



VAKOLA

03450 OLKKALA
913-46211

VALTION MAATALOUSKONEIDEN TUTKIMUSLAITOS
STATE RESEARCH INSTITUTE OF ENGINEERING IN AGRICULTURE AND FORESTRY

TUTKIMUSSELOSTUS No 29

PEKKA OLKINUORA - JUSSI ESALA

AURASALAOJITUKSEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET

UTILIZATION OF TRENCHLESS DRAINAGE

VIHTI 1982

TUTKIMUSSELOSTUS No 29

PEKKA OLKINUORA - JUSSI ESALA

AURASALAOJITUKSEN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET

UTILIZATION OF TRENCHLESS DRAINAGE

VIHTI 1982

TIIVISTELMÄ

SAMMANFATTNING

CONCLUSIONS

1.	JOHDANTO	3
1.1	Ojan laadulle asetetut vaatimukset	3
1.2	Tutkittavat koneet	4
1.3	Koneiden työsyvyyden ohjaus	9
2.	TUTKIMUKSEN SUORITUS	12
2.1	Työmaat	12
2.2	Tutkitut ominaisuudet	13
2.3	Tutkimusmenetelmät	13
2.4	Tulosten käsittely	15
3.	TUTKIMUSTULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELUA	16
3.1	Salaojien tasaisuus	16
3.2	Sorastus ja sorasilmäkkeet	20
3.3	Ruokamullan pudotus	22
4.	JOHTOPÄÄTELMÄT	27
	KIRJALLISUUSLUETTELO	28
	LIITE	

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksella "Aurasalaojituksen käyttömahdollisuudet" selvitettiin jokaisen (kolmen) Suomessa työskentelevän Hoes 704 Super aurasalaojakoneen työjälkeä. Tutkimuksen rahoitti Maatilatalouden kehittämisrahasto.

Aurasalaojakoneilla, jotka kaikki oli varustettu laserohjauksella, tehtyjä ojaia tutkittiin joko avaamalla oja kairalla ja asettamalla latta putken päälle tai latta kiinnitettiin aurasalaojakoneen auraan. Kaikkiaan mitattiin 1136 havaintoa. Muutamalla työmaalla selvitettiin lisäksi sorastus ja ruokamullan pudotuslaitteiden toimintaa.

Tutkimukseen vertailukoneiksi otettujen kaivavien koneiden kaivutarkkuushavainnot saatiin kaikkiaan 863 kpl. Latta asetettiin joko näkyvässä olevan putken päälle tai latta työnnettiin soran tai soran ja ruokamultakerroksen läpi. Kaivavien koneiden kaivusvyöryttä ohjattiin seitsemässä tapauksessa sihtilinjan avulla. Yhdessä kaivupyöräkoneessa oli laserohjaus. Suomessa käytössä olevasta noin 300 kaivavasta koneesta n. 15 on varustettu laserohjauksella.

Ojitusolosuhteet olivat koko kauden paria työmaata lukuunottamatta hyvät. Saatuja mittaustuloksia verrattiin salaojittajan käsikirjassa esitettyihin vaatimuksiin.

Havaittujen poikkeamien ($\pm 1 - 2$ cm/yli ± 2 cm) osuus kaikista havainnoista oli aurasalaojakoneella 3,2 %/0,2 %, kaivupyöräkoneella 4,3 %/1,2 % ja kaivuketjukoneella 8,1 %/2,2 %. Laserilla varustettujen aurasalaojakoneiden tulos on jonkin verran käsihallintaisten kaivavien koneiden tuloista parempi. Tutkimuksessa ei selvitetty, kuinka suuri osuus laserilla oli eroon. Aurasalaojakoneen ajonopeuden alentaminen n. 2 km/h... 1 km/h ei vaikuttanut havaittavasti kaivutarkkuuteen. Myöskään maalajilla ei ollut havaittavaa vaikutusta kaivutarkkuuteen.

Aurasalaoja- ja kaivupyöräkoneella tehdyistä ojista run-
sas 60 % ja kaivuketjukoneella tehdyistä n. 20 % täytti
asetetun pohjan tarkkuusvaatimuksen. Kaivupyöräkoneen
tulosta laskee kuitenkin huono tulos niillä työmailla,
joilla kuljettaja ei tiennyt mittauksesta. Tällöin vain
n. 30 % ojista täytti tasaisuusvaatimuksen. Aurasalaoja-
koneen osalta vastaava luku on 41 %. Kaivutarkkuusvaati-
musraja on tiukka, eikä rajan ylittyminen useinkaan
merkitse, että oja ei toimisi.

Ojien kaltevuus arvosteltiin 25:stä aurasalaojakoneella
tehdystä ojasta, joista n. 70 % täytti asetetun vaatimuk-
sen.

Havaintoaineisto osoittaa, että kaikilla koneilla on mah-
dollisuus saada hyviä, $\pm 0,5$ cm rajan täytettäviä oja.

Aurasalaojakoneiden sorastuslaitteiden toimintaa tutkit-
tiin yhdellä työmaalla. Sorakerroksen paksuus oli tällä
työmaalla melko hyvin säädetty, ja kerroksen paksuuden
vaihtelu kohtuullista. Tulosten sekä sorastuslaitteen
teknisen rakenteen perusteella voidaan koneella todeta
saatavan haluttu sorakerros putken suojaksi.

Aurasalaojakoneiden ruokamullan pudotuslaitteiden toimin-
taa tutkittiin kolmella työmaalla. Ensimmäisellä työmaal-
la vain n. 50 % havainnoista ylitti vaaditun 20 cm pak-
suusrajan. Ruokamultaa oli kuitenkin jokaisessa ojassa
lähes koko ojan profiililla mutta määrät olivat usein
niin pieniä, että tulosta ei mitattu. Toisella työmaalla
laitteiden toiminta oli parempaa ja 21 havaintoa 28:sta
täytti 20 cm vaatimuksen. Tutkituilla työmailla maalaji
oli kevyehköä tai keskijäykkää. Kolmannella työmaalla
todettiin ruokamullan olevan koko ojan profiililla. Maa-
laji oli hieta. Laitteiden toimintaa ei tutkittu jäykällä
maalajeilla. On ilmeistä, että melko pienillä toimenpi-
teillä ruokamullan pudotuslaitteiden toimintaa voidaan
vielä parantaa.

SAMMANFATTNING

I forskningen "Användningsmöjligheter av grävfri dränering" utreddes arbetsprestationen av alla tre i Finland arbetande Hoes 704 Super maskiner för grävfri dränering. Projektet finansierades av jordsbrukets utvecklingsfond.

De grävfritt lagda täckdikena studerades antingen genom att borra upp diket och placera avvägningstången på röret eller genom att fästa avvägningstången vid dräneringsmaskinens plog. Alla maskiner var laserstyrda. Sammanlagt mättes 1136 observationer. På några fält utreddes dessutom grusning och funktionen av fällningsanordningen för matjord.

Sammanlagt 863 observationer erhöles av grävnoggranheten för till referensmaskiner tagna grävande dräneringsmaskiner. Avvægningstången placerades antingen på det synliga röret eller pressades genom lagret av grus eller grus och matjord. Grävdrjupet av sju av de grävande maskinerna styrdes med siktlinje, en grävhujsmaskin var laserstyrd. Cirka 15 av de 300 i Finland befintliga grävande maskinerna är laserstyrda.

Dikningsförhållandena var under hela säsongen goda med undantag av några fält. De erhållna resultaten jämfördes med kraven i "Salaojittajan käsikirja" (dränerarens handbok).

Andelen av avvikande observationer ($\pm 1..2$ cm/över ± 2 cm) av det sammanlagda antalet var för maskiner för grävfri dränering 3,2 %/0,2 % för grävhujsmaskiner 4,3 %/1,2 % och för grävkedjemaskiner 8,1 %/2,2 %. Resultaten för laserstyrda grävfria maskiner var något bättre än för manuellt styrda grävande maskiner. I forskningen utreddes inte hur mycket laserstyrningen inverkar på skillnaden.

En sänkning av körhastigheten av grävfria maskiner från 2 km/h till 1 km/h inverkade inte märkbart på gräv-noggranheten. Jordarten inverkade ej heller nämnvärt på gräv-noggranheten.

Dryga 60 % av diken gjorda med grävfri dräneringsmaskin eller gräv-hjulsmaskin och ca. 20 % gjorda med grävkedje-maskin uppfyllde täckdikebottens noggrannhetskrav. Gräv-hjulsmaskinens resultat försämrades dock av resultaten från fälten, där föraren inte var medveten om mätningarna. På dessa fält uppfyllde endast ca. 30 % av diken jämnhetskravet. För grävfri dränering är motsvarande tal 41 %. Gräv-noggrannhetskravet är strängt, och ofta betyder överskridandet av toleransen inte att täckdiket inte skulle fungera.

