

Vastaanottaja  
Tampereen kaupunki

Asiakirjatyyppi  
Tutkimusraportti

Päivämäärä  
22.5.2019

Viite  
1510048272

# EPI LÄNHARJU-VILLILÄ A KALLI OPOHJAVESI SELVITYS

# EPI LÄNHARJU-VILLILÄ A KALLIOPOHJAVESI SELVITYS

Projekti nro 1510048272  
Päivämäärä 22.5.2019  
Laatija Liisa Koivulehto, Jaana Mäki-Torkko  
Tarkastaja Pekka Onnila, Matti Holopainen

Ramboll  
PL 25  
Itsehallintokuja 3  
02601 ESPOO

P +358 20 755 611  
F +358 20 755 6201  
<https://fi.ramboll.com>

## SISÄLTÖ

1.	Johdanto	2
2.	Kallioperä ja kalliopohjaveden laatu	2
3.	Tutkimukset	3
4.	Tulokset	6
5.	Tulosten tulkinta	8
6.	Johtopäätökset, epävarmuudet ja jatkotoimenpiteet	9

LIITE 1: Putkikortti VPK1

LIITE 2: Analyysitulosten koontitaulukko ja kuvaajat

LIITE 3: Analyysitodistus

## 1. JOHDANTO

Tampereen Veden Hyhkyn vedenottamo (kuva 1) sijaitsee Epilänharju-Villilä A -pohjavesialueella (0483702). Pohjavesialueen ja vedenottamon valuma-alueen laskennallinen antoisuus on vedenottamolta saatavaa vesimäärää pienempi. Aikaisemmin Pirkanmaan ELY-keskus arvioi pohjavesialueella muodostuvan pohjaveden määräksi 1000 m<sup>3</sup>/d. Vuonna 2019 tehdyn pohjavesialueen rajaus- ja luokitusmuutoksen jälkeen ELY-keskus on arvioinut pohjavesialueella muodostuvan pohjaveden määräksi 2362 m<sup>3</sup>/d. Rajaus- ja luokitusmuutoksessa pohjavesialue laajeni yli kaksinkertaiseksi aikaisemmasta. Hyhkyn vedenottamolta otetaan tällä hetkellä vettä noin 2000 m<sup>3</sup>/d. Vedenottamolla on kolme siiviläputkikaivoa, joiden siiviläosuuksien pohjat ovat noin tasolla +65 metriä mpy. Vedenottamon läheisyydessä sijaitsee kallioperän siirrosvyöhyke.

Pohjavesialueelle tapahtuu rantaimetyymistä Näsijärvestä. Isotooppiselvityksillä, joilla voidaan selvittää pintaveden ja pohjaveden osuus vedessä, on todennettu, että Hyhkyn vedenottamon vedessä ei ole rantaimetyynyttä pintavettä nykyisillä vedenottomäärillä. Geologian tutkimuskeskus on laatinut alueelle pohjaveden virtausmallin. Virtausmalliraportissa (*Hyhkyn alueen maaperän 3D- ja pohjaveden virtausmallinnus*, 18.5.2018) todetaan, että Hyhkyn vedenottamolta tällä hetkellä saatava vesimäärä ei mallinnuksen mukaan ole mahdollista ilman Epilänharjun länsipuolen suunnalta virtaavaa sekä täydentyvää, arvion mukaan kalliosta purkautuvaa pohjavettä. Kalliopohjavesitäydennyksen määräksi GTK on arvioinut noin 600–800 m<sup>3</sup>/d.

Tämän selvityksen tarkoituksena on vertailla kalliopohjaveden ja maaperän pohjaveden laatua Hyhkyn vedenottamon raakaveden laatuun ja selvittää, voiko osa Hyhkyn vedenottamon vedestä olla kalliopohjavettä.

## 2. KALLI OPERÄ JA KALLI OPOHJAVEDEN LAATU

Hyhkyn vedenottamo sijaitsee itäkoillis-länsilounaissauntaisen kallioperän siirrosvyöhykkeen kohdalla. Kallioperä vaihtuu Hyhkyn vedenottamon ympäristössä hieno- tai keskirakeisesta kiilleliuskeesta hieman karkearakeisempaan kiillegneisiin ja grauvakkaliuskeeseen. Tohlopin ja Hyhkyn välillä on myös emäksisempää pintakiveä tuffiittia ja amfiboliittia.

Kallioperän rikkonaisen pintaosan pohjavesi on laadultaan usein samankaltaista kuin sen päällä olevien maaperäkerrostumien pohjavesi. Syvemmillä oleva kalliopohjavesi on sitä vastoin pitkän viipymän vettä, jossa veteen liuenneiden ionien määrä on suuri. Kalliopohjaveden maaperän pohjavettä suurempi sähkönjohtavuus johtuu suuremmista sulfaatti-, kloridi-, fluoridi-, bikarbonaatti-, kalsium- ja magnesiumpitoisuuksista. Pohjaveden pääionien pitoisuudet pääasiassa kasvavat viipymän myötä ja lisäksi natriumin sekä kloridin suhteellinen osuus kasvaa. Usein myös veden pH kasvaa viipymän myötä, sillä vedyn protoneja (H<sup>+</sup>) kuluu rapautumisprosessissa.

Lahermon et al. (1990) julkaisussa "*Suomen Geokemian Atlas, Osa 1, Geologian tutkimuskeskus*" on esitetty hiekka-soravaltaisen alueen kuilukaivon (maapohjavesi) ja porakaivon (kalliopohjavesi) keskiarvo- ja mediaanituloksia pohjaveden kemiallisten muuttujien osalta. Tilastollisten keskilukujen perusteella selkeimpiä eroja maapohjaveden ja kalliopohjaveden laadun välillä voi havaita sähkönjohtavuudessa sekä kloridi-, fluoridi-, kalsium-, kupari- mangaani-, rauta-, sinkki-, natrium- ja magnesiumpitoisuuksissa (taulukko 1), joiden osalta kalliopohjavedessä on todettu selkeästi suurempia arvoja. Sulfaattipitoisuuden osalta

keskilukuihin perustuva ero oli pienempi. Näytteitä keskilukujen laskemiseen on kuilukaivojen osalta 633 kpl ja porakaivojen osalta 1027 kpl.

Taulukko 1. Maapohjavedestä ja kalliopohjavedestä otettujen vesinäytteiden kemiallisia ominaisuuksia Lahermon et al. (1990) mukaan.

Analyysi	yksikkö	Kuilukaivo (maapohjavesi)		Porakaivo (kalliopohjavesi)	
		keskiarvo	mediaani	keskiarvo	mediaani
Sähkönjohtavuus	mS/m	20,6	15	35	23,9
kloridi	mg/l	15,4	7,2	36,6	12,3
sulfaatti	mg/l	17,3	10,6	18,5	11,3
fluoridi	mg/l	0,17	0,1	0,42	0,1
kalsium	mg/l	17,6	12,4	26,6	19,2
kupari	µg/l	11,4	6	25,3	9
mangaani	µg/l	80	20	230	50
rauta	µg/l	530	70	920	100
sinkki	µg/l	196	50	300	100
natrium	mg/l	9,1	5,4	25,1	8,8
magnesium	mg/l	4,2	2,6	7,8	5,5

Lahermon et al. (1990) julkaisussa on lisäksi esitetty maa- ja kalliopohjaveden sähkönjohtavuuden mediaaniarvot eri kivilajiryhmissä. Gneissien ja liuskeiden osalta maapohjaveden sähkönjohtavuuden mediaani on 20 mS/m ja kalliopohjaveden mediaani on 27-28 mS/m.

