

Julkaisu 77/2017



Pohjavesien yhteistarkkailun kehittäminen Loppuraportti

Anna-Liisa Kivimäki, Kirsti Lahti, Heini Loikkanen,
Johan Lindholm, Jussi Ahonen,
Birgitta Backman, Tiina Kaipainen,
Samrit Luoma, Arto Pullinen, Mikko Kiirikki,
& Jaana Pönni



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry

Julkaisu 77/2017

Pohjavesien yhteistarkkailun kehittäminen - Loppuraportti

28.11.2017

Laatijat: Anna-Liisa Kivimäki, Kirsti Lahti, Heini Loikkanen, Johan Lindholm, Jussi Ahonen, Birgitta Backman, Tiina Kaipainen, Samrit Luoma, Arto Pullinen, Mikko Kiirikki

Tarkastaja: Anu Oksanen & Jaana Pönni

Hyväksyjä: Anu Oksanen & Jaana Pönni

Kannen valokuvat: Anna-Liisa Kivimäki ja Velimatti Leinonen, VHVSY

Julkaisu 77/2017

Pohjavesien yhteistarkkailun kehittäminen Loppuraportti

Anna-Liisa Kivimäki, Kirsti Lahti, Heini Loikkanen,
Johan Lindholm, Jussi Ahonen,
Birgitta Backman, Tiina Kaipainen,
Samrit Luoma, Arto Pullinen, Mikko Kiirikki,
Anu Oksanen & Jaana Pönni



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Länsi-Uudenmaan
VESI ja YMPÄRISTÖ ry
Västra Nylands vatten och miljö rf



GTK



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment



SOSIAALI- JA
TERVEYSMINISTERIÖ



HSY



Hyvinkään Vesi



LOHJAN KAUPUNKI



NURMIJÄRVI



RASEBORGS VATTEN
RAASEPORIN VESI



TUUSULAN SEUDUN
VESILAITOS KUNTAYHTYMÄ



ESPOO
ESBO



Helsingin kaupunki



Vantaa



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry

Kuvailulehti

Julkaisun nimi	Pohjavesien yhteistarkkailun kehittäminen - Loppuraportti		
Tekijät	Anna-Liisa Kivimäki, Kirsti Lahti, Heini Loikkanen, Johan Lindholm, Jussi Ahonen, Birgitta Backman, Tiina Kaipainen, Samrit Luoma, Arto Pullinen, Mikko Kiirikki, Anu Oksanen & Jaana Pönni		
Sarja	Julkaisu 77/2017	ISSN 0357-6671 ISBN pdf 978-952-7019-09-2	54 sivua
<p>Pohjavesiyhteistarkkailujen edistäminen ja laajentaminen on yksi Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelmassa vuosille 2016 - 2021 esitetty pohjaveden tilan seurantaan liittyvä tavoite. Vuosina 2015 – 2017 toteutetun pohjavesiyhteistarkkailujen kehittämishankkeen (POVEYTKE-hanke) tavoitteena oli edistää ja sujuvoittaa pohjavesiyhteistarkkailujen käynnistämistä ja toteutusta mahdollisimman monella Uudenmaan riskipohjavesialueella. Hankkeen aikana käynnistettiin pohjavesiyhteistarkkailuja kuudella vedenhankintaa varten tärkeällä riskipohjavesialueella Nurmijärvellä, Tuusulassa ja Raaseporissa. Lisäksi käynnistettiin yhteensä kymmenen pohjavesialuetta Espoossa, Helsingissä ja Vantaalla sisältävä pääkaupunkiseudun pohjavesiyhteistarkkailu. Muutamalla muulla pohjavesialueella tehtiin selvityksiä yhteistarkkailun käynnistämisen mahdollisuuksista.</p> <p>Uusilla yhteistarkkailualueilla tehtiin hydrogeologisia selvityksiä ja havaintoputkikartoitukset. Geologisia rakenneselvityksiä hyödynnettiin yhteistarkkailualueen havaintoputkiverkoston suunnittelussa. Tarvittaessa tehtiin täydentäviä maastotutkimuksia ja asennettiin uusia havaintoputkia. Geologisen rakenteen visualisointia kehitettiin, ja kerrosrakennetta havainnollistavia karttoja sekä kallion ja pohjaveden pintamalleja hyödynnettiin havaintoputkien edustavuuden arvioinnissa. Pohjavesimuodostumien haavoittuvuusanalyysiä kehitettiin Suomen geologisiin olosuhteisiin soveltuvaksi.</p> <p>Hankkeen aikana pyrittiin myös kehittämään käynnissä olevien pohjavesiyhteistarkkailujen käytäntöjä mm. pohjaveden pinnankorkeuden ja laadun automaattisten anturimittausten, yhteistarkkailutulosten tiedonsiirto- ja hallintajärjestelmien sekä raportoinnin osalta. Pohjaveden laadun anturimittausten edustavuuden varmistamiseksi POVEYTKE-hankkeessa suunniteltiin uudenlainen pohjaveden laadun anturimittausasema, jota testattiin kahdessa kohteessa Lohjalla ja Hyvinkäällä.</p> <p>POVEYTKE-hankkeen toteutuksesta vastasivat Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry (VHVSY), Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry (LUVY) ja Geologian tutkimuskeskus (GTK). Aluekohtaisissa yhteistarkkailuryhmissä oli mukana tarkkailua toteuttavien tahojen – vesihuoltolaitosten, yritysten ja kuntien - lisäksi ympäristönsuojelu- ja terveydensuojeluviranomaisia. Tässä loppuraportissa esitetään hankkeen keskeiset kokemukset ja tulokset. Niiden perusteella on laadittu pohjavesiyhteistarkkailun toimintamalli, jota voidaan hyödyntää yhteistarkkailujen käynnistämisessä uusilla alueilla.</p>			
Asiasanat	pohjavesi, pohjavesitarkkailu, yhteistarkkailu, tarkkailuohjelma, riskipohjavesialue, geologinen rakenneselvitys, haavoittuvuusanalyysi, anturimittaukset		

Sisällysluettelo

1	Johdanto	8
2	Kehittämishankkeen tavoitteet	9
3	Hanketyöryhmä ja työvaiheet	10
3.1	Hanketyöryhmä	10
3.2	Työvaiheet	10
4	Pohjavesien yhteistarkkailun toimintamalli	11
4.1	Taustatietojen keruu	12
4.1.1	Hydrogeologiset ja geologiset taustatiedot	12
4.1.2	Pohjavesitarkkailuja toteuttavat tahot	13
4.2	Käynnistämisen neuvottelut yhteistarkkailuun osallistuvien tahojen kanssa..	14
4.3	Yhteistarkkailuryhmän järjestäytyminen ja yhteistoiminnan laajuus	14
4.4	Yhteistarkkailun kustannusten jakautumisen periaatteet	15
4.5	Yhteenveto - pohjavesien yhteistarkkailun käynnistämisen vaiheet	17
5	Hydrogeologiset selvitykset ja havaintoputkiverkoston suunnittelu	19
5.1	Havaintoputkitietojen keruu	19
5.2	Pohjavesimuodostuminen rakenneselvitykset ja geologisen rakenteen visualisointi	19
5.2.1	Rakenneselvitykset.....	20
5.2.2	Geologisen rakenteen visualisointi	21
5.2.3	Pohjavesimuodostumien haavoittuvuusanalyysi.....	23
5.2.4	Pohjaveden laadun vaihtelun indikaattorit.....	25
5.3	Havaintoputkien edustavuuden arviointi.....	27
5.3.1	Havaintoputkien antoisuuspumppaukset	28
5.3.2	Slug-testit	28
5.3.3	Kehittämisehdotuksia	29
5.4	Maaperäkairaukset ja täydentävien havaintoputkien asennus	29
5.5	Edustavan yhteistarkkailuhavaintoputkiverkoston suunnittelu.....	31
5.6	Yhteenveto – hydrogeologiset selvitykset	32
6	Yhteistarkkailuohjelman laadinta	33
6.1	Tarkkailuvelvoitteet.....	33
6.2	Näytteenotto- ja analyysiohjelmien päivitys ja yhtenäistäminen	33
6.3	Pohjaveden pinnankorkeuden mittaukset	34
6.4	Näytteenotto- ja mittausmenetelmien yhtenäistäminen	35
6.5	Näytteiden analysointi	35
6.6	Yhteistarkkailuohjelman hyväksyttäminen	36
6.7	Yhteenveto – yhteistarkkailuohjelman laadinta.....	38
7	Anturimittaukset ja tiedonsiirrot	39
7.1	Paineanturit	39
7.2	Pohjaveden laadun anturimittaukset	40
7.3	Tarkkailutulosten tiedonsiirrot ja tiedonhallinta.....	45
7.4	Yhteenveto – anturimittausasema pohjaveden laadun tarkkailussa	47
8	Pohjavesiyhteistarkkailun raportointimalli	48

8.1	Tarkkailutulosten väliraportointi.....	48
8.2	Toiminta poikkeustilanteissa	48
8.3	Vuosiraportti.....	48
8.4	Tarkkailutulosten siirto julkiseen tietojärjestelmään	49
8.5	Yhteistarkkailun muutoksista ja erillisselvityksistä sopiminen.....	49
8.6	Pohjavesiyhteistarkkailun vuosiraporttimalli	50
9	Yhteenveto	51
	Lähdeluettelo	53

1 Johdanto

Pohjavesien yhteistarkkailun kehittämishanke (POVEYTKE-hanke) käynnistyi vuoden 2015 alussa, edellisenä vuonna toteutetun esiselvityksen pohjalta. Pohjavesiyhteistarkkailujen edistäminen ja laajentaminen on yksi Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelmassa vuosille 2016 - 2021 esitetty pohjaveden tilan seurantaan liittyvä tavoite. Pohjavesien yhteistarkkailun järjestämistä ja/tai laajentamista on esitetty kahdellekymmenelle pohjavesialueelle (Karonen ym. 2015). POVEYTKE-hankkeessa käynnistettiin pohjavesiyhteistarkkailuja kuudella vedenhankintaa varten tärkeällä riskipohjavesialueella Nurmijärvellä, Tuusulassa ja Raaseporissa. Lisäksi hankkeen aikana käynnistettiin kymmenen pohjavesialuetta sisältävä pääkaupunkiseudun pohjavesiyhteistarkkailu HSY:n, Espoon, Helsingin ja Vantaan kaupunkien valmisteluyhteistyön tuloksena. Muutamalla muulla pohjavesialueella tehtiin selvityksiä yhteistarkkailun käynnistämisen mahdollisuuksista. Kaikissa hankkeen aikana käynnistetyissä yhteistarkkailuissa yhteistointaan osallistuu vesihuoltolaitosten lisäksi useita yrityksiä eri toimialoilta. Hankkeen aikana pyrittiin myös kehittämään käynnissä olevien pohjavesiyhteistarkkailujen käytäntöjä mm. pohjaveden pinnankorkeuden ja laadun automaattisten anturimittausten, yhteistarkkailutulosten tiedonsiirto- ja hallintajärjestelmien sekä raportoinnin osalta.

POVEYTKE-hankkeen toteutuksesta vastasivat Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry (VHVSY), Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry (LUVY) ja Geologian tutkimuskeskus (GTK). Kaikki toteuttajatahot rahoittivat hanketta omarahoitusosuudella. Muita hankkeen rahoittajia ovat:

- Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
- Ympäristöministeriö
- Sosiaali- ja terveysministeriö
- Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto
- Helsingin seudun ympäristöpalvelut –kuntayhtymä
- Hyvinkään Vesi
- Karkkilan vesihuoltolaitos
- Lohjan vesi- ja viemärlaitos
- Nurmijärven Vesi
- Raaseporin Vesi
- Tuusulan seudun vesilaitos kuntayhtymä
- Espoon kaupunki
- Helsingin kaupunki
- Vantaan kaupunki

Yhteistarkkailujen alueellisissa yhteistyöryhmissä ovat mukana seuraavat yritykset:

- Adven Oy
- Betoni Center Oy

- Betsset Group Oy
- Dupont Industrial Biosciences
- Fermion Oy
- Oy Gebbelby Malm Ab
- Hangon puhdistamo Oy
- Hio-Mex Oy
- Metso Flow Control Oy
- Parma Oy
- Rasmin Oy
- Rudus Oy
- St1 Biofuels Oy
- Stena Recycling Oy
- Tammet Oy
- Tammisaaren Energia Oy
- VTM-Teollisuusmaalaamo Oy.

Hankeryhmä esittää lämpimät kiitokset kaikille hankkeen rahoittajille ja laajapohjaiseen yhteistyöhön osallistuneille tahoille.

Tässä loppuraportissa esitetään POVEYTKE-hankkeen keskeiset kokemukset ja tulokset. Niiden perusteella on laadittu pohjavesiyhteistarkkailun toimintamalli, jota voidaan hyödyntää yhteistarkkailujen käynnistämässä uusilla alueilla. Toteutusvaihtoehtoina ovat: yhteistarkkailu yhdellä pohjavesialueella, useilla lähekkäisillä pohjavesialueilla tai seudullisena yhteistarkkailuna usean kunnan pohjavesialueilla. Hankkeen työvaiheet ja menetelmät kuvataan tässä raportissa lyhyesti, koska ne on raportoitu yksityiskohtaisesti hankkeen aikaisemmissa vuosiraporteissa (Kivimäki ym. 2015 ja 2016; Luoma ja Backman 2016). Vuonna 2017 toteutetusta haavoittuvuusanalyysin kehittämistyöstä on laadittu myös erillinen tutkimusraportti (Luoma ym. 2.10.2017).

2 Kehittämishankkeen tavoitteet

POVEYTKE-hankkeen päätavoitteet olivat:

- Käynnistetään 5 - 10 pohjavesialueella pohjavesiyhteistarkkailu, johon osallistuvat alueen vesihuoltolaitos ja mahdollisimman kattavasti alueen muut velvoitetarkkailua ja muita jatkuvia tarkkailuja toteuttavat tahot;
- Käynnistetään seudullinen pääkaupunkiseudun pohjavesiyhteistarkkailu;
- Luodaan yhteistarkkailun organisoitumismalli erilaajuisiin pohjavesiyhteistarkkailuihin;

- Kehitetään olemassa olevan hydrogeologisen aineiston hyödyntämiseen perustuvaa visualisointia ja tehostetaan pohjavesiesiintymien geologisten rakennemallien ja pohjaveden virtausmallien hyödyntämistä yhteistarkkailujen suunnittelussa ja toteutuksessa;
- Testataan ja edistetään jatkuvatoimisten mitta-antureiden (pohjaveden pinnankorkeus ja laatu) käyttöä velvoitetarkkailuissa ja pohjavesiyhteistarkkailualueilla;
- Testataan ja kehitetään yhteistarkkailutulosten tiedonsiirto- ja hallintajärjestelmää;
- Parannetaan pohjavesitarkkailutulosten kokonaisvaltaista tarkastelua yhteisraportoinnilla ja edistetään muutosten nopeaa havainnointia ja pohjavesiriskien tehokasta hallintaa.

Kaikilla kohdealueilla, joilla pohjavesiyhteistarkkailu käynnistettiin ja kehitettiin käytäntöjä hankkeen aikana vuosina 2015 – 2017, tavoitteena oli, että pohjavesien yhteistarkkailu jatkuu hankkeen päättymisen jälkeen pohjavesialueiden toimijoiden yhteistyönä.

3 Hanketyöryhmä ja työvaiheet

3.1 Hanketyöryhmä

POVEYTKE-hanketta koordinoi pohjavesiasiantuntija Anna-Liisa Kivimäki (VHVSY). Kenttätöihin osallistuivat VHVSY:stä ympäristönhoitaja Olli Piekkari ja ympäristöasiantuntija Asko Särkelä, sekä projektin hallinointiin toiminnanjohtaja Kirsti Lahti. LUVY:ssä hanketta toteuttivat pohjavesiasiantuntija Heini Loikkanen, kenttämestari Johan Lindholm, ympäristöasiantuntija Katriina Nummela ja toiminnanjohtaja Jaana Pönni. Vesiensuojeluyhdistysten omarahoitusosuus muodostui asiantuntijoiden työpanoksesta.

GTK:ssa hankkeeseen osallistuivat tutkijat Birgitta Backman, Tiina Kaipainen, Noora Kähkölä, Samrit Luoma, Arto Pullinen ja Janne Tranberg sekä yksikön päällikkö Jussi Ahonen. GTK:n omarahoitusosuudella toteutettiin maaperäkairauksia, pohjaveden havaintoputkien asennuksia ja painovoimamittauksia.

Anturimittausasemat suunniteltiin ja toteutettiin yhteistyössä Luode Consulting Oy:n kanssa, missä anturimittausjärjestelmien asiantuntijoina toimivat Mikko Kiirikki ja Ari Laukkanen. Tarkkailutulosten tiedonsiirron kehittämisessä ja testaamisessa LUVY teki yhteistyötä Lohjan kaupungin vesi- ja viemärlaitoksen ja Masinotek Oy:n kanssa.

3.2 Työvaiheet

POVEYTKE-hankkeen työvaiheet toteutettiin tiiviissä yhteistyössä kohdealueiden vesihuoltolaitosten, yritysten ja valvontaviranomaisten kanssa. Taulukossa 1 on lueteltu työvaiheiden toteutuksen päävastuutahot. Yhteistarkkailusuunnitelmien laadinnassa ja havaintoputkien edusta-

vuoden arvioinnissa hyödynnettiin kohdealueilla hankkeen aikana tehtyjä geologisia rakenneselvityksiä ja niiden tarkennuksia. Rakenneselvitysten laadinnasta vastasi GTK, ja ne toteutettiin erillisinä hankkeina GTK:n, Uudenmaan ELY-keskuksen, vesihuoltolaitosten ja kuntien yhteisrahoituksella.

Taulukko 1. POVEYTKE-hankkeen työvaiheet ja niiden toteutuksen päävastuutahot.

Työvaihe	Päävastuutahot
Taustatietojen keruu	VHVSY, LUVY, GTK
Neuvottelut ja valmistelukokoukset yhteistarkkailuihin osallistuvien tahojen kanssa	VHVSY, LUVY
Maastokartoitukset, kenttämittaukset ja havaintoputkien edustavuuden arviointi	VHVSY, LUVY, GTK
Maaperäkairaukset ja havaintoputkien asennus, painovoimamittaukset	GTK
Pohjavesimuodostumien rakenneselvitysten tarkentaminen ja visualisoinnin kehittäminen	GTK
Yhteistarkkailusuunnitelmien laadinta	VHVSY, LUVY
Tarkkailutulosten tiedonsiirtojen ja tiedonhallinnan kehittäminen	LUVY, Masinotek Oy
Anturimittausaseman kehittäminen ja testaaminen	VHVSY, LUVY, GTK, Luode Consulting Oy
Pohjavesialueiden haavoittuvuusanalyysimenetelmän kehittäminen ja testaaminen	GTK
Tiedotus ja sidosryhmäseminaarit	VHVSY, LUVY, GTK

4 Pohjavesien yhteistarkkailun toimintamalli

Pohjavesien yhteistarkkailua voidaan tehdä kattavasti yhden laajan pohjavesialueen tai geologisesti toisiinsa liittyvien useiden pohjavesialueiden alueella. Yhteistarkkailu voi olla myös paikallinen ja sijaita tärkeän pohjavesialueen jollain osa-alueella, jonne on keskittynyt useita pohjaveden laatua vaarantavia riskitoimintoja. Toisaalta pohjavesien yhteistarkkailualue voi laajimmillaan käsittää yhden tai useamman kunnan kaikki vedenhankinnan kannalta tärkeät pohjavesialueet, jolloin puhutaan seudullisesta yhteistarkkailusta.

Pohjavesien vapaaehtoisen yhteistarkkailun käynnistämisessä kunnan tai kaupungin vesihuoltolaitoksella on erittäin merkittävä rooli. Vesihuoltolaitoksella on intressi pohjaveden ennakoivaan vedenlaadun ja pinnankorkeuksien tarkkailuun. Tavoitteena on varmistaa, että vesilaitoksen käyttämän pohjaveden laatu pohjavesimuodostumassa on moitteeton. Mikäli veden laatu heikenee jollain vedenottoalueen osa-alueella, on vesilaitoksen oltava asiasta tietoinen mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, jotta toimenpiteisiin voidaan ryhtyä ennen kuin veden laadun muutokset näkyvät vedenottoalueen pohjavedessä.

Ennakoiva pohjavesitarkkailu on erityisesti vesilaitoksen kannalta hyvin tärkeää. Kun vesilaitos pystyy hyödyntämään muiden samalla pohjavesialueella toimivien lupavelvollisten tarkkailutulosia, vähentää se mahdollisesti vesilaitoksen oman ennakoivan pohjavesitarkkailun tarvetta ja se voidaan kohdistaa kriittisimmille alueille.

Kun yhteistarkkailualue on saatu rajattua vesilaitoksen ja mahdollisesti valvontaviranomaisten kanssa, selvitetään muiden alueella toimivien ja pohjaveden velvoitetarkkailua toteuttavien tahojen kiinnostus liittyä yhteistarkkailuun. Yritykset ovat yleensä halukkaita liittymään yhteistarkkailuun, mikäli yhteistyö tuo kustannushyötyä tarkkailun toteutukseen. Muina hyötyinä nähdään tiedonvaihto pohjaveden yleisen tilan kehittymisestä sekä pohjaveden laadun taustapitoisuusarvioimisen helpottuminen, kun käytössä ovat koko yhteistarkkailualueen tulokset. Näin ollen päästölähdettä on helpompi alustavasti jäljittää, jos pohjavedessä todetaan laadun poikkeama. Lisäksi yritystahojen yhteistarkkailuun osallistumisen arvioidaan usein luovan positiivista imagoa ja korostavan yhteistyöhalukkuutta vesihuoltolaitosten, valvontaviranomaisten ja muiden alueella toimivien kanssa.