Lutningen av 25 med grävfri maskin lagda diken bedömdes och ca. 70 % uppfyllde det ställda kravet.

Observationsdatan visar att det med alla maskiner är möjligt att åstadkomma goda diken som uppfyller toleransen $\pm 0,5$ cm.

Funktionen av grusningsanläggningen av en grävfri maskin undersöktes på ett fält. På detta fält var gruslagrets tjocklek rätt bra inställt och variationerna i tjocklek var måttliga. På basen av resultaten och grusningsanläggningens tekniska utförande kan det konstateras, att maskinen åstadkommer ett önskat gruslager omkring röret.

Funktionen av de grävfria maskinernas anläggning för fällning av matjord undersöktes på tre fält. På det första fältet överskred endast ca. 50 % av observationerna den krävda minimitjockleken 20 cm. Matjord fanns dock i varje dike nästan över hela dikesprofilen men mängderna var

ofta så små att de inte uppmättes. På det andra fältet fungerade fällningsanläggningarna bättre och 21 av 28 observationer uppfyllde minimikraftet 20 cm. De undersökta fälten var lätta eller medelstyva marker. På det tredje fältet konstaterades matjord över hela dikesprofilen. Jordarten var mo.

Funktionen av fällningsanläggningarna studerades ej på styva marker. Det är uppenbart att man med tämligen små åtgärder avsevärt kan förbättra funktionen av anläggningarna för fällning av matjord.

CONCLUSIONS

In study " Utilization possibilities of trenchless drainage " the work quality of all three Hoes super 704 trenchless draining machines used in Finland were reviewed. The study was financed by Maatilatalouden kehittämisrahasto (development fund of agriculture).

The pipe drains made with laser controlled trenchless draining machines were investigated either by digging the drain open with an auger and placing the recording stick onto the pipe or the stick was attached to the working elements of the draining machine. 1136 readings were recorded. In addition the gravelling and equipment for topsoiling were investigated on some working areas.

The amount of digging accuracy readings from trenching machines, that were used as reference machines, was 863. The recording stick was placed either onto a visible pipe or was pushed through sand or topsoil onto the pipe. The working depth of seven digging machines was controlled visually. One digging wheel-type trenching machine was laser -controlled. About 15 of the some 300 digging type trenching machines that are used in Finland are equipped with laser control.

Throughout the whole season the working conditions were good except a couple of working areas. The results recorded were evaluated according to the requirement given in " Salaojittajan käsikirja" (Underdrainer's handbook).

The share of deviating readings ($\pm 1-2$ cm/more than ± 2 cm) was 3,2 % / 0,2 % with trenchless drainers, 4,3 % / 1,2 % with digging wheel trenchers and 8,1 % / 2,2 % with digging chain trenchers. The results of laser-controlled trenchless draining machines was somewhat better than that of manually controlled digging type machines.

The study did not show the role of laser in the above difference. Reducing the ground speed of the trenchless drainer from 2 to 1 km/h did not have any visual influence on the digging accuracy, neither did the soil type.

Well over 60 % of the subdrains made with the trenchless drainers or digging wheel trenchers and about 20 % of those made with the digging chain trenchers met the subdrain bottom profile accuracy requirements. Poor result on those working areas where the machine operator was not aware of the control measurement makes worse the total result of the digging wheel trenchers. In this case only 30 % of the subdrains met the accuracy requirement. The respective figure was 41 % with the trenchless drainers. The accuracy limit is strict and exceeding of the limits of acceptance does not always mean that the subdrain could not function properly.

The subdrain profile inclination was recorded at 25 subdrains by trenchless drainers of which 70 % met the respective requirements.

The data recorded shows that with all three types of machines it is possible to make good drains within $\pm 0,5$ cm limits.

The gravelling equipment operation of the trenchless draining machine was reviewed on one working area. The thickness of the gravel layer was quite well adjusted and variations were reasonable. Based on the results and on the technical construction of the gravelling equipment it can be stated that a wanted layer of gravel to cover the pipe may be done with the machine.

The function of the topsoiling equipment of the trenchless draining machine was reviewed on three working areas. On the first field only 50 % of the readings met the respective 20 cm thickness requirements. There was topsoil found in every subdrain at the whole drain profile but their amounts were so small that any actual result was not recorded. On the second field the equipment functioned better and 21 readings out of 28 met the 20 cm requirement. The soil type was light or medium stiff on the investigated working areas. On the third field topsoil was found through the whole subdrain profile. Type of soil was fine sand. The equipment operation was not revealed on stiff soils. It is quite obvious that the topsoiling equipment function can further be developed.

ALKUSANAT

Maahamme tuotiin vuonna 1981 kolme saksalaista HOES 704 Super -merkkistä aurasalaojakonetta. Työt koneilla aloitettiin heti niiden saavuttua Suomeen ja niitä jatkettiin koko kesän. Samalla koneita kehiteltiin paremmin Suomen oloihin sopiviksi. Ensimmäisenä käyttökautena aloitettiin myös aurasalaojitusmenetelmän työn laatua koskeva tutkimus. Tutkimukset julkaistiin talvella 1982 (Vakkilainen, P., Suortti-Suominen, T., Pitkälle koneellistetun salaojituksen käyttömahdollisuudet ja kannattavuus. Esitutkimus).

Ensimmäisenä käyttökautena aurasalaojakoneiden soveltuvuudesta ei saatu vielä varmaa kuvaa, joten tutkimuksia päätettiin jatkaa. Keväällä 1982 aloitettiin tämä Maatilatatalouden kehittämisrahaston rahoittama tutkimus "Aurasalaojituksen käyttömahdollisuudet".

Kenttätutkimuksissa selvitettiin kaikilla aurasalaojakoneilla ajettujen ojien tekninen laatu. Tämän lisäksi tutkittiin neljällä Ketjumaralla ja neljällä Ukkomaralla kaitteita ojia vertailupohjan saamiseksi.

Aurasalaojakoneen maan rakenteeseen aiheuttamia muutoksia sekä ojien vedenotto- ja vedenjohtokykyä ei tutkittu.

Tutkimuksen kenttätöissä avusti tekn.yo Risto Esala Helsingin Teknillisestä Korkeakoulusta.

Tutkimusta varten on Maatilatatalouden kehittämisrahasto myöntänyt tutkimusmäärärahan. Tämän lisäksi tutkimuksen kuluihin on osallistunut Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos.

Valvojakuntaan kuuluivat puheenjohtajana Maatilahallituksen kuivatus- ja tietöimiston päällikkö Esko Laikari ja jäsenenä Vakolan johtaja, professori Osmo Kara, Salaojakeskuksen toimitusjohtaja Jussi Saavalainen ja Svenska lantbrukssällskapens förbund'in toiminnanjohtaja Gunnar Wickström. Lisäksi valvojakunta kutsui Salaojaurakoitsijat ry:n toiminnanjohtajan Juhani Vainio-Hynnälän asian-tuntijajäseneksi.

Vihti, joulukuu 1982

Pekka Olkinuora

Jussi Esala

1. JOHDANTO

1.1 Ojan laadulle asetetut vaatimukset

Salaojakeskuksen julkaisemassa Salaojittajan käsikirjassa, 1981, on esitetty salaojan laadulle asetettavat vaatimukset. Seuraavassa esitetään niistä tärkeimmät ja tähän tutkimukseen liittyvät kohdat.

Salaojan pohjan tasaisuusvaatimus riippuu kaltevuudesta ja maalajista. Jos kaltevuus on alle 0,9 % suurin hyväksytty poikkeama on ± 1 cm. Raskaslietteisillä maalajeilla, hieta ja hiesu, suurin sallittu poikkeama on ± 1 cm, mikäli kaltevuus on alle 1,2 %. Muissa tapauksissa suurin sallittu poikkeama on ± 2 cm. Esimerkkiset sallitut maksimipoikkeamat eivät saa esiintyä 10 metrin matkalla. Ojassa ei saa esiintyä vesitaskuja, eli kaltevuuden muuttumista vastakkaismerkkiseksi.

Kaltevuuden pitää olla paalutuksen mukainen. Kaltevuus saa muuttua suuremmaksi kunhan ojan korkeustasovaatimus ± 5 cm paalutussyvyyteen nähden täytetään. Minimikaltevuus 40 mm putkella on 0,30 %.

Ojan pohjalla ei saa olla multaa tai liेतettä. Putken ympärillä on oltava suodatinkerros. Sora on Suomessa käytettyin ympäräysaine. Sorakerroksen paksuuden tulee olla vähintään 5 cm.