Geologian tutkimuskeskuksen laatimassa Tampereen Aakkulanharjun pohjavesialueen rakenneselvityksessä (*Pohjavesialueen geologisen rakenteen selvitys Aakkulanharjun pohjavesialueella, 4.12.2015*) tutkittiin kallioperän vaikutusta pohjaveden laatuun. Aakkulanharjun pohjavesialue sijaitsee noin 6,5 km Epilänharju-Villilä A -pohjavesialueen itäpuolella. Tutkimuksissa todettiin, että kallioperän vaikutus pohjaveteen eräissä havaintoputkessa näkyi mm. kohonneina pii-, arseeni-, ja molybdeenipitoisuuksina sekä korkeampana pH:na, mutta samassa tutkimuspisteessä havaittiin myös pintaveden vaikutusta, mikä näkyi korkeina typpi- ja fosforipitoisuuksina. Lisäksi tutkimuksessa todettiin, että kalliopohjavesiominaisuus (pidemmän viipymän vesi) näkyi tutkimuspisteissä suurempana kloridi-, kalsium- magnesium-, sulfaatti- ja fluoridipitoisuutena.

### 3. TUTKIMUKSET

Hyhkyn vedenottamon länsipuolelle, noin 100 metrin etäisyydelle, asennettiin joulukuussa 2018 kalliopohjavesiputki VPK1 (kuva 1). Siiviläosuus asennettiin kallioon ja maaperäosuus on umpiputkea. Putki tulpattiin ulkopuolelta noin kaksi metriä kalliopinnan alapuolelta kalliopinnan yläpuolisen maapohjaveden pääsyn estämiseksi. Kalliopohjavesi putkessa on paineellista. Vesipinta nousee putkessa ylös kohti maanpintaa, mikä havaittiin jo putken kairauksen

yhteydessä. Lisäksi kairauksen yhteydessä havaittiin, että kallion pintaosa oli rikkonaisempaa ja syvemmällä kallioperä oli melko ehjää. Kairauksessa todettiin kallionpinnan olevan noin 25 metrin syvyydellä maanpinnasta, tasolla 64,4 m mpy. Kalliopohjavesiputki VPK1 sijaitsee hyvin lähellä kallioperän siirrosta, jossa kallionpinta on GTK:n selvitysten mukaan alimmillaan noin tasolla 40 m mpy ja muutoin pääosin tasolla 50...65 m mpy. Kalliopohjavesiputken VPK1 putkikortti on esitetty liitteessä 1.

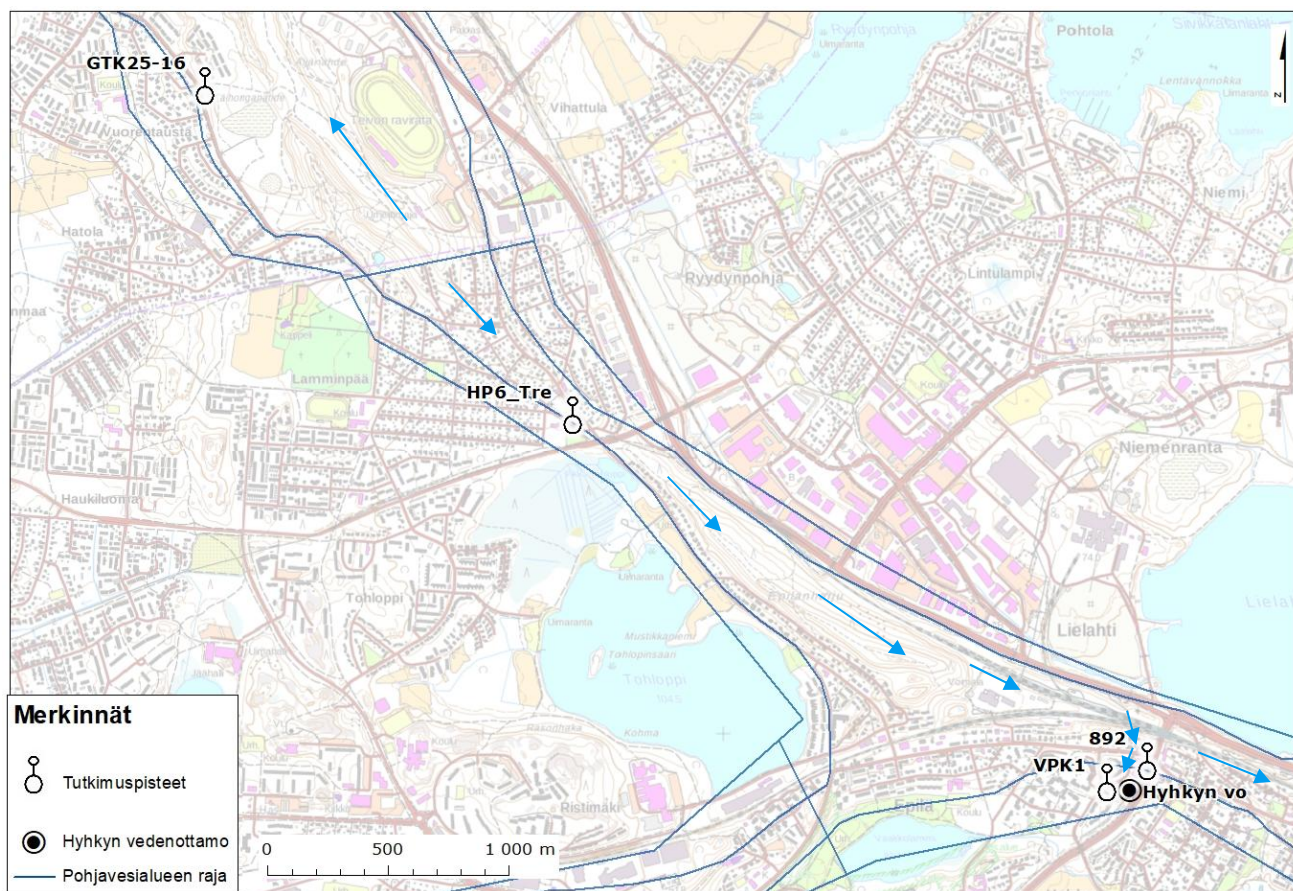
Tutkimuspisteet valittiin niin, että yksi (GTK 25-16) sijaitsee tutkimussuunnitelman teon aikaisen pohjavesialuerajauksen mukaan muiden pisteiden suhteen eri pohjavesialueella (Ylöjärvenharjun pohjavesialue, 0498051) vedenjakajan toisella puolella. Pirkanmaan ELY-keskuksen keväällä 2019 tekemän pohjavesialueen rajaus- ja luokittelumuutoksen vuoksi havaintoputki GTK 25-16 sijaitsee nykyisin Epilänharju-Villilä A -pohjavesialueella, mutta tällä ei ole arvioitu olevan vaikutuksia tämän selvityksen tuloksiin.

Pohjavesiputki Hp6\_Tre sijaitsee noin 2,5 km etäisyydellä Hyhkyn vedenottamolta pohjaveden virtaussuunnassa sen yläpuolella. Pohjaveden virtaus kääntyy Lielahden eteläpuolella vedenoton vaikutuksesta kohti Hyhkyn vedenottamo (piirustus 1) ja pohjavesiputki 892 sijaitsee Hyhkyn vedenottamon läheisyydessä pohjaveden virtaussuunnassa sen yläpuolella.

Pohjaveden laatua tutkittiin 9.4.2019 (GTK-25-16, 16.4.2019) seuraavista tutkimuspisteistä:

- *GTK 25-16*
  - o Edustaa pohjavettä, jossa ei arvioida olevan kalliopohjavesivaikutusta. Taustapiste, joka sijaitsee viereisellä pohjavesialueella vedenjakajan takana. Näyte otettiin siivilän ylä-/keskiosasta.
- *Hp6\_Tre*
  - o Edustaa pohjavettä, jossa ei arvioitu olevan kalliopohjavesivaikutusta. Näyte otettiin siivilän yläosasta. Siiviläosuus ulottuu kallion pintaan saakka (siivilän pituus noin 15 m).
- *892*
  - o Edustaa arvion mukaan sekoittunutta pohjavettä (maa- ja kalliopohjavesi). Sijaitsee noin 150 m Hyhkyn vedenottamon koillispuolella. Näyte otettiin siivilän keskiosasta.
- *Hyhkyn vedenottamo*
  - o Edustaa vedenottamon käsittelemätöntä raakavettä. Näyte otettiin raakavesihanasta ennen vedenkäsittelyä.
- *VPK1 (kalliopohjavesiputki)*
  - o Edustaa kalliopohjavettä, näyte otettiin kallio-osuudelle asennetulta siiviläosuudelta (putkikortti liitteenä 1).

