

# Kouvolan vesilaitoksen pohjavedenot- tamoiden havainnointijärjestelmän kar- toittaminen ja kehittäminen

Liikelaitos Kouvolan Vesi

TEKIJÄ: Noora Kuossari

Koulutusala: Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma: Ympäristötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä: Noora Kuossari	
Työn nimi: Kouvolan vesilaitoksen pohjavedenottamoiden havainnointijärjestelmän kartoittaminen ja kehittäminen	
Päiväys	20.5.2013
Sivumäärä/Liitteet	77/13
Ohjaajat: Tuntiopettaja Teemu Räsänen, vesihuoltojohtaja Timo Kyntäjä ja Filosofian tohtori Esko Mälkki	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani: Liikelaitos Kouvolan Vesi	
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa Kouvolan Veden pohjavedenottamoiden havaintoputkien kunto ja toimivuus sekä tarkastella automaattimittauksen toimivuutta ja sen mahdollista laajentamista sekä kehittämistä. Työ alkoi toukokuussa 2012 keräämällä tietoja pohjaveden pinnankorkeuksista ja havaintoputkista. Pohjavesien pinnankorkeuksia kerättiin vuodelta 2012. Lainsäädäntö vaatii vesihuoltolaitoksia seuraamaan pohjaveden pinnankorkeuksia. Kesäkuussa 2012 Haukkajärven tekopohjavesilaitokselle asennettiin lisäksi väliaikaisesti kaksi Keller-pinnankorkeusanturia ja kaksi YSI-laatuanturia.</p> <p>Tutkimusmenetelminä tässä opinnäytetyössä oli havaintoputkikartoitus, imeytystutkimus Haukkajärven laitoksella, uusi yhtenäinen havaintoputkikartta ja hydraulisten yhteyksien tutkiminen imeytyskentässä. Havaintoputkikartoitus tehtiin kesällä 2012, jolloin saatiin selville putkien sijaintitiedot, putken pään korko, materiaali, putken sisähalkaisija, veloitettarkkailuun kuuluvat havaintoputket, putken kunto ja syvyys. Haukkajärven tekopohjavesilaitoksen imeytystutkimuksen, 9. – 30.8.2012, aikana imeytysmäärä oli huomattavasti pienempi kuin tavallisesti. Tutkimuksen avulla saatiin havaintoja putkien toimivuudesta, pohjaveden viipymiä maaperässä ja hydrauliset yhteydet eli veden virtaus maaperässä. Vertaamalla pohjaveden pinnankorkeuksia imeytysmäärään, voidaan todeta kuinka hyvin vesi virtaa maaperässä ja kuinka nopeasti pohjaveden pinnankorkeus muuttuu. Haukkajärven laitokselle laskettiin hydrauliset gradientit.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena selvisi, että jatkuvatoiminen mittaus on hyvä menetelmä mitata pohjaveden pinnankorkeuksia. Automaatiojärjestelmä on yhdistettävä ja antureissa havaitut puutteet korjattava. Käytössä olevat kolme järjestelmää tulisi yhdistää päävalvomo-ohjelmaan sekä laatia automaattinen raportointi. Näin raportoinnista saadaan sujuvampaa ja luotettavampaa. Yksi merkittävimpiä tuloksia oli, että Haukkajärven imeytyslaitteita on parempi yhteys kaivo-alueelle kuin aikaisemmin arvioitiin. Haukkajärvelle tehtiin myös ehdotus, mitkä havaintoputket voitaisiin ottaa mukaan päivitettyyn veloitettarkkailuohjelmaan ja laajennettuun automaattiseen pinnankorkeusmittaukseen.</p>	
Avainsanat: jatkuvatoiminen mittaus, hydraulinen gradientti, hydraulinen yhteys, tekopohjavesi, havaintoputkikartoitus	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author Noora Kuossari			
Title of Thesis Surveying and Developing of the Observation System of Groundwater Works of Kouvola Waterworks			
Date	20.5.2013	Pages/Appendices	77/13
Supervisors Mr Teemu Räsänen, Lecturer, Mr Timo Kyntäjä, Water Supply Manager and Mr Esko Mälkki, DP			
Client Organisation/Partners Waterworks of Kouvola			
<p>The aim of this thesis was to survey the condition and operability of the groundwater observation pipes in the region of Kouvola waterworks as well as to study the automatic monitoring system and possibilities to extend the system. The work started in May 2012 by finding the old research reports, information about the ground water level and information about the pipes. The results of the groundwater level were collected from the year 2012. Legislation requires that the waterworks have to monitor the groundwater level. The groundwater observation pipes are specified in the mandatory monitoring plan of the waterworks. There were two Keller groundwater level probes and two YSI water quality probes installed to the artificial groundwater works of Haukkajärvi in June 2012. Most of the studies in this thesis were focused on the artificial groundwater works of Haukkajärvi.</p> <p>The methods used in this thesis were the survey of groundwater observation pipes, the infiltration study, the new integral map of the groundwater observation pipes with MapInfo program and the study of the hydraulic connection in the ground. The survey of the groundwater observation pipes was carried out during the summer 2012. The amount of the infiltrated water was lower from August 9 till August 30. The purpose of the infiltration study was to find out how the groundwater observation pipes work, to find out the delay of the groundwater to see how fast the water level decreases or increases. The comparing of the infiltration amount to the level of the groundwater shows the delays of the groundwater and hydraulic connections. The hydraulic gradients were calculated for the waterworks of Haukkajärvi.</p> <p>The automatic monitoring system makes the measuring of groundwater levels easier and the results of the level are received daily. According to the studies of this thesis the three automatic systems of the Kouvola waterworks have to be combined to one main system. The broken probes should be replaced with the new probes. In the survey of the groundwater observation pipes received information was x and y coordinates, the height from sea level, condition, material, diameter, the pipes which belong to the mandatory monitoring and other things to notice. The proposal of the new observation pipes for the updated mandatory monitoring plan and for expanded automatic system was done according to the results of study of the infiltration and the survey of the groundwater observation pipes. One result of this thesis was that the hydraulic connection in the infiltration field of Haukkajärvi was better than the earlier studies showed.</p>			
Keywords automatic monitoring system, artificial groundwater, hydraulic connection, survey of observation pipes			

## ESIPUHE

Haluan kiittää kaikkia, jotka ovat osaltansa auttaneet tässä opinnäytetyössä. Aihe on ollut minulle mieleinen ja olen oppinut paljon projektin aikana.

Vesihuoltojohtaja Timo Kyntäjää haluan kiittää sekä hienosta mahdollisuudesta työskennellä Kouvolan Vedellä ja mahdollisuudesta oppia uutta pohjavesitutkimuksesta että työnohjauksesta. Kiitos myös Aleksille ja Kai Veikkolaiselle avusta ja neuvoista opinnäytetyön aikana sekä muille Kouvolan Veden työntekijöille.

Filosofian tohtori Esko Mälkkiä haluan lämpimästi kiittää yhteistyöstä opinnäytetyön aikana sekä monista ohjeista ja opastuksesta pohjavesien tutkimisesta.

Opettajaani ja ohjaajaani Teemu Räsästä haluan kiittää opinnäytetyön ohjauksesta.

Kiitokset kuuluvat myös miehelleni Timolle ja perheelleni tuesta sekä kannustuksesta opinnäytetyö-projektin aikana.

Kuopiossa 20.5.2013

Noora Kuossari

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
2	KOUVOLAN VESIHUOLLON NYKYTILANNE JA TULEVAISUUS .....	7
3	VESIHUOLTOA KOSKEVA LAINSÄÄNDÄNTÖ .....	9
3.1	Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (461/2000).....	10
3.2	Vesihuoltolaki (119/2001).....	11
3.3	Vesilaki (587/2011).....	12
4	POHJAVEDEN LAATU.....	14
5	LIIKELAITOS KOUVOLAN VEDEN VEDENOTTAMOT .....	15
5.1	Haukkajärven pohjavedenottamo ja tekopohjavesilaitos.....	15
5.2	Käyrälammen pohjavedenottamo .....	18
5.3	Okanniemen pohjavedenottamo.....	20
5.4	Muut laitokset .....	21
6	TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT .....	24
6.1	Kouvolan alueen pohjavesitietojen kerääminen .....	24
6.2	Havaintoputkikartoitus ja vedenkorkeusmittaukset Kouvolan Veden alueella	26
6.3	Automaattinen pohjaveden pinnankorkeus- ja laatumittaus Haukkajärvellä ..	29
6.4	Havaintoputkikartta .....	37
6.5	Haukkajärven imeytystutkimus 9–30.8.2012 .....	37
6.6	Hydraulisen yhteyden tutkiminen .....	38
6.7	Internetpohjainen karttapalvelu .....	41
7	TULOKSET.....	42
7.1	Havaintoputkikartoitus ja tiedon kerääminen.....	42
7.1.1	Haukkajärvi .....	43
7.1.2	Käyrälampi .....	46
7.1.3	Muut laitokset.....	48
7.2	Havaintoputkien pinnankorkeuksien mittaus Haukkajärvellä.....	49
7.2.1	Automaattinen mittaus .....	50
7.2.2	Käsimittaus.....	52
7.3	Hydrauliset yhteydet.....	53
7.3.1	Havaintoputkikohtainen tarkastelu .....	54
7.3.2	Imeytyskentän gradienttitarkastelu .....	59
7.4	Haukkajärven imeytystutkimus 9–30.8.2012 .....	61
7.5	Pohjaveden automaattinen laatumittaus Haukkajärvellä .....	62

7.6 Internetpohjainen karttapalvelu.....	66
8 TULOSTEN TARKASTELU.....	67
8.1 Havaintoputkikartoitus ja tiedon analysointi.....	67
8.2 Pohjavesien pinnankorkeuksien mittaus .....	68
8.3 Hydraulinen yhteys .....	69
9 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	70
LÄHTEET .....	74

#### LIITTEET:

Liite 1: Havaintoputkien mittausohjelma

Liite 2: Haukkajärven imeytystutkimuksen ohjeet

Liite 3: STM:n asettamat talousveden laatuvaatimukset

Liite 4: Haukkajärven hydrauliset gradienttilaskut

Liite 5: Ehdotus Haukkajärven veloitettarkkailu- ja automaatioputkista

Liite 6: Valtatie 6 pohjavesisuojaus Haukkajärvellä

Liite 7: Esimerkki havaintoputkikortista

Liite 8: Kaivojen näytteenotto-ohjelma

Liite 9: Kaikki kartoitetut havaintoputket Kouvolan Veden toiminta-alueella

Liite 10: Haukkajärven havaintoputkikartta

Liite 11: Käyrälammen havaintoputkikartta

Liite 12: Okanniemen havaintoputkikartta

Liite 13: Haukkajärven gradienttikartta



## 1 JOHDANTO

Lainsäädäntö velvoittaa vesilaitoksia tarkkailemaan pohjavedenpinnakorkeutta ja laatua. Jokaiselle vedenottamolle laaditaan velvoitetarkkailuohjelma, jossa on määritetty havaintoputket pohjaveden seurantaan. Kouvolan Vedellä on käytössä automaattista pohjaveden pinnankorkeuden mittausta, koska se helpottaa velvoitetarkkailussa olevien havaintoputkien pohjavesien pinnankorkeuksien tarkkailua.

Tässä opinnäytetyössä pyritään kartoittamaan Kouvolan Veden pohjavesien havaintoputkien kunto ja toimivuus sekä tarkastella automaattimittauksen toimivuutta ja järjestelmän mahdollista laajentamista. Työn tavoitteena on tarkastella havainto-ohjelmien ja seurannan kehittämistarpeita ja tehdä niistä kehitysehdotuksia. Lisäksi tavoitteena on havaintoverkoston kattavuuden analysointi ja pohjavesihavaintojen suorittaminen. Tavoitteen on myös päivittää raportointia pohjavesien pinnankorkeuksien mittaamiseen. Pohjavesien pinnankorkeustietoja kerättiin tähän opinnäytetyöhön vuodelta 2012. Selvitystyöt ovat tässä työssä keskittyneet eniten Haukkajärven teko-pohjavesilaitokseen.

Kesällä 2012 tehtiin havaintoputkikartoitus kaikista Kouvolan Veden havaintoputkista ja Haukkajärven tekopohjavesilaitoksella suoritettiin imeytystutkimus. Automaatiomittauksista laajennettiin kokeellisesti kahdella pinnankorkeusanturilla ja kahdella YSI-laatuanturilla. Havaintoputkikartoituksen avulla voidaan laatia uudet päivitettyt velvoitetarkkailuohjelmat pohjavesilaitoksille. Havaintoputkien toimivuuden ja imeytystutkimuksen avulla voidaan myös arvioida pohjaveden viipymiä maaperässä. Pohjaveden viipymien avulla saadaan tietää, kuinka hyvin pohjavesi virtaa maaperässä ja missä on hyviä hydraulisia yhteyksiä. Vertaamalla pinnankorkeustietoja ja raakaveden pumppausmääriä voidaan myös arvioida kaivojen ja havaintoputkien hydraulisia yhteyksiä maaperässä. Pohjaveden pinnankorkeuksiin vaikuttavat sateet, haihdunta, geologiset olosuhteet ja luonnollisen pohjaveden muodostuminen alueella.



## 2 KOUVOLAN VESIHUOLLON NYKYTILANNE JA TULEVAISUUS

Kouvolan Kaupunki sijaitsee Kymenlaaksossa, Kaakkois-Suomessa. Nykyinen Kouvola on alueeltaan suuri, koska vanhaan Kouvolaan yhdistyi 1.1.2009 Anjalankoski, Elimäki, Jaala, Kuusankoski ja Valkeala. Liikelaitos Kouvolan Vesi hoitaa vesihuollon Kouvolan kaupungin alueella lukuun ottamatta Anjalankosken vesihuoltoa, jonka hoitaa Kymen Vesi Oy. Kouvolan Veden toiminta on alkanut vuonna 1938. Tekopohjaveden tuotanto aloitettiin 1970-luvun alussa ja vuonna 1988 sen tuotantoa lisättiin. Nykyinen liikelaitos Kouvolan Vesi aloitti toimintansa 1.1.2009 kuntayhdistymisen jälkeen ja työllistää tällä hetkellä 60 henkilöä. (Kouvolan Vesi).

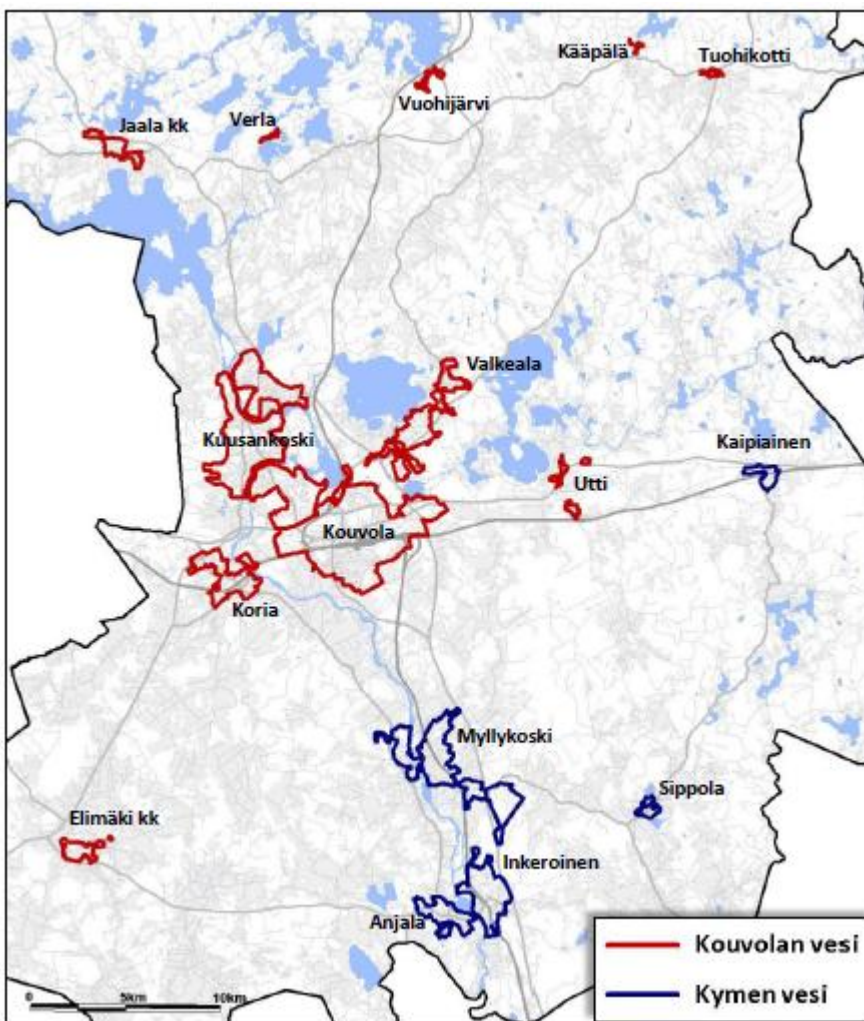
Kouvolassa oli vuoden 2008 lopulla 88 436 asukasta ja väestöennusteen arvioin mukaan vuonna 2025 asukkaita olisi noin 88 700. Verkostoon liittyneitä kiinteistöjä Kouvolan Veden alueella on noin 17 300. (Houni, Ala-Huikku, Halonen, Hasu, Väkevä, Haikonen, Isakow, Kyntäjä, Harjula, Valkeapää, Koverola, Kettunen ja Kajoniemi 2011, 3,7.)

Vesihuollon nykyisellä toiminta-alueella Kouvolan Vedellä on yhteensä 12 vedenottamo, joista kaksi on varavedenottamoina. Tärkeimmät vedenottamot ovat Haukkajärven tekopohjavesilaitos Utissa ja Pilkanmaan pintavesilaitos Kuusankoskella. Haukkajärveltä on lupa pumpata raakavettä jopa 10 000 m<sup>3</sup> ja Pilkanmaalta noin 4 000 m<sup>3</sup> raakavettä vuorokaudessa. 70 prosenttia kouvolaalaisista saavat näiltä kahdelta laitokselta talousvetensä. Kouvolan alueella on kolme jätevedenpuhdistamo: Kuusankosken Akanojan puhdistamo, Kouvolan Mäkikylän puhdistamo sekä Kymen Vedelle kuuluva Sippolan jätevedenpuhdistamo. Vesihuolto-osuuskuntia Kouvolan alueella on noin 50. (Houni ym 2011, 6, 11.)

Keskeiset tavoitteet Kouvolan kaupungin kehittämisessä ovat hyvälaatuisen talousveden turvaaminen koko kunnalle ja luotettavasti toimiva jäteveden puhdistus. Kouvolan veden on varauduttava koko vesihuollossaan saneeraus- ja korjauskuluihin. Vesilaitoksen toimintaa ei rahoiteta verovaroin, vaan vesihuoltomaksuin, liittymis-, perus- ja käyttömaksut. Tärkeimpiä tulevaisuuden hankkeita ovat varavedenottamoiden saneeraukset, verkostorakenteen kehittämien ja myöhemmässä vaiheessa Okanniemmen/Selänpään pohjavesivarojen hyödyntäminen vesihuollossa. Jäteveden osalta

tärkeimmät hankkeet ovat Akanoja-Mäkikylä siirtoviemäri, Mäkikylän saneeraus ja Valkeala-Kouvola siirtoviemäri. (Houni ym. 2011, 15.)

Kouvolan Veden tulevaisuuden kehittämistarpeet ja toimenpiteet ovat toimintavarmuuden lisääminen, verkostojen tutkiminen ja saneeraus, laitosrakentaminen, -saneeraukset ja siirtolinjat, valvonta- ja ohjaujärjestelmien kehittäminen sekä pohjaveden käytön lisääminen ja uudet pohjavesialuetutkimukset. (Houni ym. 2011, 17–20.) Kuvassa 1 näkyy Kouvolan Veden toiminta-alue punaisella ja Kymen Vesi Oy:n sinisellä.



Kuva 1: Kouvolan ja Kymen Veden toiminta-alueet. (Houni ym. 2011, 7)

### 3 VESIHUOLTOA KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Lainsäädäntö ohjaa vesihuoltolaitosten toimintaa. Vesihuoltoon liittyvät lainsäädäntökategoriat ovat liiketoiminta ja hallinto, maankäyttö ja rakentaminen, strategiat ja ohjelmat, terveys, varautuminen, vesi- ja viemärlaitos sekä ympäristön- ja vesien-suojelu. (Vesilaitosyhdistys 2013). Vesihuoltolaitokset talousveden tuotannossa joutuvat lainsäädännön nojalla raportoimaan ELY-keskuksille veloitettarkkailuun kuuluvi-en havaintoputkien pinnankorkeudet kerran vuodessa. Jokaiselle vesilaitokselle on laadittava erikseen oma suojelusuunnitelma, veloitettarkkailuohjelma, riskikartoitus ja yleisesti varautumissuunnitelma poikkeamatilanteissa.

Tärkeitä lakeja ja asetuksia tätä opinnäytetyön aihetta ajatellen ovat mm.

- *sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laadusta ja valvonnasta (461/2000)*
- *vesihuoltolaki (119/2001)*
- *vesilaki (587/2011)*
- *valtioneuvoston asetus vesitalousasioista (1560/2011)*
- *ympäristönsuojelulaki (86/2000)*
- *ympäristönsuojeluasetus (169/2000)*
- *alueidenkehittämisasetus (1200/1996)*
- *laki viranomaisten suunnitelmien ja ohjelmien ympäristövaikutusten arvioinnista (200/2005)*
- *Valtioneuvoston asetus viranomaisten suunnitelmien ja ohjelmien ympäristövaikutusten arvioinnista (347/2005)*
- *terveydensuojelulaki (763/1994) ja*
- *terveydensuojeluasetus (1280/1994).*

*Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laadusta ja valvonnasta (461/2000), vesihuoltolaki (119/2001) ja vesilaki (587/2011) esitellään alla tarkemmin.*

### 3.1 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (461/2000)

Pykälässä 1 annetaan määräykset talousveden laatuvaatimuksista ja tarvittavista tutkimuksista 2 §:ssä määritellään lain soveltamisala, joka käsittää kaikkea terveydensuojelulain 16 §:ssä tarkoitettua vettä: jota toimitetaan talousvetenä kuluttajille vähintään 10 m<sup>3</sup> päivässä tai vähintään 50 henkilön tarpeisiin ja sellaista vettä, jota jaetaan talousvetenä käytettäväksi osana julkista tai kaupallista toimintaa. (STM 461/2000.)

Asetuksen 4 §:ssä määrätään, että talousvedessä ei saa olla pieneliöitä, loisia tai mitään ainetta sellaisia määriä, joka voivat aiheuttaa vaaraa ihmisen terveydelle. Talousveden on täytettävä lain liitteen I taulukon 1 ja 2 sekä liitteen I A (taulukko 1) esitetyt vähimmäisvaatimukset. Määritetyt talousveden raja-arvot löytyvät tämän opin näytetyön liitteestä 3. Lain mukaan talousveden on oltava myös muuten soveltuvaa käyttötarkoitukseensa. Talousvesi ei saa aiheuttaa syöpymistä tai haitallisten saostumien syntymistä vesijohdoissa ja vedenkäyttölaitteissa. Käyttökelpoisuuteen perustuvat laatuvaatimukset on lain liitteessä I taulukossa 3 sekä liitteessä I A taulukossa 2. (STM 461/2000.)

Asetuksen 5 §:ssä määrätään, että talousvettä toimittava laitos on vastuussa talousveden laatuvaatimusten täyttymisestä kiinteistön vesijohtoon liittämiskohtaan saakka. Kunnan terveystoimikunnan tulee valvoa säännöllisesti talousveden laatua. Valvontatutkimusnäytteiden vähimmäislukumäärä on liitteessä II. Lain 7 §:n mukaan säännölliseen valvontaan kuuluu jatkuva valvonta ja jaksottainen seuranta. Jatkuvan valvonnan tarkoituksena on saada säännöllisesti tietoa veden laadusta, laatuvaatimusten täyttymisestä ja talousveden käsittelyn tehokkuudesta. Jatkuvaan valvontaan vaikuttaa lain mukaan vedenjakelualueelle päivittäin toimitettu tai tuotettava vesimäärä. Näytteitä on otettava tasaisesti koko jakeluverkon alueelta 1–304 kertaa vuodessa, toimitetun vesimäärän mukaan. Jaksottainen seuranta tarkoittaa sitä, että seurannan avulla saadaan tietää täyttääkö talousvesi STM:n asetuksen 461/2000 liitteen I mukaiset laatuvaatimukset. Jaksottaisessa seurannassa näytteiden lukumäärään vaikuttaa myös toimitettu vesimäärä (m<sup>3</sup>). Näytteitä otetaan kerran kahdessa vuodessa tai 1–6 kertaa vuodessa. (STM 461/2000.)

STM:n asetuksen 8 §:ssä määrätään, että talousvettä toimittavan laitoksen on laadittava laitospohjaisen valvontatutkimusohjelman yhteistyössä kunnan terveydensuojeluviranomaisen kanssa. Valvontatutkimusohjelmassa tulee olla kuvattuna paikallisia olosuhteita esimerkiksi, jos alueen läheisyydessä on riskitekijöitä, jotka vaativat erityisvalvontaa. Valvontatutkimussuunnitelmaa laatiessa terveydensuojeluviranomainen on tarvittaessa pyydettävä lausunto asianomaiselta ELY-keskukselta. Vähintään 10 m<sup>3</sup> tai 50 henkilölle toimittavien laitosten valvontatutkimussuunnitelma on toimitettava lääninhallitukselle ja asianomaiselle ELY-keskukselle. Valvontatutkimussuunnitelma on uusittava viiden vuoden välein tai useammin, jos siihen on tarvetta. Asetuksen 10 §:ssä määrätään, että valvontatutkimussuunnitelman on koottava tiedot talousvettä toimittavan laitoksen omasta käyttötarkkailusta. 11 §:n mukaan käyttötarkkailuun tulee sisältyä riittävä seuranta veden laadusta. Erityistilanteissa, kuten epäily tai todettu saastumistila tai jokin pitoisuus on ylittänyt raja-arvon, on näytteitä otettava tiheämmin kuin valvontatutkimusohjelmassa on määrätty (11 §). (STM 461/2000.)

### 3.2 Vesihuoltolaki (119/2001)

Vesihuoltolain tavoitteena on turvata vesihuolto, joka on saatavissa kohtuullisin kustannuksin ja talousvesi olisi moitteetonta. Viemäroinnin tulee olla asianmukainen terveyden- ja ympäristönsuojelun kannalta. Lakia sovelletaan asutuksen vesihuoltoon ja asutukseen rinnastettavaan elinkeino- ja vapaa-ajantoimintojen vesihuoltoon. Lain 4 §:n mukaan valvontaviranomaisina toimivat alueelliset ELY-keskukset, kunnan terveydensuojeluviranomainen ja ympäristönsuojeluviranomainen. Vesihuoltolain 5 §:ssä määrätään, että kunnan tulee kehittää vesihuoltoa omalla alueellansa samassa tahdissa yhdyskuntarakentamisen kanssa. Kunnan tulee myös osallistua vesihuollon alueelliseen yleissuunnitteluun. Kunnan ja vesihuoltolaitosten on yhdessä laadittava ja pidettävä ajan tasalla alueensa kattava kehittämissuunnitelmat. 6 §:n mukaan kunta on velvollinen perustaa vesihuoltolaitoksen ja laajentaa verkostoaan, jos suurehko asukasjoukko sitä tarvitsee tai siihen on terveydelliset tai ympäristönsuojelulliset syyt. Vesihuoltolaitosten toiminta-alueiden tulee kattaa 7 §:n mukaan alueet, joilla kiinteistöjen liittäminen vesihuoltoverkostoon tai viemäriin on tarpeen asutuksen vuoksi tai vesihuollon kannalta elinkeino- ja vapaa-ajantoiminnan määrän tai laadun vuoksi. (VHL 119/2001.)

Lain 14 §:ssä määrätään velvollisuudesta huolehtia, että laitoksen toimittava talousvesi täyttää terveydensuojelun määräämät laatuvaatimukset. 15 §:n mukaan vesihuoltolaitosten on myös tarkkailtava käyttämänsä raakaveden määrää ja laatua. Lain 16 §:ssä määrätään, että vesihuoltolaitoksen on tiedotettava riittävästi toiminnastaan, jotta asiakkaat tietävät mistä esimerkiksi vesimaksut koostuvat. (VHL 119/2001).

