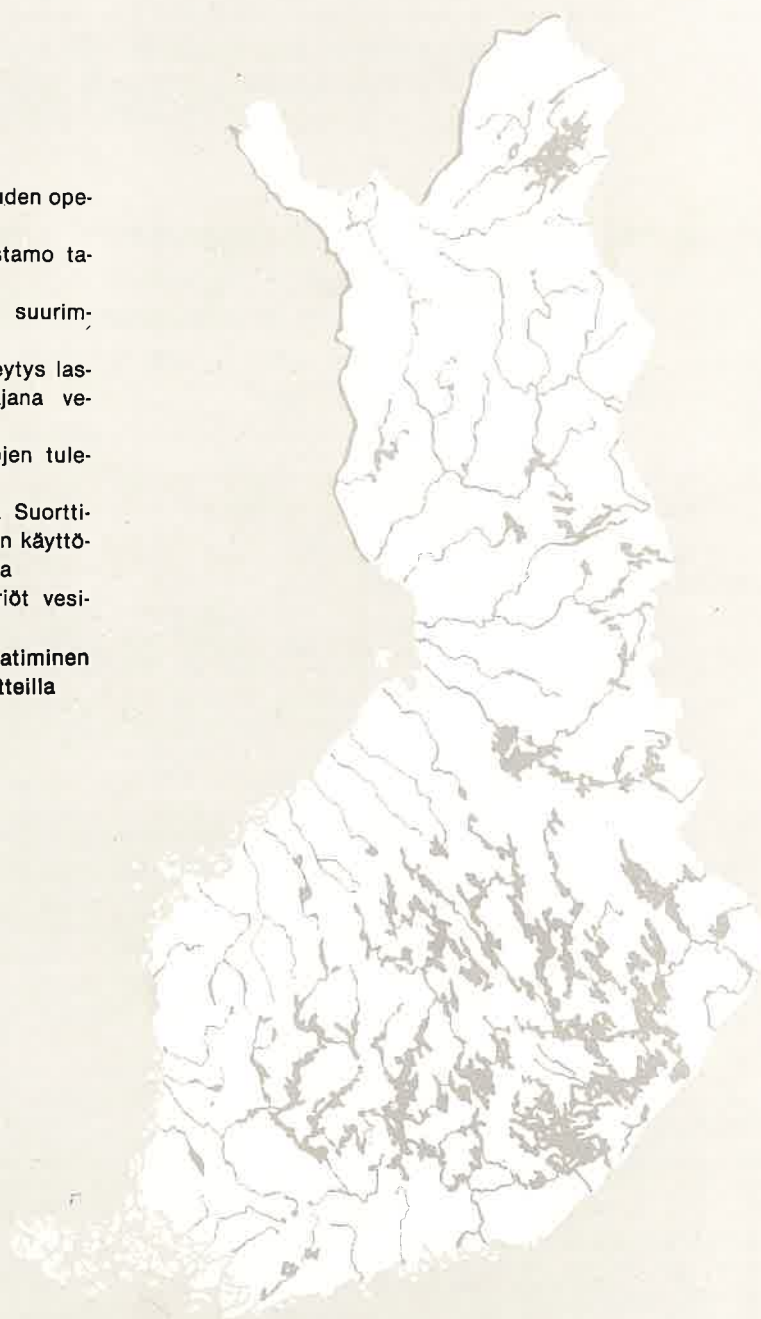


VESITALOUS

1/1982

SISÄLTÖ:

- Jussi Saavalainen: Vesitalouden opetus
- Erkki Syvälahti: Pienpuhdistamo talousjätevesien käsittelyssä
- Esko Kuusisto: Euroopan suurimman järven hydrologiaa
- Heikki Kiuru: Flotaatioselkeytys laskeutusselkeytyksen korvaajana vedenkäsittelylaitoksilla
- Esko Pöntynen: Päävesistöjen tulevat rakentamistoimenpiteet
- Pertti Vakkilainen ja Tuula Suortti-Suominen: Aurasalaojituksen käyttömahdollisuuksien tarkastelua
- Mikko Korhonen: Laatuhäiriöt vesijohtovedessä
- Vesihuoltoalan tiedoston laatiminen julkishallintoa varten suunnitteilla