Tutkimuspisteiden sijainti on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Tutkimuspisteiden sijainti ja pohjaveden virtaussuunnat (siniset nuolet). Pohjavesialueen raja on muuttunut keväällä 2019, mutta uutta rajausta ei vielä ole saatavana paikkatietoaineistona.

Havaintoputkien siivilätasot ja pohjaveden pinnankorkeudet on esitetty seuraavassa taulukossa. Putkessa VPK1 kalliopohjavesi on paineellista, 16.5.2019 havaintokierroksella vesi tuli putkesta yli eli kalliopohjaveden painetaso oli  $> +90,34$  mmpy.

Taulukko 2. Tutkimuspisteiden siivilätasot sekä pohjaveden pinnankorkeus (N2000).

Tutkimuspiste	Putken yläpää	Siivilän yläpää	Siivilän alapää	Pohjaveden pinnankorkeus mmpy * (pp:stä)
GTK 25-16	+156,46	-	-	+147,61 (8,85 m)
Hp6_Tre	+116,45	+94,45	+80,45	+93,86 (22,59 m)
892	+96,38	+89,73	+74,83	+86,63 (4,71 m)
VPK1	+90,34	+62,34	+44,34	+89,94 (0,4 m)

- ei tietoa

\* pinnankorkeus mitattu 9.4.2019, paitsi pisteen GTK-25-16 osalta 16.4.2019

Kaikista tutkimuspisteistä otettiin vesinäytteet ja niistä analysoitiin seuraavat analyysit:

- pH
- sähkönjohtavuus
- happi
- kalsium
- magnesium
- natrium
- sulfaatti
- kloridi
- fluoridi
- metallipaketti (Al, Sb, As, Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Ni, Mn, Fe, Zn, V)
- pii

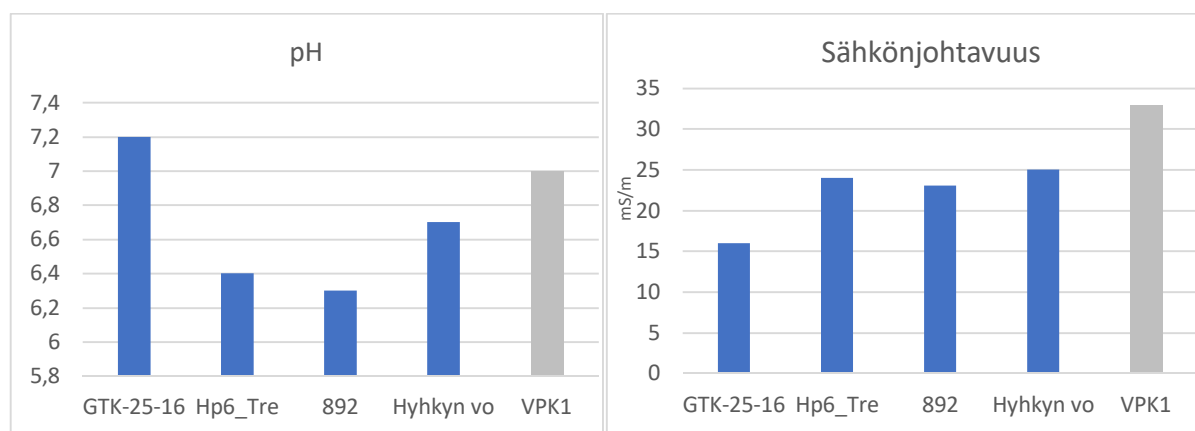
Lisäksi näytteenoton yhteydessä mitattiin vesinäytteiden lämpötila. Näytteet suodatettiin kentällä metallimäärittäjänsä varten.

Näytteenoton jälkeen arvioitiin, että Hyhkyn vedenottamon raakavesihanasta otettua näytettä ei oltu juoksetettu näytteenoton yhteydessä riittävästi, joten vesi saattaa olla pidempään verkostossa seisonutta vettä.

## 4. TULOKSET

Analyysitulokset on koottu liitteen 2 taulukkoon ja osa tutkimustuloksista on esitetty samassa liitteessä myös kuvaajina. Analyysitodistus on liitteenä 3. Pohjaveden pinnankorkeudet on esitetty taulukossa 2.

Tutkittujen näytteiden pH oli välillä 6,3...7,2 ja sähkönjohtavuus välillä 16...33 mS/m (kuva 2). Happipitoisuudet tutkimuspisteissä olivat välillä 1...7,2 mg/l. Tutkimuspisteen GTK-25-16 happinäytteen kyllästys viivästyi, minkä vuoksi analysoitu happipitoisuus on virheellisen korkea (15,6 mg/l).



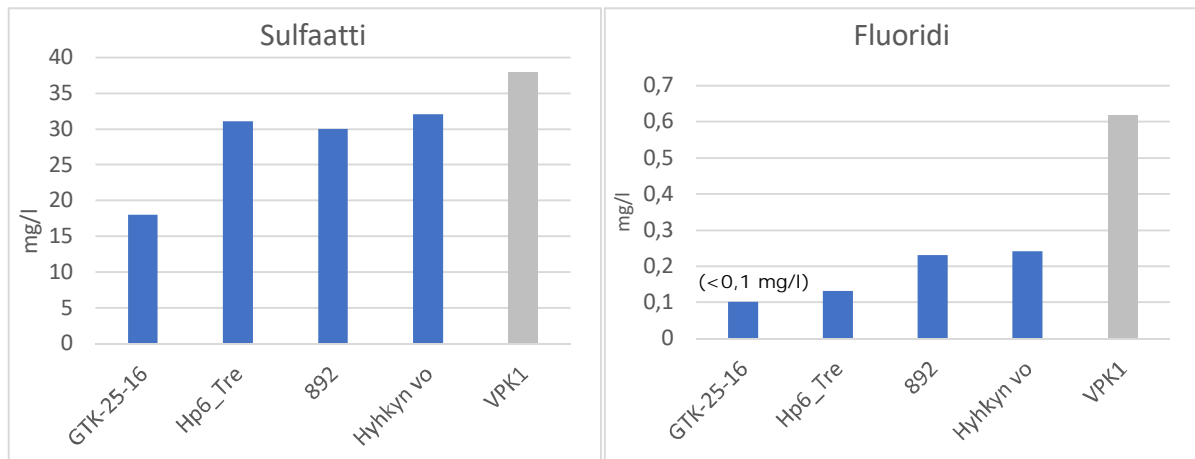
Kuva 2. Tutkimuspisteiden pH ja sähkönjohtavuus.



Kalliopohjavesiputkessa VPK1 todettiin suurimmat arvot ja pitoisuudet ja taustapisteessä GTK 25-16 pienimmät arvot ja pitoisuudet seuraavien parametrien osalta:

- sähkönjohtavuus (kuva 2)
- sulfaatti (kuva 3)
- fluoridi (kuva 3)
- kalsium (kuvaaja, liite 2)
- magnesium (kuvaaja, liite 2)
- mangaani (taulukko, liite 2)
- rauta (taulukko, liite 2)

Edellä lueteltujen parametrien osalta taustapisteen GTK 25-16 tulokset ovat lähempänä Lahermon et al. (1990) julkaisussa esitettyjä maapohjaveden kemiallisten ominaisuuksien keskilukuja kuin kalliopohjaveden kemiallisia ominaisuuksia ja kalliopohjavesiputken VPK1 osalta lähempänä julkaisussa esitettyjä kalliopohjaveden kemiallisia ominaisuuksien keskilukuja (taulukko 1).



Kuva 3. Sulfaatti- ja fluoridipitoisuudet tutkimuspisteissä.

