

SALAOJITUKSEN TUTKIMUSYHDISTYS RY

**ESKO LAIKARI
RAUNO PELTOMAA**

**KENTTÄTUTKIMUSMENETELMIEN KEHITTÄMINEN
PAINEENALAISTEN POHJAVESIALUEIDEN
SALAOJITUSSUUNNITTELUA VARTEN**

HELSINKI 1991

SALAOJITUKSEN TUTKIMUSYHDISTYS RY

**ESKO LAIKARI
RAUNO PELTOMAA**

**KENTTÄTUTKIMUSMENETELMIEN KEHITTÄMINEN
PAINEENALAISTEN POHJAVESIALUEIDEN
SALAOJITUSSUUNNITTELUA VARTEN**

HELSINKI 1991

ISBN 952-90-3170-X

Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri)		Julkaisun laji	
Laikari E., Peltomaa R.		Toimeksiantaja	
		Toimielimen asettamispa	
Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)			
Kenttätutkimusmenetelmien kehittäminen paineenalaisten pohjavesialueiden salaojitussuunnittelua varten.			
Julkaisun osat			
Piivistelmä Etelä-Suomen saviseuduilla ja Länsi-Suomen rannikkoalueilla on peltoja, joilla pohjaveden paineellisuudesta johtuen normaali paikalliskuivatuksen mitoitus ei ole tuottanut tavoiteltua tulosta. Salaojituksia on jouduttu uusimaan ja täydentämään useitakin kertoja. Kuivatuksen kokonaiskustannukset ovat voineet nousta niin korkeiksi, että koko ojituksen kannattavuus on tullut kyseenalaiseksi. Tutkimuksella on pyritty löytämään menetelmiä, joilla etukäteen, kohtuullisin tutkimuskustannuksin, voidaan arvioida salaojituksen kannattavuutta myös paineenalaisilla pohjavesialueilla. Esimerkkikohteiksi on valittu neljä eri tyyppistä salaojitusaluetta, joilla kuivatus paineellisen pohjaveden takia ei toimi. Kenttätutkimuksessa on käytetty vedenhankinnassa sovellettavaa pohjavesitutkimustekniikkaa. Tutkimusmenetelmistä on valikoitu osia, joilla tavanomaisia salaojitusten kenttätutkimuksissa käytettäviä menetelmiä täydentäen saadaan riittävät lähtötiedot paineenalaisten peltoalueiden salaojitussuunnitteluun. Tutkimuksen tuloksena on tehty kenttätutkimusohje, jonka eri vaiheiden perusteella voidaan, arviota tarkentaen, ennakoida salaojituksen kustannuksia viemättä tutkimuksia loppuun tai laa- timatta lopullista salaojitussuunnitelmaa. Tutkimusohjelmaa voidaan käyttää sekä jo ojitettujen peltoal- ueiden täydennysojitusten kenttätutkimuksissa, että aikaisemmin ojittamattomien paineenalaisen pohjaveden vaivaamien pelt- ojen salaojitustutkimuksissa.			
Avainsanat (asiasanat) pohjavesi, salaojitus, kenttätutkimus, kuivatus			
Muut tiedot			
Sarjan nimi ja numero		ISSN	ISBN 952-90-3170-X
Kokonaissivumäärä 74	Kieli suomi	Hinta -	Luottamuksellisuus Ei
Jakaja Salaojituksen tutkimusyhdistys ry		Kustantaja Salaojituksen tutkimusyhdistys ry	

**KENTTÄTUTKIMUSMENETELMIEN KEHITTÄMINEN PAINEENALAISTEN
POHJAVESIALUEIDEN SALAOJITUSSUUNNITTELUA VARTEN**

S i s ä l l y s l u e t t e l o

	sivu
1. E S I P U H E	2
2. S U U N N I T T E L U N P E R U S T E E T	7
2.1 NORMAALI PELTOSALAOJITUS	7
2.2 PAINEELLISEN POHJAVESIALUEEN SALAOJITUS	9
2.3 SALAOJITUKSEN KENTTÄTUTKIMUKSET	11
3. T U T K I M U S K O H T E E T	13
3.1 TUTKIMUSALUE HISTA	13
3.11 Tutkimusyhdistyksen tutkimukset	14
3.12 Oy Vesi-Hydro Ab:n tutkimukset	17
3.121 Ratkaisumallit	20
3.1211 Vaakasalaojitus	20
3.1212 Pystysalaojitus	21
Kaivo	21
Tehostetut lähdekaivot	21
3.122 Ratkaisuehdotus	23
3.13 Geo-Work Oy:n tutkimus	24
3.2 TUTKIMUSALUE TOIVONIEMI	27
3.3 TUTKIMUSALUE VÄHÄ-PASILA	32
3.4 TUTKIMUSALUE MICHELSBÖLE	35
4. T U T K I M U S T U L O S T E N A R V I O I N T I A	37
4.1 HISTA	39
4.2 TOIVONIEMI	41
4.4 MICHELSBÖLE	42
5. K E N T T Ä T U T K I M U S O H J E P A I N E E N - A L A I S T E N P O H J A V E S I A L U E I D E N S A L A O J I T U S S U U N N I T T E L U A V A R T E N	43
6. L Ä H D E L U E T T E L O	47
7. L I I T T E E T	49

KENTTÄTUTKIMUSMENETELMIEN KEHITTÄMINEN PAINEENALAISTEN POHJAVESIALUEIDEN SALAOJITUSSUUNNITTELUA VARTEN.

1. E S I P U H E

Etelä-Suomen saviseuduilla ja Länsi-Suomen rannikkoalueilla on paikoittain paineellisia pohjavesialueita, joilla vettä johtavien kerrosten peitteenä on huonosti vettäläpäiseviä savi- tai silttikerroksia. Pohjaveden paineellisuus ei välttämättä kaikkina vuodenaikoina ole helposti havaittavissa. Tästä syystä tällaisten alueiden peltosalaojituksissa on toistuvasti tullut esille tapauksia, joissa normaali paikalliskuivatuksen mitoitus ei ole tuottanut tavoiteltua tulosta. Salaojituksia on jouduttu uusimaan ja täydentämään, eräissä tapauksissa useitakin kertoja. Ojituksen lopulliset kokonaiskustannukset ovat saattaneet osoittautua niin korkeiksi, että jos ne etukäteen olisi osattu luotettavasti arvioida, olisi koko ojitus taloudellisesti kannattamattomana voinut jäädä toteuttamatta ja k.o. peltoalue olisi poistettu viljelykäytöstä.

Pellon tuotto kasvinviljelyssä ja pellon kauppahinta asettavat tietyt rajat kuivatukseen uhrattaville kustannuksille. Salaoji-

tuskustannukset ovat (vuonna 1991) keskimäärin 11.000 mk/ha. Kustannusten ollessa yli 15.000 mk/ha joudutaan yleensä erikseen harkitsemaan hankkeen kannattavuutta. Salaojituksen kokonaiskustannuksista 800...1000 mk/ha johtuu suunnittelusta, suunnitelman maastoon merkitsemisestä ja varsinaisista kenttätutkimuksista, joilla selvitetään suunnittelun tekniset perusteet.

Kenttätutkimusten osuus kustannuksista on 300..400 mk/ha. Tätä taustaa vasten on ymmärrettävää, että varsinaisten kenttätutkimusten täytyy olla varsin rutiininomaisia eikä niiden yhteydessä voida kovin perusteellisia pohjavesitutkimuksia tehdä. Toisaalta on todettava, että ammattitaitoinen salaojateknikko saa normaalitapauksessa nykyaikaisin välinein täysin riittävät lähtötiedot suunnittelua varten. Myös vuosien, jopa vuosikymmenien aikana saatu kokemus ja urakoitsijoilta sekä viljelijöiltä tullut palaute ovat taanneet sen, että nopeista ja joskus jopa pintapuolisilta näyttävistä maastotutkimuksista huolimatta piileviinkin pohjavesiongelmiiin on osattu varautua.

Vuotuinen salaojitusmäärä (v.1991) on noin 25.000 ha, joka koostuu noin 8.000 ojituskohteesta. Näistä noin 3000 kohdetta (noin 10.000 ha) on Etelä- ja Lounais-Suomessa, missä paineellisesta pohjavedestä johtuvia haittoja eniten ilmenee. Vuosittain tällaisia todetaan 30...50 kappaletta. Hehtaarimäärät, joilla haittaa esiintyy, ovat pienet, mutta jo muutaman aarin märkä alue keskellä muuten hyvin toimivaa ojitusaluetta vaikeuttaa yhtenäisen kuvion muokkausta ja viljelyä ja antaa perusteet ongelman tarkempaan selvittelyyn. Tässä on todettava, että ongelmaa on tarkasteltava tapausten lukumäärän, ei hehtaarimäärän mukaan.



KUVA 1 Paineellisen pohjaveden purkaumasilmäke
keskellä peltoaluetta.
(Anjalankoski, Vähä-Pasilan tila)

Salaojakeskus ry on useaan otteeseen tutkinut paineellisen pohjaveden vaivaamien peltoalueiden salaojituskysymyksiä pyrkien ensi sijassa arvioimaan tehtyjen ojitusten toimimattomuuden syitä. Mm. vuosina 1982...84 tehtiin Iitissä Kananojan tilalla tutkimuksia yhteistyössä silloisen vesihallituksen kanssa. Vuonna 1982 paineenalaisten alueiden salaojitusta tutkittiin Toijalassa olevalla Arolan tilalla yhteistyössä pohjavesitutkimuksiin erikoistuneen Insinööritoimisto Paavo Ristola OY:n kanssa. Tutkimuksissa keskityttiin lähinnä maaperän vedenläpäisevyyden selvittämiseen ja pyrittiin paikallisen ongelman ratkaisuun. Yleisempää kenttätutkimusten kehittämiseen tähtäävää analyysiä ei näissä tutkimuksissa tehty. Kenttätutkimuksissa tarvittavan erikoiskaluston takia maastotöissä käytettiin apuna konsulttitoimistoa tai vesihallituksen geoteknistä yksikköä. Tutkimustöiden kustannuksista vastasi Salaojakeskus ry.

Kirjallisuustutkimuksena on selvitetty paineenalaisten pohjavesialueiden salaojituskysymyksiä Pohjoismaissa, lähinnä Tanskassa ja Ruotsissa. Näissä on tarkasteltu pohjoismaisia pysytysalaojitusratkaisuja ja niiden teknisiä perusteita. Kenttätutkimusten osalta em. tutkimusraporteissa on korostettu paineellisten pohjavesialueiden maalajisuhteiden määrittämistä normaalikäytäntöä syvempään, aina 5...10 metrin syvyyteen. Tämän lisäksi tutkimuksissa on tuotu esille akviferin painesuhteiden mittauksen tärkeyttä. Kirjallisuustutkimusta on tehty vuodesta 1985 alkaen lähinnä Salaojituksen Tutkimusyhdistys ry:n rahoituksella.

Rahoituksen niukkuudesta johtuen paineenalaisten pohjavesialueiden salaojitussuunnittelua varten tarvittavien kenttätutkimusten kehittäminen on Suomessa jäänyt vähäiseksi. Salaojituksen suunnittelua hoitava organisaatio joutuu jo kannattavuussyistä keskittämään toimintansa asiakkailtaan velotettaviin rutiinitöihin eikä siltä liikene aikaa eikä muita resursseja varsinaiseen perustutkimukseen. Paineellisten pohjavesien aiheuttamat ongelmat ovat valtakunnallisesti pieniä, mutta tilakohtaisina varsin haitallisia. Tästä syystä niiden käsittelyä Salaojituksen tutkimusyhdistyksen työnä on pidetty tarpeellisena.

Maatilahallitus myönsi 11.5.1990 Salaojituksen Tutkimusyhdistys ry:lle määrärahan tutkimukseen, jonka tarkoituksena on kenttätutkimusmenetelmien kehittäminen paineenalaisten pohjavesialueiden salaojitussuunnittelua varten. Tutkimuksen valvoajakunnan puheenjohtajaksi määrättiin tekn.tri Tuomo Karvonen Helsingin Yliopistosta ja jäseniksi professori Jussi Hooli Oulun Yliopistosta, agronomi Hannu Mikkola Valtion maatalousteknologian

tutkimuslaitoksesta sekä dipl.ins Ismo Mussaari Maatilahallituksesta. Tutkimuksen johtajana on toiminut toimitusjohtaja, MMK Rauno Peltomaa Salaojakeskus ry:stä ja tutkimuksen suorittajana dipl.ins. Esko Laikari Salaojituksen tutkimusyhdistyksestä. Pää-töksen mukaan tutkimus on saatettava loppuun 30.6.1991 mennessä.

Tutkimuksessa päätettiin soveltaa vedenhankinnassa käytettävää tutkimustekniikkaa salaojitusalueilla, joilla toteutetun ojituk-sen toiminta oli paineellisen pohjaveden takia jäänyt puutteel-liseksi. Kohteet pyrittiin valitsemaan eri tyyppisiltä ongelma-alueilta. Tutkimuskohteiksi otettiin paineellisen pohjaveden vaivaamat alueet Espoossa Histan tilalla, Nummi-Pusulassa Toi-voniemen tilalla, Anjalankoskella Vähä-Pasilan tilalla sekä Por-voon maalauskunnassa Michelsbölen tilalla.

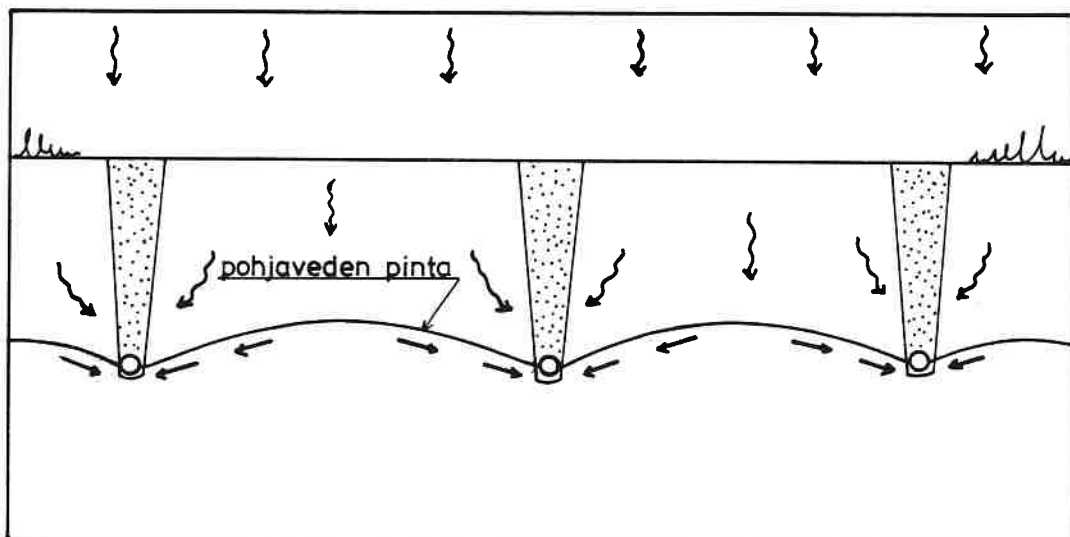
Pohjavesitutkimusten suorittajana Espoossa oli Insinööritoimisto OY Vesi-Hydro AB. Tutkimuksesta vastasi dipl.ins. Rauno Kahri ja kenttätöiden johdosta rkm. Martti Pesonen. Nummi-Pusulassa kent-tätutkimuksia tekivät salaojateknikot Jussi Koskinen ja Heikki Puumalainen, Anjalankoskella salaojateknikko Toimi Hämäläinen, kaikki Salaojakeskus ry:stä. Porvoon maalauskunnassa suoritet-tiin katselmus, jossa olivat mukana toim.joht. Rauno Peltomaa ja dipl.ins. Timo Perälä Salaojakeskuksesta sekä dipl.ins. Esko Laikari Salaojituksen tutkimusyhdistyksestä.

Pohjavesitutkimusten lisäksi selvitettiin maakerrostumien ja pohjavedenpinnan syvyyttä myös maatutkalla. Kolmessa ensinmai-nitussa kohteessa tässä työssä oli konsulttina Geo-Work Oy, jos-sa työtä hoiti tuotantojohtaja, ins. Leevi Koponen.

2. SUUNNITTELUN PERUSTEET

2.1 NORMAALI PELTOSALAOJITUS

Salaojituksen tarkoituksena on pitää pellon kuivatustila ja sitä kautta pellon kantavuus sellaisena, että koneelliset muokkaus- ja korjuutyöt voidaan vaikeuksitta suorittaa ja toisaalta ylläpitää kasvinviljelylle suotuisat kosteusot. Salaojituksella johdetaan sade- ja sulamisvedet pois peltoalueelta ja huolehditaan siitä, että pohjaveden pinta ei pääse nousemaan haitallisen korkealle. Ojitus on siis normaalitapauksessa suunniteltava ottamaan vastaan ja johtamaan pois alaspäin suuntautuvaa virtausta. Pohjaveden pinta on salaojien kohdalla ojitusyvyyydessä ja ojien välillä sitä ylempänä, mitä huonompi maan vedenjohtavuus on.



KUVA 2 Pohjaveden pinta salaojien välillä
(Normaali salaojitus)

Salaojien (imuojien) keskinäinen etäisyys riippuu pääasiassa maan vedenjohtokyvystä. Esimerkiksi saven vedenjohtavuus voi olla niin pieni, että 10 cm:n matkan kulkemiseen kuluu vedeltä noin kolme vuotta. Hyvin vettä läpäisevässä sorassa vastaavaan matkaan kuluu aikaa vain sekunnista minuuttiin. Huonosti vettä läpäisevät maat ojitetankin hyvin vettä läpäiseviä tiheämmin. Maan vedenjohtavuuteen ja ojaväliin vaikuttaa myös maan rakenne. Hyvä rakenteinen maa johtaa vettä hyvin ja edistää kuivumista. Teoreettisesti laskien ja kokemuseräisten havaintojen perusteella laskelmia tarkentamalla on tasaisilla alueilla päädytty käyttämään seuraavia ojavälejä:

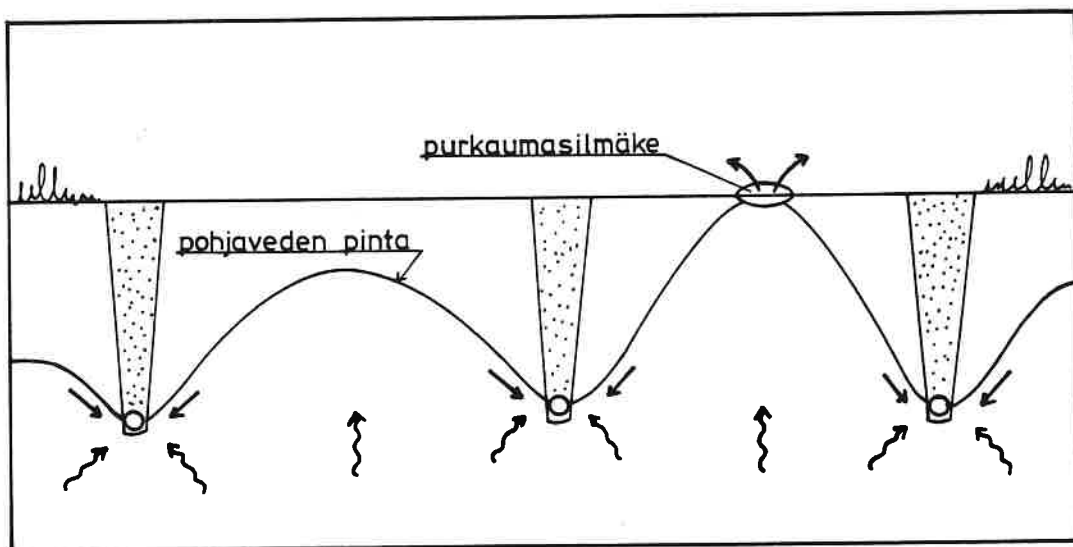
tiivit savet ja hiesut	14 - 16 m
tiivis hieta	16 - 18 m
löyhäkö hieta	20 - 22 m
löyhä hieta	24 - 26 m
löyhä hiekka (tarvittaessa)	30 - 40 m
urpasavi ja lieju (rakoilu > 1 m syv)	50 - 60 m
urpahiesu (rakoilu > 1 m syv)	30 - 40 m
liejuinen savi ja hiesu (rak > 1 m)	25 - 30 m
halkeilemattomat liejumaat	18 - 20 m
saraturve	18 - 20 m
rahkaturve	16 - 18 m

Näitä ojavälejä käytettäessä edellytetään, että pellon pinnalla on noin 20 cm:n ruokamultakerros eikä maalaji muutu ennen salaojasyvyyttä. Käytännössä monet muutkin tekijät kuin maalaji vaikuttavat ojavälin valintaan. Tällaisia ovat notkot ja rinteiden taitteet, kyntösuunta, tiiviit kerrokset läpäisevän maalajin päällä, maan halkeilu, metsän varjostus jne.

2.2 PAINEELLISEN POHJAVESIALUEEN SALAOJITUS

Paineellisten pohjavesialueiden salaojitus on käytännössä ratkaistavissa pääasiallisesti kahden vaihtoehdon mukaisesti: Jos pohjaveden paine voidaan pysyvästi poistaa käyttämällä esimerkiksi pystysuoria salaojia tai katkaisemalla pohjaveden virtaus ojitusalueelle, palautuu salaojituksen suunnittelu muilta osin normaaliksi sade- ja sulamisvesien johtamiseen tarkoitettuksi ojitukseksi. Ojavälit voidaan tällöin suunnitella samojen periaatteiden mukaan kuin edellä on selostettu.

Jos pohjaveden painetason alentaminen ei ole ulkoisista syistä mahdollista, on vaakaojitus suunniteltava ottamaan vastaan paitsi ajoittain tulevia alaspäin vajoavia sade- ja sulamisvesiä myös alhaalta ylöspäin suuntautuvaa jatkuvaa vesivirtaa (KUVA 3). Pohjaveden painetaso voi tällöin tiheääkin ojaväliä käytettäessä ulottua lähelle maan pintaa tai jopa purkautua silmäkkeinä salaojien välillä.



KUVA 3 Pohjaveden pinta
(Paineellinen pohjavesi)

Painetason pysyvyydestä riippuen ylöspäin suuntautuva virtaama voi olla ympäri vuoden jatkuvaa ja sen määrä aikayksikössä pinta-alayksikköä kohti riippuu lähinnä kolmesta tekijästä eli paineesta, läpäistävän maan vedenjohtokyvystä ja läpäistävän kerroksen vahvuudesta. Näiden määrittäminen suunnittelun perusteeksi on siten tarpeen.

Vedenhankintaa varten tehtävissä pohjavesitutkimuksissa pyritään määrittämään pohjavesiesiintymän (akviferin) vedenantoisuus. Näissä tutkimuksissa akviferin laajuus, kerrosvahvuudet ja maalajit selvitetään perusteellisesti. Antoisuuden määrittäminen varmistetaan tavallisesti **pitkäaikaisilla koepumppauksilla**, joiden perusteella saadaan myös selville pohjavedenpinnan (painetason) korkeuden vaihtelut pumppausvirtaaman funktiona akviferin eri kohdissa.

Pohjavesitutkimusten osana tehdään usein orientoivia **lyhytaikaisia koepumppauksia**, joiden tarkoituksena on määrittää pohjaveden laatua ja valita lopullinen pitkäaikaisen koepumppauksen paikka. Näiden lyhytaikaisten koepumppausten tulosten käsittelyä varten on kehitetty laskentamenetelmiä, joilla pumppauksen vaikutus akviferin painetason korkeuteen sen eri pisteissä saadaan laskettua. Laskentamenetelmän käyttö ei edellytä maan vedenläpäisevyyden määrittämistä. Painetason määrittäminen sensijaan on tarpeellinen. Menetelmää on selostettu tässä raportissa jällempänä ja sovellettu tutkitussa Histan kohteessa.

2.3 SALAOJITUKSEN KENTTÄTUTKIMUKSET

Peltosalaojituksen suunnittelun perusteiksi tarvittavien maasto- ja maaperätutkimusten suorittamista on käsitelty vuosina 1981 ...1984 julkaistussa Salaojittajan käsikirjasarjassa (osat IA, IB, IIA sekä IIB). Sarja, jota täydentää vuonna 1991 julkaistu Salaojittajan käsikirja III, on tarkoitettu opetusmateriaaliksi alan oppilaitoksiin ja salaojateknikoiden koulutukseen, työselitykseksi salaojitustöiden toteutuksessa sekä käsikirjaksi käytännön salaojitustyössä. Käsikirja on uusi yhtenäinen pelto- salaojitusta kokonaisuutena käsittelevä suomenkielinen julkaisu.