Aurasalaoituksen käyttömahdollisuuksien tarkastelua

JOHDANTO

Salaoitus toteutetaan yleisimmin kaivavilla salaojakoneilla. Näiden rinnalle on viimeksi kuluneena vuosikymmenenä ilmestynyt myös ns. aurasalaoituskoneita, joiden avulla pyritään osaltaan hillitsemään salaoituskustannusten kohoamista. Tällaisia koneita saatiin viime kesänä myös Suomeen. Aurasalaoitusmenetelmän soveltuvuuden selvittämiseksi käynnisti Salaoituksen tutkimusyhdistys keväällä 1981 esitutkimuksen osana laajempaa kokonaisuutta "Pitkälle koneellistetun salaoituksen käyttömahdollisuudet ja kannattavuus". Esitutkimuksessa pyrittiin menetelmää tarkastelemaan sekä ulkomaisten että kotimaisten kokemusten perusteella. Tutkimuksen rahoittivat Maatilatalouden kehittämisrahasto sekä Salaojakeskus ry.

Aurasalaoitusmenetelmä ja sen yleisyys

Aurasalaoitusmenetelmä on kehitetty myyräoitustavasta 1960-luvulla. Olennaisin ero myyräoitukseen on se, että maahan tehtävään reikään asennetaan putki. Aurasalaoitusmenetelmässä putkelle ja ympärysaineelle tehdään tila auralla (kuva 1), joka muotonsa vuoksi eteenpäin vedettäessä kohottaa maata. Siten putkenlaskua ja sorastamista varten ei tarvita kaivantoa, joten myös täyttövaihe jää pois (kuva 2).



Kuva 1. Aura, jolla putkelle tehdään tila maahan.



Kuva 2. Aurasalaojakone työssä.

Aurakoneiden yleistyminen on Euroopassa ollut verrattain hidasta, vaikka koneet on esitelty jo lähes pari vuosikymmentä sitten. Esim. v. 1975 toteutettiin salaojitetuista hehtaareista Englannissa ja Walesissa 10 %, Itävallassa ja Hollannissa 5 % sekä Tanskassa vuosina 1973-77 vaihdellen 4-10 %. Ranskassa, jossa salaojitetaan useimmiten kivisiä alueita, aurasalaoitusmenetelmän osuus oli v. 1975 30 %. Nopeinta aurakoneiden yleistyminen on ollut Länsi-Saksassa, jossa niiden osuus

erityisesti pohjoisen tulvanalaisten maitten salaoitusmäärästä oli yli 50 % v. 1975 (Naarding, 1977a). Myös Neuvostoliitossa ja Puolassa menetelmää on kokeiltu, mutta se ei vielä ole saavuttanut merkittävää asemaa (Laurand, 1981, Laikari, Eskelinen & Mussaari, 1981). Sen sijaan USA:ssa aurasalaoitusmenetelmä on nopeasti valtaamassa alaa (Wesseling, 1979).

AURASALAOITUSMENETELMÄN TOIMIVUUS

Salaoituksen toimintaedellytyksenä on, että putkilinjassa ei esiinny lietettä kerääviä poikkeamia eikä vesitaskuja. Yleensä vaaditaan myös, että ojitus toteutetaan kuivissa olosuhteissa, jotta maan rakenne ei rikkoutuisi ja muodostuisi vettäläpäisemättömäksi. Mittaamalla edellä esitetyt ominaisuudet voidaan ennakoita salaoituksen tulevaa toimintaa. Toisaalta voidaan seurata eri menetelmillä tehtyjen salaojen todellista kuivatuskykyä.