Ympäristönsuojelulain 527/2014 63§:n mukaan lupaviranomainen voi tarvittaessa ympäristöluvassa määrätä useat luvanhaltijat yhdessä tarkkailemaan toimintojensa vaikutusta (yhteistarkkailu) tai hyväksyä toiminnan tarkkailemiseksi osallistumisen alueella tehtävään seurantaan. Yhteistarkkailu voi koskea ympäristönsuojelulakiin ja vesilakiin perustuvaa tarkkailua. Teollisuuskeskittymäalueiden pohjavesiyhteistarkkailut onkin usein määrätty ympäristöluvuissa eli toiminnanharjoittajat on veloitettu tarkkailemaan muiden alueen teollisuuslaitosten kanssa pohjaveden laatua toimivaltaisen valvontaviranomaisen hyväksymällä tavalla. Joissakin ympäristöluvuissa ei varsinaisesti määrätä liittymään yhteistarkkailuun vaan lupamääräyksissä todetaan, että pohjaveden tarkkailu voidaan toteuttaa osana pohjavesialueen yhteistarkkailua. Vaikka yhteistarkkailua ei sitovasti määrättäisi lupamääräyksissä, lupaviranomaisen suositus yhteistarkkailusta toimii yleensä tehokkaana kannustimena. 1.5.2015 voimaan tulleen ympäristönsuojelulain muutoksen (423/2015) mukaisesti lupamääräysten tarkistamista koskeva velvoite on rauennut. Lupamääräysten tarkistamisvelvoitteen poistuminen ympäristöluvuista heikentää kattavien yhteistarkkailujen käynnistämisen mahdollisuuksia niillä alueilla, joilla kaikilla toimijoilla ei ole halukkuutta vapaaehtoiseen yhteistarkkailuun (Kivimäki ym. 2015).

4.1 Taustatietojen keruu

4.1.1 Hydrogeologiset ja geologiset taustatiedot

Pohjavesien yhteistarkkailun suunnittelu aloitetaan taustatietojen keruulla. Yhteistarkkailualueen pohjavesialueiden perustiedot saadaan Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämästä Avoin tieto – ympäristötietojärjestelmästä. Kunkin pohjavesialueen perustiedot, kuten tunnus, nimi, pohjavesialueluokka, muodostumatyyppi, virtauskuva, antoisuus, veden käyttö jne. selviävät pohjavesitietojärjestelmästä. Paikkatietoaineistot pohjavesialueiden rajauksista päivitetään järjestelmään kaksi kertaa vuodessa (touko- ja joulukuussa). Pohjavesitietojärjestelmästä saadaan lisäksi selvitettyä pohjavesialueilla sijaitsevien pohjaveden havaintoputkien tiedot siltä osin kuin niitä on järjestelmään tallennettu. Havaintoputkitiedot eivät kuitenkaan kaikilta osin ole ajan

tasalla, sillä maankäytön muuttuessa ja rakentamisen yhteydessä putkia on tuhoutunut tai niiden käyttö loppunut muista syistä. Yksityisten henkilöiden tai yritysten asennuttamia havaintoputkia ei välttämättä ole viety pohjavesitietojärjestelmään, joten niiden tiedot täytyy koota suoraan kyseisiltä toimijoilta.

Edustavan havaintoputkiverkoston suunnittelua varten on selvitettävä alueen maa- ja kallioperäolosuhteet. Maaperän maalajien ja kerrosrakenteen lisäksi on selvitettävä yhteistarkkailualueen kallioperän yleispiirteet. Kallioperän kivilajikoostumus vaikuttaa pohjaveden luontaisiin taustapitoisuuksiin. Alueen maaperä vastaa tyypillisesti hyvin alueen kivilajikoostumusta ja siten myös maaperän mineraalikoostumus voi vaikuttaa pohjaveden laatuun kyseisellä alueella. Kalliopinnan kohoumat ja pinnantason merkittävät vaihtelut lyhyelläkin matkalla ohjaavat pohjaveden virtausta, aiheuttaen joskus vaikeasti tulkittavia virtausreittejä. Kalliopainanteiden rikkoamisessa ja ruhjeisessa kallioperässä mahdolliset haitta-aineet voivat kulkeutua kalliopohjaveden virtausreittien mukaisesti etäälle päästölähteestä. Ruhjeisuutta voidaan tulkita alustavasti karttatarkastelun perusteella. Lisäksi GTK:sta on saatavissa tietoa kallioperän paikallisista ja alueellisista ruhjevyyhykkeistä. Geologisten rakenneselvitysten yhteydessä laadittavat kallionpinnatallit ovat tärkeä lähtöaineisto pohjavesitarkkailun suunnittelussa.

4.1.2 Pohjavesitarkkailuja toteuttavat tahot

Pohjavesien yhteistarkkailun käynnistämisvaiheessa selvitetään yhteistarkkailualueella sijaitsevat pohjavesitarkkailuja toteuttavat tahot. Vesilaitoksilla on omat vedenottolupiin liittyvät tarkkailuveloitteensa. Usein pohjavedenottamoiden läheisyydessä tehdään myös vapaaehtoista ennakoivaa pohjaveden laadun tarkkailua valikoiduissa havaintoputkissa. Lisäksi pohjavesitarkkailuja suorittavat toiminnanharjoittajat, joilla voi olla mm. ympäristölupien tai maa-ainelupien mukaisia pohjaveden tarkkailuveloituksia. Pohjavesialueilla sijaitsevat luvanvaraiset toiminnat voivat olla hyvin monenlaisia, mm. teollisuutta, jätehuoltoa, huoltamotoimintoja tai maa-ainesten ottoa. Myös pilaantuneen maaperän ja pohjaveden puhdistamiseen liittyy usein pohjaveden laadun jälkitarkkailuveloitteita. Nämä ns. PIMA-tarkkailut voidaan liittää mukaan yhteistarkkailuun.

Tiedot tarkkailuvelvollisista toiminnanharjoittajista ja lupamääräyksistä löytyvät kuntien ympäristönsuojeluyksiköiltä ja aluehallintovirastojen Lupa-Tietopalvelusta. Water Safety Plan-riskienhallintasuunnitelmiin ja pohjavesialueiden suojelusuunnitelmiin perustuen vesihuoltolaitos on yleensä myös tietoinen alueen riskitoiminnoista ja tarkkailuvelvollisista. Tienpito sekä alueen poikki kulkevat rautatiet tai alueella sijaitsevat ratapihat tulee myös huomioida yhteistarkkailua suunniteltaessa. ELY-keskukset teettävät tienpitoon liittyvää valtakunnallista pohjaveden kloridipitoisuuksien seuranta, jonka havaintopisteverkosto ja analyysivalikoimat on hyvä huomioida yhteistarkkailua suunniteltaessa.

Pohjaveden pinnankorkeuden veloitettua tarkkailua tehdään mm. vedenottolupien ja maa-ainesten ottolupien lupamääräyksiin perustuen. Pinnankorkeuksia tarkkaillaan myös rakentamisen suunnittelun ja rakennushankkeiden yhteydessä. Kuntien ja kaupunkien geoteknisillä yksiköillä on omat havaintoputkiverkostot, joissa pinnankorkeuksia mitataan säännöllisesti manuaalisilla mittauksilla tai paineantureilla. Nämä pinnankorkeuden tarkkailut antavat hyödyllistä taustatietoa pohjaveden laadun tarkkailutulosten tulkintaan.

4.2 Käynnistämisneuvottelut yhteistarkkailuun osallistuvien tahojen kanssa

Pohjavesien yhteistarkkailun käynnistämistä varten perustetaan yhteistarkkailuryhmä, johon kutsutaan yhteistarkkailuun osallistuvien tahojen lisäksi kuntien ympäristönsuojeluviranomaiset, ympäristöterveysviranomaiset ja ELY-keskuksen edustaja. Neuvottelujen tavoitteena on sopia yhteistarkkailun toteuttamisen periaatteista. Yhteistarkkailuryhmän kesken sovittavia asioita ovat mm.:

- Yhteistarkkailun osapuolet
- Yhteistarkkailun toteutustapa (yksi vai useampi tarkkailun toteuttaja/konsultti)
- Analyysivalikoimat
- Tarkkailuajankohdat
- Raportointi: väliraportit ja vuosiraportointi
- Kokouskäytännöt
- Yhteistarkkailuryhmän koordinaattori / yhteyshenkilö
- Kustannusten jakoperusteet
- Tarjouskilpailun toteuttaminen.

Yhteisiä käynnistämiskokouksia joudutaan käymään useampia, jotta kaikki edellä luetellut asiat saadaan sovittua ennen varsinaisen pohjavesien yhteistarkkailun käynnistymistä. Pohjavesien yhteistarkkailuhankkeessa pidettiin kullakin kohdealueella 2 - 3 yhteistä kokousta ja lisäksi 1 – 2 valmistelemaa neuvottelua vesihuoltolaitosten kanssa.

4.3 Yhteistarkkailuryhmän järjestäytyminen ja yhteistoiminnan laajuus

Yhteistarkkailuryhmälle valitaan koordinaattori, joka toimii kokousten koollekutsujana. Luonnollinen valinta on vesihuoltolaitoksen edustaja. Joissakin tapauksissa koordinaattorina toimii kunnan ympäristönsuojeluviranomainen. Yritys- ja teollisuuskeskittymäalueiden yhteistarkkailuissa koordinaattorina toimii usein sen yritystahon edustaja, jolla on laajimmat pohjavesitarkkailuvalvoitteet ko. alueella. Jos viranomaisen vastaa koordinoinnista, tekee viranomaisen koordinoituvuudessa (mm. tarkkailun toteutuksen kilpailutus 2 – 4 vuoden välein) myös sellaista työtä, joka kuuluu niille tahoille, joille velvoitetarkkailu on määrätty. Toisaalta, jos koordinaattorina toimii yksi yhteistarkkailualueen yrityksistä, voi muodostua ongelmallisia tilanteita, koska koordinoiva yritys ei voi puuttua toisen yrityksen toimintaan ja käytäntöihin. Alueilla, joilla yhteistarkkailua tekevät yhteistyönä useat pienet yritykset, ei yrityksissä välttämättä ole resursseja yhteistarkkailun koordinoimiseen. Lisäksi yhteistarkkailujen osapuolten sopimuskäytäntöjä on joillakin alueilla pidetty hankalana ja byrokraattisena.

Sekä yhteistarkkailujen käytännön toteutuksen sujuvuuden kannalta että kustannusten asianmukaisen kohdentumisen kannalta toimivin ratkaisu lienee, että yhteistarkkailun koordinointi

tilataan ulkopuoliselta asiantuntijalta. Koordinaattorina voi toimia sama tah, joka vastaa tarkkailun muusta käytännön toteutuksesta, tai koordinointi ja raportointi voidaan erottaa muusta tarkkailun toteutuksesta (näytteenotto ja analyysit).

4.4 Yhteistarkkailun kustannusten jakautumisen periaatteet

Yhteistarkkailun kustannusten jakautumisen pääperiaate on, että kukin osallistuja maksaa oman toiminnan tarkkailuputkista otettujen pohjavesinäytteiden analyysikulut. Yhteisten tarkkailuputkien yhteisten analyysien analyysikulut jaetaan niiden osallistujien kesken, joiden tarkkailua yhteinen tarkkailuputki palvelee.

Mikäli näytteenotto tilataan yhteisesti yhdeltä konsultilta, yhteisten näytteenottokierrosten näytteenottokustannuksia jaettaessa otetaan huomioon yhteistilaukseen osallistuvien toimijoiden näytteenottopisteiden ja näytekierrosten määrä. Selkeintä on pyytää tarjouspyynnössä yksikköhinta näytteenotolle per havaintoputki. Kun kullakin näytteenottokierroksella mukana olevien havaintopaikkojen määrä on tiedossa, arvioidaan kustannuslaskelmassa näytteenoton kokonaistyöaika, jonka perusteella edelleen lasketaan yksikköhinta näytteenottotyölle per havaintopaikka. Tähän yksikköhintaan ja kunkin osallistujan havaintoputkien lukumäärään perustuen määräytyvät toimijakohtaiset näytteenottotyön kustannukset.

Taulukko 2. Esimerkkilaskelmat (laskentatapa A ja B) pohjavesiyhteistarkkailun vuosiyhteenvetoraportin laadinnan kustannusten jakautumisesta osallistujien kesken (pvp=pohjaveden pinnankorkeuden mitauskierros).

Laskentatapa A

Osallistujataho	Näytepaikkojen lkm = HPLKM	Näytekierroksia per vuosi = NPV	HPLKM X NPV	Maksuosuus %
Vesilaitos X	6	2	12	60
Yritys A	4	1	4	20
Yritys B	2	1	2	10
Yritys C	2	1	2	10
yhteensä	14		20	100

Laskentatapa B

Osallistujataho	Näytepaikkojen lkm = HPLKM	Näytekierroksia per vuosi = NPV	Analyysien ja kenttämittausten lkm	Maksuosuus %
Vesilaitos X	6	2 + 12 pvp	270	67
Yritys A	4	1	70	18
Yritys B	2	1	30	7,5
Yritys C	2	1	30	7,5
yhteensä	14		400	100

Vuosiyhteenvedon raportointikustannukset jaetaan yhteistyöryhmässä sovittujen periaatteiden mukaisesti. POVEYTKE-hankkeen yhteistarkkailualueiden yhteistyöryhmissä on yksimielisesti hyväksytty laskentamalli, jossa maksuosuus määräytyy tarkkailtavien havaintoputkien lukumäärän, näytteenottokertojen ja analyysivalikoiman laajuuden perusteella (taulukko 2). Yksinkertaisempi laskentatapa A huomioi vain näytepaikkojen ja näytteenottokierrosten lukumäärän. Laskentatavassa B on huomioitu näytteistä tehtävien määritysten lukumäärä (analyysivalikoima voi vaihdella toimijoittain) sekä vedenoton vaikutusten tarkkailun havaintoputkista tehtävien pohjaveden pinnankorkeuden kenttämittaukset, jotka myös raportoidaan vuosiraportissa.

Pohjavesiyhteistarkkailun yhteinen tarkkailun toteutus (näytteenottokierrokset ja yhteinen vuosiraportti) on edullisempi vaihtoehto kuin tarkkailujen toteuttaminen toiminnanharjoittajakohdaisina erillistarkkailuina. Merkittävää kustannussäästöä tulee erityisesti niille, joilla on melko suppea velvoitetarkkailu. Toisaalta, niille pienille toiminnanharjoittajille, joiden lupamääräyksissä ei ole velvoitettu vuosiyhteenvedon raportointia, osallistuminen vuosiraportoinnin kustannuksiin aiheuttaa lisäkuluja. On kuitenkin huomioitava, että valmiiseen yhteistarkkailuun liittyminen on toiminnanharjoittajan kannalta vaivatonta ja toimijat välttyvät oman erillistarkkailun kilpailutukseen liittyviltä kuluilta. Yhteistarkkailun havaintoputkiverkoston avulla saadaan käsitys eri laatuparametrien taustapitoisuuksista eikä jokaisen toiminnanharjoittajan tarvitse sisällyttää tarkkailuohjelmaansa erillistä taustapitoisuuden tarkkailuputkea. Lisäksi kustannussäästöä toiminnanharjoittajille tulee siitä, kun tarkkailuohjelmien ja vuosiraporttien käsittelymaksut jaetaan usean toimijan kesken. Kustannussäästöjen ohella yhteistarkkailuihin osallistuvat tahot arvostavat sitä, että kaikki pohjavesialueen toimijat tietävät mitä toimintoja pohjavesialueella tarkkaillaan, mitkä ovat tärkeimmät tarkkailtavat laatuominaisuudet ja mahdolliset haitta-aiheet sekä mistä tarkkailutulokset löytyvät (Kivimäki ym. 2015).

Teollisuuslaitosten ympäristölupiin sisältyy usein pohjavesitarkkailun ohella myös prosessijäteveden ja/tai pintavesien tarkkailuvelvoitteita. Prosessijätevesi- ja pintavesinäytteenotto voidaan liittää pohjavesiyhteistarkkailun yhteistoimintaan siten, että kukin laitos vastaa oman laitoksen prosessijätevesi- ja pintavesinäytteenoton, näytteiden laboratoriomääritysten sekä erillisraportoinnin kustannuksista.

POVEYTKE-hankkeen kohdealueilla suunnittelu- ja koordinointityö tarkkailun käynnistämävaiheessa toteutettiin hankerahoituksella. Uusilla alueilla yhteistarkkailun käynnistäminen edellyttää aktiivista tahoja, joka kokoaa yhteistarkkailuryhmän ja innostaa alueen toimijoita liittymään yhteistarkkailuun. Lisäksi jollakin taholla pitää olla niin suuri intressi yhteistarkkailun käynnistämiseen, että tämä taho on valmis käyttämään työpanosta tai ostamaan suunnittelu- ja koordinointityötä asiantuntijapalveluna. Useimmiten valmistelujen ja yhteistarkkailun käynnistämiseen tähtäävien neuvottelujen vastuutahoina on ollut vesihuoltolaitos, joka on myös vastannut alkuvaiheen koordinointityön kustannuksista. Joissakin tapauksissa vastaavan roolin voi omakseen alueella toimiva merkittävä teollisuuslaitos. Yhteistarkkailuryhmässä voidaan sopia, että tästä käynnistämävaiheen suunnittelu- ja koordinointityöstä laskutetaan osallistujaosapuolia tietyillä osuuksilla. Toinen vaihtoehto on, että vastuutahon panostama kustannus yhteistarkkailun käynnistämävaiheessa hyvitetään ko. taholle, kun sovitaan vuosiraportoinnin kustannusten jakautumisesta (taulukko 2).

4.5 Yhteenveto - pohjavesien yhteistarkkailun käynnistämisen vaiheet

Selvitettävät asiat	Toimenpiteet/Tietolähteet
1 Neuvottelut vesihuoltolaitoksen kanssa	
<i>1.1 Vesihuoltolaitoksen tarve yhteistarkkailuun</i>	Alustavat neuvottelut, pohjavesien yhteistarkkailusta informoiminen
<i>1.2 Vesihuoltolaitoksen tarkkailuvelvoitteet</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Yhteistarkkailualueen määrittely 	Tärkeimpien tai riskialtimpien vedenottamoiden tunnistaminen ja yhteistarkkailualueen laajuudesta päättäminen
<ul style="list-style-type: none"> • Vedenottoluvat ja tarkkailumääräykset 	Vedenottolupien mukaisten tarkkailuvelvoitteiden läpikäynti ja kokoaminen
<ul style="list-style-type: none"> • Tarkkailuohjelma 	Olemassa olevan tarkkailuohjelman tai -ohjelmien riittävyys, mahdolliset tarkennukset
<ul style="list-style-type: none"> • Tarkkailutulokset 	Tarkkailutulosten läpikäynti, mahdolliset tarkennukset tarkkailuohjelmaan/-ohjelmiin
<i>1.3 Vesihuoltolaitoksen ennakoiva tarkkailu</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Ennakoiva pohjavesitarkkailu 	Ennakoivan tarkkailun riittävyys, mahdolliset tarkennukset
<ul style="list-style-type: none"> • Selvitetään ennakoivan tarkkailun tarve 	Tärkeä erityisesti, jos ennakoivaa pohjavesitarkkailua ei tehdä. Myös olemassa olevan ennakoivan tarkkailun riittävyys tarkistetaan
<i>1.4 Vedenottamoiden valuma-alueiden määrittely</i>	Karttatarkastelut, tehdyt pohjavesitutkimukset ja virtausmallinnukset, pohjaveden virtauskuvan hahmottelu
<i>1.5 Muiden yhteistarkkailualueen tarkkailuvelvollisten alustava kartoittaminen</i>	Vesihuoltolaitoksen ja valvontaviranomaisten ehdotukset tarkkailuun mukaan kutsuttavista osapuolista
2 Toiminnanharjoittajien kartoitus	
<i>2.1 Yhteistarkkailualueen tarkkailuvelvolliset toiminnanharjoittajat</i>	Kerätään tiedot pohjavesitarkkailua suorittavista toimijoista. Tietoja saa mm. kunnan ympäristöviranomaisilta
<i>2.2 Lupavelvoitteet, tarkkailuohjelmat</i>	Kootaan velvoitteet ympäristö- ja maa-aineluvista ja PIMA-päätöksistä
<i>2.3 Tarkkailutulokset</i>	Tarkastellaan käytettävissä olevat tarkkailutulokset
<i>2.4 Yhteistarkkailuun liittymisen kiinnostuksen kartoitus</i>	Kartoitus puhelinneuvottelujen tai tapaamisten avulla, sähköpostiviestintä

Selvitettävät asiat	Toimenpiteet/Tietolähteet
3 Yhteistarkkailun yhteistyöryhmän muodostaminen ja järjestäytyminen	
<i>3.1 Yhteistarkkailuryhmän muodostaminen</i>	Kutsutaan mukaan kiinnostuksensa ilmaiseet toiminnanharjoittajat, kunnan/kaupungin ympäristönsuojeluviranomaiset, ympäristöterveysviranomaiset ja paikallisen ELY-keskuksen viranomaiset
<i>3.2 Toimintatavoista sopiminen</i>	
<ul style="list-style-type: none"> • Yhteistarkkailun osapuolet 	Sovitaan ketkä lähtevät mukaan ja millä ehdoilla
<ul style="list-style-type: none"> • Yhteistarkkailun toteuttamistapa 	Sovitaan onko osapuolilla omat konsultit vai hoidaanko yksi konsultti kaikkien tarkkailut
<ul style="list-style-type: none"> • Käytettävät analyysilaboratoriot 	Käytetäänkö samoja laboratorioita vai voiko olla useita
<ul style="list-style-type: none"> • Yhtenäiset näytteenottomenetelmät 	Menetelmistä sopiminen on tärkeää erityisesti silloin, jos näytteenoton toteutuksessa käytetään useita konsultteja
<ul style="list-style-type: none"> • Raportointitavat 	Väliraportointi, vuosiyhteenvedot; aikataulut ja laajuus
<ul style="list-style-type: none"> • Kokouskäytännöt 	Pidetäänkö kokouksia ja kuinka usein
<ul style="list-style-type: none"> • Kustannusten jakoperusteet 	
<ul style="list-style-type: none"> • Yhteistarkkailun yhteyshenkilö 	
<ul style="list-style-type: none"> • Tarjouskilpailun toteutus 	
<i>3.3 Aloituskokous</i>	Em. asiat voidaan sopia esimerkiksi yhteistarkkailuryhmän aloituskokouksessa.