Tulosten perusteella voidaan olettaa, että havaintoputken VPK1 vesi edustaa kalliopohjavettä ja havaintoputken GTK 25-16 maapohjavettä. Kun kalliopohjavesipiste VPK1 ja maapohjavesipiste GTK 25-16 asetetaan janan päätejäseniksi välille nollassa (GTK 25-16) yhteen (VPK1) niin, että

- ”0 = maaperän pohjavesi”
- ”1 = kalliopohjavesi”,

asettuu Hyhkyn vedenottamon vesi päätejäsenten välille seuraavien, usein kalliopohjavesivaikutusta ilmentävien parametrien, osalta:

- sähkönjohtavuus 0,53
- sulfaatti 0,70
- fluoridi 0,27
- kalsium 0,35
- magnesium 0,81
- mangaani 0,26
- rauta 0,23
- pii 0,68

Mitä lähempänä lukuarvo siis on lukua 0, sitä lähempänä vedenlaatu on taustapisteen (maapohjaveden) tasoa, ja mitä lähempänä lukuarvo on lukua 1, sitä lähempänä vedenlaatu on tutkitun parametrin osalta kalliopohjaveden tasoa.

Koska Hyhkyn vedenottamon vedessä todettiin mukana olleista tutkimuspisteistä suurimmat pitoisuudet natriumia, kloridia, kuparia, lyijyä ja sinkkiä, kyseisiä arvoja ei voida tarkastella edellä esitetyllä menetelmällä.

Tutkimuspisteiden Hp6\_Tre ja 892 analyysitulokset asettuvat usean parametrin osalta taustapisteen GTK 25-16 ja kalliopohjavesiputken VPK1 pitoisuuksien välille. Esimerkiksi sähkönjohtavuuden (kuva 2) sekä sulfaatti- (kuva 3) ja magnesiumipitoisuuden (liite 2) osalta pisteiden Hp6\_Tre ja 892 tulokset ovat samaa suuruusluokkaa Hyhkyn vedenottamon tulosten kanssa. Natriumin ja kloridin osalta tulokset eroavat toisistaan enemmän niin, että pisteessä Hp6\_Tre pitoisuudet ovat pisteen 892 ja Hyhkyn vedenottamon pitoisuuksia alhaisempia. Selkeämpi ero Hyhkyn vedenottamon ja kauempana, reilun kolmen kilometrin etäisyydellä sijaitsevan pisteen Hp6\_Tre välillä on fluoridipitoisuudessa. Hyhkyn vedenottamolla ja pisteessä 892 fluoridipitoisuudet ovat samansuuruisia, 0,23...0,24 mg/l, ja pisteessä Hp6\_Tre fluoridipitoisuus on 0,13 mg/l.

## 5. TULOSTEN TULKINTA

Kuten alkuperäisessä tutkimussuunnitelmassa arvioitiin, tulosten mukaan piste GTK 25-16 edustaa maaperän pohjavettä, jossa ei arvioida olevan kalliopohjaveden vaikutusta. Pisteestä GTK 25-16 otetussa näytteessä todettiin kohonnut raskasmetallipitoisuuksia arseenin (6,6 µg/l) ja koboltti (2,6 µg/l) osalta. Pitoisuudet ylittävät Valtioneuvoston asetuksen 1040/2006 mukaiset pohjaveden ympäristölaatuvaatimukset (arseni 5 µg/l, koboltti 2 µg/l). Pirkanmaan eteläosista Hämeen alueelle ulottuvalla vyöhykkeellä esiintyy koko maan keskiarvoa suurempia arseenipitoisuuksia maa- ja kallioperässä. Alue on nimetty Etelä-Pirkanmaan–Kanta-Hämeen arseeniprovinssiksi ja arseenipitoisuus liittyy todennäköisesti alueellisesti todettuihin korkeampiin arseenin taustapitoisuuksiin.

Kalliopohjavesiputken VPK1 analyysitulokset viittaavat siihen, että pohjavesi on pidemmän viipymän vettä, eli siihen on liuenut enemmän pohjaveden pääioneja, kuten sulfaattia, kalsiumia, magnesiumia ja fluoridia kuin esimerkiksi maapohjavettä edustavan havaintopisteen GTK 25-16 veteen. Liunneen aineksen vuoksi myös sähkönjohtavuus oli tutkituista pisteistä korkein. Kalliopohjavesiputken VPK1 vesinäyte oli lähes hapeton (1 mg/l). Kalliopohjavesi on yleisesti kallion pintaosia lukuun ottamatta vähähappista tai hapetonta.

Hyhkyn vedenottamon vesinäytteen tulokset asettuvat taustapisteen GTK 25-16 ja kalliopohjavesipisteen VPK1 välille sulfaatin, fluoridin, kalsiumin, mangaanin, raudan, magnesiumin ja piin pitoisuuden suhteen. Myös sähkönjohtavuus asettuu noin puoliväliin taustapisteen ja kalliopohjavesipisteen arvojen kanssa. Nämä tutkimustulokset tukevat oletusta siitä, että Hyhkyn vedenottamon vesi on maa- ja kalliopohjavedestä sekoitettua pohjavettä. Osa vedestä on sadannasta suotautumisen kautta muodostuvaa maapohjavettä ja osa kallioperän siirroksista ja ruhjeista purkautuvaa kalliopohjavettä. Muihin tutkimuspisteisiin nähden koholla olevat natrium- ja kloridipitoisuudet, ja tämän seurauksena myös sähkönjohtavuuden arvot Hyhkyn vedenottamolla voivat johtua tiesuolauksesta.

Hyhkyn vedenottamon raakavedessä todettiin muita havaintopisteitä ja Tampereen Vedeltä saatuja vedenottamon raakaveden aikaisempia pitoisuuksia korkeammat sinkki-, lyijy ja

kuparipitoisuudet. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että vettä ei juoksutettu näytteenottohanasta riittävän pitkään ennen näytteenottoa ja vesi edusti putkessa seisonutta vettä. Muiden tulosten vertailu Tampereen Veden aikaisempiin tuloksiin osoittaa, että muiden parametrien osalta tulokset ovat luotettavia.

Pisteen 892 oletettiin edustavan maa- ja kalliopohjavedestä sekoittunutta vettä, minkä voidaan arvioida tutkimustulosten perusteella pitävän paikkansa. Pitoisuudet ovat usean parametrin osalta samalla tasolla Hyhkyn vedenottamon tulosten kanssa, mutta kuitenkin hieman alhaisempia.

Pisteen Hp6\_Tre arvioitiin edustavan maapohjavettä, jossa ei ole kalliopohjavesivaikutusta, mutta havaintoputken siiviläosuus kuitenkin ulottuu rikkonaisen kallion pintaan saakka. Pitoisuudet ovat kuitenkin useammin lähempänä Hyhkyn vedenottamon ja pisteen 892 vesinäytteiden tasoa kuin taustapisteen GTK 25-16 tasoa. Kuitenkin esimerkiksi fluoridipitoisuus on vain noin puolet Hyhkyn vedenottamon ja pisteen 892 pitoisuuksista.

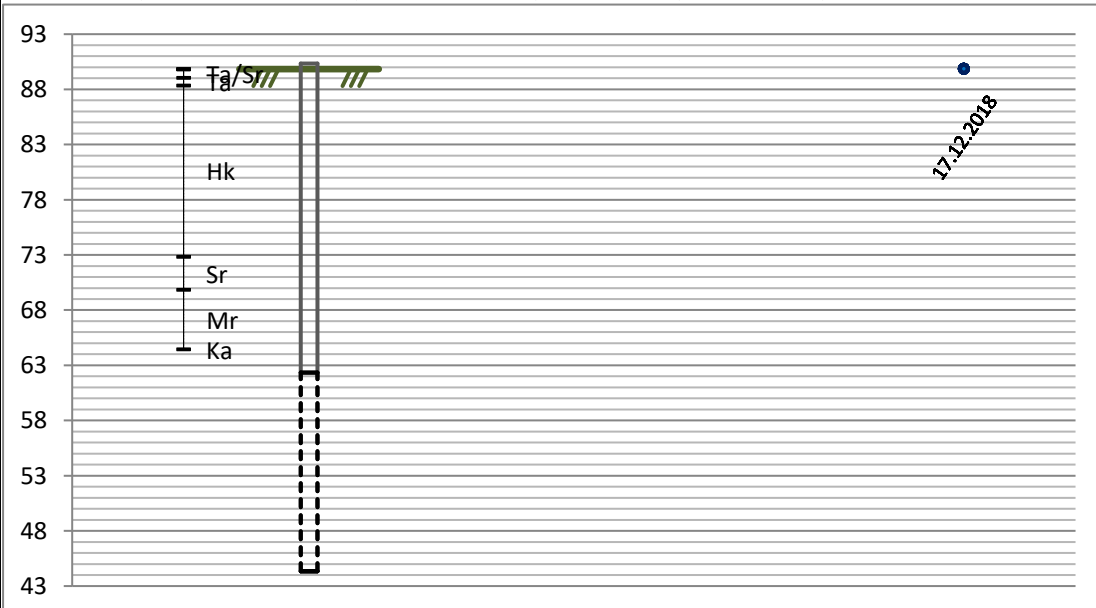
## 6. JOHTOPÄÄTÖKSET, EPÄVARMUUKSET JA JATKOTOIMENPITEET

