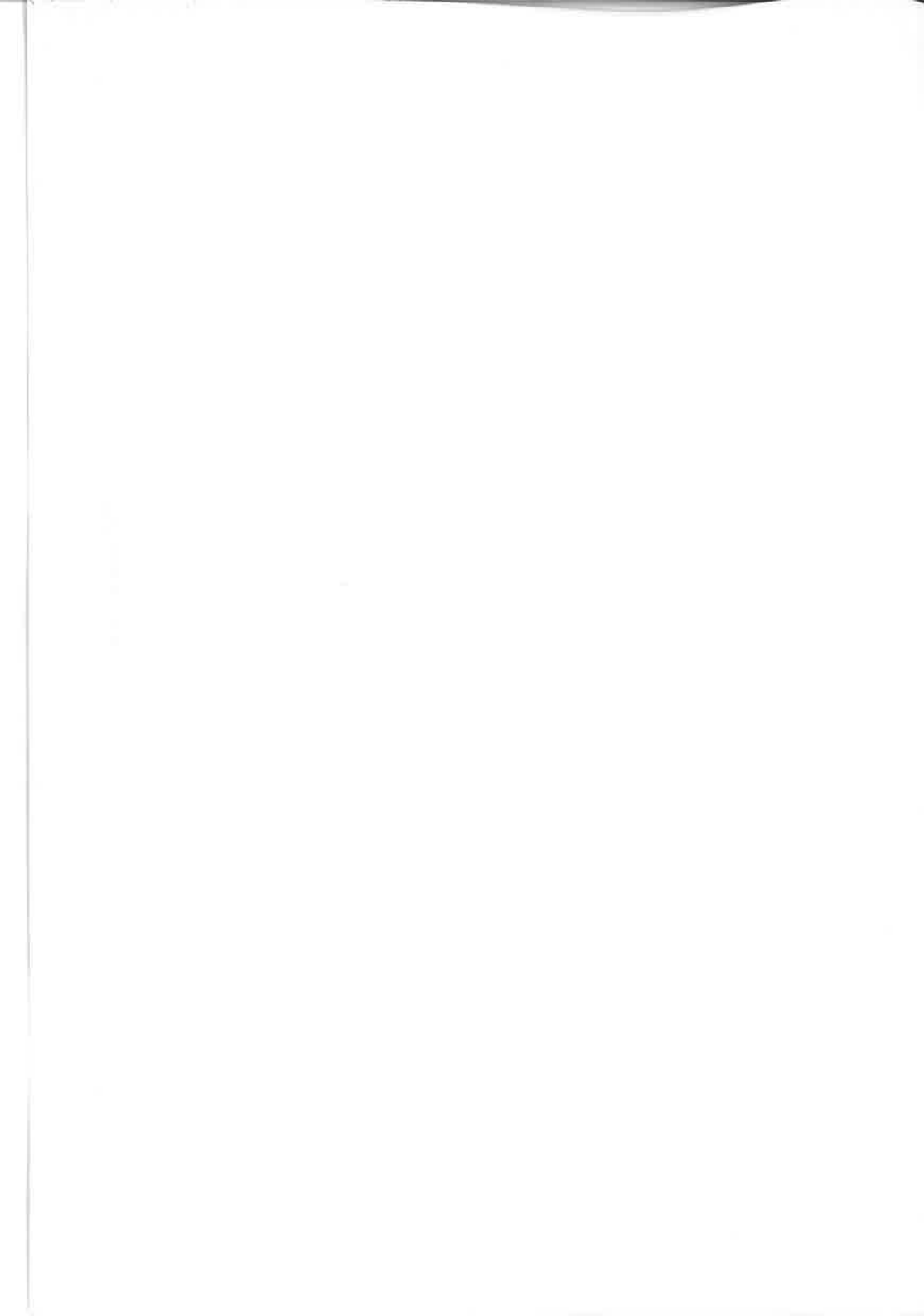


SALAOJITUKSEN TUTKIMUSYHDISTYS RY:N TIEDOTE

N:o 14

MYYRÄOJITUKSESTA

HELSINKI 1991



MYYRÄOJITUKSESTA

Tämän julkaisun on rahoittanut Salaojituksen Tukisäätiö

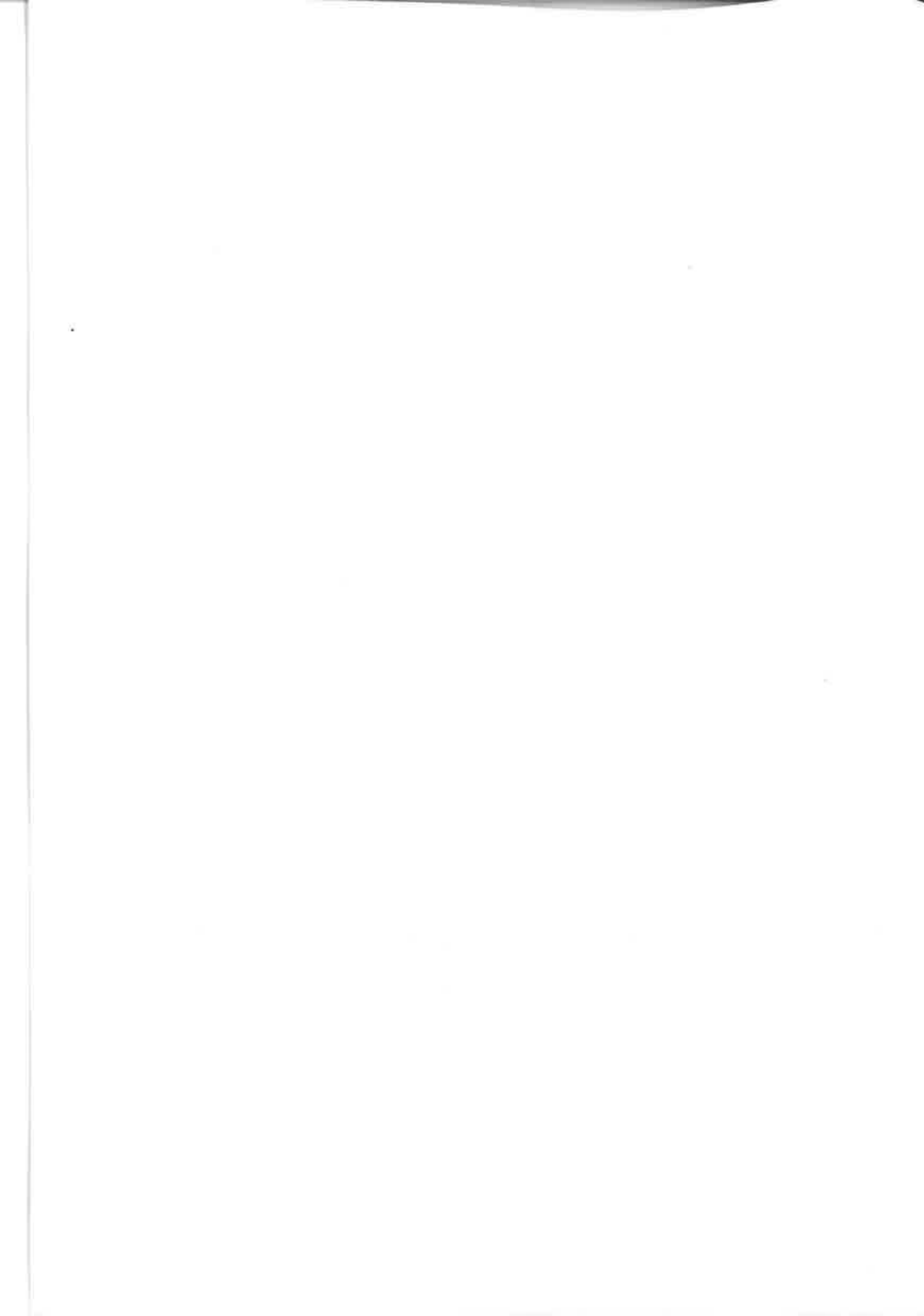
* * *

Julkaisija: Salaojituksen tutkimusyhdistys ry.

Toimitus: DI Esko Laikari (vastaava)

VTK Heikki Aarrevaara

ISSN 0783 - 392 X



Sisällysluettelo

*Jäykkien savimaalajien kuivatettavuus ja kuivatus: myyräojitus-
tutkimukset Ruotsissa*

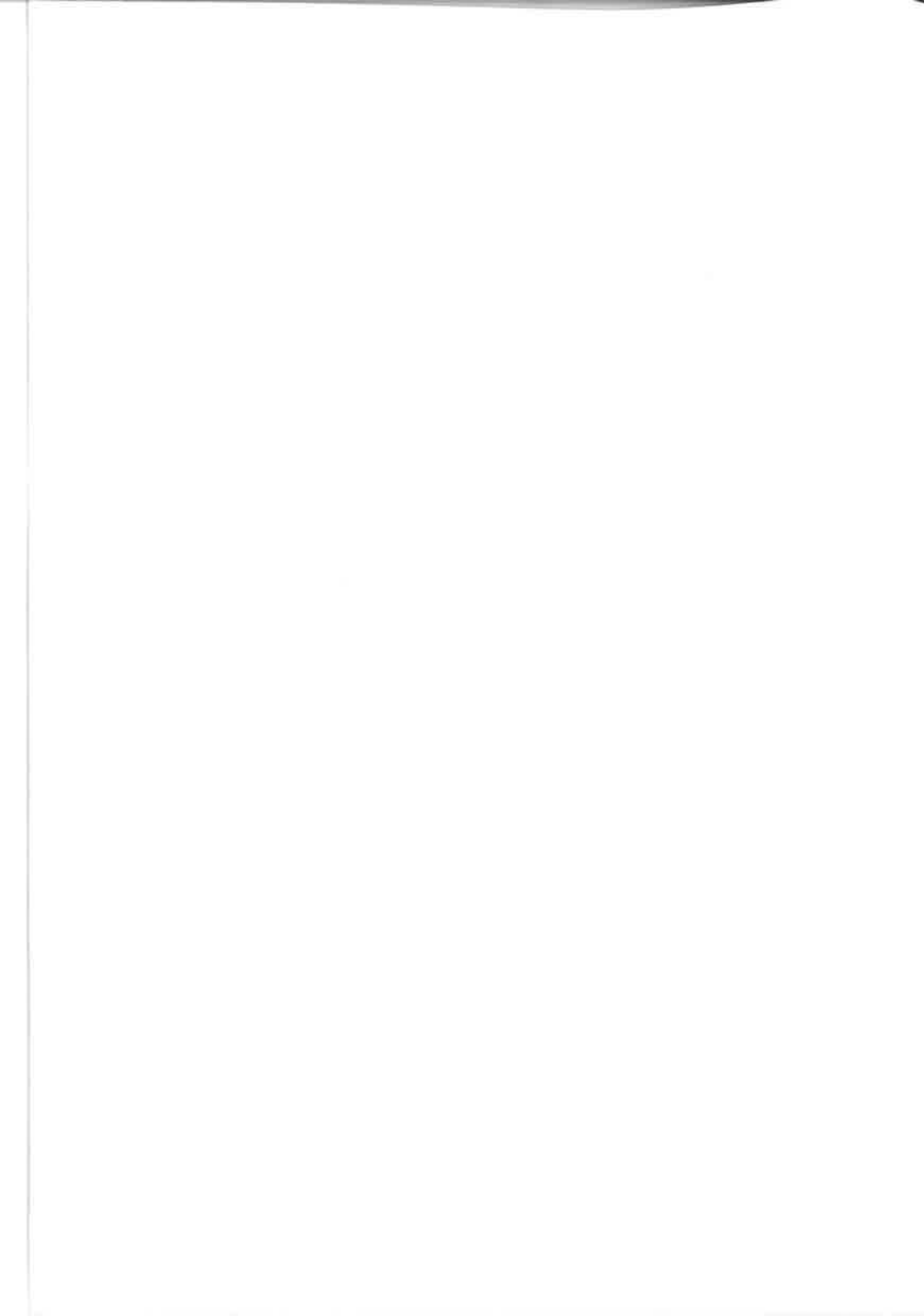
J. Eriksson, G. Berglund ja I. Olovsson 5

*Epästabiileihin maalajeihin aurattujen ja soratäytteisten myyräojien
tehokkuuden vertailua*

L.F. Galvin 15

Myyräojitustutkimus

D.J. Horne ja K.W. McAuliffe 29



Jäykkien savimaalajien kuivatettavuus ja kuivatus: myyräojitustutkimukset Ruotsissa

Prof. J. Eriksson, ap.prof. (ent.) G. Berglund

ja tutk.ass. I. Olovsson,

Dept of Soil Sciences/Hydratechnics,

Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Ruotsi

Suurin osa Skandinavian samoin kuin suuri osa Luoteis-Venäjän, Euroopan pohjoisimman osan ja Iso-Britannian maalajeista muodostui viimeisen "glasiaalisen ajan" ja sitä seuranneen "postglasiaalisen" jakson aikana. Mannerjää oli 2-4 km paksua, ja se painoi maanpintaa 200-300 m alaspäin. Jään sulaessa noin 14 000-6 000 eKr. maa peittyi vedestä. Samaan aikaan se kohosi vapauduttuaan mannerjään painosta. Hienojakoista materiaalia kerrostui suolaiseen veteen, murtoveteen tai makeaan veteen, minkä tuloksesta syntyivät nykyiset laajat, kuivuudeltaan vaihtelevat savitasangot.

Maalajit koostuvat osittain välimuotosavista, osittain jäykistä ja erittäin jäykistä savista. Ensiksimainittujen saviainespitoisuus pintamaassa on 30-50 %, jälkimmäisillä se on 50-80 %.

Suurimmassa osassa savialueita maan rakenne on hyvin kehittynyt, minkä seurauksena hydraulinen johtavuus on 0.1 m/vrk tai enemmän ja maa on hyvin kuivuvaa, jolloin tavalliset kuiva-

tusjärjestelmät toimivat hyvin. Jäykkien ja erittäin jäykkien savimaalajien rakenne on usein heikommin kehittynyt, ja niiden läpäisevyys on pienempi kuin 0.1 m/vrk ja voi olla niinkin alhainen kuin 0.01 m/vrk. Tällaisilla alueilla käytetään tavallisesti avo-ojitusta sekä penkkiviljelyä ja matalaa ojitusta.

Kun salaojitus otettiin käyttöön maila, joiden läpäisevyys oli kriittisen alhainen, huomattiin matalalla syvyydellä sijaitsevien salaojien tarve. Myyräojituksen on katsottu olevan halpa apumenetelmä. Ruotsissa menetelmää ei kuitenkaan ole omaksuttu kovinkaan laajalti huolimatta sen kenttäkokeiluilla osoitetusta tehokkuudesta. Sen tähden on tarve ymmärtää paremmin yhdistetyn salaojituksen ja myyräojituksen vaatimia olosuhteita ja menetelmiä samoin kuin niihin liittyviä taloudellisia seikkoja Euroopan luoteisosissa.

