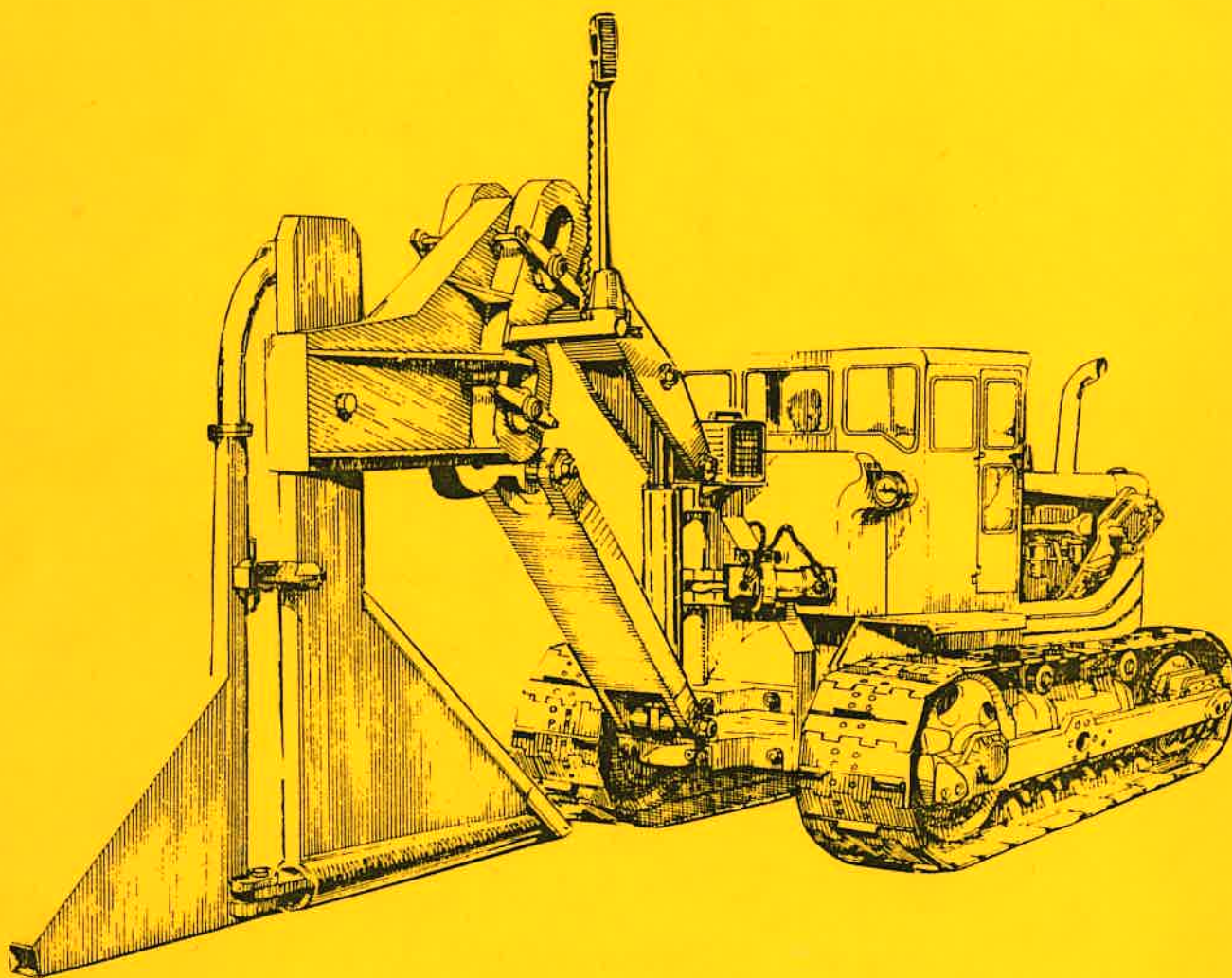


PITKÄLLE KONEELLISTETUN SALAOJITUKSEN
KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET JA KANNATTAVUUS

Esitutkimus



Salaojituksen tutkimusyhdistys
Helsinki, 1982

Pertti Vakkilainen

Tuula Suortti-Suominen

PITKÄLLE KONEELLISTETUN SALAOJITUKSEN
KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET JA KANNATTAVUUS

Esitutkimus

Kirjallisuuskatsaus

Kokeellinen osa

Salaojituksen tutkimusyhdistys

Helsinki, 1982

Tiivistelmä

Esitutkimuksessa selvitettiin aurasalaoitusmenetelmän soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin kirjallisuuden sekä kotimaisten kokemusten perusteella. Kesällä 1981 maassamme tehtyjen aurasalaojien avulla pyrittiin selvittämään, pystytäänkö aurakoneilla aikaansaamaan suomalaiset vaatimukset täyttävää salaojaa. Mitattuja ominaisuuksia olivat salaojien tasaisuus, kaltevuus ja syvyys suunniteltuun nähden. Myös muiden vaadittujen rakenteiden laatua tarkkailtiin. Kuohkeutusvaikutusta tutkittiin kuivatilavuuspaino- ja imeyntämittauksin.

Kirjallisuuden perusteella aurasalaojien kuivatusteho on kaivumenetelmällä tehtyjä salaojia huonompi hienorakeisimmissa maalajeissa, joiden rakenteen pysyvyys varsinkin märkänä aikana ojitettaessa on huono. Sen sijaan esimerkiksi hiekkamaissa kuivatustehoissa ei ole todettu eroa.

Suomessa kesällä 1981 suoritetut mittaukset eivät riitä pitkälle menevien johtopäätösten tekoon. Tulosten perusteella on kuitenkin todettavissa, että aurasalaojien laatu ei vielä riittävässä määrin täyttänyt suomalaisia vaatimuksia. Kuivatilavuuspainomittausten perusteella kuohkeutusvaikutusta näyttäisi syntyvän karkeassa hiedassa. Imeyntämittauksissa todettiin veden imeytyvän selvästi nopeammin aurasalaojan kohdalla kuin häiriintymättömässä maassa.

Sammandrag

I förundersökningen utreddes den grävfria dräneringsmetodens tillämplighet för Finlands förhållanden på basis av litteratur och inhemska erfarenheter. Med hjälp av grävfria täckdiken, som gjordes i vårt land sommaren 1981, försökte man utreda, om man med grävfria dräneringsmaskiner kan åstadkomma sådana täckdiken, som uppfyller finska krav. De uppmätta egenskaperna var täckdikenas jämnhet, lutning och djup jämfört med de planerade. Man kontrollerade också kvaliteten på de övriga konstruktionerna som krävs. Luckringseffekten undersöktes med mätningar av torrvolymvikter och infiltrationsmätningar.

På basen av litteratur är torkningseffekten av de grävfria täckdikena sämre än av de grävda täckdikena i fintexturerade jordarter, vars strukturabilitet är dålig speciellt, om dräneringsarbetet utförs i våta förhållanden. Däremot har man t.ex. i sandjordar inte märkt någon skillnad i torkningseffekten mellan de två olika metoderna.

De mätningar, som utfördes i Finland under sommaren 1981, är inte tillräckliga för att långtgående slutsatser skall kunna dras. På basen av de resultat som uppmätts kan dock konstateras, att kvaliteten på de grävfria täckdikena ännu inte uppfyllde finska krav i tillräcklig mån. På basen av mätningarna av torrvolymvikter verkar det som om luckringseffekten skulle uppstå i grovmo. Med infiltrationsmätningarna konstaterades, att vattnet söks in betydligt snabbare ovanpå grävfria täckdiken än på orörd jord.

Alkusanat

Keväällä 1981 käynnisti Salaojituksen tutkimusyhdistys tutkimuksen "Pitkälle koneellistetun salaojituksen käyttömahdollisuudet ja kannattavuus", jonka esitutkimus käsillä oleva selostus on. Esitutkimuksen tarkoituksena oli selvittää maassamme uuden aurasalaojitusmenetelmän soveltuvuutta ja aurakoneiden työn laatua. Kesällä 1981 tuotiin maahamme kolme tällaista aurakonetta, joiden työtekniikka poikkeaa normaalista kaivumenetelmästä.

Kirjallisuuskatsauksessa on käsitelty aurasalaojitusmenetelmää koskevia merkittävimpiä selvityksiä. On todettava, että aiheesta julkaistu kirjallisuus on suhteellisen vähäistä. Koska tutkimusaika oli lyhyt ei lähdetty tekemään perinpohjaista kirjallisuushakua, vaan referointi on suoritettu lähinnä keskusteluissa ulkolaisten asiantuntijoiden kanssa esiintulleista kirjallisuusviitteistä. Eri laitoksista on oltu yhteydessä mm. Kulttuuritekniikan ja vesitalouden tutkimuslaitokseen (ICW) Hollannissa, Uppsalan maatalousyliopistoon Ruotsissa ja Hedeselskabettiin Tanskassa. Kirjeitse on asiasta tiedusteltu mm. Hollannista W.H. Naardingilta (Government Service for Land and Water Use, Utrecht) ja Englannista C.B. Stansfieldilta (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food).

Kirjallisuuskatsauksessa menetelmää on tarkasteltu pääasiassa salaojituksen toimivuuteen vaikuttavien tekijöiden kannalta, kun taas konetekniikkaa on vain lyhyesti sivuttu. Tekstiin on jätetty maalajien alkuperäiskieliset nimet, jotta niitä voi verrata esim. liitteessä 1 esitettyyn maalajikolmioon ja esiintulleista maalajeista kolmiosta piirrettyihin rakeisuusalueisiin. Maalajiluokituksena on käytetty maataloudellista luokitusta ja osaksi ns. kuivatusteknistä luokitusta.

Kokeellisen osan tarkoituksena oli ensisijaisesti selvittää pystytäänkö aurakoneilla tekemään suomalaiset vaatimukset täyttävää salaojaa. Tutkimus pyrittiin toteuttamaan seuraamalla kaikkia Suomessa olevia koneita. Erilaisten käytännön toteutuksessa esiintulleiden vaikeuksien vuoksi ei kesällä 1981 kuitenkaan vielä pystytty aurakoneiden soveltuvuutta meidän oloihimme määrittämään. Näistä vaikeuksista suurin oli urakoitsijoiden kielteinen suhtautuminen tutkimukseen, minkä vuoksi tutkitut työmaat ovat ko. urakkaryhmien ensimmäisiä eikä koneisiin kesän aikana tehtyjen parannusten vaikutusta siten saatu mitatuksi. Tuloksista heijastunee myös

urakoitsijoiden tottumattomuus uudentyypisiin koneisiin. Lisäksi kuluneen kesän sääolot olivat poikkeuksellisen epäedulliset salaajitusta ajatellen.

Tutkimuksen kenttätöissä ovat avustaneet tekn.yo. Heikki Honkarinta Oulun yliopistosta sekä Salaajakeskuksen henkilökunnasta erityisesti alueinsinöörit Rauno Peltomaa ja Seppo Tanskanen sekä salaajateknikot Ari Haataja, Lauri Tahvanainen ja Sulo Tiilikainen.

Tutkimusta varten on Maatilatalouden kehittämisrahasto myöntänyt tutkimusmäärärahan, jonka lisäksi tutkimuksen kuluihin on osallistunut Salaajakeskus ry.

Helsingissä 29.1.1982

Pertti Vakkilainen
vt. professori

Tuula Suortti-Suominen
diplomi-insinööri

Sisällysluettelo

Tiivistelmä
Sammandrag
Alkusanat

KIRJALLISUUSKATSAUS

	sivu
1. Johdanto	1
1.1 Aurasalaojitusmenetelmä	1
1.2 Aurasalaojitusmenetelmän kehitys	1
1.3 Aurasalaojitusmenetelmän yleisyys	3
2. Aurasalaojitusmenetelmä salaojituksen toimivuuden kannalta	4
2.1 Salaojaputkien asennustarkkuus	4
2.2 Vaikutus maan rakenteeseen	6
2.2.1 Rakennemuutokset	6
2.2.2 Lujuusmuutokset	8
2.3 Kuivatusteho verrattuna kaivumenetelmällä tehtyyn ojitukseen	10
3. Aurakoneiden vetovoiman tarve sekä salaojaputkien asennusnopeus	16
4. Kustannukset	18
5. Aurasalaojitusmenetelmä kaivumenetelmään verrattuna	19
5.1 Edut	19
5.2 Haitat	19
6. Yhteenvedo ja johtopäätelmät	21

KIRJALLISUUSLUETTELO LIITE

23
24-27

KOKEELLINEN OSA

1. Johdanto	29
1.1 Konekanta	29
1.2 Salaojitusyöille Suomessa asetetut vaatimukset	29
2. Tutkimusaineisto ja tutkimusmenetelmä	31
2.1 Työmaiden hankinta	31
2.2 Tutkitut ominaisuudet	31
2.3 Putken paikallistamiseksi käytetyt menetelmät ja niiden luotettavuus	32
2.3.1 Salaojitusyönaikaiset (A) paikallistamistavat	33
2.3.2 Salaojitusyön jälkeen (B) käytettävät paikallistamistavat	34
2.4 Vaaitustarkkuus	35
2.5 Kuohkeutumisasteen mittaus	36
2.6 Vedenläpäisevyyden mittaus	36
3. Tutkimustulokset	37
3.1 Tutkimuskohteet	37
3.2 Salaojan tasaisuus ja sijainti paalutettuun nähden	39
3.3 Sorastus, sorasilmäkkeet ja ruokamullan pudotus	39
3.4 Kuohkeutuminen ja tiivistyminen	42
3.5 Vedenläpäisevyys	42
4. Tulosten tarkastelua	48
5. Johtopäätelmät	50
KIRJALLISUUSLUETTELO	51
LIITTEET	52-55

KIRJALLISUUSKATSAUS

1. JOHDANTO

1.1 Aurasalaojitusmenetelmä

Salaojitus työ toteutetaan tavallisesti kaivavilla salaojakoneilla tai kauhakoneilla. Maahan tehdään kapea kaivanto, jonka pohjalle salaojaputki asetetaan. Maassamme putki sorastetaan ja päälle pudotetaan ruokamulta, jonka jälkeen kaivanto täytetään kaivumailla.

Aurasalaojitusmenetelmä poikkeaa edellä esitetystä tavasta siten, että putkelle tehdään tila maassa vedettävällä kappaleella, auralla. Auran muoto on suunniteltu siten, että se eteenpäin liikkeessaan kohottaa maata. Putki lasketaan tällä tavoin muodostuneeseen tilaan auran perään kiinnitettyä kourua pitkin. Kouruun on meillä irrallisten ympärysaineitten käytön takia asennettu suppilo, jonka avulla ympärysaine saadaan putken päälle. Ruokamullan pudottamisen takia on suppilon taakse sen alaosaan liitetty levyt, jotka pitävät auran muodostamaa vakoä jonkun aikaa auki. Koneen kulkiessa eteenpäin maat painuvat takaisin ja vakoä umpeutuu.

1.2 Aurasalaojitusmenetelmän kehitys

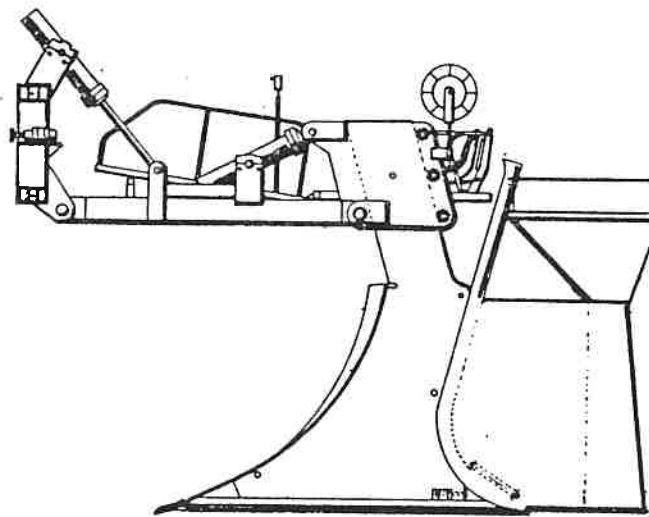
Aurasalaojitus tekniikan kehittymiseen on osaksi johtanut salaojitus kustannusten voimakas nousu. Koska menetelmällä pystytään kaivumenetelmää nopeampaan asentamiseen, on sen käyttöönotolla osaltaan pyritty hillitsemään kustannusten kohoamista. Useat muut kehitysaskleet, kuten aaltosalaojaputkien yleistyminen ja laser-tekniikan käyttöönotto syvyydensäädössä ovat lisänneet aurakoneiden työsaavutusta. (Reeve, 1979).

Aurakoneet ovat kehittyneet myyräauroista, joilla maahan tehtiin reikä työntämällä maata sivuille päin. Tällaisten myyräojien suurin haitta on se, että ne sortuilevat helposti umpeen ja ojitus on uusittava verrattain lyhyin aikaväleihin. Aluksi uskottiin, että tämä haitta saataisiin poistettua asentamalla myyräojaan putki. Pian kuitenkin havaittiin, että maaputken ympärillä oli erittäin tiivistynyttä, mikä esti veden pääsyn putkeen (Naarding, 1977).

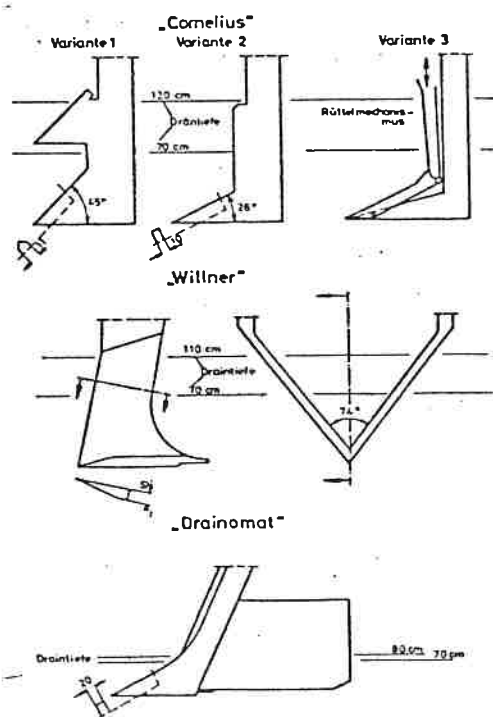
Vuosien kuluessa eri valmistajat kehittivät omia mallejaan tarkoituksenaan vähentää auran vetämiseksi tarvittavaa voimaa niin paljon kuin mahdollista

2.

kuitenkin ylläpitäen hyvän asennusnopeuden. Vaakasuuntaisten voimien vähentämiseksi ja pystysuuntaisten suurentamiseksi maata halkaiseva kappale tehtiin koveraksi. Lisäksi sen etureunaan kiinnitettiin muuta kappaletta leveämpi sileä levy ulottuen koko syvyydelle. Kokonaisuus taivutettiin sitten tiettyyn kaltevuuteen vaakatasoon nähden (kuva 1). Tällä saavutettava etu on, että maa saadaan tehokkaammin kohotettua tiettyyn syvyyteen saakka, joka riippuu auran leveydestä ja sen kärjen kaltevuudesta (Naarding, 1977). Koveran mallin lisäksi kehitettiin myös muita auratyyppejä (kuva 2).