### 3.3 Vesilaki (587/2011)

Vesilain tavoitteena on edistää, järjestää ja sovittaa yhteen yhteiskunnallisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävää vesivarojen ja vesiympäristön käyttöä. Tavoitteen on myös ehkäistä ja vähentää vedestä ja vesiympäristöstä aiheutuvia haittoja sekä parantaa vesivarojen ja vesiympäristön tilaa. Lain 2 §:ssä määrätään, että vesilakia sovelletaan vesitalousasioihin. Niitä vesitalousasioita, jotka ei edellytä vesihuoltolain mukaista lupaa, sovelletaan ympäristönsuojelulain määräyksiä. Vesilakia sovellettaessa ja kun toimitaan vesilain mukaan, on myös noudatettava luonnonsuojelulakia, muinaismuistolakia ja maankäyttö- ja rakennuslakia. Vesilain 7 §:n mukaan lupaviranomaisena toimii aluehallintovirasto. Valvontaviranomaisina toimii Elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus ja kunnan ympäristönsuojeluviranomainen. (VL 587/2011.)

Luvun 3, 2 §:ssä, määrätään vesitaloushankkeen yleisestä luvanvaraisuudesta. Lain mukaan vesitaloushankkeella on oltava lupaviranomaisen lupa, jos hanke voi muuttaa vesistöjen asemaa, syvyyttä, vedenkorkeutta tai virtaamaa, rantaa tai vesiympäristöä taikka pohjavedenlaatua tai määrää. Kolmannen luvun 3 §:ssä on lista vesitaloushankkeista, jotka ovat aina luvanvaraisia. Vesilaitostoimintaan vaikuttavat mm. pykälän kolme toinen ja kolmas kohta. Vesilain mukaiset luvanvaraiset vesitaloushankkeet liittyen tähän opinnäytetyöhön ovat seuraavat:

- 1) valtaväylän tai yleisen kulku- tai uittoväylän sulkeminen tai supistaminen sekä väylän käyttämistä vaikeuttavan laitteen tai muun esteen asettaminen (VL 587/2011)
- 2) veden ottaminen vesihuoltolaitoksen tai vesihuoltolaitokselle vettä toimittavan tarpeisiin taikka siirrettäväksi muualla käytettäväksi sekä muu pohjaveden ottaminen, kun otettava määrä on yli 250 m<sup>3</sup>/vrk samoin kuin muu toimenpide, jonka seurauksena pohjavesiesiintymästä poistuu muutoin kuin tilapäisesti pohjavettä vähintään 250 m<sup>3</sup>/vrk (VL 587/2011)

3) veden imeyttäminen maahan tekopohjaveden tekemiseksi tai pohjaveden laadun parantamiseksi (VL 587/2011.)

#### 4 POHJAVEDEN LAATU

Suomessa pohjavesialueilla on suojeluluokitukset, mihin suojelu painottuu. Suomessa pohjavesiluokitukset ovat I, II ja III -luokan pohjavesialue. Pohjavesialueet ovat herkästi pilaantuvia ja näin ollen kaikki riskitekijät on otettava huomioon, kun valmistetaan talousvettä pohjavedestä. Pohjaveden laadun varmistamiseksi esimerkiksi taa-jamissa ja valtateiden läheisyydessä on olemassa pohjavesien suojelusuunnitelmia. Suojelu painottuu eniten I-luokan pohjavesialueille. Pohjavesialueilla olevat likaavat toiminnot voivat myös vaikuttaa pohjaveden laatuun. Talousveden laadusta määrää sosiaali- ja terveysministeriö (STM), joka on antanut asetuksen (461/2000) talousveden laadusta ja valvonnasta. Talousveden laatuvaatimuksia on käsitelty edellä kappaleessa 3.1.

Pohjaveden laatuun vaikuttaa maaperä, valuma-alue, maalaji ja toiminta pohjavesialueella tai sen läheisyydessä. Eräänä pohjaveden laatuongelmana on liiallinen fluoridipitoisuus pohjavedessä. Korkeat fluoridipitoisuudet pohjavedessä johtuvat yleensä maaperän rapakivestä, rapakivigraniitista. Suomessa fluoridipitoista rapakiveä ilmenee runsaasti Kaakkois- ja Lounais-Suomessa. Suomeenkin ulottuva Viipurin rapakivi-alue kulkee Karjalan Kannakselta Lappeenrantaan, Jaalaan, Kouvolaan ja aina Loviisaan asti. Lounais-Suomessa sijaitsee erillisiä rapakivialueita Laitilassa, Vehmaalla ja Ahvenenmaalla. Pienempiä ja yksittäisiä rapakivialueita on vielä Porvoossa, Espoossa ja Kirkkonummella. (Lahermo ja Backman 2013.)

Rapakivialueilla fluoridipitoisuus voi olla jopa kymmenkertainen verrattuna muihin kivilajeihin. Korkea fluoridipitoisuus pohjavesissä ja pintavesissä aiheutuu siitä, kun rapakivigraniitissa ja siitä syntyneessä maaperässä on korkeafluoridipitoisuus. Fluoridi liukenee helposti veteen ja ei sitoudu helposti uudelleen maahan. (Lahermo ja Backman 2013.) Jos pohjaveden fluoridipitoisuus on liian korkea, sitä joudutaan poistamaan vedestä.

Pohjaveden laatu Kouvolassa täyttää pääosin talousveden laatuvaatimukset, mutta joillakin alueilla on pohjavesissä luontaisesti liikaa fluoridia, minkä vuoksi se vaatii käsittelyä. Fluoridipitoisuuden voidaan alentaa, esimerkiksi laimentamalla fluoridipitoista vettä vedellä, jossa on alhainen fluoridipitoisuus tai kalvosuodatuksella. Liian korkea fluoridipitoisuus talousvedessä voi aiheuttaa hammashaittoja.

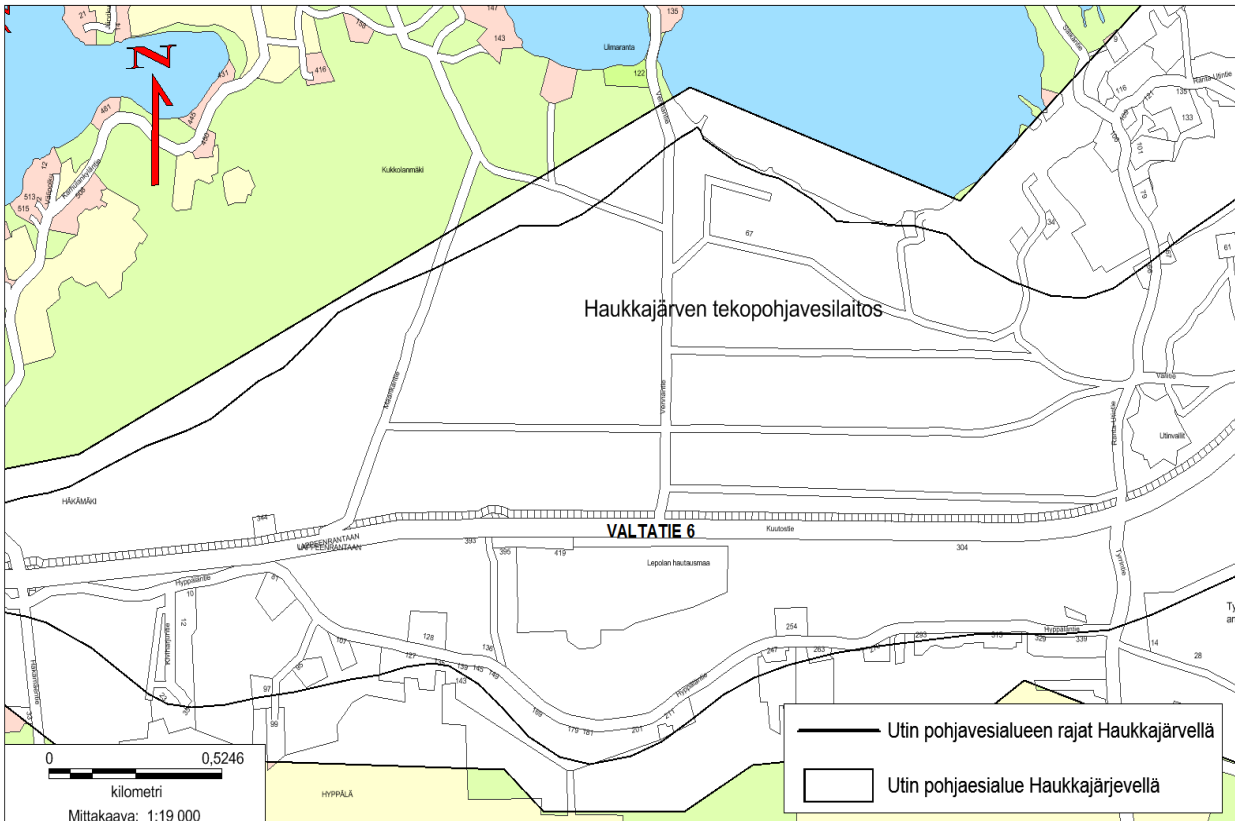


## 5 LIIKELAITOS KOUVOLAN VEDEN VEDENOTTAMOT

Tässä opinnäytetyössä tutkimuksissa painopiste oli Haukkajärven tekopohjavesilaitoksessa. Käyrälammen ja Okanniemen pohjavesilaitoksien pohjaveden pinnankorkeuksia ja laatua tutkittiin myös opinnäytetyöprosessin aikana.

### 5.1 Haukkajärven pohjavedenottamo ja tekopohjavesilaitos

Haukkajärven tekopohjavesilaitos sijaitsee Kouvolan Valkealassa, Utin pohjavesialueella. (Kouvolan Veden valvontatutkimusohjelma 2010–2014, 5). Utin pohjavesialue kuuluu ensimmäiseen Salpausselän reunamuodostumaan, joka on Haukkajärven kohdalla itä-länsisuuntainen. Muodostuma ulottuu Hangosta Lahden kautta itärajalle saakka. Haukkajärvellä vedenottoalueen eteläpuolella sijaitsee valtatie 6. Kalliopinta on alueittain lähellä valtatieä 6 noin 40 metrin syvyydessä eli noin +60 metrin tasossa merenpinnasta ja alemmalla vyöhykkeellä kallion pinta laskee noin +15 – +30 metriä merenpinnasta. Haukkajärven vedenottamon alueella ja sen lähialueilla on maalajien kerrostuneisuutta, mikä on tyypillistä harjualueille. Yleisimmät lajitteet Haukkajärvellä on hiekka- ja hienohiekkakerrokset sekä sorakerrostumat. Kerrosrakenne on vaihtelevaa, mikä vaikuttaa pohjaveden virtausolosuhteisiin. Tutkimuksien mukaan mm. pohjoiseen viettävän Salpausselän rinteiden puolivälissä alemmassa vyöhykkeessä olevien imeytysaltaiden tuntumassa on melko pystysuora, virtausta rajoittava, hienoaineskerros. (Mälkki 1984, 1–2; Miettunen ja Ala-Peijari 1985, 7–8; Aura ja Salmi 1974, 2; Petäjä-Ronkainen 1998, 13,14,18.) Kuvassa 2 näkyy Utin pohjavesialue sekä pohjaveden muodostumisalue Haukkajärven kohdalla.



Kuva 2: Utin pohjavesialueen sijainti. Muokattu Kouvolan kaupungin, maanmittauslaitoksen ja SYKE:n kartta-aineistoista. Kuva Noora Kuossari, 2013.

Haukkajärven tekopohjavesilaitos sijaitsee Salpausselän laen pohjoispuoliskolla ja pohjoisrinteellä. Tekopohjavesi on tässä tapauksessa Haukkajärven järvivedestä imeytettyä tekopohjavettä. Järvivettä imeytetään imeytysaltaisiin, jotka on rakennettu imeytystä varten. Vesi imeytyy altaista maaperään ja siitä muodostuu tekopohjavettä. Tekopohjavesilaitoksen alue on jaettu kahteen osaan, Salpausselän lakiosaan, jota kutsutaan ns. ylemmäksi vyöhykkeeksi ja Haukkajärven puoleiseen osaan, jota kutsutaan alemmaksi vyöhykkeeksi. Tämä on käytännössä otettava huomioon laitoksen käytössä, koska näissä olevien imeytysalueiden ja alempana olevien kaivojen välillä virtausolosuhteet ovat erilaisia. (Mälkki 1984, 1–2; Aura ja Salmi 1974, 1–3; Petäjä-Ronkainen 1998, 13, 18.) Haukkajärvestä imeytetään järvivettä neljään imeytysaltaaseen. Kun tekopohjavesilaitos otettiin käyttöön, imeytys tapahtui ylätasanteella sijaitsevilla imeytysaltailla. Nykyinen imeytys tapahtuu uusilla imeytysaltailla, jotka sijaitsevat pohjoiseen viettävän Salpausselän rinteiden puolivälissä. Nämä kaksi imeytysaluetta muodostavat kaksi allasaluetta.

Itä-Suomen vesioikeus on myöntänyt Haukkajärven tekopohjavesilaitokselle vedenotoluvan 19.2.1971. Laitos on otettu käyttöön 60 ja 70 -luvun vaihteessa. Pohjavettä,

luonnollinen ja imeytettyvesi, saa pumpata maasta enintään 10 000 m<sup>3</sup> vuorokaudessa viikkokeskiarvona laskettuna. Luonnollista pohjavettä saa pumpata enintään 2 500 m<sup>3</sup> vuorokaudessa 10 000 m<sup>3</sup>:n kokonaismäärästä. Haukkajärvestä on lupa ottaa vettä imeytykseen enintään 8 000 m<sup>3</sup> vuorokaudessa. (Petäjä-Ronkainen 1998, 17,35; Aura ja Salmi 1968, 13.) Luonnollista pohjavettä Haukkajärvellä syntyy Maan ja Veden vuoden 1969 tutkimuksen mukaan noin 1 500–2 500 m<sup>3</sup> vuorokaudessa. (Aura ja Salmi 1969). Pohjaveden pumppausta varten on kaksi kaivoryhmää, joissa molemmissa on neljä siiviläputkikaivoa ja lisäksi kaksi erillistä siiviläputkikaivoa. Kaikki kaivot sijaitsevat Haukkajärven rannan läheisyydessä. Tekopohjavesilaitoksella imeytyksen vuoksi luonnollisen pohjaveden hyödyntäminen voi jäädä suppeammaksi, kuin alueen luontainen antoisuus on. (Kyntäjä Timo, 6.2.2013).

Vuoden 2012 havaintojen perusteella ylemmällä tasanteella pohjavesien syvyys putken päästä vaihteli noin 12–30 metrin välillä eli noin +63 – +79 metriä merenpinnasta. Alemmalla vyöhykkeellä pohjaveden pinta oli noin 2–12 metrin syvyydellä eli noin +57 – +70 metriä merenpinnasta. Imeytysaltaiden ympärillä pohjaveden pinta oli noin +62 – +70 metriä meren pinnasta. Pohjaveden pinta on korkeimmillaan lumien sulamisen jälkeen keväällä ja syysateisen jälkeen. Haukkajärvellä pohjaveden pinnan korkeuksia on mitattu, pääosin käsin, yhtäjaksoisesti vuodesta 1978 lähtien. (Petäjä-Ronkainen 1998, 13, 18.) Vuonna 1998 Haukkajärvelle on asennettu ensimmäiset automaattianturit.

Pohjavettä käsitellään imeytyksen jälkeen veden käsittelylaitoksella kalkkialkaloinnilla, fluoridin poistolla osasta vedestä ja viimeisenä UV-suodatus. (Kouvolan Veden valvontatutkimusohjelma 2010–2014, 8). Haukkajärven pohjaveden laatu on pääsääntöisesti hyvää ja täyttää STM:n laatuvaatimukset talousvedelle. Pohjavedessä on kuitenkin liikaa fluoridia. Haukkajärvellä fluoridin määrä on vaihdellut 1,5–2,5 mg/l arvoissa, eli arvo ylittää STM:n asettaman raja-arvon 1,5 mg/l. Lämpötila vaikuttaa tekopohjaveden fluoridipitoisuuteen. Kylmänä aikana pintamaa sorptioi raakaveden fluoridia ja lämpimän jakson aikana fluoridia vapautuu tekopohjaveteen. Haukkajärvellä talvikuukausina raakavettä imeytetään enemmän kuin kesäkuukausina, jotta pohjaveden lämpötila pysyisi mahdollisimman alhaisena. (Eskola, Hyyppä, Isakow, Kyntäjä, Myry, Mälkki, ja Vuorinen 2002, 20, 37; Vuorinen 2002.) Haukkajärven järvi-veden luontainen fluoridipitoisuus on noin 0,7 F<sup>-</sup> mg/l. Fluoridia poistetaan pohjavedestä kalvosuodatuksen avulla.

Haukkajärven vesilaitoksen luultavasti suurin riskitekijä on valtatie 6, joka sijaitsee keskellä pohjavesialuetta. Valtatielle 6 on tehty pohjavesisuojaus. Kuva Haukkajärven kohdalla Valtatie 6:n pohjavesisuojuuksesta on liitteessä 6. (Vikman ja Panula-Ontto-Suuronen 2001.) Haukkajärven alueella on puolustusvoimien harjoitusalueita.

## 5.2 Käyrälammen pohjavedenottamo

Käyrälammen pohjavedenottamo sijaitsee Tornionmäen pohjavesialueella ja etäisyys Käyrälampeen on noin 30 metriä. Vedenottamokaivojen läheisyydessä on myös Tykkimäen leirintäalue ja valtatie 6. (Kouvolan Veden valvontatutkimusohjelma 2010–2014, 5.) Käyrälammen vedenottamo sijaitsee Käyrälammen eteläisellä reunalla, harjuvyöhykkeellä. Käyrälammen vedenottoalueella maaperä on suurimmaksi osaksi hie-noa hiekkaa. Hiekkakerroksen paksuus on noin 5–9 metriä. Karkeampia hiekkakerroksia ja vettä johtavia maakerroksia löytyy myös harjuvyöhykkeestä noin 15–17 metrin syvyydelle. (Kajander ja Eerikäinen 2004, 3.) Kuvassa 3 näkyy Tornionmäen pohjavesialue Käyrälammen ja Valion pohjavedenottamoiden kohdalla.



Kuva 3: Tornionmäen pohjavesialueen rajat Käyrälammen ja Valion pohjavedenottamoiden kohdalla. Muokattu Kouvolan kaupungin, maanmittauslaitoksen ja SYKE:n kartta-aineistoista. Kuva Noora Kuossari, 2013.

Tutkimuksien mukaan Käyrälammen kohdalla sijaitsee kallioperän ruhjelaakso, joka on luode-kaakko suuntainen. Ruhjeeseen on sijoittunut pitkittäisharju liittyneenä Salpausselkään. Pohjavesi kerääntyy ruhjeeseen ja pohjaveden virtaus on Salpausselältä ruhjetta pitkin luoteeseen. Pohjavesi purkautuu Käyrälampeen. Arvioiden mukaan pohjavettä pääsee virtaamaan Käyrälammen alueelle Tornionmäen pohjavesialueelta sekä tykkimäen III -luokan pohjavesialueen luoteisosasta. Pohjavesi sijaitsee noin 3,5–6,5 metrin syvyydessä maanpinnasta ja +57 – +60 metriä merenpinnan yläpuolella. (Kajander ja Eerikäinen 2004, 3.) Käyrälammen korkeustaso on +58,1 metriä merenpinnasta. (Järviwiki, 2011).

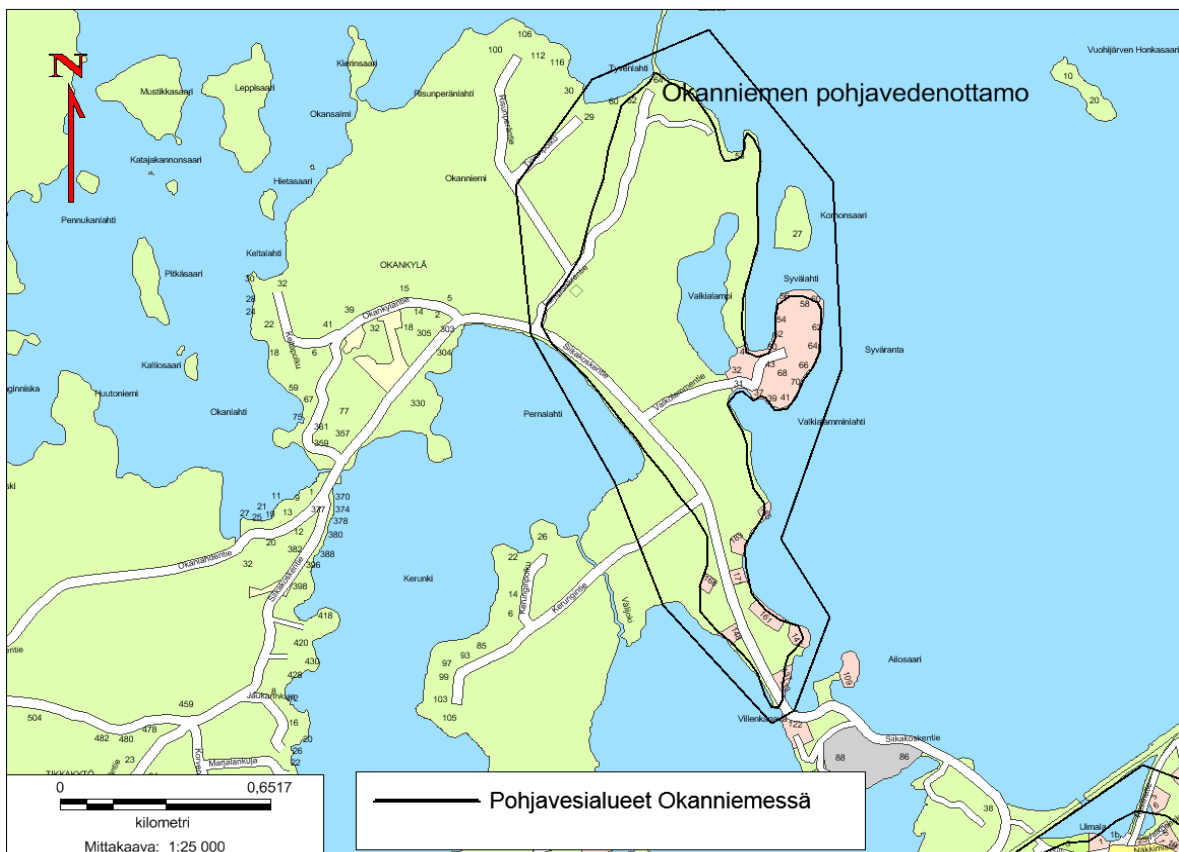
Käyrälammella pohjavettä alkaloidaan natriumhydroksidilla ennen sen jakelua verkostoon. (Kouvolan Veden valvontatutkimusohjelma 2010–2014, 8). Käyrälammen pohjaveden laatu täyttää pääosin STM: asetuksen (461/2000) mukaiset laatuvaatimukset talousvedelle. Fluoridipitoisuus pohjavedessä on ollut noin 1,3 mg/l. Fluoridipitoisuus kuitenkin vaihteli vuoden 2001 tutkimuksessa alueittain ja syvyys vaikutti pitoisuuteen. Kaivon K3 kohdalla koepumppauksessa fluoridipitoisuus on ollut 0,5–1,1 F mg/l. Kaivon K21 kohdalla fluoridipitoisuus on ollut 1,3 F mg/l. Havaintoputken Hp 26 kohdalla fluoridipitoisuus oli koepumppauksien aikana vuonna 2001 jopa 2,3 F mg/l. Luonnollista rantaimetytystä voi tapahtua, kun pohjaveden pinta on alempana kuin Käyrälammen pinta. (Kajander ja Eerikäinen 2004, 2, 4, liite A.)

Käyrälammella on vedenotto-oikeus pohjavedenottoon enintään 2 000 m<sup>3</sup> vuorokaudessa, kun on laskettu vuosikeskiarvona. Kulutushuippuina saa pohjavettä pumpata enintään 3000 m<sup>3</sup> vuorokaudessa, kun kulutus on laskettu kuukausikeskiarvona. (Kajander ja Eerikäinen 2004, 4). Käyrälammella on käytössä kaksi neljästä vedenotto-kaivosta. Kaivot K3 ja K21 aivan rannan tuntumassa Tykkimäen leirintäalueella on jouduttu poistamaan käytöstä, koska pohjavedessä huomattiin laatumuutoksia. Vesinäytteiden perusteella mm. kokonaispesäkeluku ylitti sallitun raja-arvon. Pohjaveden laatu pysyi hyvänä, kun pumppaus oli säännöllistä. Arvion mukaan laatumuutokset aiheutuivat rantaimetyksestä. (Päkki Aleks, 23.2.2013.)

Käyrälammella Tykkimäen leirintäalueen puolella olevissa vedenottokaivoissa on riski rantaimetykseen, koska kaivot sijaitsevat lähellä Käyrälammen rantaa. (Kouvolan Veden valvontatutkimusohjelma 2010–2014, 5). Muita riskejä Käyrälammella ovat vedenottoalueella sijaitsevat uimaranta, leirintäalue ja lähellä sijaitseva huvipuisto.

### 5.3 Okanniemen pohjavedenottamo

Okanniemen pohjavedenottamo sijaitsee Valkealassa Okanniemessä. Okanniemen on pitkittäisharju ja sen itäosassa lajittuneet hiekkakerrokset ulottuvat noin 20 metrin syvyyteen Vuohijärven alapuolelle. Länsi puolella harjua kallionpinta on melkein samalla tasolla kuin järven pinta. (Simonen ja Eerikäinen 1996, 1.) Okanniemen muodostuman keskiosan korkein taso kohoaaan +119,2 metriä merenpinnasta. Vuohijärven pinnankorkeus on +76,3 metriä. Pohjaveden pinnakorkeus on Okanniemen muodostuman alueella noin tasolla +76,25 – +76,40 metriä. Pohjavettä purkautuu ympäröivään vesistöön. Alueella tapahtuu myös rantaimetyymistä. Gravimetrisissä luotauksien perusteella alueen kallioperä on syvällä ja keskiosan läpi kulkee ruhjevyöhyke. Maa-aines on alueella karkeaa, kivistä hiekkaa ja soraa luotausten perusteella. Okanniemen pohjavesialueella luonnollinen kokonaisantoisuus on noin 600 m<sup>3</sup>/d. Hyvälaatuista tekopohjavettä on tutkimuksen mukaan mahdollisuus pumpata noin 8000 m<sup>3</sup>/d. Itä-Suomen vesioikeuden myöntämän luvan (81/99/1) perusteella pohjavettä saa ottaa puolen vuoden keskiarvona laskettuna enintään 2 000 m<sup>3</sup>/d. (Öhberg ja Harju, 2001, 13.) Kuvassa 4 on Okanniemen pohjavesialue.



Kuva 4: Kuvassa Okanniemen pohjavesialue. Muokattu Kouvolan kaupungin, maanmittauslaitoksen ja SYKE:n kartta-aineistoista. Kuva Noora Kuossari, 2013.

Pohjavesi pumpataan kahdella siiviläputkikaivolla. Vesi käsitellään Vuohijärven läheisyydessä Lepolantien varrella. Okanniemen pohjaveden käsittelynä on alkalointi kaksilinjaisella kalkkikivisuodattimella. (Kouvolan Veden valvontatutkimusohjelma 2010-2014, 6, 9.) Pohjaveden laatu täyttää STM:n asettamat laatuvaatimukset talousvedelle. Kahdessa koepumppauspisteessä oli kohonnut fluoridipitoisuus. (Simonen ja Eerikäinen 1996, 3.)

Okanniemen vedenottamon alue on suojainen ja sen läheisyydessä sijaitsee vapaa-ajan asutusta ja kesällä vähäistä liikennettä. Rantaimeytyminen on todennäköistä, joten pumppausmäärä vaikuttaa pohjaveden laatuun.