Myyräöjitusta koskevat tutkimukset Ruotsissa

Ruotsissa myyräöjitusta kokeiltiin ensimmäisen kerran tämän vuosisadan alussa. Se tapahtui pääasiassa turve- mailla ja vain muutamilla savialueilla. Sen jälkeen kun myyräöjituksessa oli Iso-Britanniassa 1940-luvulla tapahtunut nopeaa kehitystä, Ruotsissa saatiin aikaan ohjelma menetelmän tutkimiseksi laajemmassa mittakaavassa.

Vuosina 1948-1956 tehtiin 34 pellolla myyräöjitus yhdessä salaojituksen kanssa, minkä jälkeen alueilla suoritettiin laajempia tutkimuksia. Sen jälkeen määriteltiin, missä olosuhteissa myyräöjitus oli käytännöllistä, ja todettiin, että se on hyvä apumenetelmä jäykissä savimaalajeissa (Berglund, 1956). Ruotsin viljelijät eivät kuitenkaan omaksuneet myyräöjitusta. 1980-luvulla monet viljelijät havaitsivat, että maan tiivistymisestä johtuva rakenteen huononeminen asetti yhä suurempia vaatimuksia maan käytölle viljelyn yhteydessä. Sen tähden myyräöjitus otettiin uudelleen tutkimuksen kohteeksi vuonna 1982.

Tutkimus rajoitettiin jälleen Englannissa tehtyjen havaintojen perusteella (Godwin ym., 1981; Spoor ym., 1982, 1987; Leeds-Harrison ym., 1982) koskemaan jäykkiä savimaalajeja yhdessä yhdistetyn salaojituksen ja myyräöji-

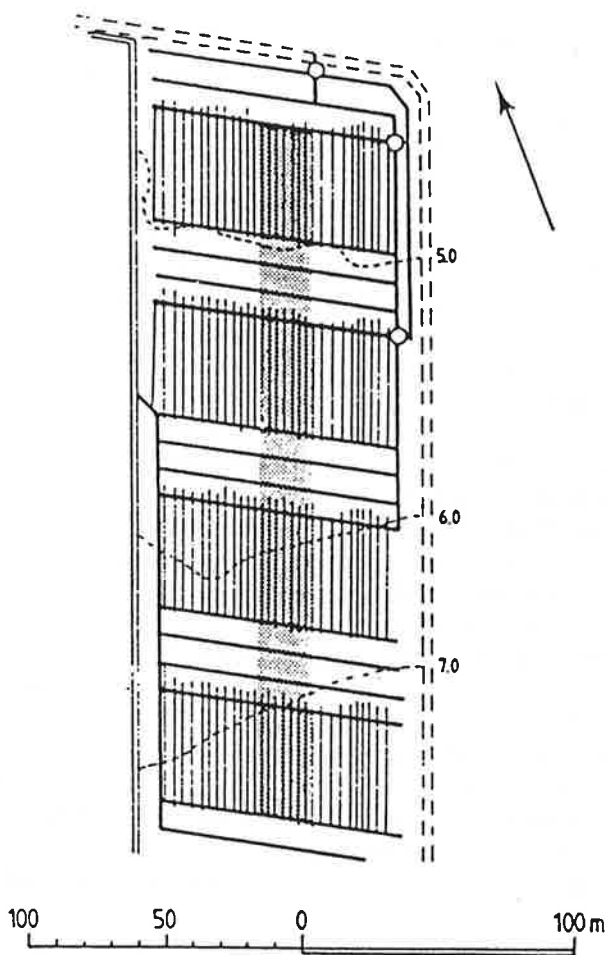
tuksen sekä käyttäjän kannalta helppojen menetelmien kanssa (Olovsson, 1984). Näiden kenttäkokeilujen tarkoituksena oli osoittaa, että myyräöjituksen avulla voidaan lisätä kuivatuksen tehokkuutta ja pienentää jäykkien savimaiden kuivatuksesta koituvia kustannuksia.

Kenttäkokeilujen suorittaminen

Vuosien 1948-1956 aikana kenttäkokeilut suoritettiin Ruotsin keski- ja eteläosissa, missä sadannan suuruus on 600-800 mm/vuosi. Eteläisessä Ruotsissa eri mineraalien pitoisuudet antavat savelle huomattavasti plasisempia ominaisuuksia kuin muualla maassa vaikka savipitoisuudet ovat yhtä suuria.

Yhdistettyjen salaojitus- ja myyräöjitusjärjestelmien kaaviot vaihtelivat pellon topografian mukaan. Joitakin kokeiluja suoritettiin myös satojen arvioimiseksi (kuvio 1).

Myyräöjat aurattiin käyttämällä tavallista englantilaistyyppistä myyräauraa (beam type). Myyrän läpimitta oli 75 mm ja kiinteittäjän 90 tai 110 mm. Myyräauraus suoritettiin Etelä-Ruotsissa toukokuun ja Keski-Ruotsissa kesäkuun aikana hyvissä olosuhteissa maaperän ollessa kuivan ja aurasyvyydellä olevan maan ollessa kenttäkapasiteetissa.



Kuvio 1. Esimerkki salaojitus-myyräojituskenttäkokeilusta. Kaavakuva sisältää kaksi erilaista toteutustapaa: salaojitus 40 m ojavälein myyräojituksen kanssa sekä 10 m ojavälein ilman myyräojitusta. Sadot arvioidaan pellon läpi kulkevalla varjostetulla alueella.

Myyräojien kestävyys

Monet asiat vaikuttavat myyräojien ikään. Vuosien 1948 - 1956 aikana suoritetuista kenttäkokeiluista saadut kokemukset korostavat tiettyjä merkittäviä tekijöitä, joita ovat: kaltevuus, routaantuminen, maalaji, maan vesipitoisuus auraamisen aikana, vuoden-aika jona auraus suoritettiin, myyräojakanavan läpimitta, sijaintisyvyys, ojaväli ja myyräojakanavan pituus.

Myyräojituksen kenttäkokeiluja tarkkailtiin viljelykauden ajan tekemällä pelloilla täsmällisiä havaintoja maan kuivumisesta, kulkukelpoisuudesta, viljelykasvien kasvusta jne. Myös myyräojakanavia tarkkailtiin jatkuvasti jopa seitsemän vuotta kestävien jaksojen ajan. Neljän vuoden jälkeen myyräojakanavien kunto tarkastettiin erityisen huolellisesti. Myyräojat kaivettiin esille 3-5 kohdassa, niitä kuvailtiin ja valokuvattiin. Myyräojakanavien kunto tarkastettiin myös kipsivalujen avulla.

Kuviossa 2 kenttäkokeilut on ryhmitelty myyräojakanavan kaltevuuden ja kestävyuden välillä vallitsevan yhteyden osoittamiseksi. Kunkin pellon savipitoisuutta (kokoa 2 µ pienempien hiukkasten määrä) kuvataan ympyröidyllä luvulla.

Kun kaltevuus oli pienempi kuin

5:1000, myyräojakanava kesti yleensä 1-3 vuotta. Kaltevuuksien ollessa suurempia kuin 5:1000 on myyräojakanavien kestoikä on ollut viisi vuotta tai enemmän. Poikkeuksia tähän sääntöön ilmeni muutamassa tapauksessa. Kahdessa tapauksessa maan kosteuspitoisuus oli liian alhainen auraamisen aikana. Muita syitä ovat olleet liian alhaiset kaltevuudet yhdistettyinä pintapaineisiin ja/tai maaperän sisältämät hiekkataskut. Myyräojakanavissa seisova vesi aiheuttaa poikkeuksetta myyräojakanavien luhistumisen. Syyt veden seisomiseen myyräojakanavissa voivat olla samat kuin aikaisemmin esitetyt ja/tai huonokuntoiset laskuaukot.

Yksi kenttäkokeiluista suoritettiin orgaanisessa ruohoa kasvavassa maassa, jossa juuret muodostivat yhtenäisen maton pintamaahan. Myyräojat olivat hyvässä kunnossa vielä seitsemän vuotta auraamisen jälkeen.

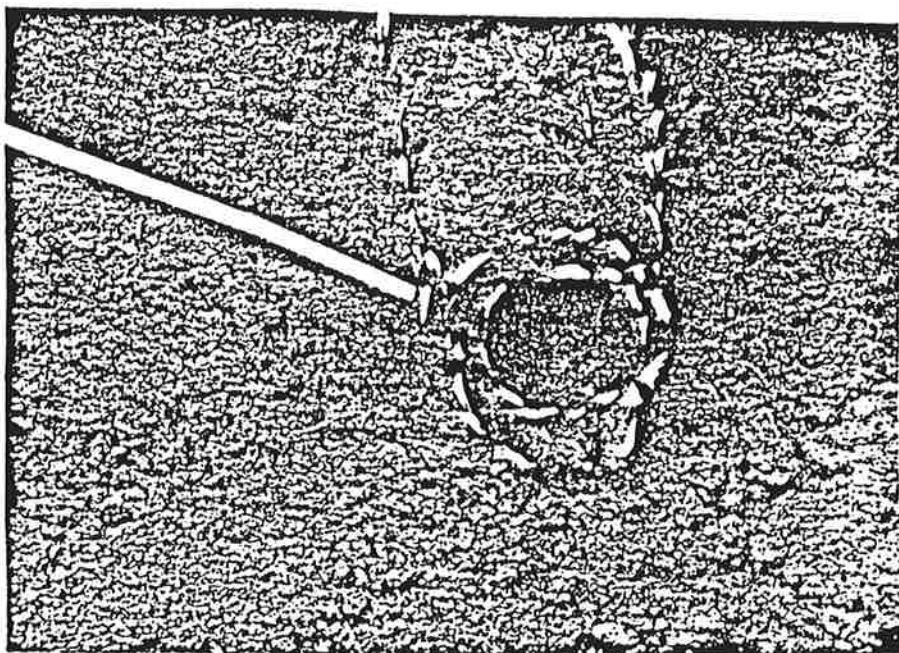
Maalaji ja maaperäolosuhteet

Koepeltojen savipitoisuus vaihteli välillä 40-80 % (so. jäykistä erittäin jähkkiin savimaalajeihin). Rakenne vaihteli hyvin kehittyneestä - jolloin maaperä sisälsi halkeamia ja eliöiden aikaansaamia huokosia - heikosti kehittyneeseen. Myyräojakanavien tutkiminen osoitti, että kummassakin tapauksessa myyrä ja kiinteyttäjät olivat

KESTO VUOSINA

	1 v	1 "	2 "	3 "	4 "	5 "	6 "	7 v
< 5 : 1000	(55)	(55)	(54)	(65)				○ Orgaaninen
	(72)	(69)	(54)	(71)				
			(70)	(55)				
			(60)	(70)				
			(81)					
			(72)					
5 - 10 : 1000	(64)	Tulvi		(55)	(83)	(54)	(40)	(62)
						(55)	(71)	(60)
							(69)	(55)
> 10 : 1000			(78)			(54)		(64)
						(61)		

Kuvio 2. Myyräjoakanavien kestoajan ja kaltevuuden välillä vallitseva yhteys Ruotsissa vuosina 1948-1956 suoritetuissa myyräjojitusta koskeissa kenttätutkimuksissa. Jokainen pello on merkitty ympyrällä, jonka sisällä on maan sisältämien savihukkasten (< 2 mikronia) keskimääräinen prosenttiosuus. Yhdellä pellolla tapahtui tulvimista myyräaurauksen jälkeen.



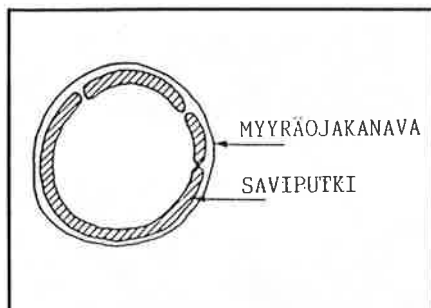
Kuvio 3. Myyräojakanavaa ympäröivä plastisesta savesta muodostunut "putki". Saviputken kaivaminen esiin suoritettiin vuoden kuluttua myyräaurauksesta.

muovanneet kanavan seinämän hyvin yhden senttimetrin paksuudelta. Myyräojakanava muistutti saviputkea, joka erottui selvästi sitä ympäröivästä maasta (kuvio 3).

"Putken" sisältämä savi on plastista ja tiivistä, kun taas sitä ympäröivä maa ei ole muuttunut rakenteeltaan. Tämä rakenteen muuttuminen on äärimmäisen merkittävää "putkien" pysyvyyden kannalta. Joissakin tarkastuksissa

havaittiin myös, että muutaman vuoden jälkeen "saviputki" oli kutistunut, ja se oli irtautunut sitä ympäröivästä maasta (kuvio 4).

"Saviputken" voitiin myös havaita halkeilleen pitkulaisiksi kappaleiksi, joista jotkut olivat pudonneet myyräojakanavan pohjalle. Tämä kävi ilmi kipsivalujen perusteella (kuviot 5 ja 6).



Kuvio 4. Myyräojakanavan ympärillä oleva "saviputki" saattaa muutaman vuoden kuluttua irrota sitä ympäröivästä maasta. Tämän "saviputken" kappaleita putoilee erityisesti myyräojakanavan katosta.