Asennustarkkuus

Salaojaputkien asentaminen oikeaan kaltevuuteen ja syvyyteen voi tapahtua säätämällä konetta käsin tai nykyisin yhä useammin automaattisesti esimerkiksi laser-tekniikan avulla. Näitä menetelmiä voidaan käyttää myös aurakoneissa, jotka kaivumenetelmää suuremman työnopeutensa vuoksi asettavat suurempia vaatimuksia kaltevuuden ja syvyydensäädölle. Vossin ja Zimmermannin (1974 a, b) mukaan poikkeamien syntyminen on oletettavaa käsiohjauksella, kun salaojan kaltevuus on pienempi kuin 0,2 %. Kivettömillä maila voidaan automaattiohjauksella saada riittävän hyvä tulos 0,05 prosenttia suuremmilla kaltevuuksilla. Kokemusten perusteella laser-tekniikka on käyttökelpoinen suhteellisen tasaisilla alueilla. Asennustarkkuuden on todettu selvästi huonontuneen, kun työnopeus kasvaa suuremmaksi kuin 0,5-0,75 m/s (Wesseling, 1979).

Aurasalaojitusmenetelmän vaikutus maan rakenteeseen

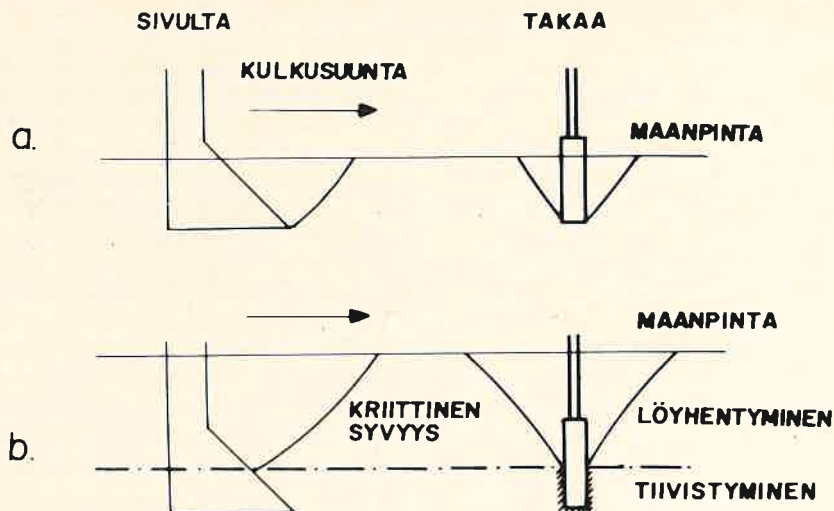
Aurasalaojitusmenetelmässä putkelle tehdään tila kohottamalla maata, jolloin se kuohkeutuu ja halkeilee. Spoorin (Wesseling, 1979) mukaan kuohkeutusvaikutus ulottuu kuitenkin vain ns. kriittiseen syvyyteen saakka, jota syvemmällä maa tiivistyy sivuille kohoamisen sijasta (kuva 3). Jotta maassa tapahtuisi ainoastaan kuohkeutumista, tulee koneen työskennellä kriittistä syvyyttä matalammalla.

Kriittiseen syvyyteen vaikuttavia maaperätekijöitä ovat tiheys, kohoamista vastustavat voimat, kosteuspitoisuus sekä rakeisuus ja rakenne. Tiheyden pienentyessä ja vastustavien voimien kasvaessa kriittinen syvyys pienenee riippumatta kosteustilasta. Jos taas tiheys ja voimat pysyvät vakioina, vesipitoisuuden lisääntyminen pienentää kriittistä syvyyttä. Auran mittasuhteet vaikuttavat siten, että mitä pienempiä ovat työsyvyyden suhde auran kärjen leveyteen ja auran kärkekulma, sitä syvemmälle kuohkeutusvaikutus ulottuu.

