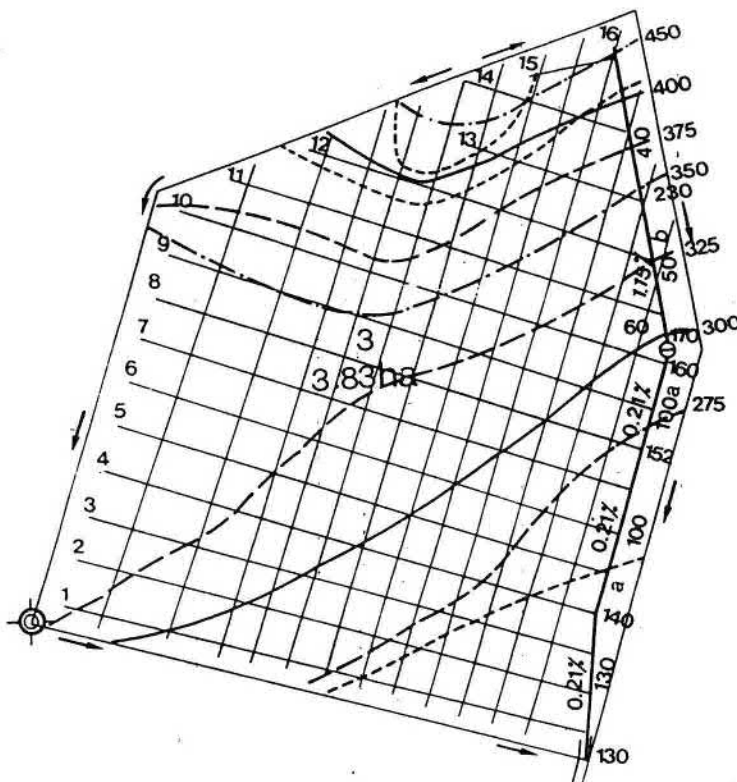


MAATALOUSTEKNOLOGIAN LAITOS
HELSINGIN YLIOPISTO

TUTKIMUSTIEDOTE N:O 48

MARKKU PUUSTINEN
AARNE PEHKONEN

SALAOJEN TOIMINTAHÄIRIÖT



1986

N:o	Vuosi	Viimeisimmät tutkimustiedotteet:
40	1983	Pehkonen, Aarne & Vekuna, Pentti. Yleisimpien maatalouskoneiden kapasiteetti ja sopivuus traktoriin. 56s.
41	1983	Sarin, Henrik; Järvenpää, Markku; Mikkola, Hannu & Pehkonen, Aarne. Tutkimus aurinkoenergian hyväksikäytöstä kylmäilmakuivauksessa. 134s.
42	1983	Järvenpää, Markku; Pehkonen, Aarne & Sarin, Henrik. Opas aurinkoenergian hyväksikäytöstä kylmäilmakuivauksessa. 46s.
43	1984	Pehkonen, Aarne & Sipilä, Ilkka. Orastuvuuden parantaminen siipivantain tehtävässä nauhakylvössä. 55s.
44	1984	Pehkonen, Aarne & Järvenpää, Markku. Ilman kuivauskyky Suomessa viljankuivauskautena. 129s.
45	1985	Luoma, Tarmo; Rautiainen, Risto & Pehkonen, Aarne. Nivelakselien käyttö ja suojaus. 77s.
46	1985	Pyykkönen, Markus; Hanhijoki, Ilpo & Nieminen, Lasse. Sikalan ilmanvaihto ja ilmanvaihtolaitteiden toiminta. 51s.
47	1985	Pyykkönen, Markus & Sampolahti, Jukka-Pekka. Parsinavetan lypsyrutiinit. 35s.

HELSINGIN YLIOPISTO
MAATALOUSTEKNOLOGIAN LAITOS

Tutkimustiedote n:o 48

S A L A O J I E N T O I M I N T A H Ä I R I Ö T

The Malfunctions of Finnish Subsurface Drainage

Poustinen, Markku

Pehkonen, Aarne

1986

ISBN 951-45-4009-3

ISSN 0357-5799

ESISANAT

Salaojien toimintahäiriöt tulivat Suomessa korostetusti esille 1980-luvun alussa sateisten kesien aikana. Tällöin maassamme ei ollut selkeää järjestelmää toimintahäiriöiden syiden selvittämiseksi eikä havaittujen vikojen korjaamiseksi. Kun suunnilleen samaan aikaan maahamme tuli uusi salaojitusmenetelmä, aurasalaojitus ja esipäälylystetyt ns. filtteriputket, lisäsivät nämä tekijät yhdessä julkisuudessa toimintahäiriöihin kiinnitetyn huomion kanssa viljelijän epäilyksiä salaojien toimivuuteen siten, että usko suomalaisen salaojituksen korkeaan laatuun näytti alkavan horjua.

Tällaisessa tilanteessa käynnistettiin keväällä 1982 Helsingin yliopiston maatalousteknologian laitoksella materiaalivalmistajilta (Ojamuovi Oy ja Tiiliteollisuusliitto ry) saadun apurahan turvin salaojien toimintahäiriötutkimus. Vuosiksi 1983-1986 tutkimukseen on saatu rahoitus Maa- ja metsätalousministeriön yhteistutkimusmäärärahoista. Lisäksi Salaojakeskukselta on saatu sekä asiantuntija- että taloudellista apua.

Hankkeen alkuvaiheessa tutkimuksen toteuttajana toimi agr. Seppo Puputti ja syksystä 1983 alkaen agr. opisk. Markku Puustinen. Apunaan maastotutkimuksissa hänellä on ollut agr. yo. Risto Varis. Tutkimuksen on suunnitellut ja ohjannut vt. prof. Aarne Pehkonen. Tutkimusraportin on kirjoittanut agr. Markku Puustinen.

Tutkimuksen eri vaiheissa olemme saaneet merkittävää asiantuntija-apua useilta eri tahoilta mm. Maatalouden tutkimuskeskuksesta, Viljavuuspalvelusta, Tiiliteollisuusliitto ry:stä, Ojamuovi Oy:stä sekä Salaojakeskuksesta, josta erityisesti toim. joht. Jussi Saavalaisen ja Di Tuula Suortti-Suomisen asiantuntijaavulla on ollut ratkaiseva merkitys. Tutkimustilojen viljelijät suhtautuivat tutkimukseen erittäin myönteisesti vaikuttaen siten myös tutkimuksen onnistumiseen.

Tutkimuksen valmistuttua haluamme esittää parhaat kiitokset kaikille siihen osallistuneille. Tutkimus ei pyri luonteestaan johtuen olemaan täydellinen selvitys salaojien toimintahäiriöistä ja niiden syistä. Sen perusteella on kuitenkin mahdollista saada selkeää faktatietoa toimintahäiriökeskusteluun ja kehittää saatujen tulosten perusteella ojitusmenetelmiä siten että häiriöriskit vähenevät.

Helsingissä 25. 8. 1986

Aarne Pehkonen

Markku Puustinen

ABSTRACT

The malfunction of subsurface drainage is as old as the subsurface drainage itself. As the size of the machinery grows results of the malfunctioning have developed into serious problem especially during the last rainy summers. The exact amount of the drainage area with malfunctions is impossible to give because their appearance depends on the crop, on the cultivation method and also on the annual precipitation and it's seasonal distribution. Depending on the situation and on the way of counting the acreage with malfunctions will sum up to about 2.5-5 % of the acreage drained by plans. As the drainage problems reflect also outside the problem area the actual malfunction area itself is smaller, appr. half of the size of the area with drainage problems.

In the study made by the University of Helsinki, Department of Agricultural Engineering, the reasons of malfunctioning were accurately pinpointed in 92 fault report cases. Drainages with malfunctions have appr. 5 faults, in other words the drainage system is clearly so called "multihandicapped patient". According to the appearance the faults divide as follows:

malfunctioning fault in	%
setting process	23,7
materials	37,2
cultivation	16,6
soil type and topography	18,1
location of the field	4,4

In the study no dependence was found between the different cultivation methods and malfunctions in subsurface drainage. Instead the soil types and local conditions seem to have a clear influence on the sensitivity of the drainage to malfunction. Especially peat soils, extraordinary local topography and varying water level in local waterways have proved to be problematic.

As a whole Finland has especially high-standard subsurface drainage systems. Even in most malfunctioning cases the drainage itself as a technical system is completely in order. 49.3 % of the faults were the type that water couldn't get even close to the drain because of the compacted soil. Because of this the drainage malfunctions must be inspected in close connection to the local soil type and cultivation method.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	KESKEISIMMÄT KUIVATUSTARPEESEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	3
3.	SALAOJIEN TOIMINTA	8
3.1.	Veden liikkeet maaperässä	8
3.1.1.	Veden kulku salaojaan	11
3.1.2.	Veden virtaus salaojassa	13
4.	SALAOJITUSMATERIAALEISTA	14
5.	SALAOJIEN TOIMINNALLISET RISKIT	16
5.1.	Salaojien tukkeutuminen	17
5.2.	Tiivistyminen	19
5.3.	Muita riskitekijöitä	24
6.	SALAOJITUKSEN TARVE SUOMESSA	25
7.	TAVALLISIMMAT SALAOJIEN TOIMINTAHÄIRIÖT	28
7.1.	Toimintahäiriötutkimuksen suorittaminen	28
7.2.	Aineiston ja sen käsittely	30
7.3.	Tutkimustulokset	32
7.3.1.	Taustatietoja tutkituista tiloista	32
7.3.2.	Taustatietoja tutkituista ojastoista	33
7.3.3.	Salaojissa havaitut yksittäistet viat	35
7.3.3.1.	Ongelmien ilmeneminen	36
7.3.3.2.	Ongelmien syntyminen	41
7.3.3.3.	Ongelmien vaikutus salaojien toimintaan	47
7.3.4.	Ongelmien riippuvuus olosuhteista	51
7.3.4.1.	Salaojien ongelmat ja tila-olosuhteet	51
7.3.4.2.	Salaojien ongelmat ja pelto-olosuhteet	53

7.3.5.	Erityisongelmien esiintyminen eri maalajeilla	56
7.3.5.1.	Putkitukokset	56
7.3.5.2.	Tiivistyminen	58
7.3.6.	Salaojien tukkeumat putkimateriaaleittain	59
7.4.	Tulosten tarkastelua	60
8.	TIIVISTELMÄ	65
KIRJALLISUUTTA		
LIITTEET		

1. JOHDANTO

Salaojitustoiminta alkoi Suomessa jo 1850-luvun alussa. Vuosisadan vaihteen jälkeen maassamme salaojitettiin edelleen vähän. Systemaattinen suunnittelu ja valvottu salaojitus alkoi v. 1918 Suomen salaojitusyhdistyksen perustamisen myötä. Salaojitusmäärät jäivät kuitenkin Salaojitusyhdistyksen toiminnan alkuvuosinakin vähäisiksi. Vuosittainen salaojituspinta-ala oli v. 1920 noin 100 ha ja se kasvoi vuoteen 1932 mennessä noin 2000 ha:iin (ANON. 1983b).

Ensimmäinen salaojituskone tuotiin maahan jo 1920-luvulla. Suurin osa salaojituksista tehtiin kuitenkin lapiokaivuna 1950-luvulle saakka. Ensimmäiset tuontikoneet olivat pääasiassa raskaita, telaketjuilla varustettuja kaivupyöräkoneita. Keveiden, tavallisiin maataloustraktoreihin sovitettavien salaojituskoneiden valmistus alkoi maassamme 1950-luvun lopulla. Tämän jälkeen salaojitusmäärät kasvoivat nopeasti. Kun 50-luvun lopulla vuosittaiset salaojituspinta-alat vaihtelivat 10 000 - 15 000 ha:n välillä, ojitusmäärät kasvoivat v. -63 mennessä noin 30 000 ha:iin / v (ANON. 1983b). Ojitusmäärät ovatkin pysyneet tämän tason yläpuolella säännöllisesti muutamaa poikkeuksellista vuotsta lukuunottamatta.

Vuoden -85 loppuun mennessä Suomessa oli salaojitettu peltoa yhteensä n. 1 milj. ha (ANON. 1986a). Arvioitu salaojitustarve on vielä n. 1,2 milj. ha (ANON. 1980b).

Samaan aikaan, kun salaojitetun peltoalan määrä on lisääntynyt, peltojen viljelytavat ovat muuttuneet. Viljelymenetelmät ovat tehokkaampia ja koneiden painot ovat kasvaneet. Viime vuosien aikana salaojituksen painopiste on siirtynyt Etelä- ja Lounais-Suomesta Keski- ja Itä-Suomen riskialttiimpiin olosuhteisiin. Nämä edellämainitut seikat ovat vaikuttaneet siten, että salaojien toimintahäiriöitä on alkanut esiintyä tiloilla enemmän ja keskustelua salaojien toimintahäiriöistä on tämän seurauksena käyty entistä vilkkaammin. KESOn (1951, s. 168) mukaan jo 40-luvulla on esiintynyt tietyn tyyppisiä kuivatusongelmia salaojitetuilla pelloilla. Salaojien toimintahäiriöiden yleisyyttä Suomessa ei ole kuitenkaan luotettavasti selvitetty. Yleisesti

on otaksuttu, että kuivatusongelmien määrä vaihtelee salaojite-
tuilla pelloilla kuivien ja sateisten kesien vaihtelun mukaan.
Toisaalta salaojien toimintahäiriöiden toteaminen ja yksilöimi-
nen ei ole helppoa jo vuodenaikojen aiheuttaman vaihtelun vuok-
si.

Salaojakeskus ry:n vikatarkastuskertomuksien mukaan v. -81 tar-
kastettu pinta-ala oli 824 ha, josta varsinaista ongelma-aluetta
oli 411 ha. Vuonna -82 tarkastettu pinta-ala oli vastaavasti 817
ha ja tästä oli ongelmallista aluetta 354 ha. Vuosittainen
salaojituspinta-ala oli 70-luvulla ja 80-luvun alussa keskimää-
rin 33 000 ha. Jos vuosien -81 ja -82 vikatarkastuksien mukaiset
pinta-alat oletetaan vuosittaisiksi vakioiksi, niin tämän mukaan
ongelmallisten peltolohkojen pinta-ala on 2,5 % ja varsinaisen
häiriöalueen pinta-ala 1,1-1,2 % vuosittaisesta salaojitetusta
pinta-alasta.

Salaojakeskus r.y. on tehnyt jo kauan vikatarkastuksia suunnit-
telemillaan salaojituksilla tarpeen mukaan. Teknillisessä kor-
keakoulussa on tehty tutkimuksia mm. salaojaputkien vedenjohto-
kyvystä ja maan tiivistymisestä. Laajempia selvityksiä kenttä-
olosuhteissa ei kuitenkaan ole tehty 50-luvun lopun jälkeen ja
ojitusolosuhteet ovat muuttuneet noista ajoista. Tämän vuoksi
kenttätutkimuksen tarve on kasvanut. Poikkeuksellisen satei-
sen kesän -81 jälkeen alettiin perusteellisemmin pohtia sala-
ojien toimintahäiriöiden syitä. Tämän keskustelun seurauksena
Helsingin yliopiston maatalousteknologian laitoksella käynnis-
tettiin yhteistyössä Salaojakeskus ry:n, Ojamuovi oy:n ja Tiili-
teollisuusliitto ry:n kanssa salaojien toimintahäiriötutkimus.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää toimimattomien tai
vajaatoimintaisten ojastojen määrä ja toimintahäiriöiden ai-
heuttajat. Lisäksi tavoitteena oli selvittää salaojituksen
työvaiheet ja salaojien rakenteelliset osat, jotka vaativat
ojitushankkeen toimivuuden kannalta entistä suurempaa huomiota
sekä selvittää yksityiskohtaisemmat tutkimustarpeet salaojien
toimintahäiriöiden minimoimiseksi.

2. KESKEISIMMÄT KUIVATUSTARPEESEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Ilmastolla on suuri merkitys peltojen kuivatustarpeeseen. Koska sääolot vaihtelevat melkoisesti Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä, joudutaan paikalliset ilmasto-olot ottamaan huomioon kuivatustarvetta määritettäessä. Merkittävimmät kuivatustarpeeseen vaikuttavat ilmastotekijät ovat vuotuinen sademäärä eli sadanta, lumen syvyys ja vesi-arvo, sekä haihdunta. (HUIKARI ym. 1963, ss. 11-16.)

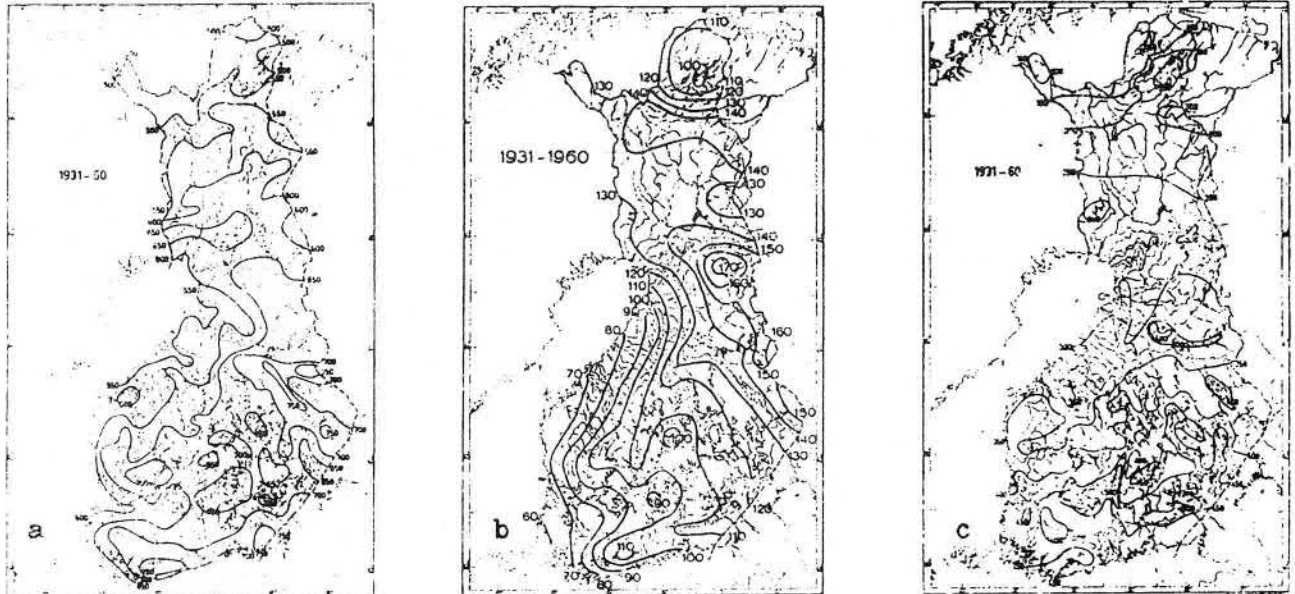
Sademäärä mitataan vetenä ja ilmoitetaan millimetreinä. Salaojituksessa mitoitusperusteena käytettävä yksikkö l/s·ha voidaan muuttaa yksiköksi mm/vrk, jolloin 1 l/s·ha vastaa sademäärää 8,64 mm/vrk (ELOMAA 1981, s. 22). Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että jos ojasto on mitoitettu 1 l/s·ha mukaan, salaojien vedenjohtokyky riittää kuljettamaan jatkuvan, tasaisen 8,64 mm:n vuorokausisateen. Kokonaan toinen kysymys on se, ehtiikö tämä vesimäärä imeytyä maahan ja virrata salaojiin sateen tahdissa.

Koko vuoden sademäärä vaihtelee Etelä-Suomen 700 mm:stä Pohjois-Suomen 400-500 mm:iin (kuvio 1a). Yleensä runsaimmat sateet ajoittuvat heinä-elokuulle. Samoin rankkasateita, jolloin vuorokauden sademäärä on yli 10 mm, esiintyy useimmiten kesällä (KOLKKI 1969, s. 36).

Lumen vesi-arvon nopea väheneminen keväällä vastaa hydrologisessa mielessä karkeasti rankkaa vesisadetta. Pienentävästi lumen vesi-arvon vähenemiseen vaikuttavat alueellinen mäkisyys ja maastotyyppijakauman monipuolisuus. (MUSTONEN 1973, s. 18.) Lumen vesi-arvot maaliskuun puolivälissä vaihtelevat Etelä-Suomen ja Pohjanmaan 80-85 mm:stä Kainuun ja Pohjois-Suomen 140-150 mm:iin (kuvio 1b).

Haihdunta on suurimmillaan, kun maan kosteus on lähellä kenttäkapasiteetin edellyttämää kosteutta. Kokonaishaihdunta vuodessa vaihtelee Etelä-Suomen 400-450 mm:stä Pohjois-Suomen 100-200 mm:iin (kuvio 1c). Vuotuisesta sadannasta poistuu haihtumalla maan eteläosissa 50-60 % ja maan pohjoisosissa 10-20 %. Haihdunta kasvaa voimakkaasti touko-heinäkuussa sadannan kasvaessa.

Syksyllä sen sijaan haihdunta ei enää kasva sadannan kasvaessa, koska ilmastollinen haihduttamiskyky tulee rajoittavaksi tekijäksi. (MUSTONEN 1973, ss. 20-29.)



Kuvio 1. Keskimääräisiä ilmastollisia vuosiarvoja kaudella 1931-1960. a) Vuosisadanta mm b) Lumen vesi-arvo mm c) Vuosihaihdunta mm. (SOLANTIE ja HELIMÄKI ref. MUSTONEN 1973, ss. 14, 29, 48.)

Vaikka haihdunta on suurimman osan kasvukaudesta pellon vesitalouteen eniten vaikuttavana tekijänä, määräävät kasvukauden alku- ja loppupään sääolosuhteet pellon kuivatustarpeen. Keväisin lumien sulamisen aikaan 30-40 mm:n vesisateet kärjistävät tulvatilannetta ja elokuussa alkaa peltojen kantavuus heikentyä. (PÄLIKKÖ 1981.)

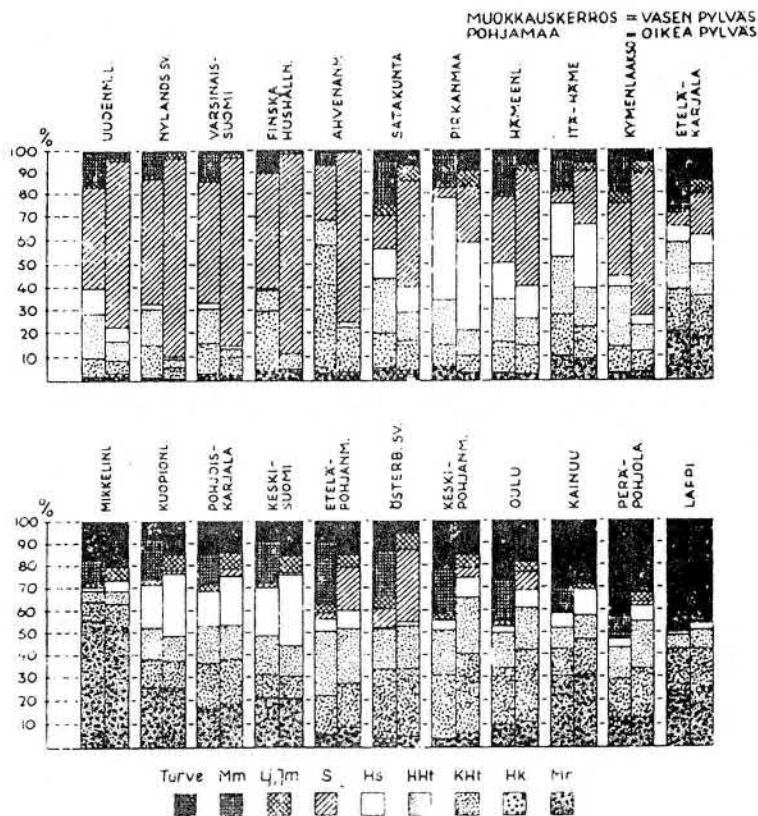
Maalajeilla on keskeinen merkitys pellon käyttöarvoon. Peruskuivatuksessa ja salaojituksessa eri maalajit vaikuttavat suunnittelu- ja mitoitusperusteisiin. Tärkeimmät kuivatukseen vaikuttavat ominaisuudet ovat maalajien tiiviys ja kantavuusominaisuudet. Lisäksi salaojituksen toteutukseen vaikuttavia maalajien ominaisuuksia ovat kivisyys, liekoisuus ja maalajien kaivettavuus. Välittömämmin salaojien toimintaan vaikuttavia maalajien ominaisuuksia ovat mm. liettymisalttius ja tiivistymisalttius.

Suomessa peltojen maalajit vaihtelevat huomattavasti maan eri osien välillä. Yleisimmät peltojen maalajit ovat hietamaita (KURKI 1972, s. 26), joita esiintyy yleisesti koko Suomen alueella (kuvio 2). Varsinais-Suomessa ja Uudellamaalla vallitsevimpana maalajina on savi, joita on n. 60 % ko. alueiden peltopinta-alasta. Kymenlaaksossa, Satakunnassa ja Etelä-pohjanmaalla on savimaalajeja n. 20-25 % peltoalasta. Muualla Suomessa savi-maalajeja esiintyy vain vähän ja Lapissa ei juuri enää ollenkaan. Hiesumaita esiintyy runsaimmin Pirkanmaalla, jossa sitä on lähes 40 % peltoalasta pohjamaan maalajina (kuvio 2). Hiesuja esiintyy merkittävästi myös Hämeessä, Keski-Suomessa, Savossa ja Pohjois-Karjalassaa.

Suomen maaperän yleisin maalajiryhmä on moreeni (KURKI 1972, s. 22). Sen käyttöarvo peltomaana riippuu voimakkaasti vallitsevasta maalajitteesta. Erityisen runsaasti moreenimaita esiintyy Mikkelin läänissä, jossa peltoalasta n. 50 % on moreenimaita (kuvio 2). Moreenimaita esiintyy yleisesti myös Pohjois-Karjalassa, Keski-Suomessa, Kainuussa ja Lapissa. Viljelyksessä olevat moreenimaat ovat pääasiassa hietamoreenia.

Eloperäisten maalajien osuus peltoalasta kasvaa voimakkaasti kun siirrytään etelästä pohjoiseen. Viljelyksessä olevat eloperäiset maalajit ovat pääosin multamaita ja turvemaita. Multamaiden osalta on kuitenkin otettava huomioon se, että vaikka ko. maalajia esiintyy yleisesti muokkauskerroksen maalajina, pohjamaan maalaji on yleensä jotain kivennäismaata (kuvio 2). KURJEN (1972, s. 39) mukaan viljelyksessä olevat turvemaat ovat pääasiassa saraturpeita. Rahkaturpeita sen sijaan on otettu vähän peltoviljelyyn.

HALOSEN ja JUUSELAN (1957, s. 156) mukaan koko maassa peltopinta-alasta on karkeita lajittuneita kivennäismaalajeja 46,6 %, savimaalajeja 30,6 % ja eloperäisiä maalajeja 22,8 %.



Kuvio 2. Maalajisuhteet eri alueilla (KURKI 1972, s. 38)

Pellon käyttötarkoituksien ja viljelymenetelmien edellyttävät lisäksi tietyn asteista kuivatusvarmuutta ja toisaalta vaikuttavat peltojen kuivatettavuuteen. Peltoalan käytössä nurmikasvien viljelyala on vähentynyt varsin paljon v:sta -60 v:een -82. Viljakasvien viljelyala samaan aikaan on pysynyt lähes samana. Nurmikasvien ja viljakasvien yhteinen viljelyala on n. 90 % viljelyksessä olevasta peltoalasta. öljykasvien ja sokerijuurikkaan viljelyalat ovat lisääntyneet tasaisesti. Näiden yhteinen viljelyala v. -82 oli n. 96 000 ha (taulukko 1). Perunan viljelyala on sitä vastoin vähentynyt.