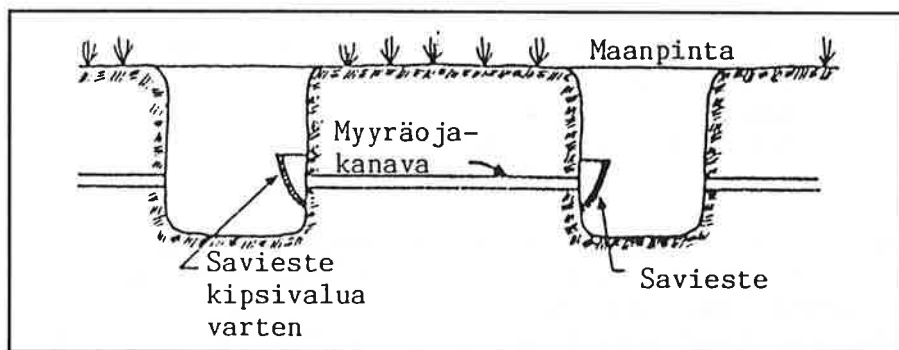
Routiminen ja routimissyvyys

Kylmissä ilmastoissa, kuten Skandinaviassa, nousee esille kysymys siitä, miten myyräojakanavat kestävät routi-

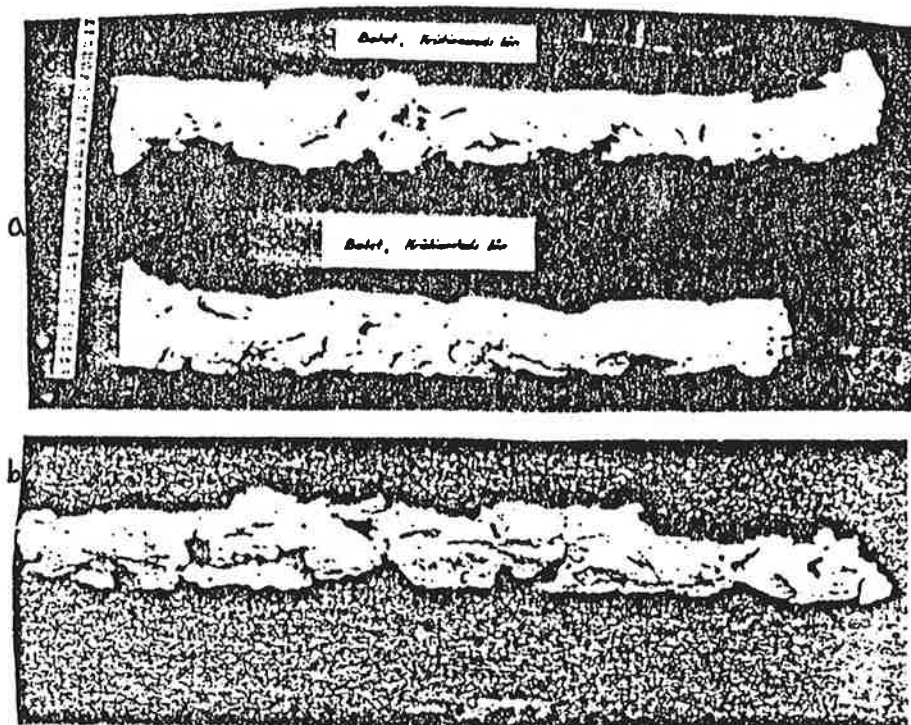
mista. Vuosina, jolloin kokeiluja suoritettiin, oli vain muutama sellainen talvi, jolloin routa ulottui myyräojakanavien syvyydelle tai sitä alemmaksi. Silloin kun näin tapahtui, ei routimisella ollut mitään ilmeistä vaikutusta "saviputkeen". Myyräojakanavan muovautuneen seinämän halkeileminen ja luhistuminen johtui enemmänkin aikaisemmin kuvaillusta kuivumisen aiheuttamasta kutistumisesta. Routiminen antaa maalle hienojakoisen mururakenteen.

Pohdiskelua ja johtopäätökset

Ruotsissa kenttäkokeilujen avulla suoritettu myyräojitusta koskeva tutkimus vahvistaa todeksi, että vain jäykkäsaviset ja erittäin jäykkäsaviset maat sekä jotkut orgaaniset (turve) maalajit ovat soveltuvat myyräojitettavaksi. Lisätutkimukset osoittavat,



Kuvio 5. Kipsivalua varten valmis myyräojakanava.



Kuvio 6. a) Kipsivalut neljä vuotta vanhoista myyräojakanavista kenttäkokeilussa, kun maa sisälsi savea 62 %. Kipsivalut on kuvattu sivulta päin. Näkyvis-
sä olevat onkalot ovat myyräojakanavan katosta peräisin olevia maakap-
paleita.

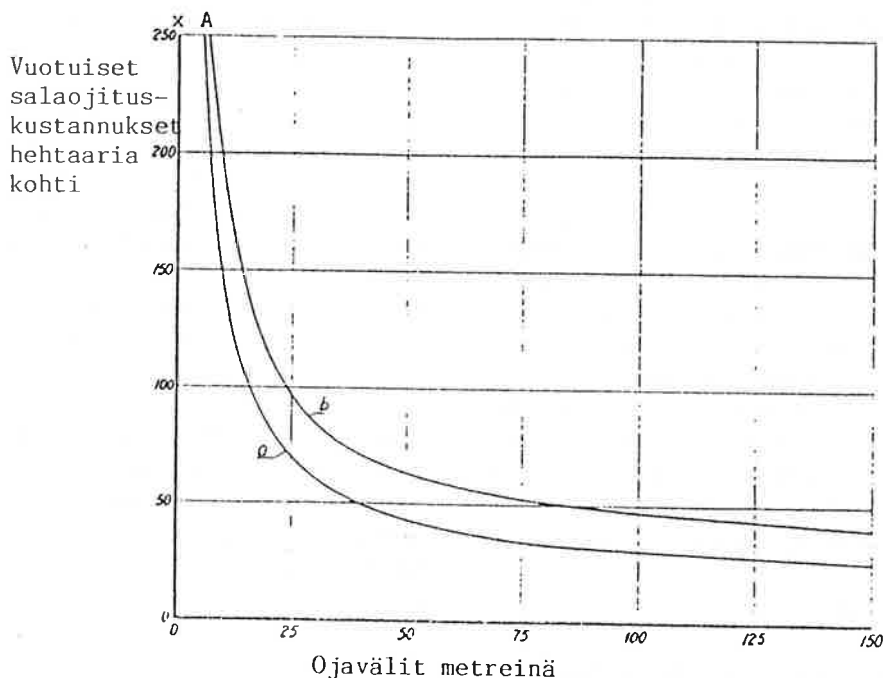
b) Kipsivalu samalta pellolta seitsemän vuoden kuluttua myyräaurauk-
sesta. Valu osoittaa, että kanavan avoin tila on yhä melko suuri.

että varsinkin rakenteellisesti hyvin kehittyneillä mailla "saviputken" muodostuminen myyräaurauksenyhteydes-
sä merkitsee erittäin paljon myyräoja-
kanavien kestävyyskannalta.

Routiminen ei näyttänyt vaikuttavan myyräojakanavien kestävyyskannalta 1950-luvulla suoritettujen kenttäkokeilujen aikana. Ruotsissa paras ajankohta myyräauraukselle on toukokuu ja ke-
säkuu. Sopivin auruusvyvyys on 50-

60 cm. Noin 90-100 mm suuruinen myyräojakanavan läpimitta näyttää olevan riittävä. Lisäksi myös maan vesipitoisuus myyräaurauksen aikana samoin kuin säätila ensimmäisen kauden aikana ovat tärkeitä tekijöitä.

Kuvion 7 diagrammi on koottu olettaen takaisinmaksukauden olevan 30 vuoden pituinen. Diagrammista voidaan suoraan lukea erillisten salaojitusvaihtojen kustannukset ilman myyräauraus ja sen kanssa olettaen takaisinmaksukauden olevan 30 vuoden pituinen.



Kuvio 7. Salaojituksen vuotuisten kustannuksien ja ojavälin suuruuden välillä vallitseva yhteys. Käyrästä *a* käyvät ilmi ennemminkin salaojajärjestelmän kustannukset [kokoojaoja(*t*) ja sivuojat], kun taas käyrän *b* kustannuksiin sisältyvät myös 30 cm paksuinen sorakerros salaojan päälle ja myyräauraus joka seitsemäs vuosi. *A* = muuntotekijä kustannuksien laskemista varten (Berglund, 1954).

Näin ollen oikein suoritettuna, esimerkiksi 25 metrin ojavälein tehdyn sala-ojituksen kustannukset ovat suunnilleen yhtä suuret kuin 50 m välein tehty salaojitus, johon on yhdistetty myyräojitus. Yhdistelmissä myyräojakanavan pituuden määräävät soran läpäisevyys ja kaltevuus. Siksi myyräojakanavan pituuden ei pitäisi ylittää 100 metriä. Suuri kustannuserä yhdistetyssä salaojitus-myyräojitusjärjestelmässä on sora. Ojavälin ollessa 20 m ovat sorasta aiheutuvat kustannukset kolmannes kokonaiskustannuksista.

1980-luvulla suoritettut tutkimukset painottivat helppokäyttöisiä menetelmiä, joissa myyräauran muoto on sellainen, että se tekee mahdollisimman hyviä myyräojakanavia. Kävi myös selväksi, että hyvin jäykkien savimaiden tehokas salaojitus riippuu myyräojakanavien kestosta sekä myös siitä, miten myyräauran terä muokkaa maata erityisesti myyrän yläpuolella.

Lähteet

Berglund, G., Tubulering. Resultat av svenska tubuleringsförsök utförda under åren 1948-56. Särtryck ur: Grundförbättring 1956:3 och 4.

Godwin, R.J., Spoor, G.S., Leeds-Harrison, P.B. (1981). An Experimental Investigation into the Force Mechanics and Resulting Soil Disturbance of Mole Ploughs. J. Agric. Engng Res. 26, 477-497.

Leeds-Harrison, P.B., Spoor, G.S. and Godwin, R.J. 1982. Water Flow to Mole Drains. J. Agric. Engng Res. 27, 81-91.

Olovsson, I. 1987. Tubulering. Avd.medd. 87:4 - en metod att förbättra dräneringen på jordar med lång genomsläpplighet. Dept. of Soil Sciences, Hydrotechnics, Swedish University of Agricultural Sciences, Sweden.

Spoor, G. and Ford, R.A. 1987. Mechanics of Mole Drainage Channel Deterioration. J. SOIL SCI. 38, 369-382.

Spoor, G., Leeds-Harrison, P.B. and Godwin, R.J. 1982. Potential Role of Soil Density and Clay Mineralogy in Assessing the Stability of Soils for Mole Drainage. J. SOIL SCI. 33, 427-441.

Epästabiileihin maalajeihin aurattujen ja soratäytteisten myyräojien tehokkuuden vertailua

L.F. Galvin, An Foras Taluntais (Agricultural Institute)

Kinsealy Research Centre, Dublin, Irlanti

Irlannin tasavallassa on arviolta yhteensä 0,8 miljoonaa hehtaaria alueita, jotka ovat maalajiltaan tiiviitä tai heikosti läpäiseviä. Ne käsittävät 14 % maatalouskäytössä olevasta maasta. Useimpien läpäisemättömien maiden jankko on tiivis ja sijaitsee syvällä. Kyntökerroksen (ruokamullan) paksaus on vaihteleva, joskus vain 100 mm. Kosteiden jaksojen aikana vesi kyllästää ruokamullan ja heikentää sen rakenteellista lujuutta, jolloin koneet ja laiduntavat eläimet vahingoittavat sitä helposti.

Liiallisella sadannalla on suuri merkitys Irlannin maataloudessa. Erityisesti se aiheuttaa ongelmia maan län-siosissa, jossa vuotuinen sadanta on 1000-1600 mm (taulukko 1). Potentiaalinen evapotranspiraatio on suu-

ruudeltaan 360-390 mm (vuotuinen arvo) ja 310-340 mm (huhti-syyskuu). Normaali sadanta huhtikuusta syyskuuhun on 400-650 mm, mutta kesinä (1985) se on 600-850 mm, mikä ylittää PE:n suuruuden huomattavasti.

Näissä olosuhteissa heikosti läpäiseviä maita käytetään poikkeuksetta ruohontuotantoon; maiden muokkaaminen rajoittuu hyvin kuivuville maille. Ruohonkin kasvattamiseen tarvitaan tehokasta kuivatusta. Ilman sitä saate-taan kohdata suuria vaikeuksia, mistä viljelijät saivat hyvin kouriintuntuvan opetuksen vuosien 1985 ja 1986 kos-teina kesinä. Laajat ruohoa kasvavat alueet muuttuivat kulkukelvottomiksi eläimille ja työkoneille, ja jos laidun-tamista yritettiin edelleen, pellot lie-

		Itä	Länsi
Sadanta	Vuotuinen	700 - 1200	1000 - 1600
	Huhtikuu - syyskuu	350 - 500	400 - 650
	Huhtikuu - syyskuu (-85)	450 - 550	600 - 850
PE	Vuotuinen	420 - 470	360 - 390
	Huhtikuu - syyskuu	370 - 410	310 - 340

Taulukko 1. Irlannin tasavaltaa koskevat sadanta- ja PE-tiedot (mm).

juuntuivat täydellisesti. Viljelijöiden kokemat vaikeudet osoittivat selvästi, kuinka tärkeää tehokkaan salaojajärjestelmän rakentaminen on tällaisilla mailla.

Läpäisemättömien maiden salaojitusmenetelmiä

Heikosti läpäisevien maiden salaojituksen on täytettävä kaksi olennaista vaatimusta:

1. Salaojat on tehtävä pienin välein ja
2. Niiden läheisyydessä olevaa maata on muokattava, jotta saadaan aikaan maanpinnasta salaojakanaviin ulottuvia halkeamia.

Nämä vaatimukset voidaan täyttää tekemällä aurattuja tai soratäytteisiä myyräojia 450-500 mm syvyydelle, 1.3-2 m suuruisin välein. Auraaminen on suoritettava kuivissa olosuhteissa, jotta syntyisi mahdollisimman paljon halkeamia maanpinnan ja myyräojien tai soratäytteisten myyräojien välille. Kummallakin menetelmällä saadaan aikaan tehokas kuivatus, jos työ vain suoritetaan huolellisesti.

Myyräojien on kuitenkin havaittu olevan lyhytikäisiä monissa Irlannin maa-lajeissa. Näissä ns. epästabiileissa maalajeissa myyräojat tukkeutuvat täysin 1-3 vuodessa, mikä johtuu pää-

asiallisesti maan turpoamisesta. Myyräojakanavan rappeutumisen varhaisessa vaiheessa myyräojituksen tehokkuus ei pienene paljoa, koska kanavien kapasiteetti tavallisilla 1.3-2 m suuruisilla ojaväleillä ylittää selvästi virtaamaa koskevat vaatimukset. Myyräojakanavien ja halkeamien rappeutuminen yhdessä satunnaisten tukkeutumien kanssa saattaa edelleen vähentää virtausta ja nostaa vedenpintoja. Jos maata silloin kostealla säällä käytetään tehokkaasti, sen pinta vahingoittuu ja rappeutumisen eteneminen kiihtyy nopeasti. Näissä tilanteissa soratäytteiset myyräojat (Mulqueen, 1985) ovat osoittautuneet onnistuneeksi vaihtoehdoksi. Soratäytteinen myyräojakanava ei ole altis rappeutumiselle, ja se säilyttää virtauskapasiteettinsa. Lisäksi etuna on se, että soratäytteisen myyräojan tekemisessä käytettävän auran leveämpi terä saa aikaan halkeamaverkoston, joka on ylivoimainen tavallisen myyräauran jälkeen verrattuna. (Galvin, 1983 ja Youngs, 1984/1985).

Niissäkin tapauksissa, joissa myyräojat tai soratäytteinen myyräojajärjestelmä toimii moitteettomasti, ylemmät maakerrokset saattavat vahingoittua tehokkaasta laiduntamisesta tai rehunkorjaamisesta maan ollessa märkää. Pintamaassa oleva halkeamaverkosto tukkeutuu täydellisesti, mikä aiheuttaa infiltraatiokapasiteetin pienentymisen.