Soran päälle on pudotettava 20...30 cm ruokamultaa. Ruokamulta vettä hyvin läpäisevänä edistää ojan toimintaa ja estää suodatinkerroksen liettymisen vettä läpäisemättömäksi.

1.2 Tutkittavat koneet

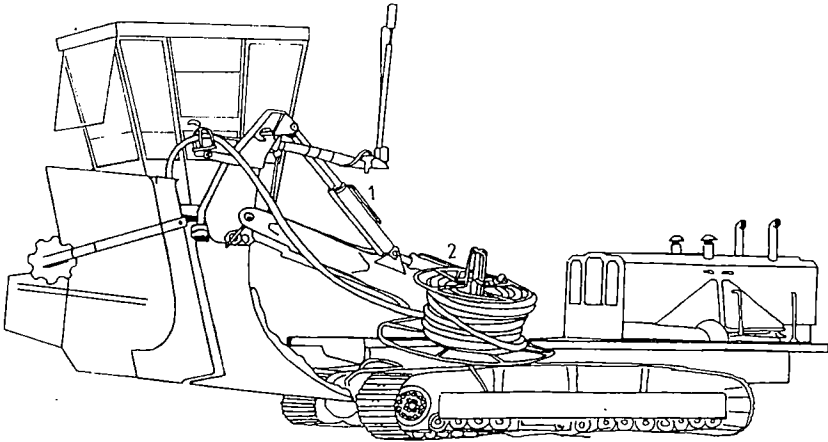
Aurasalaojakone

Salaojituskautena 1982 oli maassamme käytössä kolme HOES 704 Super -merkkistä aurasalaojakonetta, piirros 1. Etelä-Pohjanmaalla, Tuurinkoski Ky, ja Oulun seudulla, Turkka & Nissilä, olevat koneet olivat omistajillaan toista kautta. Kolmas kone oli talvella 1982 myyty Tykkä & Mandelinille Kymenlaaksoon. Koneilla ojitettiin lähinnä urakoitsijoiden itsensä suunnittelemaa työmaita. Kaikissa koneissa auran ohjaus tapahtuu laserilla.

Aurasalaojakone ei tee varsinaista kaivantoa. Tela-alustaan kiinnitettyä "auraa" vedetään maassa myyräauran tavoin, piirros 2. Aura kohottaa maata ylöspäin ja osaksi sivuille. Putki kulkee auran takana olevaa kourua pitkin painorullan alitse ryömän tasaaman ojan pohjaan. Nykyisissä malleissa ryömä tekee poikkileikkaukseltaan tasaisen ojanpohjan, joten putken joutuminen mutkalle ei aiheuta putken korkeusvaihteluja.

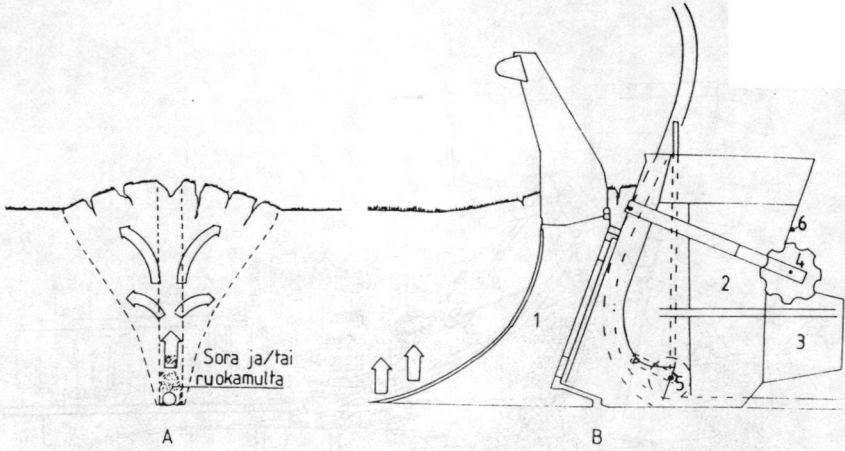
Putkikourun takana on sorasuppilo, josta soraa valuu säädetty määrä ojan pohjalle putken suojaksi. Sorasuppiloon hitsatut n. 50 cm pitkät siivekkeet pitävät ojaa auki niin kauan, että ruokamullan pudotuskiekkujen pudottama pintamaa pääsee ojan pohjalle. Ruokamullan pudotuslaitteita on käytössä useita eri tyyppisiä, ja urakoitsijat kehittävätkin niitä edelleen. Sorasuppilo, siivekkeet ja ruokamullan pudotuskiekkot ovat Suomessa kehitettyjä varusteita.

Ojan syvyyttä säädetään puomin päällä olevalla hydraulisylinteriparilla, piirros 1. Käännettäessä auraa kärjelleen syvenee oja ja kohotettaessa kärkeä oja madaltuu. Etummaisella päähydraulisylinterillä auraa voidaan keventää jos ojan pohja ei kannaa auraa. Työn aikana auran ryömä on aina ojan pohjan suuntainen. Aurasalaojituskoneen suurin työsyvyys on 170 cm ja ajonopeus olosuhteista riippuen 0...3000 m/h.



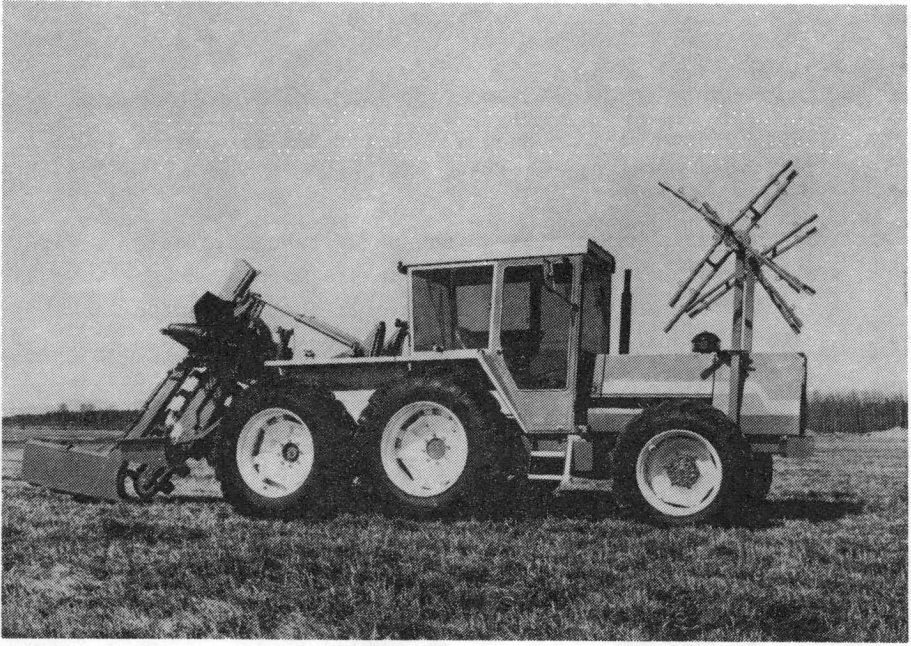
Piirros 1. HOES 704 Super aurasalajakone

1. Päähydraulisynteripari
2. Etummainen päähydraulisynteri



Piirros 2. Periaatepiirros aurasalaojakoneen työtavasta A takaa ja B sivulta katsottuna

- 1 = Aura
- 2 = Sorasuppilo
- 3 = Maasiivekkeet
- 4 = Ruokamullan pudotuskiekot,
Tukka & Nissilän kone
- 5 = Painorulla
- 6 = Luukku sorasilmäkkeen tekoa varten



Kuva 1. Kaivuketjukone, Ketjumara



Kuva 2. Kaivupyöräkone, Ukkomara

Kaivuketjukone, Ketjumara

Ketjumara on yleisin Suomessa käytettävä salaojakone. V. 1979 koneita oli käytössä 245 kpl.

Ketjumarassa kaivulaite on asennettu tandempyörästöllä ja alennusvaihteistolla varustettuun traktoriin, kuva 1. Kaivulaite saa käyttövoimansa traktorin voimanulosottoakselilta. Ketjuun kiinnitetyt kourat jyrksivät ojan rintausta ja tekevät kaivannon. Ketjulaitteen yläpäässä on puhdistin joka pudottaa terään tarttuneen maan kuljettimelle. Koneessa olevat siivekkeet ja kuljetin siirtävät kaivumaat ojan sivulle.

Kaivuketjukoneita ajetaan pääasiassa käsiohjauksella. Koneen nimellistyyösyvyys on n. 185 cm ja työnopeus olosuhteista riippuen 0...400 m/h.

Kaivupyöräkone, Ukkomara

Ukkomara on Kurpan konepajan valmistamista koneista suurempi. V. 1979 koneita oli käytössä 50 kpl.

