



TURUN SEUDUN TEKOPOHJAVESI- HANKETTA KOSKEVA TUTKIMUSSEMINAARI

Turun Seudun Vesi Oy:n julkaisu 1/2002

SISÄLLYS



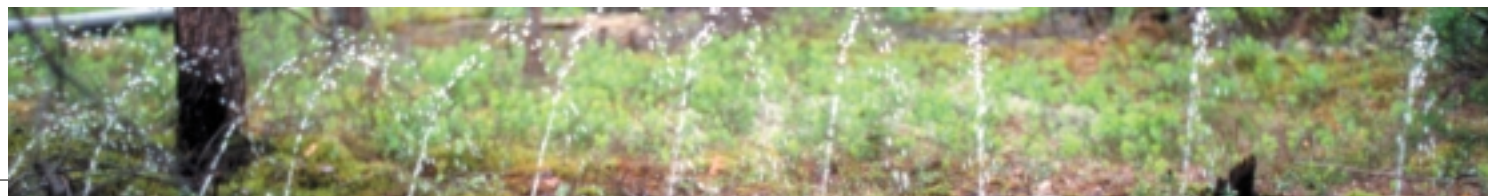
1.	Tervetuliaissanat.....	4
2.	Tutkimustoiminta Turun seudun tekopohjavesihankkeessa.....	5
3.	Turun Seudun tekopohjavesihankkeen sosiaalis-taloudelliset vaikutukset Alastaron ja Oripään alueilla, toimijälähtöinen tarkastelu.....	7
4.	Virttaanharjun rakenteesta.....	14
5.	Kolmiulotteinen mallinnus Virttaankankaalla.....	21
6.	Three-dimensional Geological Mapping for Groundwater Protection and Resource Evaluation.....	23
7.	Pohjavesimallinnus.....	28
8.	Kokemäenjoen pohjasedimentit ja niiden laatu.....	31
9.	Kokemäenjoen veden laatu.....	33
10.	TEMU-tutkimukset.....	36
11.	Raakaveden esikäsittelytutkimukset vuosina 2000 - 2001.....	37
12.	Luontoselvitykset.....	38
13.	Virttaankankaan maaperän karbonaattipitoisuus.....	41
14.	Isotooppitutkimukset Virttaankankaalla.....	42
15.	Osallistajat.....	45

Julkaisija: Turun Seudun Vesi Oy
Toimittaja: Juha Kääriä
Taitto: Sanna Koivusaari,
Mainostoimisto Enala//Hyysalo
Painopaikka: Kirjapaino Grafia Oy/2002
ISBN: 951-9253-00-9
ISSN: 1459-0611

Tämä julkaisu on luettavissa ja tallennettavissa Turun Seudun Vesi Oy:n internetsivuilta www.turunseudunvesi.fi. Julkaisua voi tilata lisää osoitteesta:

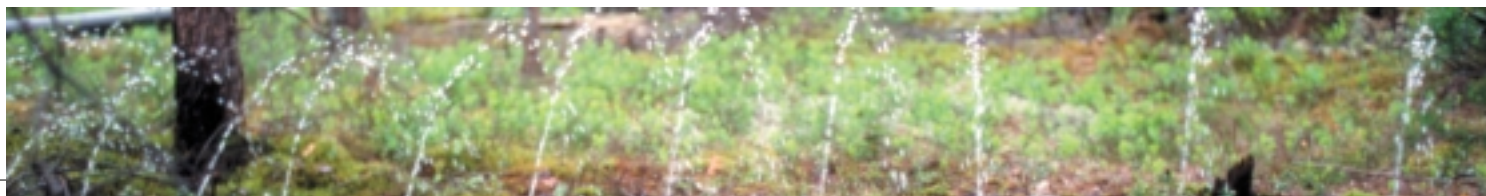
Turun Seudun Vesi Oy
Maariankatu 1, 20100 Turku
Puh: 02-2777 650
Sähköposti: eira.heikura@turunseudunvesi.fi

Kannen kuva: Koeimeytystutkimusta Virttaankankaalla kesäkuussa 2002. Kuva Juha Kääriä.



OHJELMA

Puheenjohtajat:	Aamupäivällä professori Veli-Pekka Salonen, Helsingin yliopisto Iltapäivällä tutkimuspäällikkö Juha Kääriä, Turun Seudun Vesi Oy
klo 8.00	Ilmoittautuminen ja kahvitarjoilu
klo 9.00–9.05	Tervetuliaissanat Jaakko Juntunen, hallituksen puheenjohtaja, Turun Seudun Vesi Oy
klo 9.05–9.15	Tutkimustoiminta Turun seudun tekopohjavesihankkeessa FT Juha Kääriä, tutkimuspäällikkö, Turun Seudun Vesi Oy
klo 9.15–9.25	Turun Seudun tekopohjavesihankkeen sosiaalis-taloudelliset vaikutukset Alastaron ja Oripään alueilla, toimijalähtöinen tarkastelu FT Anne Virtanen, tutkija, Turun yliopisto
klo 9.25–9.45	Virttaanharjun rakenteesta FM Joni Mäkinen, tutkija, Turun yliopisto, Maantieteen laitos
klo 9.45–10.05	Kolmiulotteinen mallinnus Virttaankankaalla FM Aki Artimo, tutkija, Turun yliopisto, Geologian laitos
klo 10.05–11.00	Three-dimensional Geological Mapping for Groundwater Protection and Resource Evaluation Ph. D. Richard Berg, Senior Geologist, Illinois State Geological Survey
klo 11.00–11.20	Pohjavesimallinnus FM Jukka Ikäheimo, hydrogeologi, Maa- ja Vesi Oy
klo 11.20–11.50	Kokemäenjoen pohjasedimentit ja niiden laatu FT Veli-Pekka Salonen, professori, Helsingin yliopisto
klo 11.50–13.00	Lounas
klo 13.00–13.20	Kokemäenjoen veden laatu FM Reijo Oravainen, toiminnanjohtaja, Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys r.y.
klo 13.20–14.00	TEMU-tutkimukset MMT Heljä-Sisko Helmisaari, vt. professori, Metsäntutkimuslaitos
klo 14.00–14.20	Raakaveden esikäsittelytutkimukset vuosina 2000 - 2001 DI Jorma Pääkkönen, suunnittelupäällikkö, Suunnittelukeskus Oy
klo 14.20–14.40	Luontoselvitykset FM Jyrki Matikainen, toimitusjohtaja, Suomen Luontotieto Oy
klo 14.40–15.10	Kahvitauko
klo 15.10–15.30	Virttaankankaan maaperän karbonaattipitoisuus FM Kristian Lindqvist, geologi, Geologian tutkimuskeskus
klo 15.30–15.50	Isotooppitutkimukset Virttaankankaalla FM Nina Kortelainen, tutkija, Geologian tutkimuskeskus
klo 15.50–16.20	Loppukeskustelu



Arvoisat seminaariin osallistujat!

Minulla on ilo toivottaa teidät tervetulleeksi tähän Turun Seudun Vesi Oy:n järjestämään tutkimusseminaariin. Seminaarimme tarkoituksena on esitellä osaa niistä keskeisistä tutkimushankkeista, jotka luovat pohjan tekopohjavesihankkeemme toteuttamiselle.

Turun seudun tekopohjavesihanke tulee tulevaisuudessa vastaamaan koko Turun seutukunnan vesihuollosta ja siksi sen toteuttamisen edellytyksenä on laaja ja oikea tutkimustieto. Olenkin todella iloinen, että niin monet tutkimustahot ovat kiinnostuneet yhteistyöstä hankkeemme kanssa. Uskonkin, että tällä laajapohjaisella yhteistyöllä saamme

aikaan parhaalla mahdollisella tavalla toimivan tekopohjavesilaitoksen.

Tutkimustyö Virttaankankaalla on kestänyt jo vuosikymmenien ajan ja siitä on kertynyt valtava määrä käyttökelpoista kenttämateriaalia, josta osaa voidaan vasta nyt analysoida nykyaikaisin tutkimusmenetelmin. Tutkimustyö tapahtuu usein tutkijoiden kammioissa ja tämän päivän keskeinen tavoite onkin ymmärrettävällä tavalla avata näiden kammioiden ovia mahdollisimman monipuolisesti. Kun katson päivän ohjelmatarjontaa niin uskon, että tämä tavoite tulee toteutumaan erinomaisesti.

Lämpimästi tervetuloa !



Jaakko Juntunen

Turun Seudun Vesi Oy:n hallituksen puheenjohtaja



Turun seudun tekopohjavesihanke ja siihen liittyvä tutkimustoiminta

FT Juha Kääriä, tutkimuspäällikkö

Turun Seudun Vesi Oy

Maariankatu 1, 20100 Turku

Puh: 02-2777 653

Sähköposti:

juha.kaaria@turunseudunvesi.fi

Turun seudun tekopohjavesihankkeen kautta hoidetaan lähitulevaisuudessa koko Turun seutukunnan vesihuolto toimittamalla laadukasta tekopohjavettä kuluttajille (www.turunseudunvesi.fi). Hankkeen suunnittelussa on ollut useitakin toteutuksen kannalta keskeisiä kysymyksiä, joihin on laajojen ja yksityiskohtaisten tutkimusten avulla haettu ratkaisuja. Näiden tutkimusten kautta on saatu riittävän varmat vastaukset tekopohjavesihankkeen toteuttamiseksi.

Voiko Kokemäenjoen vettä käyttää tekopohjaveden raakavetenä?

Kokemäenjoen veden laatu on aikaisemmin ollut huonoa mutta nykyisellään joen veden laatu sopii ympäri vuoden erinomaisesti tekopohjavesihankkeen raakavedeksi. Myös veden määrä joessa on niin suuri että hankkeen tarvitsema vesimäärä ei juurikaan vaikuta joen virtaamiin.

Suurin ongelma Kokemäenjoen vedessä on sen sisältämä kiintoaines, joka voisi pahimmassa tapauksessa tukkia Virttaankankaan harjun pintarakenteita pitkäaikaisessa imeytyksessä. Esikäsittelemällä hiekkapika-suodatuksella raakavesi ennen imeytystä varmistetaan, että vedestä poistuu juuri se aines joka aiheuttaisi mahdollisia ongelmia tekopohjavesilaitoksella.

Kokemäenjoen pohjasedimentit ovat aikaisemmin olleet pahasti saastuneita. Teollisen toiminnan pääs-

töjen voimakas väheneminen ja joen voimakkaat virtaamat ovat aiheuttaneet sedimenttien puhdistumista. Nykyiselläänkin vedenottoaikan yläpuolella on saastuneita sedimenttejä mutta onneksi niissä olevien raskasmetallien kokonaismäärät ovat varsin alhaiset. Pahimmissakaan tilanteissa (esim. suurtulva), joissa sedimentit lähtisivät yhtäaikaisesti liikkeelle ei raakaveden laatu ole uhattuna.

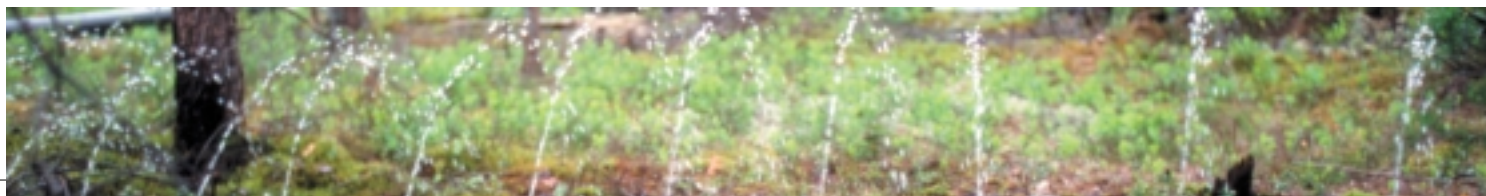
Voiko tekopohjavesilaitoksen perustaa Virttaankankaalle?

Tutkimustyötä Virttaankankaan soveltuvuudesta tekopohjavesilaitoksen toiminta-alueeksi on tehty jo vuosikymmenten ajan. Edellytykset laitoksen rakentamiseksi ovat hyvät ja alueella on mahdollista toteuttaa laitos niin, että veden viipymä harjussa imeytysalueiden ja kaivoalueiden välillä on riittävän pitkä. Riittävän pitkä viipymä takaa tuotettavan tekopohjaveden hyvän laadun.

Nykyaikainen mallinnustyö ja nimenomaan Virttaan harjun rakenteen tarkka tuntemus luovat edellytykset laitoksen lopulliselle sijoittamiselle maastoon. Kolmiulotteisen rakennemallin avulla voidaan maanalaista harjurakennetta tarkastella hyvin havainnollisesti mistä



Virttaankangas soveltuu poikkeuksellisen hyvin tekopohjavesilaitoksen toiminta-alueeksi. Kuvassa Alastaron ainoa järvi (Kankaanjärvi).
Kuva: Juha Kääriä



katselukulmasta hyvänsä. Pohjavesimallinnuksen avulla voidaan veden liikkeet harjun sisällä mallintaa ja näin toteuttaa laitos siten, että se ei tule aiheuttamaan pohjaveden pintojen tai pohjaveden virtaamien muutoksia ympäristöönsä. Hyvän mallinnustyön perusteena on tietysti riittävän laajat ja yksityiskohtaiset maastossa suoritettavat tutkimukset.

Tekopohjavesilaitokselle johdettava Kokemäenjoen vesi eroaa Virttaankankaalla olevasta pohjavedestä luontaisen isotooppikoostumuksensa osalta. Tekopohjavedessä on siis mukana luonnollinen merkkiaine, jonka avulla voidaan tarkasti seurata tekopohjaveden liikkeitä harjussa. Tämä uusi menetelmä antaa tärkeän pohjan tulevan laitoksen ympäristövaikutusten arviointiin.

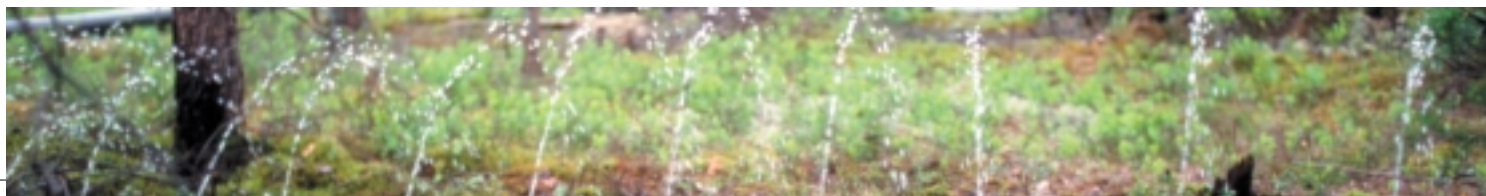
Pohjaveden luontainen happamuus (pH) on Virttaankankaan pohjavesissä poikkeuksellisen korkea. Mikäli myös tekopohjaveden pH saadaan nousemaan luon-

nonmukaisesti ei laitokselta johdettavaa vettä tarvitsisi lainkaan keinotekoisesti alkaloida eli nostaa sen PH:ta. Veden korkea pH on tärkeää sen takia ettei vesi syövytä putkistoja. Pohjaveden luontainen korkea pH johtuu maaperän karbonaattiatteista, joiden määrää ja aktiivisuutta on tutkittu tulevalle laitosalueella.

Tekopohjavesilaitos rakennetaan noin 500 ha alueelle ja on tärkeää jo laitoksen suunnitteluvaiheessa varmistaa, ettei tuleva toiminta uhkaa alueen alkuperäisiä luonnonarvoja. Luontoselvitysten perusteella harjualueen lajistosta (kasvit, linnut, selkärangattomat) on saatu paljon uutta tietoa ja samalla on voitu varmistua siitä ettei tuleva toiminta aiheuta haitallisia muutoksia millekään harvinaiselle tai uhanalaiselle lajille tai niiden elinympäristölle. Samalla periaatteella ja tarkkuudella on selvitetty luonnonarvot koko mittavan putkilinjan osalta. Myöskään putkilinjojen osalta ei luontoselvityksissä ole tullut esiin sellaisia seikkoja jotka estäisivät putkilinjan rakentamisen suunnitelluille alueille.



Vesinäytteenotto Virttaankankaalla talvella 2002. Kuva: Juha Kääriä



Turun Seudun tekopohjavesihankkeen sosiaalis-taloudelliset vaikutukset Alastaron ja Oripään alueilla – toimijalähtöinen tarkastelu

FT Anne Virtanen, tutkimuspäällikkö
Turun Yliopisto/Maantieteen laitos
20014 Turku, gsm: 050-3638 786
Sähköposti: anne.virtanen@utu.fi

Johdanto

Turun seudun tekopohjavesihankkeessa tehdään Kokemäenjoesta johdettavasta raakavedestä tekopohjavettä Virttaankankaalla Alastaron kunnassa Turun seudulle 285 000 asukkaan käyttöön. Kokemäenjoen vesi esipuhdistetaan Huittisissa, josta se johdetaan putkea pitkin Virttaan harjuaalueelle. Siellä vettä sadetetaan maaperään vuosikeskiarvona enintään 110 000 m³/vrk, ja puhdistusprosessin tuloksena saadaan tekopohjavettä. Vesi otetaan käyttöön vedenottoalueille rakennettavilla pohjavesikaivoilla, joista se johdetaan käyttäjille Turun seudulle (Turun seudun ... 2001: vii–ix).

Ympäristövaikutusten arviointiprosessi täytyy tehdä YVA-lain mukaan pohjaveden otto- ja tekopohjaveden muodostamishankkeille silloin, kun vuotuinen vesimäärä on vähintään kolme miljoonaa kuutiometriä. Turun seudun tekopohjavesihanke ylittää tämän määrän, joten se vaati YVA-prosessin läpikäynnin. YVA valmistui vuonna 2001, minkä jälkeen intressiryhmät ja kansalaiset saivat sanoa siitä mielipiteensä. Ympäristökeskuksen lausunnon mukaan yhteiskunta-taloudellisista tekijöistä jäivät selvittämättä Loimaan seutukunnalle ja erityisesti Alastaron kunnalle aiheutuvat vaikutukset. Tämän vuoksi sosiaalis-taloudellisten vaikutusten lisäarviointi nähtiin tarpeelliseksi.

Minkälaisia näkemyksiä tekopohjavesihankkeesta vallitsee paikallisten toimijoiden keskuudessa? Miksi asenteet hanketta kohtaan ovat tekopohjavesilaitoksen

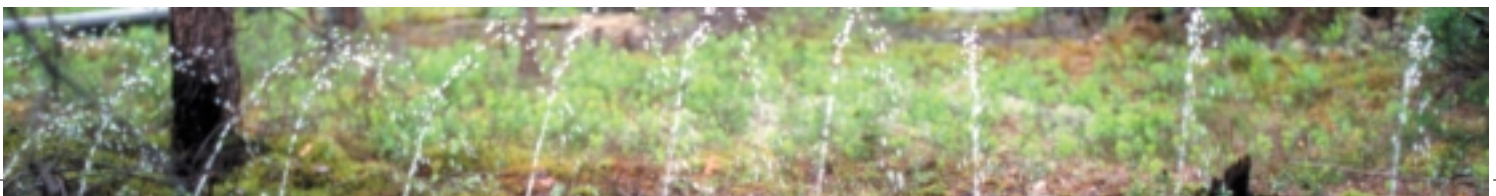
kohdealueella kielteiset? Kuinka paljon asenteet perustuvat todellisiin vaikutuksiin ja kuinka paljon pelkoihin ja mielikuviin? Minkälaisia elämäntavallisia, taloudellisia ja ympäristöön kohdistuvia vaikutuksia hankkeella koetaan olevan? Eroavatko eri intressiryhmien näkemykset toisistaan?

Turun yliopiston maantieteen laitoksella tehtiin vuonna 2002 selvitys tekopohjavesihankkeen sosiaalis-taloudellisista vaikutuksista (Turun seudun ... 2002), jonka tärkeimpiä tuloksia esitetään tässä kirjoituksessa. Tekopohjavesihankkeen sosiaalisten ja taloudellisten vaikutusten arviointi pohjautuu eri toimijaryhmien, kohde kuntien Alastaron ja Oripään asukkaiden, yrittäjien ja päättäjien sekä hanketta suunnittelevan Turun Seudun Vesi Oy:n edustajien käsityksiin hankkeen vaikutuksista. Yhteenvetona esitetään ajatuksia, miten tekopohjavesihanketta voitaisiin viedä eteenpäin sosiaalis-taloudellisesti kestävästi ja minimoida hankkeen haitat ja ratkaista ristiriitoja.

Sosiaalisten ja taloudellisten vaikutusten arviointi

Ihmisiin ja talouteen kohdistuvien vaikutusten arviointi on osa ympäristövaikutusten arviointia. Järjestelmällinen arviointityö on alkanut vasta vuoden 1994 YVA-lain säätämisen jälkeen, mutta edelleenkin arviointien laatu ja toteuttamistavat vaihtelevat paljon. Toisinaan sosiaalisten vaikutusten arviointi on suppea-alaista ja tapahtuu vasta YVA-prosessin jälkeen, jolloin sillä ei ole enää vaikutusta hankkeen suunnitteluun. Onnistuneisiin tuloksiin päästään parhaiten, kun sosiaalis-taloudelliset vaikutukset selvitetään samanaikaisesti ympäristövaikutusten kanssa, ja nämä esitetään samassa raportissa.

Ihmisiin kohdistuvien tai sosiaalisten vaikutusten arvioinnissa selvitetään hankkeen vaikutuksia tervey-



teen, hyvinvointiin ja viihtyvyyteen. Nämä voivat olla suoria terveyteen, elinoloihin, väestöön, työllisyyteen, palveluihin ja viihtyisyyteen kohdistuvia tai epäsuorempia hyvinvointiin ja elämänlaatuun liittyviä tekijöitä, kuten luonnon ja rakennetun ympäristön muutokset. Talousvaikutusten arviointi selvittää yritystoimintaan, elinkeinorakenteisiin ja taloudelliseen tilanteeseen kohdistuvat muutokset (Ympäristövaikutusten ...1999: 6).

Aina sosiaalis-taloudellisten vaikutusten arviointi ei ole itsestään selvää laajojenkaan ympäristöhankkeiden kohdalla. Kiire, arvioinnin turhaksi kokeminen, vaikutusten mittaamisen vaikeus ja kustannusten lisääntyminen voivat vaikuttaa siihen, että arviointityö jätetään tekemättä. Vähitellen lainsäädännön velvoitteiden ja arvioinnin tuomien etujen vuoksi se on kuitenkin yleistynyt osaksi ympäristövaikutusten arviointia. Arvioinnilla voidaan tunnistaa hankkeeseen kohdistuvia intressejä ja ristiriitoja. Kustannukset vähenevät pitkällä tähtäimellä, kun hanketta hidastavat valitukset jäävät tekemättä. Ihmisiin ja talouteen kohdistuvien vaikutusten arviointi antaa tietoa päätöksenteon tueksi ja auttaa hankkeiden eteenpäin viemistä sosiaalis-taloudellisesti kestävästi (SVA-opas 1995: 8–9; Haverinen 2000: 34).

Asukkaat tai asukasyhdistysten edustajat ja muut toimijaryhmät, kuten yrittäjät, voivat osallistua YVA-prosessiin ja vaikuttaa hankkeen etenemiseen osallistumalla hanketta käsitteleviin tilaisuuksiin, tekemällä muutosehdotuksia sekä vastaamalla mahdollisiin kyselyihin ja osallistumalla haastatteluihin (Ympäristövaikutusten ... 1999: 9). Osallistuminen sinällään ei vielä ole vaikutusten arviointia, vaan se tuottaa tietoa arvioinnin teolle. Tutkija analysoi osallistumisprosessin tulokset ja pääättelee sosiaalis-taloudelliset vaikutukset.

Osallistuminen liittyy vuorovaikutteiseen suunnitteluun ja kommunikatiiviseen työskentelyyn. Vuorovaikutteisella suunnittelulla tarkoitetaan suunnitteluorganisaation ja viranomaisten järjestämää, suunnitteluorganisaation sisäistä ja suunnitteluorganisaation ja muiden osapuolten välistä informaation vaihtoa ja yhteistyötä (Paldanius 1997: 8). Sillä voidaan jakaa tietoa kohteena olevasta hankkeesta, sen hyödyistä ja haitoista ja samalla kerätä tietoa paikallisilta toimi-

joilta. Näin tuetaan demokraattisen ja avoimen suunnittelun toteutumista, mutta vasta eri näkemysten huomioon otto merkitsee todellista vaikutusmahdollisuutta, joskin suunnittelu ja päätöksenteko ovat aina kompromissien ja sovittelun tulosta.

Tutkimukseen osallistuneet

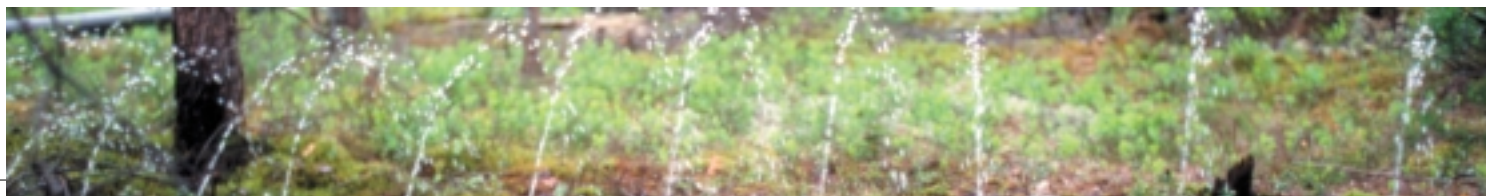
Turun seudun tekopohjavesihankkeen sosiaalis-taloudellisten vaikutusten arviointi tapahtuu toimijalähtöisesti. Tämä tarkoittaa, että vaikutusten arviointi pohjautuu Alastaron ja Oripään asukkaiden, yrittäjien ja päättäjien sekä hanketta suunnittelevan Turun Seudun Vesi Oy:n edustajien näkemyksiin. Pääaineisto koostuu kyselyistä. Lisäksi on haastateltu muutamia alueen yrittäjiä.

Kyselylomakkeita jaettiin Alastaron ja Oripään kotitalouksiin yhteensä 2 056 kappaletta. Näistä palautui 583, jolloin vastausprosentti on 23. Yrityksille kyselyjä postitettiin 238, mikä kattaa lähes kaikki kuntien yrittäjät. Näistä palautui 45, ja vastausprosentti on ainoastaan 15. Lisäksi haastateltiin Virttaan yhdeksän yrittäjää. Kuntien viranomaisille ja päättäjille toimitettiin lomakkeita 75 kumpaankin kuntaan. Alastarolta vastasi 11 ja Oripäästä 17 kunnan edustajaa. Näiden osalta vastausprosentti on 23. Turun Seudun Vesi Oy:n työntekijöille ja hallituksen jäsenille toimitettiin lomakkeita 37, ja näistä palautui 15 (vastausprosentti 41).

Tieto, osallistuminen ja asennoituminen tekopohjavesihankkeeseen

Tiedotus suunniteltavasta hankkeesta riittävän ajoissa ja kattavasti vaikuttaa siihen, minkälainen tietopohja ja minkälaisia asenteita paikallisten keskuuteen syntyy. Siten luodaan myös perusta yhteistyölle ja vuorovaikutteiselle suunnittelulle.

Alastaron ja Oripään asukkaista puolet kokee, että heillä ei ole riittävästi tietoa tekopohjavesihankkeesta. Muiden ryhmien kohdalla tilanne on hieman parempi, eli yrittäjät ja päättäjät kokevat omaavansa jonkin verran enemmän tietoa hankkeesta. Kuitenkin tiedotuksen kokee riittäväksi vain muutama vastaaja Alastarolta ja Oripäästä, mutta Turun Seudun Vesi Oy:n edustajista lähes kaikki. Alastaron ja Oripään vastanneista noin 70 prosenttia kokee tiedotuksen riittämättömäksi. Etenkään tekopohjavesihankkeen





Maanomistajia informoitiin tulevan putkilinjan linjauksista jo varhaisessa suunnitteluvaiheessa. Linjaukseen tehtiin myös useita muutoksia maanomistajien toivomuksien mukaisesti. Kuva: Juha Kääriä.

vaikutuksista ei tiedetä riittävästi. Tämä on luonut epävarmuutta oman elämänlaadun säilymisen ja yritystoiminnan jatkuvuuden kannalta.

Tiedotus liittyy osallistumiskäytäntöihin. Tiedotustilaisuuksia järjestettiin YVA-prosessin aikana tiedonjaon ja -keruun menetelmänä. Runsas puolet paikallisista on osallistunut hanketta käsitteleviin tiedotustilaisuuksiin, mutta osallistumismahdollisuudet kokee riittäviksi asukkaista ainoastaan viidesosa, yrittäjistä ja kuntaedustajista jonkin verran suurempi osa. Monilla osallistumismahdollisuuksien riittämättömyys liittyy siihen, että ei koeta olevan riittävästi mahdollisuutta vaikuttaa hankkeen etenemiseen. Koetaan, että tilaisuudet on järjestetty perinteisellä tavalla, eli tilaisuuksissa jaetaan "valmista" tietoa sen sijaan, että otettaisiin huomioon paikallisten näkemykset ja toteutettaisiin vuorovaikutteista suunnittelua. Vaikutusmahdollisuudet kokee riittämättömiksi Alastaron ja Oripään vastanneista noin 75 prosenttia.

Paikallisten asennoituminen tekopohjavesihankkeeseen on kielteinen. Puolet kokee hankkeen olevan haitaksi itselle tai yritykselle, ja noin 80 prosenttia haitaksi kunnalle yleisesti. Eduksi ja hyödyksi hankkeen kokee vain muutama. Sen sijaan Turun Seudun Vesi Oy:n edustajista puolet kokee hankkeen olevan eduksi kohdekunnille ja suurin osa laajemmin. Voi kuitenkin sanoa, että koska tietämys tekopohjavesihankkeesta koetaan riittämättömäksi, monien kielteinen asennoituminen pohjautuu mielikuviin tiedon sijaan.