Tämä puolestaan johtaa pintamaan kyllästymiseen, lammikoiden muodostumiseen, kulkukelpoisuuden heikentymiseen ja maanpinnan lisävaurioitumiseen. Heikosti läpäisevien maiden kuivattamiseksi on siksi tehtävä staabiileja myyräojakanavia halkeamaverkostoineen. On myös huolehdittava siitä, että ylempien kerrosten halkeamaverkosto kehittyy halutulla tavalla.

Tutkimusalueet

Vuodesta 1975 lähtien on erilaisia muokkausmenetelmiä (myyräojat, soratäytteiset myyräojat, rouhiminen sekä matalalla sijaitsevat myyräojat) käytetty useilla eri tutkimusalueilla. Alkuvuosina 1975-1978 käytettävissä ei ollut tarvittavia välineitä, mutta kokeilusuunnitelmat toteutettiin niissä olosuhteissa. Koekenttiin sisältyi 0.5-1 hehtaarin suuruisia myyräojitettuja, soratäytteisesti myyräojitettuja ja rouhittuja palstoja sekä vertailupalstoja (vain putkisalaojat). Alueita viljeltiin kaupallisesti. Viiden vuoden ajan myyräojien ja rouhittujen halkeamien kunto tarkastettiin säännöllisesti suoritettamalla tähystyksiä ja polyuretaanivaluja. Tänä aikana myyräojat ja rouhitut halkeamat rappeutuivat kaikilla paitsi yhdellä alueella. Sillä myyräojat kestivät kahdeksan vuotta.

Kokeilusuunnitelmien opettavaisuutta ei voi liiaksi korostaa. Maanpinnan

kulkukelpoisuuden täydellinen luhistuminen rouhituilla ja myyräojitetuilla palstoilla oli voimakas vastakohta viressä sijainneiden soratäytteisesti myyräojitettujen palstojen ehyelle maanpinnalle vuosien 1980 ja 1981 kosteiden kesien aikana. Tutkimuksen jälkeen maatalousneuvojat käyttivät näitä alueita esitellessään tehokkaan kuivatuksen hyödyllisyyttä urakoitsijoille ja maanviljelijöille.

Kokeilujen johdosta suoritettiin vuosina 1981-1984 useilla eri puolilla maata sijaitsevilla alueilla kuivatuskokeiluja tarpeellisin välinein. Kaikkiin kokeiluihin sisältyivät seuraavat salaojitustoimenpiteet:

- a) Myyräojat 1.3 m suuruisin välein;
- b) Soratäytteiset myyräojat 1.3 m suuruisin välein;
- c) Vertailu (vain putkisalaojat 30-50 m suuruisin välein).

Näillä alueilla suoritettiin myös vähintään yksi seuraavista toimenpiteistä:

- d) Soratäytteiset myyräojat + rouhiminen. Soratäytteiset myyräojat sijaitsivat 2.6 m suuruisin välein. Myös näiden väliin rouhitut viillot sijaitsivat 2.6 m suuruisin välein;
- e) Rouhiminen (voimakkaasti suoritettu jankonmuokkaus) 1.3 m suuruisin välein sekä
- f) Matalalla sijaitsevat myyräojat

		Kanturk	Ballyroan	Kilmaley
Hiukkasista hienompia kuin (%)	2 mm	100	100	100
	0.6 mm	97	96	99
	0.2 mm	92	90	97
	0.06 mm	77	77	91
	0.02 mm	65	65	79
	0.006 mm	50	45	56
	0.002 mm	34	31	35
Suurempia kuin 2 mm (%)		9	5	4
Savi/hiesu-suhde		0.52	0.48	0.44
Juoksuraja		37	44	45
Kieritysraja		21	25	27
Plastisuusluku		16	19	18
Tilvuuspaino	1.50 - 1.62	1.61 - 1.78	1.50 - 1.68	

Taulukko 2. Jankkojen hiukkaskokojakaumat, Atterberg-rajat ja tilavuuspainot (mg/m^3).

(300-330 mm syvyydellä) 1.3 m suuruisin välein.

Jokaisella alueella mitattiin vedenpinnan korkeudet pietsometrein, maanpintaan tehdyt uurteet sekä salaojien jatkuva virtaus.

Tässä käsitellään yksityiskohtaisesti kolmelta alueelta, Kanturkista, Ballyroanista ja Kilmaleystä saatuja tuloksia. Kanturkin ja Ballyroanin alueet edustavat kuivempia seutuja, kun taas Kilmaley on maan kosteimpia alanko-alueita. Tarkasteltaessa taulukkoa 2 käy ilmi, että maalajien fyysikaalisten

ominaisuuksien välillä ei ole suuria eroja, vaikka Kilmaleyn maan hiesupitoisuus onkin jonkin verran korkeampi kuin kahdella muulla alueella.

Muokkaus tehtiin Kanturkissa 1981, Ballyroanissa 1982 ja Kilmaley A:ssa 1984. Tarkkailu suoritettiin Kanturkissa vuosina 1981-1984, Ballyroanissa vuodesta 1982 eteenpäin ja Kilmaley A:ssa vuodesta 1984 lähtien. Hydrologisten tietojen tarkkailemisen lisäksi alueilla tehtiin kaivauksia koko kokeilujakson ajan myyräojakanavien kunnon ja halkeamien rakenteen tarkkailemiseksi.

Alueilla suoritettut havainnot

Kanturkissa ja Ballyroanissa vuoteen 1985 asti suoritettut havainnot on kuvailtu yksityiskohtaisesti (Galvin, 1986). Näistä havainnoista on tehty yhdessä Ballyroanissa ja Kilmaley A:ssa myöhemmin suoritettujen havaintojen kanssa yhteenveto seuraavasti:

Kanturk: Kaikki soratäytteiset myyräojat ovat hyvässä kunnossa. Terän viillot olivat poikkeuksetta täyttyneet alaspäin soran päälle kulkeutuneella pintamaalla, jolloin sitä oli koko matkalla soran päältä pintakerrokseen asti. Tämän pintamaan muodostama "nauha" (jopa 50 mm leveä) oli yleensä pehmeä ja läpäisevä. Myyräojassa oleva sora ei ollut terän viillossa olevan pintamaan eikä ympäröivästä jankosta peräisin olevan maan likamaa.

Rouhitut viillot samoin kuin terän urat olivat yleensä pintamaan täyttämiä. Joissakin tutkituista urista pintamaata oli jopa 60 mm leveydeltä. Se oli suhteellisen tiivistymätöntä, ja pystyi kuljettamaan jonkin verran vettä.

Myyräojat olivat siinä määrin pehmeän liejun täyttämiä, että vuonna 1982 (kymmenen kuukautta myöhemmin) oli mahdotonta ottaa polyure-

taanivaluja. Tässä vaiheessa myyräojat pystyivät vielä kuljettamaan vettä kokoojaojiin. Vuonna 1983 lieju oli tiivistyneempää, ja myyräojan täyttämän liejun sekä alkuperäisen seinän väliin jääneet väylät näyttivät tarjoavan kulkutien virtaavalle vedelle. Vuonna 1985 myyräojat olivat kuitenkin täysin maan ja pienien kivien tukkimia. Yhdestä kaikkiaan kolmesta esiin kaivetusta myyräojasta oli jatkumattomia vesiuomia, mutta kaksi muuta olivat täysin tukkeutuneita. Tässä vaiheessa myyräojien täyttämän maan muodostaman tulpan paksuus vaihteli välillä 80 x 80 mm - 150 x 80 mm. Tämä osoitti, että vaikka myyräojan alkuperäinen leveys ei ollutkaan muuttunut olennaisesti, sen korkeus oli muuttunut paikoitellen huomattavasti. Tarkempi tutkimus osoitti, että veden pehmentämä materiaali ulottui alkuperäisen myyräojakanavan alapuolelle. Se ulottui myös ylöspäin terän viiltoon, jossa oli tapahtunut myyräojakanavan katon luhistumista.

Ballyroan: Soratäytteiset myyräojat ovat hyvässä kunnossa. Myyräojassa oleva sora ei ole näkyvästi ympäröivän maan likaamaa. Pintamaata on kulkeutunut leveään terän viiltoon myyräojassa olevan soran päälle, ja näin on muodostunut suora yhteys soran ja pintamaan välille. Myös halkeamien kunto jankossa soratäytteisen myyräojan läheisyydessä on erittäin hyvä.

Rouhitut urat, jotka vuonna 1985 olivat lähes täysin sisään kulkeutuneen pintamaan ja paisuneen jankon tukkimia, olivat vuonna 1986 täydellisesti tukkeutuneita. Nämä pintamaasta muodostuneet "nauhat", jotka ovat yhteydessä alueen pintamaahan, kykenevät hyvin todennäköisesti yhä kuljettamaan jonkin varran vettä kokoojajoihin, mutta virtaamanopeudet ovat luultavasti hyvin pieniä.

Vuonna 1985 esiin kaivetut myyräojat olivat hyvässä kunnossa, vaikka kaksi tukkeutunutta löydettiin. Vuonna 1986 tehdyissä kaivauksissa saatu kokonaiskäsitys oli, että myyräojat olivat rappeutuneet melkoisesti vuoden kuluessa. Tukoksia löydettiin paljon useampia, ja tukkeutumattomien osien seinämien maa oli kosteampaa ja pehmeämpää kuin vuonna 1985. Tähän olivat luultavasti syynä alajuoksulla olevat tukokset, joiden takia syntyi lammikoita ja sen seurauksena maa turposi.

Tällä alueella myyräojat ovat toimineet paljon paremmin kuin monilla muilla. Tärkeimmäksi syyksi myyräojien luhistumiseen ovat ilmenneet paikoiltaan siirtyneet suuret kivet, jotka ovat aiheuttaneet satunnaisia myyräojakanavan katon romahduksia sekä muun tyyppisiä tukoksia. Nämä tukokset johtavat kanavien lisärappeutumiseen, joka todennäköisesti kiihtyy.

Tässä vaiheessa (viiden vuoden kuluttua) myyräojat yhä kuivattavat tehokkaasti.

Kilmaley A: Soratäytteiset myyräojat ovat hyvässä kunnossa.

Myyräojat, jotka sijaitsevat vakiosyvytydellä 450-500 mm, ovat rappeutuneet huomattavasti vuoteen 1986 mennessä. Kaikissa tutkituissa myyräojissa oli suuria määriä liejua. Niiden pääteltiin vahingoittuvan maan loputtomasta turpoamisesta. Vuoden 1987 tutkimukset osoittivat, että rappeutuminen jatkui edelleen. Joissakin tapauksissa myyräojat olivat lähes tulkoon täysin tukkeutuneet, ja satunnaisesti maanpinnalla esiintyvät kosteat alueet osoittivat myyräojien luhistuneen täydellisesti. Näitä kosteita läikkeitä oli erityisesti myyräojitettujen palstojen alemmilla laidoilla.

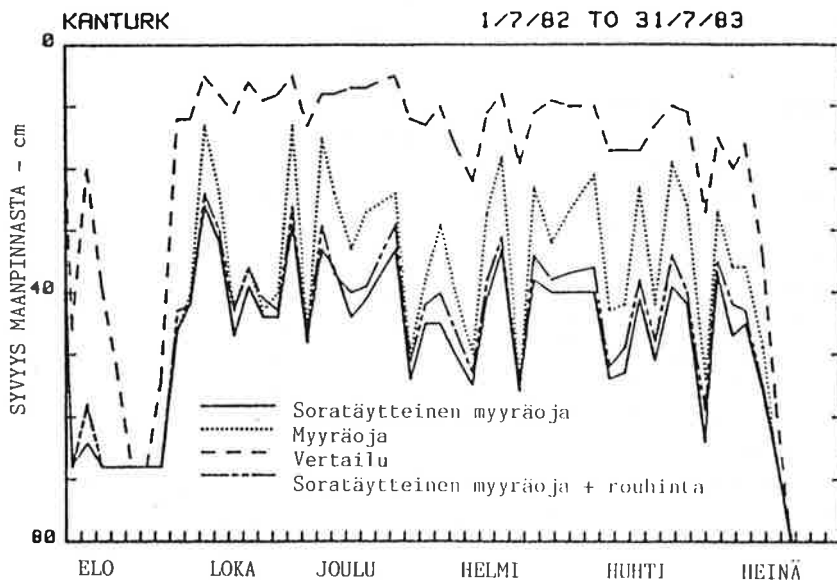
Vuonna 1986 myös matalalla sijaitsevat myyräojat olivat alkaneet rappeutua, mutta tutkituissa oli vähemmän liejua ja ne näyttivät olevan paremmassa kunnossa kuin tavalliset myyräojat. Joissakin kaivetuista tarkastusrei'issä oli jälkiä siitä, että koko myyräojakanavan katto oli laskeutunut hieman, mutta ei ollut romahtanut, jolloin oli muodostunut ellipsin muotoinen myyräojakanava (horisontaalinen akseli pidempi). Tämä on tyyppilistä silloin kun myyräojat aurataan

hiukan kriittisen syvyyden yläpuolelle. Vuonna 1987 oli joistakin tarkastusrei'istä mahdotonta löytää matalalla sijaitsevia myyräojia. Muissa tarkastusrei'issä olleet, matalalla sijaitsevat myyräojat olivat kuitenkin kuivia ja ehyitä, mutta niiden läpimitta oli enää suunnilleen 30 mm. Tämä satunnainen matalalla sijaitsevien myyräojien luhistuminen johtuu vedenpinnan korkeudesta ja virtaushydrografeista.

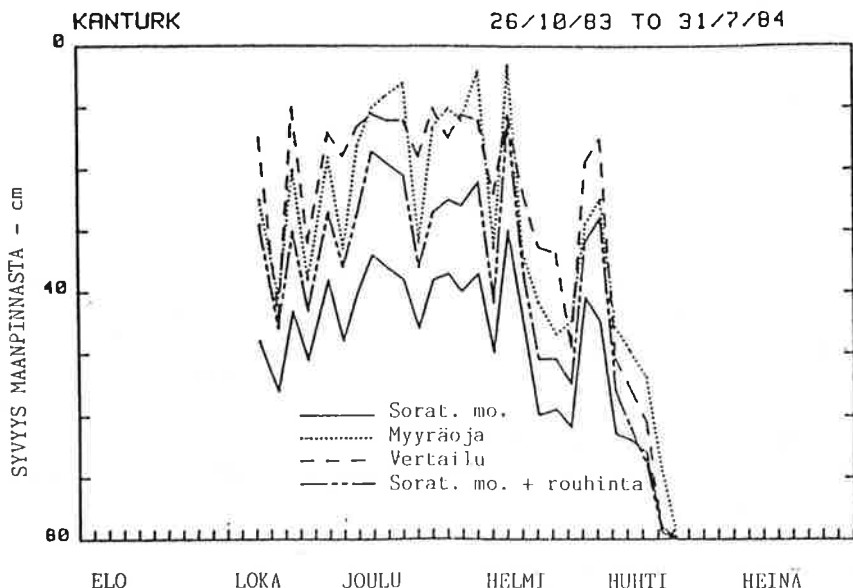
On kuitenkin huomattava, että luhistumisista huolimatta myyräojitetut ja matalalta syvyydeltä myyräojitetut palstat ovat yhä paljon paremmassa kunnossa kuin vertailupalstat (vain

putkisalaojat), mitä tulee vedenpinnan korkeuden säätelyyn ja maanpinnan kuntoon.