Kuva 1. Kovera salaoja-aura (Naarding, 1977)



Kuva 2. Erilaisia auratyyppejä (Voss & Zimmermann, 1974 a)

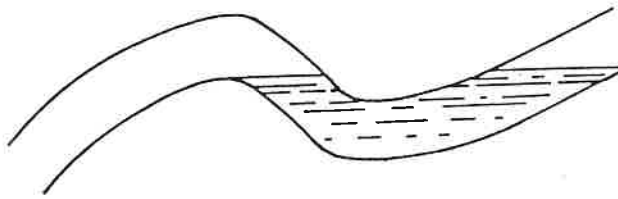
1.3 Aurasalaojitusmenetelmän yleisyys

Aurasalaojitusmenetelmän käyttöönotto on Euroopassa ollut verrattain hidasta, vaikka menetelmä onkin esitelty jo 1960-luvulla. Salaojituista hehtaareista toteutettiin vuonna 1975 aurakoneilla esim. Ranskassa 30 %, Itävallassa ja Hollannissa 5 % ja Englannissa ja Walesissa yhteensä 10 %. Jälkimmäisissä on aurasalaojitusten osuus suunnitelmien lukumäärän mukaan laskettuna kasvanut viimeisen kymmenen vuoden kuluessa 4 %:sta 11 %:iin (Stansfield, 1981). Pohjoismaissa tätä tapaa on käytetty ainoastaan Tanskassa, jossa aurakoneilla toteutettu osuus hehtaareista vaihteli vuosina 1973-1977 4-10 % (Johansen, 1979). Suomeen on ensimmäiset koneet saatu kesällä 1981. Aurasalaojitusmenetelmän yleistyminen on Euroopan maista ollut nopeampaa ainoastaan Länsi-Saksassa, jossa aurakoneilla ojitetaan erityisesti pohjoisen tulvanalaisilla mailla yli 50 % (Naarding, 1977 a). Sen sijaan USA:ssa aurasalaojitusmenetelmä on tehokkaana ja taloudellisena ojitustapana vallannut nopeasti alaa. Suurempaan asennusnopeuteen siirtyminen vaatii kuitenkin myös parannettuja menetelmiä sekä putken syvyyden- että kaltevuudensäätöön, jotta ojitustyön laatu säilyisi hyvänä (Reeve, 1979). Neuvostoliitossa aurasalaojitusmenetelmää on kokeiltu verrattain laajoilla alueilla viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana. Sitä pidetään mahdollisena keinona töitten tehokkuuden suurentamiseksi sekä koneellistamisasteen parantamiseksi (Laurand, 1981). Puolassa menetelmä on yleistynyt, mutta siihen suhtaudutaan vielä epäluuloisesti (Laikari, Eskelinen & Mussaari, 1981).

2. AURASALAOJITUSMENETELMÄ SALAOJITUKSEN TOIMIVUUDEN KANNALTA

2.1 Salaojaputkien asennustarkkuus

Eri koneiden käyttökelpoisuutta arvosteltaessa kiinnitetään huomiota näillä saavutettavaan putkien asennustarkkuuteen. Jotta putkisto toimisi varsinkin pienillä kaltevuuksilla, ei linjassa saisi olla poikkeamia suunnitellusta kaltevuudesta eikä vesitaskuja, joihin veden nopeuden hidastuessa kertyy lietettä (kuva 3).



Kuva 3. Esimerkki putkilinjassa olevasta vesitaskusta (Cros, Lechaux & Wolsack, 1979)

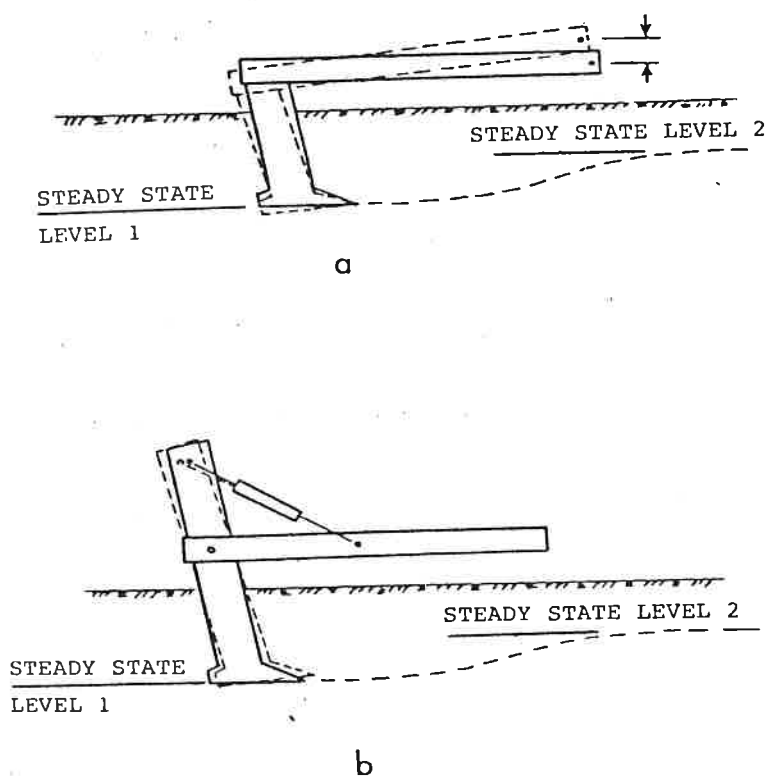
Asennustarkkuus riippuu koneiden syvyydensäätötavasta. Aurakoneiden suuri nopeus asettaa suurempia vaatimuksia myös tälle, sillä syvyydensäädön on tapahduttava myös nopeasti ja tarkasti. Kaltevuutta ja syvyyttä voidaan säädellä seuraavilla tavoilla (Olesen, 1979).

1. Käsiohjauksella tähtäämällä ennakkoon oikeaan kaltevuuteen asennettuja sihtejä koneesta käsin.
2. Käsiohjauksella tähtäämällä ko. kaltevuuteen asetetulla vaaituskoneella sihdin kautta koneessa olevaan kiinteään pisteeseen. Linjassa tapahtuvista poikkeamista tiedotetaan koneen ohjaajalle radiopuhelimitse.
3. Automaattiohjauksella kutakin ojaa varten erikseen oikeaan kaltevuuteen säädetyn halogeenivalonsäteen avulla. Vastaanotin ja säätöyksikkö ovat koneessa.
4. Automaattiohjauksella salaojitettavalle alueelle soveltuvalla kaltevuudelle säädetyn laser-säteen avulla. Korkeus- tasoltaan muutettava vastaanotin ja ojan pohjan säätöyksikkö ovat koneessa.

Viimeksi mainittu vaihtoehto on laser-tekniikan kehittyessä yleistymässä.

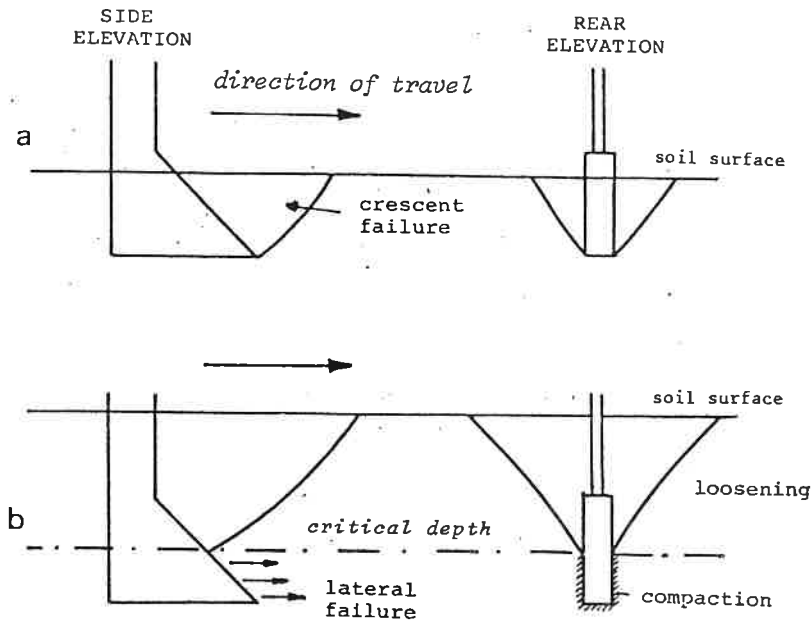
Eri syvyydensäätötavoilla on omat haittansa ja etunsa. Kolmea ensiksi mainittua tapaa käytettäessä ovat Voss ja Zimmermann (1974 a, 1974 b) todenneet huomattavia poikkeamia suunnitellusta kaltevuudesta ja syvyydestä. Heidän tulostensa mukaan poikkeamien esiintyminen on oletettavaa käsiohjauksella, kun kaltevuus on pienempi kuin 0,2 %. Kivettömillä mailla voidaan automaattiohjauksella saada riittävän hyvä tulos 0,05 prosenttia suuremmilla kaltevuuksilla. Käsini ohjattaessa poikkeamien havaitseminen ja korjaaminen vie aikaa. Korjaukset voidaan kuitenkin tehdä välittömästi, kun kone pysäytetään heti virheen tullessa ilmi. Automaattiohjauksella kone etsii alkuperäisen tason heti virheen jälkeen, jolloin saattaa syntyä vesitaskuja. Jotta laser-tekniikan käyttö olisi käytännöllistä, tulee alueen olla suhteellisen tasaista (Olesen, 1979).

Itse aurassa kaltevuuden säätö tapahtuu joko kohottamalla tai laskemalla auran varren kiinnitystä (kuva 4 a) tai muuttamalla auran kaltevuutta (kuva 4 b) (Reeve, 1979). Koska auran kohdistuvat voimat (kuva 5) muuttuvat maaperän vaihteluiden mukaan, riippuu saavutettava asennustarkkuus laser-vastaanottimen sijainnista auran nähden. Fouss'in (1978) mukaan vastaanottimen etäisyyden (x , kuva 5) auran varren liitoskohdasta vetokalustoon tulee olla 0,833 kertaa auran etäisyys (b , kuva 5) tästä kiinnityspisteestä.



Kuva 4. Kaltevuuden säätö voi tapahtua joko
 a) muuttamalla auran varren kiinnitystä tai
 b) muuttamalla auran kulmaa (Reeve, 1979)

Spoorin (1979) mukaan maassa voi aurakoneita käytettäessä tapahtua kahdenlaisia muutoksia. Matalalla työskenneltäessä maa kuohkeutuu ja halkeilee (kuva 6 a). Syvällä ajettaessa vaikutus on tiivistävä (kuva 6 b).



Kuva 6. Auran vaikutus maan rakenteeseen on
 a) matalaan ojitettaessa kuohkeuttava
 b) syvään ojitettaessa kriittiseen syvyyteen saakka kuohkeuttava ja sitä syvemmillä tiivistävä (Spoor, 1979)

Työsyvyyttä, jossa vaikutus muuttuu kuohkeuttavasta tiivistäväksi, kutsutaan kriittiseksi syvyydeksi. Jotta salaojasyvyydessä ei tapahtuisi tiivistymistä tulisi aurakoneiden työskennellä kriittistä syvyyttä matalammalla.

Kriittinen syvyys riippuu auran mittasuhteista, lähinnä sen kärjestä sekä maaperäolosuhteista. Työsyvyyden suhde auran kärjen leveyteen sekä auran kärkikulma ovat aurasta riippuvia tekijöitä. Mitä pienempiä nämä ovat, sitä suurempi on kriittinen syvyys (Spoor, 1979). 10-15 cm leveällä auralla kuohkeutusvaikutus ulottuu 1,05 m:n syvyyteen ja 20 cm leveällä auralla 1,50 m:iin (ref. Naarding, 1977).

Tärkeimpiä kriittisen syvyyden suuruuteen vaikuttavia maaperätekijöitä ovat:

- tiheys
- maan kohoamista vastustavat pystysuuntaiset voimat
- kosteuspitoisuus
- rakeisuus sekä rakenne

Tiheyden pienentyessä ja vastustavien voimien kasvaessa kriittinen syvyys pienenee riippumatta kosteustilasta. Jos taas tiheys ja voimat pysyvät vakioina, vesipitoisuuden lisääntyminen pienentää kriittistä syvyyttä.

Maan kohoamista vastustavia voimia ovat maan pinnalla oleva kuormitus, maamassan paino ja maarakeiden välinen kitka. Maan leikkauslujuus riippuu jälkimmäisestä ja kasvaa kun kosteuspitoisuus pienenee. Maan pinnan voimakas kuivuminen voi näin ollen pienentää kriittistä syvyyttä. Siten esim. tiiviissä karkeassa hiesussa tai hienossa hiedassa (compact loam soil) pinnan kuivuessa tarvitaan leveämpi aura kuin maan kosteuden ollessa sama koko syvyydellä, jotta kuohkeutuminen ulottuisi entiseen syvyyteen saakka. Plastisessa tilassa olevassa esimerkkipaikassa (compact loam soil), jossa kriittinen syvyys on lähellä maanpintaa, ei auran leveydellä ole merkitystä. Varsinaista putken asentamista edeltävän maan pintakerroksen löyhentämisen onkin todettu suurentavan kriittistä syvyyttä vetovoiman tarvetta lisäämättä (Spoor, 1979).

Reeven (1979) mukaan ei häiriöalueen muodolla ollut mainittavaa eroa kuivissa ja märissä olosuhteissa toteutettujen ojitusten välillä. Maalaji kokeessa oli hiesu- tai hietasavea (clay-loam soil) ja ojasyvyys 150 cm.

2.2.2 Lujuusmuutokset

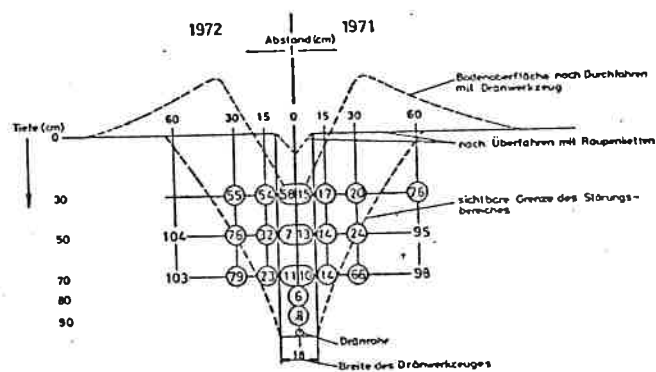
Saksassa on maassa syntyviä leikkauslujuuksia tutkittu kuvassa 2 esitetyillä auratyypeillä. Lujuusmuutokset ja kuohkeutusvaikutus mitattiin siipikairalla ja vääntömomenttiavaimella. Tutkimusmaalaji oli lössihiesu (lösslehm, Schluffanteil 85-93 %) ja mittaukset suoritettiin 0,15, 30, 60 ja 200 cm:n etäisyydellä ojalinjasta sen molemmin puolin. Kahden metrin etäisyydellä saadun tuloksen katsottiin varmuudella edustavan luonnontilaista maata. Mittaussyvyudet olivat 30, 50, 70, 80 ja 90 cm. Kullakin koneella tällaisia leikkauksia, joista em. mittaussarja suoritettiin oli yhdeksän.

Saadut tulokset on esitetty kuvassa 7. Alue, jossa leikkauslujuus oli luonnontilaista pienempi, oli kaikilla tyypeillä 30 cm:n etäisyydelle ojalinjan molemmin puolin lähes samanlainen. Lähellä maanpintaa tämä alue oli kuitenkin hieman leveämpi käytettäessä koneita DRAINOMAT ja CORNELIUS niin, että 60 cm etäisyydellä putkilinjasta ja 30 cm:n syvyydellä oli vielä havaittavissa selvä ero häiriintymättömään maahan verrattuna. Leikkauslujuuden suuruus oli DRAINOMAT-koneella ojalinjasta 15 cm:n etäisyydelle ulottuvalla alueella vain 22 % alkuperäisestä. Vastaava arvo

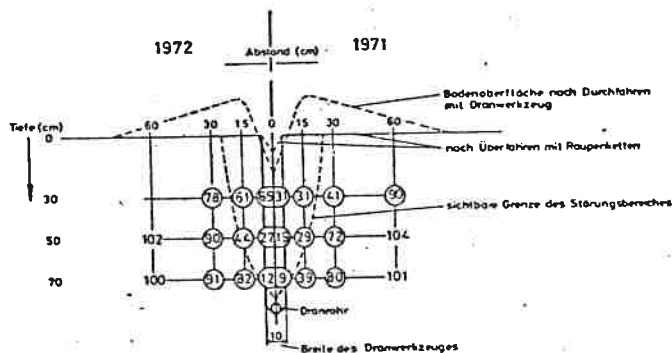
CORNELIUS-koneella oli < 39 % ja WILLNER-koneella < 38 % (kuva 7). Vuoden kuluessa oli keskimääräinen suhteellinen leikkauslujuus (%) mittausalueella, joka ulottui 30 cm:n etäisyydelle putken molemmin puolin ja 70 cm:n syvyyteen, kehittynyt seuraavasti:

kone	vuosi 1971	vuosi 1972
CORNELIUS	39.0 %	61.1 %
WILLNER	40.2 %	53.4 %
DRAINOMAT	21.4 %	43.9 %

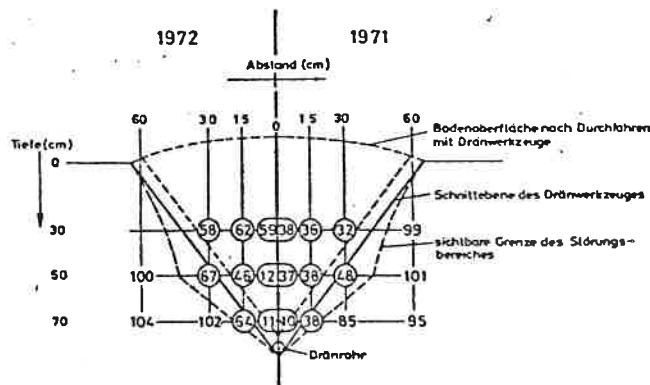
(Voss & Zimmermann, 1974 b)



Relative Abscherwiderstände Im Bodenprofil, Dränmaschine DRAINOMAT



Relative Abscherwiderstände Im Bodenprofil, Dränmaschine CORNELIUS



Relative Abscherwiderstände Im Bodenprofil, Dränmaschine WILLNER

Kuva 7. Erityyppisillä auroilla (kuva 2) aiheutetut leikkauslujuusmuutokset lössihiesumaassa ojitusvuonna ja seuraavana vuonna prosentteina häiriintymättömän maan (etäisyys ojalinjasta 200 cm) leikkauslujuusarvoista.

(Voss & Zimmermann, 1974 b)

2.3 Kuivatusteho verrattuna kaivumenetelmällä tehtyyn ojitukseen

Maan hydraulinen johtavuus riippuu huokoskoon jakautumisesta. Aurakoneilla voidaan maassa aiheuttaa kolmenlaisia muutoksia; löyhentymistä, tiivistymistä tai maan liikkumista ilman että tiheys muuttuu (Spor'in, 1979 mukaan vain kuohkeutumista ja tiivistymistä). Näistä kaksi ensinmainittua muuttavat myös maan vedenläpäisevyyttä (Boels, 1979).