Käsikirjan osassa II A on yksityiskohtaisesti selostettu salaojitussuunnitelmaa varten tarvittavia maastotutkimuksia. Eri luvuissa on käsitelty kartoitusta, vaaitusta ja muita maastotutkimuksia, joina on yksilöity ruostehavaintojen suoritusta, vesiperäisyyshavaintoja ja salaojitettavan lohkon ympärillä olevan maaston pintahavaintoja. Omana lukuna on selostettu maalajien tutkimista koekuopin, kairauksin ja kaivuluokkamäärityksin. Maan rakenteen vaikutusta suunnitteluun on selostettu varsin perusteellisesti. Lähteellisten, ruosteisten ja paineellisten ruostealueiden (paineellinen pohjavesi) tutkimiseen on annettu ohjeita suunnittelun yksityiskohtia koskevassa luvussa.

Kokonaisuutena voidaan todeta, että Salaojittajan käsikirjassa annetut kenttätutkimusmenetelmiä koskevat ohjeet tarkoittavat kevyellä kalustolla (mittausvälineet, vaaituskone, mahdollisesti takymetri, lyhyet kairat ja maanäytteenottimet) nopeasti suori-

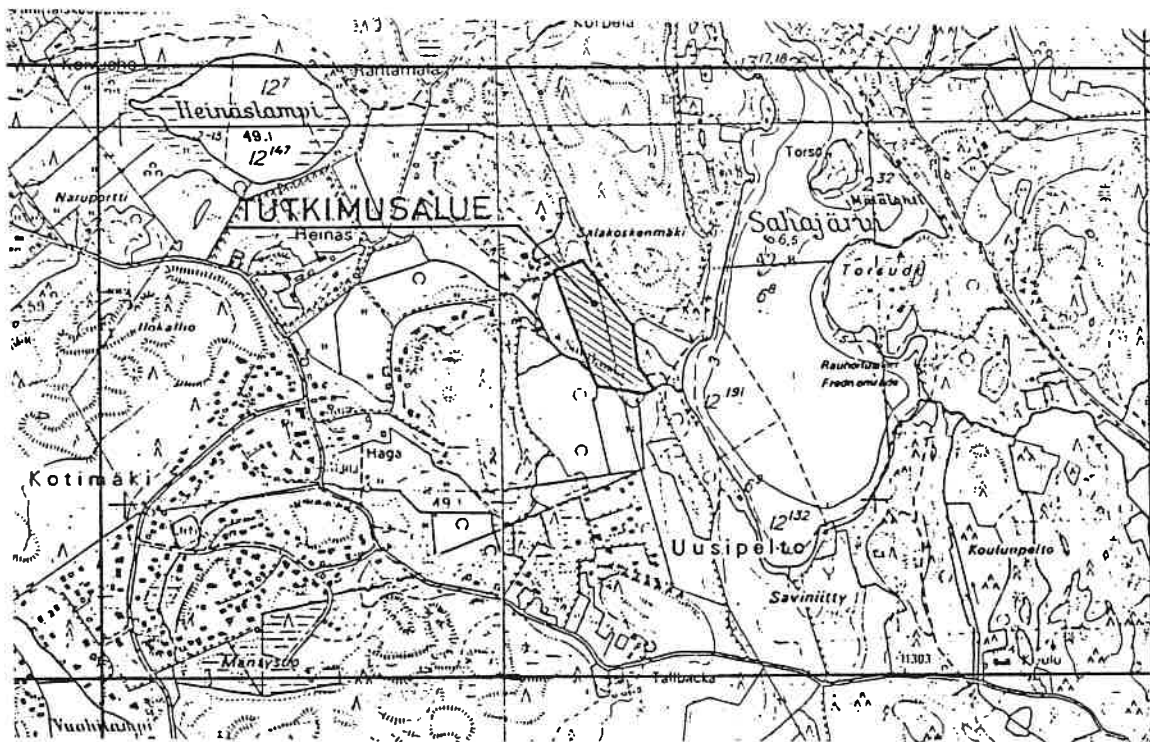
tettavia tutkimuksia. Tämä on kustannussyistä välttämätöntä. Maaperätutkimukset ulottuvat yleensä vain salaojitussyvyyteen, mikä paineellisten pohjavesisuhteiden selvittelyn kannalta ei yleensä riitä.

Tätä tutkimusta tehtäessä on käytetty pohjavesitekniikassa ja geologisissa kartoituksissa sovellettavia kenttätutkimusmenetelmiä. Tarkoituksena on ollut löytää paineellisten pohjavesialueiden salaojitustutkimukseen soveltuvia menetelmiä.

3. TUTKIMUSKOHTEET

3.1 TUTKIMUSALUE HISTA

Espoossa sijaitsevalla Histan kartanon pohjoisimmalla peltolohkolla on ollut jatkuvia kuivatusvaikeuksia. Lohko on 4,39 ha:n suuruinen. Se rajoittuu etelä-lounaispäästä Heinäslammesta Sahajärveen laskevaan Salakoskenpuroon. Maanpinnan korkeus peruskartan tasossa (N60) on lohkon eteläpäässä +47 m ja pohjoispäässä +52...+56 m. Lohkon koillis-pohjoispuolella on korkeahko Salakoskenmäki (+75 m). Myös alueen luoteis- ja länsipuolella maanpinta on yli +70 m:n korkeudella. Alueen eteläreunaa rajoittavan puron pohjan korkeus länsilaidalla on +45.6 m ja itälaidalla, tien alittavan rummun kohdalla + 45.3 m. Sahajärven vedenpinta on korkeudella +42,8 m.



KUVA 4 Histan tutkimusalueen yleiskartta

(suhde 1:20.000)

Alue on salaojitettu ensimmäisen kerran 1950-luvulla (mahdollisesti vuonna 1954), jolloin salaojaputkena oli sorvattu puuputki. Ojitusta ei silloin tehty lohkon pohjoisimpaan osaan. Alue ojitettiin uudelleen 20...21.8.1979. Putkena käytettiin muoviputkea. Ojitusalue oli likipitään sama kuin vuonna 1954. Ojitus-työn loppuvaiheessa sateet häittäsivät työtä. Peruskuivatusta häittasi valtaojan mataluus, minkä takia ojastoon rakennettiin polttomoottorikäyttöinen pumppaamo, joka toimi hyvin noin viisi vuotta. Vielä tuonkin jälkeen pumppaamo oli toiminnassa aina vuoteen 1984 saakka, mutta sen toiminta oli vajaatehoista. Pumpua käytettiin noin kolme päivää ennen peltotöiden aloittamista, millä saavutettiin riittävä kuivatus. Vuonna 1982 (22.6.) ojitusta täydennettiin lisäämällä lähteiselle alueelle ojia. Koko lohko oli viljelyksessä viimeksi vuonna 1985, jolloin osa sadosta jäi korjaamatta maan huonon kantavuuden takia. Lohkon pohjoisosa on ollut jatkuvasti viljelyssä.

3.11 Tutkimusyhdistyksen tutkimukset

Alueella tehtiin alustavia tutkimuksia loppukesällä ja syksyllä 1989. Tarkoituksena oli selvittää kuivatuksen parantamismahdollisuuksia joko pumppaamalla tai syventämällä peruskuivatusta, mikä edellyttäisi kallionlouhintaa valtaojassa ja tierummun uudelleen asentamista nykyistä syvemmälle. Samalla arvioitiin paikalliskuivatuksen täydennystarvetta. Kenttätutkimusten suorittajina olivat aluksi Rauno Peltomaa ja Esko Laikari, myöhemmin agr.yo. Veli-Matti Tuure. Alueella tehtiin maaperäkairauksia, asennettiin pohjaveden havaintoputkia ja rakennettiin kaivo koe-pumppausta varten sekä mittapato purkautuvien vesimäärien mit-

taamiseksi. Vaaituskorkeudet sidottiin aikaisemmin tehtyjen salaojitussuunnitelmien korkeustasoon. Alustavista tutkimuksista on laadittu 12.1.1990 päivätty raportti.

Aluksi käytettiin kevyttä koetinkairauskalustoa tarkoituksena määrittää huonosti vettä johtavan kerroksen vahvuus. Kairausten perusteella arvioitiin alustavasti vettä hyvin johtavan kerroksen yläpinnan korkeus. Kairauspisteiden paikat ja kerrosvahvuudet on merkitty liitteenä 1 olevaan karttaan.

Kairausten perusteella valittiin havaintoputkien paikat sekä paikka, johon rakennettiin kaivo koepumppausta varten. Havaintoputkien kautta kulkevien linjojen leikkaukset on esitetty liitteessä 2.

Koepumppauskaivo tehtiin 80 cm:n betonirenkaista 3.5 m:n syvyiseksi. Työssä käytettiin aluksi kaivuria, loppuosa kaivon upotuksesta tehtiin paikalla konstruoidulla mammut-pumpulla, jolla myös otettiin maanäyte pohjasorasta. Näytteen seulontatulokset on liitteessä 3. Mammut-pumpun käyttökoneena oli polttomoottorikäyttöinen kompressor. Kaivosta rakennettiin avoin purkuoja peltolohkon piiriojaan. Virtaamahavaintoja varten tehtiin purkuojaan suorakulmainen Thompsonin mittapato. Padon kautta purkautui jatkuvasti 25...40 l/min virtaama. Ennen pumppauskoetta purkuojaan asennettiin läpimitaltaan $\varnothing$ 200 mm:n purkuputki. Sen lähtökorkeus kaivossa on +8.59 m ja loppupään korkeus piiriojan kohdalla 10 cm alempana.

Havaintoputket asennettiin käyttäen suojaputkena 50 mm:n sähköasennusputkea. Suojaputki oli alapäästään löysästi tulpattu.

Painevedellä huuhdotun suoja-putken sisään työnnettiin läpimitaltaan 32 mm:n suuruinen muovinen sähköasennusputki, joka oli alaosastaan noin 15 cm:n matkalta reijitetty (reijät $\varnothing$ 5 mm noin 20 kpl). Reijitetty osa oli päällystetty suodatinkankaalla. Suoja-putken alatulppa lyötiin irti havaintoputkella, suoja-putki vedettiin pois ja havaintoputki huuhdottiin painevedellä.

Pumppauskokeet aloitettiin tulppaamalla purkuputki ja tarkkailemalla vedenpinnan korkeuden muutoksia kaivossa ja havaintoputkissa. Kun purkuputki suljettiin, nousi vedenpinta kaivossa noin 2 tunnissa maanpinnan tasalle eli korkeuteen +9.45. Koepumppausta jatkettiin kolmen vuorokauden ajan. Pumppauksen tuotto oli jatkuvasti noin 50 l/min. Vedenpinta laski kaivossa noin 2.6 m eli tasolle 6.85 m. Vedenpintojen muutokset kaivossa ja havaintoputkissa on esitetty liitteissä 4 ja 5. Havaintojen mukaan vedenpinnan korkeusvaihtelut olivat suurimmat putkissa P6 ja P3A, jotka sijaitsevat alueen ohuimman savikerroksen kohdalla verraten lähellä pumppauskaivoa. Putkien muodostama linja on kohtisuorassa pohjaveden todennäköistä virtaussuuntaa vastaan. Putkessa P3A pohjaveden pinta nousi lepotilassa noin 0.5 m maanpinnan yläpuolelle. Muissa putkissa se oli lepotilassa maanpinnan tasossa tai muutaman kymmenen cm sen alapuolella. Vedenpinta aleni noin 20 m:n etäisyydellä kaivosta pohjaveden todennäköisessä virtaussuunnassa vain 10...20 cm.

Tutkimuksen tulosten perusteella todettiin, että lepotilassa pohjaveden painetaso ongelma-alueella ulottui maanpinnan korkeudelle tai sen yläpuolelle. Paikallinen painetason alentaminen tuntui varsin rajoitetulla alueella; "painesuppilo" oli hyvin jyrkkä. Tämän perusteella pääteltiin, että akviferin vedenjohto-

kyky ei ole kovin hyvä. Akviferin laajuudesta ei tutkimuksen perusteella voitu tehdä johtopäätöksiä. Suppeudestaan huolimatta tutkimus osoitti, että alueen paikalliskuivatusta ei voida ratkaista alentamalla pohjaveden painetasoa parilla metrillä yhdessä pisteessä.

Tavanomaiset salaojituksen suunnittelua varten tehtävät kenttätutkimukset lisättynä lyhytaikaisella koepumppauksella eivät antaneet riittäviä lähtötietoja kuivatusongelman ratkaisemiseen.

3.12 Oy Vesi-Hydro Ab:n tutkimukset

Insinööritoimisto Oy Vesi-Hydro Ab suoritti alueella pohjavesitutkimuksia kesä-heinäkuussa 1990. Tutkimuksen vaaituskorkeudet on esitetty peruskartan korkeustasossa (N 60). Tutkimusraportti, jossa paikallisen maastotutkimuksen lisäksi on käsitelty paineenalaisten pohjavesialueiden kenttätutkimuksia myös yleisesti, on päivätty 10.12.1990.

Tutkimus aloitettiin arvioimalla maastokatselmuksen, käytettävissä olleen kartta-aineiston ja kairausten perusteella alueen geologista rakennetta ja pohjavesisuhteita. Raportin mukaan tutkittu alue on osittain ohuen turvekerroksen peittämää savikkoa, jota ympäröivät kallioselänteet. Näiden reunoilla, varsinkin alueen pohjoisosassa on lajittuneita rantakerrostumia. Varsinaisella tutkimusalueella on savikon peittämä lajittunutta hiekkaa sisältävä rantakerrostuma, jonka suuri kerrospaksuus on useita metrejä. Pohjaveden pinta savikkoalueella oli tutkimusaikana

likimain tasossa +46.6...+46.9 m. Pohjaveden pinta oli Tutkimusyhdistyksen aikaisemmin rakentaman ylivuodon takia laskenut. Sen luonnontilaiseksi tasoksi arvioitiin +47.15

Maaperätutkimukset tehtiin 5...11.1990 välisenä aikana koetintankokairauksina (pisteet 11...24), joilla määritettiin maaperän kerrosrakenne (liite 6). Kairauksista saatujen tulosten perusteella alueelle asennettiin kolme teräksistä pohjavesiputkea (n:ot 7, 8 ja 9). Putket upotettiin maahan Cobra-tärykairaa käyttäen ja putket huuhdeltiin painevedellä. Paksuimmat ja parhaiten vettä läpäisevät hiekkakerrokset tavattiin Tutkimusyhdistyksen rakentamasta pumppauskaivosta (K1) 20 m laskuojaan päin. Siellä hiekkakerroksen paksuus oli 4.4 m ja se sijaitsi 4.8...-9.2 m:n syvyydessä. Tähän pisteeseen asennetun putken (n:o 7) vedenantoisuus oli 1.3 l/s vedenpinnan alentuessa 3.8 m. Putkesta n:o 7 otettiin neljä maanäytettä. Näiden tutkimustulosten (liite 7) mukaan maaperä on 4.8 m:n syvyyteen saakka lihavaa savea, jonka alla on lajittunutta hiekkaa.

Tutkimuspisteiden sijainti ja kairaustulokset on esitetty piirustuksissa (liitteet 8 ja 9).

Alueen luoteisreunalla olevan yksityisen kaivon (K2 om. L. Selroos) vedenkorkeus mitattiin. Kaivosta ja putkesta 7 otettujen vesinäytteiden tutkimustulokset on esitetty liitteenä 10. Tutkimustulosten mukaan kaivon vesi on hyvälaatuista pohjavettä. Sen rautapitoisuus on alle 0.05 mg/l. Putkesta 7 otetun näytteen veden rautamäärä oli sensijaan 7.9 mg/l.

Koepumppaus tehtiin 11...12.7.1990 pisteeseen n:o 7 asennetuista kahdesta siiviläkärjellä varustetusta imuputkesta polttomoottorikäyttöisellä pumpulla. Koepumppauksen tuotto oli 2 l/s. Pumppauksen kokonaiskestoaika oli 1.2 vuorokautta. Pumppauksen vai-

kutusta tarkkailtiin seitsemässä havaintoputkessa, koekaivossa (K1) ja Selroosin kaivossa (K2).

Havaintoputkina käytettiin alueelle aikaisemmin asennettuja putkia n:ot 2, 3, 5a ja 5b sekä tämän tutkimuksen aikana asennettuja uusia putkia n:ot 7, 8 ja 9. Koepumppauspöytäkirja on liitteenä 11 ja sen graafinen kuvaaja liitteenä 12. Pumppaus alensi pohjavedenpintaa hyvin nopeasti pumppauspaikalla 1.0 metrillä ja muissa putkissa 0.2...0.3 metrillä. Tämän jälkeen alaneminen hidastui. Pohjaveden pinta oli pumppauksen päättyessä 1.16... 0.26 m aloitustasoa alempana. Pumppauksen päätyttyä pohjavedenpinta palautui nopeasti. Pumppauksen vaikutusta ei havaittu kaivossa K2.

Havaintoputkesta n:o 7 piirretystä aika-alenemäkäyrästä (liite 13) nähdään, että tasapainotila on saavutettu jo noin 2 tunnin pumppauksen jälkeen. Pumppausta on tämän jälkeen jatkettu noin 1 vuorokausi eikä olennaista vedenpinnan alenemista tämän jälkeen enää ole tapahtunut.

Etäisyys-alenemäkäyrästä (liite 14) nähdään, että vettä johtava hiekkakerros on hydraulisesti hyvin yhtenäinen. Alenemat sijoittuvat lähes täydellisesti samalle suoralle.

Aika- ja etäisyysalenemäkäyrien mukaan määritetyt akviferin hydrauliset ominaisuudet ovat:

	$T(m^2/s)$	S	$r_o(m)$
aika-alenema	0.0008	0.00038	-
etäisyysalenema	0.00092		500

T = akviferin vedenjohtokyky [m^2/s]

S = akviferin varastokerroin [dimensioton]

r_o = vaikutusetäisyys [m]

Molemmat menetelmät antavat lähes saman T -arvon.

3.121 Oy Vesi-Hydro Ab:n ratkaisumallit

3.1211 Vaakasalaojitus

Riittävän tiheällä vaakasalaojituksella voidaan veden ylöspäin suuntautuva virtaus katkaista ja saavuttaa haluttu kuivatusteho.

Seuraavassa on teoreettisesti tarkasteltu atk-pohjaista elementtilaskentamenetelmää käyttäen vaakasalaojituksen vaikutusta tutkitulla pohjavesialueella lähtöarvoina salaojien syvyys 1,5 m ja keskinäinen etäisyys a) 8 m ja b) 4 m. Laskentatulokset on esitetty liitteessä 15.

Tuloksista on todettavissa, että 8 m:n ojatiheyttä käyttämällä pohjaveden pinta alenee ojien puolivälissä vain 0,35 m. Ojavälin ollessa 4 m, alenee pohjaveden pinta ojien puolivälissä 0,8 m, mikä kuivatussyvyytenä on lähes riittävä. Laskennassa ei ole otettu huomioon maan kuivatuksesta aiheutuvaa painumaa eikä mahdollista rautasaostuman aiheuttamaa salaojien vedenjohtokyvyn huononemista joten käytännössä ojavälin tulisi toiminnan varmistamiseksi olla likimain 3 m. Mallia tarkasteltaessa on lisäksi otettava huomioon se, että valtaojan mataluuden takia salaojien laskuaukkoja ei saada riittävän syvälle vaan vedet on joko pumppattava tai valtaojaa syvennettävä.

3.1212 Pystysalaojitus

Kaivo

Koepumppauksen tulokset osoittavat, että yhdestä paikasta tapahtuva vedenpinnan alentaminen vaikuttaa pohjaveden painetasoon koko paineellisen pohjaveden vaivaamalla peltoalueella. Alenemakartio muodostuu kuitenkin niin jyrkäksi, että vedenpintaa tulisi pumppauspaikalla alentaa 4...6 m jotta vielä 100 m:n etäisyydellä saavutettaisiin riittävä, noin 0,8 m:n kuivatussyvyys. Tämä edellyttäisi varsin syvän (yli 8 m) kuilu- tai putkikaivon rakentamista paikalle. Tällaisen kaivon rakentamiskustannukset varusteineen ja sähköliittymineen ovat arviolta suuruusluokkaa 70...80.000 mk. Kustannuksia lisäävät kaivon käyttö- ja huolto.

Tehostetut lähdekaivot

Paineellisen pohjaveden alentamiseen voidaan käyttää myös sarjaa pieniläpimittaisista siiviläputkista tehtyjä kaivoja, jotka toimivat pystysalaojina. Näistä käytetään nimitystä tehostettu lähdekaivo (liite 16).

Koska tietyn suuruiseen pohjavesipinnan alentamiseen tarvittavan pumppaustehon määrittäminen on epätarkkaa ja se vaihtelee paikallisestikin jonkin verran pohjavesitilanteen mukaan, voidaan vedenpinnan alenemaa rakenteiden suunnittelua varten riittävällä tarkkuudella arvioida lyhytaikaisesta koepumppauksesta saatavien tulosten perusteella.

Pohjavedenpinnan alenema (s_r) kaivon ympäristössä eli alenemakartion pinnan ja alentamattoman painetason korkeusero etäisyydellä r kaivosta lasketaan kaivon aleneman (s_w) ja vaikutusetäisyyden (r_o) perusteella kaavasta

$$s_r = s_w * \frac{\log r_o - \log r}{\log r_o - \log r_w}$$

Käytännössä määrittäminen tehdään piirtämällä puolilogaritmipaperille pisteiden (s_w , r_w) ja r_o kautta suora, jolta alenema s_r etäisyydellä r saadaan suoraan (liite 17).

Kahden tai useamman kaivon vaikutus (alenema) saadaan määrittäen likiarvona laskemalla yhteen eri kaivojen yksinään aiheuttamat alenemat.

Koepumppauksesta saatujen tulosten perusteella laskettuna tutkitulle alueelle tulisi rakentaa vähintään kolme tehostettua lähdekaivoa noin 50 m:n välein. Tällöin kaivojen puolivälissä säävutettaisiin 0,8 m:n kuivatussyvyys. Kaivot tulisi yhdistää ja alin kaivoista varustaa pumpulla. Kuivatusratkaisu on esitetty liitteessä 18.

Pumppauksen sijasta voidaan valtaojaa syventää louhimalla kalliota alueelle johtavan tien kohdalta Sahajärveen päin puron pohjasta noin 40...50 m:n matkalla, rakentamalla tien kohdalle uusi rumpu sekä perkaamalla valtaojaa rummun yläjuoksun puolelta noin 200 m:n pituudelta.

Edellä esitetyn ratkaisun investointikustannuksiksi on arvioitu noin 50.000 mk, josta lähdekaivojen osuus on noin 30.000 mk ja alimman kaivon pumppaamovarustus sähköliittymineen noin 20.000 mk. Lisäksi on otettava huomioon tavanomaisen vaakasalaojituksen kustannukset.

Pumppaamon investointikustannukset ja vuotuiset käyttökustannukset voidaan korvata perkaamalla valtaoja. Kallion louhinnasta ja tierummun uusinnasta on arvioitu aiheutuvan noin 30.000 mk:n kustannukset.

Kustannusero pumppausratkaisun (ml. vuotuiset käyttö- ja huoltokustannukset) ja perkauksen välillä on niin pieni, että lopullinen valinta edellyttää yksityiskohtaisempaa tarkastelua.

3.122 Ratkaisuehdotus

Teknisesti Histan tutkimusalueen salaojitus on toteutettavissa joko rakentamalla sille lisää salaojia tai alentamalla pohjaveden painetasoa kolmen tehostetun lähdekaivon avulla ja kunnostamalla nykyinen salaojitus. Molemmat ratkaisut edellyttävät lisäksi joko peruskuivatuksen syventämistä (valtaojan perkaus) tai salaojavesien jatkuvaa pumppausta (pumppaamon rakentaminen).

Vaakasalaojituksen käyttö edellyttää noin viisinkertaista ojatiheyttä normaaliojitukseen verrattuna eli noin 50.000 mk:n hehtaarikustannusta, minkä lisäksi peruskuivatuksen järjestely aiheuttaa noin 30.000 mk:n kustannukset. Kun ongelma-alue on yli hehtaarin laajuinen, nousevat vaakasalaojituksen kokonaiskustannukset yli 100.000 mk.

Painetason pysyvä alentaminen, siihen liittyvine pumppausjärjestelyineen tai valtaojan syventämisineen maksaa 50...60.000 mk, minkä lisäksi alueen salaojien kunnostamiseen olisi varattava 15...20.000 mk eli tämän ratkaisun kokonaiskustannukset olisivat noin 70...80.000 mk.

Pohjaveden rautapitoisuudesta johtuen salaojituksessa tulisi varautua tukkeumahaittoihin. Tähän viittaavat aikaisemmista ojituksista saadut kokemukset. Pohjavedenpinnan pysyvä alentaminen saattaa aiheuttaa myös maanpinnan painumista, mihin uusia salaojia rakennettaessa tulisi varautua.

Tutkimuksen mukaan pohjaveden alentaminen ei aiheuttaisi haittoja lähialueen kaivoille.

Korkeiden kustannusten ja odotettavissa olevien riskien vuoksi aluetta ei kannata pitää viljelykäytössä.