Periaatteessa viljelijät voivat tehdä matalalta suoritettun myyräojituksen alhaisin kustannuksin uudelleen lyhyin väliajoin (2-3 vuotta) käyttämällä pienitehoisia traktoreitaan. Tässä mielessä Kilmaleyn matalalla olevat myyräojat ovat täyttäneet tarkoituksensa mahdollistamalla tehokkaan kuivatuksen kolmeksi vuodeksi. Toimenpide uusittiin syyskuun alussa 1987.



Kuvio 1. Vedenpinnan korkeuden vaihtelut Kanturkissa 1982/83.



Kuvio 2. Vedenpinnan korkeuden vaihtelut Kanturkissa 1983/84.

Vedenpinnan korkeuden mittaukset

Kaikilla palstoilla vedenpinnan korkeuden mittaukset suoritettiin huipparvot mittaavilla pietsometreillä (Davies, 1969), jotka oli sijoitettu läpimitaltaan 20 mm vahvuisiin muoviputkiin. Kanturkin ja Ballyroanin alueilla tulokset kerättiin viikon väliajoin. Myös Kilmaleyn alueella lukeminen suoritettiin viikon väliajoin kesän aikana ja 2-3 vuorokauden väliajoin talvikuukausina silloin kun se oli mahdollista. Nämä tulokset on esitetty kuvioissa 1-6.

Kanturk: Kuviot 1 ja 2 kuvaavat myy-

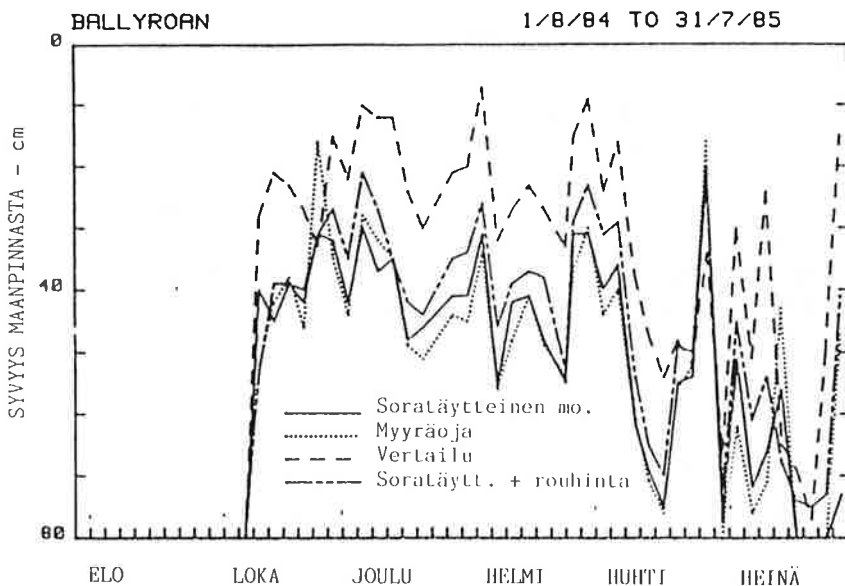
räojien vahingoittumista ja soratäytteisten myyräojien + rouhintaurien osittaista vahingoittumista. Kuten kuvioista 1 käy ilmi, on soratäytteisesti myyräojitettu + rouhittu palsta miltei yhtä tehokas kuin soratäytteisesti myyräojitettu palsta, mutta myyräojitettu palsta ei ole yhtä tehokas. Vuotta myöhemmin (kuvio 2) myyräojien rappeutuminen käy selvästi esiin nousseiden vedenpinnan korkeuksien perusteella. Tukkeutuneiden rouhintaurien vähentynyt kuivatusvaikutus selittää vedenpinnan korkeuden nousun soratäytteisesti myyräojitetulla + rouhitulla palstalla.

Kuivatustehokkuuden romahtaminen myyräojitetulla palstalla ja soratäynteisesti myyräojitetulla + rouhitulla palstalla voidaan päätellä taulukosta 3, jossa on esitetty kaikkia Kanturkissa vuosina 1982/83 ja 1983/84 käytettyjä kuivatusvaihtoehtoja koskevat SEW (30) -lukemat. Vertailupalstan pienentyneeseen SEW (30) -lukuun on syynä kuivempi vuosi.

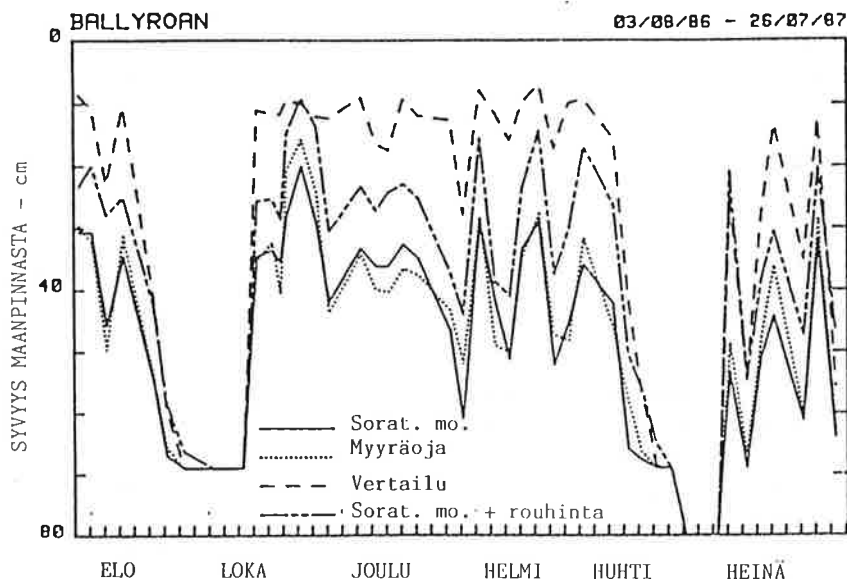
Ballyroan: Vedenpinnan korkeutta Ballyroanissa koskevat tiedot on esitetty kuviossa 3 ja 4, joissa esitetään yksityiskohtaisesti vedenpinnan korkeuden vaihtelut vuosina 1984/85 ja 1986/87. Myyräojitetun palstan veden-

pinnan korkeuden säätelyssä on nähtävissä lievää heikentymistä ja suhteellisen pientä mutta silti melkoisen merkittävää laskua soratäynteisesti myyräojitetun + rouhitun palstan kuivatuksen tehokkuudessa 3 vuoden pituisen jakson aikana. Nämä vaihtelut on tuotu esiin taulukossa 4, jossa esitetään SEW (30) -lukujen vaihtelut vuosina 1984/85 ja 1986/87.

Kilmaley A: Kilmaleyssä oli lukuksia palstoja, joilla erilaiset salaojitus/kuivatustoimenpiteet oli toistettu. Viimeisen kolmen vuoden aikana vedenpinnan korkeuksissa tapahtuneiden vaihteluiden kuvaamiseksi valittiin



Kuvio 3. Vedenpinnan korkeuden vaihtelut Ballyroanissa 1984/85.



Kuvio 4. Vedenpinnan korkeuden vaihtelut Ballyroanissa 1986/87.

neljä palstaa. Ne vastaavat hyvin alueella vallitsevia keskimääräisiä olosuhteita.

Vedenpinnan korkeuksia vuosina 1984/85 (kuvio 5) ja vuosina 1986/87 (kuvio 6) koskevat tiedot osoittavat,

että voimakkain kasvu vedenpinnan korkeuksissa tapahtui myyräojitetuilla palstoilla ja pienin soratäytteisesti myyräojitetuilla palstoilla. Kuten jo aiemmin todettiin, ovat sekä syvälle että matalalle auratut myyräojat lähellä luhistumista tässä vaiheessa, mutta

	1982/83	1983/84
Soratäytteiset myyräojat	13	0
Soratäytteiset myyräojat + rouhinta	35	441
Myyräojat	520	1389
Vertailu (vain putkisalaojat)	4042	1751

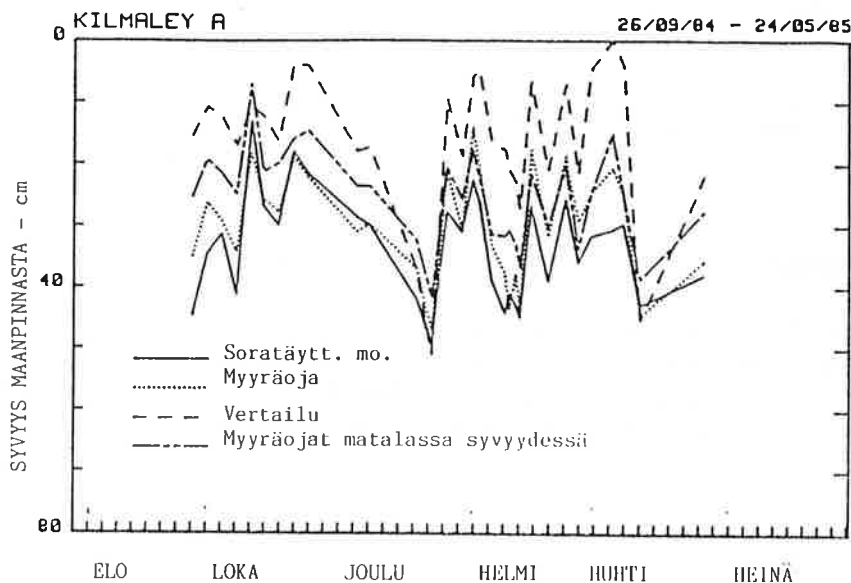
Taulukko 3. Kanturkia vuosina 1982/83 ja 1983/84 koskevat SEW (30) -luvut.

	1984/85	1986/87
Soratäytteiset myyräojat	0	82
Soratäytteiset myyräojat + rouhinta	139	1075
Myyräojat	63	170
Vertailu (vain putkisalaojat)	1492	3464

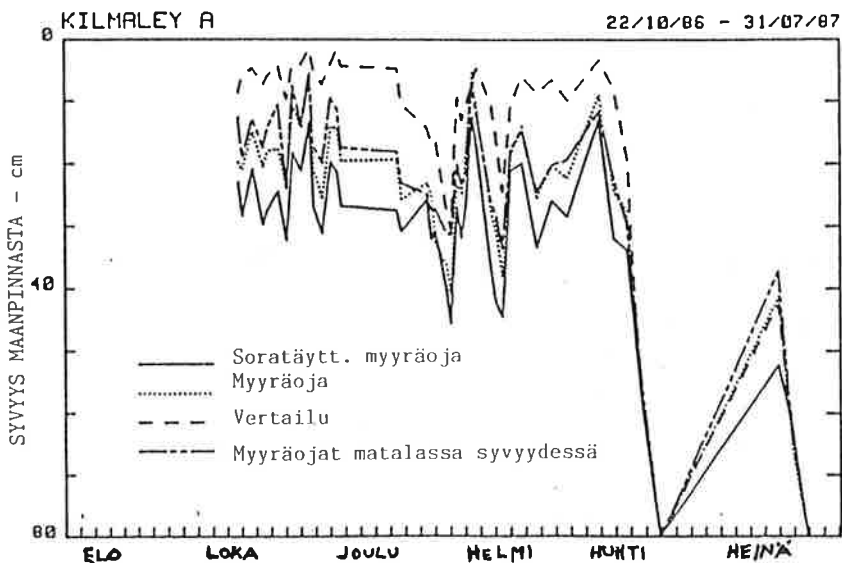
Taulukko 4. Ballyroanin SEW (30) -luvut vuosina 1984/85 ja 1986/87.

kuivattavat silti vielä kohtuullisen hyvin. Vedenpinnan korkeuksien vaihtelua on kuvattu taulukossa 5, jossa

esitetään SEW (30) -luvut kolmelle vuodelle kokeilun edistytessä.



Kuvio 5. Vedenpinnan korkeuden vaihtelut Kilmaley A:ssa 1984/85.



Kuvio 6. Vedenpinnan korkeuden vaihtelut Kilmaley A:ssa 1986/87.

Yhteenveto

Kanturkista, Ballyroanista ja Kilmaley A:sta saadut tulokset osoittavat sala-ojituksen rappeutumisen yleisen luonteen Länsi-Irlannin ruohoa kasvavien

maiden alla olevissa heikosti läpäisevissä maalajeissa.

Myyräojien kestoikä epästabiileissa maalajeissa vaihtelee. Kanturkissa myyräojat olivat lähes täysin tehot-

	1984/85	1985/86	1986/87
Soratäytteiset myyräojat	394	459	763
Myyräojat	716	998	1783
Matalaan syvyyteen auratut myyräojat	1389	1605	2022
Vertailu (putkisalaojat)	3216	4685	3911

Taulukko 5. SEW (30) -luvut Kilmaley A:ta edustavilla palstoilla vuosina 1984/85, 1985/86 ja 1986/87.

tomia kolme vuotta niiden auraamisen jälkeen. Ballyroanissa myyräojat toimivat melko hyvin viiden vuoden jälkeen lukuun ottamatta satunnaisia tuloksia. Sen sijaan Kilmaleyn myyräojat osoittavat vakavia rappeutumisen merkkejä kolme vuotta auraamisen jälkeen.

Alueiden peruserot liittyvät maalajin stabiiliteettiin. Kanturkin ja Kilmaleyn myyräojat alkoivat vahingoittua maan jatkuvan paisumisen takia ensimmäisen talven aikana. Tämä jatkui melko nopeana Kanturkissa johtaen kahdessa vuodessa miltei täydelliseen tukkeutumiseen, kun myös Kilmaleyssä alkoi ilmetä merkkejä saman prosessin kehittymisestä. Ballyroanissa maa näyttää olevan paljon stabiilimpaa, ja vaikka myyräojien seinät ovatkin pehmeitä, ei kahdella muulla alueella havaittua varhaisissa vaiheissa laajamittaista liettymistä havaittu juuri ollenkaan. Myöhemmin myyräojakanavan katon romahtaminen ja kivien siirtyminen kuitenkin aiheuttivat myyräojakanavien tukkeutumista. Tästä puolestaan seuraa lammikoiden muodostumista myyräojakanaviin, mikä taas saa alulle myyräojakanavien seinien lisääntyvän kostumisen ja liejuuntumisen.