Kuohkeutusvaikutusta on pyritty mittaamaan mm. leikkauslujuuden avulla lössihiesumaassa eri tyyppisillä auroilla (DRAINOMAT, CORNELIUS, WILLNER). Leikkauslujuus oli ojalinjasta 15 cm:n etäisyydelle ulottuvalla alueella kaikilla auratyypeillä pienentynyt 22-39 prosenttiin häiriintymättömän maan lujuudesta heti ojituksen jälkeen. Ojitusta seuraavan vuoden aikana se oli kuitenkin jo kohonnut 44-61 prosenttiin (Voss & Zimmermann, 1974 a, b).

Kuivatusteho

Eri salaojitusmenetelmillä saavutettavaa kuivatustehoa on tutkittu mm. Tanskassa ja Hollannissa. Näissä maan hydraulisen johtavuuden ja siten kuivatustehon on todettu selvästi riippuneen maalajista (taulukko 1) ja maan kosteudesta. Tehokkuudella ymmärretään mitatun valuman ($1/s \cdot ha$) ja 75 cm:n etäisyydellä ojalinjasta mitatun keskimääräisen pohjavedenkorkeuden (m) suhdetta (Wesseling, 1979). Myös eestiläisten tutkimusten mukaan aurasalaojien kuivatusteho ojitustyön jälkeen on jäykemmissä hietasavi- ja savimaissa ollut heikompi kuin kaivumenetelmällä tehtyjen salaojien (Laurand, 1981).



Kuva 3. Auran vaikutus maan rakenteeseen
a) matalaan ojitettaessa kuohkeuttava

b) syvään ojitettaessa kriittiseen syvyyteen sakka kuohkeuttava ja sitä syvemmältä tiivistävä (Wesseling, 1979)

Taulukko 1. Aurasalaojitusmenetelmällä salaojaputken ympäristössä saavutettavan hydraulisen johtavuuden (K_2) suhde kaivumenetelmällä saavutettavaan (K_1) perustuen virtaama- ja vedenkorkeusmittauksiin (Wesseling, 1979)

Maalaji	Salaojasyvyys m	Maa	$\frac{K_2}{K_1}$	Huom.	Tutkija
Hiekka (Sand)	1.1	Hollanti	1.0	keskim. 1975-77 (14 ojaa)	Naarding
Hiekkainen hietä (Sandy loam)	1.2	Tanska	0.5	keskim. 1972-78 (6 ojaa)	Olesen
	1.2	Tanska	0.6	keskim. 1972-78 (10 ojaa)	Olesen
Karkea hiesu, hieno hietä (Loam)	1.2	Tanska	1.05	keskim. 1973-78 (3 ojaa)	Olesen
Karkea hiesu, hieno hietä (Silt loam)	1.4	Hollanti	0.23	keskim. 6 paikkaa 1976-77	Naarding
Hiue-, hiesusavi (Silty clay loam)	1.3	Hollanti	0.19	15 havaintoa 1973-74	Naarding
Hiesu-, hiue-, hietasavi (Silty clay)	1.1	Länsi-Saksa	0.39	1 havainto 1977-78	Eggelsmann
Savi (Clay)	1.1	Hollanti	0.8	keskim. 1973-75 (10 ojaa)	Naarding

Tanskalaisten mittausten mukaan kuivatusteho on aurasalaojitusmenetelmällä huonompi silloin, kun työ suoritetaan märkänä aikana. Tämä oli todettu savisessa hiedassa, missä kuohkeutusvaikutus riippuu vesipitoisuudesta. Maan rakenteen ja siten sen vedenjohtavuuden oli kuitenkin todettu myöhemmin parantuneen. Sen sijaan Saksassa aurasalaojitusmenetelmää pidetään kaivumenetelmää parempana nimenomaan pohjoisen marski-, turve- ja hietamailla, joissa vaatimus kuivista työnaikaisista oloista ei aina ole täytettävissä (Wesseling, 1979).