Kuivatustehosta voidaan saada kuva mittaamalla virtaama putkessa ja pohjavedenpinnan korkeus putken ympäristössä. Näitä mittauksia on sekä kaivumenetelmällä että aurasalaoitusmenetelmällä suoritettu ainakin Tanskassa ja Hollannissa. Tulokset neljältä koealueelta Tanskasta, joiden maalajien rakeisuusjakautuma on esitetty taulukossa 1, ovat taulukossa 2. Jälkimmäisessä taulukossa tarkoitettulla tehokkuudella ymmärretään mitatun valuman (l/s ha) ja 75 cm:n etäisyydellä ojalinjasta mitatun keskimääräisen pohjavedenkorkeuden (m) suhdetta. Ko. alueista kaksi ensinmainittua oli ojitettu märissä ja kaksi jälkimmäistä kuivissa olosuhteissa. Kuivatusteho oli ensimmäisinä vuosina parempi kaivumenetelmällä toteutetuissa ojituksissa. Menetelmien välinen ero on vuosien kuluessa jonkun verran kaventunut maan rakenteen vähitellen parantuessa (Olesen, 1979).

Taulukko 1. Tanskalaisten salaoituskoealueiden maalajien rakeisuusjakaumat (ks. taulukko 2) (Olesen, 1979)

raekoko mm	0.-0.002	0.002-0.02	0.02-0.2	0.2-2.0	maalaji (Maatal.)
Nr. Økse	16	20	63	1	saHt
Viumgard	18	10	39	33	sahkHt
Østrup	14	13	50	23	Ht
Frederiksdal	21	21	37	21	saHt

Taulukko 2. Salaojien keskimääräinen tehokkuus kaivu- ja aurasalaojitusmenetelmällä asennettuna (Olesen, 1979)

Vuosi	Salaojien lukumäärä		Mittausten lukumäärä		Valuma l/s.ha		Vedenpinnan kork. m		Tehokkuus l/s.ha.m	
	kaivu- vu- men.	auras- men.	kaivu- men	auras- men	kai- vu- men.	auras- men.	kaivu- men.	auras- men.	kaivu- men.	auras- men.
1972/73	10	10	20	20	0.44	0.21	0.51	0.61	0.9	0.3
1973/74	10	10	40	40	0.50	0.19	0.19	0.27	2.6	1.7
1974/75	10	10	40	40	0.27	0.28	0.16	0.23	1.8	1.2
1975/76	10	10	20	20	0.26	0.33	0.11	0.18	2.4	1.8
1976/77	9	10	36	40	0.42	0.50	0.16	0.20	2.6	2.5
1977/78	9	10	27	30	0.28	0.36	0.13	0.19	2.2	1.9
Viimsaari:										
1972/73	6	6	24	23	0.23	0.20	0.29	0.37	0.8	0.5
1973/74	6	6	42	42	0.49	0.37	0.47	0.51	1.0	0.7
1974/75	6	6	42	42	0.51	0.39	0.49	0.54	1.0	0.7
1975/76	6	6	36	36	0.25	0.26	0.31	0.42	0.8	0.6
1976/77	6	6	18	18	0.37	0.33	0.37	0.47	1.0	0.7
1977/78	6	6	66	66	0.33	0.32	0.34	0.39	1.0	0.8
Østrup:										
1973/74	3	3	6	6	0.22	0.15	0.40	0.31	0.5	0.5
1974/75	3	3	21	21	0.38	0.27	0.39	0.32	1.0	0.8
1976/77	3	3	6	6	0.14	0.09	0.28	0.14	0.5	0.6
1977/78	3	3	16	16	0.28	0.20	0.32	0.24	0.9	0.8
Frederiksdal:										
1973/74	6	6	11	16	0.26	0.34	0.25	0.31	1.0	1.1
1974/75	6	6	13	16	0.37	0.41	0.27	0.37	1.4	1.1

Tuloksista nähdään, että jos ojitus suoritetaan maan ollessa kuiva sala-
ojitussyvyyteen saakka, saavutetaan molemmilla menetelmillä yhtä hyvä
kuivatusvaikutus savisessa hiedassa (moraine loam soil). Sen sijaan
märkinä aikana ojitettaessa aurasalaojitusmenetelmällä saavutettava kui-
vatusteho on alhaisempi. Syynä tähän on se, että aurakoneen kuohkeutus-
vaikutus tämän tyyppisessä maalajissa riippuu vesipitoisuudesta.
Kun se on suuri, aura painaa maata sivuille ja tiivis-
tää sitä. Putken asennuksen jälkeen vako umpeutuu. Täten maan hydraulinen
johtavuus pienenee. Tutkimus osoittaa kuitenkin, että maan rakenne ja
siten vedenjohtavuus paranevat myöhemmin (Olesen, 1979).

Eri tutkimuksissa mitatun aurasalaojitusmene-
telmän kuivatusstehon suhde kaivumenetelmällä saavutettavaan kuivatusstehoon
nähdään taulukossa 3. Aurasalaojitusmenetelmällä teho on yhtä hyvä tai
parempi hiekka- (sand) ja karkea hiesu- ja hieno hietamaissa (loam).
Huonoin tulos on hiue- tai hiesusavessa (silty clay loam). Näyttää myös
siltä, että mitä syvemmälle putket on asennettu, sitä huonompi on aurasala-
ojitusmenetelmällä saavutettava hydraulinen johtavuus kaivumenetelmään
verrattuna.

Jotta siis saataisiin aikaan samanlainen kuivatusvaikutus tulee oja-
välin aurasalaojitusmenetelmällä hiekka- ja hietamaita lukuunottamatta
olla pienempi kuin kaivumenetelmällä, tietyissä olosuhteissa jopa
50 % (taulukko 4) (Boels, 1979).

Taulukko 3. Aurasalaojitusmenetelmällä salaojaputken ympäristössä
saavutettavan hydraulisen johtavuuden (K_2) suhde kaivu-
menetelmällä saavutettavaan (K_1) perustuen virtaama- ja
vedenkorkeusmittauksiin (Boels, 1979)

Maalaji	Salaoja- syvyys m	Maa	$\frac{K_2}{K_1}$	Huom.	Tutkija
Hiekka (Sand)	1.1	Hollanti	1.0	keskim. 1975-77 (14 ojaa)	Naarding
Hiekkainen hieta } (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 hieta (Loam)	1.2	Tanska	1.05	keskim. 1973-78 (3 ojaa)	Olesen
Karkea hiesu, hieno hieta (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	Eggelsman
Savi (Clay)	1.1	Hollanti	0.8	keskim. 1973-75 (10 ojaa)	Naarding

Taulukko 4. Aurasalaojitus- (L_p) ja kaivumenetelmällä (L) ojitettaessa
käytettävien ojaetäisyyksien suhde eri maalajeilla, jotta
saavutettaisiin sama kuivatusvaikutus (Boels, 1979)

Maalaji	Salaojasyyvyys m	L_p/L
Hiekka (Sand)	1.2	1.0
Hiekkainen hieta (Sandy loam)	1.2	0.8
Karkea hiesu, hieno hieta (Loam)	1.2	1.0
Karkea hiesu, hieno hieta (Silt loam)	1.4	0.56
Hiue-, hiesusavi (Silty clay loam)	1.3	0.50
Hiesu-, hiue-, hietasavi (Silty clay)	1.1	0.73
Savi (Clay)	1.1	0.94

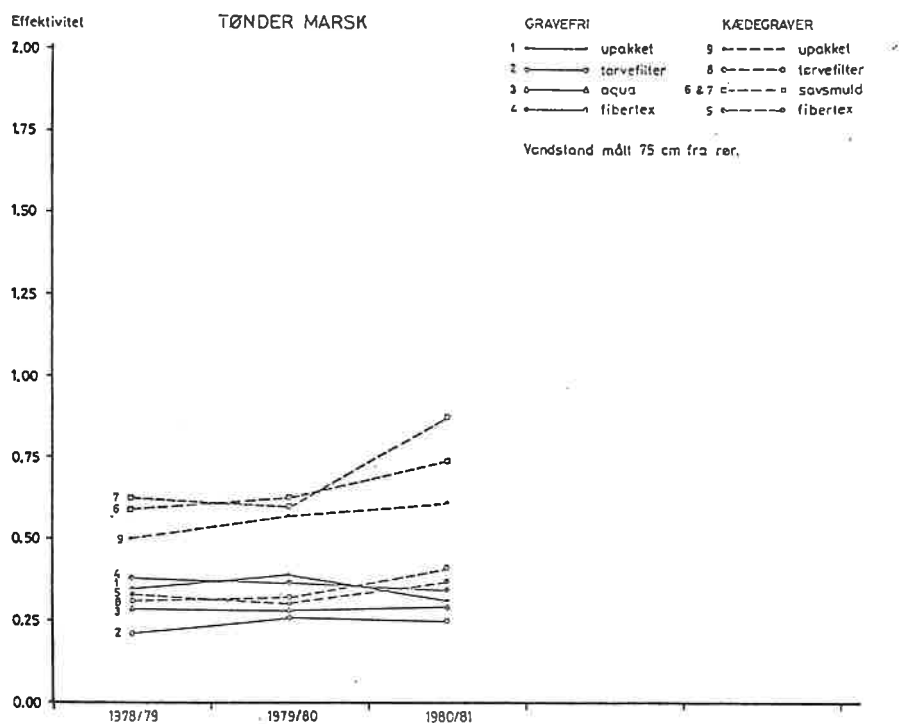
Tanskassa marskimaalla viimeisen kolmen vuoden aikana suoritetuissa tehokkuusmittauksissa käytettäessä eri ympärysainemateriaaleja on todettu, että aurasalaojitusmenetelmällä tehtyjen ojien tehokkuus oli alhainen (kuva 8) riippumatta siitä, mitä ympärysainetta käytettiin. Yhtä alhainen tehokkuus oli niissä kaivumenetelmällä tehdyissä ojissa, joissa ympärysaineena oli ohut kuitukangas (Fibertex) tai turve. Alueen maalaji oli hietaa, jonka savipitoisuus oli pinnalla alle 20 % ja pieneni syvemmällä.

Eggelsman'in (1979) mukaan aurasalaojitusmenetelmällä saavutettava kuivatusteho on marskimailla ja muilla sellaisilla alueilla, joilla pohjavesi on korkealla koko vuoden, jonkun verran kaivumenetelmää parempi. Näillä alueilla kaivu jouduttaisiin suorittamaan määrissä olosuhteissa, jolloin märkänä häiritty maa, jolla kaivanto täytetään, menettää rakenteensa ja estää tai ehkäisee tiivistyneenä veden pääsyn putkistoon (Eggelsman, 1979).

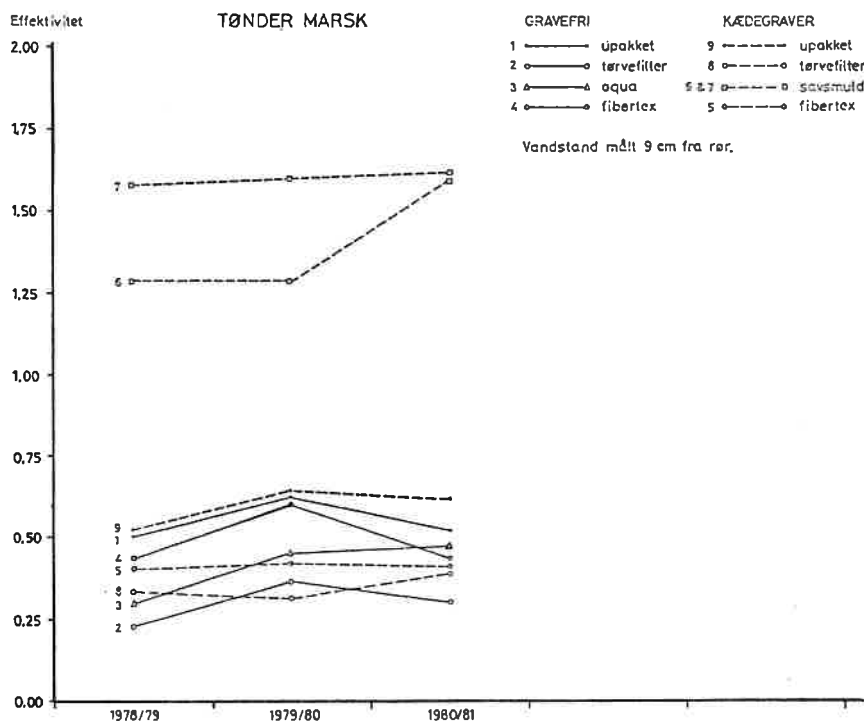
Eestiläisten tutkimusten mukaan (Laurand, 1981) turve- ja kevyemmässä kivennäismaassa (hieta, savihieta) salaojien kuivatusteho on riippumaton asennustekniikasta. Jäykemmissä hietasavi- ja savimaissa on aurasalaojien kuivatusteho ojitus työn jälkeen pienempi kuin kaivumenetelmällä tehtyjen salaojien. Aurasalaojista mitatut maksimivalumat ovat erilaisissa maissa olleet jopa kaksi kertaa pienemmät kuin kaivumenetelmällä tehtyjen salaojien. Syyksi hän esittää salaoja-auran maata tiivistävän vaikutuksen. Luontaisen tiiveyden on kuitenkin todettu vähitellen palautuneen, jolloin myös kuivatusteho suurenee. Tämän vuoksi ojaväliä suositellaan auramenetelmällä ojitettaessa pienennettävän 15-30 % sekä ojasyvyyttä suurennettavan. Myöskin pitäisi aurasalaojissa käyttää irrallisia ympärysaineita (sora yms.) sekä tehdä työ kuivissa olosuhteissa.

Englannissa ei aurasalaojien ja kaivumenetelmällä tehtyjen ojien toiminnassa ole todettu eroa. Heidän käsitystensä mukaan hienorakeisissa maalajeissa saattaa hydraulinen johtavuus kuitenkin putken ympärillä tapahtuvan tiivistymisen vuoksi pienentyä, ja tämän tutkimiseksi on suunniteltu tehtäväksi kokeita, joissa ojitus suoritetaan sekä määrissä että kuivissa olosuhteissa (Stansfield, 1981).

a.



b.



Kuva 8. Salaojien tehokkuus eri vuosina käytettäessä erilaisia ympäryksaineita. Vedenpinnan korkeus on mitattu a) 75 cm:n b) 9 cm:n etäisyydellä ojalinjasta (Draenforsøg gl. Fredrikskog, Tønder Marsk, 1981)

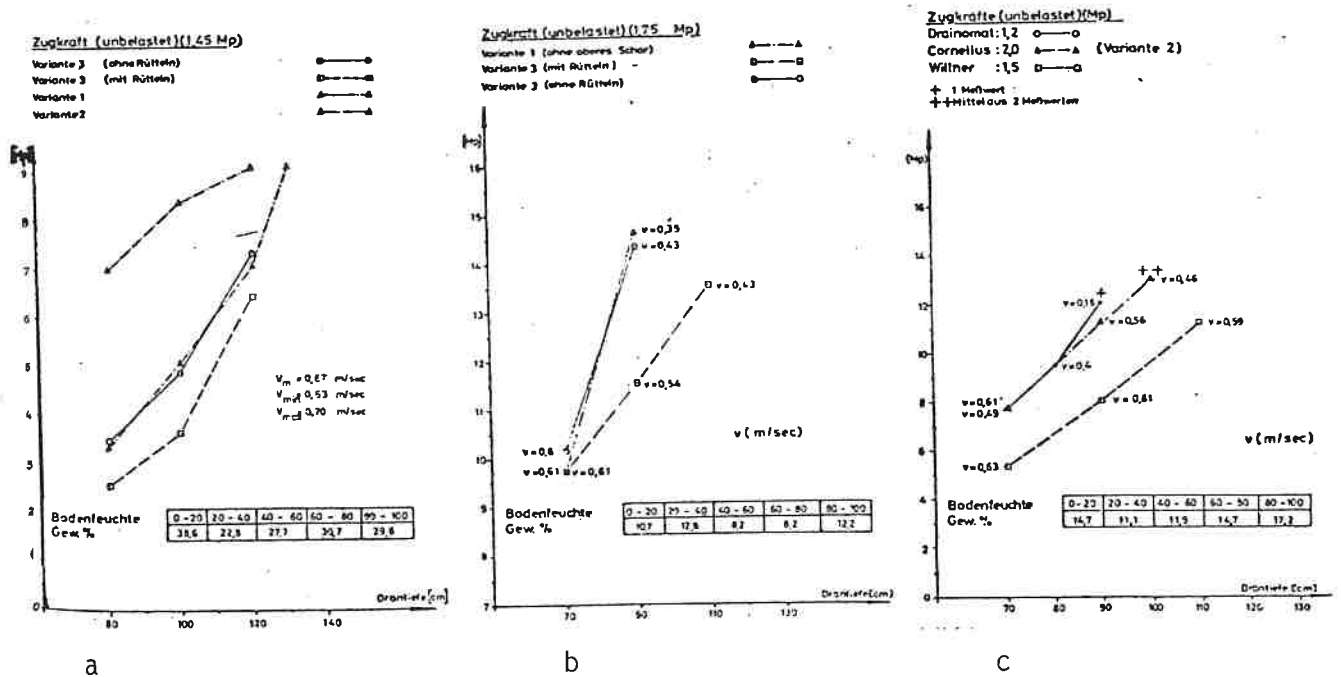
Naardingin (1977 a) tekemässä yhteenvedossa kuivatustehosta saadut kokemukset tukevat edellä esitettyä:

- aurasalaojitusmenetelmällä märissä olosuhteissa ojitettaessa maa putken ympärillä tiivistyy ja veden pääsy putkeen hidastuu tai loppuu kokonaan
- maan kokoonpuristuminen riippuu osaksi aurakoneesta ja osaksi maalajista
- kuivatusteho on huono erityisesti juoksevilla savimailla
- veden sisääntulovastus pienenee ajan mittaan
- savimailla aurasalaojien kuivatusteho on pienempi kuin kaivumenetelmällä tehtyjen ojien. Hiekkamailla ja hiekkaisilla savimailla tilanne on päinvastoin.

3. AURAKONEIDEN VETOVOIMANTARVE SEKÄ SALAOJAPUTKIEK ASENNUKNOPEUS

Aurakoneiden vetovoimantarve on suuri ja riippuu maalajista, maan kosteudesta, kerroksellisuudesta, työsyvyydestä, ajonopeudesta sekä auran muodosta. Ajonopeuden vaikutus on kuitenkin verrattain vähäinen.