Soratäytteiset myyräojat toimivat hyvin kaikilla alueilla, mutta yritykset kaksinkertaistaa vierekkäisten sora-

täytteisten myyräojien välit ja rouhia ura niiden väliin eivät onnistuneet. Auraamisen aikana syntyneet halkeamat eivät kattaneet kahden vierekkäisen soratäytteisen myyräojan etäisyyttä. Kun rouhittu ura liettyi ja täyttyi pintamaalla, niiden vedenpoist nopeus pieneni ja vedenpinnan korkeudet nousivat. Kaikkien muokausmenetelmien avulla aikaan saatavat vedenpoistojärjestelmät ovat kosteissa olosuhteissa alttiina koneiden ja eläinten liialliselle liikkumiselle maalalla. Sillä on taipumusta sulkea pintamaassa ja juuri sen alapuolella olevia halkeamarakenteita, minkä seurauksena saattaa olla lammikoiden muodostuminen ja tallaantuminen, jos vuosi on normaalia kosteampi. Myyräojien auraaminen matalaan syvyyteen tai vastaava pintamaan muokkaaminen yleensä kuitenkin luovat uusia halkeamia ja palauttavat salaojitusjärjestelmän toimivuuden ennalleen.

Kiitokset

Kirjoittaja kiittää avusta seuraavia henkilöitä: M. O'Herlihy, P. Healy, P. McCormack, F. Kelly, E. Slavin (An Foras Taluntais), P. McEvoy (Ballyroan) sekä ACOT:n henkilökuntaa.

Kirjoittaja kiittää myös EEC:n taloudellisesta tuesta, joka myönnettiin sopimusten 0582 ja 5810 perusteella.

Lähteet

Davies, B. 1969. Maximum piezometer level indicator. Ann. report, FDEU, Cambridge, 29.

Galvin, L.F. 1983. The drainage of impermeable soils in high rainfall areas. Ir. J. agric. Res. 22: 161-187.

Galvin, L.F. 1986. Effective disruption is a major factor in the drainage of impermeable soils. Agricultural Water Management: PROC. C.E.C. Symposium, June 1985: 19-29. A.A. Balkema, Rotterdam: 325 p.

Mulqueen, J. 1985. The development of gravel mole drainage. J. agric. Engng. Res. 32: 143-151.

Youngs, E.G. 1984/1985. An analysis of the vertical fissuring in mole-drained soils on drain performances. Agricultural Water Management. 9: 301-311.

Myyräöjitustutkimus

D.J. Horne & K.W. McAuliffe, Department of Soil Science,
Massey University, Uusi Seelanti

Monien vuosien ajan on lukuisissa maissa käytetty putkisalaojitusta taloudellisena menetelmänä liikaveden nopeaksi poistamiseksi maanpinnalta ja juurivyöhykkeestä. Putkisalaojat eivät kuitenkaan muuta hienojakoisten maiden heikosti läpäisevän jankon rakennetta, minkä johdosta vain vähän vettä liikkuu jankon läpi salaojaan. Siksi tällaisilla mailla suoritetaan yleensä myyräöjituksia. Jos myyräauraus suoritetaan suotuisissa olosuhteissa, se panee alulle paremman maan rakenteen kehittymisen ja lisää siten maan läpäisevyyttä (Trafford ja Rycroft, 1973; Leeds-Harrison ym., 1982).

Savimaan myyräöjituskokeilussa Rycroft (1972) osoitti, että myyräojien yläpuolella tehollinen johtavuus oli 4100 mm/vrk, kun se myyräojittamattomalla palstalla oli korkeintaan 260 mm/vrk. Nicholson (1948) osoitti, että myyräojakanavat toimivat avaamalla ja halkomalla jankon tarjoten näin vedelle reittejä myyräojakanavaan kulkeutumista varten. Grossin ym. (1983) hiljattain suorittama tutkimus osoitti myös, että ensisijainen reitti vedelle siirtyä maasta myyräojakanavaan ei ollut pelkästään jankon läpi vaan myyräauran terien tekemien

halkeamien läpi.

On epätodennäköistä, että myyräauran terän jättämä urahalkeama tai sen ympärille paineen vaikutuksesta syntyneet halkeamat kestäisivät monen kauden ajan. Kenttäolosuhteissa suoritetuissa värjäyskokeissa (Scotter ja Kanchanasut, 1981) on tunnistettu veden liikkumisen kannalta suotuisia, kasvijuurien ja matojen aikaansaamia käytäviä myyräojakanavan yläpuolella. Näyttää siltä, että myyräauran terän suorittama muokkaaminen antaa juurille ja madoille mahdollisuuden tunkeutua heikommin läpäiseviin kerroksiin myyräojakanavan yläpuolella. Nämä tekijät sekä se että terän ja paineen aikaansaamilla halkeamilla on taipumus kuivuuden aikana avautua, parantavat pysyvästi maan johtavuutta.

On ymmärrettävä myyräöjituksen tehokkuus ja prosessi, jolla se kuivattaa maata, jotta voidaan kehittää putkisalaojitus/myyräöjitusjärjestelmien suunnittelua. Ensimmäisenä askeleena myyräöjituksen tehokkuuden parantamisessa on otettava selvää, mikä on tärkein järjestelmän toimivuutta rajoittava tekijä. Mahdollisia rajoittavia tekijöitä ovat: veden virtaaminen

maan läpi myyräojakanavaan, veden virtaaminen itse myyräojakanavassa, veden virtaaminen myyräojakanavasta salaojaputkeen ja veden virtaaminen salaojaputkesta laskuaukkoon. Tässä esityksessä kuvaillaan myyräojituksen vaikutusta maaveteen.

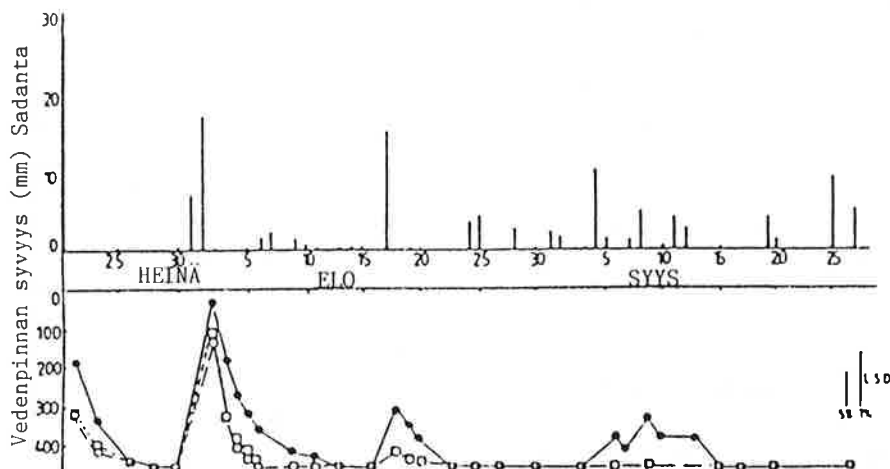
Materiaalit ja menetelmät

Tutkimusalue sijaitsi laidunmaalla lähellä Massey'n yliopistoa Uudessa Seelannissa (56 m korkeudella). Maalaji oli Tokomarun silttihiue, joka luokitellaan Typic Fragiqualf -maalajiksi (Soil Survey Staff, 1975) tai glei-pitoiseksi keltaharmaaksi maaksi (New Zealand Soil Bureau Staff, 1968). Maalajia ovat seikkaperäisesti kuvailleet Pollok (1975) ja Scotter ym. (1979). Pollok kertoo maaperän sisältävän hiesuhiuteesta muodostuvan A-kerroksen, jonka tekstuuri on keski-suuri. Tämän kerroksen alla on tekstuurltaan jäykkä savihiuteen muodostama B-kerros, joka on voimakkaasti kehittynyt. Eräs tämän maaperän ominaispiirteistä on tiiviiksi pakautunut jankko noin 700 mm syvyydellä maanpinnan alapuolella.

Tutkimusalue, suuruudeltaan 4,6 ha, jaettiin yhdeksäksi palstaksi, joista jokainen oli suuruudeltaan 80 m x 50 m, ja palstojen väliin jätettiin 10 m leveä puskurivyöhyke erottamaan niitä toisistaan. Vuoden 1981 keväällä alu-

eelle rakennettiin putkisalaoja/myyräojaverkosto ja myyräoja/myyräojaverkosto sekä salaojittamaton vaihtoehto vertailua varten. Jokainen kolmesta vaihtoehdosta toteutettiin kolmella palstalla Latin Square -suunnitelman mukaan. Palstoilla, joille rakennettiin putkisalaoja-myyräojajärjestelmä, vedettiin läpimitaltaan 75 mm suuruiset myyräojat 450 mm syvyyteen 2 m suuruisin välein. Näiden myyräojien koama vesi poistettiin muovisilla siiviläputkilla (läpimitta 110 mm), jotka sijoitettiin kohtisuoraan myyräojiin nähden 700 mm syvyydelle 40 m suuruisin ojavälein. Myyräoja/myyräojapalstoilla myyräojat vedettiin kuten putkisalaoja/myyräojapalstoillakin, mutta käyttäen kokoojajoina putkisalaojen sijasta suurempia, syvemmällä sijaitsevia myyräoja. Nämä suuremmat myyräojakanavat vedettiin 600 mm syvyydelle 20 m suuruisin välein. Pienemmät myyräojat liitettiin suurempiin seivästämällä.

Jokaiselle palstalle asennettiin 450 mm syvyydelle alumiinista valmistettu kaivo (läpimitta 50 mm) pohjavedenkorkeuden tarkkailua varten. Salaojittamattomilla palstoilla kaivot asennettiin yhtäsuurin välimatkoin toisistaan palstan keskelle. Salaojituilla palstoilla kaivot asennettiin sekä kahden vierekkäisen myyräojakanavan väliin että myyräojakanavan viereen (noin 150 mm etäisyydelle myyräoja-



Kuvio 1. Sadanta ja vedenpinnan korkeudet mitattuina putkisalaojitetuilta/myyräojitetuilta (○—○), myyräojitetuilta (□—□) sekä salaojittamattomilta (●—●) palstoilta vuonna 1982. Jos vedenpinta oli syvemmällä kuin 450 mm, sen arvioitiin olevan 450 mm syvyydellä. Pienimmät merkittävät erot (LSD) on annettu tasolla 1 % ja 5 %.

kanavasta). Vedenpinnankorkeudet mitattiin käyttämällä mittatikkuja.

Virtausta koskevat tiedot saatiin vaukkoisista padoista, joiden laskuaukoihin oli asennettu vedenkorkeusmittarit jokaisella salaojitetulla palstalla.

Vesipitoisuudet mitattiin neutronikosteusmittarilla ja painoanalyysinäytteiden avulla. Neutronikosteusmittareiden anturiputket sijoitettiin jokaisella palstalla 1.3 m syvyydelle. Ne kalibroitiin ottamalla painoanalyysinäytteitä

anturiputkien vierestä. Maaperän päällimmäisen, 30 mm vahvuisen kerroksen vesipitoisuus määriteltiin painoanalyysin avulla 20 tiivistyneestä kairausnäytteestä.

Sadanta mitattiin palstoilla automaattisella lapolla varustetulla sadantamittarilla.

Useimmilla tahoilla eri toimenpiteiden välisten erojen tilastollinen merkittävyys määritettiin käyttämällä varianssianalyysiä, joka perustuu suunni-

telmaan, jossa palstat lohkotaan. Joskus tällä tarkoitetaan myös lohkotettujen palstojen analysoimista ajan suhteen (Little ja Hills, 1972). Erot sala-
ojittamattomien ja putkisalaojitettujen/myyräojitettujen palstojen keskimää-
rääisten vesipitoisuuksien välillä (tilavuusmuodossa mitattuina) mää-
ritettiin neutronikosteusmittarilla. Nii-
den tilastollinen merkittävyys taas
määritettiin t-testin avulla.

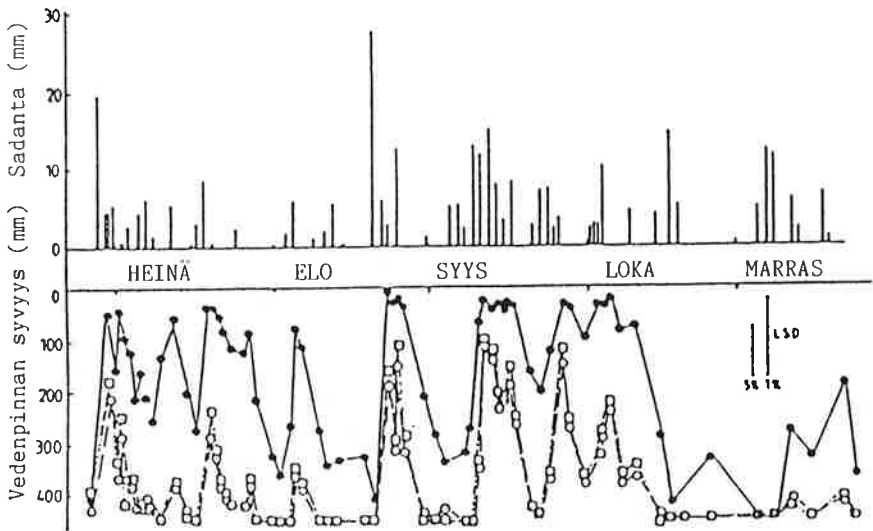
Tulokset ja pohdiskelua

Etäisyys maanpinnasta vedenpintaan

Poikkeuksellisen kuivan talvi-kevätjak-
son aikana vuonna 1982 myyräojituk-
sella oli vain vähäinen vaikutus veden-
pinnan korkeuteen. Päivittäiset veden-
pinnankorkeudet ja kokonaissademää-
rät heinäkuusta syyskuuhun on esitetty
kuviossa 1. Talven (heinäkuusta elo-
kuuhun) kokonaissademäärä oli vain
181 mm, mikä on vain 10-20 % nor-
maalista, ja kevään (syyskuusta mar-
raskuuhun) kokonaissademäärä oli
vain 190 mm, mikä oli 20-30 % nor-
maalista. Jopa näin kuivana vuonna
vesi poistui nopeammin myyräojite-
tuilta kuin sala-
ojittamattomilta pals-
toilta voimakkaan sateen jälkeen. Ve-
denpinta oli kuitenkin maanpinnan lä-
hellä vain hyvin harvoina päivinä sala-
ojittamattomilla palstoilla, mikä osoitti
sala-
ojituksen hyötyjen olevan todennä-
köisesti hyvin pieniä kuivana vuotena.

