet muutokset on koottu taulukkoon 16.

Taulukko 16. Toimintahäiriöiden vaikutus kevätkuokkausajan kohtaan (n = 15)

Muokkauksen aloituksen siirtymä normaalia myöhemmäksi	Kiv.mailla (%)		Eloper.mailla (%)		Kaikki tapaukset (%)	
	A	B	A	B	A	B
ei ollenkaan	-	60,0	-	80,0	-	-
< 1 vrk	80,0	40,0	10,0	20,0	33,3	73,3
1 - 3 vrk	-	-	-	-	-	26,7
4 - 7 vrk	-	-	20,0	-	13,3	-
> 7 vrk	20,0	-	60,0	-	46,7	-
ei pysty sanomaan	-	-	10,0	-	6,7	-
Yht.	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
x (vrk)	4,30	0,30	6,44	0,30	5,95	0,30
n			5	5	10	10
						15

A: tilanne ennen kuivatusongelman korjausta

B: tilanne korjauksen jälkeen

Ennen toimintahäiriön korjausta oli tutkituilla kivennäismailla kevätkuokkauksen aloitusta jouduttu siirtämään pelolla vallitsevien huonojen olosuhteiden vuoksi keskimäärin 4,3 vrk. Vertailualueena oli tällöin saman lohkon ongelmaton salaojitettu osa, joka vastasi maalajiltaan, topografialtaan sekä ojituksen toteutukseltaan mahdollisimman paljon tutkittua aluetta. Kaikista kivennäismaatapauksista neljällä tilalla eli 80,0 %:lla tapauksista kevätkuokkauksen aloitus myöhästyi alle 1 vrk. Yhdellä tilalla pellolle päästiin vasta yli viikon (7 vrk) myöhässä. Tällä tilalla viljelyolosuhteet olivat ennen kuivatushäiriön korjausta erittäin huonot ja tehdyt korjaustoimenpiteet olivat pellon viljelyn jatkuvuuden takaamiseksi välttämättömiä.

Vastaavasti toimintahäiriöiden korjauksen jälkeen kevätmuokkauksen aloitushetki myöhästyi keskimäärin vain 0,3 vrk jakaantuen eri tilojen ja tapausten välillä siten, että 60,0 %:lla tiloista korjatulle pellolle päästiin vähintään samanaikaisesti ympäröivien peltojen kanssa. Lopuilla 2 tilalla jouduttiin muokkauksen aloitusta siirtämään alle 1 vrk. Yli yhden vrk:n pituisia myöhästymisiä ei siis ongelman korjaamisen jälkeen esiintynyt ja kahdessa tapauksessa kevätmuokaus voittiin aloittaa korjatulla pellolla jopa aiemmin kuin sitä ympäröivillä pelloilla. Nämä tapaukset edustavat liksäksi ongelmien laadultaan vaikeimpia kuivatushäiriötyyppejä.

Keskimäärin kivennäismailla toimintahäiriön korjaus aikaisti kevätmuokkauksen aloitusta 4,0 vrk:lla. On kuitenkin huomattava, että tätä keskiarvoa kohottaa kuivatusongelmien erilaisuus ennen niiden korjausta.

Tutkimuskohteissa selvitettiin myös ongelmallisen pellon sadonkorjuu- ja syysmuokkaussuhteissa tapahtuneita muutoksia kuivatushäiriön korjausratkaisun onnistumisen määrittämiseksi. Koska sadonkorjuu ja syysmuokaus tapahtuvat ajallisesti läheikkäin, ovat vallitsevat olosuhteet yleensä hyvinkin samantyyppiset ja yhteneväiset. Tämä oli huomattavissa myös tutkimuskohteissa. Kuivatushäiriöiden korjausratkaisujen vaikutusten määrittämisen kannalta em. olosuhteissa tapahtuneet muutokset muodostuivat hyvin samansuuntaisiksi. Siksi tässä yhteydessä onkin esitetty ainoastaan kuivatuksen kannalta äärevämmäksi luokiteltava tapahtuma ja ajankohta eli syysmuokkausolosuhteet ja niissä tapahtuneet muutokset (taulukko 17).

Tutkituilla kivennäismaatiloilla ennen ojituksen toimintahäiriön korjausta neljässä tapauksessa (80,0 %) kynnettiin koko tutkittu lohko kerralla, mutta ongelma-alue oli tällöin jo muuta lohkoa huonommassa kunnossa, yleensä erittäin märkä. Yhdellä tilalla ongelma-alue jäi yleensä kokonaan syksyllä kyntämättä pellon liikamärkyden vuoksi.

Taulukko 17. Toimintahäiriön korjauksen vaikutus kyntöolosuhteisiin (n = 15)

Kyntö suoritettu:	Kivenn.maat (%)		Eloper.maat (%)		Kaikki tapaukset (%)		
	A	B	A	B	A	B	
- normaalisti koko lohko kerralla	-	90,0	-	70,0	-	73,3	
- koko lohko kerralla, mutta ong. alue huonoissa olosuhteissa	80,0	20,0	30,0	10,0	46,6	13,3	
- muu lohko huonoissaolosuhteissa, ong. alue myöhemmin	-	-	10,0	-	6,7	-	
- ong. alue jäänyt kyntämättä syksyllä	20,0	-	40,0	10,0	33,3	6,7	
- koko lohko kynnetty keväällä tai ei ollenkaan	-	-	10,0	-	6,7	-	
- ei pysty sanomaan	-	-	10,0	10,0	6,7	6,7	
Yht.	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
	n	5	5	10	10	15	15

A: tilanne ennen kuivatusongelman korjausta

B: tilanne korjauksen jälkeen

Vastaavasti kuivatusongelman korjauksen jälkeen neljällä tilalla (66,7 %) toimintahäiriön sisältävä lohko pystyttiin kyntämän kerralla muitten peltojen kanssa samanlaisissa, normaaliksi luokiteltavissa olosuhteissa. Lopuissa tapauksissa (33,3 %) koko lohko kynnettiin kerralla, mutta ongelma-alueella vallitsivat tällöin jo huonot muokkausolosuhteet.

Tutkittujen kivennäismaiden kuivatusongelmien korjauksella saatuja hyötyjä voidaan tässä yhteydessä pitää selvinä. Yhteenvetona voidaan sanoa, että kevätmuokkauksen ajankohdan selvä aikaistuminen sekä syksyn sadonkorjuun- ja kyntöolosuhteiden parantuminen siirsivät ongelma-alojen viljelykelpoisuutta "häiriintyneestä" kohti "normaalia".

9.2.4. Turvemaiden viljelykelpoisuuden muutos

Tilanne tutkituilla turvemaidella oli ennen toimintahäiriön korjausta keskimäärin huonompi kuin tutkituilla kivennäismailla. Kevätmuokkauksen aloitusta oli jouduttu siirtämään vertailualoihin rinnastettaessa keskimäärin 6,4 vrk. Ko. vertailu voitiin yhtä tapausta lukuunottamatta tehdä saman

lohkon alueiden välillä. Kyseessä oli siis aina sama turve-alue, jolloin maan ominaisuudet ja sen mukaan myös viljelyolosuhteet ovat hyvin pitkälle verrannollisia.

Yli puolella tiloista (60,0 %) ongelma-alkan kevätmuokkauksen aloitus ennen kuivatushäiriön korjausta siirtyi yli viikon (7 vrk). Kahdella tilalla oli ongelmalliselle pellolle päästy keväällä 4 - 7 vrk myöhässä. Lievimmässä ojitushäiriötapauksessa (yksi tila) ongelma-alueen muokkauksen aloitus siirtyi yleensä alle 1 vrk. Yhdellä tilalla ei vertailua pystytty tekemään, sillä toimintahäiriön ilmenemistä ei ollut jääty odottamaan, vaan salaojituksen toimintamahdollisuuksia oli tehostettu jo ojitusvaiheessa käyttämällä so-
raa selvästi normaalia runsaammin.

Tutkituilla turvemaidella kevätmuokkauksen aloitus aikaistui ojituksen toimintahäiriön korjauksen seurauksena keskimäärin hieman yli 6 vrk. Neljällä viidesosalla tiloista pystyttiin korjattu ongelmapelto muokkaamaan keväällä muiden alojen kanssa samanaikaisesti. Kahdella tilalla kevätmuokkauksen aloitus korjatulla alalla myöhästyi alle 1 vrk (kts. taulukko 16).

Syysmuokkaus jouduttiin tekemään ennen ojituksen korjausta kolmella tilalla huonoissa olosuhteissa, jolloin koko lohko pyrittiin kyntämään yhdellä kertaa. Yhdellä tilalla ongelma-alkan käsittävä lohko oli syysmuokkauksen aikana kokonaisuudessaan märkä, ja häiriöalueen kyntö ei onnistunut enää samanaikaisesti. Ojituksen toimintahäiriön vakavuutta tutkituilla turvemaidella kuvastaa se, että suurella osalla tiloista (40,0 %) ongelma-alue oli jäänyt kyntämättä syksyllä. Lisäksi yhdellä tilalla lohko oli joko kynnetty vasta keväällä tai jäänyt kokonaan kyntämättä. Mukana oli jälleen yksi tila, jolla vertailua ei pystytty tekemään. Kuivatushäiriön korjaus paransi tutkituilla turvemaidella syysmuokkauksen olosuhteita selvästi (kts. taulukko 17).

Yli kahdella kolmasosalla tapauksista (70,0 %) koko häiriö-alueen sisältänyt lohko pystyttiin kyntämään kerralla normaaliksi luokitelluissa olosuhteissa. Yhdessä tapauksessa

koko lohko kynnettiin edelleen kerralla, muuta ongelma-alue oli tällöin jo huonommassa kunnossa kuin sitä ympäröivä pelto. Edelleen yhdellä tilalla tutkittua aluetta vaivannut ojituksen toimintahäiriö oli siksi vaikea, että vielä häiriön korjauksen jälkeenkin jäi ongelma-alueen kyntö tekemättä syksyllä. Tosin ennen häiriön korjausta alueella ei pystytty viljelemään viljakasveja liikakosteuden aiheuttaman huonon kantavuuden vuoksi, ja se oli pakotettu pitämään laitumena. Tässä tapauksessa on nähtävissä, että tämän alueen korjaus ei onnistu normaalein ojitusratkaisuin ja pellon salaojituksen toteuttaminen oli jo alunperinkin ollut rajatapaus.

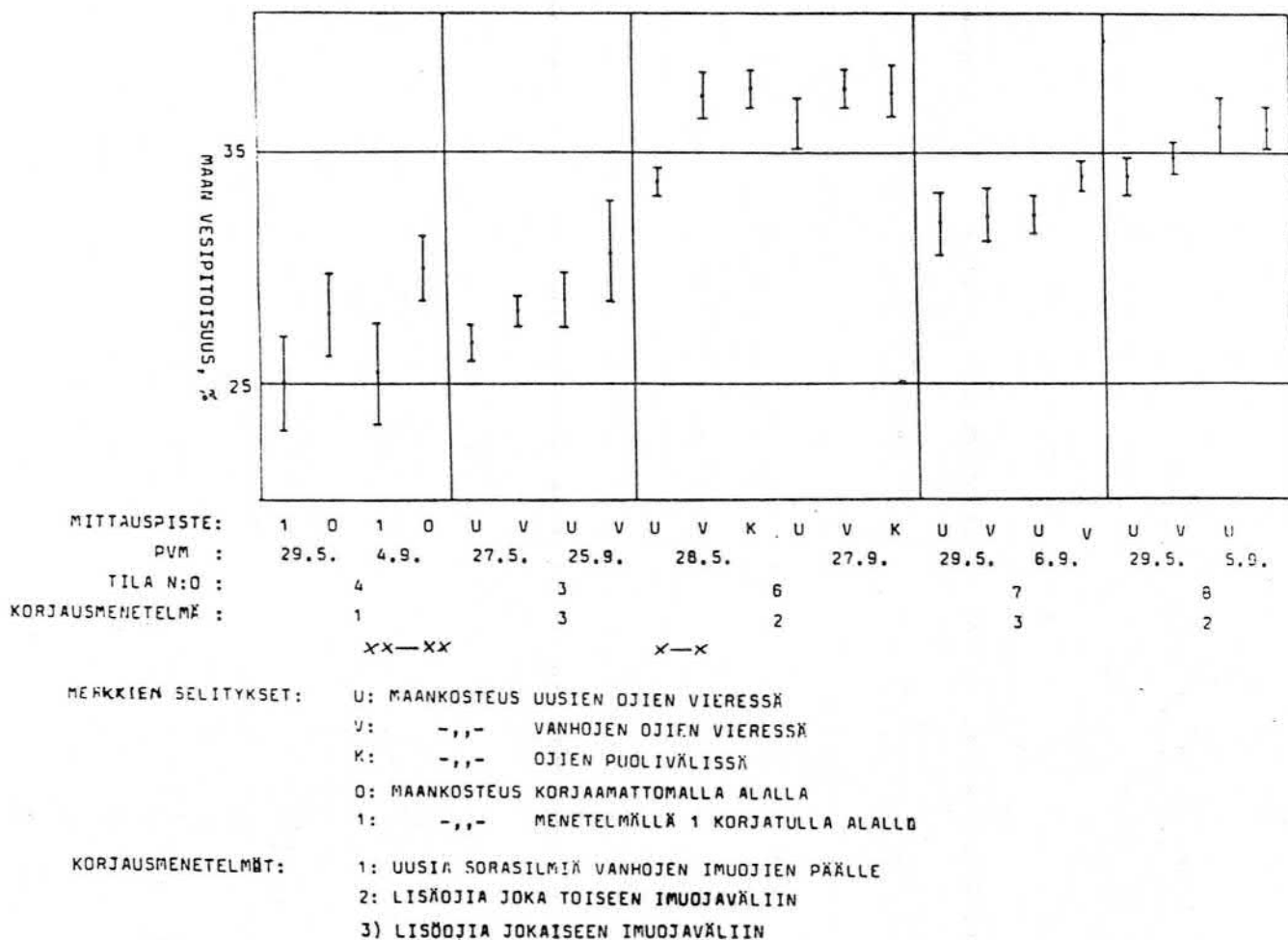
9.2.5. Korjausmenetelmien väliset erot kivennäismailla

Tämän tutkimuksen kivennäis- ja turvemaa- ja oja-alueissa esiintyneiden toimintahäiriöiden korjausratkaisujen vaikutusta ongelmallisten peltoalojen vesitalouteen selvitettiin tarkemmin maankosteusmittauksin. Näiden mittaustulosten perusteella arvioitiin myös eri korjausmenetelmien välisiä eroja.

Kevään mittaukset tehtiin joko muokkausajaksi tai heti kylvön jälkeen. Eri korjausmenetelmien välisiä tilastollisesti merkittäviä eroja löytyi kolmen tilan ojastoista mitatuista maankosteuksista. Tutkittujen tilojen korjausratkaisut on esitetty taulukossa 18.

Tilalla 3 tilastollisesti merkitsevä ero esiintyi vanhojen imuojien ja jokaiseen ojaväliin lisättyjen imuojien (silmäkkeitä n. 8 m välein) kosteuksien välillä. Tilalla 6 mitauspisteinä olivat vanhan ja joka toisen ojaväliin lisätyt imuojat sekä ojien välinen keskipiste. Näiden keskinäiset maankosteudet erosivat tilastollisesti merkitsevästi taulukon 18 mukaan. Tiloilla 4, 7 ja 8 olosuhteet kevään mittauksen aikana olivat erittäin hyvät ja tämä ilmenee myös eri pisteistä mitatuista maankosteusarvoista. Vanhojen imuojien ja lisäojien väliset kosteusarvot eroavat toisistaan vain hieman eivätkä ne poikkea toisistaan tilastollisesti merkitsevästi.