3.13 Geo-Work Oy:n tutkimus

Tutkimusalueella kokeiltiin myös ns. maatulokan käyttöä. Mittausten tarkoituksena oli lähinnä selvittää akviferin kerrosten sijaintia ja kerrospaksuuksia, minkä lisäksi tavoitteena oli yleensä selvittää ko. menetelmän käyttökelpoisuutta salaojitustutkimuksissa. Maastotyöt suoritettiin 1.11.1990. Tutkimuksesta on tehty erillinen raportti.

Mittauskalustona oli amerikkalaisen Geophysical Survey Systems Inc:n valmistama SIR-3 maatutka. Antennina käytettiin GSSI/Geo-Work 100 MHz antennia. Mittauskalusto oli sijoitettu Argocat-maastoamfibioon. Tutkan signaali taltioitiin magneettinauhalle tulkinnan yhteydessä tapahtuvaa monitoritulostusta varten. SIR-3 maatutka tulostaa 8,5" leveälle paperille tutkaprofiilin. Aika-aseikkona käytettiin 200 ns ja 300 ns asteikkoja. Nämä vastaavat moreenipeitteillä noin 6 m:n ja 13 m:n syvyyksiä. Turvealueilla vastaavat kokonaismittaussyvyydet ovat 3 m ja 4,5 m.

Maatutkan tunkeutumisyyvydet eri maalajeissa matalataajuisella antennilla luodattaessa ovat:

moreeni	3 - 20 m
hiekkä ja sora	20 - 50 m
siltti	3 - 20 m
savi	2 - 5 m
turve	3 - 10 m
kallio	20 - 70 m
makea vesi	10 - 20 m



KUVA 5 Maatutkan tulostin on sijoitettu vetovaunuun

Maatutkalla saatava tulostus ei ole suoraan luettavissa. Tulostuksena saatava maakerrosten syvyyskaala on muunnettava koska maalaji ja vesipitoisuus vaikuttavat syvyyskaalaan. Vaihtelukertoimet kuitenkin tunnetaan ja niiden vaikutuksen huomioon ottava ATK- ohjelma voi oikaista mittaustuloksen suoraan luettavaksi tulostukseksi. Tässä tutkimuksessa saadut tulokset ovat oikaisemattomia ja niitä tulkittaessa on asiantuntijana käytetty laitteen käyttäjää. Oikaisu on tapahtunut piirtämällä tulostusliuskan päälle sijoitetulle kuultopaperille arvioidut kerrosrajat ja merkitsemällä sille oikaistut syvyydet.

Tutkaluotauksena alueelle ajettiin useita linjoja. Esimerkkinä tulostuksesta on kopio tulostusnauhasta linjalta, jolla oli myös suoritettu koetintankokairauksia (liite 19). Nauhan tulkinta on esitetty samassa liitteessä. Verrattaessa tulostusta kairauksen perusteella arvioituun maakerrosten sijaintiin voidaan todeta, että tutkaluotauksella saadaan portaaton tulostus leikkauksen maakerrosten sijainnista. Oikein tulkittuna luotaus on halpa ja hyvä apumenetelmä, jolla kalliit kairaukset voidaan etukäteen kohdentaa. Tulkinta edellyttää kairauksin tehtävää kalibrointia, mutta sen etuna on yhtenäinen kerrosrajojen jatkuvuudesta saatu kuva. Maatutkaluotaus ei yksin anna riittävästi tietoa akviferin laajuudesta eikä sen syvyys-suhteista, mutta sitä voidaan käyttää pohjavesialueiden esitutkimuksessa, minkä perusteella yksityiskohtaisempien tutkimusten suunnittelu on helpompaa.

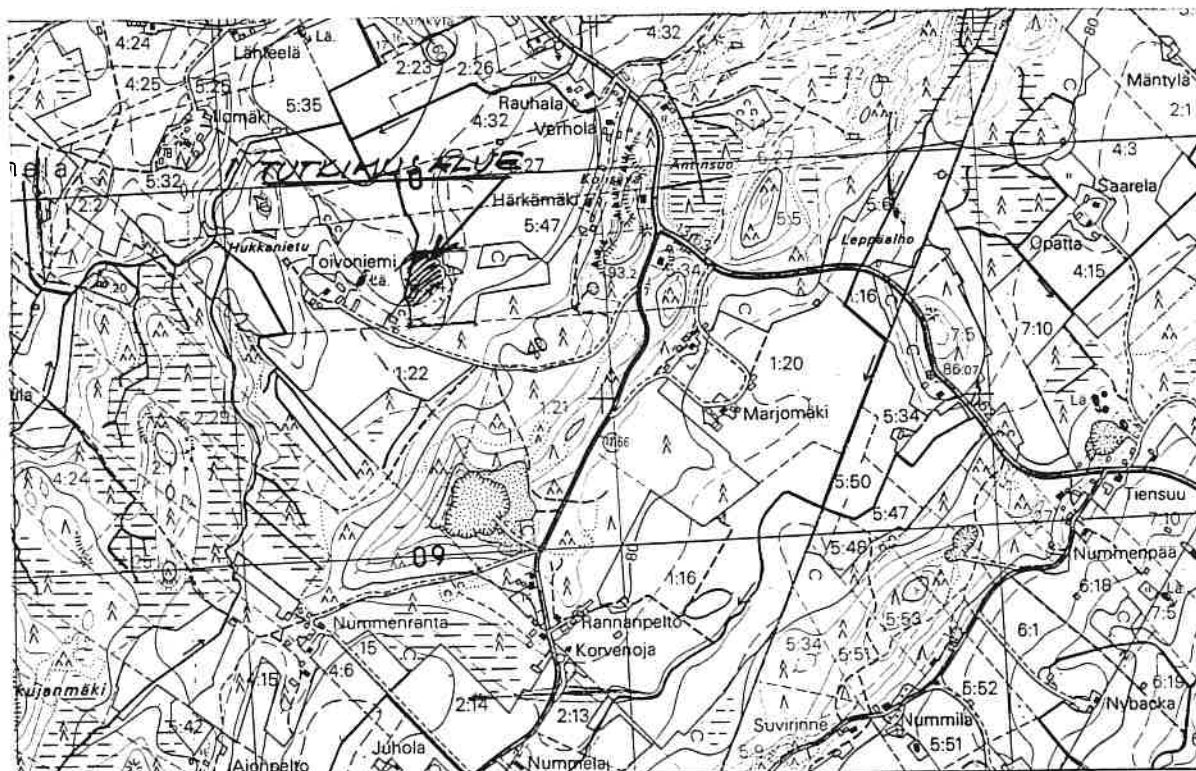


KUVA 6 Maatutkaa vedetään amfibioajoneuvolla

3.2 TUTKIMUSALUE TOIVONIEMI

Nummi-Pusulassa olevan Toivoniemen tilan salaojitussuunnitelmas-
ta on toteutettu ojastot 5...9 syksyllä 1982. Ojaston n:o 9 län-
silaidalla (liite 20), lähellä valtaojaa olevalla noin 30 aarin
alueella ojitus ei toimi vaan alue pysyy jatkuvasti märkänä ja
niin pehmeänä, että sitä ei normaalitoimenpitein voida muokata
eikä viljellä. Alueelle on puhjennut useita pieniä silmäkkeitä,
joista tihkuu vettä jatkuvasti. Maa silmäkkeiden kohdalla on
hyllyvän pehmeää. Alueen ongelmiin oli pyritty varautumaan jo
salaojien suunnittelu- ja toteutusvaiheessa. Ojaväliä tihennet-
tiin normaalista ja näkyvissä olleiden silmäkkeiden kautta suun-
niteltiin imuojat. Muistitiedon mukaan aluetta voitiin jotenku-

ten viljellä sen ollessa avo-ojitettuna. Salaojituksen jälkeen alue meni viljelykelvottomaksi.



KUVA 7 Toivoniemen tutkimusalueen yleiskartta

(suhde 1:20.000)



KUVA 8 Paineellisen pohjaveden vaivaama alue
Toivoniemen tilalla, Nummi-Pusulassa

Salaojituksen tutkimusyhdistys teki alueella täydentäviä tutkimuksia syksyllä 1990. Alueen geologisia suhteita pyrittiin selvittämään peruskarttaan tukeutuvalla maastokatselmuksella, mitä täydennettiin maatutkaluotauksella. Alueella suoritettiin lisäksi tarkentava takymetrikartoitus, tehtiin pari kairausta, mitattiin pohjaveden korkeutta ja purkautuvaa vesimäärää.

Tutkimusalueen maanpinta peruskartan tasossa (N60) on korkeudella +62...63 m. Maanpinta nousee kaakkoon mentäessä ja on pellon kaakkois-itäreunassa noin 200 m:n päässä märestä alueesta tasolla 71...72 m. Tutkimusalueen kaakkoispuolella noin 400...500 m:n päässä on lounas-luode suuntainen harjumuodostuma, jossa on avoimia soranottoalueita. Peruskartan mukaan harjun laki on paikoitellen korkeustasolla +100 m.



KUVA 9 Soranottoharju Toivoniemen tilan lähellä

Alueen etelälaidalla on suurehko avolähde, josta Toivoniemen tilalle johdetaan talousvesi. Lähteen ylivuoto purkautuu märän alueen länsilaitaa rajoittavaan valtaojaan. Ojan alapäähän asennetun kolmiopadon kautta purkautuva virtaama oli 29.8.1990 noin 0,3 l/s, 8.10.1990 noin 2,7 l/s ja 9.11.1990 noin 4,0 l/s.

Tehtyjen kairausten mukaan märällä alueella huonosti vettä läpäisevän savi-silttikerroksen paksuus on 10...12 metriä. Se ohenee nopeasti harjun suuntaan tultaessa. Siltin alla olevan vettä johtavan kerroksen paksuutta ei kaluston puutteellisuuden takia saatu määritettyä. Pohjaveden paineen vaikutuksesta alueelle on muodostunut silmäkkeitä. Kairauksen jälkeen alkoi kairausreikä vuotaa ja kun se tukittiin alkoi vieressä oleva vanha silmäke vuotaa uudelleen. Tämän perusteella pääteltiin, että silttikerroksessa on ohuita vaakasuoria vettä johtavia kerrostumia, joiden kautta tukitun kairausreijän virtaus siirtyi viereiseen silmäkkeeseen.

Alueella tehtiin useita maatutkaluotauksia. Näiden tulkintaa vaikeutti märkien turve- ja silttikerrosten syvyys eikä alla olevan vettä johtavan kerroksen pinnan korkeudesta ja syvyydestä saatu selvää kuvaa. Luotauksen perusteella arvioitiin, että märän alueen allas on kaksiosainen, ts. sen keskellä olisi turvesyvänne. Luotaus vahvisti myös kairausten perusteella tehtyä arviota ohuiden välikerrosten olemassaolosta. Luotauksen perusteella arvioitiin, että alueen lounaispuolella (lähteen - ladon suunnassa) on "piiloharju". Tämän yhteyttä kaakossa olevaan peruskartallakin näkyvään harjumuodostumaan ei selvitetty.

Lähteen pieni ylivuoto antaa aiheen olettaa, että varsinaista

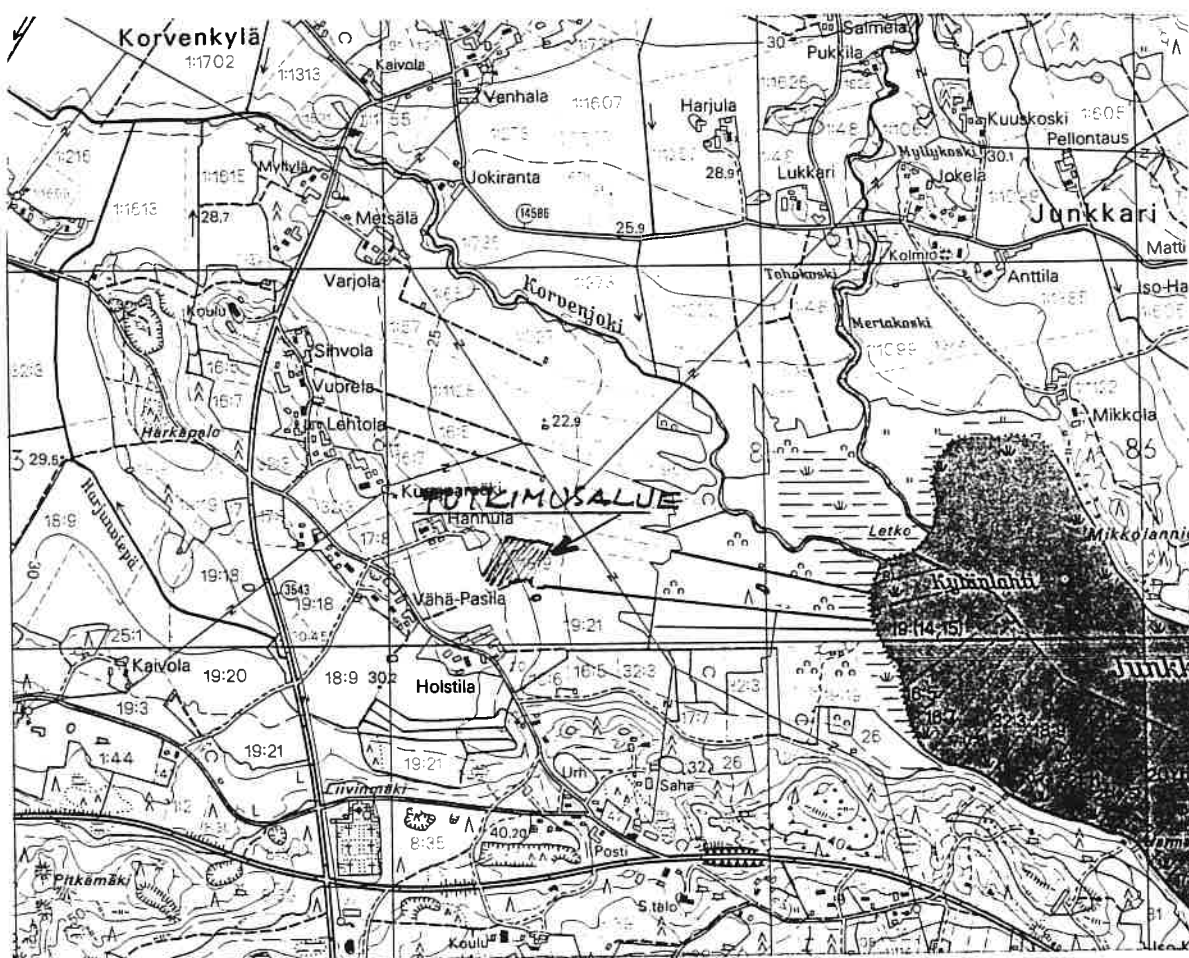
hydraulista yhteyttä ei ole ja että akviferi olisi kooltaan suhteellisen pieni. Pohjaveden virtaus tutkitulle alueelle arvioitiin tapahtuvan tästä akviferista eikä kaakosta korkeuskäyrien gradientin suunnasta. Pohjaveden painehavaintojen puuttuessa arviota ei voida varmentaa.

Salaojituksen korjaustoimenpiteenä suunniteltiin aluksi pystysalaojitusta. Lähinnä maatutka-ajon ja kairauksesta saatujen kokemusten perusteella tultiin siihen tulokseen, että jos pysty-
ojia käytetään, ei pohjaveden virtaus ole hallittavissa. Koko akviferi ilmeisesti purkautuisi pysty-
ojien kautta niiden poistoputkien tasolle ja samalla vedenpinta talon vedenottamossa las-
kisi niin, että nykyisiä laitteita ei enää voitaisi käyttää. Lisäksi on olemassa vaara, että suurten vesimäärien purkautuessa hallitsemattomasti avo-ojassa ja pellolla tapahtuisi pahoja
maan ja ojaluisien syöpymisiä.

Em. syistä korjaustoimenpiteeksi ehdotettiin suoto-
ojien käyttöä. Suoto-
ojat ovat 60...80 cm syviä ja 5...7 cm leveitä kairantoja, , jotka on pintaan saakka täytetty vettä johtavalla aineella (soralla, hakkeella, kuorijätteellä tai vastaavalla). Suoto-
ojat tehdään tavallisesti kohtisuoraan varsinaisen salaojituksen imuojien suuntaa. Niissä on käytetty pelkästään täyteainetta tai ne on eräissä tapauksissa varustettu myös pieniläpimittaisella (32...40 mm) putkella. Suoto-
ojia joudutaan tässä tapauksessa sijoittamaan suhteellisen tiheään, noin 6 m:n välein. Toisaalta kun kysymyksessä on verrattain pieni alue, ei ojamäärällä ole ratkaisevaa vaikutusta työn kustannuksiin. Suoto-
ojien tekemiseen on kehitetty jyrsimiä, joita eräillä urakoitsijoilla on käytössä.

3.3 TUTKIMUSALUE VÄHÄ-PASILA

Anjalankosken Muhniemen kylässä Vähä-Pasilan tilalla olevan peltoalueen salaojitusta on laajennettu v. 1989. Ko. palsta on itä-länsi suuntainen. Se rajoittuu länsilaidalla tiehen ja maanpinnan korkeus siellä on peruskartan tasossa noin +30 m. Pelto laskee suhteellisen tasaisesti kohti Junkkarinjärveä, jonka vedenpinnan korkeus on +21.5 m. Palstan itäosa kuuluu Junkkarinjärven pengerryksen hyötyalueeseen. Salaojituksen laajennus tehtiin palstan keskivaiheille ja ojitusalue liittyy välittömästi aikaisemmin palstan länsipäässä ojitettuun (ojasto 1) alueeseen. Maanpinnan korkeus nyt ojitetulla alueella on peruskartan korkeuskäyrän +25 m molemmiin puolin. Tällä alueella maanpinnan kaltevuus on hiukan muuta peltoa jyrkempi. Korkeusero noin 60 m:n matkalla on 2 m kun sama korkeusero palstan länsilaidalla saavutetaan vasta 100...150 m:n matkalla. Ojitetulle alueelle on puhjennut useita silmäkkeitä., jotka sijoittuvat palstan poikki korkeuskäyrän suunnassa. Osasta silmäkkeistä oli jatkuvaa vähäistä ylivuotoa. Lähteellisyyden takia oli noin 30 m leveä pellon poikki ulottuva alue jätetty kyntämättä.



KUVA 10 Vähä-Pasilan tutkimusalueen yleiskartta

(suhde 1:20.000)

Paikalla suoritettiin katselmus 27.11.1990. Samalla tehtiin maa-peräkairaus kolmessa määrälle vyöhykkeelle sijoitetussa pisteessä (P1, P2, P3) ja yhdessä pisteessä noin 50 m vyöhykkeen yläpuolella (P4). Kairauspisteiden kohdalle yritettiin asentaa pohjaveden havaintoputket. Piste 1 putki irtosi liitoksistaan eikä pohjavesihavaintoa saatu tehtyä. Piste 2 putkessa pohjaveden pinta oli noin 0,7 m maanpinnasta. Piste 3 putken asennus epäonnistui myös. Putken vieressä olevan silmäkkeen vesipinta oli maanpinnan tasossa. Pisteestä 4 ei saatu pohjavesihavaintoa. Maanomistaja ilmoitti myöhemmin, että putkessa 2 vesipinta on noussut noin 0,5 m maanpinnan yläpuolelle.

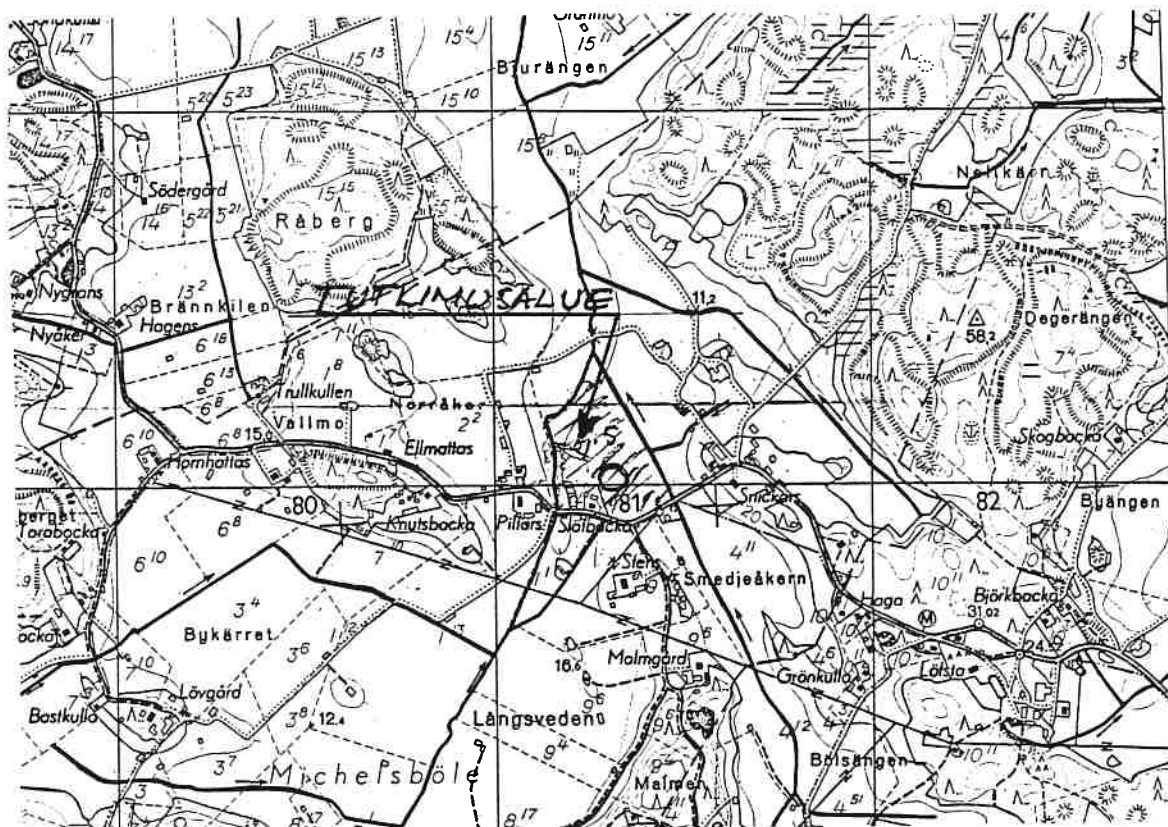
Kairausten mukaan (liite 21) kaikissa tutkituissa pisteissä on 6.0...6.7 m:n paksuinen savikerros, jonka alla on soraa tai hiekkaa. Kairaukset ulottuivat 6,5...7,5 m:n syvyyteen eikä vetä johtavan kerroksen paksuutta saatu tulkittua.

Alueella tehtiin myös maatutkaluotaus. Linjoja ajettiin yhteensä 10 kpl. Tietä pitkin ajettu linja osoitti sen olevan lajittuneiden kerrosten päällä. Muiden linjojen tulkinnan mukaan silmäkeinen alue on savikon muutoskohdassa, jossa ilmeisesti eri ikäiset savet kohtaavat. Useista profiileista löytyy raja-alue, jossa saven pinnasta lähtee kerros alas ja välittömästi tämän rajapinnan jälkeen on lähteet. Lähdealue saattaa olla myös vanhaa Kymijoen rantakerrostumaa. Lähdealueella saattaa olla hydraulinen yhteys tien alla olevaan akviferiin. Tätä ei kuitenkaan luotettavasti voitu osoittaa. Em. akviferissa on useita kaivoja, mistä syystä pohjaveden paineen laukaisu voi aiheuttaa kaivojen vedensaannin ehtymisen.

Lopullista ratkaisuehdotusta alueen salaojituksen parantamiseksi ei vielä tehty. Todennäköistä on, että pystysuora ojitus ei tule kysymykseen, vaan suhteellisen kapean märän vyöhykkeen kuivatus on järjestettävä tihentämällä ojitusta ja käyttämällä mahdollisesti suoto-ojien ja lähdekaivojen yhdistelmiä. Alueella suoritetaan vielä täydentäviä pohjavedenkorkeuden mittauksia.

3.4 TUTKIMUSALUE MICHELSBÖLE

Porvoon maalaiskunnan Kulloossa Michelsbölen (om.Kesävaara) ti-
lalla on yhtenäisellä valtaojien ja tien rajoittamalla noin 8
ha:n peltoalueella pieni noin 0,13 ha:n laajuinen kumpare, joka
jää muokkaamatta pohjavesihaittojen takia. Kumpareen laki on
noin 1,5 m ympäröivää aluetta korkeammalla. Sen reunaan tehdyssä
lähdekaivossa pohjaveden pinta on maanpinnan tasolla. Kumpareta
lapiolla kaivamalla saatiin pohjavesi esiin verrattain matalalta
jo parin lapionpiston syvyydestä. Kumpareen ympärille on tehty
salaojia, mutta osa niistä on ilmeisesti rautasaostuman tukki-
mia. Kumpareen pohjoispuolinen peltoalue viettää noin 0,5%:n
kaltevuudella pohjoiseen. Maanpinnan korkeus pellolla on noin
+10 m peruskartan tasossa.



KUVA 11 Michelsbölen tutkimusalueen yleiskartta

(suhde 1:20.000)

Peltoalueen eteläpuolella noin 0,5 km:n päässä on Porvoon maalaiskunnan omistama Michelsbölen pohjavedenottamo, jonka on suunnitellut Suunnittelukeskus Oy.