Ukkomarassa kaivulaite on asennettu tandempyörästöllä ja hydrostaattisella alennusvaiheella varustettuun traktoriin, kuva 2. Hydraulimoottorikäyttöisen kaivupyörän kourumaiset terät jyrksivät ojan rintausta noustessaan ylöspäin ojan pohjalta. Mattokuljetin ja siivekkeet siirtävät kaivumaat ojan sivulle.

Kaivupyöräkoneista n. 15 kpl on varustettu laserohjauslaitteilla. Koneen suurin työsyvyys on 170 cm ja kaivunopeus olosuhteista riippuen 0...500 m/h.

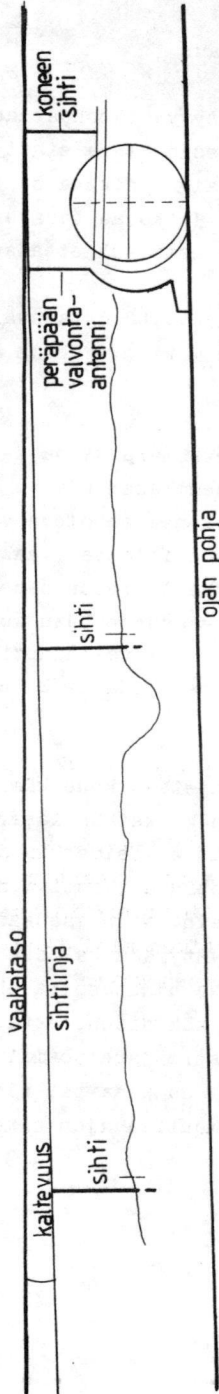
1.3 Koneiden työsyvyyden ohjaus

Salaojakoneiden kaivussyvyyttä ohjataan yleisimmin käsihallintalaitteilla. Koneessa oleva sihti ja peräpäähän valvonta-antenni pidetään kaivun aikana sihtilinjan tasolla, piirros 3. Työ vaatii jatkuvaa tarkkuutta ja ojan pohjan tasaisuus riippuu suuresti kuljettajasta.

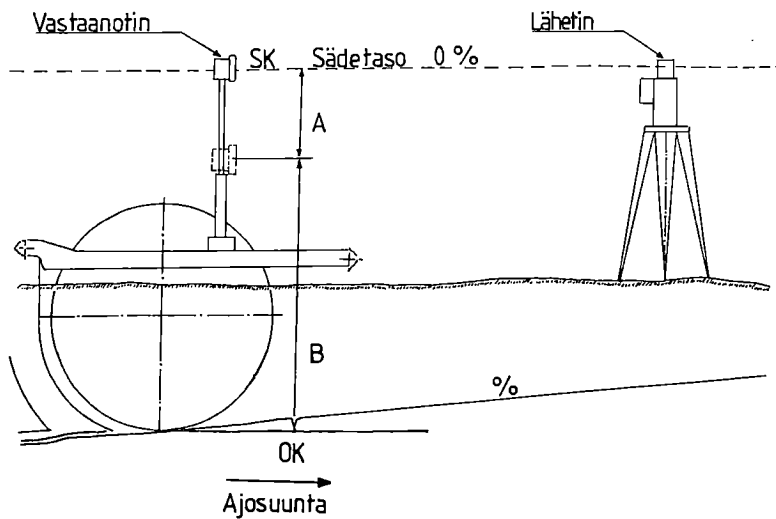
Sihtilinja, jossa on 20...40 m tasavälein sihtejä, pystytetään työpaalutuksen mukaan. Sihadin korkeus paalusta on konekohtainen vakio.

Noin viidessätoista Ukkomarassa ja kaikissa aurasalaojakoneissa on työsyvyyden laserohjaus. Laserohjauksessa tarvitaan lähetin ja koneessa oleva vastaanotin sekä matkamittari. Laserlähetin antaa vaakatasoisen tai poikkeustapauksissa myös kallistetun sädetason, piirros 4. Sädetason korkeus $SK = \text{ojan pohjan korkeus OK} + \text{vastaanottimen maksimikorkeus A} + \text{vastaanottimen minimikorkeus kaivulaitteen alimmasta kohdasta B}$. B on konekohtainen vakio.

Aloitettaessa kaivu ajetaan kone käsisäädöllä kaivussyvyyteen ja tämän jälkeen kytketään laserohjaus toimintaan. Jos säädetty kaltevuus on esimerkiksi + 0,30 %, laskee ohjauskeskus vastaanotinta 3 mm 1 m:n välein, + 3 % kaltevuudella 10 cm:n välein. Näin saadaan vaakasuorasta sädetasosta huolimatta syntymään kalteva oja. Vastaanottimen keskilinjan poiketessa sädetasosta ohjauskeskus nostaa tai laskee kaivuyksikköä siten, että vastaanotin on jälleen sädetasolla. Laserohjaus toimii sateella ja pimeässä, mutta ei sakeassa sumussa tai räntäsateessa. Kaltevuutta voidaan muuttaa ajon aikana.



Piirros 3. Periaatekuva sihtiliinjan käytöstä.
Koneen hydraulikkalla säädetään koneen sihti ja peräpään valvonta-antenni sihtiliinjan tasolle.



Piirros 4. Laserohjauslaitteet Ukkomarassa

- SK = Sädetason korkeus, säädettävissä jalustaa jatkamalla tai lyhentämällä
- A = Vastaanottimen maksimi nostokorkeus
- B = Vastaanottimen minimikorkeus, konekohtainen vakio
- OK = Ojan pohjan korkeus

2. TUTKIMUKSEN SUORITUS

2.1 Työmaat

Tutkimussuunnitelmassa maalajit oli luokiteltu karkeasti multamaihin, hietamaihin ja savimaihin. Tarkoituksena oli tutkia kaksi työmaata konetta kohti eri maalajiryhmissä.

Tutkimusta ei voitu toteuttaa aivan kuvatulaisena. Mitauksia tehtiin aluksi niillä työmailla, jotka saatiin selville eri kanavia pitkin ja loppuvaiheessa myös urakoitsijoiden tiedottamilla alueilla ojitustyön yhteydessä. Kaivavat koneet otettiin mukaan vasta tutkimuksen loppuvaiheissa, eikä työmaita voitu valita edellä esitetyn tavoitteen mukaan.

Tutkitut työmaat vastaavat aurasalaojakoneiden osalta kuitenkin pääpiirtein asetettuja tavoitteita. Työmaat A ja B, liite 1, ovat jäykällä aitosavialueella ja muut erilaisilla hieta- ja liejusavialueilla. Pintamaa vaihteli aitosavesta multamaahan. Konekohtaisesti maalajit eivät jakautuneet toivotulla tavalla. Tykkä & Mandelinin koneen työmaat olivat aitosavella ja muiden koneet ojittivat kevyemmillä maalajeilla.

Vertailukoneilla, MARA-koneilla, ojitetuista työmaista seitsemän oli kevyillä tai kevyehköillä maalajeilla ja yksi keskijäykällä savimaalla.

Ojitusolosuhteet olivat koko kauden suotuisat ja kuivat lukuunottamatta työmaita A, M, O ja osaksi myös Q, joissa pellon pinta oli sateen liettämä. Pohjamaan kosteus oli kaikilla työmailla suunnilleen ajankohdan normaalia vastaava, eikä se aiheuttanut vaikeuksia.

2.2 Tutkitut ominaisuudet

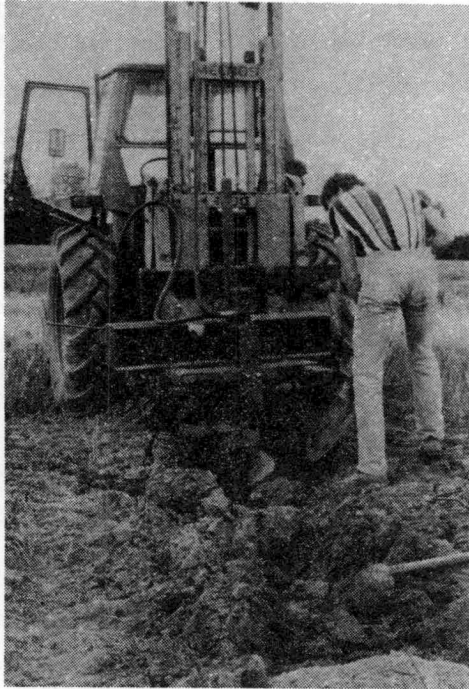
Päähuomio tutkimuksessa kiinnitettiin salaojakoneiden kykyyn asettaa putki tasasyvyyteen ja oikeaan kaltevuuteen. Aurasalaojakoneiden osalta tutkittiin lisäksi sorastusta ja sorasilmiä sekä ruokamullan pudotusta. Joitain havaintoja tehtiin myös avo-ojien vaikutuksesta työn laatuun.