5 Hydrogeologiset selvitykset ja havaintoputkiverkoston suunnittelu

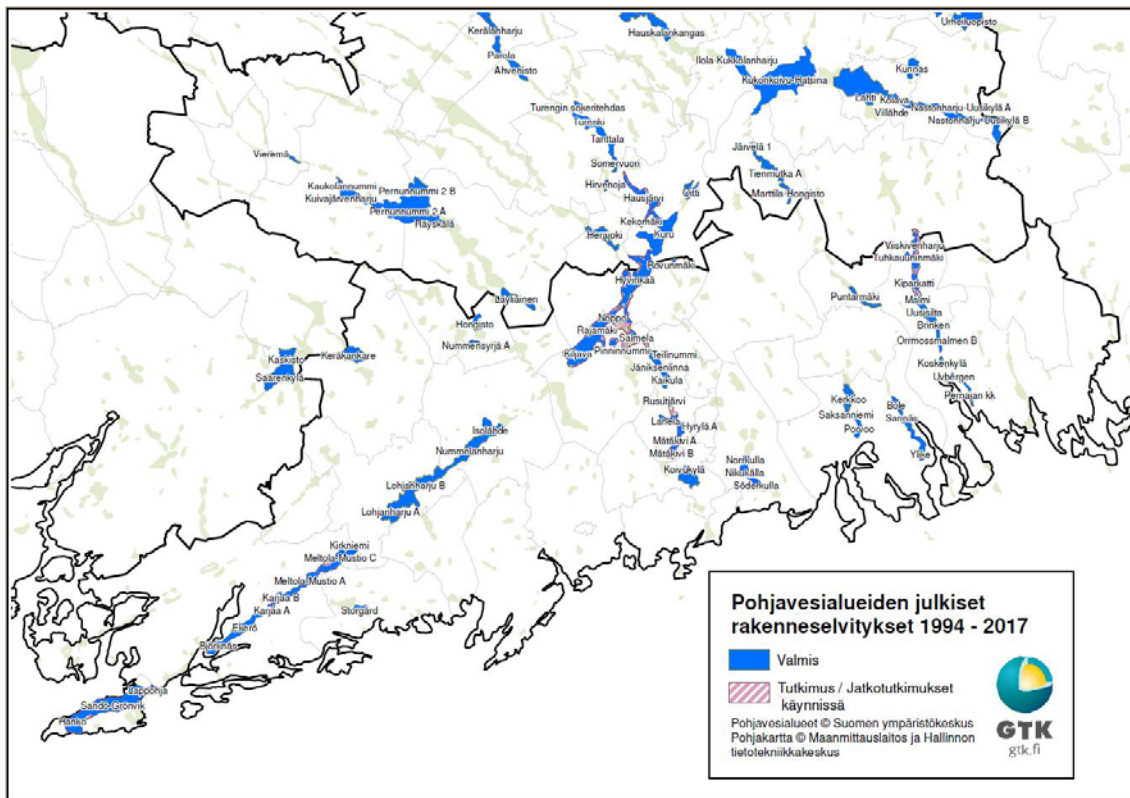
Pohjavesiyhteistarkkailun havaintoputkiverkoston suunnitteluvaiheessa on oleellista selvittää pohjavesikerroksen paksuus ja pinnankorkeuden vaihtelut; pohjaveden paikalliset virtaussuunnat; missä syvyydessä ovat vettä parhaiten johtavat maakerrokset; esiintyykö tiiviitä hienoaineskerroksia ja orsivettä, ja missä syvyydessä havaintoputkien siiviläosat ovat eli mitä osaa pohjavesikerroksesta ko. havaintoputkista otettavat pohjavesinäytteet edustavat.

5.1 Havaintoputkitietojen keruu

Havaintoputkien asennuksen yhteydessä kirjataan maaperähavainnot ja putken syvyys- sekä siivilätiedot putkikorttiin. Putken asennuttajan ja haltijan tulisi säilyttää putkikortti huolellisesti myöhempää käyttöä varten, sillä sitä tarvitaan arvioitaessa putken kuntoa ja käyttökelpoisuutta sekä pohjavesinäytteenoton suunnittelussa. Valitettavan usein putkikortteja ei ole saatavilla tai niihin kirjatut tiedot ovat puutteellisia. Niiden havaintoputkien osalta, joista ei ole saatavilla putkikortteja, putkien siiviläosan syvyys voidaan selvittää videokuvaamalla. POVEYTKE-hankkeessa käytettiin kahdenlaista kuvauslaitteistoa: Wöhler VIS 350 tarkastuskameraa (Tuusulan seudun vesilaitos kuntayhtymä) ja Kivikonsultit Oy:n kuvauslaitteistoa, jossa käytettiin halkaisijaltaan 40 mm:n kuvauspäitä, kartiopeiliä ja digitaalista videotallenninta (kameran resoluutio 640*480, kuvan peitto 360°)(Ikävalko 14.12.2015). Molemmilla laitteistoilla saatiin luotettavasti selvitettyä siiviläosan syvyys.

5.2 Pohjavesimuodostuminen rakenneselvitykset ja geologisen rakenteen visualisointi

GTK on tehnyt pohjavesimuodostumien rakenneselvityksiä 1990-luvun alusta lähtien ja niitä on tähän mennessä tehty noin 200 kohteessa. Rakenneselvitykset tehdään yleensä kolmen osapuolen yhteistyönä: (1) GTK, (2) kunta tai kuntayhtymä ja alueen vesilaitos sekä (3) paikallinen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY-keskus). GTK on rakenneselvityksien vastuutaho, joka raportoi selvitysten tulokset. Rakenneselvityksiä on tehty Uudellamaalla alla olevaan karttaan (kuva 1) merkityillä pohjavesialueilla. Karttakuvassa on vuoden 2017 huhtikuun lopun tilanne pohjavesialueista, joiden tutkimustulokset ovat julkisia. Rakenneselvitykset ja niihin liittyvät aiheet ovat saatavissa GTK:n karttapalvelusta (julkaistaan vuonna 2018).



Kuva 1. Vuosina 1994 - 2017 tehtyjen harjurakenneselvitysten sijainti Uudenmaan alueella.
(Kuva: T. Rauhaniemi, GTK).

5.2.1 Rakenneselvitykset

Pohjavesialueen rakenneselvitys on maaperän rakenteita selvittävä perustutkimus. Rakenneselvityksessä kootaan aiemmin tuotetut geologiset ja hydrogeologiset tutkimusaineistot, tehdään tarpeelliset geofysikaaliset lisätutkimukset ja kairaukset ja asennetaan pohjavesiputkia. Tarvittaessa otetaan vesinäytteitä ja mitataan hydrogeologisia parametreja, kuten maaperän vedenjohtavuus eli K-arvo slug-testillä. Maaperän rakenteista selvitetään maanpinta, pohjavedenpinta ja kallionpinta. Kairausten yhteydessä saadaan myös tietoa maaperän maalajikoostumuksen vaihteluista ja maakerrosten rakenteesta. Tietojen pohjalta voidaan tehdä tulkinta muodostuman geologisesta syntyhistoriasta. Tutkimuksen tuloksena raportoidaan 2D-pintakarttaesitykset kallionpinnasta, pohjavedenpinnasta, pohjavesivyöhykkeen paksuudesta, pohjaveden yläpuolisen maaperän paksuudesta sekä maaperän kokonaispaksuudesta. Tutkimuksella saadaan tietoa pohjaveden virtaussuunnista ja virtausta rajoittavista kallionkynnyksistä. Pohjaveden yläpuolinen maakerros suojaa pohjavettä, joten sen paksuuden tunteminen on tärkeää etenkin riskialueilla.

POVEYTKE-hankkeen yhteydessä GTK toteutti rakennetutkimuksia Tuusulassa Lahelan (Kaipainen ym. 2016) ja Mätäkiven pohjavesialueilla (Ahonen ym. 2016). Vuonna 2017 aloitetaan rakennetutkimukset Nurmijärven Valkojoen sekä Tuusulan Rusutjärven pohjavesialueilla ja ne valmistuvat keuhällä 2018. Aikaisemmista tutkimuksista koostettu Hangon pohjavesialueen rakennetutkimus julkaistaan vielä vuoden 2017 aikana. Tammissaaren Björknäsin ja Ekerön pohjavesialueille on tehty GTK:n toimesta painovoimamittauksiin perustuva rakenneselvitys suppealle

alueelle (Ahonen ja Valli 1998). Vuonna 2016 tehtiin esitys molemmat pohjavesialueet kokonaan kattavasta rakenneselvityksestä, mutta projektia ei ole vielä päätetty toteuttaa.

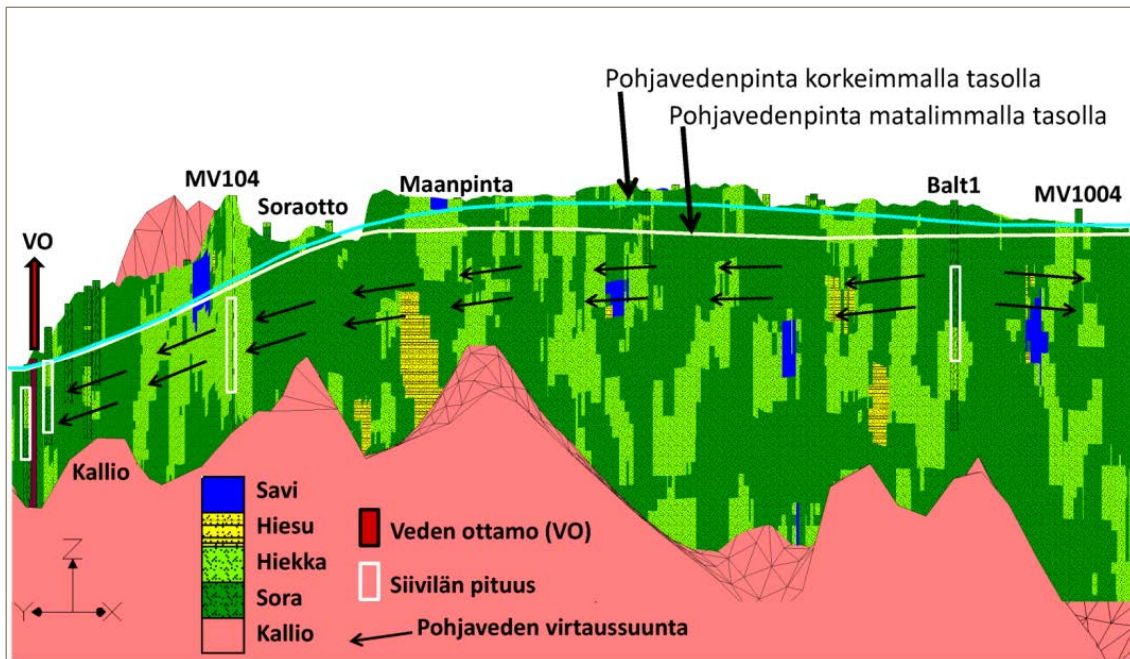
Kun pohjavesialueen geologinen rakenne – maan pinnan korkokuvan ja maakerrosrakenteen lisäksi kallion pinnan ja pohjaveden pinnan pintamallit - on selvitetty hydrogeologisilla ja geofysikaalisilla tutkimuksilla, voidaan valita yhteistarkkailuun soveltuvat havaintoputket ja suunnitella uusien putkien asennuspaikat tarkoituksenmukaisesti. Havaintoputkiverkoston suunnittelussa huomioidaan päävirtausreitit ja tarkkailtavien haitta-aineiden kulkeutumismominaisuudet. Kokonaiskuva pohjavesimuodostuman geologisesta rakenteesta auttaa myös tekemään tarkkailutulosista luotettavampia päätelmiä kuin pelkästään yksittäisen kiinteistön tulosten tarkastelu.

5.2.2 Geologisen rakenteen visualisointi

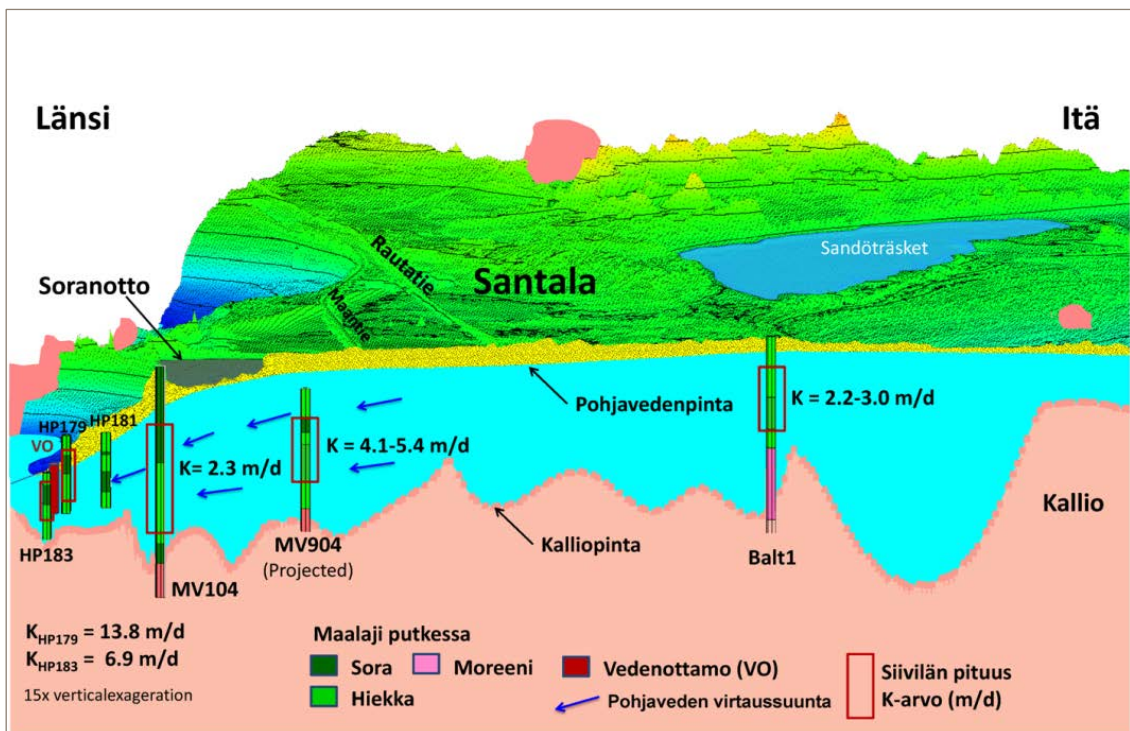
Tärkeä osa rakenneselvitysten raportointia ovat muodostumien geologista rakennetta havainnollistavat karttaliitteet ja pintamallit. Karttojen käyttäjien esittämien toiveiden mukaisesti POVEYTKE-hankkeessa pyrittiin muuttamaan karttojen esitystapaa havainnollisemmaksi ja käytännön suunnittelutyötä palvelevaksi. Pääpaino oli hydrogeologisten aineistojen visualisoinnin kehittäminen siten, että kartat olisivat havainnollisia ja helppolukuisia. Rakenneselvitysraporttien karttojen pitäisi myös olla monipuolisia, jotta karttojen lukumäärä ei tulisi liian suureksi, mutta samalla karttojen pitäisi olla helposti luettavia. Visualisoinnin kehittämällä pyrittiin myös siihen, että kartat olisivat nykyistä useampien tahojen hyödynnettävissä.

Helposti luettavien karttaesitysten laadinnassa on suurena haasteena pohjavesimuodostumien moniulotteisuus. Muodostumien 3D-ulottuvuuden lisäksi pohjavedellä on neljäntenä ulottuvuutena aika. Pohjavesi elää ajassa ja pohjaveden pinnan korkeus vaihtelee sademäärän, imeytymisen, haihdunnan ja pumppauksen mukaan. Pohjaveden pinnankorkeus vaikuttaa myös pohjaveden virtaukseen. Virtausreitit muuttuvat pohjavesipinnan korkeuden mukaan. Virtausta ohjaavat kalliokynnykset voivat olla pohjavedenpinnan ala- tai yläpuolella vedenpinnan korkeuden muuttuessa. Karttojen esitystavassa (Luoma ja Backman 2015) pyritäänkin ottamaan huomioon myös aika yhtenä muuttujana ja siksi osa kartta- sekä leikkauskuvista esitetään pohjaveden pinnan ääritilanteissa (korkein ja matalin mitattu pohjaveden pinnantaso)(kuva 2). Poikkileikkauskuvat, joissa esitetään maalajin ja vedenjohtavuusarvon vaihtelut eri syvyyksissä sekä havaintoputkien siivilän pituus (kuva 3), auttavat arvioimaan havaintoputkien käyttökelpoisuutta ja edustavuutta kulkeutumismominaisuuksiltaan erilaisten haitallisten aineiden ja yhdisteiden tarkkailussa.

Visualisoinnin kehittämistyön tuloksia on esitetty yksityiskohtaisemmin vuonna 2015 laaditussa erillisessä raportissa (Luoma ja Backman 2015).



Kuva 2. Pohjaveden pinnan asema Hangon Sandö-Grönvikin esimerkkialueella tilanteessa kun pohjavesi on korkeimmalla ja matalimmalla tasolla (Luoma ja Backman 2015).



Kuva 3. Hangon Sandö-Grönvikin pohjavesimuodostuman poikkileikkaus (Luoma ja Backman 2015).

5.2.3 Pohjavesimuodostumien haavoittuvuusanalyysi

POVEYTKE-hankkeessa kehitettiin ja testattiin Suomen hydrogeologiin olosuhteisiin soveltuva haavoittuvuusanalyysityökalua. Haavoittuvuusanalyysissä tunnistetaan pohjavesialueen luontaisesti herkimät osa-alueet, joilla erilaiset riskitoiminnot todennäköisimmin vaikuttavat pohjaveden tilaan (Luoma ym. 2016). Haavoittuvuusanalyysin ja -karttojen tekeminen pohjavesimuodostumista on hyödyksi mm. pohjaveden suojelussa ja maankäytön suunnittelussa.

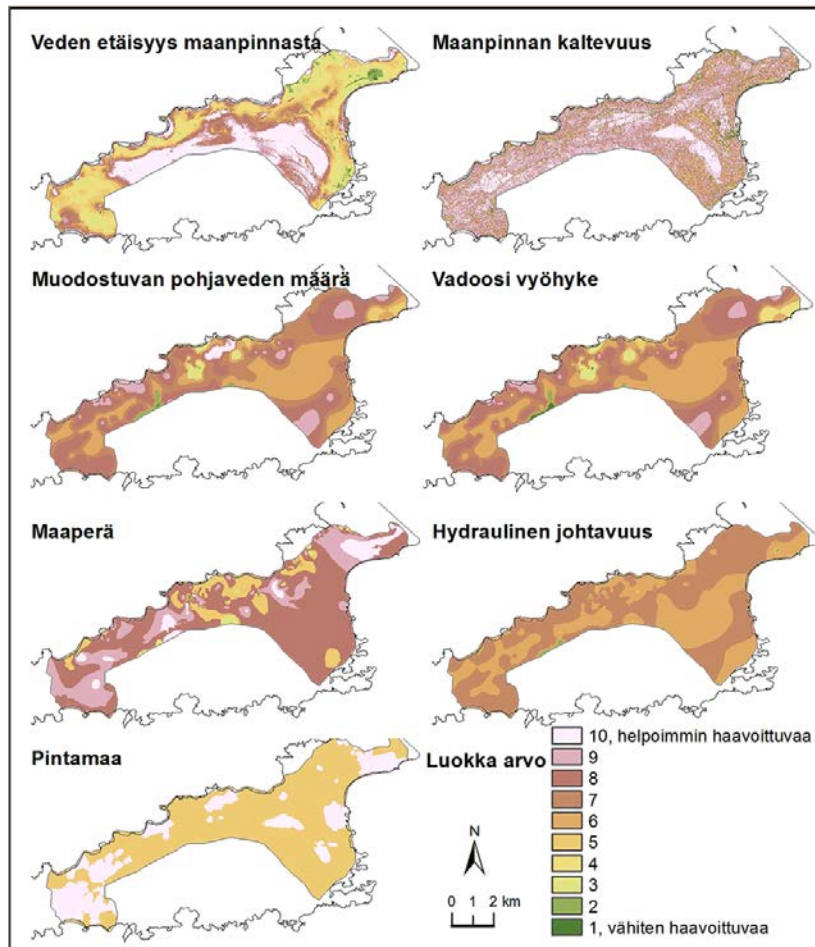
Haavoittuvuusanalyysin kehitystyön esimerkkialueena on Hankoniemen alue, jonka alueelle sijoittuvat on Hangon, Isolähteen, Lappohjan, Sandö-Grönvikin, Syndalenin ja Tvärminnen pohjavesialueet. Em. pohjavesialueet ovat osa I Salpausselän reunamuodostumaa. Ne ovat erilaisten ihmistoimintojen ja taajama-alueen toimintojen kuormittamia. Pohjaveden laadun riskitekijöitä ovat mm. asutus, vanha viemäriverkosto, vanhat öljysäiliöt, vanhat kaatopaikat, kemikaaleja käyttävät suuret teollisuuslaitokset ja maa-ainestenotto (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy 27.3.2013). Hankoniemen alueella on kuitenkin myös laajoja, lähes luonnontilaisia alueita.

