

# VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUKSEN MONISTESARJA

Nro 51

**IHMISEN TOIMINNAN VAIKUTUS POHJAVETEEN**

**III HAUTAUSMAAT**

**Esko Mälkki**

**Mirjami Hedlund**

**Helvi Heinonen-Tanski**

**Leena Korhonen**

**Pertti Martikainen**

**Terttu Vartiainen**



V E S I - J A Y M P Ä R I S T Ö H A L L I T U K S E N  
M O N I S T E S A R J A

Nro 51

IHMISEN TOIMINNAN VAIKUTUS POHJAVETEEN

III HAUTAUSMAAT

Esko Mälkki  
Mirjami Hedlund  
Helvi Heinonen-Tanski  
Leena Korhonen  
Pertti Martikainen  
Terttu Vartiainen

Vesi- ja ympäristöhallitus  
Helsinki 1988

Tekijät ovat vastuussa julkaisun sisällöstä eikä siihen voida vedota vesi- ja ympäristöhallinnon virallisena kannanottona.

Julkaisua saa Kuopion vesi- ja ympäristöpiiristä.

ISBN 951-47-0262-x  
ISSN 0783-3288

Painopaikka: Vesi- ja ympäristöhallituksen monistamo,  
Helsinki 1988

## TIIVISTELMÄ

Mälkki, E., Hedlund, M., Heinonen-Tanski, H., Korhonen, L., Martikainen, P. & Vartiainen, T. 1988. Ihmisen toiminnan vaikutus pohjaveteen. III Hautausmaat. 35 s., 4 liitettä. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 51. Helsinki. ISBN 951-47-0262-x, ISSN 0783-3288.

Vesihallinnossa aloitettiin vuonna 1983 tutkimus, jonka tavoitteena oli selvittää erilaisten ihmistoimintojen vaikutusta pohjaveteen. Yhtenä tutkimuskohteena olivat hautausmaat. Kirjallisuusselvitysten ohella Keuruun hautausmaan alueella tutkittiin pohjaveden laatua yhteistyössä Kuopion yliopiston, Kansanterveyslaitoksen sekä Valtion eläinlääketieteen laitoksen kanssa. Työn päärahoittaja on ollut Maj ja Tor Nesslingin Säätiö. Tutkimustuloksia voidaan käyttää hyväksi hautausmaiden pohjavedelle aiheuttamien riskien arvioinnissa sekä yksityiskohtaisten tutkimusten ja valvonnan suunnittelussa.

-----

Asiasanat: hautausmaa, pohjaveden kontaminaatio, harjumuodostumat, Suomi.

## ABSTRACT

Mälkki, E., Hedlund, M., Heinonen-Tanski, H., Korhonen, L., Martikainen, P. & Vartiainen, T. 1988. The influence of human activity on groundwater. III Cemeteries (text in Finnish with English and Swedish summary). 35 p., 4 app. National Board of Waters and Environment. Mimeograph 51. Helsinki. ISBN 951-47-0262-x, ISSN 0783-3288.

The National Board of Waters started an investigation in 1983 in order to throw light on the influence of human activity on groundwater. Cemeteries were one the objects of investigation. Besides a literature survey an investigation was made at the cemetery of Keuruu in co-operation with the University of Kuopio, Public Health Institute and Veterinary National Institute. The main financier of the work was Maj and Tor Nessling Foundation. The results of the investigation can be utilized in estimating risks caused by cemeteries to groundwater. The investigation also gives an outline for detailed planning of investigations of risks caused by cemeteries.

-----

Keywords: cemetery, contamination of groundwater, eskers, Finland.



**ESIPUHE****Pohjaveteen kohdistuvat uhkatekijät**

Pohjaveden koostumus määräytyy osin maanpinnalla esiintyvistä/tapahtuvista ilmiöistä. Jo luonnonolosuhteiden vaikutuksesta pohjaveteen suotautuu yhdisteitä, esimerkiksi klorideja, nitraatteja ja sulfaatteja, joita tiettyissä konsentraatioissa myös pidetään pohjaveden likaantumisen indikaattoreina. Ihmisen toiminta aiheuttaa oman, luonnonolosuhteista poikkeavan kuormituksensa, joka voi tapahtua ilmakehän kautta tai suoraan maanpinnalla. Molempien osalta vaikutus pohjaveteen syntyy pääsääntöisesti maahan suotautuvien sadevesien välityksellä.

Kaikki kuormittavat tekijät eivät välttämättä muodosta uhkaa pohjaveden laadulle. Pohjaveden yläpuolella olevat maakerrokset pidättävät osan epäpuhtauksia tai muuttavat niitä haitattomampaan muotoon. Itse pohjavesivyöhykkeessä sama prosessi jatkuu. Sikäli kun kyse ei ole poikkeavan suuresta kuormituksesta tai suorastaan myrkyllisistä aineista, jotka pieninäkin pitoisuuksina olisivat terveydelle vaarallisia, luonnon puhdistusmekanismi pysyy tiettyyn rajaan saakka eliminoimaan haittavaikutuksia. Ei kuitenkaan tunneta, missä tämä raja kussakin tapauksessa on.

Jättäen ilmakehän kautta tulevan kuormituksen tarkastelun ulkopuolelle voidaan todeta, että ainakin lievästi pohjaveden laatua muuttavia toimintoja tapahtuu maassamme sadoissa tuhansissa erillisissä pohjavesialtaissa; lähinnä maa- ja metsätalouden vaikutuksesta. Tämän lisäksi esiintyy paikallista pistemäistä kuormitusta, jonka vaikutus pohjaveden laatuun on selviä haittoja aiheuttavaa.

Suuri osa muutoksista kohdistuu pohjaveteen, jonka hyödyntämistä ei voida ajatella. Osa muutoksista sitävastoin aiheuttaa vakavaa haittaa hyödyntämiskelpoisille pohjavesivaroille eri tyyppisissä geologisissa muodostumissa.

Kun kaikkea pohjavettä ei voida hyödyntää ja suojella, on ihmisen toiminnan vaikutusta tähän elementtiin tarkasteltava ennenkaikkea hyödyntämiskelpoisten pohjavesivarojen osalta. Tällöin ensisijaiseksi kohderyhmäksi muodostuvat harjujen tai vastaavien hiekkamuodostumien pohjavedet. Muilta osin ei ole erikseen nimettävissä geologisia muodostumaryhmiä, vaan näistä riippumatta suojelu on kohdistettava kaikkiin sellaisiin, lähinnä pistemäisiin kohteisiin, joissa ihmisen elinympäristön puhtaus on turvattava puhtaan veden saamiseksi. Pyrkimys voimakkaasti pohjavettä kuormittavien päästöjen vähentämiseen kaikkialla on luonnollisesti tärkeää.

## Tutkimuksen tarkoitus

Tutkimuksen kohteena ovat yhtäältä olleet hiekka-soramaa-alueilla (sisältävät vettäjohtavia muodostumia eli akvifereja) sijaitsevat voimakkaasti likaavat tai sellaisiksi arvioidut seuraavat ryhmät: kaatopaikat, turkistarhat, puunkyllästämöt, hautausmaat ja taimitarhat. Toisaalta tarkastellaan asutuksen ja maanviljelyksen aiheuttamaa hajakuormitusta kaivovesiin geologisista olosuhteista riippumatta. Tavoitteena on ollut luoda taustatietoa näiden varsin vähän tunnetuista likaantumisilmiöistä.

## Tutkimuksen suorittaminen

Tutkimussuunnitelma laadittiin vuonna 1982. Varsinainen tutkimus on suoritettu vuosina 1983 - 1987. Sen esityönä suoritettiin merkittävimpien likaavien kohteiden luettelointi ns. tärkeillä pohjavesialueilla vuonna 1983 (Loikkanen, 1984). Tämän jälkeen tutkimusta jatkettiin em. kohderyhmittäin vuosina 1984 - 87. Jokaisesta em. kohderyhmästä laaditaan erillinen tutkimusraportti seuraavasti:

### Ihmisen toiminnan vaikutus pohjaveteen:

- |     |   |
|-----|---|
| I   | Kaatopaikat   |
| II  | Taimitarhat   |
| III | Hautausmaat   |
| IV  | Turkistarhat  |
| V   | Puunkyllästämöt                                       |
| VI  | Hajakuormituksen aiheuttama kaivovesien likaantuminen |

Työn päärahoittaja on ollut Maj ja Tor Nesslingin Säätiö. Käsillä olevaan, hautausmaiden vaikutusta koskevaan selvitykseen ovat osallistuneet vesi- ja ympäristöhallitus, Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri, Kuopion yliopisto, Kansanterveyslaitos sekä Valtion eläinlääketieteen laitos, joiden laboratoriot ovat antaneet merkittävän työpanoksen.

Maj ja Tor Nesslingin Säätiön palkkaamina tutkijoina työhön ovat osallistuneet FK Kirsi Sihvonen ja LuK Riitta Häkkinen, Kuopion yliopistolla. LuK Tuija Tättäläinen, Kuopion yliopisto, on suorittanut mikrobiologisia määrittäyksiä.

Kenttätöistä on vastannut rkm. Jorma Eronen, Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri. FK Tuulikki Suokko, vesi- ja ympäristöhallitus sekä toimistoapulainen Ulla Toiviainen, Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri, ovat suorittaneet aineiston käsittelytehtäviä. Seurakuntapuutarhuri Harri Lumenko, Keuruu, on kerännyt vuosina 1985 - 1987 hautaus-toimintaa koskevat tiedot.



TkL Aino Nevalainen, Kansanterveyslaitoksen ympäristöhygienian ja toksikologian osasto sekä MMK Irmeli Taipalinen, Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri, ovat antaneet arvokasta taustatukea. Erityisesti kohdistan kiitokset Maj ja Tor Nesslingin Säätiölle tutkimuksen saamasta merkittävästä taloudellisesta tuesta.

Kuopiossa 15.12.1987

Esko Mälkki



S I S Ä L L Y S		sivu
1	JOHDANTO	11
2	AIKAISEMPIA HAVAINTOJA - Mikrobit - Raskasmetallit	13
3	TUTKIMUKSEN TAVOITE	14
4	KOHDEVALINTA JA NÄYTTEENOTTOJÄRJESTELYT	15
5	NÄYTTEENOTTO JA LABORATORIOTUTKIMUSMENE- TELMÄT	15
6	TUTKIMUSALUE JA SAADUT HAVAINNOT	19
	6.1 Hydrogeologiset olosuhteet	19
	6.2 Hautausmaatoiminta	19
	6.3 Vesinäytteiden tutkimustulokset	20
	6.31 Fysikaalis-kemialliset määritykset	20
	6.32 Raskasmetallit ja syanidit	21
	6.33 Orgaaniset yhdisteet	21
	6.34 Mikrobit	21
	- Kolifagit	
	- Kokonaisbakteerit	
	- Indikaattoribakteerit	
	- Patogeeniset bakteerit	
7	TULOSTEN TARKASTELUA	22
	7.1 Yleistä	22
	7.2 Pohjaveden fysikaalis-kemiallinen laatu ja siihen vaikuttavat tekijät	25
	7.3 Raskasmetallit ja syanidit	26
	7.4 Orgaaniset yhdisteet	26
	7.5 Mikrobit	26
8	YHTEENVETO JA PÄÄTELMIÄ	27
	8.1 Yleistä	27
	8.2 Hydrogeologiset olosuhteet	28
	8.3 Pohjaveden laatu	28
	8.31 Kuormitustaustaa	28
	8.32 Likaantumisvaikutusten indi- kaatiot	29
9	TULEVAAN TUTKIMUKSEEN LIITTYVIÄ NÄKÖKOHTIA	30
	YHTEENVETO	32
	SAMMANDRAG	33
	SUMMARY	34
	KIRJALLISUUTTA	35

**LIITTEET**

1. Biogeenisten amiinien määrittäminen
2. Rasvahappoanalyysi hautausmaanäytteistä
3. Pohjaveden fysikaalis-kemiallisten määritysten tulokset
4. Pohjaveden raskasmetallimääritysten tulokset

## JOHDANTO

Hautausmaat on perinteisesti sijoitettu hiekkaperäisille alueille, jotka samalla yleensä ovat hyödyntämiskelpoisia pohjavesivaroja käsittäviä alueita.

Käsillä olevan tutkimuksen esityönä suoritettussa ns. tärkeiden pohjavesialueiden likaavia toimintoja koskevassa selvityksessä (Loikkanen 1984) hautausmaita todettiin kyseisillä alueilla olevan 120 kpl. Monien hautausmaiden lähialueilla on käytössä olevia vedenottamoita.

Vesilain 9. luvun 20 §:n mukaisilla pohjavedenottamon suoja-alueella ei sallita sellaista toimintaa, joka voi vahingollisella tavalla huonontaa ottamosta saatavan veden laatua. Pohjavedenottamoiden suoja-alueita koskevissa ohjeissa (Suomen kaupunkiliitto 1982) hautausmaiden tulisi olla kiellettyjä pohjavedenottamon suoja-alueen kaukosuojavyöhykkeelläkin.