Taulukko 1. Pellon käyttö (ANON. 1983a)

	v.1960		v.1970		v.1982	
	1000 ha	%	1000 ha	%	1000 ha	%
Nurmikasvit	1432	54,0	1174	45,6	926	39,8
Vilja yht.	1019	38,5	1198	46,5	1169	50,2
-vehnä	181	17,8	176	14,7	143	12,2
-ruis	111	10,9	66	5,5	16	1,3
-ohra	213	20,9	404	33,7	540	46,2
-kaura	490	48,0	524	43,7	459	39,3
-seosvilja	24	2,4	28	2,3	11	1,0
öljykasvit	3	0,1	7	0,3	64	2,8
Sokerijuurikas	15	0,5	15	0,6	32	1,4
Peruna	86	3,2	60	2,3	39	1,8
Muut	42	1,6	72	2,8	23	0,9
Kesanto	57	2,1	48	1,9	74	3,1
Viljelyala yht.	2654	100,0	2574	100,0	2327	100,0
Peltoala yht	2654		2667		2516	

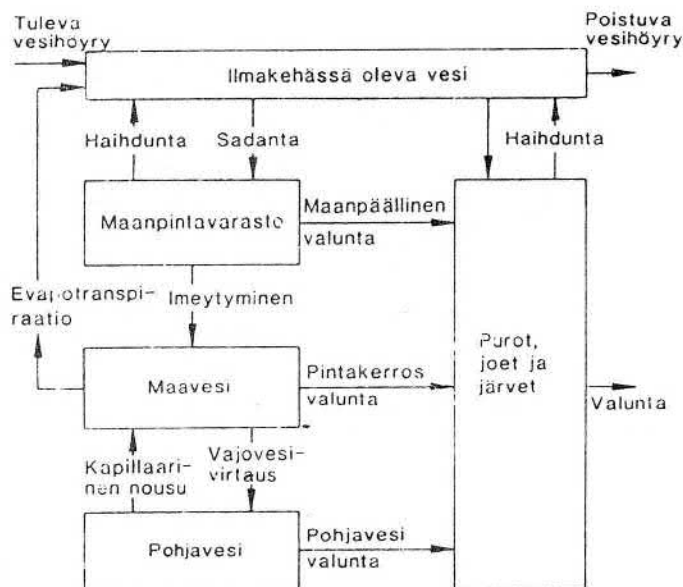
Vaikka joidenkin kasvien viljelyaloissa on tapahtunut huomattavakin muutoksia, merkittävämpää lienee viljelymenetelmien muuttuminen sekä koneiden tehokkuuden ja koon kasvaminen. Entisen pienimuotoisen ja monipuolisemman tuotannon ovat korvanneet erikoistuneet ja tehokkaammat tuotantomuodot.

Nykyaikaiselle, erikoistuneelle maatilalle on luonteenomaista yksipuolinen viljely, runsas väkilannoitteiden käyttö, tehokkaat ja painavat koneet sekä satoiset lajikkeet. Karjalanta on korvattu väkilannoitteilla. Satoiset lajikkeet vaativat taas pitemmän kasvuajan ja tämän vuoksi keväällä toukotyöt joudutaan aloittamaan entistä aikaisemmin. Em. seikoista johtuen viljelystä aiheutuvat maahan kohdistuvat vaikutukset eli maan stressi on kasvanut. (PEHKONEN 1983.)

3. SALAOJIEN TOIMINTA

3.1. Veden liikkeet maaperässä

Kun veden kiertokulkua ja valuntaa tarkastellaan salaojituksen näkökulmasta, niin tarkastelussa on otettava huomioon sekä veden kiertokulku koko valuma-alueella että veden liike ojitettavan peltolohkon maaperässä. Valuma-alueella veden kiertokulku on jatkuvaa ja monivaiheista (kuvio 3). Maanpäällinen valunta on suurinta keväisin ja rankkasateiden aikana, jolloin maanpinnalle tuleva vesimäärä ylittää moninkertaisesti maanpinnalta poistuvan vesimäärän eli imeytymisen ja haihdunnan. Tämän seurauksena vedet kerääntyvät pintavaluntana puroihin ym. uomiin ja salaojitetuilla pelloilla notkoihin ja painanteisiin. Veden imeytymisnopeus maahan riippuu maalajista ja sen rakenteesta. Kasvukauden aikana haihdunta vaikuttaa eniten maan vesitalouteen. Haihdunnan muotoja ovat evapotranspiraatio ja haihdunta, joista jälkimmäinen on kuitenkin vähäisempää.



Kuvio 3. Veden kierto valuma-alueella
(SAAVALAINEN 1983)

Maaperässä vesi liikkuu alaspäin gravitaation vaikutuksesta. Tätä veden liikettä hidastavat maalajin laijitekoosta riippuvat

kitkavoimat ja veden pidättymistä maahan aiheuttavat sitoutumisvoimat. Veden sitoutumislujuutta maaperään kuvaa veden energiatila eli vesipotentiaali. Tämä nk. vesipotentiaali on tietyssä gravitaatiokentän kohdassa olevan veden energiatila verrattuna samassa kohdassa olevan vapaan veden energiatilaan (ANON. 1982, s. 35). Tästä seuraa, että gravitaation vaikutuksesta maaperässä liikkuu vain se vesi, joka on sitoutunut maahan pienemmällä voimalla kuin mikä on gravitaatiovoiman suuruus.

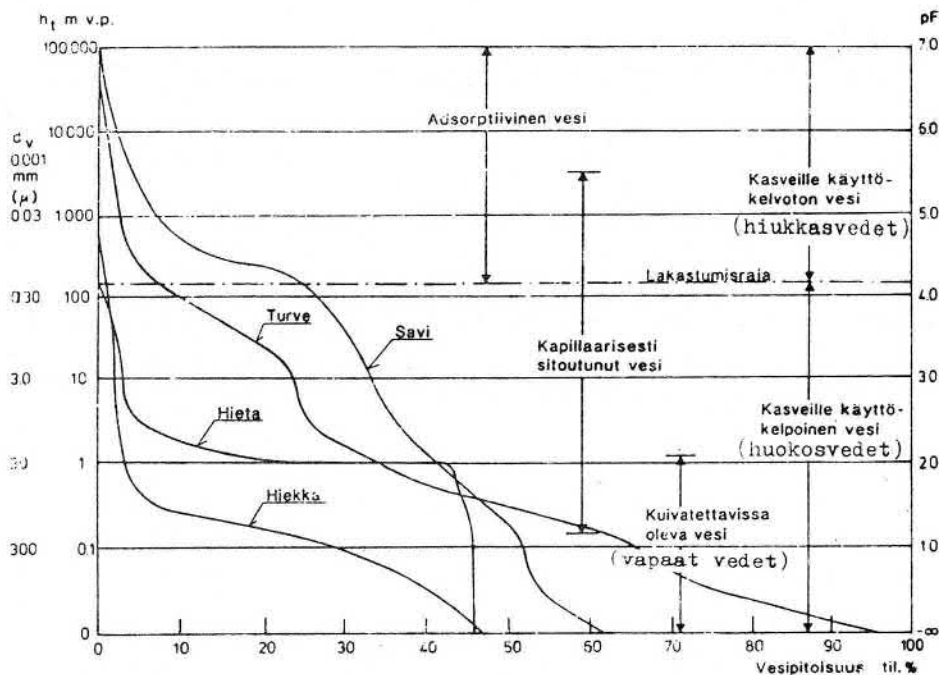
Maaperän rakenne koostuu primäärihuukosista ja sekundäärihuukosista. Primäärihuukokset ovat yksittäisten kivennäishiukkasten väliin jääviä huukosia. Sekundääri- eli rakennehuukokset ovat muodostuneet yksittäisistä kivennäishuukosista muodostuneiden pysyvien agrekaattien väliin. Maan rakenteen kannalta juuri sekundäärihuukokset ovat tärkeitä. Maan kokonaishuukoisuus on riippuvainen maalajin hiukkaskoosta. Maalajin hiukkaskoon pienentyessä kokonaishuukoisuus kasvaa, mutta huukosten läpimitta pienenee nopeasti. Huukokset jaetaan kokonsa perusteella seuraavasti (ANON. 1982, s. 29):

makrohuukokset l. ilmahuukokset	$\phi > 30 \text{ um}$
keskikokoiset l. vesihuukokset	$\phi 30-0,2 \text{ um}$
mikrohuukokset	$\phi < 0,2 \text{ um}$

Sadevedet imeytyvät maahan vain ilmahuukosten kautta. Vesihuukokset ovat kasvien veden saannille välttämättömiä, koska ilmahuukoksissa vesi ei pysy ja mikrohuukosiin varastoitunutta vettä kasvit eivät pysty käyttämään. (ANON. 1982, ss. 29-30.)

Maaperän vedet luokitellaan sitoutumisvoimien perusteella huukos- ja hiukkasvesiin. Hiukkasvedet ovat sitoutuneet maan hiukkasiin niin suurella voimalla, että ne eivät ole kasvien käytettävissä (kuvio 4). Huukosvedet jakaantuvat sitoutuneisiin ja vapaisiin vesiin. Kuivatuksella voidaan maaperästä poistaa ainoastaan vapaat vedet. Vapaata vettä maaperässä ovat ilmivedet, vajovedet ja pohjavesi. (HOOLI ym. 1979, ss. 52-53.) Maan ollessa kenttäkapasiteetissa alkaa valuvesi vajota pohjavesiin. Samoin sateiden jälkeen pintavedet alkavat vajota vasta sitten, kun maan ylin kerros on kenttäkapasiteetissa. (ANON. 1982, ss. 35-38.)

Veden pidätyskyky eri maalajeilla vaihtelee paljon, koska tämä on riippuvainen maan huokostilasta. Kuviossa 4 eräiden maalajien vedenpidätyskäyrät osoittavat, kuinka veden sitoutumisvoimat muuttuvat kosteustilan mukaan. Kasvin juuret pystyvät kehittämään imun, jonka suuruus on pF 4,2 eli 150 m v.p. (ANON. 1982, s. 36). Tätä sanotaan lakastumisrajaksi. Kuivatettavissa oleva vesi on sitoutunut maahan voimalla, jonka yläraja vastaa 1 m v.p. (pF 2).



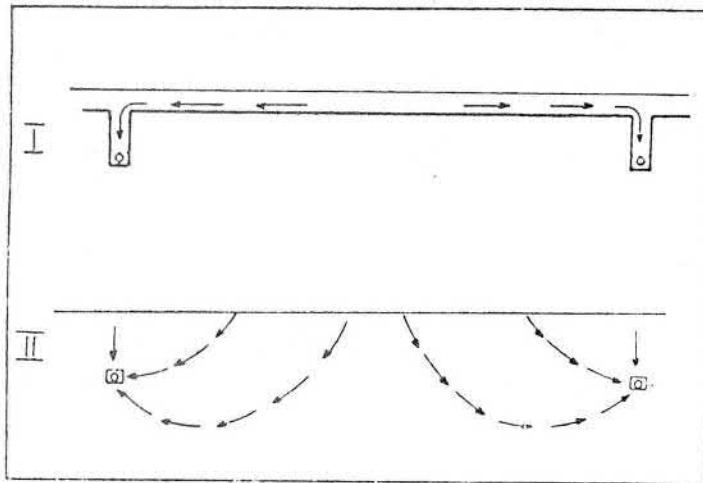
Kuvio 4. Eräiden maalajien vedenpidätyskäyriä
(ANDERSSON ja WIKLERT 1972, s. 69)

Kuvion 4 vedenpidätyskäyristä nähdään, että hiekalla ja hiedalla lakastumisrajan ja kuivatettavissa olevan veden välinen alue on hyvin kapea. Vettä varastoituu näillä maalajeilla vähän ja tästä syystä ne ovat herkästi poutivia maalajeja. Hietamaille ominainen veden kapillaarinen nousu kuitenkin pienentää hiedalla poudan arkuutta. Maatumaton turve sisältää vettä kyllästyneessä tilassa n. 95 %. Kuivatuksella vesipitoisuutta voidaan alentaa maatumattomalla turpeella n. 33 %:iin. Maatumattomilla turpeilla vedenpidätyskyky poikkeaa huomattavasti maatumattomien turpeiden vedenpidätyskykyä (kts. taulukko 3 s. 23).

Pohjaveden korkeus vaikuttaa kenttäkapasiteettiin huokosten heterogeenisuuden ja koon ohella. Mitä ylempänä pohjavesi on, sitä enemmän maahan sitoutuu vettä. Lämpötila vaikuttaa myös veden liikkeisiin huokosissa. Lämpötilan kohotessa veden viskositeetti alenee ja se kulkee nopeammin ja pienemmissä huukosissa. (ANON. 1982, ss. 36-37.)

3.1.1. Veden kulku salaojaan

Vesi virtaa pellon pintakerroksista salaojien läheisyyteen gravitaation vaikutuksesta. Lämpäisevillä mailla sadevedet valuvat suoraan pohjavesiin ja virtaavat pohjavesivaluntana salaojiin. Heikosti lämpäisevillä mailla pintavedet valuvat pääasiassa jankon pintaa myöten salaojien kohdalle ja valuvat löyhemmän salaojakaivannon kautta salaojiin (kuvio 5).

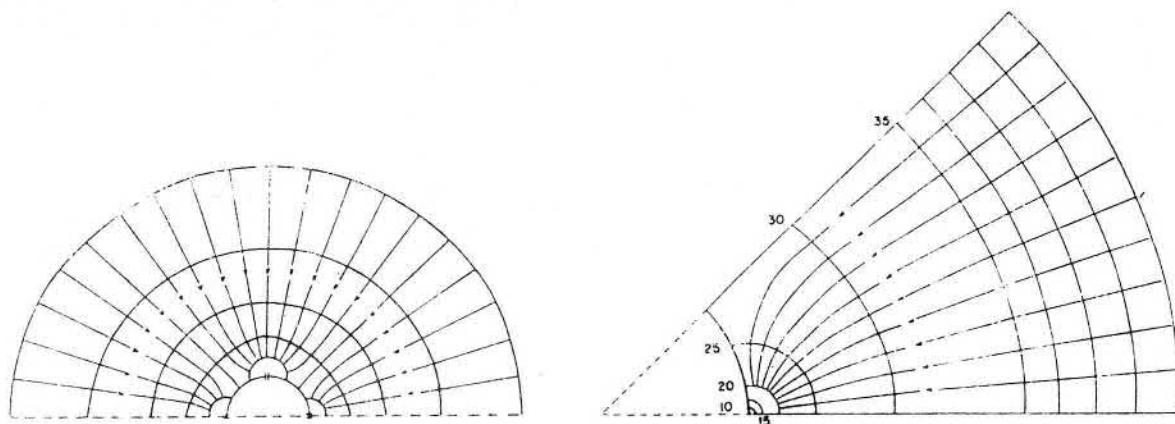


Kuvio 5. Veden kulku salaojaan tiiviillä ja lämpäisevällä maalla (SAAVALAINEN 1982, s. 32)

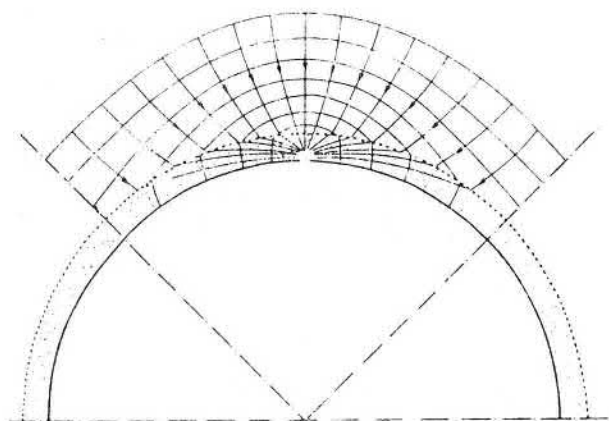
Käytännössä veden virtaus ei kuitenkaan tapahdu kaavamaisesti edellä esitetyn mukaan. Löyhät maat ovat harvoin homogeenisia. Maaprofiili ja maakerroksen tiiviysaste tavallisesti vaihtelee, jolloin kuvion 5 virtausviivat muodostuvat epäsäännöllisiksi. Myös tiiviillä mailla vettä valuu suoraan pohjavesiin riippuen siitä kuinka paljon maassa on yhtenäisiä makrohuukosia.

Salaojien läheisyydessä vesi virtaa pienemmän paineen suuntaan eli salaojaan. Salaojan sisääntulovastus vastustaa virtausta. Tämä johtuu siitä, että veden virtausviivat kaartuvat voimakkaasti saumarakojen tai reikien suuntaan (kuvio 6). Virtausvastuksen suuruuteen vaikuttaa maan hydraulinen johtavuus ja sisääntuloaukkojen ala putken pituusyksikköä kohden. (HOOLI 1979.)

Suodattimen käyttö salaojaputkien ympärillä aiheuttaa virtausviivojen taipuman loivenemisen (kuvio 7). Maalajista riippuen suodattimen vedenjohtavuus on 10-100 kertaa suurempi kuin ympäröivän maan (HOOLI 1979). Tiili ja muoviputkilla sisääntulovastus pienenee käytännöllisesti katsoen nolllaksi, kun putken ympärillä käytetään ympäröysainetta.



Kuvio 6. Veden virtaus muoviputkeen (WIDMOSER, ref. EGGELSMAN 1981, s. 101)



Kuvio 7. Suodattimen vaikutus veden virtaukseen (WIDMOSER, ref. EGGELSMANN 1981, s. 101)

Muoviputkilla vedenottokyky on suuremman reikäpinta-alan vuoksi suurempi kuin tiiliputkilla. Muoviputkien vedenottokyky on pienemmällä putkilla n. nelinkertainen ja suurilla putkilla n. kaksinkertainen saman kokoisiin tiiliputkiin nähden. Laboratorio-olosuhteissa tehtyjen kokeiden mukaan (SUORTTI 1978) 50 mm:n tiiliputkilla vedenottokyky on 0,06 l/cm ja 40 mm:n muoviputkella vedenottokyky on 0,29 l/cm.

3.1.2. Veden virtaus salaojassa

Erilaiset esteet ja epätasaisuudet putkien seinämissä vastustavat veden virtausta salaojissa. Kitkan aiheuttaman häviön suuruus riippuu mm. putken pinnan laadusta, putken muodosta, putken koosta, veden virtausnopeudesta ja putken pituudesta. Tiiliputkisalaojissa häviöt johtuvat pääasiassa putkisaumoista ja putkien asennuksessa syntyvistä portaista peräkkäisten putkien välille. Muoviputkilla virtaushäviöt aiheutuvat korrugoinnin aiheuttamasta kitkasta. Virtaushäviöitä aiheutuu paikallisesti myös asennusvirheistä eli putkistojen vaaka- ja pystytason mutkista. (SAAVALAINEN 1983, s. 61.)

Tiiliputkien vedenjohtokyky on laboratorio-olosuhteissa todettu n. puolitoistakertaiseksi saman kokoisiin korrugoituihin muoviputkiin nähden. SUORTTIn (1978) mukaan tiiliputken vedenjohtokyky 1 %:n kaltevuudella 0,67 l/s sekä 5 %:n kaltevuudella 1,8 l/s ja muoviputkella vastaavasti 1 %:n kaltevuudella 0,45 l/s ja 5 %:n kaltevuudella 1,0 l/s. Molempien putkien mittaukset on tehty vedessä 30 cm:n syvyydellä. Tiiliputkien vedenjohtokyky sisältää laboratorio-olosuhteissa 25 %:n varmuuden Keson nomogrammiin nähden. Halkaisijaltaan saman kokoisten muoviputkien vedenjohtokyky ei sisällä samanlaista varmuutta, vaan vedenjohtokyky on lähes sama kuin Keson nomogrammin arvot. Em. tulosten mukaan vedenottokyky ei muodostu rajoittavaksi tekijäksi, vaan pikemminkin putken vedenjohtokyky määrää salaojan tehokkuuden, elleivät muut tekijät ole rajoittavana tekijänä. (HOOLI 1979.) Nykyään muoviputket vastaavat vedenjohtokyvyltään täysin tiiliputkia ns. nimellismitoituksen johdosta (muoviputkien kokoa on suurennettu siten, että vedenjohtokyky vastaa tiiliputkien vedenjohtokykyä).

Edellä esitetyt tulokset on kuitenkin saatu laboratorio -olosuhteissa, eivätkä ne vastaa käytännön olosuhteita.

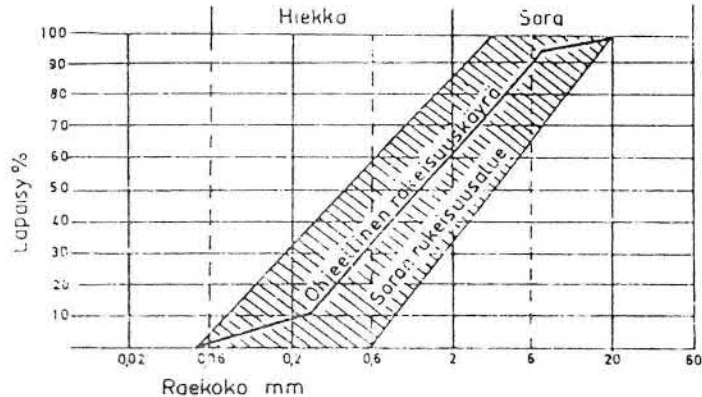
4. SALAOJITUSMATERIAALEISTA

Nykyisin käytössä olevat putkimateriaalit ovat tiiliputkia ja korrugoituja muoviputkia. Lautaputkien käyttö loppui käytännöllisesti katsoen kokonaan 70-luvun alussa. Muoviputkien valmistus aloitettiin Suomessa v. -63, jolloin sen käyttö ojituksissa myös varsinaisesti alkoi. Tiiliputkea Suomessa on käytetty ojitusmateriaalina salaojituksen alkupäivistä lähtien.

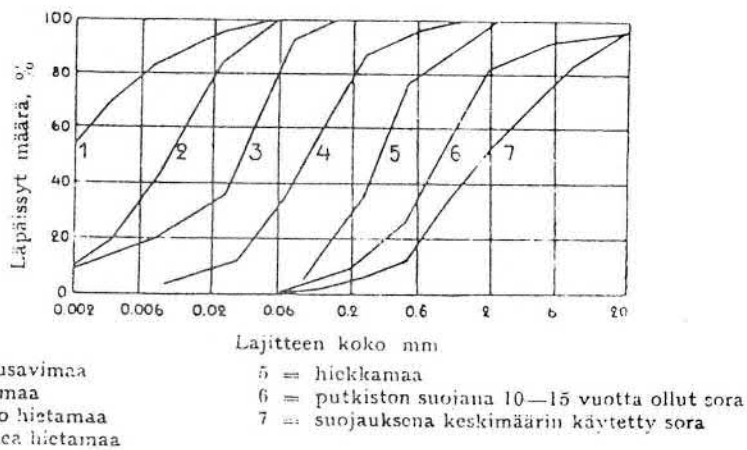
Suodatinaineena meillä on käytetty lähes yksinomaan soraa. JUUSELAN (1958, s. 44) mukaan suodatinsoran tulee täyttää ns. yleisen suodatinperiaatteen mukaiset vaatimukset. Tämän periaatteen mukaan suodattimen lajitteiden koko d15 (raekoko lajitekäyrän 15%:n kohdalta) täytyy olla vähintään neljä kertaa niin suuri kuin ympäröivän maan lajitteiden koko d15. Tällöin suodattimen vedenläpäisykyky on riittävä. Toisaalta suodattimen d15 saa olla korkeintaan kolme kertaa niin suuri kuin ympäröivän maan lajitekoko d85 (raekoko lajitekäyrän 85 %:n kohdalla), jotta suodatinkerros pystyisi suodattamaan ympäröivästä maasta irtautuneet hiukkaset virtaavasta vedestä. Käytännössä suodatinsoralta on edellytetty kuvion 8 mukaista lajitekoostumusta. Kuviossa 9 on vertailun vuoksi esitetty joidenkin tavallisten maalajien lajitekäyrät.

Käyttöön hyväksytyn suodatinsoran lajitekäyrän täytyy mahtua kuvion 8 lajitekäyrällä tummennetulle alueelle, eikä se saa leikata ohjeellisen rakeisuuskäyrän suoraa osaa. Kaikissa käytännön olosuhteissa tällainen suodatinsora ei kuitenkaan voi täyttää yleisen suodatinperiaatteen mukaisia rakeisuusvaatimuksia, koska kuivatustarpeessa olevien kivennäismaiden lajitekoostumus vaihtelee paljon (savekset > 0,002 mm - hietamaat 0,02-0,2 mm). Savimailla maan mururakenne on kuitenkin hyvin stabiili ja liettyminen jää yleensä vähäiseksi. Liettymisongelmia sitä vastoin saattaa aiheutua riittämättömän suodatuskyvyn vuoksi puhtailla hiesumailla ja hyvin hiesupitoisilla mailla esim. hs HHT:lla. Tämä voidaan havaita vertaamalla kuvion 8

suodatinsoran ohjeellista rakeisuuskäyrää ja kuvion 9 maalajien rakeisuuskäyriä. Parhaiten ohjeellisuuskäyrän mukainen suodatinsora täyttää yleisen suodatinperiaatteen mukaiset vaatimukset karkeammilla kivennäismailla, lähinnä hietamailla. (JUUSELA 1958, s. 46.)



Kuvio 8. Suodatinsoran ohjeellisuuskäyrä
(SAAVALAINEN 1981, s. 40)



Kuvio 9. Eräiden tavallisten maalajien lajitekoostumus
(JUUSELA 1958, s. 46)

Muita vaihtoehtoisia suodatinaineita ovat mm. sahajauho, hake, kivihiilikuonasora, lasivilla, kivivilla, turve ja kookoskuitu. Näistä on käytetty turvetta eniten, lähinnä lautaputkisalaojien suojusaineena sekä sahajauhoa ja kivihiilikuonasoraa. Kookoskuidun käyttö on lisääntynyt viime vuosina merkittävästi.

Suodatinaineilta edellytetään yleensä hyvää vedenläpäisykykyä, kestäväää ja tehokasta suodatusvaikutusta ja vähäistä huokosten tukkeutumistaipumusta. Näihin ominaisuuksiin vaikuttavat eniten rakeisilla suodatinaineilla rakeisuus ja kuituisilla suodatinaineilla materiaalin huokoisuus ja tasalaatuisuus.

5. SALAOJIEN TOIMINNALLISET RISKIT

Syitä salaojituksen epäonnistumiseen tai salaojien puutteelliseen toimintaan on useita. Salaojituksen suunnitteluvaiheessa, toteutusvaiheessa ja salaojien hoidossa voidaan tehdä laiminlyöntejä tai virheratkaisuja, jolloin salaojien toiminta ei ole riittävän tehokasta. Lisäksi putkien rikkoutumiset, maaperän lietteet, ruostesaostumat, kasvien juuret, tuorerehun puristeneet, valtaojien heikko kunto ja paineellinen pohjavesi aiheuttavat salaojien toimintahäiriöitä. (KESO 1951, ss. 288-296.)