Taulukko 18. Maankosteuden vaihtelu kivennäismaiden ojas-
toissa eri mittauspisteissä



Syksyn mittaukset tehtiin kaikissa tapauksissa ko. alueen sadonkorjuun ja syyskynnön välisenä aikana. Maankosteusmittausten perusteella korjausmenetelmien väliset erot muodostuivat tilastollisesti merkittäviksi kahdella tilalla. Tilalla 4 maa oli kauttaaltaan kuivempaa alueella, jonne oli tehty uusia sorasilmäkkeitä 10 m välein, kuin korjaamattomalla alueella. Erot kosteuksissa olivat selvät ja tilastollisesti merkitseviä. Nämä mittaukset tukevat myös isäntien subjektiivisia havaintoja. Tiloilla 3, 6, 7 ja 8 olosuhteet olivat mittaushetkellä hyvät, mikä voidaan huomata myös mittaustuloksista. Eri mittauspisteiden maankosteusarvot vaihtelevat vain vähän eikä tilastollisesti merkitseviä eroja esiintynyt.

9.2.6. Korjausmenetelmien väliset erot turvemailla

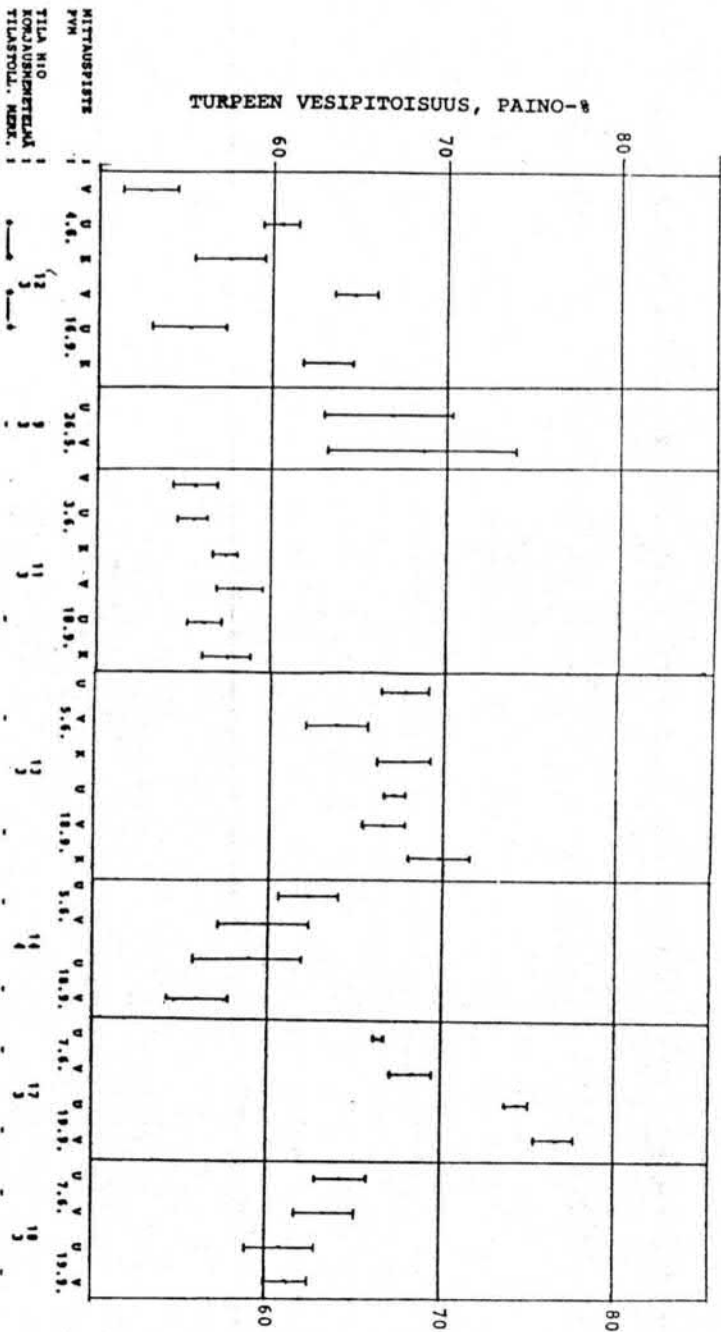
Turvemailla kevätmittausten ajankohta vastasi kivennäismaiden mittausten ajankohtaa. Tutkituilla tiloilla toteutettujen korjausratkaisujen moninaisuus vaikeuttaa hieman niiden välistä vertailua.

Kevään mittausten perusteella ainoastaan kahdessa turvemaaojastossa maankosteuksien väliset erot muodostuivat selviksi. Tähän vaikutti osaltaan mittaustulosten kivennäismaiden mittauksia selvästi suuremmat hajonnat. Tilalla 11 pohjamaan maankosteudet vanhojen imuojien läheisyydessä ja jokaiseen ojaväliin lisättyjen imuojien läheisyydessä erosivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Tässä tapauksessa uudet imuojat oli kaivettu vanhoja ojia n. 30 cm syvempään (1,4 m). Tilalla 12 lisäojia oli myös kaivettu jokaiseen ojaväliin. Uusien imuojien läheisyydessä maa oli tässä tapauksessa kuivempaa kuin vanhojen imuojien läheisyydessä. Ero oli tilastollisesti merkitsevää. Lisäksi uusien ojien ja ojavälien maankosteusarvot poikkesivat toisistaan merkittävästi. Molemmissa tapauksissa erot olivat pohjamaan kosteudessa.

Lopuista turvemaatiloista viidessä ojastossa oli käytetty korjausmenetelmänä ojien lisäämistä jokaiseen ojaväliin eri sorastusvaihtoehtoin. Tilalla 14 osalle peltoa jouduttiin tekemään uusinta-ojitus. Missään em. tapauksessa ei mainittujen maankosteuksien välillä esiintynyt tilastollisesti merkittäviä eroavaisuuksia, joskin lähes poikkeuksetta kaikissa turvemaaojastoissa lisäojien läheisyydessä maa oli kuivempaa kuin vanhojen imuojien läheisyydessä. Olosuhteet olivat kaikissa em. tapauksissa mittaushetkellä hyvät eikä kevätmuokkauksessa ollut esiintynyt hankaluuksia.

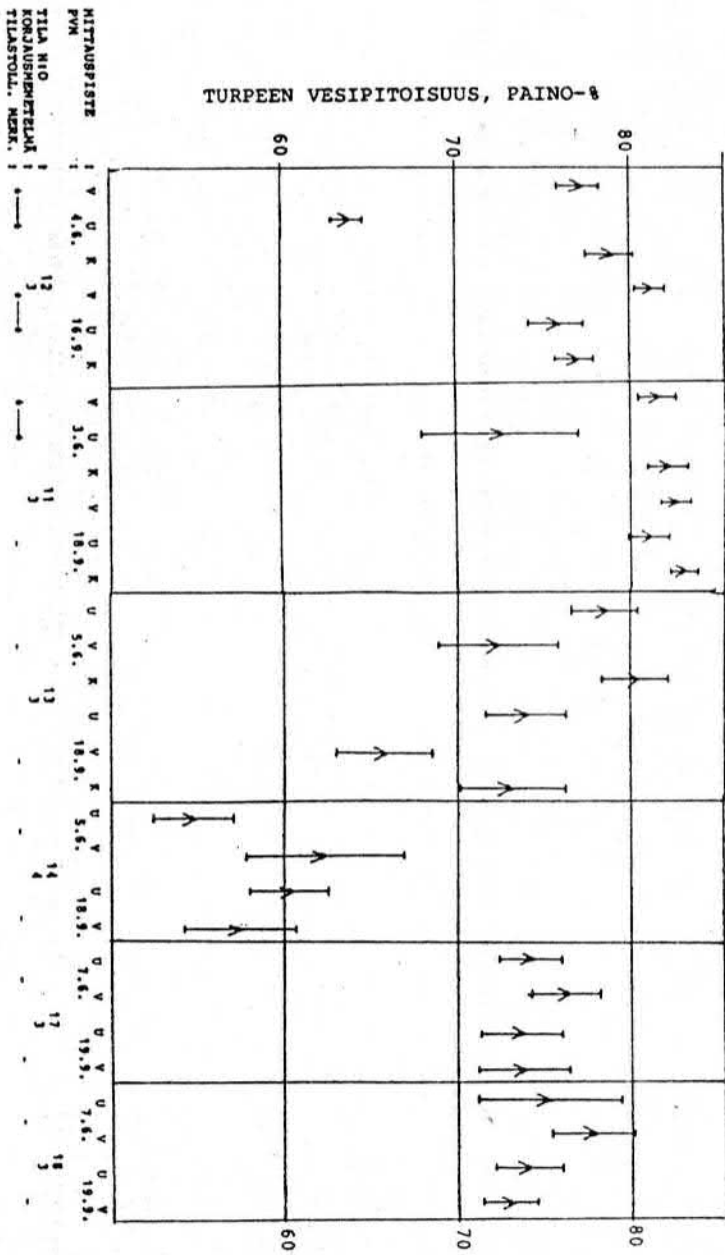
Tutkittujen turvemaatilojen korjausratkaisut sekä näiden väliset eroavuudet maankosteuksien perusteella on esitetty taulukossa 19.

Taulukko 19. Maankosteuden vaihtelu turvemaiden ojastoissa eri mittauspisteissä; pintamaa (15 cm)



U: MAANKOSTEUS UUSIEN IMUOJIEN VIERESSÄ
 V: VANHOJEN OJIEN PUOLIVUOKSISSA
 K: KORJAUSMENETELMÄT: 3: LISÄOJIA JOKAISEEN IMUOJAVALLIIN
 4: TÄYDELLINEN UUSINTAOJITUS

Taulukko 20. Maankosteuden vaihtelu turvemaiden ojastoissa eri mittauspisteissä; pohjamaa (30 cm)



U: MAANKOSTEUS UUSIEN IMUOJIEN VIERESSÄ KORJAUSMENETELMÄT: 3: LISÄOJIA JOKAISEEN IMUOJAVÄLIIN
 V: -"- VANHOJEN -"- -"- 4: TÄYDELLINEN UUSINTAOJITUS
 K: -"- OJIEN PUOLIVÄLISÄ

Edellä olevasta taulukosta puuttuvat ne tilat, joilla ei pystytty tekemään toteutettujen ojitusrjestelyiden tai vallinneiden olosuhteiden vuoksi mielekkäitä mittauksia. Tällaisia tapauksia olivat kolme turvemaan ojastoa. Yhdessä tapauksessa (tila nro 5) tehty korjaustoimenpide käsitti pelkästään alkuperäistä suunnitelmaa runsaamman sorastuksen. Yhdellä tilalla (tila nro 10) uuden ojituksen yhteydessä oli vanha ojasto tuhottu täydellisesti. Tilalla nro 15 tehtyjen korjausratkaisujen mukanaan tuomaa hyötyä ei pystytty maan kosteusmittauksin selvittämään, koska pellon pinta oli erittäin epätasainen aiheuttaen ylimääräistä vaihtelua kosteudessa.

Syksyn maankosteusmittausten perusteella esiintyi uusien ja vanhojen ojien läheisyydessä laskettujen maankosteusarvojen kesken tilastollisia eroavaisuuksia vain yhdessä ojastossa (tila nro 12). Tässä tapauksessa ongelma-alueen alkuperäiseen ojastoon (sorasilmäkkeitä joka toisen salaojan ja avo-ojan rist.) oli lisätty 6 kpl uusia imuojia (sorasilm. n. 10 m välein) ja vallinneet olosuhteet olivat myös silmämääräisesti hyvät. Neljällä tilalla tutkituista ojastoista (tilat nro 11, 13, 14 ja 18) ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja vanhojen ja uusien ojien maankosteuksissa. Tarkasteltaessa näiden tapausten kosteuspitoisuuksia eri mittauspisteissä huomataan, että lähes poikkeuksetta uusien ojien vierestä mitatut maankosteudet ovat pienempiä kuin vanhojen ojien vierestä mitatut arvot tai ojien keskipisteestä mitatut kosteusarvot eli tilanne vastaa kevään mittausten tuloksia.

Yhdellä tilalla (tila nro 9) tutkittu, korjausratkaisun vaikutuksen alaisena oleva ongelma-ala oli jouduttu heittämään kesannolle tutkimuksen ajaksi (kevät-syksy 1985). Syynä tähän oli ollut mm. edellisen syksyn poikkeuksellisen huonot ilmasto-olosuhteet. Lisäksi ko. alueella kasvatettiin keuhalla 1984 sokerijuurikasta, eikä peltoa myöhäisen sadonkorjuun (onnistui juuri ja juuri) ja huonon sään vuoksi pystytty syksyllä 1984 kyntämään. Tämän vuoksi myös teh-

dyissä mittauksissa esiintyi runsaasti hajontaa, eikä korjaustoimenpiteen vaikutuksista kosteusmittausten perusteella pystytty tekemään johtopäätöksiä.

Vastaavasti yhdessä tapauksessa (tila nro 17) syksyn mittausten aikana ongelma-alalla vallitsevat olosuhteet olivat huonot korjaustoimenpiteistä huolimatta. Tästä huolimatta tutkittu pelto oli keväällä ollut erittäin hyvässä kunnossa. Mitatuissa maankosteuksissa ei esiintynyt tilastollisia merkitsevyyksiä, koska pelto oli kauttaaltaan märkä.

10. TULOSTEN TARKASTELU

10.1. Kuivatusongelmien korjausmahdollisuudet käytännössä

Salaojien toimintahäiriöiden korjausratkaisujen toteutuksella pystyttiin lähes poikkeuksetta parantamaan tiivistyneiden savimaiden viljelykelpoisuutta. Niinpä esim. kevätmuokkauksen aloitusta voitiin aikaistaa keskimäärin 5,0 vuorokautta aiemmin vallinneeseen tilanteeseen verrattuna. Edelleen sadonkorjuu- ja syysmuokkausolosuhteiden kohentuminen ja ongelmallisen pellon yleisen vesitaloustilanteen muuttuminen "häiriintyneestä" kohti "normaalia" kertovat siitä, että tiivistyneillä savimailla ilmenevät veden läpäisevyysongelmat pystytään korjaamaan teknisin menetelmin.

Tiiviillä mailla ojakaivannon osuus veden kulkureittinä on merkittävä (vrt. kuva 3). Kivennäismaiden ojastoissa maan oli päässyt tiivistymään kyntösyvyydestä etenkin ongelmalliselta alueelta kauttaaltaan samanlaiseksi, myös ojakaivantojen kohdalta. Ero löyhempään maakerrokseen oli selvä. Tältä pohjalta asiaa ajateltaessa on kuivatusongelmien syntyminen ja esiintyminen etenkin märkinä ajanjaksoina ilmeinen, koska sinänsä vielä kunnossa oleva salaojaverkosto ei tällaisissa tapauksissa voi kuivattaa peltoa riittävän hyvin sade- ym. vesien kulkureitin maanpinnalta ojastoon ollessa pahoin vaurioitunut. Myös VAKKILAINEN (1980) totesi mittaustensa perusteella salaojakaivannon tiivistyvän ajan mukana. Hänen mukaansa ojakaivannon yläosa oli 4-5 vuoden kuluessa ojituksesta tiivistynyt siinä määrin, että se heikensi kuivatusta merkittävästi. Käsillä olevan tutkimuksen savimaiden ojastot käytännön viljelmillä olivat iältään 12 - 31 vuotta ($x = 16$ vuotta) vanhoja, joten kuivatushäiriön kehittyminen sellaiseksi, että sitä ruvettiin korjaamaan tapahtui keskimäärin nopeammin kuin mitä salaojituksen kestoiksi on yleensä asetettu.