Suunnittelijan arkistotietojen mukaan alueella 1970-luvulla tehdyssä pohjavesitutkimuksessa todettiin, että pohjavesiesiintymästä voidaan jatkuvasti ottaa vettä noin 1800 m³/vrk. Pohjavesitutkimuksen kairauspisteitä tai koepumppauksen havaintoputkia ei ollut nyt tarkastetulla peltoalueella, mutta kyllä sen lähialueilla. Kairausten mukaan akviferi on varsin syvä, paikoitellen lähes 20 m. Muistitiedon mukaan pellon nykyisen ongelma-alueen kuivatustila oli koepumppauksen aikana tyydyttävä.

Porvoon maalaiskunnan teknisestä toimistosta saatujen tietojen mukaan pohjavesilaitoksen kulutusalue laajenee ja sen jakaman veden määrä tulee nykyisestä lisääntymään. Laitoksesta on äskettäin rakennettu uusi syöttöjohto.

Saatujen taustatietojen perusteella katsottiin, että toistaiseksi ongelma-alueelle ei ole syytä tehdä muita korjaustoimenpiteitä kuin pyrkiä avaamaan tukkeutuneita salaojia huuhtelemalla ja/tai rassaamalla. Pohjaveden paineen alentaminen paikallisesti on mahdotonta eikä muihinkaan toimenpiteisiin alueen pienuuden takia kannata ruveta. Vedenoton lisääntyessä tilanne saattaa aikaa myöten parantua kuten koepumppauksesta saadut kokemukset osoittavat (kartta liitteenä 22).

4. T U T K I M U S T U L O S T E N A R V I O I N T I A

Tässä tutkimuksessa koealueiksi valitut neljä kohdetta osoittautuivat kaikki rakenteeltaan eri tyyppisiksi. Jokaisessa paineellisen pohjaveden aiheuttama haitta ilmeni periaatteessa samanalaisena: tehty salaojitus ei toiminut, pellon pinta pysyi märkinä ja pehmeänä. Haitan vaikutusalueen laajuus ja muoto sensijaan vaihtelivat.

Histassa haitta-alue oli verrattain laaja, noin 1...2 ha. Se ei pinnanmuodostukseltaan sanottavasti poikennut toimivasta salaojitusalueesta. Pintaan tulevia, näkyviä pohjaveden purkaumia ei havaittu.

Toivoniemessä haitta-alue oli selvästi pienempi, vain muutamia kymmeniä aareja. Alue oli painanteessa, selvästi muuta peltoa alempana. Alueella oli runsaasti silmäkkeitä, joista osa vuoti jatkuvasti. Uusia silmäkkeitä syntyi koetinkairausten reikiin. Pohjavesihaitta oli pahentunut pellon salaojituksen jälkeen.

Vähä-Pasilassa haitta-alue oli nauhamainen ja se sijoittui selvästi korkeuskäyrän suuntaan kohdalle, jossa maanpinnan kaltevuus oli jonkin verran suurempi kuin muulla peltoalueella. Alueen silmäkkeet, jotka olivat syntyneet salaojituksen jälkeen, sijaitsivat 20...30 m leveällä vyöhykkeellä lähes suorassa rivissä. Silmäkkeistä oli ylivuotoa.

Michelsbölessä haitta-alue on lähes pistemäinen kumpu, joka on selvästi ympäröivää peltoa korkeammalla. Varsinaisia silmäkkeitä ei ole, mutta jo muutaman kymmenen cm:n kaivamisella päästään pohjaveden pintaan. Kummun reuna-alueella pohjavesi on maanpinnan korkeudella.

Esimerkkitapauksissa tehdyillä tutkimuksilla oli kaksi tavoitetta: 1) Pyrkiä vertailemaan tarkoituksenmukaisten korjaustoimenpiteiden kustannuksia sekä 2) samalla kehittää kenttätutkimusmenetelmiä, joita voidaan soveltaa paineellisen pohjaveden haittoista kärsivillä alueilla. Viime kädessä tavoitteena on kehittää tutkimusmenetelmiä niin, että salaojitus voitaisiin suunnitella toimivaksi riippumatta siitä, onko kysymyksessä paineeton tai paineellinen alue.

Suoritettuja kenttätutkimuksia on seuraavassa tarkasteltu arvioimalla **Histan** kohteen osalta, mitkä tehdyistä osavaiheista olivat esitetyn ratkaisun löytämiseksi välttämättömiä. **Toivoniemen** ja **Michelsbölen** kohteiden osalta on arvioitu millaisella riskillä ratkaisuehdotus on esitetty, kun intressin taloudellinen arvo otetaan huomioon. **Vähä-Pasilan** kohteessa ratkaisuehdotusta ei ole tehty. Tutkimusta on siellä tarkoitus vielä jatkaa.

4.1 HISTA

Histan alueella kenttätutkimuksia tekivät Salaojituksen Tutkimusyhdistys, Oy Vesi-Hydro Ab ja Geo-Work Oy. Huolimatta siitä, missä järjestyksessä tutkimukset todellisuudessa tehtiin, on seuraavassa lueteltu se toimenpiteiden suoritusjärjestys, jota normaalisti esim. pohjavesitutkimuksissa käytetään.

1. Käyttöön hankitaan tutkimuskohteen ja sen ympäristön asiakirja-aineisto: alueelle tehtyt aikaisemmat salaojitus-, peruskuivatus- ja mahd. tiesuunnitelmat maaperäselvityksineen, geologiset- ja peruskartat, tiedot alueella olevista vedenottamoista, sora- ja hiekkavarvoja koskevat selvitykset jne.

2. Suoritetaan silmävarainen maastokatselmus, joka ulotetaan 0,3...0,5 km ojitettavan alueen ulkopuolelle. Katselmuksessa todetaan mm. lähteiden sijainti ja niistä purkautuva vesimäärä, lähialueen kaivot, pohjaveden laatu, näkyvissä oleva maakerrosten rakenne, kalliopaljastumat, maanpinnan kaltevuussuhteet, peruskuivatusväylät. Samalla arvioidaan alustavasti tutkimuksen haittoja (kaivojen kuivuminen).

3. Alue kartoitetaan tai tarkistetaan olemassaoleva kartta maastossa ja vaaitaan maanpinnan, purkuväyliä, vesistöjen, lähteiden sekä rakenteiden (kaivojen vesipinnat, rumpuaukot, laskuaukot) korkeudet.

4. Tutkitaan maakerrosten rakenne ja laatu koetintanko- ja putkikairauksella ja ottamalla maanäytteitä sekä määritetään näiden perusteella koepumppauksen ja havaintoputkien paikat.

5. Asennetaan pohjaveden korkeuden havaintoputket.

6. Suoritetaan lyhytaikainen koepumppaus, jonka tulosten perusteella lasketaan pohjaveden alenemakartion pinnan korkeudet tutkittavalla alueella ja arvioidaan mahdolliset vaikutukset lähi-alueen kaivoissa.

7. Otetaan vesinäytteitä ja arvioidaan niiden perusteella mahdollisen rautasaostuman muodostumista.

Histan tapauksessa peruskuivatuksen parantamisen tarve olisi alustavasti selvinnyt jo olemassa olleista asiakirjoista ja sen kustannusten arviointi summittaisesti (ojan syventäminen tai pumppaamon rakentaminen) olisi voitu tehdä edellä lueteltujen 1. ja 2. (+ mahd. 3.) vaiheen jälkeen. Peruskuivatuksen kustannuksiksi on tässä selostuksessa aikaisemmin arvioitu noin 30.000 mk. Jo tässä vaiheessa olisi myös voitu todeta, että kustannuksia aiheuttaa lisäksi salaojituksen parantaminen, mutta näiden kustannusten määrä olisi jäänyt avoimeksi.

Vaiheiden 4 ja 5 perusteella olisi ollut arvioitavissa, että paineellisen akviferin aiheuttama haitta voidaan poistaa pysty-ojituksella tai rakentamalla salaojitus normaalia tiheämmällä ojavälillä. Summittaiset kustannukset olisi tässä vaiheessa voitu arvioida kaksinkertaisen ojatiheyden mukaan eli noin 20.000 markan hehtaarikustannuksena ja päätyä kokonaiskustannukseen vähintään 50...70.000 mk. Pohjaveden alentamisen haitoista naapurin kaivolle ei näiden vaiheiden perusteella vielä voisi esittää arviota.

Vasta vaiheiden 6 ja 7 perusteella on voitu tehdä yleissuunnitelmat eri ratkaisuvaihtoehdoista ja arvioida niiden kustannukset, jotka ovat suuruusluokkaa 70...80.000 mk. Samalla on voitu arvioida osa ratkaisun ympäristövaikutuksista eli se, että naapurin kaivo ei kuivuisi. Maanpinnan painuman tarkka arviointi sensijaan edellyttäisi vielä perusteellisempaa pintamaalajien laboratoriotutkimusta. Myös rautasaostumien todennäköisyys jää epäselväksi.

Histan peltoalueen salaojituksen korjaustoimenpiteiden taloudellisuutta arvioitaessa lähtökohtana on, että tilan kaukaisimman, erillisen, runsaan 4 ha:n suuruisen peltolohkon pinta-alasta noin puolet on nykyisellään viljelyyn kelpaamatonta ja tilanteen korjaaminen edellyttäisi noin 70...80.000 mk:n investointia. Arvio jää viljelijän tehtäväksi.

4.2 TOIVONIEMI

Toivoniemen pellolla tehtiin osa edellä luetelluista tutkimusvaiheista 1...4. Alueen aikaisemasta salaojituksesta oli käytävissä asiakirjoja. Alue kartoitettiin uudelleen takymetrimittauksin. Maastohavaintoja täydennettiin parilla kairauksella ja virtaamamittauksilla. Näiden lisäksi suoritettiin maatutkaluotauksia. Pohjaveden korkeuden havaintoputkia ei asennettu eikä alueella suoritettu koepumppauksia.

Ratkaisuvaihtoehtoista hylättiin pohjaveden paineen alentaminen pystyjoituksella sen aiheuttaman ilmeisen ympäristöriskin takia. Korjaustoimenpiteenä ehdotettiin ns. suoto-ojitusta eli nykyisen ojituksen tihentämistä tavanomaista salaojitusta kevyemmällä ja halvemmalla ratkaisulla. Valintaa tuki saatu tieto alueen välttävistä viljelykelpoisuudesta avo-ojitettuna. Suoto-ojien väli valittiin koemielessä harvemmaksi kuin Histan alueella suoritetut laskelmat ojatiheydestä olisivat edellyttäneet. Valintaa perusteltiin toisaalta sillä, että ratkaisulla pyritään pienempään kuivatussyvyyteen kuin Histassa ja toisaalta sillä, että suoto-ojia voidaan varsin vähin kustannuksin lisätä tilan omin voimin jäljestäpäin, mikäli se osoittautuu tarpeelliseksi.

Huolimatta alueen edullisesta sijainnista lähellä tilakeskusta, sen parantamiseen ei voida investoida suuria summia alueen pienenuden takia.

4.4 MICHELSBÖLE

Michelsbölen alueella suoritettu katselmus, hankitut taustatiedot lähellä olevasta vesilaitoksesta ja sen suunnittelua varten tehdyistä pohjavesitutkimuksista antoivat riittävät perusteet ehdotukselle, jonka mukaan mitään varsinaisia lisärakenteita ei salaojitukseen tulisi tässä vaiheessa tehdä. Tätä tuki myös ongelma-alueen pienenus (n 13 a).

Vedenkulutuksen kasvaessa on odotettavissa, että myös kuivatus-tilanne tarkastetulla alueella paranee.

5. KENTTÄTUTKIMUSOHJE PAINEEN-
ALAISTEN POHJAVESIALUEIDEN
SALAOJITUSSUUNNITTELUA VARTEN

Paineenalaisten pohjavesialueiden peltosalaojitusten suunnittelussa on käytännössä kaksi lähtötilannetta: (I) Pellon salaojituksista vasta suunnitellaan ja alueella tiedetään tai arvioidaan olevan paineellista pohjavettä. (II) Alueella on toteutettu salaojitus, jonka toiminnassa on häiriöitä paineellisen pohjaveden takia ja tästä syystä on suunniteltava korjaustoimenpiteitä. Kenttätutkimustöiden laajuus riippuu jossain määrin siitä kummasta lähtötilanteesta on kysymys. Molemmissa tapauksissa pyritään toimivan salaojituksen suunnitteluun, mutta koska perusteelliset pohjavesitutkimukset ovat varsin kalliita, ei lähtötilanteessa (I) voida tutkimusta yleensä suorittaa niin laajasti kuin vedenhankintaa varten tehtäviä tutkimuksia tavallisesti tehdään. Lähtötilanteen (II) ollessa kysymyksessä on ensin arvioitava miten suuria kustannuksia tutkimukseen kannattaa sijoittaa ja tämän perusteella suunniteltava tutkimusohjelma. Molemmissa tapauksissa tutkimusten alkuvaiheena on kaikkien kohtuullisella vaivalla saatavissa olevien perustietojen hankinta ja tutkimuksen ulottaminen laajemmalle alueelle kuin tavanomaisessa pellon salaojitussuunnittelussa.

Seuraavassa on esitetty suoritusjärjestyksessä paineellisten pohjavesialueiden kenttätutkimuksia ja niihin liittyviä selvityksiä:

1. Tutkimuskohteessa ja sen ympäristössä tehdyistä aikaisemmista kenttätutkimuksista hankitaan asiakirja- ja kartta-aineisto. Tällaisia ovat mm. salaojitus-, peruskuivatus-, tie-, vesijohto- ja viemärisuunnittelua varten tehdyt maaperätutkimukset sekä sora- ja hiekkavaroja koskevat selvitykset. Mikäli alueella on tehty vedenhankintaa varten pohjavesitutkimuksia, ovat niiden tulokset erityisen tärkeitä paineenalaisten pohjavesialueiden salaojituksen suunnittelussa.

Alueen peruskartat, geologiset ja agrogeologiset kartat sekä ilmakuvat, mikäli niitä on saatavissa, hankitaan käyttöön.

2. Suoritetaan silmävarainen maastokatselmus, joka ulotetaan myös salaojitettavan alueen ulkopuolelle maastosuhteista riippuen aina 0,5...1.0 km:n etäisyydelle alueesta. Katselmuksessa todetaan mm. lähteiden sijainti ja niiden purkauma, lähialueen kaivot, pohjaveden laatu, näkyvissä oleva maakerrosten rakenne, kalliopaljastumat, maanpinnan kaltevuussuhteet, peruskuivatusväylät ja vesistöjen sijainti. Tässä yhteydessä arvioidaan alustavasti tutkimuksen ja salaojituksen mahdollisia haittoja kuten kaivojen kuivumista koepumppauksen tai muun pohjavedenpinnan alentamisen takia.

3. Varsinainen salaojitusta varten tehtävä maastotutkimus suoritetaan Salaojittajan käsikirja II A:n ohjeiden mukaisesti.

Tämän lisäksi tutkimus ulotetaan salaojitettavan alueen ulkopuolelle vaaitsemalla lähteiden, kaivojen, purkuväylien ja vesistöjen vedenpinnan ja rakenteiden (rumpaukot, laskuaukot, tienpinnat) korkeuksia. Samalla selvitetään haastatteluin lähteiden ja kaivojen vedenpinnan korkeusvaihteluita. Lähteiden purkaumia mitataan asentamalla mittapatoja (liite 23).

4. Tavanomaisen salaojitusta varten tehtävän maaperätutkimuksen lisäksi selvitetään maakerrosten rakennetta ja laatua näkyvissä olevien silmäkkeiden kohdalla normaalia syvempään. Pyrkimyksenä on koetintanko- ja putkikairauksin selvittää vettä johtamattoman kerroksen paksuus ja ulottaa kairaukset sen alla olevaan johtavaan kerrokseen ainakin 1,0 m:n syvyyteen; mieluummin koko johtavan kerroksen pohjaan saakka. Näitä syvälle ulottuvia kairauksia tehdään paikallisista olosuhteista riippuen myös lähteisen alueen ulkopuolella 1...3 pisteessä. Tutkimusta täydennetään tarvittaessa ottamalla maanäytteitä sekä vettä johtavasta että sen yläpuolella olevasta kerroksesta. Näiden lisätutkimusten perusteella määritetään mahdollisesti asennettavien havaintoputkien paikat ja valitaan koepumppauspaikka. Kairauksissa ja koepumppauksessa tarvittavaa kalustoa on selostettu liitteessä 24.

5. Kairausten perusteella valittuihin paikkoihin asennetaan pohjaveden havaintoputket ja imuputket koepumppausta varten. Havaintoputkina voidaan pehmeissä kivettömissä maissa käyttää sähköasennusputkia, jotka painetaan suojaputken avulla kairausreikään heti kairan noston jälkeen. Kovissa ja kivisissä maissa havaintoputkina on yleensä käytettävä teräsputkia ja niiden asentamisessa on käytettävä lyöntikalustoa.

6. Suoritetaan ns. lyhytaikainen koepumppaus, jonka tulosten perusteella voidaan arvioida pohjavedenpinnan alentamisen aiheuttamia vahinkoja ja valita menetelmä paineellisen pohjavesialueen salaojitusratkaisuksi. Koepumppauksen tuloksista saadaan perusteet salaojitusratkaisulle.

Edellä luetellut tutkimusvaiheet 1 ja 2 tehdään riippumatta siitä onko kysymyksessä aikaisemmin salaojittamaton paineellisen pohjaveden vaivaama peltoalue (lähtötilanne I) vai jo salaojitettu alue, jolla pohjavesihaittoja ojituksen jälkeenkin ilmenee (lähtötilanne II).

Tutkimusvaihe 3 tehdään lähtötilanteessa (I) aina. Tilanteessa (II) tästä tutkimusvaiheesta tarvitsee yleensä tehdä vain jo ojitetun alueen ulkopuolelle kohdistuvia selvityksiä.

Ennen tutkimusvaiheeseen 4 kuuluvien, syvälle ulottuvien koetintanko- ja putkikairausten tekemistä, on niiden kustannukset selvitettävä tilaajalle ja päätettävä tutkimusten jatkamisesta, ottaen huomioon niiden kustannukset ja kuivatuksesta saatava hyöty. Tämän ja sitä seuraavien tutkimusvaiheiden suorituksesta on syytä aina sopia tilaajan, työn valvojan ja kenttätutkimusten tekijän yhteisessä neuvottelussa, jonka päätökset kirjataan.

Tutkimusvaiheet 5 ja 6 tehdään työn valvojan ohjauksessa tilaajalta saadun kirjallisen toimeksiannon perusteella.

6. K I R J A L L I S U U T T A

- AIRAKSINEN, J.U. 1978. Maa- ja pohjavesihydrologia. 248 s. Oulu.
- BERGLUND, G., HUHTASAARI, C., INGEVALL, A. 1984. Dränering av jordar med rostproblem. Dränering av tryckvatten. 41 S. Uppsala.
- GEO-WORK Oy. 1990. Maatutkaluotausraportti Espoon Hista ja Nummi-Pusulan Toivoniemi. 8 s. Helsinki.
- GEO-WORK Oy. 1990. Maatutkaluotausraportti Vähä-Pasila, Anjalankoski. 7 s. Helsinki.
- INSINÖÖRITOIMISTO PAAVO RISTOLA Oy. 1982. Järvensuon alueen salaojitus. 5 s. Salpakangas.
- INSINÖÖRITOIMISTO PAAVO RISTOLA Oy. 1982. Kosteikon maaperäselvitys. 4 s. Salpakangas.
- KESO, L. 1951. Salaojitustyöt. 299 s. Helsinki
- MÄLKKI, E. 1979. Ground-water flow velocity as an indicator of the permeability and internal structure of eskers. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 32. 42 s Helsinki.
- Oy VESI-HYDRO Ab, 1990. Kenttätutkimusmenetelmien kehittäminen paineenalaisten pohjavesiesiintymien salaojitussuunnittelua varten ja menetelmiä paineellisen pohjavedenpinnan alentamiseksi. 27 s. Helsinki.
- SAAVALAINEN, J. 1981. Salaojittajan käsikirja osa I A. 116 s. Helsinki.
- SAAVALAINEN, J. 1983. Salaojittajan käsikirja osa I B. 83 s. Helsinki.
- SAAVALAINEN, J. 1984. Salaojittajan käsikirja osa II A. 167 s. Columbus, Ohio.
- SAAVALAINEN, J. 1981. Salaojittajan käsikirja osa II B. 57 s. Helsinki.
- SAAVALAINEN, J. 1991. Salaojittajan käsikirja osa III. 49 s. Helsinki.
- SAAVALAINEN, J. 1991. Pieni salaojituskirja. 70 s. Helsinki.
- SALAOJITUKSEN TUTKIMUSYHDISTYS ry. 1990. Kenttätutkimusraportti Histan koealueelta. 5 s. Helsinki.

SUOMEN GEOTEKNILLINEN YHDISTYS ry. 1975. Kairausopas IV, Pohjavedenpinnan mittaaminen. 26 s. Espoo.

VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSLAITOS. 1971. Maalajien kaivuluokitus. Geoteknillinen laboratorio, tiedonanto n:o 1. 112 s. Otaniemi.

VESIHALLITUS, VESIENTUTKIMUSTOIMISTO. 1984. Kananojan salaojituksen toimimattomuuteen liittyvät tutkimukset. 12 s. Helsinki.

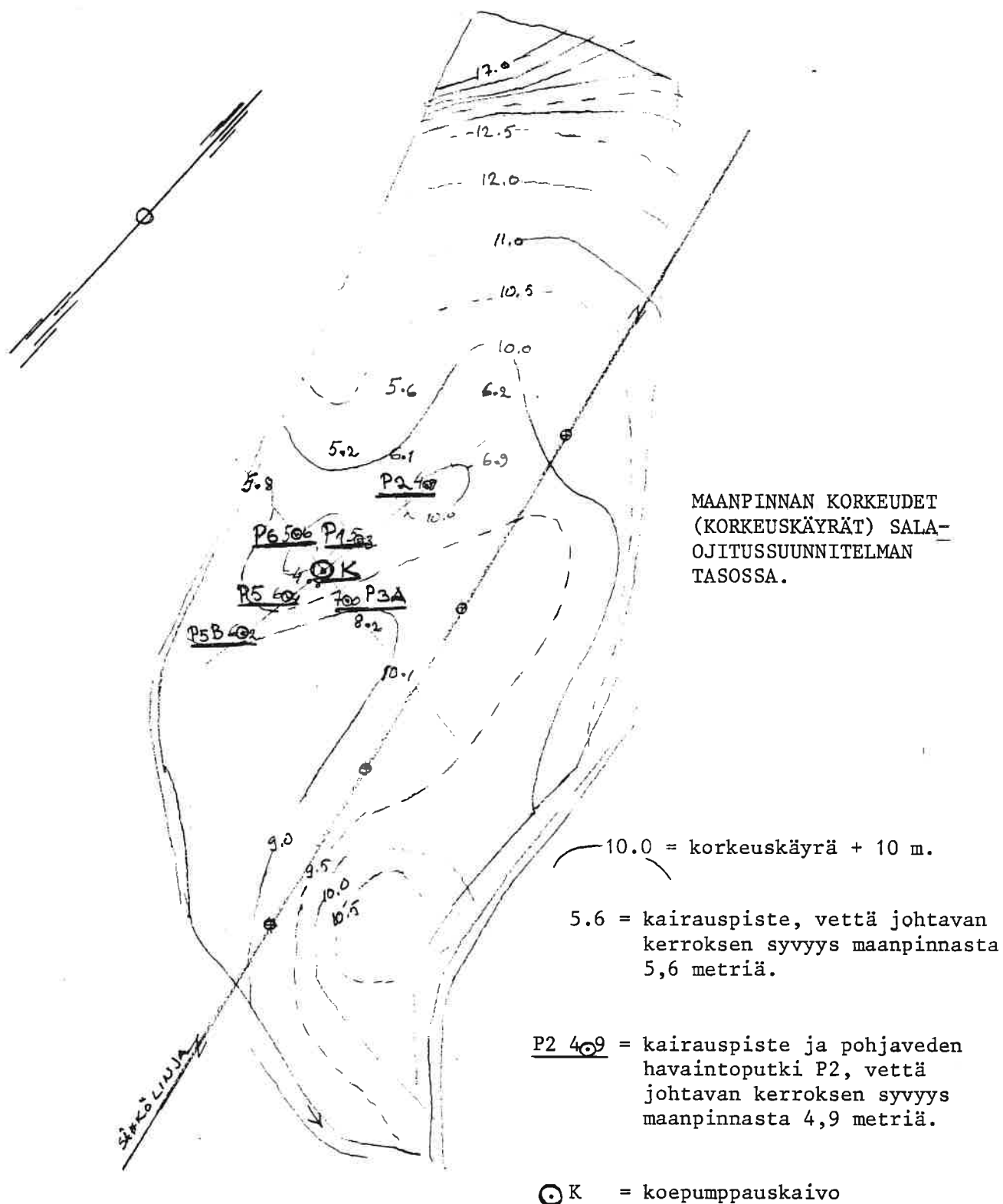
VESIHALLITUS. 1982. Maaperän rakenteesta ja maastotutkimusmenetelmistä. Vesihallituksen tiedotus 219. 109 s. Helsinki.