Salaojakeskus ry:n vikatarkastusraporteista lasketun yhteenvedon mukaan yleisimmät ongelmat olivat vuosina -81 ja -82 pintavesihaitat ja ruosteen aiheuttamat ongelmat (taulukko 2). Näiden osuus kaikista ongelmista tai niiden aiheuttajista oli 45,9 %. Yksilöidyistä ongelmien aiheuttajista seuraavaksi yleisimmät syyt olivat suunnitteluvirhe, työvirhe ja jälkihoitovirhe. Näiden osuus kaikista ongelmien aiheuttajista oli 29,4 %. Ryhmän muu, johon sisältyy mm. tulva, pieni kuivavara, lähteiköt ja turpeen painuminen, osuus kaikista ongelman aiheuttajista oli 11,5 %. Molempien vuosien vikatarkastusraporttien yhteenvedot olivat keskenään käytännöllisesti katsoen samanlaisia ongelmien suhteellisten osuuksien osalta.

Tiiliputkiojastoissa suunnitteluvirheiden osuus oli molempina vuosina selvästi suurempi kuin muoviputkiojastoissa. Vastaavasti työvirheitä ja pintavesihaittoja oli muoviputkiojastoissa suhteellisesti enemmän kuin tiiliputkiojastoissa. Ruoste oli molemmissa putkimateriaaleissa yhtä yleinen ongelman aiheuttaja. Samoin muut ongelman aiheuttajat olivat yhtä yleisiä sekä tiili-putkiojastoissa että muoviputkiojastoissa.

Taulukko 2. Salaojakeskus ry:n vikatarkastukset v. 1981 - 82

Toimintahäiriö	Muovip.		Tiilip.		Muu		yht	
	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	<u>7,0</u>	58	<u>12,3</u>	21	11,7	99	10,6
Työvirhe	35	<u>12,3</u>	37	<u>7,9</u>	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 salaoja	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
Yht	284	100 %	471	100 %	179	100 %	934	100 %
Vikatarkastuksia	135	28,9	255	54,5	78	16,6	468	100 %
eli tilakäyntejä kpl	keskimäärin 2,0 vikaa / tila							
Tarkastettu p-ala	445 ha		887 ha		309 ha		1641 ha	
Ongelma-aluetta ha	201 ha		408 ha		156 ha		765 ha	

Vikatarkastuksia Salaojakeskus ry teki v. 1981 - 82 yhteensä 468 kpl. Ongelmia tai ongelman aiheuttajia oli taulukon 2 mukaan keskimäärin 2 kpl ongelmallista ojastoa kohden.

5.1. Salaojien tukkeutuminen

Yksi yleisimmistä salaojien toimintahäiriöitä aiheuttavista tekijöistä on pohjaveden tai maaperän rautapitoisuus. Rautasaostumia esiintyy yleisesti soissa ja karkeajakoisissa hieta- ja hiekkakerroksissa. Ruostesaostuma eli rautaokra on kemialliselta koostumukseltaan pääasiassa $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Saostuma sisältää myös mm. Al-, Mn- ja Ca-yhdisteitä. Pohjaveteen liuenneet kahdenarvoiset rautayhdisteet hapettuvat ilman hapen vaikutuksesta

kolmenarvoisiksi raudan kompleksiyhdisteiksi, jotka eivät enää liukene veteen vaan laskeutuvat hyytelömäisenä sakkana esim. salaojaputkien pohjalle. Ruostesakkaa syntyy myös hapettomissa olosuhteissa rautabakteerien vaikutuksesta. (LAPPALAINEN 1981, ss. 65-66.) Pohjaveteen liukeneva Fe^{++} -rautaa voi esiintyä paikallisesti kuivatettavan peltoalueen maaperässä pohjaveden pinnan alapuolella tai sitä voi kulkeutua pohjaveden mukana pellon ulkopuolelta. Muodostuvan ruostesakan määrä riippu pohjaveden pH-arvosta ja siihen liuenneen Fe^{++} :n määrästä (KUNTZE ja EGELSMANN 1974)

Pohjaveden Fe^{++} -konsentraation merkityksestä ja rautasaostumien syntyntavoista eri tutkijat eivät kuitenkaan ole päässeet aivan yhdenmukaisiin tuloksiin. Tämä johtunee siitä, että erilaisissa olosuhteissa ruostesakkaumien muodostumistapa vaihtelee. PELTOMAA (1981, ss. 54 - 55) mukaan eräät tutkijat ovat havainneet rautabakteerien aiheuttavan jopa yli 80 % saostumista. Samoin ruostesakkaumien koostumus on vaihdellut paljon. Rautapitoisuus on vaihdellut oksidiksi muutettuna 3 %:sta 60 %:iin ja orgaanisen aineen määrä sakan kuiva-aineesta on usein ollut yli 50 %. Suomen olosuhteissa tärkeimmät rautasaostumien syntyyn vaikuttavat tekijät ovat em. veden Fe^{++} -pitoisuuden ja maan pH-tilanteen lisäksi maan happitilanne. Rautapitoisuuden ja saostumavaaran yhteydestä on tultu seuraavaan tulokseen (PELTOMAA 1983):

rautapitoisuus	vaikutus
< 5 mg/l	ruostevara lievä
5-15 mg/l	selvä sakan muodostus, ei suurta haittaa 5 v:ssa
> 15 mg/l	sakkautuminen merkittävää

Löyhissä hietamaissa sakkaumat ovat syntyneet lähes yksinomaan hapettumalla. Mangaanin saostuminen on ensisijaisesti biologista ja raudan saostuminen sekä kemiallista että osittain myös biologista. (PELTOMAA 1983.)

Yleensä suurin ruosteen aiheuttama ongelma salaojissa on veden virtausta estävät tukkeumat. Ruoste voi sakkautua myös salaojaputkien saumoihin ja reikiin sekä suodattimeen, jolloin veden

virtaus salaojaan vaikeutuu. (TRAFFORD, ym. 1972.) PELTOMAA (1983) mukaan ruostesakkaumat kerääntyvät tiiliputkissa putkien pohjalle ja muoviputkissa ympäriinsä putkien sisäpinnoille.

Ruostehaittojen torjumisessa tehokkaimmaksi keinoksi on käytännössä havaittu vedenalaiset ojitukset. PELTOMAA (1983) mukaan karkeilla, läpäisevillä kivennäismailla vedenalaisen ojituksen tekeminen on kuitenkin kyseenalaista, koska pohjaveden korkeutta ei pystytä pitämään kuivana aikana ojaston yläpuolella.

Lietetukkeumia syntyy salaojaan, kun suodattimen läpi veden mukana kulkeutuva hienojakoinen maa-aines sedimentoituu putken pohjalle. Tätä tapahtuu silloin, kun lietteen määrä vedessä on suuri ja veden virtausnopeus on samanaikaisesti pieni. PÄLIKÖN (1969, s. 42-43) mukaan putken pohjalle sedimentoituneen lietteen uudelleen irtautumiseen tarvitaan sitä suurempi veden virtausnopeus, mitä pienemmästä lietteen raekoosta on kysymys. Toisaalta, mitä hienojakoisempaa liete on, sitä pienemmän veden nopeuden täytyy olla, että sedimentoitumista alkaa tapahtua. Kokeiden perusteella nopeudeksi, jossa salaojaan tullut liete kulkeutuu veden mukana pois, on saatu 0,4 m/s.

KESON (1951, ss. 165,291) mukaan suurin salaojien liettymisriski on hiesu- ja hietasavilla sekä puhtailla hiesu-, hieta- ja hiekkailla. SuodatinSORAN laadulla ja määrällä on MÄENPÄÄN ja PERÄLÄN (1974, s. 111) mukaan keskeinen merkitys lietetukkeumien syntymiseen. Mitä karkeampaa ja mitä vähemmän soraa on käytetty, sitä suurempi on myös liettymisriski. Lähteisyys ja pohjaveti-
syys lisäävät huomattavasti liettymisvaaraa, jolloin lietteet
tunkeutuvat salaojaan alakautta. Suodatinaineen käyttö myös putken alapuolella vähentäisi tällöin liettymisriskiä. Perinteisesti soraa on käytetty vain salaojan päällä.

5.2. Tiivistyminen

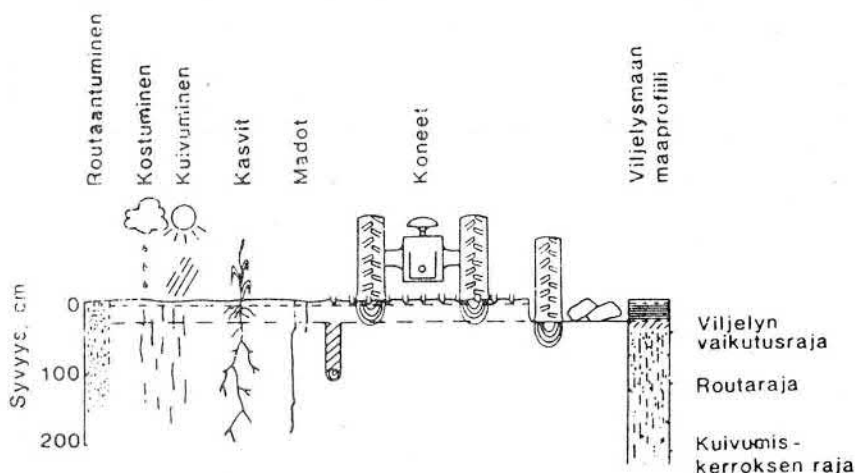
Maan tiivistymisherkkyys riippuu sen koheesio- ja kitkaominaisuuksista ja erityisesti vesipitoisuudesta. Herkimmin tiivistyvät sellaiset maalajit, joilla on kosteassa tilassa pieni koheesio ja pieni sisäinen kitka (hs-maat). Puhtailla koheesio-

mailla (savet) tiivistymistä ilmenee pitkäaikaisen kosteuden ja toistuvan kuormituksen alaisena. (HÄKANSSON 1966, s. 162.) Myös kitkamaat (karkeat kiv. maat) voivat tiivistyä märkänä voimakkaan kuormituksen alaisena. Hyvin kosteassa tilassa maahiukkaset ovat vesivaipan ympäröimiä, minkä vuoksi maan koheesio ja maan sisäinen kitka heikkenevät ja siten myös maan kantavuus heikkenee (SÖHNE 1952, ss. 53-55).

Koneiden maata tiivistävä vaikutus perustuu siihen, että maa-partikkelit joutuvat lähemmäksi toisiaan, jolloin maan rakenteelle tärkeät makrohuokokset painuvat umpeen. Seurauksena on tavallisesti kuivatuksen heikkeneminen. (VAKKILAINEN 1980, s. 24.)

Maan rakenteeseen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. koneet, sää, routaantuminen ja kasvien juuret (kuvio 10). Osa näistä tekijöistä vaurioittaa maan rakennetta ja osa palauttaa tai pitää maan rakennetta kunnossa.

Suurimmat huokostilavuuden muutokset tapahtuvat muokkauskerroksessa, koska rasitukset ja huokostilavuus ovat suuremmat kuin jankossa. Tiivistynyt muokkauskerros voidaan kuitenkin suhteellisen helposti palauttaa kuohkeampaan tilaan. Huoleellinen kyntö kuivissa olosuhteissa, routa ja hyvä kuivatus vaikuttavat edullisesti muokkauskerroksen huokostilaan. (ERIKSSON ym. 1974.)



Kuvio 10. Maan rakenteeseen vaikuttavia tekijöitä
(ERIKSSON ym. 1974, s. 11)

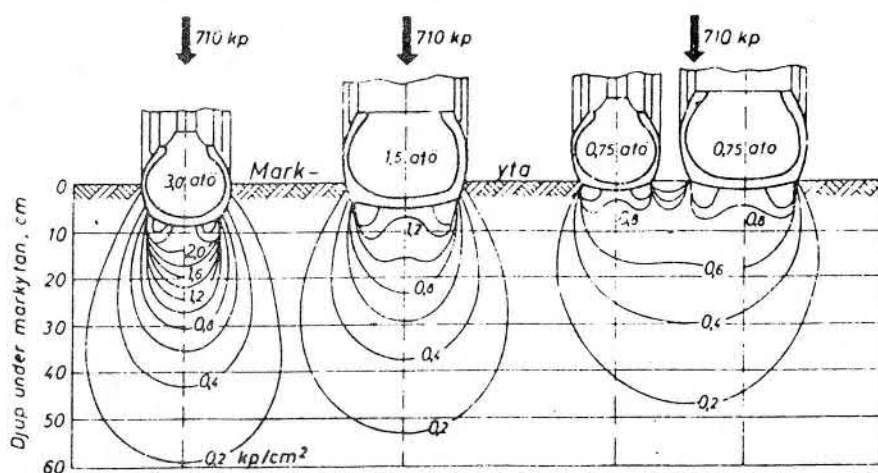
Jankon tiivistyminen aiheuttaa pitempiaikaiset haitat kuivatukselle kuin muokkauskerroksen tiivistyminen. Jankon tiivistymiseen vaikuttavat ennenkaikkea painavat koneet. Jos esim. perävaunun akselipaino ylittää 6 tn tai telipaino 8 tn, maa saattaa tiivistyä haitallisesti 50 cm:n syvyyteen saakka. (DANFORS 1977, ss. 11-24.) STARIKOVIN ym. (1982) mukaan akselipainoltaan 4 tn painavan traktorin tiivistymisvaikutus saattaa ulottua jopa 1 m:n syvyyteen hs- ja savimailla.

Tiiviillä mailla ojatiheydellä ja sorasilmäkkeiden määrällä on hyvin keskeinen merkitys kuivatuksen onnistumisessa. VAKKILAISEN (1980, s. 27) mukaan ojituksen syventämisellä aikaansaatava maan kuivumisen nopeutuminen ja maan tiivistymisalttiuden vähentyminen vaikuttavat vähäisiltä. SKINKIS'n (1982) mukaan syvällä salaojituksella (1,3-1,8 m) saadaan hs- ja savimailla tyydyttävä kuivatusteho sateisimpinakin aikoina. Myös ns. myyräojituksella olisi edullinen vaikutus pintavesien poistumiseen tiiviyneiltä pelloilta. Myyräojituksen vaikutus kestää n. 2-3 vuotta.

Salaojakaivannon täytön yhteydessä täytemaahan syntyy uusia huokosia. Nämä huokokset ovat kuitenkin hyvin labiileja ja suurin osa niistä tuhoutuu paineen ja veden vaikutuksesta. Suurien huokosten tuhoutuessa täytemaan huokostila saavuttaa lopulta tasapainotilan ja jää yleensä löyhemmäksi kuin kaivantoa ympäröivä maa. (KOWALD 1968, ss. 150 - 152.) Täyttömaan tiivistyminen voi kuitenkin jatkua koneiden aiheuttaman tiivistymisen vuoksi. VAKKILAISEN (1980, s. 26-28) mukaan veden imeytyminen tiiviillä mailla salaojien välissä oli suuruusluokaltaan sama, mutta salaojien kohdalla erot olivat selvät eri ikäisten salaojien välillä. Tämä johtui siitä, että ojakaivantojen yläosa oli tiivistynyt 4-5 vuoden kuluttua ojituksesta siinä määrin, että se häytti kuivatusta merkittävästi.

Makrohuokosten merkitystä kuvaa, että jos vain maalajin raekoostumuksesta riippuva hydraulinen johtavuus säätelisi veden suotautumista maan läpi, kestäisi 10 mm:n vesimäärän valuminen salaojiin savimailla toista sataa vuorokautta. (VAKKILAINEN 1980, s. 24.)

Pintapaineen pienentämisellä, esim paripyörien käytöllä tiivistymisvaikutusta voidaan vähentää ja samalla tiivistymissyvyys mataloituu (kuvio 11). Akselipainon suureneminen pintapaineen pysyessä saman suuruisena aiheuttaa syvemmälle ulottuvan tiivistymisvaikutuksen (kuvio 12).



Turvemaille on tyypillistä niiden heikko kantavuus ja voimakas painuminen viljelyksessä. Tehokkaan ojituksen jälkeen painuminen on voimakkainta 3-4 vuoden aikana, jolloin pohjaveden pinta laskee. Turpeen painuminen riippuu turvekerroksen paksuudesta, ojituksen syvyydestä, pohjaveden pinnan korkeudesta ennen kuivatusta sekä turvelajista ja turpeen maatumisasteesta. Viljely kuluttaa turvetta 0,5-1,5 cm/v. (HUIKARI ym. 1963, s. 27-28.)

Kuivatuksen kannalta turvemaille on em. ominaisuuksien lisäksi tarkasteltava veden läpäisykykyä ja veden pidätyskykyä. Turvemaille veden läpäisykyky pienenee voimakkaasti maatumisasteen kohotessa ja samalla veden sitoutumisluku suurenee (PÄIVÄNEN 1973, ss. 20-21). Heikosti maatunut, huokoinen turve sisältää vettä kyllästyskosteudessa n. 95 til. %, mutta se luovuttaa suhteellisen helposti pidättämänsä veden. Maatumisasteen kohotessa turpeen huokoisuus pienenee ja myös vesipitoisuus kyllästyskosteudessa on pienempi, mutta vesi sitoutuu suuremmalla voimalla turpeeseen. Taulukossa 3 on esitetty erilaisten turvelajien veden sitoutumisluku. Taulukosta havaitaan veden sitoutumislukujen voimakas kasvu maatuneisuuden kasvaessa.

Taulukko 3. Turpeen vesipitoisuuden ja veden sitoutumislukujen välinen riippuvuus (PÄIVÄNEN 1973, s. 42)

Turvelaji ja sen tiheys	Maaveden jännitys				
	pF 0	pF 1	pF 2	pF 3	pF 4
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 %

Kyllästyskosteudessa ja pF 2:ssa turpeeseen pidättyneiden vesimäärien erotuksen (kuivatettavissa oleva vesi) suhde näytteen koko tilavuuteen kuvaa painovoiman vaikutusta poistuvaan vesimäärään. Tästä käytetään nimitystä vesisaanto (BOELTER 1969). 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 salaojiin valuvan veden määrä pienenee voimakkaasti turpeen tiheyden ja maatumisasteen kasvaessa.

Turpeen vesipitoisuuden pellon pintakerroksessa tulee laskea n. puoleen siitä, minkä turve pidättää kyllästystilassa, jotta pellon kantavuus olisi riittävä (HUIKARI ym. 1963, s. 25). Löyhillä, maatumattomilla turpeilla vesipitoisuus alenee pF 2:ssa eli painovoiman vaikutuksesta alle puoleen kyllästystilan kosteudesta. Tiiviillä, maatuneilla turpeilla sitävästoin vesipitoisuus pF 2:ssa on yli puolet kyllästystilaan verrattuna. Tämä merkitsee sitä, että kuivumisen täytyy jatkua haihtumalla ennenkuin pelto saavuttaa riittävää kantavuutta vastaavan kosteustilan.

Koneiden paino vaikuttaa vastaavalla tavalla turvemaidella kuin kivennäismailla eli maa tiivistyy. Muokkaustoimenpiteillä edistetään turpeen maatumista ja hienontumista. Tämän seurauksena maalajin huokoisuus muuttuu siten, että makrohuokosten määrä vähenee ja vedenläpäisykyky pienenee.

5.3. Muita riskitekijöitä

Paineellinen pohjavesi ja lähteiköt ovat yksi salaojituksen riskitekijä. Kuivatuksen onnistuminen tällaisella alueella riippuu lähteikön laajuudesta, pohjaveden paineesta ja pohjamaan kantavuudesta (MÄENPÄÄ ja PERÄLÄ 1974, s. 112). Pienemmät lähteet on yleensä saatu kuivumaan lähdekaivoilla. Lähteikköjen kuivatusta vaikeuttaa huomattavasti ruosteen esiintyminen ja salaojien liettyminen ko. olosuhteissa.

Paineellista pohjavettä voi esiintyä peltoalueella, vaikka pellon pinnalla ei havaitakaan selviä lähteikköjä. Tämän vuoksi

paineellisen pohjaveden havaitseminen on usein vaikeaa. Tämä tilanne esiintyy usein turvemailloja, jos turvekerroksen alla on löyhiä hieta- tai hiekkakerroksia ja pellon ympäristössä maasto on korkeampaa. Tällaisissa olosuhteissa ongelmat ilmenevät vasta useita vuosia ojituksen jälkeen, kun turvekerros on painunut alaspäin ja ohentunut.

Putkien rikkoutumista saattaa tapahtua putkien asennusvaiheessa. Nykyisin käytössä olevat tiili- ja muoviputket ovat lujuudeltaan sitä luokkaa, että putkien rikkoutuminen ojitusvaiheessa ja sen jälkeen on harvinaista. Sensijaan koneiden maastokelpoisuuden parantuessa ojitus voidaan nykyään tehdä niin huonoissa olosuhteissa, että putkea ei saadakaan asennetuksi kunnolla ojaan ja putkisaumat ja reiät ehtivät liettyä ennen soran ja ruokamullan pudotusta.

Salaojituksen jälkihoidolla ja ojien huollolla on keskeinen merkitys salaojien kuivatustehoon. Salaojituksen jälkeen pellon pinta on saatava tasoiteltua niin hyvin, että sarkaojien kohdalle ei jäisi pintavesiä kerääviä notkoja ja painanteita. Ojastojen säännölliseen huoltoon kuuluu mm. kaivojen puhdistus ja laskuaukkojen tarkastus. Tavallisin laiminlyönti ojituksen huollossa onkin valtaojien huono hoito, jolloin laskuaukot jäävät valtaojan pohjan alapuolelle.

6. SALAOJITUKSEN TARVE SUOMESSA

Vuoden 1985 loppuun mennessä oli Suomen n. 2,44 milj. peltotilasta salaojitettu n. 1 milj. ha (41 %). Ilman ojitusta voidaan viljellä n. 300 000 ha (12 %). Ojittamatta oli vielä noin 1,13 milj. ha (47 %). (ANON. 1986b.) Ojitustarve jakautuu maatalouskeskuksittain taulukon 4 mukaan.

Suhteellisesti pisimmälle salaojituksessa ovat edenneet Uudenmaa, Varsinais-Suomi, Etelä-Suomen rannikkoalue, Häme ja Satakunta. Vähiten peltoalasta on salaojitettu Savossa, Itä-Suomessa, Kainuussa ja Lapissa. Ojitustarve em. taulukkoon on laskettu vähentämällä koko peltoalasta jo ojitettu alue ja peltoala, joka ei tarvitse ojitusta. Taulukon mukaan ojitustarpeessa olevaa

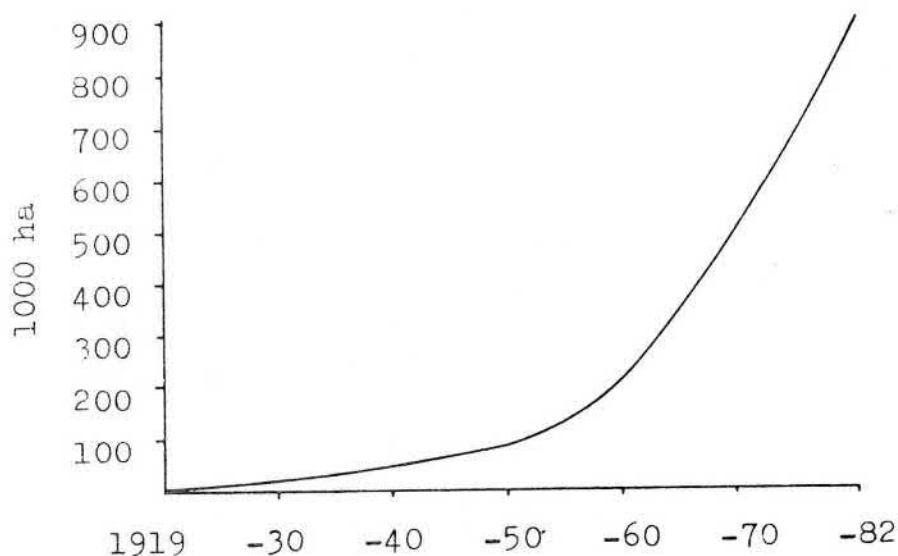
peltoa on runsaasti vielä niilläkin alueilla, joissa ojitus on edennyt pitkälle. Tästä on kuitenkin nähtävissä, että ojituksen painopiste on siirtymässä yhä enemmän Etelä- ja Lounais-Suomen savialueilta pohjoisemmaksi karkeammille kivennäismailla ja turvemaille.

Vuosittaiset salaojitusmäärät ovat olleet v. 1970-1982 keskim. 33 000 ha vaihdellen 24 530 ja 44 400 ha:n välillä (ANON.1983b).

Taulukko 4. Ojitustarve Suomessa vuoden 1986 alussa
(ANON. 1986b)

	pelto p-ala v. 1982 ha	ojitettu 1986 %	ei tarv. ojitusta %	ojitus- tarve ha
Uudenmaan maatal.k.	141 962	65,4	4	43 400
Nylands svenska lantbr.	76 193	58,8	8	25 300
Varsinais-Suomen m.k.	240 960	74,9	5	48 400
Finska Hushållningss.	29 978	50,5	7	12 700
Satakunnan maatal.k.	187 334	56,5	9	64 600
Pirkanmaan maatal.k.	113 019	35,9	15	55 500
Hämeen läänin m.k.	156 858	68,3	5	41 900
Itä-Hämeen maatal.k.	70 175	49,6	15	24 800
Kymen läänin m.k.	157 458	41,6	16	66 700
Mikkelin läänin m.k.	102 288	13,3	40	47.700
Kuopion läänin m.k.	158 531	24,8	27	76 400
Pohjois-Karjalan m.k.	115 777	15,4	35	57 400
Keski-Suomen m.k.	107 829	27,2	18	59 100
Etelä-Pohjanmaan m.k.	269 629	42,3	6	139 400
Keski-Pohjanmaan m.k.	68 914	31,5	6	43 100
österbottens svenska l.	111 798	33,0	5	69 300
Kainuun maatal.k	52 245	6,6	30	33 100
Oulun maatalouskeskus	204 598	15,8	6	160 000
Lapin läänin maatal.k.	74 491	7,8	6	64 200
Yht. ha / keskim. %	2 440 037	41,0	12,6	1 133 000

Uusinta- ja täydennysojituksen tarvetta on vaikea aivan tarkasti ennakoida. Tulevaisuudessa uudisojituksen edetessä loppuun, uusinta- ja täydennysojituksen tarve luonnollisesti tulee lisääntymään. Yleisesti salaojituksen teknisenä ikänä on pidetty 50 vuotta tiili- ja muoviputki- ja lautaputki- ojastoissa sekä 30 vuotta. Kussakin ojastossa salaojien toimintaikä on kuitenkin voimakkaasti riippuvainen em. riskitekijöistä ja salaojien toimintatavasta saattaa esiintyä suuriakin vaihteluita. Salaojituksen yleistymisen Suomessa on ollut v. 1919-1982 kuvion 13 mukainen.



Kuvio 13. Salaojitetun pinta-alan kasvu Suomessa v. 1919 - 1982
(ANON. 1983b)

Suurin osa salaojituksistamme on tehty em. kuvan mukaan vuoden -60 jälkeen eli n. 800 000 ha, kun tätä ennen oli salaojitettu n. 200 000 ha. Jos salaojien toimintaikä on edellämainittu 50 vuotta, merkitsisi tämä sitä, että uusinta- ja täydennysojituksien määrä ei tulisi kasvamaan kovin merkittäväksi lähivuosien aikana. Vuonna 1979 uusinta- ja täydennysojituksien määrä oli koko maassa 401 ha (ANON. 1980a, s. 49) ja vuonna 1983 vastaava pinta-ala oli 988 ha (ANON. 1984, s. 49).