Haavoittuvuusanalyysissä käytettiin DRASTIC-haavoittuvuusmenetelmää, joka on pääosiltaan yhteneväinen SINTACS-menetelmän kanssa, mutta DRASTIC-menetelmässä painoarvopisteitys on yksinkertaisempi (Luoma ym. 2016). POVEYTKE-hankkeessa menetelmää kehitettiin Suomen hydrogeologiin olosuhteisiin paremmin soveltuvaksi, helppokäyttöisemmäksi ja tulosten visualisointia helpommaksi eri käyttötarkoituksiin. DRASTIC-haavoittuvuuskartta on synteetikartta seitsemästä eri muuttujasta: veden etäisyys maanpinnasta, muodostuvan pohjaveden määrä, maaperä, pintamaa, maanpinnan kaltevuus, vadoosi vyöhyke ja hydraulinen johtavuus (Aller ym. 1985). Laskentaohjelmassa pohjavesialue on jaettu 2 x 2 metrin ruutuihin ja kaikki ruudut saavat seitsemän eri muuttujan osalta arvon joka jaetaan luokkaväleihin ja luokka-arvoon (taulukko 3). Jokaista luokkaväliä vastaa tietty luokka-arvo pohjaveden ominaisuuden haavoittuvuuden perusteella. Luokka-arvo on välillä 1 – 10, jolloin 10 merkitsee helpoimmin haavoittuvaa ja 1 vähiten haavoittuvaa ominaisuutta. Jokainen seitsemästä arvosta saa myös painoarvon välillä 1 – 5. Painoarvo 5 edustaa pilaantumispotentiaalille merkittävintä ja 1 vähiten merkitsevää tekijää.

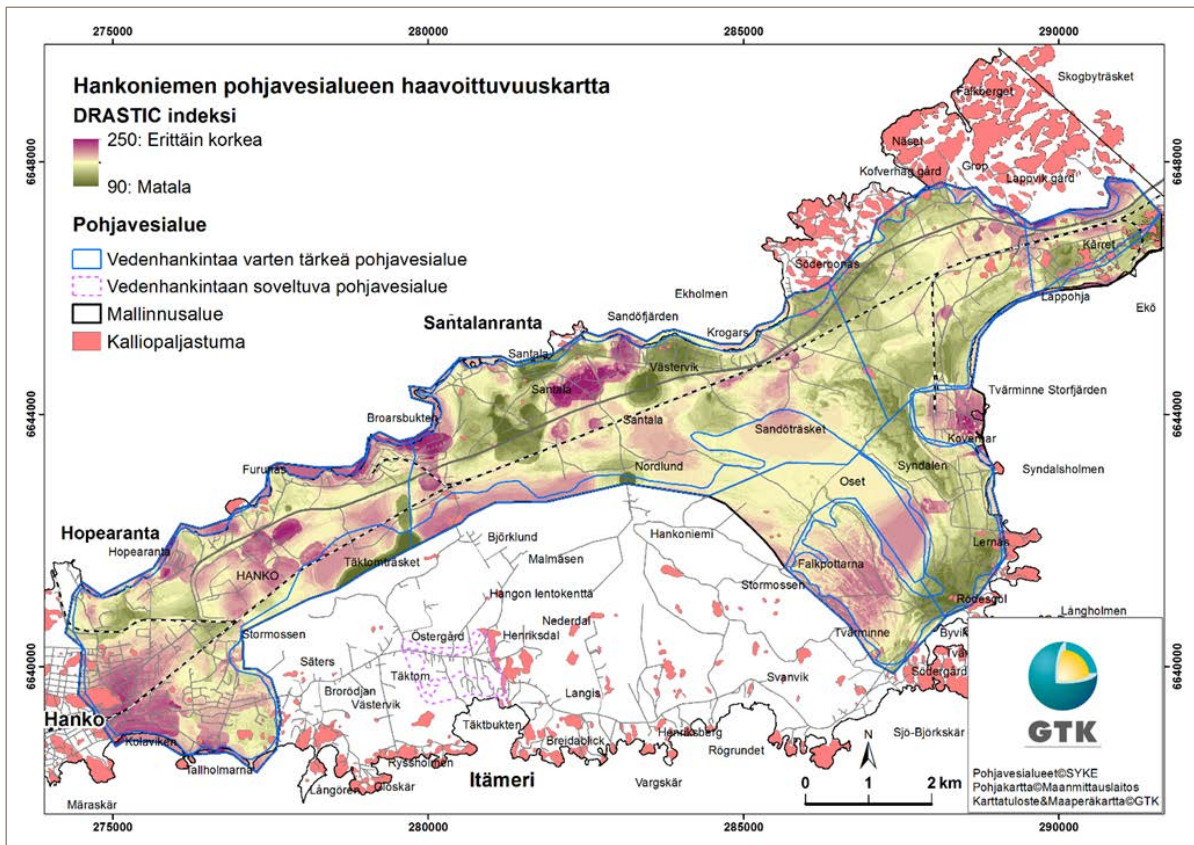
Haavoittuvuusanalyysin tulokset on esitetty alla olevissa kuvissa 4 ja 5. Kuvassa 5 on eri muuttujien perusteella laskettu synteetikartta. Hankoniemen haavoittuvuuskartassa DRASTIC-indeksi vaihtelee 90 (matala haavoittuvuusherkyys) ja 250 (erittäin korkea haavoittuvuusherkyys) välillä. DRASTIC-haavoittuvuusanalyysillä arvioidaan pohjavesialueen pilaantumispotentiaalia vain geologisten ja hydrologisten parametrien perusteella. Menetelmä ei ota kantaa myöskään haitta-aineen ominaisuuksiin, riskitoimintoihin, eikä pohjaveden virtaussuuntiin (Aller ym. 1987). Kuitenkin luontainen pohjavesimuodostuman haavoittuvuus ja sen vaihtelut eri osissa muodostumaa on akviferin perustieto, joka pitäisi olla saatavilla jokaisella pohjavesialueella. Menetelmä on helppo käyttää ja haavoittuvuusindeksikartan avulla voidaan vertailla ja priorisoida pohjavesialueen eri alueiden haavoittuvuutta. Alueilla, joilla on korkea pohjaveden pilaantumispotentiaali, tarvitaan yksityiskohtaisia kenttätutkimuksia ja kohdennettua pohjaveden laadun tarkkailua. Yhdistämällä pohjavesialueen suojelusuunnitelman riskikohdekartta ja haavoittuvuusanalyysin haavoittuvuusindeksikartta, voidaan riskinarvioinnissa huomioida ulkoisten riskitekijöiden lisäksi pohjavesimuodostuman luonnollinen haavoittuvuus (Luoma ym. 2.10.2017).

Taulukko 3. DRASTIC – haavoittuvuusanalyysin muuttujat ja niiden luokittelu sekä luokkaväli, luokka-arvo ja painoarvo (Luoma ym. 2.10.2017).

Parametri	Luokkaväli						
	D	R	A	S	T	I	C
	Veden etäisyys maanpinnasta (m)	Muodostuvan pohjaveden määrä (mm yr ⁻¹)	Maaperä	Pintamaa	Maanpinnan kaltevuus (%)	Vadoosi vyöhyke	Hydraulinen johtavuus (K-arvo, m/s)
Luokka-arvo (1-10)							
1	>20	<60	Savi tai savilinssi	Luonnontilainen maanpinta (1)	26-30	Savikerros	10 ⁻⁹ - >10 ⁻¹⁰
2	15-20	60-90	Siittinen-, hiekkainen-, sorainen savi		22-25	Siittinen-, hiekkainen-, sorainen savi	10 ⁻⁸ - 10 ⁻⁹
3	10-15	90-120	Siitti		19-21	Siitti, hiekkainen-, sorainen siitti	10 ⁻⁷ - 10 ⁻⁸
4	7-10	120-150	Hienoaines-moreeni		18-16	Hienoaines-moreeni	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁷
5	5-7	150-180	Hieno hiekka	Osittain luonnontilainen maanpinta (5)	13-15	Hieno hiekka	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁶
6	4-5	180-210	Hiekkamoreeni, Soramoreeni		10-12	Hiekkamoreeni, Soramoreeni	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁵
7	3-4	210-240	Keskikarkea hiekka		7-9	Keskikarkea hiekka	10 ⁻³ - 10 ⁻⁴
8	2-3	240-270	Karkea hiekka		5-6	Karkea hiekka	10 ⁻² - 10 ⁻³
9	1,5-2	270-300	Sora ja hiekka		3-4	Sora	10 ⁻¹ - 10 ⁻²
10	< 1,5	>300	Sora	Maanpintaosa on poistettu	0-2	Vadoosi vyöhyke puuttuu	>1 - 10 ⁻¹
Painoarvo (1-5)	5	4	3	5	2	5	3



Kuva 4. DRASTIC – haavoittuvuusanalyysi parametrien luokka-arvoina Hankoniemen alueella (Luoma ym 2.10.2017).



Kuva 5. Hankoniemen alueen DRASTIC – indeksiin perustuva haavoittuvuuskartta (Luoma ym. 2.10.2017).

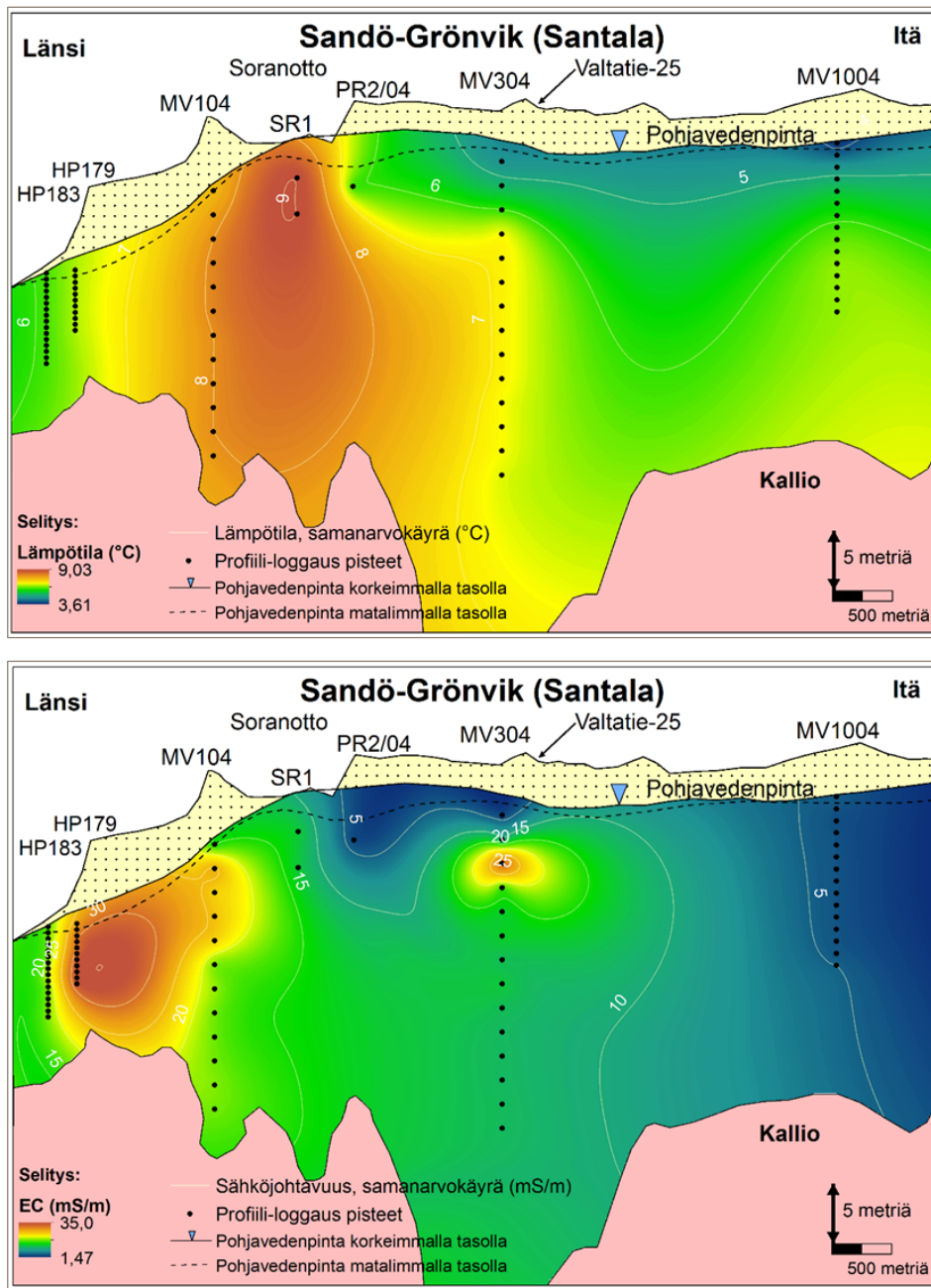
Haavoittuvuusanalyysin kehittämistyön tuloksia on esitetty yksityiskohtaisemmin vuonna 2017 laaditussa erillisessä raportissa (Luoma ym. 2.10.2017).

5.2.4 Pohjaveden laadun vaihtelun indikaattorit

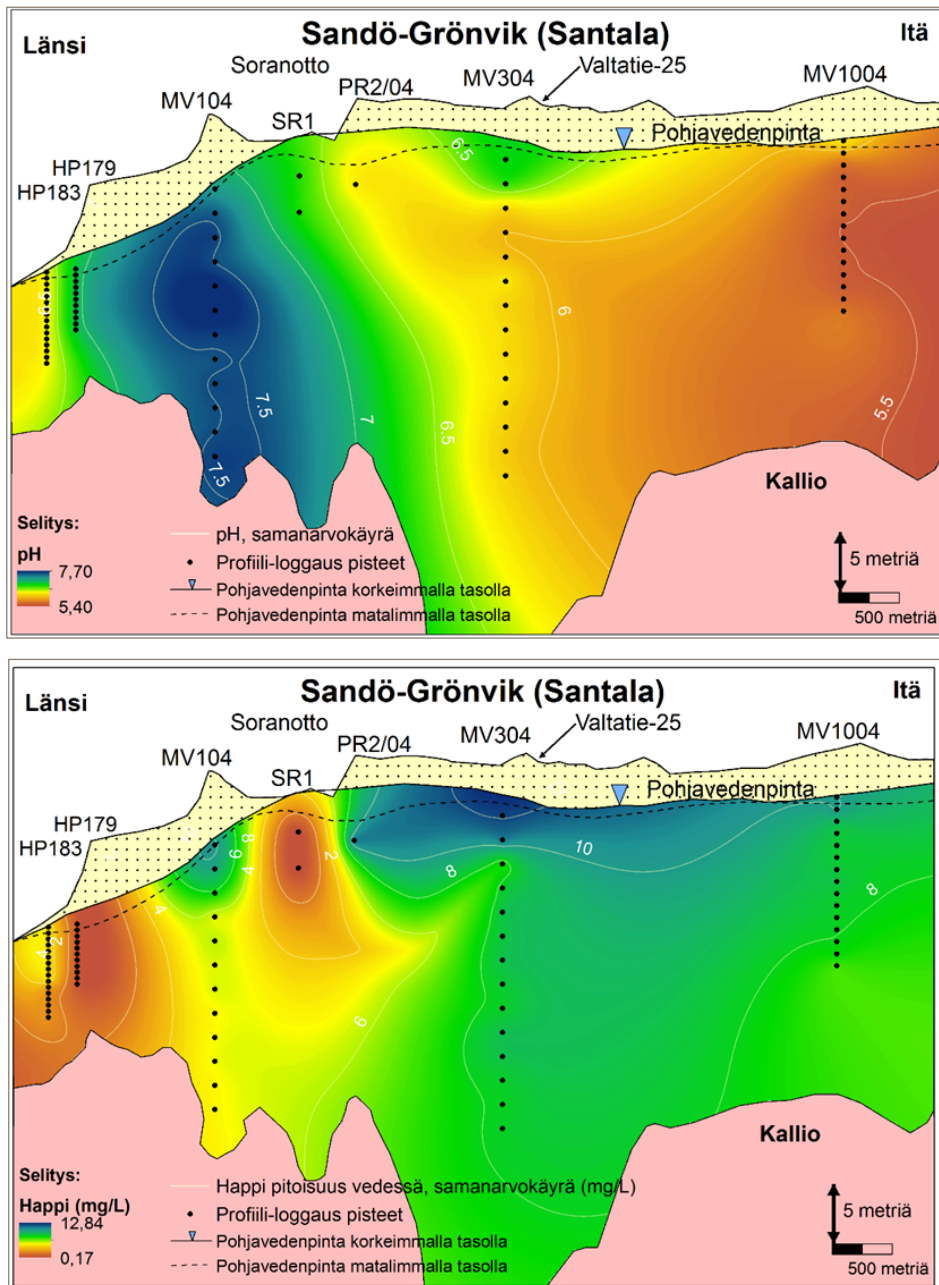
Havaintoputkissa kenttämittarilla tehdyillä pohjaveden laadun profiilimittauksilla voidaan tunnistaa osa-alueet ja syvyudet, joissa pohjaveden laatu poikkeaa taustapitoisuudesta. Laatu-poikkeaman indikaattoreina voidaan käyttää kenttämittarilla helposti mitattavissa olevia parametreja. Laadun poikkeamien avulla voidaan tunnistaa pohjaveden laadun muutoksille herkeitä alueita tai mahdollisesti pilaantuneita alueita/kerroksia, ja kohdentaa laadun tarkkailua näille kriittisille alueille.

Esimerkkinä profiilimittauksista on esitetty kuvissa 6 ja 7 Hangon Sandö-Grönvikin pohjavesialueella tehtyjen mittausten (Luoma ym. 2015) tulokset 2D-poikkileikkauksina. Pohjaveden lämpötila, sähkönjohtavuus, pH ja happipitoisuus mitattiin YSI Professional Plus-kenttämittarilla 10 havaintoputkessa pohjaveden pinnasta havaintoputken pohjaan asti 0,5 – 2,5 metrin välein. Kuviiin on merkitty myös pohjaveden pinta matalimmalla ja korkeimmalla havaitulla tasolla sekä pohjaveden riskikohteita mittausalueella (maa-aineksen ottoalue, valtatie 25). Havaintopaikan MV1004 voidaan katsoa edustavan taustapitoisuuksia. Mitattavissa parametreissa on havaittavissa sekä kerroksittaisia laadun poikkeamia (sähkönjohtavuudessa ja happipitoisuudessa) että

laaja-alaisempia ja koko pohjavesikerroksessa esiintyviä poikkeamia (lämpötilassa ja pH-arvossa).



Kuva 6. Profilimittausten lämpötila- ja sähkönjohtavuustulokset (Kuva: Samrit Luoma, GTK).



Kuva 7. Profiilimittausten pH- ja happipitoisuustulokset (Kuva: Samrit Luoma, GTK).

5.3 Havaintoputkien edustavuuden arviointi

Kun kartoitetaan pohjavesialueen tai useamman pohjavesialueen havaintoputkia yhteistarkkailun suunnittelua varten, on huomioitava, että Avoin tieto – ympäristötietojärjestelmän Pohjavesitietojärjestelmästä löytyvät havaintoputket eivät läheskään kaikki sovellu pohjaveden laadun tarkkailuun. POVEYTKE-hankkeessa kartoitettiin uusilla yhteistarkkailualueilla kaikkiaan 214 havaintoputkea, joista yli puolet (54 %) ovat soveltumattomia pohjaveden laadun tarkkailuun. Kaikki rautaputket luokiteltiin laadun tarkkailuun soveltumattomiksi. Myös matalat, vain pohjavesikerroksen pintaosaan asennetut putket, jotka ovat olleet usein kuivia, sekä erittäin niukka-

antoiset putket arvioitiin laadun tarkkailuun soveltumattomiksi. Erittäin niukka-antoisista putkista saatava vesi ei edusta hyvin johtaviin maakerroksiin varastoitunutta pohjavettä, ja niistä on vaikea saada riittävä määrä pohjavesinäytettä useita määrittäyksiä varten. Vedenottamoiden ennakoivassa tarkkailussa näytteenotto kohdennetaan antoisuudeltaan hyviin putkiin, joista otettavat näytteet edustavat pohjavesimuodostuman pohjaveden yleistä laatua. Erilaisten toimintojen mahdollisia pohjavesivaikutuksia selvittävässä velvoitetarkkailuissa on huomioitava toiminnassa käytettävät aineet ja kemikaalit, ja niiden sisältämien haitta-aineiden kulkeutumisominaisuudet. Putkikartoituksen tulosten avulla varmistetaan, että velvoitetarkkailuputkista otettavat näytteet edustavat sitä pohjavesikerroksen osaa, jossa mahdolliset haitta-aineet esiintyvät (Kivimäki ym. 2015). Tarkkailuun valitaan myös alueen taustapitoisuutta edustava putki. Havaintoputket voidaan jaotella maastomittausten tulosten ja putkikorttien perusteella laadun tarkkailuun tai pinnankorkeuden seurantaan soveltuviin havaintoputkiin. Alla on kuvattu putkikartoituksen maastomittausmenetelmät.