Tehtyjen tutkimusten perusteella Hyhkyn vedenottamon vesi edustaa sekoittunutta vettä, johon kulkeutuu maapohjaveden lisäksi kalliopohjavettä kallioperän siirroksia ja ruhjeita pitkin. Tähän viittaavat laskennallisen antoisuuden ja ottamon antoisuuden ero sekä kalliopohjaveden paineellisuus. Myös pohjaveden laatu Hyhkyn ottamalla tukee tätä käsitystä, sillä vedenlaatu sijoittuu kalliopohjavesipisteen VPK1 ja taustapisteen GTK 25-16 välille usean kalliopohjavesivaikutusta ilmentävän vedenlaatuparametrin osalta. On muistettava, että suurin osa Hyhkyn vedenottamon vedestä on kuitenkin maapohjavettä, jolloin vedenottamon vedenlaatu kuvastaa osin maapohjavettä ja osin kalliopohjavettä.

Hyhkyn vedenottamon kaivojen siiviläosien pohjien tasot (n. +65 m mpy) ovat hyvin lähellä kalliopohjavesiputken VPK1 kallionpinnan tasoa (+64,4 m mpy). Hyhkyn vedenottamo sekä kalliopohjavesiputki VPK1 sijaitsevat hyvin lähellä kallioperän siirrosta tai kallioperän siirroksen kohdalla, jossa kallionpinta on GTK:n selvitysten mukaan alimmillaan noin tasolla +40 m mpy ja muutoin pääosin tasolla +50...65 m mpy. Tämän selvityksen perusteella ei voida sanoa, mistä kohdasta/kohdista kalliopohjavettä purkautuu pohjavesimuodostumaan. Yleensä kuitenkin kalliopohjaveden purkautumispaikat sijoittuvat kallioperän rako-, ruhje- ja siirrosvyöhykkeisiin.