Tekopohjavesihankkeen koetut vaikutukset

Tekopohjavesihankkeen vaikutusten arviointi pohjautuu eri toimijaryhmien näkemyksiin oletetuista vaikutuksista. Ensin käydään läpi elämäntapaan ja viihtyvyyteen liittyvät asiat, minkä jälkeen tarkastellaan työllisyyskysymyksiä sekä talous- ja yritystoimintavaihtokutsia. Ympäristövaikutukset käsitellään tässä kokeuksellisenä tekijänä, eli tarkastellaan, miten eri toimijaryhmät kokevat hankkeen vaikuttavan ympäristöön.

Elämäntapa

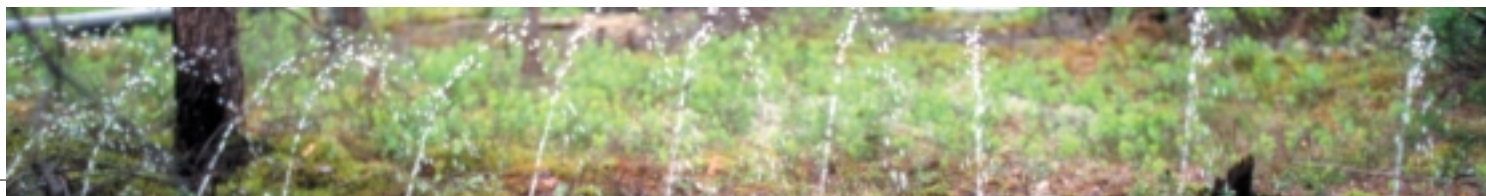
Ihmisen elämäntapa rakentuu arkielämän rutiineista ja niistä merkityksistä, joita näihin liitetään. Rutiinit luovat elämään järjestystä ja helppoutta, ja niiden muuttaminen etenkin itsestä riippumattomista syistä koetaan epämieluisaksi ja pelottavaksi.

Tekopohjavesilaitoksen kohdealue Virttaankangas on tärkeä virkistysalue. Kyselyyn vastanneista neljännes käy alueella monta kertaa viikossa, ja samoin neljännes kerran viikossa. Virttaankankaalla käydään ulkoilemassa ja rentoutumassa. Kesällä marjastus ja sienestys ovat tärkeitä toimintoja, talvella hiihtäminen. Alueen ampumarata ja moottorirata ovat osalle tärkeitä harrastuspaikkoja.

Tekopohjavesihankkeen pelätään vaikeuttavan alueen virkistyskäyttöä ja tekevän siitä epämieluisaa. Noin 70 prosenttia paikallisista kokee, että hankkeen vaikutus virkistyskäyttöön on suuri. Vaikka ainoastaan tekopohjavesilaitoksen rakennusten alueelle meno kielletään, pelot alueen käyttörajoituksista ovat suuret. Lisäksi sadetusalueiden luonnon pelätään muuttuvan rumaksi ja epämiellyttäväksi ja maaston vettyvän kulkukelvottomaksi.

Tekopohjavesilaitoksen vaikutuksen Virttaankankaan yleiseen viihtyvyyteen kokee olevan suuren yli puolet paikallisista toimijoista. Sen sijaan Turun Seudun Vesi Oy:n edustajista ainoastaan 13 prosenttia näkee viihtyvyydevaikutuksen merkittäväksi, sillä kaiken kaikkiaan koko Virttaanharjun alueella tekopohjavesilaitoksen kattama alue on pieni.

Vaikka paikalliset kokevat tekopohjavesihankkeen kielteisenä ja sitä ei haluttaisi alueelle rakennettavan,



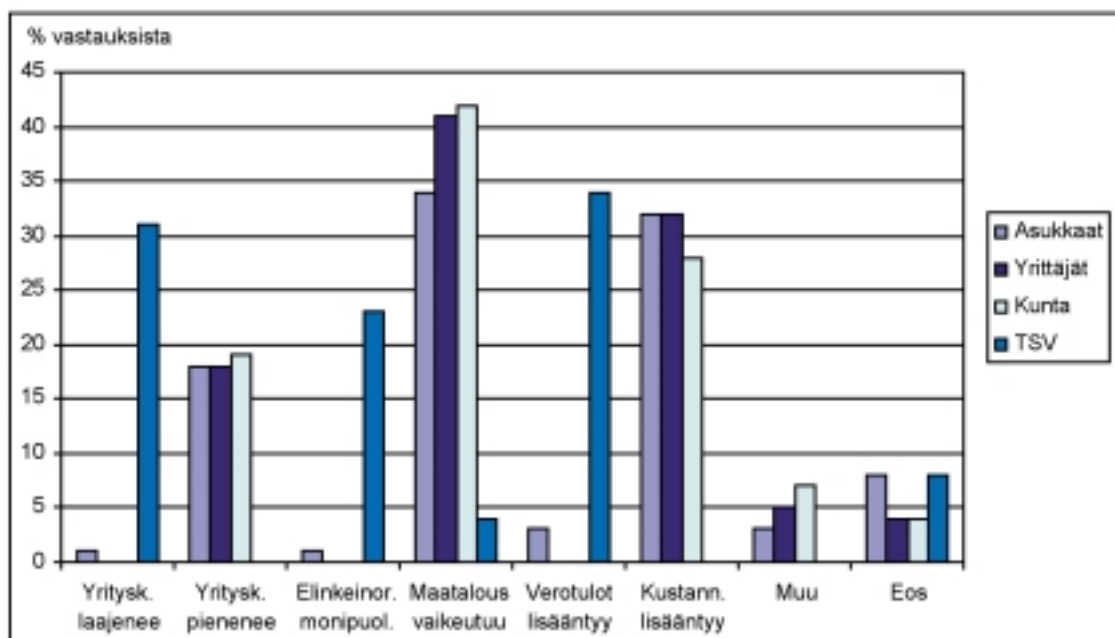
sillä ei kuitenkaan ole suurta merkitystä muuttohalukkuuteen. Hanke ei vaikuta poislähtöön niin olennaisesti, kuin kuntien päättäjät olettavat. Ainoastaan neljäsosa asukkaista kokee, että hanke vaikuttaa muuttohalukkuuteen, kun päättäjistä kolme neljäsosaa uskoo hankkeen lisäävän poismuuttoa. Muuttopäätös tapahtuu monen tekijän summana, ja harvalle teko-pohjavesihanke on niin merkityksellinen, että se yksistään johtaa poismuuttoon.

Elinkeinot ja talous

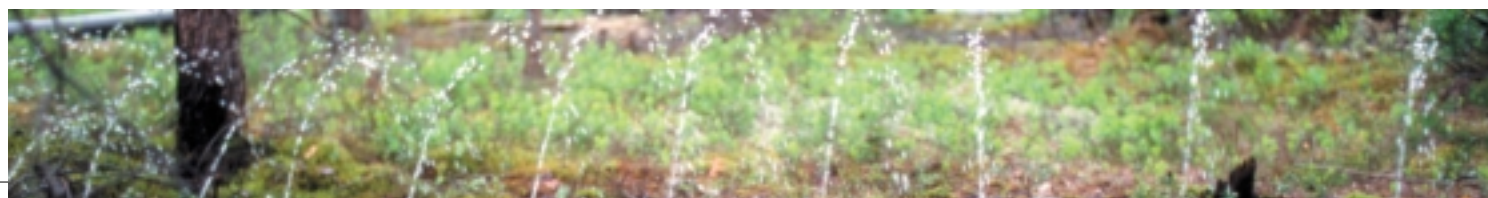
Työllisyys ja työpaikkatarjonta vaikuttavat kuntien taloudelliseen elinkykyyn ja asukkaiden elintason ja elämänlaatuun. Elinkeinojen harjoittamiseen yleisesti kunnassa tekopohjavesihankkeen kokee vaikuttavan noin puolet paikallisista. Yrittäjillä tämä korostuu. Maa- ja metsätalouden ja matkailun kohdalla vaikutukset koetaan suurimmiksi. Asukkaista kolme neljänestä uskoo näiden vähenevän hankkeen myötä, yrittäjistä lähes kaikki. Noin puolet uskoo teollisuuden ja palvelualojen vähenemiseen, mutta saman verran taas ei koe hankkeella olevan merkitystä näihin. Turun Seudun Vesi Oy:n edustajien vastaukset eroavat muis-

ta, sillä näiden mukaan teollisuustoiminnot, palvelut ja matkailu lisääntyvät, mutta maa- ja metsätalous pysyy ennallaan.

Sama toimijaryhmittäinen jako toistuu työpaikkamäärien muutosten tarkastelussa. Vajaa puolet paikallisista uskoo työpaikkojen lisääntyvän rakentamisaikana, mutta valmistumisen jälkeen ainoastaan pieni osa. Turun Seudun Vesi Oy:n edustajien näkemykset ovat myönteisimmät, sillä näistä lähes kaikki uskovat työpaikkojen lisääntyvän rakentamisaikana ja puolet vastanneista valmistumisen jälkeenkin. Rakentamisaikana etenkin rakennusalan työpaikat lisääntyvät, mutta lisäksi palvelualat saanevat lisää asiakkaita. Työpaikkojen vähenemiseen uskotaan paikallisten keskuudessa enemmän kuin niiden lisääntymiseen. Soranoton pelätään loppuvan ja maa- ja metsätaloustoiminnan rajoitusten tiukentuvan. Matkailuyrittäjät pelkäävät luontomatkailun tulevan mahdottomaksi, kun luonnontilainen alue rakennetaan tekopohjaveden tuottamisalueeksi. Muiden palvelujen tarjoajien kohdalla on ristiriitaisia näkemyksiä, sillä etenkin rakentamisaikana alueelle tulee lisää kävijöitä eli asiakkaita,



Kuva 1. Näkemykset tekopohjavesihankkeen taloudellisista vaikutuksista Alastarolle ja Oripäälle (asukkaat N=438; yrittäjät N=42; kuntaedustajat N=26; TSV N=15).





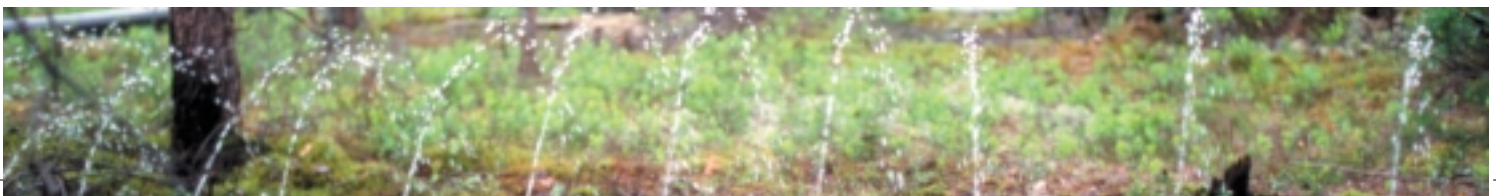
Virttaankankaan alueen asukkaat järjestivät mielenosoituksen tekopohjavesihanketta vastaan 29.8.2000, jolloin hanketta esiteltiin laajasti omistajakuntien päättäjäille. Mielenosoitus järjestettiin Alastaron moottoriradalla. Kuva: Juha Kääriä.

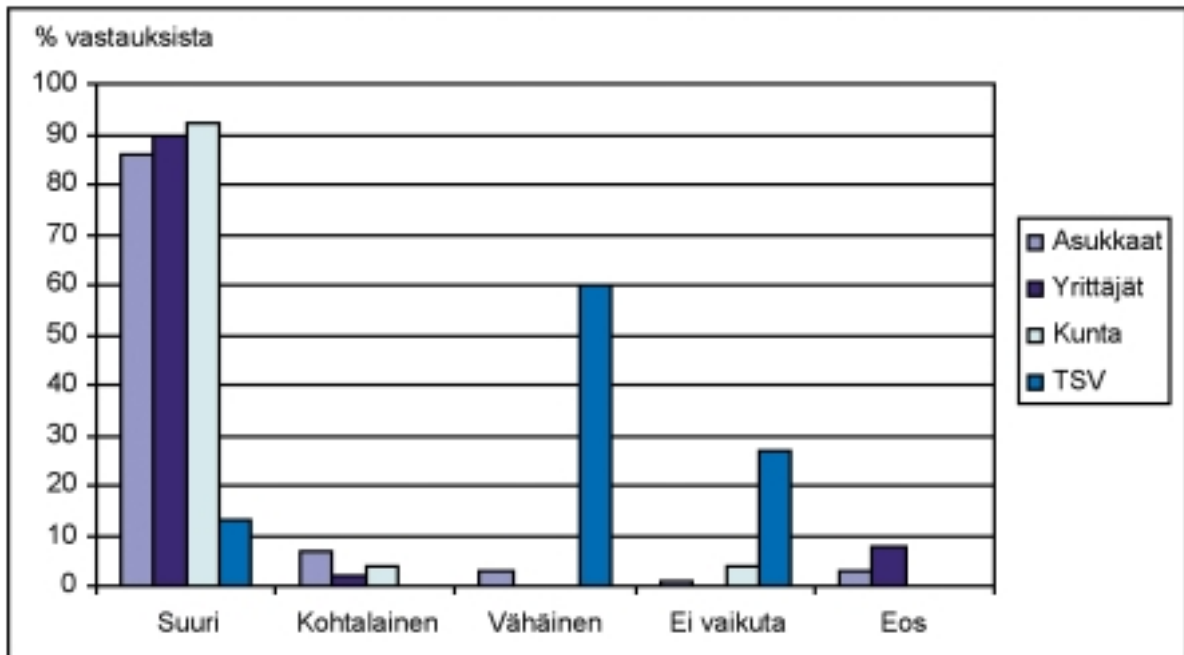
mutta toisaalta hanke voi karkottaa kävijät "puhtauden" imagon hävittyä. Kuitenkin alueen tunnettuus lisääntyy, mikä voi vaikuttaa uusien kävijöiden tuloon ja alueella tuotettujen tuotteiden menekien kasvuun. Lisäksi onnistunut imagomarkkinointi voi houkutella uusia yrittäjiä ja asukkaita kuntiin.

Tekopohjavesihankkeen talousvaikutukset nähdään kielteisinä. Kolmasosa asukkaista kokee, että hanke vaikuttaa heidän toimeentuloonsa kielteisesti. Kuitenkin eniten on niitä, jotka eivät usko hankkeella olevan merkitystä heidän taloudelliseen tilanteeseensa. Pelkoja esiintyy eniten maa- ja metsätalousyrittäjien keskuudessa, jotka pelkäävät hankkeen aiheuttavan maankäyttörajoituksia sekä lannoite- ja torjunta-ainepäästörajoituksia. Myös sitä pelätään, että hankkeen yleiset kunnalle aiheuttamat kustannusrasitteet vaikuttavat

veroprosentin nousuun ja siten oman elintason heikentymiseen.

Kuntien päättäjäistä vielä useampi kokee talousvaikutukset kielteisiksi, Alastarolta kaikki vastanneet ja Oripäästä 82 prosenttia. Hankkeen pelätään vievän työpaikkoja ja luovan kunnille kielteisen imagon, kun ne eivät voi enää mainostaa itseään puhtaan ja luonnontilaisen pohjaveden paikkoina. Kuntien toimijat kokevat, että hanke vähentää yritystoimintaa, vaikeuttaa maa- ja metsätaloutta ja lisää kustannuksia. Turun Seudun Vesi Oy:n edustajat näkevät taloudelliset vaikutukset myönteisinä, sillä näistä kolmannes uskoo yrityskannan laajenevan ja verotulojen lisääntyvän, ja runsas viidennes elinkeinorakenteen monipuolistuvan (kuva 1, katso sivu 10).





Kuva 2. Näkemykset tekopohjavesihankkeen vaikutuksesta pohjaveden laatuun ja määrään (asukkaat N=425; yrittäjät N=42; kuntaedustajat N=27; TSV N=15).

Ympäristö

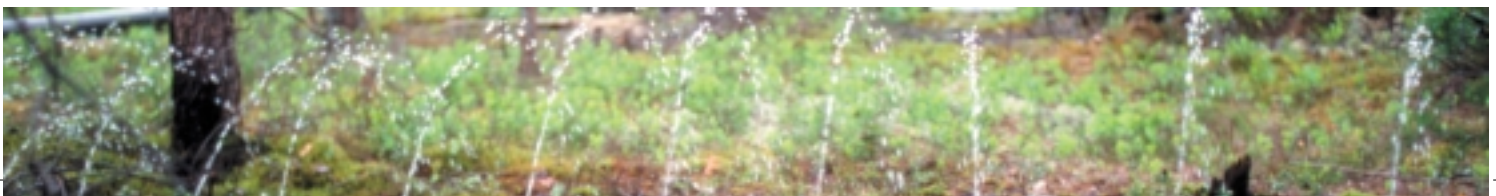
Tekopohjavesilaitos ja sadetusalueet tulevat lähes rakentamattomalle alueelle, joten ympäristövaikutukset kohdistuvat pääosin luontoon. Toisaalta uudet rakennelmat luovat uudenlaista rakennettua ympäristöä. Paikallisista toimijoista vajaa puolet kokee hankkeen vaikutuksen rakennettuun ympäristöön suureksi. Kielteisenä rakennetun ympäristön muutos koetaan sen vuoksi, että luonnontilaisuus häviää. Myös ampu- maradan ja Alastaron tunnettuutta lisäävän moottori- radan toiminnan pelätään loppuvan.

Luontovaikutusten kohdalla vastausten linja on samankaltainen, mutta huomattavasti useampi, 90 prosenttia, kokee vaikutuksen luontoon suureksi. Jokiveden ei koeta kuuluvan luontaisesti harjuun, ja siksi pohjaveden pelätään pilaantuvan ja luonnonsysteemin toiminnan sekaantuvan. Vastauksissa heijastuu nostalgisia näkemyksiä luonnosta täydellisenä kokonaisuutena, jolle ihminen voi tehdä vain haittaa. Metsärakenteen pelätään muuttuvan sadetusveden myötä. Nykyisen kuivan jäkälämaaston pelätään muuttuvan rämettyneeksi, horsman ja kosteiden kasvien reheväksi

metsäksi, joka ei muistuta entistä luonnontilaista metsää.

Pohjaveden laadun ja määrän uskoo muuttuvan suuresti 90 prosenttia paikallisista toimijoista, kun taas Turun Seudun Vesi Oy:n edustajien mielestä vaikutus on vähäinen tai olematon (kuva 2). Yksimielisyyttä siitä, lisääntyykö vai väheneekö pohjaveden määrä ei vastaajien keskuudessa ole. Kuitenkin määrän muutosta pelätään, vaikka tarkoituksena on johtaa vettä harjuun sama määrä, kuin sieltä johdetaan sitä pois. Veden laadusta on yksimielisyys paikallisten keskuudessa, sillä lähes kaikki kokevat, että vesi ei tule olemaan niin puhdasta kuin "aito" pohjavesi. Haju- ja makuhaittoja pelkää tulevan yli puolet vastanneista. Alustavien tutkimusten mukaan veden laatu ei vaarannu, sillä raskasmetalleja ei voi harjuun käytännössä päästä, ja mahdolliset muutokset ovat aistein havaitsemattomia.

Ympäristövaikutuksiin liittyy myös tekopohjavesihankkeen turvallisuuden kokeminen. Paikallisista toimijoista vain pieni osa kokee hankkeen turvalliseksi veden



saannin ja laadun, onnettomuuksien ja luonnon säilymisen kannalta. Mahdollisia onnettomuusriskejä, jotka paikallisten mielissä elävät, ovat veteen johdettavat "myrkyt" ja riskit mahdollisista terrorismiteoista.

Vaikutusten minimointi – tekopohjavesihankkeen eteenpäin vienti sosiaalis-taloudellisesti kestävästi

Paikallisten toimijoiden, asukkaiden, yrittäjien ja kuntapäätäjien, näkemykset tekopohjavesihankkeen vaikutuksista ovat kielteiset. Hankkeen koetaan olevan haitta sekä henkilökohtaisesti että kunnalle yleisesti. Tekopohjavesirakennelmaa vastustetaan sen oletettujen kielteisten ympäristö-, talous-, elinkeino- ja elämäntapavaikutusten vuoksi. Asukkaat kokevat harjuna pilaantuvan, yrittäjät elinkeinonsa vaarantuvan ja päätäjät ja viranomaiset taloudellisten kustannusten lisääntyvän ja imagojen heikentyvän.

Mikäli tekopohjavesihanke voidaan toteuttaa suunnitelmien mukaan, suuri osa paikallisten peloista on turhia ja jää toteutumatta. Kuitenkin epäilevät asenteet ja kielteiset mielikuvat elävät voimakkaina ja vaikuttavat paikallisten elämään ja toimintoihin haitallisesti. Ne vaikuttavat hankkeen hyväksyttävyyteen kielteisesti. Lopuksi esitetään muutama ajatus, miten tekopohjavesihankkeen haittoja voitaisiin minimoida, sitä kohtaan koettua vastustusta vähentää ja viedä hanketta eteenpäin sosiaalis-taloudellisesti kestävästi.

Koska kyse on merkittävästä ympäristömuutoshankkeesta, luontoon ja pohjaveteen kohdistuvat vaikutukset ovat suurimmat ja niihin liittyvät pelot huomattavat. Tätä voitaisiin hälventää lisäämällä tietoa siitä, mitkä alueet rakennetaan, mitkä tehdään sadetusalueiksi, miten hanke vaikuttaa virkistykseen ja minkälainen on tekopohjaveden tuotantotapa ja veden liikkuminen harjussa. Yrittäjien kanssa tulisi keskustella avoimesti hankkeen vaikutuksista elinkeinotoimintaan ja mahdollisista rajoituksista. Siten lisätään luottamusta ja avoimuutta. Paikallisten yrittäjien informointi luo ilmapiiriä, että heidän panostaan kaivataan ja heille pyritään tarjoamaan työurakoita. Kuntien imagot voidaan säilyttää, jos tekopohjavesihankkeesta luodaan myönteisiä mielikuvia ja siitä tehdään matkailuvaltti osana harjun toimintaprosessin

"kertomusta". Korvaussopimukset ja rajoitusten välttäminen vähentävät hanketta kohtaan koettuja ennakkoluuloja ja varmistavat, että hankkeesta ei koidu taloudellisia kustannuksia. Kaikenlainen tiedottaminen lisää avoimuuden ilmapiiriä ja antaa mahdollisuuden keskustelevalle yhteistyölle eri intressipiirien kesken.

Kirjallisuus

Haverinen, Risto (2000). SVA meillä ja muualla – katsaus arviointikäytäntöihin. Yhteiskuntasuunnittelu 38: 1, 21–37.

Paldanius, Jari (1997). Vuorovaikutteisen suunnittelun kokemuksia Suomessa. Suomen ympäristö 107. Ympäristöministeriö, Ympäristöpolitiikan osasto. 67 s. Oy Edita Ab, Helsinki.

SVA-opas. Käytännön näkökulma sosiaalisten vaikutusten arviointiin. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2, Ehkäisevän sosiaali- ja terveyspolitiikan osasto. 31 s. Oy Edita Ab, Helsinki.

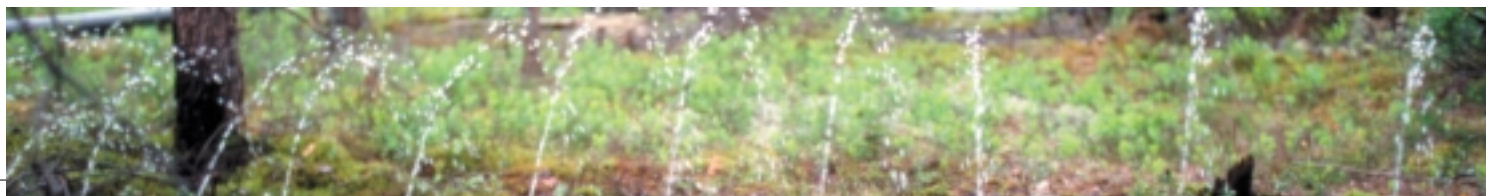
Turun seudun tekopohjavesihanke. Ympäristövaikutusten arviointiselostus (2001). Turun Seudun Vesi Oy / Jaakko Pöyry Infra, Maa ja Vesi. 29.6.2001.

Turun seudun tekopohjavesihankkeen yhteiskunnallisten vaikutusten arviointi Alastaron ja Oripään alueilla (2002). (käsikirjoitus)

Ympäristövaikutusten arviointi. Ihmisiin kohdistuvat terveydelliset ja sosiaaliset vaikutukset (1999). Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 1. 51 s. Oy Edita Ab, Helsinki.



Mielenosoituksessa 29.8.2000 myös Virttaankylän koululaiset ottivat kantaa tekopohjavesihankkeeseen. Kuva: Juha Kääriä



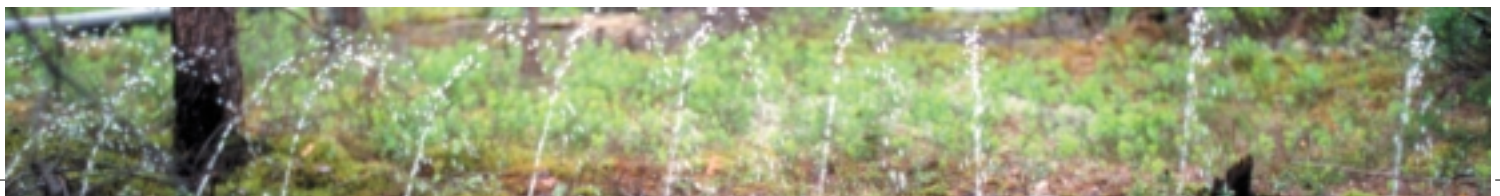
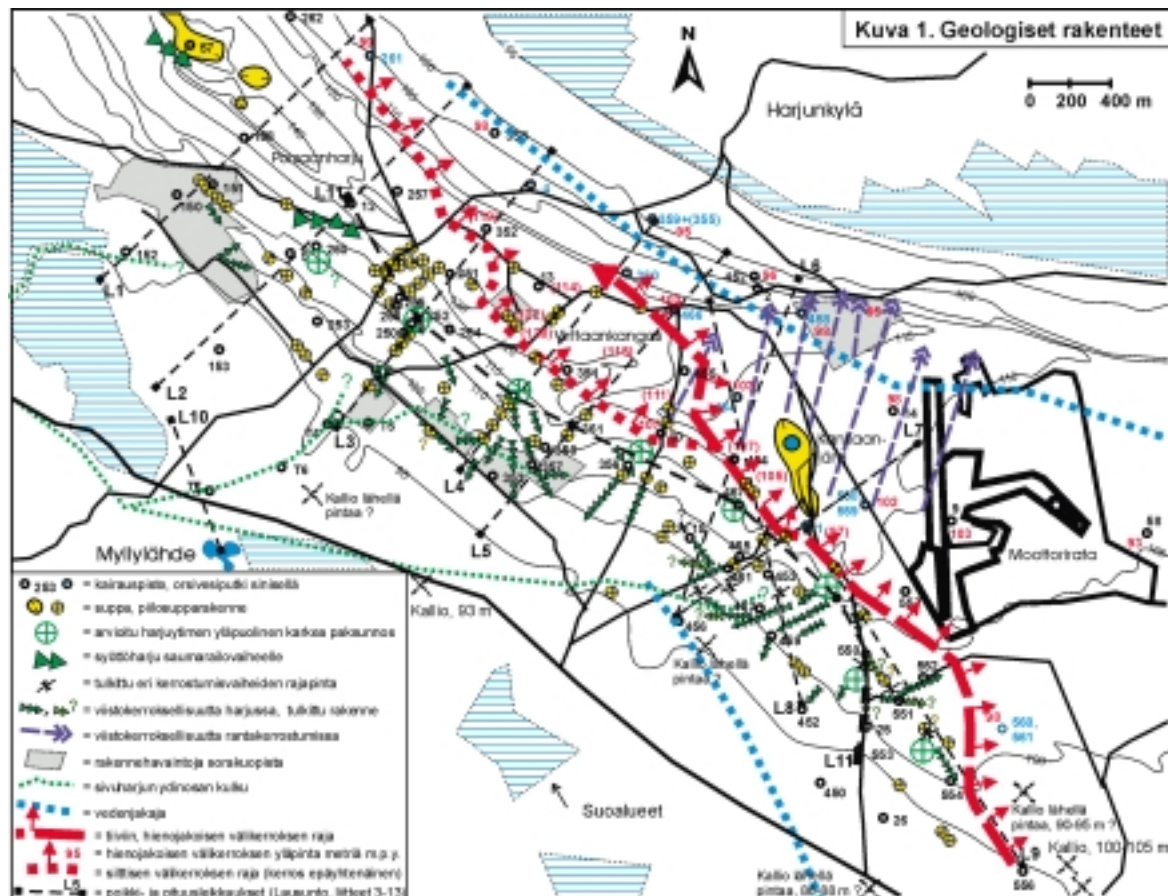
Säkylänharjun- Virttaanharjun rakenteesta

FM Joni Mäkinen, tutkija
Turun Yliopisto/Maantieteen laitos
20014 Turku, gsm: 0400-612 967
Sähköposti: joni.makinen@utu.fi

Johdanto

Säkylänharjun-Virttaanharjun harjualueen kerrosrakenteita ja kerrostumisvaiheita on aiemmissa tutkimuksissa käsitelty melko yleisluonteisesti. Tähän on ollut syynä mm. muodostuman monimutkainen rakenne, alueen laajuus ja rakennehavaintojen tekoon

soveltuvien kuoppien vähyys. Yhteenvedo edeltävistä tutkimuksista voidaan kiteyttää Martti Salmen (Maa ja Vesi Oy 1972) harjumuodostumaa hyvin kuvaavaan lauseeseen: ”Yleispiirteinä voidaan harjujakson todeta jakautuvan mannerjäätikön rytmillisen perääntymisen vaikutuksesta syntyneisiin osakokonaisuuksiin, joiden toisistaan erottaminen ei kuitenkaan ole kaikissa tapauksissa mahdollista muotojen moninaisuuden ja päällekkäisrakenteiden vuoksi”. Viime vuosikymmenien aikana tehdyt pohjavesitutkimukset ovat kuitenkin merkittävästi lisänneet harjumuodostuman rakennekokonaisuuksien tuntemusta. Harjurakenteiden tulkin-

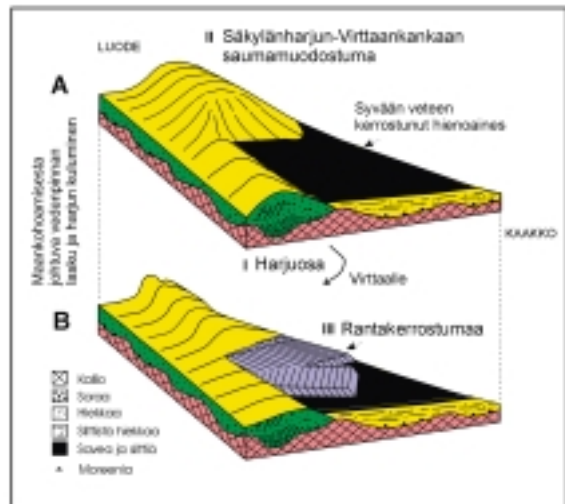


taa vaikeuttaa harjuille tyypillinen kerrostumarakenteiden ja aineksen nopea vaihtelu jo kymmenien metrien matkalla.