Salaojituksen toimintaikää tiiviillä savimailla ovat tutkineet mm. eestiläiset (JYGEVÄ ja KUL 1986). Heidän tulosensa mukaan kivennäismailla salaojituksen toiminta-ajan pidentämiseksi ei tarvitse niinkään pyrkiä lähtökuivatustehon

suurentamiseen esim. ojaväliä tihentämällä vaan on kiinnitettävä enemmän huomiota salaojituksen rakentamisen laatuun, mm. ojakaivannon vedenläpäisevyyteen.

Veden kulkuyhteyksien parantamisesta ja siten myös pellon vesitalouden kohentumisesta kertoo se, että maan rakenne uusissa, 1 - 3 vuotta vanhoissa imuojissa oli selvästi löyhempi ojakaivannon kohdalta kuin mitä se oli alkuperäisissä ojakaivannoissa. Uusissa imuojissa täyttömaa oli kaivannon yläosassa ja kyntökerroksessa yhtä löysää kuin koko pellon muokkauskerros yleensä. Myös STARIKOV ym. (1982, s. 3) esittivät samansuuntaisia tuloksia omien tutkimustensa perusteella, joissa selvitettiin mm. syväkynnön vaikutuksia maan tilavuuspainoon ja salaojavesien määrään.

Turvemaaojastoissa tehdyillä kuivatushäiriöiden korjausratkaisuilla peltojen viljelykelpoisuus pystyttiin suurimmilta osilta palauttamaan, mutta jonkinasteisia ongelmia esiintyi edelleenkin muutamissa tapauksissa huolimatta hyvinkin radikaaleista korjaustoimenpiteistä. Keskimäärin kevätmuokkaus voitiin aloittaa ongelma-alueella 6,0 vuorokautta aikaisemmin aiempaan tilanteeseen verrattuna. Pellon parantunut vesitalous heijastui myönteisesti myös sadonkorjuu- ja syyssmuokkausolosuhteissa. Tämä oli siis tilanne keskimäärin. Ongelmallisten turvemaiden kuivatus on tämän tutkimuksen mukaan joissakin erityistapauksissa kuitenkin hyvin vaikeaa.

Laajoilla pelloksi raivatuilla soilla muodostuu turvekerros suon syvimmässä kohdassa yleensä paksuksi. Tällöin tarvitaan tehokas kuivatus, että suon pintakerros kantaa keväisin ja syksyisin. Ongelma hankaloituu, mikäli pintaturvekerros on pitkälle maatunutta (mutautunutta). Tällöin muokkauskerros sitoo sisältämänsä veden itseensä entistä voimakkaammin ja edellytykset hyvälle kantavuudelle huononevat edelleen. Tämänäntyyppisissä tapauksissa soran laajempaa käyttöä, esim. ojien pintatäyttöö, hankaloittaa riski salaojaputkiston painumisesta pehmeään pohjaturvekerrokseen.

Turvekerroksen alla olevan pohjamaan ollessa karkeaa ja pel-
lon sijaitessa muuta ympäristöään alempana sadantana tule-
vien vesien lisäksi turvekerrokseen saattaa kulkeutua myös
ylärinteestä tulevia vesiä (paineellista pohjavettä). Täl-
löin kuivatuksen kohteena oleva pelto "kastuu" tavallaan
sekä ylhäältä- että alhaaltapäin, mikä saattaa aiheuttaa
ylimääräisiä kuivatusongelmia. Peruskuivatuksen ollessa kun-
nossa, läpäisevä pohjamaa yleensä kuitenkin helpottaa kuiva-
tusta.

Ohutturpeisilla turvepelloilla kuivatus vaikeutuu, jos tur-
vekerroksen alla on tiivistä, läpäisemätöntä kivennäismaata.
Turvema on yleensä läpäisevämpää kuin tiivis kivennäismaa,
jolloin valuedet kerääntyvät turvemaan ja kivennäismaan ra-
japintaan. Turvekerroksen paksuudesta ja maatuneisuudesta
riippuen pintakerroksen kantavuus siten helposti menetetään.
Edellä mainituissa tapauksissa kuivatukselle ja salaojituk-
selle asetetut vaatimukset ovat jo alunperinkin erilaiset ja
suuremmat kuin normaalisti.

Tätä johtopäätöstä tukevat eestiläisten saamat tulokset
(JYGEVÄ ja KUL 1986), joiden mukaan ongelmallisilla turve-
mailla salaojituksen toimivuuden paras tae on lähtökuivatus-
tehon suurentaminen normeja ylittäväksi.

10.2. Korjausmenetelmien väliset erot

10.2.1. Kivennäismailla

Tämän kaltaisessa tutkimuksessa, joka perustuu kenttäkokei-
siin ja käytännön tiloilla tehtyihin tutkimuksiin, vaikeu-
tena on mitata luotettavasti kuivatustilan muutoksia ja eri
menetelmien välisiä eroja. Lisäksi vaikeutena on käyttökel-
poisten mittausmenetelmien vaatima suuri työmäärä ja koepel-
tojen vaatima ajallisesti pitkä seuranta. Tässä tutkimuk-
sessa käytetyt mittausmenetelmät ja subjektiiviset arviot
eri korjausmenetelmien vaikutuksista kivennäismailla antavat
silti hyvän kuvan kuivatustilan kehittymisestä. Turvemailla
sitä vastoin maan kosteusnäytteiden suuri hajonta aiheuttaa
sen, ettei johtopäätöksiä pystytä tekemään ko. mittausten

perusteella vaan joudutaan pitäytymään pelkäästään subjektiivisissa arvioissa, jolloin tarkkojen mittaustulosten puuttessa voidaan nähdä vain kuivatustilan kehityksen suunta.

Kivennäismaiden tiivistymismittausten perusteella voidaan sanoa, että kuivatushäiriön korjausta ajatellen olennaisinta on palauttaa häiriintynyt veden kulkuyhteys maanpinnan ja salaojaputkiston välillä ennalleen. Kappaleessa 9.2.5. esitetyn taulukon 18 mukaan saatiin tilastollisesti merkitseviä eroja vanhojen ja uusien/korjattujen imuojien läheisyydestä mitattujen maankosteuksien välille kaikkia kolmea korjausmenetelmätyyppiä käyttäen. Verrattaessa edelleen joko pelkäästään sorasilmäkkeiden uudistusta tai lisäojien kaivua keskenään, olennaista on tällöin kulloinkin käytettävän soran määrä ja/tai sorasilmäkkeiden poikkipinta-ala.

Parhaiten kuivatushäiriöistä kärsivä pelto pystyttiin palauttamaan viljelykelpoiseksi kaivamalla lisäojia jokaisen vanhan imuojan väliin. Tällöin riitti, että sorasilmäkkeitä tehtiin kohtuullisesti. Riittävä kuivatusteho saatiin 10 m:n silmäketiheydellä. Koska tästä menetelmästä aiheutuvat kustannukset ovat suuret, ei lisäojia kannata kuitenkaan käyttää systemaattisesti jokaisessa ojavälissä vaan pelkäästään pahimman ongelma-alueen kuivatuksen varmistamiseksi.

Säännön mukaisesti joka toiseen imuojaväliin lisätyillä ojilla saadut kuivatukselliset tulokset eivät olleet riittäviä. Ojien sorastus pintaan saakka koko ojan pituudelta tai soratäytön sijasta runsas sorasilmäkkeiden teko takasi sen, että maa kuivui hyvin uuden imuojan vaikutusalueelta, mutta ilman lisäojaa jääneet ojavälit olivat edelleen liikakosteuden vaivaamia. Lisäojien käyttö joka toisessa imuojavälissä aiheutti yleensä sen, että pelto kuivui epätasaisesti, koska vanhojen ojien kuivatusteho oli vajavainen ja vastaavasti uudet ojat sijaitsivat liian kaukana toisistaan.

Sorasilmäkkeiden lisäämisellä vanhaan ojastoon saatiin Urjalla peltolohkojen viljelykelpoisuus palautettua hyvin. Tämän menetelmän käyttö edellyttää, että ojatiheys on riittävä kyseiselle maalajille ja että salaojaputkien saumaraot

ovat auki. Kaivinkoneella tehtyjen sorasilmäkkeiden vaikutus kuivatukseen oli parempi kuin kairamenetelmällä tehtyjen silmäkkeiden vaikutus. Tämä selittyy jo sillä, että silmäkkeiden määrästä riippuen kaivinkoneella tehtyjen sorasilmäkkeiden pinta-ala maanpinnalla on 3 - 5 kertaa niin suuri kuin kairamenetelmällä tehtyjen silmäkkeiden pinta-ala. Toisaalta kairamenetelmällä saadaan tasaisempi kuivuminen, koska silmäkkeitä voidaan tehdä ha kohden huomattavasti enemmän kuin kaivinkoneella. Kaivinkonemenetelmässä haittana onkin suuri soranmenekki. Kun kairamenetelmällä voidaan tehdä sorasilmäkkeitä 5 m:n välein soramäärän kasvamatta suureksi, on kaivinkonemenetelmässä soramäärän kannalta pienin tiheys 15 m. Kaivinkonemenetelmässä ei kuitenkaan ole syytä pyrkiä tekemään sorasilmäkkeitä tasavälein, vaan tarpeen mukaan silmäkeväliä vaihdellaan ongelmien vaikutusten muuttuessa peltolohkolla. Kairamenetelmä ei sovellu voimakkaasti notkoisten peltujen menetelmäksi, koska pintavalumat ovat helposti liian suuria silmäkkeiden kokoon nähden. Lisäksi näiden silmäkkeiden riskinä saattaa pitkällä ajalla olla kynnön aiheuttama maan ja soran vaihtuminen silmäkkeen pintakerroksessa. Kaivinkoneella tehdyissä kookkaissa silmäkkeissä tämä riski ei ole yhtä suuri.

Edellä jo mainittiin eestiläisten tekemistä kenttäkokeista tiiviillä savimailla. Näiden lisäksi kannattaa tässä yhteydessä mainita ainakin salaojakaivannon täyttömaan vedenläpäisevyyssmittauksista (JUSEK ym. 1986) sekä yhdistelmäsalaojituksista (TIMMUSK 1986) saadut tulokset. Ensinmainitun tutkimuksen mukaan salaojan veden vastaanottokykyä ja kaivannon vedenläpäisevyyttä pystyttiin parantamaan selvästi täyttämällä kaivanto joko soralla tai kuivalla maa-aineksella, jossa on mahdollisimman paljon humusta. Tämä tulos on teorian mukainen ja tukee myös käsillä olevassa tutkimuksessa saatuja tuloksia salaojakaivannon täyttömaan tärkeystä veden kulkeutumisessa kohti salaojaputkea luonnostaan huonosti läpäisevillä mailla.

Suoto-ojien vaikutuksista kuivatukseen ei tähän mennessä vielä voitu tehdä arvioita. Helppoutensa ja joutuisuutensa vuoksi tämä menetelmä olisi erittäin käyttökelpoinen tiivii-

den kivennäismaiden kuivatusongelmien korjaamiseksi. Eestiläiset suosittelevat yhdeksi tiivistyneiden maiden kuivatusongelmien korjausmenetelmäksi n. 0,8 m:n syvyyteen kaivettavia suoto-ojia. Sopivaksi ojaetäisyydeksi he suosittelevat 10 - 20 m (TIMMUSK 1986). Lisäksi Eestissä on selvitetty, että jankkuroinnilla ja syväkynnöllä saavutetaan lyhytaikaista (n. 4 vuotta) apua tiivistyneiden maiden kuivatusongelmiin. Eestiläisten saamat tulokset tukevat juuri tiivistyneiden kivennäismaiden osalta tämän tutkimuksen tuloksia.

10.2.2. Turvemailla

Turvemailla olosuhteet olivat yleisesti huonommat kuin kivennäismailla ja täten kuivatushäiriöiden korjausratkaisunakin oli käytetty ainoastaan joko uusien ojien lisäystä jokaiseen imuojaväliin tai systemaattista uusintaojitusta.

Toteutuneilla korjausratkaisuilla saatuja tuloksia voidaan pitää kappaleessa 10.1. lueteltuja poikkeuksia lukuunottamatta hyvinä. Turvemailla käytettyjen menetelmien intensiivisyydestä kertovat mm. korjausten yhteydessä käytetyt sora määrät sekä ojatiheydessä tapahtuneet muutokset. Enimmillään soraa käytettiin kaivinkoneella kaivettuihin lisäojiin, jopa 100 m³/ha. Lisäksi ojavälissä keskimäärin tapahtunut tihentyminen oli 1/3 alkuperäisestä ($x : 22,1 \text{ m} \rightarrow 14,3 \text{ m}$). Nämä molemmat asiat kertovat käytettyjen ratkaisujen kalleudesta.

Maankosteuksista mitattujen tilastollisten merkitsevyyksien perusteella voidaan myös sanoa, että turvemaiden kuivatushäiriöiden korjauksissa korostuu tilanteen tapauskohtaisuus. Korjausmenetelmien väliset erot muodostuivat merkitseviksi kolmessa tapauksessa. Yhdellä tilalla uusia ojia oli lisätty erittäin laajalle ja syvälle suolle entisten ojien väliin sorastaen 50 - 80 cm pohjasta. Kaivussyvyys oli 1,4 m. Kahdessa muussa tapauksessa ongelma-alueet olivat pieniä ja lisäojilla (sorasilmiä n. 3 m välein tai täyttö pintaan saakka) ne oli palautettu viljelykelpoisiksi.

Ongelmallisten turvemaiden osalta ei voida tämän tutkimuksen perusteella sanoa mitään yleispätevää salaojituksen toimintahäiriöiden korjaustapaa suuren olosuhdevaihtelun vuoksi. On kuitenkin todettava, että ongelman tapauskohtaisella jäsentelyllä ja kuhunkin tarkoitukseen soveltuvilla korjaustoimenpiteillä voidaan myös ongelmalliset turvemaat palauttaa viljelykelpoisiksi. Tällöin toimenpiteen aiheuttamat kustannukset on suhteutettava siitä saataviin hyötyihin ja tehtävä korjausratkaisut tämän tarkastelun pohjalta.

Edelleen voidaan sanoa, että sekä kivennäis- että turvemaiden kuivatushäiriöiden korjauksessa samoin kuin yleensä salaojituksessa olosuhteilla, töiden huolellisella tekemisellä ja yleisten ojitusnormien ja -ohjeiden noudattamisella on ratkaiseva merkitys kunkin salaojitus- tai korjausratkaisun toimivuuteen.

Tutkituista korjausmenetelmistä ei edellä esitetyn perusteella voida antaa yleistettävää yhden menetelmän ratkaisumallia, jota voitaisiin soveltaa kaikkiin tiivistyneiden maiden ongelmatapauksiin, vaikka useilla eri menetelmillä saavutetaankin hyviä tuloksia.