VESIYHDISTYS ry. 1986. Sovellettu hydrologia. 503 s. Helsinki.

VESIYHDISTYS ry. 1984. Pohjavesitutkimukset. 209 s. Helsinki.

7. L I I T T E E T

- LIITE 1 Kartta, kairauspisteet ja havaintoputket,
(yhdistyksen tutkimus, Hista).
- " 2 Tutkimuslinjojen leikkaukset,
(yhdistyksen tutkimus, Hista).
- " 3 Maanäytteen tutkimus (yhdistys).
- " 4 Koepumppauspöytäkirja (yhdistys).
- " 5 Koepumppauspiirros (havaintoputket).
- " 5a Koepumppauspiirros (kaivo).
- " 6 Kairauspöytäkirja (Vesi-Hydro, Hista).
- " 7 Maanäytteiden tutkimus (Vesi-Hydro).
- " 8 Kairauskartta (Vesi-Hydro).
- " 9 Kairauslinjojen leikkaukset (Vesi-Hydro).
- " 10 Vesinäytteiden tutkimukset.
- " 11 Koepumppauspöytäkirja (Vesi-Hydro).
- " 12 Koepumppauspiirros (Vesi-Hydro).
- " 13 Aika-alenemakäyrä.
- " 14 Etäisyysalenemakäyrä.
- " 15 Vaakaojituksen laskentatulokset.
- " 16 Tehostettu lähdekaivo.
- " 17 Vaikutusalueen kuvaaja.
- " 18 Kuivatusjärjestely (kaivot).
- " 19 Maatutkaluotauksen tulostus.
- " 20 Kartta, Toivoniemi.
- " 21 Kartta ja kairaustulokset, Vähä-Pasila.
- " 22 Kartta, Michelsböle.
- " 23 Mittapadot.
- " 24 Tutkimuskalustot.

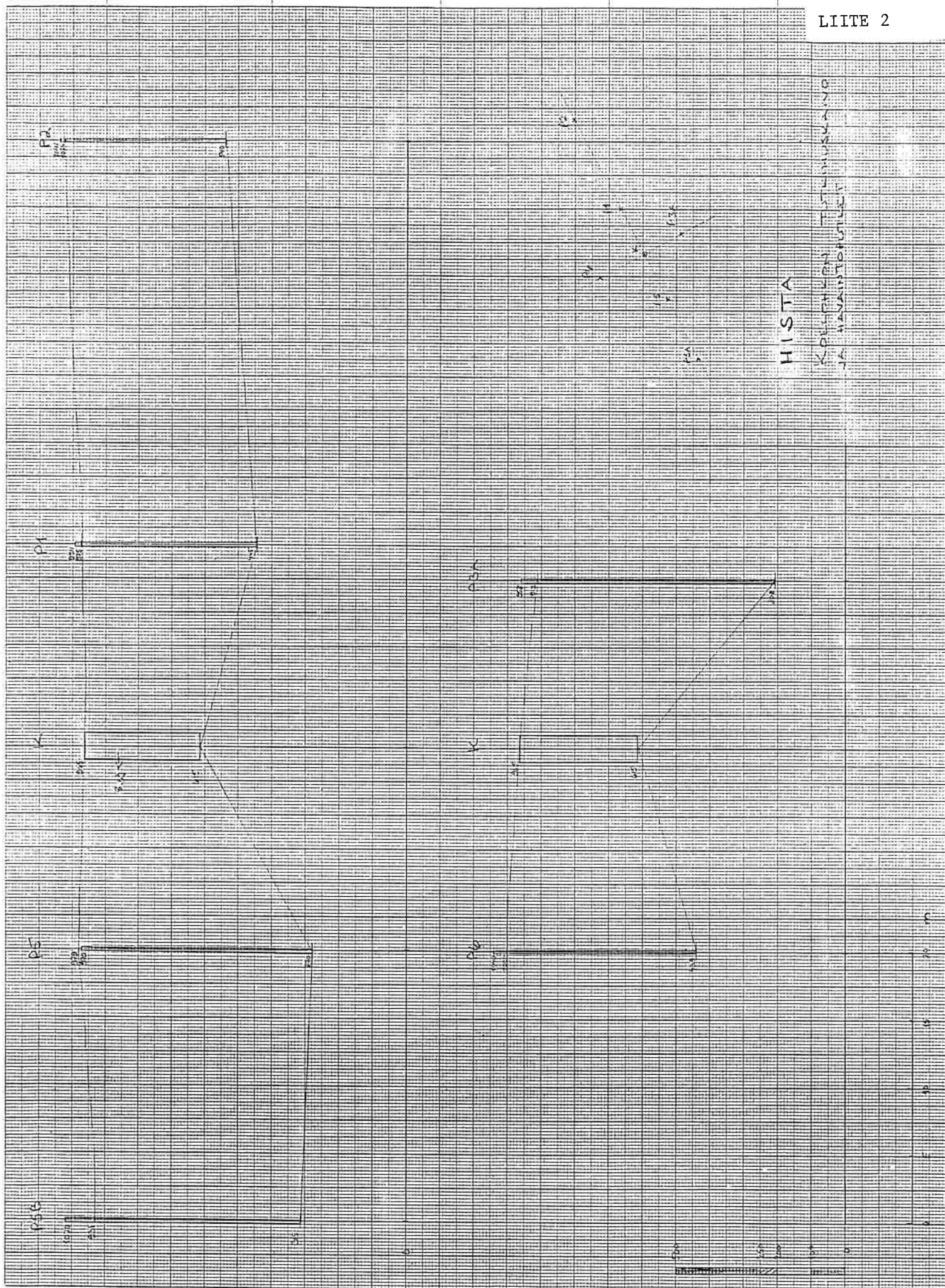


HISTAN TUTKIMUSALUE

KAIRAUSPISTEET JA POHJAVEDEN

KORKEUDEN HAVAINTOPUTKET

SUHDE 1:2000



HISTA

KOULUKESKUS TILAMUUNNAN
JA HAVAINNOSTUS

MAANAYTTEEN SEULONTA

Näyttemäärä ennen seulontaa 4087,3 g

seulan koko	seulalle jäi g	läpäisi g	läpäisi %
64	—	4086,5	100
32	—	4086,5	100
16	90,6	3995,9	98
8	289,1	3796,8	91
4	377,0	3329,8	81
2	559,4	2770,4	68
1	710,5	2059,9	50
0.5	968,6	1091,3	27
0.25	841,0	250,3	6
0.125	202,0	48,3	7
0.074	25,1	23,2	0,6
pohja	23,2	—	—
yhteensä	4086,5	—	—

SALAOJASORA

Seulontakäyrä

Sorandvite

Sorantiloaikka

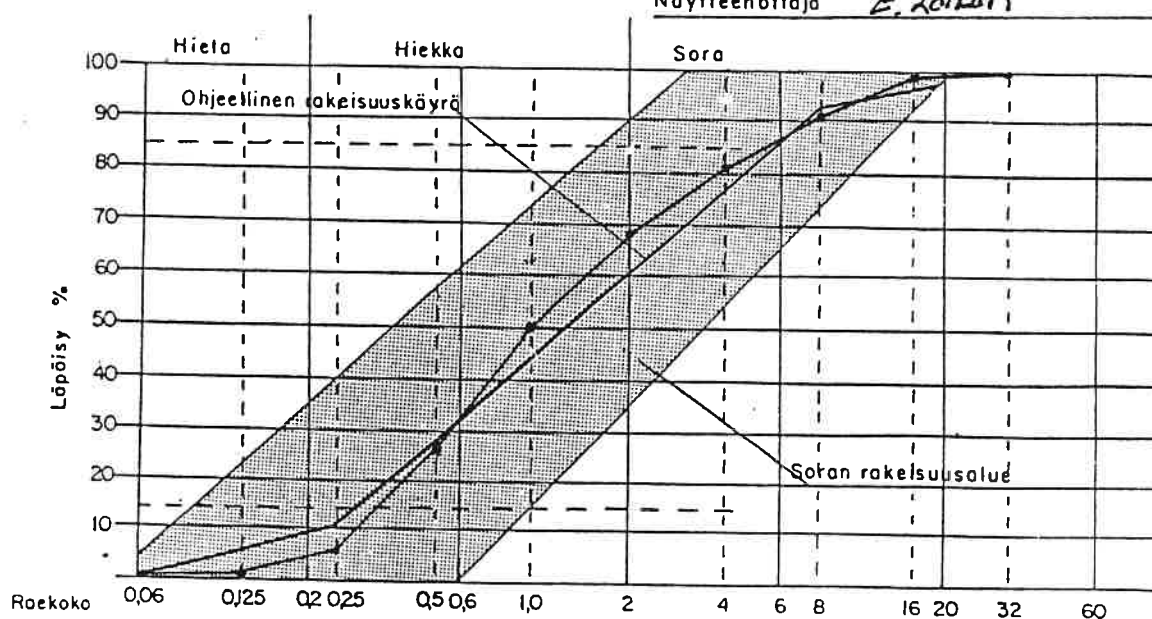
Hista

Näytteenottoaika

6.9.89

Näytteenottaja

E. Laikari



Hyväksytyn soran seulontakäyrän tulee osua tummennetulle alueelle eikä saa leikata ohjeellista rakeisuuskäyrää.

SALAOJAKESKUS
26.2.89 Seija Virtanen

Taulukko. Histan koealueen vesipintatasot kaivossa (K) ja havaintoputkissa (P1...P6) koejaksolla 23.10.-26.10.1989.

	K	P1	P2	P3A	P5	P5B	P6	Huom.
23.10.								la. vapaa
13.30	855	937,5	951	931	919	919,5	934,5	la. kiinni
55								
14.00	878,5							
05	895	937,5		935			934,5	
10	904,5				919			
15	909							
20	912,5	937,5		940			934,5	
25	916,5				920			
30	919,5							
45	925	937,5		944			934,5	
50					920			
15.15	929,5	937,5		946,5	920		934,5	
45	932,5	938,5	952	948	899,5	920	934,5	kuoppa P5
16.15	933,5	939	952,5	948,5	899	920	934,5	tyhj.
							837	putkea P6
								tyhj.
24.10.								
13.15	944,5	943	964	958	918,5	927	849	la. vapaa
58								pump. alk.
14.02								
03	745	943	964	953	918,5	927	850	
13	694	943	964	927	918,5	927	850	
26								pump. seis
28	729	942,5	963,5	917	918,5	927	850,5	pump. alk.
35								
48	767	942	963	921	918,5	927	850,5	
15.10								P6:n huuht.+tyhj
18	738	941,5	962	915	918,5	926,5	832	
16.18	789	940	960	917,5	918,5	925,5	841	
17.18	751	938,5	957,5	910,5	919	924,5	850,5	
18.18	744,5	937,5	955,5	908	920	924	857	
20.50	770	935	953	911	922	920	872	P5:vp kuo-
								passa 40
25.10.								pump. seis
7.50								pump. alk.
8.00	819,5	934,5	946,5	929,5	922	918	910	
9.50	765	933	946	911	921	917	914	
15.05	731	932,5	943,5	904	925	917	916	
21.20	705	930	938	898	925	911	915	
26.10.								pump. seis
7.50	770	936,5	946	934	928	916	922	pump. alk.
15.00	715	934	942	901	927	915	920	

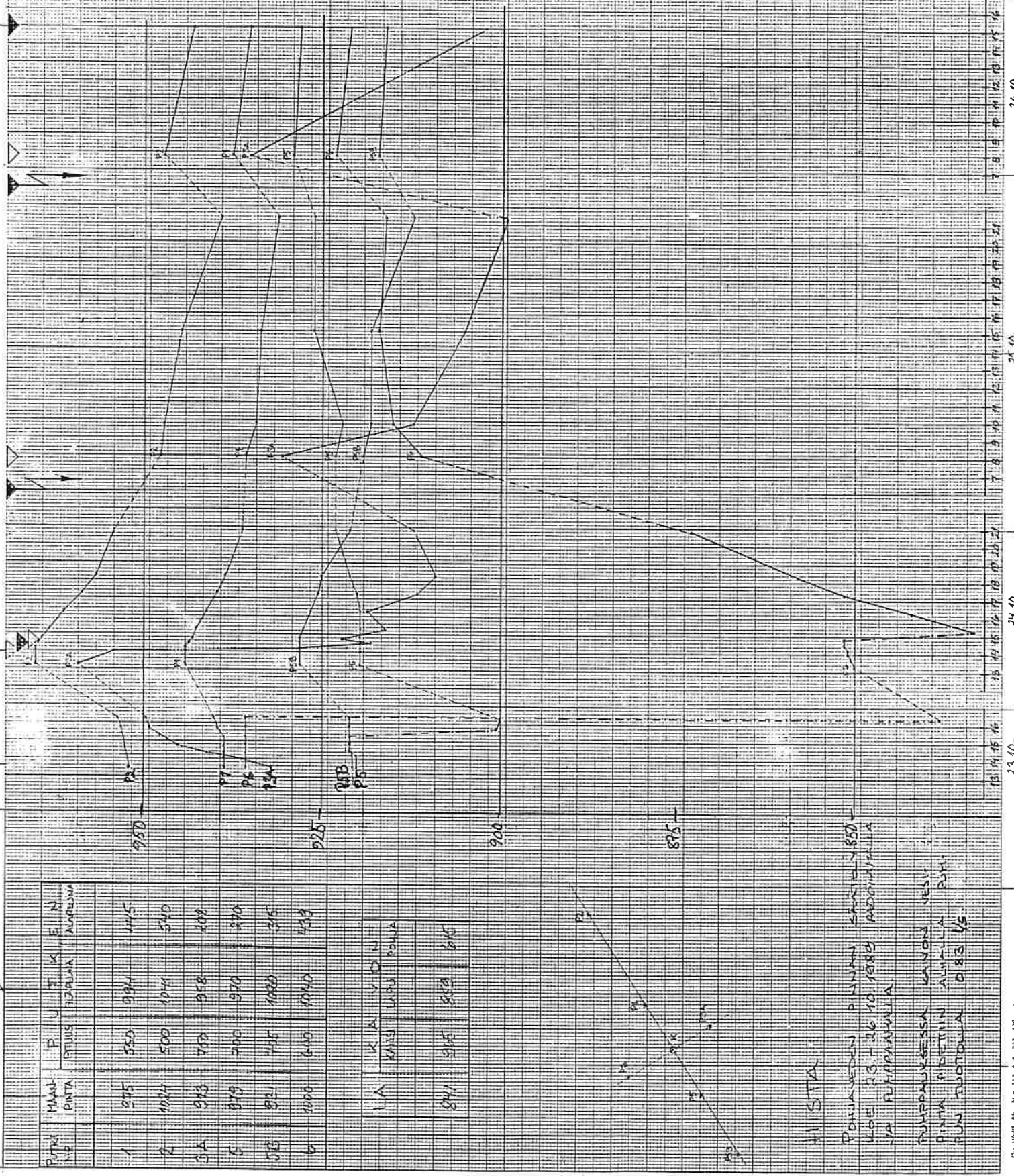
5
3
4
2
1
1
3
2

1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131-132-133-134-135-136-137-138-139-140-141-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155-156-157-158-159-160-161-162-163-164-165-166-167-168-169-170-171-172-173-174-175-176-177-178-179-180-181-182-183-184-185-186-187-188-189-190-191-192-193-194-195-196-197-198-199-200-201-202-203-204-205-206-207-208-209-210-211-212-213-214-215-216-217-218-219-220-221-222-223-224-225-226-227-228-229-230-231-232-233-234-235-236-237-238-239-240-241-242-243-244-245-246-247-248-249-250-251-252-253-254-255-256-257-258-259-260-261-262-263-264-265-266-267-268-269-270-271-272-273-274-275-276-277-278-279-280-281-282-283-284-285-286-287-288-289-290-291-292-293-294-295-296-297-298-299-300-301-302-303-304-305-306-307-308-309-310-311-312-313-314-315-316-317-318-319-320-321-322-323-324-325-326-327-328-329-330-331-332-333-334-335-336-337-338-339-340-341-342-343-344-345-346-347-348-349-350-351-352-353-354-355-356-357-358-359-360-361-362-363-364-365-366-367-368-369-370-371-372-373-374-375-376-377-378-379-380-381-382-383-384-385-386-387-388-389-390-391-392-393-394-395-396-397-398-399-400-401-402-403-404-405-406-407-408-409-410-411-412-413-414-415-416-417-418-419-420-421-422-423-424-425-426-427-428-429-430-431-432-433-434-435-436-437-438-439-440-441-442-443-444-445-446-447-448-449-450-451-452-453-454-455-456-457-458-459-460-461-462-463-464-465-466-467-468-469-470-471-472-473-474-475-476-477-478-479-480-481-482-483-484-485-486-487-488-489-490-491-492-493-494-495-496-497-498-499-500-501-502-503-504-505-506-507-508-509-510-511-512-513-514-515-516-517-518-519-520-521-522-523-524-525-526-527-528-529-530-531-532-533-534-535-536-537-538-539-540-541-542-543-544-545-546-547-548-549-550-551-552-553-554-555-556-557-558-559-560-561-562-563-564-565-566-567-568-569-570-571-572-573-574-575-576-577-578-579-580-581-582-583-584-585-586-587-588-589-590-591-592-593-594-595-596-597-598-599-600-601-602-603-604-605-606-607-608-609-610-611-612-613-614-615-616-617-618-619-620-621-622-623-624-625-626-627-628-629-630-631-632-633-634-635-636-637-638-639-640-641-642-643-644-645-646-647-648-649-650-651-652-653-654-655-656-657-658-659-660-661-662-663-664-665-666-667-668-669-670-671-672-673-674-675-676-677-678-679-680-681-682-683-684-685-686-687-688-689-690-691-692-693-694-695-696-697-698-699-700-701-702-703-704-705-706-707-708-709-710-711-712-713-714-715-716-717-718-719-720-721-722-723-724-725-726-727-728-729-730-731-732-733-734-735-736-737-738-739-740-741-742-743-744-745-746-747-748-749-750-751-752-753-754-755-756-757-758-759-760-761-762-763-764-765-766-767-768-769-770-771-772-773-774-775-776-777-778-779-780-781-782-783-784-785-786-787-788-789-790-791-792-793-794-795-796-797-798-799-800-801-802-803-804-805-806-807-808-809-810-811-812-813-814-815-816-817-818-819-820-821-822-823-824-825-826-827-828-829-830-831-832-833-834-835-836-837-838-839-840-841-842-843-844-845-846-847-848-849-850-851-852-853-854-855-856-857-858-859-860-861-862-863-864-865-866-867-868-869-870-871-872-873-874-875-876-877-878-879-880-881-882-883-884-885-886-887-888-889-890-891-892-893-894-895-896-897-898-899-900-901-902-903-904-905-906-907-908-909-910-911-912-913-914-915-916-917-918-919-920-921-922-923-924-925-926-927-928-929-930-931-932-933-934-935-936-937-938-939-940-941-942-943-944-945-946-947-948-949-950-951-952-953-954-955-956-957-958-959-960-961-962-963-964-965-966-967-968-969-970-971-972-973-974-975-976-977-978-979-980-981-982-983-984-985-986-987-988-989-990-991-992-993-994-995-996-997-998-999-1000-1001-1002-1003-1004-1005-1006-1007-1008-1009-1010-1011-1012-1013-1014-1015-1016-1017-1018-1019-1020-1021-1022-1023-1024-1025-1026-1027-1028-1029-1030-1031-1032-1033-1034-1035-1036-1037-1038-1039-1040-1

Мокш. |

PATR N	MAR- PINTA	P	J	T	K	E	N
		PTUS	730LW				AVG
1	975	550	994			1415	
2	1014	500	1041			570	
3A	913	788	918			108	
5	919	700	976			940	
5B	912	715	1020			515	
6	1000	640	1040			738	

L	K	A	V	O
LA	MARS	LABU	POLA	
SAN	JHS	RUB	CMS	



LISTA

POSSJÄMNEN OCHNÄN SÄTTEN 1850 =
LOE 23-26 10 1888
VA RUMRAVALLA
RUMRAVALLA

PURPURA VESPA	CAVON	YES!
PISTA FIDELIN	ALYALA	OK!
PUY FUOTON	OK	YES

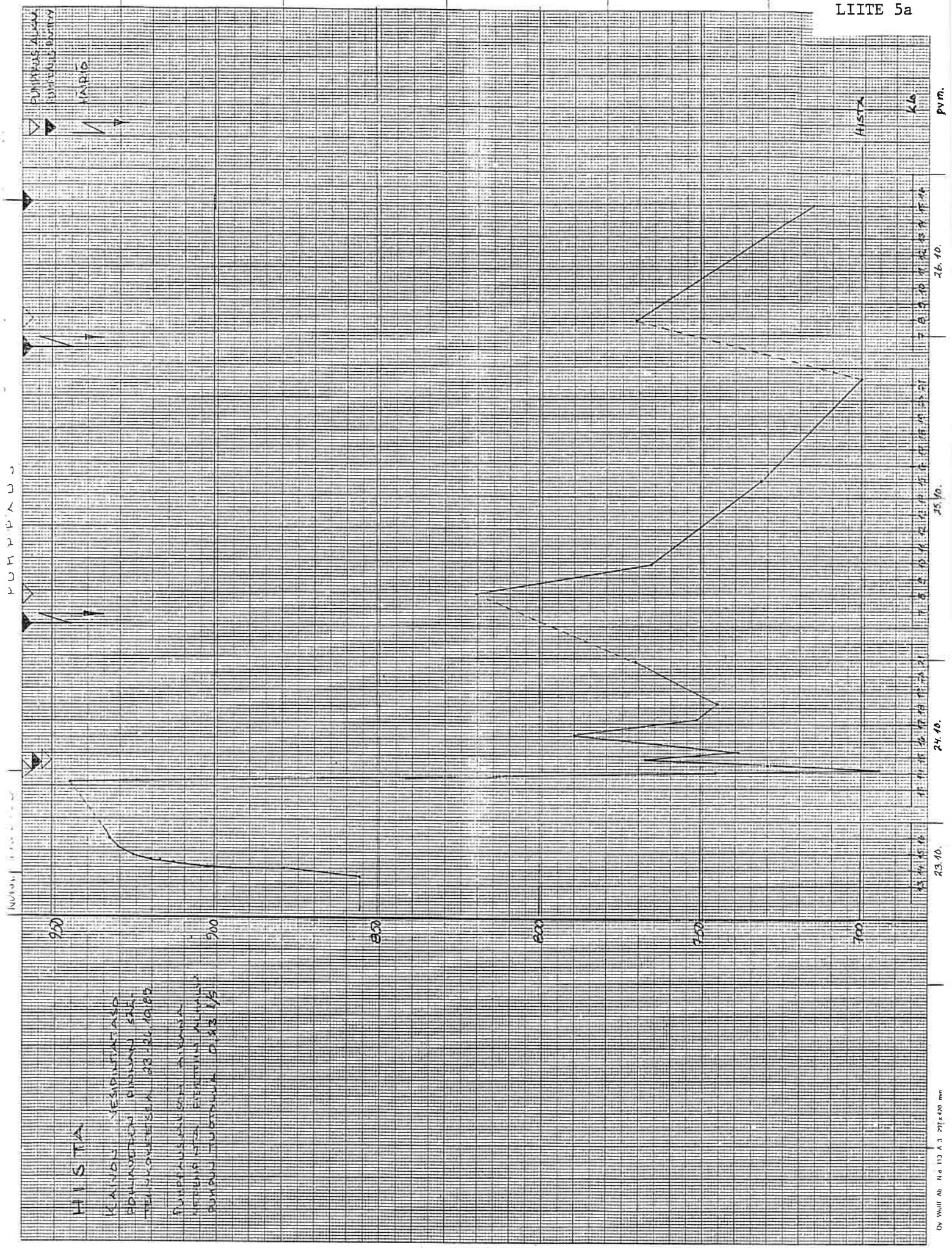
$$\frac{1}{2}$$
[illegible]

23.10

24. 10.

25.10.