2.3 Tutkimusmenetelmät

Ojien pohjan tasaisuus ja kaltevuus selvitettiin vaaittamalla Sunray-merkkisellä itsetasavalla prismallisella vaaituskoneella. Tutkimuksessa käytettiin useita toisistaan poikkeavia menetelmiä.

1. Putki paljastettiin kaivamalla putken kohdalle reikä hydraulikäyttöisellä maakairalla, kuva 3. Kaira oli kiinnitetty traktorin lavanosturiin. Reiän alapuolella oleva putki paljastettiin käsityövälinein. Latta asetettiin paljastetun putken päälle. Havaintopisteiden väli mitattiin jälkikäteen.
2. Sama kuin edellä, mutta sora jätetty putken päälle, tiiliputki.
3. Latta työnnettiin ruokamullan ja soran läpi putken päälle, tiiliputki.
4. Latta työnnettiin sorakerroksen läpi putken päälle.
5. Latta asetettiin suoraan putken päälle ennen ojan täyttämistä.

6. Putken sijainti ja keskikohta haettiin tunnistinraudalla n. 50 cm paksun mudan läpi. Tunnistin työnnettiin putken keskikohtaan ja latta asetettiin tunnistimen päälle.
7. Latta kiinnitettiin aurasalajakoneen sorasuppiloon. Koneesta annettiin äänimerkki 4 m:n välein, jolloin luettiin korkeuslukema.
8. Sama kuin edellä, mutta latta kiinnitetty painorullan akselista lähtevään tankoon.



Kuva 3. Tutkimuksessa käytetty maakaira. Kairattu reikä valui yleensä tukkoon, jolloin se jouduttiin avaamaan käsityövälinein.

Menetelmissä 1, 2 ja 6 mittauspisteiden väli valittiin satunnaisesti 2...7 m välillä. Muissa menetelmissä oli 3 tai 4 m mittausväli.

Maan pinnan korkeus luettiin menetelmissä 1, 2, 5 ja 6 joka toisen pohjahavainnon ja menetelmissä 3,4,7 ja 8 jokaisen havainnon yhteydessä.

Sorakerroksen paksuus työmaalla A määriteltiin vaaituksen yhteydessä kairan rei'istä tulkin ja peilin avulla.

Ruokamultakerroksen paksuus ja sijainti määritettiin työmaalla D kairan rei'istä ja työmailla F ja H kaivinkoneella avatuista kuopista. Jos ruokamulta-pitoisuus oli alhainen, eli ruokamultaa voitiin havaita olevan värin perusteella, mutta se ei muodostanut yhtenäistä kerrosta, kirjattiin kerroksen paksuudeksi 0 cm. Kerroksen ruokamulta-pitoisuus oli tällöin arviolta 0...20 %.

2.4 Tulosten käsittely

Pohjan korkeuslukemat merkittiin millimetripaperille siten, että pituusmittakaava oli 1:400 ja korkeusmittakaava 1:10. Poikkeamat määritettiin viivottimella, jossa oli 2 mm välein ohut piirto. Viivotin asetettiin siten, että poikkeamia jäi viivojen ulkopuolelle mahdollisimman vähän. Samalla mitattiin ojan kaltevuus. Tulokset ilmoitetaan sekä kappalemääräisinä että prosentteina poikkeamina.

Samaan piirrokseen merkittiin myös avo-ojan paikka, mahdolliset kivet, pinnan korkeus- ym. havainnot.

Saaduista sora- ja ruokamultahavainnoista laskettiin keskiarvot.

3. TUTKIMUSTULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELUA

3.1 Salaojituksen tasaisuus

Tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon, että tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää aurakoneilla tehtyjen ojien tekninen laatu ja verrata saatuja lukemia asetettuihin vaatimuksiin. Kaivavat koneet, 4 kaivupyöräkoneita ja 4 kaivuketjukonetta, otettiin mukaan melko myöhäisessä vaiheessa eikä havaintojen määrää niiden osalta voida pitää täysin riittävinä, koska laserohjauksella varustetulla koneella ojitettuja työmaita oli vain yksi. Tulokset antavat kyllä kuvan millä tasolla liikutaan, ja millaista ojaa saadaan Suomessa yleisimmin käytössä olevalla salaojakalustolla. Tulosten perusteella ei sen sijaan voida päätellä, mistä koneiden väliset erot johtuvat. Selvittämättä jäi esimerkiksi laserohjauksen merkitys.

Pohjan tasaisuus

Pohjan tasaisuus mitattiin jokaisella työmaalla. Aurakone-työmailta kirjattiin 1136, kaivuketjukonetyömailta 541 ja kaivupyöräkone-työmailta 322 havaintoa. Kaikki tulokset esitetään taulukossa 1.

Sarakkeessa " Havaittuja poikkeamia" esitetään eri suuruis-ten poikkeamien osuus koko havaintomäärästä. Aurasalaoja-koneen tulosta voidaan pitää muita parempana. Erityisesti yli ± 2 cm poikkeamien osuus on vähäinen, vain 2 kpl. Kumpikin on sellaisella työmaalla, jotka tutkittiin kul-jettajan tietämättä jälkikäteen. Virheiden syytä ei saatu varmasti selville; paikalla ei ollut kiviä, avo-ojaa tms. häiriöitä.

Kaivuketjukoneen työmailla ilmenneistä yli ± 2 cm virheis-tä puolet ovat ojassa J10, jossa oli 6 yli ± 2 cm havain-toa.

Taulukko 1. Eri koneilla ajettujen ojien laatu

Koejäsen	Havaittujen poikkeamia kaikista havainnoista ± 1-2 cm kpl/kpl %	Havaittujen poikkeamia kaikista havainnoista yli ± 2 cm kpl/kpl %	Tasaisuus- vaatimuksen täyttävien ojia *) kpl/kpl %	Virhevälillä ± 1-2 cm m	Virhevälillä yli ± 2 cm m	Vesitaskut- tomia oja *) kpl/kpl %	Vesitaskutto- mia tasaisuus- vaatimuksen täyttävien ojia *) kpl/kpl %	Kaltevuus- vaatimukset täyttävien ojia *) kpl/kpl %
Aurasalajakone								
kaikki ojat	36/1136 3,2	2/1136 0,2	30/48 62	111	1995	28/48 58	22/48 46	17/25 68
Imuojat	25/1054 2,4	2/1054 0,2	29/45 64	147	1835	27/45 60	21/45 47	16/23 70
Kuljettaja								
tiesi	7/383 1,8	0/303 -	17/21 81	208	-	16/21 76	15/21 71	14/21 67
ei tiennyt	29/753 3,8	2/753 0,3	13/27 48	87	1265	12/27 44	7/27 26	3/4 75
mittauksesta								
Kaivupyöräkone								
kaikki ojat	14/322 4,3	4/322 1,2	13/20 65	87	306	17/20 85	13/20 65	
Imuojat	11/258 4,3	4/258 1,5	11/17 65	88	243	15/17 88	11/17 65	
Kuljettaja								
tiesi	1/173 0,6	0/173 -	10/11 91	675	-	10/11 91	10/11 91	
ei tiennyt	13/149 8,7	4/149 2,7	3/9 33	42	137	7/9 78	3/9 33	
mittauksesta								
Kaivuketjokone								
kaikki ojat	44/541 8,1	12/541 2,2	4/20 20	42	155	7/20 35	4/20 20	

*) Vaatimuksen täyttävien ojien lukumäärä kaikista ojista koejäsenittäin.

Aurasalaoja- ja kaivupyöräkoneilla tehdyistä ojista run-
sas 60 % ja kaivuketjukoneella tehdyistä ojista n. 20 %
täyttää asetetun pohjan tarkkuusvaatimuksen. Aurasalaoja-
koneen tulos on prosenttiluvultaan samaa suuruusluokkaa
kuin Vakkilainen P. & Suortti-Suominen T. saamat tulokset.
Mainitussa tutkimuksessa tosin vaatimukset olivat selväs-
ti lievemmat. Pienestä kaltevuudesta johtuen yllä maini-
tut hyväksymisprosentit on lähes poikkeuksetta arvioitu
 ± 1 cm rajan mukaan. Kaivutarkkuusvaatimus, alle ± 1 cm tai
joissain tapauksissa alle ± 2 cm, on varsin tiukka, eikä
rajan vähäinen ylittyminen useinkaan merkitse toimimaton-
ta ojaa, vaikka virtaukselle vapaa putken poikkipinta-
alaa pieneneekin.