5.3.1 Havaintoputkien antoisuuspumppaukset

Havaintoputkien käyttökelpoisuutta ja toimivuutta arvioidaan antoisuuspumppauksilla, joiden yhteydessä tehdään pohjaveden laadun kenttämittauksia. Lämpötilaltaan 50 – 52 mm olevista HDPE- tai PEH-muoviputkista pumpataan vettä 3 x vesitilavuus, ja pumppauksen aikana säädetään pumppaustehoa siten, että saavutetaan tasapainotila. Tämä tarkoittaa sitä, että pohjavedenpinta ei laske vaan saavutetaan tasapainotila havaintoputkesta pumpattavan ja putkeen kertyvän vesimäärän välille. Pumppausteho ja pohjaveden pinnan korkeuslukema tasapainotilassa kirjataan ylös. Pumppaus tehdään läpivirtauskammion kautta, johon on kytketty kenttämittari. POVEYTKE-hankkeessa käytettiin YSI Professional Plus Quatro kenttämittaria, jolla mitattiin pohjaveden lämpötila, pH, sähkönjohtokyky, happipitoisuus ja hapetus-pelkistyspotentiaali. Pumppauksen aikana tapahtuneet muutokset veden laadussa ja aistinvaraiset havainnot (väri, saameus, haju) kirjataan ylös (Kivimäki ym. 2015).

5.3.2 Slug-testit

Kun halutaan selvittää tarkemmin maakerrosten vedenjohtavuus havaintoputken kohdalla, tehdään putkessa slug-testi. Se on nopea hydraulinen mittausmenetelmä, joka tuo lisätietoa etenkin niistä havaintoputkista, joissa putkikorttia tai muuta tietoa maaperän kerrosrakenteesta ei ole saatavilla. Testi suoritetaan siten, että havaintoputkeen lasketaan kaapelin varassa ohjelmoitava paineanturi lähelle pohjaa mittaamaan vedenpinnan muutoksia. Rising head -menetelmässä noudin lasketaan rauhallisesti putkeen. Kun vedenpinta on palautunut alkuperäiseen taasoonsa, noudin tempaistaan ylös. Vedenpinta laskee putkessa noutimen tilavuuden verran, kunnes palautuu normaalitasoonsa. Palautumiskäyrästä voidaan laskea vedenjohtavuusarvo eli K-arvo (Pullinen 2016 b).

POVEYTKE-hankkeessa tehtiin slug-testit valikoiduissa havaintoputkissa (Pullinen 2016a, 2016b ja 2017), ja mittaustuloksia käytettiin pohjaveden laadun anturimittausaseman testaukseen käytettävän havaintoputken valinnassa sekä anturimittausaseman teknisessä suunnittelussa. Slug-

testillä varmistettiin, että anturimittausaseman tiheästi toistuva esipumppausyksi ei laske pohjaveden pintaa liian alas, ja että pohjaveden pinta putkessa palautuu nopeasti pumppausjakson jälkeen. Anturimittausaseman toiminta ja käyttökokemukset on kuvattu luvussa 7.2.

5.3.3 Kehittämisehdotuksia

POVEYTKE-hankkeen kokemusten ja havaintojen perusteella esitetään joitakin kehittämisehdotuksia pohjavesialueilla sijaitsevien havaintoputkien määrän ja käyttökelpoisuuden tietouden varmistamiseksi:

- Velvoitetaan uusien havaintoputkien asennuksen yhteydessä putken haltijaa ilmoittamaan putken asennustiedot (putkikortit) Pohjavesitietojärjestelmän ylläpidosta vastaavalle viranomaiselle (ELY-keskus).
- Havaintoputket erotellaan Pohjavesitietojärjestelmässä eri luokkiin – esimerkiksi ai-noastaan pinnankorkeuden tarkkailuun soveltuvat putket (rautaputket, läpimitaltaan 25 – 35 mm olevat kapeat putket), kalliopohjavesiputket ja irtomaakerroksiin asennetut havaintoputket.
- Velvoitetaan havaintoputken haltijoita suojaamaan erityisesti riskialueilla sijaitsevat havaintoputket asianmukaisesti.
- Harkitaan riskialueilla sijaitsevien ja käyttämättömien havaintoputkien sulkemista (täyttämistä ja tiivistämistä) pysyvästi. Annetaan viranomaisohjeet putkien sulkemisesta.

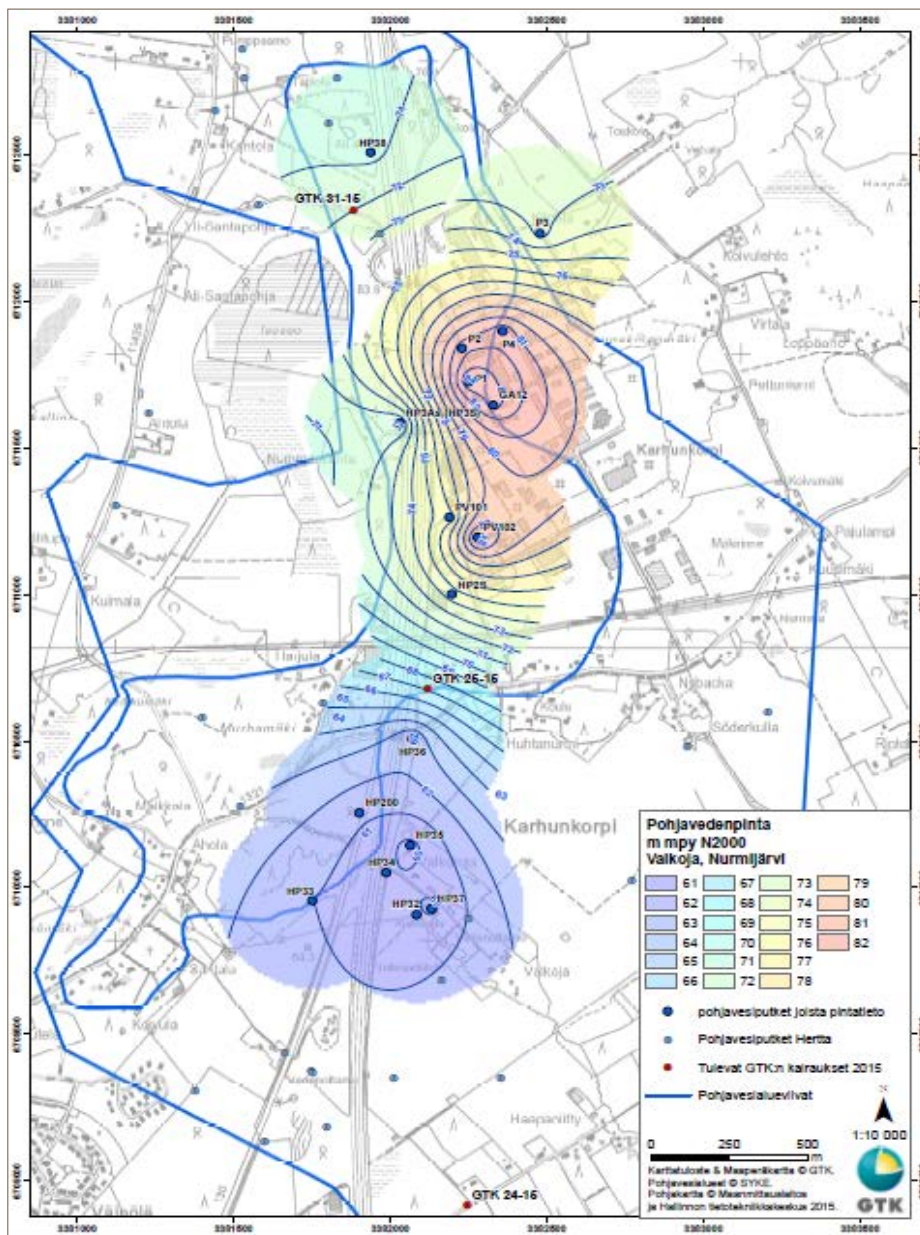
5.4 Maaperäkairaukset ja täydentävien havaintoputkien asennus

POVEYTKE-hankkeessa pyrittiin suunnittelemaan havaintoputkiverkosto valitsemalla edustavat tarkkailuputket olemassa olevista havaintoputkista. Uusia havaintoputkia asennettiin täydentämään havaintoputkiverkostoa seuraavista syistä:

- Pohjavesialueella, jolla on toiminnassa useita vedenottamoita, yhden vedenottamon sieppausalueella ei ollut pohjaveden laadun tarkkailuun soveltuvaa havaintoputkea, joten asennettiin ko. ottamolle uusi ennakoivan tarkkailun havaintopaikka.
- Varmistettiin kahta pohjavesiallasta erottavan kalliokynnyksen sijainti ja pyrittiin selvittämään tapahtuuko pohjaveden pinnan noustessa ohivirtausta.
- Asennettiin teollisuusalueen ja vedenottamon väliselle alueelle uusi ennakoivan tarkkailun havaintopaikka mahdollisten pohjavettä pilaavien aineiden päästöjen havaitsemiseksi.
- Korvattiin teollisuuslaitoksen tarkkailussa oleva vanha vaurioitunut havaintoputki uudella putkella.
- Asennettiin teollisuuslaitoksen alueelle uusi havaintoputki, jossa siivilä ulottuu pohjavesikerroksen pintaosaan, jotta putkesta saadaan otettua edustavia näytteitä öljyhii-livetyjen määrittämistä varten.

- Asennettiin osittain kallioalueella sijaitsevan teollisuuslaitoksen alueelle uusi havaintoputki, jolla saatiin varmistettua geofysikaalisten mittausten tulkinta siitä, että kallion pinta viettää siten, että laitoksen alueella on irtomaakerroksia ja vedellä kyllästynyt pohjavesikerros.

Uusien havaintoputkien asennuksesta sovittiin yhteistarkkailuryhmässä, ja uusien veloitettarkkailuputkien asennussuunnitelma esitettiin perusteluineen valvontaviranomaiselle hyväksyttäväksi ennen asennustyön aloitusta. Käytäntö osoittautui sujuvaksi ja toimivaksi. Kaikkien toimijoiden uusien havaintoputkien asennus yhteisenä tilaustyönä toi kustannussäästöjä. Kairausten yhteydessä tehtyjä havaintoja maalajivaihteluista ja kallion pinnan tasosta voidaan myös hyödyntää alueiden geologisten rakenneselvitysten laadinnassa ja tarkentamisessa.



Kuva 8. Nurmijärven Valkojan pohjavesialueen pohjaveden pintamalli, perustuen syyskuussa 2015 tehtyihin mittauksiin (Kuva: Tiina Kaipainen, GTK).

5.5 Edustavan yhteistarkkailuhavaintoputkiverkoston suunnittelu

Yhteistarkkailun suunnittelussa on olemassa olevien havaintoputkien käyttökelpoisuuden selvittämisen ohella ensisijaisen tärkeätä hahmottaa koko pohjavesimuodostuman virtauskuva, jotta havaintoputkiverkosto voidaan suunnitella kattavaksi ja edustavaksi mutta kuitenkin turhia uusia havaintoputkia välttäen. Läheskään kaikilla pohjavesialueilla ei ole laadittu geologista rakenneselvitystä ja/tai pohjaveden virtausmallia. Tällöin edullisin tapa selvittää virtauskuva on mitata pohjaveden pinnankorkeudet kertaluontoisesti kaikista havaintoputkista koko yhteistarkkailualueelta ja laatia pinnoista päivitetty pohjaveden pintamalli. POVEYTKE-hankkeen kohdealueilla havaintoputkista mitatuista pohjaveden pinnoista laskettiin ArcGIS-ohjelmiston Topo to grid-interpolointimenetelmällä pohjaveden pintamallit, joista arvioitiin pohjaveden virtaussuuntia (kuva 8).

5.6 Yhteenveto – hydrogeologiset selvitykset

Selvitettävät asiat	Toimenpiteet/Tietolähteet
1 Geologisen rakenteen selvittäminen	
1.1 Kallionpinta	Painovoimamittaukset, maatulkuotukset, maaperäkairaukset ja kalliovarmistukset, kallionpintamallit
1.2 Maanpinta	LiDAR-korkeusmalli
1.3 Irtomaakerrospaksuudet ja maalajit	Painovoimamittaukset, maatulkuotukset, maaperäkairaukset
1.4 Pohjavesialtaat ja pohjaveden virtauskuva	Havaintoputkien asennus, pohjavedenpinnan mittaukset, pohjaveden pintamallit, slug-testit, virtausmallinnus
1.5 2D- ja 3D-rakennemallit	Rakenneselvitykset, slug-testit, pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelut, virtausmallinnus
2 Haavoittuvuusanalyysit	
2.1 Veden etäisyys maanpinnasta	LiDAR-korkeusmalli, rakenneselvitykset, pohjavedenpinnan mittaukset, pohjaveden pintamallit
2.2 Muodostuvan pohjaveden määrä	Sadeasemat, virtausmallinnus
2.3 Maaperä	Maaperäkartat, maaperäkairaukset, painovoimamittaukset, maatulkuotukset
2.4 Pintamaa	Maaperäkartat, maapeitekartat, kaavakartat
2.5 Maanpinnan kaltevuus	LiDAR-korkeusmalli
2.6 Vadoosivyöhyke	Maaperäkartat, maaperäkairaukset
2.7 Hydraulinen johtavuus (K-arvo)	Maaperäkartat, maaperäkairaukset, maanäytteidien raekokojakauma, slug-testit, pumppaustestit
3 Kriittiset riskialueet yhteistarkkailualueella	
3.1 Riskitoiminnat	Suojelusuunnitelmat, vesihuoltolaitoksen Water Safety Plan (WSP), maastokatselmukset
3.2 Pohjaveden laadun muutokset ja anomaliat	Pohjaveden laadun profiilimittaukset kenttämittarilla, anturimittaukset, pohjavesinäytteenotto ja laboratoriomääritykset
3.3 Pilaantuneet alueet	Maaperän tilan tietojärjestelmä, PIMA-kunnostusten suunnittelu- ja loppuraportit
3.4 Pohjavedessä esiintyvät haitalliset aineet ja yhdisteet sekä niiden kulkeutumisominaisuudet	PIMA-kunnostusten suunnittelu- ja loppuraportit, aikaisemmat tarkkailutulokset

6 Yhteistarkkailuohjelman laadinta

Pohjavesien yhteistarkkailun kohteena oleville pohjavesialueille laaditaan yhteinen tarkkailuohjelma, **pohjavesien yhteistarkkailuohjelma**. Yhteistarkkailuohjelmaan liitetään yhteistarkkailun käynnistysvaiheessa selvitetty taustatiedot niin yhteistarkkailualueen hydrogeologisista ja geologisista ominaispiirteistä kuin alueella toimivista lupavelvollisista ja heidän tarkkailuvelvoitteistaan. Yhteistarkkailuohjelmassa esitetään pääpiirteittäin ne pohjavesien yhteistarkkailun toteuttamisen periaatteet, joista on sovittu yhteistarkkailuryhmän kesken. Yhteistarkkailuohjelman tärkein osuus on ehdotus yhteisen pohjavesitarkkailun järjestämisestä siten, että kaikkien osapuolten tarkkailuvelvoitteet täyttyvät.

6.1 Tarkkailuvelvoitteet

Yhteistarkkailuohjelmaan kootaan tiedot yhteistarkkailualueella voimassa olevien lupien mukaisista velvoitetarkkailuista. Alla on lueteltu tyypillisimmät yhteistarkkailuissa mukana olevat pohjavesitarkkailut:

- Vesihuoltolaitosten vedenottolupiin liittyvät velvoitetarkkailut
- Vesihuoltolaitosten ennakoivat veden laadun tarkkailut (vapaaehtoista)
- Ympäristölupiin liittyvät velvoitetarkkailut
- Maa-ainesten ottolupiin liittyvät velvoitetarkkailut
- Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden puhdistusten jälkitarkkailut
- Muut pohjavesitarkkailut, esimerkiksi ELY-keskusten kloridiseuranta
- Kuntien geoteknisten yksiköiden pohjaveden pinnankorkeuden tarkkailut.

Pohjavesien yhteistarkkailuohjelmassa esitetään yhteistarkkailuun osallistuvan vesihuoltolaitoksen vedenottolupiin liittyvät velvoitteet sekä alueella sijaitsevien toiminnanharjoittajien ympäristölupavelvoitteet. Myös maa-ainesten ottolupiin liittyvät velvoitetarkkailut liitetään osaksi yhteistarkkailusuunnitelmaa. Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden puhdistusten eli ns. PIMA-kohteiden jälkitarkkailut voidaan liittää osaksi yhteistarkkailusuunnitelmaa, jos yhteistarkkailuryhmän kesken niin sovitaan. PIMA-kohteista aiheutuvat usein merkittävimmät pohjaveden laatuun kohdistuvat riskit. PIMA-tarkkailujen määräaikaisuuden vuoksi ne kuitenkin usein rajataan yhteistarkkailujen ulkopuolelle. Kuntien geoteknisten yksiköiden pohjaveden pinnankorkeuden tarkkailuohjelmien liittämistä yhteistarkkailuun on hyvä esimerkki pääkaupunkiseudun pohjavesiyhteistarkkailu, jossa Helsingin, Espoon ja Vantaan kuntatekniikan keskuskeskukset ovat mukana yhteistarkkailussa.

6.2 Näytteenotto- ja analyysiohjelmien päivitys ja yhtenäistäminen

Yhteistarkkailuissa mukana olevien havaintopaikkojen näytteenottotiheys riippuu kunkin osapuolen lupavelvoitteista. Yhteistarkkailusuunnitelma laaditaan siten, että jokaisen osapuolen lupavelvoitteet täyttyvät. Näytteenotto- ja pinnanmittauskierrosten ajankohdat alkuperäisissä

tarkkailuohjelmissa voivat olla eri osapuolilla erilaiset. Yhteistarkkailusuunnitelmaa laadittaessa nämä kierrokset pyritään yhtenäistämään niin, että kaikkien osapuolten lupavelvoitteet täyttyvät ja mittaukset sekä näytteenotto saadaan suoritettua samanaikaisesti. Näytteenottoajankohdat voivat joidenkin toimijoiden osalta muuttua aiemmasta. Koska valvontaviranomaiset osallistuvat yhteistyöryhmän kokouksiin, voidaan jo yhteistarkkailuohjelman laadintavaiheessa varmistaa, että muutokset saavat hyväksynnän.

Mikäli toimijakohtainen tarkkailuohjelma on tarkkailtavan toiminnan muutosten tai muiden syiden vuoksi vanhentunut, se voidaan päivittää yhteistarkkailuohjelman laadinnan yhteydessä. Sen lisäksi, että kaikkien tarkkailuosapuolien lupavelvoitteet täyttyvät, tulisi yhteistarkkailuohjelman kaikkien osapuolien analyysivalikoimassa olla tietyt pohjaveden laadun perusparametrit. Näitä ovat ainakin pH, happipitoisuus, alkaliteetti, sameus, sähkönjohtavuus, kloridi, sulfaatti ja COD_{Mn}/TOC. Edellä mainitut parametrit kuvaavat pohjaveden laadun yleistä tilaa ja niiden avulla voidaan arvioida mahdollisten haitallisten aineiden ja yhdisteiden geokemiallisia ja biologisia muuntumisprosesseja. Mikäli em. laatuparametrit eivät sisälly jonkin osapuolen analyysivalikoimaan, tulisi ne lisätä tarkkailuohjelmaan. Yksinkertaisinta on sopia yhteistyöryhmän kesken, että nämä analyysit sisällytetään kaikkien tarkkailuosapuolien analyysivalikoimaan.

Sähkönjohtavuuden, happipitoisuuden ja pH:n laboratoriomääritykset voidaan korvata näytteenoton yhteydessä tehtävillä kenttämittauksilla. Etenkin pH ja liuenneen hapen pitoisuus ovat pohjavesinäytteissä hyvin muuntumisherkkiä, joten kenttämittauksella saadaan luotettavampi tulos kuin laboratoriomäärityksellä. Kenttämittausten luotettavuus on varmistettava kenttämitarin sensoreiden säännöllisellä huollolla ja kalibroimalla mitattavat laatuparametrit kalibrointistandardiliuksilla ennen kenttämittausta.

6.3 Pohjaveden pinnankorkeuden mittaukset

Myös pohjaveden pinnankorkeuden mittauksista voi olla määräyksiä tarkkailuvelvollisten lupapäätöksissä. Tyypillisesti lupamääräysten mukainen pohjaveden pinnankorkeuden mittaustiheys on 1-4 kertaa vuodessa. Mikäli mittauksia tehdään manuaalisesti neljä kertaa vuodessa, mittaukset tulisi jakaa tasaisesti kalenterivuoden ajalle siten, että mittaukset tehdään säännöllisin väliajoin, esimerkiksi aina kolmen (neljä pinnanmittauskertaa) tai kuuden (kaksi pinnanmittauskertaa) kuukauden välein. Suositeltavia mittaussajankohtia ovat esimerkiksi talvikausi helmimaaliskuu, kevätulamisajan aika huhti-toukokuussa, kesäkausi heinä-elokuussa ja syysateiden aika loka-marraskuussa. Näin saadaan tietoa pohjaveden pinnankorkeuden vuodenaikaisvaihteluista yhteistarkkailualueella.

Alueilla, joilla pohjavettä pumpataan vaihtelevalla teholla ja/tai rakentaminen tai muu toiminta vaikuttavat pohjaveden pinnankorkeuksiin, ovat muutaman kerran vuodessa tehtävät mittaukset riittämättömiä. Paineantureita, jotka voidaan ohjelmoida mittaamaan halutulla tiheydellä, käytetään paljon mm. vedenottamoiden tarkkailuissa, mutta niiden käyttöä olisi syytä lisätä myös muissa velvoitetarkkailuissa. Yhteistarkkailualueilla voidaan kustannustehokkaasti hyödyntää paineantureita valitsemalla kohdealueen pohjavesimuodostumaa edustava havaintoputki (yksi tai tarvittaessa useampi), joissa pinnankorkeutta tarkkaillaan tiheästi paineanturilla.