Vuonna 1983, jolloin talvi-kevätjakson
sadanta oli määrältään keskimääräis-
tä, sala-
ojituksella oli merkittävä vaiku-
tus vedenpinnan korkeuteen (kuvio
2.). Vedenpinta oli sala-
ojittamattomil-
la palstoilla merkittävästi (usein $P \leq 0.01$) lähempänä maanpintaa kuin
sala-
ojitetuilla palstoilla. Jankosta
johtuen syväkuivatusta saattaa tapah-
tua vain vähän, joten keinotekoinen
kuivatus on välttämätöntä liikaveden
poistamiseksi maaperästä. Myyräoji-
tuksen on selvästi havaittu olevan
tehokas keino alentaa vedenpintaa
hienojakoisessa maassa.

Pohjavedentarkkailukaivoista mitatut
arvot (kuviot 1 ja 2) osoittavat, että
myyräojilla ja putkikokoojalla kuivat-
tujen palstojen sekä myyräojilla ja
myyräkokoojalla sala-
ojitettujen pals-
tojen vedenpinnankorkeuksien välillä
oli vain hyvin pieniä eroja. Koska mit-
tauksia suoritettiin vain kahtena vuo-
tena rakentamisen jälkeen, putkisala-
oja-myyräojajärjestelmän ja myyräoja-
myyräojajärjestelmän pitkäaikaisen te-
hokkuuden välillä ei voida tehdä ver-
tailuja. Jos kuitenkin maaperäolosuh-
teet ovat ihanteelliset myyräaurauk-
selle ja viljelijä omistaa itse myyräau-
ran, suurien ja pienien myyräojien
avulla suoritettu sala-
ojitus on huomata-
vasti edullisempi keino kuin tavan-
omainen putkisalaoja/myyräojajärjes-
telmä.



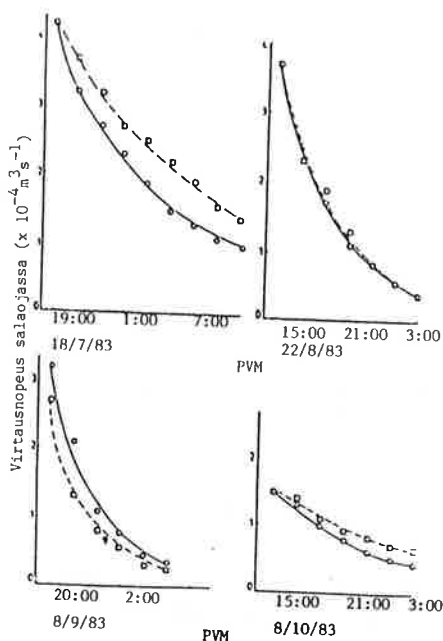
Kuvio 2. Sadanta ja vedenpinnan korkeudet mitattuina putkisalaojitetuilla/myyräojitetuilla (○—○), myyräojitetuilla (□—□) sekä salaojitamattomilta (●—●) palstoilta vuonna 1983. Jos vedenpinta oli syvemmällä kuin 450 mm, sen olevan arvioitiin 450 mm syvyydellä. Pienimmät merkittävät erot (LSD) on annettu tasolla 1 % ja 5 %.

Virtaus putkessa

Lisävertailuja kahden salaojitusmenetelmän alkuperäisen toimivuuden välillä tehtiin mittaamalla virtauksia vaukkoisten patojen kohdalla. Tyypillisiä esimerkkejä laskevista käyristä on esitetty kuviossa 3. Tulokset osoittavat, että putkisalaoja-myyräojajärjestelmän ja myyräoja-myyräojajärjestelmän hydrografien välillä oli vain pieniä eroja.

Mittauksien aikana havaittiin palstoil-

ta vettä keräävän päälinjan kuljettavan vettä täydellä teholla jopa 12 tuntia voimakkaan sateen jälkeen. Tämän jälkeen putket eivät enää kuljettaneet vettä täydellä kapasiteetilla, mikä viittaa siihen, että putken koko rajoitti veden virtaamista vain suhteellisen lyhyen ajan, eikä siten ole tärkein myyräojien vedenkuljetusta rajoittava tekijä. Hydrografit osoittivat, että vaikka salaojavirtaama saavutti huippuarvon vähän sateen jälkeen, myyräojissa virtasi vettä vielä 4-5 vuorokautta sateen päättyminen jälkeen, mikä viittaa pit-



Kuvio 3. Huippuvirtaamaa seuraavat laskevat käyrät putkisala-oja/myyräojapalstoille (O—O) ja myyräoja/myyräojapalstoille (□—□).

kittyneeseen kuivatusprosessiin.

Huolimatta yksittäisten reaktioaikojen (so. aika sadannan alkamisen ja kuivatuksen alkamisen välillä) yhtäpitävyydestä yksittäisten virtaustapahtumien yhteydessä kaikilla salaojitetuilla palstoilla, ei ole käytännöllistä esittää keskimääräistä reaktioaikaa. Eri tapahtumien kohdalla seurattiin laajalti eri-

laisia arvoja riippuen lähinnä edeltävästä kosteuspitoisuudesta ja sadannan tehokkuudesta, kuten myös Reid ja Parkinson (1984) havaitsivat. Talven varhaisessa vaiheessa virtaus ei saavuttanut huippuarvoa ennen kuin joitakin tunteja sateen jälkeen, koska veden kulkeutuminen maan läpi viivästyi kuivaan maamassaan suuntautuvan absorption takia. Tätä vastoin talven myöhäisessä vaiheessa virtaus saavutti huippuarvon miltei välittömästi sateen jälkeen. Turner ym. (1976) havaitsivat samanlaisia tuloksia selostessaan samantyyppiseltä 12 ha suuruiselta alueelta tulevien virtauksien tarkkailua ja osoittivat virtaamien nousevan 40 prosentista heinäkuun sateiden kohdalla 82 prosentin suuruisen huippuarvoon keskitalven sateiden kohdalla. Tämä virtaamien nousu sateiden yhteydessä heijastaa maavesivarastossa tapahtuvia muutoksia kasteen kauden edetessä.

Vedenpinnan muoto

Kuviossa 4 on vertailtu myyräojakanavien vieressä sijaitsevien tarkkailukaivojen sekä kahden vierekkäisen myyräojakanavan välissä sijaitsevien tarkkailukaivojen vedenpinnankorkeuksia. Sateen jälkeen niiden välillä on usein merkittävä ero ($P \leq 0.05$). Vedenpinnankorkeus myyräojan vieressä oli suunnilleen 200 mm alhaisempi kuin kahden vierekkäisen myyräojan välis-

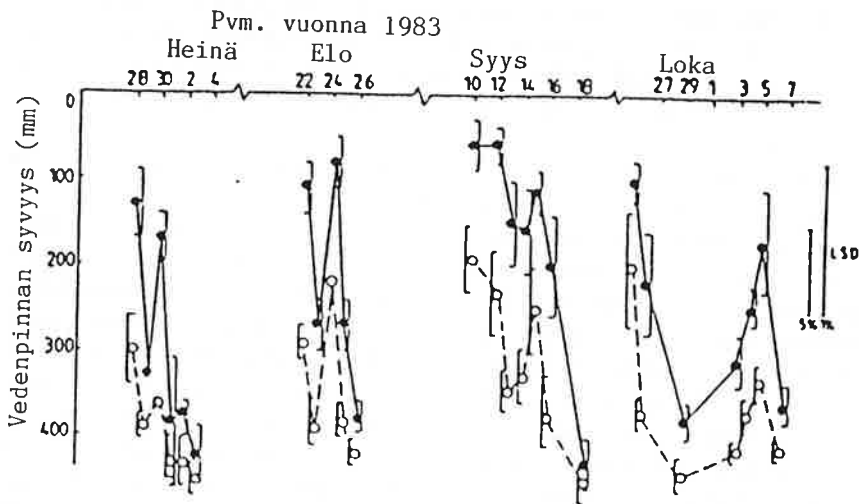
sä. Tämä viittaa siihen, että suurimman osan ajasta tärkein kuivatusprosessia rajoittava tekijä Tokomarun hiesuhiuteessa on pikemminkin nopeus, jolla vesi liikkuu maan läpi myyräojakanavaa kohti, kuin mikään esitetty rajoitus myyräojien tai salaojaputkien vedensiirtokapasiteetissa.

Maavesipitoisuus

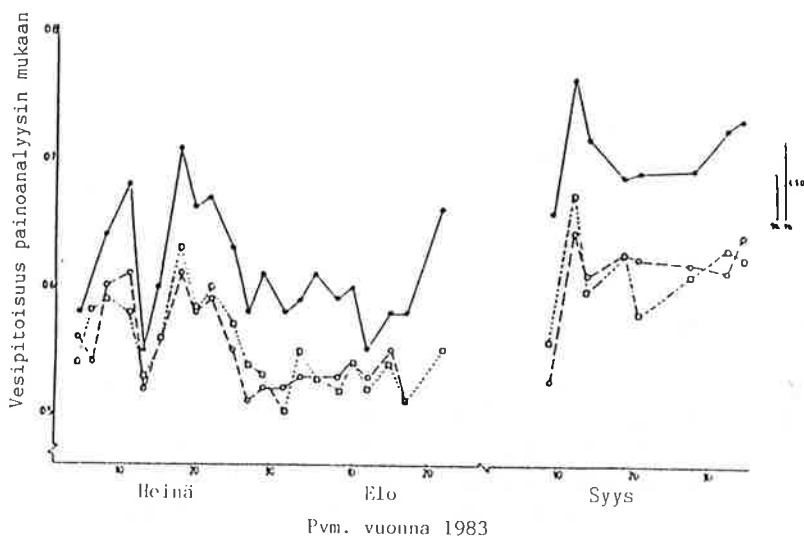
Laidunmaan salaojituksen eräs tärkeimmistä tarkoituksista on alentaa pintamaan vesipitoisuutta, jotta maan kantavuus olisi suurempi kuin joko laiduntavien eläinten tai työkonien

aiheuttama kuormitus. Tokomarun hiesuhiuemaassa havaittiin vakavia taloutumisvaurioita, kun sen tunkeutumisvastus oli alhaisempi kuin 0.2-2 kertaa lampaan aiheuttama staattinen kuormitus (200 kPa), mikä vastaa ylimmän 30 mm paksuisen kerroksen noin 0.6 suuruista vesipitoisuutta painoanalyyseissä (Climo ja Richardson, 1984).

Kuviossa 5 esitetyt painoanalyyseistä osoittavat, että vuoden 1983 heinäkuun lopusta varhaiseen lokakuuhun oli ylin, 30 mm paksuinen kerros merkittävästi ($P \leq 0.01$) ja jatkuvasti



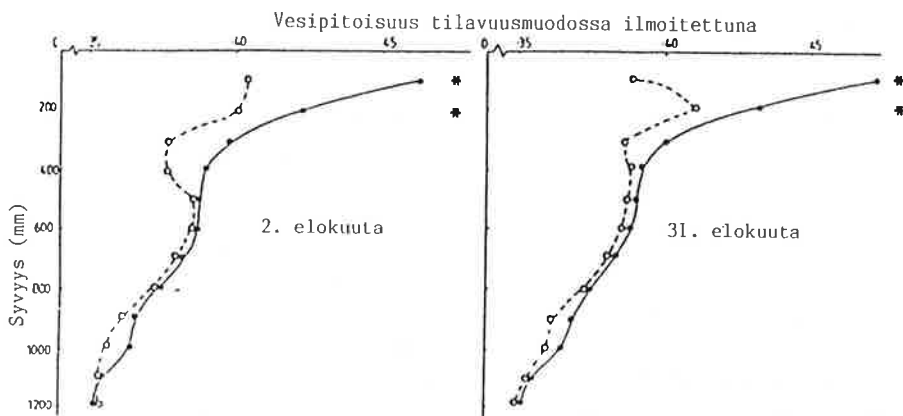
Kuvio 4. Myyräojakanavan vierestä (○—○) ja kahden vierekkäisen myyräojakanavan välistä (●—●) mitattujen vedenpinnankorkeuksien välillä suoritettu vertailu. Pienin merkittävä ero on annettu 1 % ja 5 % tasolla.



Kuvio 5. Painoanalyyysin avulla saadut vesipitoisuudet putkisalaojitetun/myyräojitetun (O—O), myyräojitetun/myyräojitetun (□—□) sekä salaojitettamattoman (●—●) maaperän ylimmässä 30 mm paksuisessa kerroksessa. Pienin merkittävä ero on annettu 1 % ja 5 % tasolla.

kosteampi salaojittamattomilla kuin myyräojitetuilla palstoilla. Kuten voidaan olettaa, oli tämä ero pintamaan vesipitoisuuksissa samansuuntainen kuin kuviossa 2 nähtävissä oleva ero vedenpinnankorkeuksien välillä. Ero myyräojitetujen palstojen ja salaojitettamattomien palstojen vesipitoisuuksissa oli suurimmillaan keväällä syyskuussa, jolloin salaojittamattomien palstojen pintamaan vesipitoisuudet olivat huomattavasti arvoa 0.6 korkeampia. Koska laidunmaa kasvaa tähän aikaan nopealla vauhdilla ja laiduntaminen on kohtalaista, pintamaan

vesipitoisuuden alentaminen myyräojituksen avulla saa erityistä merkitystä. Vuonna 1983 neutronikosteusmittarilla suoritettut mittaukset osoittavat, että myyräojituksen avulla aleni jankon vesipitoisuus samoin kuin pintamaankin. Kuviossa 6 on esitetty elokuun kahtena päivänä suoritettujen mittauksien tulokset. Näille on ominaista salaojitettun maan ja salaojittamattoman maan välillä vallitseva ero vesipitoisuuksissa (tilavuusmuodossa) 400 mm syvyydelle asti, mikä oli tyypillistä talvi-kevätkäson aikana kerätyille käyrille. Salaojitettamattomassa maaperässä oli suunnil-



Kuvio 6. Putkisalaojitetun/myyräojitetun (○—○) ja salaojittamattoman (●—●) maaperän vesipitoisuudet (tilavuusmuodossa) kahdessa paikassa vuonna 1983. Syvyyksillä, jotka on merkitty *:llä, ero salaojittettujen ja salaojittamattomien palstojen välillä on merkittävä tasolla $P \leq 0.05$.

leen 16 mm enemmän vettä kuin salaojitetussa maaperässä.

Muita näkökohtia

On otettava huomioon myös muiden myyräoitusprosessin vaiheiden merkitys. Niitä ovat infiltraatio, veden liikkuminen myyräojakanavaan ja sitä pitkin sekä veden liikkuminen myyräojakanavasta salaojaputkeen.

Havainnot osoittavat, että veden imeytyminen maaperään ei muodostunut ongelmaksi, paitsi jos maanpinta oli vakavasti sotkeutunut (liejuuntunut)

tai jos se oli täysin kyllästynyt.