2610



Salaajituksen tutkimusyhdistys ry

Espoo, Hista

TUTKIMUSÖPÖTÄKIRJA

Aika: 5. - 7.6.1990

Tutkija: Hyvärinen, Erkki

11 0,0 - 1,2 turve
 1,2 - 3,7 savi
 3,7 - 4,7 hiekka
 4,7 - 12,6 silttinen hiekka
 12,6 kallio

12 0,0 - 1,0 turve
 1,0 - 4,8 savi
 4,8 - 9,2 hiekka
 9,2 - 11,0 silttinen hiekka
 11,0 - 12,3 moreeni
 12,3 kallio

13 0,0 - 1,0 turve
 1,0 - 7,8 siltti
 7,8 hiekka

14 0,0 - 1,0 turve
 1,0 - 3,5 siltti
 3,5 hiekka

15 0,0 - 5,5 savi
 5,5 - 6,2 silttinen hiekka
 6,2 - 13,0 hieno hiekka (tiivis)

16 0,0 - 8,0 savi ja siltti
 8,0 hiekka

17 0,0 - 10,2 savi ja siltti
 10,2 hiekka

18 0,0 - 12,6 savi
 12,6 - 15,6 hiekka
 15,6 moreeni

19 0,0 - 11,8 savi ja siltti
 11,8 hiekka

20 0,0 - 5,8 savi
 5,8 - 6,4 siltti
 6,4 - 11,4 hiekkamoreeni

21 0,0 - 6,4 savi ja siltti
 6,4 hiekka

22 0,0 - 6,6 savi
 6,6 hiekka

23 0,0 - 6,8 savi
 6,8 - 8,0 siltti
 8,0 - 15,10 hiekka
 15,10 kivi tai kallio

24 0,0 - 2,5 siltti (tiivis)
 2,5 - 5,6 savi
 5,6 - 6,6 siltti
 6,6 - 9,1 hiekka
 9,1 kivi tai kallio



OY VESI-HYDRO AB

NEUVOTTELEVA INSINÖÖRITOIMISTO

GEOTEKNINEN LABORATORIO

Tilaaaja: Salaajituksen tutkimusyhdistys ry

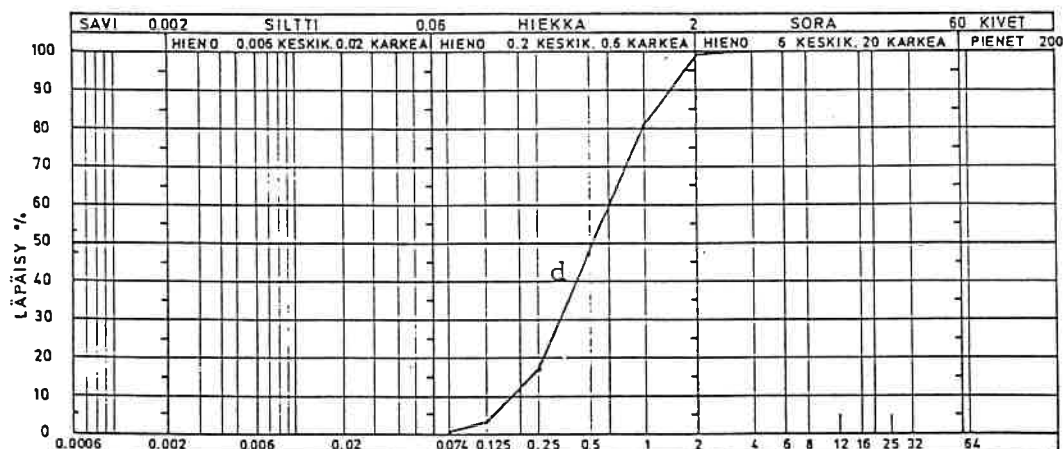
Työ n:o 13294

Tutkimus:.....Espoo

Laboratoriotyö n:o 2565

Piste, paalu 12 = putki 7

Näytteen tunnus	a	b	c	d
— numero	1	2	3	4
— syvyys ja korkeustaso	2-3 m	3-4 m	4-4,8 m	5-6 m
— ottoaika	8.6.1990			
— näytteenotin				
Kiviä 60—200 mm %				
Kiviä 200—600 mm %				
Tilavuuspaino: kuiva, märkä (kN/m ³)				
Tiheys (t/m ³)				
Vesipitoisuus %	110,9	99,3	83,9	21,9
Humus: poltto, NaOH %				
Routivuus: routimaton, routiva				
Kantavuusluokka				
Leikkauslujuus: puristuskoe (kN/m ²)				
Leikkauslujuus: kartiokoe (kN/m ²)				
Juoksuraja/Kieritysraja %				
Plastisuusluku				
Sensitiivisyys				
Vedenläpäisevyys k °C (m/s)				
Kapillaarisuus (mm)				
Odometrikoe:				
— moduuliluku, m				
— jännityseksponentti, β				
— esikuormitus σ_p (kN/m ²)				
Maalajin nimi, tutkittu				keHk
Maalajin nimi, arvioitu	liSa	liSa	liSa	

[illegible]

Helsinki 15.7.90

Tark. E. G. ...

Postiosoite
PL 8
00441 Helsinki 44

Katuosoite
Sentnerikuja 1
00440 Helsinki 44

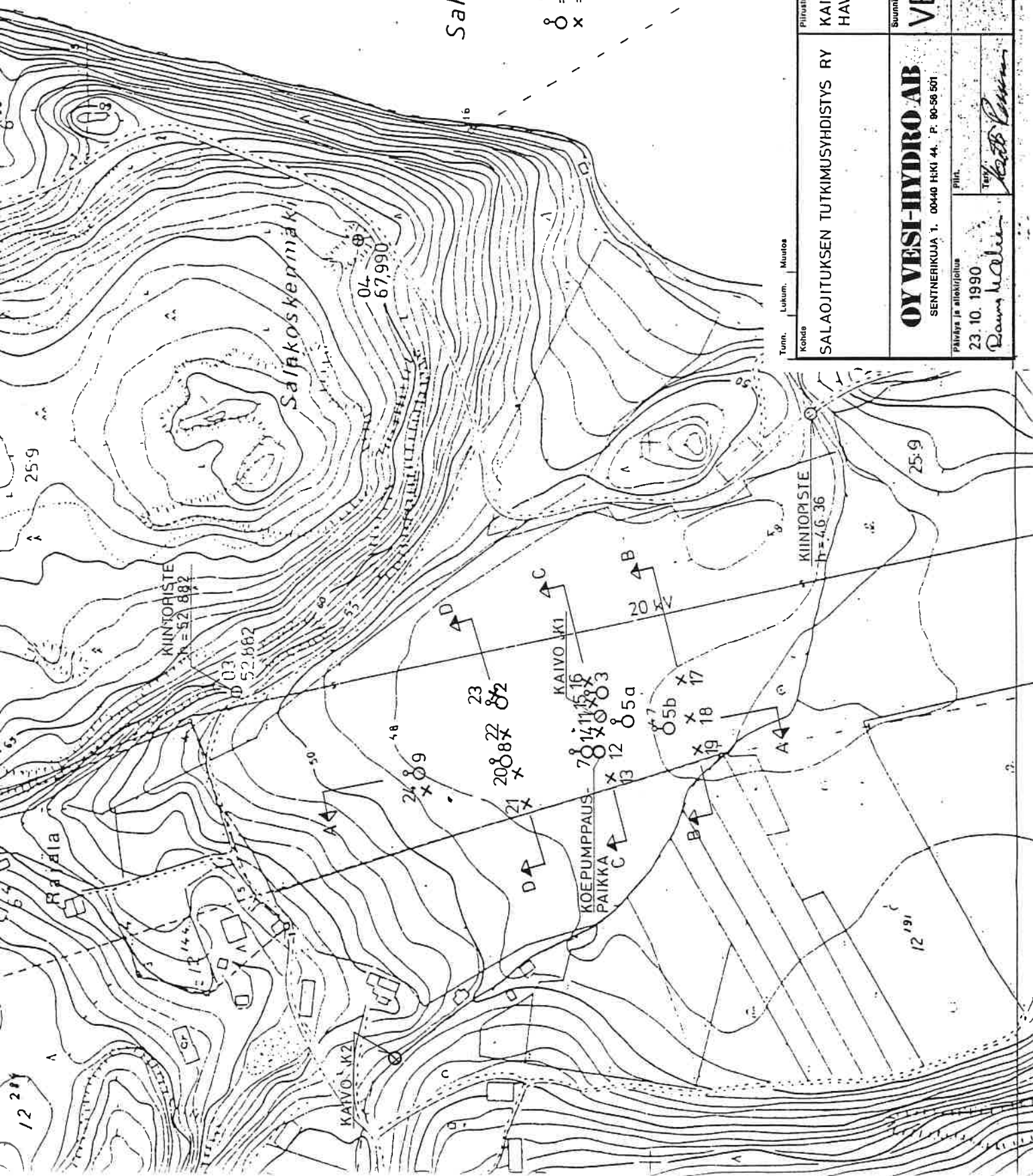
Puhelin
(90) 56 501

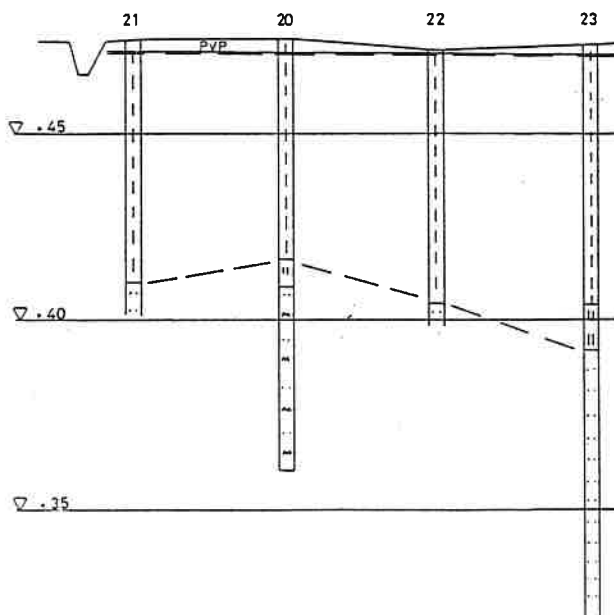
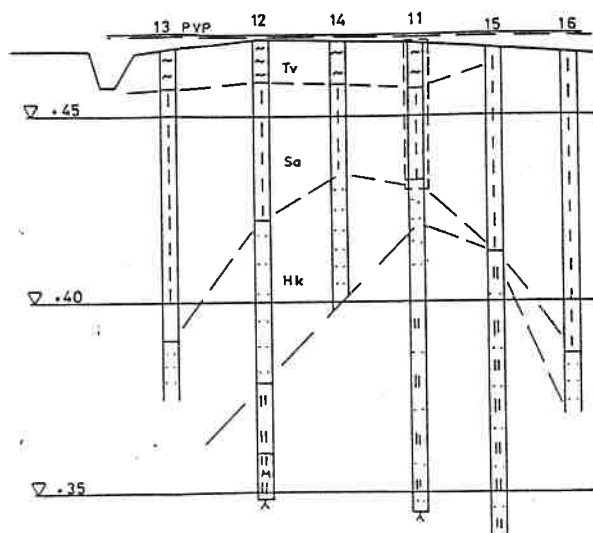
Telex
123320 hydro sf

Sähke
VESIHYDRO

Sahajjärvi

♂ = HAVAINTOPUTKI
x = KAIRAUSPSTE

[illegible]



Tunn.	Laatu	Muutos	Määrä	Päivä
SALAJOITUKSEN TUTKIMUSYHDISTYS RY.			LEIKKAUKSET	111007 111008
OY VESI-HYDRO AB SENTTERINKUJA 1. 00440 HKK 44. P. 00-50 501			VESITEK	13 294/3
Päivä ja alustaminen 23.10.1990 Draughtsman			Plani Kartoitus	677 064


OY VESI-HYDRO AB

SUUNNITTELEVA INSINÖÖRITOIMISTO

VESILABORATORIO

HELSINKI

 VESINÄYTTEEN
TUTKIMUS N:o

13294

Tilaaja

Salaojituksen tutkimusyhdistys, Espoo

Näyte

 Paikka: Nuksio
1. Lähdekaivo (K 2)
2. Pohjavesi

TUTKIMUSTULOKSET

	1	2	
Näyte n:o			
Pvm	8.6.1990		
Ulkonäkö			
Lämpötila näytteenottohetkellä			
Haju ja maku			
Väri	< 5	50	mgPt/l
Sameus	0,41	18	FTU
Vetyioniväkevyys, pH	6,1	6,6	
Vapaa hiilihappo, CO ₂			mg/l
Alkaliniteetti, m-arvo			mval/l
" p-arvo			"
Kovuus, kokonais	2,2	4,2	°dH
" bikarbonaatti			"
" mineraalihappo			"
" kalsium			"
" magnesium			"
Piihappo, SiO ₂			mg/l
Rauta, Fe	< 0,05	7,9	"
Mangaani, Mn	< 0,02	0,10	"
Alumiini, Al			"
Kalsium, Ca			"
Magnesium, Mg			"
Ammoniakki, NH ₄	< 0,1	< 0,1	"
Nitriitti, NO ₂			"
Nitraatti, NO ₃			"
Kloridi, Cl			"
Sulfaatti, SO ₄			"
Fluoridi, F			"
Bikarbonaatti, HCO ₃			"
Fosfaatti, PO ₄			"
KMnO ₄ -luku, KMnO ₄	3	5	"
Sähkönjohtavuus, 20°C	11,8	22,3	mS/m
Haihdutusjäännös			mg/l
Hekutusjäännös			"
Hekutushäviö			"

Julkisen valvonnan alainen vedentutkimuslaitos

Lääkintöhallituksen (terveydenhoitoasetus 72 §) hyväksymä tutkimuslaboratorio

 Postiosoite
PL 6
00441 Helsinki

 Katuosoite
Kaupintie 24
00440 Helsinki

 Puhelin
(90) 56 501

 Lennätin
VESIHYDRO

 Telefax
565 0385

OY VESI-HYDRO AB

Salaojituksen tutkimusyhdistys ry
Hista

13294
MPes/EVal

Vedenpinnan korkeushavainnot

Pvm	klo	t(min)	7	3	5	5b	8	9	2	
11.7.90	8.07		0,94	0,52	1,03	1,12	1,06	1,30	1,10	Pumppaus
	8	1	1,38	0,55						aloitettu
	9	2	1,52	0,57						klo 8.07
	10	3	1,60	0,57						teholla
	11	4	1,66	0,59						2 l/s
	12	5	1,70	0,60						
	13	6	1,74	0,60						
	14	7	1,76	0,61						
	15	8	1,78	0,62						
	16	9	1,80	0,62						
	17	10	1,82	0,63	1,03	1,17	1,17	1,36	1,10	
	22	15	1,87	0,63						
	27	20	1,91	0,63			1,23	1,40		
	32	25	1,93	0,67						
	37	30	1,94	0,69	1,04	1,21	1,26	1,43		
	42	40	1,96	0,70	1,04	1,23	1,29	1,46		
	9.00	60	1,98	0,72	1,05	1,27	1,32	1,47		
	9.17	80	1,99	0,73	1,05	1,30	1,34	1,48		
	10.50	110	2,06	0,73	1,06	1,28	1,38	1,52	1,16	
	11.50	170	2,07	0,76	1,05	1,38	1,42	1,55	1,19	
	12.50	230	2,08	0,78	1,06	1,42	1,43	1,57	1,22	
	13.50	290	2,07	0,79	1,06	1,44	1,44	1,57	1,23	
	14.50	350	2,07	0,80	1,06	1,46	1,44	1,58	1,25	
	15.50	410	2,06	0,81	1,06	1,46	1,45	1,59	1,26	
	18.00	540	2,06	0,82	1,06	1,47	1,45	1,59	1,28	
12.7.90	7.30		1,40							Pumppu py-
	7.40	1360	2,00							sähtynyt
	8.40	1420	2,09	0,84	1,08	1,42	1,48	1,63	1,34	n. klo 7,25
	9.40	1480	2,10	0,86	1,08	1,48	1,51	1,64	1,34	
	10.40	1540	2,09	0,87	1,09	1,49	1,50	1,64	1,35	
	11.40	1600	2,10	0,88	1,10	1,52	1,50	1,65	1,36	
	12.10	1630	1,35	0,76	1,10	1,44	1,43	1,62	1,36	
	12.40	1660	1,18	0,68	1,10	1,19	1,32	1,57	1,35	
	13.00	1680	1,14	0,66	1,10	1,15				

Pohjaveden tarkkailuputket

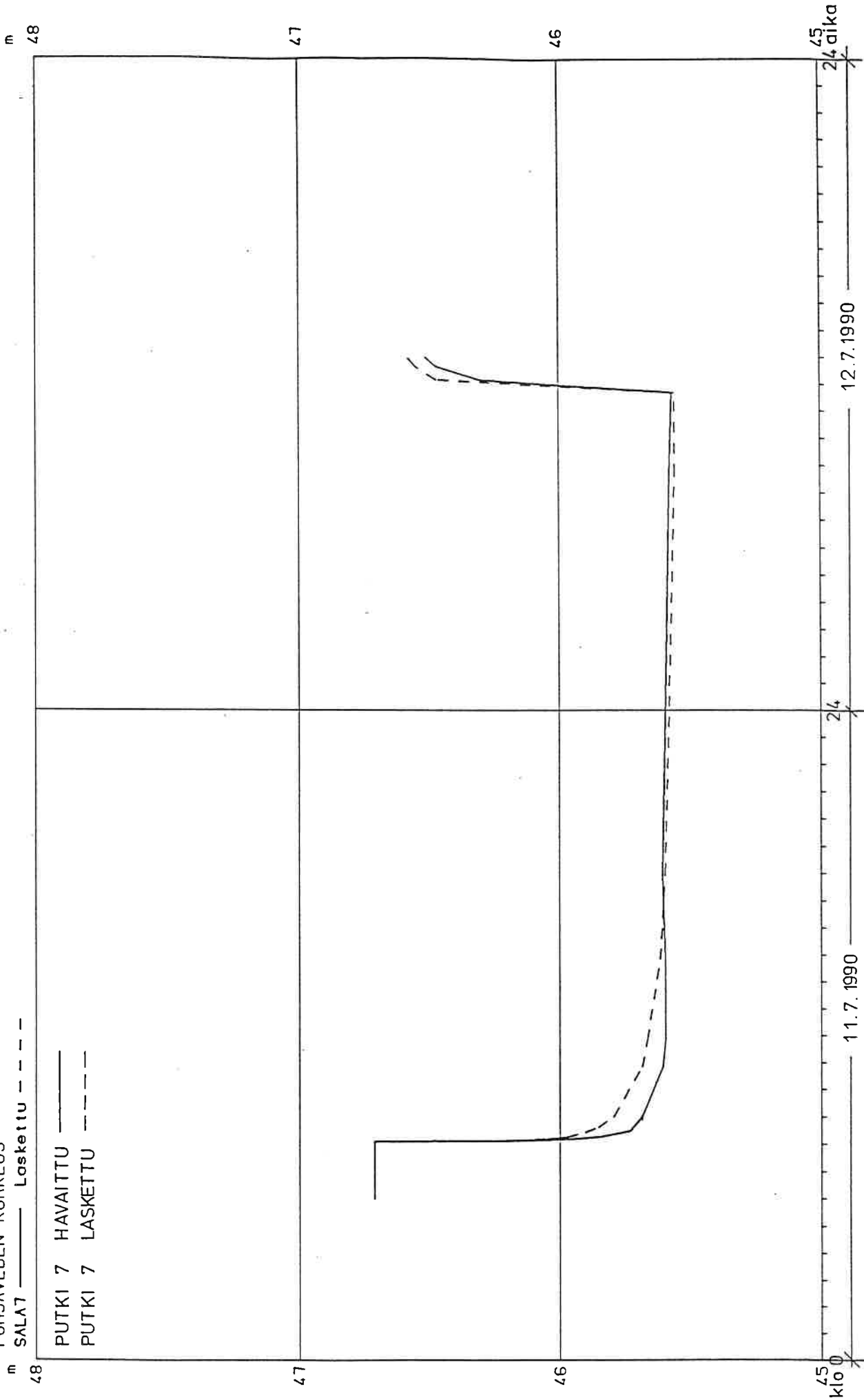
Putki n:o	Etäisyys m	Maanp. korkeus	Putkenpään korkeus	Vedenpinnan 11.7.90	korkeus 12.7.90
7	5	47,10	47,66	46,72	45,56
8	50	47,49	47,93	46,87	46,43
9	100	47,81	48,24	46,94	46,59
3	32	46,51	46,96	46,44	46,08
5a	25	47,17	47,08	46,05	45,98
5b	40	46,69	47,58	46,46	46,06
2	50	47,63	47,80	46,64	46,44

Kaiivot

	Kansi	Vedenpinta
K1	47,03	45,94
K2	49,25	48,53

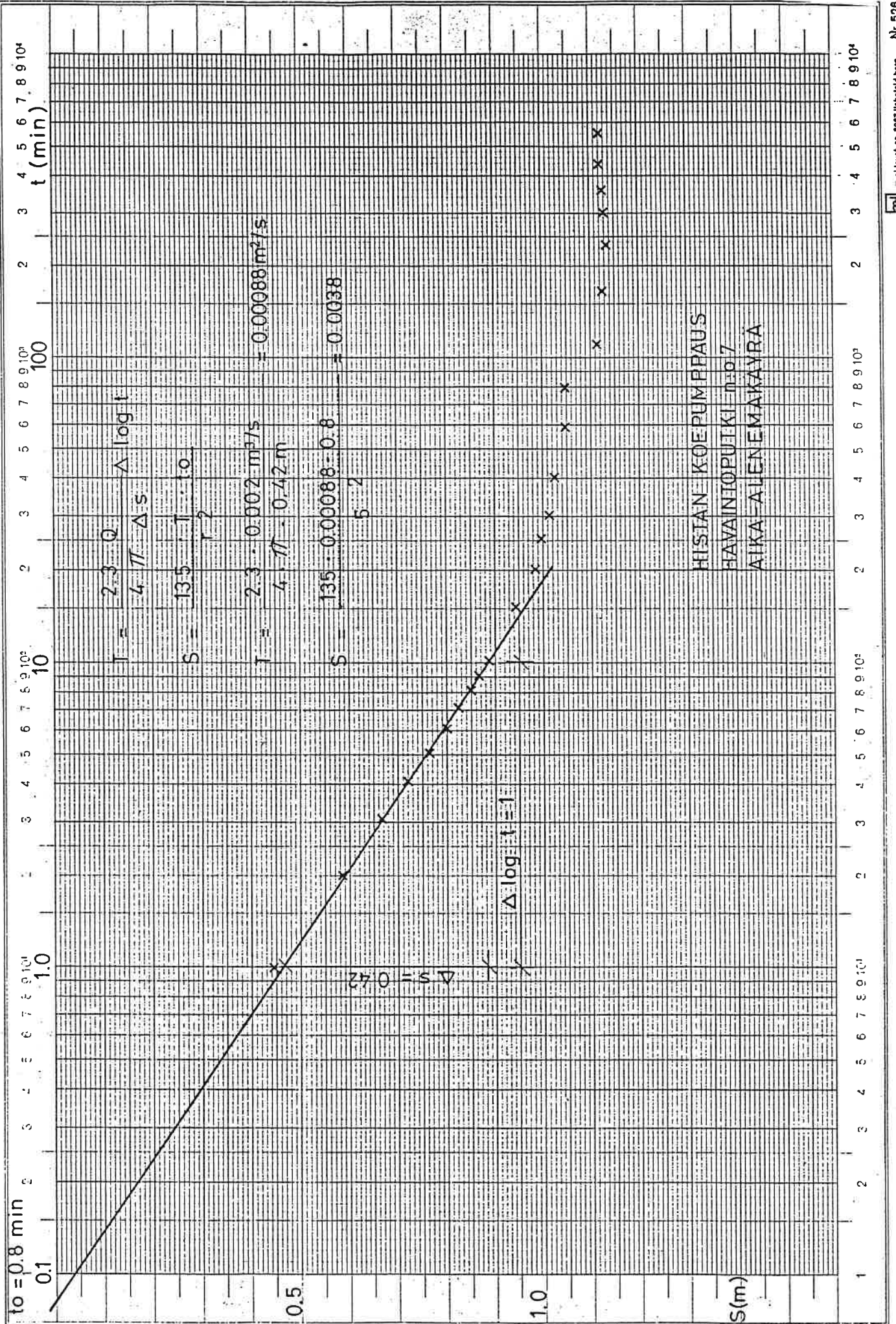
POHJAVEDEN KORKEUS
SALA7 — Laskettu - - - -