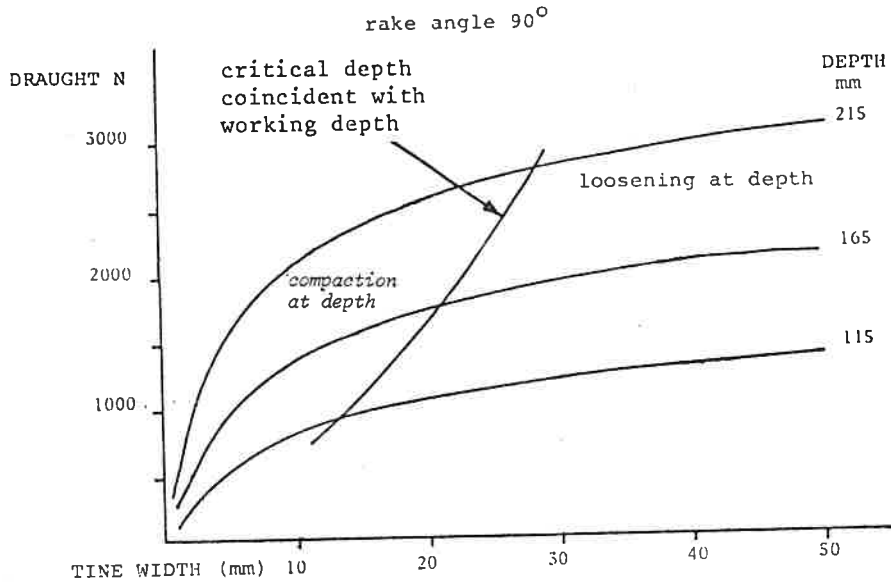
Saksassa kuvassa 2 esitetyillä auratyypeillä lössihiesumaassa suoritetuissa tutkimuksissa todettiin, että Willner-aurakone vaati syvyyksillä 70 ja 90 cm noin 30 % vähemmän vetovoimaa kuin tutkitut kaksi muuta mallia (kuva 9 c). Täritysmekanismia käytettäessä saatiin CORNELIUS-koneella vetovoimaa pienennetyksi (kuvat 9 a ja b) (Voss & Zimmermann, 1974 a).



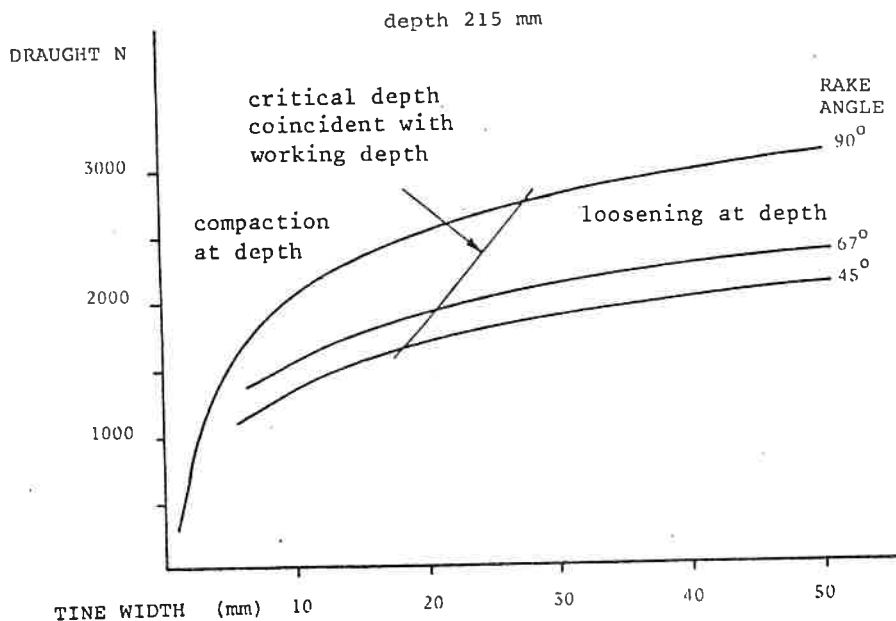
Kuva 9. Vetovoimantarpeen riippuvuus salaojasyvyydestä kuvassa 2 esitetyillä auratyypeillä.

- CORNELIUS-koneen eri auravaihtoehdot.
Koealue on marskimaata, jonka maankosteus oli suhteellisen korkea
- CORNELIUS-koneen auravaihtoehdot 1 ja 3,
Koealue koostuu jäätikön ääreisissä olosuhteissa kerrostuneista maa-lajeista, joiden rakenne on voimakkaasti häiriintynyt ja hiesupitoisuus suuri. Vetokokeen aikana maa oli voimakkaasti kuivunut.
- Kuvassa 2 esitetyt konetyypit.
Koealue on lössihiesua, joka vetokokeen aikana oli voimakkaasti kuivunut.

Kun työsyvyys on kriittistä syvyyttä suurempi, vetovoiman tarve kasvaa nopeammin auran kärjen leventyessä kuin työskenneltäessä kriittistä syvyyttä matalammalla (esimerkkinä tiivis hiekkainen hiehta, kuva 10). Toisaalta vetovoimantarve on sitä suurempi mitä suurempi on auran kärkikulma (esimerkki tiiviistä hiekkaisesta hiedasta, kuva 11). Kasvu ei kuitenkaan ole suuri, kun kärkikulma vaihtelee 20° - 50° (Boels, 1979).



Kuva 10. Vetovoiman riippuvuus työsyvyydestä ja auran leveydestä tiiviissä hiekkaisessa hiedassa (Spoor, 1979).



Kuva 11. Vetovoiman riippuvuus auran kärkikulmasta ja auran leveydestä tiiviissä hiekkaisessa hiedassa (Spoor, 1979).

Edellä mainittujen CORNELIUS- ja WILLNER-koneiden asennusnopeus oli n. 0.75 m/s (2.7 km/h) ja DRAINOMAT-koneen noin 0.45 m/s (1.62 km/h) (Voss & Zimmermann, 1974 a). Puolassa aurakoneiden keskimääräinen työnopeus on $0.4\text{-}0.5 \text{ km/h}$ (Laikari, Eskelinen & Mussaari, 1981) ja Neuvostoliitossa $0.5\text{-}0.8 \text{ km/h}$ (Laurand, 1981).

4. KUSTANNUKSET

Salaojituskustannukset muodostuvat pääasiassa konekustannuksista, materiaaleista, palkoista, valvontakuluista ja veroista. Naardingin (1977) mukaan konekustannukset (pääomakulut, polttoaine- ja kunnossapitokustannukset) ovat aurasalaojakoneella 10-20 % alhaisemmat metriä kohti kuin kaivavilla salaojakoneilla 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 salaojаметriä kohti muodostuvat pienemmiksi. Tarkasteltaessa salaojituksen kokonaiskustannuksia yleensä pitemmällä aikavälillä, voidaan siirtymisen tiiliputkista muoviputkiin todeta vaikuttaneen kustannuksia alentavasti. Tämä johtuu työmenekin vähenemisestä. 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) ja Tanskassa 6 ha (Olesen & Andersen, 1977).

5. AURASALAOJITUSMENETELMÄ KAIVUMENETELMÄÄN VERRATTUNA

5.1 Edut

Aurasalaojitusmenetelmä on tietyissä suhteissa kaivumenetelmää parempi:

- suotuisissa oloissa aurakoneiden muoviputkien asennuskapasiteetti on huomattavasti suurempi kuin kaivavien koneiden 0.90-1.20 m:n syvyyteen asennettaessa (Naarding, 1977 b)
- ojitustyötä voidaan keväisin jatkaa pitempään, sillä kasveille tuotetaan vähemmän haittaa. Tästä seuraa lisäksi, että ojitus voidaan toteuttaa aikana, jolloin pohjavedenpinta laskee (Naarding, 1977 b)
- aurakoneissa on vähemmän kulumiselle alttiita osia, minkä vuoksi niitä voidaan käyttää kivisillä mailla (Naarding, 1977 b, Olesen & Andersen, 1977, Stansfield, 1981)
- irrallisia ympärysaineita käytettäessä ainemenekki on putken ympärille asennettaessa muodostuvan tilan pienuudesta johtuen vähäisempi (Naarding, 1977 b, Stansfield, 1981)
- maan humushäviöt ovat vähäiset (Laurand, 1981)
- työn laatu on pohjaveden pinnan ollessa korkealla parempi kuin kaivumenetelmällä (Laurand, 1981)

5.2 Haitat

Aurasalaojitusmenetelmällä on vielä monia haittoja ja epäkohtia kuivatusvaikutusta ja ojitustyötä tarkasteltaessa:

- menetelmälle soveltuvia työpäiviä, jolloin pintamaa on kuivaa ja pohjamaa kosteaa, on vähemmän kuin kaivumenetelmällä (Naarding, 1977 b)
- putkia syvälle asennettaessa vetovoiman tarve kasvaa huomattavasti ja vaara, että maa tiivistyy putken ympärillä, on suurempi (Naarding, 1977 b)
- märissä olosuhteissa aurakoneet rikkovat pintamaan rakennetta enemmän kuin kaivavat koneet ja aurakoneiden kapasiteetti pienenee huomattavasti (Naarding, 1977 b)

- tietyissä maalajeissa tiivistyminen on merkittävämpää kuin kaivavilla koneilla, joskin maan rakenne palautuu vähitellen (Naarding, 1977 b)
- äskettäin täytettyjen avo-ojien ylittäminen tuottaa usein ongelmia aurakoneilla, kun telat eivät saa riittävästä tartuntaa löyhentyneestä maasta (Naarding, 1977 b)
- aurasalaojia on vaikea tarkastaa ja virheitä on vaikea korjata (Naarding, 1977 b, Stansfield, 1981)
- kustannusten vuoksi aurakoneiden käyttö ei kannata 10 ha pienemmillä alueilla (tanskal. 6 ha), koska työtuntien määrä kuljetuskustannuksiin nähden ei ole suotuisa (Naarding, 1977 b, Olesen & Andersen, 1977)
- aikaisemmillemme salaojituksille aiheutettuja vahinkoja ei havaita heti (Olesen & Andersen, 1977)
- aitosavimaassa (heavy clay soil) saavutettava kuivatusvaikutus ei ole tyydyttävä (Olesen & Andersen, 1977, Laurand, 1981)
- irrallisten ympärysaineitten käyttö on vaikeaa (Laurand, 1981)

6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTELMÄT

Kirjallisuudesta saatujen tietojen perusteella voidaan todeta, että aurasalaoitusmenetelmän käyttökelpoisuus riippuu toimivuutta tarkasteltaessa ensinnäkin maalajista ja maan työnaikaisesta kosteudesta. Menetelmällä saavutettava kuivatusvaikutus ei täytä nykypäivän vaatimuksia hienorakeisissa maalajeissa. Sen sijaan hiekkamaissa on aurasalaoitien toimivuus tutkimuksissa osoittautunut hyväksi riippumatta maan kosteudesta ojitustyön aikana.

Maan työnaikainen kosteus näyttää varsinkin savimaissa vaikuttavan oleellisesti maassa tapahtuviin rakennemuutoksiin ja siten kuivatustehoon. Märässä savimaassa toteutetun ojituksen toimivuus on yleensä huono. Toisaalta myös hietamaista eräät ovat sellaisia, joissa märissä olosuhteissa toteutetun aurasalaoituksen tehokkuus ei ole riittävä. Yhtenä syynä tähän saattaa olla putkiston liettyminen. Pohjois-Saksassa aurasalaoitusmenetelmää pidetään kaivumenetelmää parempana turve-, marski- ja hietamaissa, vaikka ne ovat märkiä ja pehmeitä lähes koko vuoden eivätkä siten täytä vaatimusta kuivista työnaikaisista oloista.

Maassa tapahtuvat rakennemuutokset riippuvat lisäksi auran kärkikulmasta ja auran leveydestä. Mitä suurempi kärkikulma ja mitä kapeampi aura sitä vähäisempää on kuohkeutuminen ja ilmeisempää putken ympärillä tapahtuva tiivistyminen.

Työn laatuun vaikuttavat edellä esitettyjen tekijöiden lisäksi syvyydensäätömenetelmä, alueen pinnan muoto, työnopeus ja urakkaryhmä. Mikäli työnopeus on liian suuri suhteessa syvyydensäätöjärjestelmän reaktiiviteetin saattaa virheitä syntyä ja jäädä huomaamatta. Poikkeamia on tutkimuksissa havaittu mm. suurien avo-ojien kohdalla. Työn laadun valvonta on aurasalaoituksissa vaikeaa, minkä vuoksi urakkaryhmän on oltava erittäin vastuuntuntoinen ja ammattitaitoinen.

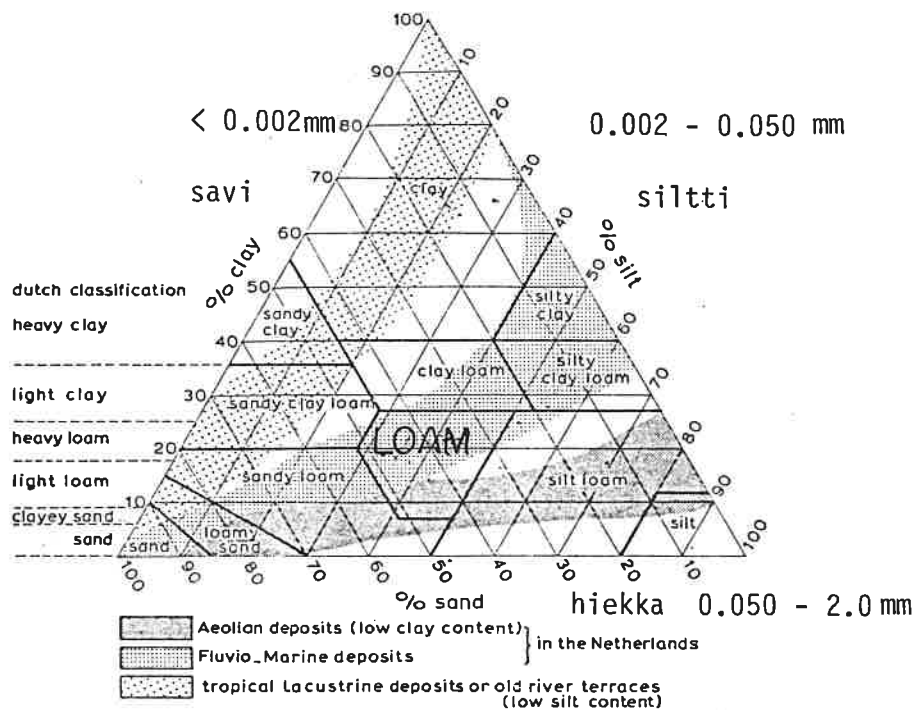
Aurasalaoitusmenetelmän kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat puolestaan maan kivisyys, työmaiden koko ja sijainti toisiinsa nähden. Kivisillä työmailla aurakoneiden kuluminen on vähäisempää kuin kaivavien koneiden. Työmaiden on kalliiden kuljetuskustannusten vuoksi oltava suhteellisen suuria.

Nämä kirjallisuudessa esitetyt tulokset eivät ole suoraan sovellettavissa Suomen olosuhteisiin senkään vuoksi, että maassamme olevien koneiden tyyppi poikkeaa joissakin suhteissa tutkituista. Lisäksi maalajimme poikkeavat olennaisesti esim. keski-eurooppalaisista erilaisen syntytapansa vuoksi. Niinikään ilmasto-olot ovat erilaiset ja sen vuoksi myös salaojitukselle asetetut toimivuusehdot. Työmaiden pieni koko (ka. v. 1980 < 4 ha) ja eri kohteiden väliset etäisyydet vaikuttavat osaltaan siihen, että salaojitus on nykypäivän Suomessa kallis investointi ja sen tulisikin siten kannattaakseen toimia pitkään.

Ulkomailla tehtyjen tutkimusten perusteella on olemassa olosuhteita, joissa aurasalaojitusmenetelmästä on etua sekä myös sellaisia, joissa saavutettava etu on vähintään kyseenalainen. Tämä on oletettavaa myös meillä. Menetelmän soveltuvuusolosuhteiden täydellinen selvittäminen edellyttää kuitenkin pitkäaikaisia kenttäkokeita.

- Boels, D. 1979. Installation methods. Paper 3. 11 s. *
- Cros, Ph., Lechaux, H. & Wolsack, J. 1979. Drain laying quality survey. Paper 3.10. 8 s. *
- Draenforsøg gl. Fredrikskog, Tønder Marsk. Foreløbige resultater. NJF-seminari "Filtermaterialen for drenledninger" Askovissa, Tanskassa 10.-11.8.1981. 11 s. Moniste.
- Eggelsman, R. 1979. Comparisons between trenchless and trenching subdrainage. Paper 3.06. 7 s. *
- Fouss, J.L. 1978. Watch your drainage plow speed and laser receiver position. Drainage Contractor 4, 7 : 100-101
- Johansen, V.P. 1979. Methods of land drainage in Denmark. Paper 3.02. 4 s. *
- Laikari, E., Eskelinen, E. & Mussaari, I. 1981. Matkakertomus. Matka suuntautui Puolaan ajalla 5.10.-10.10.1981. Moniste.
- Laurand, J. 1981. Salaojitus ilman kaivantoa. Meille on mahdollista sellainen tehdä. Sotsialistlik Põllumajandus 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 draening. Hedeselskabets Forsøgswirksomhed. Meddelelse nr. 6. 8 s.
- Olesen, S.E. 1979. Trenchless drainage experiments in Denmark. Paper 3.05. 9 s. *
- Reeve, R.C. 1979. Trenchless drainage. Paper 3.09. 19 s. *
- Spoor, G. 1979. Soil disturbance with deep working tined implements in field drainage situations. Paper 3.08. 10 s. *
- Stansfield, G.B. 1981. Kirjeellinen tiedonanto.
- 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.

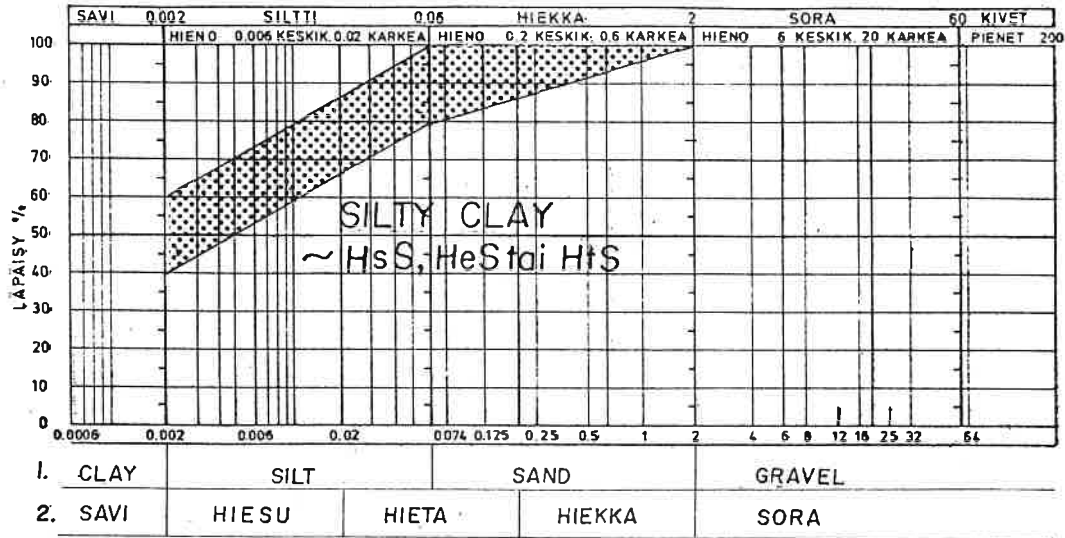
* Proceedings of the international drainage workshop. Edited by J. Wesseling. Publication 25. ILRI. Wageningen.