#### 5.4 Muut laitokset

##### **Pilkanmaan pintavesilaitos**

Pilkanmaan pintavesilaitos sijaitsee Kymijoen rannalla Kuusankoskella ja lähellä Pilkanmaan asutusta. Raakavesi laitokselle käsiteltäväksi otetaan Kymijoesta noin 50 metrin päästä rannasta ja noin 9 metrin syvyydestä. Talousveden prosessin vaiheet ovat seuraavat: raakaveden pumppaus, saostus, flokkaus/flotaatioselkeytys, pikasuodatus, hidassuodatus ja desinfiointi natriumhypokloriitilla ja UV-suodattimella. (Kouvolan Veden valvontatutkimusohjelma 2010–2014, 5, 8.)

##### **Viilansuon pohjavedenottamo**

Viilansuon pohjavedenottamo sijaitsee Kouvolassa Tornionmäen pohjavesialueella. Vedenottamo ympäröivä alue on metsää, mutta myös asutusta on alueella lähellä. Vedonotto tapahtuu yhden siiviläputkikaivon avulla ja vettä ei käsitellä vaan se johdetaan sellaisenaan verkostoon. (Kouvolan Veden valvontatutkimusohjelma 2010–2014, 5, 8.)

##### **Entinen Kouvolan meijerin (Valio) pohjavedenottamo**

Entinen Kouvolan meijerin, Valion, vedenottamo sijaitsee Tornionmäen pohjavesialueella (kuva 3). Vedenotto tapahtuu kolmen pohjavesikaivon avulla. Kaivot sijaitsevat vilkkaasti liikennöidyn tien läheisyydessä. Pohjavettä alkaloidaan natriumhydroksidilla ja käsittelyn jälkeen vesi lähtee verkostoon. (Kouvolan Veden valvontatutkimusohjelma 2010–2014, 5, 8.)

### **Jokelan pohjavedenottamo**

Jokelan vedenottamo sijaitsee Valkealan puolella Jokelan kaupungin osassa Jokelanoen rannalla. Pohjavesi otetaan kahdesta siiviläputkikaivosta, jotka sijaitsevat joen rannassa. Pohjavettä alkaloidaan laitoksella natriumhydroksidilla. (Kouvolan Veden valvontatutkimusohjelma 2010–2014, 6, 8.)

### **Tuohikotin pohjavedenottamo**

Tuohikotin vedenottamo sijaitsee Valkealassa, Tuohikotin taajaman läheisyydessä. Alueella on metsäinen maasto ja lähellä on hautausmaa. Pohjavettä alkaloidaan kaivon pohjalle laitetulla kalkkikivirouheella. (Kouvolan Veden valvontatutkimusohjelma 2010–2014, 6, 9.) Tuohikotin pohjavedenottamon vedenlaatu täyttää laatuvaatimukset.

### **Jaalan Ruhmaanharjun pohjavedenottamo**

Ruhmaanharjun pohjavedenottamo sijaitsee Jaalassa Iso-Ruhman järven rannalla. Pohjavettä otetaan kuilukaivosta, joka sijaitsee ranta-alueella ja käsittelynä on alkalointi kaivon pohjalle laitetulla kalkkikivirouheella. (Kouvolan Veden valvontatutkimusohjelma 2010–2014, 6, 9.) Ruhmaanharjun pohjavedenottamon vedenlaatu on hyvä ja täyttää pääosin laatuvaatimukset.

### **Ruokosuon pohjavedenottamo**

Ruokosuon pohjavedenottamo sijaitsee Kuusankoskella metsäisessä maastossa. Pohjavesi otetaan kolmesta siiviläputkikaivosta. Osa Ruokosuon pohjavedestä syötetään Kausalan vesihuolto Oy:n omistamalle Arolahden vedenkäsittelylaitokselle. Käsittely tapahtuu fluoridinpoistolaitteistolla ja tämän jälkeen vesi syötetään takaisin Ruokosuon vedenottamolle. Tällä järjestelyllä saadaan fluoridipitoisuus alle raja-arvon. Käsittelynä kokonaisuudessaan pohjavedelle on: alkalointi kalkkikivirouheella, fluoridinpoisto käänteisosmoosilla (osa vedestä) ja UV-suodatin. (Kouvolan Veden valvontatutkimusohjelma 2010–2014, 6, 9.)

### **Mettälän II pohjavedenottamo**

Mettälän vedenottamo sijaitsee Elimäellä, Mettälän kylässä. Pohjavesi pumpataan kahdella siiviläputkikaivolla. Toinen kaivoista sijaitsee lähellä varsinaista vedenottoaluetta sora-alueella ja toinen kaivo noin kahden kilometrin päässä ottoalueelta. Poh-



javesi käsitellään seuraavasti: alkalointi kalkkivirouheella, fluoridinpoisto käänteisosmoosilla osasta vettä ja UV-suodatus. (Kouvolan Veden valvontatutkimusohjelma 2010–2014, 6, 9.)

### **Elimäen kirkonkylän pohjavedenottamo**

Elimäen kk vedenottamo sijaitsee Elimäen kirkonkylän keskustassa ja lähellä sijaitsevaa vesitornia. Pohjavesi otetaan kahdesta siiviläputkikaivosta. Vesi syötetään suoraan ilman käsittelyä vesitorniin, missä se sekoittuu Mettälän vedenottamon veteen. Vedenottamo ei ole jatkuvasti toiminnassa, vaan kaivot kytkeytyvät päälle kun vesitornin pinta laskee alle määrätyn rajan. (Kouvolan Veden valvontatutkimusohjelma 2010–2014, 6, 9.)

Raviradan pohjavedenottamo, Voikkaan pohjavedenottamo ja Nuuttilan pohjavedenottamo toimivat varavedenottamoina. Niillä ei ole veden käsittelyä, mutta pohjavedestä otetaan laatunäytteitä näytteenotto-ohjelman mukaan kerran vuodessa.

## 6 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

### 6.1 Kouvolan alueen pohjavesitietojen kerääminen

Tietoja pohjavesialueista, tutkimusraporteista, havaintoputkista ja pinnankorkeustietoja kerättiin kesän ja syksyn 2012 aikana. Havaintoputkista etsittiin putkikortit ja pinnankorkeustietoja pyrittiin löytämään vuoden 2009 alusta lähtien.

Haukkajärvellä, Käyrälammella ja Okanniemessä on tehty melko paljon pohjavesitutkimuksia. Tässä opinnäytetyössä on käytetty materiaalina ja taustatietoina tutkimusraportteja 1960-luvulta 2000-luvulle. Vanhemmista tutkimustuloksista voitiin tarkastaa kuinka pohjaveden pinta on käyttäytynyt esimerkiksi koeimeytystutkimuksien aikana. Aikaisempien tutkimusten avulla saadaan myös tietoa maaperästä, havaintoputkien toimivuudesta ja pohjaveden virtauksista. Havaintoputkikartat olivat vain paperimuodossa osana tutkimusraportteja. Vanhoja raportteja löytyi Kouvolan Vedeltä ja Kaakkois-Suomen ELY-keskukselta.

Haukkajärven tutkimusraporteista vuosilta 1968, 1970, 1972 ja 1973 löytyi koepumpauksien aikaisia pinnankorkeustietoja. Vanhemmista pinnankorkeustiedoista voidaan saada selville havaintoputkien toimivuus ja imeytyskentän tilanne. Taulukossa 1 on kerätty muutamia pinnankorkeusesimerkkejä vanhoista tutkimusraporteista. Tutkimusaineistoista löytyi mm. pohjaveden virtausta ja varastoitumista koskevaa tarkastelua sekä ehdotuksia uusista kaivo- ja imeytysalueista. (Mälkki ja Kangas 1968; Aura ja Salmi 1970; Aura ja Salmi 1974.)

Taulukko 1: Havaintoputkien pinnakorkeuksia vanhemmista tutkimusraporteista. (Mälkki 1984, piirros 7; Mälkki ja Salmi 1973, B 9382.2, B 9382.3)

	<b>pinnankor- keus vaihte- lut</b>	<b>yhteys imeytysaltai- siin</b>	<b>vuosi</b>	<b>huomioitavaa</b>
<b>122</b>	+67,8 - +73	pieni yhteys havaittavissa	1973	tarkastelujakso 01-11/1973
<b>128</b>	+68,4 - +71,0	pieni yhteys havaittavissa	1984	tarkastelujakso 11/1983-7/1984, imeytys kumpaankin imeytyskenttään
<b>118</b>	+66,6 - +72,4	ei kovin vahva yhteys	1972	tarkastelujakso 03-11/1972
<b>117</b>	+68,5 - +81,5	yhteys on havaittavissa	1972	tarkastelujakso 03-11/1972
<b>125</b>	+65,7 - +67,4	ei kovin vahva yhteys	1973	tarkastelujakso 01-11/1973
<b>124</b>	+56 - +61,3	pieni yhteys, kaivojen toiminta vaikuttaa enemmän	1973	tarkastelujakso 01-11/1973
<b>158</b>	+61,5 - +64,5	yhteys on havaittavissa	1984	tarkastelujakso 11/1983-7/1984, imeytys kumpaankin imeytyskenttään
<b>153</b>	+70,6 - +71,7	pieni yhteys	1984	tarkastelujakso 01-07/1983 imeytys kumpaankin imeytyskenttään

Vuonna 2004 Haukkajärven tekopohjavesilaitokselle asennettiin kuusi uutta havaintoputkea (170–175). Tutkimuksessa oli tarkoitus tutkia saadaanko imeytyskentästä pohjavettä, jonka fluoridipitoisuus ei ylittäisi raja-arvoa 1,5 F mg/l ja selvittää antoisuutta sekä vedenjohtavuutta. Havaintoputki 172 on asennettu tukkeutuneen havaintoputken 118 tilalle. Veden virtausta tutkittiin K-testerin avulla. Koepumppausten aikana oli tehty laatumittauksia YSI -antureilla. Laatumittauksien tulosten mukaan anturit ovat toimineet kunnolla. Tutkimuksen yhteydessä otetuista vesinäytteistä ilmeni, että fluoridipitoisuus on melko korkea (1,9–2,0 F mg/l). (Ikäheimo ja Hintikainen 2004, 2-6.) Taulukkoon 2 on kerätty esimerkkinä laatumittauksia vuosien 2004 ja 1973 tutkimusraporteista. Raporteissa laatumittaukset oli annettu eri yksiköissä, joten taulukkoa varten on jouduttu tekemään yksikönmuunnoksia.

Taulukko 2: Vanhoista tutkimusraporteista Haukkajärven pohjaveden laatutuloksia. (Ikäheimo ja Hintikainen 2004, liite 4 & 5; Mälkki ja Salmi 1973, liite 1/B.)

	117	118	119	171	raja-arvot
<b>pH</b>	7,3	7,5	7,6	6,5	6,5-9,5
<b>fluoridi</b>	1,9 (F mg/l)	1,7 (F mg/l)	1,8 (F mg/l)	2,0 (F mg/l)	1,5 mg/l
<b>ominaisjohtokyky</b>	55 ( $\mu$ S/cm)	61 ( $\mu$ S/cm)	57 ( $\mu$ S/cm)	85 ( $\mu$ S/cm)	<2500 $\mu$ S/cm
<b>rauta</b>	100 ( $\mu$ g/l)	500 ( $\mu$ g/l)	820 ( $\mu$ g/l)	<100 ( $\mu$ g/l)	200 $\mu$ g/l
<b>mangaani</b>	100 ( $\mu$ g/ l)	400 ( $\mu$ g/ l)	3000 ( $\mu$ g/ l)	<50 ( $\mu$ g/ l)	50 $\mu$ g/l
<b>happi (mg/ l)</b>				6,3	

Putkikortteja, joista ilmenee havaintoputkien asennus ja maalajit, ei löytynyt kaikista putkista. Tulevaisuuden tutkimuksia ajatellen putkikorttien tiedot ovat tärkeitä, koska korteista saadaan tietää putken syvyys, siivilän osuus ja siivilöiden korkeudet. Liitteessä 7 on esimerkki putkikortista.

## 6.2 Havaintoputkikartoitus ja vedenkorkeusmittaukset Kouvolan Veden alueella

Vesilaitosten toiminnassa pohjaveden havaintoputkia on asennettava, jotta pohjaveden pinnankorkeutta voidaan havainnoida. Pohjaveden pumppaus maaperästä vaikuttaa pohjaveden pinnankorkeuteen.

Havaintoputkien kartoitus Kouvolan Vedellä tapahtui kesällä 2012. Kaikista putkista kerätyt tiedot olivat seuraavat:

- x ja y koordinaatit
- putken korko merenpinnan yläpuolella (+ -korko)
- putkimateriaali
- (sisä)putken halkaisija
- putken syvyys
- tieto putkikortista
- toimivuus

- keskimääräinen veden pinnankorkeus (+ -korke)
- siivilätyyppi
- onko velvoitetarkkailussa
- mikä mittaus ja
- muuta huomioitavaa.

Putket kartoitettiin Haukkajärven, Käyrälammen, Okanniemen, Elimäen, Korian, Kouvolan entisen meijerin Valion (Tornionmäen pohjavesialue), Ruokosuon ja muut Valkealan alueilta. Apuna havaintoputkikartoituksessa oli Kouvolan kaupungin mittausmiehet.

Vanhojen tutkimuksien ja pinnankorkeustietojen mukaan Haukkajärvellä on mitattu pohjaveden pinnankorkeuksia käsin kaksi kertaa kuukaudessa ennen vuotta 1998. Haukkajärven tekopohjavesilaitoksen havaintoputkien pinnankorkeusmittauksia oli kerätty automaattimittauksien tulokset, velvoitetarkkailuputkista, yhtenäiseen taulukkoon vuodesta 2009. Ennen vuotta 2009 pinnankorkeuksia oli raportoitu käsin ja sähköiseen muotoon erillisiin taulukoihin. Käsimitoituksia pohjavesien pinnankorkeuksista mitattiin ennen kesää 2012 Ruokosuolla, Koriolla ja Valkealassa muutamia kohteita noin neljä kertaa vuodessa. Kesällä 2012 aloitettiin tiheämpi pohjavesien pinnankorkeuksien käsimitoituksia Haukkajärven, Käyrälammen, Okanniemen ja Valion vedenottamoiden alueella. Opinnäytetyön osana laadittiin havaintoputkien mittausohjelma, josta voidaan tarkastaa mitkä putket miltäkin alueelta on mitattava ja kuinka usein. Mittausohjelma on liitteestä 1. Haukkajärven ja Käyrälammen laitoksilla on jatkuva toiminta pinnankorkeuden mittaamista. Käsimitoituksissa autoivat laitospöihet Kari Toimela ja Kari Niskanen sekä tutkimusinsinööri Jouni Sarajärvi. Kuvassa 5 kartoitetaan havaintoputkia. Mukana kartoituksessa oli pinnankorkeusmittari ja taulukot tuloksia varten sekä kartat.



Kuva 5: Havaintoputki kartoituksesta.  
(Noora Kuossari, 2012)

Käsimitaukset on suunniteltu otettavaksi sen mukaan, kuinka tärkeä laitos on Kouvolan Veden vedenhankinnassa. Havaintoputket pohjaveden pinnankorkeuden mittauskohde on valittu sen mukaan, mitkä ovat oleellisia havaintokohteita vesilaitoksen toiminnassa. Taulukkoon 3 on kerätty tiedot käsimitauksien tiheydestä kaikista Kouvolan Veden pohjavedenottamoista.

Taulukko 3: Kouvolan Veden havaintoputkien käsimitauksien tiheys vuonna 2012.  
(Noora Kuossari, 2013)

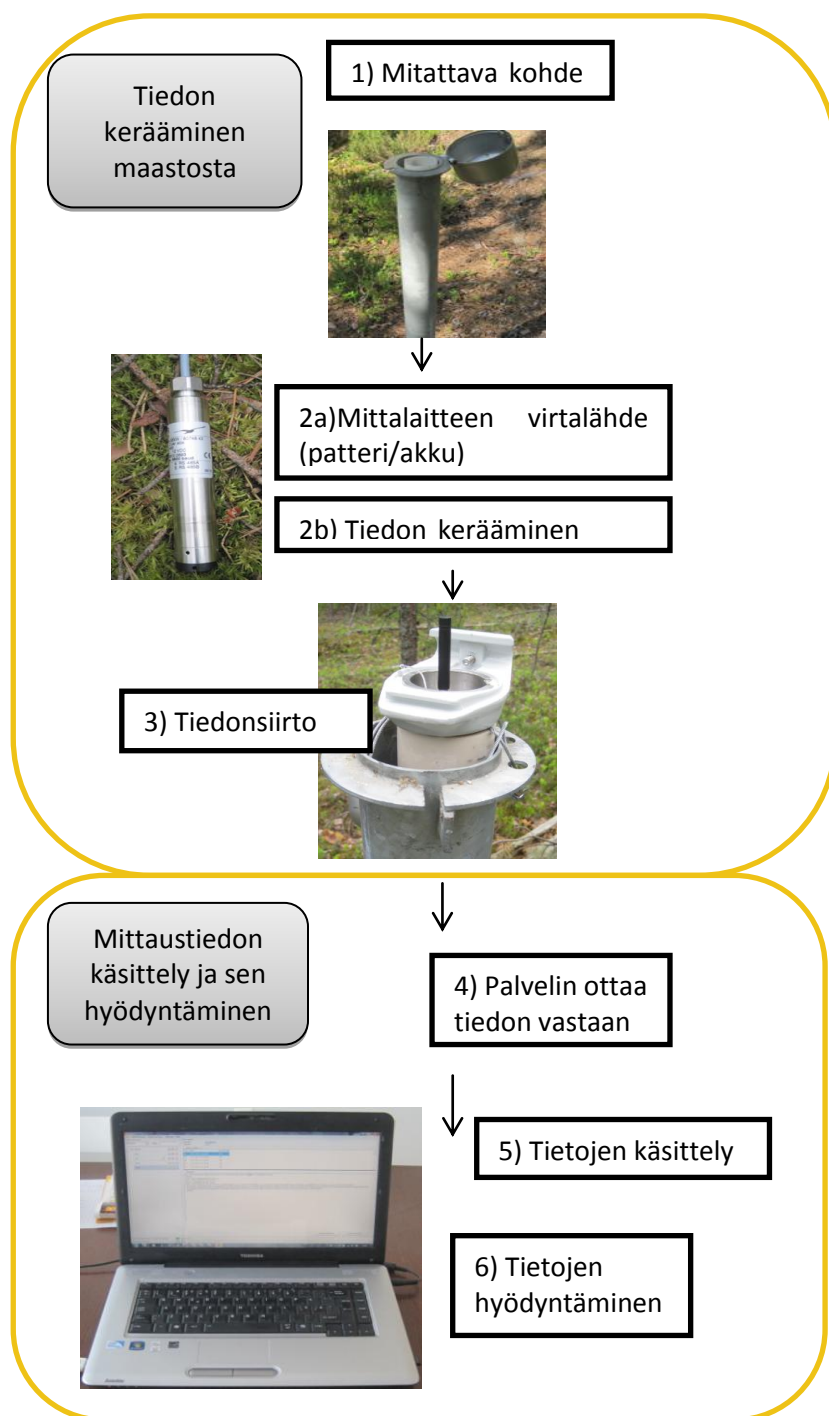
	<b>Mittaustiheys</b>	<b>Havaintoputkien määrä</b>
<b>Haukkajärvi</b>	2 kertaa kuukaudessa	21 putkesta 15 mitataan
<b>Käyrälampi</b>	1 kerran kuukaudessa	7 putkesta 5 mitataan
<b>Okanniemi</b>	1 kerran kuukaudessa	26 putkesta 8 mitataan
<b>Valio</b>	1 kerran kuukaudessa	10 putkesta 4 mitataan
<b>Ruokosuo</b>	4 kertaa vuodessa	9 putkea mitataan
<b>Valkeala, Jokela (kaivoja)</b>	4 kertaa vuodessa	5 kaivoa mitataan
<b>Koria</b>	4 kertaa vuodessa	5 kaivo mitataan
<b>Mettälä ja Elimäki KK</b>	4 kertaa vuodessa	9 putkea ja 1 pato mitataan

Käsimitauksia varten laadittiin uusi Excel-tilukko. Samaan tilukkkoon kirjataan mittauatulot ja kaavan avulla lasketaan merenpinnan yläpuolinen korko pohjaveden

korkeudelle. Raportointipohja löytyy Kouvolan Veden K-aseimalta, Nooran kansioista. Pohjavesien pinnankorkeuksien tarkasteluajankohdaksi tähän opinnäytetyöhön valittiin 2012, jotta tulokset olisivat mahdollisimman vertailukelpoisia.

### 6.3 Automaattinen pohjaveden pinnankorkeus- ja laatumittaus Haukkajärvellä

Automaattinen pinnankorkeus- ja laatumittaus helpottaa, kun halutaan saada tiheästi tietoa pohjaveden pinnankorkeuden vaihteluista. Mittauksia voidaan tehdä automaattisesti useasta paikasta kerralla. Mittaustaajuus voidaan määrittää halutuksi. Automaattimittauksessa on kuitenkin varmistettava, että mittaustulokset eivät sisällä virheitä. Käsimitaus on luotettava ja tulokset saadaan heti. Käsimitaus voidaan tarvittaessa toistaa välittömästi uudestaan. Käsimitauksien tiheä mittaaminen on työlästä ja hidasta, kun maastossa pitää kävellä havaintoputkille. Mittaushenkilöitä ei myöskään ole yleensä käytettävissä niin montaa, että mittaaminen onnistuu monesta paikasta kerralla. Automaattimittauksen kautta pinnankorkeuksia voidaan tarvittaessa tarkastella päivittäin toimistolta. Kuvassa 6 on kuvattu automaattisen Keller-pinnankorkeusmittauksen toiminta Haukkajärvellä. Kaikkien jatkuvatoimisten mittausjärjestelmien toimintaperiaate Haukkajärvellä on melko samanlainen.



Kuva 6: Kaavio Haukkajärven jatkuvatoimisesta Keller-pinnankorkeusmittausjärjestelmästä. (Heikkinen 2012, 14)

Kouvolan Vedellä on käytössä kolme erilaista automaattista mittausjärjestelmää. Vesilaitoksen päävalvomoon DD-vision-ohjelmaan, tuli Haukkajärveltä vuoden 2013 alkuun asti, pinnankorkeushavaintoja havaintoputkista 124, 124A, 123, 130 ja 150. Rikkinäisiä pinnankorkeusantureita vaihdettiin uusiin 9.1.2013 eli päävalvomoon tulee pinnankorkeustiedot havaintoputkista 123, 124, 124A, 130, 150, 122 ja 128. Pohjavesien pinnankorkeuksien mittaustulokset päivittyvät valvomoon noin 10 sekunnin välein. Valvomosta voidaan valita myös päivän keskiarvo ja kerran tunnissa mittaus-



tulokset. Haukkajärvellä on käytössä lisäksi STS DL/N antureita (kuva 7), jotka mittaavat 9.1.2013 asti pinnankorkeuksista havaintoputkista 117, 121, 125, 122, 128 keran päivässä. STS:n antureista on pinnakorkeustiedot käytävä hakemassa erikseen maastosta. Tiedot saadaan siirrettyä kannettavalle tietokoneelle erillisen, tietokoneohjelma, Datalogger-ohjelman avulla. Taulukoon 4 on kerätty ominaisuustiedot Haukkajärven kolmesta automaattimittausjärjestelmästä. Tiedot on saatu havainnoimalla itse, Keller tuote-esitteestä ja Kouvolan Veden käyttötietokone Kai Veikkolaiselta.

Kouvolan Vedellä käytössä olevat anturit ovat upotettavia paineantureita. Mittaustapa on pietsoresistiivinen. (Veikkolainen, 2013). Pietsoresistiivinen anturi täytetään välityksineella, jotta se suojaaa anturia. Prosessiaine eristetään anturista ruostumattomalla teräskalvolla. Pietsoresistiivisen anturin ympärillä olevan välityksineen paineeseen aiheutuu muutos, kun kalvo taipuu ulkoisen paineen vaikutuksesta. Tällöin anturi antaa paineeseen verrannollisen signaalin. (Bukert 2013). Anturien asennuksen yhteydessä on mitattu pohjaveden taso ja anturin kaapelin pituus. Vertailukorko saadaan, kun putken pään merenpinnan yläpuolisesta korosta vähennetään anturin asennussyvyys. Automaattinen mittaus perustuu Haukkajärvellä 10 havaintoputkessa siihen, että anturi mittaa vesipatsaan paksuuden pohjaveden pinnankorkeusanturin yläpuolelta. Laskut suoritetaan Excel-tilillä.

Taulukko 4: Kouvolan Veden jatkuvatoimiset pinnankorkeusmittausjärjestelmät. (GWM Engineering Oy 2013; Veikkolainen 6.3.2013)

	<b>Järjestelmä 1</b>	<b>Järjestelmä 2</b>	<b>Järjestelmä 3</b>
<b>Toimittaja</b>	DD-Control	STS	Profimeas/GWM
<b>Mittaukset</b>	mittaa veden pinnan- korkeuden anturin yläpuolelta, on otettu anturille vertailukorko, on-line mittaus	mittaa veden pinnan korkeu- den anturin ylä- puolelta, kaavaan tarvitaan kaksi vertailukorkoa	mittaa veden pin- nankorkeuden an- turin yläpuolelta, kaavalla saadaan suoraan + -korko
<b>Mittatiheys</b>	10 min/1x tunnissa /1 päivän keskiarvo	1 kerran päivässä	1 kerran tunnissa
<b>Anturityyppi</b>	WIKA LS-10 ja EH FMX160 - paineanturi	STS DL/N - pai- neanturi	Keller PAA-36XW - paineanturi YSI -anturi (paine)
<b>Tiedonsiirtotapa</b>	radiomodeemiliikenne, mittaustapana milliampeeriviesti	haettava itse anturista data- logger-ohjelman avulla, haetaan tekstitiedostona	GSM2 datalogger, puhelinverkkoa käyttäen GPRS - tiedonsiirtona
<b>Virtalähde</b>	logiikka syöttää virran	akku	akku
<b>Mittauskohde</b>	124, 124A, 123, 130, 150 (122, 128 9.1.2013 alkaen)	117, 122, 128, 2B	173, 174
<b>Tiedon tallentu- minen</b>	tallentuu tietokantaan	tallentuu anturiin	tallentuu tietokan- taan
<b>Tiedon tallentu- mismuoto</b>	csv-muodossa	tekstitiedostona	csv-taulukkoina
<b>Käyttöönottopäivä</b>	ensimmäiset vuonna 1998, lisätty vähitellen	ensimmäiset vuonna 1998, lisätty vähitellen	12.6.2012
<b> muita tietoja</b>		näistä antureita ei enää lisätä, van korvataan muilla antureilla	

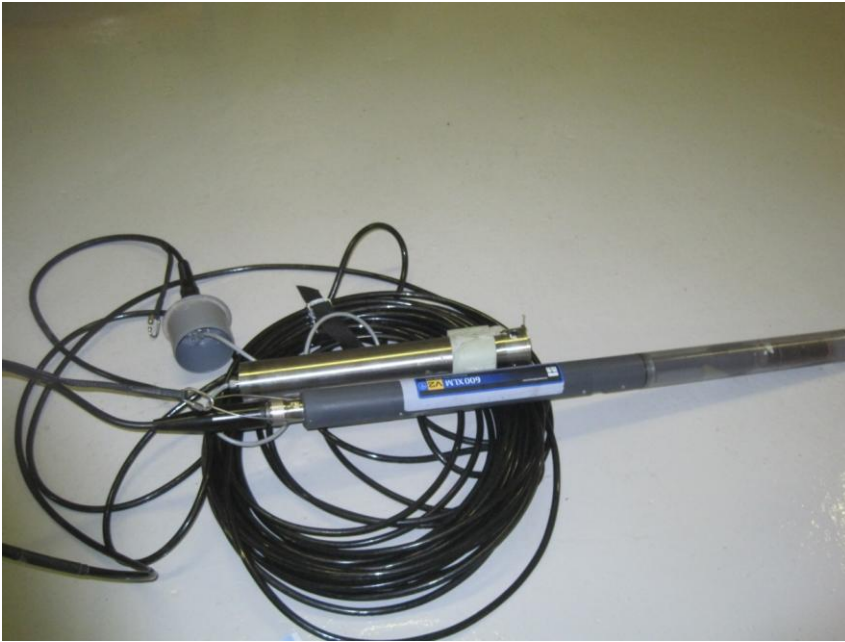


Kuva 7: STS DL/N-anturi Haukkajärvellä.  
(Noora Kuossari, 2012)

Automaattimittauksissa oli kokeilussa kaksi YSI-anturia vuonna 2012. YSI -anturit asennettiin putkiin 175 ja 171. Laitteet asensi 12.6.2012 Tero Piiparinen GWM yrityksestä ja Heikki Sutinen Profimeas yrityksestä. Saatujen tulosten perusteella havaintoputken 175 anturi siirrettiin 3.7.2012 putkeen 158, joka sijaitsee imeytysaltaiden läheisyydessä ja Haukkajärven rannan puolella. YSI-antureilla mitattavat laatuparametrit olivat:

- pH,
- ilman lämpötila
- sähkönjohtavuus
- veden lämpötila
- redox -potentiaali
- happi (mg/l)
- happi (%) ja
- paine (psi).