PUTKI 7 HAVAITTU —
PUTKI 7 LASKETTU - - - -

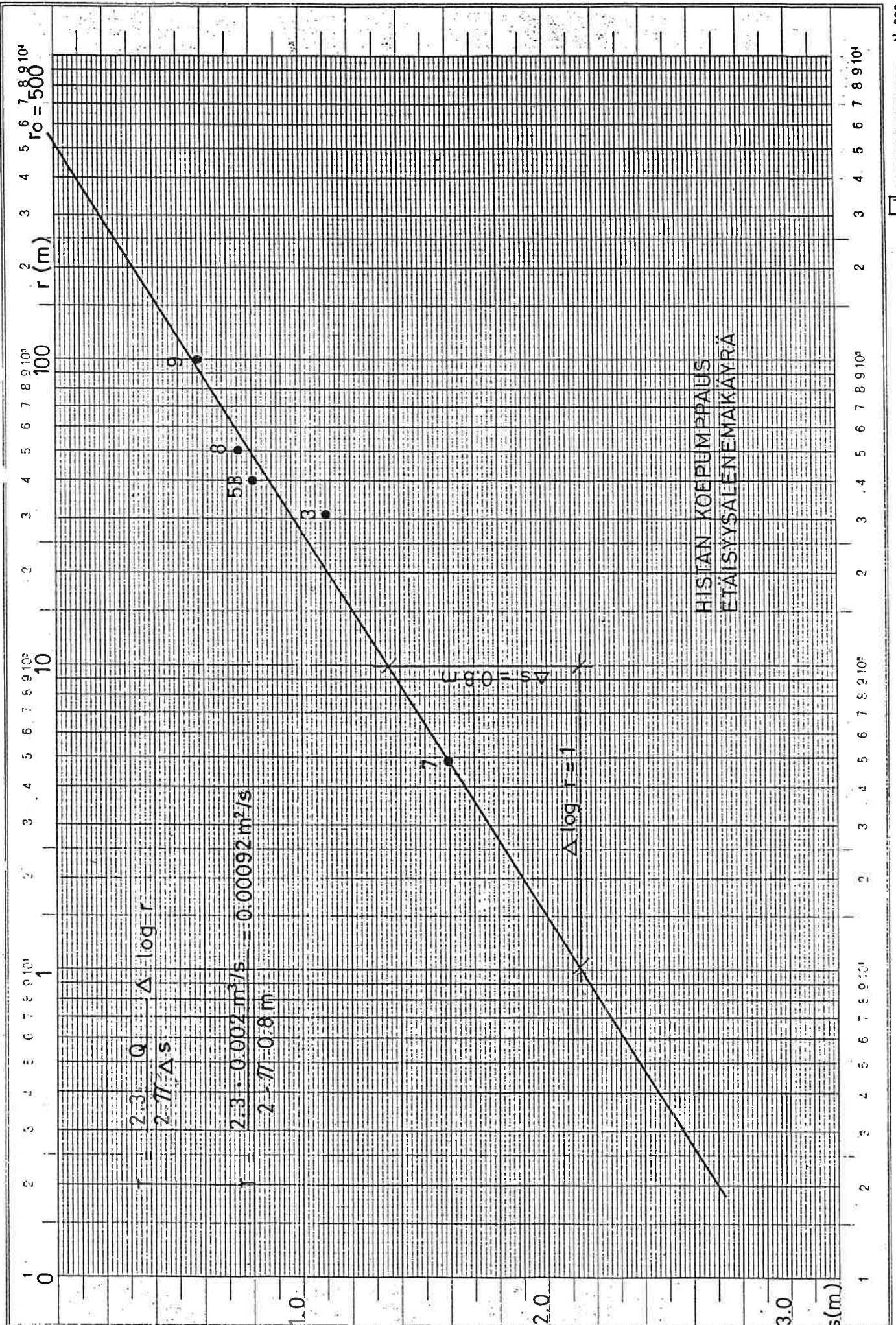


KOEPUMPPAUKSEN GRAAFINEN KUVAAJA
KOEPUMPPAUSPAIKKA PISTE 7 Q = 2 l/s

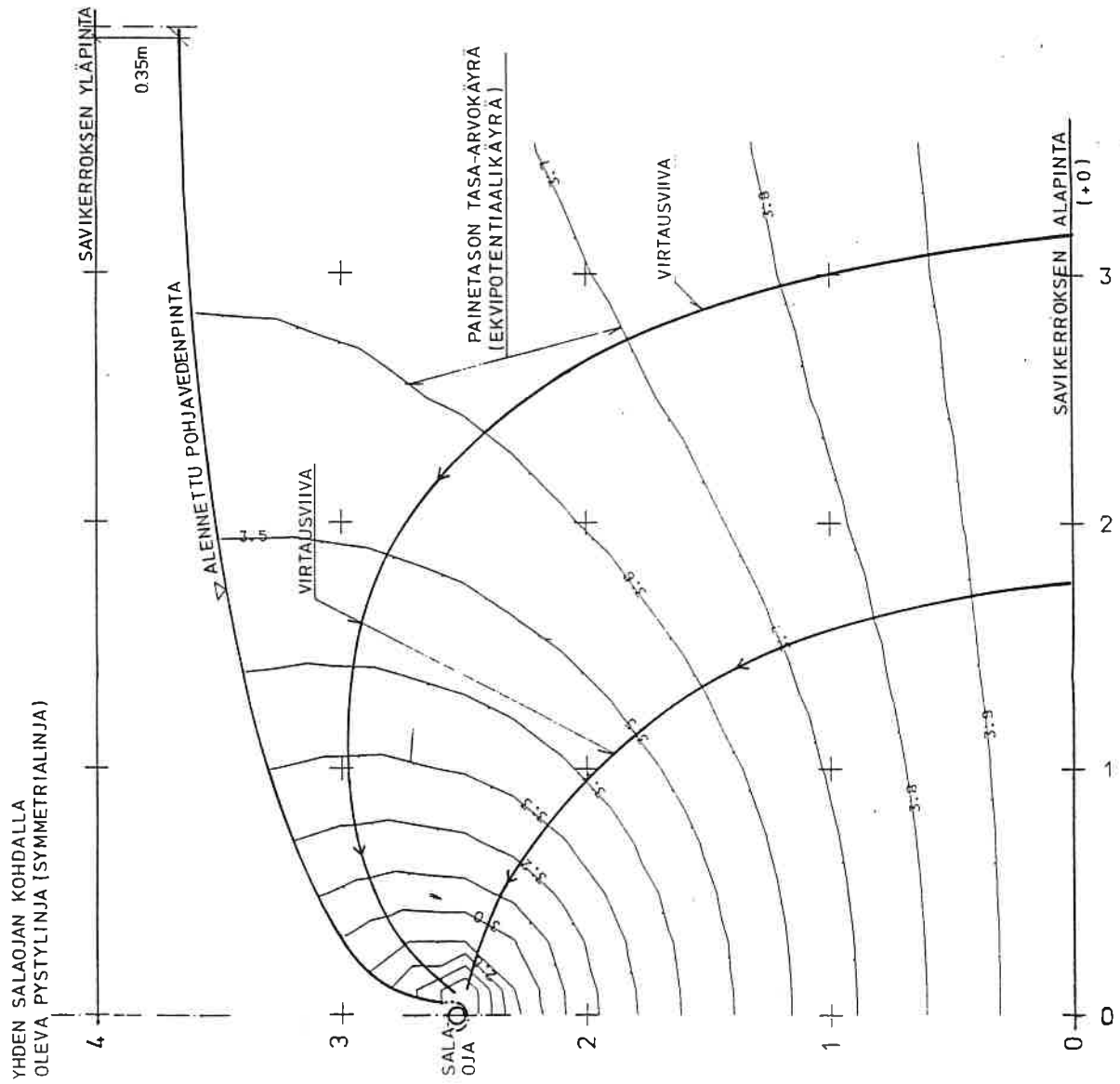
Pölväys	02.08.1990	Työn no: 13 294
Tark.		PIIR.no:
Hilv.		



Liite 14

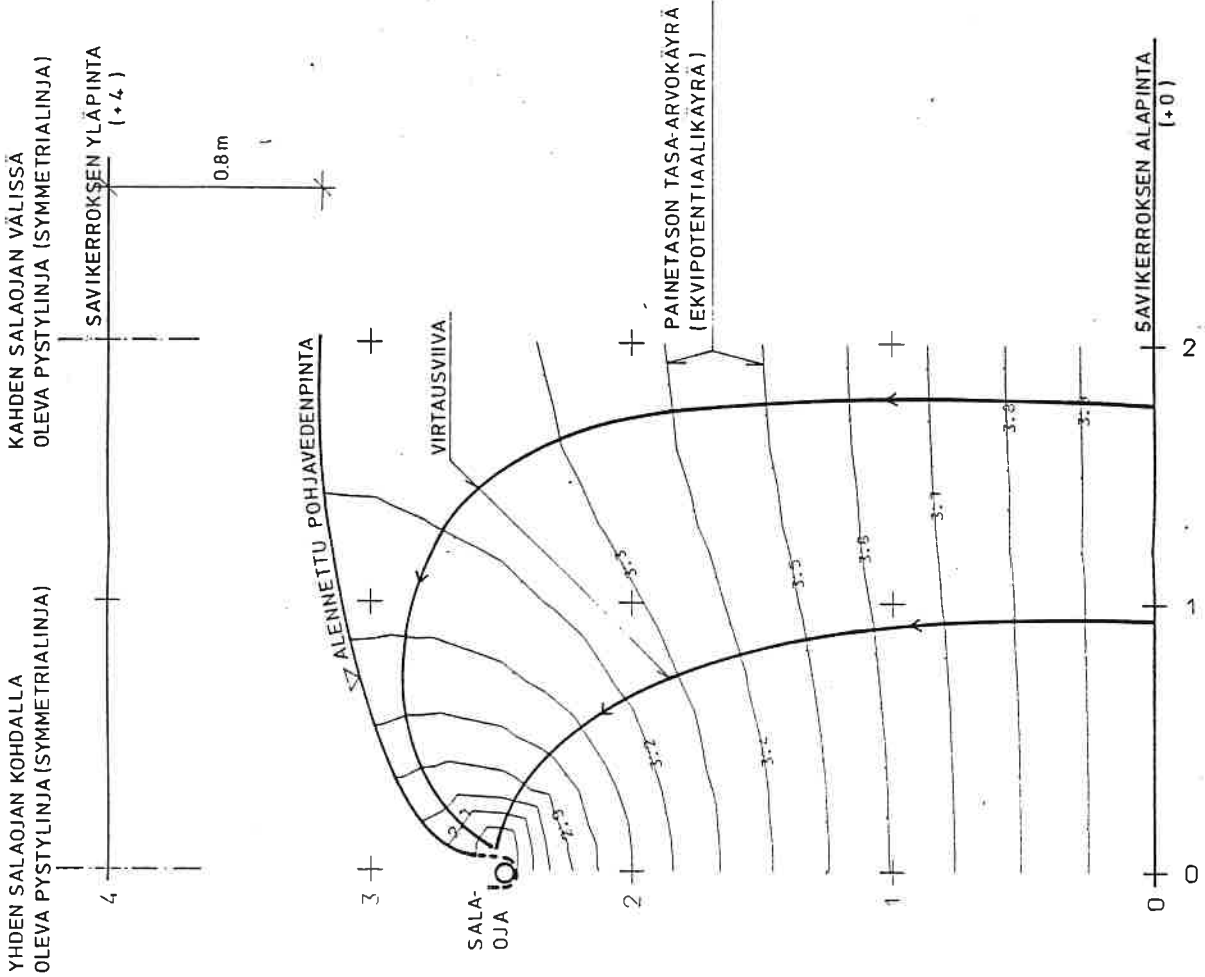


LASKENNALLINEN POHJAVEDENPINNAN KORKEUSASEMA JA POHJAVEDEN
VIRTAUSSUHTEET KUN SALAOJAT OVAT 1.5m SYVYYDESSÄ 8m VÄLEIN.
POHJAVEDENPINTA ALENEE SAVIKERROKSEN YLÄPINNAN TASOLTA ≥ 0.35 m.

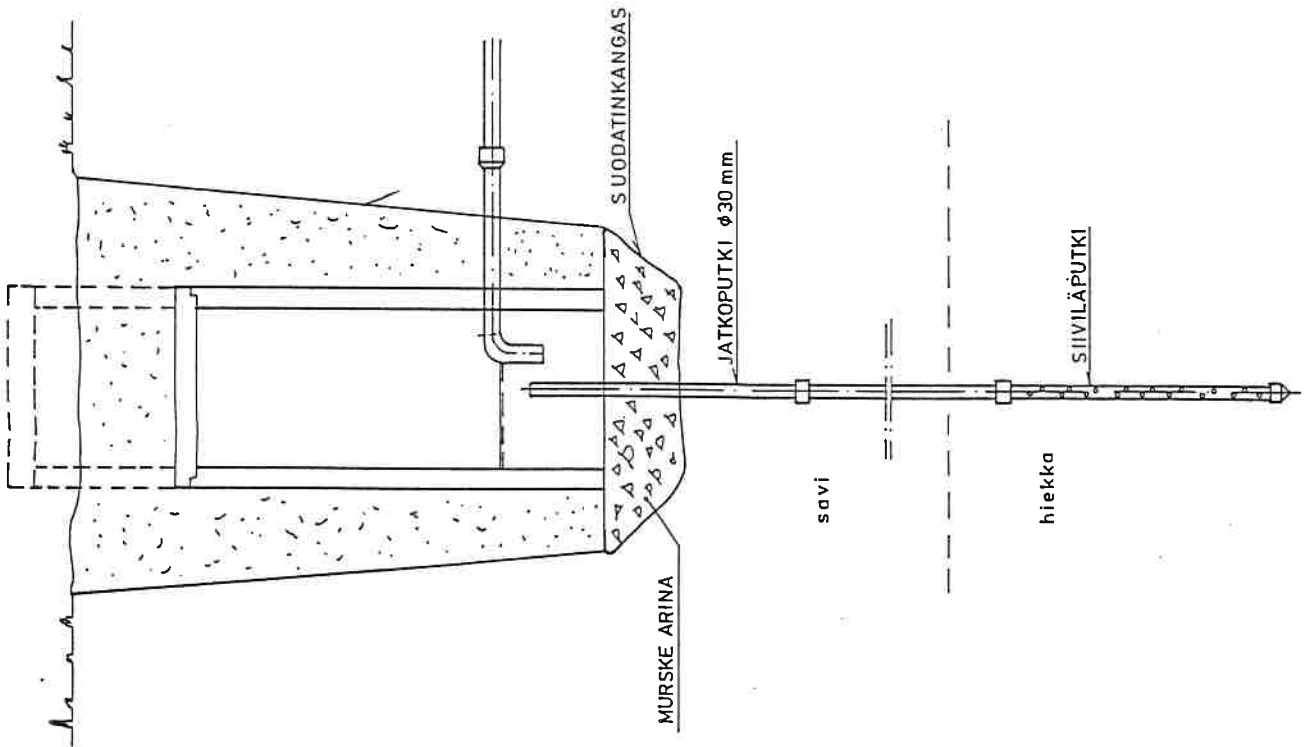


HYVIN VETTÄJOHTAVA KERROS, OTAKSUTTU PAINETASO +4 mvp

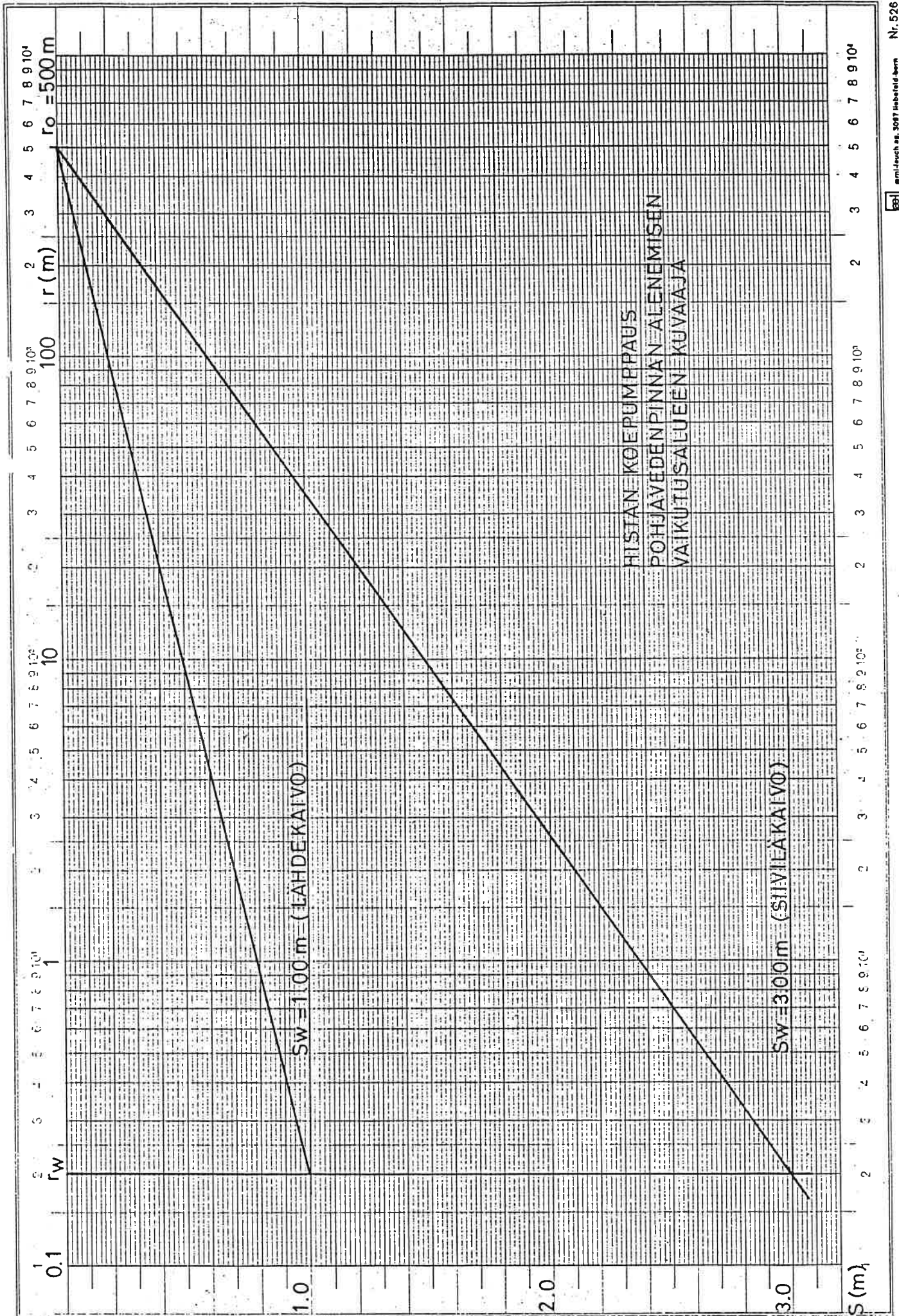
LASKENNALLINEN POHJAVEDENPINNAN KORKEUSASEMA JA POHJAVEDEN
VIRTAUSSUHTEET KUN SALAOJAT OVAT 15m SYVYYDESSÄ 4m VÄLEIN.
POHJAVEDENPINTA ALENEE SAVIKERROKSEN YLÄPINNAN TASOLTA ≥ 0.8 m.



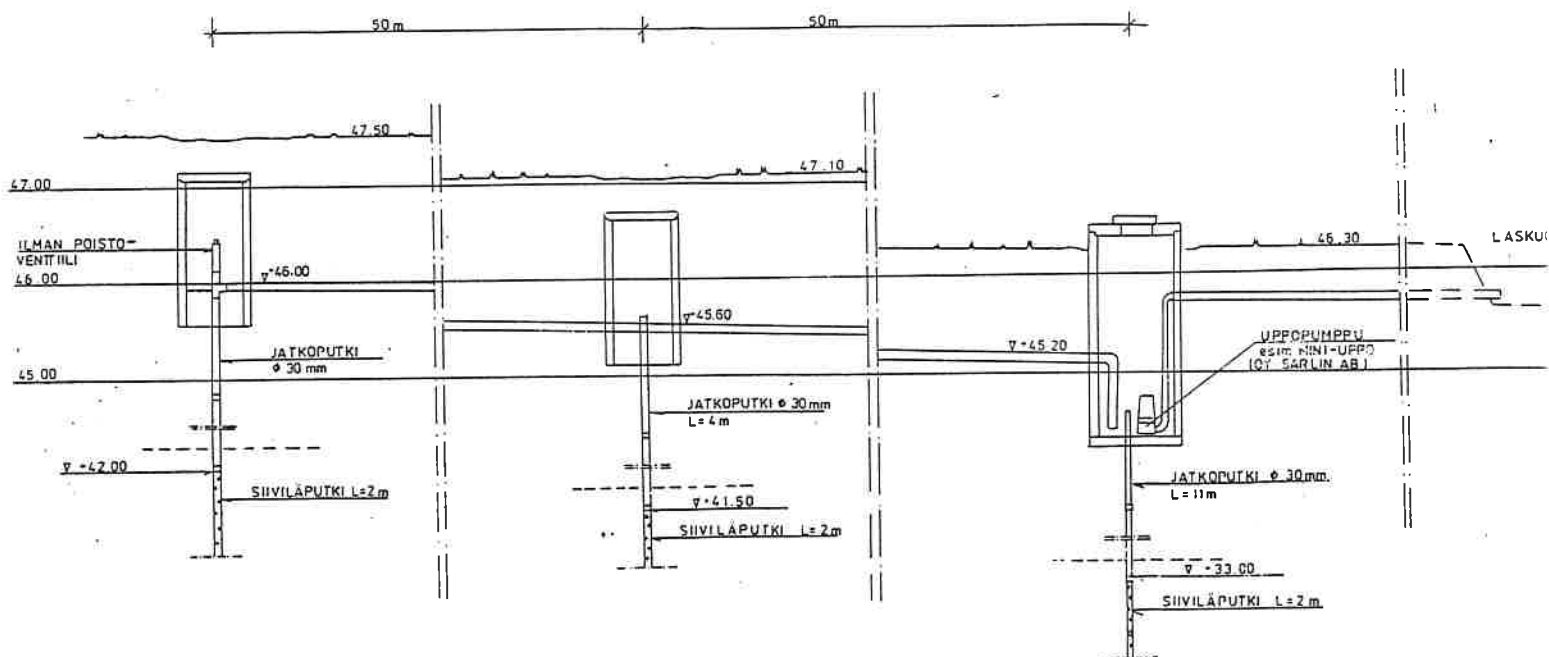
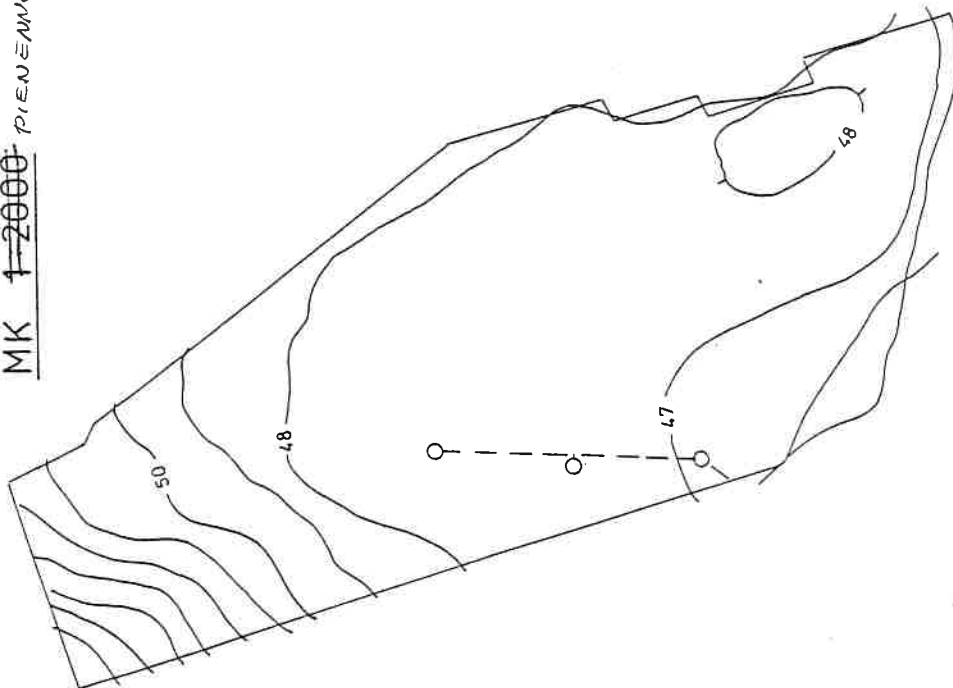
HYVIN VETTÄJOHTAVA KERROS, OTAKSUTTU PAINETASO +4 mvp