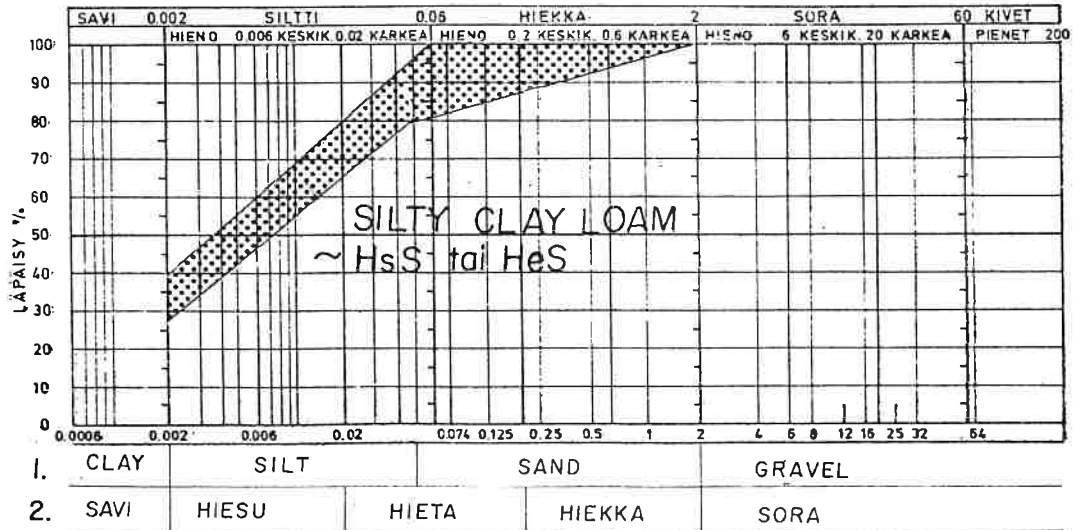
Hollantilaisen luokituksen mukaiset maalajit.

(Drainage principles and applications. 1972.

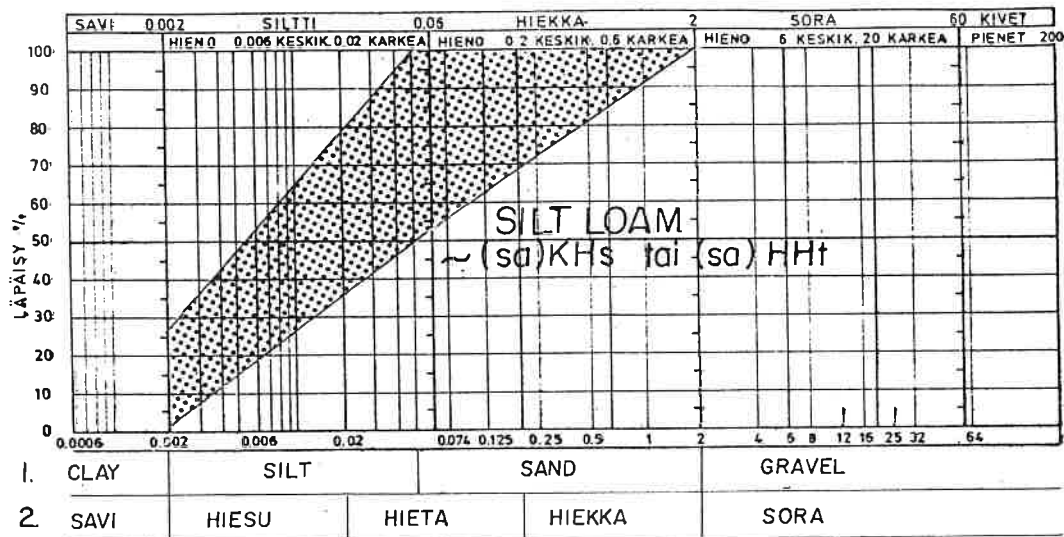
I Introductory subjects. ILRI Publication 16. Wageningen.)



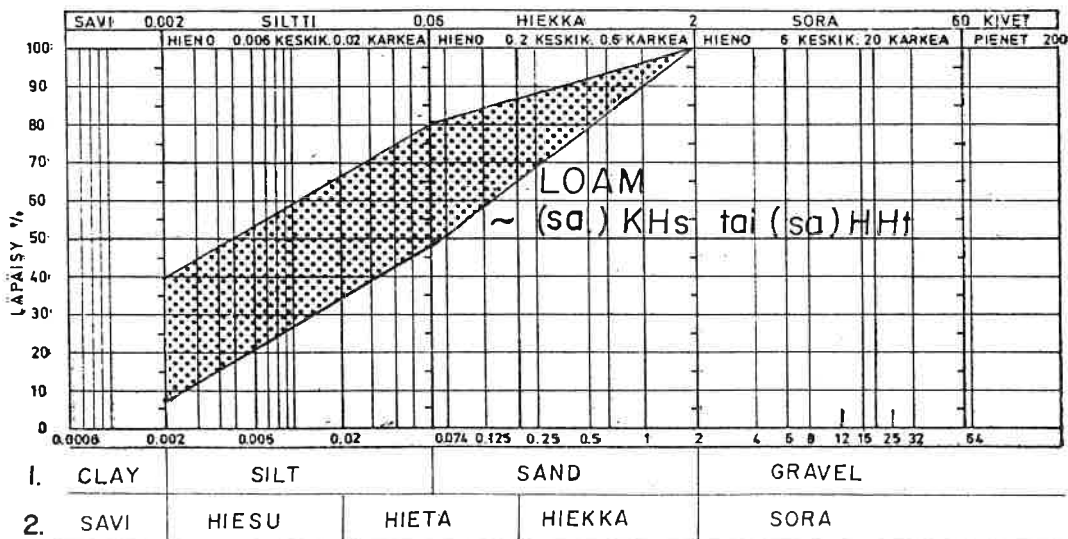
- 1. Hollantilainen luokitus
- 2. Maataloudellinen luokitus



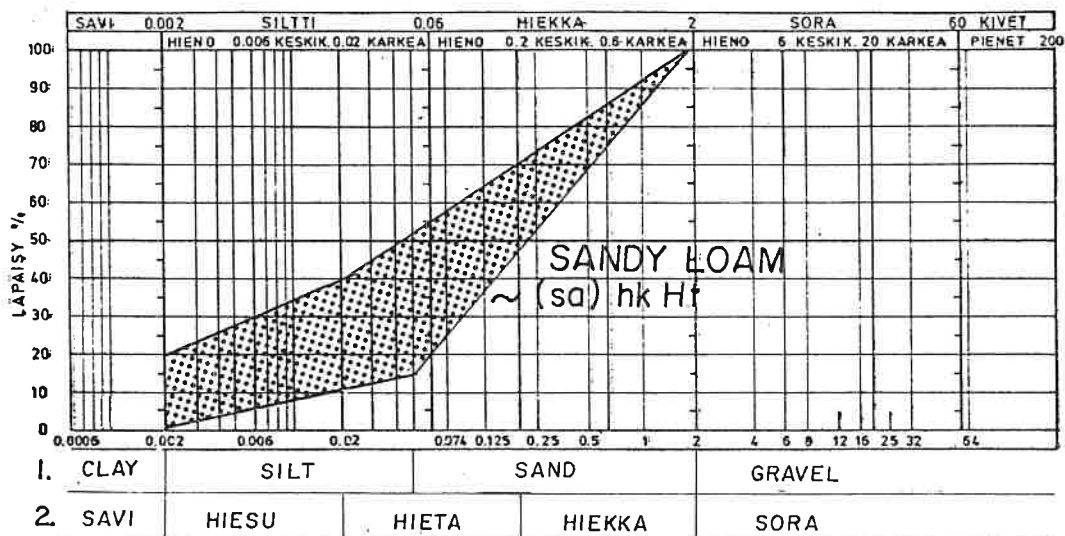
- 1. Hollantilainen luokitus
- 2. Maataloudellinen luokitus



- 1. Hollantilainen luokitus
- 2. Maataloudellinen luokitus



- 1. Hollantilainen luokitus
- 2. Maataloudellinen luokitus



- 1. Hollantilainen luokitus
- 2. Maataloudellinen luokitus

KOKEELLINEN OSA

1. JOHDANTO

1.1 Konekanta

Kesällä 1981 työskenteli maassamme kolme HOES-Super Drainplug-merkkistä (ks. esite, liite 1) aurasalaojakonetta. Ensimmäinen näistä tuotiin maahan toukokuussa ja se työskenteli Etelä-Pohjanmaalla. Toinen kone aloitti työt kesäkuussa Pohjois-Karjalassa. Kolmantena maahan tulleen koneen sijaintipaikka oli Pohjois-Pohjanmaalla ja se aloitti ojitukset heinäkuussa.

1.2 Salaojitustyölle Suomessa asetetut vaatimukset

Salaojakeskuksen pysyväisohjeiden mukaan (C 4/7.2.1978) putkenlasku tulee suorittaa tasaiseen, puhtaaseen ojanpohjaan. Ojanpohjan tasaisuutta arvioitaessa on otettava huomioon poikkeaman sijainti ojassa. Vaarallisimpia ovat poikkeamat ojan alaosassa, kun taas aivan ojan yläosassa olevilla poikkeamilla on vähäisempi merkitys. Minimikaltevuuteen paalutetussa ojassa on suurin sallittu poikkeama ± 1 cm liettyvillä mailla, muualla ± 2 cm. Ojan pohjassa ei saa esiintyä vesitaskuja.

Salaojat on kaivettava paalutettuun syvyyteen. 5 cm:n poikkeama puoleen tai toiseen voidaan sallia edellyttäen, että liitosvaroja on tarpeeksi, eikä putouksia ole pienennetty. Poikkeuksena ovat karikot, joiden takia tasoa on joskus ollut pakko nostaa. Tällöin on ojan pohja tasoitettava nostokohdassa 2-3 m:n matkalla.

Putkitettavan salaojan pohjan on oltava suunnitelman mukaisessa kaltevuudessa sekä puhdas mullasta ja lietteestä. Putkien päälle ei saa pudota merkittävästi multaa tai kokkareita. Vähintään putken vaipan ylemmän puoliskon on oltava mullasta vapaa.

Sorakerroksen paksuuden tulee olla vähintään 5 cm. Muoviputkiojitusta sora-
tettaessa on huolehdittava siitä, että putki pysyy ehdottomasti ojan pohjalla. Vedenalaisissa ojituksissa tiiviillä mailla on soran ulotuttava kesävesipinnan yläpuolelle. Sorasilmäkkeet tehdään sorastuksen yhteydessä. Osa sorastuksesta voidaan korvata ruokamullalla. (Peltosalaojituksen aine- ja työselitys, 1978).

Soran päälle on pudotettava 20-30 cm:n vahvuinen ruokamultakerros.

Sorasilmäkkeitten tarve on arvioitava työmaalla. Tasaisilla mailla ja erityisesti painanteissa on sorasilmäkkeitä tehtävä jokaiseen avo-ojan ja salaojan risteykseen. Rinteillä sorasilmäkkeitä voidaan tehdä ratkaisevasti vähemmän. Mikäli pellolla on pahoja notkoja, joihin pintavesiä virtaa ympäristöstä, pitää tällaisten notkojen syvimmässä kohdassa olevaan salaojaan tehdä sorasaarto tai täyttää se kokonaan soralla. Sorasilmäkkeen tulee ulottua maanpintaan asti. (Peltosalaojituksen aine- ja työselitys, 1978).

2. TUTKIMUSAINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄ

2.1 Työmaiden hankinta

Tutkimusohjelmassa asetettiin tavoitteeksi työmaiden lukumäärän suhteen vähintään neljä työmaata kultakin aurakoneelta. Nämä oli tarkoitus valita siten, että tutkimukseen kuuluisi sekä kivennäismaita että turvemaita ja kivettömiä sekä kivisiä maita. Työmailla olisi pitänyt olla suurikokoisia avo-ojia, jotta laser-ohjauksen sopivuus saataisiin selville.

Työmaiden valinta ennakkoon ei ollut mahdollista, vaan kenttäkokeita suoritettiin niillä työmailla, jotka ko. urakoitsijat ottivat normaalin käytännön mukaisesti tehtäväkseen. Alkukesällä urakoivia työryhmiä oli kaksi, mutta koska toinen näistä suhtautui jyrkän kielteisesti tutkimukseen, oli kenttämittauksia mahdollista suorittaa vain yhden koneen työmailla. Jotta kenttätyöaika käytettäisiin mahdollisimman tehokkaasti hyödyksi, suoritettiin mittauksia ko. ryhmän työmailla niin paljon kuin ehdittiin. Siten tutkittuihin kohteisiin sisältyivät lähes kaikki tämän koneen työkohteet. Kolmas urakoitsija aloitti työt heinäkuussa ja mittauksia suoritettiin muutamalla työmaalla.

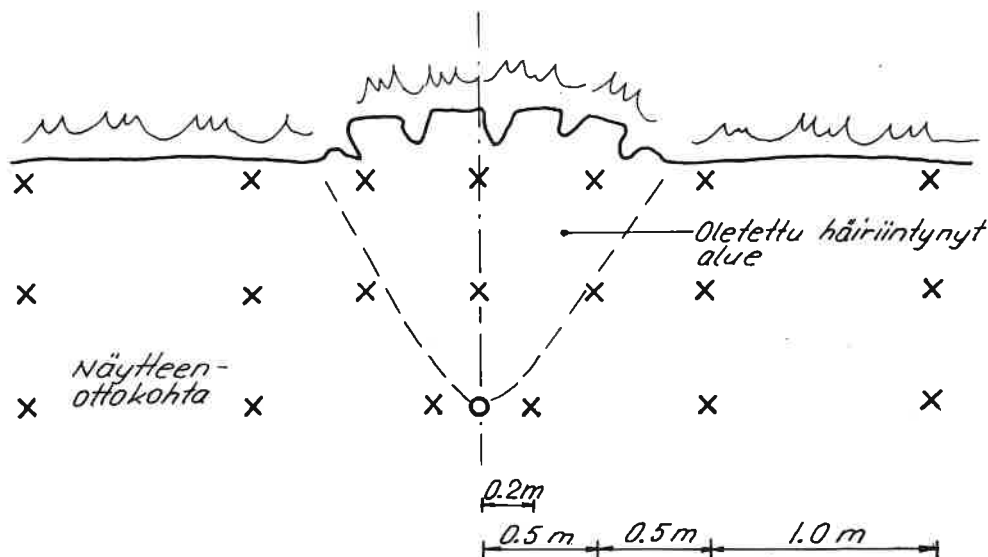
Kesällä saatujen mittaustulosten perusteella ei voitu tehdä johtopäätelmiä aurasalaoitusmenetelmän soveltuvuudesta oloihimme, koska aineiston kattavuus ei ollut riittävä ja koneisiin oli tehty työn laatuun mahdollisesti vaikuttavia muutoksia. Tämän vuoksi kenttätutkimuksia haluttiin jatkaa syksyllä niin pitkään kuin mahdollista. Urakoitsijoilta pyydettiin kirjallisesti (liite 2) luetteloa työmaista, joista sitten arpomalla olisi valittu tutkimuskohteet. Neuvotteluista huolimatta urakoitsijat kieltäytyivät yhteistyöstä eikä kenttätöitä niin ollen voitu jatkaa.

2.2 Tutkitut ominaisuudet

Aurasalaoitustekniikan soveltuvuutta selvitettiin ensisijaisesti vaaitsemalla tällä menetelmällä tehtyjen salaojien sijainti ja kaltevuus työpaalutukseen nähden. Vaaituksia tehtiin sekä salaoitustyön aikana että jälkeenpäin. Koska menetelmällä ei kaiveta maata pois kaivannosta, on putken sijainnin ja sorastuksen tarkastus työlästä ja hankalaa. Putken paikallistamiseksi kokeiltiin siksi lukuisia eri tapoja.

Työn aikana ja vaaitusten yhteydessä tarkkailtiin myös sorastuksen ja ruokamullan pudotuksen onnistumista.

Aurasalaojitustekniikan tiivistävää tai kuohkeuttavaa vaikutusta salaojan läheisyydessä pyrittiin selvittämään mittaamalla maan kuivatilavuuspainon muuttuminen ojalinjan poikkileikkauksessa eri syvyyksillä ja etäisyyksillä putkesta (kuva 1). Näytteet pyrittiin ottamaan sekä oletetulta häiriintyneeltä että häiriintymättömältä alueelta.



Kuva 1. Kuivatilavuuspainon selvittämiseksi otettavien näytteiden ohjeelliset kohdat aurasalaojitustekniikalla tehdyn salaojan poikkileikkauksessa.

Aurakoneen vaikutusta maan vedenläpäisevyyteen selvitettiin imeyttämällä vettä ojalinjalla ja ojien puolivälillä, joissakin tapauksissa lisäksi noin metrin päässä ojalinjasta.

2.3 Putken paikallistamiseksi käytetyt menetelmät ja niiden luotettavuus

Aurasalaojien tasaisuuden tarkastuksessa on suurimpana ongelmana vaaituksessa käytettävän latan saaminen luotettavasti putken päälle, joka peittyy välittömästi koneen siirtyessä eteenpäin. Niinpä kokeiltiin useita sekä työnaikaisia että työn valmistuttua käytettäviä tapoja. Työnaikaisilla menetelmillä tarkoitetaan tässä sellaisia tapoja, joissa tarvitaan itse aurakonetta ja työn valmistumisen jälkeen käytettävillä sellaisia, jotka voidaan tehdä aurakoneesta ja urakoitsijasta riippumatta.

2.3.1 Salaojitusyönaikaiset (A) paikallistamistavat

Putken sijainti vaaittiin tai määritettiin jollakin seuraavista tavoista

- A 1^o Latta putken päälle sorasuppilon kautta (vain suodatinkangasputkella ojitettaessa)
- A 2^o Latta putken päälle sorasuppilon takaa soran läpi
- A 3^o Kuten A 2^o, mutta latan päässä jatkorauta
- A 4^o Putken korkeus saatiin välillisesti tukemalla latta sellaiseen auran kohtaan, jonka etäisyys ojan pohjan muotoilevaan kappaleeseen pysyy vakiona
- A 5^o Asettamalla leveä (urakoitsijoiden) koetinrauta putken päälle sorasuppilon takaa ja vaaitsemalla koetinraudan yläpään korkeus
- A 6^o Seuraamalla laser-vastaanottimen korkeusmuutoksia automaatiikan valvontajärjestelmästä.

Nämä menetelmät edellyttävät vaaituskoneen tarkentamiseksi ja tarkan lukeman saamiseksi aurasalaojituskoneen pysäyttämistä latan lukemisen ajaksi. Varsinkin pehmeillä mailla saattaa kone pysäytyksen aikana jo painua, mikä vaikuttaa ojan pohjan tasaisuuteen.

Latta saadaan varmimmin putken päälle menetelmässä A 1^o, joka kuitenkin soveltuu vain suodatinkangasputkella ojitettaessa. Putken mahdollista liikkumista maan painuessa auran jäljessä takaisin ja siten putken lopullista asettumista maahan ei tällä tavalla saada selville.

Kohtalaisen luotettavan kuvan antaa myös menetelmä A 3^o, kun latta asetetaan putken päälle huolellisesti. Jatkoraudan avulla päästään helpommin soran läpi kuin pelkällä latalalla (A 2^o). Leveää koetinrauta käytettäessä (A 5^o) voi raudan työntäminen sorasuppilon takaa putken päälle olla hankalampaa, koska rauta on 1,5 m pitkä ja lattaa leveämpi. Menetelmällä A 4^o voidaan työn aikana seurata auran kulun tasaisuutta. Putken sijoittumisesta maahan ei tällä tavalla varmuudella saada kuvaa kuten ei myöskään menetelmällä A 6^o.