Siten hautausmaita yhtäältä pidetään pohjavettä likaavana kohteena, mutta toisaalta niiden likaamisvaikutuksia ei käytännössä juuri lainkaan tunneta.

Hautausmaiden vaikutuksesta epäillyillä alueilla suoritettujen veden laadun selvitykset ovat yleensä käsittäneet rutiininomaisia sekä fysikaalis-kemiallisten parametrien, että mikrobien määrityksiä. Edellisten osalta pohjaveden mahdollisia laadun muutoksia on vaikea erottaa veden luonnollisesta, vaihtelevasta laatutaustasta (taulukko 1). Asiaa mutkistaa vielä se, että hautausmailla käytetään varsin runsaasti lannoitteita, joiden vaikutus pohjaveden laatuparametreihin voi olla samansuuntainen kuin ihmisruumiin lahoavien jäännösten aiheuttama (typpi, rikki- ja fosforiyhdisteet).

Mikrobien rutiinianalytiikka ei puolestaan kerro mahdollisesta vaikutuksesta kaikkea ja esiin saadut mikrobihavainnotkin ovat alkuperän suhteen tulkinnanvaraisia. Kokonaisbakteerimääriin sisältyy sekä varsinaisia epäpuhtauksia ilmaisevia että luonnonolosuhteissa eläviä bakteereja. Ellei näiden joukossa ole termotolerantteja kolimuotoisia bakteereja, voi kysymyksessä olla pinta-vesien vaikutus. Termotolerantit kolibakteerit ja fekaaliset streptokokit ilmaisevat kontaminaatiota. Ne voivat myös ilmentää mahdollisuutta, että patogeenisia bakteereja ja viruksia esiintyy (von Brömssen ym. 1982).

Virusten tiedetään säilyvän maassa pidempään kuin bakteerien. Varsinaisten ihmisvirusten osoittaminen hautausmaiden maaperästä tai maanalaisista vesistä on erittäin työlästä ja tästä syystä toistaiseksi myös kallista. Sitävastoin on helpompaa osoittaa bakteerien virusten eli bakteriofagien esiintyminen. Jos suotovedestä voidaan osoittaa suolistobakteerien bakteriofagi, sitä voidaan pitää varmana merkinä, että vedessä on ollut

TAULUKKO 1

POHJAVEDEN FYSIKAALIS-KEMIAALLISTEN MÄÄRITYSTEN MINIMI-, MEDIAANI- JA MAKSIMIARVOT LÄÄNEITTÄIN  
(633 POHJAVESIESIINTYMÄÄ, JOIDEN ANTOISUUS ON VÄHINTÄÄN 10 m<sup>3</sup>/vrk, Natukka 1962)

Määrittäminen	Uudenmaan läänihämeen lääni			Turun ja Porin Kymen lääni			Mikkelin lääni			Pohjois-Karjalan lääni								
	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max						
Väri mg Pt/l	0	5,5	200	0	<5	380	<5	13	300	0	<5	40	<5	8	60	<5	5	450
pH-luku	5,7	6,5	7,9	4,9	6,5	7,8	5,7	6,95	8,8	5,4	6,45	7,5	5,4	6,25	7,4	5,4	6,15	6,7
Alkaliniteetti ml 0,1-n HCl/l	2,0	7	51,1	1,0	7	31	1,8	14	106	1,0	4,2	39	1,0	3,9	32	0	4,8	10
Sähköjohtokyky (18°C) 10 <sup>-6</sup> .Ohm <sup>-1</sup> .cm <sup>-1</sup>	33	146	478	27	128	397	35	222	903	29	99	484	27	86	495	26	93	213
Kaliumpermanganaatin kulutus KMnO <sub>4</sub> mg/l	2,0	5,0	55	3,0	5,3	53,7	2,0	8,2	79	1,0	4,7	58	3,0	6,2	32	3,0	7,3	45
Rautaa Fe mg/l	0	0,47	140	0	0,18	31,5	0	0,93	14,5	0	0,09	52	0	0,70	15	0	1,0	33
Mangaania Mn mg/l	0	<0,05	2,2	0	0	0,9	0	0,11	2,1	0	0	0,6	0	0,05	0,5	0	0,06	1,8
Kalsiumia Ca mg/l	0,4	15	52,8	2,1	13	35,7	2,1	19	77,1	2,9	10	55	2,9	9,5	89,2	2,0	9	36
Magnesiumia Mg mg/l	0,4	5,4	24,7	0,8	4,6	32,4	0,9	10	40,3	0,9	2,9	18	0,9	2,7	14	0,6	3,3	13
Ammoniumia NH <sub>4</sub> mg/l	0	0	26	0	0	0,7	0	0,14	2,5	0	0	0,4	0	0,06	0,4	0	<0,01	1,8
Nitriittiä NO <sub>2</sub> mg/l	0	0	1,6	0	0	0,08	0	0	0,4	0	0	0,06	0	0	0,03	0	0	0,04
Nitraattia NO <sub>3</sub> mg/l	0	1,3	94	0	1,5	52	0	1,0	81	0	3,6	150	0	1,0	63	0	1,1	28
Kloridia Cl mg/l	3,0	13	79	2,8	10	224	1,0	20	209,8	3,5	10	54	3,0	7,7	94	2,5	7,3	34
Sulfaattia SO <sub>4</sub> mg/l	0	15,6	105	0	12,7	126	0	15	80	0	6,0	40	0	6,0	117	0	10,5	144
Bikarbonaattia HCO <sub>3</sub> mg/l	12	45	314	12	45	189	12	85	647	3	28	238	12	26	195	0	28	79
Vapaata hiilidioksidia CO <sub>2</sub> mg/l	2,0	25	101,5	2,2	21	97	0	23	114	2,0	20	106,5	4	23	99	4	23	118
Silikaatteja SiO <sub>2</sub> mg/l	6	16	38	6	17	38	3	16	43	6	13	31	2,2	14	30	6	17	32
Fluoridia F mg/l	0	0,1	2,7	0	0,09	0,6	0	0,15	1,8	0	0,9	2,2	0	0	0,3	0	0	0,3
Haihdutusjäännös mg/l	24	125	365	38	129	435	38	195	856	34	100	500	30	75	350	36	125	670
Hehkutusjäännös mg/l	10	78	356	10	76	362	12	137	744	14	60	240	14	56	300	24	87	610
Kokonaiskovuus mg/l	0,6	3,3	14	0,5	2,9	11,4	0,5	5,1	19,0	0,6	2,2	10	0,6	1,7	14	0,5	2,2	7,3
Lämpötila °C	4,0	5,4	9,0	3,0	5,3	11	4,0	5,5	8,0	4,0	5,4	7,5	4,0	6,1	9,0	4,5	5,1	9,5

aikaisemmin kyseessä olevaa suolistobakteeria ja vedessä saattaa olla edelleen suolistovirusia eli enterovirusia, joista eräät ovat patogeenisiä.

2

## AIKAISEMPIA HAVAINTOJA

Tutkimuksen esiselvityksen yhteydessä Kuopion yliopisto suoritti kirjallisuushaun, jonka antamat viitteet osoit-tautuivat harvalukuisiksi.

Parhaiten Suomen olosuhteisiin soveltuva tutkimus on Ruotsissa suoritettu useita hautausmaita koskeva selvitys (von Brömssen ym. 1982).

Selvityksessä keskityttiin pohjaveden mikrobeihin sekä lyijy- ja kuparikattoisten kirkkojen mahdollisesti aiheuttaman raskasmetallikuormituksen selvittämiseen.

### Mikrobit

Tutkimuksia varten pohjavesinäytteitä otettiin kolmelta hautausmaalta. Tutkimusputket oli sijoitettu 1 kuukauden - 2,5 vuoden ikäisten hautojen äärelle, osittain ympäristöön muuta-mien kymmenien metrien etäisyydelle pohjaveden virtaussuuntaan.

Samoin otettiin vesinäytteitä hautausmaiden kuivatukseen rakennetuista salaojaverkostoista.

Tutkimusten perusteella arkkuhautojen ei todettu aiheuttaneen minkäänlaista bakteriologista riskiä pohjavedelle, mitä tulosta pidettiin yleistettävänä useimmille Ruotsin hautausmaille. Samankal-taisten geologisten olosuhteiden vuoksi kyseisiä tuloksia voidaan yleistää myös koskemaan Suomea.

Salaojittamattomia hautausmaita koskien päädytään muun muassa seuraavaan:

- yhtä vuotta vanhemmat haudat eivät aiheuta mikrobipäästöjä pohjaveteen

- yhtä vuotta nuoremmatkaan haudat eivät kyseistä riskiä aiheuta, jos haudan pohjataso on vähintään yhden metrin ylimmän pohjavedenpinnan yläpuolella ja maaperä käsittää hiekkaa, soraa tai moreenia.

Salaojitetuilla hautausmailla vastaavasti:

- salaojavedet eivät aiheuta mikrobiologista riskiä, jos maaperä on hiekkaa tai moreenia ja hautojen pohjat ovat korkeammalla kuin ylin pohjavedenpinta. Salaojavesiä ei tarvitse joh-taa käsiteltäväksi.

- salaojavedet, joita tulee yhtä vuotta nuorempien hautojen alueelta ja jotka haudat ajoittain voivat olla pohjaveden osittain kyllästämiä, ovat hygienisessä suhteessa epävarmoja tapauksia. Tällöin usein seikkaperäinen tutkimus on tarpeen asian ratkaisemiseksi.

Jos etäisyys haudan pohjalta on kalliopintaan vähemmän kuin metri ja hauta on vuotta nuorempi, on kalliopohjaveden hygieeninen moitteettomuus epävarmaa. Seikkaperäinen tutkimus on tällöinkin tarpeen riskien selvittämiseksi.

### Raskasmetallit

Kuparisten kirkonkattojen (2 kpl) sadevesissä kuparipitoisuudet vaihtelivat rajoissa 2,3 - 17 mg/l. Kuparin todettiin sadeveden maahan suotautuessa rikastuvan maan pintakerrokseen, mutta konsentraatiot pienenevät voimakkaasti jo noin metrin matkalla. Yhden lyijypeitteisen kirkonkaton sadeveden lyijypitoisuus vaihteli rajoissa 1,7 - 29 mg/l. Pidättyminen maaperään oli edellisen kaltainen. Kyseisten alueiden pohjaveden raskasmetallipitoisuuksia ei tutkittu.

V. 1986 käynnistyi Kirkkohallituksen toimeksiannosta hautausmaiden salaoja- ja pohjavesien laatua koskeva selvitys "Hautausmaiden suotovesien ympäristövaikutukset". Väli raportin (Insinööritoimisto Maa ja Vesi Oy 1987) mukaan hautausmailta suotautuvia vesiä voidaan pitää jokseenkin turvallisina. Hautaustoiminnan vaikutus pohjaveden kemialliseen laatuun oli tutkimuksen mukaan pienehkö. Paikoin esiintyi korkeahkoja kokonaistyyppi- ja nitraattipitoisuuksia. Hautausmaiden bakteriologista vaikutusta ei voitu varmuudella osoittaa.

Suomen lehdistössä taannoin julkaistun uutisen mukaan suurin hautausmaiden pohjavedelle aiheuttama riski olisi vainajien amalgaamihammasrakenteista peräisin oleva elohopea. Tiedon taustaa ei tunneta.

## 3

### TUTKIMUKSEN TAVOITE

Tutkimuksen päätavoitteena on ollut etsiä pohjavedestä hautausmaiden vaikutusta ilmentäviä merkkejä käyttäen hyväksi

- tavanmukaisten fysikaalis-kemiallisten parametrien määrittäminen
- raskasmetallimäärittäminen
- orgaanisten yhdisteiden määrittäminen
- mikrobimäärittäminen



Kun oli odotettavissa, että näitä merkkejä on yleensäkin vaikea löytää, tavoitteeksi asetettiin mahdollisten vaikutusten toteaminen vain hautausmaan välittömässä läheisyydessä. Aineiden kaukokulkeutumista ei katsottu edes voitavan tutkia.

Työn kestäessä todettiin erittäin tärkeäksi mikrobitutkimuksen syventäminen tavanomaisimmin tehtävistä määrittämisistä. Samoin otettiin ohjelmaan muutamien orgaanisten yhdisteiden tarkemmat selvitykset.