Ei ole kohtuullista olettaa, että myyräojakanavan muodostumiseen yhteydessä olevat kokoon puristettavat voimat rajoittaisivat veden liikkumista myyräojakanavaan. Kanchanasut (1980) on kuitenkin osoittanut, että myyräojakanavan ympärillä tapahtuva tiivistyminen on luonteeltaan väliaikaista, ja matojen toiminta sekä juurien tunkeutuminen maaperään saa aikaan reittejä vedelle siirtyä myyräojakanavaan.

Kun yksittäisistä myyräojakanavista on

mitattu 500 l/h ylittäviä virtausnopeuksia, on epätodennäköistä, että myyräojakanavien vedenkuljetuskapasiteetti olisi rajoittava tekijä. Tosiasiassa 2 m välein sijaitsevat myyräojat, joissa virtaa vuorokauden ympäri vettä nopeudella 500 l/h, pystyisivät selvittämään 150 mm suuruisen vesimäärän.

Jos myyräojakanavat pystyvät kuljettamaan vettä 500 l/h, myyräojakanavan ja kokoojaputken välille tarvitaan tehokas yhteys. Tämä on syy siihen, että kannatetaan hyvin läpäisevien täyttemateriaalien, kuten soran, käyttöä. Veden liikkuminen myyräojakanavasta salaojaputkeen ei todennäköisesti rajoita kuivatusta, paitsi silloin kun myyräaura on suoritettu heikosti ja pintamaa on palautunut jauhomaiseksi tai mutaiseksi.

Johtopäätökset

Keskimääräisen tai normaalia runsasateisemman talvi-kevätjakson aikana maaperä, jolla on huono sisäinen kuivatus, on kuivatettava keinotekoisesti. Muussa tapauksessa se pysyy vettyneenä monen vuorokauden ajan. Myyräojitus on tehokas ja taloudellinen keino vedenpinnan alentamiseksi hienojakoisessa maaperässä.

Vedenpinnan alentamisen seurauksena pintamaan vesipitoisuus on huomattavasti alhaisempi myyräojitetussa

maassa kuin salaojittamattomassa maassa suurimman osan talvi-kevätjaksoa. Myyräojituksen avulla aikaan saatu pintamaan alhaisempi vesipitoisuus aiheuttaa pintamaan lujittumista. Sillä on suuri vaikutus niin karja- ja laiduntalouteen kostean kauden aikana kuin viljelyyn keväällä kylvettävien viljelykasvien osalta.

Suurimman osan ajasta ei myyräojakanavien tai kokoojaputken vedenkuljetuskapasiteetti ollut vedenpinnan alenemisnopeutta määrävänä tekijänä, vaan ennemminkin nopeus, jolla vesi liikkui maan läpi myyräojakanavaan. Se, että suurimman vastuksen poistuvan veden liikkumiselle aiheutti veden virtaaminen jankosta myyräojakanavaan, korostaa halvan, toissijaisen kuivatusmenetelmän - kuten myyräojitus - tarpeellisuutta hienojakoisten maiden tehokkaan kuivatuksen varmistamiseksi.

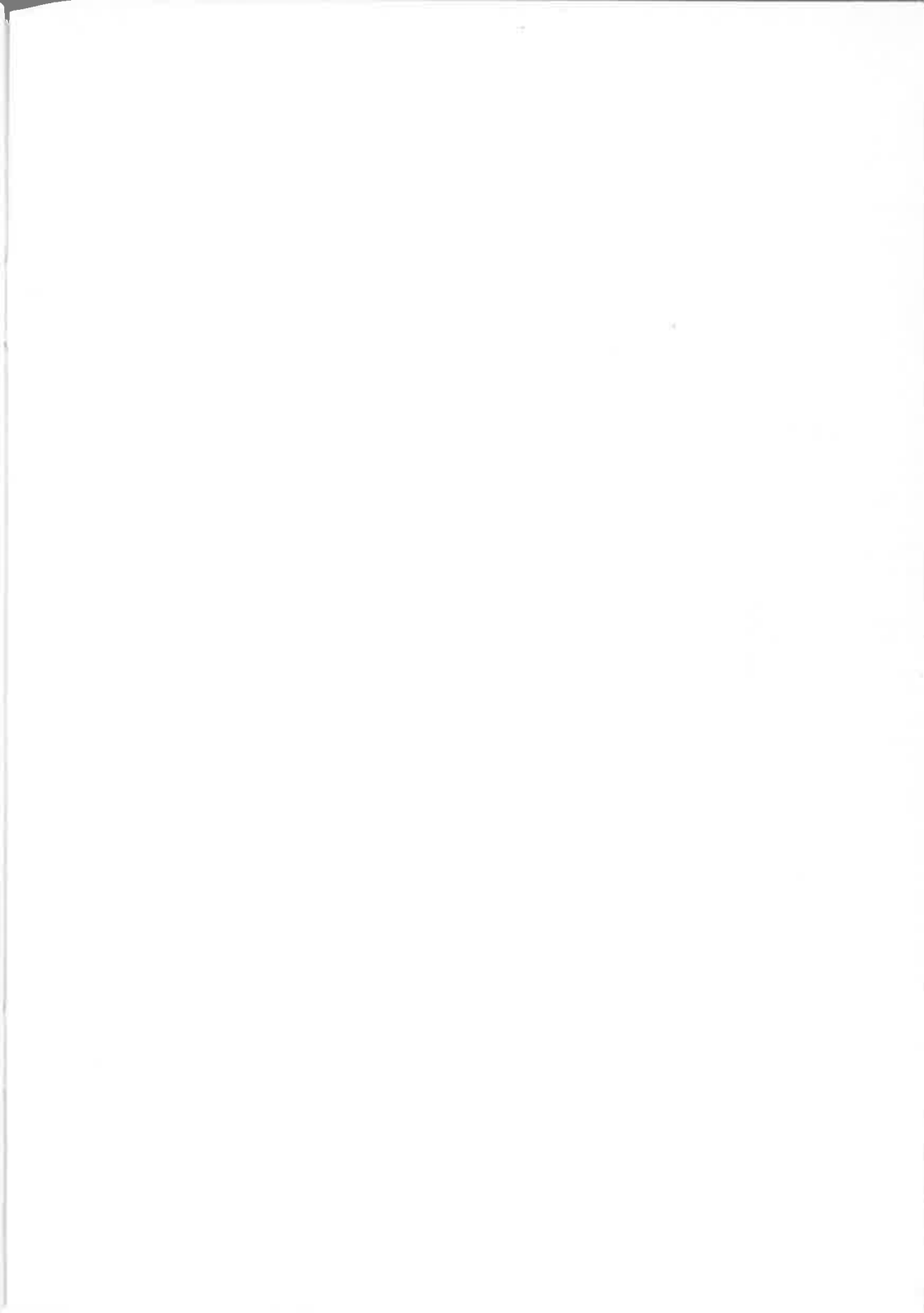
Kahden vuoden aikana välittömästi rakentamisen jälkeen ei putkisalaojitus/myyräojitus- ja myyräojitus/myyräojitustoimenpiteiden välillä ollut eroa vedenpinnankorkeuksissa, virtaamahydrografeissa tai pintamaan vesipitoisuuksissa. Tarvitaan lisätutkimusta myyräoja/myyräojajärjestelmän pitkäaikaisen käyttökelpoisuuden arvioimiseksi.

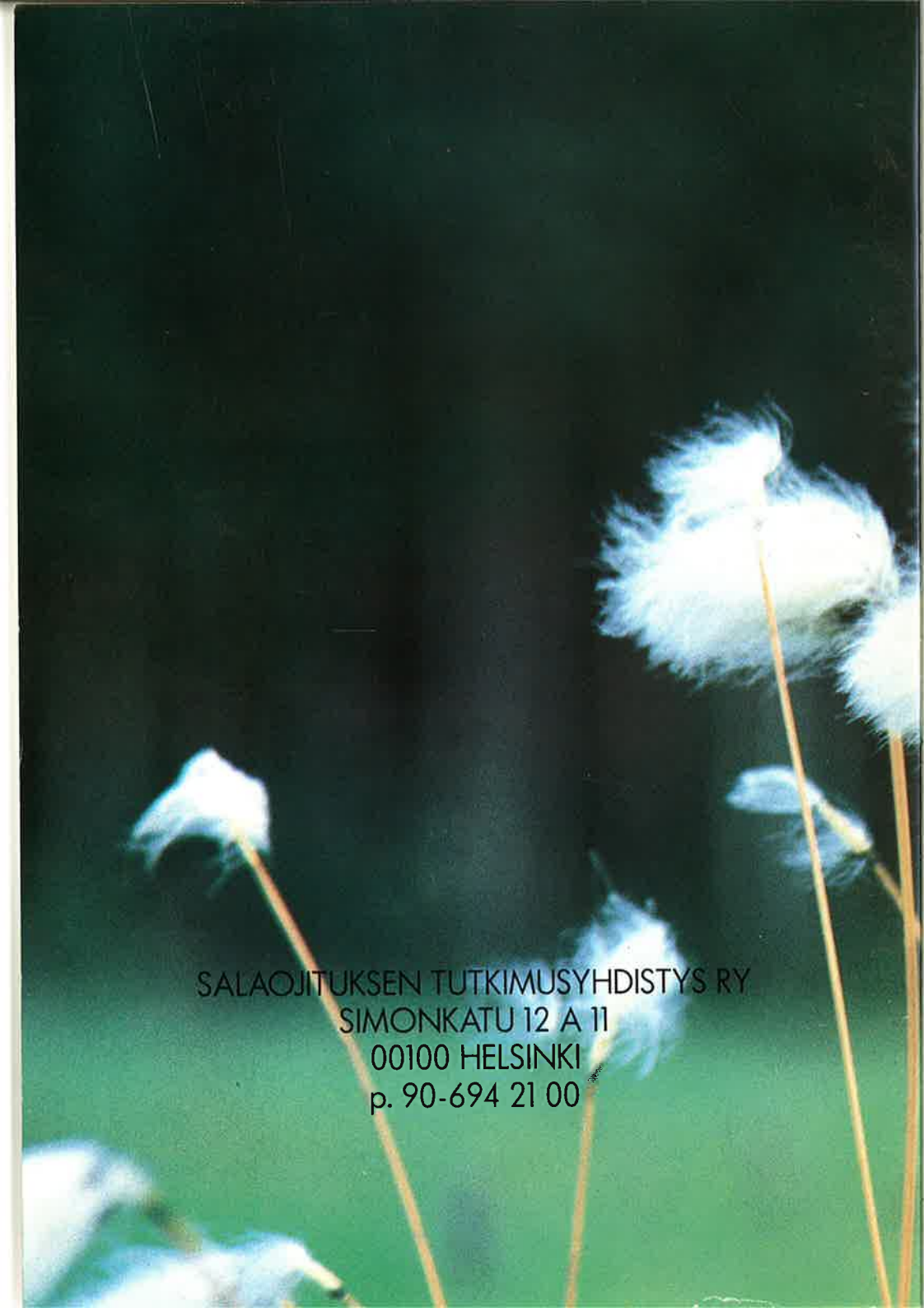
Lähteet

- Climo, W.J. & Richardson, M.A.** 1984. Factors affecting the susceptibility of 3 soils in the Manawatu to stock treading. *N.Z. J. Agric. Res.* 27:247-253.
- Goss, M.J., Harris, G.L. & Howse, K.R.** 1983. Functioning of mole drains in a clay soil. *Agric. Water Mgt.* 6: 27-30.
- Leeds-Harrison, P., Spoor, G. & Godwin, R.J.** 1982. Water flow to mole drains. *J. Agric. Engng. Res.* 27: 81-89.
- Little, T.M., & Hills, F.J.,** 1972. *Statistical Methods in Agricultural Research.* Agricultural Extension, University of California.
- New Zealand Soil Bureau.** 1986. *Soil of New Zealand. Part I.* Soil Bureau Bull. No. 26(1). (DSIR: Wellington).
- Pollok, J.A.** 1975. A comparative study of certain New Zealand and German soils formed from loess. Ph.D. Thesis, Friedrich-Wilhelms Universität, Bonn.
- Reid, I. & Parkinson, R.J.** 1984. The nature of the tile-drain outfall hydrograph in heavy clay soils. *J. Hydrology.* 72: 289-305.
- Rycroft, D.W.** 1972. A literature review on the background to mole drainage. *FDEU Tech. Bull.* 72/10.
- Scotter, D.R., Clothier, B.E. & Corker, R.B.** 1979. Soil water in a Fragiaqualf. *Aust. J. Soil Res.* 17: 443-453.
- Scotter, D.R. & Kanchanasut, P.** 1981. Anion movement in a soil under pasture. *Aust. J. Soil Res.* 19: 229-307.
- Soil Survey Staff.** 1975. *Soil Taxonomy Handb.* No. 436. (U.S.D.A.: Washington)
- Trafford, B.D. & Rycroft, D.W.** 1973. Observations on the soil-water regimes in a drained clay soil. *J. Soil Sci.* 24: 380-391.
- Turner, M.A. & Scotter, D.R., Bowler, D.G. & Tillman, R.W.** 1976. Water harvesting: the concept and use in a humid climate. *Proc. Soil and Plant Water Symp.* Palmerston North, N.Z. pp. 168-174.

Aikaisemmin ilmestyneet Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedotteet:

- 1 Yhdistyksen toiminnasta ja otteita salaojitustutkimuksesta (1987)
- 2 Salaojatutkimusta koskevia aiheita (1987)
- 3 Salaojituskootoiminnasta Ruotsissa ja salaojaputken ympärysaineista (1987)
- 4 Salaojatutkimuksia vuosilta 1987...1988 (1988)
- 5 Kuivatusta ja kastelua koskevia tutkimuksia (1988)
- 6 Maan tiivistymisen tutkimisesta Ruotsissa ja salaojatutkimuksesta Suomessa (1989)
- 7 Salaojaseminaari Osuuspankkiopistolla 27.9.1988 (1989)
- 8 Salaojituksen tavoiteohjelma, näkymiä vuoteen 2010 saakka (1989)
- 9 Sievin salaojituspäivät 20.-21.9.1989 ja ajankohtaista asiaa ympärysaineista (1989)
- 10 Maaseudun ympäristöpäivä Laukaalla 20.3. ja Jokioisissa 26.3.1990 (1990)
- 11 Turve- ja kivennäismaiden vesitaloudesta sekä rautasaostuman muodostumisesta (1990)
- 12 Salaojitusnäkymiä maailmalta (1990)
- 13 Kenttätutkimusmenetelmistä paineenalaisilla salaojitusalueilla sekä Junkkarinjärven pengerrys (1991)





SALAOJITUKSEN TUTKIMUSYHDISTYS RY
SIMONKATU 12 A 11
00100 HELSINKI
p. 90-694 21 00