GSM 2 Datamanager-ohjelmaan syötettyjen kaavojen avulla saatiin YSI-antureista myös mitattua pinnankorkeudet. Kuvassa 8 on Haukkajärvelle asennetuista YSI-antureista.



Kuva 8: YSI-laatuanturi suojakotelossa ennen asentamista havaintoputkeen. (Noora Kuossari, 2012)

Ennen YSI-antureita asentaessa havaintoputkiin tehtiin huuhtelupumppaus. Kuvassa 9 on 12.6.2012 putken 171 pohjaveden pumppaus havaintoputkesta PowerPack PP1 pohjavesinäytteenotto- ja huuhtelupumpulla. Putken 175 pumppauksessa vesi oli harmaan sävyistä ja hieman punertavaa. Asennuksen yhteydessä oli otettava pohjaveden sen hetkinen pinnankorkeus käsimittarilla, jotta tiedetään kuinka syvälle anturi tulisi asentaa. Ennen asennusta oli myös tarkastettava havaintoputken putkikortista, siivilöiden sijainti. Asennuksen jälkeen YSI-anturit oli ohjelmoitava erillisen ohjelman avulla ja tiedonsiirtoyksikkö oli myös aktivoitava, jotta mittaustiedot siirtyvät verkkoon. Havaintoputken 175 YSI-anturi siirrettiin 3.7.2012 havaintoputkeen 158. Putkelle 158 oli myös tehtävä huuhtelupumppaus ennen anturin asentamista. Pohjaveden pumppauksessa 3.7.2012 putkesta 158 käytettiin sähköistä näytteenottopumpua SS-Monsoon ja apuna oli käyttökenttikko Aleks Päkki.



Kuva 9: Pohjaveden pumppaus havaintoputkesta 171. (Noora Kuossari, 2012)

Mittausjakson aikana YSI-antureihin vaihdettiin kerran patterit ja pH-anturi kalibrointiin kolme kertaa asentamisen jälkeen. Noora Kuossari kalibroi YSI -anturit kaksi kertaa ja Tero Piiparinen kerran. Havaintoputkista 158 ja 171 käytiin ottamassa 8.8.2012 happivertailunäytteet, jotta voitiin arvioida automaattimittauksen luotettavuutta. YSI-anturit otettiin pois putkista 171 ja 158 13.11.2012. Tämän jälkeen 158 ja 171 putken siirtyivät käsimittausryhmään.

Haukkajärvelle asennettiin YSI-antureiden kanssa samana päivän (12.6.2012) kaksi Keller PAA-36XW -pinnankorkeusanturia. Ennen asentamista oli myös mitattava pohjaveden pinnankorkeus käsin, jotta tiedettiin asettaa anturi oikealle korkeudelle. Havaintoputkien 173 ja 174 putkikorteista saatiin tieto siivilöistä. Asennuksen jälkeen tiedonsiirtoyksikkö, Keller GSM2, ohjelmoitiin kannettavalla tietokoneella (kuva 10). Oikeaan mittaustulokseen tarvittiin putken pään merenpinnan yläpuolinen +korkeus ja asennussyvyys. Mittaustiedot saatiin tietokoneelle GSM2 Datamanager-ohjelman avulla ja ohjelma laski + -koron valmiiksi. Mittaustiedot siirrettiin Exceliin, jossa tuloksia voitiin tarkastella muuallakin kuin valvomosta ja tietyltä tietokoneelta. Tiedonsiirtoyksikkö GSM 2 lähetti mittaustiedot sähköpostin ja gsm-verkon avulla valvomoon.

Pinnankorkeustiedot tulivat kerran päivässä myös haluttuun kännykkänumeroon. Ku-  
vassa 11 on kuva Keller PAA-36XW -pinnankorkeusanturista.



Kuva 10: GSM 2 tiedonsiirron ohjelmointi maastossa. (Noora Kuossari, 2012)



Kuva 11: Keller PAA-36XW -pinnankorkeusanturi. (Noora Kuossari, 2012)



#### 6.4 Havaintoputkikartta

Kouvolan Vedellä ei ollut sähköisessä muodossa havaintoputkikarttaa. MapInfo:lla luotiin ajantasainen kartta pohjavesiputkista. Saman pohjavesialueen havaintoputken saattoivat olla eri kartoilla, joten MapInfo-ohjelmaa käytettiin apuna luomaan uusi selkeämpi ja yhtenäisempi kartta. Käyrälammella jouduttiin havaintoputkien tunnuksien tekemään muutoksia, jotta havaintoputket erottuvat helpommin kaivoista.

Havaintoputkikartoituksen jälkeen voitiin lajitella putket omiin ryhmiin: automaatti-putket, käsin mitattavat, rikkoutuneet/kuivat putket. Kaivot laitettiin myös alueittain omiin taulukoihin. Karttaa varten luotiin Excel-taulukko jokaisesta kategoriasta laitos-alueittain. MapInfo:n avulla voidaan tarkastella jokaista vedenottoaluetta ja karttata-soa erikseen.

#### 6.5 Haukkajärven imeytystutkimus 9–30.8.2012

Haukkajärven imeytystutkimuksen tarkoituksena oli tutkia tekopohjavesilaitoksen imeytysprosessin aikana tapahtuvat muutokset ja pohjavesien viipymiä. Haukkajärvellä muutettiin imeytysmäärää 9.8.2012 noin 4 000 m<sup>3</sup>:sta noin 1 800–1 900 m<sup>3</sup>:iin. Raakaveden imeytysmäärä muutettiin 30.8.2012 takaisin samaan imeytysmäärään kuin ennen tutkimusta. Samanaikaisesti tutkittiin havaintoputkien toimivuutta ja kuinka nopeasti imeytysmäärän muutos vaikuttaa pohjaveden pinnankorkeuteen. Mittaukseen valittiin sellaiset havaintoputket, jotka sijaittivat imeytysaltaiden läheisyydessä ja joiden pinnankorkeuksiin pohjaveden pumppausmäärän oli havaittu vaikuttavan.

Tutkimukseen valittiin kaikki havaintoputket, jotka olivat automaattisessa mittauksessa (taulukko 2). Imeytystutkimukseen valittiin myös käsimitauksessa olevia putkia. Kokeen alussa 10.8.2012 käsimitausputket käytiin mittaamassa kaksi kertaa, jotta alussa saadaan tietää reagoiko pohjavedenpinta nopeasti imeytyksen muutokseen. Kokeen muina päivinä mittaukset suoritettiin kerran päivässä, lukuun ottamatta viikonloppuja. Tutkimuksen mittauksien ohje löytyy liitteestä 2. Havaintoputkien pin-

nankorkeudet havainnoitiin kokeen lopusta syyskuun puoliväliin kerran viikossa. Loppu vuosi 2012 Haukkajärven pinnankorkeuksia mitattiin kaksi kertaa kuukaudessa.

## 6.6 Hydraulisen yhteyden tutkiminen

Pohjavedenpinnat vaihtelevat alueilla, joilla on aktiivinen maanalainen hydrologinen kierto. Luonnon oloissa pohjaveden pinta laskee ja nousee muodostumisjaksojen ja olosuhteiden mukaan. Sateen määrä ja geologiset olosuhteet vaikuttavat siihen, mihin tasoon pohjaveden pinta asettuu. (Mälkki 1999, 48–50.)

Vesi maaperässä pääsee valumaan alaspäin, niin kauan kunnes se saavuttaa tiiviin pohjan esimerkiksi kalliopohjan tai vettä läpäisemättömän kerroksen. Pohjavesi varastoituu maaperään. Maaperässä olevaa avointa tilaa kutsutaan huokoistilaksi tai huokoisuudeksi. Maaperän huokoisuus vaikuttaa pohjaveden virtaukseen ja johtavuuteen maaperässä. Huokoisuutta ( $n$ ) esitetään yleisesti massan huokostilan ( $V_p$ ) ja kokonaistilavuuden ( $V_b$ ) suhteen, kaava (1). Huokostilassa, maa-aines rakeiden välissä, oleva vesi on vapaassa tai pidättyneessä tilassa. Pohjaveden valuessa pois huokostilasta kutsutaan tätä termillä ominaisantoisuus,  $S_y$  (Specific yield). Huokostilaan jäävä pohjavesi kuvaa puolestaan ominaispidättymistä,  $S_r$  (Specific retention). (Mälkki 1999, 23–25.)

$$n = V_p/V_b \quad (1)$$

Pohjaveden varastoitumis- ja liikeilmiöitä voidaan tarkastella Darcyn lain avulla. (Mälkki 1999, 25). Darcyn laki kertoo pohjaveden läpäisevyyttä kyllästyneessä tilassa pohjavedenpinnan alapuolella, kaava (2). (Lindroos, Hoikkala, Leppänen, Saarela, Hatva, Lintinen, Palolahti, Kujala, Raimovaata ja Vepsäläinen 2008).

$$v = K \frac{H}{L} = KI \quad (2)$$

$v$  = veden virtausnopeus (m/s)

$K$  = vedenläpäisevyyskerroin (m/s)

$H$  = painekorkeus, vesipatsaan korkeus (m)

$L$  = suotomatka (m)

$I$  = hydraulinen gradientti  $H/L$



Henry Darcy havainnoi kokeellisesti, että väliaineessa virtaama aikayksikössä ( $Q$ ) on verrannollinen virtauksen poikkileikkaukseen ( $A$ ), lähtö- ja loppupisteen korkeuseroon ( $h$ ) ja kääntäen verrannollinen virtausmatkan pituuteen ( $l$ ). Kokeellisesti hydraulinen gradientti saadaan laskettua, kun veden virtauspisteiden korkeusero pidetään vakiona. Esimerkiksi jos vedenpintojen korkeusero on yhtä suuri kuin väliaineella täytetyn osuuden pituus ( $l$ ), on hydraulinen gradientti ( $h/l$ ) yksi. Symbolina voidaan käyttää  $I$  - kirjainta ( $h/l$ ). Hydraulinen johtavuus ( $K$ ) voidaan laskea, kun kaikki  $Q$ ,  $A$ ,  $h$  ja  $l$  ovat mitattavissa esimerkiksi kokeen omaisessa järjestyksessä ja kun hydraulinen gradientti on yksi, niin lasku voidaan ilmaista kaavan (3) mukaan. Kuvassa 12 on kuvattu esimerkki mittaamisesta. (Mälkki 1999, 25–27.)

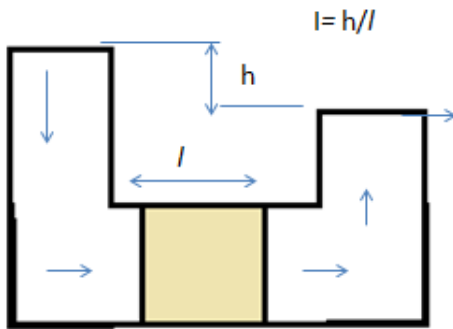
$$K = Q/A \quad (3)$$

Jos hydraulinen johtavuus  $K$ -arvo tiedetään, voidaan pohjaveden virtausnopeus saada kertomalla  $K$ -arvo virtauskohdan hydraulisella gradientin arvolla ( $I$ ), kaava (4). Kaavan (4) laskun perusteella virtausnopeus on niin sanottu näennäinen virtausnopeus. Todellinen virtausnopeus saadaan kun näennäinen virtausnopeus jaetaan väliaineen tehollisella huokoisuudella ( $n_e$ ), kaava (5). (Mälkki 1999, 25–27.)

$$V = KI \quad (4)$$

$$V = \frac{(KI)}{n_e} \quad (5)$$

Darcyn lakia voidaan siis soveltaa monella tavalla, sen mukaan mitä lähtöparametreja on tiedossa tai mitattavissa. Usein on melko helppoa määrittää virtaama, poikkileikkaus, hydraulinen gradientti ja arvioida väliaineen tehollinen huokoisuus, jolloin hydraulinen johtavuus ja veden todellinen virtausnopeus voidaan laskea. (Mälkki 1999, 25–27.) Taulukossa 5 on arvioita pohjaveden virtausnopeuksista.



Kuva 12: Hydraulisen johtavuuden (K) määrittäminen. (Mälkki 1999, 25–27)

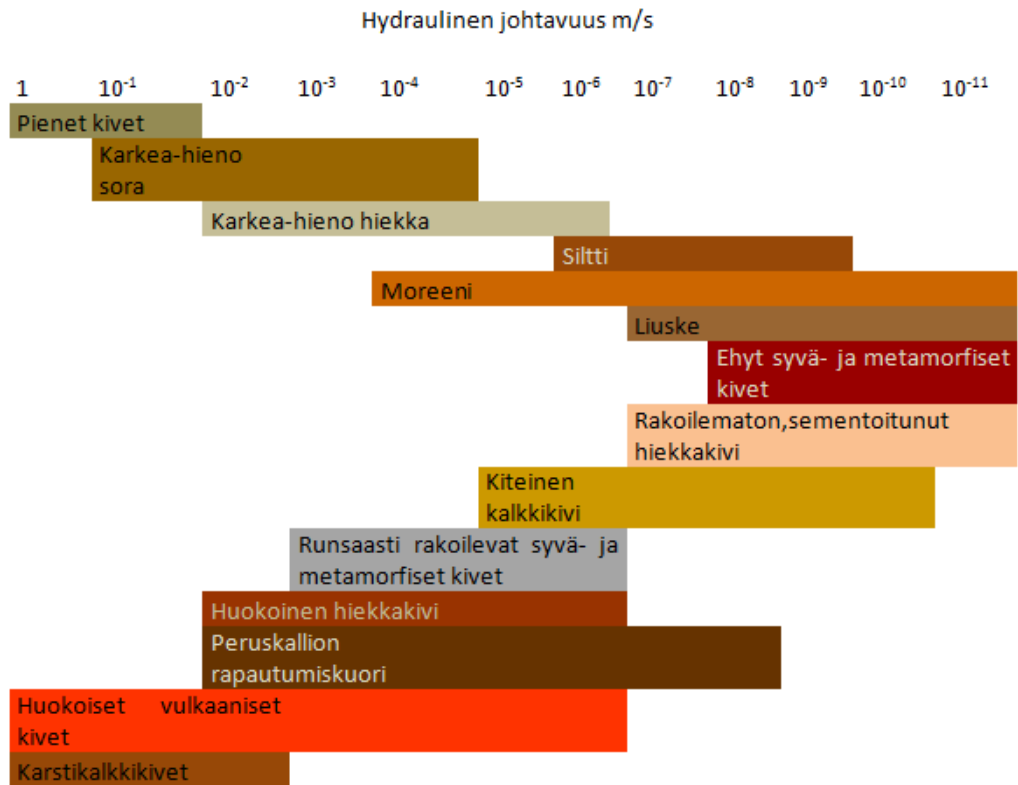
Taulukko 5: Pohjaveden virtausnopeus eri maalajiluokissa luonnonolosuhteissa. (Mälkki 1999, 38–39)

Maalajiluokka	Virtausnopeus (m/d)
Siltti- ja hienohiekkaluokka	~0,01-0,02
Karkeahko moreeni	~0,1-1
Karkeahko hiekka	~0,5-5
Soralajitteiden lisääntyessä	~2-15
Harjumaastoissa	voi olla suurempia kuin edellä

Hydraulinen gradientti kertoo millainen on väliaines, missä pohjavesi virtaa. Esimerkiksi Suomen glasifluviaalisissa harjuissa, ns. pitkittäisharjut, alle yhden promillen ( $I < 0,001$ ) hydraulinen gradientti veden virtaussuunnassa viittaa siihen, että hydraulinen johtavuus on hyvä tai erinomainen. Hydraulisen gradientin ollessa yhdestä viiteen promillea, on johtavuus vielä hyvä tai melko hyvä. Gradientin ollessa yli viisi promillea, voi johtavuus olla jo melko heikkoa ja tämä puolestaan kuvastaa heikentyviä hydraulisia olosuhteita. Gradienttitarkastelussa on huomioitava mahdolliset tekijät, jotka vaikuttavat gradienttiin. Glasifluviaalisten reunamuodostumien (poikittaisharjujen) edustamissa kohteissa gradientit ovat yleisesti suurempia ja paikallisesti vaihtelevampia kuin glasifluviaalisissa harjuissa (pitkittäisharjuissa). Haukkajärven tekopohjavesilaitos sijaitsee glasifluviaalisessa reunamuodostumassa. (Mälkki 1999, 39–40; Mälkki, 2013.)

Hydraulinen johtavuus vaihtelee samassakin kerrostumassa niin vertikaali- kuin horisontaalitasossa. Kuvassa 13 on esitetty hydraulinen johtavuus erilaisissa geologisissa olosuhteissa. Maanpinnan olosuhteiden perusteella voidaan usein määrittää virtaavan veden määrä tietyssä poikkileikkauksessa. Tällöin on tiedettävä pohjaveden muodos-

tumisolosuhteet ja yleinen virtauskuva. Hydraulisesta johtavuudesta voi olla vaikea saada suoranaisia havaintoja, mutta geologisten havaintojen ja teknisten tutkimusten avulla voidaan saada paljon tietoa. (Mälkki 1999, 40–41.)



Kuva 13: Erilaisten maa-ainesten hydraulinen johtavuus. Driscollin (1986) esitystä soveltaen Mälkki (1999, 41)

## 6.7 Internetpohjainen karttapalvelu

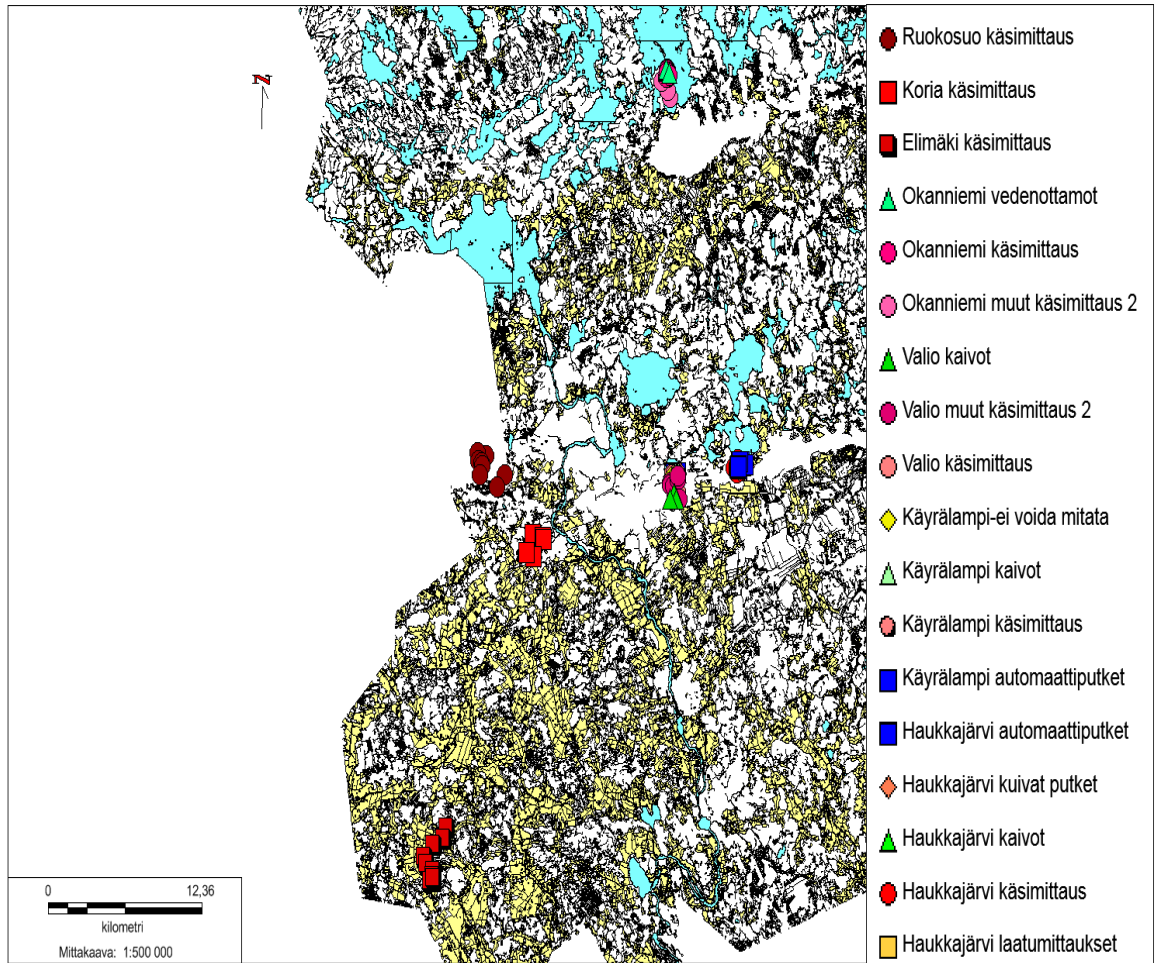
Pinnankorkeus- ja laatutulokset kannattaa raportoida yhtenäisiin Excel-taulukkoon tai johonkin muuhun vesilaitoksen yhteiseen formaattiin, kun automaatiojärjestelmä on yhtenäinen. Tärkeimmät pohjavesitiedot ja raportit tullaan tallentamaan Internet-pohjaiseen karttapalveluun, jossa ne pysyvät arkistoituneina. Vuonna 2012 oli kokeilussa Pöyryn luoma karttapalvelu, johon oli jo kokeellisesti ladattu havaintoputkia ja pohjavesialueita. Karttapalvelua laajennetaan vaiheittain. Tämä on hyvä tapa säilyttää tärkeitä vanhoja tutkimuksia ja pitää tietoja ajan tasalla, koska tietokantaan ei tarvitse erillistä ohjelmaa vaan toiminta tapahtuu Internet-selaimen kautta.

## 7 TULOKSET

### 7.1 Havaintoputkikartoitus ja tiedon kerääminen

Havaintoputkikartoituksen tulokset raportoitiin Excel-taulukoihin, jokainen vedenotamo ja vesilaitos omalle välilehdelle. Selvityksessä havaittiin, että osa velvoitetarkkailu havaintoputkista oli kuivia. Käyrälammella ja Haukkajärvellä kaikissa velvoitetarkkailupisteissä oli automaattinen mittaus. Löydettyjen tutkimusraporttien nimet kirjattiin ylös Word -tiedostoon, jotta tiedetään kaikki löytyneet tutkimukset.

Tuloksena saatiin myös MapInfo:lla tehty sähköinen versio havaintoputkikartasta (kuva 14). Kuva 14 on myös suurempana liitteessä 9. Kaikille havaintoputkikategorioille, automaattiputket, käsimittaus ja kaivot sekä huonot, kuivat, vioittuneet putket, luotiin karttaan omat värit ja symbolit, jotta ne erottuvat paremmin. MapInfo:n syötettäviin Excel-taulukoihin kirjattiin suppeammin tietoa kuin varsinaisiin putkitieto Excel-taulukoihin. Tietoa syötettiin MapInfo:n vähemmän, koska Kouvolan Veden kaikilla työntekijöillä ja laitospuolella ei ole aktiivisesti käytössä MapInfo:a. Kartta on apuväline, jonka avulla voidaan tulostaa selkeitä karttoja alueittain.



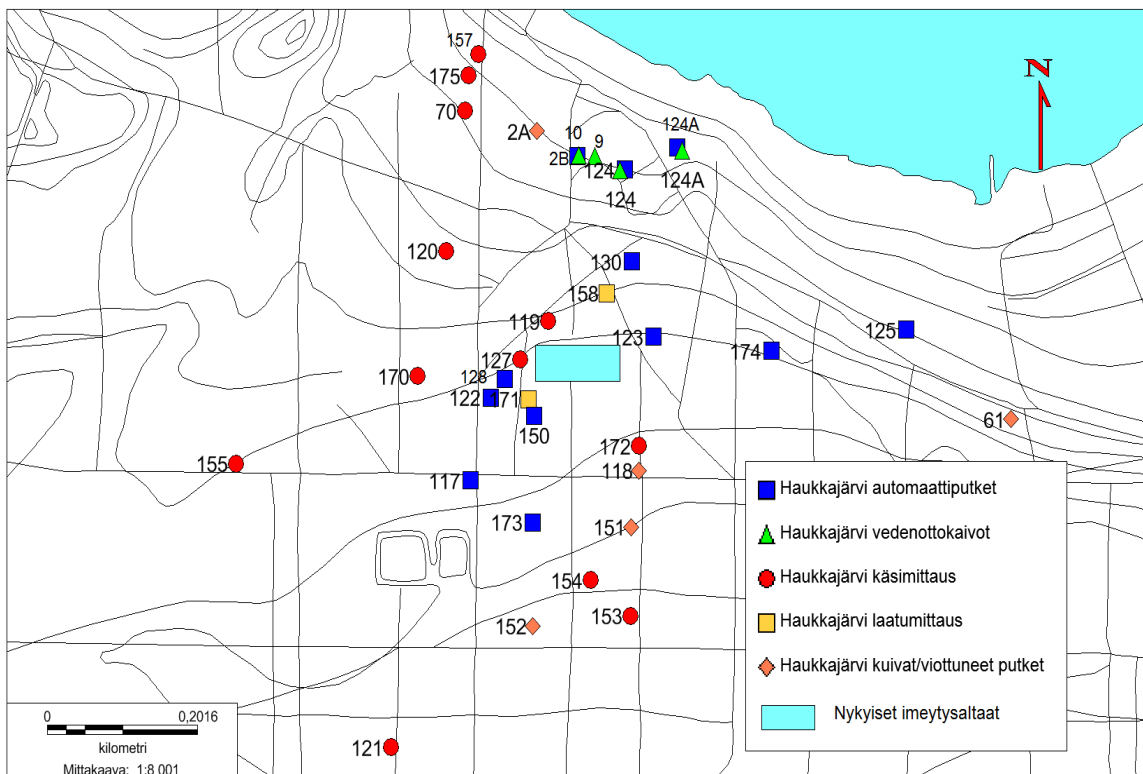
Kuva 14: Kouvolan alueella kaikki kartoitetut havaintoputket kesällä 2012. Muokattu Kouvolan kaupungin, maanmittauslaitoksen ja SYKE:n kartta-aineistoista. Kuva Noora Kuossari, 2013.

### 7.1.1 Haukkajärvi

Havaintoputkikartoituksessa huomattiin, että Haukkajärven havaintoputkista oli poistettu putki 159. Viollisia putkia olivat 61, 2A ja 120. Kuivia putkia Haukkajärvellä oli 151, 152, 118 ja ajoittain 121. Heinäkuun alussa 2012 putkesta 121 siirrettiin anturi putkeen 2B. Putki 121 on velvoitetarkkailussa oleva putki, joten sen pinnankorkeuden mittaaminen on mitattava käsin. Anturipaikan vaihto tehtiin sen perusteella, että havaintoputki 121 oli ajoittain kuiva ja putki 2B sijaitsee lähellä pohjavesikaivoja 9 ja 10 Haukkajärven rannan läheisyydessä. Putket 151 ja 152 ovat todennäköisesti liian lyhyitä putkia harjumaastossa ja eivät ulotu pohjavesipintaan asti. Alueella putkien tulisi ulottua ainakin noin 32 metrin syvyyteen. Vanhojen tutkimuksien mukaan ja omien havaintojen mukaan putket 151 ja 152 ovat toimineet hyvin, kun ylätasanteen vanhoihin imeytysaltaisiin on imeytetty raakavettä. Putki 121 sijaitsee myös ylätasanteen

teella, lähellä valtatieta 6. Taulukoon 6 on kerätty havaintoputkista putkimateriaali, putken halkaisija, putken pään korko, tarkkailutiedot, mittaustiedot ja muuta huomioitavaa. Kaikkia kartoituksessa saatuja tietoja ei voida julkaista.