#### 4 KOHDEVALINTA JA NÄYTTEENOTTOJÄRJESTELYT

Eri vesipiirien (vuodesta 1986 vesi- ja ympäristöpiirien) kanssa käytiin läpi kysymykseen tulevia hautausmaakohteita. Tavoitteena oli löytää yksi tai useampia alueita, joissa

- näytteenotto varmuudella voidaan sijoittaa hautausmaan kohdalta virtaavien vesien alueelle

- pohjavedenpinta on niin lähellä maanpintaa, että näytteenottoon pumppaamalla on edellytykset

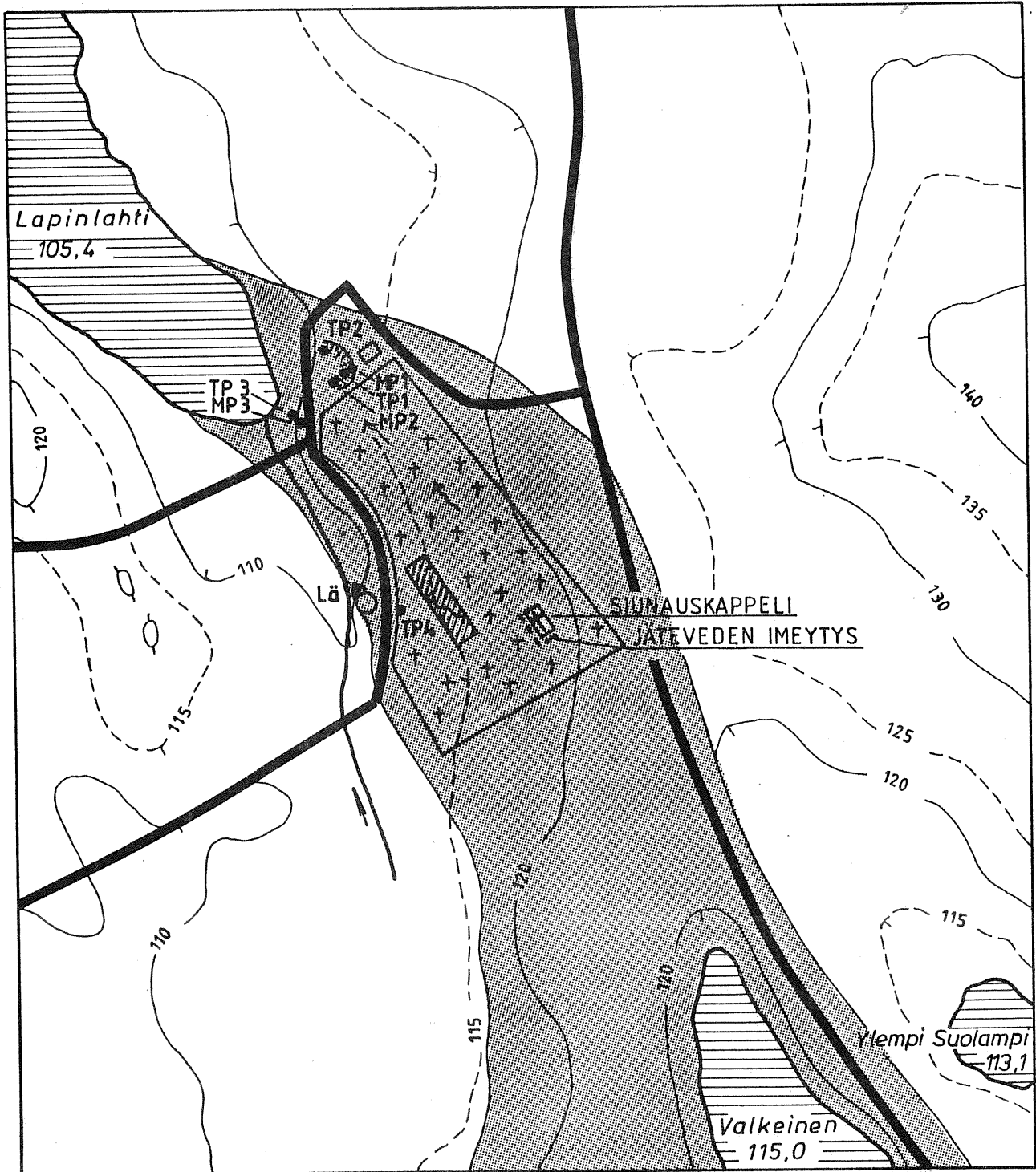
- akviferien vedenjohtavuus on niin hyvä, että näytteenottoedellytykset kyseisellä menettelyllä ovat olemassa

Edellä mainituissa suhteissa edulliset kohteet osoittautuivat yllättävän harvalukuisiksi. Edullisimmaksi todettiin Keski-Suomen läänissä sijaitseva Keuruun hautausmaan alue. Toisena selvityskohteena oli aluksi Vihannin hautausmaa (Oulun lääni), jonka läheisyydessä jo oli jatkuvaan vedenlaatutarkkailuun käytetty havaintoputkisto. Kun kuitenkin veden fysikaalis-kemiallisten laatuparametrien nojalla ei havaittu merkkejä hautausmaan vaikutuksesta, keskitettiin tutkimukset yksinomaan Keuruulle.





#### 5 NÄYTTEENOTTO JA LABORATORIOTUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimusta varten alueelle asennettiin vuonna 1985 neljä siiviläosalla varustettua teräsputkea (TP 1 - TP 4). Vuonna 1986 putkistoa täydennettiin vielä kolmella muoviputkella (MP 1 - MP 3), minkä lisäksi havaintopaikana käytettiin myös lähellä olevaa lähdeä (kuva 1).

Pisteistä TP 1 - TP 2 näytteet otettiin pumpulla tuoton ollessa 250 - 300 l/min. Näytevedet olivat kirkkaita. Vastaavasti pisteistä MP 1 ja MP 2 saatiin näytteet pumppaamalla tuoton ollessa 130 - 150 l/min. Näytevedet olivat samoin kirkkaita. Pisteissä TP 3 ja MP 3 näytteet



## Merkkien selitykset:

-  Harjualue
- Havaintopiste (putki)
  - TP = teräsputki
  - MP = muoviputki
-  Lähde
-  Pohjaveden virtaussuunta
-  vv. 1985-87 aktiivisesti käytetty hautausmaan osa

0 100 200m  
(likimääräinen mittakaava)

## Havaintopisteiden korkeudet

	Putken pää	Pv-pinta 23.9-86
MP 1	+ 110,55	+ 107,37
TP 1	+ 110,24	+ 107,32
MP 2	+ 110,38	+ 107,32
TP 2	+ 110,28	+ 107,15
MP 3	+ 108,15	+ 107,09
TP 3	+ 108,13	+ 106,89
TP 4	+ 110,95	+ 108,10
Lä		~108

Kuva 1. Keuruun hautausmaa, havaintopaikat sekä näiden ja pohjavedenpintojen korkeudet.

olivat samoin kirkkaita. Pisteissä TP 3 ja MP 3 näytteet saatiin pumppuamalla (tuotot 200 ja 100 l/min), mutta veden mukana tuli runsaasti hiekkaa. Pisteestä TP 4 näytteet otettiin putkinoutimella ja ne olivat sameita. Lähteestä näytteet otettiin suoraan näytepulloihin. Vedessä oli jonkin verran kiintoainetta.

Näytteiden fysikaalis-kemialliset laatuparametrit, samoin kuin tavanmukainen likaantumisindeksibakteerien määrittäminen suoritettiin Kuopion vesi- ja ympäristöpiirin vesilaboratoriossa. Raskasmetallimääritykset suoritettiin Kuopion yliopiston työ- ja teollisuushygienian laitoksella lukuunottamatta elohopeaa, joka tutkittiin vesi- ja ympäristöhallituksen tutkimuslaboratoriossa. Käytetyt analyysimenetelmät ilmenevät taulukosta 2.

Yksityiskohtaisemmat mikrobiologiset tutkimukset (vuonna 1987), tehtiin Kuopion yliopiston työ- ja teollisuushygienian laitoksella, Kansanterveyslaitoksen ympäristöhygienian ja toksikologian osastolla sekä Valtion eläinlääketieteen laitoksella.

Viruksiin kuuluvat Escherichia coli bakteriofagit määritettiin Grabowin ja Coubroughin (1986) kuvaamalla menetelmällä, jossa näyte (100 ml), sulatettu kasvatusagar (100 ml) ja isäntäbakteeri yhdistettiin ja valettiin isoille muovimaljoille. Isäntäbakteereina käytettiin kahta Escherichia coli C-kantaa (C, Helsingin yliopiston mikrobiologian laitos ja C<sub>4</sub>, Havelaar). Syntyneet plakit laskettiin 8 - 18 tunnin kuluttua. Plakit on parasta laskea noin 8 tunnin inkuboinnin jälkeen.

Kokonaisbakteerien määrittämisessä käytettiin standardin mukaista THG-alustaa, kasvatuslämpötilojen ollessa 20 tai 35 °C. Määrittämisessä käytettiin myös köyhää R2A-alustaa (BBL:n resepti) kasvatuslämpötilan ollessa 10 °C (7 vrk inkubointi).

Indikaattoribakteerit määritettiin standardin mukaisin menetelmin (SFS 4088, SFS 3014). Fekaalisten koliformien jatkotestauksissa käytettiin API 20 E testiliuskoja, fekaaliset streptokokit testattiin standardin mukaisilla katalaasi- ja sappi-eskuliinitesteillä (SFS 3014).

Vesinäytteistä tutkittiin kampylobakteerit (termofiilit), salmonellat ja yersiniat. Kahden ensimmäisen suvun bakteerien eristämiseksi vettä suodatettiin 1 litra ja kolmatta sukua varten 1,9 litraa. Membraanikalvo bakteereineen pistettiin kunkin bakteerin vaatimaan rikastusliemeen (Oosteromin liemi; seleeniliemi; PSB-kylmäinkubointi- ja MRB-rikastusliemi) ja viljeltiin edelleen kyseisten bakteerien vaatimille elatusalustoille (CCDA-agar; Önözin agari ja BRV-agari; CIN-agari).

## TAULUKKO 2

Analyysi	Menetelmä	Suorituspaikka
Kiintoaine	VH:213	Kuopio vesi- ja ymp.piirin lab.
Sameus	"	"
Haihustusjäännös	"	"
Hekutusjäännös	"	"
Väriluku	"	"
pH-luku	"	"
Sähkönjohtavuus	"	"
Alkaliteetti	"	"
Asiditeetti	"	"
Happi	"	"
COD <sub>Mn</sub>	"	"
BOD <sub>7</sub>	"	"
Ammonium	"	"
Nitriitti	"	"
Nitraatti	"	"
Kokonaistyyppi	"	"
Fosfaatti	"	"
Kokonaisfosfori	"	"
Kloridi	"	"
Sulfaatti	"	"
Vapaa hiilihappo	"	"
Kokonaiskovuus	"	"
Kalsium	"	" + vesi- ja ymp.hall.lab.
Mangnesium	"	" "
Rauta	"	"
Mangaani	"	"
Metallit As, Cr, Cu, Cd, Ni, Pb, Zn	SFS 3044	Kuopion yliopisto
Elohopea	kylmähöyrymenet.	Vesi- ja ymp.hall. laboratorio
Fluoridi	ionikromatogr.	Kuopion yliopisto
Syanidi	SFS 3039	"
Bakteerit (ks.luku 5)		

Yersiniat viljeltiin yhteensä kolme kertaa: 1) Suodatettiin veden bakteerimäärästä riippuen myös 100 ml tai 10 ml. Kalvo viljeltiin CIN-agarilla. 2) PSB-liemestä kolmen viikon kuluttua suodatuksesta. 3) MRB-liemestä kolmen viikon kuluttua suodatuksesta.

Kampylobakteerimetodiikan yksityiskohdat vesinäytteille on kehitelty KTL:ssä vuoden 1987 aikana.

Lisäksi tutkittiin 1987, esiintyykö Keuruun hautausmaan vedessä biogeenisiä amiineja. Määritykset suoritettiin Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen elintarvikelaboratoriossa (liite 1). Kansanterveyslaitoksen edellä mainittu osasto suoritti lisäksi rasvahappoanalyysjä (liite 2), ja liuenneen orgaanisen hiilen määritykset (taulukko 4).

## 6 TUTKIMUSALUE JA SAADUT HAVAINNOT

### 6.1 HYDROGEOLOGISET OLOSUHTEET

Keuruun hautausmaa liittyy pohjois-eteläsuuntaiseen harjujaksoon, joka laajemmassa karttakuvassa on osittain katkonainen. Harjumuodostuman rakenteen perusteella sitä on pidettävä ominaisuuksiltaan keskivertoa edustavana eli harjun ydin käsittää hyvin vettäjohtavaa materiaalia. Sen varastovesimäärän arvioidaan olevan kyseessä olevien muodostumien keskivertoa edustava eli pohjavesikerrostuman paksuus olisi suuruusluokkaa 5 - 10 metriä.