6.4 Näytteenotto- ja mittausmenetelmien yhtenäistäminen

Pohjavesinäytteenotto ja pohjaveden pinnankorkeuden mittaukset tulee suorittaa kaikissa yhteistarkkailualueen havaintoputkissa yhtenäisillä menetelmillä, voimassa olevaa kansainvälistä standardia SFS-ISO 5667–11 ja kansallisia ohjeistuksia noudattaen. Näytteiden kestäväinnissä, käsittelyssä ja säilytysajoissa (näytteenotosta laboratoriomäärityksen aloittamiseen) noudatetaan standardia SFS-EN ISO 5667-3.

Yhteistarkkailut on mahdollista toteuttaa niin, että pohjavesiyhteistarkkailun eri osapuolet käyttävät useita eri tarkkailua toteuttavia tahoja (konsultteja). Tämä edellyttää kuitenkin, että näytteenoton ja pinnanmittausten toimintatavat on sovittu tehtäväksi samalla tavalla kaikkien toimijoiden kesken. Kun näytteenotosta vastaavat sertifioidut ympäristönäytteenottajat, lähtökohtana on toimia tietyin periaattein. Näytteenotto-ohjeet antavat kuitenkin jonkin verran liikkumavaraa näytteenoton yksityiskohtien suorittamisessa, joten on tarpeen sopia, että esimerkiksi havaintoputkien esipumppaus tai näytteenotto öljyhiilivetyjen määrittystä varten suoritetaan yhteistarkkailuryhmässä samalla tavoin. Myös näytteenottosyvyyden määrittämisessä on noudatettava samoja periaatteita, putkikortissa esitetyt tiedot (siiviläosan syvyys, maalajien vaihtelut eri syvyyksissä) huomioon ottaen.

Kun kaikkien osapuolten pohjavesinäytteenotto ja pinnanmittaukset suoritetaan samoin periaattein, ovat tulokset edustavia ja keskenään vertailukelpoisia. Jos näytteenottoa toteuttavat useat konsultit, selkeintä on laatia näytteenotosta yksityiskohtaiset menetelmäohjeet, joita kaikki konsultit sitoutuvat noudattamaan. Näytteenoton vaiheet kirjataan havaintolomakkeisiin, joista tarvittaessa voidaan tarkistaa onko menetelmäohjeita noudatettu.

6.5 Näytteiden analysointi

Yhteistarkkailun pohjavesinäytteet analysoidaan soveltuvässä FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoimassa testauslaboratoriossa akkreditoituihin tai muuten hyväksytyihin menetelmiin. Kaikkien pohjavesien yhteistarkkailussa mukana olevien osapuolten vesinäytteet tulisi ensisijaisesti analysoida käyttäen samaa laboratoriota, vaikka näytteenottoa suorittavia tahoja olisi useampia. Kun kaikki yhteistarkkailun vesinäytteet analysoidaan samoissa laboratorioissa, ovat tulokset keskenään vertailukelpoisia. Eri laboratorioiden kesken on eroavaisuuksia niin määrittämis- ja mittausmenetelmissä, määrittämissä kuin mittausepävarmuuksissakin.

Pohja- ja talousvesinäytteitä analysoitaessa on lisäksi päästävä riittävän mataliin määrittämissä tarkkuuksiin, jotta tuloksia voidaan verrata talousvesiasetukseen (sosiaali- ja terveysministeriön asetus 1352/2015, muutos 683/2017) sekä pohjaveden ympäristölaatuunormeihin (valtioneuvoston asetus 341/2009).

6.6 Yhteistarkkailuohjelman hyväksyttäminen

Pohjavesiyhteistarkkailun näytteenotto- ja analyysiohjelma suunnitellaan siten, että se täyttää tarkkailuun osallistuvien tahojen lupien määräykset. Lähtötilanteessa toimijoilla on omat valvontaviranomaisen hyväksymät tarkkailuohjelmat, joiden toteutus näytteenoton, analysoinnin ja tulosten raportoinnin osalta yhdistetään. Mikäli kaikilla yhteistarkkailuun osallistuvilla tahoilla on oma ajantasainen valvontaviranomaisen hyväksymä tarkkailuohjelma, ei yhteistä yhteistarkkailuohjelmaa tarvitse erikseen hyväksyttää valvontaviranomaisilla. Tällöin kukin osallistuja noudattaa omaa tarkkailuohjelmaansa, mutta tarkkailut ja vuosiraportointi toteutetaan yhteenliittymänä. Yhteistarkkailuun liittyminen tai siitä irrottautuminen tapahtuu ilmoittamalla asiasta yhteistarkkailuryhmän kokouksessa.

Mikäli yhteistarkkailuohjelman laadinnan yhteydessä toimijakohtaisia tarkkailuohjelmia päivitetään esim. tarkkailtavien havaintoputkien tai analysoitavien laatumuuttujien osalta, muutokset on hyväksyttävä kunnan ympäristöviranomaisella ja/tai ELY-keskuksessa. Muutoksista voidaan laatia toimijakohtaiset esitykset valvontaviranomaisille tarkkailun muuttamista varten ja hakea niille erilliset viralliset hyväksymispäätökset. Sen sijaan laitosten sijaitessa samalla teollisuusalueella ja niiden toimintojen ollessa samankaltaisia, on todettu tarkoituksenmukaiseksi hyväksyttää ympäristöluvanvaraisten laitosten tarkkailuohjelmat yhteisesti. Tällöin ko. laitosten tarkkailujen muutokset hyväksytään yhdellä viranhaltijapäätöksellä. Yhteistarkkailuhankkeen kohdealueilla kertyi kokemusta molemmista edellä kuvatuista menettelyistä, ja kaikissa tapauksissa hyväksymisprosessi eteni nopeasti ja vaivattomasti. Vedenottolupien mukaisissa velvoite-tarkkailuissa valvontaviranomaisena toimii ELY-keskus, jossa on hyväksyttävä vesihuoltolaitoksen tarkkailun muutokset, samoin aluehallintoviraston luvittamien laitosten tarkkailujen muutokset.



Kuva 9. Yhteistarkkailuohjelman hyväksymisen menettelytapavaihtoehdot
(Kuva: Katariina Serenius, esitelmä kehittämishankkeen seminaarissa 27.10.2016).

POVEYTKE-hankkeen aikana saatujen kokemusten perusteella yhteistarkkailuohjelman hyväksyttäminen valvontaviranomaisilla oli sujuvampaa ja nopeampaa kuin mitä etukäteen oletettiin. Virallista käsittelyä sujuvoitti se, että yhteistarkkailuohjelmaluonnos ja mahdolliset muutokset aikaisempiin erillisiin tarkkailuohjelmiin verrattuna esiteltiin yhteistarkkailun yhteistyöryhmän kokouksissa, joissa valvontaviranomaistahot olivat myös edustettuina. Muutoksista ja niiden perusteluista käytiin kokouksissa keskustelua, jolloin kaikki osallistujatahot hyväksyivät ne alustavasti.

Sujuvin vaihtoehto yhteistarkkailuohjelman hyväksymiselle vaihtelee aluekohtaisesti, riippuen osallistujatahojen toimintaan liittyvien lupien myöntäjätahoista ja toimivaltaisista valvontaviranomaisista sekä muutosten laajuudesta. Hyväksymismenettelystä voidaan sopia yhteistyöryhmän kokouksissa samalla kun sovitaan tarkkailuohjelmien päivitystarpeista. Hyväksyminen yhtä toimijaa koskevan tarkkailun muutokselle pitää hakea myös, jos yhden mukana olevan tahon tarkkailua muutetaan (esim. toiminnan merkittävästi muuttuessa) tai yhteistarkkailuun liittyy kokonaan uusi toimintansa aloittava toimija/laitos. Jos yhteistarkkailuun liittyy toimija, jonka tarkkailuohjelman valvontaviranomainen on jo hyväksynyt eikä ohjelmaan tehdä muutoksia, on valvontaviranomaiselle tehtävä vähintään ilmoitus yhteistarkkailuun liittymisestä (kuva 9).

6.7 Yhteenveto – yhteistarkkailuohjelman laadinta

Selvitettävät asiat	Toimenpiteet/Tietolähteet
1 Taustatietojen kerääminen	
1.1 Alueen maa- ja kallioperätiedot	GTK:n maaperä- ja kallioperäkartat, rakenneselvitykset; Avoin tieto-ympäristötietojärjestelmän Pohjavesitietojärjestelmä
1.2 Pohjavesialueiden tiedot, hydrogeologia	Avoin tieto-ympäristötietojärjestelmän Pohjavesitietojärjestelmä; aiemmat selvitykset, rakenneselvitykset
1.3 Alueella sijaitseva havaintoputkiverkosto	Avoin tieto-ympäristötietojärjestelmän Pohjavesitietojärjestelmä; aiemmat selvitykset, toimijoiden velvoite-tarkkailut
1.4 Havaintoputkien soveltuvuus tarkkailuun	Aiemmat selvitykset, rakenneselvitykset, putkikortit, putkimittaukset ja kenttähavainnot
1.5 Pohjaveden virtauskuva	Aiemmat selvitykset, rakenneselvitykset, karttatulkinta; pohjaveden pinnanmittaukset ja pintamallit; mallin-nus/visualisointi
1.6 Pohjaveden laatu	Aiemmat selvitykset, toiminnanharjoittajien tarkkailulu-lokset, suojelusuunnitelmat
1.7 Pohjavesialueen riskitoiminnot	Suojelusuunnitelmat
2 Yhteistarkkailuohjelman laadinta	
2.1 Yhteistarkkailun osapuolten tarkkailuoh-jelmien kokoaminen	Kootaan eri osapuolten luvat ja tarkkailuohjelmat
2.2 Analyysivalikoimien yhtenäistäminen	Analyysivalikoimat ja määritysmenetelmät yhtenäiste-tään (lupavelvoitteet tulee täytyä)
2.3 Pinnanmittauskierrosten yhtenäistäminen	Pinnanmittausajankohdat yhtenäistetään, paineanturit (lupavelvoitteet tulee täytyä)
2.4 Yhteisen tarkkailuohjelman laatiminen	Yhteistarkkailuohjelma laaditaan siten, että em. kohdat on yhtenäistetty soveltuvin osin ja kaikkien lupavelvoit-teet täyttyvät
3 Tarkkailuohjelmaluonnoksen kommentointi	
3.1 Tarkkailuohjelmaluonnoksen kommentointi	Yhteistarkkailun osapuolet sekä valvontaviranomaiset voivat kommentoida suunnitelmaa
3.2 Yhteistarkkailuohjelmaluonnoksen esittely yhteistyöryhmän kokouksessa	Kommentit käydään yhteisesti läpi ja sovitaan, miten ratkaistaan. Konsultilta luonnosehdotus
3.3 Yhteistarkkailuohjelman viimeistely	Suunnitelman viimeistely saatujen kommenttien perus-teella. Karttaliitteiden laadinta yhteistyöryhmän toivei-den mukaisesti
4 Yhteistarkkailuohjelman hyväksyttäminen	
4.1 Tarkkailuohjelman hyväksyttäminen yhteistyöryhmässä	Suunnitelma voidaan hyväksyä kokouksessa tai sähkö-postikuittauksella
4.2 Tarkkailuohjelman hyväksyttäminen valvontaviranomaisilla	Useita menettelyvaihtoehtoja; yhdessä tai erikseen toi-mijakohtaisesti. Sovitaan menettely yhteistyöryhmässä
4.3 Aiemmasta tarkkailusta poikkeavien tark-kailujen hyväksyttäminen viranomaisilla	Useita menettelyvaihtoehtoja; yhdessä tai erikseen toi-mijakohtaisesti. Sovitaan menettely yhteistyöryhmässä. Muutoksille oltava valvontaviranomaisen hyväksyntä

7 Anturimittaukset ja tiedonsiirrot

Pohjaveden velvoitetarkkailuissa ei kustannussyistä useinkaan käytetä jatkuvatoimisia pohjaveden laadun anturimittauksia, ellei niitä lupamääräyksissä erityisesti määrätä käytettäväksi. POVEYTKE-hankkeessa oli yhtenä tavoitteena edistää jatkuvatoimisten mitta-antureiden (paineanturit ja veden laadun anturimittaukset) nykyistä laajempaa käyttöä velvoitetarkkailuissa. Mitta-antureiden avulla havaitaan mahdolliset äkilliset ja lyhytaikaiset muutokset pohjaveden pinnan korkeudessa ja laadussa, ja voidaan kohdentaa riskienhallinnan toimenpiteet kriittisille alueille ja ajanjaksoille.

7.1 Paineanturit

Paineantureita on käytetty jo pitkään mm. vesihuoltolaitoksilla pohjaveden pinnankorkeuden tarkkailuun vedenoton vaikutusalueilla. Pohjaveden laadun velvoitetarkkailuissa voitaisiin kuitenkin nykyistä laajemmin hyödyntää paineantureita. Riittävän tiheään ja oikeasta kohdasta tehty pohjaveden pinnankorkeusmittaukset ovat välttämättömiä, kun tulkitaan pohjaveden virtaussuuntia ja pohjaveden laadun tarkkailutuloksia, ja arvioidaan syitä mahdollisesti havaittaviin laatupoikkeamiin.

Paineanturit asennetaan yleensä yhteistarkkailualueella vain muutamiin edustaviin havaintoputkiin. Tarkkailun kohteena olevan pohjavesimuodostuman alueelta voidaan valita sellaiset havaintoputket, joiden voidaan arvioida edustavan pääasiallisen pohjavesialtaan (ja mahdollisten erillisten pohjavesialtaiden) pohjaveden pinnankorkeuden vaihteluita. Näissä edustavissa havaintoputkissa paineanturi ohjelmoidaan mittaamaan painetasoa esimerkiksi kerran vuorokaudessa. Siten saadaan jäljitettyä pohjaveden pinnankorkeuden todelliset vuodenaikaisvaihtelut ja mahdolliset äkilliset muutokset esim. paineellisen pohjaveden alueella tehtävissä maanrakennushankkeissa.

POVEYTKE-hankkeen kohdealueilla paineantureita asennettiin jokaisella pohjavesialueella 1-2 havaintoputkeen. Eräillä alueilla vesihuoltolaitos on jo aikaisemmin asentanut paineantureita useisiin eri puolilla pohjavesialuetta sijaitseviin havaintoputkiin. Paineantureiden hankinta-, asennus- ja tiedonsiirtokustannuksista vastaa yleensä vesihuoltolaitos tai kunnan/kaupungin geotekninen yksikkö. Joissakin tilanteissa paineantureiden kustannukset voidaan myös sopia jätettäväksi kaikkien yhteistarkkailuun osallistuvien tahojen kesken, jolloin toimijakohtainen kustannusosuus on kohtuullinen. Erityisesti yhteistarkkailualueilla, joilla saman pohjavesimuodostuman alueella on useita maa-aineksen ottoalueita, voisi yhteisten paineantureiden käyttö olla luotettava ja kustannustehokas tapa toteuttaa pohjaveden pinnankorkeuden tarkkailuvelvoitteet.

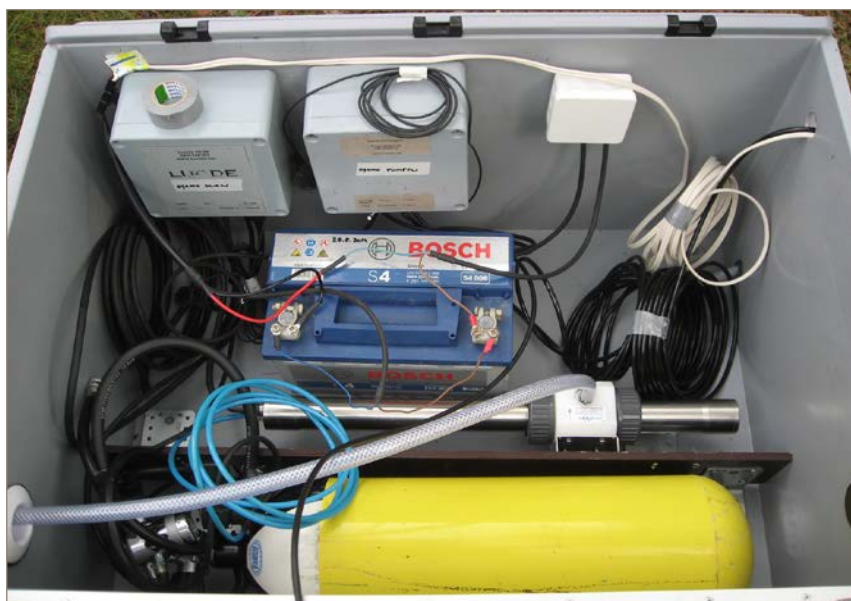
7.2 Pohjaveden laadun anturimittaukset

Pohjaveden laadun anturimittauksilla saadaan kriittisillä alueilla jäljitettyä pohjaveden laadun nopeat muutokset ja tiettyjen laatuominaisuuksien vaihteluväli. Havaintoputkissa tehtävissä anturimittauksissa, joissa mitta-anturi asennetaan havaintoputkeen, on usein haasteena, miten saadaan varmistettua edustava anturimittausulos. Etenkin, jos maakerrosten vedenjohtavuus on pieni, voi pohjaveden liike putkessa olla vähäistä, jolloin mittausulos ei riittävällä tarkkuudella edusta pohjavesimuodostumassa varastoitunutta ja virtaavaa pohjavettä.

Anturimittausten edustavuuden varmistamiseksi POVEYTKE-hankkeessa suunniteltiin uudenlainen pohjaveden laadun anturimittausasema, jossa mittaus tapahtuu maanpinnalla olevassa kyvetissä (eli mittausastiassa, jota käytetään optisissa mittauksissa), ja pumppu ohjelmoidaan ennen määrävälein tehtävää mittauspumpuun vettä pois putkesta yhden vesitilavuuden verran. Vedestä mitattiin S::CAN Spectro::lyser UV-VIS -spektrometrillä (35 mm kyveti) sameus, liennut orgaaninen hiili (DOC) ja nitraatti+nitriitti-typpi (NO₃-NO₂-N). Spectro::lyser mittaa UV- ja näkyvän valon alueen spektrin välillä 200-700 nm ja laskee mitatun spektrin perusteella em. laatumuuttajat (taulukko 4). Anturimittausaseman havaintoputkeen asennettiin myös ilmanpaine-kompensoitu STS-paineanturi (mittausalue 0-500 cm; resoluutio 0,1 cm; tarkkuus ±0,5 cm) mittaamaan pohjaveden pinnankorkeutta 10 minuutin välein. Anturimittausaseman teknisestä suunnittelusta ja asennuksesta vastasi Luode Consulting Oy (kuva 10). Mittausulokset olivat koko mittausjakson ajan tarkasteltavissa Luode Consulting Oy:n online-datapalvelun kautta.

Taulukko 4. Spectro::lyser (35 mm kyveti) spektrometrin mittaus tarkkuus.

Laatumuuttuja	Mittausväli	Resoluutio	Tarkkuus
sameus	0 – 170 FTU	0,1 FTU	±0,4 FTU
NO ₃ -NO ₂ -N	0 – 20 mg/l	0,01 mg/l	±0,05 mg/l
DOC	0 – 15 mg/l	0,01 mg/l	±0,1 mg/l



Kuva 10. Anturimittausaseman prototyypin mittauslaitteisto (Luode Consulting Oy).

Anturimittausasema suunniteltiin suojarakenteiltaan riittävän kevyeksi, jotta asema on helppo ja nopea asentaa ja tarvittaessa purkaa ja siirtää toiseen kohteeseen. Mittalaitteet oli kuitenkin saatava suojattua sateelta ja pakkaselta, sekä mahdolliselta ilkeivallalta. Testausvaiheessa suojaus toteutettiin yksinkertaisesti lukittavalla suojalaatikolla (kuva 11).

Anturimittausasemaa testattiin kahdessa eri kohteessa. Ensimmäinen asema asennettiin elokuussa 2016 Lohjanharjulle alueelle, jonka läheisyydessä on suljettu kaatopaikka (kuva 11). Alueen pohjavedessä on toistuvasti todettu VOC-yhdisteitä (mm. MTBE:tä). Pohjaveden laadun mittausta tehtiin kolmen tunnin välein ja laitteen optiikka puhdistettiin paineilmalla ennen jokaista mittausta. Pumppaus ja mittaus tehtiin seuraavalla syklillä (* kuvaa tasatunteja, numerot minuutteja): **:45 optiikan paineilmapuhdistus => **:50 esipumppaus päälle => **:55 esipumppaus seis => **:58 spektrin mittaus. Esipumppausvesi johdettiin sadevesiviemäriin. Mittausjakson pituus oli 2,5 kuukautta.



Kuva 11. Anturimittausaseman prototyyppi Lohjanharjulla lokakuussa 2016 (kuva J.Lindholm, LUVY).

Toisessa kohteessa Hyvinkäänkylässä anturimittausasema asennettiin maaliskuussa 2017 joki-uoman läheisyydessä sijaitsevaan havaintoputkeen (kuva 12), jossa on ollut ylivirtaamakausina havaittavissa pohjaveteen sekoittuneen jokiveden vaikutus. Tässä havaintoputkessa pohjaveden laadun mittausta ohjelmoitiin tehtäväksi kerran tunnissa. Koska mittausasema asennettiin talvikaudella, ohjelmoitiin jäätyksen välttämiseksi pumppaus kaksi kertaa tunnissa 5 minuutin ajaksi (**:05 - **:10 ja **:35 - **:40). Mittaus tehtiin kerran tunnissa (**:37) ja paineilmapuhdistus kerran tunnissa (**:39). Ennen mittausta pohjavettä pumpattiin putkesta pois 2 minuuttia, minkä jälkeen mittausta tehtiin pumppauksen edelleen ollessa käynnissä. Esipumppausvesi johdettiin nurmialueelle joen törmälle (etäälle putkesta), koska lähellä ei ollut sadevesiviemäriä. Mittausjakson pituus oli 4 kuukautta.



Kuva 12. Anturimittausaseman asennusta Hyvinkäänkylässä maaliskuussa 2017 (kuva A.-L.Kivimäki, VHVSY).