Kuvassa 15 on MapInfo:lla tehty havaintoputkikartta Haukkajärven havaintoputkista. Kartassa näkyy erilaisilla symboleilla ja väreillä käsimitausputket, automaatioputket, rikkiäiset/kuivat putket sekä vedenotto-kaivot ja kaivoryhmät. Kuva 15 on myös suurempana liitteessä 10.



Kuva 15: Haukkajärven havaintoputket. Muokattu Kouvolan kaupungin, maanmittauslaitoksen ja SYKE:n kartta-aineistoista. Kuva Noora Kuossari, 2013.

Taulukko 6: Haukkajärven kartoitetut havaintoputket. (Noora Kuossari, 2013)

putki	putkimateriaali	sisähalkaisija (mm)	putken korko (mpy)	velvoite-tarkkailu	mittaus	Huom!
2A	muovi	30	72,44			epäkunnossa
2B	muovi	30	71,841		automaattinen, STS	putken 121 anturi siirretty 3.7.2012
24						ei löytynyt
61	metalli	40	82,43	x		epäkunnossa
65						ei löytynyt
70	metalli	50	75,504		käsimittaus	ajoittain kuiva
117	muovi	55	95,75	x	automaattinen, STS	
118	muovi	55	97,211	x		kuiva
119	muovi	60	88,404		käsimittaus	hyvä putki
120	muovi	50	82,427			epäkunnossa heinäkuusta 2012, pitää korjata
121	muovi	50	99,596	x	käsimittaus	ennen automaattinen, nyt käsimittaus
122	muovi	50	92,655	x	automaattinen, STS	anturi vaihdettu 9.1.2013
123	metalli	50	91,468		automaattinen, päävalvomo	anturi ei toimi kunnolla
124	metalli	50	71,671	x	automaattinen, päävalvomo	
124A	muovi	50	68,13	x	automaattinen, päävalvomo	
125	metalli	50	75,879	x	automaattinen, STS/ käsimittaus	rikkinäinen anturi otettu pois 23.1.2013
127	metalli	50	90,709		käsimittaus	melko likaista vettä
128	muovi	50	92,295		automaattinen, STS	anturi vaihdettu 9.1.2013
130	metalli	50	83,461		automaattinen, päävalvomo	
150	muovi	50	94,93		automaattinen, päävalvomo	anturi vaihdettu 9.1.2013
151	metalli	50	99,095			kuiva
152	metalli	50	99,397			kuiva
153	muovi	50	99,731		käsimittaus	hyvä putki
154	muovi	50	99,301		käsimittaus	
155	rauta	50	91,838		käsimittaus	
157	metalli	50	69,507		käsimittaus	
158	muovi	50	87,931		käsimittaus	YSI - laatumittaus 12.6–13.11.2012
159						ei löytynyt

170	muovi	50	90,257		käsimittaus	
						YSI - laatumittaus 12.6– 13.11.2012
171	muovi	50	93,758		käsimittaus	
172	muovi	50	96,665		käsimittaus	
173	muovi	50	97,665		automaattinen, Keller	
174	muovi	50	90,124		automaattinen, Keller	
175	muovi	50	73,102		käsimittaus	

### 7.1.2 Käyrälampi

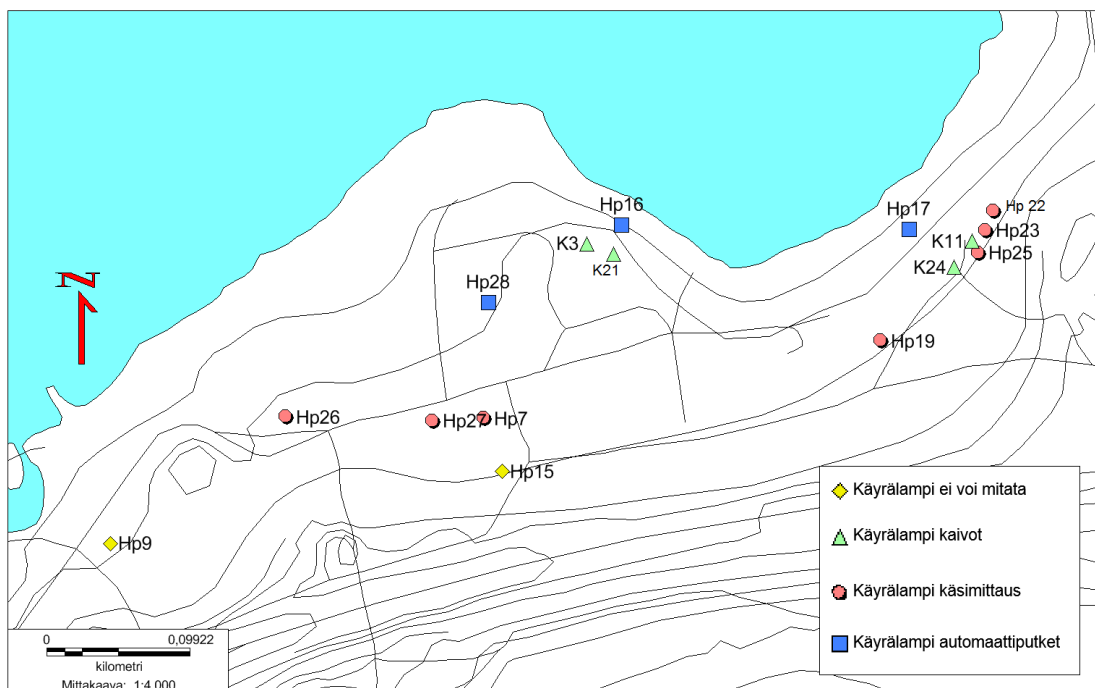
Käyrälammella kaikkia havaintoputkia ei löydetty, koska osa putkista oli ohuita 15 mm muoviputkia. Putket olivat myös niin ohuita, ettei Kouvolan Veden käsimittareille pystytty havainnoimaan pohjaveden pinnankorkeutta niistä kunnolla. Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy:n tutkimuksessa (2001) ohuita 15 mm halkaisijaltaan olevia putkia on todennäköisesti pidetty vain merkkeinä kairauksista. (Kajander ja Eerikäinen 2001). Käyrälammelta ei löydetty seuraavia havaintoputkia: K4, K5, K6, K8, K20 ja K14. Lisäksi Käyrälammen havaintoputkikarttaan oli merkitty kairauspisteitä ja havaintoputket samalla tunnuksella kuin kaivot. Havaintoputkikarttaan vaihdettiin K -tunnuksen tilalle Hp-tunnus havaintoputkille. Kuvassa 16 on MapInfo-ohjelmalla laadittu kartta Käyrälammen havaintoputkista. Kartassa näkyy automaattimittaus ja käsimittausputket sekä vedenottoaivot. Käyrälammen vedenottamon tarkkailuohjelmasta saatiin selville kaikki veloitettarkkailussa olevat havaintoputket. (Kajander ja Eerikäinen 2002, 1). Kuva 16 on myös suurempana liitteessä 11.

Käyrälammen havaintoputkikartoituksen tulokset kirjattiin taulukkoon, josta selviää oleellinen tieto havaintoputkista. Taulukkoon 7 on kerätty Käyrälammen havaintoputkista putkimateriaali, putken halkaisija, putken pään korko, tarkkailutiedot, mittaus-tiedot ja muuta huomioitavaa. Kaikkia kartoituksessa saatuja tietoja ei voida julkaista.



Taulukko 7: Käyrälammen kartoitetut havaintoputket. (Noora Kuossari, 2013)

putki	putkima- te- riaali	put- ken korko (mpy)	halkaisi- ja (mm)	putkikort- ti	velvoi- te- tarkkai- lu	mittaus	Huom!
K1	muovi		13	on			kairaus
K2							kairaus
K3	kaivo	61,9			x		ei käytössä, laatumuutok- sia
K4	PVC		13	on			ei löytynyt
K5	PVC		13	on			ei löytynyt
K6							kairaus
Hp7	metalli	64,82	32	on		käsimittaus	
K8	PVC		13	on			ei löytynyt
K9	muovi	62,86	13	on			ei voi mitata
K10							kairaus
K11	kaivo	62,61	kaivo	on	x		
K12							kairaus
K13							
K14	PVC		13	on			ei löytynyt
K15	PVC	65,83	13	on			ei voi mitata
Hp16	PEH	62,87	50	on	x	automaatti- nen	
Hp17	PEH	62,98	50	on	x	automaatti- nen	
K18	PVC		13	on			ei löytynyt
Hp19	metalli	66,11	32	on		käsimittaus	ei kantta ol- lenkaan
K20	PVC		13	on			ei löytynyt
K21	kaivo	61,53	kaivo		x		ei käytössä, laatumuutok- sia
Hp22	metalli	65,38	32	on		käsimittaus	
Hp23	metalli	65,96	32	on		käsimittaus	
K24	kaivo	62,57	kaivo		x		
Hp25	metalli	66,21	60	on		käsimittaus	
Hp26	PEH	63,96	50	on		käsimittaus	
Hp27	PEH	64,16	50	on		käsimittaus	
Hp28	PEH	63,16	50	on	x	automaatti- nen	



Kuva 16: Käyrälammen havaintoputket. Muokattu Kouvolan kaupungin, maanmittauslaitoksen ja SYKE:n kartta-aineistoista. Kuva Noora Kuossari, 2013.

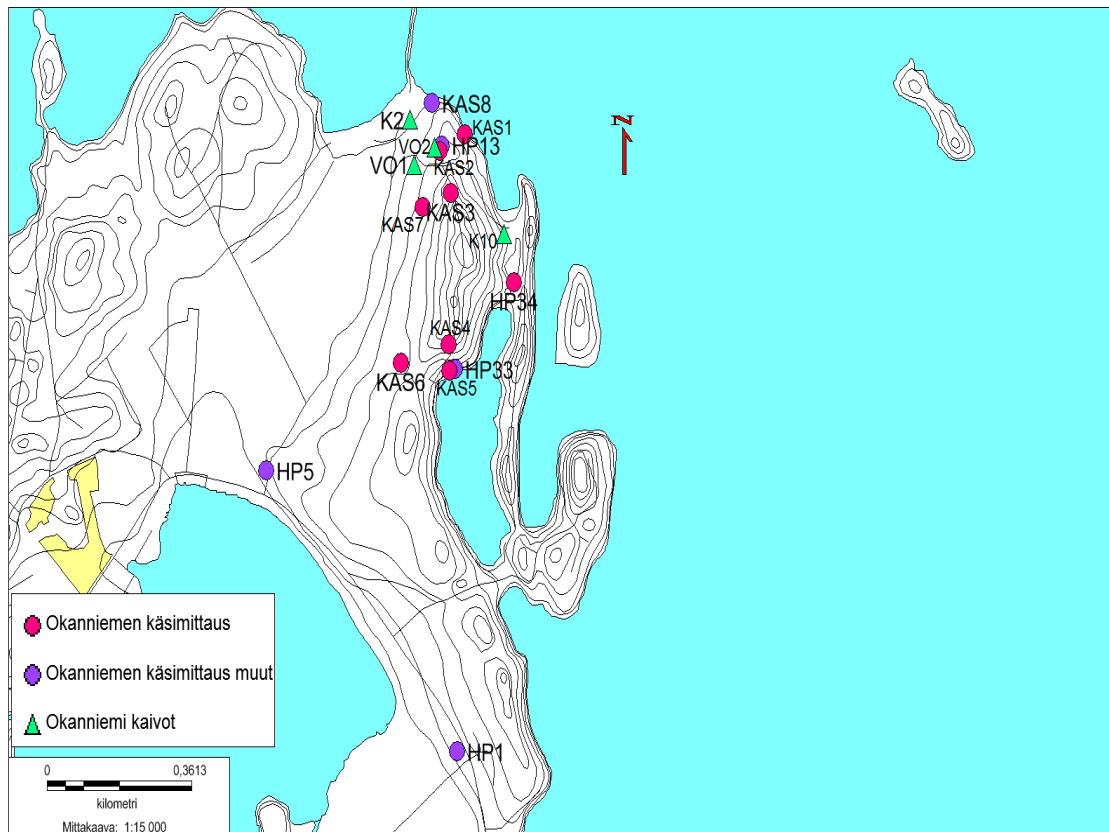
### 7.1.3 Muut laitokset

Okanniemen havaintoputkista ei löydetty HP3, HP29, HP10 ja HP11. Havaintoputki HP7 ja HP 32 olivat ruostuneet kiinni ja niistä ei saada mitattua pohjaveden pinnan korkeutta. Kaikkia löydettyjä havaintoputkia ei ollut merkitty karttoihin, jotka löytyivät Kouvolan Veden toimistolta. Kuvassa 17 on Okanniemen kartoitetut havaintoputket. Kuva on myös suurempana liitteessä 12. Okanniemen tarkkailuohjelman avulla saatiin tietää velvoitetarkkailussa olevat havaintoputket. Havaintoputket olivat HP1, HP3, HP5, HP6, HP7, HP9, HP3, KAS2, KAS 3, KAS 4 ja KAS 6. (Hämäläinen ja Eerikäinen 1997, 1). Kartoituksen tulokset kirjattiin havaintotaulukkoon, josta käy ilmi havaintoputkien kunto.

Kouvolan entisen meijerin, Valion, pohjavedenottamon alueella pohjaveden pinnan korkeuksia ei ollut Kouvolan Veden toimesta mitattu aikaisemmin. ELY -keskus, liikenne vastuualue, on tutkinut suolauksen vaikutusta Kotkan valtatie 15 läheisyydessä olevista havaintoputkista. Valion alueella havaintoputkia oli melko kaukana vedenottamon läheisyydestä, joten katsottiin, että kaikkia alueen havaintoputkia ei ole tarvetta havainnoida säännöllisesti. Kaivo 13A oli ilmeisesti yksi vedenotto-kaivoista, jonka pintaa pitäisi seurata. Kaivo Portti 25 oli lukossa ja siitä ei voitu mitata pinna-

korkeutta ja kaivo Lindeman 108 oli kuiva ja epäedustava. Havaintoputkia PVP5, Kouvolan betoni ja PVP8 ei löydetty.

Valkealan puolella Jokelan kaupungin osassa tutkittiin pohjavesien pinnankorkeuksia pääosin kaivoista. Ruokosuoan pohjavedenottamon havaintoputkia löytyi hyvin, mutta osa putkista oli huonossa kunnossa tai vaikeasti saavutettavissa. Kouvolassa Koriolla pohjaveden pinnankorkeuksia tutkittiin pääosin kaivoista.



Kuva 17: Okanniemen havaintoputket ja vedenottoaivot. Muokattu Kouvolan kaupungin, maanmittauslaitoksen ja SYKE:n kartta-aineistoista. Kuva Noora Kuossari, 2013.

## 7.2 Havaintoputkien pinnankorkeuksien mittaus Haukkajärvellä

Jatkuvatoimisen pinnankorkeusmittauksen avulla saadaan jatkuvaa tarkkaa tietoa pohjaveden pinnankorkeuksista. Käsini mitattuja pinnankorkeustietoja saadaan harvemmin kuin automaattimittauksesta, mutta käsimitaus on luotettavaa.

### 7.2.1 Automaattinen mittaus

Kolme eri automaatiojärjestelmää asettaa haasteita tulosten analysoinnille. Pohjaveden pinnankorkeuksien analysointi oli työlästä ja haastavaa, koska jokaisesta automaatiojärjestelmästä tiedot oli haettava erikseen hieman eri menetelmillä, sekä käsiteltävä eri kaavoilla (taulukko 4). Mittausmenetelmä oli sama kaikissa antureissa, mutta vertailukorot poikkesivat toisistaan Keller, Wika ja STS -antureissa. Tämän jälkeen mittaustulokset oli käsiteltävä, jotta pohjaveden pinnankorkeus havaintoputkessa saadaan merenpinnan yläpuoliseen + -korkoon.

Automaattisesti pinnankorkeuden mittauksista tehtiin Excel-taulukoihin graafinen esitys, kuinka Haukkajärven raakaveden imeytys vaikuttaa pohjaveden pinnankorkeuksiin. Kuvaajasta pystytään selvittämään havaintoputkien toimivuutta ja pohjaveden viipymiä. Filosofian tohtori Esko Mälkin opastuksella pohjaveden pinnankorkeuskäyriä vertaamalla imeytysmäärään ( $m^3/d$ ) pystyttiin toteamaan karkeasti, missä on selviä hydraulisia yhteyksiä nykyisten imeytysaltaiden ja havaintoputken välillä (kohta 7.4).

Automaattimittauksen ja havaintoputkien toimivuutta tarkasteltiin myös laskemalla kaikille putkille mittaustuloksista minimi-, maksimi- ja keskiarvo. Minimi- ja maksimi-arvoja vertaamalla voidaan todeta, kuinka paljon pohjaveden pinnankorkeus on vaihdellut havaintoputkessa vuoden tai mittausjakson aikana. Taulukossa 8 on automaattiputkien minimi-, maksimi- ja keskiarvot. Havaintoputken 123 korko on liian korkea, joten se viittaa siihen, että putkessa oleva anturi ei toimi kunnolla tai laskukaava ei täsmää. Havaintoputki 123 sijaitsee lähellä imeytysaltaita ja pohjaveden pinnankorkeus tulisi alueella olla noin +60–70 metriä meren pinnasta. Tällä hetkellä anturi näyttää, että pohjaveden pinnankorkeus olisi noin tasolla +87,8 – +90,5. Mittaustuloksista voidaan myös havaita, että putken 150 anturi ei ole toiminut kunnolla 1.1.2012–9.1.2013 välisellä ajanjaksolla.

Taulukko 8: Haukkajärven automaattiputkien minimi-, maksimi- ja keskiarvot. (Noora Kuossari 2013)

putki	min	max	keskiarvo
<b>117</b>	68,99	75,40	71,90
<b>121</b>	70,51	71,42	71,07
<b>122</b>	67,54	69,98	68,79
<b>125</b>	65,92	66,15	66,07
<b>2B</b>	60,32	62,33	60,90
<b>150</b>	67,83	69,02	68,22
<b>130</b>	58,98	63,15	61,46
<b>123</b>	87,94	90,56	89,11
<b>124</b>	57,00	61,94	60,09
<b>124A</b>	54,49	60,58	58,52
<b>174</b>	65,84	66,61	66,17
<b>173</b>	69,54	71,35	70,29
<b>158</b>	61,04	63,55	62,41
<b>171</b>	67,73	68,47	68,19

Kaikista Haukkajärven STS:n antureista ei saatu kunnolla pinnankorkeustietoja kesällä 2012 (taulukko 4). Havaintoputkien 122, 125 ja 128 antureissa oli ajoittain kontaktihäiriöitä. Pinnankorkeudet käytiin hakemassa uudelleen 22–23.1.2013. Havaintoputken 125 anturista saatiin pinnankorkeushavaintoja vain ajanjaksolta 25.4–3.7.2012. Anturi nostettiin havaintoputkesta 125 pois 23.1.2013. Putken 128 anturista ei saatu ollenkaan pinnankorkeustietoja vuodelta 2012. Putki 121 on ollut ajoittain kuiva, mutta kesällä 2012 putkesta pystyttiin havainnoimaan pohjaveden korkeutta.

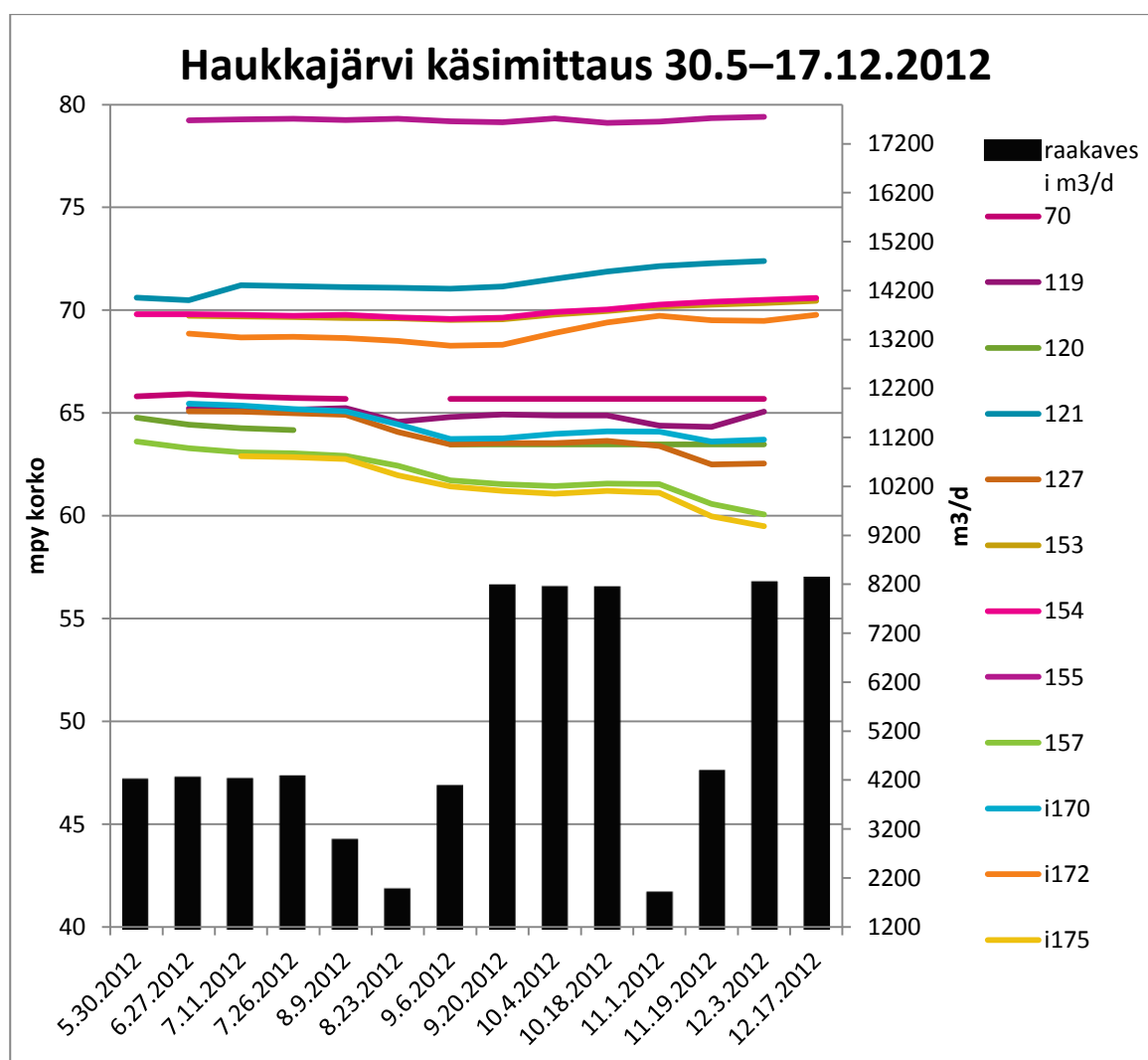
Haukkajärvelle 12.6.2012 putkiin 173 ja 174 asennetut kaksi Kellerin pinnankorkeusanturia toimivat hyvin ja tulokset tulivat hyvin GSM2 Datamager-valvomoon. Samalla kertaa havaintoputkiin 171 ja 158 asennetut YSI-anturit toimivat hyvin pinnankorkeusmittauksissa.

Pohjavesien pinnankorkeudet pyrittiin tilastoimaan kaikki samaan Excel-taulukkoon, jotta kaikki tiedot löytyisivät samasta paikasta. Käytännössä automaatti- ja käsihavainnot jouduttiin raportoimaan eri taulukoihin. Haukkajärven viidestä STS DL/N automaattiantureista (122, 128, 121, 117, 2B) ja viidestä päävalvomon WIKA LS-10 ja EH FMX 160 -automaattiantureista (123, 124, 124A, 130 ja 150) tulokset käsiteltiin samassa Excel-taulukossa. Pinnankorkeuksien laskemiseen oli erikseen valmiit laskukaavat, jotka piti säilyttää. Keller PAA-36XW-antureista ja YSI-antureista pinnankor-

keudet käsiteltiin myös omissa Excel-taulukoissa. Tulosten laskennan jälkeen Haukkajärven pinnankorkeuksista tehtiin myös uusi yhtenäinen linkitetty excel-taulukko, johon valittiin vain tietyt päivät vuodesta.

### 7.2.2 Käsimittaus

Suurin osa käsimittausputkista sijaitsee hieman kauempana imeytysaltaista kuin automaattimittausputket. Putket 120, 2A ja 70 olivat loppuvuodesta 2012 epäkunnossa. Putket 153 ja 154 sijaitsevat melko lähellä valtatie 6 ja vedenottoalueen ylätasanteella. Havaintojen perusteella vesi oli puhdasta sekä havaintoputket 154 ja 153 toimivat hyvin. Käsimittaukset kirjattiin yhteen Excel-taulukkoon niin, että kaikilla vesilaitoksilla oli oma välilehti. Kuvassa 18 on pohjavesien pinnankorkeudet käsimittauksista ja samanaikainen raakaveden imeytysmäärä (m<sup>3</sup>/d).



Kuvio 1: Haukkajärven havaintoputkien käsimittaus vuonna 2012. (Noora Kuossari 2013)

Käsimittauksessa olevia havaintoputkien toimivuutta tarkasteltiin myös laskemalla kaikille putkille mittaustuloksista minimi-, maksimi- ja keskiarvo. Käsimittausputkien pinnankorkeudet ovat vaihdelleet vuonna 2012 muutamasta kymmenestä sentistä noin neljään metriin. Pienin pinnankorkeuden vaihtelu on ollut havaintoputkessa 70 ja suurin vaihtelu on ollut havaintoputkessa 172. Taulukossa 9 on käsimittausputkien pohjaveden pinnankorkeuksien minimi-, maksimi- ja keskiarvot.

Taulukko 9: Haukkajärven käsimittausputkien minimi-, maksimi- ja keskiarvot 30.5–31.12.2012. (Noora Kuossari 2013)

putki	min	max	keskiarvo
<b>70</b>	65,68	65,91	65,73
<b>119</b>	64,32	69,92	65,31
<b>120</b>	63,48	64,77	63,82
<b>121</b>	70,49	72,37	71,39
<b>127</b>	62,50	65,08	63,89
<b>153</b>	69,52	70,34	69,83
<b>154</b>	69,57	72,65	70,14
<b>155</b>	79,12	79,40	79,26
<b>157</b>	60,07	63,61	62,06
<b>170</b>	63,62	65,45	64,38
<b>172</b>	65,51	69,73	68,66
<b>175</b>	59,49	62,90	61,45

### 7.3 Hydrauliset yhteydet

Insinööritoimisto Maan ja Veden pohjavesitutkimuksessa vuonna 1973 havaittiin, että Haukkajärvellä ylä- ja alatasanteen välissä on hienoainesseinämä. Pohjavesi pääsee tutkimuksien mukaan virtaamaan myös rannan suuntaan alemmalle tasolle, kiertäen hienoainesseinämän. Pohjaveden virtaus seinämän ohi on kuitenkin melko hidasta. (Mälkki ja Salmi 1973.)