Yleisesti ottaen harjumuodostuman tulkitaan syntyneen mannerjäätikön sulamisvaiheessa kahden eri nopeudella virranneen ns. osajääkielekevirran välisenä saumaharjumuodostumana (Punkari 1979; Lyytikäinen 1992; Kujansuu et al. 1995). Saumaharju kerrostui jääkielekköiden väliseen suureen railoon tai jäätikkölahteen, mihin jään alla tunnelissa virranut jäätikköjoki kuljetti runsaasti sulamisvesiä. Saumaluonteesta johtuen jää oli alueella ohuempaa, suurten railojen ja supprien kehittyminen yleistä ja sulamisvesien sekä aineksen kertyminen runsaampaa. Säkylänharjun-Virttaanharjun suureen kokoon ja kerrostumien paksuuteen on lisäksi vaikuttanut lisääntyvä aineksen määrä lähempänä helposti kuluva Satakunnan hiekkakivialuetta. Harjuaineuksen hienon lajitteen runsas määrä johtuu hauraan kiviaineuksen jauhautumisesta jäätikköjokiolosuhteissa (Kukkonen et al. 1993). Myös harjualueen kallioperän murroslinjat (esim. Virttaan kylältä Kankaanjärvelle kulkeva murros) ovat todennäköisesti lisänneet soran ja kivien määrää harjukerrostumissa (vrt. Iisalo 1979).

Tämä esitelmä pohjautuu valmisteilla olevaan väitöskirjatyöhöni, joka käsittelee Köyliönjärvi-Säkylänharju-Virttaankangas -harjumuodostuman kerrostumarakenteita ja niiden syntyolosuhteita viimeisimmän jääkausivaiheen lopulla. Muinaisen Itämeren eri vaiheiden aikana aallokko ja rantavirtaukset ovat kuluttaneet harjun pintaa arviolta jopa 20 metrin paksuudelta ja toisaalta kerrostaneet kulunutta ainesta uusille paikoille. Näin ollen harjun nykyiset pinnanmuodot ovat huomattavasti erilaiset kuin tuhansia vuosia sitten harjun syntyessä ja johtavat tulkintaa helposti harhaan. Säkylänharjun-Virttaanharjun rakenteen tulkinnassa (kuva 1) on yhdistetty kaikki harjualuetta koskeva geologinen tieto (mm. kairaukset, maatutkaluotaukset, seismiset luotaukset, painovoimamittaukset) ja pohjavesitutkimuksiin liittyvä tekninen aineisto (mm. pohjaveden pinnan mittaukset, koepumpaukset, koeimeytykset). Riittävän luotettava syntyvaiheiden tulkinta on edellyttänyt myös rakennehavaintojen tulkintaa sekä Oripään-Mellilän (Mäkinen

2001) että Köyliönjärven-Säkylänharjun (Mäkinen & Seppälä 2001) harjujaksoilta. Näiden jaksojen tulkinta perustuu vuosien 1994-2000 aikana keräämääni runsaaseen leikkaushavaintoaineistoon.



Kuva 2: Säkylänharjun-Virttaanharjun muodostamakompleksin kerrostumavaiheet. Kuva yleistetty, ei mittakaavassa. A=harjualue veden peitossa n. 11 000 vuotta sitten. B=harjualue kulunut aallokon kulutuksen myötä veden pinnan ollessa harjualueen ulkopuolella n. 8000 vuotta sitten.

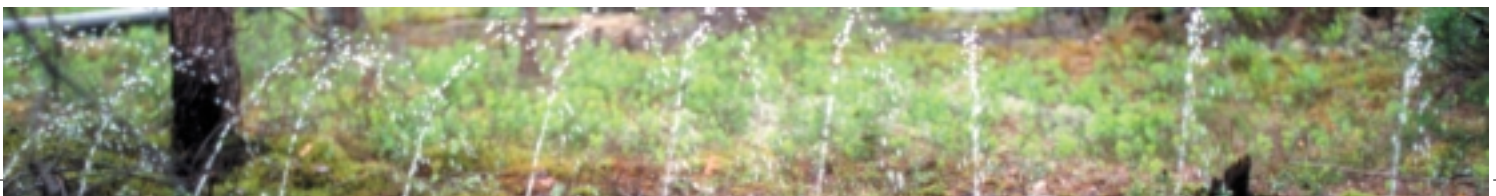
Säkylänharjun-Virttaanharjun rakenne- ja syntytulkinnan keskeisenä lähtökohtana on erityisesti laajan rantakerrostuma-alueen syntyä kuvaava kerrostumismalli (Mäkinen & Räsänen 2002; kuva 2), jota hyödyntäen harjumuodostuman osakokonaisuuksien kehitystä voidaan tarkastella aiempaa paremmin. Mallin mukaan rantakerrostumat muodostavat Kankaanjärven lähiympäristön ja sen pohjois-itäpuolisen alueen ylimmän, 5-20 m paksun osan. Aluetta ei näin ollen voida pitää jään reunan eteen syntyneenä laajana deltakerrostumana, kuten tähän asti on oletettu.

Säkylänharjun-Virttaanharjun muodostamakompleksin synty ja rakenne

Muodostamakompleksin synty voidaan jakaa kolmeen pääkerrostumisvaiheeseen, jotka sopivat pääosin hyvin yhteen myös pohjavesitutkimusten yhteydessä määriteltujen rakennekokonaisuuksien kanssa.

Kerrostumisvaiheet ovat (kuva 2):

- 1) Varsinainen harjuosa ja siihen liittyvä Löytäneen-Kankaanrannan sivuharju
- 2) Säkylänharjun – Virttaanharjun laaja saumamuodostuma



3) Kankaanjärven lähiympäristön ja sen pohjois- itäpuolinen laaja rantakerrostuma

1) Varsinainen harjuosa ja siihen liittyvä Löytäneen-Kankaanrannan sivuharju

Säkylänharjun-Virttaankankaan lounaisreunalla kulkevaa varsinaista harjuosaa ei voi erottaa pinnanmuotojen perusteella, koska rantavoimat ovat tasoittaneet sen yläosan ja se on osittain myöhempien kerrostumisvaiheiden aikana syntyneiden kerrostumien peitossa. Virttaan kylästä Kankaanjärvelle harjun näkyvyyttä heikentää harjun sijainti pohjavesitutkimuksissa havaitussa syvässä kallioperän murroslaaksossa.

Piilossa kulkeva harju ei ole ns. "normaali" pitkittäisharju, jolla on suhteellisen yhtenäinen selännemuoto ja sisäinen kerrosrakenne, vaan muistuttaa paremmin harjukompleksia, jossa voidaan erottaa eri kehitysvaiheita ja eri harjutypeille ominaisia rakenteita. Harju on syntynyt pääpiirteissään samalla tavoin kuin Oripään-Mellilän harjujakso ja sen kehitys on tapahtunut kahdessa päävaiheessa:

- (1) Ensimmäisessä vaiheessa "pelkistyi" useiden jäätikön sulamiskausien aikana jäätikkö-jokitunneliin karkeaa ainesta sisältävä harjuydin, joka on arviolta noin 20-30 m paksu ja noin 150-200 m leveä.
- (2) Toisessa vaiheessa ytimen päälle kerrostui myöhemmin jään reunalla peräkkäisistä ja osin päällekkäin menevistä deltamaisista harjulaajentumista koostuva, noin 500-600 m leveä sora- ja hiekkavaltainen vyöhyke, jonka reunoilla aines muuttuu hienommaksi. Harjulaajentumien karkein aines on kerrostunut osin jäätikköjokitunnelin loppupäähän ja sen suulle sekä jään reunalla merelle avautuneeseen raitoon.

Harjulaajentumien alkuosassa esiintyy ytimen yläpuolisia karkean aineksen paksunnoksia, jotka ovat arviolta noin 15-25 m paksuja. Harjulaajentumille ovat tyypillisiä maatutkakuvista ja sorakuopista havaitut isot viistokerrokset (kuva 3a), jotka syntyivät myöhemmin jään reunan edessä olleeseen veteen osin kallioperän painanteiden ja aikaisemmin syntyneiden harjukerrostumien ohjaamina. Viistokerroksellisuutta luonnehtii aineksen karkeneminen ylöspäin. Alinna oleva hienompi aines kerrostui ensin syvempään veteen. Harjulaajentumien reunoilla esiintyy paksuja, hienoja välikerroksia, sekä häiriö- ja piilosupparakenteita ja moreenimaisia välikerroksia. Moreenimaiset kerrokset ovat todennäköisesti erilaisia maanvyörymiä, joita on havaittu Oripään-Mellilän harjujakson kuopista. Maatutka-aineiston avulla voidaan paikoin osoittaa kairauksia, jotka ovat osuneet häiriörakenteisiin, eivätkä näin ollen edusta normaalia kerrosjärjestystä. Piilosupparakenteet eivät näy harjun pinnan painaumina, koska ne ovat peittyneet alas romahtaneilla harjukerrostumilla ja myöhemmin kasautuneilla rantakerrostumilla ja ovat yläosistaan rantavojien tasoittamia (kuva 4a).

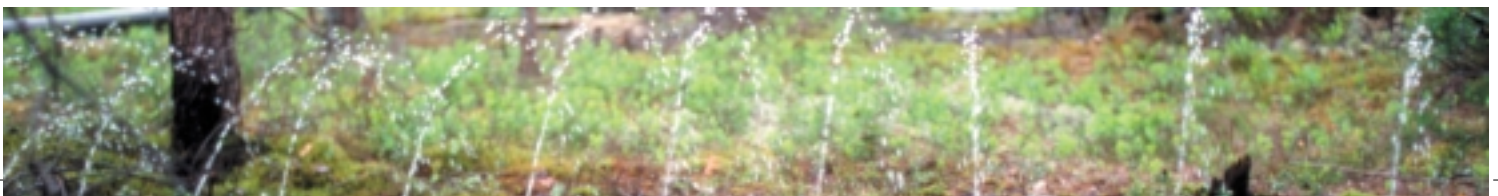
Harjujaksolla on piirteitä myös syvään veteen syntyneistä harjuista, joille on usein tyypillistä erillisistä harjukumpareista koostuva muoto (De Geer 1940; Iisalo 1979). Harjulaajentumien synnyn taustalla on mahdollisesti vuosirytmisiä noudattava kerrostuminen, jota kuvaa laajentumiin kuuluvien harjuytimen paksunnosten esiintyminen noin 500-600 metrin välein. Välimatka vastaa Oripään-Mellilän jaksolta havaittuja etäisyyksiä ja vanhoja lustosavijaituksia (Sauramo 1923). Myös Köyliönjärven-Säkylänharjun jaksos-
rakennehavainnot ja niiden syntyulkinta tukevat jään reuna-aseman nopeaa perääntymistä (n. 400-500 m vuodessa) heti Säkylänharjun pääselänteen synnyn jälkeen.

Harjuosan rakennetta monimutkaistavat siihen lännes-
tä liittyvät sivuharjuhaarat (kuva 2), jotka ovat kehittyneet osittain samanaikaisesti pääharjun kanssa. Sivuharjuille on myös tyypillistä karkea, kivinen ja osin moreenimainen ydinosa ja sitä peittävät myöhemmin jään reunalla veteen syntyneet hiekkavaltaiset kerrostumat. Tulkinnan mukaan sivuharjun yhtymäkohta pääharjuun on siirtynyt kolmesti uuteen paikkaan riippuen jään reuna-aseman perääntymisestä Säkylänharjun-Virttaankankaan alueella.

Harjuosan rakennetta monimutkaistavat siihen lännes-
tä liittyvät sivuharjuhaarat (kuva 2), jotka ovat kehittyneet osittain samanaikaisesti pääharjun kanssa. Sivuharjuille on myös tyypillistä karkea, kivinen ja osin moreenimainen ydinosa ja sitä peittävät myöhemmin jään reunalla veteen syntyneet hiekkavaltaiset kerrostumat. Tulkinnan mukaan sivuharjun yhtymäkohta pääharjuun on siirtynyt kolmesti uuteen paikkaan riippuen jään reuna-aseman perääntymisestä Säkylänharjun-Virttaankankaan alueella.

2) Säkylänharjun-Virttaankankaan saumamuodostuma

Kerrostumarakenteiden, harjuaineen ja pinnanmuotojen perusteella Virttaanharjun kerrostumisessa on tapahtunut merkittävä muutos nykyisen Säkylänharjun pääselänteen kohdalla, jonka koillisreunalla on pohjaveden pinnan yläpuolelle (> 90 m m.p.y.)



kohoava kallioharjanne. Säkylänharjun selänne sisältää lähinnä hiekkavaltaista ainesta, joka on kerrostunut jään reunalle jääkielekkeiden väliiseen suureen saumarailoon. Selänteen alaosassa on hienoa, syvempään veteen kerrostunutta siltistä hiekkaa noin 80-90 metrin tasolle asti. Saumarailokerrostumien alkupäässä on karkeampaa harjuainesta sekä suuria suppia ja häiriörakenteita. Kuoppahavaintojen perusteella kerrostumia luonnehtii myös useita kymmeniä metrejä paksu ylöspäin karkeneva kerrossarja virtausuomineen. Kerrossarjan ylimmät, n. 20 m paksut kiviset sorakerrostumat ovat suurelta osin kuluneet pois, mutta säilyneet paikoin suurten häiriörakenteiden kohdalla.

Säkylänharjun selänteen kaakkoispäässä on havaittu suuri ja mahdollisesti yhtenäinen, noin 200 m leveä ja n. 20 m syvä piilosupparakenne (kuva 4b). Se sijoittuu selänteen kapeampaan kohtaan, missä rantavoimien kulutus on tasoittanut pintaosan painanteet. Näillä kohdin esiintyy myös kallioperän harjuun nähden poikittainen ruhjelaakso, joka on todennäköisesti vaikuttanut piilosupan sijaintiin. Koeimeytysalueen 26 imeytyksissä todettiin muista havaintoputkista poikkeava yhteys pohjavesiputken nro 251 suuntaan (Maa ja Vesi Oy 1991, s. 13). Tämä yhteys saattaa selittyä havaitulla piilosupparakenteella. Myös Virttaankankaan korkeimmassa osassa tavataan useita piilosupparakenteita (kuva 4a).

Kankaanjärven ympäristössä ja siitä pohjoiseen ja itään rantakerrostumien alla olevat paksut hienojakoiset kerrostumat ovat pääosin kerrostuneet pääselänteen muodostumisen aikana saumarailon edustalla olleeseen mereen, jo aiemmin syntyneen harjun (lakiosa tuolloin vielä useita metrejä korkeammalla) pohjois- ja itäreunalle (kuva 2). Hienojakoiset kerrostumat koostuvat sekä meren pohjalla virranneiden jäätikön sulamisvesien kerrostamasta aineksesta että myöhemmässä vaiheessa rauhallisemmissa oloissa pohjaan laskeutuneesta kaikkein hienojakoisimmasta aineksesta. Kankaanjärvi on Virttaankankaalla harvoin nähtävissä oleva suppakuoppa, joka on syntynyt suuren hautautuneen jäälohkareen sulaessa hitaasti paikoilleen. Säkylänharjun pääselänteen synnyn loppuvaiheessa jäälohkareen päälle kerrostuneet hienojakoiset kerrokset ovat romahtaneet kuopan

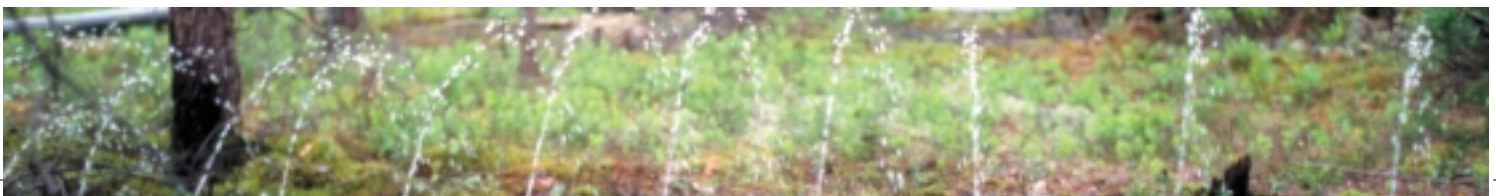
pohjalle ja pidättävät orsivettä. Supan sijaintiin on vaikuttanut Kankaanjärven kautta kulkeva syvä kallioperän murroslinja.

3) Kankaanjärven lähiympäristön ja sen pohjois-itäpuolinen laaja rantakerrostuma

Viimeisessä vaiheessa sekä Säkylänharjun pääselänteen että varsinaisen harjun lakiosat kuuluivat Itämeren muinaisten rantavaiheiden aikana ja kulunut harjuaines kerrostui uudelleen rantakerrostumina suureksi osaksi harjun pohjoispuolelle, Kankaanjärven alueelle ja siitä sekä pohjoiseen- että itäänpäin (kuvat 1 ja 2). Rantakerrostumat peittävät karkeampana kerrostumana edellä kuvattuja Säkylänharjun pääselänteen syntyyn liittyviä hienojakoisia kerrostumia. Ohuimmillaan rantakerrostumat ovat noin 5-10 m paksuja lähellä Kankaanjärveä ja paksuimmillaan noin 15-20 m Kankaanjärven pohjoispuolella olevan sorakuopan kohdalla.

Rantakerrostumille on tyypillistä ylöspäin karkeneva kerrossarja, jossa ylimpänä on n. 2-3 metrin paksuinen, lähes vaakakerroksellinen runsaskivinen sorakerros. Rantakerrostumien alaosan muodostavat laajalti yhtenäiset, useita metrejä paksut viistokerrokselliset hiekat (kuva 3b). Rantakerrostumia luonnehtii siltti- ja saviaineksen pieni osuus (alle 0,5 %). Yleisesti ottaen rantakerrostumat tulevat vähitellen hienomiksi itää kohti ja pintaosien sorakerrostumat vaihtuvat lähinnä karkeaksi hiekaksi ja hienoksi soraksi. Virttaankankaan pohjoisreunan tutkimuksissa paljastui myös muinainen rantatörmä, joka on myöhemmin syntyneiden rantavallien peitossa.

Kankaanjärven lähiympäristössä ja sen pohjois-itäpuolella havaittu orsivesikerros noudattelee rantakerrostumien alla olevaa, varsinaisen harjuosan kerrostumiin jyrkästi rajautuvaa hienojakoista välikerrosta, joka viettää tulkinnan mukaan pohjoiseen ja itään aina harjua ympäröivälle saviselle peltoalueelle asti. Kerros jatkuu myös luoteeseen Säkylänharjun selänteen koillisreunalle. Orsivesikerrokset sulautuvat osittain pohjaveteen ja näin ollen jyrkkää rajaa ei vesipintojen välille voida aina vetää. Hienojakoisissa välikerroksessa esiintyy savisempaa ainesta ylimmillään noin 105 m tasolle asti. Siitä ylöspäin aines muuttuu siltiksi ja



silttiseksi hiekaksi. Hienojakoinen välikerros on tiiviydeltään ja savisen aineksen paksuuden suhteen vaihteleva, reunaltaan ”repaleinen” ja mahdollisesti paikoin rantavoimien pois kuluttama. Hienojakoisessa kerrostumassa esiintyy lisäksi aukkoja mm. kallioperä-kohoumien kohdalla. Arvio tiiviin välikerroksen reunan kulusta perustuu maatutkakuvien ja kairauksen tul-kintaan. Tiiviit kerrokset viettävät harjujaksolta pois päin ohjaten imeytyviä vesiä harjualueen reunoille, kuten mm. koekaivon K41 koeimeytyksessä on havaittu (Maa ja Vesi Oy 2000). Suppien kohdalla hienot kerrokset ovat säästyneet aallokon kulutukselta ja muodostavat usein kuppimaisia rakenteita.

Johtopäätökset

Muodostumakompleksin kerrostumisvaiheiden pääpiirteet ja osakokonaisuudet on pystytty selvittämään melko hyvin. Tutkimusaineiston yhteistulkinta antaa hyvän lähtökohdan arvioida harjualueen rakenteen ja aineksen vaihtelua ja geologisten rakenteiden jatkuvuutta sekä näiden suhdetta alueen pohjaveden käyttäytymiseen ja yläpuolella olevan vajovesikerroksen olosuhteisiin. Tulkinnalla on myös keskeinen merkitys alueen kolmiulotteisen maaperämallin rakentamisessa (vrt. Artimon esitelmä). Säkylänharjun-Virttaanharjun rakenne- ja syntyselvityksen uusia tuloksia ovat:

- laajan n. 5-20 m paksun rantakerrostuma-alueen sijainti
- rantakerrostumien alla olevan laajan hienojakoisen välikerroksen luonne ja raja
- varsinaisen harjuosan rakentuminen harjuytimen yläpuolisista, peräkkäisistä deltamaisista harju-laajentumista ja niihin liittyvät rakenteet ja aineksen vaihtelu
- Säkylänharjun pääselänteen synty toisiaan seuraavina saumarailovaiheina
- ns. piilosupparakenteiden löytyminen
- Kankaanrannan kautta kulkevan sivuharjun kerrostumien siirtyminen

Koska muodostumakompleksi koostuu eri kehitysvaiheiden rakenteeltaan vaihtelevista kerrostumista, eivät vettä johtavat ja vettä läpäisevät kerrokset ole yhtenäisiä ja tasalaatuisia. Toisaalta muodostumassa ei pohjaveden päävirtaussuunnissa ole viitteitä merkittävistä virtausesteistä. Vettä parhaiten johtavat kerrostumat sijoittuvat noin 500-600 metriä leveälle

harjujakson karkealle vyöhykkeelle, sivuharjujen ydinosaan sekä laajemmalle levinneen saumamuodostuman sora- ja hiekkakerrosten alueelle. Sen sijaan harjulaajentumien reunaosissa ja karkean vyöhykkeen reunalla pohjaveden pinta kohtaa yhtenäisempiä hienoja, vettä heikosti läpäiseviä kerroksia.

Viitteet

De Geer, G. (1940). *Geochronologia Suecica Principes*. Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, Tredje Serien, Band 18 (6), 360 pp.

Iisalo, E. (1979). Soran- ja murskauskelpoisen aineksen esiintymisestä harjuissa. Teoksessa: Suomen sora- ja hiekkavarojen arviointiprojekti 1971-78 (Toim. Niemelä, Jouko). s. 55-79.

Kujansuu, R. & Kurkinen, I. & Niemelä, J. (1995). *Glaciofluvial deposits in Finland*. Teoksessa: *Glacial deposits in North-East Europe* (Ed. by J. Ehlers., S. Kozarski and P. L. Gibbard). A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands.

Kukkonen, M. & Stén, C.-G. & Herola, E. (1993). Loimaan kartta-alueen maaperä. Maaperäkartojen 1: 100 000 selitykset, lehti 2111. Geologian tutkimuskeskus.

Lyytikäinen, Ari (1992). Kosken TI-Köyliön harjualueen perusselvitykset. Varsinais-Suomen seutukaavaliitto.

Maa ja Vesi Oy (1972). Harjujakson Säkylä-Oripää-Mellilä pohjavesivarojen inventointi ja alustavat tekopohjavesitutkimukset.

Maa ja Vesi Oy (1991). Pohjavesialueen hydraulinen ja toiminnallinen tarkastelu pohjavesi-malleilla. Virttaankankaan tekopohjavesihanke.

Maa ja Vesi, Jaakko Pöyry infra (2000). Virttaankankaan tekopohjavesitutkimukset 2000, koekaivon K41 koeimeytys.

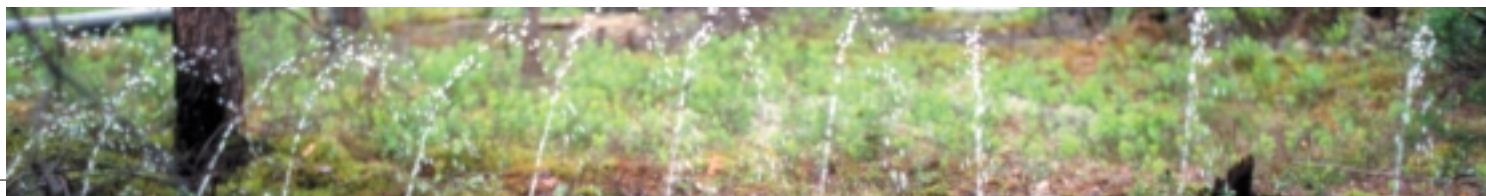
Mäkinen, Joni (2001). Oripää-Mellilä –harjujakson sedimentologinen perusselvitys. Raportti, Oripään EU-harjukunnostusprojekti.

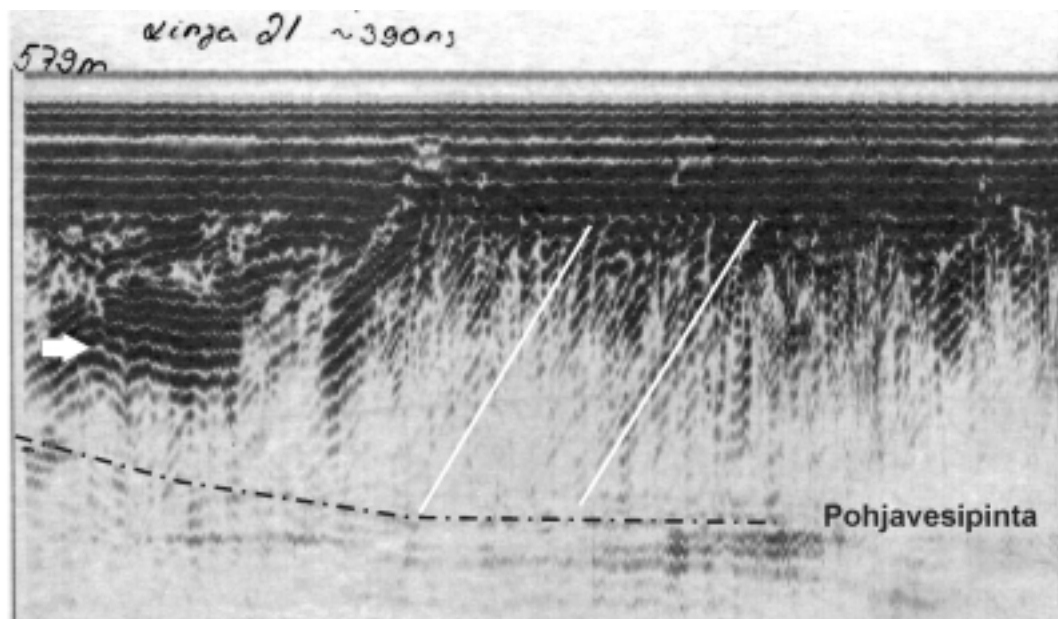
Mäkinen, Joni & Seppälä, Mikko (2001). Harjun kerrostumismallin ja pohjaveden virtausmallin yhteensovittaminen Köyliönjärvi-Säkylänharju harjujaksolla. Teoksessa: Kirjoituksia pohjavedestä (Toim. Salonen, Veli-Pekka & Korkea-Niemi, Kirsti). Turun yliopisto, Geologian laitos. s. 23-34.

Mäkinen, Joni & Räsänen, Matti (2002). Early-Holocene Regressive Spit-Platform and Nearshore Deposition on a Glaciofluvial Ridge during the Yoldia Sea and the Ancylus Lake Phases of the Baltic Basin, SW Finland. Hyväksytty, *Sedimentary Geology*.

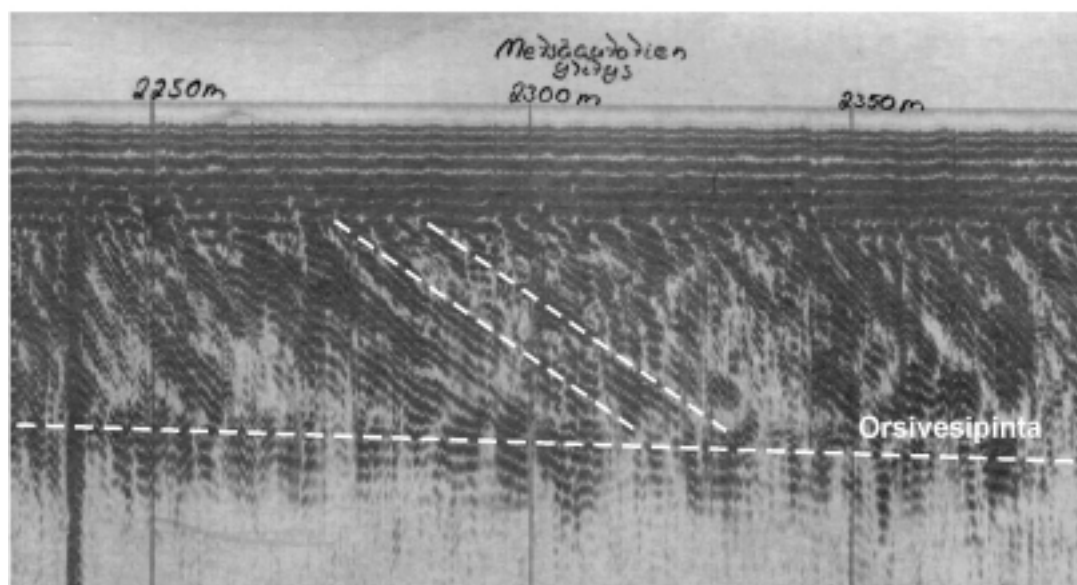
Punkari, Mikko (1979). Skandinavian jäätikön deglasiaatiovaiheen kielekevirrat Etelä-Suomessa. *Geologi* 31:2, 22-27.