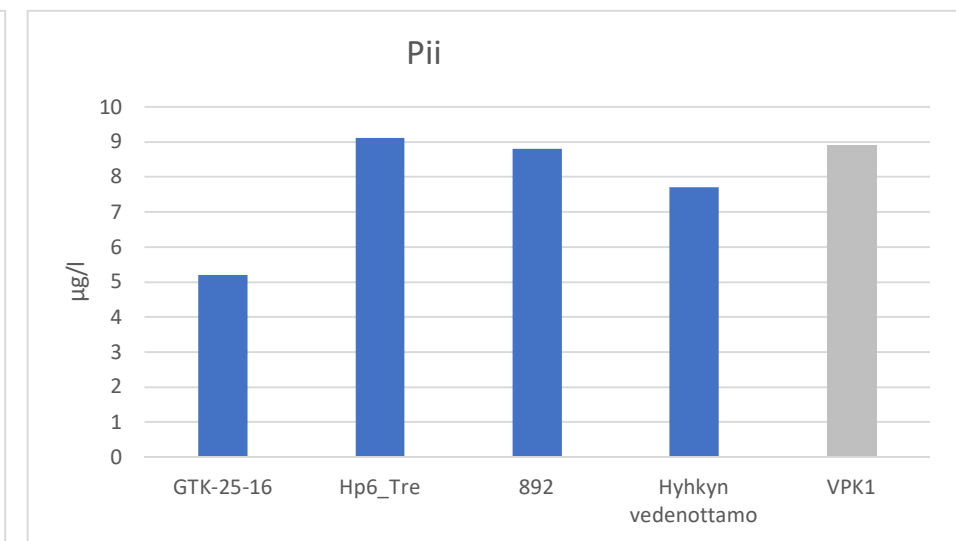
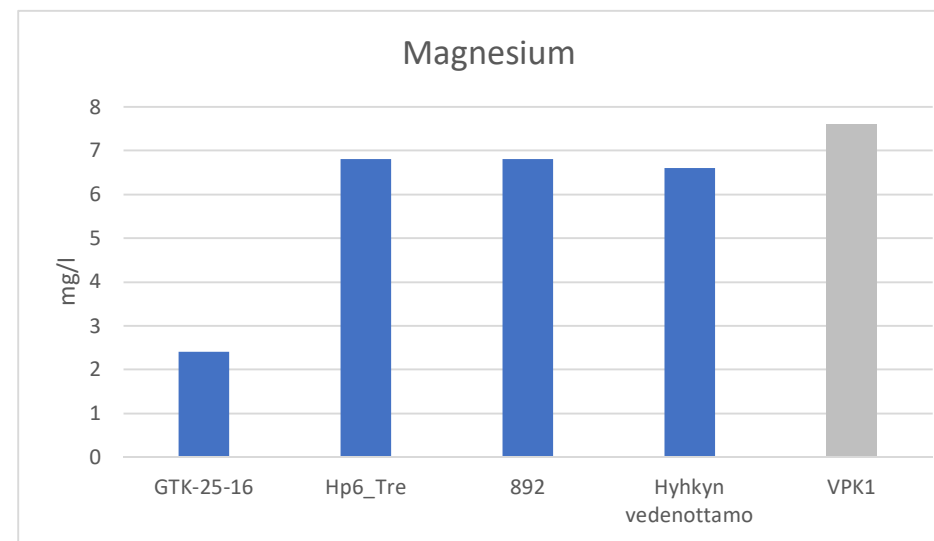
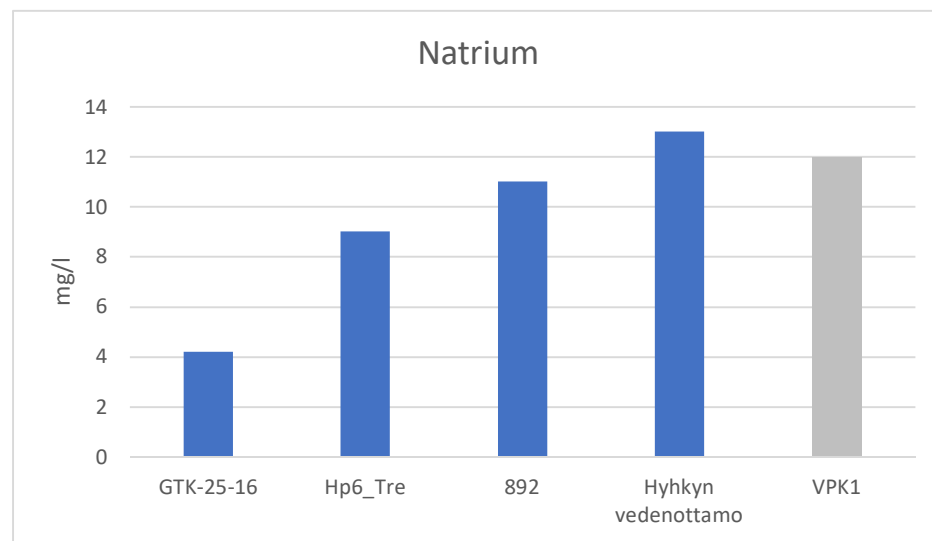
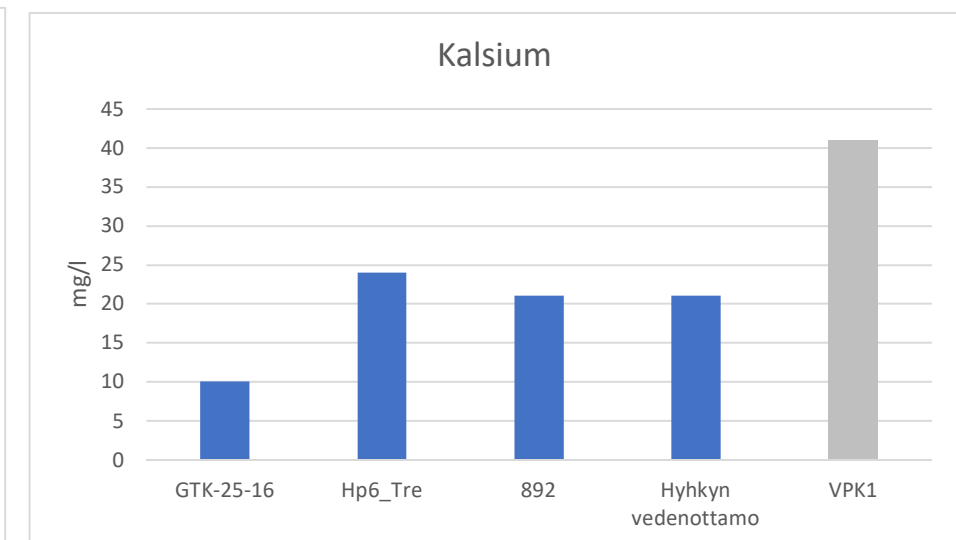
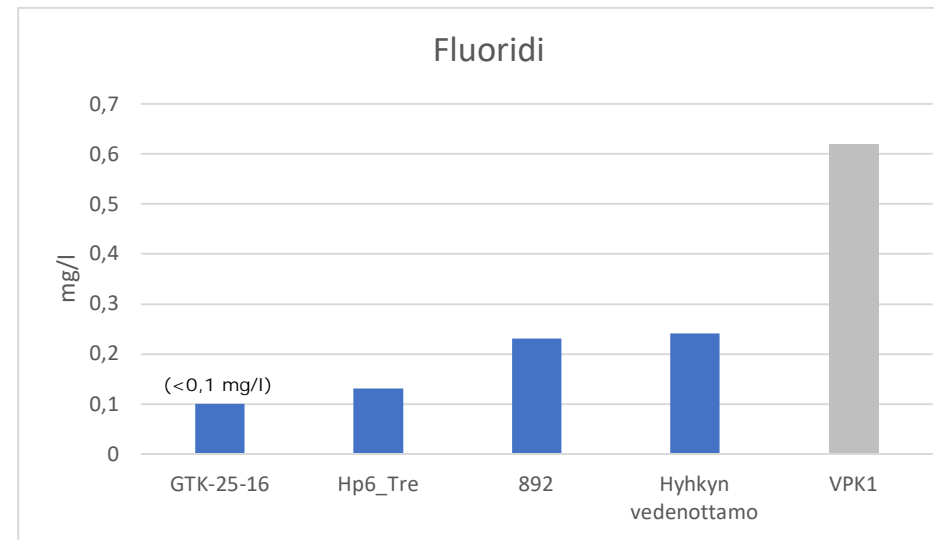
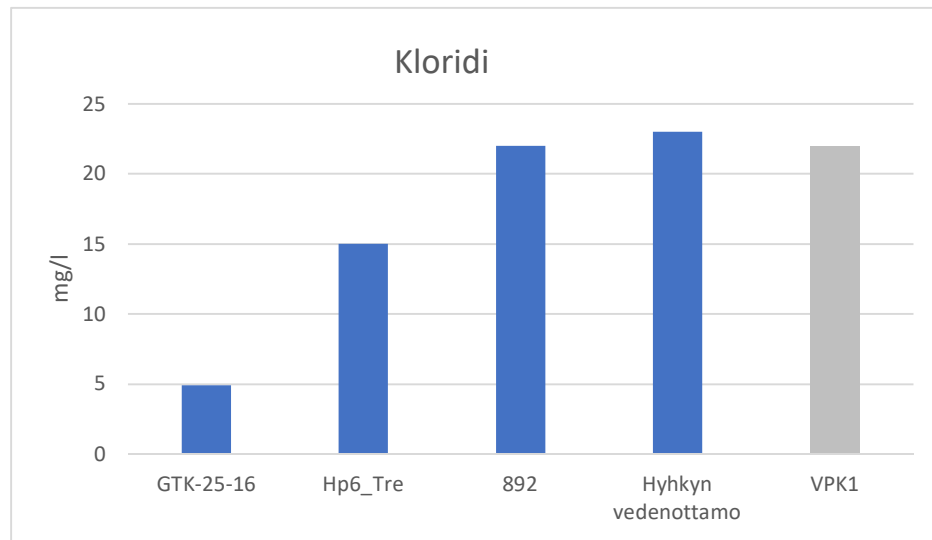
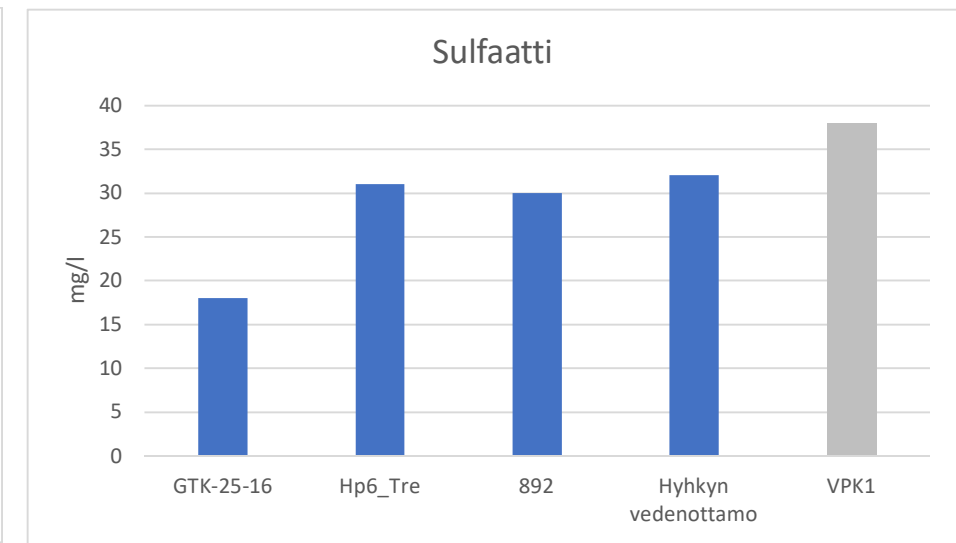
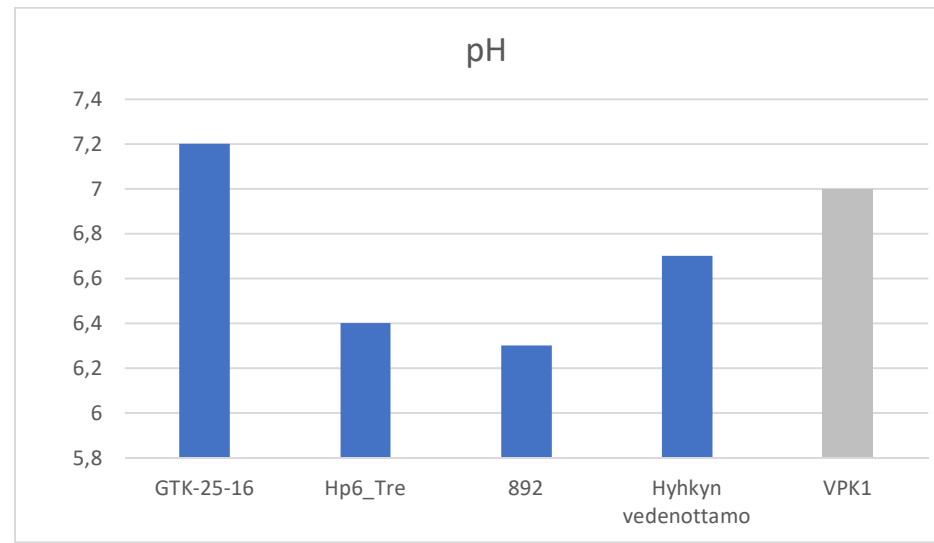
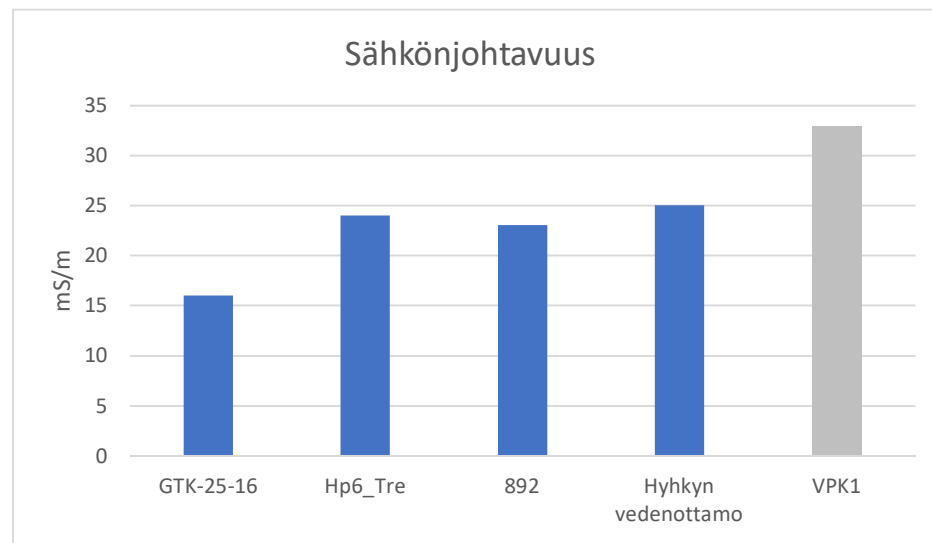
Koska tutkimuksessa tehtiin vain yksi näytteenottokierros, liittyy johtopäätöksiin epävarmuuksia. Jatkotoimenpiteenä suositellaan uusintänäytteenottoa. Analyysivalikoimaan ehdotetaan otettavaksi mukaan sameus, uraani, bikarbonaatti, kalium sekä typpiyhdisteet. Tutkimuspisteiden ryhmittelyä varten suositellaan myös toisen taustapisteen ottamista mukaan tutkimukseen. Uusintänäytteenotossa Hyhkyn vedenottamon hanasta on juoksutettava vettä riittävän kauan ennen näytteenottoa, että kaikki analyysitulokset ovat edustavia.