7. TAVALLISIMMAT SALAOJIEN TOIMINTAHÄIRIÖT

7.1. Toimintahäiriötutkimuksen suorittaminen

Lähtökohtana toimintahäiriöiden tutkimisessa oli käsitteen "salaojien toimintahäiriöt" selvittäminen. KESOn (1951, s. 172-219) mukaan salaoja on teknisenä kokonaisuutena maassa oleva salaojaputki tai muu vettä johtava materiaali ja tämän välittömässä läheisyydessä oleva ympärysaine, varsinainen salaojakaivanto ja sen rakenne sekä ojaan liittyvät erikoislaitteet. Toiminnalliselta kannalta salaojat taas muodostavat kokonaisuuden, jonka tehtävänä on kuivattaa pelto siten, että kaikki normaalit viljelytoimenpiteet voidaan tehdä ko. peltolohkolla ajallaan, mikäli poikkeukselliset sääolot eivät niitä estä.

Tämän mukaan salaojitus ja salaojien toimintahäiriöt ulottuvatkin käsittämään varsinaisen salaojaputken ja ojakaivannon lisäksi koko viljellyn peltolohkon kattavaa, kuivatussyvyyteen ulottuvaa maakerrosta. Tältä pohjalta on tehty tässä tutkimuksessa salaojien toimintahäiriöihin liittyvät havainnot.

Yhtenä tärkeänä perusperiaatteena pidettiin myös sitä, että salaojitus on osa viljelytekniikkaa ja sen teknistä toteutusta, jolloin salaojitus yksittäisenä, teknisenä hankkeena perustuu etukäteissuunnitteluun, hankkeen toteuttamiseen ja lopputuloksen käyttöön. Tästä seuraa, että salaojissa esiintyvät viat ja puutteet myös ovat peräisin suunnittelussa, toteutuksessa tai käytössä tehdyistä virheratkaisuista.

Toimintahäiriötutkimus kohdistettiin perinteisillä menetelmillä tehtyyn, suunnitelmalliseen salaojitukseen. Parhaaksi tutkimusmenetelmävaihtoehdoksi arvioitiin yksityiskohtainen tutkimus niillä maatiloilla, joilla esiintyy salaojien toimintahäiriöitä. Tämän käytännön työn valmisteluvaiheessa keväällä -82 ja -83 koottiin kirjeitse salaojateknikoilta tiedot tällaisista maatiloista. Tässä teknikkokyselyssä selvitettiin tilan sijaintikunta, ongelmallisen ojituksen pinta-ala, ojitusvuosi, putkimateriaali ja ongelman epäilty aiheuttaja. Lähtöaineistoksi saatiin v. -82 tiedot 376:n tilan ja v. -83 154:n tilan ongelmallisesta salaojituksesta eli yhteensä 530 salaojituksesta.

Vastausten perusteella saatiin hahmoteltua häiriöiden esiintymistiheys salaojitusalueittain, putkimateriaaleittain ja osittain myös ongelmien luonne. Tältä pohjalta laskettiin etukäteen käytössä olevien resurssien mukaan tutkittavien tilojen lukumäärä. Käytännön syistä tutkimuspaikkakunniksi valittiin kultakin salaojitusalueelta ne paikkakunnat, joissa salaojien toimintahäiriöitä näytti esiintyvän ympäristöään runsaammin.

Tutkimustilojen valinnassa pyrittiin mahdollisimman edustavaan otokseen. Lähtöaineisto ei kuitenkaan ollut täydellinen, koska salaojateknikot eivät tienneet kaikkia omilla toiminta-alueillaan esiintyneitä toimintahäiriötapauksia. Lisäksi 8,9 % teknikoista jätti vastaamatta kyselyyn. Eri salaojitusalueilla vastausprosentti oli yli 90 %, lukuunottamatta Lounais-Suomen aluetta (alue I), jossa 22,2 % teknikoista jätti vastaamatta kyselyyn. Kaikista kyselyyn vastanneista teknikoista 16,3 % ei tiennyt yhtään toimimatonta salaojitusta. Kokonaisuudessaan lähtöaineistoon jäänyt virhe lienee kuitenkin suhteellisen vähäinen kyselyyn vastanneiden alueellista kattavuutta ajatellen. Lopullinen tilojen valinta tehtiin arpomalla. Kahden kesän aikana tutkittiin yhteensä 92 tilan salaojitus.

Toimintahäiriöiden syiden selvittämiseksi ongelmallisista ojaistoista salaojat kaivettiin lapiolla esiin kahdesta kohtaa, imujan kohdalta ja kokoojaojan kohdalta. Molemmista koekuopista mitattiin tai määritettiin

- salaojan syvyys pellon pinnasta
- suodatinkerroksen vahvuus
- ruokamultakerroksen vahvuus
- pellon maaprofiili salaojasyvyyteen
- maalaji
- maalajin kuivatilavuuspaino
- vedenläpäisykyky
- ojakaivannon rakenne
- suodatinaineen karkeusaste ja sopivuus
- suodatinaineen liettyneisyys tai ruostuneisuus

Salaojaputkista lisäksi määritettiin tai mitattiin

- putkisaumojen tai reikien koko
- putkisaumojen tai reikien liettyminen
- putkisaumojen tai reikien ruostuminen
- salaojaputken koko
- sakan määrä salaojaputkessa
- ojakaltevuus

Maalajinäytteet otettiin 30 cm:n syvyydestä ja sen alapuolelta jokaisesta muuttuneesta maalajikerroksesta. Kuivatilavuuspainon määrittystä varten maanäytteet otettiin 20, 50 ja 80 cm:n syvyydestä salaojan päältä sekä jankosta n. 30 cm:n syvyydestä. Maan vedenläpäisykyky määritettiin mittaamalla veden imeytymisnopeus. Veden imeytymistä mitattiin kahden tunnin ajan.

Kenttätutkimuksessa selvitettiin lisäksi myös muut salaojen toimintaa välillisesti tai välittömästi haittaavat tekijät. Tällaisia ojitusalueeseen liittyviä yleistietoja olivat mm. imuojaväli, niska- ja laskuaukkokaivojen kunto ja laskuaukon korkeus maanpintaan verrattuna sekä pellon kuivatussyvyys. Muita selvitettäviä häirtatekijöitä olivat valtaojan syvyys, pellon topografia, pellon ympäristö, piiriojen kunto, paineellinen pohjavesi, sarkaojen täyttö ja pellon pinnan muotoilu.

Tilalla vallitsevat olosuhteet kartoitettiin haastattelemalla viljelijää. Kyselylomake jakaantui kolmeen osaan käsittäen tilan yleisolosuhteita, käytettäviä koneita ja viljelymenetelmiä sekä ongelmalliseen ojastoon liittyviä kysymyksiä.

7.2. Aineisto ja sen käsittely

Edellä kuvatulla tavalla kerättyyn aineistoon muuttujien määräksi tuli kaikkiaan 271 kappaletta. Muuttujien lukumäärä on siten huomattavasti suurempi kuin havaintojen lukumäärä (92 tilaa). Tämän kaltainen aineiston rakenne vaikuttaa lähinnä analyysimenetelmän valintaan.

Aineiston edustavuuteen tutkimuspaikkakuntien etukäteisvalinta saattaa vaikuttaa siten, että se korostaa ko. paikkakunnille

mahdollisesti ominaisia häiriötyyppejä. Tutkittujen ojastojen suuren lukumäärän (92 kpl) vuoksi tutkimuspaikkakuntia oli kuitenkin runsaasti eli kaikkiaan 46 kuntaa. Koska kunnat sijaitsevat kattavasti kullakin salaojitusalueella (liite 1), jää paikkakuntien etukäteisvalinnasta mahdollisesti aiheutuva virhe aineistossa pieneksi.

Käytettävien resurssien mukaan etukäteen arvioitu tutkimuskohteiden lukumäärä jaettiin putkimateriaalien kesken samassa suhteessa kuin lähtöaineistokin oli. Koska putkimateriaalijakauma noudattaa hyvin pitkälle kivennäismaa-turvemaajakaumaa, tulevat myös mahdollisesti maalajista riippuvat eri tyyppiset ongelmat edustetuksi samassa suhteessa varsinaisessa tutkimusaineistossa. Lisäksi tutkimustilojen määrä on suhteutettu salaojitusalueittain ongelmallisten ojastojen lukumäärään.

Kokonaisuudessaan tutkimusaineisto on tutkimuspaikkakuntien suhteen harkintanäytettä ja paikkakunnittain ojastojen suhteen satunnaisnäytettä.

Tutkimusaineisto pyrittiin analysoimaan aluksi pelkästään yksityiskohtaisten vikahavaintojen valossa tarkastelemalla eri vikojen tai vikatyyppien jakaumia ja osuuksia. Tutkimusaineiston toisessa käsittelyvaiheessa analyysimenetelmänä käytettiin faktorianalyysiiä. Aineiston faktoroinnissa tilaolosuhteita kuvaavat faktorit ja ongelmallisten ojastojen olosuhteita kuvaavat faktorit laskettiin erikseen. Faktorimuuttujien jatkoanalyysissä selvitettiin korrelaatiokertoimet olosuhteiden ja ongelmatyyppien välisistä riippuvuussuhteista.

Eräiden keskeisten ongelmien osalta aineistoa analysoitiin tarkastelemalla näitä yksityiskohtaisesti maalajien ja putkimateriaalien suhteen.

Aineiston tilastollinen käsittely tehtiin Helsingin yliopiston laskentakeskuksen Burroughs-7800 tietokoneella. Laskennassa käytettiin hyväksi HYLPS kirjasto-ohjelmia.

7.3. Tutkimustulokset

7.3.1. Taustatietoja tutkituista tiloista

Viljelijöiden maatalouskoulutus vaihteli käytännön kokemuksen ja korkeakoulututkinnon välillä. Korkeakoulututkinto oli 4,4 %:lla, opistotason koulutus 3,3 %:lla, maamieskoulu 31,5 %:lla ja eri kursseilla saatu koulutus 3,3 %:lla kaikista viljelijöistä. Pelkästään käytännön kokemuksen varassa oli 57,6 % viljelijöistä.

Tutkituilla maatiloilla oman pellon pinta-ala vaihteli melkoisesti (taulukko 5). Kahdella tilalla omaa peltoa oli yli sata hehtaaria ja yhdeksällä tilalla taas vastaavasti alle 10 ha. Pääsääntöisesti tilojen peltopinta-ala oli suurempi kuin keskimäärin maatiloilla. Vuonna -81 tilojen keskimääräinen peltopinta-ala oli 12,9 ha. Tutkittujen tilojen keskimääräinen pinta-ala oli 26,8 ha. Oman pellon lisäksi vuokrapeltoa oli 46 tilalla.

Taulukko 5. Tutkimustiloja kuvaavia taustatietoja

	keskim.	vaihteluväli
Viljelijän ikä v	46	22 - 74
Peltopinta-ala ha	26,8	1,5 - 127
salaojitus-%	79,8	12 - 100
Vuokrapeltoa ha	14,8	1 - 75
salaojitus-%	40,2	0 - 100
Traktoreita kpl	2	1 - 5
1. traktorin teho kW	55,9	27,9 - 106,6
2. traktorin teho kW	45,2	23,5 - 107
Joustopiikkiäkeen lev.	3	180 - 670
Aurojen leveys cm	1005,8	711,2 - 2133,6
Kyntösyvyys cm	23,2	15 - 30

Tilojen oman pellon salaojitettu pinta-ala oli keskimäärin 21,8 ha eli keskim. salaojitus-% oli korkea. Lähes puolella tiloista eli 37:lla tilalla oli kaikki pellot salaojitettuina. Vuokra-
maista oli 11 tilalla salaojitettu kaikki ja 19:llä tilalla olivat kaikki vuokramaat avo-ojissa.

Keskimääräinen salaojitettu peltoala jakaantui putkimateriaaleittain siten, että tiiliputkilla oli salaojitettu 79,8 %, muoviputkella 17,0 % ja muulla materiaalilla 3,2 %.

Joustopiikkiäestä käytettiin 98,9 %:lla eli lähes kaikilla tutkituista tiloista. Joustopiikkiäkeen lisäksi lapiorullaäestä käytettiin 35,8 %:lla tiloista. Yhdellä tilalla muokkaustöissä käytettiin ainoastaan lapiorullaäestä. äestyskertojen lukumäärä oli 2,3 krt. Kynnössä renkaiden luistoa pyrittiin pienentämään huonoissa olosuhteissa 59,7 %:llä tiloista.

7.3.2. Taustatietoja tutkituista ojastoista

Tutkittujen salaojien toimintahäiriöistä kärsineiden peltolohkojen pinta-ala vaihteli 0,6 ha:n ja 35 ha:n välillä. Koko aineiston keskimääräinen ongelmalohkon pinta-ala oli 4,8 ha. Ojastoissa putkimateriaali salaojitusalueittain oli taulukon 6 mukainen.

Tutkituista ojastoista vanhin ojitus oli tehty v. -39 (1 kpl) ja tuorein ojitus v. -81 (2 kpl). Jos koko aineistolle lasketaan keskimääräinen salaojitusvuosi, saadaan ko. ajankohdaksi v. -71 eli ongelmista kärsivien ojastojen keskim. ikä tutkimushetkellä oli 11 - 12 v. Taulukossa 7 on esitetty ojastojen ja keskeisimpien ongelmien jakauma ojituksen toteutusvuoden mukaan.

Taulukko 6. Toimintahäiriötutkimuksen aineisto putkimateriaaleittain ja salaojitusalueittain v. 1982-83

KPL OJASTOJA					
Alue	Tiiliputki	Muoviputki	Lautaputki	Sekaojitus	yht
I	9	2	1	-	12
II	15	5	3	3	26
III	7	14	3	-	24
IV	8	2	-	-	10
V	8	8	-	-	16
VI	4	-	-	-	4
yht	51	31	7	3	92

Taulukko 7. Tutkittujen ojastojen ikä ja eri toimintahäiriöt

Ojitus tehty v.	Tiivistymiä		Ruosteita		Lietteitä	
	Kpl	%	Kpl	%	Kpl	%
v. - 39	1	1,1	1	1,7	-	-
50 - 54	3	3,3	1	1,7	2	4,4
55 - 59	4	4,3	2	3,5	3	6,5
60 - 64	13	14,1	8	14,0	5	10,9
65 - 69	13	14,1	9	15,9	7	15,2
70 - 74	11	12,0	9	15,9	6	13,0
75 - 79	42	45,7	24	42,1	20	43,5
80 - 81	5	5,4	3	5,2	3	6,5
Yht	92	100,0	57	100,0	46	100,0

Yli puolet eli n. 51 % tutkituista ojastoista on tehty vuoden -74 jälkeen. Tämä osoittaa sen, että suuri osa salaojien toimintahäiriöistä ilmenee 3 - 5 vuoden kuluessa ojituksesta, vaikeimmat tapaukset jo 1 - 2 vuoden kuluessa. Sellaissä tapauksissa, joissa toimintahäiriön aiheuttaja on ollut vaikutukseltaan vähäisempi, häiriön ilmeneminen on kestänyt kauemmin, esim. lievissä ruostetapauksissa.

Vertaamalla ojastojen ikäjakaumaa ja keskeisten ongelmatyyppeiden vastaavaa jakaumaa keskenään taulukossa 7, havaitaan että eri ikäisten ojastojen välillä eri ongelmien osuus ei juurikaan poikkea toisistaan. Ainoastaan lietettyneiden ojastojen osuus jaksolla 70 - 74 on pienempi ja jaksolla 75 - 79 suurempi kuin vastaavien jaksojen ojastojen koko osuus aineistosta. Tämä vaihtelu ojastojen lietteiden määrässä saattaa johtua pelkästään ojitusolosuhteiden vaihtelusta. Taulukkoa 7 tarkasteltaessa on kuitenkin pidettävä mielessä, että se kuvaa eri ikäisten ojastojen tilaa tutkimushetkellä eikä siten kuvaa sitä osaa vanhoista ongelmallisista ojastoista, jotka on jo mahdollisesti korjattu tai ojitettu uudelleen.

Tutkituista ojastoista oli viljelijöiden muistikuvan mukaan tehty huonoissa olosuhteissa 19 ojastoa, välttävissä olosuhteis-

sa 16 ojastoa ja hyvissä olosuhteissa 54 ojastoa. Kolmella tilalla ei muistettu tai tiedetty ojituksen aikaisia olosuhteita.

Maalajit vaihteli tutkituilla pelloilla melkoisesti pintakerroksen ja salaojitussyvyyden välillä. Kivennäismailla oli paljon kerroksellisia maalajeja ja samoin turvemaiden turpeen laatu vaihteli syvyyden muuttuessa. Turvemaiden turvekerroksen vahvuus oli usein ohut, jolloin salaojitussyvydessä maalaji oli vaihtunut kivennäismaaksi. Taulukossa 8 on esitetty karkea maalajijakauma eri syvyyksistä. Liitteessä 6 on vastaava maalajijakauma yksityiskohtaisesti maalajeittain eri syvyyksistä.

Taulukko 8. Aineiston maalajijakauma eri syvyyksissä

Syvyys	Kivennäis- maat kpl	Lieju- ja multamaat	Turve- maat	yht
30-45 cm	44	5	43	92
45-60 cm	45	1	46	92
60-75 cm	48	2	42	92
75-90 cm	55	2	35	92
> 90 cm	59	3	30	92

Salaojitukset oli tehty yhtä lukuunottamatta perinteisillä kaivumenetelmillä. Vanhimmat ojitukset eli 9 ojastoa oli tehty lapiokaivuuta käyttäen. Kaivupyöräkoneella oli tehty 20 ojitusta, ketjukaivukoneella 53 ojitusta ja kauhakoneella 8 ojitusta. Yksi ojitus oli tehty aurasalaojakoneella ja yhdellä tilalla ei tiedetty kaivumenetelmää. Suojusaineena oli käytetty soraa, lukuunottamatta aurasalaojakoneella tehtyä ojitusta, jossa sora oli korvattu ns. filter-kankaalla. Lautaputkiojituksissa ei oltu käytetty mitään suojusainetta. Lisäksi yhdestä muusta ojastosta suojusaine puuttui kokonaan.

7.3.3. Salaojissa havaitut yksittäiset viat

Toimintahäiriötutkimuksessa ongelmallisissa ojastoissa havaittiin kaikkiaan 48 eri tyyppistä vikaa, puutetta tai sellaista

tekijää, jotka vaikuttavat haitallisesti salaojien toimintaan. Vajaatoimintaisessa ojastossa oli pääsääntöisesti enemmän kuin yksi vika tai puute. Yhteensä vikoja ja puutteita kirjattiin tutkituista 92:sta ojastosta kaikkiaan 459 kpl, eli vikoja oli keskim. 5 kpl/ojasto. Eri tyyppiset viat, puutteet ja haitalliset tekijät ryhmiteltiin ilmenemistapansa, syntymistapansa ja vaikutustapansa mukaan. Seuraavissa kappaleissa salaojien ongelmia käsitellään em. tavoilla ryhmiteltyinä. Yksityiskohtaiset tulokset on esitetty liitteissä 2-4.

7.3.3.1. Ongelmien ilmeneminen

Vikojen ilmenemisen mukaisen ryhmittelyn perusteena oli vikojen ja puutteiden esiintymistapa tai -paikka pellon pinnan ja laskuaukon välillä. Tässä ryhmittelyssä suurin osa eli runsas kolmannes kaikista virheistä ja puutteista liittyy ojitusmateriaaleihin ja runsas viidennes liittyy työvaiheeseen (taulukko 9).

Taulukko 9. Yksityiskohtaiset virheet ja puutteet ilmenemistapansa mukaan ryhmiteltyinä

Häiriön syy liittyy	Häiriöitä	
	kpl	%
Toteutukseen	109	23,7
Materiaaleihin	171	37,2
Viljelyyn	76	16,6
Pellon maalajiin ja topograf.	83	18,1
Pellon sijaintiin	20	4,4
Yhteensä	459	100 %

Salaojitusmateriaaleihin liittyvät ongelmat on esitetty taulukossa 10. Ongelmista runsaasti puolella eli 51,4 %:ssa esiintyi salaojaputkessa kiinteää ainetta. Yleisin saostuma oli ruoste-sakka, jota havaittiin vaihtelevia määriä 46:ssa ojastossa. Kivennäismaiden liettymiä eli hietaa, hiesua tai savesta oli sedimentoitunut 29:n ojaston salaojiin vaihtelevia määriä.

Turvemaiden salaojissa esiintyi muta- tai mutalietemuodostumia 13:ssa ojastossa. Salaojissa esiintyneet sakat olivat usein eri ainesten sekoituksia. Niinpä turvemaille samassa salaojaputkessa esiintyi sekä mutaa että ruostesakkaa. Vastaavasti kivennäismaille samassa putkessa saattoi olla kivennäismaiden liettymiä ja ruostesakkaa. Kaikkiaan 77:ssä ojastossa oli eri asteisia kiinteän aineen muodostumia.

Taulukko 10. Salaojitusmateriaaleihin liittyvät ongelmaryhmät

Ongelmaryhmät	Häiriöitä	
	kpl	%
Kiinteää ainetta putkessa	88	51,4
Suodattimeen liittyvät ongelmat	45	26,3
Putkisaumat ja -reiät	35	20,5
Rikkoutunut salaoja	3	1,8
Yhteensä	171	100 %

SuodatinSORAN ruostuminen tai liettyminen oli yleisin (66,7 %) suodatinaineeseen liittyvä epäkohta. Muita suodatinainetta koskevia epäkohtia olivat karkea suodatinSORA 9:ssä ojastossa ja hieno suodatinSORA 6:ssa ojastossa (liite 2).

Putkisaumoihin ja reikiin liittyvistä ongelmista 82,9 %:ssa tapauksista nämä olivat liian tiiviit ja 17,1 %:ssa liian suuret (liite 2). Kuudessa tapauksessa putkisaumat olivat huolellisen putkenlaskun, salaojaputkien turpoamisen ja vähäisen liettymisen yhteisvaikutuksesta niin tiiviit, ettei vesi päässyt enää putkeen. Ruoste oli tukkinut saumat tai reiät vettä läpäisemättömäksi 23 ojastossa. Kuudessa ojastossa putkisaumat olivat niin suuria, että salaojiin pääsi helposti kiinteää maa-ainesta. Vain lautaputkiojastoissa todettiin lahoamisen seurauksena rikkoutuneita salaojaputkia.

Toteutukseen liittyvistä salaojien ongelmista suurimmat ongelmaryhmät muodostuivat ojakaivannon rakenteessa esiintyneistä virheistä eli 32,1 % ja pintavesien johtamiseen liittyvistä

virheistä 30,2 % (taulukko 11). Ojakaivannon rakenteessa havaituista virheistä yleisimmät olivat ruokamullan puuttuminen (37,1 %), suodatinaineen puuttuminen (25,7 %) ja ojakaivantojen sortuminen ennen täyttöä (20 %), jolloin suodatinsoran ja ruokamullan pudotusta ei voitu tehdä tai jo pudotettu suodatinsora oli jäänyt kuroutuman sisään eristetyksi.

Pintavesien johtamiseen liittyviä puutteita oli kahdenlaisia. Yleisin virhe tässä ongelmaryhmässä oli sorasilmäkkeiden puuttuminen. Nämä puuttuivat kokonaan 21:ssä ojastossa, vaikka maalaji olisi tiiviytensä vuoksi vaatinut runsaasti sorasilmäkkeitä. Toinen syy pintavesien kertymiseen oli salaojituksen jälkeinen puutteellinen jälkityö, jolloin sarkaojat tai tasoiteltavissa olevat pienehköt painanteet oli jätetty tasoittamatta. Näitä puutteita oli kaikkiaan 12:ssa ojastossa.

Taulukko 11. Toteutukseen liittyvät ongelmaryhmät

Kohde	Häiriöitä	
	kpl	%
Ojakaivanto	35	32,1
Pintavesien johtaminen	33	30,2
Salaojan koko ja kaltevuus	11	10,1
Ojaväli	11	10,1
Salaojan syvyys	10	9,2
Muut	9	8,3
Yhteensä	109	100 %

Salaojan koossa ja kaltevuudessa havaittuja virheitä ja puutteita oli 11 kpl. Nämä jakaantuivat siten, että kokoojan kaltevuus oli väärinpäin kahdessa ojastossa, vaakatasossa kolmessa ojastossa ja kokoojan kaltevuutta oli pienennetty huomattavasti suunnitellusta yhdessä ojastossa. Kokoojan putkikokoa oli pienennetty suunnitellusta yhdessä ojastossa sekä imuojat olivat alle minimikaltevuuden neljässä ojastossa.

Muut työvaiheeseen liittyvät viat ja puutteet jakaantuivat ongelmaryhmittäin siten, että ojaväliin liittyvien ongelmien osuus oli 10,1 %, salaojan syvyyteen liittyvien osuus 9,2 % ja ryhmään muut kuuluvien vikojen osuus oli 8,3 %. Ojaväliä oli liian suuri 11 ojastossa. Ojasyvyys oli liian matala 10 ojastossa. Ongelmaryhmään muut kuuluvat virheet ja puutteet olivat matala valtaoja 4 ojastossa, laskuaukko korkealla 2 ojastossa, tien alitus eristämättä 1 ojastossa, suunnitelmaa muutettu omavaltaisesti 1 ojastossa ja tiiliputket ilman tukea pehmeässä pohjassa 1 ojastossa.

Pellon maalajiin ja topografiaan kuuluvista epäkohdista on esitetty taulukossa 12. Ongelmista 65,1 % liittyy maalajin ominaisuuksiin, joista tavallisin oli pellon luontainen, heikko kantavuus 28 ojastossa ja maatumaton tai hyvin heikosti maaton turve heti mutautuneen muokkauskerroksen alapuolelta alkaen salaojasyvyyteen 23 ojastossa. Em. maalajiin liittyvät havainnot tehtiin turvemailla.

Taulukko 12. Pellon maalajiin ja topografiaan liittyvät ongelmaryhmät

Kohde	Häiriöitä	
	kpl	%
Maalaji	54	65,1
Pellon pinnanmuoto	20	24,1
Paineellinen pohjavesi	9	10,8
Yhteensä	83	100,0

Pellon pinnanmuotoon liittyviä epäkohtia oli kahdentyyppisiä. Valtaosa näistä oli notkoja ja laajoja painanteita salaojitetulla pellolla eli 12 ojastossa, jolloin pintavedet pääsivät kerääntymään näihin alavampiin kohtiin. Toinen pellon pinnanmuodosta johtuva kuivatusongelma oli rinnepellolla taitekohdan märkyys. Tätä esiintyi 8 ojastossa rinnepellolla sellaisessa kohtaa, jossa pellon kaltevuus alaspäin mentäessä jyrkästi loivenee.

Paineellista pohjavettä esiintyi myös kahdella eri tavalla. Selviä lähteitä ja lähteikköjä oli seitsemässä ojastossa. Kahdessa ojastossa paineellinen pohjavesi esiintyi siten, että lähteitä ei ollut havaittavissa.

Pellon viljelyyn liittyvistä salaojien toimintahäiriöistä valtaosa eli 75,0 % aiheutui pellon tiivistymisestä (taulukko 13). Tiivistymisongelmia esiintyi kahta eri tyyppiä. Turvemailla ne ilmenivät muokkauskerroksen tiivistymisenä johdosta turpeen huonona veden läpäisevyytenä. Tämän tyyppisiä ongelmia esiintyi 31 ojastossa. Kivennäismaiden tiivistymiä oli kaikkiaan 26 ojastossa. Tiivistyminen kohdistui pääasiassa jankon yläosaan varsinkin tiiviimmillä kivennäismailla, kuten saveksilla ja hiesumailla. Lisäksi kivennäismailla esiintyi pintakerroksen tiivistymiä sellaisissa kohdin, joissa pellon pinnan tasoittelu oli jäänyt huonoksi.