Sauramo, Matti (1923). *Studies on the Quaternary varve sediments in southern Finland*. Bulletin de la Commission Géologique de Finlande 60.

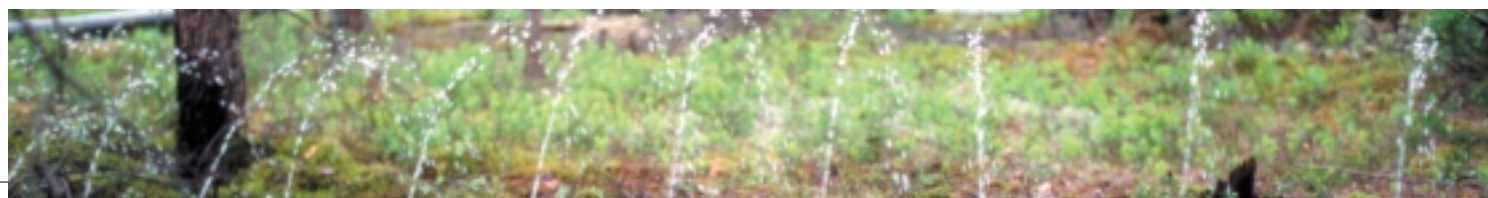


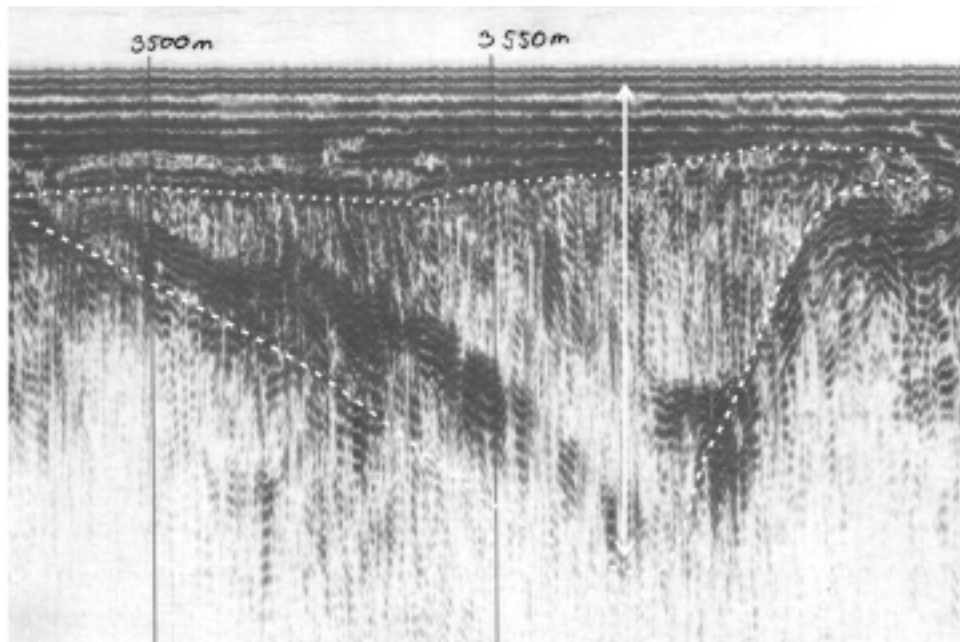


Kuva 3a.. Harjulaajentuman viistokerroksia (viivat) Virttaankankaan lounaispuolella. Nuoli osoittaa hiemoa välikerrosta laajentuman reunalla. Kerrokset ovat havaittavissa viereisessä sorakuopassa. Koska kuvaa ei ole korjattu maanpinnan suhteen, pohjaveden pinta näyttää kaareutuvan (todellisuudessa maanpinta kohoaa oikealle ja vesipinta on suora).

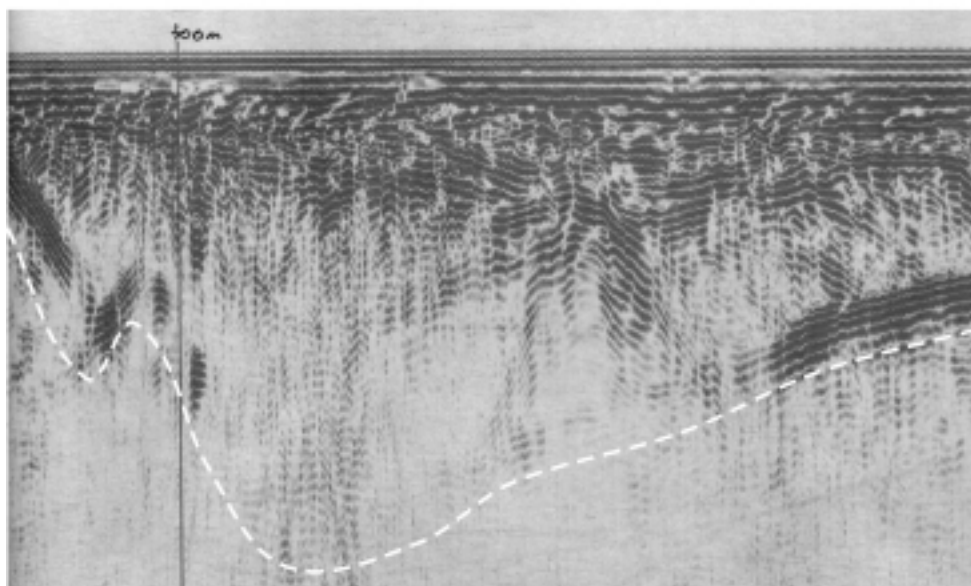


Kuva 3b. Rantakerrostumiin kuuluvia viistokerroksia maatutkaprofiilissa Kankaanjärven itäpuolella. Viistokerrosten alla (katkoviiva) näkyy orsivettä muodostava hienojakoinen kerros, jota tutkapulssi ei enää läpäise.

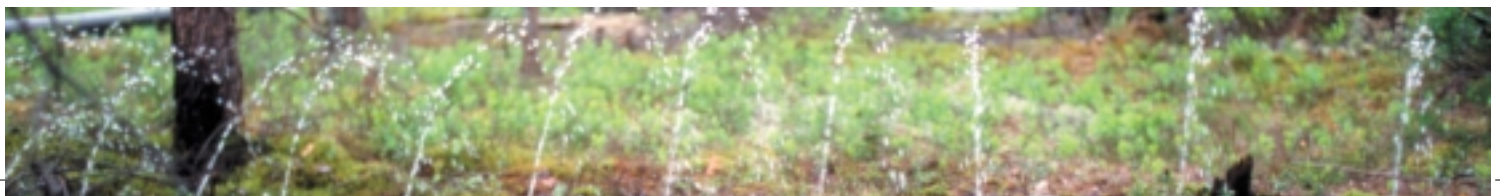




Kuva 4a. Piilosupparakenne (syvyys pinnasta n. 20 m, nuoli) maatutkaprofiilissa Säkylänharjun pääselänteeseen ja Virttaankankaan väliseltä alueelta. Ylinnä lähes vaakasuorat rantakerrostumat.



Kuva 4b. Suuri, noin 200 m leveä ja 20 m syvä piilosupparakenne Säkylänharjulla Porsaanharjun kaakkoispuolella. Alinna (katkoviiva) on hienojakoinen kerros. Rakenne on havaittu maatutkalinjoilta 25, 26 ja T57, josta kuva. Koska kuvaa ei ole korjattu maanpinnan suhteen, eivät rakenteet kuvaudu täysin oikeissa asennoissa. Maanpinta nousee oikealle.



Virttaankankaan kolmiulotteinen hydrogeologinen malli

FM Aki Artimo, tutkija
Turun Yliopisto/Geologian laitos
20014 Turku, gsm: 040-5632 141
Sähköposti: aki.artimo@utu.fi

Johdanto

Virttaankankaan alue Alastaron ja Säkylän kunnissa on yksi merkittävimmistä pohjavesialueista Lounais-Suomessa. Alueen käyttömahdollisuuksia laajamittaiseen pohjaveden ottoon on kartoitettu jo vuosikymmenien ajan. Keväällä 1999 valmistui Turun seudun vedenhankintayhteistyön kehittämissuunnitelma, jonka mukaan Virttaankankaalla voitaisiin muodostaa tekopohjavettä käyttämällä Kokemäenjokea raakavesilähteenä. Joesta pumpattavaa esikäsiteltyä vettä on suunnitelman mukaan tarkoitus imeyttää Virttaankankaalle noin $1,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, joka vastaa 0,5 prosenttia Kokemäenjoen keskivirtaamasta (Jaakko Pöyry Infra 2001). Tämän määrän on laskettu riittävän Turun seudun 285 000 asukkaan tarpeisiin.

Vuoden 2000 lopulla Turun yliopistossa ryhdyttiin selvittämään mahdollisuuksia kuvata Virttaankankaan geologinen rakenne tietokoneella tehtävän kolmiulotteisen (3-D) karttaesityksen muodossa. Tietotekniikan ja geologisten tutkimusmenetelmien viimeaikainen kehitys on mahdollistanut geologisten muodostumien sisäisen rakenteen tarkemman kuvauksen. Virttaankankaan 3-D hydrogeologinen malli valmistui vuoden 2001 syksyllä.

Kolmiulotteinen esitys Virttaankankaan geologisesta rakenteesta hyödyttää vireillä olevaa tekopohjavesihanketta monin tavoin. Kyseessä ei ole pelkkä maaperän pintaosien kartoitus, vaan 3-ulotteisessa mallissa on esitetty koko alueen eri hydrogeologiset yksiköt

saatavilla olleen tutkimusaineiston mahdollistamalla tarkkuudella.

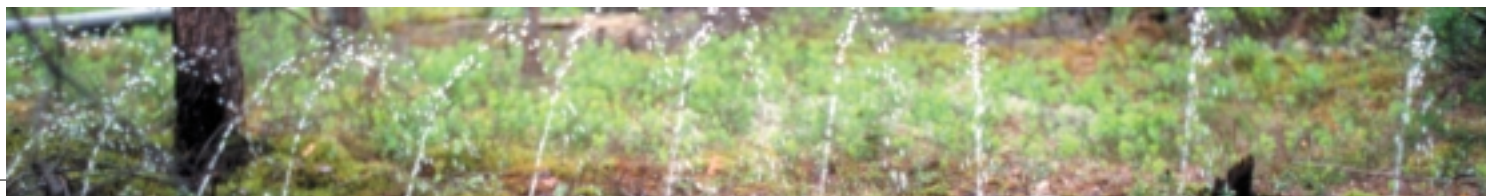
Menetelmät

Virttaankankaan kolmiulotteinen hydrogeologinen malli tehtiin EarthVision® -ohjelmalla yhteistyössä Illinois State Geological Survey'n kanssa. Kaikki alkuvalmistelut, tutkimusdatan muokkaus ja pohjakartat tehtiin Turun yliopistossa. Kaikkien aikaisempien Virttaankankaan alueella tehtyjen tutkimusten tulokset olivat käytettävissä tätä tutkimusta tehtäessä.

Kolmiulotteisessa mallissa esitetyt yksiköt edustavat yksinkertaistusta tutkimusalueen hydrogeologiasta. Alueelle valmistuneen sedimentologisen mallin (Mäkinen 2001) avulla voidaan saada lisää tietoa yksiköiden sisäisen rakenteen vaihtelusta. Tästä vaihtelusta saadaan viitteitä myös alueella tehtyjen koepumppausten tuloksista.

Virttaankankaan 3-D hydrogeologinen malli sisältää seuraavat yksiköt: lähes vettäläpäisemättömän peruskallion, moreeniyksikön, karkean glasifluviaalisen harjuyksikön, hienompirakeisen glasifluviaalisen/glasilakustrisen yksikön, siltti- ja saviyksikön sekä rantahiekka- ja saviyksikön. Jako eri yksikköihin tehtiin aiemmista tutkimuksista saatujen tulosten sekä sedimentologisen kerrostumismallin perusteella.

Ensimmäinen versio Virttaankankaan 3-D mallista valmistui Illinoisissa syyskuun lopulla 2001. Malli sisällytettiin EarthVision Viewer® -ohjelmaan, jonka avulla sitä voi esimerkiksi tarkastella eri suunnista, poistaa tai lisätä mallin sisältämiä hydrogeologisia yksiköitä tai muuttaa niitä läpinäkyviksi. Monipuoliset tarkastelumahdollisuudet lisäävät mallin käyttökelpoisuutta ja havainnollisuutta.



Johtopäätökset

Kolmiulotteisen hydrogeologisen mallinnuksen avulla pystytään hallitsemaan ja kuvaamaan vedenhankinnan ja pohjaveden suojelun kannalta olennaisimmat maaperäyksiköt ja arvioimaan niiden hydraulisten ominaisuuksien jakautumista pohjavesiesiintymässä. Lisäksi 3-D mallit toimivat arvokkaana lähtötietona pohjaveden virtausmalleille, joissa hydrogeologisten rajojen sijainnin tarkka määrittäminen on tärkeää. Perinteisiä pohjavesitutkimuksia suuremmat kustannukset on helppo perustella myös monipuolisemmilla ja havainnollisemmilla tutkimustuloksilla. EarthVision Viewer® -ohjelman avulla käytettävä malli toimii sekä jatkotutkimusten suunnittelun ja kohdentamisen, että päätöksenteon apuvälineenä.

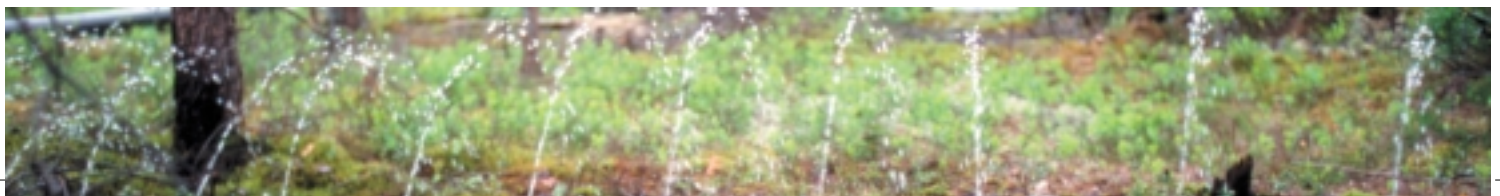
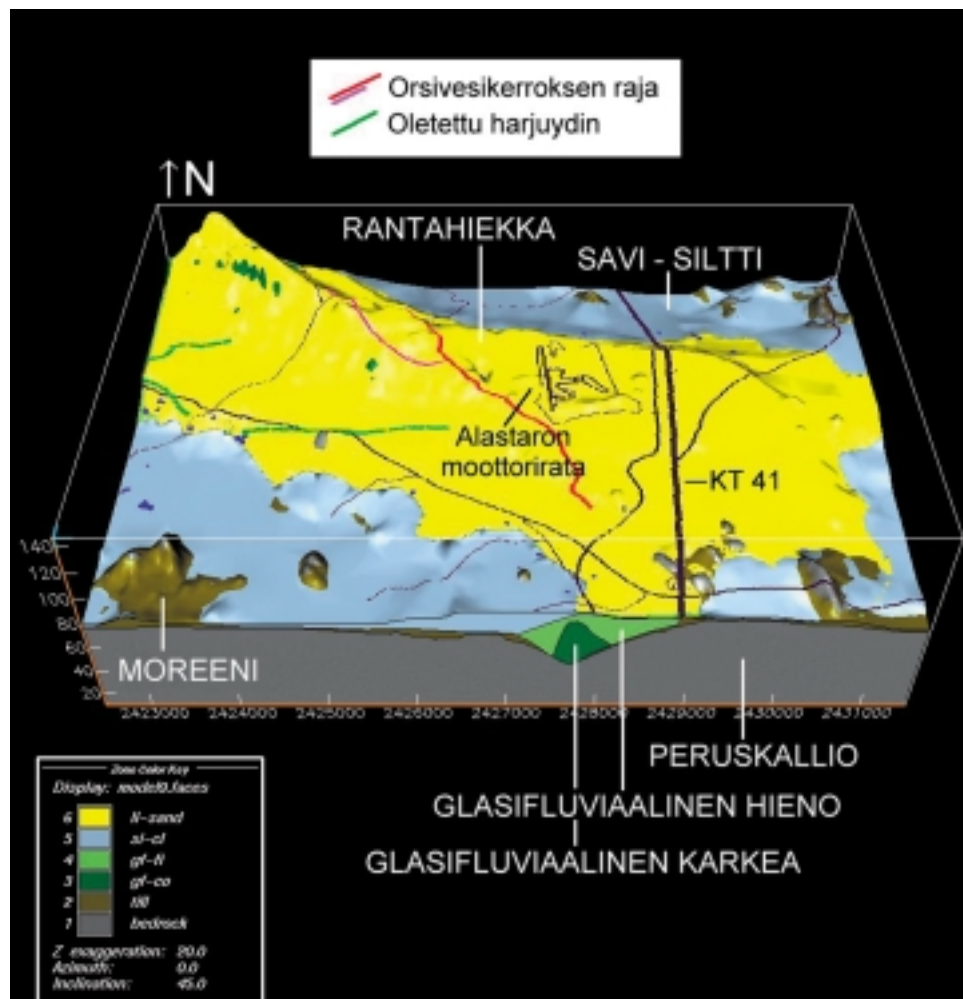
Lisämateriaalia Virttaankankaan 3-D mallista löytyy Internet-osoitteesta:

<http://users.utu.fi/a/akartimo/3dmodel/suomi/>

Kirjallisuus

Jaakko Pöyry Infra, 2001. Turun Seudun Vesi Oy, Turun seudun pohjavesihanke - Ympäristövaikutusten arviointiselostus. 00125213, 142 pp., 9 liitettä.

Mäkinen, J., 2001. Säkylänharjun-Virttaankankaan harjumuodostuman rakenne ja kehitysvaiheet - Asiantuntijalausunto. Julkaisematon raportti.



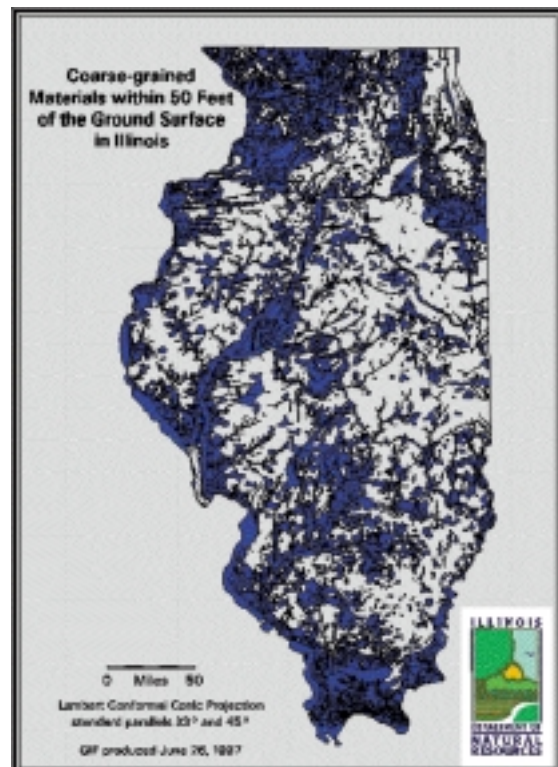
Three-dimensional Geologic Mapping for Evaluation and Protection of Groundwater Resources

Senior Geologist Richard C. Berg
Geologic Mapping Program
Illinois State Geological Survey
Champaign, IL 61820 USA
E-mail: berg@isgs.uiuc.edu

Illinois is located in the central portion of the United States, about 1200 kilometers west of New York City. With a population of about 12,500,000 and a size of about 146,000 square kilometers, it has a population about 2.5X that of Finland; however, Finland is about 2.5X larger in size. Illinois also has Chicago as its largest city with a population of about 3,000,000 and a metropolitan population of about 8,000,000.

Since the late 1960s, the Illinois State Geological Survey (ISGS) has been developing techniques to best portray the three-dimensional (3-D) nature of its glacial geology. This grew out of necessity because water and land – use decisions were being made, particularly in the expanding Chicago metropolitan area, that put water resources at risk both from a quantity and quality perspective. Only limited groundwater amounts were available to municipalities, industry, and private well owners AND the available groundwater resources were threatened by contamination.

The problem of providing needed 3-D geological information to decision makers has been compounded because Illinois' glacial geology is very complex. Glaciers crossed the state many times during the last 730,000 years leaving behind hundreds of meters of sand, gravel, clay, and silt associated with old land



Map 1.

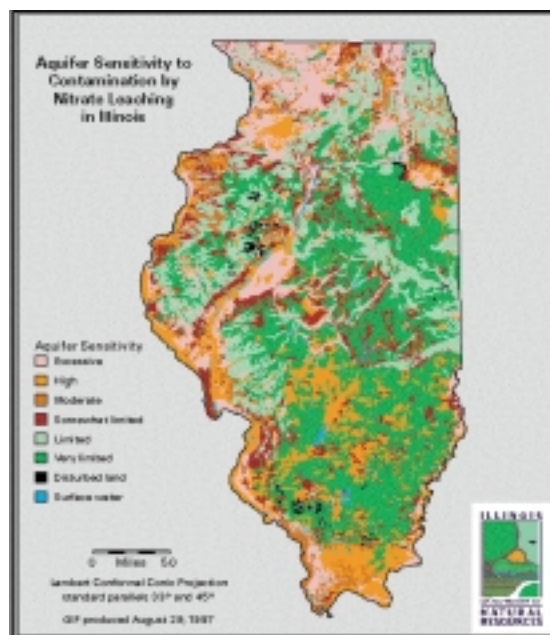
surfaces that are now buried. Therefore, it has become paramount that the 3-D nature of these deposits be defined such that the depth, thickness, properties, and geographic extent of sand and gravel aquifers can be mapped in as much detail as possible. Aquifers MUST be located and delineated (see map 1) BEFORE they can be modeled. Then, once detailed, 3-D geologic mapping/modeling is available, particularly focusing on urban/suburban, and other economically expanding areas, data are provided to answer critical questions that will lead water-resource planners to make wise development and water allocation decisions.



The value of having geological information available for water and land resource decision making is best shown via the geological mapping program done in the State of Kentucky in the 1960s and 1970s and the economic benefit-cost study of the program that was done in the late 1990s. Although the mapping was done specifically to benefit the mineral resources industry of Kentucky (and 10s of millions of dollars in benefits were immediately derived), about 80% of the use of the maps was for groundwater resource investigations and environmental considerations. The total mapping program cost about \$90,000,000 in 1999 dollars and between \$25 to \$39 in benefits were derived from each government dollar that was spent.

The cost of not having adequate or “good” geological information can be very expensive. For example, in the early 1990s the State of Illinois spent about \$86,000,000 siting and characterizing a location for a low-level radioactive waste disposal facility. The site, following extensive characterization and after 80 days of hearings, was rejected mainly because sand and gravel aquifers extending from the proposed site to a small city was discovered. Had 3-D geological information been available, the site would not have been selected in the first place. As another example, Illinois has 39 sites on the U.S. EPA National Priority List. These sites pose the most serious threat to the environment. Their average cost of clean-up is about \$15,000,000. However, costs can exceed \$40,000,000. Had 3-D geological mapping been available and properly used, many of these sites would NOT have been allowed to locate in often sensitive geologic settings.

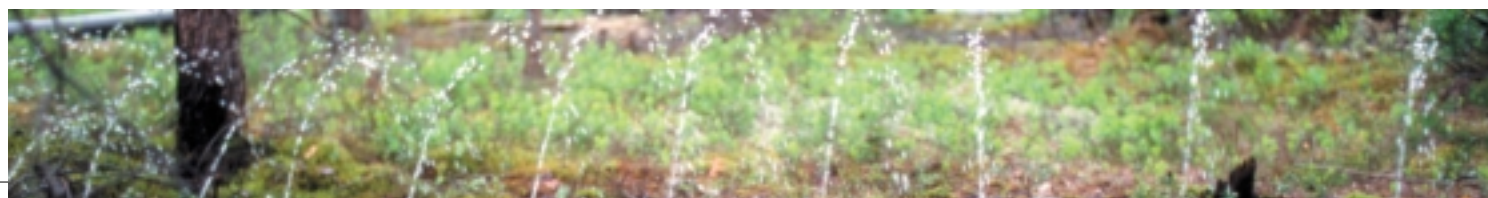
To further elucidate the value of 3-D geological mapping, interviews were conducted with four users of this information – (1) Mark Johnson, Vice President, Illinois American Water Company, (2) Tom Prickett, world-known groundwater modeler, (3) Paul Schuch, Director, Kane County Water Resources Department, and (4) Mike Bacon, Director, Winnebago County Health Department. In summary, they felt that as demand for water increases, 3-D modeling will be a big factor because it provides critical information for



Map 2.

water resource planning and that 3-D mapping would greatly affect permitting because it provides more information to better predict yields under different pumping scenarios. Mr. Schuch, in particular, spoke of its long-term benefits as a living model to predict future water demands, evaluate where aquifers were located, and ensuring that county residents do not pay excessive amounts for their water. High-quality information will be provided resulting in scientifically-sound decision making. Mr. Bacon, who has had 3-D geological information the longest (since the mid 1980s), mentioned that it provided a framework for understanding the environmental context for groundwater resource and protection issues. The 3-D information has enabled identification of problems and it has focused attention so that education, inspecting, and land-use planning could get ahead of potential problems. In addition, it has provided information on where to test for contaminants by identifying high-risk areas, therefore focusing limited sampling dollars in these areas of higher risk and providing far more efficient use of the limited resources.

Having 3-D geological information on a statewide scale has also been useful, since over 35% of Illinois'

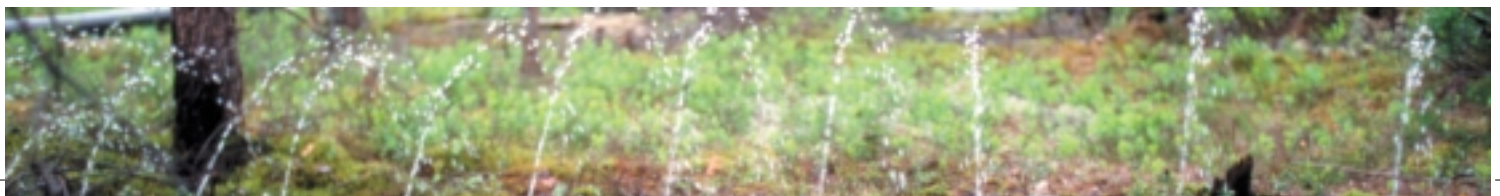
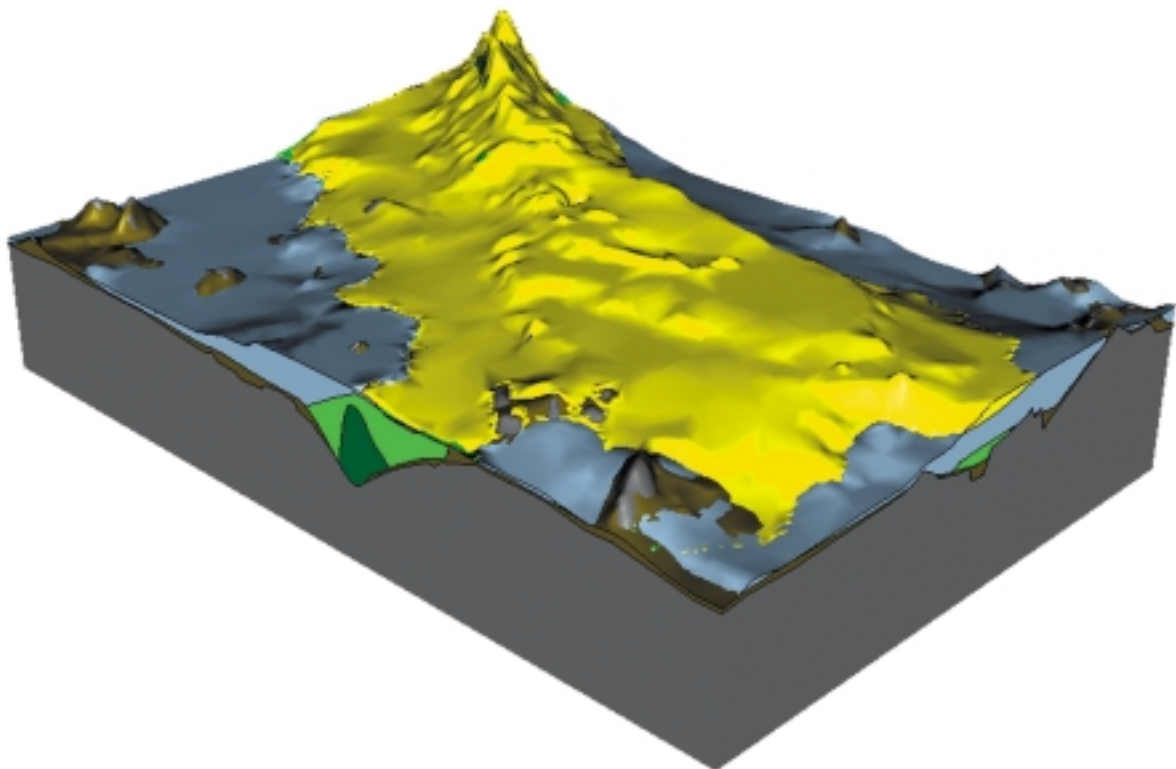


community wells using unconfined aquifers have been impacted by volatile organic compounds (VOCs), synthetic organic compounds (SOCs), or nitrates and about 80% of the recharge areas that support unconfined aquifer wells are threatened by potential sources of contamination. Mapping has been done to assess statewide aquifer sensitivity and recharge and to specifically address contamination by agricultural chemicals (see map 2). Even smaller scale multi-state maps have helped the U.S. EPA evaluate regional aquifer sensitivity and prioritize high sensitivity areas.