Edellä esitettyjen tapojen lisäksi kokeiltiin tarkasti samanmittaisten rimojen asettamista työn aikana putken päälle soralaatikon takaa. Ojan pohjan tasaisuus voitaisiin siten nähdä välittömästi rimojen päiden tasaisuutena. Kokeiltaessa havaittiin kuitenkin, että rimaa saaminen normaalin työvauhdin aikana soran läpi putken päälle on erittäin hankalaa. Kun maa painuu auran jäljessä takaisin, ei rima pysy varmuudella putken päällä, vaan luiskahtaa pois ja jää selvästi kallelleen. Tällöin rimojen päiden korkeudet eivät anna luotettavaa kuvaa ojan tasaisuudesta.

2.3.2 Salaojitustyön jälkeen (B) käytettävät paikallistamistavat

Aurakoneesta ja urakoitsijasta riippumatta paikallistettiin ja vaaittiin putken sijainti jollakin seuraavista tavoista:

- B 1^o Putki kaivettiin esiin poistamalla ensin kauhakoneella n. 0,5 m paksu kerros maata ja loput lapiotyönä siten, että latta saatiin putken päälle
- B 2^o Putki paikallistettiin maan läpi koetinraudalla (urakoitsijoilla), jonka päältä korkeudet luettiin
- B 3^o Kuten B 2^o, mutta putki paikallistettiin piikillä
- B 4^o Putken sijainti etsittiin piikillä, jonka jälkeen maahan porattiin ensin halkaisijaltaan n. 25 cm:n poralla reikä noin 40 cm:n päähän putkesta. Sen jälkeen reikää jatkettiin halkaisijaltaan noin 8 cm:n poralla putkeen saakka. Putki voitiin nähdä reiästä, jolloin latta saatiin jatkoraudalla varustettuna putken päälle
- B 5^o Kuten B 4^o, mutta reikä tehtiin kokonaan jääkairasta tehdyllä kairalla. Putki saatiin näkyviin ja latta ilman jatkorautaa putken päälle.

Latta saadaan varmimmin putken päälle ja putken sijainti siten luotettavimmin selville menetelmällä B 1^o. Mikäli putkisto on vedenalainen, voidaan latan paikka putken päälle varmistaa käsin lapiokuopasta. Heikosti kantavilla mailla voi putki kuitenkin koneella kaivettaessa liikkua, mikäli mennään liian lähelle putkea. Tätä on pyritty ehkäisemään jättämällä putken päälle vähintään 30-40 cm maata. Noin parin metrin välein on putki sitten kaivettu esiin lapiolla.

Kuivissa olosuhteissa kivettömissä maissa ja kun poraamalla tehty reikä pysyy avonaisena, saadaan putken sijainti luotettavasti myös menetelmillä B 4^o ja B 5^o.

Edellä esitettyjen menetelmien haittapuoli on niiden vaatima suuri työmäärä. Kairaaminen tai poraaminen ei sovellu tarkastustavaksi pehmeissä eikä runsaskivisissä olosuhteissa. Tapa B 1^o on kauhakonekustannusten vuoksi lisäksi kallis.

Menetelmillä B 2^o ja B 3^o ei kaikissa olosuhteissa saada täysin luotettavaa mittaustulosta. Koetinraudan tai piikin sijoittumisesta putken päälle ei voida olla varmoja varsinkaan silloin, kun putki on syvällä. Koetinraudan pituus on noin 1,5 m ja sen painaminen maahan jo valmiin ojan kohdalla on useimmissa maalajeissa erittäin raskasta. Piikin pituus on 1,3 m ja sen kärki on terävä, minkä vuoksi se voi osua myös putken sivulle eikä välttämättä sen korkeimmalle kohdalle. Piikki menee myös helposti muoviputken läpi.

Lisäksi kokeiltiin kummankin menetelmässä B 4^o käytetyn poran käyttämistä yksinään. Porien muodon vuoksi näillä ei kuitenkaan saatu aikaan sellaista reikää, josta latta olisi saatu varmasti putken päälle.

2.4 Vaaitustarkkuus

Putken sijainti maassa vaaittiin 2-4 metrin välein hieman putken paikallistamistavasta riippuen. Etäisyydet määritettiin lattalla mitaten vaaituksen yhteydessä tai työnaikaisissa menetelmissä koneen mitaaman matkan mukaan. Vaaituskone asetettiin tavallisesti lähelle kokoojaa tai ojan alinta kohtaa ja tasattiin. Lattalukemaa otettaessa tarkistettiin aina, että kone on vaakatasossa. Lukema otettiin 0,5 cm:n tarkkuudella ja tulokset piirrettiin millimetripaperille mittakaavassa 1 : 10/1 : 400.

Vaaituskonetta tarkistettaessa havaittiin sen tähtäyslinjan poikkeaman vaakatasosta olevan 2 cm/100 m. Siten tästä aiheutuva virhe lukemissa kasvaa, mitä kauemmaksi vaaituskoneesta mennään. Virheen vaikutus peräkkäisissä vaaituspisteissä on kuitenkin aina samansuuntainen ja pienempi kuin lukemataarkkuus. Mitatussa kokonaiskaltevuudessa (prosentteina) tämä poikkeama vaikuttaa vasta toisessa desimaalissa, millä ei ojan pohjan tasaisuutta arvosteltaessa ole merkitystä.

2.5 Kuohkeutumisasasteen mittaus

Maan rakenteeseen aurakoneella aiheutettavia muutoksia, tiivistymistä tai kuohkeutumista, pyrittiin selvittämään mittaamalla maan kuivatilavuuspaino eri osissa ojalinjan poikkileikkausta (kuva 1). Kahden metrin etäisyydeltä otettujen näytteiden katsottiin edustavan häiriintymätöntä maata eli luonnontilaista maan kuivatilavuuspainoa.

Näytteet otettiin halkaisijaltaan n. 7 cm:n ja korkeudeltaan n. 5 cm:n sylintereillä poikkileikkauskaivannon seinämästä, joka kaivanto tehtiin kauhakoneella. Seinämästä poistettiin lapiolla ennen näytteenottoa kerros maata, joka saattoi olla kaivukoneen kauhan sivuille tiivistämää. Sylinteri työnnettiin toisen samanlaisen avulla maahan ja otettiin esiin ympäröivän maan sisässä lapiolla. Näyteastia puhdistettiin, päät tasattiin veitsellä ja suljettiin muovikorkeilla. Laboratoriossa määritettiin näytteiden kuivatilavuuspaino.

Ko. pienillä sylintereillä saadaan selville lähinnä maan mikrorakenteessa olevat eroavaisuudet. Vaikutus maan vedenläpäisevyyteen saadaan täten välillisesti olettamalla, että mitä tiiviimpää maa on eli mitä suurempi on kuivatilavuuspaino, sitä huonompi on vedenläpäisevyys.

2.6 Vedenläpäisevyyden mittaus

Koska aurakoneen jälki maan pinnalla antaa aihetta olettaa, että kuohkeutusvaikutus perustuu suurten halkeamien ja rakojen syntymiseen, pyrittiin niiden vaikutusta selvittämään imeyttämällä vettä maahan ojan kohdalla ja ojalinjojen puolivälissä sekä joissakin tapauksissa noin metrin päässä ojalinjasta sivulle.

Imeytys suoritettiin halkaisijaltaan 63 cm:n ja korkeudeltaan noin 30 cm:n, sileäseinämäisten muovisylintereiden avulla. Myös peltisiä kokeiltiin, mutta seinämän ohuuden vuoksi niitä ei voitu käyttää toistuvasti. Mitattavalta kohdalta poistettiin ensin ruokamultakerros ja sylinteri lyötiin siten maahan, ettei vesi päässyt purkautumaan sivuilta maan pinnalle. Sylinterit täytettiin vedellä mittausta edeltävänä iltana. Seuraavana päivänä ne täytettiin uudestaan ja vedenpinnan korkeus sylintereissä mitattiin tietyin aikaväleihin. Tuloksista laskettiin imeytyminen senttimetreinä tunnissa.

3. TUTKIMUSTULOKSET

3.1 Tutkimuskohteet

Aurakoneilla aikaansaataavaa työn laatua tutkittiin yhteensä 13 työmaalla (taulukko 1). Työmaat jakoutuivat eri urakoitsijoiden kesken siten, että Etelä-Pohjanmaalla urakoivan ryhmän työmaita oli yksi, Pohjois-Pohjanmaalla urakoivan ryhmän kolme ja Pohjois-Karjalassa urakoivan ryhmän yhdeksän työmaata. Viimeksi mainitun ryhmän koneeseen vaihdettiin tutkimusten jo alettua alkuperäisten laser-laitteiden tilalle toisenmerkkiset laitteet. Toimitusnumeroa 9707 toteutettaessa on urakoitsija ilmoittanut koneen olevan vielä epäkunnossa, minkä vuoksi tulokset eivät anna kuvaa normaalista työstä.

Tutkituista työmaista neljä sijaitsee Pohjois-Pohjanmaalla ja yhdeksän Pohjois-Karjalassa. Ojituskohteiden maalajien joukossa on sekä turve- että kivennäismaalajeja (taulukko 2). Jälkimmäisistä oli tutkimuksessa mukana eniten hietamaita. Hienorakeisimmista maalajeista suoritettiin mittauksia hiue- ja hiesusavimailla sekä liejusavimaalla. Työmaiden joukossa oli sekä kivisiä että kivettömiä alueita. Työmaaolosuhteet vaihtelivat huonoista hyviin.

Työmaiden koko oli yhtä lukuunottamatta alle 10 ha ja alle 5 ha:n kohteita oli niistä kahdeksan.

Tasaisuuden selvittämiseksi suoritettiin putken sijainnin vaaituksia yhteensä 11 kokoojasta ja 44 imuojasta. Näistä useat ovat kuitenkin vain 20-40 m pitkiä. Muutama mittaus on suoritettu kahdella eri tavalla. Vaaituissa ojissa on ympäräysaineena käytetty joko soraa tai erilaisia suodatin-kankaita.

Kuivatilavuuspainoa tutkittiin kolmella työmaalla neljästä poikkileikkauksesta. Maalajit olivat karkea hieta, hiesavi ja liejusavi.

Imeyntämittauksia suoritettiin kolmella työmaalla, joista yhdellä ei suoritettu lainkaan vaaituksia. Maalaji vaihteli löyhästä hiedasta tiiviiseen hiesusaveen (taulukko 4).

Taulukko 1. Tutkimuskohdeet ja salaajan tasaisuuden mittauksessa käytetyt vaaitusmenetelmät (ks. teksti) toimitusnumeroittain

Salaajitus-suunnitelman toimitusno	Tutkitut ojaot	Aurasala- ojitettu ala n. ha	Vaaittujen kokojien lukumäärä	Vaaittujen imuojien lukumäärä	Vaaitustapa		Ympärysaine	Toteutus- pvm.	Tutkimus- pvm.	Huomautuksia
					työn aikana	työn jälkeen				
9707	26, 27	3,33 +kok. (oj. 26)	2	11		B1 ⁰	Polypropyl. Kookojissa kuitukangas	12.6.81	22.6. - 1.7.81	Urakoitsija ilmoittanut koneen olevan vielä epäkunnossa. Ruokamultaa paikoitellen putken päällä.
91242 90553	5 - 7, 1	9,12 2,77	1 3 3	1 3 3	A5 ⁰ A3 ⁰ (?)	B3 ⁰ B1 ⁰ , B3 ⁰ B1 ⁰ B2 ⁰	Soraa 5-10 cm	Kesäkuun alku, heinäkuun alku	4.-5.6., 10.-11.6., sekä 7.-8.7.81	Vaaituksia suoritettu useilla eri menetelmillä. Ojitusyötä haittasivat useat eri vaikeudet, mm. maalaji, sää, laitteet jne. Laser-laitteet vaihdettiin toisermerkkinisiin kesäkuun lopussa. Yhteisojitus.
19122	8, 10	3,55	1	2	(A1 ⁰)	B1 ⁰	Kuitukangas	1.7.81	1.7., 9.7.81	
13320	1 a	(3,79)	1	1	(A1 ⁰)	B1 ⁰	Kookos- suodatin	3.7.81	3.7., 10.7.81	Ruokamultaa paikoitellen putken päällä.
91296	2 - 3	3,53	1	1	(A2 ⁰)	B1 ⁰	Soraa n. 20 cm	20.- 21.7.81	20.7.- 21.7.81	Kivet haittana. Kokeiltiin myös keppien avulla vaaitsamista.
77783	1	4,62	3 2	3 2	A3 ⁰ A4 ⁰	B4 ⁰	Soraa n. 15 cm	22.7.- 23.7.81	22.7.- 23.7.81	Maassa kovia ruostesakkamakerroksia.
91357	2	(?)	1		(?)		Soraa	14.7.81	14.7.81	
87786	2	(?)	2	2	A5 ⁰		Soraa	16.7.81	16.7.81	
90537	1	3,07	1	1	(A1 ⁰)		Kuitukangas	2.7.81	2.7.81	Alue pehmeää, joten soravaunulla ei voitu liikkua
92363		4,20		1	(?)		Soraa	29.5.81	29.5.81	
88480	8 - 9	8,40	1	1	A4 ⁰ , A6 ⁰	B5 ⁰	Soraa yli 10 cm	20.- 21.8.81	20.8., 22.- 23.9.81	Kokeiltiin myös keppien avulla vaaitsamista. Ruokamultaa paikoitellen hyvin, paikoitellen ympäröivään maahan sekoituneena. Sorasilmäkkeitä.
19482	2	3,85	1	1		B5 ⁰	Soraa	14.8.81	14.8.81	Ruokamulta kuten 88480. Suureksi osaksi kauhakoneella pohjakarikon vuoksi.
85182	3 - 5	9,91	1	5 1	A1 ⁰	B5 ⁰	Soraa, osa kookossuod.	14.8.81-	14.8., 18.-19., 24.-26.8., 24.-25.9., 81	Ruokamulta kuten 88480. Sorasilmäkkeitä.
Yht. 13 kpl.			11	44						

3.2 Salaojan tasaisuus ja sijainti paalutettuun nähden

Salaojan pohjan tasaisuutta ja puhtautta ei putkenlaskun yhteydessä aurasalaojitusmekaniikalla pystytä toteamaan. Vaaitsemalla ojat putken päältä pyrittiin selvittämään niiden tasaisuus.

Vaaitustulokset on arvosteltu tasaisuuden, kaltevuuden ja paalutustason suhteen siten, että saatua pituusleikkausta on verrattu asetettuihin vaatimuksiin (ks. luku 1.2). Ko. ominaisuuksien suhteen vaatimukset täyttävien ojien lukumäärä on esitetty taulukossa 2.

Kaikilta ominaisuuksiltaan hyväksytyt ojat oli yhteensä viisi 30:sta (17 %). Tasaisuus mitattiin yhteensä 55 ojasta, joista vaatimukset täytti 24 kpl (44 %). Kaltevuus oli suunnitelman mukainen 30 tapauksessa 48:sta (63 %) ja oja oli oikeassa tasossa 12 tapauksessa 30:sta (40 %). Mikäli toimitusnumero 9707 jätetään pois, ovat luvut vastaavasti 24/42 (60 %), 24/35 (74 %) ja 12/17 (71 %).

Maalajeittain ryhmiteltynä on tulokset esitetty taulukossa 3.

3.3 Sorastus, sorasilmäkkeet ja ruokamullan pudotus

Aurasalaojakoneisiin on Suomessa putkenlaskukourun perään lisätty sora-suppilo sorastamisen mahdollistamiseksi. Mikäli soravaunulla pystytään salaojitettavalla alueella liikkumaan, saadaan sora hyvin putken päälle. Kaivurimenetelmällä tutkituissa salaojissa todettiin soraa olevan jopa 10-20 cm. Tutkituissa koneissa ei sorakerroksen paksuutta voitu vaihdella tapauskohtaisesti. Tekemällä sorasuppilon takaseinämä pystysuunnassa siirrettäväksi, kuten pisimmälle kehitetyssä koneessa tiedetään tehdyn, saadaan sorakerroksesta miten paksu tahansa. Sorastuksen onnistumista rajoittaa siis ainoastaan soravaunu, jolla ei voida liikkua yhtä huonoissa olosuhteissa kuin itse koneella.

Sorasilmäkkeitä ei vielä alkukesällä tehdyillä työmailla nähty tehtävän eikä tutkimuksissa havaittu tehdyn niilläkään työmailla, joilla ympärysaikana käytettiin soraa. Eräillä työmailla joko urakoitsijat tai isäntä tekivät sorasilmäkkeet kaivuria apuna käyttäen myöhemmin. Viimeisimmäksi suoritetuissa tutkimuksissa todettiin urakoitsijoiden tekemän sorasilmäkkeitä valuttamalla soraa auran jättämään vakoon heti sorasuppilon jäljessä pysäyttämällä aurakone valutuksen ajaksi. Soraa saatiin siten maan pintaan saakka noin metrin pituisella osalla ojalinjalla. Sora saadaan valutetuksi sorasilmäkkeeksi myös sorasuppilon kautta, kun sen takaseinä tehdään irrotettavaksi. Tällaisia silmäkkeitä ei kuitenkaan ollut tutkimuksessa mukana olleilla työmailla.

Taulukko 2. Tasaisuudeltaan, kaltevuudeltaan ja korkeustasoltaan vaatimukset täyttävien salaojien lukumäärä/tutkittujen ojen lukumäärä ko. maalaajissa ja työmao-olosuhteissa toimitusnumerottain.

Salaojitus- suunnitelman toimitusno:	Tasaisuus- vaatimuk- sen täyt- täviä oja kpl	Kaltevuus- vaatimuk- sen täyt- täviä oja kpl	Korkeustaso- vaatimuk- sen täyt- täviä oja kpl	Vaatimukset vain kahden ominaisuuden suht. täyt- täviä oja kpl *	Vaatimukset kolmen omi- naisuuden suht. täyt- täviä oja kpl	Maalaji	Olosuhteet ojitusaikana hyvät: kuivaa, kantaa hyvin, ei vaikeuksia välttävät: kosteaa, koht. kantavaa, vähäisiä vaikeuksia huonot: märkää, upottavaa, huono sää	Huomautuksia
9707	0/13	6/13	0/13	0/13	0/13	Karkeaa hiettaa	Hyvät	Kone vielä epäkunnossa
91242 90553	6/14	8/12	3/5	4/12	1/5	Liejusavaa, pohja- maa juoksevaa, karikkoista	Yläosassa hyvät, alaosassa huonot	Laser-laitteet vaihdettu välillä toisenmerkkisiin
19122	2/3	0/2	0/0	0/2	0/0	Mutaturvetta	Välttävät	
13320	1/2	1/2	0/0	1/2	0/0	Pinnalla hiettaa, pohjamaa hiesusavea	Huonot	
91296	2/3	1/3	1/1	1/3	0/1	Tiivis, kerralli- nen hiesusavi, kivinen	Huonot	
77783	3/5	4/5	4/5	2/5	2/5	Osaksi karkeaa hiettaa, osaksi savista hietamo- reentia, jossa tiivittä ruoste- sakkaukerroksia	Huonot	
91357	0/1	0/0	0/0	0/0	0/0	Osaksi löyhää Lie- juista hiettaa, osaksi tiiviikköä hiekkää, jonka al- la löyhä savilielju	Hyvät	
87786	1/2	2/2	0/0	1/2	0/0	Osaksi liejuuntu- nutta mutaa, alla tiivistää hiesua, osaksi tiivistä hiettaa ja hiesua	Hyvät	
90537	2/2	0/0	0/0	0/0	0/0	Mutaturvetta	Huonot	
92363	1/1	0/0	0/0	0/0	0/0	Liejuinen hiesu- savi, kivinen	Hyvät	
88480	1/1	1/1	0/1	1/1	0/1	Tiiviikköä Fienoa hiettaa, jossa ruosteen al. ur- paantuneisuutta	Osaksi hyvät, osaksi välttävät	Pellole ajettu Lie- telantaa
19482	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	Löyhää hiettaa, ojastossa 3 tii- viikköä hiesua, jonka alla löyhää hiettaa, karikkoista	Välttävät	Alue suureksi osaksi kauhakoneella karik- koisuuden vuoksi
85182	4/7	6/7	3/4	4/7	1/4	Pääosaksi hiesuista hiettaa, alla tiivis karkea hiekkaoj. 3 Yläosassa löyhää hiettaa ja tiivistä hiettaa, jonka alla hiesusavea	Osaksi hyvät, osaksi välttävät	
Yhteensä	24/55	30/48	12/30	15/48	5/30			

* niistä ojista, joista on tutkittu kaksi tai kaikki kolme ominaisuutta.