Tässä opinnäytetyössä hydraulista yhteyttä tutkittiin pääasiassa pinnankorkeustietoja vertaamalla raakaveden imeytysmäärään. Säähavaintoja ei ole otettu huomioon, kun on tarkasteltu pohjaveden pinnankorkeuksia. Haukkajärven tekopohjavesilaitokselle tehtiin osana tätä opinnäytetyötä havaintoputkien gradienttiverkko, jonka avulla saadaan selville kaltevuudet ja mahdolliset hyvät hydrauliset yhteydet havaintoputkien ja

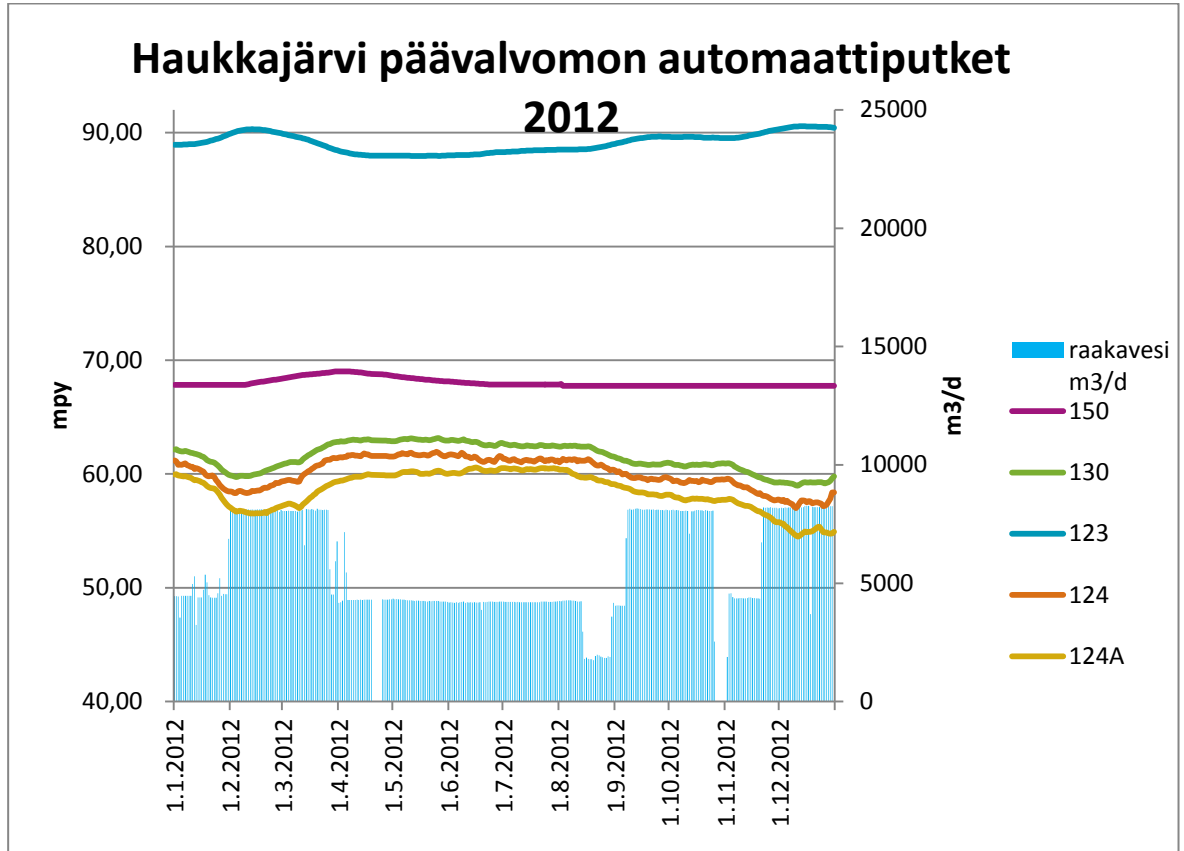
imeytysaltaiden välillä. Haukkajärvellä on suuria maaston korkeusvaihteluja ylä- ja alatasanteen välillä.

Darcyn lakia soveltamalla voitaisiin laskea hydraulinen johtavuus, pohjaveden virtausnopeus ja hydraulinen gradientti. Tämän opinnäytetyön aikana laskettiin Haukkajärvellä hydrauliset gradientit Darcyn lakia apuna käyttäen. Muita Darcyn lain mukaisia parametrejä ei selvitetty, koska erittäin vaihtelevien kerrosvaihteluiden vuoksi riittävien lähtöarvojen saantiin ei ollut mahdollisuutta. Kaikkia tarvittavia tietoja ei ollut tiedossa ja tästä johtuen kaikkia tarvittavia teknisiä kokeita ei pystytty suorittamaan.

### 7.3.1 Havaintoputkikohtainen tarkastelu

Vedenkorkeus kuvaajista (kuvio 2) voidaan päätellä, että imeytyksen määrä vaikuttaa näennäisesti vähän havaintoputkien 124, 124A ja 130 pohjavesien pinnankorkeuksiin. Pinnankorkeuksista voidaan havaita, että kaivojen läheisyys vaikuttaa enemmän havaintoputkien 124, 124A ja 130 pinnankorkeuksiin. Havaintoputken 130 ja kaivojen välillä on hyvä yhteys. Havaintoputki sijaitsee melko lähellä imeytysaltaita ja kaivojen toiminta vaikuttaa silti enemmän pinnankorkeuteen. Voidaan todeta, että havaintoputkilla 124 ja 124A on hyvä yhteys kaivojen kanssa. Havaintoputken 123 pohjaveden pinta myötäilee imeytismäärän muutosta, mutta mittauksen korkeustaso täytyy tarkistaa. Havaintoputken 150 anturi oli epäkunnossa vuonna 2012 ja tulosten perusteella anturi antoi vääriä tuloksia. Putken 150 pinnankorkeustuloksia ei ole otettu huomioon pinnankorkeustarkasteluissa.



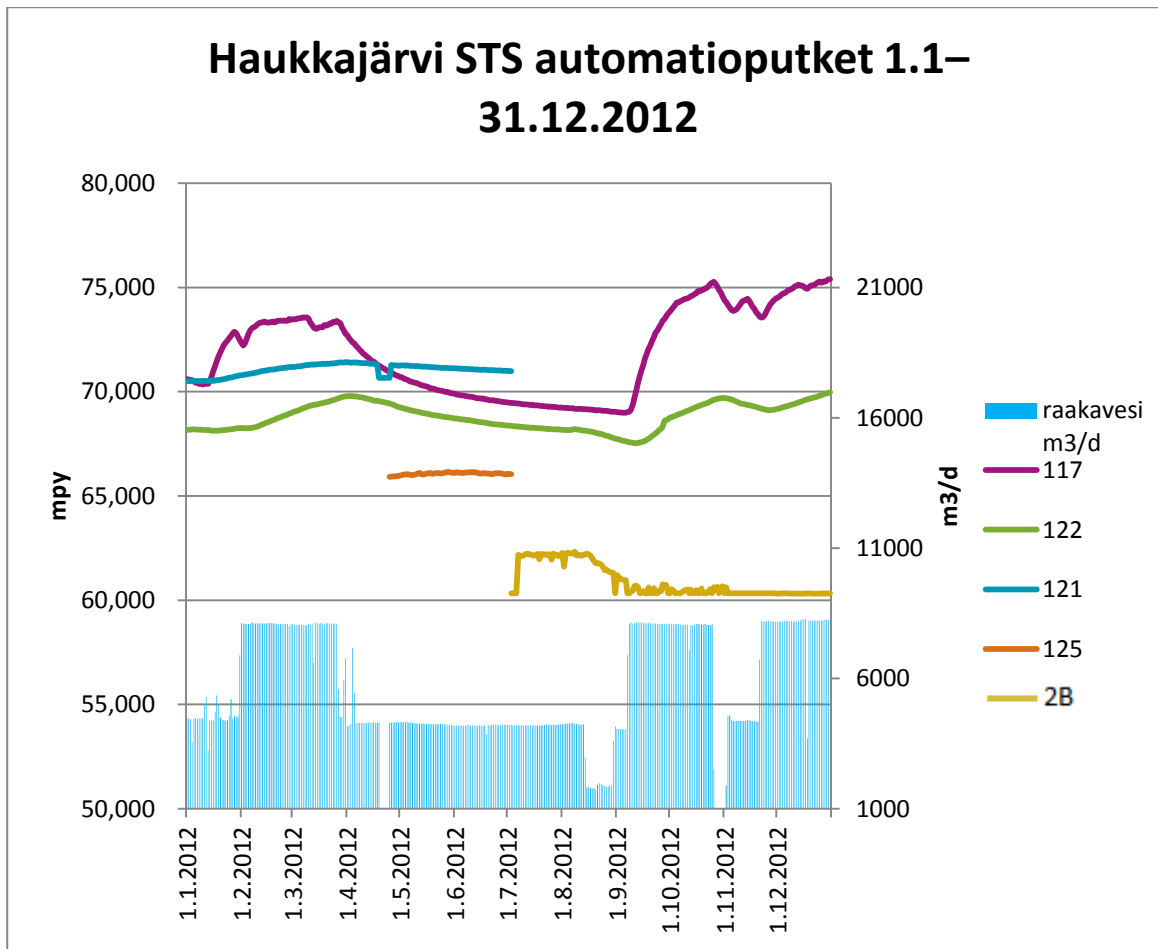


Kuvio 2: Päävalvomon, WIKA LS-10 ja EH FMX 160 antureita, automaattiset pinnan- korkeusmittaukset. (Noora Kuossari, 2013)

Havaintoputki 122 sijaitsee lähellä imeytysaltaita, niiden länsipuolella. Pohjaveden pinnankorkeus pisteessä peilaa hyvin imeytysaltaiden kanssa (kuvio 3). Tulos on luotettava ja hydraulinen yhteys löytyy. Pohjaveden pinta seuraa havaintoputken 122 kohdalla imeytystä, pienellä viiveellä. Pohjaveden pinta nousee melko loivasti, kun imeytystä on lisätty. Vastaavasti pohjaveden pinnankorkeudessa voidaan huomata pienetkin notkahdukset, kun imeytystä on selvästi pienennetty 9.8.2012 ja pysäytetty 25.10.2012.

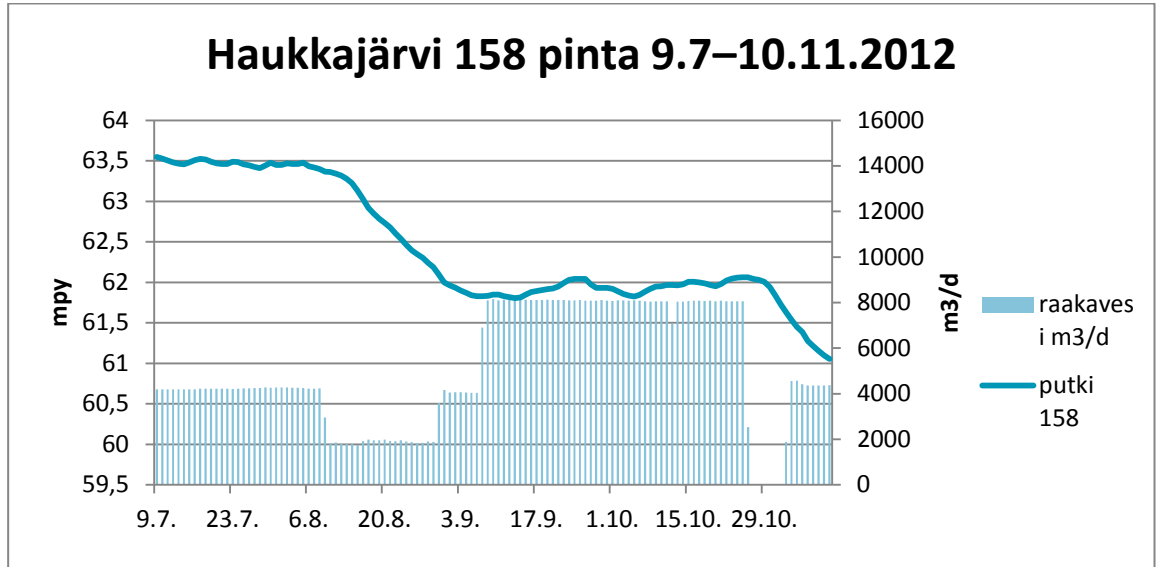
Havaintoputki 117 reagoi hyvin imeytyksen muutoksiin (kuvio 3). Putki sijaitsee imeytysaltaiden eteläpuolella poispäin kaivoalueelta. Havaintoputken 2B pohjaveden pinnankorkeus seuraa selvästi vieressä olevan kaivon vaihteluita. Imeytys ei näennäisesti vaikuta havaintoputkeen 2B. Putkesta 125 ei voida analysoida hydraulista yhteyttä imeytysaltaisiin, koska mittaustietoja saatiin vain 25.4–3.7.2012 väliseltä ajalta. Ajanjakson aikana imeytys oli koko ajan tasaista. Käyrän mukaan imeytys vaikutti havaintoputken 121 heikosti tai ei ollenkaan (kuvio 3). Havaintoputki 121 pohjaveden pintaan vaikuttaa todennäköisesti enemmän imeytys vanhoille imeytysaltaille, ylätasanteella. Pinnankorkeuden havainnointia voidaan jatkaa, koska näin saadaan tietää

pohjaveden korkeus vedenottoalueen rajalla. Kuviossa 3 on kaikki vuodelta 2012 saadut pinnankorkeustiedot STS DL/N:n automaattiantureista.



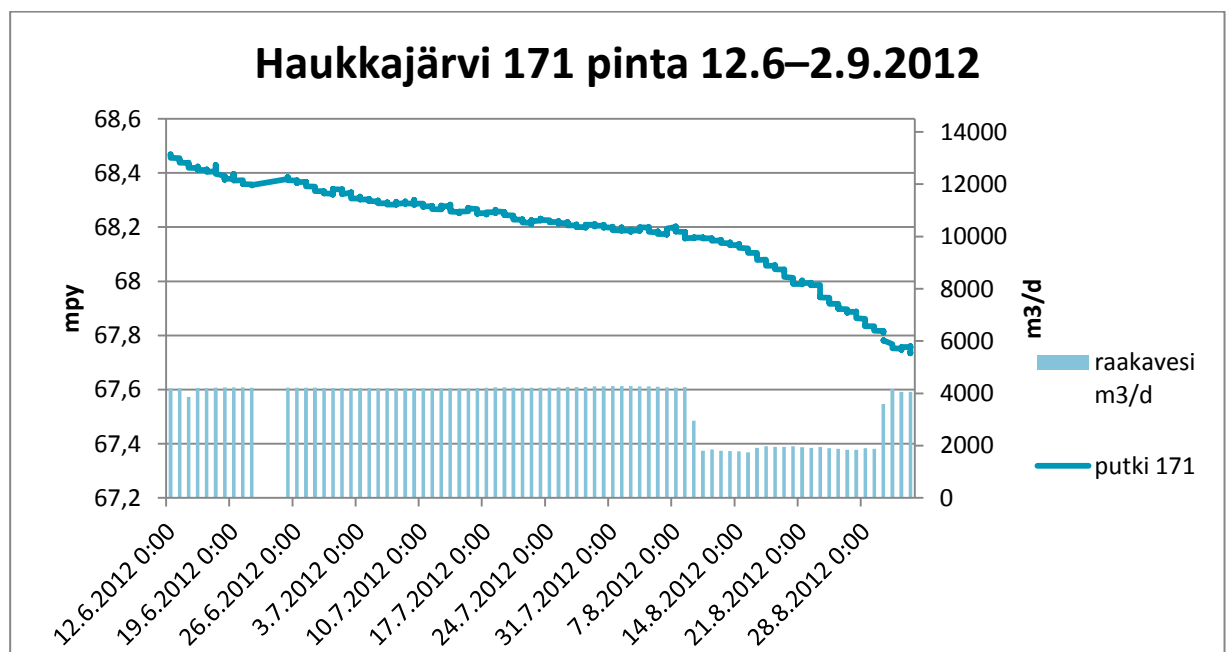
Kuvio 3: STS:n automaattiset pinnan korkeusmittaukset 1.1–31.12.2012. (Noora Kuossari, 2013)

Havaintoputkista 158, 171, 173, 174 (kuviot 4–7) on tehty pinnankorkeus käyrät erikseen, koska mittausajanjakso kaikissa havaintoputkissa vaihteli. Havaintoputken 158 kuvaajasta voidaan todeta, että imeytysaltailla ja havaintoputkella on hyvä hydraulinen yhteys. Havaintojakson alussa imeytys ja pohjaveden pinnankorkeus ovat tasapainossa. Pohjaveden pinta heijastuu herkästi imeytysmäärään ja viipymä ei ole pitkä. Imeytysmäärän ollessa suuri lähtee myös pohjaveden pinta nousuun. Vastavasti kun imeytystä pienennetään, lähtee pohjaveden pinta laskuun. Pohjaveden pinnankorkeus pisteessä 158 lähtee jyrkempään laskuun, kun imeytys oli pysäytetty 25.10–2.11.2012.



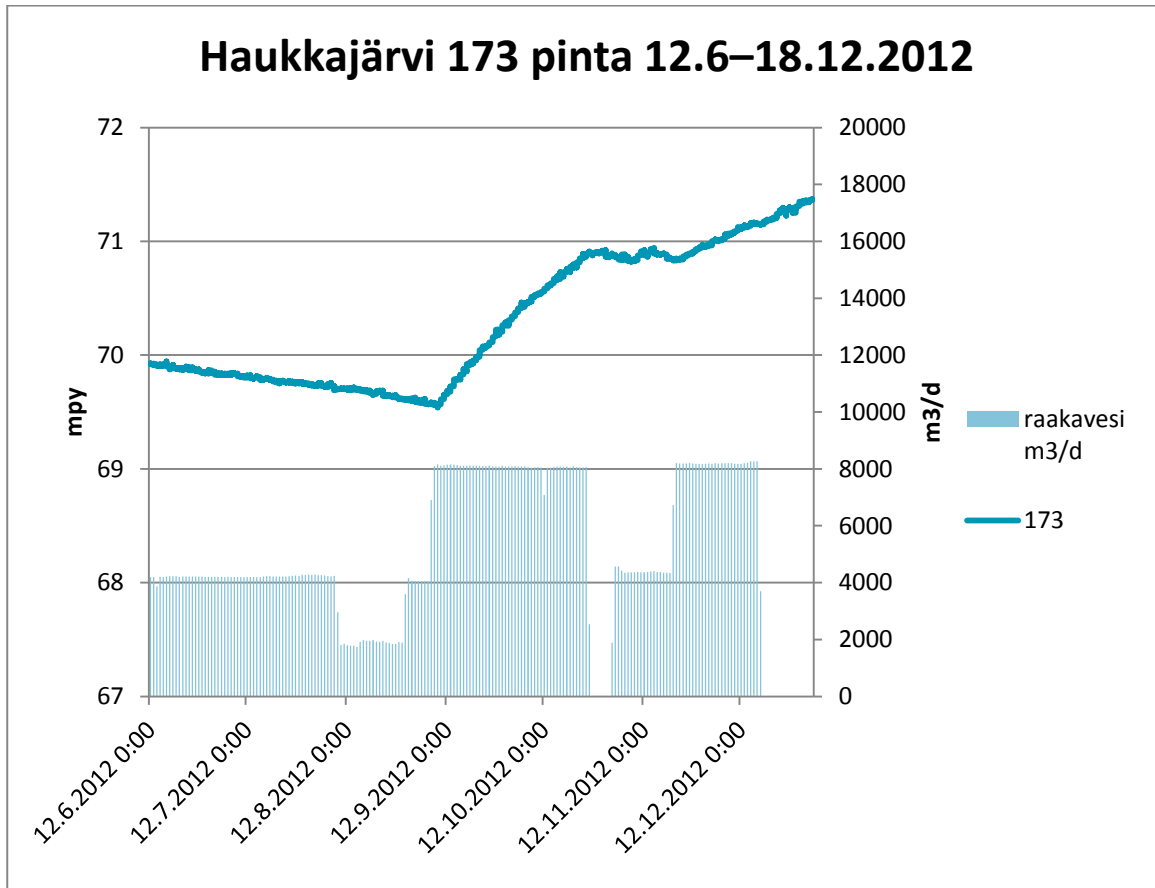
Kuvio 4: YSI -anturilla mitattu pohjaveden pinnankorkeus havaintoputkesta 158 9.7–10.11.2012. (Noora Kuossari, 2013)

Havaintoputken 171 ja imeytysaltaiden välillä on hyvä yhteys. Imeytyksen muuttuessa pienemmäksi 9.8.2012 pohjavedenpinta laskee alemmas. Kun imeytys nostetaan samaan määrään kuin ennen vähennystä, lähtee pohjaveden pinta taas nousuun ja pinnankorkeus tasoittuu. Yhteys ei ole kuitenkaan niin vahva kuin havaintoputkessa 158. Tämä osoittaa, että pohjavesi virtaa imeytysaltailta kaivoalueelle myös altaiden takaa.



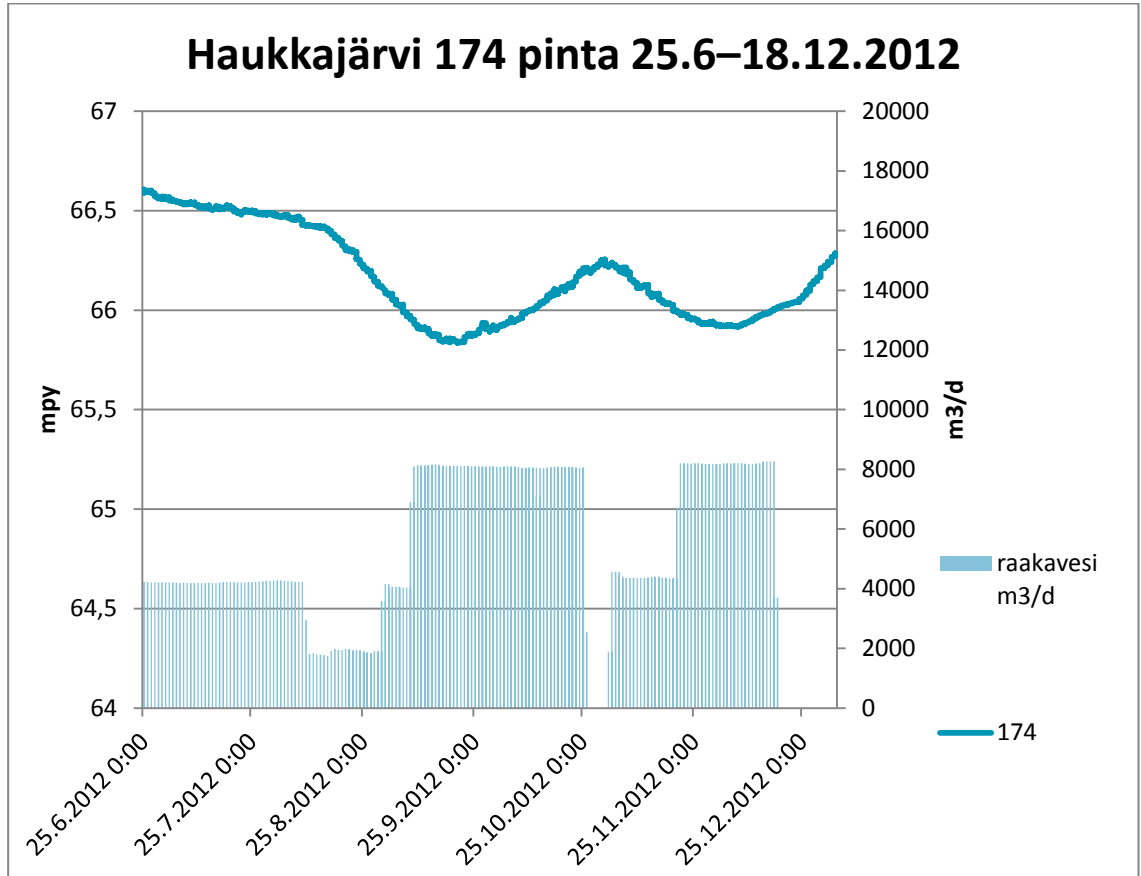
Kuvio 5: Havaintoputken 171 pinnankorkeudenmittaus YSI -anturilla 12.6–2.9.2012. (Noora Kuossari, 2013)

Havaintoputken 173 ja imeytysaltaiden välillä on hydraulinen yhteys. Pohjaveden pinnankorkeus reagoi melko nopeasti imeytyksen muutoksiin. Syyskuun alussa imeytymäärää on nostettu ja pohjaveden pinnankorkeus lähtee pienellä viiveellä nousuun. Imeytyksen ollessa kokonaan pois pohjaveden pinnankorkeus laskee.



Kuvio 6: Havaintoputken 173 pinnankorkeudenmittaus 12.6–18.12.2012, Keller. (Noora Kuossari, 2013)

Havaintoputken 174 ja imeytysaltaiden välillä on hydraulinen yhteys. Kuvaajasta voidaan havaita, että pohjaveden pinnankorkeus laskee tai nousee lähes välittömästi, kun imeytymäärää pienennetään tai suurennetaan. Pinnankorkeus on kuitenkin havaintojakson aikana vaihdellut noin 0,7 metriä. Imeytys ei siis nosta tai laske merkittävästi pohjaveden pintaa. Tämän johtunee siitä, että tekopohjavettä imeyttäessä pohjavesi varastoituu reuna-alueille. Havaintoputki 174 sijaitsee imeytysaltaiden itäpuolella ja välimatkaa on noin 200–250 metriä.

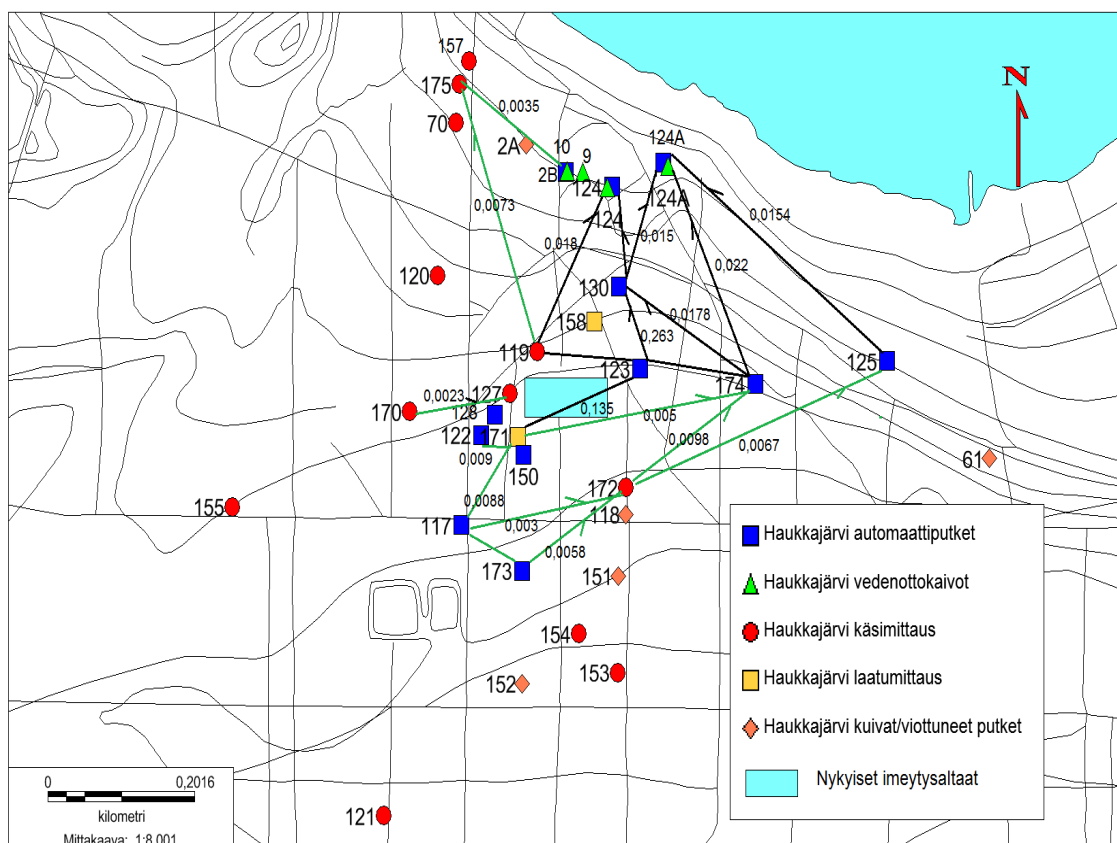


Kuvio 7: Havaintoputken 174 Keller pinnankorkeudenmittaus 12.6–18.12.2012. (Noora Kuossari, 2013)

### 7.3.2 Imeytyskentän gradienttitarkastelu

Gradienttitulkinta on käyttökelpoisinta yleensä pohjaveden päävirtaussuunnassa. Haukkajärven tapauksessa päävirtaussuunta on imeytysaltailta kaivoalueelle. Haukkajärvellä gradienttitarkastelu on haastavaa ja gradientit ovat alueittain melko jyrkkiä, koska imeytysaltailla pohjaveden pinta nousee ja kaivoalueella vedenpintaa alennetaan pumpaamalla pohjavettä. Haukkajärvellä on epätasaisesti kerrostunutta maata, jossa on eri tavalla johtavia reittejä, joten pohjavesi ei pääse virtaamaan tasaisesti maaperässä. Tästä johtuen mm. gradientit imeytysaltailta kaivoalueelle ovat melko korkeita verrattuna luonnonolosuhteisiin. Imeytysaltaan välitöntä läheisyyttä on vaikea tulkita, että mistä vesi kiertää ja mistä virtaa suoraan. (Mälkki 23.4.2013.) Tutkimuksista ja Haukkajärven gradienttilaskuista voidaan päätellä, että osa pohjavedestä virtaa imeytysaltailta etelään päin, havaintoputkea 172 kohti ja sieltä kiertäen länsipuolelle imeytysaltaita sekä aina rantaan kaivoalueelle.