In conclusion, the key to successful water and land use planning is establishing the basic geologic framework and identifying the hydrologic properties of aquifers and non-aquifers. This is the first step in assessing available groundwater resources and avoiding future liabilities. The 3-D geologic information guides regulators seeking maximum

protection of ground-water resources in areas where they are especially vulnerable, while avoiding overprotection in areas where natural protection exists. Water companies, planners, public health officials, consultants, developers, and the public can make informed decisions on land use and water allocations once scientifically defensible 3-D geologic information is available.

The Virttaankangas 3-D geological model (see below), as well as the earlier Hitura model, which have been developed recently in Finland, are extensions of work done in Illinois and both are unique in Europe. They were done in cooperation with the ISGS following strict mapping guidelines and they should serve as examples for providing 3-D geological information to address critical water resource issues. Hopefully, the Finnish 3-D geological models can be used as a springboard for additional 3-D evaluations.



Kolmiulotteinen geologinen kartoitus pohjavesivarojen arvioinnissa ja suojelussa

Ph. D. Richard C. Berg, Senior Geologist
Geologic Mapping Program
Illinois State Geological Survey
Champaign, IL 61820 USA
E-mail: berg@isgs.uiuc.edu

Illinois'n osavaltio sijaitsee Yhdysvaltojen keskiosissa, noin 1200 kilometriä länteen New Yorkista. Illinois'n väkiluku on noin 2,5 kertaa Suomen väkilukua suurempi (12 500 000 asukasta), mutta pinta-alaltaan Suomi on puolestaan noin 2,5 kertaa Illinois'n kokoinen. Osavaltion suurimmassa kaupungissa Chicagossa asuu noin 3 miljoonaa asukasta ja koko suurkaupunkiseudulla asuu noin 8 miljoonaa asukasta.

Illinois State Geological Survey (ISGS) on pyrkinyt luomaan kattavan kolmiulotteisen kuvan alueensa geologiasta jo 1960-luvun loppupuolelta saakka. Tarve alueen geologiseen kartoitukseen on syntynyt kasvavasta väestönpaineesta, joka on vaikuttanut asutetun alueen laajenemiseen ja sitä kautta tarpeeseen suojata rajoitetut pohjavesivarat likaantumiselta. Kuntien vesihuolto-yhtiöt, teollisuus ja yksityiskaivojen omistajat ovat joutuneet jakamaan saatavilla olevat pohjavesivarat keskenään.

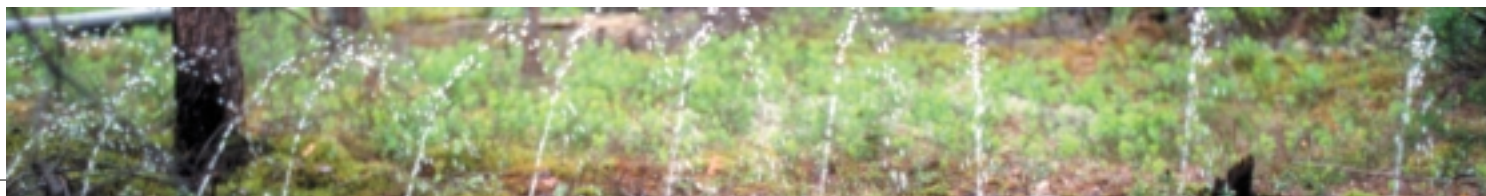
Illinois on geologisen historiansa aikana jäänyt toistuvasti mannerjäätiköiden peittämäksi. Siksi alueen geologiaa kuvaavatkin paksut hiekka-, sora-, savi- ja silttikerrostumat sekä paikoin havaitut vanhat maannoskerrokset. Tarkan kolmiulotteisen (3-D) maaperätiedon tarjoaminen päätöksentekijöille onkin ollut suuri haaste alueen kompleksisen geologian takia. Pohjavesiesiintymien 3-D kartoitus on kuitenkin koettu ensi-

arvoisen tärkeänä tehtävänä, jotta pohjavesiesiintymät voitaisiin mallintaa ja sen jälkeen tehdä perusteltuja päätöksiä vesivarojen käytön suunnittelun ja rahoituksen suhteen.

Geologisen informaation arvo vesivarojen ja maankäytön suhteen ilmeni Kentuckyn osavaltion teettämän geologisen kartoituksen arvioinnin perusteella. Kartoitus tehtiin jo 1960- ja 1970-luvuilla ja kartoituksen tuottaman hyödyn arviointi valmistui 1990-luvun lopulla. Alunperin kartoitus tehtiin hyödyntämään Kentuckyn mineraali- ja kiviainesvaratuotantoa, mutta noin 80% kartoituksen hyödyistä suuntautui pohjavesi- ja ympäristösovellusten alalle.

Kartoituskustannukset olivat 90 miljoonaa USA:n dollaria (vuoden 1999 rahassa) ja arvioitu rahallinen hyöty oli 25-39 kertainen sijoitettuun pääomaan nähden.

Laadukkaan geologisen kartoituksen puuttuminen voi tulla erittäin kalliiksi, kuten ilmeni matala-aktiivisen radioaktiivisen jätteen loppusijoituspaikan suunnittelussa Illinois'ssa 1990-luvun alussa. Osavaltio kulutti 86 miljoonaa dollaria laitoksen suunnitteluun ja sijoituspaikan etsimiseen, kunnes havaittiin, että hiekka- ja sora-akviferi (pohjavesiesiintymä) ulottui suunnitellulta sijoituspaikalta lähistöllä sijaitsevaan kaupunkiin saakka. Hankkeesta luovuttiin pitkän oikeusprosessin jälkeen. Virhe olisi voitu välttää, mikäli kolmiulotteista geologista informaatiota olisi ollut saatavilla etukäteen. Lisäksi Illinois'ssa on 39 välitöntä puhdistamista vaativaa pahoin likaantunutta maa-alueita. Useimmat likaantumistapaukset olisi voitu välttää, mikäli 3-D informaatiota olisi ollut saatavilla ja likaantumiselle herkimmat alueet olisi voitu arvioida ennalta. Käsin.



3-D informaation käyttäjiltä saadun palautteen perusteella 3-D kartoituksen tarve kasvaa entisestään kasvavan vedentarpeen myötä. Tulevaisuudessa tarvitaan lisäksi tieteellisesti pitäviä perusteluja vesihuollon suunnittelua ja lupien hankintaa varten. 3-D kartoituksen ja mallinnuksen avulla voidaan mahdolliset ongelmakohteet identifioida jo etukäteen ja näin suunnata rajalliset tutkimusmäärärahat tärkeimpiin kohteisiin. Palautetta varten haastatellut henkilöt edustavat alojensa huippuja ja vastaavat mm. lähes miljoonan asukkaan vesihuollosta, tieteellisistä mallinnusprojekteista sekä terveydenhuollon tarpeista Illinois'ssa.

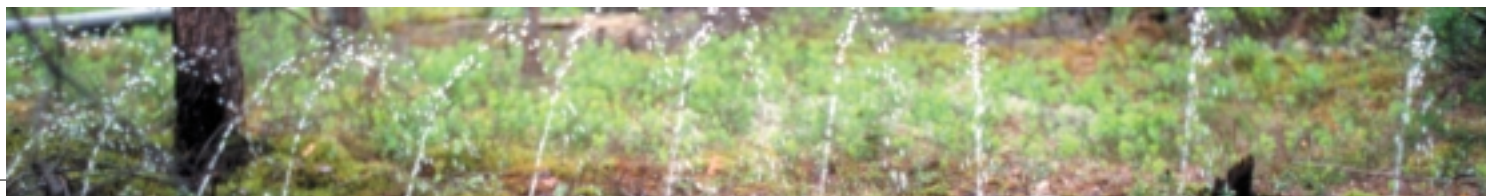
Myös osavaltion mittakaavassa tehtävän 3-D geologisen kartoituksen hyödyt ovat merkittäviä. Kyseistä tietoa voidaan hyödyntää mm. pohjavesiesiintymien sensitiivisyyskarttojen muodossa. Nämä kartat kertovat, kuinka herkkiä pohjavesiesiintymät ovat esimerkiksi maatalouden kuormitukselle. Jopa 80% pohjaveden imeytymisalueista Illinois'ssa on vaarassa likaantua, ellei alueita saada ajoissa suojeltua.

Yhteenvedona voidaan todeta, että kolmiulotteisen geologisen informaation hankkiminen on olennaista vesi- ja maa-ainesvarojen onnistuneelle käytölle. Pohjavesiesiintymien geologisten ominaisuuksien tunteminen on ensimmäinen askel sekä saatavilla olevien pohjavesivarojen kestävän käytön toteuttamiseksi, että vahingonkorvausvastuiden välttämiseksi tulevaisuudessa. Vesiyhtiöt, terveysviranomaiset, konsultit ja kansalaiset voivat tehdä perusteluja päätöksiä vesi- ja maa-ainesvarojen käytöstä, kun tieteellisesti perusteltu 3-D geologinen aineisto on saatettu yleiseen käyttöön.

Suomessa kehitetty Virttaankankaan 3-D malli, ja sitä ennen valmistunut Hituran 3-D malli, ovat jatkoa sille työlle, joka on aloitettu Illinois'ssa. Mallinnukset tehtiin yhteistyössä Illinois State Geological Surveyn kanssa, ja ne toimivat esimerkkeinä kolmiulotteisen geologisen informaation soveltamisesta tärkeisiin vesivarojen käyttöä koskeviin kysymyksiin. Toivottavasti ne luovat myös pohjan tulevaisuudessa tehtäville 3-D tarkasteluille Suomessa.



Marraskuista Virttaankangasta. Kuva: Juha Kääriä



Virttaankankaan – Oripäänkankaan pohjavesimallinnus

FM Jukka Ikaheimo, hydrogeologi
MAA JA VESI OY
PL 50 (Jaakonkatu 3)
01621 Vantaa
Puh: 09-6826 675
Faksi: 09-6826 565
Sähköposti: jukka.ikaheimo@poyry.fi

Johdanto

Keväällä 1995 päätettiin Lounais-Suomen ympäristökeskuksen toimesta laatia pohjavesimalli Köyliön ja Koski TL:n väliselle harjujaksolle. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen laatima, Virttaankankaan ja Oripäänkankaan osa-alueita koskeva pohjavesimalli valmistui 1999. Mallin laatimisen kustannuksista ovat pääosin vastanneet Lounais-Suomen ympäristökeskus ja Turun Seudun Vesi Oy. Tekopohjavesilaitoksen suunnittelutoimeksiannon käynnistyttyä keväällä 2000 tehtiin päätös käyttää kyseistä pohjavesimallia suunnittelun apuvälineenä. Kuvassa 1 on esitetty mallialueen nykyinen laajuus.

Virttaankangasta koskien on aiemmin, 1990-luvun alussa, laadittu kaksi pohjavesimallia (Suomen Pohjavesiteknikka Oy ja Maa ja Vesi Oy).

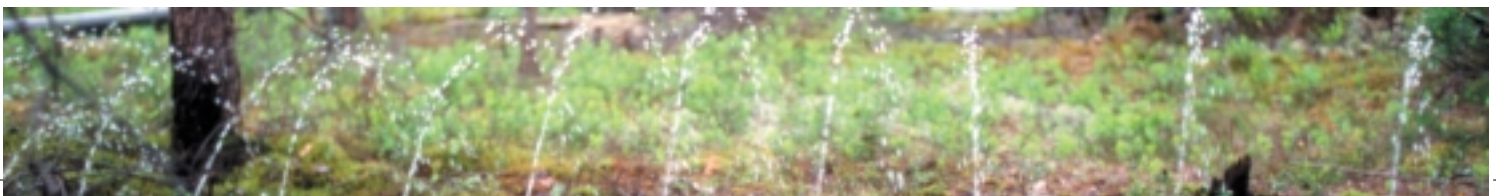
Pohjaveden virtausmalli

Suurissa, merkittävässä pohjavesi- ja tekopohjavesihankkeissa, joissa ei voida tehdä täysimittakaavaisia kokeita kuten imeytyksiä raakavedellä, turvaututaan yleisesti osittain välillisiin menetelmiin. Pohjavesimallinnus on menetelmä, jolla voidaan monipuolisesti simuloida pohjaveden virtaustilan ja pohjavedenpinnan tason muutoksia eri tilanteissa. Sillä ei mallinneta pohjaveden laatua, aineiden kulkeutumista kylläkin.

Malli on matemaattinen kuvaus pohjaveden virtausoloista. Mallissa on monia yleistyksiä, sillä täysin luonnon olosuhteita ja monimuotoisuutta siihen ei pystytä eikä ole tarkoituskaan sisällyttää. Mallin luotettavuus riippuu mm. lähtötietojen luotettavuudesta sekä kairausten ja muun tutkimusaineiston geologisen



Kuva 1: mallialue



tulkinnan onnistumisesta. Tavoitteena on saada mallin simulointitulokset vastaamaan luonnossa todettuja vedenpintoja ja virtaamia. Tähän tähtäävää työvaihetta kutsutaan mallin kalibroinniksi. Kalibrointi on usein aikaa vievin työvaihe.

Pohjavesimallin luotettavuuden arvioinnissa on käytetty luonnontilan pohjavesipinnan vastaavuuden lisäksi mallin antamien tulosten vertailua suoritettujen koepumppauksen ja koeimeytysten tuloksiin (verifiointi). Mallin on toimittava myös tilanteissa, joissa luonnontilaiseen vedenpintaan tai virtaamaan on aiheutettu muutos joko koepumppauksin tai koeimeytyksin. Ennen kaikkea mallin tulee toimia lopullista tekopohjavesituotantoa vastaavissa tilanteissa.

Pohjavesimalli on laadittu Modflow -laskentakoodilla. Modflow on tietokoneohjelma, joka on kehitetty Yhdysvaltain geologisen tutkimuslaitoksen (USGS) toimesta, ohjelma on yleisimpiä maailmalla käytössä olevia pohjaveden virtauksen laskentakodeja. Mallin käyttöliittymänä on PMWIN (Processing Modflow for Windows). Mallia on kalibroitu ohjelmallisesti ModflowP -ohjelmalla. Ohjelmallinen kalibrointi antaa kokonaisuuden kannalta luotettavampia tuloksia kuin manuaalinen ”yritys ja erehdys” -menetelmä. Pohjaveden viipymiä ja virtaussuuntia on tarkasteltu PM-Path-ohjelman avulla. Tietojen syötössä ja tulosten visualisoinnissa on hyödynnetty paikkatiedon hallintaohjelmaa ArcViewGis sekä Surfer ja Editeur -ohjelmaa. Lähes kaikki maastotutkimustulokset viedään Gis-järjestelmään, jolloin tiedot ovat helposti käytettävissä hankkeen päätyttyäkin.

Pohjavesimallin käyttö tutkimuksen apuvälineenä

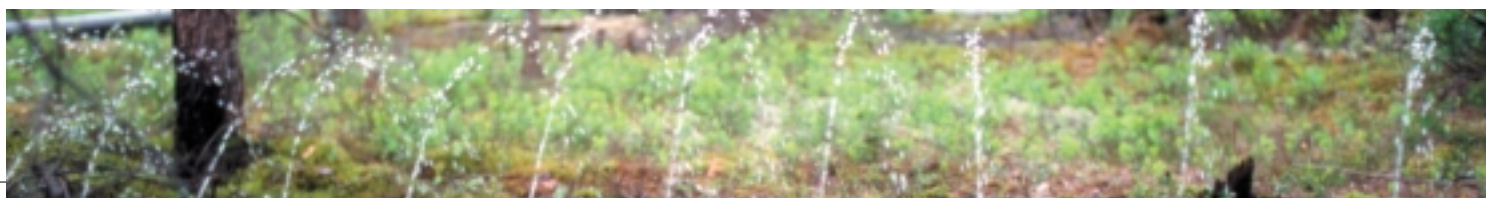
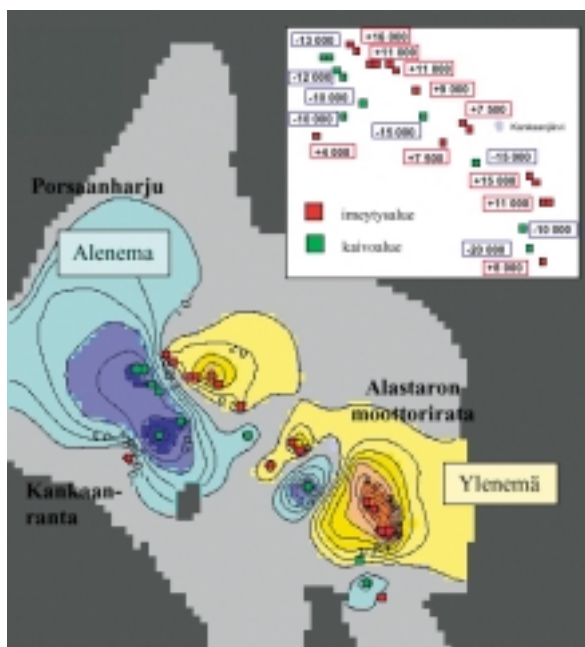
Tekopohjavesilaitoksen tuotantoajoilla simuloidaan pohjavedenpinnan ja virtaamien muutoksia. Malli antaa mahdollisuuden tarkastella ja optimoida mm. erilaisia vedenotto- ja imeytysalueiden sijoitus- ja kapasiteettivaihtoehtoja (kuva 2). Tarkasteluissa kiinnitetään huomio vedenpinnan nousuun eli ylenemään imeytysalueilla ja laskuun eli alenemaan vedenottoalueilla sekä niistä mahdollisesti aiheutuviin haitallisiin muutoksiin ympäristön vesitaseissa. Osa-alueiden vesitasetarkastelut ovat keskeinen osa vaikutusarvioissa.

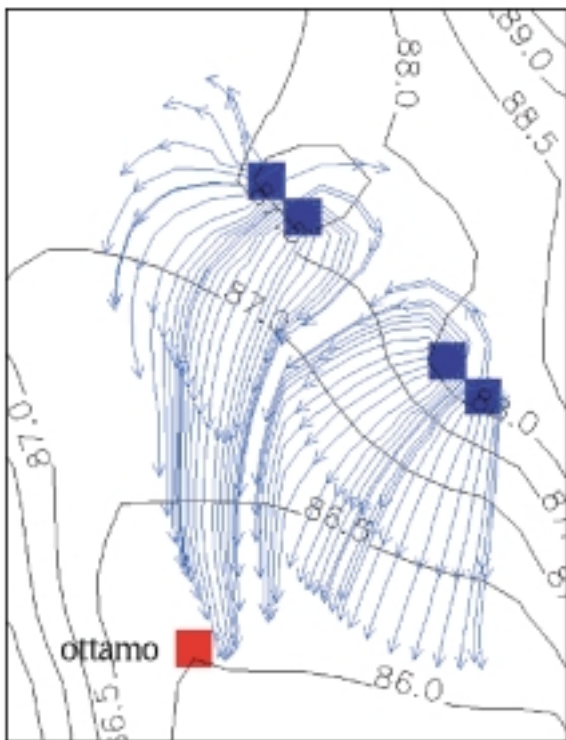
Tekopohjavesilaitoksen veden puhdistumisen kannalta eräs tärkeimmistä seikoista on imeytettävän raakaveden riittävän pitkä viipymä imeytysalueelta vedenottoalueille (kuva 3). Malli antaa kuvan keskimääräisestä virtausnopeudesta ja -ajasta pohjavedellä kyllästyneessä vyöhykkeessä. Sen sijaan maanpinnan ja pohjavedenpinnan välistä vajovesikerrosta ei pohjavesimallilla simuloida.

Pohjavesimallia on käytetty imeytys- ja kaivoalueiden sijainnin ja tuoton optimoinnissa, viipymätarkasteluissa ja tekopohjavesihankkeen YVA-menettelyn ympäristövaikutustarkasteluissa. Tekopohjavesilaitoksen hake-mussuunnitelman liitteeksi laadittiin raportti Virttaan-kankaan ja Oripäänkankaan pohjaveden virtausmallin käytöstä.

Kesällä 2001 mallilla tehdyillä simulointiajoilla selvitettiin Virttaan kylän alueella havaittua pohjaveden pinnan alenemaa. Simulointiajojen avulla pyrittiin selvittämään, mikä osuus alenemasta on luontaista pohjaveden pinnan alenemaa ja mikä osuus alenemasta johtuu Turun Seudun Vesi Oy:n vedenotosta kaivosta K51. Pohjavesimallilla laadittuja ennusteita

Kuva 2: Esimerkitilanne imetyks- ja kaivoalueiden sijainnin ja tuoton optimoinnista.





Kuva 3: Vesipartikkelien viipymänuolet kuukauden välein imeytysalueiden ja Virttaan ottamon (Kaivo 51) välillä.

pohjavesiolojen muutoksista eri tuotanto- ja poikkeus-tilanteissa on laajalti käytetty hyväksi YVA-menettelyn ja vesioikeudellisen katselmusmenettelyn havainto-aineistona. Tilanteiden havainnollistettavuus on pohjavesimallin tärkeitä ominaisuuksia.

Lisätutkimukset ja mallin tarkennukset

Virttaankankaan pohjavesimallia on täydennetty tutkimusten edetessä uusilla maastotutkimustiedoilla. Näihin kuuluu syväkairauksia, havaintoputkien asennuksia ja maatulutkaluotauksia. Kaikki alueen havaintoputket myös tarkistusuvaattiin keväällä 2002. Pohjavesimallissa hilaruudun koko määrää tehtävien tarkastelujen tarkkuuden. Mitä pienipiirteisempi geologinen rakenne, sitä pienempi hilaruudukko on tarpeen sen mallintamiseksi. Varsinkin Virttaan kylältä Kankaanjärven suuntaan esiintyvän syvän kallioperän ruhjeen poikkisuunnassa maakerrosten vedenjohtavuus muuttuu melko nopeasti ja itse ruhje on tuskin aieman hilaruudun (100 m kertaa 100 m levyinen). Siksi hilaruudukkoa pienennettiin keväällä 2002 koko mallin

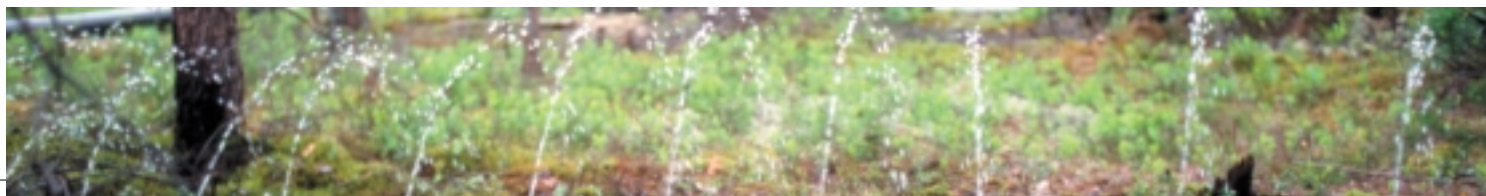
osalta (100 * 100 => 50 * 50 metriä), jotta saavutetaan parempi laskentatarkkuus sekä yksityiskohtaisempaa tietoa kulkeutumisesta ja virtausoloista tekopohjaveden tuotantotilanteessa. Hilaruudun pienentämisen avulla ydinalueen mainittu ruhjevyyhyke saatiin mallinnettua tarkemmin. Samoin vedenjohtavuusarvot saatiin määritettyä paremmin kapealla ydinvyöhykkeellä. Samalla mallin reunaehdoja ja rajausta tarkennettiin Porsaanharjun ja Palokankaan osalta. Virttaankankaan Harjunkylän puoleisella reunalla, Palokankaan ja moottoriradan alueella todettua orsivesikenttää laajennettiin uusien kairausten ja maatulutkaluotauksen mukaan.

Virttaankankaalla on parhaillaan käynnissä laajat, muutaman vuoden kestävät tekopohjavesitutkimukset. Ennen Virttaankankaan itäisen osan koeimeytyksiä pohjavesimallin simulointiajoilla tarkasteltiin suunnitellun koepumppauksen ja -imeytyksen vaikutuksia, eli virtauskuvan muutoksia, viipymiä imeytysalueelta ottoalueelle ja virtaamamuutoksia ympäristöön. Viipymätuloksia tullaan vertaamaan suoritettavan merkkiainekokeen antamaan informaatioon. Maahan imeytettävään veteen sekoitetun merkkiaineen kulkeutuksen perusteella voidaan tarkentaa veden viipymälaskelmia. Imeytys- ja merkkiainekokeen tulosten perusteella mallia tarkennetaan edelleen. Pohjavesimallia tullaan käyttämään vastaavalla tavalla suunnittelun apuvälineenä, tutkimuksen ohjaukseen ja ympäristövaikutusten arviointiin keski- ja länsiosan koeimeytyksissä.

Pohjavesimallin tulevaisuus

Mallilla on runsaasti käyttöä edellä kuvatus tutkimusjakson päätyttyäkin. Tekopohjavesilaitoksen toteutettua voidaan simuloida esim. erilaisia tekopohjaveden tuotantotilanteen ennakoitavia alueellisia muutoksia tai kapasiteettivaihteluja, käyttökatkoja, tai muita poikkeus-tilanteita, mahdollisia uusia imeytys-alueita jne.

Tuotannon ohjaaminen pohjavesimallin avulla siten, ettei haitallisia ympäristövaikutuksia pääse syntymään, tulee olemaan pohjavesimallin tärkeimpiä käyttökohteita.



Kokemäenjoen pohja-sedimentit ja niiden laatu

FT Veli-Pekka Salonen, professori
Helsingin yliopisto/Geologian laitos
PL 64 (Gustaf Hällströmin katu 2)
00014 Helsinki
Puh: 09-1915 0839
Faksi: 09-1915 0826
Sähköposti:
Veli-Pekka.Salonen@Helsinki.fi

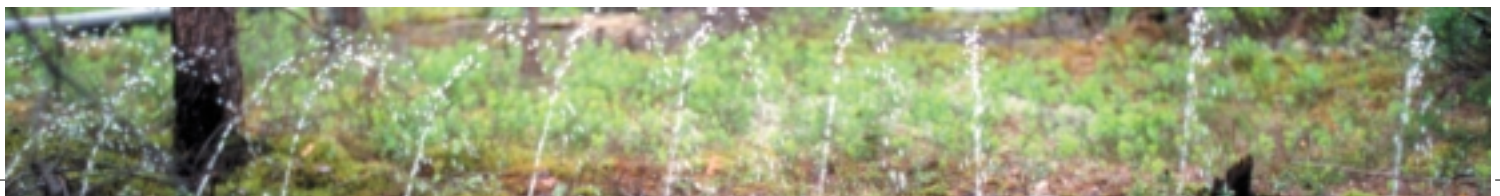
Kokemäenjokeen 1960-luvulta alkaen kohdistunut kuormitus ilmeni aikoinaan paitsi jokiveden laadun heikkenemisenä, myös joen pohjalle kertyvän aineksen eli sedimentin huonokuntoisuutena. Pohjasedimenttiin sitoutui tuolloin korkeita haitta-aine- ja ravinnepitoisuuksia, jotka taas uudelleen liikkeelle lähtiessään heikensivät jokivedenkin laatua vielä kauan sen jälkeen, kun kuormitus oli jokivarsilla saatu kääntymään laskuun. Niinpä 1980-luvun lopulla todettiin, että sedimentistä liikkeelle lähtevä elohopea on joen merkittävin kuormittaja. Kokemäenjoessa toimii siis eräänlainen sisäinen kuormitus, jota ylläpitävänä mekanismina ovat joen omat virtausvaihtelut ja niistä aiheutuva pohjakerrostumien toistuva liikkeellelähtö ja sekoittuminen kiintoaineeksi veteen.

Osana Virttaankankaan tekopohjavesitutkimuksia selvitettiin pohjasedimenttien vedenotolle mahdollisesti aiheuttamaa riskiä systemaattisesti. Tutkimuksessa joen pohja kartoitettiin Äetsän Voimalaitoksen ja Karhiniemen välisellä alueella ja samalla tarkasteltiin sedimenttien kerrostumista ja liikkeellelähtöä säättäviä tekijöitä. Kartoituksen perusteella toteutettiin sedimenttinäytteenotto, jonka avulla pyrittiin saamaan kattava käsitys sedimenttien nykyisistä haitta-ainepitoisuuksista ja niihin liittyvistä uhista.

Pohjakartoituksessa joen poikki luodattiin 53 kaiku-luotauslinjaa, joita täydennettiin pohjaan asti ulottuvilla näytteenottokairauksilla. Akustisen luotauksen antamia heijastumia ja pliktaustuloksia tulkitsemalla joen pohja voitiin jakaa koviin kivikkopohjiin, muihin eroosio-pohjiin, transportaatiopohjiin sekä kerrostumisalueisiin. Kerrostumisalueiden tunteminen on merkittävää, koska niihin sedimentteihin varastoituneet haitta-aineet ovat kertyneet, ja niistä ne taas saattavat lähteä uudelleen liikkeelle vesistöä kuormittamaan. Tutkitulla jaksolla havaittiin kolme selkeää aluetta, joille on kerrostunut ja edelleenkin kerrostuu hienojakoisia jokikerrostumia. Pääosa joen pohjasta on kuitenkin kulutus pohjaa, jolle ei tapahdu kerrostumista. Kartoituksessa tehtiin havaintoja myös transportaatioalueista, joilla vesipitoinen liete siirtyy pohjan lähellä kohti alajuoksua. Myös näistä kerrostumista otettiin näytteitä. Näytepisteitä oli 18, joista viidestä otettiin usemman näytteen profiileita.