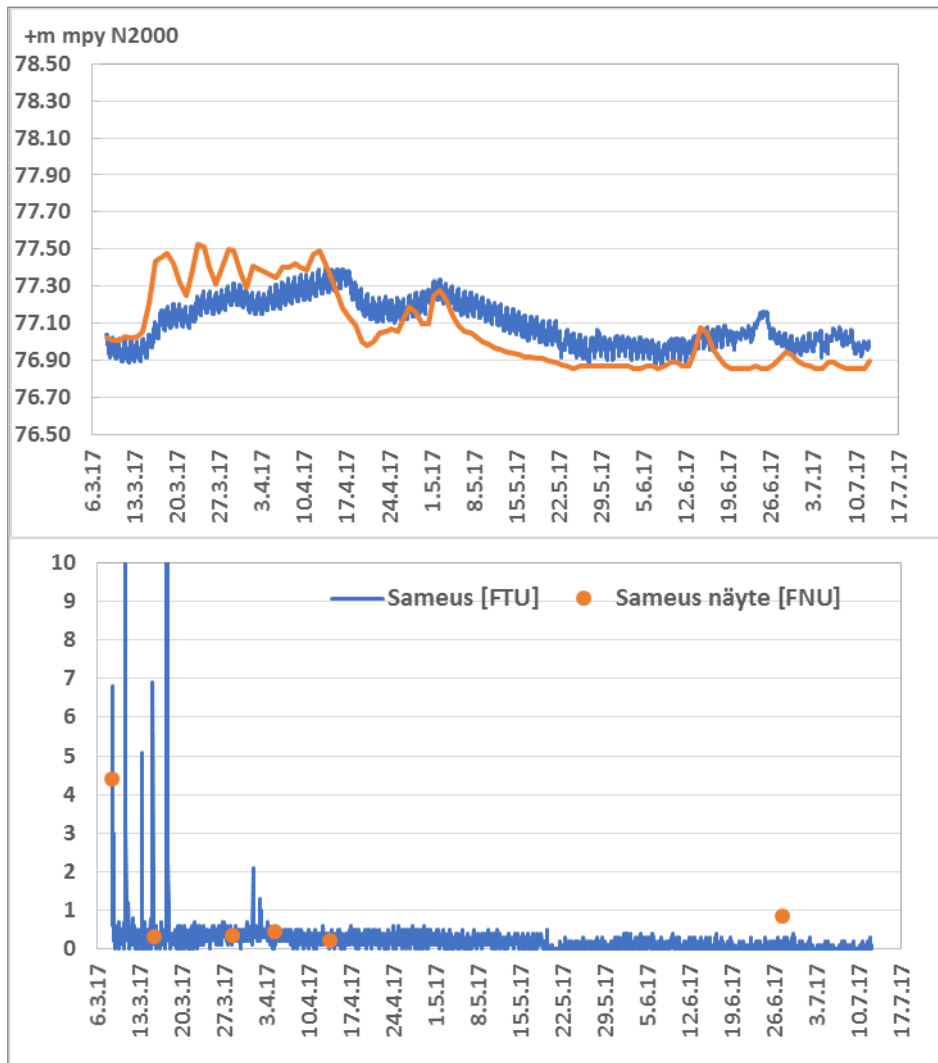
Anturimittaustulosten kalibroimiseksi otettiin molemmilla anturimittausasemilla pohjavesinäytteitä noin kahden viikon välein, ja näytteistä määritettiin anturilla mitattavat laatuominaisuudet. Kalibrointinäytteet pyrittiin ottamaan mitattavien laatuominaisuuksien eri pitoisuustasoilla. Kun pohjaveden laadussa ja/tai pinnankorkeudessa havaittiin muutos, määritettiin kalibrointinäytteistä myös haihtuvat orgaaniset yhdisteet (Lohjanharjun asemalla) ja koliformiset bakteerit ja *E.coli*-bakteerit (Hyvinkäänkylän asemalla). Anturimittausten tulokset kalibroitiin oikealle pitoisuustasolle kalibrointinäytteiden laboratoriomääritystulosten perusteella (korrelaatiotarkastelu eri pitoisuustasoilla, kalibrointi nollan kautta). Laboratorion DOC-määritysmenetelmän (SFS-EN 1484) epävarmuus pitoisuustasolla < 2 mg/l on 35 % ja pitoisuustasolla > 2 mg/l 15 %. Nitraatti- ja nitriittitypen laboratoriomäärityksen (SFS-EN ISO 13395:1997) epävarmuus pitoisuus-tasolla > 150 µg/l on 10 %.

Pumppaus-mittaus-sykli toteutettiin Lohjanharjun ja Hyvinkäänkylän testiasemilla eri tavoin, koska testialueilla on maakerrosten koostumus erilainen, mikä vaikuttaa oleellisesti havaintoputkien antoisuuteen ja pinnankorkeuden palautumiseen pumppausjakson jälkeen. Lohjanharjun anturimittausasemalla vedenjohtavuusarvo on $4,5E-06$ m/s, mikä on hienon hiekan-siltin vedenjohtavuuden tasolla (Pullinen 2016b). Hyvinkäänkylän anturimittausasemalla tehdyssä slug-testissä pohjaveden pinta palautui niin nopeasti, että mittaustuloksia K-arvon laskentaan ei saatu riittävästi (Pullinen 2017). Vedenjohtavuus Hyvinkäänkylän putken kohdalla on arviolta karkean hiekan-soran vedenjohtavuuden tasolla. Antoisuudeltaan heikommassa Lohjanharjun putkessa spektrin mittaus tehtiin esipumppauksen päätyttyä. Näytteenottopumpusta lähtevään letkuun asennettiin vastaventtiili, jotta vesi esipumppauksen päätyttyä pysyisi letkussa ja kyvetissä, eikä vettä pääsisi virtaamaan takaisin putkeen, aiheuttaen putken pohjalle kertyneen hienoaineksen sekoittumista. Hyvinkäänkylän putkella spektrin mittaus tehtiin esipumppauksen edelleen jatkuessa, eikä käytetty vastaventtiiliä.

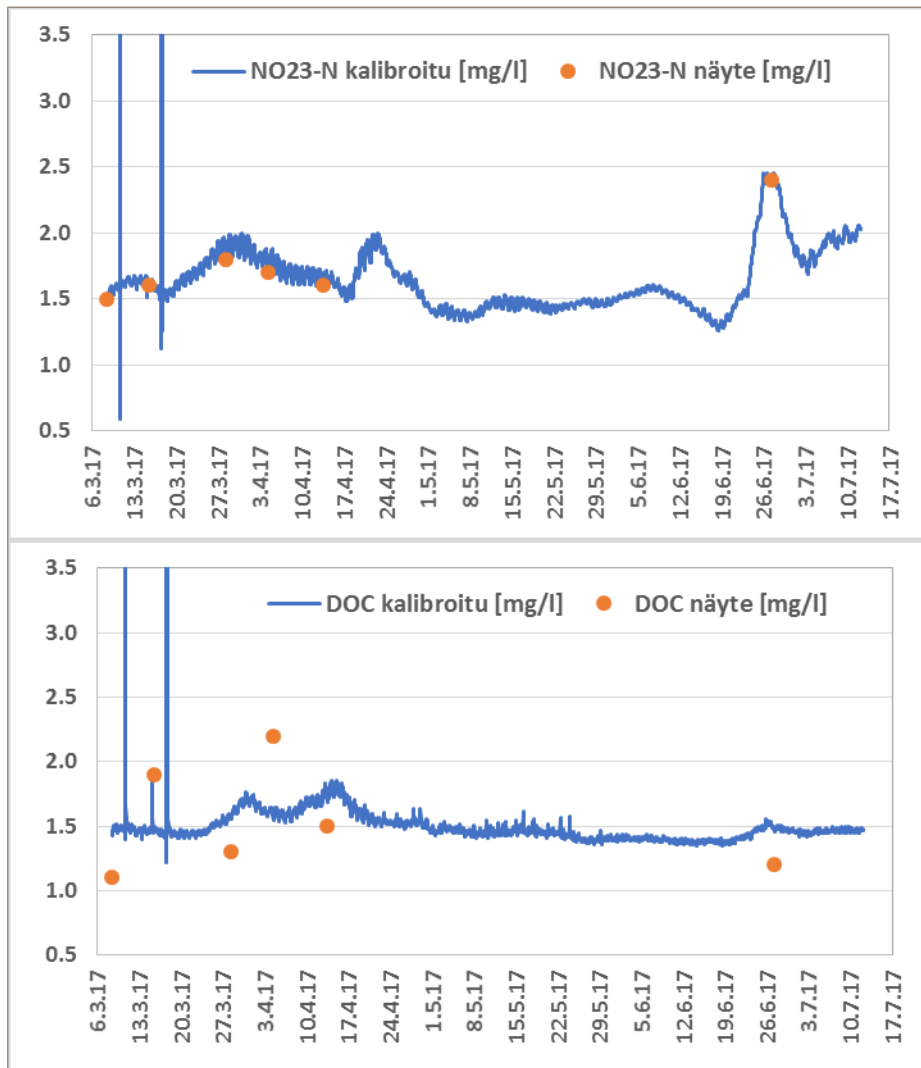
Anturimittausasemien huollosta ja teknisestä toimivuudesta pidettiin huoltopäiväkirjaa, johon kirjattiin huoltotoimenpiteet ja niiden yhteydessä tehdyt havainnot. Mittausteknisesti molemmat mittausasemat toimivat pääasiassa hyvin, myös talviolosuhteissa. Lohjanharjun mittausasemalla letkuun asennettu vastaventtiili aiheutti kuitenkin mittausjakson edetessä ongelmia. Venttiili toimi hyvin kuusi ensimmäistä viikkoa, mutta tämän jälkeen venttiiliin kertyvä hienoaines aiheutti toistuvasti vastaventtiilin juuttumisen auki-asentoon, mikä puolestaan aiheutti toimintahäiriön spektrin mittaamisessa (Kivimäki ym. 2016). Teknisesti toimivammaksi ja luotettavammaksi ratkaisuksi osoittautui spektrin mittaaminen esipumppauksen edelleen ollessa käynnissä, kuten Hyvinkäänkylän mittausasemalla tehtiin.

Lohjanharjun anturimittausaseman mittaustulokset syksyllä 2016 on esitetty hankkeen vuosiraportissa 2016 (Kivimäki ym. 2016). Veden laadun vaihtelut Lohjanharjun anturimittausasemalla olivat mitattavien laatumuuttujien osalta mittausjaksolla vähäisiä; NO₃-NO₂-typpipitoisuuden vaihteluväli oli 4,53 – 4,99 mg/l, ja DOC-pitoisuuden vaihteluväli oli 2,78 – 3,84 mg/l. DOC-mittaustuloksissa oli enemmän hajontaa kuin nitraatti-nitriittitypen mittaustuloksissa. Pitoisuuksien vähäinen vaihtelu selittynee ainakin osittain sillä, että ko. pohjavesivarasto on niin suuri, että mahdollisten pohjavesikerrokseen päätyvien yhdisteiden pitoisuudet laimenevat merkittävästi. Myös muutos pohjaveden keskimääräisessä pinnantasossa oli mittausjaksolla vain muutama cm. Lohjanharjun tulosten tarkemmassa arvioinnissa selvitettiin myös mahdollisuutta jäljittää spektreistä pohjavedessä esiintyviä orgaanisia yhdisteitä sekä tulkita hälytysrajat niille. Mittausjakson aikana otettiin havaintoputkesta neljä kertaa näytteet VOC-yhdisteiden määrittämiseksi analyysilaboratoriossa. Pohjavedessä todettiin toistuvasti MTBE:tä (pitoisuus 4 - 17 µg/l) ja merkkejä bensiinijakeista C₅-C₁₀, bentseenistä ja torjunta-aineyhdisteistä. Laittevalmistajan mukaan ko. pitoisuustasoilla ei 35 mm kyvetillä pystytä jäljittämään em. yhdisteiden esiintymistä pohjavedessä.

Hyvinkäänkylän anturimittausaseman mittaustulokset keväällä 2017 on esitetty kuvissa 13 ja 14. Mittausasema asennettiin kevään ylivirtaamakaudeksi, tavoitteena jäljittää jokiveden imeytymisen vaikutuksia pohjaveden laatuun. Kevät 2017 oli sikäli poikkeuksellinen, että jokiveden pinta ei noussut missään vaiheessa tulvakorkeuteen. Jokiveden pinta oli kuitenkin mittausjakson alussa maaliskuun puolivälistä huhtikuun puoliväliin hieman pohjaveden pintaa ylemmällä tasolla, mahdollistaen jokiveden sekoittumisen pohjavesikerrokseen. Tällä ajanjaksolla pohjaveden DOC-pitoisuudessa ja NO₃-NO₂-pitoisuudessa oli havaittavissa vähäistä nousua. Jokiveden DOC-pitoisuus oli tällöin 18 mg/l ja nitraatti-nitriitti-typen pitoisuus 1,6 mg/l. Aivan mittausjakson alkuvaiheessa esiintyneet äkilliset piikit kaikissa mitattavissa laatumuuttujissa johtuivat siitä, että mittausaseman havaintoputken rakenteellisesta puutteesta johtuen putkeen pääsi kulkeutumaan pintavaluntavesiä. Havaintoputken tiivistykset tarkistettiin ja korjattiin, minkä jälkeen pintavaluntavesiä ei enää päässyt vuotamaan havaintoputkeen. Kesäkuussa Vantaan jokiveden pinta nousi runsassateisten päivien (8.6. sadesumma 14 mm, 11.-13.6. sadesumma 23 mm, 26.-27.6. sadesumma 9,6 mm) seurauksena hetkittäin pohjaveden pintaa ylemmälle tasolle. Kesäkuun lopussa todettiin pohjavedessä hieman kohonneita nitraatti-nitriittityppipitoisuuksia. Tänä ajankohtana jokiveden DOC-pitoisuus oli 13 mg/l ja nitraatti-nitriitti-typen pitoisuus 1,9 mg/l.



Kuva 13. Pohjavedenpinta (sininen viiva), Vantaanjoen vedenpinta (oranssi viiva) sekä pohjaveden sameus (kalibroidut S::CAN Spectro::lyser-mittaustulokset ja laboratoriomääritysten tulokset) Hyvinkäänkylän anturimittausasemalla mittausjaksolla 8.3. – 12.7.2017. Mittausjakson alun piikkien perusteella jäljitettiin vuotokohta, josta pintavaluntavesiä pääsi kulkeutumaan havaintoputkeen.



Kuva 14. Pohjaveden NO₃-NO₂-N-pitoisuus ja DOC-pitoisuus (kalibroidut S::CAN Spectro::lyser-mittaus-tulokset ja laboratoriomääritysten tulokset) Hyvinkäänkylän anturimittausasemalla mittausjaksolla 8.3. – 12.7.2017. Mittausjakson alun piikkien perusteella jäljitettiin vuotokohta, josta pintavaluntavesiä pääsi kulkeutumaan havaintoputkeen.

7.3 Tarkkailutulosten tiedonsiirrot ja tiedonhallinta

POVEYTKE-hankkeen aikana otettiin LUVY:ssä käyttöön kenttäkirjausjärjestelmä, jossa näytteenottajat kirjaavat kentällä näytteenottotiedot ja kenttähavainnot sähköisesti kenttäkirjaussovelluksella. Kenttäkone korvaa aiemmin käsin kirjoitetut paperiset kenttälomakkeet. Sovelluksen havaintopaikkakohtaisiin havaintokortteihin kirjataan Kirjaus-välilehdellä kaikki pyydetty havainnot valmiiden valintalistojen mukaisesti. Sovellus vertaa kirjattavia tuloksia (esim. pohjavedenpinnan korkeus) aikaisempiin samalla havaintopaikalla kirjattuihin tuloksiin ja ilmoittaa poikkeavuuksista. Näin mahdollinen poikkeava tulos havaitaan välittömästi kentällä, havainto/mittaus-tulos voidaan tarkistaa ja tehdä muut tarvittavat lisätoimenpiteet. Sovellukseen liittyy karttanäkymä, jolle voi myös tallentaa lisätietoja kuten reitin havaintopaikalle, erityistä varovaisuutta ja työturvallisuustoimia edellyttävät alueet jne. Kartasta voi seurata omaa sijaintia integroidun GPS:n avulla. Näytteenottokierroksen jälkeen kenttätietokone yhdistetään sisäiseen

verkkoon, jolloin tiedot siirtyvät laboratoriojärjestelmään. Kenttäkoneen ja kenttäkirjaus-soveluksen ansiosta jää yksi käsin tehtävä kirjausvaihe pois ja samalla sekä työmäärä että virheiden mahdollisuudet vähenevät.

Tarkkailutulosten tiedonsiirtoja LUVY:n laboratoriojärjestelmästä pohjavesitulosten hallintajärjestelmään testattiin hankkeen aikana Lohjan vesilaitoksen aineistojen avulla. Lohjan vesilaitoksella on käytössään vesien tarkkailutulosten hallintajärjestelmä, johon on koottu Lohjan vesilaitoksen ennakoivan pohjavesitarkkailun, verkostoveden tarkkailun sekä vedenottamoiden raakaveden tarkkailutulokset. Laatutietojen ohella järjestelmään siirtyvät rajapintojen kautta myös yhdistyksen laboratoriojärjestelmään kirjatut pohjaveden pinnankorkeustiedot. Rajapintojen rakentamisen jälkeen tiedonsiirto on ollut automatisoitua ja tulokset siirtyvät laboratoriojärjestelmästä tarkkailutulosten hallintajärjestelmään lähes reaaliaikaisesti. Järjestelmän avulla vesilaitos on saanut tulokset käyttöönsä myös sähköisessä muodossa ja mm. graafisten kuvaajien laatiminen aineistoista onnistuu järjestelmässä muutamalla komennolla. LUVY vastaa järjestelmän ylläpidosta ja tietojen oikeellisuudesta Lohjan vesilaitoksen toimeksiannosta.

POVEYTKE-hankkeessa neuvoteltiin pohjavesiyhteistarkkailujen tulosten tiedonsiirtojen sujuvoittamisesta sekä Suomen ympäristökeskuksen että Uudenmaan ELY-keskuksen edustajien kanssa. Lohjan vesilaitoksen käytössä olevasta pohjavesitulosten hallintajärjestelmästä tiedot voidaan ladata mm. csv-tiedostoina, joita on mahdollista hyödyntää tiedonsiirroissa ympäristöhallinnon Pohjavesitietojärjestelmään. Muilla yhteistarkkailualueilla varmistettiin analyysilaboratorion kanssa, että tarkkailutulokset siirrettiin Pohjavesitietojärjestelmään sovitun määräajan kuluessa tulosten valmistumisesta.

7.4 Yhteenveto – anturimittausasema pohjaveden laadun tarkkailussa

ANTURIMITTAUSASEMA POHJAVEDEN LAADUN TARKKAILUSSA
1 Havaintoputken soveltuvuus anturimittausasemaksi
<ul style="list-style-type: none">• Havaintoputken siiviläosan sijoittuminen tarkistettava, jotta mitataan kerrosta, jossa pohjaveden laadussa on todettu muutoksia.• Pohjavedenpinnan syvyys maanpinnasta on sellainen, että pieni- tai keskitehoisen näytteenottopumpun nostokorkeus veden pumppauksessa on riittävä.• Vedenjohtavuus (K-arvo) havaintoputken kohdalla mieluiten vähintään tasolla $10^{-4} - 10^{-6}$ m/s.• Havaintoputkesta pumpattavan pohjaveden sameus on < 100 NTU. Anturimittauksessa päästään laboratoriomääritysten tarkkuustasolle DOC:n osalta sameudessa < 1000 NTU sameudessa, ja nitraatti-nitriittitypen osalta < 100 NTU sameudessa.
2 Mittauksen toteutus
<ul style="list-style-type: none">• Mittausasema on helppo siirtää tutkimuskohteelta toiselle. Mikäli aseman läheisyydessä ei ole käytettävissä sähköliittymää, akun vaihto edellyttää säännöllistä käyntiä mittausasemalla. Pumppausaikoja optimoimalla vähemmän akun vaihtokertoja. Valoisana aikana aurinkopaneelin käyttö tekee akun vaihdon tarpeettomaksi.• Esipumppaus ohjelmoidaan tehtäväksi hiljaisella pumppausteholla (tasapainotila) noin 1 x vesitilavuus. Tavoitteena häiritä pohjaveden virtausta mahdollisimman vähän.• Spektri mitataan esipumppauksen loppuvaiheessa, pumppauksen ollessa käynnissä.• Esipumppausvedet johdetaan etäälle havaintoputkesta sadevesiviemäriin tai muutoin siten, että ei tapahdu lammikoitumista tai muuta haittaa kiinteistölle.• Mittausjakson aikana otetaan kalibrintinäytteitä mitattavien laatumuuttujien eri pitoisuustasoilla. Kalibrintinäytteenotto ajoitettava siten, että jäljitetään pitoisuuksien ääripäät. Oikeat näyteajankohdat voidaan varmistaa mittausasemaan liitetyllä automaattisella näytteenottimella.

8 Pohjavesiyhteistarkkailun raportointimalli

8.1 Tarkkailutulosten väliraportointi

Jokaisen näytteenottokierroksen jälkeen laaditaan kullekin yhteistarkkailuun osallistuvalla taholla tiivis väliraportti, jossa tarkkailutulokset raportoidaan ja tulkitaan. Väliraportissa kuvataan näytteenottotapahtuma ja esitetään tarkkailutulokset sekä verrataan niitä aiempiin mittaustuloksiin. Väliraporttien tulisi olla lyhyitä kuvauksia suoritetusta toimenpiteistä sekä tärkeimmistä tuloksista ja mahdollisista poikkeamista. Väliraporttien tarkoituksena on antaa tietoa tarkkailusta mahdollisimman pian tarkkailutulosten valmistuttua, sekä kuvata mahdolliset poikkeavat tapahtumat tai havainnot. Näin ollen tarkkailuvuoden aikana voidaan vielä tarvittaessa suorittaa täydentäviä toimenpiteitä. Vuosiyhteenveto, jossa tulokset tarkastellaan tarkemmin, valmistuu viiveellä vasta seuraavan tarkkailuvuoden alussa.