Hautausmaan etelä-kaakkopuolella olevalta Valkeisen lammen alueelta harjumuodostuman pinta viettää loivasti kohti luodetta, jossa Lapinlahti-niminen Keuruun järven osa sitä rajoittaa. Pohjaveden luonnollinen virtaus-suunta on harjun pituussuunta kohti luodetta, jossa vedet purkautuvat Lapinlahteen. Lahden pohjukassa maa-alueella on pieniä lähdepurkautumia. Paikalla saadun tiedon mukaan maa-alueilla on aikaisemmin ollut voimakasta pohjavesien purkautumista muun muassa TP 3:n tienoolla, mutta tilanne on muuttunut mahdollisesti hautausmaan eteläpuolella suoritettujen kuivatustöiden vuoksi. Pohjavedenpinta on alimmillaan TP 3:n - MP 3:n alueella, joka edustaa ilmeisesti virtausvyöhykkeen keskeisintä osaa.

### 6.2 HAUTAUSMAATOIMINTA

Keuruun seurakunnasta saatujen tietojen mukaan hautauksia suoritetaan vuosittain keskimäärin noin 100 kpl. Pääosa hautausmaatoiminnasta tapahtuu alueen länsireunalla hautausmaan uudessa osassa, jonka lähellä piste TP 4 sekä havaintopaikkana käytetty lähde sijaitsevat. Vuosien 1985 - 1987 aikana tänne on haudattu noin sata vainajaa.

Luoteisosassa on käytössä vanhoja sukuhautoja. Vuosien 1985 - 1987 aikana tähän osaan on haudattu noin 50 vainajaa. Muut havaintopaikat sijaitsevat hautausmaan tämän osan reunalla. Lisäksi mainittuna aikana on haudauksia ulompana olevilla alueilla.

Haudaus tapahtuu aina kuiviin hautoihin. Pohjaveden ei tiedetä koskaan nousseen hautojen pohjan tasolle.

Haudausmaa-aluetta kuormittavat myös kappelialueelta tulevat jätevedet, jotka imeytyvät hautausmaan keski-osissa. Jäteveden määrä on suurimmillaan kesäkautena, tällöinkin kuitenkin vain muutamia kuutiometrejä vuorokaudessa. Lähitulevaisuudessa viemäriverdet tullaan johtamaan kunnan verkostoon.

### 6.3 VESINÄYTTEIDEN TUTKIMUSTULOKSET

#### 6.31 F y s i k a a l i s - k e m i a l l i s e t m ä ä r i t y k s e t

Määrittystulokset on kokonaisuudessaan esitetty liitteessä 3.

Pisteessä TP 1, jonka vedenantoisuus on hyvä, ja jonka näyte edustaa laimentunutta vettä, esiintyi kyseisille olosuhteille outona, vaikkakaan ei poikkeuksellisenä näytteen ummehtunut haju, joka osittain on tulkittu rikkivedyksi. Vapaan hiilihapon määrä oli olosuhteisiin nähden korkea (42,6 - 64,4 mg CO<sub>2</sub>/l). Pelkistyneitä tyyppiyhdisteitä esiintyi vähäisessä määrin. Muuten näytteiden arvot eivät osoita merkittävää poikkeamaa pohjavedelle luonteenomaisista tausta-arvoista paitsi, että vesi on hapanta (pH 5,8).

Pisteessä TP 2, jonka alue hydraulisilta olosuhteiltaan vastaa edellistä, havaittiin samoin ummehtunut haju, matala pH (5,8 - 5,9) ja edellisen kaltainen tilanne vapaan hiilidioksidin (45,4 - 65,1 mg CO<sub>2</sub>/l) sekä tyyppiyhdisteiden suhteen.

Pisteessä TP 3, jonka vedenantoisuus on niukka ja näytevesi sameaa (heikko vedenjohtavuus), näytteiden veden laatu vaihteli eri aikoina. Vuoden 1985 näytteitä luonnehti korkea kemiallinen hapenkulutus. Arvot muuttuivat myöhemmissä näytteissä yli dekadin pienemmiksi. Sama suuntaus oli havaittavissa myös tyyppiyhdisteiden ja kokonaisfosforin osalta. Hetkittäin esiintyi korkeita hiilidioksidin arvoja (56,8 mg CO<sub>2</sub>/l vuonna 1986). Näytteiden sameudesta johtuen mangaanipitoisuudet olivat korkeita.

Pisteessä TP 4 näytteiden kemiallinen hapenkulutus oli korkea (6,6 - 87 mg/l), kokonaistyyppi oli ajoittain korkea (2,5 mg/l), samoin kokonaisfosfori (10,3 - 34 mg/l). Mangaanin osalta tilanne oli kuten edellä.

Pisteessä MP 1 näytteet rajoittuvat vuosille 1986 - 1987. Vedessä oli ummehtuneisuutta ja normaalia runsaammin hiilidioksidia. pH-arvo oli 5,9.

Pisteessä MP 2 todettiin rikkivedyn haju. Kokonaisfosforin määrä oli 0,83 - 2,5 mg/l. Hiilidioksidia oli runsaasti (43,2 - 69,5 mg/l).

Pisteessä MP 3 havaittiin samoin rikkivedyn haju, korkeahko kemiallinen hapenkulutus (COD<sub>Mn</sub> 16 mg/l), korkea nitraatti-, kokonaistypen ja kokonaisfosforin määrä. Hiilidioksidia oli samoin runsaasti (51 mg CO<sub>2</sub>/l).

Lähteen näytevettä luonnehti poikkeavan matala pH (4,8 - 5,1), muita suurempi kloridimäärä sekä myös korkea hiilidioksidipitoisuus (maksimi 93,2 mg CO<sub>2</sub>/l).

### 6.32 R a s k a s m e t a l l i t j a s y a n i d i t

Raskasmetalli- ja syanidipitoisuudet tutkittiin pisteistä TP 1 - TP 4 ensimmäisen näytteenottokerran yhteydessä 1985 lukuunottamatta elohopeaa, joka myöhemmin määritettiin pisteestä TP 3, pisteistä MP 1 ja MP 2 sekä lähteestä. Tulokset on esitetty liitteessä 4. Havaitut konsentraatiot olivat lähes kaikilta osin pieniä. Pisteessä TP 4 esiintyi sinkkiä 1,1 mg/l. Syanideja ei todettu.

### 6.33 O r g a a n i s e t y h d i s t e e t

Liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuudet olivat korkeimmat lähteessä ja putkessa TP 3. Rasvahappoja esiintyi kaikissa tutkituissa näytteissä (vrt. kohta 7.5). Putki TP 3 sisälsi pentaani-, heksaani- ja oktaanihappoja enemmän kuin muut näytepisteet.

Biogeenisten amiinien tryptamiini, fenyylietyyliamiini, putreskiini, kadaveriini, histamiini, tyramiini, spermiini ja spermidiini määrityksissä näitä ei todettu. Käytetyllä menetelmällä kyseessä olevat amiinit voidaan määrittää, jos niiden pitoisuus vedessä ylittää rajan 1 mg/l.

### 6.34 M i k r o b i t

#### Kolifagit

16.9.1987 otetuissa näytteissä havaittiin 0 - 7 kpl kolifagia/100 ml. Kaikki kolifagit osoitettiin Escherichia coli C:llä tai Escherichia coli C 4:llä. Putkissa 1, 2 ja 3 kolifageja oli vastaavassa järjestyksessä 7, 0 ja 2 kpl/100 ml sekä lähteessä 4 kpl/100 ml. Näytteissä 4.10.1987 ei sitävastoin voitu osoittaa yhtään plakia, jolloin kokonaiskolifagi jäi pienemmäksi kuin 1 kpl/100 ml.

### Kokonaisbakteerit

Kokonaisbakteerien pesäkeluku vaihteli eri kohteissa. Vuoden 1985 määrittelyissä (THG-alusta) suurimmat arvot tavattiin putkesta TP 4. Myös putkessa TP 3 oli pesäkeluku suurempi kuin putkissa TP 1 ja TP 2 (taulukko 3). Köyhällä R<sub>2</sub>A-alustalla (kasvatus 10 °C) saatiin syksyllä 1987 TP 3 -putkeen korkeampi pesäkeluku kuin putkiin MP 1 ja MP 2. Korkein pesäkeluku tavattiin syksyllä 1987 lähteestä (taulukko 4).

Heterotrofisten bakteerien identifiointia ei tehty. Eristetystä 17 kannasta 16 oli gram-negatiivisia ja 1 kanta oli gram-positiivinen. Kannoista 8 oli oksidaasi-negatiivisia ja 9 oksidaasi-positiivisia.

Kohteissa, joissa tavattiin suurimmat pesäkeluvut, nitraatti-, kokonaisfosfori- ja -typpipitoisuudet samoin kuin kemiallinen hapenkulutus ja liuennon orgaanisen hiilen määrä olivat korkeammat verrattuna näytepisteisiin, joissa pesäkeluku oli alhaisempi (poikkeuksena putki TP 4 23.7.1985, taulukko 3). Muiden kemiallisten parametrien ja kokonaispesäkeluvun välillä ei ollut riippuvuutta. Putkien TP 3 ja TP 4 vesi oli sameaa, kun taas vähemmän bakteereita sisältävien putkien (MP 1, MP 2, TP 1, TP 2) vesi oli kirkasta.

### Indikaattoribakteerit

Suolistosaastutusta osoittavien bakteerien määrät olivat kaikissa näytepisteissä alhaiset. Vuonna 1985 putkissa TP 3 ja TP 4, jotka sisälsivät eniten kokonaisbakteereita, havaittiin termotolerantteja koliformeja. Koska varmistuskokeita ei tällöin tehty, ei tiedetä, ovatko nämä todella E. colia; vuoden 1987 varmistetuissa näytteissä ei tätä bakteeria tavattu. Tarkistettuja fekaalisia streptokokkeja ei havaittu syksyn 1987 näytteissä (taulukko 4).

### Patogeeniset bakteerit

Salmonellaa, kamylobakteeria ja yersiniaa ei tavattu syksyn 1987 näytteissä. Aiemmilta vuosilta ei näitä tutkimuksia tehty.

## 7 TULOSTEN TARKASTELUA

### 7.1 YLEISTÄ

Tulostarkastelua vaikeuttaa havaintosarjojen lyhyys ja näytteenotto-olosuhteiden erilaisuus. Kaikkia käytössä olleita havaintopisteitä voidaan veden tavanmukaisten fysikaalis-kemiallisten laatuparametrien suhteen pitää edustavina, joskaan ei toisiinsa rinnastettavina.



Taulukko 3.

Heterotrofisten bakteerien (ns. kokonaisbakteerit) pesäkeluku (THG, 20°C, kpl/ml), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l) ja COD (mg/l) vuoden 1985 näytteissä

Kohde	23.7.85			1.10.85		
	Kok. Bak	COD	Nitraatti	Kok. Bak.	COD	Nitraatti
TP1	5	0.4	1.54	3	0.7	1.06
TP2	12	0.5	1.01	15	1.0	0.42
TP3	930	110	4.84	63	170	2.64
TP4	10900	87	0.75	1090	22	1.14

Taulukko 4.

COD (mg/l), liuennut orgaaninen hiili (ppm),  $\text{NO}_3^-$  (mg/l), heterotrofisten bakteerien (ns. kokonaisbakteerit) pesäkeluku ( $R_2A$ ; 10 °C, kpl/ml), fekaali-indikaattorit (kpl/100 ml) sekä patogeenien esiintyminen syksyn 1987 näytteissä

Kohde	COD	Org-C	Nitraatti	Kok.bakt.	Fek. strept.	Fek. kolit	Yersinia	Salmonella	Kampylobakteeri
MP1	0.4	6.6	0.8	99	0	-	-	-	-
MP2	1.8	ND*	0.004	63	0	-	-	-	-
TP3	3.6	13.6	3.46	207	0	-	-	-	-
Lähde	4.0	19.2	4.30	13273	0	-	-	-	-

\* näyteputki rikkoontui kuljetuksessa

Alkuvaiheessa teräsputkista TP 1 - TP 4 otettujen näytteiden perusteella vaikutti siltä, että parhaiten toimivat putket TP 1 ja TP 2 eivät olisi itse hautausmaan vesien laadun suhteen niin edustavia kuin pisteet TP 3 ja TP 4, joissa puolestaan näytteenotto-olosuhteet olivat sellaiset, että oli muun muassa aihetta pelätä putkien metallin vaikuttavan analyysituloksiin (esim. Zn-pitoisuus pisteessä TP 4). Samoin putkiin valuva hiekka osin rajoitti näytteenottoa ja erityisesti mikrobimäärityksiin tarvittavien näytteiden moitteettomuus jäi epävarmaksi. Vuonna 1986 asennetut muoviputket poistivat osin tämän haitan, mutta putkien huuhtelun aiheuttamien häiriöiden vuoksi niitä ei mainittuna vuonna käytetty varsinaisten mikrobiologisten näytteiden ottoon. Vuoden 1987 näytteet ovatkin tältä osin edustavimmat lukuunottamatta havaintoalueen lähdeettä, joka on altis pintavesivalunnalle.