11. TIIVISTELMÄ

Salaojien toimintahäiriöiden korjaamiseksi on ollut tarvetta löytää varmoja ja kustannuksiltaan edullisia korjausmenetelmiä. Käytännön tiloilla satunnaisten kuivatushäiriöiden ilmetessä viljelijät ovat pyrkineet palauttamaan pellon viljelykelpoisuuden joko omilla ratkaisuilla tai salaojien suunnittelijoiden neuvoilla. Tavallisesti eri menetelmät ovatkin tehonneet kuivatusongelmiin. Puutteena tässä tilanteessa on kuitenkin ollut epätietoisuus siitä, millä edellytyksillä ja minkälaisissa ongelmatapauksissa eri korjausmenetelmät ovat riittävän tehokkaita ja mitkä menetelmät ovat yleensäkin tehottomia "näennäisratkaisuja". Tästä em. tarpeesta huolimatta salaojituksessa on kuitenkin aina lähdettävä siitä, että salaojitukset toimivat moitteettomasti, kun niitä huolletaan säännöllisesti.

Tämä tutkimus toteutettiin "Salaojien toimintahäiriöt" -tutkimuksesta saatujen suuntaviivojen pohjalta kesällä 1985. Tutkimuksessa selvitettiin sellaista salaojitusten toimintahäiriöiden korjausratkaisuja ja menetelmiä, joissa pellon kuivatusongelman lähtökohtana oli kivennäismailla tiivistyneessä maan tai ojakaivannon rakenteessa ja turvemaiden pinta-akerroksessa. Tarkoitus oli selvittää kuhunkin ongelmatilanteeseen parhaiten soveltuva korjausmenetelmä ojitusköiden ja käytännön tiloilla toteutettujen ratkaisujen toimivuuden pohjalta.

Korjausojitusten toimivuutta selvitettiin suorilla ja epäsuorilla mittausmenetelmillä sekä viljelijän subjektiivisten käsitysten avulla. Viljelijän haastatteluosuudessa selvitettiin joitakin tilaolosuhteita kuvaavia tekijöitä sekä sellaisia asioita, jotka kuvaisivat mahdollisimman hyvin ao. pellon viljelykelpoisuutta sekä ennen kuivatushäiriön korjausta että sen jälkeen. Toteutettujen korjausratkaisujen vaikutuksia maan vesitalouteen arvioitiin eri paikoista ja syvyyksistä mainittujen maankosteuksien perusteella sekä yhdessä ojituskokeessa ojastoista tulevien vesimäärien perusteella. Lisäksi kivennäismaiden tiivistymisaste määritettiin sekä vanhoista että uusista salaojakaivannoista ja

ojien puolivälistä. Turvemailta lisäksi määritettiin tärkeimpiä kuivatukseen vaikuttavia paikallisia tekijöitä mm. turpeen maatumisaste sekä turvekerroksen paksuus.

Tiloilta kerättyä aineistoa käsiteltiin sekä kokonaisuutena eri muuttujien välisten korrelaatiokertoimien avulla sekä tapauskohtaisesti varianssianalyysin avulla. Viimeksi mainitulla analyysillä pyrittiin selventämään eri menetelmien välisiä eroavaisuuksia ja lähtöaineistona käytettiin tällöin maankosteusarvoja. Lisäksi haastatteluaineiston pohjalta taulukoitiin kuivatushäiriön korjaustoimenpiteiden vaikutukset pellon viljelykelpoisuuteen.

Eri menetelmiä tutkittiin 15 maatilalla, joista kivennäis-maaojastoissa 5 kpl ja turvemaa-ajastoissa 10 kpl sekä näiden lisäksi varsinaisia koeajastoja ja korjauksia tehtiin neljällä eri tilalla. Näistä kaksi tapausta oli kivennäismail-la (yht. 17,6 ha) ja kaksi tapausta turvemaililla (yht. 3,23 ha).

Koeajituksissa ja käytännön tiloilla toteutetut korjausmenetelmät jaoteltiin viiteen päätyyppiin seuraavasti:

- 1) imuojien uudelleen sorastus tai sorasilmäkkeiden lisäys
- 2) lisäojia joka toiseen ojaväliin
- 3) lisäojia jokaiseen imuojaväliin
- 4) täydellinen uusintaojitus
- 5) suoto-ajat

Pellon viljelykelpoisuutta voitiin parantaa kivennäis- ja turvemaa-ajastoissa toteutetuilla korjausratkaisuilla siten, että esim. kevätmuokkausajankohta aikaistui keskimäärin noin viidellä vuorokaudella. Vastaavasti syksyllä sekä sadonkorjuu- että kyntöolosuhteissa painopiste siirtyi selvästi "häiriintyneestä" kohti "normaalia".

Edellä mainituista menetelmistä saatiin kivennäismaililla kuivatuksellisesti tehokkain tulos jokaiseen vanhan imuojan väliin lisätyillä uusilla salaojilla. Tällöin riitti kohtuul-

linen sorastus (sorasilmiä n. 10 m välein). Tämän menetelmän kalleus rajoittaa kuitenkin sen soveltuvuutta eikä sitä kannatakaan käyttää kuin paikallisesti vaikeimman ongelma-alueen korjaamiseen. Ongelmallinen pelto voidaan palauttaa viljelykelpoiseksi myös lisäämällä traktorikaivurilla vanhojen salaojien päälle runsaasti sorasilmäkkeitä. Suuresta soramenekistä johtuen tämäkin menetelmä muodostuu kalliiksi. Lievempiä kuivatushäiriöitä voitiin korjata myös vähäisemmällä vanhojen sorasilmiä uudistuksella, jolloin sorasilmien koko saattoi olla pienempi ja niiden sijoittelu täten paikotellen tiheämpääkin. Suoto-ojien lisäys vanhan ojaverkoston päälle oli hyvin kätevää ja nopeaa tehdä. Tämän menetelmän kuivatustehoa ei kuitenkaan raportin kirjoittamiseen mennessä ehditty tutkia.

Myös turvemaidella korostuivat kuivatushäiriön korjauksissa ongelmien ja olosuhteiden paikallisuus. Tilastollisesti eri menetelmien välille ei saatu ratkaisevan selviä eroja, sillä toteutetut ratkaisut olivat kaikki hyvinkin rajuja ja täten myös kalliita. Esim. Lopen kokeissa peltolohkon viljelykelpoisuus saatiin palautettua käytännöllisesti katsoen niin hyväksi kuin mahdollista. Ojitusratkaisut olivat kuitenkin kalliita ja työläitä. Käytetyt menetelmät soveltuvatkin lähinnä paikallisiin ongelmiin, jolloin peltolohko saadaan kokonaisuudessaan järkevästi viljeltyä. Vastaavasti Outokummun kokeissa pellon viljelykelpoisuus saatiin palautettua ainoastaan osittain. Tässä käytetyt korjausratkaisut olivat samanlaisia kuin Lopella eroten lähinnä kaivuumenetelmän suhteen. Ilmeistä onkin, että Outokummun koelohkoa ei voida viljellä normaalia sateisempänä kesänä, jolloin ongelmaksi muodostuu pellon kantavuus puintiaikana.

Tämän tutkimuksen pohjalta näyttää siltä, että ongelmallisten turvemaiden toimintahäiriöiden korjaus ei onnistu ojaväliä tihentämättä ja vaikeimmissa tapauksissa ei lainkaan. Lisäksi on otettava huomioon, että huonosti vettä läpäisevän maatuneen pintaturpeen käyttö salaojakaivannon täyttömaana aiheuttaa melkoisen riskin valuvesien kulkuyhteyksille, mikä

ts. merkitsee sitä, että myös turvemaiden ojakaivantojen läpääisevä täyttömateriaali on eräs edellytys salaojien toiminnalle.

Koeojitusten ja tiloille tehtyjen korjausten vaikutuksia peltolohkojen kuivatukseen voitiin seurata vain lyhyehkön aikaa. Kivennäismaiden osalta saatuja tuloksia voidaan kuitenkin pitää suhteellisen luotettavina ja pysyvinä, samoin myös useiden turvemaiden kokeiden tuloksia. Turvemaiden osalta on kuitenkin jatkossa voitava tehdä lisää kuivatustutkimuksia, salaojituksen siirtyessä jatkuvasti juuri turvemaiden kuivatukseen.

KIRJALLISUUS

- AHTI, E. 1972. Kenttäkapasiteetti ojitettujen turvemaiden vesisuhteiden ilmentäjänä. Suo 23 (6):105-108.
- ANDERSSON, S. & WIKLERT, P. 1972. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. Grundförbättring 2-3:53-143. Uppsala.
- ANON. 1976. Maa- ja pohjavesisanasto. Vesihallituksen julkaisu 18:1-142. Helsinki.
- " - 1979. Salaojitus maankäytön teknisenä perusedellytyksenä. Vesitalouden seminaari 1978-1979. Vesi-tekniikan laitos. Teknillinen korkeakoulu, 273 s. Otaniemi.
- " - 1982. Maaperäoppi. Sampsa ry. Luentomoniste. 86 s.
- BOELTER, D. N. 1969. Physical properties of peats as related to degree of decomposition. Soil sci. Soc. Amer. proc. 33:606-609.
- DANFORS, B. 1970. Jord-fordon och maskiner. Jordbrukstekniska institutet, medd. 333:1-53. Uppsala.
- " - 1977. Jordpackning - hjulustrustning. Jordbrukstekniska institutet, medd. 386:1-49. Uppsala.
- ELONEN, P. 1977. Hyvä kylvöalusta maan rakennetta pilaamatta. Käytännön maamies 4:8-10.
- ERIKSSON, J. 1982. Markpackning och rotmiljö. Inst. för markv. Adv. för lantbrukets hydroteknik. Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport 126:1-138.
- ERIKSSON, J., HAKANSSON, I & DANFORS, B. 1974. Jordpackning-märkstruktur-gröde. Jordbrukstekniska institutet, medd. 354:1-82. Uppsala.

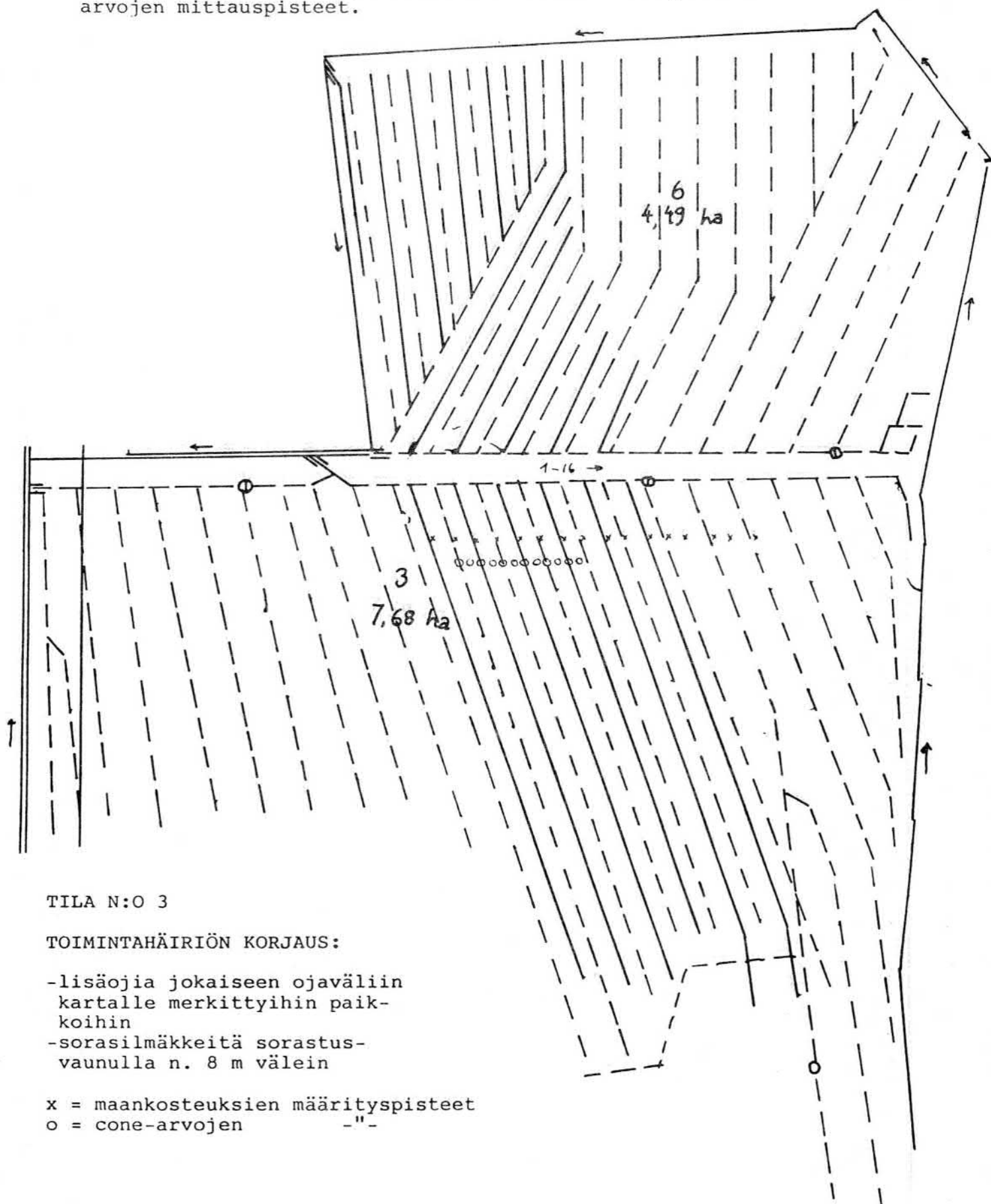
- HOOLI, J., TUONONEN, E. & VAKKILAINEN, P. 1979. Vesitalouden perusteet. 179 s. Espoo.
- HUIKARI, O., MUOTIALA, S. & WÄRE, M. 1963. Ojitusopas. 257 s. Helsinki.
- HAKANSSON, A. 1966. Dräneringsrör av plast. Grundförbättring 2:158-184. Uppsala.
- JUSEK, A., TOMBERG, H. & THOMSON, H. 1986. Raskaiden savi-
maiden kuivatuksesta. Suomen ja NL:n välisen maan-
parannus- ja vesitalouden työryhmän moniste. 5 s.
- JUUSELA, T. 1960. Maanviljelysoppi. 300 s. Porvoo.
- JYGEVÄ, V. & KUL, K. 1986. Salaojituksen veden vastaanotto-
kyvyn muuttuminen ajan funktiona. Suomen ja NL:n
maanparannus- ja vesitalouden työryhmän moniste. 3
s.
- KESO, L. 1930. Kulttuuritekneillisiä maaperätutkimuksia eri-
koisesti imuojaetaisyttä silmälläpitäen. Referat:
Kulturtechnische bodenuntersuchung mit besonderer
berücksichtigung der strangertfernung. Valt. maa-
tal. koetoim. julk. 32:1-269.
- " - 1951. Salaojityöt. 299 s. 3 liit. Helsinki.
- KORPIJAAKKO, M., HÄIKIÖ, J. & LEINO, J. 1981. Vesipitoi-
suuden ja maatuneisuuden vaikutus turpeen kuivatus-
tilavuuspainoon. Suo 32 (2):25-31.
- KOWALD, R. 1968. Technische, hydraulische und bodenkund-
liche probleme der Tourohrdränung insbesondere in
Marschgebieten. Habilitationsschiff. 188. Gieben.
- MÄENPÄÄ, O. & PERÄLÄ, T. 1974. Salaojituksen toteutus ja
kunnossapito. Salaojitusopas. s. 81-116. Loimaa.