8.2 Toiminta poikkeustilanteissa

Mikäli pohjavesien yhteistarkkailun eri osapuolten pohjavesitarkkailuissa todetaan jotain tavanomaisesta selvästi poikkeavaa, tulee asiasta ensimmäisenä informoida ko. tarkkailuvelvollista osapuolta. Tarkkailuosapuolen kanssa sovitaan jatkotoimenpiteistä, kuten kuka on yhteydessä valvontaviranomaiseen ja informoidaanko viipymättä myös yhteistarkkailualueen vesilaitosta. Ilman toiminnanharjoittajan lupaa (= kirjallista vahvistusta sähköpostitse) ei tarkkailun toteutuksesta vastaava taho (konsultti) saa kertoa havaitsemiaan tietoja eteenpäin.

8.3 Vuosiraportti

Kaikkien kohdealueella pohjavesien yhteistarkkailuun osallistuvien tahojen tarkkailutulokset raportoidaan yhteisessä vuosiyhteenvetoreportissa. Vuosiraportissa esitetään tarkkailuvuoden tulokset sekä pohjaveden pinnankorkeuden mittausten että pohjaveden laadun osalta ja verrataan tuloksia aiempiin tarkkailutuloksiin. Veden laadusta sekä pinnanmittaustuloksista laaditaan graafiset aikasarjakuvaajat, joiden avulla tuloksia ja muutostrendejä voidaan havainnollistaa. Vuosiraportissa pohjaveden laatua ja pinnankorkeuksia yhteistarkkailualueella on hyvä tarkastella alueellisesti, laajoilla kohdealueilla osa-alueittain. Vuosiraporttiin on kuitenkin tarpeen sisällyttää myös tiivistelmät tuloksista toimijakohtaisesti, joista toiminnanharjoittajat itse sekä toimintoja valvovat viranomaiset saavat kyseisen tarkkailuosapuolen tulokset tiiviisti raportoitua. Teollisuuslaitoksilla on usein sekä prosessijätevesiin, pintavesiin että pohjavesiin liittyviä tarkkailuvelvoitteita. Mahdollisten vesiympäristöön kohdistuvien vaikutusten kokonaiskuvan saamiseksi on tärkeää, että pohjavesitarkkailun tulokset on vuosiraportissa arvioitu lyhyesti myös laitoskohtaisesti.

Mikäli tarkkailutuloksissa havaitaan poikkeamia aiempiin tarkkailutuloksiin nähden, esitetään vuosiraportissa asiantuntija-arvio siitä, mistä poikkeamat voivat johtua. Vuosiraportissa esite-

tään myös tarkkailutulosten tulkintaa sekä johtopäätökset tarkkailutuloksista. Pohjaveden laatu verrataan talousvedelle annettuihin laatuvaatimuksiin ja –tavoitteisiin (sosiaali- ja terveysministeriön asetus 1352/2015, muutos 683/2017) sekä pohjaveden ympäristölaatunormeihin (valtioneuvoston asetus 341/2009).

Koska pohjavesinäytteiden testauselosteet toimitetaan tilaajille yleensä väliraportoinnin yhteydessä, vuosiraportin liitteenä esitetään analyysitulokset usein vain yhteenvetotaulukon muodossa. Taulukkoihin on hyvä sisällyttää myös aikaisempia tarkkailutuloksia, esimerkiksi viimeisen viiden vuoden ajalta. Analyysimenetelmät, määrittämissä ja mittausepävarmuudet liitetään raportin liitteeksi tai kuvataan muulla tavoin.

Yhteistarkkailun yhteistyöryhmässä sovitaan vuosiraportin julkaisutavasta. Joillakin yhteistarkkailualueilla on katsottu aiheelliseksi tiedottaa alueellisesti pohjaveden tilan kehittymisestä mahdollisimman laajalti, jolloin vuosiraportti julkaistaan joko pdf-julkaisuna tai painettuna raporttina. Tällöin on huomioitava, että julkaisujen liitekartoilla ei saa esittää vedenottamoiden sijaintitietoja.

8.4 Tarkkailutulosten siirto julkiseen tietojärjestelmään

Pohjavesiyhteistarkkailualueiden tarkkailutulosten väliraportit toimitetaan tiedoksi valvontaviranomaisille lupamääräysten edellyttämässä aikataulussa. Analyysitulokset veloitetaan siirtämään myös ympäristöhallinnon julkiseen Pohjavesitietojärjestelmään (POVET). Yhteistarkkailuun osallistuvien tahojen kanssa sovitaan missä aikataulussa analyysitulokset siirretään POVET-järjestelmään. Usein pyydetään yhteistarkkailuun osallistuvilta tahoilta jokaisen näytteenotto-kerroksen yhteydessä vielä erikseen sähköpostitse vahvistus ennen POVET-tiedonsiirtoja. Näin varmistetaan, että analyysitulokset ovat kaikkien asianomaisten käytettävissä ennen kuin ne siirtyvät julkiseen tietojärjestelmään.

8.5 Yhteistarkkailun muutoksista ja erillisselvityksistä sopiminen

Vuosiraportissa esitetään johtopäätökset pohjaveden laadullisesta ja määrällisestä tilasta yhteistarkkailualueella. Mikäli tarkkailutulosten perusteella tai muusta syystä on tarpeen muuttaa tai kehittää tarkkailua, kirjataan ehdotukset vuosiyhteenvetoon. Muutostarpeista keskustellaan ja sovitaan yhteistarkkailutyöryhmän kokouksessa, minkä jälkeen muutoksille haetaan valvontaviranomaisten hyväksymispäätös.

Jos tarkkailutulokset antavat viitteitä pohjaveden pilaantumisesta tai jos yhteistarkkailualueella on ollut poikkeuksellinen tilanne (onnettomuus, tulipalo jne.), voi olla tarve tehdä erillisselvityksiä. Erillisselvityksiä voivat olla mm. ylimääräiset ja tarkennetut pohjavesinäytteenottokierrokset, uusien havaintoputkien asentaminen, pohjavesimuodostuman rakenteiden ja virtausreitien tarkempi selvittäminen geofysikaalisilla mittauksilla, maaperätutkimus, viemäriverkoston kuvaukset ja erilaisten kemikaali- ja öljysäiliöiden kuntotarkastukset. Erillisselvitysten toteuttamisesta ja niiden kustannusten jakautumisesta sovitaan yhteistarkkailutyöryhmän kesken, ja tarvittavilta osin valvontaviranomaisten kanssa.

8.6 Pohjavesiyhteistarkkailun vuosiraporttimalli

POHJAVESIYHTEISTARKKAILUN VUOSIRAPORTIN SISÄLLYSLUETTELO
1 Johdanto
2 Pohjavesiyhteistarkkailualueen kuvaus
2.1 Pohjavesialueen/alueiden hydrogeologiset olosuhteet
2.2 Pohjavesiriskit
2.2.1 Ympäristöluvanvaraiset toiminnot
2.2.2 Muu teollisuus ja yritystoiminta
2.2.3 Pilaantuneet ja mahdollisesti pilaantuneet alueet
2.2.4 Vanhat maa-aineksen ottoalueet
2.2.5 Liikenne ja tien kunnossapito
2.2.6 Rakentaminen
2.2.7 Muut riskit
3 Sademäärät vuonna XXXX
4 Vedenotto vuonna XXXX
4.1 Vedenottamot, vedenottoluvat ja suoja-alueet
4.2 Vedenottomäärät
5 Poikkeustilanteet laitosalueilla vuonna XXXX
6 Pohjavesinäytteenotto ja -analyysit vuonna XXXX
6.1 Havaintopaikat
6.2 Näytteenottomenetelmät
6.3 Määrittämenetelmät
7 Tulokset ja tulosten tarkastelu
7.1 Pohjaveden pinnankorkeus
7.2 Pohjaveden laatu
7.2.1 Kenttämittaukset ja aistinvaraiset kenttähavainnot
7.2.2 Lämpötila, sameus ja pH
7.2.3 Mikrobiologiset määritykset
7.2.4 COD _{Mn} ja TOC
7.2.5 Happi, rauta ja mangaani
7.2.6 Hiilidioksidi
7.2.7 Kloridi, sulfaatti ja sähkönjohtavuus
7.2.8 Typpiyhdisteet
7.2.9 Raskasmetallit ja puolimetallit
7.2.10 Öljyhiilivedyt C ₅ -C ₄₀ , VOC-yhdisteet ja PAH-yhdisteet
7.2.11 Muut määritykset
8 Laitoskohtaiset yhteenvedot tuloksista
9 Keskeisiä tuloksia muista alueen pohjavesitarkkailuista (esim. PIMA-kohteet)
10 Yhteenveto
11 Jatkotoimenpiteet
LIITTEET
Kartta tarkkailualueesta (tarkkailupisteiden sijainti)
Pohjaveden pinnankorkeuden mittausten tulokset (taulukoina)
Yhteenvetotaulukot tarkkailutuloksista ja vedenottamoiden raakaveden laadusta
Pohjaveden laadun tarkkailussa olevien havaintoputkien putkikortit
Käytetyt määrittämenetelmät, määritysrajat ja mittausepävarmuudet

9 Yhteenveto

Vuosina 2015 – 2017 toteutetun pohjavesiyhteistarkkailujen kehittämishankkeen (POVEYTKE-hanke) tavoitteena oli edistää ja sujuvoittaa pohjavesiyhteistarkkailujen käynnistämistä ja toteutusta mahdollisimman monella Uudenmaan riskipohjavesialueella. Hankkeen aikana kertyneiden kokemusten perusteella laadittiin pohjavesiyhteistarkkailun toteutuksen toimintamalli, jota voidaan hyödyntää yhteistarkkailujen käynnistämisessä uusilla alueilla.

Yhteistarkkailujen käynnistämisvaiheessa aluekohtaisissa yhteistarkkailuryhmissä on mukana tarkkailua toteuttavien tahojen – vesihuoltolaitosten, yritysten ja kuntien - lisäksi ympäristönsuojelu- ja terveydensuojeluviranomaisia. Yhteistarkkailuryhmissä sovitaan mm. yhteistyön laajuudesta, yhteistarkkailun toteutuksen yksityiskohdista sekä kustannusten jakautumisen periaatteista. Yhteistarkkailun suunnittelusta vastaavan konsultin laatiman tarkkailuohjelmaehdotuksen pohjalta yhteistarkkailuryhmissä keskustellaan myös tarvittavista päivityksistä toimijakohtaisiin näytteenotto- ja analyysiohjelmiin sekä menettelytavat miten muutokset toimijakohtaisiin tarkkailuihin hyväksytetään valvontaviranomaisilla.

Kun yhteistarkkailualue on rajattu, ja tiedot alueella käynnissä olevista pohjavesitarkkailuista on koottu, suunnitellaan edustava havaintoputkiverkosto. Suunnittelussa hyödynnetään alueelta laadittujen geologisten rakenneselvitysten, haavoittuvuusanalyysien, pintamallien ja pohjaveden virtausmallinnusten tuloksia. Geologisten selvitysten ja tutkimusten ohella tehdään alueella olevien havaintoputkien putkikartoitus. Putkikorttien tietojen, antoisuusmittausten, pohjaveden laadun kenttämittausten ja slug-testien tulosten perusteella valitaan havaintoputket, jotka soveltuvat pohjaveden laadun tarkkailuun. Vedenottamoiden ennakoivassa tarkkailussa näytteenotto kohdennetaan antoisuudeltaan hyviin putkiin, joista otettavat näytteet edustavat pohjavesimuodostuman pohjaveden yleistä laatua. Erilaisten toimintojen mahdollisia pohjavesivaikutuksia selvittävässä velvoitetarkkailuissa on huomioitava toiminnassa käytettävät aineet ja kemikaalit, ja niiden sisältämien haitta-aineiden kulkeutumisominaisuudet. Putkikartoituksen tulosten avulla varmistetaan, että velvoitetarkkailuputkista otettavat näytteet edustavat sitä pohjavesikerroksen osaa, jossa mahdolliset haitta-aineet esiintyvät.

Pohjavesien yhteistarkkailuohjelmat laaditaan siten, että kaikkien osallistujien lupavelvoitteet täyttyvät. Mahdollisten pohjaveden laadun muutostrendien arvioimiseksi voidaan yhteistyöryhmissä sopia, että analyysiohjelmiin sisällytetään yhtenäisesti yleistä laatua kuvaavia määrityksiä (kenttämittaukset ja ns. perusparametrien laboratoriomääritykset). Kun yhteistarkkailualueella käytetään yhtenäisiä näytteenotto- ja määritysmenetelmiä, ovat näytteenottokierrosten tulokset vertailukelpoisia ja niiden perusteella voidaan alustavasti arvioida syytä mahdollisiin veden laadun muutoksiin.

Muutaman kerran vuodessa tehtävillä pinnankorkeuden mittauksilla ja pohjavesinäytteenotolla ei saada tarkkaa tietoa pohjaveden tilassa tapahtuvista vuodenaikaisvaihteluista. Paineantureita on käytetty jo pitkään mm. vesihuoltolaitoksilla pohjaveden pinnankorkeuden tarkkailuun vedenoton vaikutusalueilla. Pohjaveden laadun velvoitetarkkailuissa voitaisiin kuitenkin nykyistä laajemmin hyödyntää paineantureita. Yhteistarkkailualueilla paineanturit voidaan asentaa yhteen tai muutamaaan edustavaan havaintoputkeen. Tarkkailtavan pohjavesimuodostuman alueelta valitaan paineanturimittauksiin sellaiset havaintoputket, joiden voidaan arvioida edusta-

van pääasiallisen pohjavesialtaan (ja mahdollisten erillisten pohjavesialtaiden) pohjaveden pinnankorkeuden vaihteluita. POVEYTKE-hankkeessa testattiin myös uudenlaista pohjaveden laadun anturimittausasemaa, jossa mittauksen edustavuus varmistettiin putken antoisuuteen suhteutetulla esipumppauksella. Helposti asennettava ja siirrettävä anturimittausasema toimii kahdessa erilaisessa kohteessa toteutettujen testijaksojen tulosten perusteella mittausteknisesti hyvin, myös talviolosuhteissa.

Yhteistarkkailun tulosten väliraportointi tehdään yhteistarkkailuryhmässä sovitulla tavalla lupamää räysten edellyttämässä aikataulussa. Kaikista yhteistarkkailualueen tarkkailutuloksista laaditaan yhteinen vuosiraportti. Vuosiraportissa esitetään tarkkailuvuoden tulokset sekä pohjaveden pinnankorkeuden mittausten että pohjaveden laadun osalta ja verrataan tuloksia aiempiin tarkkailutuloksiin. Veden laadusta sekä pinnanmittaustuloksista laaditaan graafiset aikasarjakuvaajat, joiden avulla tuloksia ja muutostrendejä voidaan havainnollistaa. Vuosiraportissa esitetään myös tarkkailutulosten tulkintaa sekä johtopäätökset tarkkailutuloksista. Vuosiraporttiin on tarpeen sisällyttää pohjavesialuekohtaisten tarkastelujen ohella myös tiivistelmät tuloksista toimijakohtaisesti, joista toiminnanharjoittajat itse sekä toimintoja valvovat viranomaiset saavat kyseisen tarkkailuosapuolen tulokset tiiviisti raportoituina. Teollisuuslaitoksilla on usein sekä prosessijätevesiin, pintavesiin että pohjavesiin liittyviä tarkkailuvelvoitteita. Mahdollisten vesiympäristöön kohdistuvien vaikutusten kokonaiskuvan saamiseksi on tärkeitä, että pohjavesitarkkailun tulokset on vuosiraportissa arvioitu lyhyesti myös laitoskohtaisesti.

POVEYTKE-hankkeen aikana saatujen kokemusten perusteella yhteistarkkailuohjelman hyväksyttäminen valvontaviranomaisilla on sujuvampaa ja nopeampaa kuin mitä etukäteen oletettiin. Virallista käsittelyä sujuvoitti se, että yhteistarkkailuohjelmaluonnos ja mahdolliset muutokset aikaisempiin erillisiin tarkkailuohjelmiin verrattuna esiteltiin yhteistarkkailun yhteistyöryhmän kokouksissa, joissa valvontaviranomaistahot olivat myös edustettuina. Muutoksista ja niiden perusteluista käytiin kokouksissa keskustelua, jolloin kaikki osallistujatahot hyväksyivät ne alustavasti.

POVEYTKE-hankkeen kohdealueiden yhteistyöryhmiin osallistuvat tahot ovat olleet yksimielisiä siitä, että kustannussäästöjen ohella yhteistarkkailun tärkeä saavutus on se, että tiedonvaihto ja avoin keskustelu tarkkailujen kehittämisestä sekä suojelutoimenpiteistä lisääntyy yhteistyöryhmän säännöllisten kokoontumisten myötä. Tämä varmistaa myös sen, että kaikkien toimijoiden tarkkailut toteutetaan samoin perustein eli kaikkia kohdellaan yhdenmukaisesti.

Lähdeluettelo

Ahonen, I. ja Valli, T. 1998. Painovoimamittaukset & kallio- ja pohjavesipinnan mallinnus Tammissaaren kaupungissa Björknäsin ja Ekerön välisellä pohjavesialueella. Geologian tutkimuskeskus, arkistoraportti 36/2014. 5 s. + liitteet.

Ahonen, J., Sallasmaa, O., Kaipainen, T., Rauhaniemi, T. ja Valjus, T. 2016. Pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys Tuusulan Mätäkiven (A ja B) pohjavesialueella. 15 s. + liitteet.

Aller L., Bennett, T., Lehr, J.H., Petty, R.H. & Hackett, G. 1987. DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. USEPA report 600/2-87/035. Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, Ada, OK.

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy. 27.3.2013. Hangon pohjavesialueiden suojelusuunnitelman päivittäminen. Hangon kaupunki, Hangon vesi- ja viemärilaitos ja Uudenmaan ELY-keskus. 54 s.

Ikävalko, J. 14.12.2015. Nurmijärvi, Raasepori pohjavesiputkien videokuvaukset. Kivikonsultit Oy:n raportti. 2 s.+ videotiedostot.

Kaipainen, T., Sallasmaa, O. ja Valjus, T. 2016. Pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys Lahelan pohjavesialueella Tuusulassa. 15 s. + liitteet. http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/61_2016.pdf.

Karonen, M., Mäntykoski, A., Lankiniemi, V., Nylander, E., Lehto, K., Jalava, L. (toim.). 2015. Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelma vuosille 2016 – 2021. 111 s. + liitteet.

Kivimäki, A.-L., Loikkanen, H., Backman, B. ja Luoma, S. 2015. Pohjavesien yhteistarkkailun kehittäminen. Väkiraportti 2015. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. Raportti 27/2015. 23 s. + liitteet.

Kivimäki, A.-L., Lahti, K., Lindholm, J., Loikkanen, H., Nummela, K., Pönni, J., Ahonen, J., Backman, B., Kaipainen, T., Luoma, S., Pullinen, A., Kiirikki, M. ja Laukkanen, A. 2016. Pohjavesien yhteistarkkailun kehittäminen - Vuosiraportti 2016. Raportti 23/2016. 32 s.

Luoma, S. ja Backman, B. 2015. Rakenneselvityskarttojen visualisoinnin kehittäminen. Geologian tutkimuskeskus. Raportti 110/2015. 19 s. + liitteet + video.

Luoma, S., Okkonen, J., Korkka-Niemi, K., Hendriksson, N. & Backman, B. 2015. Cofronting the vicinity of the surface water and sea shore in a shallow glaciogenic aquifer in southern Finland. Hydrology and Earth System Sciences, Vol 19, 1353-1370.

Luoma, S., Okkonen, J. ja Korkka-Niemi, K. 2016. Comparison of the AVI, modified SINTACS and GALDIT vulnerability methods under future climate-change scenarios for a shallow low-lying coastal aquifer in southern Finland. Hydrogeology Journal, Vol 25, 203-222.

Luoma, S., Backman, B. & Kaipainen, T. 2.10.2017. Haavoittuvuusanalyysi Hankoniemen pohjavesialueella. Geologian tutkimuskeskus, Arkistoraportti 55/2017. 17 s. + liitteet.

Pullinen, A. 2016a: Slug-testit pohjavesiputkissa Lohjan Muijalassa 9.5.2016.

Pullinen, A. 2016b: POVEYTKE-hankkeen Slug-testit Lohjalla 2.8.2016.

Pullinen, A. 2017. POVEYTKE-hankkeen Slug-testit Hyvinkäänkylässä 27.7.2017.

Pohjavesien yhteistarkkailun kehittäminen - Loppuraportti

Vuosina 2015 – 2017 toteutettiin kehittämishanke, jossa tavoitteena oli käynnistää pohjavesien yhteistarkkailuja Uudenmaan riskipohjavesialueilla sekä kehittää tarkkailumenetelmiä. Yhteistarkkailujen suunnitteluun ja käynnistämiseen osallistuivat kohdealueiden vesihuoltolaitokset, alueilla toimivat yritykset sekä valvontaviranomaiset. Tässä loppuraportissa esitetään hankkeen keskeiset kokemukset ja tulokset. Niiden perusteella on laadittu pohjavesiyhteistarkkailun toimintamalli, jota voidaan hyödyntää yhteistarkkailujen käynnistämisessä uusilla alueilla.



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry

Ratamestarinkatu 7 b, 00520 Helsinki
p. (09) 272 7270, vhvsvy@vesiensuojelu.fi
www.vhvsvy.fi