Taulukon 1 mukaan tulokset ovat selvästi paremmat sil-
loin, kun kuljettaja tiesi mittauksesta. Niistä aurasala-
ojakoneen havainnoista, jolloin kuljettaja tiesi mittauk-
sesta 181 mitattiin erittäin tasaisella pellolla ajettaes-
sa pitkin sarkaa, työmaa G. Jos nämä jätetään pois muut-
tuu kaltevuusvaatimuksen täyttävien ojien osuus (tiesi/ei
tiennyt mittauksesta) 81 %/ 48 %:sta 69 %/48 %:iin.

Laserhallintaisessa aurasalaojakoneessa kuljettajalla on
vähäiset mahdollisuudet vaikuttaa kaivutarkkuuteen, koska
hän säätää ainoastaan ajonopeutta.

Tutkitut ojat on ajettu 1,5...2,0 km/h nopeudella, paitsi
7 ojaa, joita ajettaessa nopeus oli 0,7...1,0 km/h. Nopeu-
den alentaminen ei vaikuttanut havaittavasti kaivutarkkuu-
teen. Avo-ojien kohdalla nopeutta olisi kuitenkin syytä
alentaa, koska useat virrehavainnot ovat lähellä avo-
ojia. Tätä tukevat myös työmaiden G ja H havainnot. Kun
ajettiin pitkin sarkaa, olivat useimmat havainnot $\pm 0,5$ cm
sisällä, poikkisarkaan ajettaessa sen sijaan huonommin
eli $\pm 0,5$ cm rajan ylitti selvästi suurempi osa havain-
noista.

Kaivupyöräkoneyömailla K ja M kuljettaja tiesi mittauksesta. Työmaa M oli lisäksi hyvin tasainen ja se ojitettiin laserhallintaisella koneella. Näiltä työmailta kirjattiin vain yksi virhe. Kun kuljettaja tiesi mittauksesta, 11 ojaa, 91 % ojista täytti tasaisuusvaatimuksen, ja kun hän ei tiennyt mittauksesta, 9 ojaa, vaatimuksen täytti vain 33 % ojista.

Kaivuketjukoneen työmailla vain kaksi ojaa oli sellaisia, että kuljettaja tiesi mittauksesta. Kokonaisuudessaan on kaivuketjukoneen tulos huomattavasti alle muiden. Osaltaan tulosta laskee muihin koneisiin nähden hieman vaikeammat ojitusolosuhteet, ja erityisesti kaksi huonoa ojaa, J 10 ja L 18, joissa oli virrehavaintoja 10...20 m välein. Työmaalla J olosuhteet olivat helpot. Työmaalla L oli vaikeutena isot avo-ojat sekä vain 70 cm ojasyvyys, jolloin kaivulaitetta jouduttiin kannattamaan ohjaushydrauliikalla.

Vesitaskujen esiintyminen kuvaa samaa asiaa kuin virrehavaintojen perusteella määriteltävyys laatu. Vesitasku ja virrehavainto olivat usein kuitenkin eri kohdassa mikä laskee kummankin laatukriteerin täyttävien ojien määrää. Pelkästään vesitaskujen perusteella näyttää kaivupyöräkoneen tulos varsin hyvältä. Tulosta nostaa ansiotta ylöspäin se, että keskimääräinen ojien kaltevuus oli 0,65 %, kun se muilla koneilla oli n. 0,41 %. Mitä suurempi kaltevuus on sitä harvemmin syntyy vesitaskuja.

Taulukossa 1 oleva sarake "Virheväli" ilmoittaa, kuinka monta metriä virheetöntä ojaa saadaan kullakin koneella. Aurasalaojakoneella saatiin paras tulos. Vihervälin ja havaittujen poikkeamien lukumäärän mukaan arvioiden aurasalaoja- ja kaivupyöräkoneiden tuloksissa on selvä ero kun taas hyväksytyjä ojia oli kummallakin koneella sama määrä. Tämä johtuu siitä, että kaivupyöräkoneen osalta virheet ovat keskittyneet tiettyihin ojiin, yleensä niihin, jotka ajettiin kuljettajan tietämättä mittauksista.

Maalajilla ei ollut vaikutusta aurasalaojakoneen kaivutarkkuuteen, liite 1. Aitosavimaalla tosin ojassa A5 on 10 poikkeamaa, mutta huonoon tulokseen on vaikuttanut se, että oja tehtiin viemärin pohjamutaan. Toisaalta taas työmaalta G ei havaittu yhtään poikkeamaa. Työmaa oli erittäin tasainen, ja ojat ajettiin sarkaojien suuntaan. Nämä erikoistapaukset poislukien jakautuvat poikkeavat havainnot melko tasaisesti eri maalajeille. Turvemaita ei ollut mukana tutkimuksessa.

Jokaisen koneen työmailla osa ojista oli hyviä, vaihtelua oli alle $\pm 0,5$ cm. Tämä osoittaa, että kaikilla koneilla saadaan tasaisuudeltaan vaatimukset täyttäviä ojia. Työ vaatii tosin jatkuvaa tarkkaa ohjausta, ellei käytössä ole laserohjausta.

Ojan kaltevuus

Ojien kaltevuutta ei arvosteltu Salaojittajan käsikirjan mukaan vaan kaltevuuslukema hyväksyttiin jos se oli ± 10 % sisällä halutusta. Pienillä katelvuuksilla raja on tiukka. Aurasalaojakoneen ojien keskimääräisellä kaltevuudella 0,43 % merkitsee ± 10 % rajat sadan metrin etäisyydellä ± 4 cm eron sallimista. Aurakoneilla tehdyistä ojista n. 70 % alitti tämän rajan. Muiden koneiden osalta havainnot ovat liian vähäisiä johtopäätösten tekemiseksi.

3.2 Sorastus ja sorasilmäkkeet

Aurasalaojakoneilla tehdyn sorastuksen laatua tutkittiin työmaalla A kuudessa ojassa. Viljelijä sanoi tavoitellun soramäärän olleen n. 15 cm, 35 m³/ha. Ojissa 1 ja 7 arvioitiin soraa olevan 10... 15 cm ja ojissa 2, 3, 4 ja 6 mitattiin keskimäärin 10...13 cm sorakerroksia keskihajonnan ollessa 1,8...3,6, taulukko 2. Ojissa 3 ja 7 oli kaksi havaintoa ilman soraa ja ojassa 3 yksi havainto alle 5 cm. Urakoitsijan mukaan syvää ojaa ajettaessa on

sorasuppiloon voinut nousta maakokkareita, jotka ovat estäneet soran valumisen. Kahdessa muussa koneessa tämä ei ole mahdollista.

Taulukko 2. Sorakerroksen paksuus työmaalla A

Tutkimus- ojan no	Sora- havain- toja kpl	Soraa keskim. cm	Havaintojen keskihajonta	Huomautukset
1		10...15		soramäärä arvioitu
2	33	13	1,8	
3	13	10	3,6	2 havaintoa, jossa ei soraa, 1 havainto, soraa alle 5 cm
4	39	12	2,4	
6	50	12	2,4	
7		10...15		soramäärä arvioitu, 2 havaintoa, jossa ei soraa
Yht.	135			5 havaintoa, jotka eivät täytä vaatimuksia

Huolimatta pienehköstä havaintomäärästä ja havaintojen kertymisestä ainoastaan yhdeltä koneelta voidaan tuloksista ja laitteen rakenteesta tehdä seuraavat päätelmät.

Sorakerroksen paksuus voidaan valita portaattomasti säätämällä valumisaukon kokoa. Sorakerros on melko tarkasti säädön mukainen. Valtaosa havainnoista poikkesi korkeintaan ± 2 cm keskiarvosta. Mittaustarkkuus oli n. $\pm 1,5$ cm. Huolellisella työllä ja käyttämällä soraa, jossa ei ole mättäitä voidaan koneella saada tasainen ja halutun paksuinen sorakerros putken päälle.

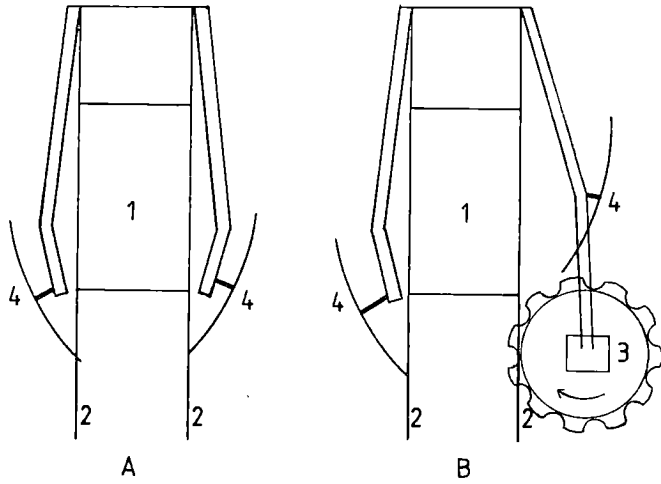
Sorasilmäkkeen tekoa varten sorasuppilon takareunan yläosa voidaan avata, jolloin soraa valuu koko ajan täydeltä jos ajonopeus on riittävän pieni. Avo-ojien ja salaojien risteyskohdissa todettiin olevan lähes pintaan saakka ulottuvia sorasilmäkkeitä, työmaa A. Niiden rakennetta ei selvitetty kuitenkaan kuin yhdessä tapauksessa. Tämä silmäke oli asianmukainen.