## 7.2 POHJAVEDEN FYSIKAALIS-KEMIALLINEN LAATU JA SIIHEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Lukuunottamatta pisteitä TP 3 ja lähde näytevesissä havaittiin ummehtuneen hajua. Usein hajun arvioitiin johtuvan rikkivedystä. Tämä on kyseisen tyyppisten harjujen pohjavesissä, samalla alueella toistuvasti esiintyvänä, melko epätavallista varsinkin, kun vesinäytteissä yleensä oli tyydyttävästi happea.

Hiilidioksidipitoisuudet ovat kyseessä olevissa olosuhteissa niinkään epätavallisen suuria. Keski-Suomen alueen harjupohjavesien taso (liite 1) on luokkaa 20 mg CO<sub>2</sub>/l, kun alueella tavattiin yleisesti määriä > 40 mg CO<sub>2</sub>/l (maksimi 93,3 mg). Vastaavan korkeita hiilidioksidipitoisuuksia on todettu mm. asumajätevesilietteen kaatopaikan vaikutusalueella (Mälkki ym. 1987).

Typpi- ja fosforiyhdisteiden määrä vaihteli huomattavasti eri pisteissä. Edellisiä havaittiin erityisesti pisteiden TP 3 ja MP 3 alueilla (vierekkäiset pisteet), lähinnä nitraattimuodossa. Fosforia esiintyi myös runsaasti samoissa pisteissä, mutta runsaimmin pisteessä TP 4. Kun kaikissa näiden näytevesissä oli mukana hienoa maa-ainesta voidaan tehdä johtopäätös, että hautausmaalta tulleita fosforiyhdisteitä on pidättynyt hienoon maa-ainekseen vaikuttaen analyysitulokseen.

Sekä tyyppiä että fosforin alkulähteenä voi hautojen ohella olla hautausmaan eri osissa suoritettu keinolannoitus tai äärimmäisessä tapauksessa hautausmaan alueelle imeytetty kappelialueen viemäriveresi. Viimeksi mainittu tuskin kuitenkaan voi aiheuttaa kontaminaatiota molemmissa, erilaisissa virtausvyöhykkeissä olevissa pisteissä TP 3 - MP 3 ja TP 4, joten sen vaikutusmahdollisuuteen on syytä suhtautua kriittisesti.

Mainittujen pisteiden näytteissä esiintyy myös korkeita

kemiallisen hapenkulutuksen arvoja, pisteessä TP 3 erityisesti vuonna 1985. Tällöin haudattiin "ylävirran" puolelle kuusi vainajaa pisteestä 3 noin 100 metrin säteellä, kun myöhempi hautaustoiminta on tapahtunut hieman kauempana. Pisteessä TP 4 ( ja lähteen) läheisyydessä hautaustoiminta on ollut kaikkein vilkkainta (vuonna 1985 noin 30, 1986 noin 40 ja 1987 samoin noin 40 vainajaa). TP 4:n etäisyys lähimmistä haudoista on luokkaa 40 metriä.

Kuten edellä todettiin, hiilidioksidipitoisuudet ovat lähes kaikkialla korkeita, mikä voi johtua hautauksen vaikutuksesta. Tämä ei tosin tule mainittavasti esiin pisteessä TP 4, mutta sitävastoin sen alapuolella olevassa lähteessä.

### 7.3 RASKASMETALLIT JA SYANIDIT

Raskasmetallien pitoisuudet ovat niin pieniä, että hautausmaan voidaan näiden päästöjen suhteen todeta olevan ympäristölle vaaraton. Havaitut pitoisuudet saattavat lähes kokonaisuudessaan edustaa pohjaveden luonnollisia tausta-arvoja. Poikkeuksen voi muodostaa sinkki. Syanideja ei havaittu.

### 7.4 ORGAANISET YHDISTEET

Rasvahappojen määritysarvot olivat selvästi korkeammat kuin "taustatasolla" saisi olla viitaten hautausten vaikutukseen. Samaa indikoi orgaanisen hiilen määrä.

### 7.5 MIKROBIT

Pohjavesinäytteiden bakteriofagimäärä ei ollut kovin korkea, mutta toisaalta hyvinkin pieni enterovirusmäärä esimerkiksi juomavedessä riittää aiheuttamaan taudin. Käytetty menetelmä olisi paljastanut epäkohdan, jos kolifagipitoisuus olisi  $>1$  kpl/100 ml (ei ylittynyt toisella näytteenotokerralla 4.10.1987). Tutkimustarkkuutta ei tietysti voida pitää kovin hyvänä. Menetelmän helppous ja halpuus kuitenkin puolustavat sen käyttöä alustavassa ekologisessa kolifagitutkimuksessa.

Indikaattoribakteerien perusteella ei yhdenkään tutkitun kohteen voi väittää olevan suolistosaastunut. Syksyn 1987 tulokset patogeenien puuttumisesta ovat tätä taustaa vasten ymmärrettäviä ja tukevat ruotsalaisia tuloksia hautausmaiden vähäisestä vaikutuksesta pohjaveden bakteriologiseen laatuun (von Brömssen ym. 1982). Kolifagien löytyminen (luku 6.34) viittaa siihen, että nämä kulkeutuvat tai säilyvät maassa indikaattoribakteereita (ja mahdollisia patogeeneja) paremmin. Varsinaisia virologisia selvityksiä ei tehty, joten hautaustoiminnan vaikutus pohjaveden virologiseen tilaan jää epäselväksi.

Kohonnut heterotrofisten bakteerien määrä indikoi bakteereille käyttökelpoisen orgaanisen aineksen lisääntymistä, suurimmat pesäkeluvut löydettiinkin kohteista, joissa liuennon orgaanisen hiilen pitoisuus ja kemiallinen hapenkulutus olivat suurimmat. Putkessa TP 3 esiintyi myös pentaanihappoa, heksaanihappoa ja oktaanihappoa enemmän kuin vähemmän heterotrofisia bakteereita sisältävissä putkissa MP 1 ja MP 2. Kohonnut nitraattipitoisuus heterotrofisia bakteereita eniten sisältävissä pisteissä ilmaisee osaltaan kontaktia maan pintaosiin.

## 8 YHTEENVETOA JA PÄÄTELMIÄ

### 8.1 YLEISTÄ

Analyysitulosten perusteella eivät mitkään veden tutkitut laatuparametrit yksiselitteisesti indikoi haudausmaan vaikutusta pohjaveteen. Havainnot antavat kuitenkin viitteitä alueen pohjaveden luonnontilaisesta poikkeavasta koostumuksesta. Analysoitujen laatuparametrien tulkintaa vaikeuttaa se, että luonnontilainen pohjavesi sisältää kaikki haudausmaa-alueelta nyt tehdyissä fyysikaalis-kemiallisissa- ja todennäköisesti myös raskasmetallimäärityksissä havaitut komponentit, mutta pohjaveden luonnontilaiset tausta-arvot tunnetaan vain osittain. Esimerkiksi maa-alkalimetalli- ja sulfaattipitoisuuksia ei nykyään mainittavasti pohjavesistä tutkita. Kokonaistypen ja -fosforin samoinkuin fosfaatin tausta-arvot ovat niinkään yleensä jääneet vaille huomiota. Sama koskee niin sanottuja myrkyllisiä raskasmetalleja ja orgaanisia yhdisteitä; viimeksi mainittuja lukuunottamatta sellaisia, joista on saatu osittaista informaatiota mittaamalla kemiallisen tai biologisen hapenkulutuksen arvoja.

Haudausmaiden vaikutusta pohjaveteen onkin tarkasteltava kokonaisuutena ottaen huomioon

- 1) hydrogeologiset olosuhteet (pohjaveden virtaus- ja laimenemisilmiöt, näytteenottoapaikat edellä mainittuihin nähden, näytteenotto-olosuhteet
- 2) fyysikaalis-kemialliset ja mikrobiologiset laatuparametrit ja niiden suhde kyseessä olevissa olosuhteissa jo tunnettuun pohjaveden laatuusta
- 3) pohjaveden luonnollisen laatuustaan suhteen tuntemattomien aineiden tai indikaatioiden esiintyminen.

## 8.2 HYDROGEOLOGISET OLOSUHTEET

Havaintopaikat (seuraavassa käytetään "piste-käsitettä" yleistäen lähinnä vain havaintopaikkojen numeroita) 1 ja 2 edustavat hyvin johtavissa kerrostumissa virtaavaa ja todennäköisesti koko ajan hyvin laimentuvaa pohjavettä. Näiden alueella pohjavedenpinta on korkeammalla kuin kohteessa 3, jonka tienoolle pohjaveden purkautumisalue (pääosin vesistössä) sijoittuu. Viimeksi mainituissa näytteenottopisteissä maaperä on kuitenkin edellisiä hienojakoisempaa ja veden aineosia adsorboivampaa. Vedenkorkeushavaintojen nojalla on perusteltua olettaa, että pisteen 3 alueella esiintyy kuitenkin osittain vedenjohtavuudeltaan samankaltaisia kerrostumia kuin pisteiden 1 - 2 alueilla. Havaintopaikkojen pohjavesien vaihtuminen (myös mahdollisten hautausmaan päästöjen laimeneminen) on edellistä pienempi.

Havaintopisteen 4 alue edustaa harjuille tyypillistä hienorakeista reuna-aluetta, jonka suuntaan osa pohjavedestä kuitenkin pystyy virtaamaan. Tätä indikoi pisteen 4 alapuolisen maaston lähde, jonka virtaamaa ei valitettavasti pystytty mittaamaan. On mahdollista, että hautausmaan ja lähteen välillä syvemmillä maaperässä esiintyy paremmin vettäjohtavia kerroksia, jotka osin kuljettavat purkautuvaa pohjavettä. Pisteen 4 maaperä (havaintosyvyydellä) on erityisesti veden kiintoainesta (?) hyvin pidättävää, mutta veden vaihtuminen on hidasta.

Edellä oleva luokittelu on tehtävissä lähinnä pohjavesiteknisissä tutkimuksissa saatujen havaintojen pohjalla. Päätelmiä vahvistavat saadut veden laatuhavainnot.

## 8.3 POHJAVEDEN LAATU

### 8.31 Kuormitustausta

Keuruun hautausmaa-alueen pohjavesien laatuun vaikuttaa lähinnä kaksi luonnonolosuhteista poikkeavaa tekijää: keinolannoitus ja itse haudat. Vähäinen jätevesien maahan imeyttäminen ulompana havaintopaikoista ei voine olla vaikuttava tekijä.

Keinolannoituksen määrää on mahdotonta arvoida. Lähtökohtana kuitenkin on pidettävä, että ainakin osa pohjavedessä havaituista typpi- ja fosforimääristä on peräisin tästä toiminnasta. Erityisesti fosforin esiintyminen liittyy vesinäytteisiin, joiden mukana on tullut runsaasti hienojakoista maa-ainesta. Havainnot viittaavat tämän yhdisteen adsorbtiioon hienorakeiseen maaperään.

Havaintopaikkojen läheisyydessä (alle 100 metrin etäisyydellä) tapahtuva hautaustoiminta, noin 50 hautausta vuodessa, merkitsee 3 000 - 4 000 kg orgaanisen hajoavan aineen kuormaa vuosittain. On perusteltua olettaa, että vajovedet huuhtovat lahoamistuotteita varsin runsaasti

pohjaveteen, koska mm. arkut haudan jälkikäsittelyssä usein särkyvät.

8.32

### L i k a a n t u m i s v a i k u t u s t e n i n d i k a a t i o t

Pohjavedessä havaittuja fysikaalis-kemiallisia laatu-parametrejä on tarkasteltava ottaen huomioon, että kyseinen akviferialue käsittää runsaasti niin sanottua vapaata, ilman kanssa ainakin tyydyttävästi kontaktissa olevaa vettä, jonka liike- ja vaihtumisolosuhteet ovat varsin hyvät. Näin ollen on mahdollista verrata havaittuja veden laatu-parametrejä vastaavissa olosuhteissa esiintyvien vesien laatuhavaintoihin (taulukko 1).

(1) Kuudessa tutkimuspisteessä vedessä havaittu ummeh-tunut, osin rikkivedyksi arvioitu haju sekä useimmissa putkissa havaittu korkea hiilidioksidin määrä ovat kyseisten kaltaisissa harjupohjavesissä harvoin esiintyviä (mediaani 22, maksimi 47 mg CO<sub>2</sub>/l), jotka on tulkit-tava lähinnä hautauksen vaikutuksiksi.

(2) Typpi- ja fosforiyhdisteiden määrät erityisesti havaintopisteissä 3 ja 4 osoittavat selvästi likaantu-mista. Alkuperänä voivat olla sekä lannoitteet että ruumiiden hajoamistuotteet.

(3) Kemiallinen hapenkulutus oli ajoittain erittäin kor-kea pisteissä 3 ja 4, viite suuresta orgaanisen aineen kuormituksesta. Tätä käsitystä tukevat syksyn 1987 orgaanisen hiilen määritykset. Kohonnut kokonaisbaktee-rien pesäkeluku pisteissä 3 ja 4 selittyyneen tällä or-gaanisen hiilen "lisällä".