Taulukko 3. Tasaisuudeltaan, kaltevuudeltaan ja korkeustasoltaan vaatimukset täyttävien salaojien lukumäärä/tutkittujen ojien lukumäärä maalajeittain. (Suluissa luvut, joissa tn:o 9707 ei ole mukana)

Maalaji	Tasaisuusvaatimuksen täyttäviä		Kaltevuusvaatimuksen täyttäviä		Korkeustasovaatimuksen täyttäviä	
	kp1	%	kp1	%	kp1	%
Tiivis hiesusavi, hiesavi	4/7	57	4/7	57	1/1	100
Tiivis hieta, hiesuinen hieta	8/13	62	11/13	85	7/10	70
Löyhä hieta	1/14 (1/1)	7 (100)	7/14 (1/1)	50 (100)	1/14 (1/1)	7 (100)
Liejusavi	6/14	42	8/12	67	3/5	60
Liejuinen hieta ja hiesusavi	1/2	50	-	-	-	-
Mutaturve	4/5	80	0/2	0	-	-
	24/55 (24/42)	44 (60)	30/48 (24/35)	63 (74)	12/30 (12/17)	40 (71)

Ruokamultaa oli paikoitellen nähtävissä putken päällä ja auran jättämässä vaossa muutamassa tapauksessa. Ruokamullan pudotuksen onnistuminen riippui selvästi siitä, oliko pelto nurmella vai kesantomaana ja millaiset leikkurit sorasuppilon perässä olivat. Ilman leikkureita oli ruokamullan saaminen soran päälle kesantomaallakin huonoa. Pohjois-Pohjanmaalla sekä nurmella että kesantomaalla tehdyissä ojituksissa oli ruokamultaa tosin paikoitellen hyvin sorakerroksen päällä, paikoitellen ruokamultakerrokseen oli sekoittunut kokkareita ympäröivästä maasta. Kesän kuluessa yksi urakoitsijoista kehitti ruokamullanpudotukseen kiekkeleikkurit, joilla työ näytti parhaiten onnistuvan. Ko. koneen jälkeä ei kuitenkaan päästy tarkemmin tutkimaan.

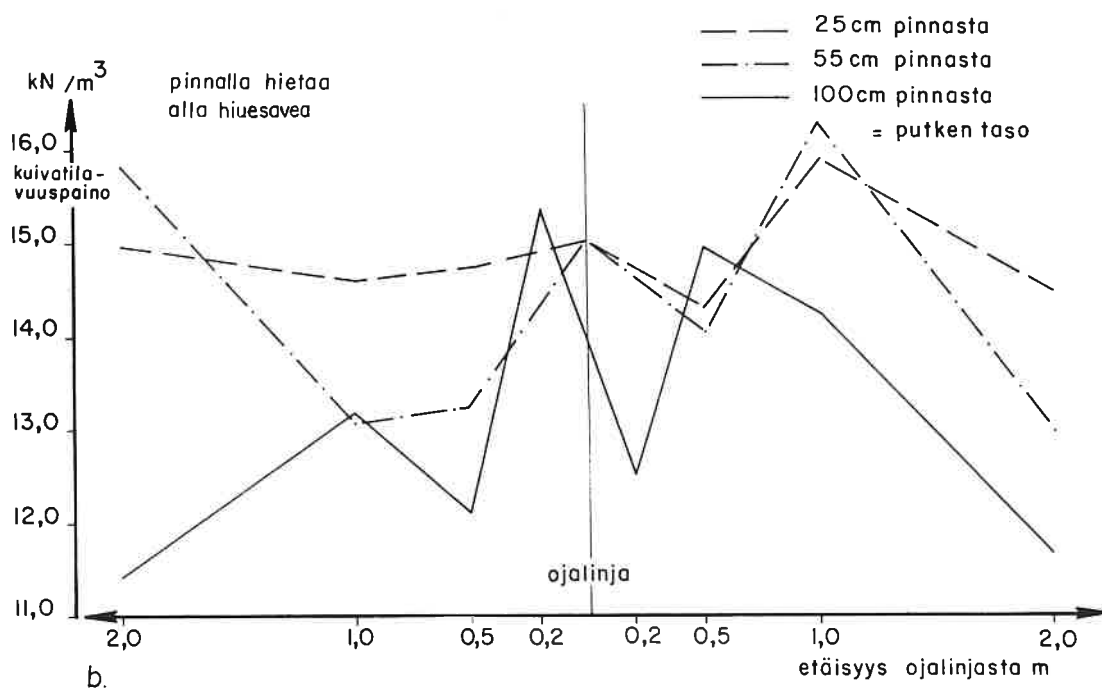
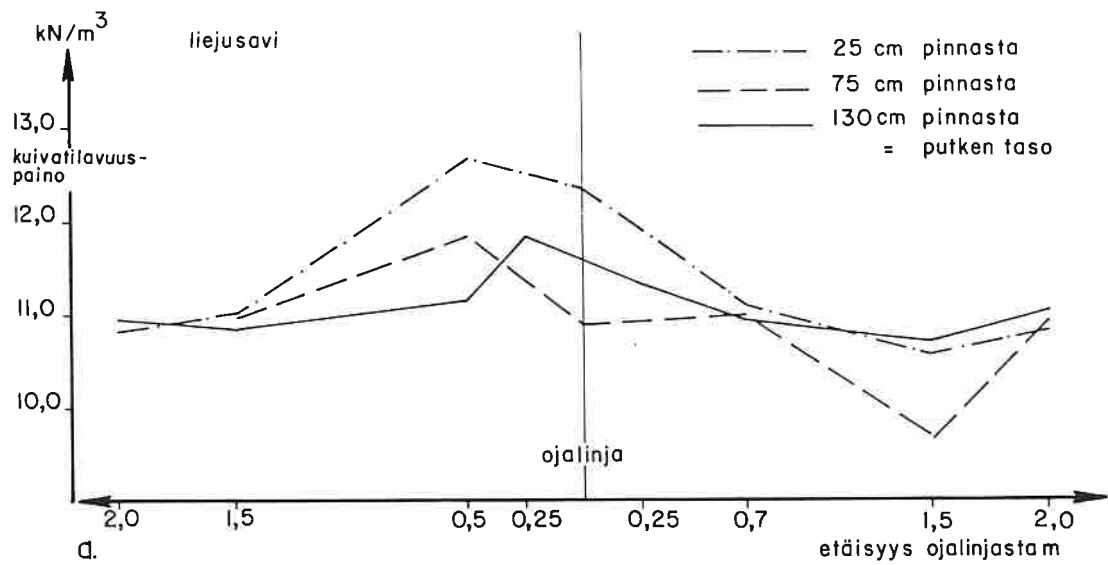
3.4 Kuohkeutuminen ja tiivistyminen

Aurasalaojien poikkileikkauksista määritetyt kuivatilavuuspainot eri syvyyksillä on esitetty kuvissa 2 ja 3. Kuvan 2 näytteet on otettu ojitusta seuranneen viikon aikana ja kuvan 3 näytteet noin 2 kk ojituksen jälkeen.

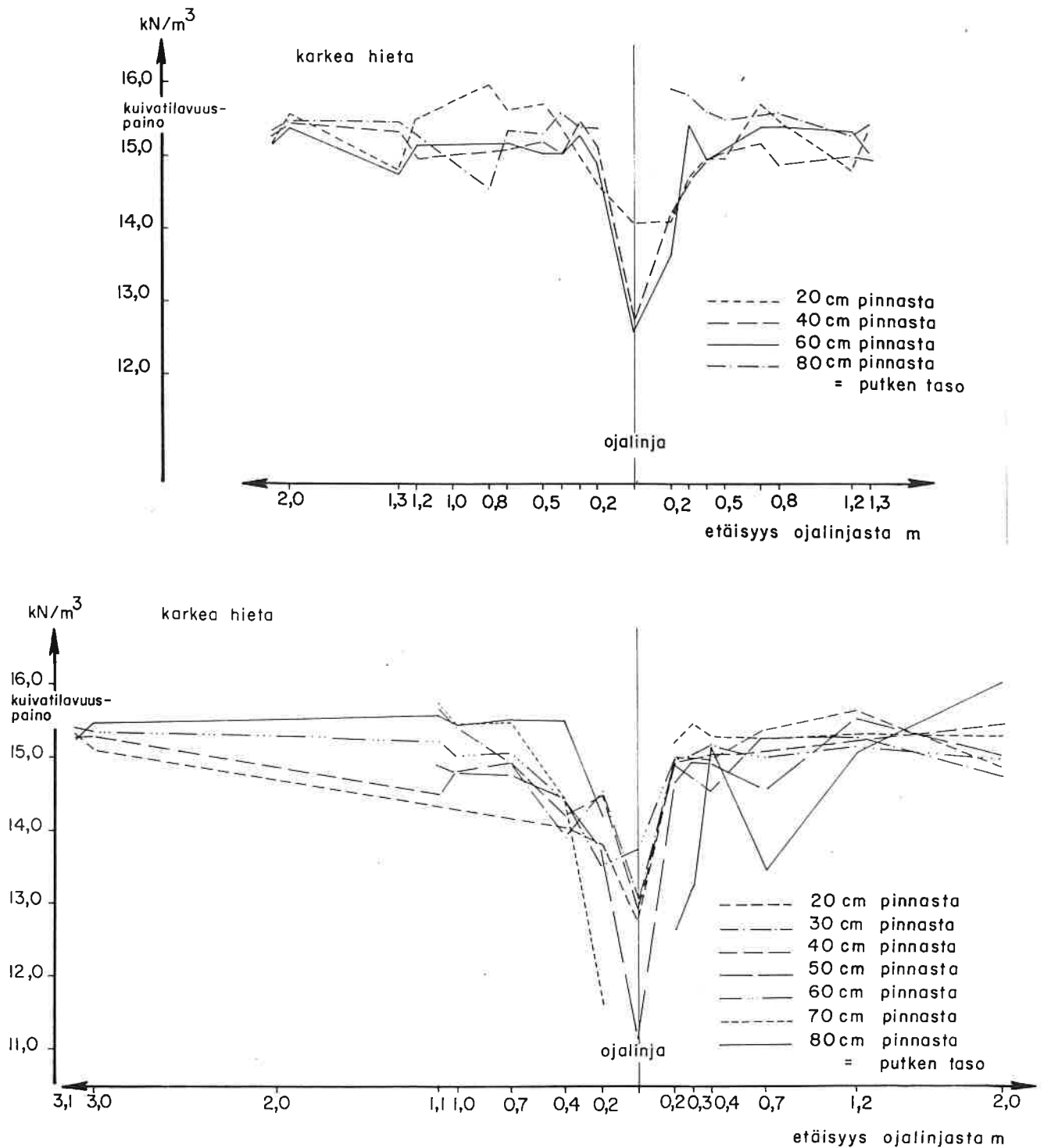
Kuivatilavuuspaino ei liejusavessa (kuva 2 a) ja hiuesavessa (2 b) ole oletetulla häiriintyneellä alueella pienentynyt häiriintymättömään verrattuna, pikemminkin se on jonkun verran suurentunut. Näytetiheys näissä poikkileikkauksissa oli verrattain pieni, minkä vuoksi maahan syntyneiden rakojen ja halkeamien vaikutus ei ehkä ole mukana. Sen sijaan karkeassa hiedassa kuivatilavuuspaino on häiriintymättömän alueen arvoja (keskim. $15.0 - 15.6 \text{ kN/m}^3$) selvästi pienempi ojalinjan ympäristössä (kuvat 3 ja 4).

3.5 Vedenläpäisevyys

Ojitukselta noin kuukauden kuluttua suoritetuissa imeyntämittauksissa oli maan vedenläpäisevyys aurasalaojan kohdalla lähes poikkeuksetta suurempi kuin metrin päässä ojasta sivuun tai häiriintymättömän maan kohdalla (taulukko 4). Ojan kohdalla vesi imeytyi maahan nopeasti eikä mittausaikana saavuttanut selvää vakioarvoa. Useimmissa tutkituista maalajeista imeytyminen ojalinjan vieressä ja ojien puolivälissä oli hitaampaa kuin 0.70 cm/h . Kuvassa 5 on esimerkki imeynnän riippuvuudesta kokeen alusta lasketusta ajasta.



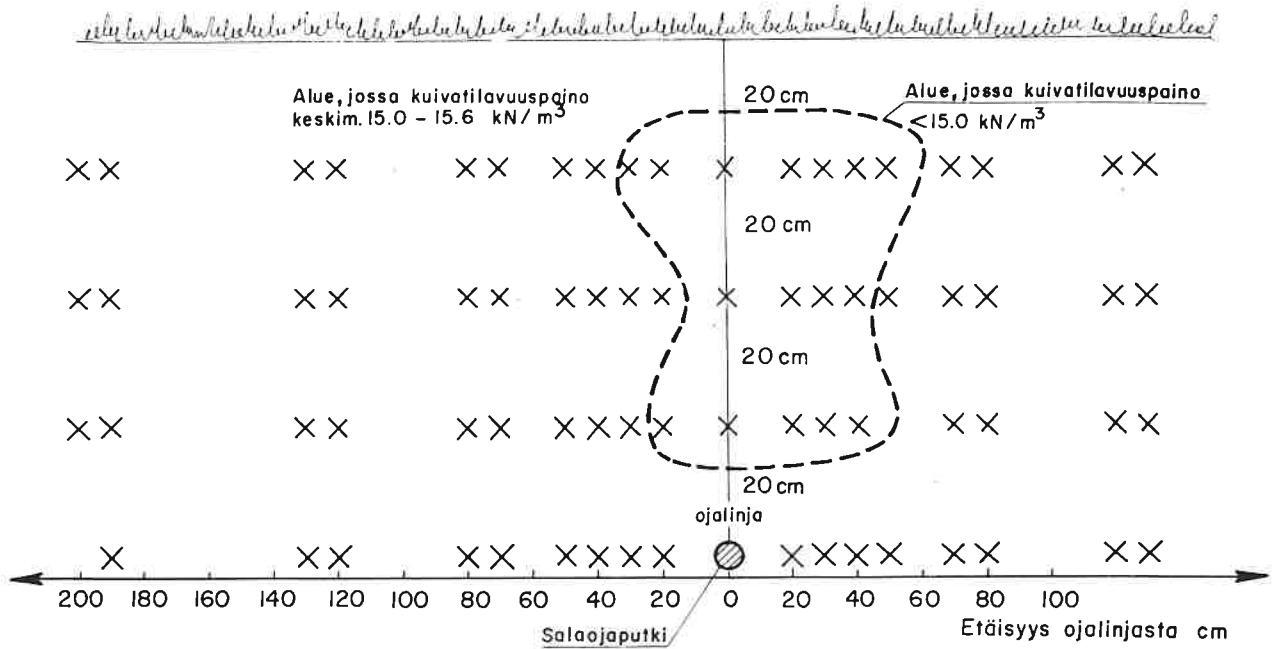
Kuva 2. Kuivatilavuuspaino eri syvyyksillä maan pintakerroksessa aurasala-ojitusmenetelmällä ojitettaessa, a) maalaji liejusavea, b) maalaji pinnalla hietaa, alla hiusesavea.



Kuva 3. Kuivatilavuuspaino eri syvyyksillä maan pintakerroksessa aurasala-ojitusmenetelmällä ojitettaessa, maalaji molemmissa poikkileikkauksissa karkea hieta.