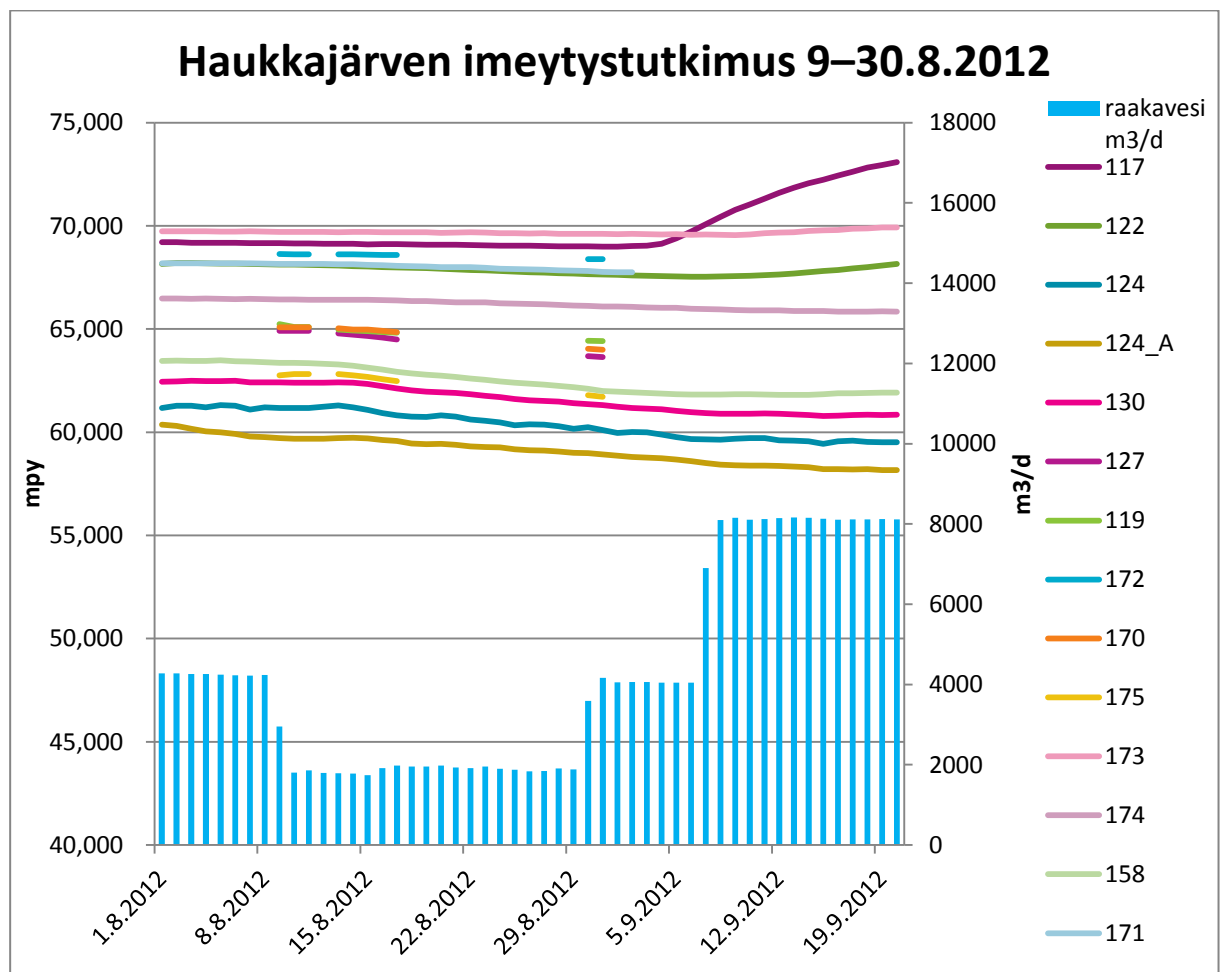
Haukkajärven gradienttilaskuista voidaan todeta, että hyviä johtavuuksia on mm. havaintoputkien 175-2B, 171-174, 172-174 ja 174-125 välillä. Havaintoputkien 119-124 (0,018) gradientti ja 130-124A (0,015) gradientit ovat hyvin kohtuullisia. Yhteys on hyvä kuvion 2 havaintoputken 130 pinnankorkeuskäyrän perusteellakin. Virtausvyöhykkeen poikittaissuunnassa olevien yhteyksien gradientit ovat keskimäärin pieniä. Tämä on normaalia, kun lähestytään ekvipotentiaalitilannetta, missä gradientti on nolla. Hydraulisten gradienttien laskut ovat liitteessä 4. Hydrauliset gradientit on piirretty karttaan niin, että loivat gradientit on merkitty vihreällä ja korkeammat gradientit mustalla (kuva 18). Kaikkia laskettuja gradientteja ei piirretty karttaan. Hydraulinen gradienttitarkkailu on tehty FT Esko Mälkin ja vesihuoltojohtaja Timo Kyntäjän avustuksella. Kuva 18 on myös suurempana liitteessä 13.



Kuva 18: Hydraulinen gradienttiverkko Haukkajärveltä. Muokattu Kouvolan kaupungin, maanmittauslaitoksen ja SYKE:n kartta-aineistoista. Kuva Noora Kuossari, 2013.

#### 7.4 Haukkajärven imeytystutkimus 9–30.8.2012

Imeytystutkimuksen avulla pyrittiin selvittämään Haukkajärven havaintoputkien toimivuutta ja pohjaveden virtausta maaperässä. Raakaveden imeytystä pienennettiin 9.8.2012 ja imeytysmäärä palautettiin normaaliksi 30.8.2012. Imeytystutkimukseen otettiin mukaan 14 havaintoputkea: 117, 122, 124, 124A, 130, 158, 127, 119, 172, 170, 171, 173, 174 ja 175, joista viisi oli käsimitauksessa. Havaintoputkesta 125 ja 128 ei saatu pinnankorkeustietoja tutkimuksen ajalta ja havaintoputken 150 anturi oli epäkunnossa. Hydraulinen yhteys imeytysaltaisiin oli kuitenkin havaittavissa selvemmin putkissa 171, 172, 117, 127, 158 ja 122. Putkissa 170 ja 175 oli havaittavissa pientä yhteyttä imeytysmäärän muuttuessa. Tutkimuksen aikana imeytysmäärän muutos vaikutti ensin pohjaveden pinnankorkeuteen altaiden läheisyydessä. Tämä tutkimus tukee myös kohdassa 7.3 tutkittuja hydraulisia yhteyksiä pohjavesiputkien ja imeytysaltaiden välillä.



Kuvio 8: Haukkajärven imeytystutkimukseen valittujen havaintoputkien pinnankorkeudet ja imeytysvirtaama (m<sup>3</sup>/d). (Noora Kuossari, 2013)

## 7.5 Pohjaveden automaattinen laatumittaus Haukkajärvellä

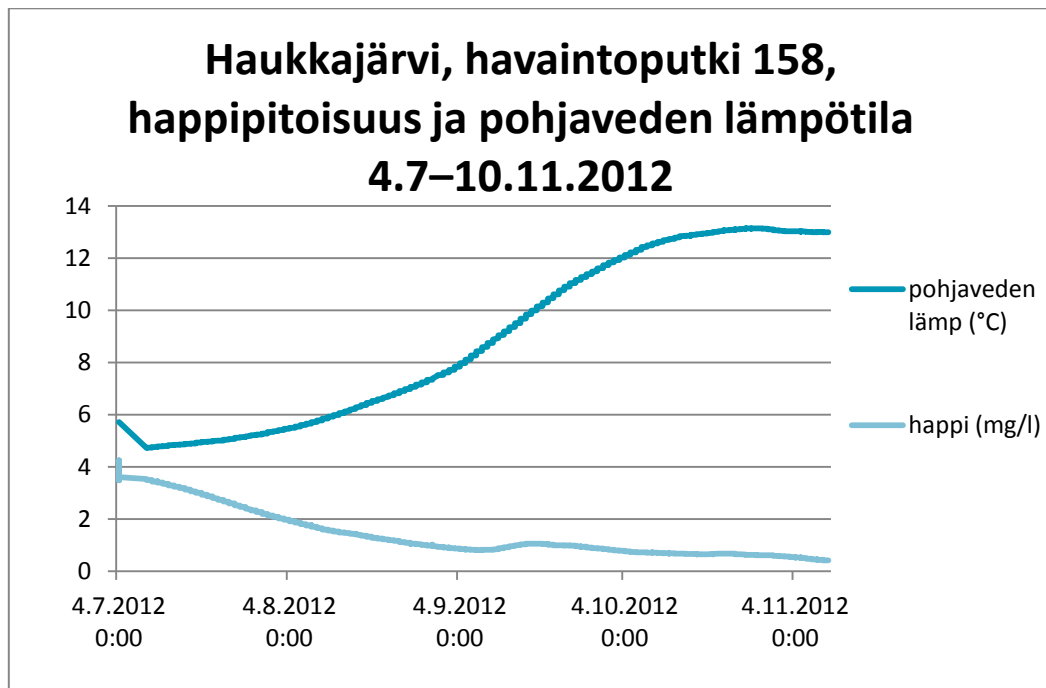
Automaattisen laatumittauksen avulla saadaan jatkuvaa tietoa veden laadusta. Käsintetettuna veden laatu näytteitä ei saada yhtä tiuhaan ja näytteet on vietävä laboratorioon analysoitavaksi. Kun automaattimittaus toimii kunnolla, sen avulla saadaan helposti tuloksia suoraan analysoitavaksi.

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin pohjaveden laatua Haukkajärven tekopohjavesilaitoksella. Vesinäytteitä otetaan Haukkajärven tekopohjavesilaitokselta raakavedestä ja laitokselta lähtevästä vedestä neljä kertaa vuodessa. Haukkajärvellä vedenotto-kaivoista on otettu kokoomavesinäytteitä kaivoryhmittäin. Vuonna 2013, viikoilla 11, 16 ja 17 on kaikista 10 vedenotto-kaivosta otettu oma vesinäyte. Käyrälammelta ja Okaniemestä vesinäytteitä otetaan kaksi kertaa vuodessa kahdesta toiminnassa olevasta näytteenotto-kaivosta ja verkostoon lähtevästä vedestä. Näytteenottoa varten on olemassa näytteenotto-ohjelma. (Kouvola Veden valvontatutkimusohjelma 2010–2014, 8-12). Liitteessä 8 on kaivojen näytteenottosuunnitelma.

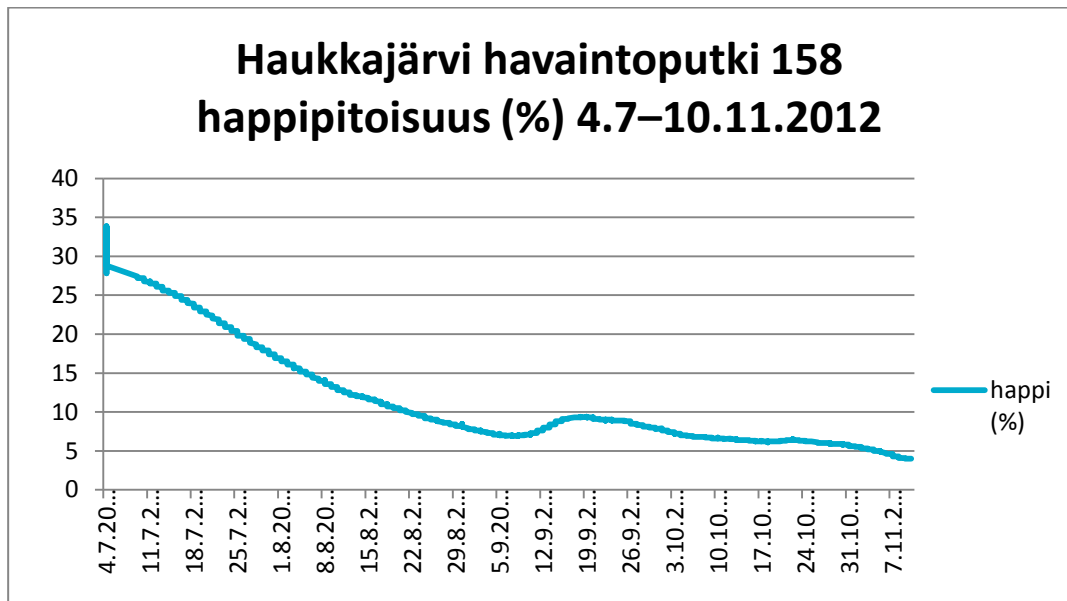
Haukkajärvellä pohjaveden fluoridin määrä ylittää sallitun raja-arvon 1,5 F<sup>-</sup> mg/l. Tästä johtuen fluoridianalyseja voidaan joutua ottamaan tiheämmin kuin varsinaisia vesinäytteitä. Pohjavesien laadun tarkasteluun on käytetty kesällä 2012 asennettujen YSI -laatuantureiden tuloksia. Lähempään tarkasteluun on otettu happi, pH ja pohjaveden lämpötila. Havaintoputkien 171 ja 158 laatu tiedot kuviossa 9–14 on analysoitu eri ajanjaksoilta, koska havaintoputken 171 patterien vaihdon jälkeen 31.8.2012 tietoja ei voitu hyödyntää ja havaintoputken 158 anturi siirrettiin putkeen 3.7.2012. Jos laatu tietoja olisi analysoitu samalta ajanjaksolta, olisi ajanjakso hyvin suppea.

Kuviosta 9 voidaan nähdä, että pohjaveden happipitoisuus laskee havaintoputkessa 158, kun lämpötila nousee. Kuviossa 10 on pohjaveden happipitoisuus prosentteina havaintoputkessa 158. Havaintoputkessa 171 pohjaveden happipitoisuus laskee myös, kun pohjaveden lämpötila nousee (kuvio 11). Kuviossa 12 on pohjaveden happipitoisuus prosentteina havaintoputkessa 171. Pohjaveden pH pysyi melko tasaisena koko mittausjakson ajan (kuviot 13 ja 14). Käyrästä on havaittavissa pientä polveilua, joten toiminnassa on voinut olla häiriöitä. Kalibrointikerrat näkyvät pH-käyrissä jyrkempinä polveiluina. Havaintoputkessa 171 pohjavesi lämpeni melko paljon heinäkuun 2012 lopussa. Mittausajanjakso havaintoputkessa 171 oli vain elokuun loppuun, joten mahdollista lämpötilanlaskua pohjavedessä ei voida tutkia.

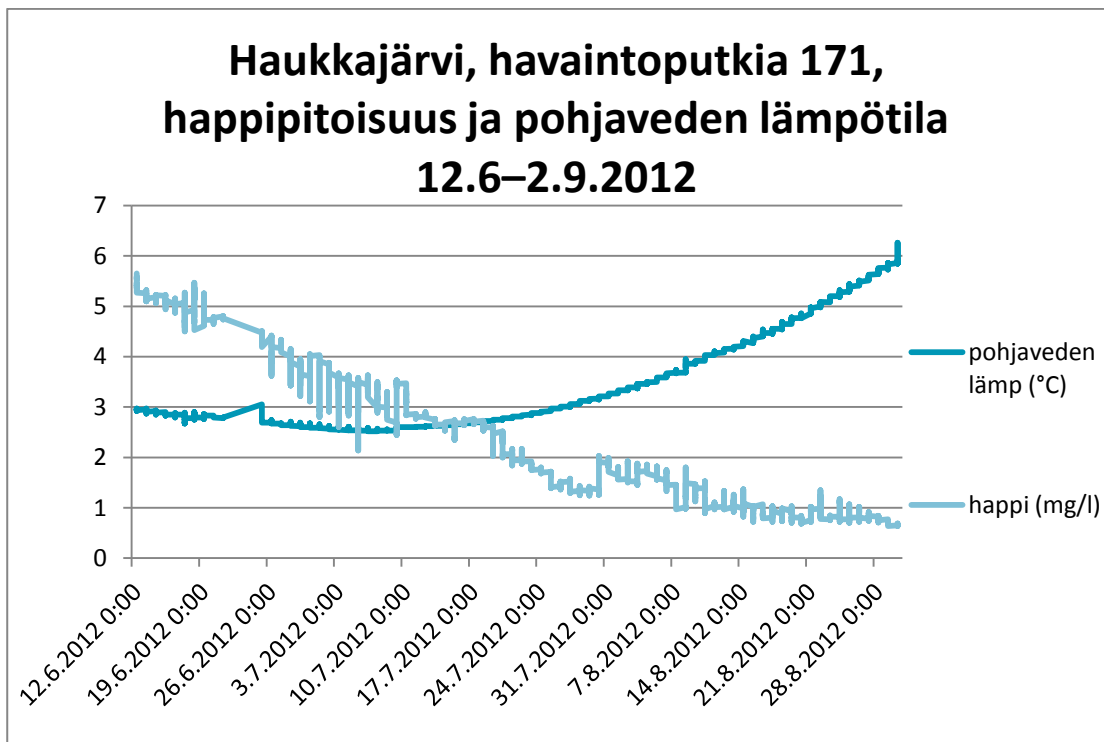




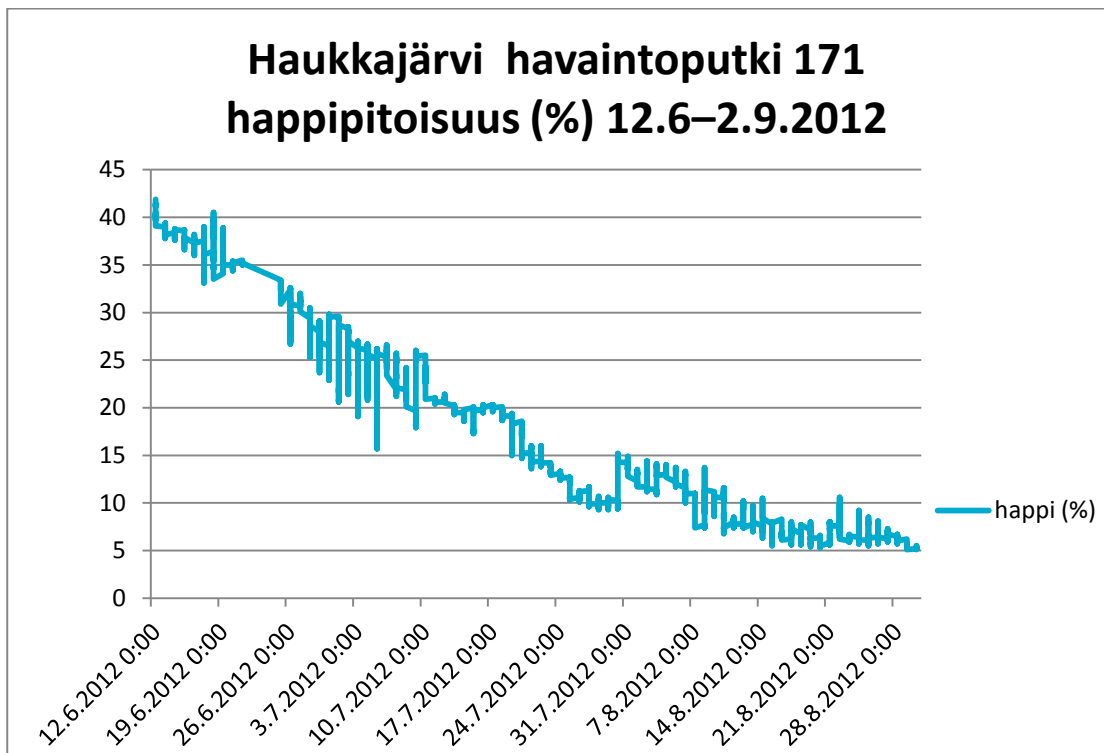
Kuvio 9: Pohjaveden happipitoisuus (mg/l) ja pohjaveden lämpötila 12.6–2.9.2012 havaintoputkesta 171 (Noora Kuossari, 2013)



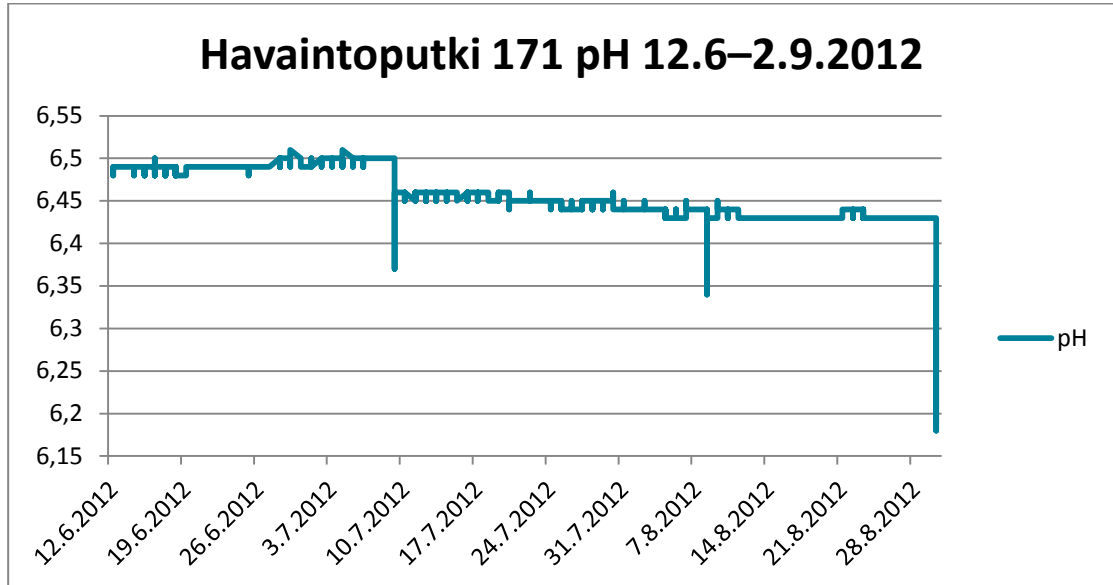
Kuvio 10: Pohjaveden happipitoisuus prosentteina 12.6–2.9.2012 havaintoputkesta 171. (Noora Kuossari 2013)



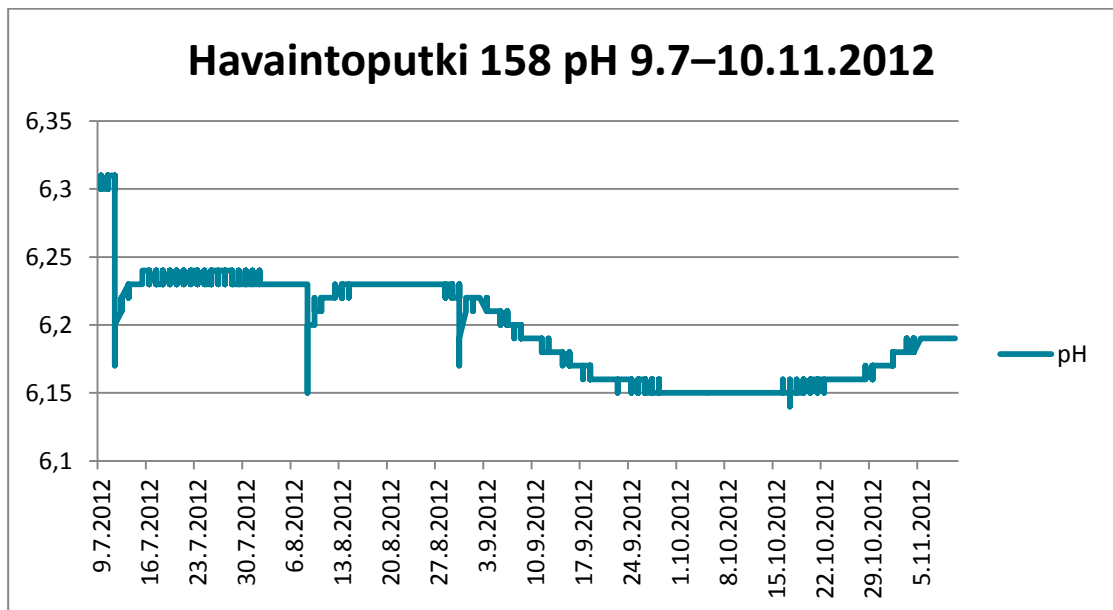
Kuvio 11: Pohjaveden happipitoisuus (mg/l) ja pohjaveden lämpötila 9.7–10.11.2012 havaintoputkesta 171. (Noora Kuossari 2013)



Kuvio 12: Pohjaveden happipitoisuus prosentteina 9.7–10.11.2012 havaintoputkesta 171. (Noora Kuossari, 2013)



Kuvio 13: Pohjaveden pH 12.6–2.9.2012 havaintoputkesta 171. (Noora Kuossari, 2013)



Kuvio 14: Pohjaveden pH 9.7–10.11.2012 havaintoputkesta 158. (Noora Kuossari, 2013)

Vertailutuloksien, 8.8.2012, mukaan havaintoputkessa 171 pohjaveden happipitoisuus olisi 15 % ja 1,9 mg litrassa. Vastaavasti putken 158 pohjavedessä oli happea laboratoriotuloksien mukaan 33 % ja 4,4 mg litrassa. Taulukossa 10 on havaintoputkien 158 ja 171 happipitoisuudesta vertailu automaattimittauksen ja vesinäytteen välillä, jossa voidaan huomata pieniä eroavaisuuksia.

Taulukko 10: Havaintoputkien 171 ja 158 automaattisen ja vesinäytteiden tulosten happipitoisuuden vertailu. (Noora Kuossari 2013)

	<b>automaatti- mittaus 171 8.8.2012</b>	<b>laboratorioana- lyysi 171 8.8.2012</b>	<b>automaatti- mittaus 158 8.8.2012</b>	<b>laboratorioana- lyysi 158 8.8.2012</b>
<b>happi %</b>	13,7	15	14,1	33
<b>happi mg/l</b>	1,79	1,9	1,75	4,4

## 7.6 Internetpohjainen karttapalvelu

Karttapalveluun rakennettiin konsultin toimesta karttapohjat, joissa näkyy mm. pohjavesialueet. Havaintoputket vietiin tietokantaan Haukkajärven, Käyrälammen, Okanniemen, Valion, Ruokosuon ja Elimäen alueilta. Karttapalveluun on lisättävissä alueittain pistekohtaisia tietoja sekä raportteja. Käytettävyys on helppoa, koska tutkimusraportteja ja havaintoputkitietoja voi tarkastella alueittain internetselaimen välityksellä sekä karttapalvelu ei ole sidoksissa tiettyyn paikkaan.

## 8 TULOSTEN TARKASTELU

Yhteenvetona opinnäytetyön aikana esiintyneistä ongelmista ja puutteista on laadittu taulukko (10). Ongelmat ja puutteet ovat voineet vaikuttaa tulosten luotettavuuteen.