- PUUSTINEN, M. & PEHKONEN, A. 1986. Salaojien toimintahäiriöt. Helsingin yliopiston maatalousteknologian laitos. Tutkimustiedote 48:1-67.
- PUUSTJÄRVI, V. 1973. Kasvuturve ja sen käyttö. 172 s. Helsinki.
- " - 1975. Turpeen rakenteen vaihtelu vuodenajan mukaan. Puutarhalehti 12:578-579.
- PÄIVÄNEN, J. 1973. Hydraulic conductivity and water retention in peat soils. Seloste: Turpeen vedenläpäisevyys ja vedenpidätyskyky. Acta for. fenn. 129:1-70.
- " - 1982. Turvemaan fysikaaliset ominaisuudet. Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksen julk. 2: 1-69.
- RISTOLAINEN, R. 1982. Salaojitus viljelyn perustana. Pelervo 1983:20-23.
- SAAVALAINEN, J. 1981. Salaojittajan käsikirja II B. Salaojakoulutuksen kannatusyhdistys. 61 s.
- " - 1982. Miten salaoja toimii. Käytännön maamies, 7: 32-35.
- " - 1983. Salaojittajan käsikirja I B. Salaojakoulutuksen kannatusyhdistys. 83 s.
- " - 1984. Salaojittajan käsikirja II A. Salaojakoulutuksen kannatusyhdistys. 167 s.
- SKINKIS, S. N. 1982. Raskailla koneilla muokattavien märekien peltomaiden kuivatuksesta tehtyjen tutkimusten tärkeimmät tulokset. Kalinin maanparannus- ja vesitaloussymposiumi 24.-25.8. Moniste. 7 s.

- STARIKOV, H. N., KOVALEV, A. P. & NOVIKOV, A. N. 1982. Salaojitettujen raskaiden maiden tiivistymisen poistaminen. Kalinin maanparannus- ja vesitaloussymposiumi 24.-25.8. Moniste. 9 s.
- TIMMUSK, T. 1986. Yhdistelmäsalaojituksista tehtyjen tutkimusten tuloksia. Suomen ja NL:n välisen maanparannus- ja vesitalouden työryhmän moniste. 2 s.
- VAKKILAINEN, P. 1980. Tutkimus pellon tiivistymisen vaikutuksesta salaojien toimintaan. Vesitalous 2:23-28.
- " - 1983. Maavedet. Tiili, tiilisalaojitus 125 vuotta. Suomen Tiiliteollisuusliitto ry:n julkaisu: 50-53.
- VEIHMEYER, R. F. & HENDRICKSON, A. H. 1950. Soil Moisture in relation to Plant Growth. Ann. Rev. Pl. Phys. 1:285-304.

LIITTEET 2 b-f: Kivennäismaakohteissa suoritettut korjaus-
toimenpiteet, soran käyttö sekä maankosteuksien ja cone-
arvojen mittauspisteet.

LIITE 2b.

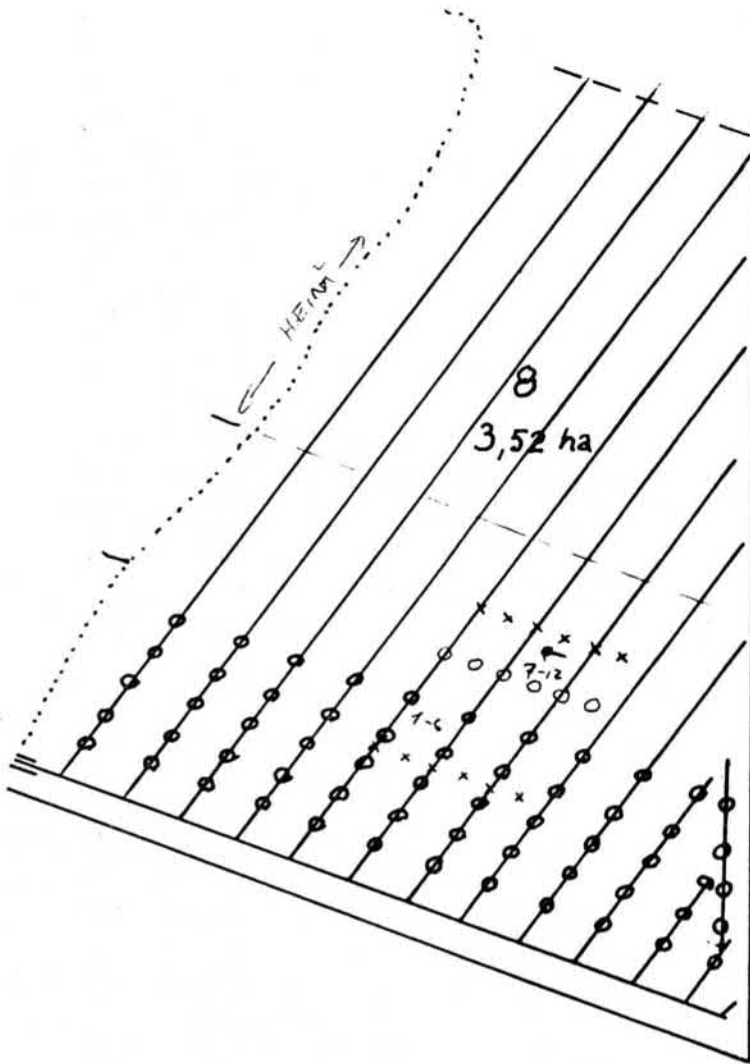


TILA N:O 3

TOIMINTAHÄIRIÖN KORJAUS:

- lisäojia jokaiseen ojaväliin
kartalle merkittyihin paik-
koihin
- sorasilmäkkeitä sorastus-
vaunulla n. 8 m välein

x = maankosteuksien määrittämisspisteet
o = cone-arvojen -"-

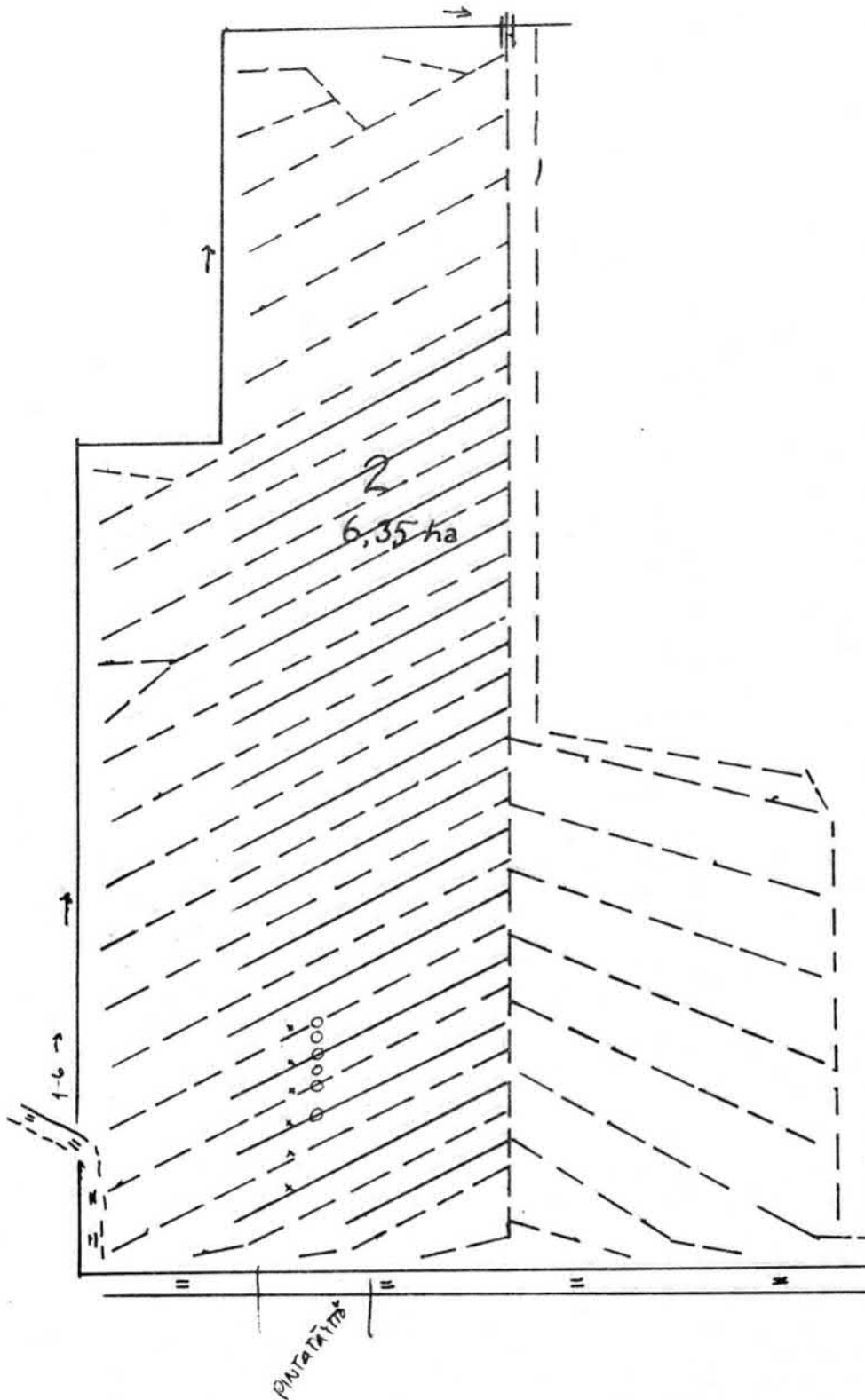


TILA N:O 4

TOIMINTAHÄIRIÖN KORJAUS:

-sorasilmäkkeitä vanhojen imuojien päälle
 10 m:n välein, soraa n. 0,1-0,2 m
 silmäkettä kohden; yhteensä n. 10-15 m/ha
 -kaivu lapiotyönä

x = maankosteuksen määrittämisspisteet
 o = cone-arvojen "-"

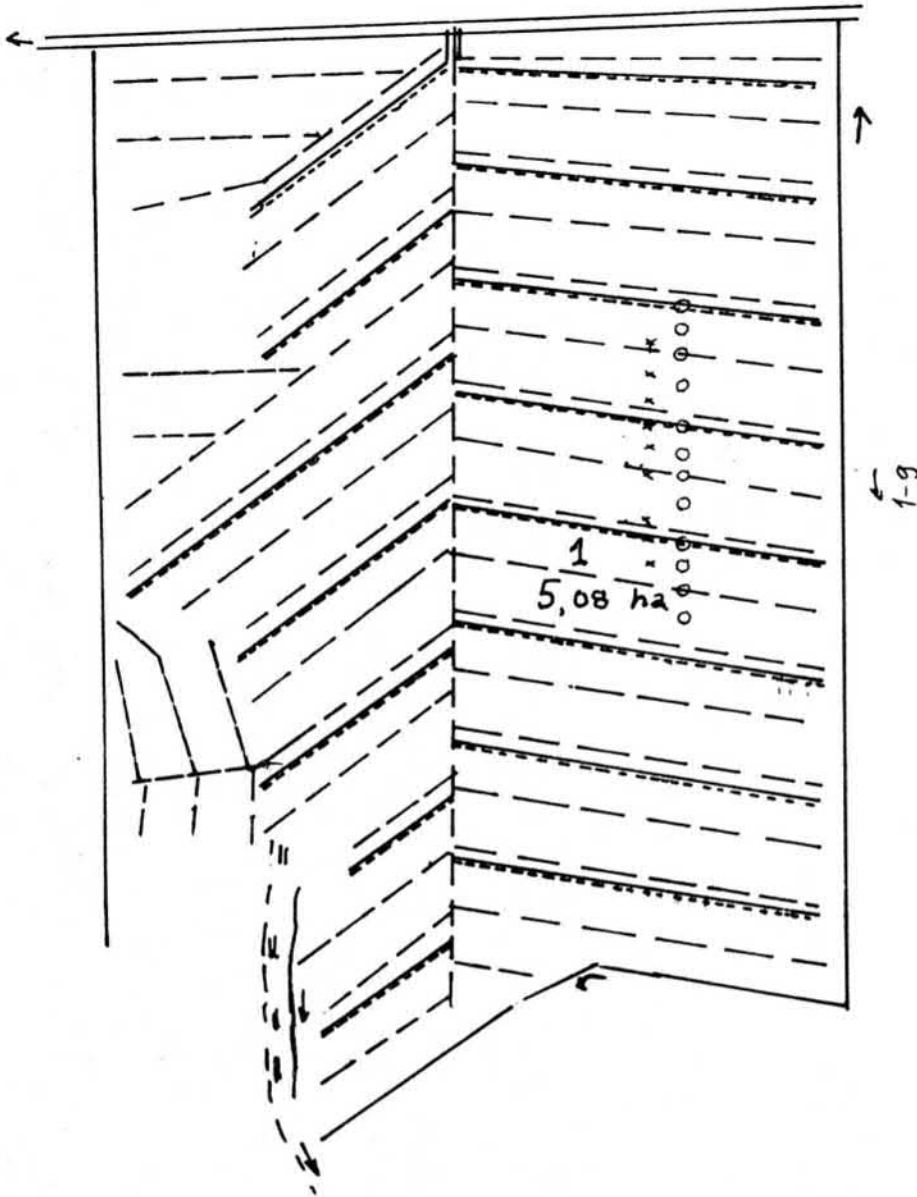


TILA N:O 6

TOIMINTAHÄIRIÖN KORJAUS:

- lisäojia jokaiseen ojaväliin
- sorastus: pintaan saakka pahimmissa paikoissa, muuten n. 10-15 m:n välein

x = maankosteuksien määrittämisspisteet
 o = cone-arvojen määrittämisspisteet

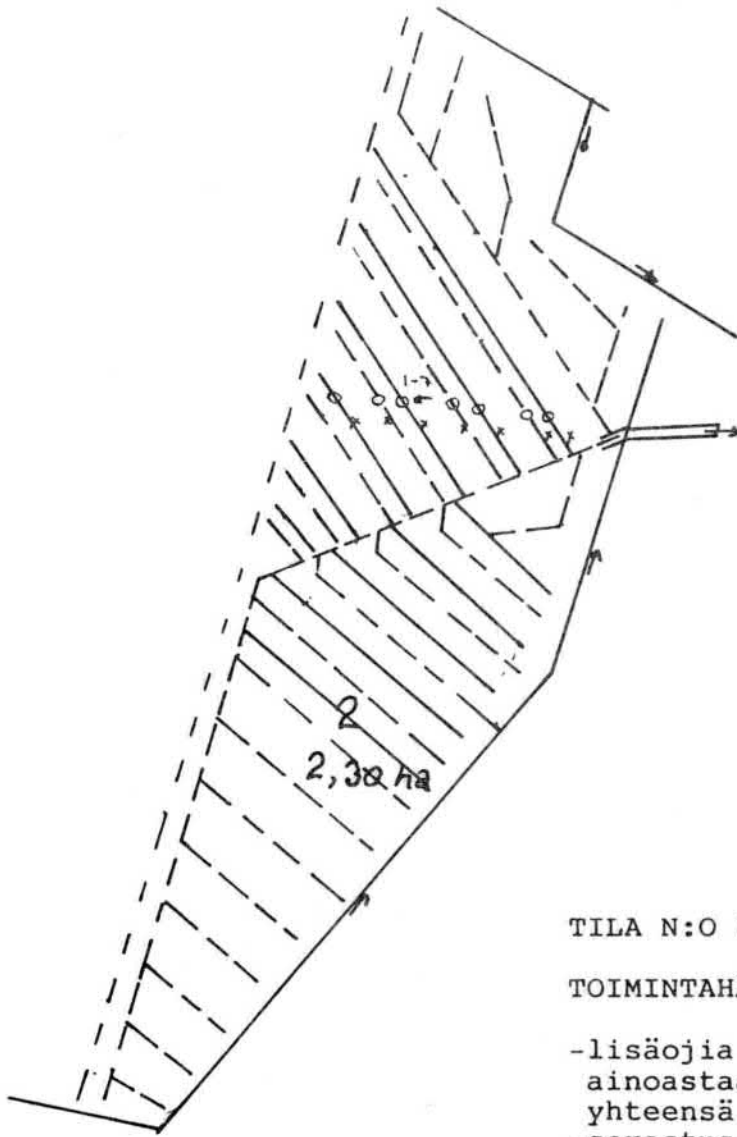


TILA N:O 7

TOIMINTAHÄIRIÖN KORJAUS:

- lisäojia joka toiseen ojaväliin
- sorastus: pintaan saakka lähes koko ojaston alueelta

x = maankosteuksien määrittämyspisteet
o = cone-arvojen



TILA N:O 8

TOIMINTAHÄIRIÖN KORJAUS:

- lisäojia jokaiseen ojaväliin
ainoastaan ongelma- alalle,
yhteensä 11 kpl
- sorastus: silmäkkeitä sorastus-
vaunulla 3-5 m:n välein

x = maankosteuksien määrittämisspisteet
o = cone-arvojen " "

Salaojitussuunnitelma

Tila:

Lähde

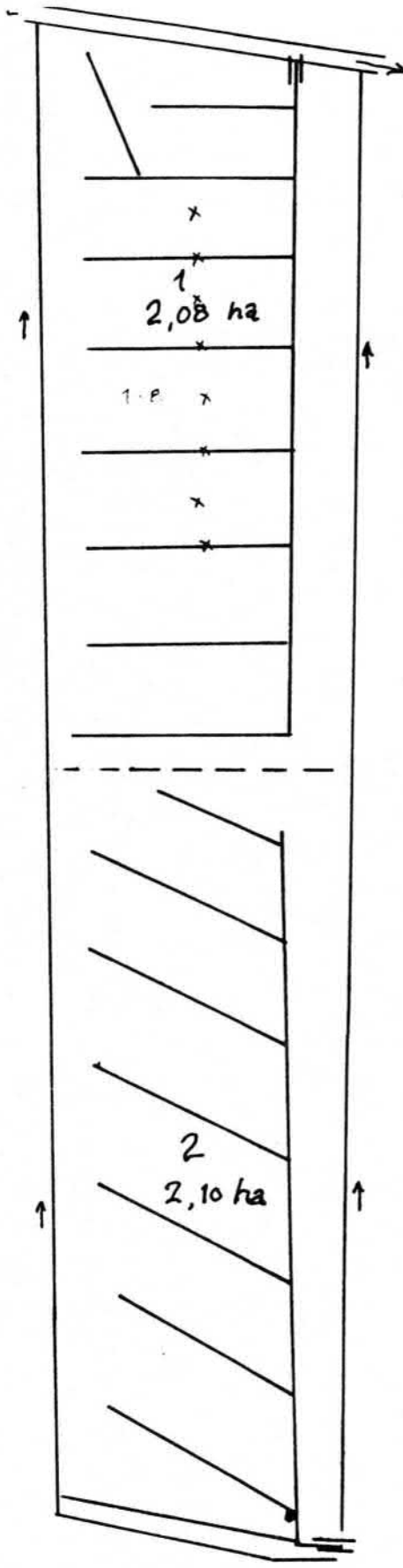
Kunta:

Fprssa

SALAOJITUSYHDISTYS r.y v. 1968-71

M. Järvelä

	Suorittanut:	Tarkastanut:
Kartoituksen:	<i>M. Järvelä</i>	<i>T. Lautonen</i>
Vaakituksen:	<i>T. Lautonen</i>	<i>M. Tapani</i>
Suunnittelun:	---	<i>O. Mäenpää</i>
Mitoituksen:	---	<i>T. Parola</i>

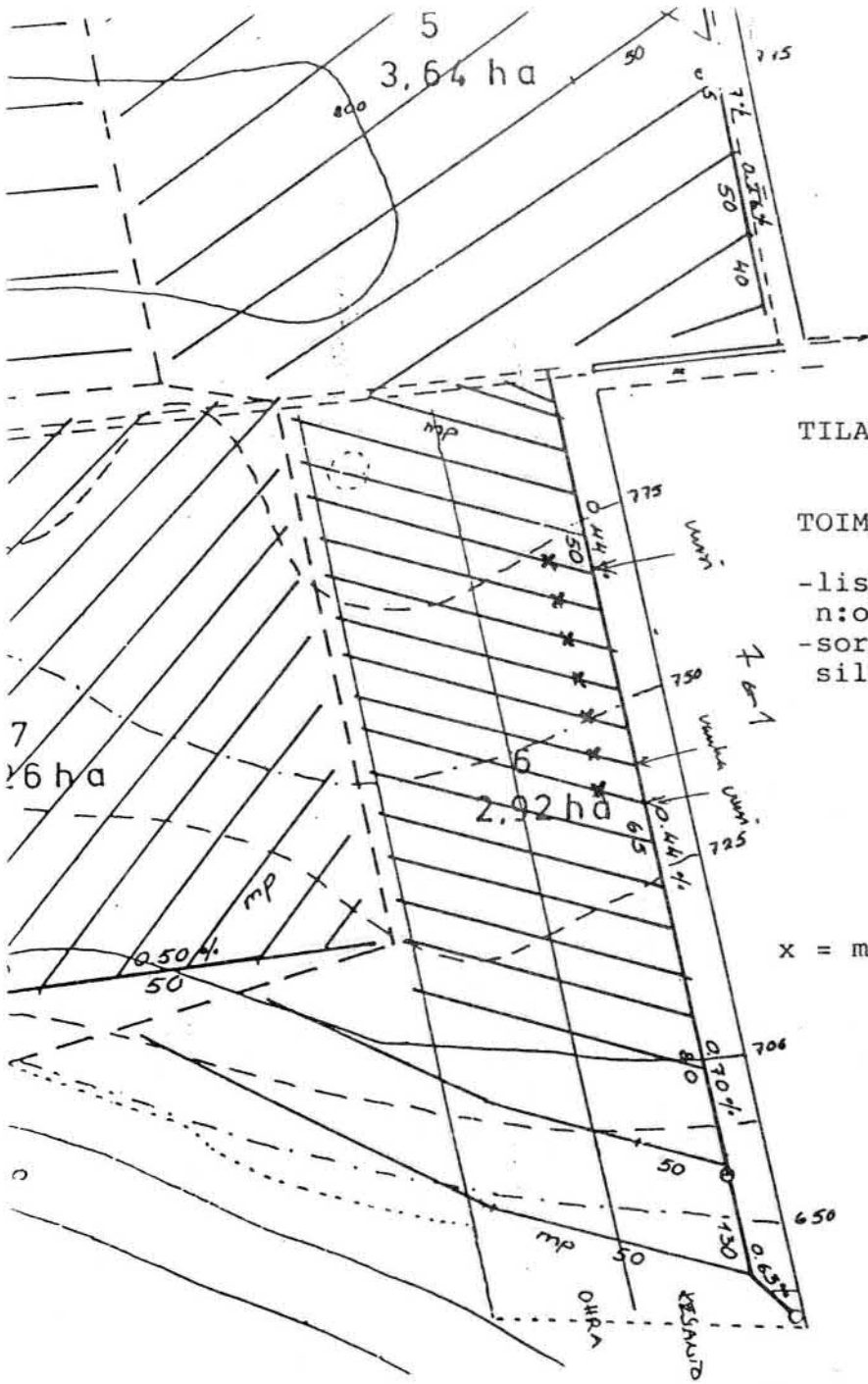


TILA N:O 5

TOIMINTAHÄIRIÖN KORJAUS:

-suunniteltua runsaampi soran käyttö jo alkuperäisen ojituksen toteutuksen yhteydessä; sorasilmäkkeitä kosteimmissa paikoissa n. 7 m:n välein, muuten n. 15 m:n välein

x = maankosteuksien määrittämisspisteet

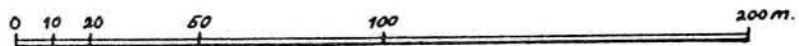


TILA N:O 9

TOIMINTAHÄIRIÖN KORJAUS:

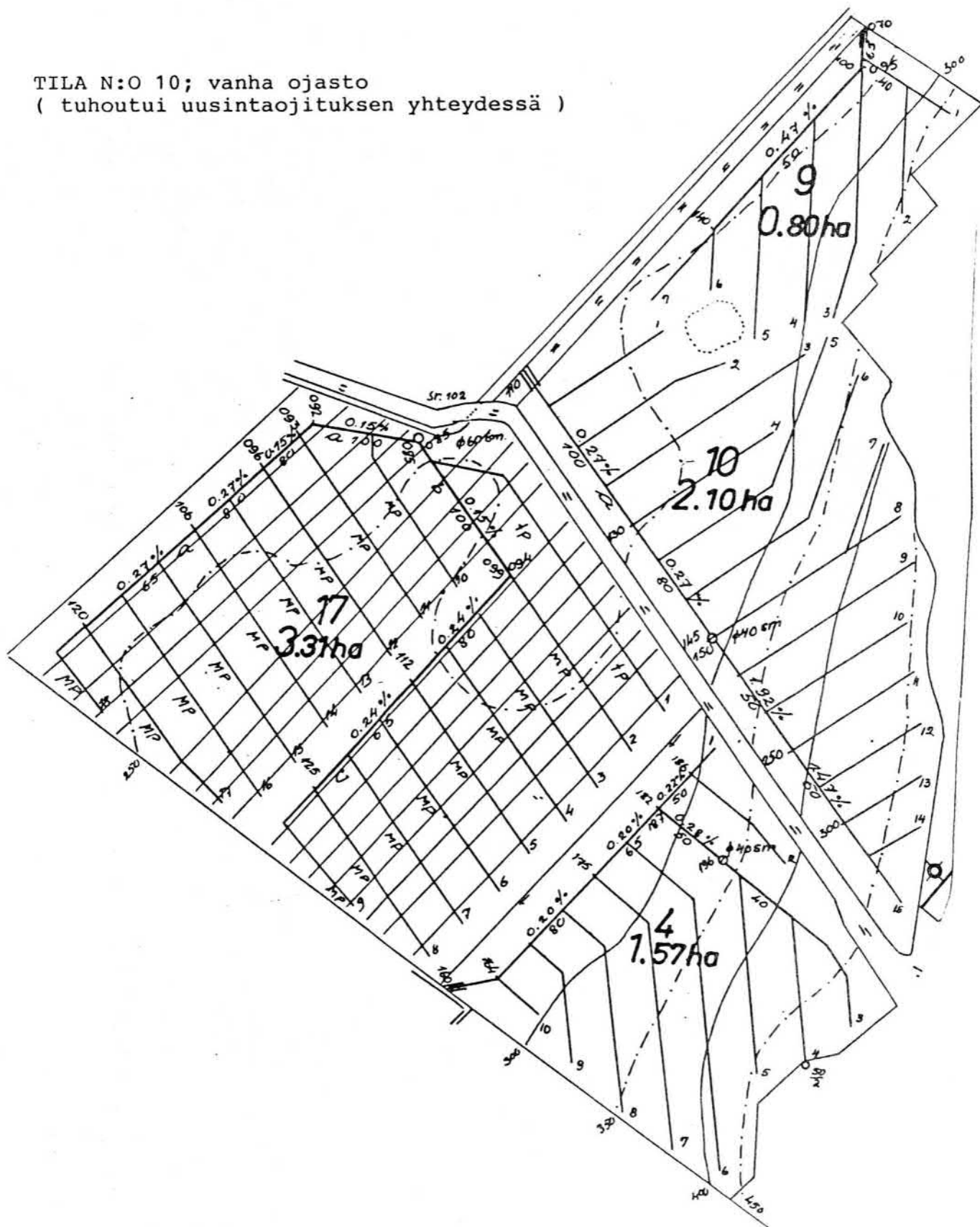
- lisäojia jokaiseen väliin ojaston n:o 6 ongelmalliselle alueelle
- sorastus: 3 m:n välein 2 m pitkä silmäke

x = maankosteuksien määrittämisspisteet

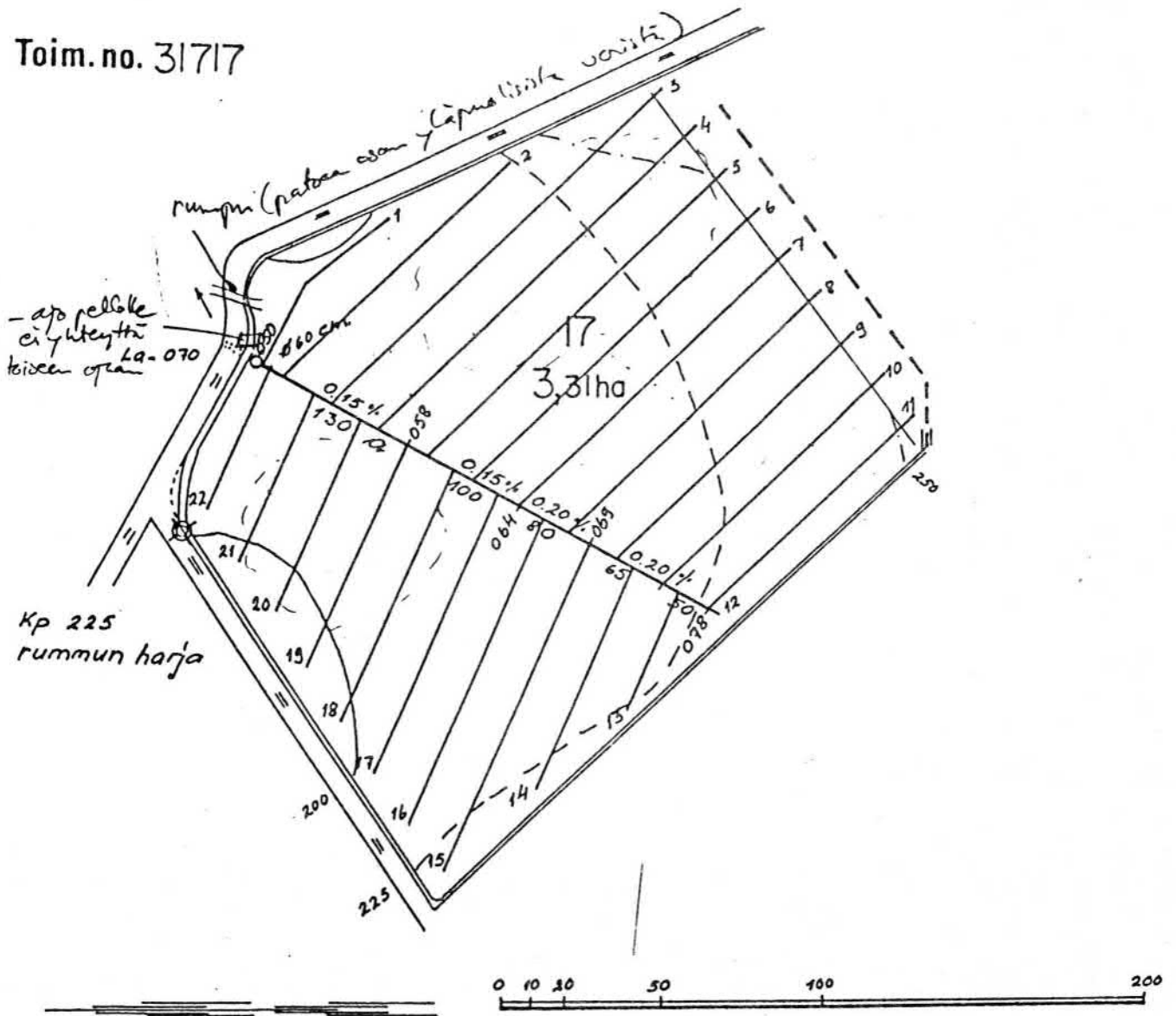


Muutos	Tutk. <i>M. Japari</i>	Piirt. <i>M. Japari</i>
SALAOJITUSSUUNNITELMA	Suunn. --	Tark. <i>S. Rusila</i>
TILA HAKALA	Mit. --	Tark. <i>A. Niemi</i>
KUNTA FORSSA	Mk 1:2000	
OJASTOT 1-11	Päiväys 4.2.1983	
SALAOJAKESKUS	Hyv. <i>S. Rusila</i>	