LIITE 1  
PUTKIKORTTI VPK1

TYÖ NRO	<b>14005</b>	asiakas	Tampereen kaupunki				
		tutkimuspaikka	Hakkarinkaari, Tampere				
<b>PUTKEN TIEDOT</b>			<b>PUTKEN MITAT JA SIJAINTI</b>				
putken tunniste	<b>VPK1</b>		sijainti	N	6822058.681		
asennuspäivä	16.12.2018			E	24483191.957		
asentaja	JK		putken korkeus- asemat	Z maanpinta	+89,84		
kairakone	GM200			koordinaatisto ja korkeusjärjestelmä	GK24, N2000		
putkimateriaali	PEH		koko putken yläpää	+90,34			
putkikoko [mm]	63		muut korot erotuksena	-Z putken päästä	korkeus- asema		
suodatinmalli	reikäsiivilä		koko putken alapää	46,00	+44,34		
yläosan rakenne	umpi		suodatin 1	yläpää	28,00	+62,34	
lukitustiedot	vandaalisuojaputki, Taratestin lukko			alapää	46,00	+44,34	
			suodatin 2	yläpää	28,00	+62,34	
				alapää	46,00	+44,34	
<b>POHJAVESIHAVAINNOT</b>							
päiväys	syvyys (1)	taso	havaintija				
17.12.2018	0,00		JK				
<b>MAALAJITIEDOT KAIRAUKSESTA</b>							
tulointaperuste (rasti)			<input checked="" type="checkbox"/>	kairausvastus			
			<input checked="" type="checkbox"/>	sililmämäärin ylös puhalletusta aineksesta			
			maanäytteet				
			kerros yläraja		kerros alaraja		maalaji
			syvyys	taso	syvyys (2)	taso	
			0	+89,84	0,80	+89,04	Ta/Sr
			0,8	+89,04	1,50	+88,34	Ta
			1,5	+88,34	17,00	+72,84	Hk
			17	+72,84	20,00	+69,84	Sr
			20	+69,84	25,40	+64,44	Mr
			25,4	+64,44			Ka
<b>KUNTOTARKASTUS</b>							
			päiväys				
			mittausaika	syvyys (1)	taso	syvyys (1) taso	
			ennen				
			täytetty				
			1 min				
			5 min				
			10 min				
			1 vrk				
<b>LISÄTIETOJA</b>							
Putken asennettiin tulppa suodatinosuuden ja jatkoputken väliin tasolle +62.35. Tulppa estää kallion yläpuolisten vesien pääsyn putkeen. Paineellinen pohjavesi, vesi nousee hiljalleen ylös putkesta. Lukittu toistaiseksi Taratestin lukolla. Syvyydellä 0.8-1.5m täytössä betonilohkareita.							
<b>SYVYYDET</b>							
<b>(1) putken päästä</b>							
<b>(2) maanpinnasta</b>							

LIITE 2  
ANALYYSITULOSTEN KOONTITULUKKO JA KUVAAJAT

	yksikkö	VPK1	Hyhky, vedenottamo	892	Hp6_Tre	GTK-25-16
Lämpötila	°C	7,5	7,5	7,2	7,7	6,1
pH	-	7	6,7	6,3	6,4	7,2
Sähkönjohtavuus	mS/m	33	25	23	24	16
Happipitoisuus	mg/l	1	7,2	3	6,5	15,6
Kloridi (Cl)	mg/l	22	23	22	15	4,9
Sulfaatti (SO <sub>4</sub> )	mg/l	38	32	30	31	18
Fluoridi	mg/l	0,62	0,24	0,23	0,13	<0,10
Alumiini	µg/l	7,4	<5,0	<5,0	12	0,046
Kalsium	mg/l	41	21	21	24	10
Antimoni	µg/l	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,68
Arseeni	µg/l	3,8	0,48	<0,20	0,3	6,6
Kadmium	µg/l	<0,030	0,18	0,04	<0,030	<0,030
Koboltti	µg/l	0,11	0,31	0,21	0,25	2,6
Kromi	µg/l	0,81	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Kupari	µg/l	<0,50	6,5	<0,50	<0,50	1,3
Lyijy	µg/l	<0,10	1,1	<0,10	<0,10	0,18
Mangaani	µg/l	460	120	55	4,8	0,053
Nikkeli	µg/l	0,75	3,1	1,3	2,7	3,1
Rauta	µg/l	830	190	<10	28	0,09
Sinkki	µg/l	3,9	180	3,2	3,5	1,4
Vanadiini	µg/l	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,42
Natrium	mg/l	12	13	11	9	4,2
Magnesium	mg/l	7,6	6,6	6,8	6,8	2,4
Pii	µg/l	8,9	7,7	8,8	9,1	5,2