Taulukko 13. Pellon viljelyyn liittyvät ongelmaryhmät

Kohde	Häiriöitä	
	kpl	%
Tiivistyminen	57	75,0
Maan painuminen	11	14,5
Väärä kyntösuunta	6	7,9
Piiriojat	2	2,6
Yhteensä	76	100,0

Maanpinnan painumista esiintyi 11 turvemaan ojastossa. Näissä tapauksissa maanpinta oli painunut ja kulunut niin paljon, että salaojien syvyys ei ollut enää riittävä. Kyntösuunta oli säännöllisesti ollut virheellinen kuudessa ojastossa. Näistä neljässä imuojien suunta lohkolle oli sellainen, että edullisin kyntösuunta oli imuojien suuntainen. Kahdessa ojastossa kyntösuunta oli muusta syystä virheellinen eli imuojien suuntainen. Kahdessa ojastossa piiriojien kunto oli heikko, jolloin pellon ulkopuolisia vesiä pääsi valumaan lohkolle.

Pellon sijaintiin suhteessa ympäristöön liittyvät ongelmat on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Pellon sijaintiin liittyvät ongelmat

Ongelmat	Ongelmia	
	Kpl	%
Pieni kuivavara	8	40
Korkeat lampivedet	6	30
Ympäröivä maasto	4	20
Kevät tulva	2	10
Yhteensä	20	100

Riittävää kuivatussyvyyttä ei oltu saatu kuudessa ojastossa ympäristön vuoksi aikaiseksi ja kahdessa ojastossa riittämätön kuivatussyvyys johtui muusta syystä. Peltoa ympäröivä epäedullinen maasto tai korkeavetiset lammet aiheuttivat sen ettei kuivatusvesiä pystytty johtamaan pelloilta pois.

7.3.3.2. Ongelmien syntyminen

Kun toimintahäiriötutkimuksessa havaitut virheet ja puutteet ryhmiteltiin uudelleen sen periaatteen mukaan, että kaikki kuivatushäiriöt ovatkin peräisin eri vaiheissa tehdyistä toimista ja ratkaisuista (kts. kappale 7.1. s. 28), osoittautui että kaikista yksityiskohtaisista virheistä yli puolet eli 51,2 % liittyi suunnittelussa tehtyihin ratkaisuihin (taulukko 15). Salaojitushankkeen toteutukseen virheistä liittyi 27,0 % ja salaojien käytön eli viljelyn seurauksena vikoja oli runsas viidennes eli 21,8 %.

Taulukko 15. Salaojien virheet ja puutteet syntymistapansa mukaan

Häiriön aiheuttaja liittyy	Häiriöitä	
	Kpl	%
Suunnitteluun	235	51,2
-ratkaisumallien ja tarvittavien lähtötietojen puute	160	34,9
-muu syy suunnittelussa	75	16,3
Toteutukseen	124	27,0
Viljelyyn	100	21,8
Yhteensä	459	100,0

Salaojien suunnittelussa eniten virheitä oli aiheutunut sellaisissa tilanteissa, joissa suunnittelijalla ei ollut riittäviä lähtötietoja tai ratkaisumalleja toimivan salaojituksen suunnittelemiseksi. Näistä vioista yleisimpänä ongelmana on erilaisten kiinteiden aineiden kerääntyminen salaojaputkiin eli kaikkiaan 34,9 % suunnittelun seurauksiksi laskettavista ongelmista (liite 3). Suunnittelun yhteydessä osoittautui erittäin vaikeaksi ennakoida pohjaveden ja maan rautapitoisuuden vaikutus salaojan tukkeutumiseen. Liitteessä 2 on materiaaleihin liittyvinä epäkohtina erilaisia sakkaumia 88 havaintoa. Näiden kaikkien ei kuitenkaan katsottu olevan suunnittelun seurausta, vaan 6 sakkaumodostumaa oli aiheutunut toteutuksessa tehdyistä virheratkaisuista.

Vaikeimmat ruostetukkeumat esiintyivät niissä ojastoissa, joissa suunnitteluvaiheessa ei oltu havaittu ruosteen muodostumista tai se oli arvioitu vähäiseksi ja tämän vuoksi ojasto oli suunniteltu normaalin, ongelmattoman maan ojitusnormien mukaan. Lähes yhtä vaikeat ruostesakkaumat esiintyivät sellaisissa ojastoissa, joissa ojitettavan alueen ruostevaara oli havaittu ja myös suunniteltu tämän mukaan vedenalaiseksi, mutta maalajin läpäisevyyden (kHt ja hHk) vuoksi ojasto kuitenkin jäi kuivana aikana pohjaveden pinnan yläpuolelle. Kolmas suunnittelutilanne oli sellainen, jossa ojitettavan alueen ruostevaara oli myös havait-

tu ja tuleva ojitus oli suunniteltu vedenalaiseksi siten, että kokooja-oja ja pääosa imuojista jäisi vedenalaiseksi. Tästä huolimatta salaojissa esiintyi puuromaista ruostesakkaa, joka oleellisesti hidasti veden virtausta salaojissa. Näiden lisäksi ruostesakkaumia esiintyi yleisesti lähteikköalueilla.

Toinen vaikeasti hallittava tukosmuodostuma on kivennäismaasta peräisin olevan maa-aineksen aiheuttamat tukokset. Näitä, lähinnä hiesu-, hieta- ja saves-sedimenttejä, havaittiin 23 ojastossa. Turvemailla esiintyvää mudan tai mutalietteen muodostamia sakkaumia havaittiin 13 ojastossa.

Pahimmat kivennäismaan aiheuttamat tukkeumat esiintyivät hieta- ja hiesumaiden salaojissa. Normaalin käytännön mukainen sorastus ei ollut estänyt lietteiden kulkeutumista veden mukana salaojaan. Tyypillistä näille tukkeumille oli selvän sedimenttikerroksen muodostuminen salaojaputken pohjalle ja sedimentoituneen lietteen huomattavan suuri määrä (liite 8).

Mudan tai mutalietteen muodostamat sakkaumat olivat kertyneet salaojaputkien koko sisäpinnalle vaihtelevan paksuiseksi kerrokseksi, enimmillään n. 10 mm. Tämän lisäksi putken pohjalla oli usein vielä samaa lietemuodostumaa kerrostuneena. Savimailla oli myös hyvin usein lietteitä salaojaputkessa, mutta sedimenttikerroksen paksuus ei ollut muutamia millimetrejä suurempi ja tukkeutumis-% jäi tavallisesti alle 10 % (liite 8).

Ruosteen liettämää suodatinsoraa esiintyi kahdella eri tavalla olosuhteista riippuen. Yleisimmin sora oli märän ja puuromaisen ruostesakan liettämää, jolloin suodatinsoran suodatuskyky oli heikentynyt. Tätä esiintyi vedenalaisissa ojastoissa ja tiivien maiden ojastoissa, joissa salaojaputken välitön lähiympäristö oli aina kosteaa tai märkää. Lämpäisevillä karkeilla kivennäismailla ruoste oli joko murumaisena karstana suodattimen joukossa tai se oli kovettanut suodattimen läpäisemättömäksi, lujaksi kuoreksi salaojan ympärille. Havaitut suodattimen liettymiset olivat niin pitkälle kehittyneitä, että suodattimella ei ollut enää suodatuskykyä jäljellä. Ruostunutta tai liettynyttä soraa esiintyi 30 ojastossa.

Ruosteen tiivistämiä saumarakoja ja reikiä esiintyi sellaisissa salaojaputkissa, jotka olivat pohjaveden pinnan yläpuolella. Näissä ruoste oli tiivistänyt saumaraot tai reiät niin tiiviiksi, ettei vesi päässyt virtaamaan salaojaputkeen. Näitä esiintyi kaikkiaan 23 ojastossa.

Maaperän rautapitoisuuden ja liettymisriskin lisäksi muut perussyiltään maalajin ominaisuuksista tai pellon olosuhteista aiheutuvat ongelmat, joita ei suunnitteluvaiheessa oltu riittävästi ennakoitu, liittyivät pellon maalajiin, pellon pinnanmuotoon tai paineelliseen pohjaveteen.

Maalajin osuus suunnitteluun liittyvistä ongelmista oli 11,1 %. Kaikki nämä tapaukset olivat sellaisia turvemaita, joissa heti mutautuneen muokkauskerroksen alapuolella oli maatumatonta tai vähän maatumutta turvetta vähintään salaojasyvyyteen saakka. Tällaisia riskimaalajeja oli 23 tutkitussa ojastossa. Näihin lisäksi liittyi 3 ojastossa jo em. ylipaineen esiintyminen salaojaputken sisällä.

Pellon pinnanmuoto oli otettu vaillinaisesti huomioon 20 ojastossa. Nämä olivat kaikki sellaisia tapauksia, joissa huomattavien painanteiden ja notkojen kuivatus olisi edellyttänyt sellaisia suunnitteluratkaisuja, jotka olisivat toteutuessaan poistaneet notkoihin kerääntyneet pintavedet. Pellon pinnanmuodon osuus tässä tarkastelussa oli 8,5 % kaikista suunnitteluun liittyvistä kuivatusongelmista.

Pellon sijaintiin suhteessa ympäristöön liittyi 8,5 % suunnittelusta juontuvista ongelmista. Kuusi ojastoa sijaitsi vesistöön nähden siten, että toteutetulla ojitussuunnitelmalla ei pystytty pellon kuivatusta pitämään kunnossa. Neljässä ojastossa pellon ympäristön vuoksi liikavesiä ei pystytty johtamaan alueelta poistavanomaisin keinoin, vaan tämä olisi edellyttänyt veden pumppaamista. Kahdeksassa ojastossa kuivatussyvyys oli liian matala, mikä johtui juuri pellon ympäristöstä. Kahdessa ojastossa keväisin toistuivat tulvat läheisen vesistön vuoksi.

Paineellinen pohjavesi oli jäänyt suunnittelijalta huomaamatta tai sitä ei oltu onnistuttu pitämään toteutetulla ojitussuunnitelmalla kurissa 9 ojastossa. Näiden ongelmien osuus suunnittelusta juontuvista ongelmista oli 3,8 %.

Muut suunnitteluvaiheessa tehdyt virheratkaisut olivat harva ojatiheys 11 ojastossa, matala ojasyvyys 10 ojastossa ja virheellinen imuojien suunta lohkon muotoon nähden 4 ojastossa.

Salaojien toteutuksessa tehtyjen virheratkaisujen tai puutteellisten ratkaisujen seurauksena runsaimmin ongelmia esiintyi ojakaivannon rakenteessa ja pintavesien johtamiseen liittyen. Ojakaivannossa esiintyvien virheiden ja puutteiden osuus oli 28,2 % ja pintavesien johtamiseen liittyvien puutteiden osuus 26,6 % (liite 3). Salaojan kokoon ja kaltevuuteen liittyvien virheiden osuus oli 12,1 % kaikista työvirheistä. Muut tähän ryhmään kuuluvat viat olivat liian suuret tai liian tiiviit saumaraot 9,6 % ja rikkoutunut salaojaputki 2,4 %.

Ojakaivannon rakenteeseen liittyvänä virheenä tai puutteena yleisimmin esiintyi ruokamullan puute. Ruokamullan määrään liittyvät puutteet esiintyivät tiiviillä kivennäismailla. Ruokamullan puuttumiseen tai vähyyteen oli ko. ojastoissa havaittavissa eri syitä. Kolmessa ojastossa ruokamullan puuttuminen johtui ojakaivannon sortumisesta, jolloin ruokamultaa ei oltu voitu enää pudottaa. Yleisimmillään ruokamullan puuttuminen kuitenkin esiintyi niillä tiiviillä kivennäismailla, joilla muokkauskerros oli vähämultainen. Kolmas tapaus oli sellainen, jossa ruokamullan pudotusta ei oltu katsottu tarpeelliseksi.

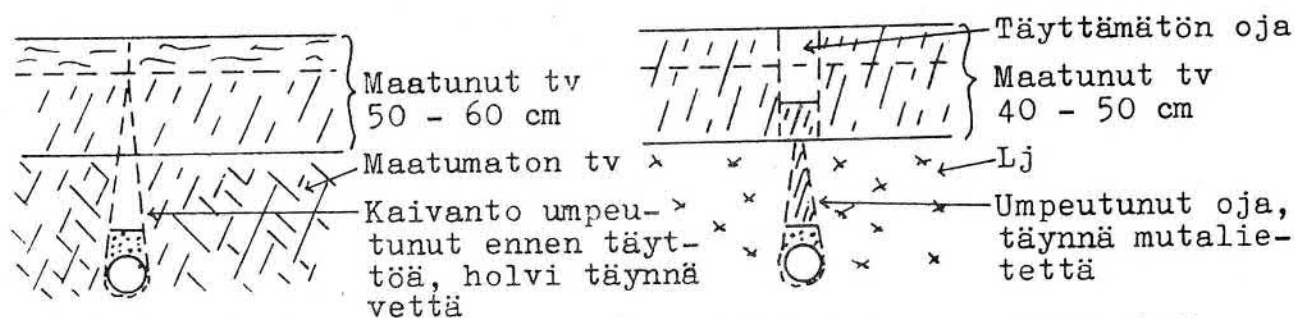
Suodatinaineen puuttuminen havaittiin 9 ojastossa. Näistä kahdessa ojastossa puuttui suodatinsora, joista toisessa se oli korvattu kangasmateriaalilla päällystetyllä saojaputkella ja toisessa ei ollut mitään suodatinainetta. Seitsemässä ojastossa suodatinaineen puuttuminen koski lautaputkien suojausta turveilla. Näissä tapauksissa ei ollut havaittavissa lautaputkien suojauksessa käytettyä maatumatonta turvetta putkien sivuilla eikä mitään muutaakaan korvaavaa suojusainetta.

Ojakaivannon sortumisia tai umpeenkuroutumisia havaittiin 7 ojastossa. Tämän tyyppisiä työvaiheen aikaisia virheitä esiintyi sekä turvemailla että kivennäismailla (kuvio 14).



1. Juoksevilla kivennäismailla muodostunut ojakaivannon rakenne

2. Virheellinen ojakaivannon täyttö savimaalla



3. Märkien turvemaiden "holvi"-muodostuma

4. Ojakaivannon rakenne työvirheen jälkeen tv-lj-maalla

Kuvio 14. Eri tavoin sortuneita salaojakaivantoja

Pintavesien johtamiseen liittyviä toteuttamisvaiheessa tehtyjä virheitä oli kahdenlaisia. Näistä useimmiten esiintyi sorasilmäkkeiden puuttuminen (21 ojastossa) ja toisena virhetyyppi oli vaillinainen pellon pinnan tasoittelu (12 ojastossa).

Salaojien kokoon ja kaltevuuteen liittyviä virheitä esiintyi 17 ojastossa. Kahdessa ojastossa kokoojan kaltevuus oli väärinpäin. Näistä toinen tapaus ilmeni sellaisessa ojastossa, jossa kokooja-oja oli jouduttu pellon pinnanmuodon vuoksi viemään korkeamman maastokohdan läpi. Toinen tapaus taas ilmeni tilanteessa, jossa kaivannon pohja oli kaivuvaiheessa kohonnut ja kaivanto

oli sortunut umpeen. Kokoojan kaltevuus oli 0 % kolmessa ojastossa. Näistä yksi tapaus oli suoraan seurausta ojitustyön aikana tehdystä työvirheestä. Muut kaksi tapausta esiintyivät turvemaiden ojastoissa, jolloin syytä kokoojien 0 % kaltevuuteen ei varmuudella voitu sanoa. Ne saattoivat johtua samoin toteutuksessa tehdystä virheestä tai pelkästään turpeen voimakkaasta painumisesta.

Muut ojituksen toteutusvaiheessa tehdyt virheet liittyivät suodatinsoran laatuun, putkisaumoihin, salaojaputken kuntoon ja kohta muut sisältämiin virheisiin (liite 3). Salaojaputkien rikkoutumiset kaikki 3 tapausta olivat lautaputkien lahoamisia. Näistä kaksi lautaputkiojastoa oli pohjaveden pinnan yläpuolella ja putkien lahoaminen oli tapahtunut suhteellisen nopeasti. Yhdessä imuojassa lautaputket oli jännitetty tekovaiheessa oja-kaivantoon loivalle kaarelle, jolloin naulojen ruostuttua ja katkettua sivulaudat olivat lommahtaneet yhteen.

Salaojien käytöstä eli viljelyn seurauksena ilmenevistä haitoista yleisin ongelma oli tiivistyminen sekä turvemaidella että kiivennäismailla. Kaikkiaan eriasteisia ja erilaisia tiivistymiä oli 57 ojastossa. Erityisesti turvemaiden ongelmana yleisesti esiintyi pellon huono kantavuus, joka toisaalta esti tekemästä viljelytoimenpiteitä normaalisti, jolloin väkisin tehdyt viljelytoimet huononsivat tilannetta entisestään. Näitä ongelmia esiintyi kaikkiaan 28 turvemaan ojastossa. Maa oli painunut voimakkaasti 11 ojastossa, mikä suurelta osin oli myös aiheutunut viljelyn seurauksena. Muut viljelyn osalle katsotut ongelmat olivat väärä kyntösuunta 2 ojastossa ja piiriojien huono kunto 2 ojastossa.

7.3.3.3. Ongelmien vaikutus salaojien toimintaan

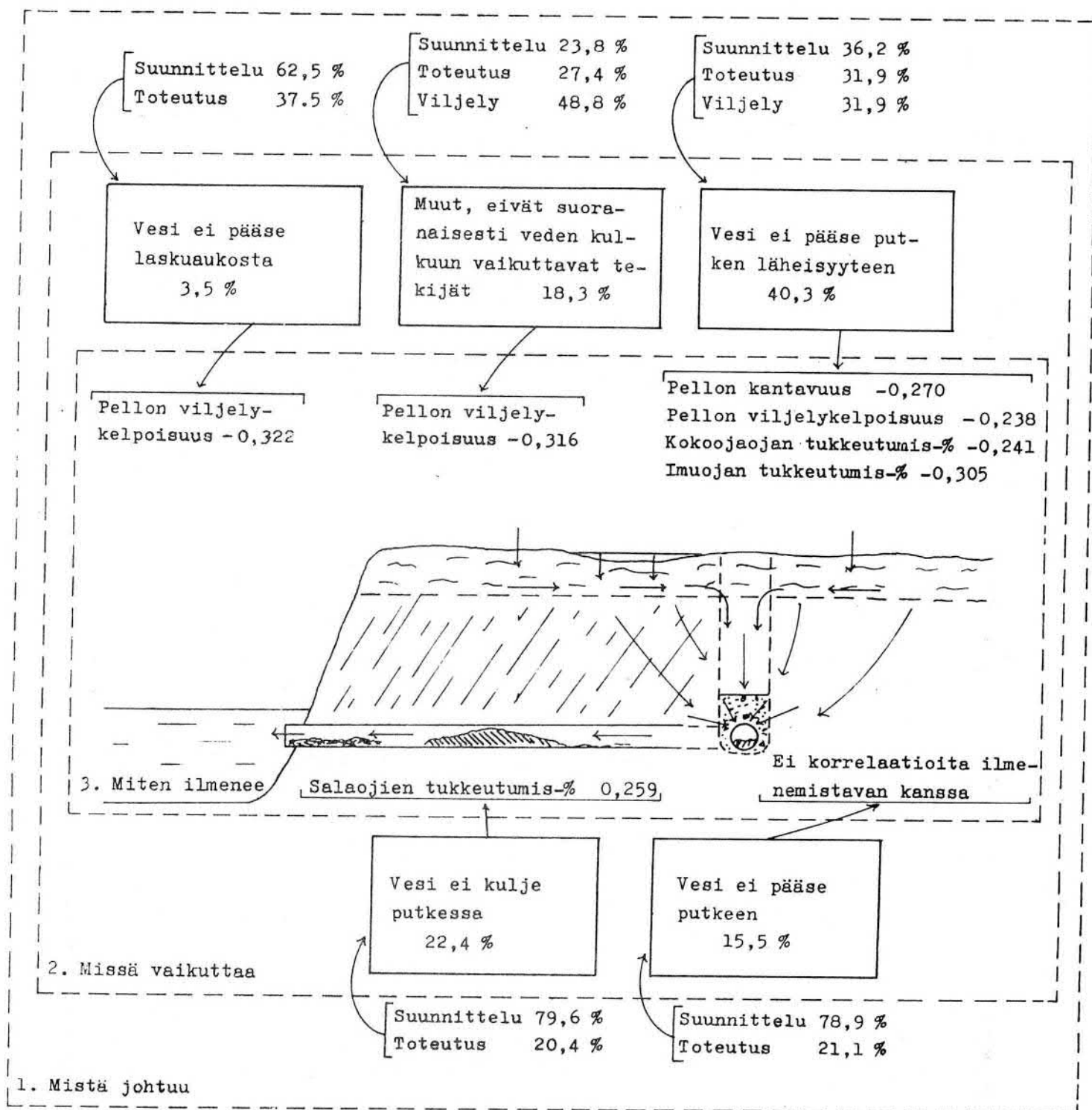
Toimintahäiriötutkimuksessa havaitut virheet ja puutteet on taulukossa 16 ryhmiteltyinä vaikutustapansa mukaan veden virtausta vastaaviin ryhmiin. Kaikista 459 yksittäisestä viasta ja puutteesta oli 84 sellaisia, jotka eivät suoranaisesti vaikuta veden virtaukseen tai joita ei voida tällä tavoin sijoittaa näihin ryhmiin.

Taulukko 16. Ongelmien vaikutus salaojien toimintaan

Häiriö vaikuttaa	kpl	Häiriöitä		
		%	kpl	%
Vesi ei pääse pois laskuaukosta	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 läheisyyteen	185	40,3	185	49,3
Muut	84	18,3	-	-
Yhteensä	459	100 %	375	100 %

Veden kulkua putken läheisyyteen estävistä tekijöistä 62,6 % esiintyi aivan pellon pintakerroksissa. Yleisimmät häirtetekijät olivat erilaisia tiivistymiä ja pintavesien johtamiseen liittyviä puutteita (liite 4). Muut pellon pintakerroksissa esiintyneet veden kulkuun vaikuttaneet tekijät olivat pellon epäedullinen pinnanmuoto ja virheellinen kyntösuunta. Ojakaivannossa esiintyi 14,1 % veden kulkuun vaikuttaneista ongelmista.

Kun yksityiskohtaisista vioista ja puutteista muodostettuja ryhmiä vertaillaan keskenään, havaitaan että veden kulkua putken läheisyyteen estävistä seikoista kytkeytyy suunnitteluun 36,2 %, toteutukseen 31,9 % ja viljelyyn 31,9%. Tässä on suunnittelun osuus korostunut notkoisten ja painanteisten peltojen sekä turvemaiden ongelmien vuoksi. Kivennäismailla on kuitenkin viljelytoimenpiteillä ja ojakaivannon rakenteella keskeinen merkitys veden liikkeisiin pellon pinnalta pohjavesiin ja salaojien läheisyyteen. Kuviosta 15 nähdään myös, että tämän ryhmän ongelmat vaikuttavat oleellisesti pellon kantavuuteen ja pellon viljelykelpoisuuteen. Salaojien tukkeutumis- ja po. ryhmän välinen negatiivinen korrelaatio johtuu siitä, että tyyppillisissä kivennäismaiden tiivistymistapauksissa eli lähinnä savimailla salaojat olivat puhtaat tai vain vähän lietettyneet. Samoin tiivistyneillä turvemilla oli myös usein puhtaat salaojat.



Kuvio 15. Toimintahäiriöiden ja ongelmien vaikutustavan välinen riippuvuus

Veden kulkua salaojaputkissa estävistä syistä pääosa eli 85,4 % oli erilaisia sakkauma muodostumia putken sisällä. Muut syyt

veden virtauksen estymiseen olivat salaojaputken pieni koko ja virheellinen ojakaltevuus sekä lukumääräisesti vähäisempinä ilmiöinä salaojan rikkoutuminen ja salaojan jäätyminen.

Kuvion 15 mukaan suunnittelun osuus on keskeisin veden virtauksen varmistamisessa salaojissa eli 79,6 %. Tämä johtuu selkeästi erilaisten sakkamuodostumien syntyisestä tavanomaisiin ojastoihin riskiolosuhteissa. Työvirheiden osuutta eli 20,4 % tässä ovat lähinnä salaojien kaltevuuksien ja putkikoon muutokset.

Veden pääsyn salaojaputkeen esti pääasiassa suodattimen ruostuminen ja saumojen tai reikien ruostuminen. Suodattimeen liittyviä ongelmia oli 42,3 % ja saumoihin tai reikiin liittyviä ongelmia 40,8 % tähän ryhmään lukeutuvista yksityiskohtaisista vioista. Lukumääräisesti vähäisempiä ongelmia olivat suodatinsoiran puuttuminen ja ylipaineen esiintyminen salaojaputkessa.

Myös tässä ongelmaryhmässä suunnittelun osuus on keskeinen eli 78,9 %. Tämä johtuu siitä, että samat riskitekijät, jotka aiheuttavat sakkaumia salaojaputkiin, aiheuttavat myös suodattimen ja saumojen ja reikien läpäisemättömyysongelmat. Toteutuksen seurausta tässä on lähinnä suodatinaineen puuttuminen ja tasapaisten tiiliputkien tiivis asettelu putkenlaskun yhteydessä. Toteutuksen osuus tässä ongelmaryhmässä oli 21,1 %.

Veden purkautumisen esteenä laskuaukolta olivat pääasiassa vaikeat ympäristöolosuhteet. Lisäksi matala valtaoja sekä laskuaukon liiallinen korkeus haittasivat veden purkautumista.

Kuvion 15 mukaan tästä ongelmaryhmästä kytkeytyy suunnitteluratkaisuihin 62,5 % ja toteutukseen 37,5 %. Nämä ongelmat edustavat sellaisia raja-tapauksia joissa kannattaa harkita kokonaan uudelleen salaojituksen mielekkyyttä, varsinkin kun epäonnistumisen seurauksena pelto muuttuu viljelykelvottomaksi. Usein tällaisissa tapauksissa pellon kantavuus ja viljelykelpoisuus on ollut heikko jo avo-ojienkin aikana.

Kuviossa 15 on lisäksi ryhmä ongelmia, jotka eivät varsinaisesti vaikuta veden liikkeisiin. Näiden osuus oli 18,3 % kaikista vioista. Pääosa näistä on turvemaiden ongelmia, kuten pellon

huono kantavuus ja maan painuminen (liite 4). Tämän tyyppisten ongelmien esiintyessä pellon viljelykelpoisuus on jo varsin huono.

7.3.4. Ongelmien riippuvuus olosuhteista

Salaojien toimintahäiriöiden ja olosuhteiden välisten riippuvuussuhteiden selvittämiseksi aineistoa tiivistettiin muodostamalla kaikkiaan faktorimuuttujia 19 kpl. Tilakohtaisia taustatekijöitä kuvaavia faktoreita näistä oli 11 kpl ja ongelmallisten ojastojen taustatekijöitä kuvaavia faktoreita oli 8 kpl. Tilaolosuhteita kuvaavat faktorit selittivät muuttujien varianssista 39,8 % ja ongelmallisia ojastoja kuvaavaavien faktoreiden selityskyvyksi tuli 38,6 %. Liitteessä 5 on esitetty lyhyt selostus kustakin olosuhteista kuvaavasta faktorista.

7.3.4.1. Salaojien ongelmat ja tilaolosuhteet

Salaojien toimintahäiriöiden ja tilalla vallitsevien olosuhteiden välisiä riippuvuussuhteita selvitettiin faktoroinnin jälkeen korrelaatioanalyysillä. Korrelaatiot laskettiin tilaolosuhteita eli tilatyyppejä kuvaavien faktoreiden ja salaojien toimintahäiriöitä kuvaavien eri tasoisten muuttujien välille. Näin muodostettujen korrelaatiokertoimien pohjalta tehtiin johtopäätöksiä eri tyyppisille olosuhteille ominaisista salaojien toimintahäiriöistä.