Kohtien (2) ja (3) "varmoin" indikaatioihin nähden hiilidioksidihavainnot (1) ovat ristiriitaisia. Kor-keimmat pitoisuudet esiintyvät yleisimmin akviferin hyvin johtavissa osissa olevissa havaintopisteissä 1 ja 2 sekä lähteessä, jonka akviferiolosuhteita ei tunneta. Jättäen viimeksi mainitun pisteen avoimeksi, hiilidiok-sidia esiintyy siten pohjavesissä, joiden virtaus hautausmaa-alueelta poispäin on nopeinta (lyhyt kulkeu-tumisaika havaintopisteisiin). Tätä on toistaiseksi pidettävä vain sattumanvaraisena havaintona. Toinen mahdollinen syy ilmiöön voi olla pisteiden 3 ja 4 näytteenottoympäristössä. Maa-aineksia lävistävä putki muodostaa johteen, jonka kautta putken lähiympäristön vedessä olevat kaasut pyrkivät vapautumaan. Pisteiden 3 ja 4 näyteveden "keräysalue" on muita havaintopaikkoja pienempi ja siten vähemmän edustava. Näytteenotto-olo-suhteet ovat samoin sellaiset, että näyteveden kaasua vapautuu keskimääräistä runsaammin.

Tulkinnanvaraisuudesta huolimatta pohjavesinäytteiden hiilidioksidipitoisuuksia on pidettävä veden laadun muu-tosta indikoivana. Se, yhdessä hajuhavaintojen kanssa

puolestaan viittaisi siihen, että kaikista näytteenottopisteistä voidaan löytää myös muita hautausmaan vaikutusten merkkejä.

Typpi- ja fosforiyhdisteiden ohella ovat havaintoaineiston mukaan mm. sulfaatti- ja kloridipitoisuudet yleisesti, joskaan ei poikkeuksetta korkeammat kuin alueen akvifeereissä yleensä. Erityisen poikkeavia ovat alueen pohjavesien pH-arvot (Natukan, 1962 mukaan Keski-Suomen läänin mediaaniarvo 6,25, minimi 5,3). Kolmea havaintoa lukuunottamatta kaikki ovat Keuruulla edellä mainittua mediaaniarvoa pienempiä ja lähteen näytevesien pH:n kaikki arvot (4,8 - 5,1) alittavat edellä mainitun minimin.

Edellä esitetyn perusteella

- ehdottoman varmaa hautausmaavaikutuksen yksittäistä indikaattoria ei ole tullut esiin.
- tulkiten havaintoja kokonaisuutena hautausmaan vaikutus pohjaveteen on mitä todennäköisim. Vaikutus ilmenee tulosten mukaan terveydelle ilmeisesti vaarattomina pohjaveden laadun muutoksina.

9

#### TULEVAAN TUTKIMUKSEEN LIITTYVIÄ NÄKÖKOHTIA

Hautausmaiden vaikutukset pohjaveteen näyttävät olevan yleisesti vaikeasti selvitettäviä johtuen mm.:

- edustavien näytteiden saantivaikkeudesta
- pohjavesivyöhykkeessä tapahtuvista laimenemisilmiöistä
- pohjavesien kemiaan ja mikrobiologiaan liittyvän perustiedon puuttumisesta
- tähän mennessä käytetyn analytiikan rajoittuneisuudesta

Olisikin kiinnitettävä huomiota kaikkien tällaisten rajoittavien tekijöiden vähentämiseen, mikä on osittain vain kustannuskysymys. Erityisesti hautausmaiden vaikutuksia selvittävän analytiikan, jossa mikrobiologisilla määrityksillä on keskeinen asema, kehittämiseen olisi kiinnitettävä huomiota.

Käsillä olevassa tutkimuksessa on jossain määrin voitu haarukoida hautausmaiden vaikutuksia pohjaveteen osoitettavia merkkejä. Tutkimustuloksia pitäisi kehittyvän analytiikan avulla varmistaa - jo saadut viitteet huomioon ottaen - sekä ajallisesti (mm. sääsuhteiden vaikutus = aineksen huuhtoutuminen) että laadullisesti valitulla näytteenotolla ja tutkimuksella. Keuruun hautausmaan alue tarjoaa tähän ilmeisesti hyviä edellytyksiä. Olosuhteiden edustavuuden vuoksi tutkimusta kannattaa



keskittää tällaisiin kohteisiin ainakin siihen asti, jolloin hautausmaiden vaikutusta osoittavat indikaattorit tunnetaan nykyistä huomattavasti paremmin.

Hautausmaiden lähivaikutuspiirissä olevien pohjavedenotamoiden tarkkailua ei nykytiedon perusteella voida vielä mainittavasti uudistaa. Pitäisi kuitenkin pyrkiä laajentamaan tarkkailussa tähän mennessä käytettyä, usein perin rajoittunutta analyysivalikoimaa. Tämän tutkimuksen perusteella näytevesien hiilidioksidipitoisuudet sekä typpi-, fosfori- ja rikkiyhdisteiden määrät tulisi ainakin selvittää. Kehittyvä tieto johtaa kuitenkin tulevaisuudessa siihen, että hautausmaavaikutuksista saadaan aikaisempaa parempia indikaatioita ja näillä alueilla joko hautausmaa- tai vedenottamotoimintaa joudutaan tarkastelemaan uudessa valossa. Jo nykyisen tiedon perusteella on tehtävissä johtopäätös, että hautausmaat aiheuttavat kyseisissä olosuhteissa pohjavedelle selvän, vähintään esteettisenä pidettävän haitan.

## YHTEENVETO

Vesihallinnossa aloitettiin vuonna 1983 tutkimus, jonka tavoitteena oli selvittää erilaisten ihmistoimintojen vaikutuksia pohjaveteen. Yhtenä tutkimuskohteena olivat hiekka-sora-alueella sijaitsevat hautausmaat. Kirjallisuusselvitysten ohella maasto- ja laboratoriotutkimuksia suoritettiin Keuruun hautausmaa-alueella vuosina 1985 - 1987. Tutkimuksiin osallistuivat Kuopion vesi- ja ympäristöpiirin ohella vesi- ja ympäristöhallituksen tutkimuslaboratorio, Kansanterveyslaitoksen ympäristöhygienian ja toksikologian osasto, Kuopion yliopiston työ- ja teollisuushygienian laitos sekä Valtion eläinlääketieteen laitos. Alueen läheisyydessä tutkittiin hautausmaan alta havaintopaikoille virtaavan pohjaveden laatua. Havaintopisteiden pienin etäisyys hautaukseen käytetyiltä alueilta oli noin 40 metriä.

Hautausmaa-alueen pohjavettä kuormittavat sekä hautojen hoidossa käytetyt keinolannoitteet että ruumiiden hajoamistuotteet (hautauksia on noin 100 vuodessa).

Hautausmaan vaikutus tuli fysikaalis-kemiallisten määritysten osalta selvimmän esiin olosuhteisiin nähden oudon yleisenä esiintyvänä rikkivedyn hajusta sekä korkeista COD<sub>Mn</sub>-, kok. N-, NO<sub>3</sub>-, kok. P-, ja PO<sub>4</sub>-arvoista. Viitteitä antavia ovat myös SO<sub>4</sub>- ja Cl-pitoisuudet. Raskasmetalleista havaittiin vain merkkejä. Mikrobiologista likaantumista ei voitu selvästi osoittaa, mutta viitteelliset havainnot likaavasta vaikutuksesta ovat sopu-soinnussa fysikaalis-kemiallisista määrityksistä saatujen tulosten kanssa. Merkkejä hautausmaan vaikutuksiin viittaavista orgaanisista yhdisteistä myös esiintyi.

Hautausmaiden haittavaikutuksia on tutkittava kokonaisuutena ottaen huomioon sekä hydrogeologiset olosuhteet että veden laatuparametrit. Tarkkailussa tulisi huolehtia siitä, että määrityksiä tehdään riittävän laaja-alaisesti; muiden muassa nyt esiin tulleet havainnot huomioon ottaen pohjaveden eri laatuparametrien perustutkimuksiin ja erikoisanalytiikkaan tulisi kiinnittää riittävästi huomiota.

## SAMMANDRAG

I vattenförvaltningen påbörjades år 1983 en undersökning, vars mål var att utreda olika mänskliga aktiviteters inverkan på grundvattnet. Ett undersökningsobjekt var begravningsplatser i sand- och grusområden. Förutom litteraturstudier gjordes fält- och laboratorieundersökningar på begravningsplatsen i Keuruu under åren 1985 - 1987. I undersökningarna deltog förutom Kuopio vatten- och miljödistrikt även vatten- och miljöstyrelsens forskningslaboratorium, avdelningen för miljöhygien och toxicologi vid Folkhälsoinstitutet, avdelningen för arbets- och industrihygien vid Kuopio Universitetet samt Statens veterinärmedicinska institut. I områdets närhet undersöktes kvaliteten hos grundvattnet som rinner underifrån begravningsplatsen till observationsplatserna. Observationsplatsernas minsta avstånd från områden som användes för begravning var cirka 40 meter.

Grundvattnet i begravningsplatsen belastas av både konstgödsel som används i gravvården samt av nedbrytningsprodukter från lik (cirka 100 begravningar per år).

Begravningsplatsens inverkan kom tydligast fram som en egendomligt lukt av svavelväte samt som höga COD<sub>Mn</sub>-, tot. N-, NO<sub>3</sub>-, tot. P-, och PO<sub>4</sub>-värden. SO<sub>4</sub>- och Cl-halterna antyder samma sak. Endast spår av tungmetaller observerades. Någon mikrobiologisk förorening har inte klart kunnat påvisas, men antydande observationer av en förorenande effekt överensstämmer med resultaten från de fysikalisk-kemiska analyserna. Det förekom också spår av organiska föreningar som tyder på begravningsplatsens inverkan.

Begravningsplatsens menliga effekter bör undersökas som en helhet med beaktande av både de hydrogeologiska förhållandena och vattnets kvalitetsparametrar. I kontrollen bör det ses till, att analyser görs i tillräckligt stor utsträckning med beaktande av bl.a. de nu framkomna observationerna. Tillräckligt stor uppmärksamhet borde fästas vid grundläggande undersökningar av grundvattnets olika kvalitetsparametrar och vid specialanalytik.

**SUMMARY**

The National Board of Waters started a research project in 1983 to investigate the influence of human activity on groundwater. One of the investigations covered cemeteries situated in sand-gravel formation. Besides a literature study field and laboratory investigations were made at the Keuruu cemetery in 1985 - 1987. The Water and Environment District of Kuopio, the Research Laboratory of the National Board of Waters and Environment, Department of Environmental Hygiene and Toxicology of Public Health Institute, Department of Industrial Hygiene of the University of Kuopio and the Veterinary National Institute took part in the investigations.

In the vicinity of the area the quality of the groundwater flowing from the underneath the cemetery was studied. The minimum distance of the observation points from graves was about 40 meters.

Groundwater of the cemetery area is heavily loaded both with fertilizers used in the upkeep of graves and decomposition of corpses (about 100 burials a year).

The effect of the graves was evident from the smell of hydrogen sulphide which was very noticeable and from the high values of  $\text{COD}_{\text{Mn}}^-$ ,  $\text{N}_{\text{tot}}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{P}_{\text{tot}}^-$  and  $\text{PO}_4^-$ . High values of  $\text{SO}_4^-$  and  $\text{Cl}^-$  were also signs of the influence of the cemetery. Only some traces of heavy metals were observed. Microbiological contamination could not clearly be proved but some signs of groundwater contamination were observed. Traces of organic compounds were also observed.

Effects of cemeteries have to be studied as a whole taking into account both hydrogeological circumstances and the quality parameters of groundwater. In the field observations one should see to it that the measurements are extensive enough taking into consideration e.g. the results of this study. Sufficient attention should be paid to the basic research on groundwater quality parameters and to special methods of analysis.

**KIRJALLISUUTTA**

- von Brömssen, U., Heinrup, P., Hoffner, S. & Rennerfelt, J. 1982. Begravningsplatser. Förekomst och transport av tungmetaller och sjukdomsalstrande mikro-organismer. Statens Naturvårdverket. PM 1986. 50 s.
- Grabow, W.O.K. & Coubrough, P. 1986. Practical Direct Plaque Assay for Coliphages in 100 ml Samples of Drinking Water. Appl. Environm. Microbiol. 52: 430 - 433.
- Insinööri-toimisto Maa ja Vesi Oy. 1987. Hautausmaiden suotovesien ympäristövaikutukset. Väliraportti, 13 s. Moniste.
- Loikkanen, S. 1984. Ihmisen toiminnan vaikutus pohjaveteen. Väliraportti I. Kuopion yliopiston työ- ja teollisuushygienian laitos, 22 s. Moniste.
- Mälkki, E., Sihvonen, K. & Suokko, T. 1987. Ihmisen toiminnan vaikutus pohjaveteen. I Kaatopaikat. 66s., 9 liitettä. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 49. Helsinki.
- Natukka, A. 1962. Vuosina 1949 - 61 suoritettujen pohjavesitutkimusten yhteenvetoja ja jälkiselvittelyjä. Insinööri-toimisto Maa ja Vesi Oy. 60 s. Moniste.
- Suomen kaupunkiliitto. 1982. Pohjaveden suojele. Kaupunkiliiton julkaisu B 93. 93 s.



## VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS

STATENS TEKNISKA FORSKNINGSCENTRAL

Elintarvikelaboratorio

## TUTKIMUSSELOSTUS N:o

FORSKNINGSRAPPORT

Nr ELI71751

1

Tilaaaja Nesslingin säätiö/Mälkki  
c/o Kuopion Vesi- ja Ympäristöpiiri  
PL 49  
70101 Kuopio

Tilaus Kirje 24.9.1987 ja puhelinkeskustelu Vartiainen/Hattula

Näytteet Neljä hautausmaan alapuolelta otettua pohjavesinäytettä. Näytteissä merkinnät: MP1, MP2, TP3 ja LÄHDE 1

Tehtävä Biogeenisten amiinien määrittäminen

## Tutkimuksen suoritus ja tulokset

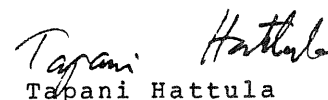
Biogeeniset amiinit määritettiin nestekromatografisesti Mietzin ja Karmasin mukaan, Journal of the AOAC Vol 61, No. 1(1978), 139-145. Menetelmällä voidaan määrittää tryptamiini, fenyylietyyliamiini, putreskiini, kadaveriini, histamiini, tyramiini, spermiini ja spermidiini, jos niiden pitoisuus vedessä ylittää rajan 1 mg/litra. Missään tutkitussa näytteessä ei todettu yllämainittuja amiineja.

Espoo 21.10.1987

VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS  
ElintarvikelaboratorioLaboratorionjohtajan  
sijainen


Martti Kiesvaara

Tutkija



Tapani Hattula

MK/TH/21/416

Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain Valtion teknillisestä tutkimuskeskuksesta saadun kirjallisen luvan perusteella.

Användning av Statens tekniska forskningscentralens (VTT) namn i reklamtyfte eller delvis publicering av denna rapport tillåtes endast med skriftligt begivande från Statens tekniska forskningscentral.

KANSANTERVEYSLAITOS  
Ympäristöhygienian ja  
toksikologian osasto  
PL 95, 70701 KUOPIO

Dos. Esko Mälkki

**Rasvahappoanalyysi hautausmaanäytteistä**

**Analyysimenetelmä:** Näytteisiin lisättiin sisäinen standardi (mukobromihappo), ja hapot ravisteltiin kolmeen kertaan näytteistä eetteriin. Eetteri haihdutettiin typpivirrassa, näytteeseen lisättiin 300 µl 2% metanolia, ja näytteen annettiin reagoida +70 °C vesihauteella tunnin. Jäähdytykseen näytteeseen lisättiin 450 µl 2% natriumvetykarbonaattiliuosta, ja rasvahappojen metyyliesterit uutettiin heksaaniin (600 µl). Näytteet analysoitiin kapillaarikolonnilla ja GC/FID systeemillä sisäisen standardin menetelmällä.

**Tulokset:**

Tulokset ovat taulukossa 1.

**Taulukko 1.**

Hautausmaiden 16.9.1987, Valkeisenkankaan hautausmaa, pohjavesinäytteiden rasvahappopitoisuudet (µg/l). I=etikkahappo, II=propanihappo, III=maitohappo, IV=butaanihappo, V=iso-pentaanihappo, VI=pentaanihappo, VII=heksaanihappo, VIII=oktaanihappo.

näyte	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
<b>Keuruu Valkeisenkankaan hautausmaa</b>								
TP 3	3,22	0,03	4,3	50,0	<0,01	0,72	3,18	2,14
MP 1	3,13	0,26	3,68	47,8	0,55	0,47	1,49	0,92
MP 2	1,90	<0,01	<0,05	3,15	0,41	<0,01	0,08	0,21
Lähde 1	1,78	<0,01	1,72	1,00	0,20	0,03	0,25	0,31

Kuopiossa, 28.12.1987

  
Terttu Vartiainen

erikoistutkija, FL

puh.971-201346



VESINÄYTTEIDEN TUTKIMUSTULOKSET Liite 3/1

Näytteenottoaikka

Keuruun hautausmaa

Näytteenottopisteen no. TP 1

Näytteenottopäivä	25.07.85	01.10.85	10.06.86	23.09.86		
Virtaama l/min	250	250	250	250		
Näytteenotto syvyys m	3-7	3-7	3-7	3-7		

Lämpötila °C	5,4	5,4	5,3	5,4		
Kiintoaine mg/l	2	0	0,7	0		
Sameus FTU	kirkas	kirkas	kirkas	kirkas		
Haihdutusjäännös mg/l						
Hekutusjäännös mg/l						
Väriluku (Pt) mg/l						
Haju	ummeht.	ummeht.	rikkiv. haju	rikkiv. haju		
Maku						
pH-luku	5,8	5,8	5,8	5,8		
Sähkönjohtavuus √25 mS/m	9,6	10,3	10,5	10,6		
Alkaliniteetti mmol/l				0,21		
Asiditeetti mmol/l	0,65	0,89	0,83	0,85		
Happi (O <sub>2</sub> ) mg/l	3,5	3,3	2,5	4,5		
Happi (O <sub>2</sub> ) kyll. %	28	26	19	36		
COD <sub>Mn</sub> mg/l	0,4	0,7	1,0	0,5		
COD <sub>Cr</sub> mg/l						
BOD <sub>7</sub> mg/l						
Ammonium (NH <sub>4</sub> ) mg/l	0,03	0,03	0,02	0,01		
Nitriitti (NO <sub>2</sub> ) mg/l	< 0,003	< 0,003	0,003	0,003		
Nitraatti (NO <sub>3</sub> ) mg/l	1,54	1,06	0,49	0,84		
Kokonaistypppi (N <sub>tot</sub> ) mg/l	0,31	0,33	0,15	0,22		
Fosfaatti (PO <sub>4</sub> ) mg/l						
Kokonaisfosfori (P <sub>tot</sub> ) mg/l	0,006	0,006	0,007	0,008		
Fluoridi (F) mg/l						
Kloridi (Cl) mg/l	10,6	12,1	12,7	12,4		
Sulfaatti (SO <sub>4</sub> ) mg/l	11,9	12,4	11,2	11,0		
Vapaa hiilihappo (CO <sub>2</sub> ) mg/l	42,6	48,8	64,4	62,7		
Kalkkia syövytt. hiilih. (CO <sub>2</sub> ) mg/l						
Kokonaiskovuus mmol/l			0,30	0,28		
Kalsium (Ca) mg/l		6,9				
Magnesium (Mg) mg/l		2,2				
Rauta (Fe) mg/l	1,6					
Rauta ilm. ja suod. näytt. (Fe) mg/l						
Mangaani (Mn) mg/l	0,007	0,08	0,07	0,1		
Sulfidi (S) mg/l						

Näytteenottoaika

Keuruun hautausmaa

Näytteenottopisteen no. TP 2...

Näytteenottopäivä

Virtaama. l/min

Näytteenotto syvyys m

23.07.85	01.10.85	10.06.86	23.09.86		
300	300	300	300		
3-7	3-7	3-7	3-7		

Lämpötila °C

Kiintoaine mg/l

Sämeus FTU

Haihdutusjännös mg/l

Hekutusjännös mg/l

Väriluku (Pt) mg/l

Haju

Maku

pH-luku

Sähkönjohtavuus  $\sqrt{25}$  mS/m

Alkaliniteetti mmol/l

Asiditeetti mmol/l

Happi (O<sub>2</sub>) mg/lHappi (O<sub>2</sub>) kyll. %COD<sub>Mn</sub> mg/lCOD<sub>Cr</sub> mg/lBOD<sub>7</sub> mg/lAmmonium (NH<sub>4</sub>) mg/lNitriitti (NO<sub>2</sub>) mg/lNitraatti (NO<sub>3</sub>) mg/lKokonaistypppi (N<sub>tot</sub>) mg/lFosfaatti (PO<sub>4</sub>) mg/lKokonaisfosfori (P<sub>tot</sub>) mg/l

Fluoridi (F) mg/l

Kloridi (Cl) mg/l

Sulfaatti (SO<sub>4</sub>) mg/lVapaa hiilihappo (CO<sub>2</sub>) mg/lKalkkia syövytt. hiilih. (CO<sub>2</sub>) mg/l

Kokonaiskovuus mmol/l

Kalsium (Ca) mg/l

Magnesium (Mg) mg/l

Rauta (Fe) mg/l

Rauta ilm. ja suod. näytt. (Fe) mg/l

Mangaani (Mn) mg/l

Sulfidi (S) mg/l

5,8	5,8	5,2	6,0		
3	2	0,6	14		
kirkas	kirkas	kirkas	kirkas		
ummeht.	ummeht.	ummeht.	hajuton		
5,8	5,8	5,9	5,9		
10,2	10,5	11,0	10,8		
		0,19	0,24		
0,76	0,87	0,89	0,88		
3,4	4,7	3,1	6,4		
27	38	24	51		
0,5	1,0	1,4	0,9		
0,04	0,03	0,03	0,03		
<0,003	<0,003	0,003	0,003		
1,01	0,92	0,43	0,43		
0,34	0,5	0,12	0,17		
0,007	0,011	0,007	0,011		
10,3	12,0	12,6	6,2		
12,2	12,3	13,4	11,0		
45,4	48,0	55,9	65,1		
		0,30	0,29		
	6,8				
	3,9				
2,0					
0,08	0,07	0,06	0,09		

Näytteenottoaika

Keuruun hautausmaa

Näytteenottopisteen no. TP. 3

Näytteenottopäivä	23.07.85	01.10.85	10.06.86	23.09.86	16.09.87	
Virtaama. l/min	200, runsaasti					hienoa hiekkaa mukana
Näytteenottoisyvyys m	4,5-5,5	2-3	3-6	3,5	3-6	

Lämpötila	4,7	7,2	6,8	7,2	5,2	
Kiintoaine	29000	1500	230	870	170	
Sameus			samea	samea -hiekkaa		
Haihutusjäännös						
Hehkutusjäännös						
Väriluku (Pt) mg/l						
Haju	ei	ei	hajuton	hajuton		
Maku	hiekkaa	hiekkaa				
pH-luku	6,0	5,9	7,1	6,4	5,9	
Sähkönjohtavuus $\sqrt{25}$ mS/m	9,2	8,7	7,7	9,7	9,7	
Alkaliniteetti mmol/l			0,17	0,42		
Asiditeetti mmol/l	0,95	0,65	0,24	0,60	0,65	
Happi (O <sub>2</sub> ) mg/l	4,5	2,4	0,2	0	3,5	
Happi (O <sub>2</sub> ) kyll. %	35	20	2	0	28	
COD <sub>Mn</sub> mg/l	110	170	3,5	3,4	3,6	
COD <sub>Cr</sub> mg/l						
BOD <sub>7</sub> mg/l						
Ammonium (NH <sub>4</sub> ) mg/l	0,05	0,01	0,15	0,05	0,02	
Nitriitti (NO <sub>2</sub> ) mg/l	0,016	0,02	0,007	0,029	0,003	
Nitraatti (NO <sub>3</sub> ) mg/l	4,84	2,64	0,018	0,53	3,46	
Kokonaistyppe (N <sub>tot</sub> ) mg/l	1,6	0,69	0,24	0,58	0,83	
Fosfaatti (PO <sub>4</sub> ) mg/l						
Kokonaisfosfori (P <sub>tot</sub> ) mg/l	20	32	tulos puuttuu	0,24	3,1	
Fluoridi (F) mg/l						
Kloridi (Cl) mg/l	7,8	21,9	8,0	9,0	8,1	
Sulfaatti (SO <sub>4</sub> ) mg/l	0	0	0,1	7,8	17,4	
Vapaa hiilihappo (CO <sub>2</sub> ) mg/l	28,4	31,4	12,4	56,8	32,3	
Kalkkia syövytt. hiilih. (CO <sub>2</sub> ) mg/l						
Kokonaiskovuus mmol/l			0,22	0,25	0,29	
Kalsium (Ca) mg/l		22				
Magnesium (Mg) mg/l		4,5				
Rauta (Fe) mg/l	0,3					
Rauta ilm. ja suod. näytt. (Fe) mg/l						
Mangaani (Mn) mg/l	6,6	12,0	0,48	1,1	0,76	
Sulfidi (S) mg/l						