LIITE 3  
ANALYYSITODISTUS



Tutkimustodistus AR-19-RZ-012321-01

Sivu 1/3

Päivämäärä 06.05.2019

Näyte saapui 09.04.2019

Tutkimusno EUAA56-00015913

Asiakasno RZ0000123

Näytteenottaja Sami Borg

Asiakkaan viite 1510048272

Ramboll Finland Oy

Sami Borg

Säterinkatu 6

02600 Espoo

FINLAND

s-posti: sami.borg@ramboll.fi

Tutkimuksen yhteyshenkilö Salla Partio

## Vesinäytteiden analyysit

Näyttenumero	750-2019-00019040	750-2019-00019041	750-2019-00019042	750-2019-00019043
<b>Näytteen nimi</b>	Hyhkyn vo	VPK1	Hp6_Tre	892
<b>Näytteen kuvaus</b>	Muut nestemäiset materiaalit	Muut nestemäiset materiaalit	Muut nestemäiset materiaalit	Muut nestemäiset materiaalit
<b>Näytteenottoaika</b>	09.04.2019	09.04.2019	09.04.2019	09.04.2019
<b>Kenttätestit ja tiedot näytteestä</b>				
Suodatus (0,45 µm)	RZ930	ok	ok	ok
<b>Yleiset vedestä tehtävät tutkimukset</b>				
pH	RZB10	6,7	7,0	6,4
Sähkönjohtavuus 25°C	RZB60 mS/m	25	33	24
Liuennot happi (O2)	RZB18 mg/l	7,2	1,0	6,5
Kloridi (Cl-)	RZB76 mg/l	23	22	15
Fluoridi (F-)	RZB83 mg/l	0,24	0,62	0,13
Sulfaatti (SO4)	RZB86 mg/l	32	38	31
<b>Alkuaineet, liukoinen pitoisuus, ICP-MS</b>				
Alumiini (Al), liukoinen	RZ0D0 µg/l	<5,0	7,4	12
Antimoni (Sb), liukoinen	RZ0D5 µg/l	<0,20	<0,20	<0,20
Arseeni (As), liukoinen	RZ0D6 µg/l	0,48	3,8	0,30
Kadmium (Cd), liukoinen	RZ0DA µg/l	0,18	<0,030	<0,030
Kalsium (Ca), liukoinen	RZ09W mg/l	21	41	24
Kromi (Cr), liukoinen	RZ0DB µg/l	<0,50	0,81	<0,50
Koboltti (Co), liukoinen	RZ0DG µg/l	0,31	0,11	0,25
Kupari (Cu), liukoinen	RZ0D2 µg/l	6,5	<0,50	<0,50
Lyijy (Pb), liukoinen	RZ0DC µg/l	1,1	<0,10	<0,10
Magnesium (Mg), liukoinen	RZ09Z mg/l	6,6	7,6	6,8
Mangaani (Mn), liukoinen	RZ0D4 µg/l	120	460	4,8
Natrium (Na), liukoinen	RZ0AA mg/l	13	12	9,0
Nikkeli (Ni), liukoinen	RZ0E6 µg/l	3,1	0,75	2,7
Rauta (Fe), liukoinen	RZ0DQ µg/l	190	830	28
Pii (Si), liukoinen	RZ0AM mg/l	7,7	8,9	9,1
Sinkki (Zn), liukoinen	RZ0DF µg/l	180	3,9	3,5
Vanadiini (V), liukoinen	RZ0E2 µg/l	<0,20	<0,20	<0,20


**Menetelmätiedot**

Testikoodi	Parametrin nimi, CAS	Menetelmän mittausepävarmuus	Menetelmän määrittäysraja	Akkreditoitu	Menetelmä	Laboratorio
<b>Kenttätestit ja tiedot näytteestä</b>						
RZ930	Suodatus (0,45 µm)			Ei	Kenttämittaus, Suodatus	RZ
<b>Yleiset vedestä tehtävät tutkimukset</b>						
RZB10	pH	± 0,2 yks./3%		Kyllä	SFS 3021:1979, mod.	RZ T039
RZB60	Sähkönjohtavuus 25°C	10%(<40µS/m) 5%(>40µS/m)	0.1	Kyllä	SFS-EN 27888:1994, mod.	RZ T039
RZB18	Liuennot happi (O <sub>2</sub> )	0,2mg/l(<2) 10%(=2)	0.5	Kyllä	SFS-EN 25813:1993, mod.	RZ T039
RZB76	Kloridi (Cl <sup>-</sup> ), 16887-00-6	10%	0.5	Kyllä	Sis. men., IC, per. mm. SFS-EN ISO 10304-1:2009, IC-EC	RZ T039
RZB83	Fluoridi (F <sup>-</sup> ), 7782-41-4	15%	0.1	Kyllä	Sis. men., IC, per. mm. SFS-EN ISO 10304-1:2009, IC-EC	RZ T039
RZB86	Sulfaatti (SO <sub>4</sub> ), 18785-72-3	12%(<4mg/l) 10%(>4mg/l)	0.5	Kyllä	Sis. men., IC, per. mm. SFS-EN ISO 10304-1:2009, IC-EC	RZ T039
<b>Alkuaineet, liukoinen pitoisuus, ICP-MS</b>						
RZ0D0	Alumiini (Al), liukoinen, 7429-90-5	15%(>100µg/l) 19%(<100µg/l)	5	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039
RZ0D5	Antimoni (Sb), liukoinen, 7440-36-0	15%(>2µg/l) 16%(1-2µg/l) 25%(0.2-1µg/l)	0.2	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039
RZ0D6	Arseeni (As), liukoinen, 7440-38-2	15%(>1µg/l) 25%(<1µg/l)	0.2	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039
RZ0DA	Kadmium (Cd), liukoinen, 7440-43-9	15%(>1µg/l) 17%(0.1-1µg/l) 20%(<0.1µg/l)	0.03	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039
RZ09W	Kalsium (Ca), liukoinen, 7440-70-2	13%(>0.5mg/l) 15%(0.25-0.5mg/l) 25%(<0.25mg/l)	0.05	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039
RZ0DB	Kromi (Cr), liukoinen, 7440-47-3	15%(>1µg/l) 25%(<1µg/l)	0.5	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039
RZ0DG	Koboltti (Co), liukoinen, 7440-48-4	15%(>0.2µg/l) 20%(<0.2µg/l)	0.1	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039
RZ0D2	Kupari (Cu), liukoinen, 7440-50-8	15%(>1µg/l) 25%(<1µg/l)	0.5	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039
RZ0DC	Lyijy (Pb), liukoinen, 7439-92-1	15%(>0.2µg/l) 25%(<0.2µg/l)	0.1	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039
RZ09Z	Magnesium (Mg), liukoinen, 7439-95-4	12%(>0.5mg/l) 15%(0.25-0.5mg/l) 25%(<0.25mg/l)	0.05	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039
RZ0D4	Mangaani (Mn), liukoinen, 7439-96-5	15%(>20µg/l) 18%(<20µg/l)	1	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039
RZ0AA	Natrium (Na), liukoinen, 82115-62-6	12%(>0.5mg/l) 15%(0.25-0.5mg/l) 25%(<0.25mg/l)	0.05	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039
RZ0E6	Nikkeli (Ni), liukoinen, 7440-02-0	15%(>1µg/l) 25%(<1µg/l)	0.2	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039
RZ0DQ	Rauta (Fe), liukoinen, 7439-89-6	13%(>20µg/l) 20%(<20µg/l)	10	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039
RZ0AM	Pii (Si), liukoinen, 7440-02-4	20%(>0.1mg/l) 25%(<0.1mg/l)	0.02	Ei	SFS-EN ISO 17294-2	RZ



Alkuaineet, liukoinen pitoisuus, ICP-MS						
RZ0DF	Sinkki (Zn), liukoinen, 7440-66-6	15%(>20µg/l) 20%(2-20µg/l) 30%(<2µg/l)	1	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039
RZ0E2	Vanadiini (V), liukoinen, 7440-62-2	15%(>1µg/l) 20%(<1µg/l)	0.2	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2	RZ T039

Laboratorio		
RZ	Eurofins Environment Testing Finland (Lahti)	(Ei akkreditoitu)
RZ T039	Eurofins Environment Testing Finland (Lahti)	FINAS akkr. num. SFS-EN ISO/IEC 17025:2005 FINAS T039

Jakelu : jaana.maki-torkko@ramboll.fi, matti.holopainen@ramboll.fi

#### ALLEKIRJOITUS



Salla Partio +358 44 742 1564  
Research Chemist SallaPartio@eurofins.fi

Tutkimustodistus on sähköisesti hyväksytty.

#### Huomautukset

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain vastaanotettua ja tutkittua näytettä. Mahdollinen lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.