Sedimenttinäytteenottoa Kokemäenjoella 8.3.2000.
Kuva: Juha Kääriä



Sedimenttinäytteistä analysoitiin niiden fysikaalisten ominaisuuksien lisäksi seuraavien haitta-aineiden pitoisuuksia: arseeni, elohopea, kadmium, kromi, kupari, nikkeli, lyijy, sinkki, PCB, dioksiini ja furaani, PAH-yhdisteet. Orgaaniset haitta-aineet analysoitiin viidestä, muut aineet 32 näytteestä.

Kokemäenjoen uoma on dynaaminen systeemi, jonka pohjalla aines on jatkuvassa liikkeessä, ja kerrostuttuaankin se altistuu taas uudelleen alkavalle kulutukselle. Tarkasteltaessa analyysituloksia, havaittiin, että haitta-aineiden pitoisuudet yleensä vastaavat puhtaiden jokien tyypillisiä tausta-aineita muutamia poikkeuksia lukuunottamatta. Yhdessä näytteessä oli lievästi kohonnut (0.5 – 1.36 mg/kg) kadmiumpitoisuus, lisäksi yhdessä näytteessä nikkeli ja neljässä näytteessä sinkkipitoisuudet.

PAH-pitoisuudet olivat suomalaisille jokikerostumille tyypillisiä, yhden näytteen PCB-pitoisuus ylitti ohje-arvon, ja kolmen näytteen PCDD/F-pitoisuudet ylittivät ohje-arvon, mutta kaikki edellä luetellut pitoisuudet alittivat selvästi pilaantuneen sedimentin raja-arvon. Mainitut haitta-ainepitoisuudet osoittavat sedimentin

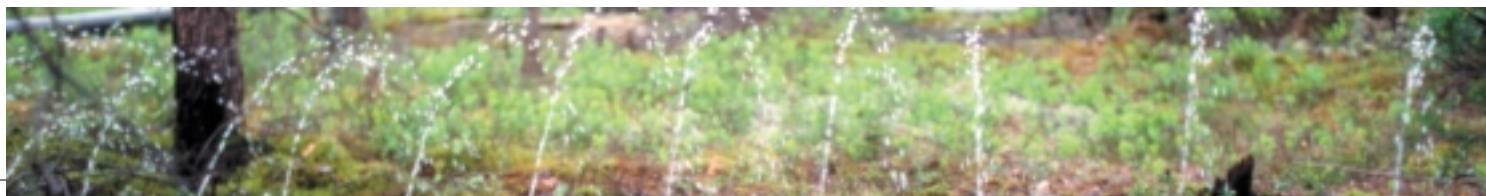
lievää nuhrautumista, joka johtuu aiempien vuosikymmenten kuluessa tapahtuneesta kuormituksesta. Pitoisuudet ovat paria kertaluokkaa alempia kuin esimerkiksi Kymijoen pohjasta mitatut pitoisuudet.

Elohopea muodostaa merkittävän poikkeuksen analysoitujen haitta-aineiden joukossa. Sen keskimääräinen pitoisuus oli 5,7 mg/kg ja vaihteluväli 0,66 - 40 mg/kg. Elohopean raja-arvona pidetään pitoisuutta 5 mg/kg, ja sen ylitti kahdeksan näytettä. Suurimmat elohopeapitoisuudet analysoitiin Karjusaaren ja Villilän välisellä alueella, jossa on tutkimusalueen laajin yhtenäinen kerrostumisalue.

Kokemäenjoen pohjan luontainen puhdistuminen on merkittävästi parantanut sen laatua verrattuna 1980-luvulla tehtyihin havaintoihin, mutta tutkimus osoittaa, että pohjakerrostumiin varastoituneet vanhat elohopeapäästöt rasittavat vielä paikoin jokea. Riskitarkastelussa tehdyt laskelmat osoittivat kuitenkin, että elohopean likaamien sedimenttien sekoittuminen veteen esimerkiksi poikkeuksellisen voimakkaan tulvan yhteydessä ei voi nostaa veden elohopeapitoisuutta raakavedelle asetetun raja-arvon ylittäväksi.



Professori Veli-Pekka Salonen työryhmineen sedimenttinäytteenotossa 8.3.2000 Kokemäenjoella.
Kuva: Juha Kääriä



Kokemäenjoen veden laatu ja sen muutokset

FM Reijo Oravainen, toiminnanjohtaja
Kokemäenjoen Vesistön
Vesiensuojeluyhdistys r.y.
PL 265 (Hatanpäänkatu 3 B)
33101 Tampere
Puh: 03-2461 111
Faksi: 03-2461 200
Sähköposti: reijo.oravainen@kvvy.fi

Jätevesikuormitus laskenut murto-osaan maksimitasosta

Sekä asutuksen että teollisuuden aiheuttama jätevesikuormitus on nykyisin oleellisesti 1970-luvun alkua pienempi. Asutuksesta johtuva fosfori- ja BHK-kuormitus ovat vähentyneet noin 90% ja metsäteollisuuden aiheuttama orgaaninen ja kiintoainekuormitus jopa 98%. Myös muun teollisuuden kuormitus on lähes loppunut.

Veden laatu kohentunut kuormituksen vähenemisen myötä

Veden laatu alkoi parantua merkittävästi jo 1970-luvulla, mutta vasta 1980-luvulla tapahtui huomattavaa parantumista. Happitilanne normalisoitui ja metsäteollisuuden jätevesien leima väistyi. Myös fosforipitoisuus laski tuntuvasti. Kuormitustason aleneminen on jatkunut myös 1990-luvulla ja veden laatu on parantunut koko ajan näihin päiviin saakka.

Yläjuoksun veden laatuluokka jo hyvä

Viimeisessä vesien laadun yleisluokituksessa Huittisten yläpuolinen jokiosa on luokiteltu veden laadultaan hyväksi. Luokitus perustuu siihen, että happitilanne on normaali, ravinnepitoisuudet ovat alhaisia, vesi on uimiseen sopivaa eikä hajakuormitukseen ole mer-

kittävää. Myöskään haju- ja makuhaittoja ei enää esiinny. Ainoa kauneusvirhe on veden lievä rehevyys.

Loimijoen tuoman lisäkuormituksen seurauksena laatuluokka laskee alempana tyydyttäväksi ja on heikoimmillaan tulvakausina vain välttävä. Pääosin muutos johtuu hajakuormituksesta.

Vettä on riittävästi Turun seudun tarpeisiin

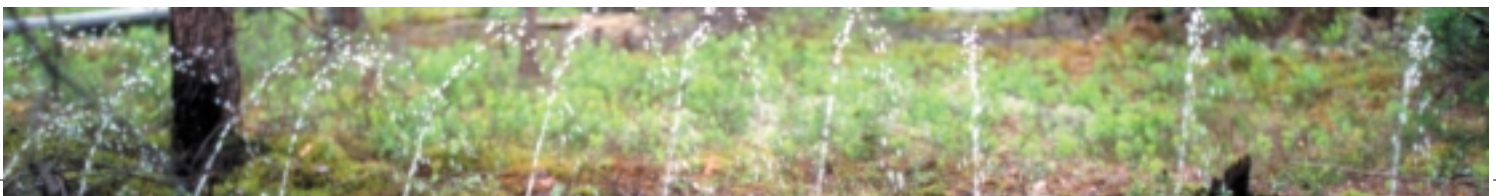
Kokemäenjoen keskivirtaama on ollut vuosina 1961-1990 Liekoveden Luusuassa 182 m³/s. Kuukausikeskivirtaamat ovat alimmillaankin noin 100 m³/s, joten vesipulaa ei ole odotettavissa.

Veden laatua tarkkailtu säännöllisesti 1960-luvun lopulta lähtien

Kokemäenjoki on ollut säännöllisen seurannan piirissä 1960-luvun lopulta lähtien, joten veden laadun kehitys on hyvin tunnettu. Kuormitustason laskun vaikutukset ovat olleet selvästi todennettavissa veden laadun parantumisenä ja tarkkailu on tässä tapauksessa ohjannut vesiensuojelupyrkimyksiä. Vesiensuojelun tulokset ovat olleet ainakin tässä tapauksessa hyviä, koska Kokemäenjoki on pystytty palauttamaan entisestä ”likaviemäristä” jälleen vedenhankintavesistöksi.

Vuonna 2000-2001 tehtiin tihennettyä veden laadun seurantaa

Vuosina 2000-2001 tehtiin YVA-selvitystä varten tihennettyä veden laadun seurantaa, jolloin näytteitä otettiin kuukausittain. Tutkimus tehtiin Turun seudun tekopohjavesihankkeen ympäristövaikutusten arviointiselostusta varten Hämeen ympäristökeskuksen esittämällä tavalla. Analyysivalikoima oli varsin kattava. Normaalien veden laadun muuttujien lisäksi tutkittiin raskasmetallit, AOX- ja PCB- yhdisteet. Kertaluontoisesti analysoitiin myös kloorifenolit ja pestisidit. Furaanit ja dioksiinit sekä PCB määritettiin sedimenttikeräi-



miin kertyneestä aineksesta. Saastuneen maan ohje-arvot alittuivat tulosten mukaan selvästi eikä näitä aineita esiintynyt näytteissä. Tuloksista on laadittu yhteenvetoraportti. Tutkimuksen yhteenveto ja johtopäätökset olivat seuraavat:

"Haitallisia kemikaaleja tai raskasmetalleja ei todettu. Veden laatu täytti pääosin valtioneuvoston päätöksen 366 luokan A1 vaatimukset ja vesi- ja ympäristöhallituksen hyvän raakaveden laatuvaatimukset.

Tyydyttävän luokan puolelle vesi sijoittui ajoittain kohonneen ammoniumtyppipitoisuuden takia. A1 luokan raja-arvo ylittyi ajoittain myös rautapitoisuuden ja kolibakteerien osalta.

Pitemmällä aikavälillä Kokemäenjoen veden laatu on parantunut oleellisesti. Etenkin happitilanteessa, orgaanisen aineen määrissä ja rehevyystasossa on tapahtunut huomattavaa muutosta parempaan. Veden yleislaatu

on parantunut välttävistä hyväksi, mikä on osaltaan mahdollistanut nykyiset raakavedenottosuunnitelmat. Lievää myönteistä kehitystä on edelleen odotettavissa jätevesien käsittelyn tehostuessa yläjuoksulla olevissa taajamissa".

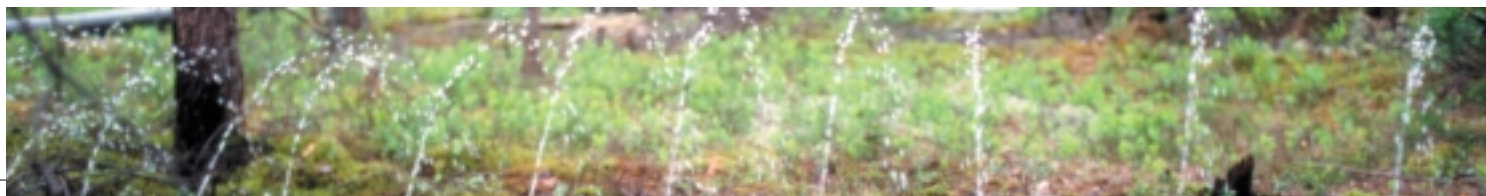
Tulevaisuuden uhkakuvia ei ole

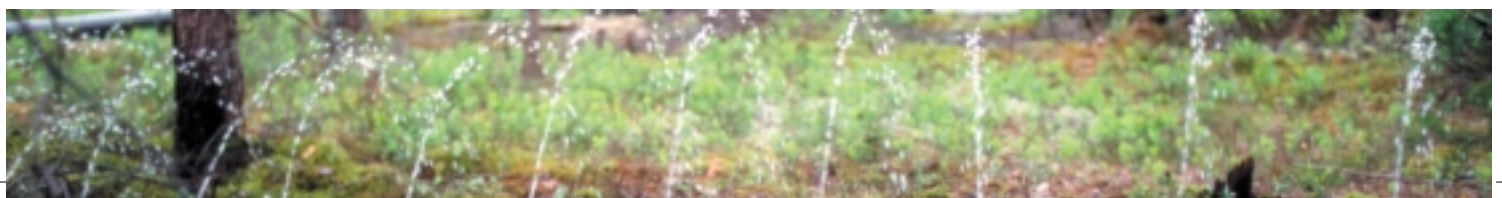
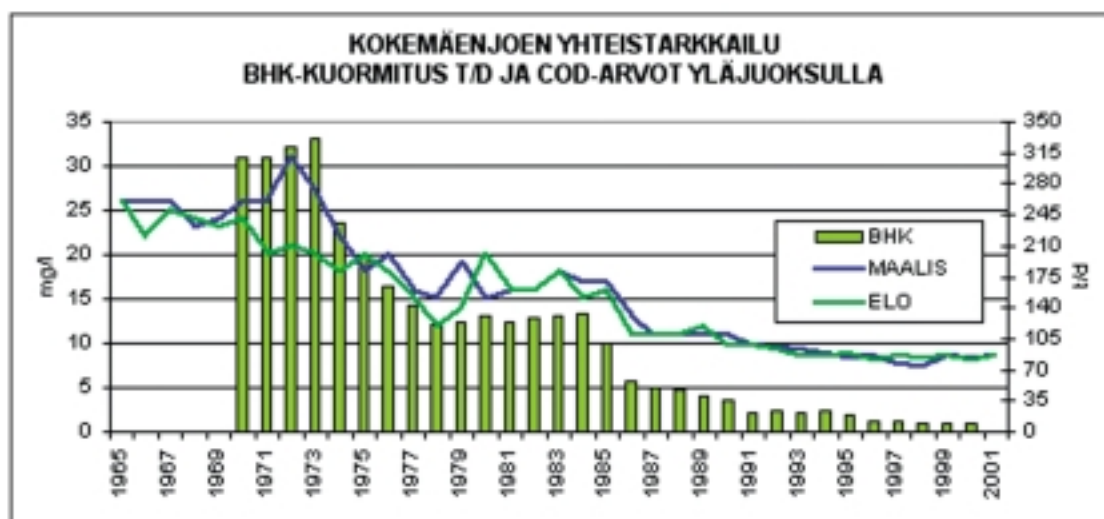
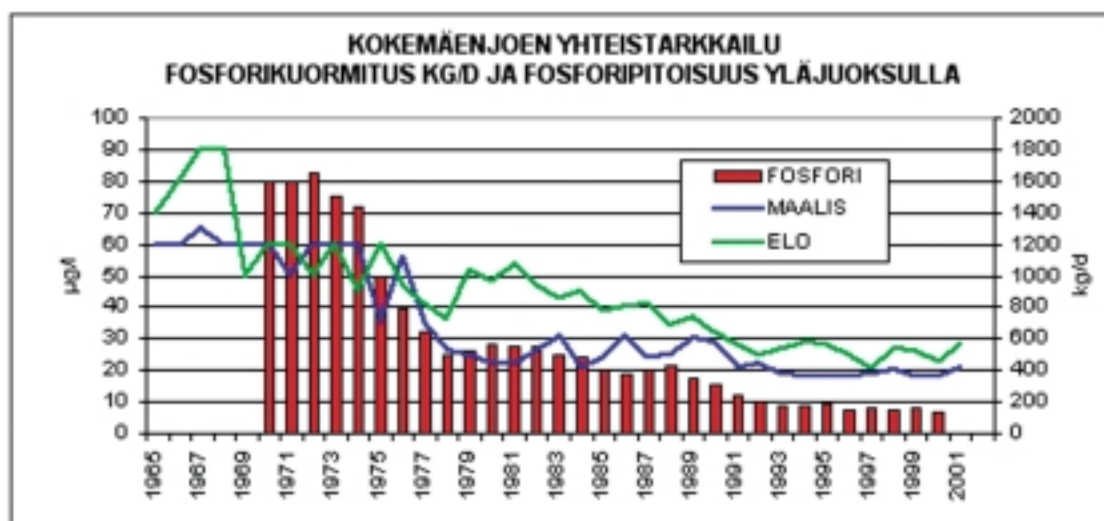
Veden laadun selvää huononemista nykyiseen verrattuna ei ole odotettavissa. Päin vastoin yhdyskuntien jätevesien käsittelyvaatimusten kiristyessä ja hajakuorituksen vähentyessä on odotettavissa jatkuvaa lievää myönteistä kehitystä.

Liitekuvassa on esitetty Kokemäenjoen yläjuoksun happitilanteen, fosforipitoisuuden ja kemiallisen hapenkulutukset muutokset vuosina 1965-2001.



Kokemäenjoen vedenlaatua on seurattu kuvassa näkyvän Karhiniemen sillan kohdalta Huiittisissa. Tuleva vedenottamo (kuvamanipulaatio) näkyy sillan oikeassa reunassa. Pohjakuva: Juha Kääriä. Manipulaatio: Mainostoimisto Enala/Hyysalo.





Tekopohjaveden muodostaminen – imeytystekniikka, maaperäprosessit ja veden laatu - TEMU-tutkimushanke

Heljä-Sisko Helmisaari, Antti-Jussi Lindroos,
John Derome (Metsäntutkimuslaitos,
helja-sisko.helmisaari@metla.fi),
Tuomo Hatva (Suomen ympäristökeskus),
Kari Illmer (Keski-Suomen ympäristökeskus),
Ilkka Miettinen (Kansanterveyslaitos),
Jorma Pääkkönen (Suunnittelukeskus Oy),
Risto Reijonen (Suomen Pohjavesitekniikka Oy)

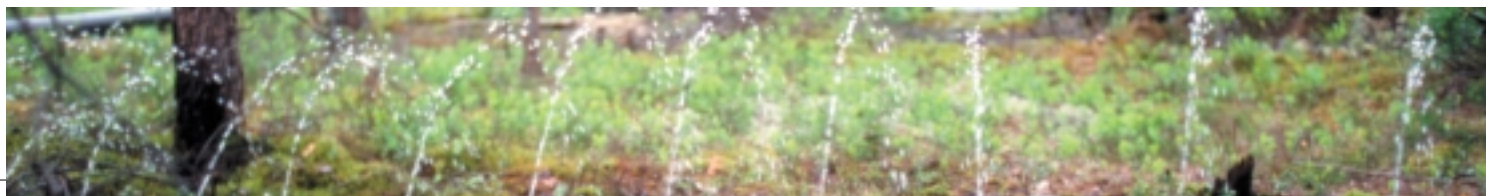
Tekesin Vesihuolto 2001- teknologiaohjelman tutki-
mushanke "Tekopohjaveden muodostaminen: imey-
tystekniikka, maaperäprosessit ja veden laatu - TEMU"
toteutettiin vuosina 1998-2001 Tekesin, MMM:n ja
osallistuvien tutkimuslaitosten rahoittamana. Tutki-
muksen loppuraportin tultua painosta pidetään
päättöseminaari loppuvuodesta 2002.

Tutkimuksen pää tavoitteena oli kehittää tekopohja-
veden imeytystekniikka ja muodostamisprosessi
optimaaliseksi tekopohjaveden riittävyyden, laadun
ja ympäristövaikutusten kannalta. Veden laadun muut-
tumista pintavedestä tekopohjavedeksi ja muutos-
prosessiin vaikuttavia tekijöitä eri maaperäkerroksissa
tutkittiin Hämeenlinnan, Jyväskylän, Tuusulan seudun
ja Mikkelin tekopohjavesilaitoksilla. Tutkimuksissa
tekopohjavettä valmistettiin kahdella tavalla: pintavettä
imeytettiin harjumaaperään 1) metsämaata sadetta-
malla ja 2) imeytysaltaiden kautta. TEMU-hankkeeseen
liittyi myös tekopohjaveden valmistuksen ympäristö-
vaikutusten tutkimuksia.

Pintaveden orgaanisen aineen ja bakteerien poistu-
malla on oleellinen merkitys veden puhdistumispro-
sessissa tekopohjavettä valmistettaessa. TEMU-hank-
keen tulosten mukaan orgaanisen aineen pidättymistä
ei tapahdu maaperän pintakerroksessa, eikä vajovesi-
vyöhykkeessä ainakaan 0-10 metrin syvyydellä, vaan

vasta syvemmällä vajovesi- ja erityisesti pohjavesivyö-
hykkeessä. Pohjavesivyöhykkeessä tapahtuva orgaa-
nisen aineen poistuma näyttäisi olevan keskeistä te-
kopohjaveden laadun kannalta. Tämä havaittiin kaikilla
hankkeessa mukana olleilla tekopohjavesilaitoksilla
imeytystavasta riippumatta. Orgaanisen aineen mää-
rää kuvaava orgaanisen hiilen pitoisuus (TOC) alenee
pohjavesivyöhykkeessä siten, että vedenottoaivoissa
prosessin loppupäässä tekopohjavedessä on alle 2
milligrammaa hiiltä litrassa, mikä on myös tavoite-
pitoisuus. Tekopohjaveden valmistuksessa orgaanisen
hiilen kokonaispoistuma imeytettävästä vedestä voi
nousta yli 80 %:iin. Orgaanista ainetta poistuu biolo-
gisen hajoamisen ja erityisesti harjumaaperään pidät-
tymisen kautta. Orgaanisen aineen molekyyl kokoja-
kauma ja kemiallinen laatu vaikuttavat poistumaan.
Lähes kaikilla tutkituilla tekopohjavesilaitoksilla veden
kulkeutuminen maaperässä vähensi orgaanisen hiilen
merkitystä mikrobikasvulle, jolloin fosforista tuli
orgaanista hiiltä tärkeämpi mikrobien kasvun säätelijä.

Tekopohjaveden orgaanisen hiilen tavoitepitoisuus
saavutettiin tekopohjavesilaitoksilla eri etäisyyksillä
imeytysalueesta. Esimerkiksi Hämeenlinnassa ja Tuusu-
lassa tämä vaati 400-600 metrin kulkeutumismatkan
pohjavesivyöhykkeessä, mikä vastasi viipymäaikana
n. 1 kk. Mikkelissä ja Jyväskylän vesilaitoksen tekopohja-
vesialueella Vuonteenharjulla samaan laatutavoitteen
saavuttamiseen vaadittiin alle 200 metriä, viipymäaikana vain
reilut kaksi viikkoa. Maaperän rakenteella ja veden
viipymäajalla maaperässä onkin ratkaisevan tärkeä
merkitys orgaanisen hiilen pitoisuuden vähenemiselle
tekopohjavedessä. Perusteelliset tekopohjavesitutki-
mukset ovat välttämättömiä pohjavesiesiintymien
mittasuhteiden ja hydrauliikan tuntemiseksi tekopohja-
vesilaitosten mitoituksen määrittämistä varten. Pohja-
vesiesiintymän hydrauliset ominaisuudet ratkaisevat
mihin uusi tekopohjavesilaitos imeytys- ja kaivoaluei-
neen tulisi sijoittaa sekä miten jo toimivaa laitosta
tulisi säätää vedenlaadun optimoimiseksi.



Raakaveden esikäsittelytutkimukset vuosina 2000-2001

DI Jorma Pääkkönen, suunnittelupäällikkö
Suunnittelukeskus Oy, PL 69
00520 Helsinki, puh: 09-15641
Sähköposti:
jorma.paakkonen@suunnittelukeskus.fi

Vuonna 2000 Rauman kaupunki aloitti yhdessä Turun Seudun Vesi Oy:n kanssa tutkimusyhteistyön tekopohjaveden muodostamisesta. Yhteistyön tavoitteena on saada molemmille osapuolille lisätietoa Kokemäenjoen veden soveltuvuudesta tekopohjaveden raakavedeksi. Harjavallassa suoritetuilla tutkimuksilla selvitettiin raakaveden esikäsittelytarvetta, esikäsittelymenetelmiä sekä veden käyttäytymistä pohjavesivaiheessa.

Vuoden 2000 tutkimuksista Antti Kytövaara teki diplomityön Oulun yliopistolle (Raakaveden esikäsittely ja tekopohjaveden muodostaminen; Harjavallan kokeet). Lisäksi vuonna 2001 Jenni Vuorio teki opinnäytetyön "Kokemäenjoesta tekopohjavettä; esikäsittelyn tarve tulva-aikana" Satakunnan ammattikorkeakoululle.

Kokeissa Kokemäenjoen vettä esikäsiteltiin joko pikasuodattimella tai DynaSand-suodattimella. Sen jälkeen sitä jaettiin hidassuodattimille, maaperäsuodattimille tai koeharjuun.

Johtopäätöksiä kokeista

Imeytystä tukkivan kiintoaineen poisto raakavedestä on välttämätöntä. Pikasuodatus (perinteinen tai Dynasand) poistaa tehokkaasti imeytystä tukkivaa ainesta. Merkittävää on, että sen teho tukkivan aineksen poistossa on huomattavasti suurempi kuin sameuden tai kiintoaineen poiston perusteella olisi odotettavissa. Tästä syystä suurelleen suodatetun veden sameudet eivät tuki imeytystä merkittävästi. Suurempi ongelma

saattaa olla levänkasvu imeytyksessä. Tämä ongelma ei näyttäisi kuitenkaan olevan jatkuva.

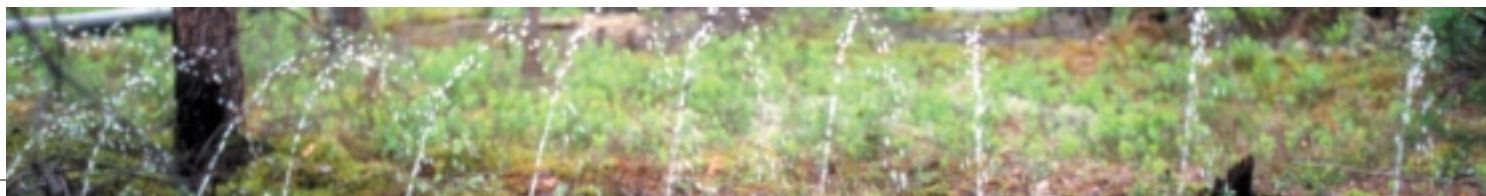
Kokemäenjoen vedessä on mm. fekaalisia koliformisia bakteereita. On mahdollista, että siinä voisi esiintyä esimerkiksi kalikiviruksia, vaikka niitä ei tutkimuksin todettukaan. Tehdyt selvitykset osoittavat, että bakteerit poistuvat hyvin nopeasti vedestä. Virukset kulkeutuvat pidemmälle. Niiden kulkeutumista selvitettiin bakteriofagitutkimuksilla. Bakteriofagitkin poistuivat alle 20 vuorokaudessa (poistuma yli 99,999 %).

Koeharjulla selvitettiin veden käyttäytymistä maaperässä. Pilot-kokeet koeharjulla osoittavat, että viipymä on kulkeutumismatkaa merkittävämpi puhdistumiseen vaikuttava tekijä.

Tutkimuksissa ei voitu arvioida biologisen hajoamisen osuutta orgaanisen humusaineen poistumisessa. Eri tekopohjavesilaitoksissa saatujen kokemusten mukaan biologisesti hajoamalla poistuisi vain noin 1/3 orgaanisesta aineesta. Näin näyttäisi olevan myös Kokemäenjoen vedellä. Tätä osoittaa mm. se, että humusaineista poistuvat parhaiten suurimmat molekyylit. Tekopohjavesikäsittelyllä poistettavissa olevat humusyhdisteet poistuivat noin 40 vuorokaudessa.



Harjavallassa tutkittiin eri esikäsittelymenetelmien tehoa Kokemäenjoen vedelle. Kuva: Juha Kääriä



Turun Seudun Vesi Oy:n tekopohjavesihankkeen luontoselvitykset 2002

FM Jyrki Matikainen, toimitusjohtaja
Suomen luontotieto Oy
Lemminkäisenkatu 14-18 C
20520 TURKU
Puh: 02-2512 985
www.suomenluontotieto.fi
Sähköposti: jyma@saunalahti.fi

Turun Seudun Vesi Oy tilasi Suomen Luontotieto Oy:ltä keväällä 2002 selvityksen tekopohjavesihankkeen vaikutuksista vaikutusalueen keskeisiin luonto-arvoihin. Selvitykset tehtiin 3-8/2002 välisenä aikana. Selvitys antaa uutta, tarkempaa tietoa koko Virttaankankaan harjualueen lajistosta muutenkin kuin vain tekopohjavesihankkeen osalta.

Selvityksissä on hyödynnetty tutkimusalueista jo olemassa oleva tieto. Pääpaino on kuitenkin ollut maastossa tehtävillä selvityksillä, jotka kohdistuvat yksinomaan vaikutusalueisiin (Virttaankangas ja putkilinja) ja joissa keskityttiin avainbiotooppien ja -lajien kartoittamiseen.

Tutkimusalueelta on laadittu seuraavat selvitykset:

- Virttaankankaan pesimälinnuston inventointi
- Harjusinisiipi-, palosirkka- ja ruususiipisirkka-inventointi
- Putkilinjan yleiskartoitus, Virttaankankaan imeytysalueet
- Liito-oravakartoitus putkilinjalta
- Muu uhanalainen lajisto (aiemmat selvitykset)
- Lähdesara-inventointi

1. Pesimälinnuston inventointi

Koko Virttaankankaan (tekopohjavesihankkeen ns. tutkimusalue, pinta-ala noin 500 ha) pesimälinnusto kartoitettiin linjalaskentamenetelmällä käyttäen kaksi laskentakertaa. Laskennat suoritettiin touko-kesäkuun aikana. Kaikkien imeytysalueiden pesimälinnusto inventoitiin kartoituslaskentamenetelmällä käyttäen neljä laskentakertaa. Imeytysalueilta valituille kartoitusruuduille haettiin lähiympäristöstä verrokkiruudut, joilla toistettiin sama laskenta.