TILA N:O 10; vanha ojasto
 (tuhoutui uusintaajituksen yhteydessä)



Toim.no. 31717




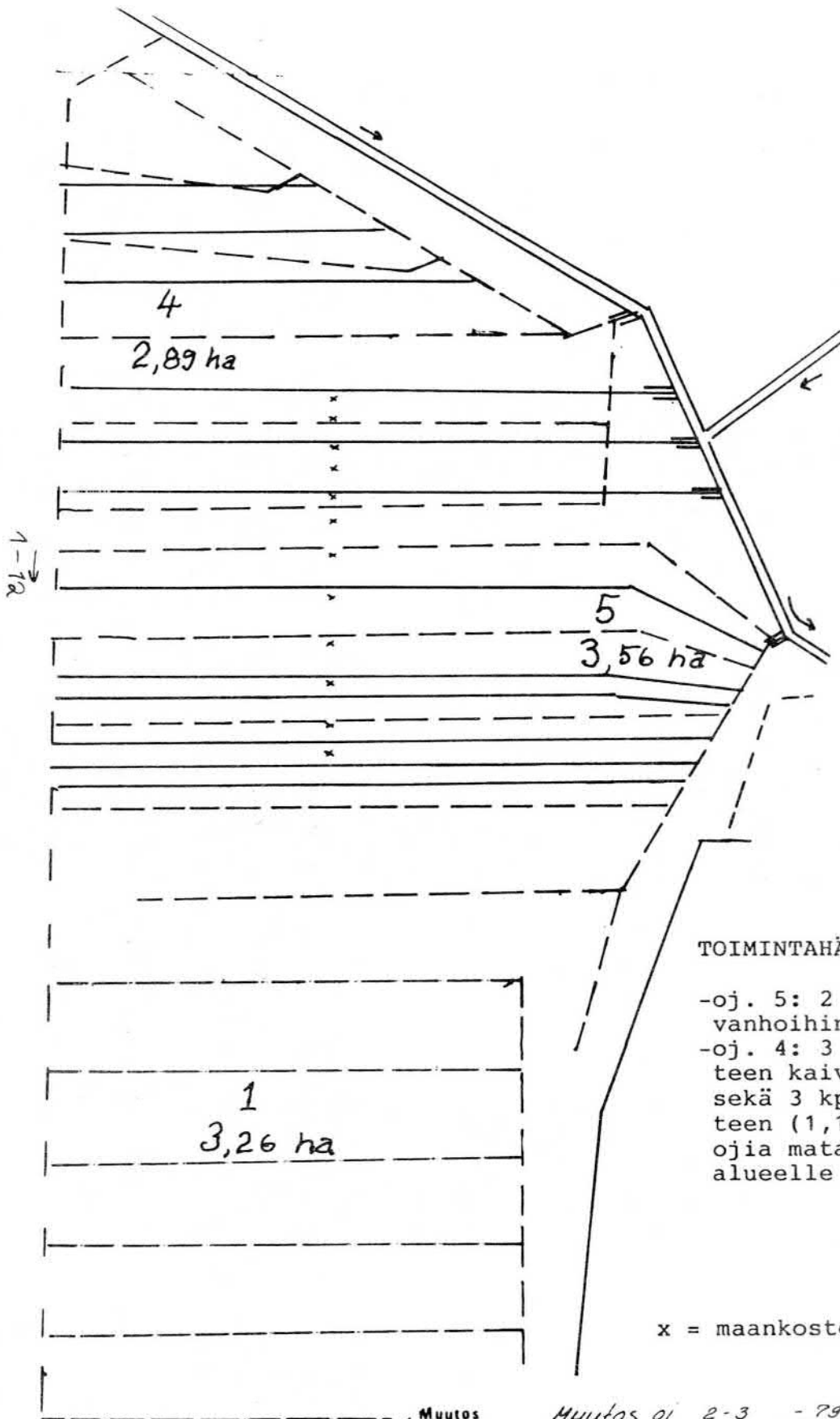
TILA N:O 10

TOIMINTAHÄIRIÖN KORJAUS:

- täydellinen uusintaojitus
- sorastus: silmäkeitä sorastusvaunulla n. 15 m:n välein

Muutos *Uusinta oj 17 - 82*

SALAOJITUSSUUNNITELMA	Tutk. <i>A. Japani</i>	Piis. <i>A. Japani</i>
TILA VESALA	Suunn. <i>-</i>	Tark. <i>S.R.</i>
KUNTA FORSSA	Mit. <i>-</i>	Tark. <i>-</i>
OJASTOT 17	Mk 1:2000	
	Päiväys 29.4-82	
 SALAOJITUSKESKUS	Hyv. <i>S. Rusila</i>	



(koko suo n. 50 ha)

TILA N:O 11

TOIMINTAHÄIRIÖN KORJAUS:

- oj. 5: 2 kpl lisäojia vanhoihin imuojaväleihin
- oj. 4: 3 kpl 1,4 m syvyyteen kaivettuja lisäojia sekä 3 kpl normaalisyvyyteen (1,1 m) kaivettuja ojia matalamman turpeen alueelle

x = maankosteuksien määrittämisspisteet

Muutos *Muutos oj 2-3 - 79 Korjaus oj 3-5 1983*

SALAOJITUSSUUNNITELMA

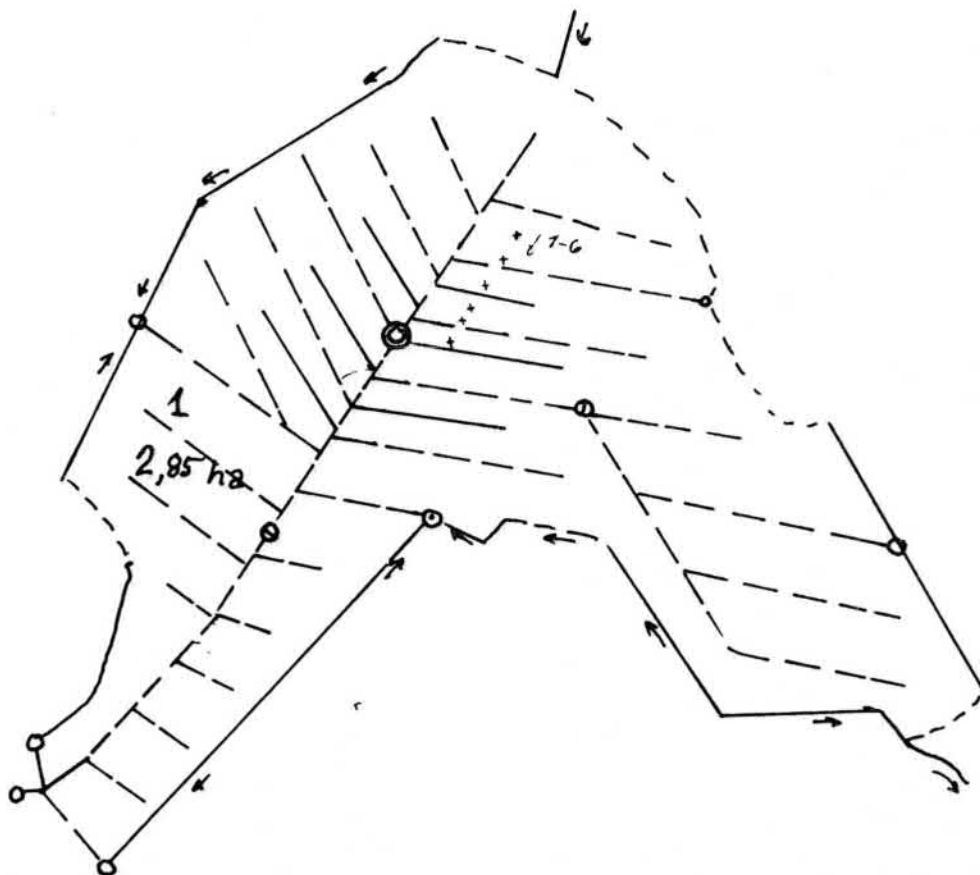
TILA KANANOJA

KUNTA IITTI

OJASTOT 1-15, 29-33

 **SALAOJAKESKUS**

Tutk	Piirt
Suunn	Tark
Mit.	Tark
Mk 1:2000	
Paiväys	1955-70-80-83
Hyy	



TILA N:O 12

TOIMINTAHÄIRIÖN KORJAUS:

-lisäoja (6 kpl) ongelmalliselle alueelle
-sorastus: silmäkeitä sorastusvaunulla
n. 10 m:n välein

x = maankosteuksien määrittämyspisteet

Muutos oj. 1-2-82

Salaojitussuunnitelma

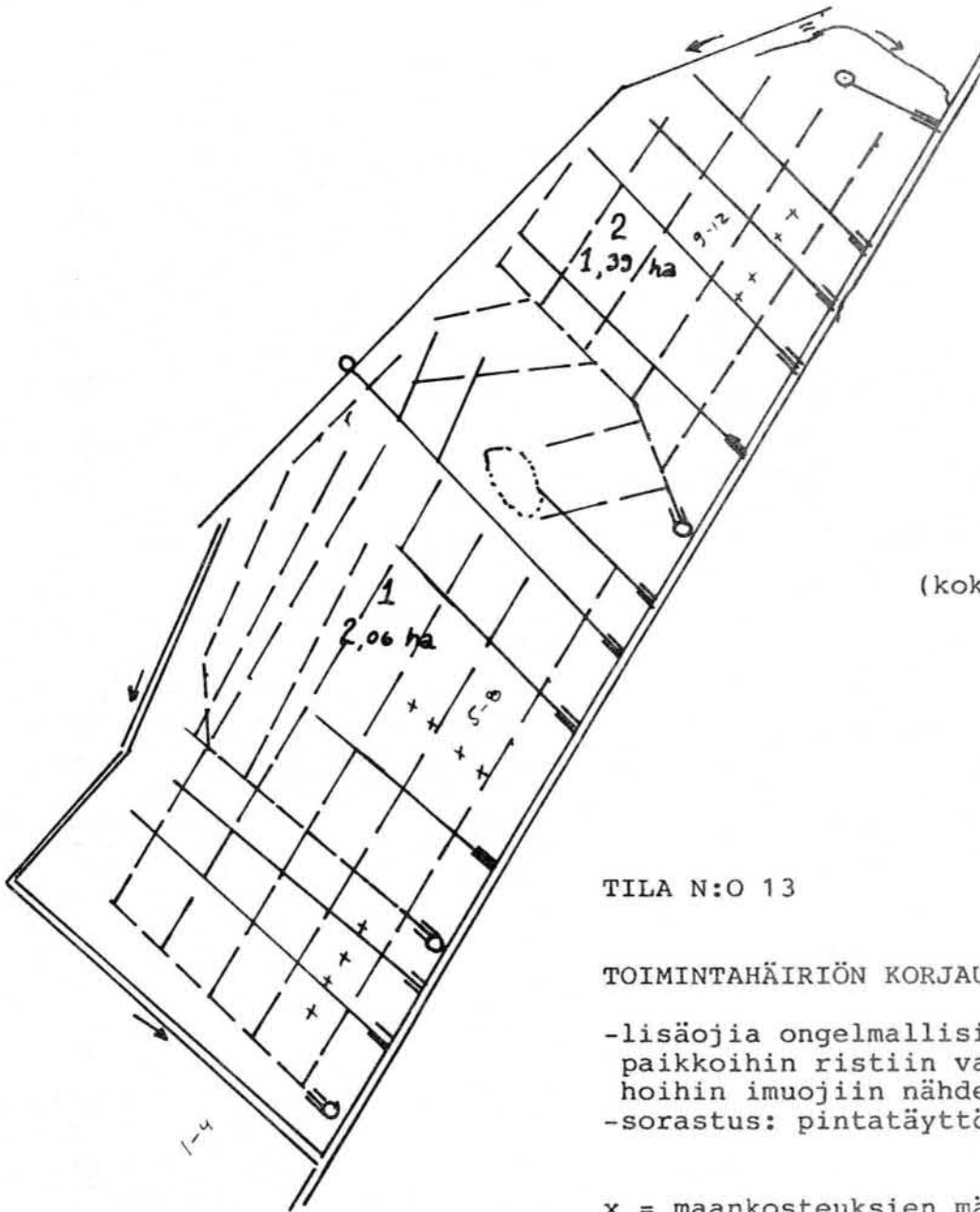
Tila: **PELTOMÄKI**

Kunta: **SAARI**
OJASTOT 1-2

SALAOJITUSYHDISTYS r.y v. 1977-82

Seppo Jauho

	Suorittanut:	Tarkastanut:
Kartoituksen:	<i>Pärkkälän maasmitt. foto</i>	<i>Jorma Tuure</i>
Vaakituksen:	<i>Jorma Tuure</i>	<i>Seppo Jauho</i>
Suunnittelun:	---	---
Mitoituksen:	---	---



(koko suo 8,16 ha)

TILA N:O 13

TOIMINTAHÄIRIÖN KORJAUS:

- lisäojia ongelmallisiin paikkoihin ristiin vanhoihin imuoihin nähden
- sorastus: pintatäyttö

x = maankosteuksien määrittämyspisteet

Muutos o.j. 1.5.1984

Salaojitussuunnitelma

Tila: LEVÄMÄKI

Kunta: NILSIÄ

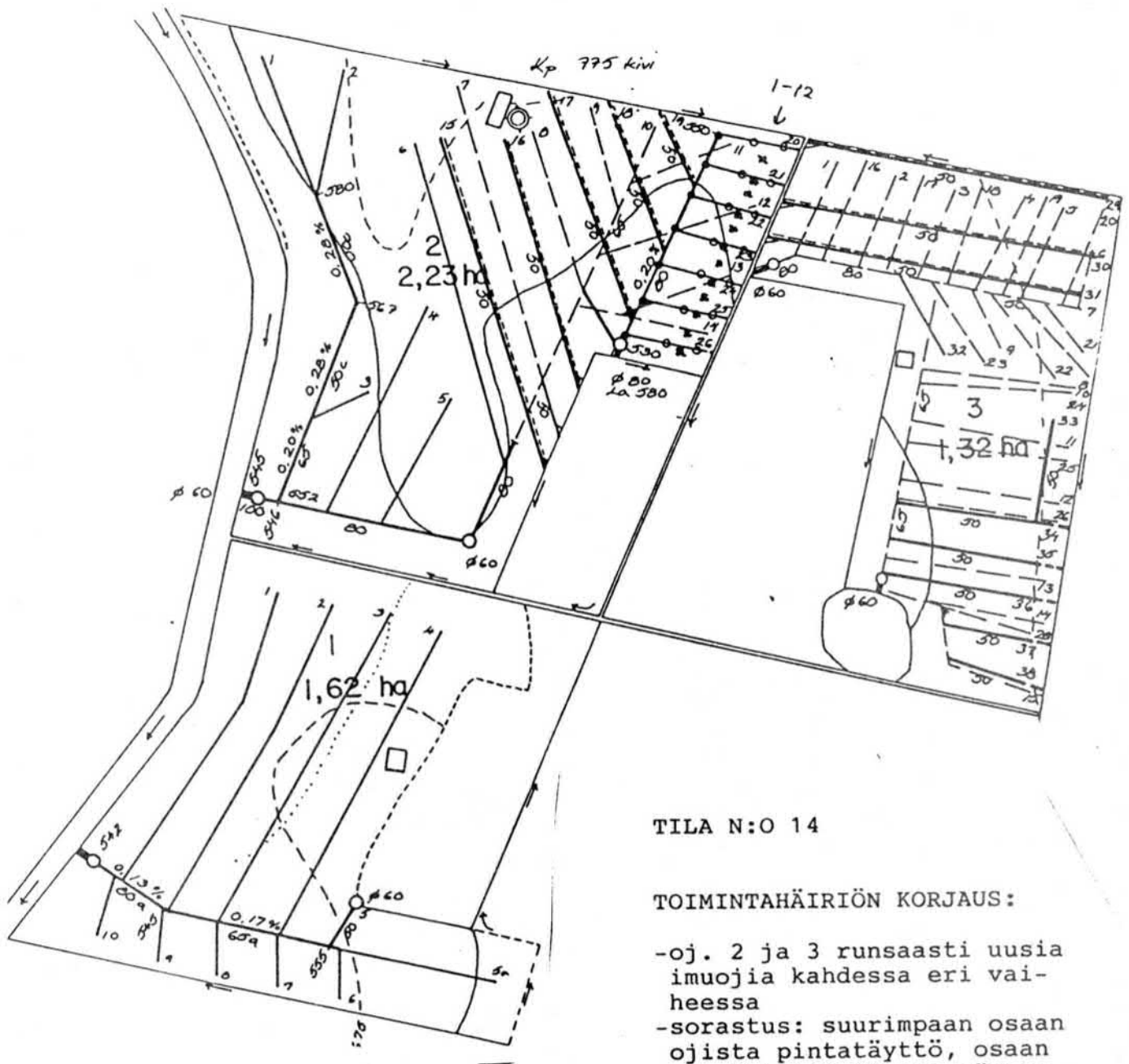
ojastot: 1-6

SALAOJITUSYHDISTYS r.y v. 1979, -84

Seppe Jauho

	Suorittanut:	Tarkastanut:
Kartoituksen:		
Vaakituksen:	<i>E. Jokinen</i>	
Suunnittelun:	— " —	<i>S. Jauho</i>
Mitoituksen:	— " —	<i>J. Varis</i>

Toim.no. 56 088



TILA N:O 14

TOIMINTAHÄIRIÖN KORJAUS:

- oj. 2 ja 3 runsaasti uusia imuojia kahdessa eri vaiheessa
- sorastus: suurimpaan osaan ojista pintatäyttö, osaan silmäkkeitä 10 m:n välein

x = maankosteuksien määrittämyspisteet

Muutos <i>Uusinta-ajatus oj. 2-3</i>		Tutk. <i>Okelainen/STa</i>	Piirt. <i>TK</i>
SALAOJITUSSUUNNITELMA		Suunn. <i>—/STa</i>	Tark. <i>OH/STa</i>
TILA	HEINÄMÄKI	Mit. <i>—/STa</i>	Tark. <i>OH/STa</i>
KUNTA	PIELAVESI	Mk	1:2000
OJASTOT	1-3	Päiväys	16.6.1983
SALAOJAKESKUS		Hyv.	<i>Sanna Sauvalainen</i>

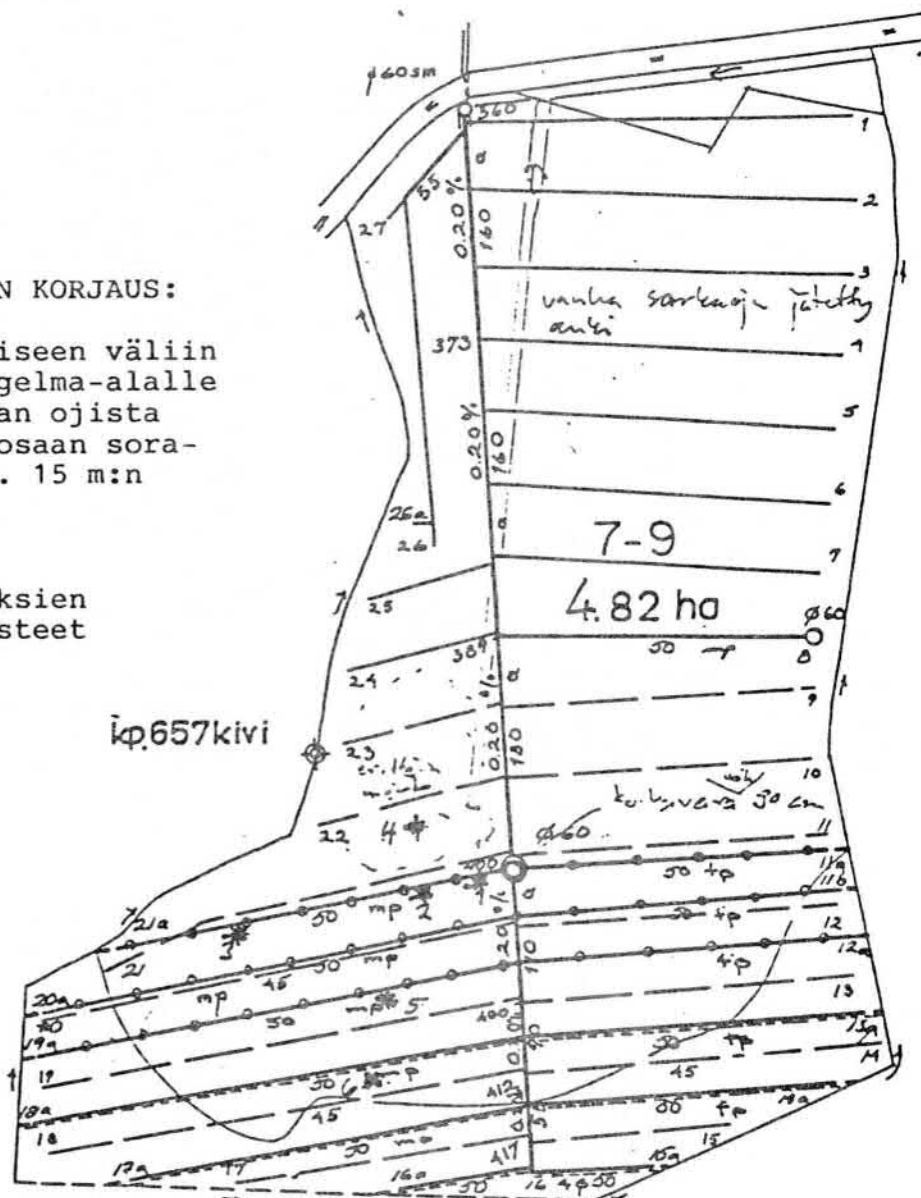
Toim. N:o 19 760

TILA N:O 15

TOIMINTAHÄIRIÖN KORJAUS:

- lisäojia jokaiseen väliin pahimmalle ongelma-alalle
- sorastus: osaan ojista pintatäyttö, osaan sora-silmäkkeitä n. 15 m:n välein

x = maankosteuksien
määrittämyspisteet



Maantas oj. 7-9-76 Uusintajärjestys oj. 7-9 1983

Salaojitus suunnitelma

Tila: Iso-Taipale

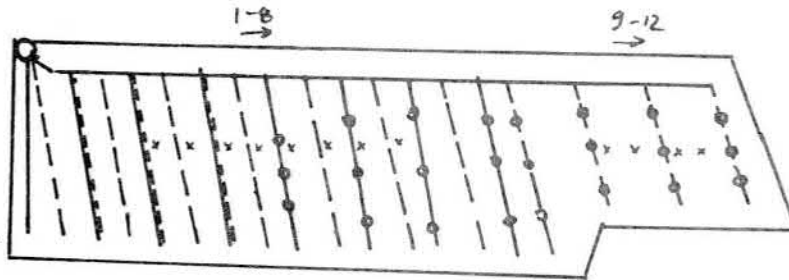
Kunta: Sumiainen

Ojastot: 3, 7-9, 15

SALAOJITUSYHDISTYS r.y. v. 1976, -77, -83

A. Mäenpää

	Suorittanut:	Tarkastanut:
Kartoituksen:	H. Marjanen	P. Puttonen
Vaakituksen:	P. Puttonen	
Suunnittelun:	- - -	A. Mäenpää
Mitoituksen:	- - -	M. Kii skinen



TILA N:O 17

TOIMINTAHÄIRIÖN KORJAUS:

- lisäojia jokaiseen väliin
- sorastus: ongelman vaikeusasteesta riippuen joko ojien pintatäyttö tai sorasilmäkkeiden teko n. 10 m välein
- ojien kaivu traktorikaivurilla

x = maankosteuksien määrittämyspisteet

Salaojitussuunnitelma

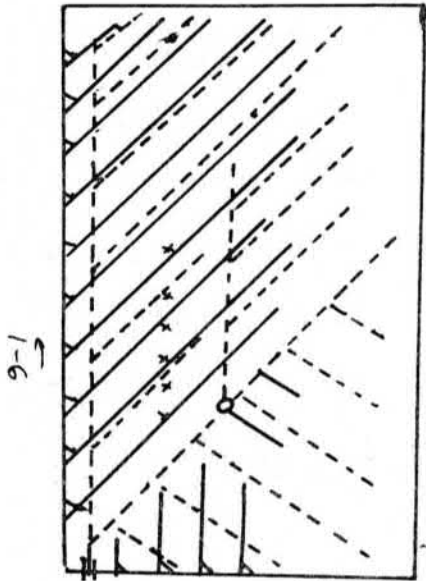
Tila: TALVIRANTA

Kunta: JUVA
Ojastot: I

SALAOJITUSYHDISTYS r.y v. 1978, -83

O. Mäenpää

	Suorittanut:	Tarkastanut:
Kartoituksen:	<i>L. Viikari</i>	
Vaakituksen:	- // -	
Suunnittelun:	- // -	<i>O. Mäenpää</i>
Mittauksen:	- // -	



TILA N:O 18

TOIMIONTAHÄIRIÖN KORJAUS:

- lisäojia jokaiseen ojaväliin
pellon turvealueelle
- sorastus: pintatäyttö

x = maankosteuksien määrittämyspisteet

Muutosoj. 1 1985

Salaojitus suunnitelma		
Kainula		
Tila:		
Kunta:	Pieksämäki mlk.	
Ojasto 1	SALAOJITUSYHDISTYS r.y v. 1976.-85	
	<i>[Signature]</i>	
	Suorittanut:	Tarkastanut:
Kartoituksen:	<i>Heikki Ylänen</i>	
Voakituksen:	.	
Suunnittelun:	.	<i>Timo Perälä</i>
Mittoituksen:	.	<i>S. Rutila</i>

LIITE 4. Tutkittujen peltojen maalajit ja turvemaiden maatumisasteet sekä tilojen maantieteellinen sijainti.

Tila n:o	Maalaji	Paikkakunta
	van Postin maat.aste	
	a) pintamaa	
	b) pohjamaa	
3.	a) As m b) As (n. 50 cm)	Tammela
4.	a) Mm b) As (30 - 100 cm)	Jokioinen
5.	a) SCT H7 b) SCT H5 (25 - 40 cm) hsAS (40 - 100 cm)	Tammela
6.	a) As rm-erm b) As (30 - 100 cm)	Forssa
7.	a) As m b) As (30 - 100 cm)	Forssa
8.	a) As rm b) As (30 - 100 cm)	Forssa
9.	a) St H5 b) St H2-3 (30 - 200 cm) Lj (200 cm)	Forssa
10.	a) CSt H6 b) Cst H4 (30 - 100 cm) Hs (100 cm)	Forssa

LIITE 4. Tutkittujen peltojen maalajit ja turvemaiden maatumisasteet sekä tilojen maantieteellinen sijainti.

Tila n:o	Maalaji	Paikkakunta
	van Postin maat.aste	
	a) pintamaa	
	b) pohjamaa	
11.	a) Lct H7	Iitti
	b) Lct H4-5 (40 - 200 cm)	
	htHS (> 80 cm)	
12.	a) Lct H8	Saari
	b) htMr (> 40 cm)	
13.	a) ST H6	Nilsinä
	b) ST H4 (30 - 80 cm)	
	htLj (> 80 cm)	
14.	a) Lct H8 (savettu)	Nilsinä
	b) Lct H6 (35 - 50 cm)	
	sHs (> 50 cm)	
15.	a) ST H6	Sumiainen
	b) St H4 (30 - 80 cm)	
	Hs (> 80 cm)	
17.	a) Sct H7	Juva
	b) Sct H4 (30 - 200 cm)	
	kHt (> 30 cm)	
18.	a) Lct H7	Pieksämäki
	hsHt	
	b) Lct H5 (30 - 250 cm)	
	hsLj (> 250 cm)	

<u>N:o</u>	<u>Vuosi</u>	<u>Viimeisimmät ilmestyneet tutkimustiedotteet:</u>
39	1981	Kares, Matti & Rauma, Sampo. Etupesä kotimaisen polttoaineen käyttölaitteena. 84 s.
40	1983	Pehkonen, Aarne & Vekuna, Pentti. Yleisimpien maatalouskoneiden kapasiteetti ja sopivuus traktoriin.
41	1983	Sarin, Henrik, Järvenpää, Markku, Mikkola, Hannu & Pehkonen, Aarne. Tutkimus aurinkoenergian hyväksikäytöstä kylmäilmakuivauksessa. 134 s.
42	1983	Järvenpää, Markku, Pehkonen, Aarne & Sarin, Henrik. Opas aurinkoenergian hyväksikäytöstä kylmäilmakuivauksessa. 46 s.
43	1984	Pehkonen, Aarne & Sipilä, Ilkka. Orastuvuuden parantaminen siipivantain tehtävässä nauhakylvössä. 55 s.
44	1984	Pehkonen, Aarne & Järvenpää, Markku. Ilman kuivauskyky Suomessa viljankuivauskautena. 129 s.
45	1985	Luoma, Tarmo, Rautiainen, Risto & Pehkonen, Aarne. Nivelakselien käyttö ja suojaus. 91 s.
46	1985	Pyökkönen, Markus, Hanhijoki, Ilpo & Nieminen, Lasse. Sikalan ilmanvaihto ja ilmanvaihtolaitteiden toiminta. 51 s.
47	1985	Pyökkönen, Markus & Sampolahti, Jukka-Pekka. Parsinavetan lypsyruutiinit. 36 s.
48	1986	Puustinen, Markku & Pehkonen, Aarne. Salaojien toimintahäiriöt. 67 s.
49	1986	Luoma, Tarmo & Sipilä, Ilkka. Jätevesilietteen käyttö maataloudessa. 129 s.
50	1987	Pyökkönen, Markus. Lypsimen lypsyominaisuuksien mittaamisesta. 79 s.

ISBN 951-45-4293-2

ISSN 0357-5799