VESINÄYTTEIDEN TUTKIMUSTULOKSET

Liite 3/4

Näytteenottoaikka

Keuruun hautausmaa

Näytteenottopisteen no. TP 4

Näytteenottopäivä	23.07.85	01.10.85	10.06.86	23.09.86		
Virtaama l/min	putki- houhin	putki- houhin	putki- houhin	putki- houhin		
Näytteenotto syvyys m	4,5-5,5	3-4	3-7	3,5		

Lämpötila °C	5,4	8,2	8,6			
Kiintoaine mg/l	42 000	2 100	410	2,1		
Sameus FTU	hiekkaa	hiekkaa	samea	samea		
Haihutusjäännös mg/l						
Hehkutusjäännös mg/l						
Väriluku (Pt) mg/l						
Haju	ei	ei	ei	ummehtun.		
Maku						
pH-luku	6,1	6,0	6,3			
Sähkönjohtavuus √25 mS/m	6,4	6,0	5,3	8,7		
Alkaliniteetti mmol/l			0,19	0,48		
Asiditeetti mmol/l	0,74	0,50				
Happi (O <sub>2</sub> ) mg/l	8,2	4,8				
Happi (O <sub>2</sub> ) kyll. %	65	40				
COD <sub>Mn</sub> mg/l	87	22	6,6	69		
COD <sub>Cr</sub> mg/l						
BOD <sub>7</sub> mg/l						
Ammonium (NH <sub>4</sub> ) mg/l	0,01	< 0,01	0,06	0,10		
Nitriitti (NO <sub>2</sub> ) mg/l	0,007	0,01	0,003	0,016		
Nitraatti (NO <sub>3</sub> ) mg/l	0,75	1,14	0,013	0,017		
Kokonaistypppi (N <sub>tot</sub> ) mg/l	0,23	0,69	0,39	2,5		
Fosfaatti (PO <sub>4</sub> ) mg/l						
Kokonaisfosfori (P <sub>tot</sub> ) mg/l	31	34	tulos puuttuu	10,3		
Fluoridi (F) mg/l						
Kloridi (Cl) mg/l	2,7	23,7	4,1	6,6		
Sulfaatti (SO <sub>4</sub> ) mg/l	8,0	0	9,9	2,1		
Vapaa hiilihappo (CO <sub>2</sub> ) mg/l	25,5	11,8				
Kalkkia syövytt.hiilih.(CO <sub>2</sub> ) mg/l						
Kokonaiskovuus mmol/l			0,21	0,35		
Kalsium (Ca) mg/l		15,5				
Magnesium (Mg) mg/l		3,2				
Rauta (Fe) mg/l	0,1					
Rauta ilm.ja suod.näytt.(Fe) mg/l						
Mangaani (Mn) mg/l	18	10	1,6	24		
Sulfidi (S) mg/l						

Näytteenottoaikka

Keuruun hautausmaa

Näytteenottopisteen no. MP 1

Näytteenottopäivä	23.09.86	16.09.87				
Virtaama l/min	150	150				
Näytteenottosyvyys m	4-9	4-9				

Lämpötila °C	5,4	5,2				
Kiintoaine mg/l	2,0	3,2				
Sameus FTU						
Haihduusjäännös mg/l						
Hekutusjäännös mg/l						
Väriluku (Pt) mg/l						
Haju	hajuton	ummehtun.				
Maku						
pH-luku	5,9	5,9				
Sähkönjohtavuus $\sqrt{25}$ mS/m	8,3	9,3				
Alkaliniteetti mmol/l	0,19					
Asiditeetti mmol/l	0,51	0,57				
Happi (O <sub>2</sub> ) mg/l	8,9	7,4				
Happi (O <sub>2</sub> ) kyll. %	70	58				
COD <sub>Mn</sub> mg/l	0,2	0,4				
COD <sub>Cr</sub> mg/l						
BOD <sub>7</sub> mg/l						
Ammonium (NH <sub>4</sub> ) mg/l	0,007	0,001				
Nitriitti (NO <sub>2</sub> ) mg/l	0,003	0,79				
Nitraatti (NO <sub>3</sub> ) mg/l	1,99	0,80				
Kokonaistypppi (N <sub>tot</sub> ) mg/l	0,46	0,16				
Fosfaatti (PO <sub>4</sub> ) mg/l						
Kokonaisfosfori (P <sub>tot</sub> ) mg/l	0,013	0,014				
Fluoridi (F) mg/l						
Kloridi (Cl) mg/l	7,2	10,5				
Sulfaatti (SO <sub>4</sub> ) mg/l	9,0	11,6				
Vapaa hiilihappo (CO <sub>2</sub> ) mg/l	37,0	32,6				
Kalkkia syövytt.hiilih.(CO <sub>2</sub> ) mg/l						
Kokonaiskovuus mmol/l	0,24	0,28				
Kalsium (Ca) mg/l						
Magnesium (Mg) mg/l						
Rauta (Fe) mg/l						
Rauta ilm. ja suod.näytt.(Fe) mg/l						
Mangaani (Mn) mg/l	0,017	0,004				
Sulfidi (S) mg/l						

Näytteenottoaika

Keuruun hautausmaa

Näytteenottopisteen no... MP. 2.

Näytteenottopäivä	23.09.86	16.09.87				
Virtaama... l/min	130	130				
Näytteenottoisyvyys m	4-8	4-8				

Lämpötila.....°C	5,5	5,5				
Kiintoaine.....mg/l	97	93				
Sameus.....FTU						
Haihdotusjäännös.....mg/l						
Hehkutusjäännös.....mg/l						
Väriluku.....(Pt) mg/l						
Haju.....	lievä	ummehtun.				
Maku.....						
pH-luku.....	5,9	5,8				
Sähkönjohtavuus..... $\sqrt{25}$ ...mS/m	12,3	12,0				
Alkaliniteetti.....mmol/l	0,27					
Äsiditeetti.....mmol/l	0,90	0,87				
Happi.....(O <sub>2</sub> ) mg/l	4,2	6,2				
Happi.....(O <sub>2</sub> ) kyll.%	33	49				
COD <sub>Mn</sub> .....mg/l	2,3	1,8				
COD <sub>Cr</sub> .....mg/l						
BOD <sub>7</sub> .....mg/l						
Ammonium.....(NH <sub>4</sub> )...mg/l	0,063	0,01				
Nitriitti.....(NO <sub>2</sub> )...mg/l	0,003	0				
Nitraatti.....(NO <sub>3</sub> )...mg/l	0,031	0,004				
Kokonaistypppi..(N <sub>tot</sub> )...mg/l	0,12	0,07				
Fosfaatti.....(PO <sub>4</sub> )...mg/l						
Kokonaisfosfori..(P <sub>tot</sub> )...mg/l	2,5	0,83				
Fluoridi.....(F)...mg/l						
Kloridi.....(Cl)...mg/l	13,5	13,5				
Sulfaatti.....(SO <sub>4</sub> )...mg/l	11	15,7				
Vapaa hiilihappo (CO <sub>2</sub> )...mg/l	69,5	43,2				
Kalkkia syövytt.hiilih.(CO <sub>2</sub> )...mg/l						
Kokonaiskovuus.....mmol/l	0,32	0,32				
Kalsium.....(Ca)...mg/l						
Magnesium.....(Mg)...mg/l						
Rauta.....(Fe)...mg/l						
Rauta ilm. ja suod.näytt.(Fe)mg/l						
Mangaani.....(Mn)...mg/l	0,33	0,24				
Sulfidi.....(S)...mg/l						

Näytteenottopaikka

Keuruun hautausmaa

Näytteenottopisteen no. MP. 3.

Näytteenottopäivä	23.09.86				
Virtaama l/min	100, runsaasti	hienoa hiekkaa	mukana		
Näytteenotto-syvyys m	1-3				

Lämpötila	°C	9,0			
Kiintoaine	mg/l	47			
Sameus	FTU				
Haihdufusjäännös	mg/l				
Hehkutusjäännös	mg/l				
Väriluku	(Pt) mg/l				
Haju		rikkiv. haju			
Maku					
pH-luku		6,5			
Sähkönjohtavuus	√25 mS/m	12,3			
Alkaliniteetti	mmol/l	0,58			
Asiditeetti	mmol/l	0,56			
Happi	(O <sub>2</sub> ) mg/l	0,2			
Happi	(O <sub>2</sub> ) kyll. %	2			
COD <sub>Mn</sub>	mg/l	16			
COD <sub>Cr</sub>	mg/l				
BOD <sub>7</sub>	mg/l				
Ammonium	(NH <sub>4</sub> ) mg/l	0,09			
Nitriitti	(NO <sub>2</sub> ) mg/l	0,013			
Nitraatti	(NO <sub>3</sub> ) mg/l	5,76			
Kokonaistyyppi	(N <sub>tot</sub> ) mg/l	2,2			
Fosfaatti	(PO <sub>4</sub> ) mg/l				
Kokonaisfosfori	(P <sub>tot</sub> ) mg/l	5,1			
Fluoridi	(F) mg/l				
Kloridi	(Cl) mg/l	5,0			
Sulfaatti	(SO <sub>4</sub> ) mg/l	11			
Vapaa hiilihappo (CO <sub>2</sub> )	mg/l	51,0			
Kalkkia syövytt. hiilih. (CO <sub>2</sub> )	mg/l				
Kokonaiskovuus	mmol/l	0,35			
Kalsium	(Ca) mg/l				
Magnesium	(Mg) mg/l				
Rauta	(Fe) mg/l				
Rauta ilm. ja suod. näytt. (Fe)	mg/l				
Mangaani	(Mn) mg/l	3,6			
Sulfidi	(S) mg/l				

Näytteenottopaikka

Keuruun hautausmaa

Näytteenottopisteen no Lähde...

Näytteenottopäivä

Virtaama... l/min

Näytteenottosyvyys m

10.06.86	23.09.86	16.09.87			
ei voi määrittää					
0,05	0,1	0,1			

Lämpötila.....°C

Kiintoaine.....mg/l

Sameus.....FTU

Haihdutusjäännös.....mg/l

Hehkutusjäännös.....mg/l

Väri luku.....(Pt) mg/l

Haju

Maku

pH-luku

Sähkönjohtavuus.....√25....mS/m

Alkaliniteetti.....mmol/l

Asiditeetti.....mmol/l

Happi.....(O<sub>2</sub>) mg/lHappi.....(O<sub>2</sub>) kyll.%COD<sub>Mn</sub>.....mg/lCOD<sub>Cr</sub>.....mg/lBOD<sub>7</sub>.....mg/lAmmonium.....(NH<sub>4</sub>)...mg/lNitriitti.....(NO<sub>2</sub>)...mg/lNitraatti.....(NO<sub>3</sub>)...mg/lKokonaistypppi..(N<sub>tot</sub>)...mg/lFosfaatti.....(PO<sub>4</sub>)...mg/lKokonaisfosfori..(P<sub>tot</sub>)...mg/l

Fluoridi.....(F)....mg/l

Kloridi.....(Cl)....mg/l

Sulfaatti.....(SO<sub>4</sub>)...mg/lVapaa hiilihappo (CO<sub>2</sub>)...mg/lKalkkia syövytt.hiilih.(CO<sub>2</sub>)...mg/l

Kokonaiskovuus.....mmol/l

Kalsium.....(Ca)....mg/l

Magnesium.....(Mg)....mg/l

Rauta.....(Fe)....mg/l

Rauta ilm.ja suod.näytt.(Fe)mg/l

Mangaani.....(Mn)....mg/l

Sulfidi.....(S)....mg/l

4,8	6,2	6,1			
23	330	12			
hajuton	hajuton	hajuton			
4,8	4,9	5,1			
9,9	11,5	11,8			
	0,02				
	1,33	1,03			
	3,0	7,3			
	24	59			
6,6	5,5	4,0			
0,007	0,015	0,002			
0,006	0,003	0			
0,022	0,022	4,297			
0,22	0,25	1,0			
0,022	0,009	0,025			
17,4	17,6	22,0			
7,9	8,7	9,1			
	93,3	49,4			
0,27	0,28	0,37			
0,13	0,22	0,093			



Pohjaveden raskasmetallimäärittysten tulokset.

Näytteenottopäivä	23.07.85	23.07.85	23.07.85	23.07.85	23.07.85	23.07.85	16.09.87	16.09.87	16.09.87	16.09.87
Näytteenottopiste	TP 1	TP 2	TP 3	TP 4	MP 1	MP 2	MP 3	MP 3	MP 3	Lä
Arseeni (As)	0,001	0,0011	0,0032	0,0002						
Kadmium (Cd)	0	0	0,001	0						
Kromi (Cr)	0	0	0,001	0,0002						
Kupari (Cu)	0,0002	0	0	0						
Nikkeli (Ni)										
Lyijy (Pb)	0,003	0,002	0	0,001						
Sinkki (Zn)	0,3	0	0	1,1						
Elohopea (Hg)			0,00003*		0,00001	<0,00001				<0,00001
Syanidi (CN)	-	-	-	-						

Tislattu vesi: elohopea 0,000017

\* 16.09.87