Faktorianalyysissä Etelä- ja Lounais-Suomen suurtilaksi nimetyille tilatyyppille, jolla esiintyy kuivatusongelmia salaojitetuilla pelloilla on tyypillistä, että ongelma-alueen pinta-ala on suuri ja tilalla on yhteensä saman tyyppistä ongelmallista pinta-alaa paljon. Kuivatusongelmista huolimatta peltojen kantavuus on viljelijän mukaan vähintään välttävä ja viljelytoimenpiteet on voitu tehdä ainakin pellon kantavuuden puolesta. Kyseisillä tiloilla kuivatusongelmat johtuvat muista syistä kuin salaojituksen toteutuksessa tehdyistä virheistä. Näillä tiloilla ei myöskään esiinny maatumattomia turvemaita. Tilatyyppien ja eri

tavoin kuvattujen toimintahäiriöiden välillä ei havaittu korrelaatioita. Tämä on merkittävää varsinkin tiivistymisongelmien osalta ja tulos merkitsee sitä, että erilaisia tiivistymisilmiöitä ei tilatyypin sinällään selitä, vaan tiivistymistapahtumat ovat riippuvaisia muista tekijöistä. Ongelma-alueen suuri pinta-ala johtuu puolestaan tilan suuresta pinta-alasta, riippumatta siitä, mikä on ongelman aiheuttaja.

Erikoistuneella kasvinviljelytilalla (kts. liite 5) esiintyi sellaisia salaojien toimintahäiriöitä, jotka johtuivat puutteellisesta suunnittelusta. Tässä aineistossa nämä olivat imuojien virheellinen suunta peltokuvioon nähden ja maaperän ruosteisuus, jota ei oltu havaittu suunnitteluvaiheessa. Näillä tiloilla peltojen kantavuudelle on asetettu tavallista korkeammat vaatimukset ja siksi myös toimintahäiriötapauksissa pellon kantavuus ensimmäiseksi aiheuttaa ongelmia, vaikeuttaen lähinnä kylvöä ja sadonkorjuuta.

Niillä tiloilla, joilla viljelijä otti huomioon viljelytöissä maahan kohdistuvat rasitukset ja pintapaineet eli viljelijä käytti mm. paripyöriä traktoreissa, esiintyi juuri viljelytoimenpiteistä peräisin olevia kuivatushäiriöitä, ts. maa oli tiivistynyt tai maa ei läpäissyt vettä. Tämä saattaisi johtua siitä, että tilalla on alettu käyttää paripyöriä ja alennettua ilmanpainetta vasta kuivatusongelmien ilmaantumisen jälkeen, jolloin ongelmat olisivat kovien viljelytoimenpiteiden seurauksena. Tämän selittäisivät myös tilan peltojen ominaisuudet, eli maatalajin luonnollinen tiiviys ja heikko läpäisevyys, jolloin ongelmia esiintyy aina sateisimpina kesinä.

Tilatyypin ja salaojien toimintahäiriöiden välisistä korrelaatioista 5 % riskillä nollasta poikkeavia korrelaatioita oli hyvin vähän ja samalla ne olivat varsin heikkoja. Tästä voidaan päätellä, että erilaisia salaojien toimintahäiriöitä ei voida selittää tilatyypeillä. Ainoastaan häiriöalueen pinta-ala on riippuvainen peltolohkon pinta-alasta, eli mitä suurempi tila sitä suurempi häiriöalue on ongelmien esiintyessä.

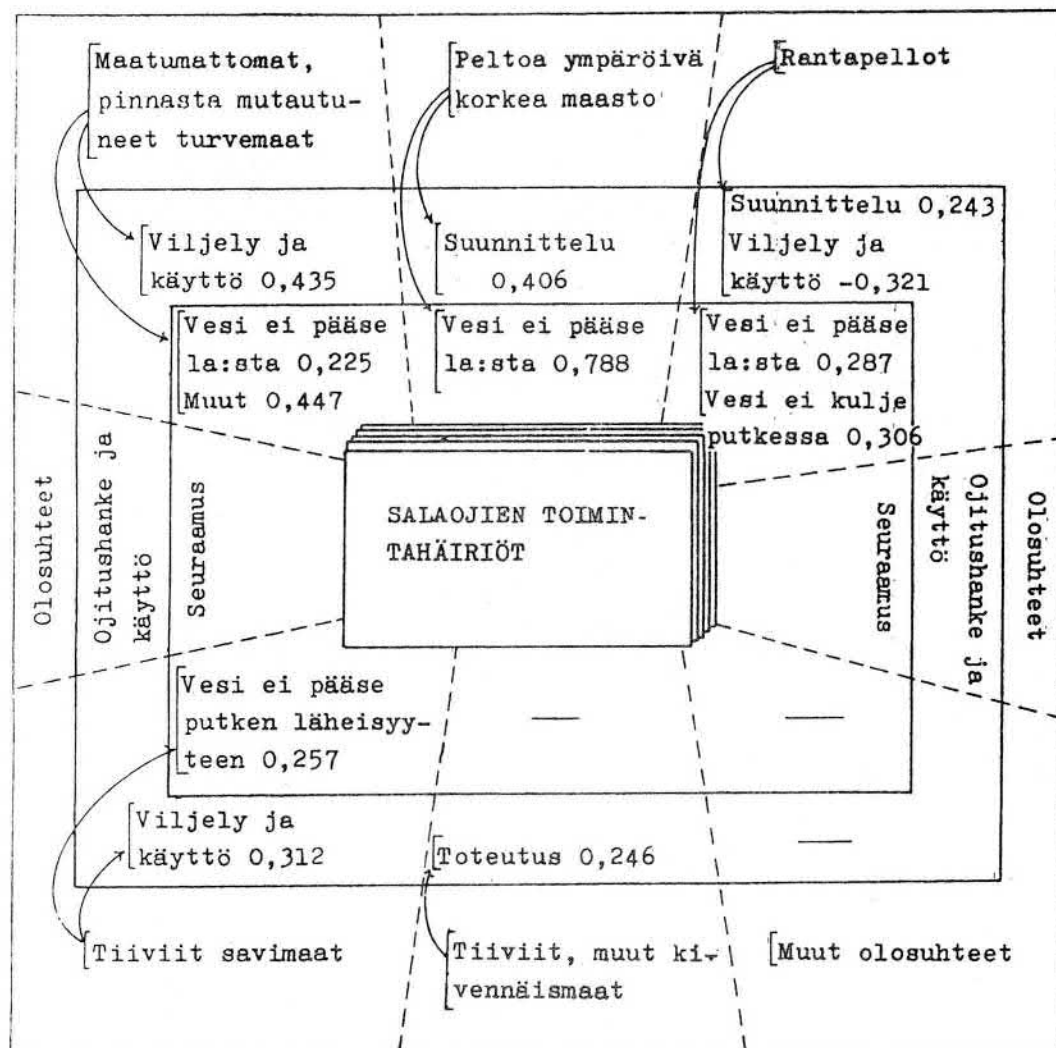
7.3.4.2. Salaojien ongelmat ja pelto-olosuhteet

Salaojien toimintahäiriöiden ja ongelmallisella peltolohkolla vallitsevien olosuhteiden välisiä riippuvuussuhteita selvitetiin samoin korrelaatioanalyysillä. Korrelaatiokertoimet laskettiin pelto-olosuhteita kuvaavien faktorimuuttujien ja salaojien ongelmia kuvaavien muuttujien välille. Kuviossa 16 on esitetty korrelaatioihin perustuvat riippuvuussuhteet ongelmien syntymisestä erilaisissa olosuhteissa.

Kuvion 16 mukaan maatumattomille turvemaille ovat tyypillisiä sellaiset kuivatusongelmat, jotka suurelta osin ovat peräisin viljelytoimenpiteistä. Turvemaan mutautuneen pintakerroksen läpäisemättömyys ja maanpinnan voimakas painuminen ovat juuri näitä ongelmia. Turvemaat painuvat salaojituksen jälkeen keskimäärin 1-1,5 cm vuodessa. Tämä johtuu koneiden aiheuttamasta maan tiivistymisestä ja eroosiosta, viljelyn edistämästä maatumattomien kerrosten maatumisesta ja myöskin salaojituksen alentamasta pohjaveden korkeudesta, jolloin pohjavesi ei enää kannata yläpuolista turvekerrosta. Maatumattomille turvemaille on luonteenomaista maalajin huono kantavuus, varsinkin sen jälkeen kun maan vesitalous on jo häiriintynyt. Niiltä osin kuin nämä turvemaat ovat jo painuneet huomattavasti salaojituksen jälkeen, ongelmaksi muodostuu salaojien ja valtaojan mataluus, jolloin kuivavara jää pieneksi.

Maatumattomien turvemaiden kuivatusongelmat ilmenevät varsin nopeasti alueen heikkona kantavuutena, jolloin pelto voi tulla viljelykelvottomaksi. Tällaisissa tapauksissa tiloilla oli jouduttu lisäämään salaojia jälkeinpäin ongelmallisen lohkon viljelykelpoisuuden palauttamiseksi.

Epäedulliset ympäristötekijät olivat selvimpiä, kun peltolohko oli korkeamman maaston ympäröimä tai pelto rajoittui korkeavetiseen vesistöön. Tällöin kuivatusongelmat juontuivat suurelta osin suoraan salaojituksen suunnittelussa tehdyistä ratkaisuksista, ts. näihin olosuhteisiin oli tehty normaalien olosuhteiden salaojasuunnitelma eikä oltu otettu huomioon riittävästi kuivattavan alueen erityisvaatimuksia.



Kuvio 16. Toimintahäiriöiden riippuvuussuhde salaojien toimint-
erilaisissa olosuhteissa

Korkean maaston ympäröimältä peltolohkolta vesien poisjohtaminen oli vaikeaa, koska valtaoja olisi jouduttu viemään leikkauksella korkeamman maastokohdan yli. Niissä tapauksissa, joissa syvällä valtaojalla oli yritetty saada riittävä kuivatussyvyys, valtaoja oli pian sortunut. Samankaltainen valtaojien aukipysymisongelma oli sellaisilla tasaisilla turvemailla, joissa valtaoja oli viety suhteellisen pitkän matkan tasaisen ja yleensä metsäisen turvealueen läpi. Rantapelloilla vastaavasti useina keväinä

toistuvat tulvat, vesistöjen korkea vedenpinta suhteessa pellon pintaan ja näissä olosuhteissa usein esiintyvät ruostesakkaumat olivat perimmäiset syyt peltolohkojen märkyyteen.

Molemmat ympäristötekijät vaikuttavat salaojien toimintaan veden kulun mukaisessa tarkastelussa siten, että vesi ei pääse vapaasti purkautumaan laskuaukolta matalan valtaojan tai korkean vedenpinnan vuoksi. Ts. näissä olosuhteissa pellon kuivatussyvyys on matala, ja tämän seurauksena pellot ovat pahimmillaan joko osittain tai kokonaan viljelykelvottomia.

Tiiviillä savimailla tyypillisiä olivat sellaiset ongelmat, jotka estivät veden pääsyn pellon pintakerroksista salaojien läheisyyteen. Näitä olivat pääasiassa jankon ja osittain muokauskerroksen tiivistyminen. Nämä savimaiden tiivistymät johtuivat pääsääntöisesti viljelytoimenpiteistä. Näissä olosuhteissa ojakaivantojen tiivistymistä tai vedenläpäisemättömyyttä pahentaa ruokamullan ja sorasilmäkkeiden vähäisyys. Poikkeuksellisen sateisilla kasvukausilla on myös suuri vaikutus maan tiivistymisiin, mikäli viljelijä ei pysty pitämään viljelytoimenpiteistä maahan kohdistuvaa rasitusta samalla tasolla kuin normaaleissa olosuhteissa.

Kuvion 16 mukaan muilla tiiviillä tai tiivistyneillä maalajeilla oli tehty satunnaisia työvirheitä ja jälkitöiden osalta työt oli tehty huonosti, sarkaojapainanteiden ja epätasaisuuksien tasoittelu oli jäänyt heikoksi, jolloin pintavesien kerääntyminen notkoihin ja painanteisiin aiheutti kuivumisongelmia. Ongelman luonteesta johtuen ongelma-alueen pinta-ala oli suhteellisen pieni, mutta näitä oli useita samalla peltolohkolla.

Muiden faktoreiden kuvaamissa pelto-olosuhteissa ongelmien aiheuttajat vaihtelivat ja näinollen veden kulku pellon pinnalta salaojien kautta valtaojiin oli häiriintynyt eri tavoin, eikä tyypillisiä ongelmia ole havaittavissa näille olosuhteille.

Pelto-olosuhteita kuvaavat faktorit selittävät ojastoista mitattujen muuttujien yhteisestä vaihtelusta 38,6 %. Lisäksi faktori muuttujien ja ongelmatyyppejä kuvaavien muuttujien väliset korrelaatiot ovat korkeimmillaankin vain keskivahvoja. Tämä

merkitsee sitä, että vain selvimmät ja voimakkaasti olosuhteista riippuvat salaojien toimintahäiriöt on saatu kuviossa 16 esille. Kuvioista jäävät puuttumaan sellaiset maalajien ominaisuuksista riippuvat toimintahäiriöt, jotka eivät ole tyypillisiä tässä aineistossa faktoreiden kuvaamille pelto-olosuhteille, sekä sellaiset tekijät, joita esiintyy lähes kaikilla maalajeilla esim. ruostetukkeumat, lietetukkeumat ja lähteisyys. Lisäksi ongelmien syynä saattaa olla olosuhteista riippumattomia satunnaistekijöitä esim. inhimilliset työvirheet ja suunnitteluvirheet.

7.3.5. Erityisongelmien esiintyminen eri maalajeilla

7.3.5.1. Putkitukokset

Tutkituissa ojastoissa todettiin eri syvyydellä näytteiden perusteella kaikkiaan 38 erilaista maalajia. Salaojasyvyydessä erilaisia maalajeja oli 28 (liite 6). Ruosteen aiheuttamia tukkeumia esiintyi lähes kaikilla maalajeilla (liite 7). Neljällä eri maalajilla ruostesakkaumia ei esiintynyt lainkaan eli hiesulla, savisella multamaalla ja LCS- ja S-turpeilla. Aitosavella ja liejusavella ruostehavaintoja oli suhteellisesti vähemmän kuin muilla maalajeilla. Tutkittujen kivennäismaiden ojastoista 44,1 %:ssa esiintyi ruostesakkaumia kokooja-ojista mitattuna ja 40,7 %:ssa imuojista mitattuna (taulukko 17). Turvemaiden ojastoista vastaavasti kokoojaojista 50,0 %:ssa esiintyi ruostesakkaumia ja 30 %:ssa imuojista.

Ruosteen aiheuttama tukkeuma-% on kivennäismaiden ojissa jonkin verran suurempi kuin turvemaidella. Ruostesakan määrä vaihteli jonkin verran turvemaidella ja kivennäismailla pelkästään kokoojista tai imuojista tehtyjen havaintojen perusteella. Ojastoittain tarkasteltuna ruostehavaintojen määrä oli turvemaidella suurempi kuin kivennäismailla (taulukko 17). Kaikkiaan 46 ojastossa 92 tutkitusta ojastosta esiintyi eriasteisia ruostemuodostumia. Näistä 10 ojastossa sakkauman määrä oli kuitenkin vähäinen.

Taulukko 17. Ruosteen esiintyminen maalajiryhmittäin

	Ruostehavainnot ja yht						
	Ojastoja yht kpl	Ojastoittain		Kokoojassa		Imuojassa	
		kpl	%	kpl	%	kpl	%
Kivennäismaat	59	28	47,5	26	44,1	24	40,7
Turvemaat	30	17	56,7	15	50,0	9	30,0
Lieju- ja mul- tamaat	3	1	33,3	-	-	1	33,3
yht	92	46	-	41	-	34	-

Erilaisia liettymiä esiintyi myös lähes kaikilla maalajeilla (liite 8). Kivennäismailla salaojaputkiin sedimentoitunut liete oli pääasiassa hiesua ja savesta sekä turvemaiden tavallisesti putken sisäpinnalle iskostunutta mutaa. Kivennäismaiden pahimmat liettymät esiintyivät hiesumaiden ja hiesuisilla mailla, jolloin tukkeuma-% putken poikkileikkauspinta-alasta oli yleensä yli 10 % ja enimmillään 100 %. Myös aitosavilla ja liejusavilla esiintyi usein liettymiä, mutta tukkeuma-% oli tavallisesti alle 10 % ja enimmilläänkin alle 20 %. Karkeammilla kivennäismailla liettymät esiintyivät tavallisesti yhdessä ruostesakkaumien kanssa. Myös Turvemaiden n. puolet liettymistä esiintyi ruostesakkaumien kanssa. Enimmillään mutalietteen aiheuttama tukkeuma oli 50 % putken poikkileikkauspinta-alasta (liite 8).

Tutkittujen kivennäismaiden ojastoista liettymiä esiintyi kokoojista mitattuna 30,5 %:ssa ja imuojista mitattuna 40,7 %:ssa. Turvemaiden vastaavasti liettymiä esiintyi kokoojahavaintojen ja imujahavaintojen mukaan yhtä useasti eli 33,3 %:ssa ko. maalajiryhmän ojastoista (taulukko 18). Ojastoittain tarkasteltuna liettymiä esiintyi yhtä useasti kivennäismaiden ojastoissa ja turvemaiden ojastoissa eli kivennäismaiden ojastoista 45,8 %:ssa ja turvemaiden ojastoista 43,3 %:ssa. Kaikkiaan liettyneitä ojastoja oli 42 kpl.

Taulukko 18. Lietetukkeumien esiintyminen maalajiryhmittäin

	Lietehavaintoja yht						
	Ojastoja yht kpl	Ojastoittain kpl	%	Kokoojassa kpl	%	Imuojassa kpl	%
Kivennäismaat	59	27	45,8	18	30,5	24	40,7
Turvemaat	30	13	43,3	10	33,3	10	33,3
Lieju- ja mul- tamaat	3	2	66,7	-	-	2	66,7
yht	92	42	-	28	-	36	-

Tukkeumien ongelmallisuutta kuvaa se, että nämä koostuivat usein ruostesakasta ja erilaisista lietteistä. Kivennäismailla 26:sta kokooja-ojassa esiintyneestä ruostesakasta 6 tapauksessa oli lisäksi hs, savesta tms. ja imuojissa esiintyneistä 24 ruostesakasta 8:ssa oli vastaavia lietteitä. Turvemaiden 15:stä kokoojan ruostesakasta 5:ssä oli lisäksi mutaa sekä imuojien 9:stä ruostesakasta 4:ssä oli vastaavasti mutalietettä. Kaikkiaan ruostesakkauma esiintyi 46 ojastossa ja erilaisia liettymiä 42 ojastossa. Kaikkiaan eriaisteisia ruoste- ja lietesakkauma oli 77 ojastossa. Salaojat olivat puhtaat 15 ojastossa.

7.3.5.2. Tiivistyminen

Tiivistymisongelmat ja veden läpäisemättömyys ongelmat olivat pääasiassa tiiviiden kivennäismaiden ja sellaisten turvemaiden ongelmia, joissa pintakerros oli mutautunut n. 30-40 cm:n syvyyteen. Liitteestä 10 havaitaan, että tiivistymisongelmia esiintyi myös karkeammilla kivennäismailla. Tavallisesti nämä ongelmat esiintyivät sellaisissa olosuhteissa, joissa oli tasoittamattomia sarkaojapainanteita tai muita epätasaisuuksia, jolloin pintavesien kerääntyminen ja viljelytoimenpiteet olivat tiivistäneet maan. Turvemaiden tiivistyminen oli tapahtunut tyypillisesti muokkauskerroksessa ja savi- ym. tiiviillä kivennäismailla jankossa sekä myös osittain muokkauskerroksessa.

7.3.6. Salaojien tukkeumat putkimateriaaleittain

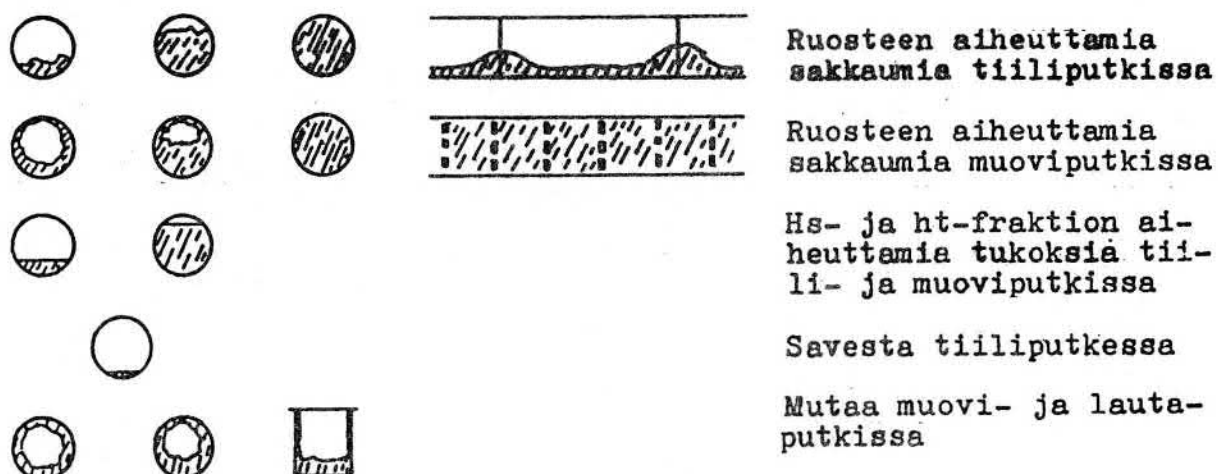
Tarkasteltaessa ruostesakkaumia ja liettymiä putkimateriaaleittain havaitaan, että tutkituissa ojastoissa tiiliputkella ja muoviputkella esiintyy suunnilleen yhtä useasti tukkeumia. Ojastoittain tarkasteltuna tiiliputkiojituksista 49 %:ssa, muoviputkiojituksista 51,6 %:ssa ja lautaputkiojituksista 57,1 %:ssa esiintyi eriasteisia ruostesakkaumia. Lietteitä esiintyi vaihtelevia määriä 43,1 %:ssa tiiliputkiojastoista, 48,4 %:ssa muoviputkiojastoista ja 42,9 %:ssa lautaputkiojastoista (taulukko 19).

Taulukko 19. Eri sakkaantumien esiintyminen putkimateriaaleittain

		Ruostehavainnot yht						Lietehavainnot yht					
Ojastoja		Kok.		Imu.		Ojast.		Kok.		Imu.		Ojast.	
yht	kpl	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%
Lauta	7	4	57,1	1	14,3	4	57,1	2	28,6	2	28,6	3	42,9
Tiili	51	22	43,1	19	37,3	25	49,0	14	27,5	23	45,1	22	43,1
Muovi	31	15	48,4	13	41,9	16	51,6	10	32,3	9	29,0	15	48,4
Sekal.	3	-	-	1	33,3	1	33,3	2	66,7	2	66,7	2	66,7
yht	92	41	-	34	-	46	-	28	-	36	-	42	-

Tiili- ja muoviputkia on kuitenkin käytetty hyvin erilaisissa olosuhteissa. Maalaji on tiiliputkiojastoissa pääasiassa saveksia ja muita kivennäismaita. Muoviputkiojastoissa maalaji on tavallisimmin turvetta ja lisäksi myös karkeaa kivennäismaata. Tästä syystä putkimateriaalien vaikutuksesta sakkaumien esiintymisen määrään ei voida tehdä johtopäätöksiä tämän aineiston perusteella. Liitteestä 9 kuitenkin havaitaan että, jos maaperässä on liettymiä ja sakkaumia aiheuttavia tekijöitä, niin sakkaumia myös muodostuu salaojiin putkimateriaalista riippumatta.

Tukkeuma- ja liettymähavaintojen perusteella sakkaumat kuitenkin kerääntyvät eri tavoin eri putkimateriaaleihin (kuvio 17).



Kuvio 17. Erilaisia tukosmuodostumia salaojaputkissa

Ruostemuodostumat olivat kerääntyneet tiiliputkissa suhteellisen tasaiseksi tai pinnaltaan kokkareiseksi kerrokseksi putken pohjalle. Jos ruosteen määrä oli vähäisempi, niin ruosteen kerääntyminen saumojen kohdalle oli selvästi runsaampaa kuin muualle putkistoon. Muoviputkissa ruoste oli taas kerääntynyt kaikkialle putken sisäpinnalle. Sen jälkeen kun tämä kerros oli kasvanut riittävän paksuksi, ruostetta oli alkanut kerääntyä putken pohjalle samalla tavalla kuin tiiliputkissakin. Kivennäismailla lietteet olivat sedimentoitunut molemmissa putkimateriaaleissa putken pohjalle. Mutalietteet oli kerääntyneet muoviputkiin samalla tavoin kuin ruoste. Myös lautaputkissa ruoste ja mutalietteet olivat kerääntyneet putken seinämille.

7.4. Tulosten tarkastelua

Kappaleessa 7.3.3. käsitellyissä ongelmien ryhmittelyssä kukin ryhmä ja niiden suhteelliset osuudet kaikista esiintyneistä ongelmista perustuvat yksityiskohtaisten vikojen ja puutteiden havaintomääriin. Keskimäärin erilaisia vikoja oli 5 kpl/ojasto. Selkeimmissä tapauksissa näitä oli 2-3 kpl/ojasto ja vaikeim-

missä tapauksissa jopa 6-7 vikaa/ojasto. Ojastoissa esiintyneiden eri vikojen ja puutteiden vaikutusastetta ojaston toimintaan oli hyvin vaikea arvioida, koska kaikissa tapauksissa ei voida sanoa mikä on syy ja mikä seuraus. Joissakin ojastoissa oli yksi perussyys ja muut havaitut ongelmailmiöt olivat pikemminkin kumuloituvan perusongelman seurauksia. Vastaavasti joissakin ojastoissa saattoi olla useita samanaikaisesti vaikuttavia perussyitä ja näiden yhteisvaikutuksen seurauksena lisäksi muita ongelmailmiöitä. Juuri tämän ongelmien kompleksisuuden vuoksi yksittäisiä vikahavaintoja ei voitu painottaa ojastoittain vaikutuksensa mukaan. Tämän vuoksi liitteessä 2 esitettyjen yksityiskohtaisten vikojen ja puutteiden osalta ei voida arvioida yksittäisten ongelmailmiöiden vaikutusastetta pellon vesitalouden häiriöön. Tästä kuitenkin nähdään havaintomääriin perustuva ongelmien tärkeysjärjestys ja liitteissä 3-4 se, mistä nämä ovat peräisin ja missä salaojien toiminnallisessa osassa ongelmat useimmin esiintyvät ja vaikuttavat.

Salaojakeskus ry:n vikatarkastuksissa ongelmien ryhmittely poikkeaa salaojien toimintahäiriötutkimuksessa käytetystä ryhmittelystä. Lisäksi Salaojakeskus ry. on tehnyt vikatarkastukset pääasiassa pellon pinnalta tarkkailemalla laskuaukkoja, tarkastuskaivoja jne, mistä johtuen ojastoa kohden on havaittu keskimäärin vähemmän ongelmia. Tässä tutkimuksessa on sitävastoin selvitetty, millaisia vikoja ja puutteita kaikkiaan vajaatoimintaisissa ojastoissa esiintyy ja vasta tämän jälkeen analysoitu, mistä ne johtuvat tai miten ne vaikuttavat salaojien toimintaan. Tämän vuoksi vikatarkastuksien tuloksia ei voida suoraan verrata toimintahäiriötutkimuksen tuloksiin.