KUSTANNUKSET

Salaojituskustannukset muodostuvat pääasiassa konekustannuksista, materiaaleista, palkoista, valvontakuluista ja veroista. Naardingin (1977b) mukaan konekustannukset (pääomakulut, polttoaine- ja kunnossapitokustannukset) ovat aurasalaojakoneella 10-20 % alhaisemmat metriä kohti kuin kaivavilla salaojaputkilla silloin, kun näiden koneiden kapasiteetti on sama. Tämä johtuu pääasiassa siitä, että aurakoneissa on vähemmän kuluvia osia kuin kaivavissa koneissa. Aurakoneet kuluttavat myös vähemmän polttoainetta. Suotuisissa

oloissa niiden kapasiteetti on kaivavia koneita suurempi, minkä vuoksi konekustannukset salaojajametriä kohti muodostuvat pienemmiksi. Tarkasteltaessa salaojituksen kokonaiskustannuksia yleensä pitemmällä aikavälillä, voidaan siirtymisen tiiliputkista muoviputkiin todeta vaikuttaneen kustannuksia alentavasti. Tämä johtuu työmenekin väheneemisestä. Muoviputkia käytettäessä kustannuksissa saavutettava säästö riippuu myös kulloinkin maassa vallitsevista materiaalien hintasuhteista.

Eri koneiden edullisuuteen vaikuttavat lisäksi siirtokustannukset työmaalta toiselle. Kalliiden ja aikaavievien siirtojen vuoksi pienimpänä kannattavana työmaakokona pidetään aurakoneilla päivän työsaavutusta, joka Hollannissa on 10 ha (Naarding, 1977 b) ja Tanskassa 6 ha (Olesen & Andersen, 1977).

SOVELTUVUUS

Käsitykset aurasalaoituksen soveltuvuudesta vaihtelevat maittain johtuen erilaisista maalajeista ja olosuhteista, joissa työ toteutetaan. Useimmissa maissa menetelmää pidetään kuitenkin soveltuvana kivisille maille. Tanskassa, Hollannissa ja Eestissä kuivatustehosta tehtyjen havaintojen vuoksi aurasalaoitusmenetelmää ei suositella huonon rakenteen omaaviin hienorakeisiin maihin varsinkaan märkänä aikana. Tällaisia maalajeja ovat esimerkiksi jäykät savet ja hietasavet. Sen sijaan löyhillä maalajeilla kuten esimerkiksi hiekalla ei eri asennustavoilla tehtyjen ojien kuivatus-tehossa ole todettu eroa. Märstä olosuhteista aiheutuvan alhaisen kuivatus-tehon on kuitenkin todettu vähitellen parantuneen maan rakenteen muodostuessa uudelleen vuosien kuluessa (Wesseling, 1979).

KOTIMAISET KOKEMUKSET

Kesällä 1981 selvitettiin aurasalaoitusmenetelmän soveltuvuutta myös Suomen olosuhteisiin, koska kirjallisuudesta saatavat kokemukset eivät oleellisesti erilaisten olosuhteiden vuoksi sovellu suoraan meille. Tutkimuksessa mitattiin aurasalaojen tasaisuutta, kaltevuutta ja korkeustasoa vaaitsemalla ja havainnoitiin muiden vaadittujen rakenteiden laatua pyrkimyksenä selvittää, pystytäänkö aurasalaoitusmenetelmällä tekemään suomalaiset vaatimukset täyttävää salaojaa. Kuohkeutusvai-kutusta ja maan vedenläpäisevyyttä selvitettiin kuivatilavuuspaino- ja imeyntämittauksin. Kuluneena kesänä mittauk-

sia suoritettiin lähinnä koneiden ensimmäisillä työmailla, joista saamiensa kokemusten perusteella urakoitsijat ovat kehittäneet koneitaan. Näiden toimenpiteiden vaikutusta työn laatuun ei kuitenkaan voitu mittaamalla todeta.

Tämän esitutkimuksen puitteissa suoritettujen mittausten perusteella ei aurasalaoitustyön laatu vielä riittävässä määrin täyttänyt salaojitukselle Suomessa asetettuja vaatimuksia. Oikean korkeustason saavuttaminen näytti riippuvan selvästi urakkaryhmän huolellisuudesta ja tottuneisuudesta. Oikean kaltevuuden saavuttamisessa ei teknisesti näyttänyt olevan suuria ongelmia. Sen sijaan tasaisuudesta oli ensimmäisillä työmailla vielä parantamisen varaa. Työn laadun tarkastaminen osoittautui huomattavan hankalaksi ja aikaavieväksi.