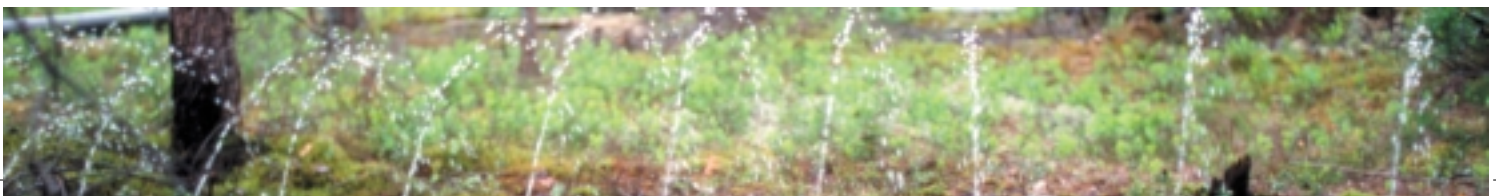
EU:n lintudirektiivin lajeista 5 lajia tavataan Virttaankankaalla: kangaskiuru, kehrääjä, palokärki, metso ja pikkulepinkäinen. Näistä lajeista tehtiin alueella lajikohtainen selvitys: maastossa soitettiin lintuatrappia ja lajeja on etsitty niille tyypillisistä elinympäristöistä. Kehrääjän esiintymistä havainnoitiin yökuuntelulla.

Inventointien perusteella pesimälinnuston osalta ei Virttaankankaalta eikä putkilinjojen alueelta löytynyt uhanalaisia lajeja. Virttaankankaan linnusto on tyyppillistä harjualueen linnustoa, niukkalajista ja myös lajitiheys on alhainen. Alueen yleisimpiä lintulajeja ovat peippo ja metsäkirvinen. Lajeja löytyi linjalaskennassa n. 10 lajia/linja.

Virttaankankaalla on kuitenkin 2 lintudirektiivin lajia, joiden kanta alueella on erityisen vahva. Kangaskiurua löytyi alueelta 6 pesivää paria, kehrääjiä 4 pesivää paria. Alueelle suunnitellut tekopohjavesihankkeen toimenpiteet eivät vaikuta kyseisten lajien pesintään häiritsevästi.

2. Harjusinisiipi-inventointi, palosirkka- ja ruususiipisirkka-inventointi

Virttaankankaalla mahdollisesti esiintyvät harjusinisiipi-populaatiot kartoitettiin touko-kesäkuun aikana. Inventointi aloitettiin kulkemalla Virttaankankaan alue



kattavasti läpi ja etsimällä tunnetut kangasajuruohon esiintymispaikat, sekä uudet lajin esiintymisalueet. Harjusinisiipi on täysin riippuvainen kangasajuruohosta ravintokasvinaan. Tämän jälkeen harjusinisiiven lentoaikana tarkkailtiin lajin esiintymistä maastossa kangasajuruohon kasvupaikoilla. Lisäksi on koottu jo olemassa oleva taustatieto harjusinisiiven esiintymisestä alueella sekä sen lähiympäristössä (SYKE:n uhanalaisrekisteri, LOS:n arkistotiedot, TY:n eläinmuseon tiedot ja puolustusvoimien aineisto).

Lisäksi selvitettiin palosirkan ja ruususiipisirkan esiintymistä hankkeen vaikutusalueella sijaitsevilla, lajeille suotuisilla esiintymispaikoilla. Erityisesti ruususiipisirkka on myös riippuvainen kangasajuruohosta elinympäristönään. Sirkkalajeja etsittiin spesifisti niille sopivista elinympäristöistä. Molemmat lajit vaativat erityisen kuumia alueita, joissa kasvaa myös kukkakasveja, ja välttävät risukkoisia paikkoja. Lajeja etsittiin erityisesti alueella kulkevien teiden varsilta.

Harjusinisiipeä ei alueelta v. 2002 löydetty, vaikka kangasajuruohoa löytyi enemmän kuin alkuperäistietojen mukaan oli tiedossa. Sinisiipeä havaittiin lentävänä läheisellä puolustusvoimien alueella samaan aikaan kun inventointia suoritettiin Virttaankankaalla, joten laji ei ilmeisesti ravintokasveista huolimatta ole levinnyt imeytysalueiden suuntaan. Sen sijaan imeytysalueiden läheltä löytyi nunnakirjokoinen (Pyrausta cingulatus), uhanalaisluokituksessa vaarantuneeksi luokiteltu mikroporperhonen, joka myös käyttää ajuruohoa ravintonaan.

Palosirkkaa ja ruususiipisirkkaa ei tutkimusalueelta löytenyt. Ilmeisesti näille lajeille ei alueella ole sopivia elinympäristöjä.

Harvinaisia lajeja ei löytynyt nykyisten suunnitelmien mukaisilta imeytysalueilta. Näin ollen tekopohjavesihanke ei vaikuta lajien esiintymiseen suunnitelluilla imeytysruuduilla.

3. Putkilinja ja Virttaankankaan imeytysalue

Koko 110 km:n mittaiselta putkilinjalta kartoitettiin 20 metrin leveydeltä maastossa metsätyypit, pellot,

suojeltavat luontotyytit, metsälain kohteet, vesilain kohteet, arvokas putkilokasvilajisto, mahdolliset vanhojen metsien suojeluohjelmaan kuuluvat alueet, uhanalainen ja lintudirektiivin liitteessä I mainittu lajisto, mahdolliset liito-oravan esiintymispaikat sekä muu uhanalainen lajisto.

Virttaankankaalta selvitettiin kuitakin imeytysalueelta valituilta ruuduilta koko putkilokasvilajisto, jossa otantamenetelmällä saatiin tarkasti kunkin lajin esiintymistiheys ja peittävyysprosentit. Kullekin ruudulle valittiin verrokki ruutu kauempaa Virttaankankaan alueelta (samanlaisesta ympäristöstä), joilla tehtiin vastaavanlainen kartoitus. Imeytysalueiden kasvillisuuskartoituksissa ei löytynyt harvinaista harjulajistoa.

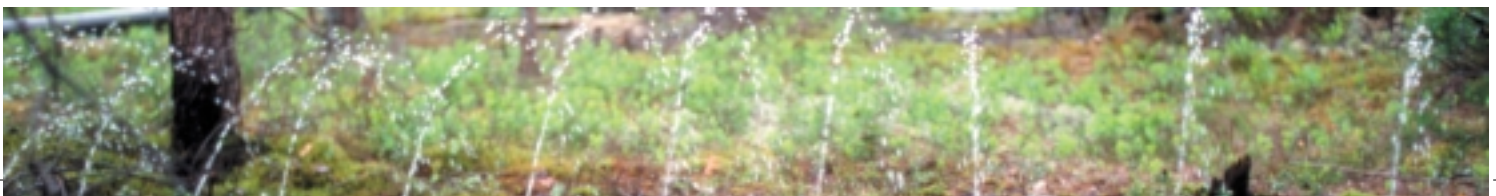
Putkilinjan kartoituksissa ei löytynyt uhanalaisia kasvilajeja, arvokkaita perinnemaisemia, vanhojen metsien suojeluohjelmaan kuuluvia alueita, lehtojensuojeluohjelmaan kuuluvia alueita eikä arvokkaita kallioalueita tai pienvesiä. Natura 2000-ohjelmaan kuuluvia alueita putkilinjalla on yksi, Säkylänharju-Virttaankankaan Natura 2000-alue.

Putkilinjan maastoinventoinneissa arvokohteita löydettiin kaikkiaan kolmesta kappaleesta. Metsälain kohteita oli kolme kappale. Kaikki metsälain kohteet olivat puronvarsia. Luonnonsuojelun kohteita oli yksi kappale, Papinholman jalopuulehto. Vesilain kohteita oli yksi kappale: Järvijokilaakso Virttaa-Saramäki välillä. Muita arvokohteita oli yhdeksän kappaleta, erilaisia lehtoja oli näistä neljä. Perinnemaisema-arvoja omaavia niittyjä ja tienpienareita oli yksi kappale. Huolellisella suunnittelulla ja linjauksen tarkistuksilla putkilinjan rakentaminen ei vaaranna näitä luonnonympäristöjä.

4. Muut uhanalaiset selkärangaiset

Liito-oravareviirit kartoitettiin koko putkilinjan matkalta lajin mahdollisilta esiintymispaikoilta.

Liito-oravien osalta löytyi putkilinjan alueelta 2 reviiriä ja yhden jäljet. Imeytysalueilta liito-oravien reviirejä ei löytynyt, mutta lähellä imeytysalueita sijaitsevilla Alastaron Myllylähteellä on yksi reviiri.



Putkilinjan alueella oleviin liito-oravan esiintymiin linjan rakentaminen ei vaikuta, sillä toisen esiintymän alueella on suoritettu avohakkuu jonne liito-orava tuskin palaisi muutenkaan. Toisen esiintymän alueella liito-oravalle on runsaasti sopivaa elinympäristöä. Alastaron Myllylähde sijaitsee kauempana varsinaisista imeytysalueista.



Harjukeltalieko. Kuva: Juha Kääriä

5. Muu uhanalainen lajisto

Tutkimusalueella oleva muu uhanalainen lajisto selvitettiin jo olemassa olevan tiedon (Suomen ympäristökeskuksen uhanalaisrekisteri, Turun yliopiston eläinmuseo ja Lounais-Suomen ympäristökeskuksen arkisto) perusteella ja maastotarkistukset tehtiin tarvittaessa. Maastotarkistuksia tehtiin mm. harjukeltalieon, kangasraunikin ja harjumasmalon osalta.

Muita arvokkaita lajeja kuin kangasraunikki ja harjumasmalo ei alkuperäistietojen mukaan ollut Virttaankankaalta tiedossa. Näiden lajien esiintymistä on havainnoitu alueella liikuttaessa, ja kumpakaan lajia ei kartoituksissa löytynyt. Sen sijaan kartoituksissa löytyi useampia esiintymiä harjukeltaliekoa (*Diphasiastrum tristachyum*). Osa esiintymistä sijaitsee lähellä imeytysalueita, ei kuitenkaan niiden alueella. Imeytysalueiden rajausta ei kuitenkaan ole vielä lopullinen, ja sitä voidaan lajin esiintymien suojelemiseksi tarpeen tullen muuttaa.

6. Lähdesarainventointi

Lähdesaran esiintyminen Alastaron ja Oripään Myllylähteen ja Kankaanjärven rannoilla selvitetiin.

Lisäksi inventoitiin pienehkö Kankaanjärven lähdealue. Inventointi tehtiin SYKE:n ohjeiden mukaisesti ja sellaisella tarkkuudella, että lähdesaran mahdollinen seuranta voidaan toteuttaa samalla menetelmällä.

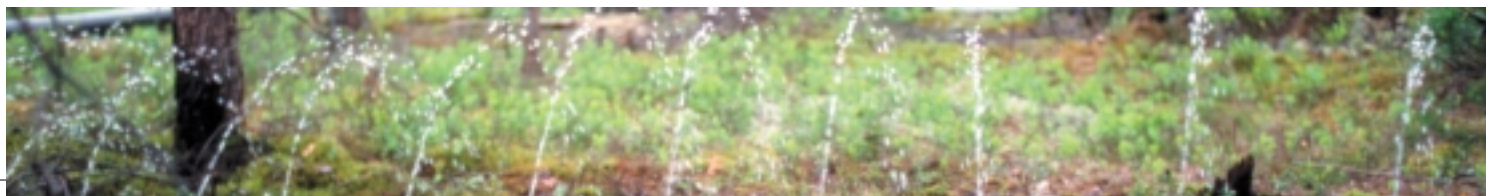
Lähdesara-inventointi suoritettiin Alastaron ja Oripään Myllylähteellä ja Kankaanjärven linjalaskennan avulla. Saraa kasvoi molemmilla Myllylähteillä runsaasti. Kankaanjärven alueelta lähdesaraa ei löytynyt. Kankaanjärven lähdeellä saraa kasvoi pari pientä mätästä. Alueille perustettiin myös seurantaruujuja, joilla esiintymien tilaa lähivuosina seurataan. Turun Seudun Vesi Oy seuraa myös vedenkorkeuksia kyseisillä lähteillä jatkuvasti. Lähdelajisto on hyvin herkkä vedenkorkeuden muutoksille. Jos vedenkorkeus muuttuu ratkaisevasti, lajisto voi kärsiä tästä. Vedenkorkeuden muuttuessa ryhdytään tarpeellisiin toimenpiteisiin lähdelajiston esiintymien turvaamiseksi.



Lähdesara. Kuva: Juha Kääriä

Asiantuntijoina hankkeessa Suomen Luontotieto Oy:ssä toimivat seuraavat henkilöt:

FM Tuuli Lunnas	kasvillisuusselvitykset
FM Jyrki Matikainen	linnustoselvitykset
Ari Karhilahti	harjusinisiipiselvitykset ja muut mahdolliset uhanalaiselvitykset
FM, KTM Esko Sorakunnas ja FM Outi Seppälä	projektin ohjaus, yhteydenpito toimeksiantajaan ja loppuraportin toimittaminen
FT Yrjö Mäkinen	uhanalainen putkilokasvilajisto



Virttaankankaan maaperän karbonaattista

FM Kristian Lindqvist, geologi

ja Heli Lallukka

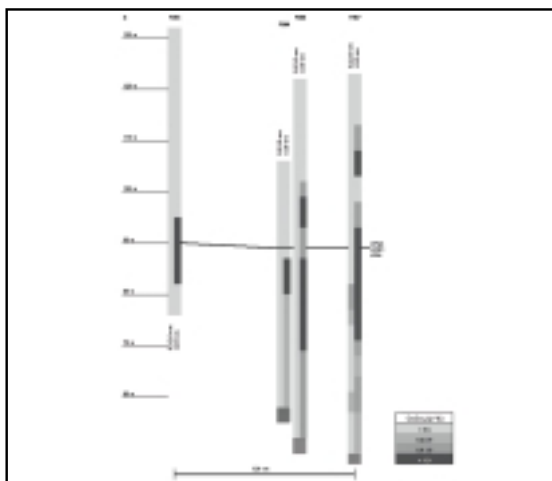
Geologian tutkimuskeskus

PL 96, 02151 Espoo

Puh: 020-5502 467/5502 340

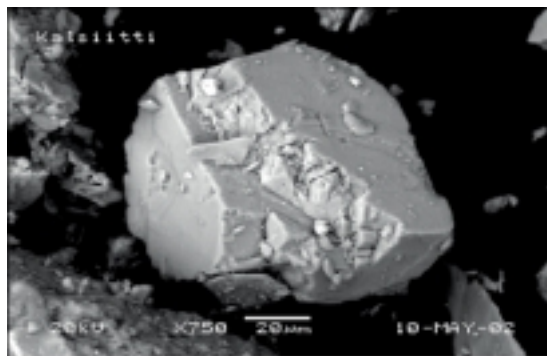
Virttaankankaan pohjavesimuodostuman tuottamalla tekopohjavedellä on todettu poikkeuksellisen korkea pH, mistä johtuen Turun Seudun Vesi Oy tilasi GTK:lta maaperän mineralogisen tutkimuksen. Tutkimuksessa keskityttiin erityisesti selvittämään maaperässä mahdollisesti esiintyvien karbonaattimineraalien luonnetta ja määrää.

Näyttemateriaali koostui kahdesta kairanreiästä systemaattisin välein otetuista näytteistä sekä kahdesta reiästä satunnaisemmin maalajin muuttumisen perusteella otetuista näytteistä. Näytteistä määritettiin kokonaishiilipitoisuus sekä uutosveden pH ja sähkönjohtavuus. Mineralogisia tutkimuksia varten näytteet jaettiin seulomalla kolmeen fraktioon (>2 mm, $2-0.2$ mm ja <0.2 mm). Kahden hienomman fraktion mineraalikoostumus määritettiin röntgendiffraktiometelmällä, jonka avulla todettiin kalsiitin löytyvän



1. Kalsiittipitoisuuden (CaCO_3) vaihtelu eräissä kairanrei'issä tulevan tekopohjavesilaitoksen länsiosissa.

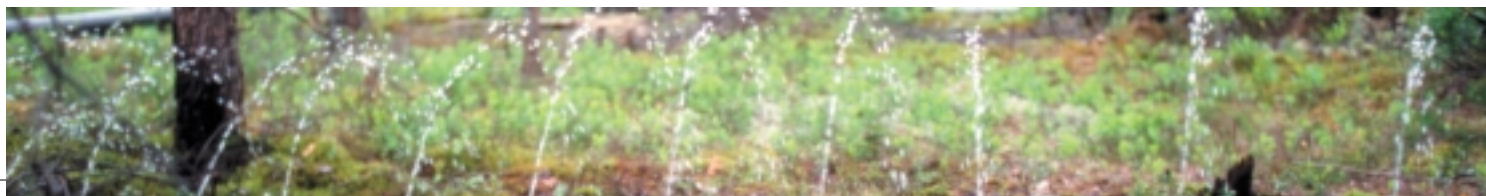
varsinkin kaikkein hienommasta fraktiosta. Kairanreikien ylimmät 10 m sisältävät kalsiittia hyvin niukasti jos ollenkaan, mutta alempana kalsiittia tavataan vaihtelevin määrin kovaan kallioperään asti (ks. Kuva 1). Hienoaineksen kalsiittipitoisuus nousee korkeimmillaan 3,7 %:iin ja on yleensä n. 1 %:n luokkaa. Näytteen P366/22,80-24,30 hienoaineksessa tavattu korkein kalsiittipitoisuus vastaa koko näytteessä n. 0,5 %:n kalsiittipitoisuutta. Pohjaveden pinnan sijainnilla ei näytä olevan merkitystä kalsiitin esiintymiselle.



Kuva 2: Elektronimikroskooppikuva kalsiitista.

Kalsiittirakeiden koon ja ulkomuodon selvittämiseksi niitä etsittiin kahden näytteen hienoaineksesta elektronimikroskoopilla käyttäen avuksi alkuaineiden jakaumakuvia. Osa löydettyistä rakeista kuvattiin (ks. Kuva 2). Kalsiittirakeiden koko on noin 0,1 mm, ja niiden ulkomuoto osoittaa etteivät ne ole saostuneet vedestä nykyiselle paikalleen vaan edustavat muualta jäätikön mukana tullutta materiaalia. Rakeissa havaitaan sekä syöpyneitä että terveitä pintoja eikä pyöristyneisyyttä mainittavammin ole. Syöpyneet pinnat ovat tyypillisiä maaperässä pitkään olleille rakeille, mutta tuoreilta näyttävät murtopinnat herättävät kysymyksiä; mahdollisesti rakeet ovat rikkoutuneet näytteenoton tai sen jälkeisen käsittelyn yhteydessä.

Suoritetuissa liuotuskokeissa karbonaattia liukenee maaperästä veteen, mikä nostaa veden pH:n. Samalla liukenee muitakin aineita, jotka yhdessä kalsiitin kanssa vaikuttavat veden sähkönjohtavuuteen.



Virttaankankaan isotooppitutkimukset

FM Nina Kortelainen, tutkija
Geologian tutkimuskeskus
PL 96, 02151 Espoo
Puh: 040-8400 480
Sähköposti: nina.kortelainen@gsf.fi

Mitä ovat isotoopit?

Isotoopilla tarkoitetaan saman alkuaineen eri atomeja, joiden molekyylipaino vaihtelee riippuen atomin ytimessä olevien varauksettomien hiukkasten lukumäärästä. Alkuaineilla tavataan sekä pysyviä sekä radioaktiivisia isotooppeja. Veden (H_2O) rakenneosasten, hapen (O) ja vedyn (H), luonnossa hajoamattomien eli stabiilien isotooppien määrä on vakio, mutta niiden suhteelliset osuudet eri yhdisteissä vaihtelevat. Hapella tunnetaan kolme stabiilia isotooppia, happi-16, happi-17 ja happi-18, joista kevyintä isotooppia, happi-16:a, on luonnossa 99,8 % ja raskainta, happi-18:a 0,2 %. Vedyllä pysyviä isotooppeja on kaksi, vety ja deuterium, joista kevyemmän (vety) osuus luonnossa on 99,98 % ja raskaamman (deuterium) 0,02 %. Isotooppitutkimuksissa mitataan näytteessä esiintyvien isotooppien suhteellisia osuuksia, ei niiden absoluuttisia määriä. Hapen kohdalla tutkittava suhde on happi-18/happi-16 ja vedyllä deuterium/vety. Mitattu suhdeluku on erittäin pieni ja siksi isotooppikoostumukset esitetään delta-arvoina ($\delta^{18}O$ ja δD), mikä kuvaa mitatun näytteen isotooppisuhteen promillepoikkeamaa kansainvälisen merivesistandardin (VSMOW) vastaavasta isotooppisuhteesta.

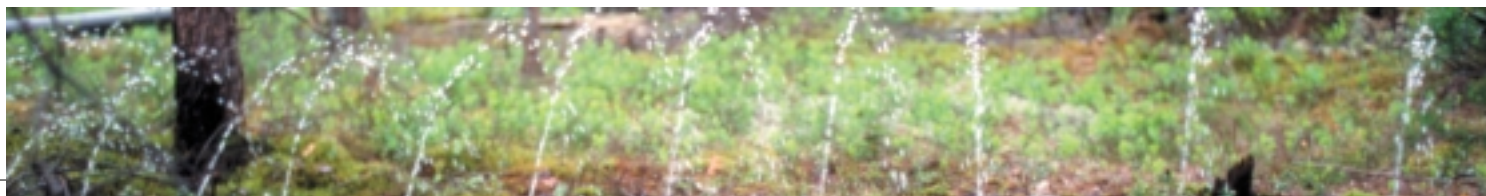
Alkuaineen isotooppien välisestä massaerosta johtuen luonnon erilaiset kemialliset ja fysikaaliset prosessit suosivat joko alkuaineen kevyempää tai raskaampaa isotooppia. Merkittävimmät luonnonvesien hapen ja vedyn isotooppien suhteita muuttavat prosessit ovat sadeveden tiivistyminen ja haihtuminen. Ne aiheutta-

vat pinta- ja pohjavesien välille huomattavan isotooppi-koostumuseron. Maaperämuodostumissa olevien pohjavesien isotooppikoostumus periytyy pitkälti sadannasta, kun pintavesissä merkittävimpana tekijänä vaikuttaa haihdunta, joka rikastaa vedyn ja hapen raskaampia isotooppeja suhteessa kevyempiin. Tällöin pintavesien isotooppisuhdetta kuvaavat delta-arvot muuttuvat positiiviseen suuntaan verrattuna pohjavesien vastaaviin arvoihin (Kuva 1).

Ydinkoevaltiot tekivät tietämättään pohjavesitutkimukselle palveluksen tuottamalla veden iänmäärityksiin uuden menetelmän. Kysymys on vedyn lyhytikäisestä radioaktiivisesta isotoopista, vety-3:sta eli tritiumista (puoliutumisikä 12,43 vuotta), mitä syntyy ilmakehässä luonnollisesti kosmisen säteilyn vaikutuksesta. Tritiumpitoisuus mitataan absoluuttisena konsentraationa ja käytettävä yksikkö on TU (yksi TU tarkoittaa yhtä tritiumatomia per 1018 vetyatomia). Pohjavesien tritiumpitoisuus periytyy sadannasta, mikä etelä-Suomessa on nykyään keskimäärin 10 TU. 50- ja 60-lukujen ydinkokeiden seurauksena ilmakehän tritiumpitoisuus kasvoi yli 10 - 100 -kertaiseksi ja tritium kulkeutui sateen mukana myös pohjavesiin. Tämä tarkoittaa, että mikäli pohjavesimuodostumasta tavataan korkeampia tritiumpitoisuuksia kuin nykyisessä sadannassa (10 TU), on pohjavesimuodostumassa vielä mukana 50 – 60-lukujen sadannasta sinne suotautunutta vettä. Toisaalta, jos tritiumpitoisuus on lähellä nollaa, puhutaan vesistä, jotka ovat suotautuneet systeemiin ennen vuotta 1952.

Veden luonnollinen merkkiaine

Pinta- ja pohjavesissä havaittavaa isotooppikoostumuseroa voidaan käyttää hyväksi, kun halutaan selvittää kahden tai useamman isotooppikoostumukseltaan toisistaan poikkeavan veden määräsuhdet tilanteessa, jossa kyseessä olevia vesiä sekoittuu keskenään. Keino-tekoisesti tällainen tilanne syntyy tekopohjavesilaitok-



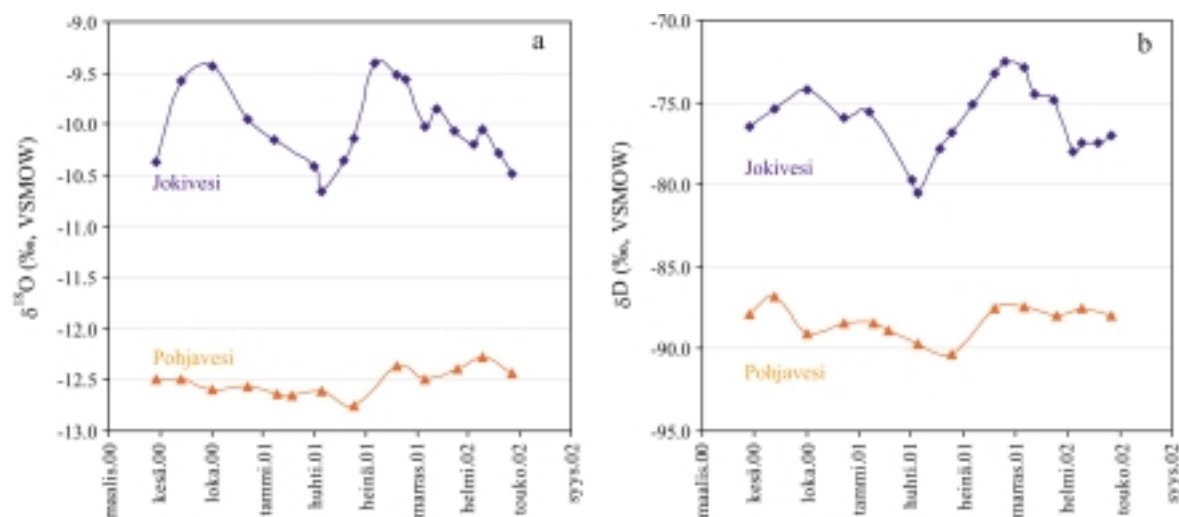
sella, missä alueen luonnolliseen pohjaveteen sekoitetaan imeyttämällä pintavettä, kuten järvi- tai jokivettä. Lähtövesien isotooppikoostumuseron ollessa riittävän suuri, voidaan menetelmän avulla laskea eri vesien määrasuhteet muodostetussa seosvedessä. Menetelmää on aiemmin käytetty Suomessa mm. Tuusulan vesilaitoksella luonnollisen pohjaveden ja imeytysveden määrasuhteiden selvittämisessä. Isotooppimenetelmän etu on, että sillä saadaan tietoa pintaveden imeytymisen tehokkuudesta ja imeytetyn veden liikkeistä pohjavesimuodostumassa ilman keinotekoisien merkkiaineiden lisäämistä pohjaveteen.

Isotooppitutkimus alkoi Virttaankankaalla kesällä 2000 Turun Seudun Vesi Oy:n aloitteesta. Tutkimuksen tavoitteena oli saada tietoa menetelmän soveltuvuudesta imeytettävän pintaveden seurantaan Virttaankankaan pohjavesimuodostumassa. Ensimmäinen tavoite oli selvittää paikallisen pohjaveden sekä imeytettäväksi suunnitellun Kokemäenjoen veden hapen ja vedyn isotooppikoostumus ja niissä mahdollisesti esiintyvät vuotuiset vaihtelut. Suurissa pohjavesimuodostumissa, kuten Virttaankangas, pohjaveden vuodenaikaiset isotooppivaihtelut ovat yleensä melko vähäisiä, mutta jokivedessä ne ovat odotettavia. Kun lähtövesien isotooppikoostumusten vaihtelurajat tunnetaan, voidaan määrittää tarkkuus, johon vesien suhteellisia osuuksia laskettaessa päästään.

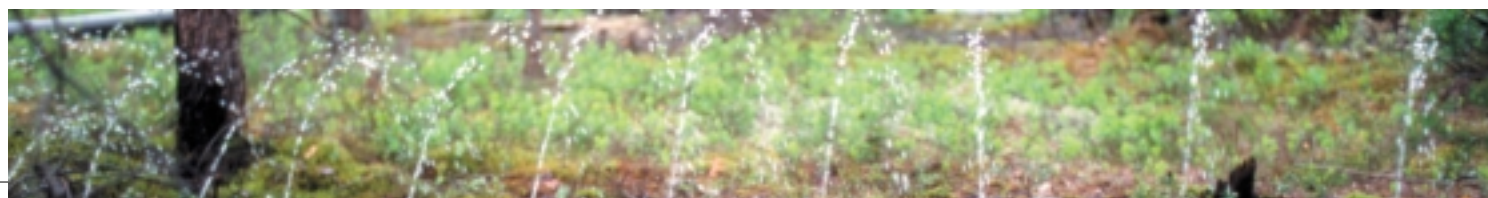
Tutkimuksen toinen osa käsitteli Virttaankankaan pohjavesimuodostuman veden kemiallista luonnetta ja siinä havaittavia, Suomen oloissa poikkeuksellisia piirteitä. Tässä yhteydessä selvitettiin Virttaankankaan pohjaveden geokemiallisen koostumuksen riippuvuutta maaperäkerrostumien vedenjohtavuuksiin ja mineraalikoostumuksen. Tähän selvitykseen liittyen pohjavesinäytteistä analysoitiin myös tritiuminpitoisuus, minkä avulla voitiin arvoida pohjaveden viipymää muodostuman eri osissa.