Aurasalaojakoneissa on täydet tekniset valmiudet sorasilmien tekoon. Sorasilmän laatu ja koko riippuu työn tekijän huolellisuudesta.

3.3 Ruokamullan pudotus

Aurasalaojakoneiden ruokamullanpudotuslaitteiden, piirros 5, toimintaa tutkittiin työmailla D, F ja H. Työmaalla D muokkauskerros oli multaista hietasavea, työmaalla F multaa ja työmaalla H multaista hienoa hietaa.

Havainnot tehtiin arvioimalla ruokamullan esiintyminen maan värin ja rakenteen perusteella. Todetun kerroksen paksuus mitattiin. Saadut tulokset ilmoittavat lähinnä ruokamullan esiintymisen ja sen vaihtelun eri ojissa, mutta eivät tarkasti absoluuttista ruokamullan määrää.



Piirros 5. Periaatekuvat ruokamullan pudotuslaitteista.
Kuvakulma ylhäältä

A = Turkka & Nissilän kone

B = Tuurinkoski Ky:n kone

1 = Sorasuppilo

2 = Maasiivekkeet

3 = Hydraulimoottorikäyttöinen lautanen

4 = Pintamaata siirtävät lautaset

Työmaalla D kirjattiin kaikkiaan 156 havaintoa, joista 34:stä selvitettiin ruokamullan sijoittuminen koko ojan profiilille. Taulukosta 3. nähdään, että ruokamultakerroksen paksuus oli eri ojissa keskimäärin 10...27 cm. Yksittäiset havainnot vaihtelivat 0...50 cm. Vain runsas puolet havainnoista täytti ruokamultakerroksen paksuudelle asetetun 20 cm vaatimuksen. Ruokamultaa oli kuitenkin kaikissa, 156, havaintopisteessä, mutta määrä ei ylittänyt havaintokynnystä, katso sivu 15.

Taulukko 3. Ruokamultakerroksen paksuus työmaa D:n imuojissa

Tutkimus- ojan no	Havain- toja kpl	Ruokamultakerroksen keskimääräinen paksuus cm	vaihtelualue	Havainnoita, joissa ruokamultaa alle 20 cm kpl
17	15	15	0...30	9
18	17	10	0...30	14
19	21	15	0...25	10
20	20	20	0...30	8
22	17	18	0...30	5
23	15	12	0...30	7
24	17	18	0...30	5
25	11	27	0...50	3
26	12	22	0...40	3
27	11	21	0...40	4
Yht.	156			68 = 44 %

Ruokamultaa ei ollut ainoastaan ojan pohjalla vaan yleensä koko ojan profiilissa. Pintaa lähinnä oli yleensä 20...40 cm paksu lähes puhdasta ruokamultaa sisältänyt kerros. Ojan profiilin puolivälissä ruokamultaa oli hyvin niukalti. Putken päällä oleva ruokamultakerros oli taulukossa 3 esitetyn kaltainen, ojat 25, 26 ja 27.

Taulukossa 4 esitetään työmaalla F kokoojajojasta imujen liittymiskaivannoista mitatut ruokamultahavainnot. Ruokamultakerros mitattiin n. 80 cm leveän kaivannon kummastakin reunasta. Eri sivujen tulokset on erotettu toisistaan /-merkillä. Ruokamultakerroksen paksuus oli keskimäärin 30...40 cm ja ruokamulta esiintyi kerroksessa melko puhtaana. Havainnon 5 kohdalla oli avo-oja.

Taulukko 4. Ruokamultakerroksen paksuus ja laatu työmaa F:n kokoojajajassa imuojien liittymien kohdalla

Havainto piste	Paksuus cm*/cm	Ruokamultakerros	
		Ruokamullan osuus	kerroksessa %/%
1	70/70	100/100	
2	55/50	50/100	
3	45/10	20/100	
4	80/55	100/100	
5	20/10	100/0	
6	50/40	50/50	
7	40/30	50/50	
8	25/10	100/100	
9	30/35	100/100	
10	10/15	100/100	
11	25/20	100/100	
12	50/-	20/-	
13	30/-	20/-	
14	60/40	100/100	
\bar{x}	42/32		

*) / merkillä erotettu n. 80 cm leveän kaivannon kummankin reunan tulokset

Työmaalla H kaivettiin oja auki kuudessa kohdassa ja tutkittiin ruokamullan sijoittumista. Jokaisessa profiilissa todettiin ruokamultakerroksen ulottuvan putkesta pintaan asti. Ruokamultakerroksen leveys vaihteli 10...15 cm.

Tukimuskohteena olleiden ruokamullan pudotuslaitteiden toiminta riippuu olosuhteista. Sänkimaalla ja jyrksityllä nurmella laitteet toimivat yleensä hyvin ja ruokamultaa on koko ojan profiililla. Avo-ojan kohdalla laitteilla on taipumus tukkeentua, jolloin ruokamultaa pääsee putken päälle vain satunnaisesti. Kehittämällä laitteita varmatoimisemmiksi ja pidentämällä maasiivekkeitä voidaan todennäköisesti toimintaa parantaa huomattavasti. Ruokamullan pudotuslaitteiden toimintaa ei tutkittu jäykillä maa-lajeilla.

JOHTOPÄÄTELMÄT

Teknisen laadun puolesta aurasalaojakoneella tehdyt ojat ovat samaa luokkaa tai hieman parempiakin kuin kaivavilla koneilla tehdyt. Erityisesti pahoja virheitä oli aurasalaojissa selvästi vähemmän. Kaikki aurasalaojakoneet oli varustettu laserohjauslaitteilla, kaivavista koneista vain yksi. Tutkimuksessa ei selvitetty, miten paljon laserohjaus vaikutti koneiden välisiin eroihin. Tutkimuksen perusteella voidaan HOES 704 Super -aurasalaojakonetta pitää täysin kilpailukykyisenä kaivaviin koneisiin nähden.

Aurasalaojakoneeseen liitetyt sorastuslaitteet toimivat toivotulla tavalla. Ruokamullan pudotuslaitteen toimivat tyydyttävästi keskijäykillä ja sitä kevyemmällä mailla. Laitteisiin on kuitenkin helposti tehtävissä parannuksia, jolloin työn laatu paranee.

Tutkimuksessa ei selvitetty ojien toimivuutta. Olisi käynnistettävä tutkimus, jossa selvitettäisiin aurasalaojakoneella tehtyjen ojien toimivuus eri maalajeilla. Koska aurakoneilla voidaan hyvän maastokelpoisuuden ansiosta tehdä teknisesti kelvollisia ojia hyvinkin määrittä olosuhteissa, olisi jatkotutkimuksessa selvitettävä erityisesti tällaisten ojien toimivuus.

KIRJALLISUUSLUETTELO

Saavalainen, J. 1981. Salaojittajan käsikirja. Osa II B, salaojitus-
ojitustöiden toteuttaminen. Salaojakoulutuksen kannatus-
yhdistys. 61 s.