Kuivatilavuuspainomittausten perusteella, joita suoritettiin neljästä eri poikkileikkauksesta, näyttäisi löyhenty-mistä tapahtuneen karkeassa hiedassa. Sen sijaan hiue- ja liejusavassa näytti häiriintyneellä alueella tapahtuneen jopa vähäistä tiivistymistä.

Imeyntämittauksissa todettiin veden imeytyvän selvästi nopeammin ojalinjan kohdalla kuin ojien puolivälissä.

JOHTOPÄÄTELMÄT

Esitutkimuksen aineisto ei tarjoa mahdollisuuksia pitkälle menevien johtopäätelmien tekoon. Kuitenkin niin kirjallisuuden kuin kotimaistenkin kokemusten perusteella maalajilla ja maan työnaikaisella kosteudella näyttää olevan merkitystä sekä työn laatuun että saavutettavaan kuivatustehoon. Etenkin hienorakeisilla maille menetelmän käyttäminen näyttää olevan ongelmallista. Lisäksi aurasalaoituksen valvonta on hankalaa. Jatkossa tulisikin pyrkiä perusteellisemmin selvittämään maalajin ja maan työnaikaisen kosteuden sekä auran dimensioiden vaikutus menetelmän käyttökelpoisuuteen. Myös sopivan tarkastustavan löytäminen on tärkeää. Erilaisten salaoitusmenetelmien vertailemiseksi tulisi järjestää pitkäaikaisia kokeita.

Kirjallisuutta

Draenforse gl. Frekdrikskog, Tønder Marsk. Foreløbige resultater. NJF-seminaari "Filtermaterialen for drenledninger" Askovissa, Tanskassa 10.-11.8.1981. 11 s. Moniste.

Fouss, J.L. 1978. Watch your drainage plow speed and laser receiver position. Drainage Contractor 4, 7: 100-101

Laikari, E., Eskelinen, E. & Mussaari, I. 1981. Matkakertomus. Matka suunniteltui Puolaan ajalla 5.10.-10.10.1981. Moniste.

Laurand, J. 1981. Salaojitus ilman kaivantoa. Meille on mahdollista sellainen tehdä. Sotsialistlik Pöllumajandus 1981, 22 : 839-840. Käänt. Tapio Listo.

Naarding, W.H. 1977 a. A review on international experience with trenchless versus trenching drainagemachines. Government of the Netherlands Ministry of Agriculture and Fisheries. Assen. 45 s.

Naarding, W.H. 1977. b. Trench and trenchless drainage. Government Service for Land and Water Use, Utrecht. The Netherlands. Reprint of "Cultuurtechnisch Tijdschrift" April/May 1977. 16 s.

Olesen, S.E. & Andersen, S.A. 1977. Forsøg med gravefri freaning. Hedselskabets Forsøgswirksomhed. Meddelelse nr. 6. 8 s.

Peltosalaoituksen aine- ja työselitys. 1978. Salaojakeskus ry. Helsinki. 24 s.

Pysyväisohjeet C4/7.2. 1978. Salaojakeskus ry.

Voss, B., Zimmermann, Fr. 1974 a. Zugkraftbedarf und Verlegegeschwindigkeit grabenlos arbeitender Dränmaschinen. Wasser und Boden. 1974, 4 : 98-102.

Voss, B., Zimmermann, Fr. 1974 b. Untersuchungen über die Festigkeitsänderungen im Boden sowie die Verlegegenauigkeit von Rohren beim Einsatz grabenlos arbeitender Dränmaschinen. Wasser und Boden. 1974, 4 : 102-105.

Wesseling, J. (ed.). 1979. Proceedings of the international drainage workshop. Publication 25. ILRI. Wageningen.