Tuloksia

Virttaankankaalla on pohjaveden hapen ja veden isotooppikoostumusta seurattu yhtäjaksoisesti kahden kuukauden välein kesäkuusta 2000 ja koko tämän ajan on hapen delta-arvo ($d_{18}O$) ollut keskimäärin $-12,54 \text{ ‰}$ ja vedyn vastaava (dD) $-88,5 \text{ ‰}$. Virttaankankaan pohjaveden hapen ja vedyn isotooppikoostumus on alueelle tyypillinen ja edustaa vuotuisen sadeden keskimääräistä isotooppikoostumusta. Kokemäenjoen veden hapen ja vedyn isotooppikoostumusta on seurattu Huittisen Karhiniemessä niin ikään vuodesta 2000 – aluksi kahden ja myöhemmin kuukauden välein. Jokiveden hapen keskimääräinen $d_{18}O$ -arvo on $-10,03 \text{ ‰}$ ja vastaavasti vedyn dD -arvo on $-76,1 \text{ ‰}$. Pohjavedessä vuodenaikainen hapen isotooppikoostumusvaihtelu on olematonta ja vedyssäkin hyvin vähäistä, mutta jokivedessä esiintyy selvästi mitattavaa vaihtelua (Kuva 1). Jokiveden



Kuva 1. Virttaankankaan pohjaveden ja Kokemäenjoen veden hapen (a) ja vedyn (b) isotooppikoostumusvaihtelut kahden vuoden seurannassa.



d18O-arvon vuotuinen vaihtelu on keskimäärin 1 ‰ sisällä ja vastaavasti vedyllä noin 7 ‰. Orsiveden ja syvän pohjaveden välillä ei havaita systemaattista eroa niiden hapen ja vedyn isotooppikoostumuksissa. Kuitenkin hyvin lähellä maanpintaa (< 5 m) olevissa orsivesissä nähdään hapen ja vedyn isotooppikoostumuksissa varsinaista pohjavettä voimakkaampaa vaihtelua, joka heijastelee todennäköisesti imeytyvän sadannan vaihteluja.

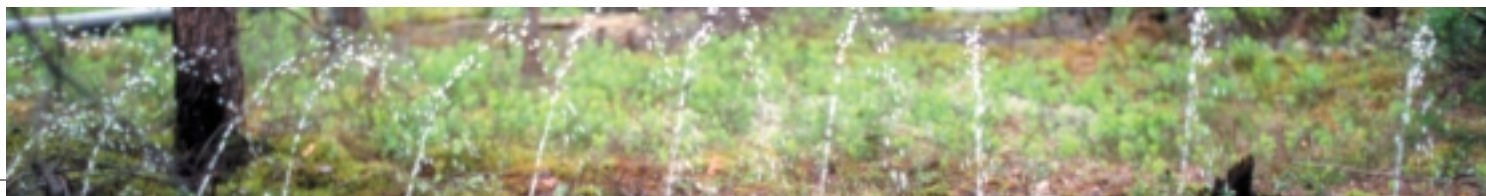
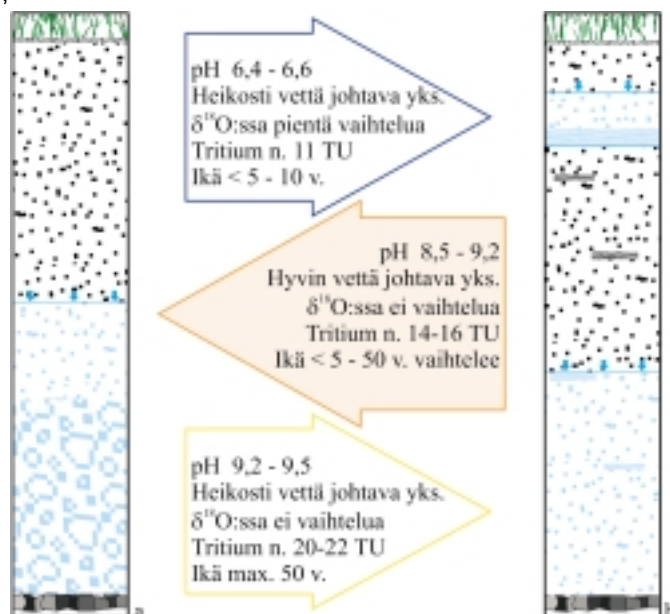
Tulos osoittaa, että pohjaveden ja jokiveden välinen isotooppikoostumusero (hapessa 2,5 ‰ ja vedyssä 12,4 ‰) on riittävä, jotta näiden kahden veden sekoittuminen voidaan tunnistaa ja laskea niiden sekoitussuhde kohtuullisella tarkkuudella. Menetelmää voidaan siis soveltaa tekopohjavesilaitoksella mm. valvottaessa imeytymisen tehokkuutta, imeytettävän pintaveden liikesuuntia sekä imeytyksen ja talteen saatavan tekopohjaveden hyötysuhdetta.

Virtaankankaan pohjavesimuodostuma voidaan rakenteensa puolesta jakaa karkeasti kahteen yksikköön: koillispuolen alueeseen, missä tavataan orsivesiä ja niiden alla pohjavettä, sekä lounaispuolen alueeseen, mikä kattaa varsinaiset hyvin vettä johtavat harjun ydinalueet (Kuva 2). Tällä jaolla voidaan muodostumassa erottaa kolme vesityyppiä, jotka poikkeavat kemialliselta koostumukseltaan selvästi toisistaan, mikä näkyy selkeimmin veden pH:ssa. Hapen ja vedyn pysyvien isotooppien suhteisiin ei pohjavedessä tapahtuvilla kemiallisilla reaktioilla ole kuitenkaan vaikutusta, mikä puoltaakin niiden käyttöä luonnollisina merkkiaineina. Toisaalta niiden delta-arvot ovat hyvin lähellä toisiaan, eikä niillä näin ollen voida erottaa muodostuman eri vesiyksiköitä toisistaan. Vedyn radioaktiivinen isotooppi, tritium, käyttäytyy pohjavedessä

kuten stabiilit veljensä, vety ja deuterium, eli kulkeutuu ilmakehästä pohjaveteen sateen mukana eikä osallistu maaperän mineraalien ja veden välisiin reaktioihin. Tritiumin avulla voitiin erottaa Virtaankankaan kolme eri vesityyppiä toisistaan ja saatiin arvokasta tietoa pohjaveden suhteellisista viipymistä muodostuman eri osissa.

Pohjavesimuodostuman huonommin vettä johtavilla alueilla havaittiin kohonneita tritiumpitoisuuksia (20 - 22 TU) verrattuna nykyiseen sadannan vastaaviin pitoisuuksiin, mikä tarkoittaa, että pohjavesiyksikössä on vielä mukana 50 - 60 -lukujen sadannasta syntyntä pohjavettä eli veden viipymä on siellä useita kymmeniä vuosia (Kuva 2b). Korkeamman tritiumpitoisuuden vettä virtaa myös harjun ydin osiin, mutta yleisesti siellä nykyisen sadannan osuus on merkittävämpi ja siten viipymät lyhyempiä (Kuva 2a). Orsivedet edustavat nykyisestä sadannasta syntyntä pohjavettä (Kuva 2b). Virtaankangas on tritiumin suhteen poikkeuksellinen pohjavesimuodostuma Suomessa, koska siellä tritiumsignaali voidaan vielä havaita ja käyttää sitä hyväksi veden viipymätarkasteluissa. Luonnollisessa tilassa nykyisen sadannan tritiumpitoisuudet ylittävät arvot pohjavedessä katoaisivat seuraavan kymmenen vuoden sisällä ja pintaveden imeytyksen seurauksena nopeammin.

Kuva 2. Profiilipylväissä on karkeasti havainnollistettu Virtaankankaan pohjavesimuodostuman maaperäkerrostumien rakenne alueen lounais- (a) ja koillispuolella (b). Pylväiden yläpäässä on maanpinta ja alapäässä kallio. Kuvassa 2a on esitetty hyvin vettä johtava pohjavesiyksikkö, mikä on veden imeytyksen kannalta muodostuman tärkein osa (oranssi nuoli). Kuvassa 2b ylimmäinen vesipatja kuvaa orsivesikerrosta (sininen nuoli) ja alempi vesipatja heikommin vettä johtavan yksikön pohjavettä (keltainen nuoli). Siniset alueet kuvaavat pohjaveden kyllästämää aluetta maaperässä ja pienet nuolet pohjaveden/orsiveden pintaa.

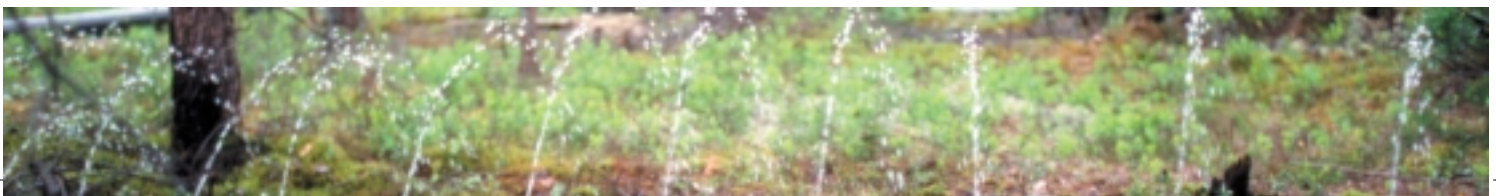


OSALLISTUJAT

Osallistujat	Organisaatio	Osoite	Puhelin nro	Sähköposti
Aapola Roger	Maa ja Vesi Oy	Ilmarisenkatu 18 B, 20520 Turku	02-5100 500	roger.aapola@poyry.fi
Ahopelto Sauli	Liedon kunta	Kirkkotie 13, 21420 Lieto	02-4873 000	sauli.ahopelto@lieto.fi
Alastaron kunnanhallitus 13	Alastaron kunta	Loimijoen tie 74, 32440 Alastaro	02-76 421	
Alanen Erja	L-S lääninhallitus	PL 22, 20801 Turku	040-5151 571	erja.alanen@slh.intermin.fi
Ala-Uotila Pirkko	R-N vesilaitos	Vesilaitoksentie 4, 21200 Raisio	02-4365 014	pirkko.ala-uotila@raisionaantalinvesi.fi
Alen Hannu	Pälkäneen kunta	PI 15, 36601 Pälkäne	03-5791 249	hannu.alen@palkane.fi
Andelin Juho	Kokkolan vesilaitos	PI 43, 67100 Kokkola	040 5110 911	juho.andelin@kokkola.fi
Anttila Timo	Turun vesilaitos	Halistentie 4, 20540 Turku	02-2633 2280	timo.anttila@turku.fi
Artimo Aki	Turun Yliopisto/Geologian laitos	20014 Turku	040 5632 141	aki.artimo@utu.fi
Aspholm Leo	Ydin-Hämeen vesihuolto Oy	Pannujärventie 12, 14820 Tuulos	040 8491 450	leo.aspholm@tuulos.htk.fi
Berg Richard	Illinois State Geological Survey	Champaign, IL 61820 USA		berg@isgs.uiuc.edu
Bertell Michael	Oy Lining Ab, Vesitekniikka	Riihikuja 5, 01720 Vantaa	0400-572 721	michael.bertell@lining.fi
Breilin Olli	Geologian tutkimuskeskus	PI 96, 02151 Espoo	0400-574 279	olli.breilin@gsf.fi
Elomaa Heikki	L-S ympäristökeskus	PI 47, 20801 Turku	02-5253 511	heikki.elomaa@ymparisto.fi
Ennola Kari	V-S maaseutuoppilaitos	Tuorlantie 1, 21500 Piikkiö	02-2731 669	kari.ennola@tuorla.com
11 opiskelijaa	V-S maaseutuoppilaitos	Tuorlantie 1, 21500 Piikkiö	02-2731 670	
Favorin Raimo	Uponor Suoni Oy	PI 21, 15561 Nastola	03-88 501	
Forsman Matti	Huittisten ymp.toimisto	Risto Rytinkatu 36, 32700 Huittinen	02-5604 111	juhani.harittu@varsinais-suomi.fi
Harittu Juhani	Varsinais-Suomen liitto	PL 273, 20101 Turku	02-2100 942	ilpo.havumaki@com.fi
Havumäki Ilpo	Korkein hallinto-oikeus	PI 180, 00131 Helsinki	09-1853 328	esko.haume@tt.tampere.fi
Haume Esko	Tampereen vesi	PI 487, 33101 Tampere	03-3146 3640	seppo.heikintalo@rauma.fi
Heikintalo Seppo	Rauman vesi	Kanalinranta 3, 26100 Rauma	02-8344 620	arto.heikkila@ymparisto.fi
Heikkilä Arto	L-S ympäristökeskus	PI 47, 20801 Turku	02-5253 500	timo.heinonen@hsvesi.fi
Heinonen Timo	Hämeenlinnan seudun vesi Oy	PI 11, 13101 Hämeenlinna	040-8202 695	helja-sisko.helmisaari@metla.fi
Helmisaari Heljä-Sisko	Metsätutkimuslaitos	PI 10, 01301 Vantaa	09-857 051	kristiina.hellsten@utu.fi
Hellsten Kristiina	Turun vesilaitos	Halistentie 4, 20540 Turku	02-2633 233	santtu.hietala@oleinintec.fi
Hietala Santtu	Oleinintec Oy	PI 66, 02271 Espoo	09-8678 200	arto.hievanen@airix.fi
Hievanen Arto	AIR-IX Suunnittelu	PI 52, 20781 Kaarina	02-5159 520	esa.hintikainen@poyry.fi
Hintikainen Esa	Maa ja Vesi Oy	Jaakonkatu 3, 01621 Vantaa	040-5223 428	ritva.holm@turku.fi
Holm Ritva	Turun vesilaitos	Halistentie 4, 20540 Turku	02-2633 233	tauno.hovirinta@turku.fi
Hovirinta Tauno	Turun vesilaitos	Halistentie 4, 20540 Turku		
Huhta Arto	Turun Ammattikorkeakoulu			
Hyvärinen Jari	Geologian tutkimuskeskus	PI 1237, 70211 Kuopio	020-5503 406	jari.hyvarinen@gsf.fi
Häkkilä Seppo	Turun vesilaitos	Halistentie 4, 20540 Turku	02-2633 233	seppo.hakkila@turku.fi
Härmä Ville	Maa ja Vesi Oy	Jaakonkatu 3, 01621 Vantaa	09-682 661	ville.harma@poyry.fi
Ihalainen Pekka	Länsi-Uudenmaan vesi ja ymp.	PI 51, 08101 Lohja	050-5678 138	ihalainen@luyv.fi
Ikaheimo Jukka	Maa ja Vesi Oy	Jaakonkatu 3, 01621 Vantaa	09-682 661	jukka.ikaheimo@poyry.fi
Illmer Kari	Keski-Suomen ympäristökeskus	PL 110, 40101 Jyväskylä	014-697 146	kari.illmer@ymparisto.fi
Ilmonen Martti	Kaarinan kaupunki	PI 12, 20781 Kaarina	02-4110601	martti.ilmonen@kaarina.fi
Jumppanen Kyösti	L-S vesi- ja ympäristötutkimus	Telekatu 16, 20360 Turku	02-2740 200	
Jussila Mauri	Liedon kunta	PI 24, 21421 Lieto	02-487 300	mauri.jussila@lieto.fi
Kaija Jyrki	Maa ja Vesi Oy	Jaakonkatu 3, 01621 Vantaa	09-682 661	jyrki.kaija@poyry.fi
Kainulainen Juhana	Oy KWH Pipe Ab	PI 21, 65101 Vaasa	040-8607 052	juha.kainulainen@kwhpipe.com
Karhu Juhana	Helsingin yliopisto/Geolog.laitos	PI 64, Helsinki	09-1915 0834	juha.karhu@helsinki.fi
Karhula Heini	Maa ja Vesi Oy	Jaakonkatu 3, 01621 Vantaa	09-6826 692	heini.karhula@poyry.fi
Kauma Kalevi	Virttaan seudun kyläyhdistys	Virttaanraitti 116, 32560 Virttaa	02-7669 103	kkauma@nettilinja.fi
Kemppainen Irma	Turun vesilaitos	Halistentie 4, 20540 Turku	02-2633 233	
Kinnari Raimo	Geokeskus	Jaakonkatu 3, 01621 Vantaa	09-682 661	
Kivistö Jukka-Pekka	Oy Lining Ab, Vesitekniikka	Riihikuja 5, 01720 Vantaa	09-4764 611	
Klang Jaakko	L-S ympäristökeskus			
Koivisto Katariina	Vampulan kunta	Sallilantie 53 A, 32610 Vampula	02-7636 215	katariina.koivisto@vampula.fi
Komulainen Martti	Aurajokisäätiö	Valkkimyllynkuja 2, 20540 Turku	02-2623 442	martti.komulainen@aurajoki.net
Koponen-Laiho Sinikka	Paimion kaupunki	PI 50, 21531 Paimio	02-4745 290	sinikka.koponen-laiho@paimio.fi
Kortelainen Nina	Geologian tutkimuskeskus	PI 96, 02151 Espoo	040-8400 480	nina.kortelainen@gsf.fi
Kukonlehto Maria	Raision kaupunki, ymp.virasto	Nallinkatu 2, 21200 Raisio	02-4343 231	maria.kukonlehto@raisio.fi
Kyntäjä Timo	Kymenlaakson Vesi Oy			
Kytövaara Antti	Vammalan vesi	PI 23, 38201 Vammala	050-5212 110	antti.kytovaara@vammala.fi
Kääriä Raisa	Turun ammattikorkeakoulu	Kalakouluntie 72, 21610 Parainen	02-4546 300	raisa.kaaria@turkuamk.fi
Laaksonen Tapani		Rykmentintie 43, Turku	02-2354 364	



Osallistujat	Organisaatio	Osoite	Puhelin nro	Sähköposti
Lahtinen Petteri	Abetoni Oy	Vanha Moisioentie 2, 20360 Turku	02-5103 506	petteri.lahtinen@betoni.fi
Lallukka Heli	Geologian tutkimuskeskus	PI 96, 02151 Espoo	020-5502 340	heli.lallukka@gsf.fi
Lammila Jyrki	L-S ympäristökeskus	PI 47, 20801 Turku	02-5253 539	jyrki.lammila@ymparisto.fi
Lehto Teuvo	Turun vesilaitos	Halistentie 4, 20540 Turku	02-2633 233	teuvo.lehto@turku.fi
Lehtomäki Jari	Huittinen, yhteisalueet			
Lempiäinen Timo	Pöytyä	21870 Riihikoski	0400-802 216	
Liianmaa Kimmo	Paraisten kaupunki	Rantatie 28, 21600 Parainen	050-3824 087	kimmo.liianmaa@pargas.fi
Liinaharja Elina	MTK- Satakunta	Itsenäisyydenkatu 35 A, 28130 Pori	040-5084 228	elina.liinaharja@mtk.fi
Lindgren Anu	Turun AMK, Paimion kaupunki	Vähä-Hämeenkatu 14 B 26, 20500 Tku	044-0534 135	anu.lindgren@students.turkuamk.fi
Lindqvist Kristian	Geologian tutkimuskeskus	PI 96, 02151 Espoo	020-5502 467	kristian.lindqvist@gsf.fi
Lipponen Annukka	Suomen ympäristökeskus	Kesäkatu 6, 00260 Helsinki	09-4030 0443	
Lojander Tuija	Askaisten-Nousiaisten-Lemun ymp.siht.	Hallintokuja 2, 21270 Nousiainen	02-4391 236	
Lumme Tapio	L-S ympäristökeskus	PI 47, 20801 Turku	02-5253 500	tapio.lumme@ymparisto.fi
Lähteenmäki Esa	Juvankosken pienviljelijäyhdistys	Säköyläntie 718, 32560 Virttaa	0400595 898	
Lähteenmäki Hannu	Vampulan vesihuolto Oy	Rinnetie 9, 32610 Vampula	02-7651 181	hannu.lahtenmaki@vampula.net
Matikainen Jyrki	Suomen Luontotieto Oy	Lemminkäisenk. 14-18 C, 20520 Tku	02-2512 985	jyma@saunalahti.fi
Mattila Harri	Hämeen ammattikorkeakoulu	Visamäent. 35 B, 13100 H:linna	050-5545 6456	harri.mattila@hamk.fi
Mattila J	Pälkäneen kunta	Lapintie 5 A 18, 33100 Tampere	03-2147 448	jjm@sci.fi
Menonen Juha	Nokian kaupunki	Harjukatu 21, 37100 Nokia	03-3418 393	juha.menonen@nokiankaupunki.fi
Merikoski Visa	MTK-Pirkanmaa	PI 97, 33101 Tampere	03-2503 210	visa.merikoski@mtk.fi
Meriluoto Jukka	Tampereen vesi	PI 487, 33101 Tampere	050-5545 805	jukka.meriluoto@tt.tampere.fi
Molarius Riitta	VTT Tuotteet ja tuotanto	PI 1306, 33101 Tampere	03-3163 480	riitta.molarius@vtt.fi
Myllymäki Paaavo	MTK Varsinais-Suomi	Humalistonkatu 7, 20100 Turku	02-4693 683	
Mäkelä Jorma	Keski-Suomen ympäristökeskus	PL 110, 40101 Jyväskylä	0400-345 656	jorma.makela@ymparisto.fi
Mäki Olli-Pekka	Turku, ymp.suojelu	Linnankatu 61, 20100 Turku	02-2623421	olli-pekka.maki@turku.fi
Mäki-Torkko Jaana	Maa ja Vesi Oy	Ilmarisenkatu 18 B, 20520 Turku	040-8424 524	jaana.maki-torkko@poyry.fi
Mäkinen Joni	Turun yliopisto/maantieteen laitos	20014 Turku	0400-612 967	joni.makinen@utu.fi
Mälkki Esko		Sammonkatu 6 A 5, 40100 Jyväskylä		
Nikkanen Helena	V-S agendatoimisto	Linnankatu 41, 20100 Turku	02-2623 174	helena.nikkanen@vsagendatoimisto.fi
Nikkanen Mikko	Turun yliopisto/maantieteen laitos	Kurjenkatu 5, 20760 Turku	02-4698 902	
Nordman Kristian	Turun vesilaitos	Halistentie 4, 20540 Turku	02-2633 233	kristian.nordman@turku.fi
Oja Timo	L-S ympäristökeskus	PI 47, 20801 Turku	040-5078 142	timo.oja@ymparisto.fi
Ojala Raimo	Onninen Oy	Fiskarsinkatu 2, 20750 Turku	020-4852 111	
Ojansuu Tapani	Alastaron kunta	Loimiojentie 74, 32440 Alastaro	02-7642 261	
Oravainen Reijo	Kokemäenjoen vesistön vesiensuoj	PI 265, 33101 Tampere	03-2461 111	reijo.oravainen@kvvy.fi
Pajakko Pirkko	Turun vesilaitos	Halistentie 4, 20540 Turku	02-2633 233	pirkko.pajakko@turku.fi
Pasanen Risto	Onninen Oy	Fiskarsinkatu 2, 20750 Turku	020-4852 111	
Passi Kauko	KWH Pipe	PI 21, 65101 Vaasa	06-3265 511	
Peltola Veijo	Liedon kunta	PI 24, 21421 Lieto	050-5276 523	veijo.peltola@lieto.fi
Peltonen Kalle	Tiehallinto, Turun tiepiiri	PI 68, 32201 Loimaa	020-4225 003	kalle.peltonen@tiehallinto.fi
Pettay Esko	Turku, ymp.suojelu	Linnankatu 61, 20100 Turku	02-2623 461	esko.pettay@turku.fi
Piirtola Liisa	Kemira	PI 330, 00101 Helsinki	010-8621 410	liisa.piirtola@kemira.fi
Pulkkinen Pekka	Keski-Suomen ympäristökeskus	Ailankatu 17, 40100 Jyväskylä	014-697 274	pekka.pulkkinen@ymparisto.fi
Puurunen Osmo	Turun Yliopisto	Yo-kylä 4 C 24, 20540 Turku	040-5104 418	osmo.puurunen@hotmail.com
Pöytyän kunta	Pöytyän kunta	Turuntie 639, Riihikoski	02-486 480	
Pääkkönen Jorma	Suunnittelukeskus Oy	Opastinsilta 6, 00520 Helsinki	09-15 641	jorma.paakkonen@suunnittelukeskus.fi
		Halistentie 4, 20540 Turku	02-2633 233	
Rauhala Reijo	Turun vesilaitos	Halistentie 4, 20540 Turku	02-2633 233	
Rinne Risto	Turun vesilaitos	Nallinkatu 2, 21200 Raisio	02-4343 286	leena.rosama@raisio.fi
Rosama Leena	Raision kaupunki, ymp.virasto	It.Rantakatu 52 B 32, 20810 Turku	050-524 923	truusuvaara@hotmail.com
Ruusuvuura Tanja	Turku	PI 140, 00251 Helsinki	09-4030 0437	esa.ronka@ymparisto.fi
Rönkä Esa	Suomen ympäristökeskus			
Salli Heikki	Huittinen, yhteisalueet	00014 Helsingin yliopisto	09-1915 0839	veli-pekka.salonen@helsinki.fi
Salonen Veli-Pekka	Helsingin yliopisto/Geolog.laitos	Risto Rytinkatu 36, 32700 Huittinen	02-5604 111	riitta.sinkkonen@poytynpuhaltajat.fi
Savijoki Asko	Huittisten ymp.toimisto	21870 Riihikoski	041-4343 645	pirjo.stark@raisio.fi
Sinkkonen Riitta	Pöytyä	Nallinkatu 2, 21200 Raisio	02-4343 294	merja.stjerna@kuopio.fi
Stark Pirjo	Raision kaupunki, ymp.virasto	Suokatu 42 C, 70100 Kuopio	017-185 320	marja.stahle@ymparisto.fi
Stjerna Marja	Kuopion Vesi	PI 47, 20801 Turku	02-5253 603	
Stähle Maria	L-S ympäristökeskus	20014 Yliopisto		
Sula Jouni	Turun yliopisto	PI 47, 20801 Turku	02-5253 587	sanna-liisa.suojasto@ymparisto.fi
Suojasto Sanna-Liisa	L-S ympäristökeskus			
Suomela Heikki	Huittinen, yhteisalueet	Kanalinranta 3, 26100 Rauma	02-8343 618	timo.suomela@rauma.fi
Suomela Timo	Rauman vesi	Halistentie 4, 20540 Turku	02-2633 233	
Tasala Annika	Turun vesilaitos	Halistentie 4, 20540 Turku	02-2633 233	
Tuomola Arto	Turun vesilaitos	Suokatu 42 C, 70100 Kuopio	017-185 322	tahti.kirsi@kuopio.fi
Tähti Kirsi	Kuopion Vesi	Ruukkipuisto, 27800 Säköylä	02-8380 638	anne-mari.ventela@pyhajarvi-
Ventelä Anna-Mari	Pyhäjärven suojelurahasto			
instituutti.fi		Halistentie 4, 20540 Turku	02-2633 233	
Verho-Leino Leena	Turun vesilaitos	Linnankatu 41, 20100 Turku	02-2623 434	viivi.vihersaari@vsagendatoimisto.fi
Vihersaari Viivi	V-S agendatoimisto			



Osallistujat	Organisaatio	Osoite	Puhelin nro	Sähköposti
Virtanen Anne	Turun yliopisto/Maantieteen laitos	20014 Turku	050-3638 786	anne.virtanen@utu.fi
Vuokko Jouko	Turun vesilaitos	Hallistentie 4, 20540 Turku	02-2633 233	juoko.vuokko@turku.fi
Vuola Hanna	MTK Varsinais-Suomi	Humalistonkatu 7, 20100 Turku	02-4693 683	
Öhberg Pirkko	Maa ja Vesi Oy	Jaakonkatu 3, 01621 Vantaa	09-6826 674	pirkko.ohberg@poyry.fi
Osallistujat Turun Seudun Vesi Oy:stä				
Eerola Eila	Turun Seudun Vesi Oy	Maariankatu 1, 20100 Turku	040-5463 114	eila.eerola@turku.fi
Gustafsson Jaana	Turun Seudun Vesi Oy	Maariankatu 1, 20100 Turku	040-5524 320	jaana.gustafsson@turku.fi
Heikura Eira	Turun Seudun Vesi Oy	Maariankatu 1, 20100 Turku	02-2777 650	eira.heikura@turunseudunvesi.fi
Juntunen Jaakko	Turun Seudun Vesi Oy	Maariankatu 1, 20100 Turku	0400-524 996	jaakko.juntunen@posti.fi
Kailiala Jaakko	Turun Seudun Vesi Oy	Maariankatu 1, 20100 Turku	050-61 301	jaakko.kailiala@nie.fi
Koskenkorva Reijo	Turun Seudun Vesi Oy	Maariankatu 1, 20100 Turku	02-2777 652	reijo.koskenkorva@turunseudunvesi.fi
Kvist Timo	Turun Seudun Vesi Oy	Maariankatu 1, 20100 Turku	050-3253 000	timo.kvist@naantali.fi
Kääriä Juha	Turun Seudun Vesi Oy	Maariankatu 1, 20100 Turku	02-2777 653	juha.kaaria@turunseudunvesi.fi
Lehtokari Markku	Turun Seudun Vesi Oy	Maariankatu 1, 20100 Turku	040-7170 180	markku.lehtokari@lounaisrannikonjate.fi
Lehtonen Juhani	Turun Seudun Vesi Oy	Maariankatu 1, 20100 Turku	02-2627 258	juhani.lehtonen@turku.fi
Mätäsaho Marketta	Turun Seudun Vesi Oy	Maariankatu 1, 20100 Turku	040-5747 350	marketta.matasaho@turku.fi
Määttä Jorma	Turun Seudun Vesi Oy	Maariankatu 1, 20100 Turku	02-2777 654	jorma.maatta@turunseudunvesi.fi
Paavola Jorma	Turun Seudun Vesi Oy	Kantatie 211, 32560 Virttaa	040-8326 637	jorma.paavola@turunseudunvesi.fi
Peltonen Göran	Turun Seudun Vesi Oy	Maariankatu 1, 20100 Turku	050-3552 160	goran.peltonen@parainen.f
Pinnola Kari	Turun Seudun Vesi Oy	Maariankatu 1, 20100 Turku	02-2777 655	kari.pinnola@turunseudunvesi.fi
Turunen Kimmo	Turun Seudun Vesi Oy	Kantatie 211, 32560 Virttaa		
Vahala Turkka	Turun Seudun Vesi Oy	Maariankatu 1, 20100 Turku	0400-474 478	fennoon@fennoon.fi
Valtonen Jyrki	Turun Seudun Vesi Oy	Maariankatu 1, 20100 Turku	02-2777 651	jyrki.valtonen@turunseudunvesi.fi