Salaojien toimintahäiriötutkimuksen tulosten perusteella voidaan päätellä että, toimintahäiriöön johtavat perussyyt ovat pääsääntöisesti ojitetussa maassa joko maalajista riippuvaisina tai maalajista riippumattomina ominaisuuksina. Nämä perussyyt voivat aiheuttaa salaojien toimintahäiriön jo yksinään, kuten ruoste ja liettyminen, tai ne edellyttävät lisäksi muita tekijöitä ennenkuin salaojien toiminta häiriintyy esim. tiivistyminen (kuvio 18). Maalajeista riippuvaisia perussyitä ovat tämän mukaan:

- maalajin tiivistymisaltttius
- maalajin liettymisaltttius
- maalajin vedenpidätyskyky
- maalajien kaivettavuus.

Vastaavasti maalajista riippumattomia perussyitä ovat:

- ruostumisaltttius
- pohjavetisyys.

Liettymisaltttius ja ruostumisaltttius ovat sellaisia ominaisuuksia maassa, jotka vaikuttavat suoraan suodatinaineen ja salaojaputken toimintaan niissäkin tapauksissa, joissa nämä ominaisuudet on otettu suunnitteluvaiheessa huomioon. Pohjavetisyys ja lähteisyys vaikuttavat pysyvästi pellon vesitalouteen, jolloin näitä ongelmia on ollut vaikea poistaa perinteisin ojitusmenetelmin. Tiivistymisaltttius, maalajin suuri vedenpidätyskyky ja maalajin kaivuvaikeudet sen sijaan ovat sellaisia perussyitä, jotka aiheuttavat salaojien toimintahäiriöitä vasta sitten, kun jokin muu tekijä vaikuttaa epäedullisesti ojien toiminnan kannalta. Maalajien kaivuvaikeuden kasvaessa työvirheiden määrä kasvaa, jolloin salaojien toiminta ei enää ole täydellistä. Samoin maalajin tiivistymisaltttiuden ja vedenpidätyskyvyn kasvaessa peltoon kohdistuvien muiden rasisitustekijöiden merkitys kasvaa ratkaisevaksi kuivumisongelmissa.

Pellon pintaosiin kohdistuvat ja salaojien toimintaan vaikuttavat tekijät jakaantuvat pellostä riippumattomiin ja pellostä riippuviin tekijöihin. Pellosta riippuvia tekijöitä ovat:

- pellon topografia
- pellon pinnan tasaisuus.

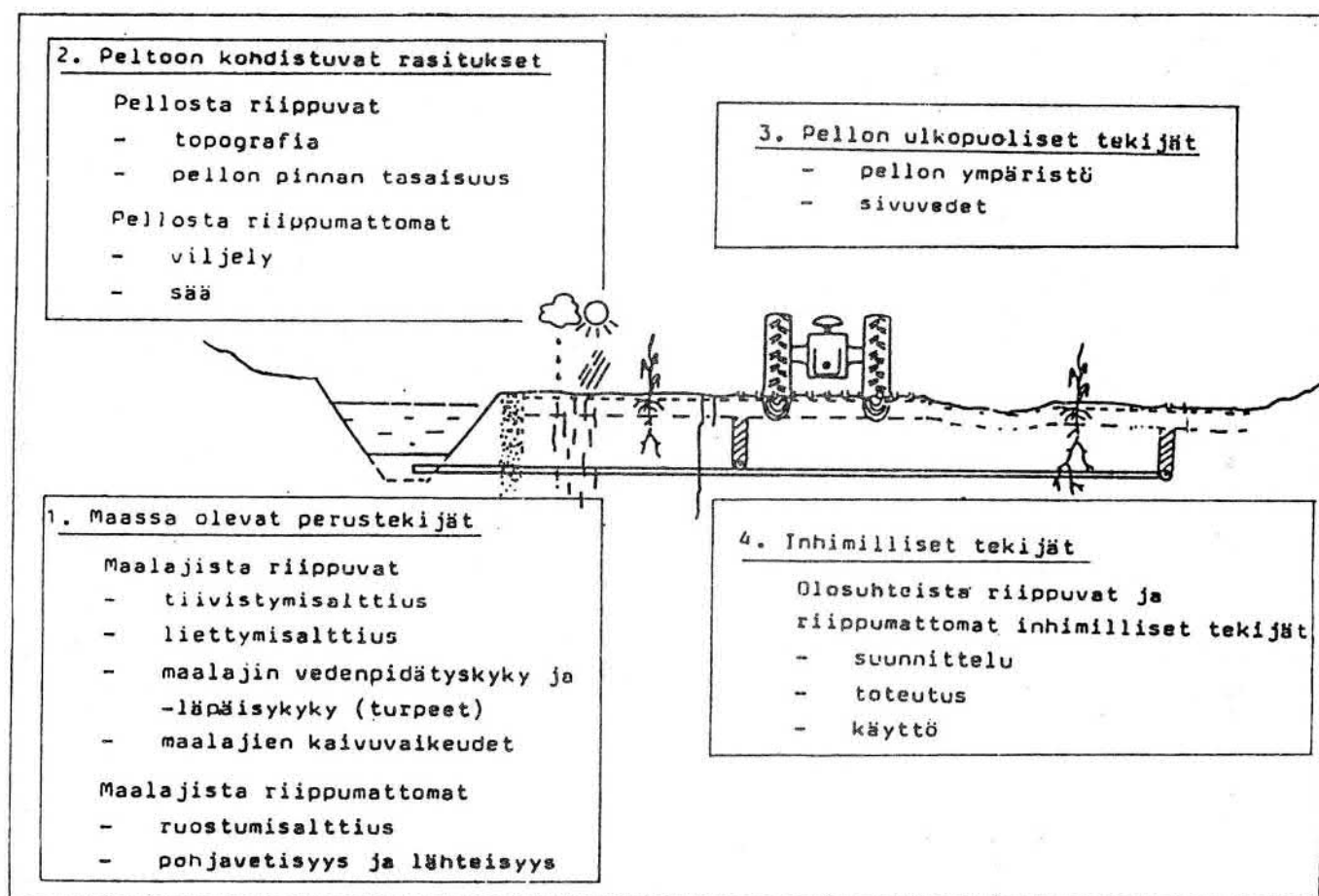
Pellosta riippumattomia tekijöitä ovat:

- viljely
- säätekijät.

Näiden merkitys toimintahäiriöissä kasvaa voimakkaasti tiivistymisaltttiilla mailla ja turvemailla.

Pellon ulkopuoliset tekijät vaikuttavat siten, että em. ongelmat ja toimintahäiriöt korostuvat ja ilmenevät nopeammin. Pellon ulkopuoliset tekijät ovat usein myös perussyynä salaojien toimintahäiriöihin. Vaikeimmissa tämän tyyppin tilanteissa salaojituksen mielekkyys onkin varsin kyseenalaista.

Toimintahäiriöitä voi syntyä myös inhimillisten virheiden vuoksi, vaikkei maassa olisikaan mitään toimintahäiriöitä aiheuttavaa riskitekijää tai jos riskitekijöitä ei olla satunnaisesti havaittu.



Kuvio 18. Salaojien toimintahäiriöitä aiheuttavat tekijät

Kuviossa 18 esitetyistä salaojien toimintahäiriöitä aiheuttavista tekijöistä tärkeimmän riskiryhmän muodostavat maassa olevat perustekijät. Salaojitetulla loholla näiden perustekijöiden

riskiaste kasvaa tai ongelma ilmenee aikaisemmin, jos ojitetulla lohkolla lisäksi vaikuttaa vielä jokin muu kuvion 18 riskiryhmien tekijöistä. Inhimilliset tekijät eli lähinnä riittämätön perustieto ojitusriskien minimoimisessa koskee eniten juuri näitä maassa olevia perustekijöitä tai -riskejä.

Säätetekijöiden vaikutus salaojitettujen lohkojen kuivumiseen on hyvin keskeinen. Sateisena vuonna ja heti tällaisen vuoden jälkeen salaojien toimintahäiriöitä esiintyy huomattavasti enemmän kuin normaaleina tai kuivina vuosina. Osaa tällaisista sateisten vuosien toimintahäiriö-ilmiöistä ei ilmeisesti voidakaan laskea varsinaisiin salaojien toimintahäiriöihin vaan kysymys on pikemminkin siitä, että tällöin sademäärät ovat olleet näillä peltolohkoilla yksinkertaisesti liian suuria ja salaojituksella ei ole ollut mahdollistakaan kuivattaa kyseisiä lohkoja näissä olosuhteissa.

Kokonaisuudessaan salaojien toimintahäiriön syntyyn vaikuttavat tavallisesti useat tekijät. Karkeasti voidaankin sanoa, että salaojien toimintahäiriöitä aiheuttavia tekijöitä alkaa kasaantua ojitettavalle lohkolle jo suunnittelutilanteesta lähtien ja tämä kehitys jatkuu ojitustyön ja salaojien käytön aikana, kunnes riskikynnys on ylitetty ja toimintahäiriö puhkeaa pellon kuivumisongelmana.

8. TIIVISTELMÄ

Tämä tutkimus tehtiin vilkkaan salaojien toimintahäiriö-keskustelun seurauksena sateisen kesän -81 jälkeen Salaojakeskus ry:n, Ojamuovi oy:n ja tiiliteollisuusliitto ry:n rahoittamana. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää salaojien toimintahäiriöt ja niiden aiheuttajat, olosuhteet, joissa toimintahäiriöitä esiintyy ja ongelmien laajuus sekä osoittaa ne toimintahäiriötyypit, joiden hallinta rationaalisessa salaojituksessa edellyttäisi yksityiskohtaisempia jatkotutkimuksia.

Toimintahäiriöitä tutkittiin kesällä -82 ja -83 92:lla käytännön maatilalla ympäri Suomea 46:n kunnan alueella. Tiedot niistä maataloista, joilla esiintyi salaojien toimintahäiriöitä vastaavana aikana, saatiin salaojateknikoilta. Kaikkiaan teknikot ilmoittivat 530 maatilan ongelmalliset salaojitukset. Tutkimuspaikkakunniksi valittiin sellaisia alueita, joissa em. teknikkokyselyn perusteella näytti esiintyvän ympäristöään runsaammin toimintahäiriöitä. Tutkimustilat valittiin arpomalla näiden paikkakuntien maatilojen joukosta. Eri putkimateriaaleilla tehtyjen ojastojen osuudeksi tutkimusaineistossa määrättiin yhtäsuuri osuus kuin se oli salaojateknikoilta saadussa aineistossa.

Tiloilta selvitettiin viljelijää haastatteleamalla keskeisimmät tilaolosuhteita kuvaavat seikat, kuten esim. tilan peltopinta-ala, tuotantosuunta, viljelykierto, koneet jne. Ongelmallinen ojasto tutkittiin yksityiskohtaisesti kaivamalla salaojat esiin kahdesta kohtaa, jolloin voitiin arvioida ojakaivannon rakenne, ojaston kunto ja häiriön aiheuttaja. Maan tiiviyyttä tutkittiin veden imeytymisnopeuden ja maan kuivatilavuuspainon avulla. Lisäksi ojastosta selvitettiin ojitusajankohta, ojitusolosuhteet ja yleensäkin kaikki sellaiset tekijät, jotka vaikuttavat salaojien toimintaan.

Tämän kenttätutkimuksen ohella toimintahäiriötutkimuksessa laskettiin yhteenveto ja erilaisten häiriöiden osuudet Salaojakeskus ry:n vuosien -81 ja -82 vikatarkastuskertomuksista. Näitä tuloksia ei kuitenkaan voida verrata suoraan toimintahäiriötutkimuksen tuloksiin erilaisen ongelmien ryhmittelyn vuoksi.

Tiloilta kerätty tutkimusaineisto analysoitiin faktorianalyysillä ja ryhmittelemällä yksityiskohtaiset viat eri ryhmitysperusteiden mukaisiin ryhmiin kuten esim. veden kulun mukaiseen ryhmittelyyn.

Veden kulun mukaisessa ryhmittelyssä suurimmaksi ongelmaksi osoittautui veden virtaus pellon pinnalta salaojien läheisyyteen. Tähän salaojien toiminnalliseen osaan vaikutti 40,3 % kaikista yksityiskohtaisista vioista. Yleisimmät tähän vaikuttavat syyt ovat tiivistyminen, sorasilmäkkeiden tai muun pintavesien johtamista helpottavan rakenteen puuttuminen, oja-kaivannon tiivis rakenne ja turpeiden vedenpidätyskyky.

Toiseksi suurimpana ongelmana oli veden virtauksen estyminen salaojassa. Tähän vaikuttavien yksittäisten vikojen osuus oli 22,4 % kaikista vioista. Syynä veden virtauksen estymiseen on lähes yksinomaan kiinteän aineen eli ruostesakan tai lietteiden kertyminen salaojaan. Toinen syy tämän ongelman ilmenemiseen on pieni salaojan koko ja kaltevuus.

Niiden vikojen ja ongelmien osuus, jotka estävät veden virtausta salaojan sisään, oli 15,5 %. Tähän vaikuttavat syyt ovat käytännössä samoja kuin veden virtausta salaojassa estävät syyt eli ruoste ja liete. Tavallisesti salaojien saumaraot ja reiät sekä suodatin olivat ruostuneet tai liettyneet läpäisemättömäksi.

Vähäisempänä ongelmana oli veden vapaan virtauksen estyminen laskuaukoilta eli 3,5 % kaikista vioista. Tämä tilanne esiintyi sellaisissa olosuhteissa, joissa pellon ympäristö oli epäedullinen salaojituksen kannalta eli lähinnä rantapelloilla tai korkean maaston ympäröimillä pelloilla.

Veden kulun mukaisessa ryhmittelyssä 18,3 % vioista oli sellaisia, jotka suoranaaisesti eivät vaikuta veden virtaukseen. Näitä olivat lähinnä matalat salaojat, sopimaton suodatin, maan painuminen ja maalajin heikko kantavuus.

Suunnittelussa johtuvien ongelmien osuus kaikista yksityiskohtaisista virheistä ja puutteista oli 51,2 %. Faktorianalyysin tulosten mukaan tietyn tyyppisiä suunnittelusta juontuvia ongel-

mia esiintyy sellaisissa olosuhteissa, joissa pellon ympäristö on epäedullinen kuivatuksen kannalta. Toisaalta ruostemuodostumien ja sekä kivennäismailla että turvemaiilla erilaisten liettymien muodostuminen suodattimeen, saumoihin ja reikiin ja salaojaputkeen oli varsin yleistä. Nämä em. syyt selittävät suurelta osin suunnitteluvirheiden suuren osuuden.

Kokonaisuudessaan suunnitteluvirheiden suuri määrä johtuu siitä, ettei tiedetä kuinka tietyt riskialttiit alueet tulisi salaojittaa. Perustiedon puutteen osuus kaikista yksityiskohtaisista salaojien toimintahäiriöitä aiheuttavista virheistä ja puutteista oli 34,9 %. Tästä näkökulmasta katsoen keskeisimmät selvitetävät ongelmat ovat ruoste, muut sakkamuodostumat ja turvemaiden läpäisemättömyys. Tämä on sen vuoksi tärkeää, että salaojitus on siirtymässä sellaisille alueille, joissa nämä riskitekijät tulevat lisääntymään. Lisäksi tiivistyneiden kivennäismaiden ongelmat ovat myös keskeinen selvitetävä alue, koska viljelyn tehostuessa myös näiden ongelmien määrä kasvaa mitä ilmeisimmin.

Toteutuksessa tehtyjen virheiden osuus kaikista yksityiskohtaisista ongelmista oli 27,0 %. Nämä ongelmat jakaantuvat kahdella tavalla, varsinaisiin urakoitsijan tekemiin työvirheisiin ja jälkitöiden puutteelliseen suoritukseen.

Viljelyn seurauksena ongelmia oli kaikkiaan 21,8 % kaikista yksityiskohtaisista ongelmista. Tiivistyminen, maan painuminen ja pellon huono kantavuus ovat sellaisia viljelyn edistämiä ongelmia, joiden perussyyt liittyvät maalajin ominaisuuksiin. Tällä tutkimuksella ei kuitenkaan yksiselitteisesti voida osoittaa, kuinka suuri viljelyn merkitys on tämän tyyppisissä ongelmassa, ja mitkä viljelymenetelmät eniten edistävät näiden ongelmien syntymistä.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- ANDERSSON, S. & WIKLERT, P. 1972. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. Grundförbättring 2-3: 53-143. Uppsala.
- ANON. 1980a. Salaojakeskus. Kertomus vuoden 1979 toiminnasta. Salaojakeskus ry. 88 s.
- " 1980b. Sara-2000. Täckdikningsprogram 1980-2000. Salaojakeskus ry. 76 s.
- " 1982. Maaperäoppi. Sampsa ry. Luentomoniste. s. 86
- " 1983a. Tietovakka 1983. Maatalousalan tiedotuskeskus. 22 s. Helsinki.
- " 1983b. Salaojitus pähkinänkuoressa. Tilastoja salaojituksesta. Salaojakeskus ry. 39 s.
- " 1984. Vuosikirja. Kertomus vuoden 1983 toiminnasta. Salaojakeskus ry. 94 s.
- " 1986a. Tietovakka 1986. Maatalousalan tiedotuskeskus. 26 s. Helsinki.
- " 1986b. Salaojakeskus. Kertomus vuoden 1985 toiminnasta. Salaojakeskus ry. 64 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. nr. 368: 1-49. Uppsala.

- ELOMAA, E. 1981. Pääpiirteitä Suomen ilmastosta. Salaojittajan käsikirja IA. Salaojakoulutuksen kannatusyhdistys. s. 7-40.
- ELONEN, P. 1977. Hyvä kylvöalusta maan rakennetta pilaamatta. Käytännön maamies 4: 8-10.
- EGGELSMANN, R. 1981. Dränanleitung für Landbau, Ingenieurbau und Landschaftsbau. 268 s. Hamburg.
- ERIKSSON, J., HAKANSSON, I. & DANFORS, B. 1974. Jordpackning-markstruktur-gröda. Jordbrukstekniska institutet, medd. nr. 354: 1-82. Uppsala.
- HALONEN, R. & JUUSELA, T. 1957. Suomen peltojen maalajit, muokauskerroksen syvyys ja maan happamuus. Maataloustieteellinen aikakauskirja. Eripainos. s. 150-160. Helsinki.
- HOOI, J. 1979. Salaojaputkien vedenotto- ja vedenjohtokyky suoritettujen laboratoriotutkimusten valossa. Vesitalous 1: 3-11.
- " 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.
- JUUSELA, T. 1958. Salaojitusputkiston suojaustavoista ja soran käytöstä suojusaineena. Maa- ja vesirakentaja 3. Maa- ja vesirak. ins. vuosik. s. 35-55. Helsinki.
- KESO, L. 1951. Salaojitustyöt. 299 s., 3 liit. Helsinki.
- KOLKKI, O. 1969. Katsaus Suomen ilmastoon. Ilmatieteen laitoksen tiedonantoja 18: 1-64. Helsinki.

- KOWALD, R. 1968. Technische, hydraulische und bodenkundliche probleme der Tonrohrdränung insbesondere in Marschgebieten. Habilitationsschrift. 188 s. Gießen.
- KUNTZE, H. & EGGELSMAN, R. 1974. Erkennen und bestimmen der veruckerungsgefahr für Dräne im Felde. Wasser und Boden, 10: 294-297.
- KURKI, M. 1972. Suomen peltojen viljavuudesta II. Viljavuuspalvelu oy. 182 s. Helsinki.
- LAPPALAINEN, V. 1981. Katsaus Suomen geologiaan. Salaojittajan käsikirja IA. Salaojakoulutuksen kannatusyhdistys. s. 41-71.
- MUSTONEN, S. 1973. Hydrologia. Vesirakennus. RIL 92. Suomen rakennusinsinöörien liitto. s. 10-73. Helsinki.
- MAENPÄÄ, O. & PERÄLÄ, T. 1974. Salaojituksen toteutus ja kunnossapito. Salaojitusopas. s. 81-116. Loimaa.
- PEHKONEN, A. 1983. Nykyaikaisen viljelytekniikan vaikutus maan rakenteeseen ja kuivatustarpeeseen. Kuivatusseminaari Eerikkilän urheiluopistossa. Salaojakeskus ry. Moniste. 79 s.
- PELTOMAA, R. 1981. Salaojien ruoste. Mitä se on ja mitä se aiheuttaa. Käytännön maamies 5: 54-55.
- " 1983. Ruoste. Kuivatusseminaari Eerikkilän urheiluopistossa. Salaojakeskus ry. Moniste. 79 s.
- PAIVANEN, J. 1973. Hydraulic conductivity and water retention in peat soils. Seloste: Turpeen vedenläpäisevyys ja vedenpidätyskyky. Acta for. fenn. 129. 70 s.
- PÄLIKKÖ, E. A. 1969. Maalajitteiden kulkeutumista salaojaputkituksessa tutkittiin. Käytännön maamies 1: 42-43.

- PÄLIKKÖ, E. A. 1981. Salaojitus. Tekniikka-agraarien teemapäivät. Lehdistötiedote. 1 s.
- SAAVALAINEN, J. 1981. Salaojittajan käsikirja IIB. Salaojakoulutuksen kannatusyhdistys. 61 s.
- " 1982. Miten salaoja toimii. Käytännön maamies, 7: 32-35.
- " 1983. Salaojittajan käsikirja IB. Salaojakoulutuksen kannatusyhdistys. 83 s.
- SKINKIS, S. N. 1982. Raskailla koneilla muokattavien märkien 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. Salaojittettujen raskaiden maiden tiivistymisen poistaminen. Kalinin maanparannus- ja vesitaloussymposiumi 24-25.8. Moniste. 9 s.
- SUORTTI, T. 1978. Kokeellinen tutkimus salaojaputkien vedenjohtokyvystä. Dibl. työ tekn. kork. koul. 78 s., 7 liit. Espoo.
- SANKIAHO, R. 1974. Temput ja kuinka ne tehdään. Monimuuttujamenetelmät kansan palvelijoina. Jyväskylän yliopiston kasvatustieteiden laitoksen julkaisu 220: 1-174.
- SÖHNE, W. 1952. Die Verformbarkeit des Ackerbodens. Grundlagen der Landtechnik, Helf 3: 51-59.
- TRAFFORD, B. D., BLOOMFIELD, C., KELSO, W. I. & PRUDEN, G. 1972. Ochre formation in field drains in pyritic soils. Journal of soil science 24: 453-460.
- VAKKILAINEN, P. 1980. Tutkimus pellon tiivistymisen vaikutuksesta salaojituksen toimintaan. Vesitalous 2: 23-28.

LIITE 1. Salaojitusalueet ja tutkimuspaikkakuntien sijainti

SALAOJITUSALUEET

Salaojakeskuksen aluejako

I alue:

Varsinais-Suomen ja Satakunnan maatalouskeskukset ja seuraavat kunnat Hämeen läänin maatalouskeskuksesta: Forssa, Jokioinen, Humppila, Somero, Tammela ja Ypäjä sekä Uudenmaan maatalouskeskuksesta: Karkkila, Lohja, Nummi, Pusula ja Sammatti

II alue:

Uudenmaan, Hämeen läänin, Pirkanmaan, Itä-Hämeen ja Kymen läänin maatalouskeskukset paitsi I alueeseen kuuluvat kunnat Hämeen läänin ja Uudenmaan maatalouskeskuksista

III alue:

Keski-Suomen, Kuopion läänin, Mikkelin läänin ja Pohjois-Karjalan maatalouskeskukset

IV alue:

Etelä-Pohjanmaan maatalouskeskus ja Österbottens Svenska Lantbrukssällskap

V alue:

Oulun, Kainuun ja Lapin läänin maatalouskeskukset

VI alue:

Finska Hushållningssällskapet ja Nylands Svenska Lantbrukssällskap



LIITE 2. Salaojissa esiintyneet yksityiskohtaiset viat ja puutteet ilmenemistapansa mukaan ryhmiteltyinä

I TYÖVAIHEESEEN LIITTYVÄT, yht	109 kpl	23,7 %	kaikista vioista
1. Ojakaivanto	35 kpl	32,1 %	
- Ruokamulta puuttuu		13 kpl	37,1 %
- Vähän ruokamultaa ja tiivis täyttömaa		3 "	8,6 %
- Ojakaivanto kaatunut kiinni ennen soran tai rkm:n pudotusta		7 "	20,0 %
- Suodatinaine puuttuu		9 "	25,7 %
- Ojakaivanto täytetty lieoilla		1 "	2,9 %
- Ojakaivanto täyttämättä tai ollut sateiden ajan täyttämättä		2 "	5,7 %
			100,0 %
2. Salaojan koko ja kaltevuus	11 kpl	10,1 %	
- Kokoojan kaltevuus väärinpäin		2 kpl	18,2 %
- Kokoojan kaltevuus 0-%		3 "	27,2 %
- Kokoojan kaltevuutta pienennetty tekov.		1 "	9,1 %
- Kokoojan putkikokoa pienennetty		1 "	9,1 %
- Imuojat alle min. kaltevuuden		4 "	36,4 %
			100,0 %
3. Ojaväli	11 kpl	10,1 %	
- Harva imuojaväli		11 kpl	
4. Salaojan syvyys	10 kpl	9,2 %	
- Putket matalassa		10 kpl	
5. Pintavesien johtaminen	33 kpl	30,2 %	
- Sorasilmäkkeet puuttuu		21 kpl	63,6 %
- Sarkaojat tai tasoiteltavissa olevat painanteet tasoittamatta		12 "	36,4 %
			100,0 %
6. Muut	9 kpl	8,3 %	
- Matala valtaoja		4 kpl	44,4 %
- Tien alitus eristämättä		1 "	11,1 %
- Suunnitelmaa muutettu omavaltaisesti		1 "	11,1 %
- Laskuaukko korkealla		2 "	22,2 %
- Tiiliputki ilman tukea pehmeässä pohjassa		1 "	11,1 %
			100,0 %
			100,0 %

LIITE 2

II MATERIAALEIHIN LIITTYVÄT	yht	171 kpl	37,2 %	kaikista vioista
1. Kiinteää ainetta putkessa	88 kpl	51,4 %		
- Ruostesakkaa			46 kpl	52,3 %
- Savesta, hs, ht tai hk			29 "	32,9 %
- Mutaa tai mutalietettä			13 "	14,8 %
				100,0 %
2. Suodatin	45 kpl	26,3 %		
- Karkea sora			9 kpl	20,0 %
- Hieno sora			6 "	13,3 %
- Ruostunut tai liettynyt sora			30 "	66,7 %
				100,0 %
3. Putkisaumat ja reiät	35 kpl	20,5 %		
- Tiiviit saumat			29 kpl	82,9 %
- Tiiviit saumat (6 kpl)				
- Ruoste tiivistänyt (23 kpl)				
- Suuret saumat tai reiät			6 "	17,1 %
				100,0 %
4. Rikkoutunut salaoja	3 kpl	1,8 %		
- Lautaputkien lahoaminen			3 kpl	
III VILJELYYN LIITTYVÄT	yht	76 kpl	16,6 %	kaikista vioista
1. Tiivistyminen	57 kpl	75,0 %		
- Muokkauskerroksen tiivistyminen			31 kpl	54,4 %
- Jankon tiivistyminen			26 "	45,6 %
				100,0 %
2. Maan painuminen	11 kpl	14,5 %		
- Turvemaiden painuminen			11 kpl	
3. Kyntösuunta	6 kpl	7,9 %		
- Virheellinen imuojien suunta				
peltokuvioon nähden			4 kpl	66,7 %
- Väärä kyntösuunta imuojiin nähden			2 "	33,3 %
				100,0 %
4. Piiriojat	2 kpl	2,6 %		
- Sivuvesiä pellolle			2 kpl	
				100,0 %

LIITE 2.