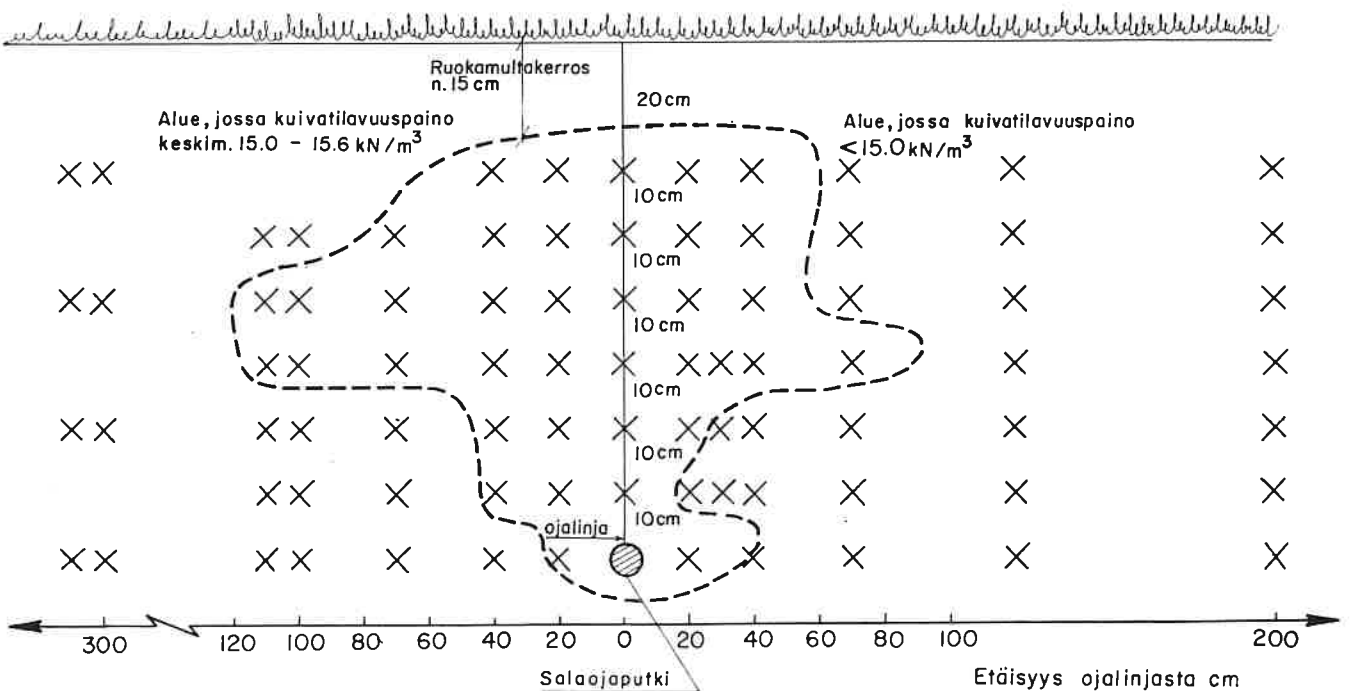
NÄYTTEIDENOTTOPISTEET

KARKEA HIETA



NÄYTTEIDENOTTOPISTEET

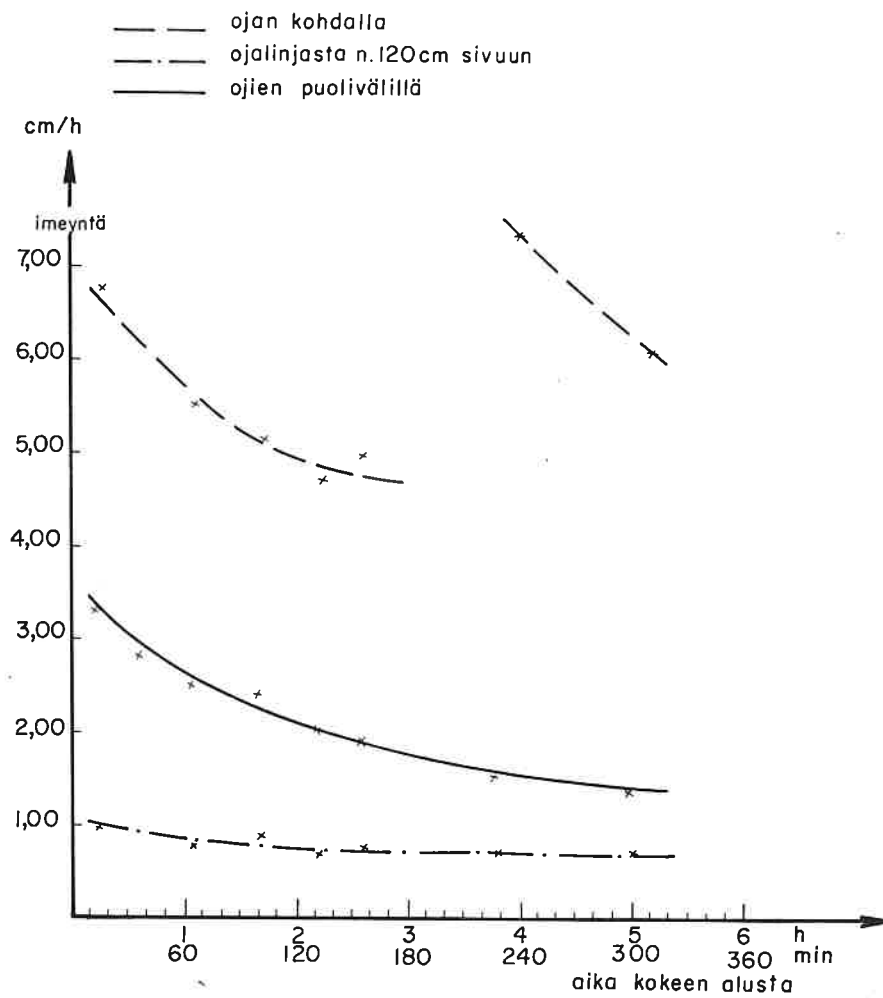
KARKEA HIETA



Kuva 4. Näytteenottokohdat kuivatilavuuspainojen määrittämiseksi karkeassa hiedassa kahdessa eri poikkileikkauksessa. Häiriintymättömällä alueella kuivatilavuuspaino on keskimäärin 15.0-15.6 kN/m³. Kuvaan on rajattu alueet, joissa kuivatilavuuspaino on häiriintymättömälle alueelle saatua keskiarvoa pienempi.

Taulukko 4. Imeyntä cm/h eri maalajeissa noin kuukauden kuluttua ojituksesta aurasaloajan kohdalla, noin metrin päässä ojasta sivuun ja salaojien puolivälissä (häiriintymätöntä maata).

Maalaji (sililmääräisesti)	Imeyntä cm/h			Huomautuksia
	Aurasaloajan kohdalla	Aurasalojasta n. 1 m sivuun	Aurasalojien puolivälillä	
(tn 85182) tiivis hiesusavi tiivis hiesusavi (sylinterin pohjalla erittäin tiivis karkea hie-takerros) löyhähkö hiesuhieta " " hiesuista hietaa	Tuokkaa 5-10 ¹ 0.05 ² ei mittausta ³ Tuokkaa 2 ¹ Tuokkaa 2-4 ¹ Tuokkaa 2 ¹	0.10 0.40	0.08 0.10 0.17 0.60	¹ Imeyntä ei saavuttanut vakio-arvoa, suuruusluokka arvioitu piirretyistä käyristä ² Ojalinja sylinterin ulkoreunan kohdalla ³ Ojalinjan kohdalla vesi imeytyi heti ⁴ Pellolle ajettu lietelantaa
(tn 88480) tiiviihkö hiesuhieta tiivis löyhähkö hiesuinen hieno hietä tiiviihkö " "	0.95 0.05 ⁴ Tuokkaa 4-5 ¹ 1.80	0.23 0.25 ⁵ 0.67 1.75	0.40 0.10 ⁴ 1.25 0.10	
(tn 91552) löyhä karkea hietä	Tuokkaa 2-3 ¹		Tuokkaa 3 ¹	



Kuva 5. Imeyntä riippuvuus kokeen alusta lasketusta ajasta löyhähkössä hiesuisessa hienossa hiedassa aurasalaojan kohdalla ojasta n. 1.20 cm sivuun ja ojen puolivälillä.

4. TULOSTEN TARKASTELUA

Aurasalaojitus työn laatu ei käsillä olevan esitutkimuksen aineiston perusteella vielä kesällä -81 täyttänyt salaojitukselle asetettuja vaatimuksia riittävän varmasti. Tasaisuudeltaan oli tutkituissa ojissa hyväksytyjä 60 %, kaltevuudeltaan 74 % ja korkeustasoltaan 71 % (tn 9707 ei mukana). Oikean korkeustason saavuttaminen riippui suureksi osaksi urakkaryhmän huolellisuudesta. Myöskään oikean kaltevuuden saavuttamisessa ei teknisesti näyttänyt olevan ongelmia. Erityistä huolellisuutta kaltevuudensäätö vaati käytettäessä laser-lähettimessä kaltevaa sädettä. Jossain määrin myös mittapyörään tarttuva maa saattoi vääristää kuljettua matkaa ja vaikuttaa vähäisessä määrin saatuun kaltevuuteen. Sen sijaan tasaisuuden katsottiin riippuvan pääasiassa menetelmästä.

Tulosten perusteella vaihteli saavutettava työn laatu maalajeittain. Tasaisuudeltaan hyväksytyjä ojia oli eniten mutaturvemaalla ja vähiten liejusavessa. Tämä on sopusoinnussa työn yleisestä sujumisesta tehtyjen havaintojen kanssa. Mittausten perusteella ei olosuhteilla näyttäisi olevan selvää vaikutusta ojan pohjan tasaisuuteen. On kuitenkin huomattava, että eri maalajeilla oli mitattujen ojien lukumäärä vaihteleva ja suhteellisen vähäinen.

Työmailla voitiin todeta, että aurasalaojitusmenetelmällä suoriuduttiin sorastuksesta hyvin silloin, kun soravaunun kululle ei ollut esteitä. Myöskin sorasilmäkkeiden tekeminen oli mahdollista ilman kauhakonetta. Sen sijaan ruokamullan pudotuksen onnistuminen riippui ratkaisevasti siitä, oliko pelto kesantona vai nurmella ja ruokamulta irrottavien leikkureiden tehosta.

Aurakoneen kuivatilavuuspainoa ojalinjan ympäristössä pienentävä vaikutus oli selvä karkeassa hiedassa. Vaikutus ulottui noin puolen metrin etäisyydelle ojalinjan molemmin puolin. Sen sijaan lieju- ja hiuesavessa oli ojalinjan ympäristössä tapahtunut jopa tiivistymistä. Näidenkin esimerkkien perusteella voitaneen jo olettaa, että kitkamaalajeissa kuohkeuttava vaikutus ulottuu maan mikrorakenteeseen eli maarakeiden väliseen huokostilaan. Sen sijaan koheesio- ja liejumaalajeissa kuohkeutuminen tapahtunee suurten rakojen ja halkeamien muodossa, joiden pysyvyys puolestaan riippunee maan työnaikaisesta kosteudesta ja plastisista ominaisuuksista. Kosteuden ollessa suuri ja maa siten mahdollisesti juoksevaa, painuvat vaot umpeen heti koneen jäljessä.

Imeyntämittausten perusteella oli maan vedenläpäisevyys aurasalaojien kohdalla merkittävästi parantunut häiriintymättömään maahan verrattuna ojituskesänä. Selvästi tästä poikkesivat tiiviissä hiesuhiedassa ja löyhässä karkeassa hiedassa saadut tulokset. Ensin mainitussa maa läpäisi vettä huonosti, mihin saattoi olla syynä pellolle ajettu lietelanta. Jälkimmäisessä tapauksessa häiriintymättömänkin maan vedenläpäisevyys oli jo luokkaa 3 cm/h. Noin metrin päässä ojalinjasta läpäisi maa vettä yhtä hyvin kuin ojalinjalla vain tiiviikkössä hiesuisessa hienossa hiedassa. Läpäisevyys oli ojalinjalla häiriintymätöntä maata jonkun verran huonompi vastaavassa löyhähkössä maalajissa. Samanlaisia mittauksia on aiemmin suoritettu mm. noin vuoden vanhoista, kaivumenetelmällä tehdyistä ojituksista aitosavi- ja hiesusavimailla. Näissä maalajeissa vedenläpäisevyys salaojien välillä oli suuruusluokkaa 0.004-0.008 cm/h. Vuoden kuluttua ojituksesta oli imeyntä salaojan kohdalla aitosavimaassa noin 0.11 cm/h ja hiesusavimaassa 3.25 cm/h (Vakkilainen, 1980).

5. JOHTOPÄÄTELMÄT

Käsillä olevan esitutkimuksen aineisto ei riitä pitkälle menevien johtopäätösten tekoon maassamme uuden salaojitustekniikan, aurasalaojitusmenetelmän soveltuvuudesta olosuhteisiimme. Pääosaltaan saadut tulokset ovat kuitenkin osoittautuneet samansuuntaisiksi kuin mitä kirjallisuudessa menetelmästä on aiemmin esitetty. Niinpä maalajilla ja maan työnaikaisella kosteudella näyttää olevan merkitystä ja etenkin hienorakeisilla mailla menetelmän käyttäminen näyttää olevan ongelmallista.

Esitutkimuksessa seuratut kolme konetta ovat ensimmäiset maahamme tuodut ja ne on kehitetty Keski-Euroopan olosuhteita silmälläpitäen. Kesän alussa saatujen negatiivisten kokemusten perusteella koneita on jatkossa kehitetty, mutta urakoitsijoitten kieltäytyttyä yhteistyöstä, parannetuilla koneilla tehtyjä ojastoja ei ole voitu saada tutkimukseen mukaan. Kesän 1981 sääolosuhteet ovat lisäksi saattaneet vaikuttaa ojituksen laatuun. On myös selvää, että ensimmäisenä kesänä urakoitsijat ovat vasta opetelleet käyttämään koneitansa.

Jatkossa tulisi maalajin ja työnaikaisen maankosteuden vaikutusta kuivatus-tehoon selvittää yksityiskohtaisesti. Edelleen tulisi kiinnittää huomiota auran dimensioiden ja työnopeuden merkitykseen. Työn laadun tarkastaminen on osoittautunut hankalaksi ja käyttökelpoisen tarkastusmenetelmän löytäminen onkin välttämätöntä ennen kuin aurasalaojitusta voidaan missään olosuhteissa varauksettomasti suosittaa.

Kirjallisuusluettelo

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

Pysyväisohjeet C4/7.2.1978. Salaojakeskus ry.

Vakkilainen, P. 1980. Tutkimus pellon tiivistymisen vaikutuksesta
salaoituksen toimintaan. Vesitalous, XXI, 2 : 23-28.

Technische Daten

Abmessungen

Gewicht ca.	19.800 kg • 19.500 kg
Länge, Transport	9.100 mm
Höhe mit angebautem Pflugkörper	3.300 mm
Höhe ohne angebautem Pflugkörper	2.330 mm
Breite, Transport	2.670 mm

Laufwerk

D 6

Breite der Bodenplatten	800 mm
Länge des Laufwerks	5.000 mm
Spez. Bodendruck ca.	0,275 kp/cm ² • 0,26 kp/cm ²
Spurweite	1.870 mm
Abwechselnd Dreisteg- und Einstegbodenplatten	
Anzahl der Bodenplatten pro Seite	60
davon 10 mit Anbaumöglichkeit von Spezialstollen	

Motor

Fabrikat	DEUTZ
Type	F 10 L 413 F • F 8 L 413 F
Drehzahl	2.300 U/min
Leistung	196 kW (267 DIN-PS) • 157 kW (213 DIN-PS)
Kraftstofftank, Fassungsvermögen	420 l
Batterie	2 x 12 V / 143 Ah • 2 x 12 V / 110 Ah

Hydraulischer Fahrtrieb

2 Hydr.-Pumpen	
Max. Fördermenge ca.	250 l/min
Max. Druck	350 bar

2 Hydr.-Motoren	
Fahrgeschwindigkeit max. (stufenlos vor- und rückwärts)	5,2 km/h
Vorschubgeschwindigkeit je Raupenseite getrennt regelbar	
Zugkraft ca.	33 t

Steuerhydraulikanlage

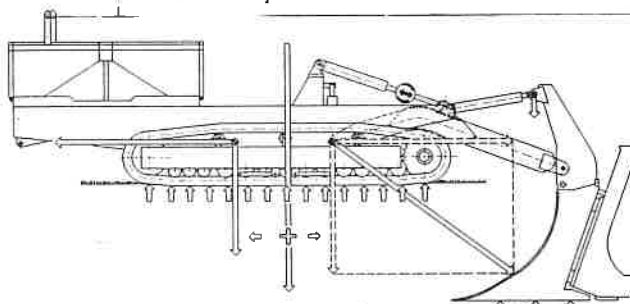
Max. Fördermenge	28 + 10 l/min
Max. Druck	180 + 150 bar
Anzahl der Steuerventile	3 + 3
Schaltungsart	5 elektrisch und 1 mechanisch
Anzahl der Hubzylinder	5
Öltankinhalt	170 l
Gesamtinhalt der Anlage	200 l

Drainpflug

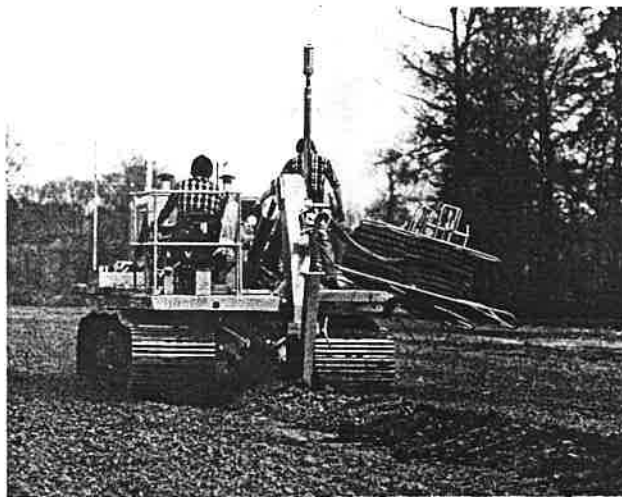
Lichte Weite des Rohrverlegeschatzes	100 mm
Grabtiefe je nach Bodenverhältnisse max.	1.700 mm

Auf Wunsch lieferbar:

- Anbauteile für Verlegung von Rohren bis \varnothing 185 mm außen
- Fahrerkabine
- Kunststoffrohr-Haspeln
- Laser-Nivellierung



Bei erhöhtem Bodendruck durch maximale Schwertform - optimale Nutzung der Zugkraft.



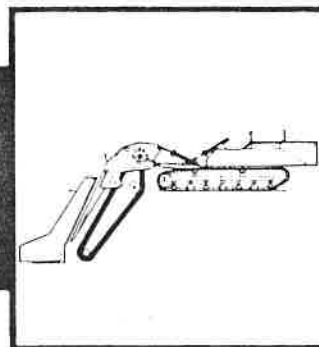
Sämtliche Angaben gewissenhaft, jedoch unverbindlich. Konstruktionsänderungen vorbehalten.

HOES

Maschinenfabrik Klaus-Gerd Hoes
GmbH & Co KG

Ammerländer Straße 93
D-2906 Wardenburg-Westerholt
☎ 04407 / 72-1 • Telex 025614

HOES



Super-Drainpflug „784“

für die vollautomatische grabenlose Drainung



Tiistaina 29.9.1981 pidettyyn aurasalaojituksen tutkimusta koskevaan kokoukseen ottivat osaa tutkimuksen suorittajien, maatilahallituksen nimeämän valvojakunnan, Salaojakeskus ry:n ja A-elementti Oy:n edustajat. Kokouksessa todettiin, että kuluneen kesän aikana saadut tutkimustulokset kuvaavat tilannetta, jossa on vasta totuteltu aurasalaojituskoneiden käyttöön olosuhteissamme. Saadut käyttötutkimukset ovat johtaneet eräisiin parannuksiin laitteissa, mutta näiden muutosten vaikutusta ei ole tämän tutkimuksen yhteydessä voitu vielä selvittää. Jotta muutosten ja työkokemuksen lisääntymisen vaikutuksista saataisiin selvyys, niin tutkimuksen suorittajien lukumäärää päätettiin lisätä ja jatkossa toisena tutkijana toimii diplomi-insinööri Raimo Ronkainen Oulun yliopiston vesirakennustekniikan laitokselta.

Kokouksessa oltiin lisäksi yksimielisiä seuraavista jatkotoimenpiteistä:

1. Urakoitsijoilta pyydetään ilmoitusta siitä, mistä alkaen he katsovat koneiden toimineen tai toimivan moitteettomasti. Edelleen urakoitsijoilta pyydetään luettelo kaikista em. päivämäärän jälkeen tehdyistä tai tehtävistä työmaista.
2. Saatujen ilmoitusten perusteella arvotaan muutamia työmaita, joilla työn laatu tutkitaan.
3. Po. työmailla selvitetään vaaitsemalla putkien kaltevuudet ja korkeusasemat. Vaaitseminen suoritetaan 1-4 metrin välein ensisijaisesti kairalla tehdyistä rei'istä. Toissijaisena menettelytapana tulee kysymykseen kaivurilla tapahtuva ojan avaaminen. Sorastuksen, sorasilmäkkeiden ja ruokamullan sijoittumisesta tehdään havaintoja pistokokein. Maan vedenjohtavuuden selvittämiseksi jatketaan imeyntämittauksia.

Toivon, että voisitte toimittaa kohdassa 1. mainitut tiedot mahdollisimman pian ja viimeistään 10.10.1981 mennessä tutkimuksen johtajalle, apul. prof. Pertti Vakkilaiselle osoitteella Vesirakennustekniikan laitos, Oulun yliopisto, Kasarmintie 8 E, 90100 Oulu 10.

Ystävällisin terveisin

Osmo Kara
Professori