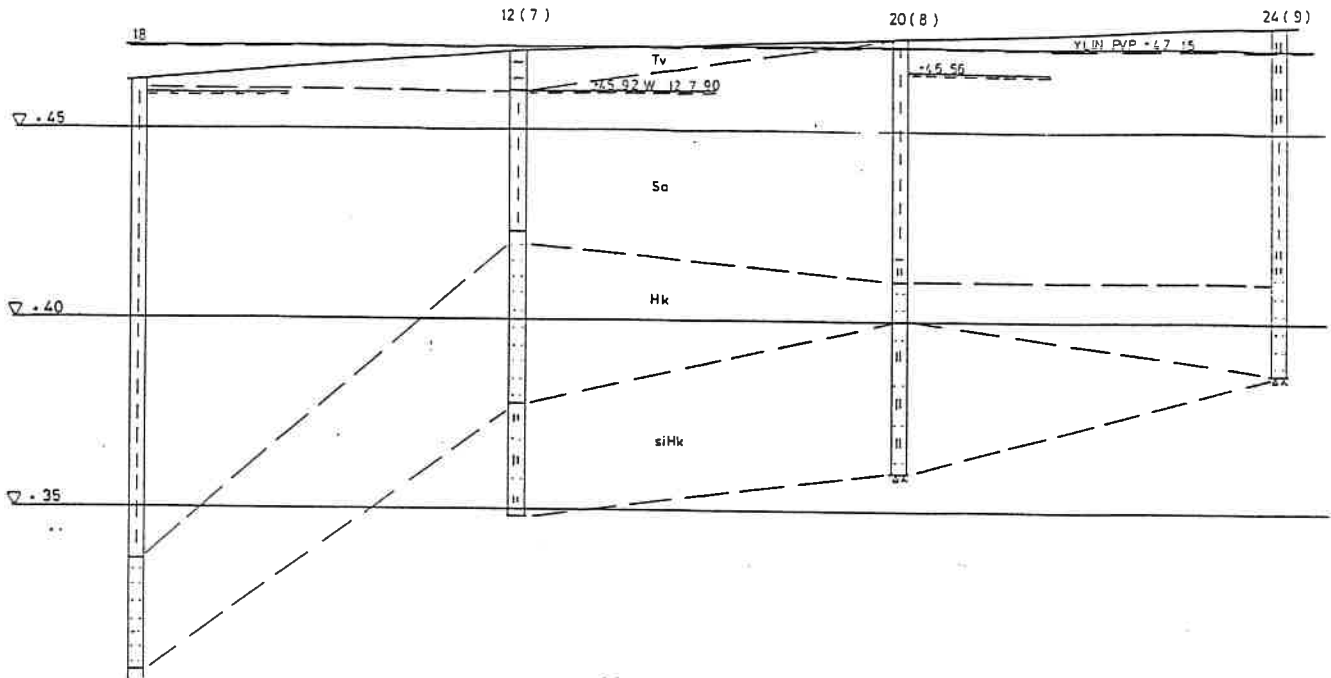
Tunn.	Lukum.	Muutos	Nimim.	Päivä	Mittakaava
Kohde			Piirustuksen sisältö		
SALAOJITUKSEN TUTKIMUSYHDISTYS RY.			TEHOSTETTU LÄHDEKAIVO		
OY VESI-HYDRO AB SENTNERIKUJA 1. 00440 HIKI 44. P. 90-56 501			Suunnitelma VESITEK	Työn numero 13 294 / 5	
Päivä ja allekirjoitus 23.10.1999 <i>Samuli Lehto</i>			Piirustuksen numero 307 853	Muutos	
PLai <i>Kari Pentti</i>					



MK 1-2000-PIENENNETTY



Tunn.	Lukum.	Muutos	Nimim.	Päiväys
Kohde	SALAOJITUKSEN TUTKIMUSYHDISTYS RY			
Pinnatöiden alaisuus				
KUIVATUSJÄRJESTELY				
Mittakaava				
Suunnitteluala			Työn numero	
OY VESI-HYDRO AB			13294 / 6	
SENTNERIKUJA 1. 00440 HKI 44. P. 90-56 501				
Päiväys ja allekirjoitus			Pinnatöiden numero	Muutos
23.10.1990			56 768	
Päiväys ja allekirjoitus				
23.10.1990				
Päiväys ja allekirjoitus				
23.10.1990				



TUTKIMUSALUE HISTA, ESPOO

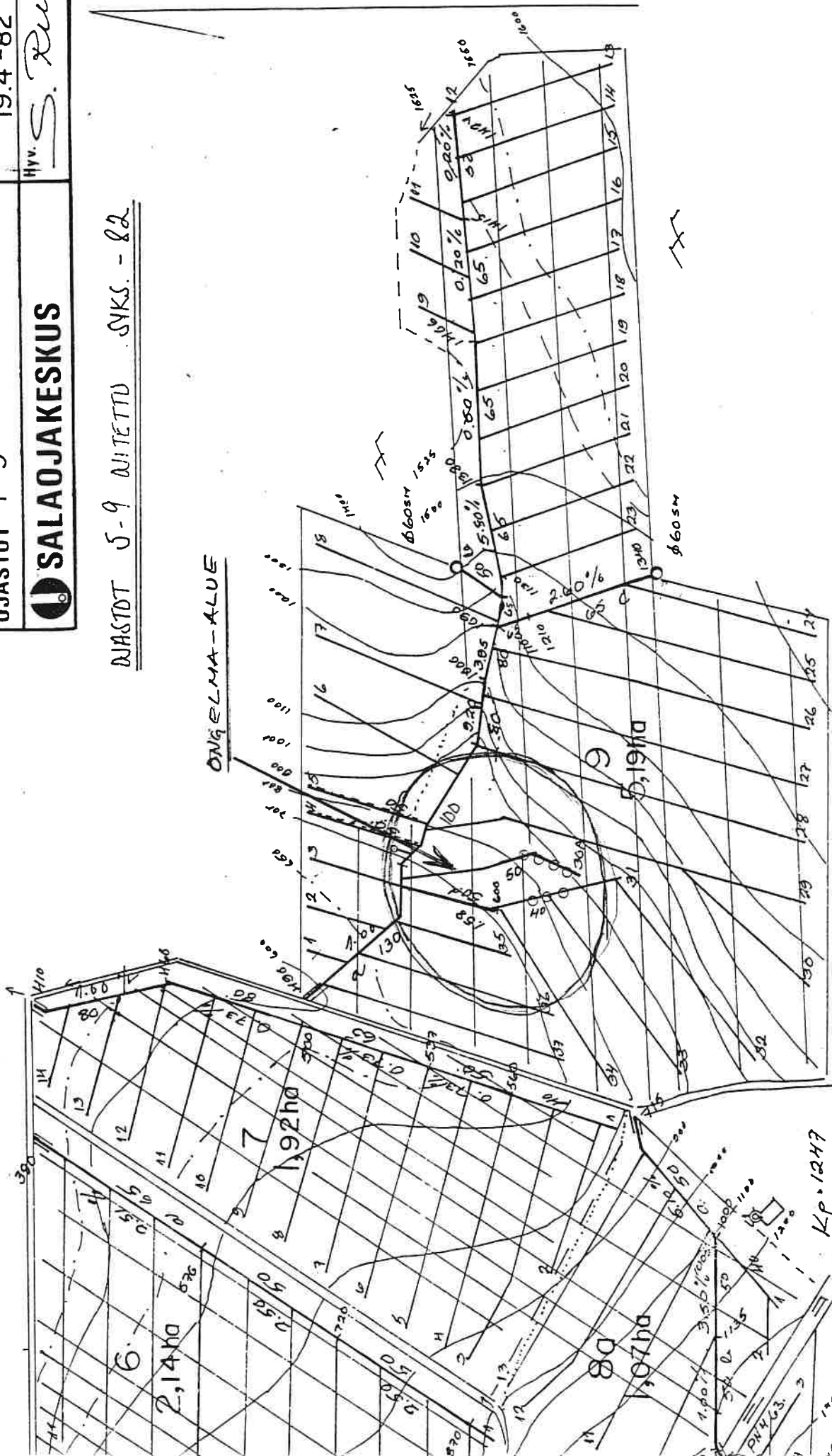
LEIKKAUS OY VESI-HYDRO AB:n KAIRAUSLINJASTA A - A JA MAATUTKA-AJON TULOSTUSNAUHA SAMASTA LINJASTA. TUTKA-AJOLINJA EI OLE TASMALEEN SAMA KUIN KAIRAUSLINJA, MUTTA POIKKEAMA SIITA ON VAIN MUUTAMIA METREJA SIVUSUUNNASSA. TUTKA ANTAA JATKUVAN TULOSTUKSEN KERROSRAJOJEN VAIHTELUSTA, MUTTA SEN TULKINTA EDELLYTTAA SYVYYSMITTAKAAVAN TARKISTUSTA AINA MAALAJIN VAIHTUESSA.

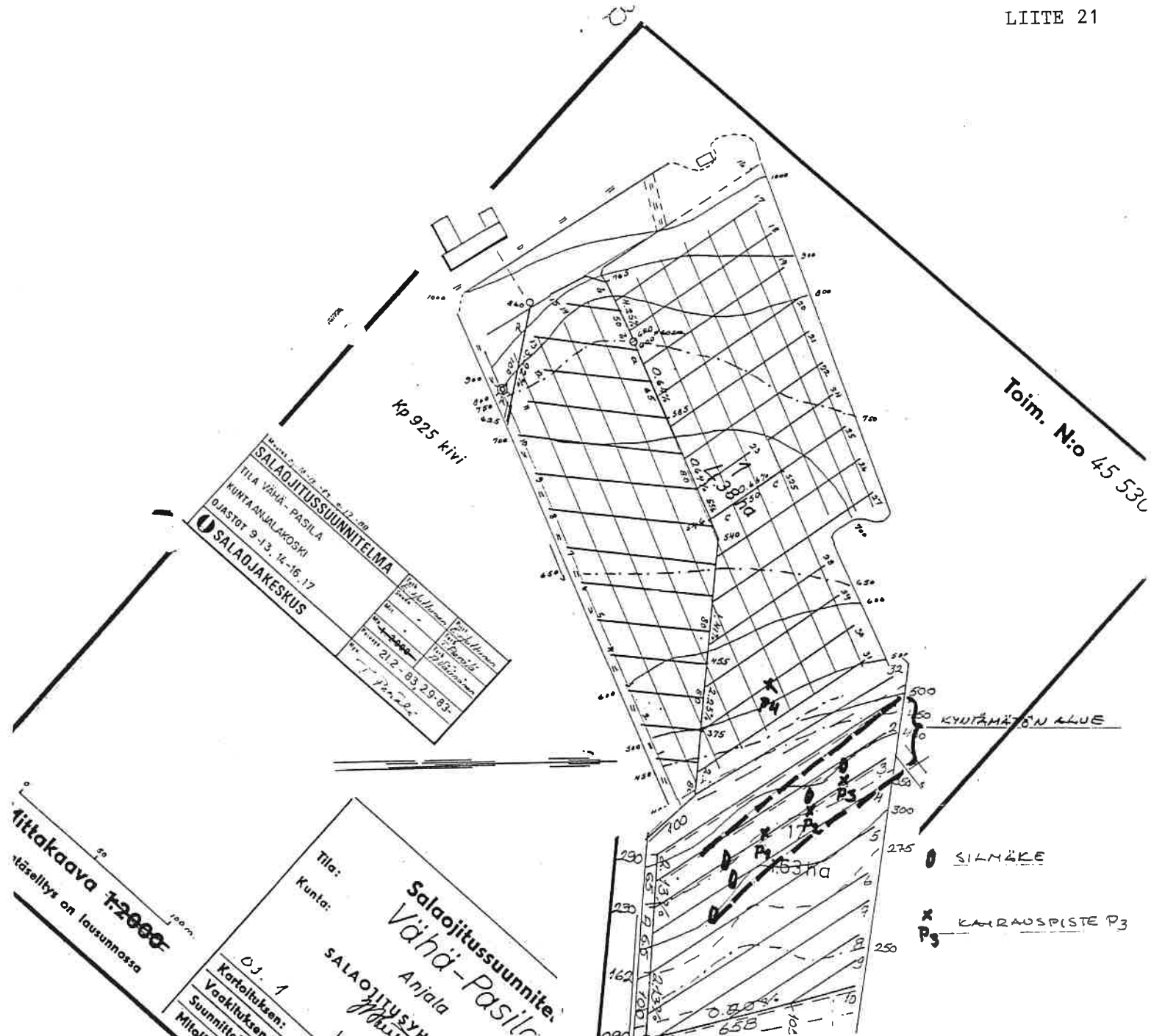
Toim. no. 96129

Muutosta o. j. 5.9 11-82

SALAJOITUSSUUNNITELMA			
TILA TOIVONIEMI		Tutk. A. Haltia	Piirt. A. Haltia
KUNTA NUMMI - PUSULA		Suunn. "	Tark. S. Rusila
OJASTOT 1-9		Mit. "	Tark. A. Niemi
		Mk 1:2000	
		Päiväys 19.4-82	
SALAJOJAKESKUS		Hyv. S. Rusila	

MAASTOT 5-9 NITETTU SKS. - 82





Salaojitussuunnitelma
Vähä-Pasila
Anjala
Salaojitusyhdistys r.y. v.

Tila:
Kunta:

Os. 1

Kartoituksen:
Vaakitus:
Suunnittelu:
Mittaukset:

Suorittanut:
L. Heikkilä
P. Nykänen
O. Mäenpää

Tarkastanut:
P. Nykänen

Maailtakaava 1:2000
Maailtallisuus on lausunnossa

VÄHÄ-PASILA
ANJALA

POHJAVESITUTKIMUS 27.11.1990
Kairauspisteiden maalajit

Pt 1

kierrekairalla	0.0 - 1.0 m	sa ?	Pohjaveden havaintoputki
lyömällä	1.0 - 1.5 m	"	irtosi liitoksesta, putki
kiertämällä	1.5 - 3.0 m	"	jäi maahan, ei pohjavesi-
painamalla	3.0 - 6.0 m	"	havaintoa.
lyömällä	6.0 - 6.7 m	"	
"	6.7 - 6.8 m	sr, hk ?	
"	- 7.1 m		

Pt 2

lyömällä ja	0.0 - 1.0 m	sa ?	Havaintoputki (siivilä
kiertämällä	1.0 - 5.2 m	"	ø 20 mm, reiät 100 kpl
painamalla	5.2 - 6.2 m	"	ø 2,5 mm). Suojaputken
lyömällä	6.2 - 6.5 m	sr, hk ?	ø 25 mm nosto n. 70 cm
"			onnistui. Pohjaveden
			pinta n.70 cm mp:sta.

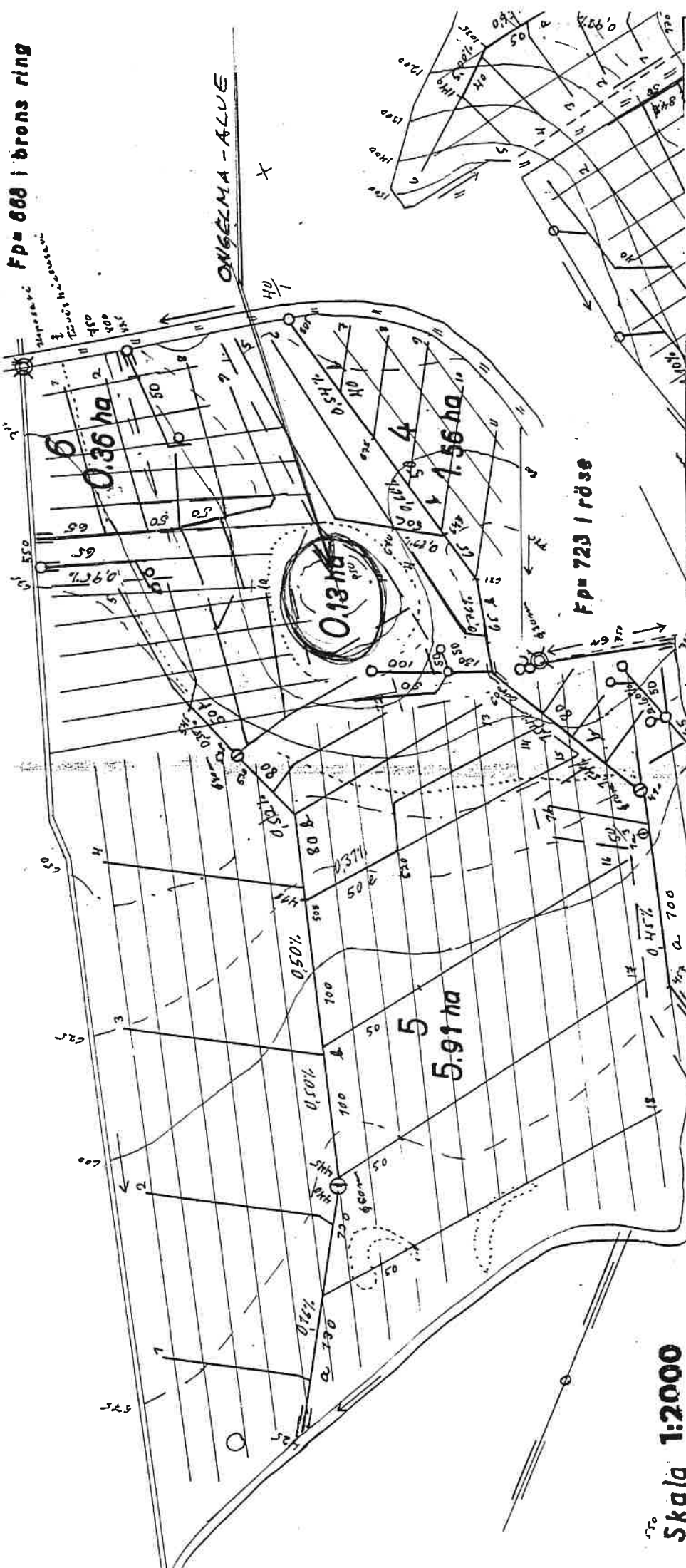
Pt 3 (silmäkkeen vieressä)

painamalla	0.0 - 6.0 m	sa ?	Putken asennus kuten
lyömällä	6.0 - 6.1 m	sr, hk ?	pisteessä 1. Nousuputki
"	6.1 - 6.8 m	"	irtosi liitoksesta. Ei
			pohjav. havaintoa. Sil-
			mäkkeessä sula vesi
			pinnassa.

Pt 4

painamalla	0.0 - 3.0 m	sa ?	Ei pohjavesihavaintoa.
lyömällä	3.0 - 6.0 m	"	
"	6.0 m	sr, hk ?	
lyömällä	6.0 - 7.5 m	"	

Fp= 668 i brons ring



Skala 1:2000

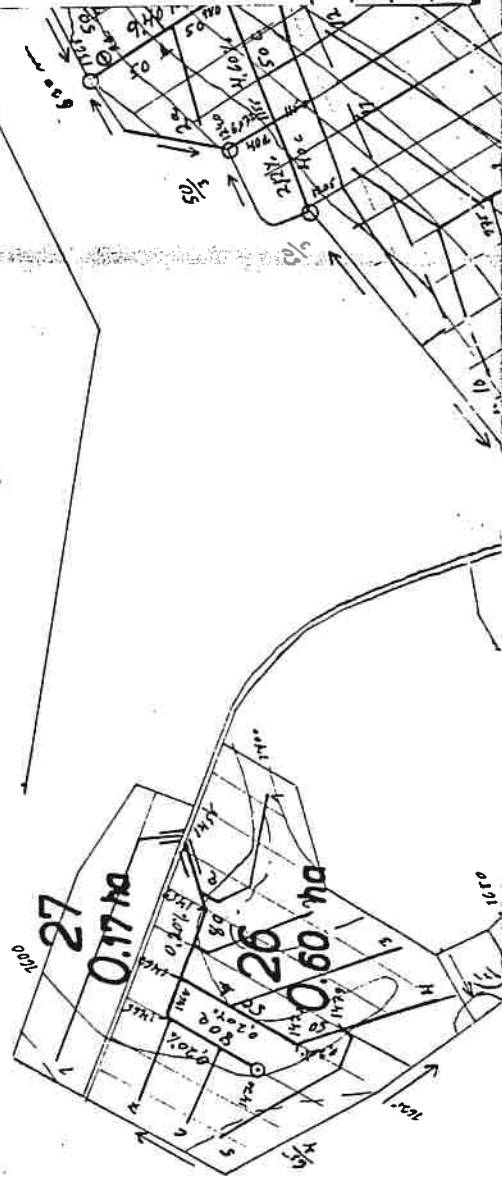
Dräneringsplan

Mickelsböle gård

Borgå l.k.

DRÄNERINGSFÖRENINGEN r.s. år 1953

Utarbetad av:	Granskad av:
Kartläggning: K. Hjelm	
Avvägning: " "	
Planläggning: " "	
Dimensionering: " "	



MITTAPATOJEN VIRTAAMAT (LIKIARVOT)

- Thompson'in pato, mittaus asteikolta
- Thompson'in pato, mittaus pataukosta
- Cibollett'in pato, pohjaleveys 0,5 m
- Cibollett'in pato, pohjaleveys 1,0 m

: $Q = 1,4 \cdot h^{3/2}$
: kokeellinen
: nomogrammi
: $Q = 1,865 \cdot 0,5 \cdot h^{3/2}$
: $Q = 1,864 \cdot h^{3/2}$

h m	Virtaama Q dm³/s			
	1	2	3	4
0,03	0,2	0,2		
0,04	0,5	0,4		
0,05	0,8	0,8		
0,06	1,3	1,3	10	21
0,07	1,9	1,9	13	27
0,08	2,6	2,7	17	34
0,09	3,5	3,6	21	42
0,10	4,5	4,7	25	50
0,11	5,7	6,0	29	59
0,12	7,1	7,5	34	68
0,13	8,6	9,2	38	77
0,14	10,4	11,2	43	87
0,15	12,4	13,4	48	97
0,16	14,5	15,7	53	107
0,17	17,0	18,5	59	118
0,18	19,5	21	64	129
0,19	22	24	70	141
0,20	25	28	76	153
0,21	28	32	83	166
0,22	32	36	89	179
0,23	36	40	96	192
0,24	40	45	102	205
0,25	44	50	108	219
0,26	48	55	116	233
0,27	53	61	123	247
0,28	58	67	130	261
0,29	63	73	138	276
0,30	69	80	145	291
			153	306

PURKAUTUVIEN POHJAVESIEN MITTAUS

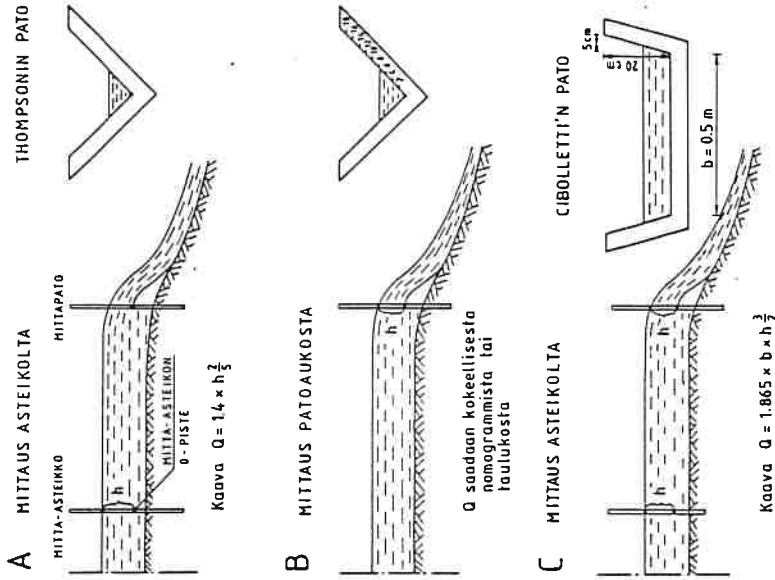
Lähteiden virtaamamittauksiin käytetään yleisesti kolmioaukopatoa (Thompson), joka voi olla pysyvä rakennelma (kuva 15), tai helposti siirrettävä (kuva 16), joka on tarkoitettu kertamittauksiin. Suurten virtaamien ($Q > 50 \text{ dm}^3/\text{s}$) mittaamiseen soveltuu puolisuuunnikasukoinen mittapato (cibollett; kuva 15), jonka aukon leveys on 0,5 m.

Mittapatoja asennettaessa tulee kiinnittää huomiota seuraaviin seikkoihin:

- ylisyoösy on vapaa
- veden tulonopeus on mahdollisimman pieni, mikä vaatii valmistussuhteen
- vettä ei virtaa padon ohi
- pintavettä ei virtaa padon kautta

Virtaama (Q) määritetään mitta-asteikolta saadun ylisyoösyn paksuutta osoittavan lukeman (h) mukaan taulukon avulla (liite 1/6).

Tuloksia käsiteltäessä voidaan tyytyä likiarvojen käyttämiseen, koska em. patojen mitta-asteikkojen lukematarkeus on maasto-olosuhteissa $\pm 2 \text{ mm}$ ja käytännössä $\pm 5 \text{ mm}$.



Kuva 15. Mittapatojen asennus.



Kuva 16. Kertamittauksiin soveltuva, tilivestekankaalla varustettu mittapato.

1.
13294

1.

Tutkimuskalustot1.1 Tankokairauskalusto

Kairauskalustoon kuuluu

- Lyöntikalusto: polttomoottorikäyttöinen porakone (Atlas-Cobco, Cobra tai vast.) tai muovinuija
- Kairatankoja Ø 22 mm pituus 100 cm
- Lyöntipää nuijaa ja porakonetta varten
- Kierrekärki, pituus 200 mm
- Kairan nostin (kuulapuristinnosturi)
- Avaimet (putkiavaimia)

1.2 Putkikairaus ja koepumppauskalusto

Kalustoon kuuluu

- Siiviläputkia DN 32 teräs, pituus 100 cm. Reikien koko Ø 3,5 mm ja lukumäärä 200 kpl
- Umpikärki
- Jatkoputkia teräs, halkaisija sama kuin siiviläputkessa, pituus 100 cm
- Putken lyöntipää ja poran niskakappale
- Pumppu, ns. itseimevä keskipakopumppu esim. Honda WA 20
- Ø 50 letkua veden poisjohtamiseen
- Huuhteluletkua
- Vedenpinnan mittaukseen sopiva nauhamitta