IV PELLON MAALAJIIN JA TOPOGRAFIAAN LIITTYVÄT	yht 83 kpl	18,1 %	
1. Pellon pinnanmuoto	20 kpl	24,1 %	
- Notkot ja laajat painanteet	12 kpl	60,0 %	
- Jyrkästi loivenevat rinteet	8 "	40,0 %	
		100,0 %	
2. Paineellinen pohjavesi	9 kpl	10,8 %	
- Lähteet	7 kpl	77,8 %	
- Muu paineellinen pohjavesi	2 "	22,2 %	
		100,0 %	
3. Maalajit	54 kpl	65,1 %	
- Huono kantavuus	28 kpl	51,9 %	
- Ylipaine putkessa	3 kpl	5,5 %	
- Maatumaton turve	23 kpl	42,6 %	
		100,0 %	
V PELLON SIJAINTI YMPÄRISTÖÖN NÄHDEN	yht 20 kpl,	4,4 %	kaikista
1. Korkeavetiset vesistöt	6 kpl	30,0 %	
2. Pelto korkeamman maaston tai laajan			
tasaisen maaston ympäröimä	4 kpl	20,0 %	
- Valtaojaan ei saada riittävää			
ja pysyvää syvyyttä	4 kpl		
3. Pieni kuivavara	8 kpl	40,0 %	
- Ympäristöstä johtuva	6 kpl	75,0 %	
- Muusta syystä	2 "	25,0 %	
		100,0 %	
4. Kevät tulva	2 kpl		

LIITE 3. Virheet ja puutteet syntymistapansa mukaan ryhmiteltyinä

I SUUNNITTELU	yht. 235 kpl eli 51,2 % kaikista	
1. ojaväli	11 kpl	4,7 %
2. Kiinteää ainetta putkessa	82 "	34,9 %
3. Ruostunut tai liettynyt sora	30 "	12,7 %
4. Ruosteen tiivistämät saumat/reiät	23 "	9,8 %
5. Pellon pinnanmuoto	20 "	8,5 %
6. Paineellinen pohjavesi	9 "	3,8 %
7. Maalajit	26 "	11,1 %
8. Pellon sijainti ympäristöön nähden	20 "	8,5 %
9. Salaojan syvyys	10 "	4,3 %
10. Imuojien suunta	4 "	1,7 %
		100,0 %
II TOTEUTUS	yht. 124 kpl eli 27,0 % kaikista	
1. Ojakaivanto	35 kpl	28,2 %
2. Salaojan koko ja kaltevuus	17 "	13,7 %
3. Pintavesien johtaminen	33 "	26,6 %
4. Kohta muut	9 "	7,3 %
5. Karkea/hieno sora	15 "	12,1 %
6. Suuret saumat	6 "	4,8 %
7. Tiiviit saumat	6 "	4,8 %
8. Rikkoutunut salaojaputki	3 "	2,4 %
		100,0 %
III VILJELY	yht. 100 kpl eli 21,8 % kaikista	
1. Tiivistyminen	57 kpl	57,0 %
2. Maan painuminen	11 "	11,0 %
3. Kyntösuunta	2 "	2,0 %
4. Piiriojat	2 "	2,0 %
5. Huono kantavuus	28 "	28,0 %
		100,0 %

LIITE 4. Virheet ja puutteet veden kulun mukaan ryhmiteltyinä

I VESI EI PÄÄSE POIS LASKUAUKOSTA yht 16 kpl eli 3,5 % kaikista			
1. Laskuaukko korkealla	2 kpl	12,5 %	
2. Matala valtaoja	4 "	25,0 %	
3. Korkeavetiset vesistöt	6 "	37,5 %	
4. Pellon muu ympäristö	4 "	25,0 %	
II VESI EI KULJE PUTKESSA yht 103 kpl eli 22,4 % kaikista			
1. Kiinteää ainetta putkessa	88 kpl	85,4 %	
2. Salaojan koko ja kaltevuus	11 "	10,7 %	
3. Rikkoutunut salaojaputki	3 "	2,9 %	
4. Tien alitus eristämättä	1 "	1,0 %	
III VESI EI PÄÄSE PUTKEEN yht 71 kpl eli 15,5 % kaikista			
1. Suodatin ruostunut tai liettynyt	30 kpl	42,3 %	
2. Tiiviit saumat/pienet reiät	29 "	40,8 %	
3. Ylipaine putkessa	3 "	4,2 %	
4. Suodatinaine puuttuu	9 "	12,7 %	
IV VESI EI PÄÄSE PUTKEN LÄHEISYYTEEN 185 KPL eli 40,3 % kaikista			
1. Ojaväli	11 kpl	6,0 %	
2. Ojakaivanto	26 "	14,1 %	
3. Pintavesien johtaminen	33 "	17,8 %	
4. Tiivistyminen	57 "	30,8 %	
5. Kyntösuunta	6 "	3,2 %	
6. Pellon pinnanmuoto	20 "	10,8 %	
7. Paineellinen pohjavesi	9 "	4,9 %	
8. Maatuman turve	23 "	12,4 %	
V MUUT, TÄHÄN RYHMITTELYYN SOPIMATTOMAT 84 kpl eli 18,3 %			
1. Salaojan syvyys ja pieni kuivavara	18 kpl	21,4 %	
2. Suunnitelmaa muutettu omavaltaisesti	1 "	1,2 %	
3. Tiiliputki ilman tukea pehmeässä maassa	1 "	1,2 %	
4. Karkea sora/hieno sora	15 "	17,9 %	
5. Suuret saumat/reiät	6 "	7,1 %	
6. Maan painuminen	11 "	13,1 %	
7. Piiriojat	2 "	2,4 %	
8. Huono kantavuus	28 "	33,3 %	
9. Kevät tulva	2 "	2,4 %	

LIITE 5. Olosuhteita kuvaavien faktoreiden selitykset

TILAOLOSUhteITA KUVAAVAT FAKTORIT

Suurtila-faktori kuvaa Etelä- ja Lounais-Suomen maataloja, joilla peltopinta-ala on suuri, peltojen maalaji on pääasiassa savea ja joilla viljellään syysviljoja ja ohraa. Viljelykiertoon kuuluu säännöllinen kesannointi. Tilalla on useita kookkaita traktoreita, tavallisesti myös nelivetoisia. Työkoneet ovat suuria. Tilan pelot ovat kaikki salaojitettuja ja putkimateriaalina on käytetty yksinomaan tiiliputkea.

Tuotantos suunnan vaihdos-faktorin kuvaamalla tiloilla on tuotantosuntaa vaihdettu kotieläinvaltaisesta kasvinviljelyvaltaiseksi. Tilalla viljellään ohraa ja öljykasveja. Tilan traktoreita on samanaikaisesti suurennettu ja samalla alettu kiinnittämään huomiota maahan kohdistuvaan pintapaineeseen. Traktoreiden rengasvarustuksena on vyörenkaat. Puinnin ajaksi puimurin renkaiden ilmanpainetta pienennetään.

Perunan viljelijä-faktorin kuvaaman tilan viljelijällä on keskimääräistä parempi maatalouskoulutus. Traktorin kokoa on suurennettu edellisessä vaihdossa, mutta se on edelleen keskikokoinen. Kynnössä käytetään mahdollisimman leveää auraa, jolloin tehotyöleveyssuhde ei kasva suureksi. Peltojen maalaji on hietaa tai hietaista ja peltojen kuivatustarve on vähäisempi kuin tiiviillä mailla. Tila on erikoistunut perunan viljelyyn.

Sikatilalla on tässä aineistossa yhdistetty emakko- ja lihasikala. Tilan oma peltoala käytetään tarkoin rehun tuottamiseen, jolloin peltoja ei kesannoida. Tilalla on myös sellaista peltoa, joka ei tarvitse kuivatusta lainkaan. Pintapaineen pienentämiseksi traktorissa käytetään paripyöriä.

Nelivetoisuus-faktori kuvaa sellaista viljatilaa, jossa traktorin nelivetoisuus asetetaan keskeiselle sijalle traktorin ominaisuuksista. Tilan kakkostraktori on suuri, vyörenkailla varustettu nelivetoinen traktori. Tällaisella tilalla viljellään kevätviljoja, lähinnä kevätvehnää ja kauraa. Vilja puidaan kookkaalla puimu-

LIITE 5.

rilla. Samoin muokkauskoneet ovat kookkaita. Tilan pelloista valtaosa on salaojitettua ja putkimateriaalina on myös yksinomaan käytetty tiiliputkea.

Erikoiskasvien viljelijä-faktorin kuvaaman tilan viljelijällä on myös keskimääräistä korkeampi maatalouskoulutus. Tilalla viljellään hernettä, sokerijuurikasta ja perunaa. Tilalla on useita traktoreita. Ykköstraktori on kookas ja leveillä takarenkailla varustettu tehokas traktori. Kakköstraktori on korkeilla takarenkailla varustettu nelivetoinen traktori. Tilalla on myös vuokratuna salaojitettua peltoa. Omien peltojen salaojituksissa putkimateriaalina on käytetty pääasiassa muoviputkea.

Vuokramaiden viljelijä-faktori on hyvin samankaltainen suurtila-faktorin kanssa. Tilalla viljellään sekä syysviljoja että kevätviljoja ja myös öljykasveja. Viljelykiertoon kuuluu säännöllinen peltojen kesannointi. Ko. faktorin kuvaamalla tilalla on useita kookkaita traktoreita ja samoin työkoneet ovat suuria. Traktorin ominaisuuksista suositaan nelivetoisuutta. Tilalla on oman pellon lisäksi paljon vuokrapeltoa. Vuokramaat on pääasiassa salaojitettua peltoa. Tilat sijaitsevat tyypillisesti Etelä- ja Lounais-Suomen savialueilla.

Maata säästävä, kevätviljojen viljelijä ei suosi traktorin nelivetoisuutta, vaan sen sijaan kiinnittää paljon huomiota renkaiden aiheuttamiin pintapaineisiin. Tämän vuoksi traktoreissa käytetään mahdollisimman usein paripyöriä ja myös leveitä takarenkaita. Samoin kynnessä renkaiden luistoa pyritään vähentämään kaikissa olosuhteissa sekä puimurin renkaiden ilmanpaineita pidetään alhaisena. Tilalla viljellään pääasiassa kevätviljoja. Tilalla on myös sellaista peltoa, joka ei tarvitse kuivatusta lainkaan.

Iäkäs, sisäsuomalainen viljelijä-faktori kuvaa sellaisia maatalojia, joilla tuotantosuunta ja viljelymenetelmät ovat kauan pysyneet muuttumattomana. Viljelijän ikä on korkea, eikä hänellä ole maatalouskoulutusta lainkaan. Tilan peltojen maalaji vaihtelee kivennäismaasta turvemaalajeihin. Tilan koneet ovat pienehköjä. Kylvöjen yhteydessä peltoja kuivatetaan kylvömuokkauksen ja kylvön

LIITE 5.

välissä 1-2 pv. Tilalla on paljon sellaista peltoa, joka ei tarvitse kuivatusta lainkaan. Tilan salaojitus-% on alhainen.

Yhdistetty tuotantosuunta-faktori kuvaa tilatyyppejä, jossa on siirrytty kasvinviljelyvaltaisesta tuotantosuunnasta yhdistettyyn tuotantosuuntaan. Näillä tiloilla on viljan viljelyn ohella alettu harjoittaa kanataloutta. Tilalla viljellään kevätvehnää, eikä kesannointi kuulu viljelykiertoon. Tilan peltolohkot ovat suuria ja tasaisia, pääasiassa savespitoisia maita. Tilan oman pellon salaojitusprosentti on korkea.

Suuret, tehokkaat koneet-faktorin kuvaamalle tilalle on ominaista kaikkien tilalla käytettävien koneiden suuri koko ja uutuus. Vanhoista koneista ja menetelmistä on luovuttu. Kyntö tehdään nelivetoisella traktorilla ja pyritään kyntämään syvään. Tämän tyyppinen tila sijaitsee tavallisesti savialueilla ja on viljanviljelytila. Tilan pellot on käytännöllisesti katsoen kaikki salaojitettu.

PELTO-OLOSUhteITA JA OJASTOJA KUVAAVAT FAKTORIT

Maatumattomien turvemaiden-faktori sisältää useita, sille ominaisia piirteitä. Tämän faktorin kuvaamat ojitukset ovat suhteellisen uusia ojituksia. Mutauneen muokkauskerroksen alla n. 30-40 cm:stä alaspäin on maatumatonta tai heikosti maatumutta turvetta yli salaojitusyvyyden. Ojitushetkellä maa on ollut märkää, kuten se oli myös tutkimushetkelläkin. Ojituksen jälkeen pellon pinta on painunut alaspäin ja lopulta salaojat ovat jääneet liian matalaan. Maalajille ko. ojastoissa on tyyppillistä luontainen heikko kanta-vuus. Salaojaputkien pohjalla näissä olosuhteissa ei ole selviä sedimenttikerroksia, mutta putken sisäpinta on usein kauttaaltaan limoittunut ja mutautunut.

Halkeilleet savimaat-faktorin kuvaamat ojastot ovat tiiviiden savimaiden ojituksia. Näissä olosuhteissa salaojaputket ovat käytännöllisesti katsoen puhtaat lietteistä ja sakkamuodostumista. Ainoastaan muutaman mm:n lietekerroksia saattaa esiintyä näissä ojastoissa. Ruostesakkaumia ei esiinny. Suodatinsora on kuitenkin

LIITE 5.

tyypillisesti liettynyt kauttaaltaan. Tutkitut ojastot olivat suhteellisen uusia ja imuojaväli oli näissä ojastoissa tiheä. Pellon pinnalla esiintyi usein pintavesiä kerääviä notkanteita tai painanteita. Tutkimushetkellä maa oli näissä ojastoissa halkeillut kuivuuden vuoksi voimakkaasti.

Tiiviit kivennäismaat-faktorin kuvaamissa ojastoissa maan vedenläpäisykyky oli imentämittauksen perusteella lähes olematon. Suodatinso-
ra oli yleensä puhdasta, samoin putkisaumat olivat puhtaat. Ruostesakkaumia esiintyi salaojaputkissa jonkinverran, lähinnä urpamailla. Tekovirheiden vuoksi tämän faktorin kuvaamissa ojastoissa esiintyi 0-3:n kaltevuudella olevia kokoojaojia. Tyypillistä näille ojastoille oli myös pintavesiä keräävä, huonosti tasoiteltu pellon pinnanmuoto. Tämän faktorin kuvaamien ojastojen maalajina on tiiviitä kivennäismaita, sekä sellaisia savimaita, jotka eivät olleet halkeilleet tutkimushetkellä.

Pellon ympäristö-faktorin kuvaamat ojastot on tehty sellaiselle peltolohkolle, joka on korkeamman maaston ja/tai laajan tasaisen maaston ympäröimä. Näissä olosuhteissa valtaojat ovat matalia ja huonossa kunnossa ja liikavesien purkaminen on vaikeaa. Pellon kuivatussyvyys on poikkeuksetta matala. Maalaji on useimmiten turvetta, mutta sen paksuus vaihteli siten, että salaoja syvyydessä paikoin oli kivennäismaata. Yleensä heti mutautuneen muokkauskerroksen alapuolella on maatumattomia tai vähän maatuneita turvekerroksia. Pellon kantavuus on maalajista johtuen heikko. Ko. faktorin kuvaamalla lohkoilla esiintyy lisäksi pintavesiä kerääviä notkoja ja painanteita.

Vedenalaisuus-faktori käsittää kivennäismaiden vedenalaisia ojastoja. Näissä ojastoissa salaojien päällä on runsaasti suodatinso-
raa. Salaojaputkien saumarakoihin ja reikiin on tunkeutunut runsaasti suodatinso-
raa, mutta salaojissa sitä ei kuitenkaan ole kuin hiukan. Imuojien suodatin on liettynyt ja kokoojaojien pohjalle on sedimentoitunut lietettä. Vedenalaisuus näissä ojastoissa johtuu lähinnä laskuaukkokaivojen käytöstä.

LIITE 5.

Rantapello-faktorin kuvaamat ojastot on tehty rantapelloille. Näissä tapauksissa vesistöjen vedet ovat pellon pintaan nähden korkealla ja keväisin pelto saattaa jäädä osittain tulvan alle. Korkeasta vedestä johtuen kuivatussyvyys on matala, varsinkin pellon alareunassa. Salaojissa esiintyy ruostesakkaumia ja lietettä usein runsaastikin. Samoin putken sisäpinta on kauttaaltaan iskostunut joko ruosteesta tai lietteestä. Maalaji näissä ojastoissa oli joko kivennäismaata tai ohutturpeista turvemaata.

Hyvien olosuhteiden salaojat on tehty hyvissä olosuhteissa säätyypin, maan kosteuden ja yleensäkin ojitusolosuhteiden suhteen. Ojitushetkellä maa on ollut kuivaa ja säätyyppi on ollut poutainen. Tekovaiheessa ei ole esiintynyt minkäänlaisia ongelmia. Ojitusalueet ovat tasaisia pelloja. Ojituksen jälkityöt on tehty huolella loppuun saakka.

Vaikeat kaivuolosuhteet-faktori kuvaa ojastoja, joissa on ojituksen toteutusvaiheessa esiintynyt ongelmia. Ojakaivanto on kaatunut tai lamoutunut kiinni ennen kaivannon täyttämistä, jolloin salaojaputkin on jäänyt eristykseen perusmaan sisään. Salaojat ovat lisäksi melko syvällä näissä ojastoissa. Alueella esiintyy paineellista pohjavettä ja ruostetta. Salaojaputket eivät ole ruostesakan saostuttamia, mutta suodatinsora sitävästoin on ruostunut. Imuojaväli on tiiviin kivennäismaan ojaväli. Kyseiset ojastot ovat varsin uusia ojituksia.

LIITE 6. Maaprofiili

Maalaji	Maanäytteen syvyys cm				
	30-45	45-60	60-75	75-90	>90
HHK	1	1	1	1	-
ht HHK	-	-	-	-	-
hk KHt	1	1	1	2	2
KHt	7	7	6	6	8
s KHt	-	-	1	1	1
Ht	-	1	1	1	1
HHt	3	3	2	2	3
lj HHt	-	-	-	1	2
Hs HHt	2	2	2	1	1
ljs HHt	-	-	-	-	-
s HHt	-	-	1	1	2
lj He	-	-	-	-	-
He	4	2	1	1	2
ht Hs	1	1	3	5	5
lj Hs	-	-	-	1	1
Hs	-	-	1	4	4
s Hs	1	2	3	2	2
HtS	1	-	-	-	-
lj HsS	-	1	1	-	-
HsS	3	3	3	4	4
As	13	14	13	13	13
LjS	7	7	8	9	8
ht Lj	1	1	1	-	-
Lj	-	-	1	1	2
Jm	1	-	-	-	-
Mm	1	-	-	-	-
Lj Mm	2	-	-	-	-
s Mm	-	-	-	1	1
ht Mt	1	-	-	-	-
Mt	8	5	4	5	4
Ct	4	9	9	9	8
LCt	13	14	12	9	6
SCt	3	3	3	2	2
LCSt	5	4	3	2	2
LSCt	2	2	3	2	2
CSt	1	1	1	1	1
LSt	1	3	3	2	2
St	4	4	3	2	2
Puuttuu (turve)	1	1	1	1	1
Yht.	92	92	92	92	92

Erilaisia maalajeja tutkituissa ojastoissa oli kaikkiaan 38 erilaista. Puuttuvat havainnot taulukossa johtuvat maalajien koodauksesta ATK-käsittelyä varten. Koska maalajinäytteet on otettu sekä kokoojaojan että imuojan kohdalta ja usein maalajit olivat rajatapauksia kahden toisiaan lähellä olevan maalajin välillä. Taulukossa maalajit ovat kuitenkin ojaston vallitsevia maalajeja, jolloin satunnaisesti esiintyneet vallitsevasta maalajista vähän poikenneet maalajit ovat jääneet koodauksessa huomioimatta. Taulukon puuttuva maalaji on turvemaata.

LIITE 7. Ruostetukkeumat kokoojissa (K) ja imuojissa (I) maalajeittain sekä ruostehavainnien osuus ojaistoittain (maalajijakauma salaajasyydyden mukaan eli 90 cm:stä)

	0%	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	YHT	PUUTT.	Ojast.	ruostehav
	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	kpl	%
hk Kht		1	1	1		1			1			2	2	2	$\frac{kiv. \text{meet}}{K}$
s Kht	1	2	1	1				1		1	1	4	5	2	$\frac{I}{I}$
Ht												1	1	1	
HHt								1				1	1	1	$\frac{26}{59}$
lj HHt	1		1	1								2	2	2	$\frac{24}{59}$
hs HHt								1				1	1	1	
s HHt												2	2	2	
He			1	1	1							1	1	1	44,1%
ht Hs	1											2	2	2	40,7%
lj Hs			1	1								4	4	3	
s Hs							2	2				1	1	1	$\frac{1j\text{-}ja \text{multa-}}{K}$
hs S							1	1				1	1	1	$\frac{I}{I}$
lj S												2	2	2	
As												1	1	1	$\frac{O}{3}$
												2	2	2	$\frac{3}{3}$

lj	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	0%	33,3%
Mt												1	2	2	4		
Ct			1	1	1	1	1					3	3	1	8	$\frac{tv. \text{meet}}{K}$	$\frac{I}{I}$
lCt			1	1	1	1						4	2		6		
SCt	1											1	1		2	$\frac{15}{30}$	$\frac{9}{30}$
lSCt	1		1									1	2		2		
CSt												1	1		1		
lSt												2	2		2	$\frac{50,0\%}{30,0\%}$	
YHT	4	3	12	9	6	5	3	1	4	6	-	3	2	-	1		

- 1) Tukeuma koostuu puoleksi ruostesakasta ja puoleksi mutalietteestä
2) Pääasiassa ruostesakkaa
3) Pääasiassa lietettä (mutaa tai kiv. maata)
*) Molemmat sakauma-havainnot viittteen l mukaisia, kaikissa muissa tapauksissa vain yksi taulukon havainnoista sekalaisia sakkoja.

Maalajeja, joilla ei havaittu ruosteisia ojaistoja

Hs
Mm
lCSt
St

4
1
2
2

92

em. viitteet koskevat myös liitettä 8.

LIITE 8. Lietetukkeumat kokoojissa (K) ja imuojissa (I) maalaajittain sekä lietehavaintojen osuus ojaistoittain (maalaajijakeuma salaajasyydestä)

	0 %	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	YHT	Ojast.	Liete havaintoja
	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	K I	kpl	%
KHt					1 ¹³					1 ¹²	1 ¹²	1	1	8
1j HHt	1 ¹⁴											1	1	2
s HHt												1	1	2
He				1 ¹⁴						1 ¹²	1 ¹²	1	1	2
ht Hs	1 ¹⁴											1	1	2
Hs				1	1	1						1	1	5
s Hs				1								1	2	4
hs S				1	1							2	3	2
As				1						2 ¹²		4	9	4
1j S			3 ⁶	3 ⁶	1	1						3	5	13

$\frac{\text{kiv. maat}}{\text{K}} = \frac{18}{59}$ I
 30,5 % 40,7 %

Lj	1											1	2	$\frac{\text{1j- ja mult-}}{\text{maat}} = \frac{1}{1}$
s Mm	1											1	1	

Mt	1											2	2	4	0
Ct		2 ¹	1 ¹⁰									2	3	8	$\frac{0}{3} = \frac{2}{3}$
LCt		1	1	2 ¹⁴								3	2	6	0 %
LCSt		1										1	1	2	66,7 %
ISct												1	1	2	
CSt		1 ¹⁴	1									1	1	2	
ISt												1	1	2	
YHT	2	2	12	18	6	6	3	2	1	2	1	28	36		

Puuttuva (tv) maalaajl
 Maalaajaja, joilla ei ha-
 vaittu liettynyttä
 ojaistoja

$\frac{\text{tv. maat}}{\text{K}} = \frac{10}{30}$ I
 33,3 % 33,3 %

LIIITE 9. Ruostesakkaunien ja lietesakkaunien aiheuttama tukkeutumis-% putkimateriaaleittain ja tukkeutuneiden ojastojen osuus tutkituista putkimateriaaleittain

		Havaintoja kpl eri tukkeutuma-% luokissa, ruostehavainnot																Ojast. Hav. %	
0 %		0-10 10-20 20-30 30-40 40-50 50-60 60-70 70-80 80-90 90-100 YHT Puutt. Ojast. Hav. %																K	I
K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I		
Lautap	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	57,1
Tiilip	10 2	70 50	1 30	1 10	30 20	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	51	43,1
Muovip	20 1	4 30	50 2	10 10	1 30	1 30	20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	31	37,3
Sekoj.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	3	48,4
Yht	4 3	12 9	6 5	3 1	4 6	- 3	2 -	1 2	1 -	1 2	1 2	3 2	3 2	3 2	3 2	3 2	3 2	92	33,3

		Havaintoja kpl eri tukkeutuma-% luokissa, lietehavainnot																Ojast. Hav. %	
0 %		0-10 10-20 20-30 30-40 40-50 50-60 60-70 70-80 80-90 90-100 YHT Ojastoja Havaintoja %																K	I
K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I	K	I		
Lautap	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	28,6
Tiilip	10 1	70 100	1 60	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	51	27,5
Muovip	10	4 60	40	10 1	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	1 10	31	45,1
Sekoj.	1	1 10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	29,0
YHT	2 2	12 18	6 6	3 2	1 2	1 2	1 -	- -	- -	1 3	1 1	28 36	28 36	28 36	28 36	28 36	28 36	92	66,7

1 - 3) Taulukon havainnoista indeksisiä vastaava määrä on sekalaisia sakkvoja

LIITE 10. Tiivistymiä maalajeittain, maalajijakauma 30 cm:n syvyydestä

Maalaji	yht. ojastoja	tiivistymis tapauksia kpl	
HHK	1	1	
ht HHk	-	-	
hk KHt	1	-	
KHt	7	3	
s KHt	-	-	
Ht	-	-	
HHt	3	2	
lj HHt	-	-	
Hs HHt	2	-	
ljs HHt	-	-	
s HHt	-	-	Yhteensä kiv. maiden ojastoja 44 kpl, joista eriasteisia tiivistymiä 30 eli 68,2 %:lla.
lj He	-	-	
He	4	3	
ht Hs	1	1	
lj Hs	-	-	
Hs	-	-	
s Hs	1	1	
HtS	1	1	
lj HsS	-	-	
HsS	3	0	
As	13	13	
LjS	7	5	
ht Lj	1	-	Yhteensä lieju- ja multamaiden ojastoja 5 kpl, joista eriastei- sia tiivistymiä 3 eli 60 %:lla.
Lj	-	-	
Jm	1	-	
Mm	1	1	
Lj Mm	2	2	
s Mm	-	-	
ht Mt	1	1	
Mt	8	2	
Ct	4	2	
LCt	13	8	Yhteensä turvemaiden ojastoja 42 kpl, joista eriasteisia tii- vistymiä 24 eli 57,1 %:lla.
SCt	3	2	
LCSt	5	4	
LSct	2	2	
CSt	1	-	
LSt	1	1	
St	4	2	
Puuttuu (turve)	1	-	
Yht	92	57	