Vakkilainen, P. & Suortti-Suominen, T. 1982. Pitkälle koneellis-
tetun salaojituksen käyttömahdollisuuden ja kannattavuus.
Esitutkimus. Salaojituksen tutkimusyhdistys.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Yhden ja ojan numero	Maalaaji	Maalaaji	Villilyy, V = vilja, N = nurmi S = sähki, K = kesanto	Ehtinen kultauspaikka, A0 = avo-ojat, S = salaojat	Pinnan profiili: polkeama keskustavosta 1 cm 20 m matkalla	Katuvaihteus: 1 = helppo 2 = keskivaikeaa, 3 = vaikea	Urakoitsija: Tyk = Tykkä & Mandelin, Tuu = Tuurinkoski Ky, Turu = Turikka & Missili	Koneilyppi: A = aurakone UM = ukonara, KM = keltimara	Rutken tyyppi ja Ø cm M = maora, T = tiili	Impätysalus: S = sora, K = kokosaitu	Mittauspaikka 1...8 *) ajon alkaen	Ajopeus km/h	Ajosuunta avo-ojan nähtäen	Havaintoja kpl	Polkeamat kpl + 1 - 2 cm yli + 2 cm	suunnitelma	Kaltevus %	Sora cm	Sora keskialueelta	Ruokamullan esitrymälukkeroksen pakkaus	
A1	AS	AS	V	A0	5	1	TKK	A	M4	S	1	1	1	1	29	1	-	0,81	10-15	-	
A2	"	"	"	"	2	"	"	"	"	"	"	"	"	14	1	"	"	1,51	13	1,8	
A3	"	"	"	"	10	"	"	"	"	"	"	"	"	28	1	"	"	1,02	10	3,6	
A4	"	"	"	"	5	"	"	"	"	"	"	"	1	46	1	"	"	0,60	2,03	2,4	
A5	"	"	"	"	7	2	"	"	M10-M16	"	6	"	1	36	10	"	"	0,81	12	"	
A6	"	"	"	"	7	1	"	"	M4	"	1	"	1	61	2	"	"	0,35, 0,40	12	2,4	
A7	"	"	"	"	5	1	"	"	"	"	1	"	"	58	1	"	"	0,31, 0,39	10-15	"	
B8	S	"	K	"	2	2	"	"	M6,5	X	"	"	1	18	1	1,22	0,97	-	"	"	
B9	"	"	"	"	7	2	"	"	M6,5	"	"	"	1	28	1	0,15	0,16	"	"	"	
B10	"	"	"	"	5	1	"	"	M4	"	"	"	"	34	1	0,44	0,46	"	"	"	
B11	"	"	"	"	7	"	"	"	"	"	"	"	"	37	1	0,30	0,33	"	"	"	
C12	m:ht	ht	Hs	V	10	"	TUU	"	"	"	"	"	"	64	4	0,78	0,73	0,29, 0,72	"	"	
C13	"	"	"	"	10	"	"	"	"	"	"	"	"	53	4	"	"	0,31, 0,78	"	"	
C14	"	LJS	"	"	7	"	"	"	"	"	"	"	"	14	"	"	"	0,24	"	"	
C15	"	Hs	"	"	5	"	"	"	"	"	"	"	"	14	"	"	"	0,25	"	"	

Vertailuajat

Il	Mm	HsS	N	S	5	1	2)1	KM	Tq	S	3	-	23	0,43	0,43
I2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	39 1	0,32	0,31
I3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	39	0,33	0,28
I4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	34 6	0,37	0,37
J5	"	HsS-	S	AO	7	1	1	KM	"	"	"	"	13 1	0,35	0,34
J6	"	LJS	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	-	-	0,70
J7	"	"	"	"	5	"	"	"	"	"	"	"	22 3	"	0,51
J8	"	"	"	"	5	"	"	"	"	"	"	"	32 4	"	0,25
J9	"	"	"	"	5	"	"	"	"	"	8)3	"	25 1	"	0,28
J10	"	"	"	"	3	"	"	"	"	"	8)5	"	29 1	"	0,29
J11	"	"	"	"	5	"	"	"	"	"	3	"	29 5	"	0,44
J12	m Ht	Hs-Ht	"	"	-	"	"	UM	"	"	8)5	"	33 1	"	0,35
K13	"	"	"	"	5	"	"	"	"	"	4	"	19	"	0,45
K14	"	"	"	"	5	"	"	"	"	"	8)4	"	20	"	0,45, 0,56
K15	"	"	"	"	7	"	"	"	"	"	"	"	21	"	0,50
K16	"	"	"	"	5	"	"	"	"	"	"	"	20	"	1,12, 0,37
L17	S	HsS	"	"	7	2	2	KM	Tq	"	3	"	25 4	"	0,20
L18	"	"	"	"	7	"	"	"	"	"	"	"	25 9	"	0,23
L19	"	"	"	"	7	"	"	"	"	"	"	"	28 3	"	0,25
L20	"	"	"	"	7	"	"	"	"	"	"	"	30 2	"	0,22
M21	m S	LJS	K	"	2	1	3	UM	M16	"	8)4	"	17	0,40	0,37
M22	"	"	"	"	2	"	"	"	M10	"	"	"	18	0,39	0,36
M23	"	"	"	"	2	"	"	"	M4	"	"	"	9	0,30	0,39
M24	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	9	0,30	0,33
M25	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	13	0,35	0,36
M26	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	14	0,35	0,46
O27	"	HsS	S	"	-	2	4	KM	Tq	"	4	"	20	0,62	0,62
O28	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	26 1	0,72	0,67
O29	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	30 2	0,97	0,99

Q30	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	25	3	0,40	0,78
Q31	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	14		0,76	0,76
P32	m	Ht	Hs	Ht	"	5	UM	M4	"	"	"	10		0,50	0,50
P33	"	Ht	K	"	"	"	"	"	5	"	"	14		0,75	0,75
P34	"	Ht	K	"	"	"	"	"	4	"	"	20	1	0,53	0,53
P35	"	Hs-Ht	S	"	"	"	"	"	4	"	4	23	1	0,30	0,30
P36	"	"	S	"	"	"	"	MLC	"	4	"	29	3	0,15	0,14
Q37	"	Ht	N	"	1	6	"	T4	"	"	"	11	2	0,20	0,19
Q38	"	"	"	"	1	"	"	"	"	"	"	19	2	1,65	1,65
Q39	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	13	4	0,76, 2,25	1,09
Q40	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	14	1	1,85	1,85

1. Kaivuivaikus: 1. helppo

Pelto hyvin kantavaa lähes kivetöntä ja puutonta.
Avo-ojat pieniä tai tukittu.

2. keskinkertaiset

Pelto huonosti kantavaa, tai avo-ojat hyvin suuret ja samalla pieni salaojitusvyöhyke. Ei mainittavasti puita tai kiviä.

3. vaikea

Pelto huonosti kantavaa ja avo-ojat suuret. Kiviä ja puita.

2. Er1 urakoitsijat ilmaistu numerolla 1...6.

3. Mittaustavat selvitetty sivulla 13.

VAKOLAN TUTKIMUSSELOSTUKSIA

- | No | Nimi |
|----|--|
| 8 | Aho K. Menetelmä moottorisahan tärinän mittaamiseksi ja tulosten arvostelemiseksi. 1971. |
| 9 | Aho K., Kättö J. Experiment for developing a method how to measure and evaluate the rocking of the forest tractor. 1971. |
| 10 | Kättö J., Salminen H. Metsätraktorin melu, tärinä ja heilunta. Noise, vibration and rocking of forest tractors. 1973. |
| 11 | Turtiainen K. Chain saw operator's opinions of chain saw vibration. 1974. |
| 12 | Turtiainen K. Chain saw vibration and vibration measurements. 1974. |
| 13 | Turtiainen K. Preliminary survey of the back complains of men who have driven tractors in forest work. 1974. |
| 14 | Ahokas J., Altonen M. Tutkimus maataloustraktorin vetovoimasta. 1975. |
| 15 | Hahlman A., Ahokas J. Tutkimus maataloustraktorin tärinästä ja heilunnasta. 1978. |
| 16 | Hyvärinen H., Ahokas J. Runko-ohjattavien metsäkoneiden stabiilisuus. 1978. |
| 17 | Turtiainen K. Kyselytutkimus monitoimikoneen kuljettajien työn rasittavuudesta ja työviihtyvyydestä. 1978. |

- 18 Turtiainen K. Vertailututkimus metsurin työhousujen viiltosuojainten kestävyystutkimuksissa käytetyistä tutkimusmenetelmistä. 1979.
- 19 Piltti M. Energian säästö ja kotimaisten polttoaineiden käyttö viljan kuivauksessa. 1979.
- 20 Kara O., Räisänen L. Maanmuokkauksen minimointi ja kylvö- ja lannoitusvantaiden soveltuvuus kyntämättömään maahan. 1979.
- 21 Ketola T. Kotimaiset polttoaineet, kattilat ja kattiloiden koetusmenetelmä. 1979.
- 22 Parmala S-P. Puukaasu moottoriajoneuvojen polttoaineena. 1980.
- 23 Kiviniemi J., Pokki J., Oksanen E.H., Turkkila K. Nurmi-säilörehun valmistuksen ja käsittelyn tekniikka. 1980.
- 24 Parmala S-P. Polttomoottorien varustaminen kotimaisten polttoaineiden käyttöön soveltuviksi. 1980.
- 25 Kara O., Heikkilä H. Itujen vaurioituminen idätetyn perunan koneellisessa istutuksessa. 1982.
- 26 Ahokas J., Salminen R. Agricultural Tractor Hitch-hook loading and location. 1981.
- 27 Salminen R., Turtiainen K. Metsätraktorin heilunnan mittausmenetelmän kehittäminen. 1982.
- 28 Haber P., Näkyvyys traktorista. 1982