Taulukko 10: Listaa ongelmista ja puutteista opinnäytetyön aikana. (Noora Kuossari 2013)

	Ongelma/puute
<b>Tiedon keruu</b>	putkikortteja puuttui
<b>Havaintoputkitiedot</b>	kaikkia havaintoputkia ei saatu auki, vaikuttaa + -koron mittaustarkkuuteen
<b>Automaattinen pinnan- korkeus- ja laatumittaus</b>	putkien 128, 125, 123 ja 150 vanhat anturit eivät toimineet kunnolla
	havaintoputken 171 tietoja ei voitu käyttää 2.9.2012 jälkeen (12.6–13.11.2012)
	havaintoputken 158 happipitoisuus näytti YSI -mittauksissa liian vähän
	anturi 2B oli syksyllä 2012 mittaustulosten mukaan liian korkealla
<b>Hydraulinen yhteys</b>	tekopohjaveden imeyttäminen ja maaperän laatu vaikuttavat, että gradientit olivat alueittain suuria
<b>Käsimittaus</b>	aikaisempia mittauksia oli käytössä vähän
	käsimittauksista ei voitu tarkastella kunnolla hydraulisia yhteyksiä

### 8.1 Havaintoputkikartoitus ja tiedon analysointi

Vanhat raportit olivat melko hyvin arkistoitu Kouvolan Veden toimistolle. Kartoitustulosten perusteella havaintoputkista saatiin uudet ajan tasalla olevat koordinaatit ja korot. Haukkajärven havaintoputkien kaikkia putkikortteja ei löytynyt, mutta Käyrälammen havaintoputkista löytyi lähes kaikista putkikortit. Okanniemen havaintoputkista löytyi myös useammasta havaintoputkesta putkikortti. Kartoituksen yhteydessä tuli ilmi, että velvoitetarkkailuohjelmat pohjavesilaitoksille tulisi uudistaa, koska osa velvoitetarkkailun piirissä olevista havaintoputkista oli kuivia tai vioittuneita. Havaintoputkikartoituksen yhteydessä kaikkiin havaintoputkiin ei ollut avaimia käytössä, joten merenpinnan yläpuolinen + -korkeus jouduttiin ottamaan havaintoputken kannen

päältä. Haukkajärvellä viittä automaattiputkea ei saatu myöskään kartoituksen aikana auki. Tämä aiheuttaa pientä virhettä, kun lasketaan pohjaveden merenpinnan yläpuolisia + -korvoja.

## 8.2 Pohjavesien pinnankorkeuksien mittaus

Automaattiset mittausjärjestelmät tulisi yhdistää, jotta tulokset voitaisiin saada helpommin käsiteltävään muotoon. Tällä hetkellä Haukkajärvellä automaattisten mittausten mittaustaajuus vaihtelee eri järjestelmien välillä. Tästä seurasi se, että käsimittausputkien ja kaikkien kolmen eri järjestelmän havainnot jouduttiin analysoimaan erikseen.

Haukkajärvellä havaintoputkista 122 ja 128 vaihdettiin STS-antureita toimiviin antureihin 9.1.2013 ja ne liitettiin päävalvomoon. Havaintoputken 150 anturi oli korvattu uudella anturilla 9.1.2013, koska vanha anturi oli rikki. Näihin uusiin havaintoputkiin oli laadittava uudet laskukaavat. Vuoden 2012 mittaustietojen mukaan havaintoputken 2B anturi oli asennettu liian korkealle tai putki oli tyhjä. Anturia siirrettiin 18.4.2013 20 senttimetriä alemmaksi.

Kesällä 2012 Keller-pinnankorkeusanturit havaintoputkiin 173 ja 174 toimivat pääsääntöisesti hyvin ja tulokset olivat todenmukaisia. Havaintoputken 174 pinnankorkeus kaava oli alussa syötetty väärin, joten vääriä tuloksia tuli lähes kahden viikon ajan. Mittausjakson alussa tiedonsiirtoyksiköitä huollettiin ja yhden anturin paikkaa piti siirtää putkesta 175 putkeen 158, jotta saadaan parempi kuva pohjaveden laadusta. Havaintoputkeen asennettu YSI -laatuanturin tuloksia ei voitu hyödyntää mittausajanjakson lopulla (31.8–10.11.2012), käyttöhäiriön ja lyhyen seurantajakson vuoksi. Pientä häiriötä Keller- ja YSI -antureissa aiheutti se, kun Haukkajärvellä antennit eivät aina saaneet kunnollista signaalia puuston katveesta johtuen. Valtakunnallisten tutkimusten mukaan YSI -anturit ovat pääsääntöisesti toimineet hyvin tämän tyyppisessä mittauksessa.

Käsimittauksista voidaan todeta, että mittaustiheys ei riitä hydraulisen yhteyden määrittämiseen. Mittauksia tulisi tehdä tiheämmin kuin kaksi kertaa tai kerran kuukaudessa. Normaaliin pinnankorkeuksien veloitettarkkailuihin riittää pinnankorkeuksien mittaaminen kerran tai kaksi kertaa kuukaudessa.

### 8.3 Hydraulinen yhteys

Haukkajärven tutkimuksen avulla pystyttiin huomioimaan hyvin havaintoputkien toimivuutta, koska imeytysmäärää laskettiin reilusta alle normaalia määrää. Käsimitaushavaintoihin voidaan luottaa, mutta kaikki automaattimittauksen anturit eivät toimineet kunnolla, joten testi jäi hieman puutteelliseksi.

Hydrauliset gradientit olivat joissakin kohdissa suuria, mutta se voi johtua rakennevaihteluista, havaintopaikkojen sijainnista imeytysaltaisiin nähden. Hajonta gradientteissa on suuri. Tekopohjavesi muuttaa pohjaveden luonnollista virtausta. Pohjaveden pinnankorkeuskäyrät jouduttiin piirtämään tähän työhön tilanpuutteen vuoksi pienempinä. Vesilaitoksen käytössä käyrät tulostetaan suurempina ja pinnankorkeudet ja imeytysmäärät tulevat erikseen.

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa pohjavedenottamoiden havainto-ohjelmia ja tehdä kehitysehdotuksia. Työn tavoitteet saavutettiin. Haukkajärven tekopohjavesilaitoksen kapasiteettiä on tulevaisuudessa todennäköisesti nostettava. Laitos on yksi tärkeimmistä laitoksista Kouvolassa. Vesihuollon kehittämissuunnitelmassa on mainittu muun muassa, että tulevaisuuden kehityshankkeita vesihuollossa on uusien pohjavesitutkimuksien ja valvonta- sekä ohjausjärjestelmien kehittäminen. Havaintoputkikartoitusta ja käsimitausohjelman tekeminen oli hyödyllinen Kouvolan Vedelle. Putkitietojen avulla voidaan päivittää velvoitetarkkailuohjelmia. Etenkin Haukkajärven ohjelma on hyvä päivittää, koska tämän hetkinen velvoitetarkkailuohjelma on vuodelta 1981, jolloin oli käytössä vielä vanhempi imeytysalue (Eskelinen ja Kleemola 1981). Uudistetussa velvoitetarkkailussa havaintoputkia voisi olla mukana kattavammin kuin nykyisessä.

Velvoitetarkkailuun tulevien havaintoputkien tulee näyttää hyvin pohjaveden taso imeytyskentässä. Vanhoista havaintoputkista on hyvä pitää velvoitetarkkailussa mukana seuraavat havaintoputket: 121, 124, 124A, 130, 125, 122, 128, 117 ja 150. Havaintoputki 123 on hyvä pitää mukana, mutta anturin toimivuus, vertailukorko ja laskukaava on hyvä tarkistaa. Uusia havaintoputkia velvoitetarkkailuun voisi olla putket: 119, 158, 171, 172. Havaintoputkissa, joita on ehdotettu lisättäväksi, näyttää laskelmien perusteella olevan hyvä hydraulinen yhteys imeytysaltaiden kanssa ja näin ollen kuvastaisivat hyvin imeytyskentän tilannetta. Havaintoputkissa 173 ja 174 näkyy myös hydraulinen yhteys imeytysaltaan kanssa ja putket toimivat hyvin. Ehdotus velvoitetarkkailuun kuuluvista havaintoputkista on liitteessä 5. Havaintoputken 119 kunto olisi hyvä tarkistaa ja putki mahdollisesti huuhdella.

Olli Aura ja Jukka Salmi totesivat vuonna 1974 Haukkajärven tekopohjavesilaitoksen tehostaminen -tutkimuksessa, että harjun länsipuolella (nykyisten imeytysaltaiden alueella) pohjaveden poisvirtausta todennäköisesti pääsee tapahtumaan, mutta pohjavettä pääsee varastoitumaan alueelle. Lisäkaivojen paikaksi on ehdotettu havaintoputken 118 aluetta ja imeytysalueeksi havaintoputken 119 aluetta. (Aura ja Salmi 1974, 1–3). Havaintoputki 119 sijaitsee nykyisten imeytysaltaiden läheisyydessä.

Kaikista automaattiputkista tulee mitata käsimitalla pohjaveden korkeus ja anturikaapelien pituus, jotta saadaan varmistettua anturien toimivuus ja varmistettua vertailu-



korot. Jatkossa automaattiputkista tulisi ottaa vertailumittaukset ainakin kerran vuodessa tai kerran kahdessa vuodessa varmistuksena, että automaattimittaus säilyy luotettavana. Automaatiojärjestelmät tulee yhdistää ja mittaustaajuus tulee olla kaikissa järjestelmissä sama, lisäksi raportointia on myös hyvä kehittää. Kouvolan Vedellä päävalvomossa voidaan valita kaikista havaintoputkien pinnankorkeuksista kerran tunnissa ja päivän keskiarvo mittaustulokset. Raportoinnin ja seurannan vuoksi olisi hyvä, että kaikki automaattiset pinnankorkeuden mittaukset yhdistettäisiin Kouvolan Veden päävalvomo-ohjelmaan, DD-Vision-ohjelmaan (taulukko 4). Tulevaisuudessa olisi hyvä, että valvomosta saadaan valmiina sekä lasketut pinnankorkeudet merenpinnasta että mittaustulokset. Automaatiomittaukset ovat hyvä vaihtoehto luotettavaan mittaukseen, mutta se vaatii riittävää huoltoa.

Käsihavainnot vaativat resursseja, joita ei aina ole käytettävissä. Automaatiomittausjärjestelmää uudistettaessa onkin hyvä miettiä Haukkajärven automaattiputkien määrän lisäämistä. Automaatiojärjestelmän laajentamisehdotus on esitetty liitteessä 5. Havaintoputkeen 125 olisi hyvä asentaa uusi anturi tai pinnankorkeus on mitattava käsin. Automaattimittauksen perusteena on veloitettarkkailuun ehdotetut havaintoputket. Automaattisen mittauksen mahdollisen laajentamisen jälkeen olisi hyvä tarkastella pohjavesien pinnankorkeuksia kaikista toimivista havaintoputkista kokonaisen vuoden ajan. Tässä työssä tarkasteluun ei saatu kaikista havaintoputkista mittaustietoja kokonaisen vuoden ajan. Vuodenajat ja sääolosuhteet vaikuttavat myös pohjavesien pinnankorkeuksiin.

Filosofian tohtori Esko Mälkki ja vesihuoltojohtaja Timo Kyntäjä olivat mukana tekevässä arviota uusien havaintoputkien tarpeesta. Haukkajärvellä havaittiin, että ranta-alueelle olisi hyvä asentaa uusia havaintoputkia. Uusien havaintoputkien tulisi olla muovia ja halkaisijaltaan 50 mm. Vedenottoaivojen 9 ja 10 läheisyyteen olisi hyvä asentaa havaintoputket ja ottaa ne myös tulevaisuudessa käyttöseurantaan mukaan. Haukkajärven vioittuneista havaintoputkista 120, 2A ja 70 tulisi kunnostaa tulevaisuuden havaintoja ja seuranta varten. Mahdollisina lisäaivojen paikkoina nousi työn kuluessa esiin esimerkiksi havaintoputkien 174, 153 ja 154 alueet.

Vanhoista tutkimusraporteista saatiin tarkentavaa tietoa Haukkajärven tekopohjavesilaitoksen pohjavesikentän käyttäytymistä arvioidessa. Vanhempien ja vuoden 2012 pohjaveden pinnankorkeuksien vertailuun vaikuttaa osaltaan se, että imeytys on ta-

pahtunut ennen 80-luvun puoliväliä ylempiin ylätasanteen altaisiin ja vanhemmissa raporteissa pinnankorkeusmittauksien aikana on tehty koeimeytyksiä. Pinnankorkeuksia vertaamalla voidaan havaita, että pohjavesien pinnankorkeudet ovat pysyneet melko samalla tasolla. Taulukkoon 11 on kirjattu vuosilta 1972–74, 1984 ja vuoden 2012 Haukkajärven tekopohjavesilaitoksen pohjavesien pinnankorkeuksia. Erotusarakeesta voidaan tarkastella pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelut kyseisen havaintojakson aikana.

Taulukko 11: Vanhojen ja vuoden 2012 pinnankorkeuksien minimi- ja maksimiarvoja. (Noora Kuossari, 2013)

putki	2012 min	2012 max	erotus	70/80 - luvun min	70/80 -luvun max	erotus
117	68,99	75,4	6,41	68,5	81,5	13
121	70,51	71,42	0,91	72,7	76,9	4,2
122	67,54	69,98	2,44	67,8	73	5,2
125	65,92	66,15	0,23	65,7	67,4	1,7
153	69,52	70,34	0,82	70,6	71,7	1,1
124	57	61,94	4,94	56	61,3	5,3
158	61,04	63,55	2,51	61,5	64,5	3

Haukkajärvellä olisi tulevaisuudessa hyvä tehdä tarkentavia pohjavesitutkimuksia, koska potentiaali lisävedenotolle on olemassa. Imeytystutkimus Haukkajärvellä elokuussa 2012 voitaisiin toistaa mahdollisesti useampaan kertaan. Koe voitaisiin suorittaa esimerkiksi kahdella tavalla, toisessa kokeessa imeytymäärä olisi normaali ja toisessa imeytystä vähennettäisiin kuten elokuun 2012 kokeessa. Hydrauliset gradientit tulisi tarkistaa ja laskea osittain uudelleen, kun kaikista automaattiantureita saadaan tietää tarkat ajan tasalla olevat vertailukorot. Hydraulisia yhteyksiä arvioitaessa huomattiin, että havaintoputken 173 ja 174 alueille olisi hyvä suorittaa koeimeytys. Pinnankorkeuskäyrien mukaan imeytysalueilta on hyvä yhteys ko. havaintoputki-alueille. Lisäksi havaintoputkien 173 ja 174 alueilla ei ole vaaraa rantaimetyymiselle. Tarkentavissa tutkimuksissa havaintoputkien 173 ja 174 pohjaveden virtausnopeutta voitaisiin mitata.

Hydraulisten yhteyksien tutkimisessa otettiin vuonna 2012 laskennallisesti huomioon vain imeytymäärän muutokset. Sademääriä ei otettu mukaan havaintoihin. Vuoden 2012 kesä ja syksy olivat runsas sateisia. Haukkajärvellä tekopohjaveden tuottamisella säädetään pohjaveden muodostumista ja säähavainnoilla ei ole suurta vaikutusta.

Tutkimuksen aikana huomattiin, että yhteys imeytysaltaiden pohjoispuolelta kaivoalueille onkin parempi kuin aikaisemmin uskottiin. Tämän havainnon pohjalta on alueella hyvä suorittaa jatkotutkimuksia alueen tehokkaampaa hyödyntämisen vuoksi.

Opinnäytetyön aikana Haukkajärvellä tehtiin YSI-laadun mittaustureilla pohjaveden laaduntarkkailua. Vuonna 2004 on tehty myös vastaavia mittauksia. Laatumittauksen avulla saadaan imeytyskentästä tärkeää tietoa laatuvaihteluista ja olosuhteista.

Käyrälammen automaattinen pinnankorkeuden mittaus on kattava ja sinne ei välttämättä tarvitse lisätä automaattiantureita. Okanniemessä ei ole automaattimittauksia. Okanniemen pohjavesien pinnankorkeuksien tarkkailun kehittämiseksi, olisi sinne asennettava automaattimittaus tärkeimpiin havaintoputkiin. Automaattinen mittaus helpottaisi mittauksia esimerkiksi talvella, kun putket saattavat jäätyä kiinni tai pääsy putkien luokse on vaikeaa. Okanniemessä mitattavat havaintoputket sijaitsevat metsässä ja talvella kulkeminen paikalle on vaikeaa. Valion, Ruokosuon ja Korian havaintoputkia ja -kaivoja voidaan mitata käsin neljä kertaa vuodessa.

Kouvolan Vesi on osallisena hankkeessa nimeltä kymPOVERI, jossa on tarkoituksena kehittää Kymenlaakson pohjavesiriskien hallintaan päivittämällä pohjavesien suojelemissuunnitelmat. Näin voidaan muun muassa ehkäistä pohjavesiriskejä ja varmentaa vedenhankinnan kannalta tärkeiden pohjavesialueiden hyvä tila. (Tiaskorpi, Rautanen, Mutanen, Kallström, Pietarinen, Väkevä, Suurnäkki, Renlund, Haimila, Kyntäjä, Laitinen, Ukko, Eskola, Salmi ja Uski 2013.)

Kokonaisuudessaan tämä opinnäytetyö on ollut opettavainen ja mielenkiintoinen prosessi. Projekti eteni lähes suunnitelmien mukaan ja lopputuloksena saatiin päivitetty havainnointijärjestelmä. Opinnäytetyön aikana ja sen tuloksista saatiin lisää hyödyllistä tietoa Haukkajärven laitoksen pohjavesien virtauksista ja hydraulisista yhteyksistä.

## LÄHTEET

Aura, Olli ja Salmi, Jukka 1969. PM. Haukkajärven vedenottamon rakenteiden sekä vedenoton asettamista käyttörajoituksista puolustuslaitoksen harjoitusalueella. Insinööritoimisto Maa ja Vesi Oy. F 9066.

Aura, Olli ja Salmi, Jukka 1974. Haukkajärven tekopohjavesilaitoksen tehostaminen. Insinööritoimisto Maa ja Vesi Oy. R 9382.5

Aura, Olli ja Salmi, Matti 1970. Haukkajärven tekopohjavesilaitoksen jatkotutkimukset. Insinööritoimisto Maa ja Vesi Oy. R9105.

Aura, Olli ja Salmi, Martti 1968. Pohjavesi- ja tekopohjavesitutkimus Valkealan Utissa. Insinööritoimisto Maa ja Vesi Oy. 9015.

Bürkert GmbH & Co. KG 2013. Pietsoresistiivinen anturi. [Viitattu: 7.5.2013]. Saatavilla: <http://www.burkert.fi/FIN/313.html>

Driscoll, F.G. 1986. Groundwater and Wells. Johnson Division. St.Paul, Minnesota. 1089s.

Eskelinen, E. ja Kleemola, Esa 1981. Kouvolan kaupungin Haukkajärven pohjaveden ja tekopohjaveden ottamon tarkkailuohjelma. Kymen vesipiirin vesitoimisto. 33/560 kyv.

Eskola, T., Hyyppä, J., Isakow, M., Kyntäjä, T., Myry, J., Mälkki, E. ja Vuorinen, A 2002. Utin tekopohjavesilaitosten fluoriditutkimukset ja selvitykset 1992-2001. 1. Salpausselkä. Kouvolan Vesi ja Kymenlaakson Vesi Oy.

GWM Engineering Oy 2013. GSM-2 Veden pinnankorkeuden reaaliaikainen mittaus + vedenlaatu Veden pinnankorkeuden reaaliaikainen mittaus + vedenlaatu. [Viitattu: 7.3.2013]. Saatavissa: [www.gwm-engineering.fi](http://www.gwm-engineering.fi)

Heikkinen, Heli 2012. Jatkuvatoiminen vedenlaaduntarkkailu turvetuotannossa. [Viitattu 25.2.2013]. Saatavissa: <http://publications.theseus.fi/handle/10024/43017>

Houni, Esa., Ala-Huikku, Kyllikki., Halonen, Kati., Hasu, Seppo., Väkevä, Jani., Haikonen, Matti., Isakow, Mikko., Kyntäjä, Timo., Harjula, Mauri., Valkeapää, Reijo., Koverola, Hannu., Kettunen, Sirkka. ja Kajoniemi, Mikko 2011. Kouvolan kaupungin vesihuollon kehittämissuunnitelma. Ohjausryhmän esitys 13.6.2011. Kouvolan Kaupunki.

Hämäläinen, Ilpo ja Eerikäinen, Ahti 1997. Okanniemen tekopohjavesitutkimus, tarkkailuohjelma. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus. Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy. 11590

Ikäheimo, Jukka ja Hintikainen, Esa 2004. Haukkajärven tekopohjavesilaitos, veden laadun parantaminen, Pohjavesi tutkimukset. Kouvolan Vesi. Jaakko Pöyry Infra. 67030649.PUB.

Järviwiki 2011. Käyrälampi , Kouvola. [Viitattu: 30.4.2012]. Saatavilla:

[http://www.jarviwiki.fi/wiki/K%C3%A4yr%C3%A4lampi\\_%2814.181.1.008%29](http://www.jarviwiki.fi/wiki/K%C3%A4yr%C3%A4lampi_%2814.181.1.008%29)

Kajander, Sara ja Eerikäinen, Ahti 2004. Käyrälammen Pohjavedenottamon suoje-  
luohjelma. Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy. 16655.

Kajander, Sara ja Eerikäinen, Ahti 2002. Käyrälammen vedenottamon tarkkailuohjel-  
ma. Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy. 14048B.

Kajander, Sara ja Eerikäinen, Ahti 2001. Käyrälammen pohjavesitutkimus. Insinööri-  
toimisto Paavo Ristola Oy. 14048.13.

Kouvolan Vesi 2013. Kouvolan Vesi - Tapamme toimia.[Laitoksen kotisivut] [viitattu:  
15.3.2013] Saatavissa: <http://www.kouvolanvesi.fi>

Kouvolan Veden valvontatutkimusohjelma 2010-2014. 2010.

Lahermo, Pertti ja Backman, Birgitta 2013. Fluoridia esiintyy etenkin rapakivialueiden  
pohja- ja pintavesissä. [viitattu 20.1.2013]. Saatavissa:

[http://www.gtk.fi/\\_system/print.html?from=/\\_system/PressReleases/news\\_0296.html](http://www.gtk.fi/_system/print.html?from=/_system/PressReleases/news_0296.html)

Lindroos, Pekka, Hoikkala, Simo, Leppänen, Minna, Saarela, Jouko, Hatva, Eeva-Maria, Lintinen, Petri, Palolahti, Anton, Kujala, Kauko, Raimovaata, Markku ja Vepsäläinen, Pauli 2008. Ympäristötekniikan perusteet. Suomen geoteknillinen yhdistys ry:n (SGY).

Miettunen, Markku ja Ala-Peijari, Tapio 1985. Kouvolan kaupunki Haukkajärven tekopohjavesilaitoksen laajentaminen, yleissuunnitelma. Oy Vesi-Hydro AB.

Mälkki, Esko ja Kangas, Timo. 1968. Pohjavesi- ja tekopohjavesitutkimus Valkealan Utissa. Kouvolan kaupunki, Valkeala. Insinööritoimisto Maa ja Vesi Oy. 9105.

Mälkki, Esko ja Salmi, Martti 1973. Selostus Haukkajärven tekopohjavesilaitoksen koeimeytyksen aikaisesta toiminnasta. Insinööritoimisto Maa ja Vesi Oy. B 9382.

Mälkki, Esko 1984. Haukkajärven tekopohjavesitutkimus. Kymen vesipiirin vesitoimisto, Kouvolan kaupunki.

Mälkki, Esko 1999. Pohjavesi ja pohjaveden ympäristö. Tammer-paino Oy. Tampere.

Mälkki, Esko. 23.4.2013. Suullinen tiedonanto.

Petäjä-Ronkainen, Anne 1998. Utin ja Torniomäen pohjavesialueiden suojelusuunnitelma. Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen monistesarja 6/1998.

Päkki, Aleksi 23.1.2013. Käyttötekniikko. Liikelaitos Kouvolan vesi. Suullinen tiedonanto.

Simonen, Ari ja Eerikäinen, Ahti 1996. Okanniemen tekopohjavesitutkimus, vaihe 1, alustavat tutkimukset. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus. Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy. 10855.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (461/2000). Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 20.1.2013]. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000461>

Tiaskorpi, Sanna., Rautanen ,Heidi., Mutanen, Pekka., Kallström, Riitta., Pietarinen, Ari., Väkevä, Jani., Suurnäkki, Matti., Renlund, Mauri., Haimila, Veikko., Kyntäjä, Timo., Laitinen, Jarkko., Ukko, Emmi-Maria., Eskola, Tapani., Salmi, Jukka ja Uski, Markku. Kymenlaakson pohjavesiriskit hallintaan, kymPOVERI. [viitattu 17.2.2013]. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=27521&lan=fi>

Vesihuoltolaki (119/2001). Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 20.1.2013]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119>

Vesilaitosyhdistys 2013. Vesihuoltoon liittyvää lainsäädäntöä [viitattu 20.1.2013]. Saatavissa: <http://www.vvy.fi/index.phtml?s=53>

Vesilaki (587/2011). Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 20.1.2013]. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587>

Vikman, Rainer ja Panula-Ontto-Suuronen, Anni 2001. Talvihoitopolitiikka pohjavesialueilla Kaakkois-Suomen tiepiirissä. Tiehallinto ja Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy.

Veikkolainen, Kai 6.3.2013. Käyttötöknikko. Liikelaitos Kouvolan Vesi. Sähköpostikeskustelu.

Vuorinen, A. 2002. Fluorin ja eräiden alkuaineidenliukenemiseen vaikuttavia tekijöitä, 1. Salpausselkä. (Osaraportti IV).

Öhberg, Pirkko ja Harju, Piri 2001. Selänpään ja Okanniemen pohjavesialueidensuojelusuunnitelma. Kaakkois-Suomen ELY -keskus. Jaakko Pöyry Infra – Maa ja Vesi. 001481is.





## Liite 1: **Havaintoputkien pinnankorkeuksien mittausohjelma**

### Haukkajärvi

Käsin mitattavat havaintoputket mitataan kaksi kertaa kuussa (kahden viikon välein). Mitattavat havaintoputket ovat seuraavat: 70, 119, 120, 121, 153, 154, 155, 157, 170, 172, 175.

Havaintoputkien 128, 122, 117, 125, 2B anturit tallentavat pinnankorkeustiedon kerran päivässä. Tieto on haettava itse tietyin väliajoin, noin 1 kerran kahdessa kuukaudessa.

Havaintoputkien 130, 123, 150, 124, 124A pinnankorkeudet tulevat suoraan valvomo-ohjelmaan. Mittaus tapahtuu kerran päivässä.

Havaintoputkienputkien 173 ja 174 pinnankorkeustiedot tulevat automaattisesti GSM2Datamager -ohjelmaan. Noora Kuossari hoitaa tämän etänä 31.5.2013 asti.

Havaintoputkissa 171 ja 158 oli YSI-laatuanturit 12.6-13.11.2012. Tämän jälkeen putket siirtyvät käsimittauksiin (pinnankorkeus).

Kaikki pinnankorkeudet tulee laittaa Excel-tilukoon:

K:\Liikla\Kouvolan\_Vesi\Yhteiset\Nooran kansio työharjoittelu

### Käyrälampi

Käsin mitattavat havaintoputket mitataan Käyrälammella kerran kuussa. Mitattavat havaintoputket ovat seuraavat: K7, K19, K22, K23, K25, K26, K27. Uudet merkinnät ovat Hp7, Hp19, Hp22, Hp23, Hp25, Hp27.

Havaintoputkien K16, K17 ja K28 pinnankorkeudet tulevat suoraan päävalvomo-ohjelmaan. Mittaus tapahtuu kerran päivässä. Uudet merkinnät ovat Hp16, Hp17, Hp28.

Kaikki pinnankorkeudet tulee laittaa Excel-tilukoon:

K:\Liikla\Kouvolan\_Vesi\Yhteiset\Nooran kansio työharjoittelu

### Okanniemi

Käsin mitattavat havaintoputket Okanniemessä mitataan kerran kuussa (kuun alussa mitattu). Mitattavat havaintoputket ovat seuraavat: KAS1, KAS2, KAS3, KAS4, KAS5, KAS6, KAS7, HP34.

Kaikki pinnankorkeudet tulee laittaa Excel-tiluktoon:

K:\Liikla\Kouvolan\_Vesi\Yhteiset\Nooran kansio työharjoittelu

### Valio/Tykkimäki

Käsin mitattavat havaintoputket Valion alueella mitataan kerran kuussa (mitattu kuukauden puolivälin tienoilla/kuukauden lopulla). Mitattavat havaintoputket ovat seuraavat: PVP4, PVP1, PVP2, PVP3.

Kaikki pinnankorkeudet tulee laittaa Excel-tiluktoon:

K:\Liikla\Kouvolan\_Vesi\Yhteiset\Nooran kansio työharjoittelu

### Muut alueet

Elimäen, Korian, Ruokosuon putket ja kaivot mitataan vähintään neljä kertaa vuodessa käsimitoituksella.

Kaikki pinnankorkeudet tulee laittaa Excel-tiluktoon:

K:\Liikla\Kouvolan\_Vesi\Yhteiset\Nooran kansio työharjoittelu

### Raportointi

Virtaamatiedot, automaattiputkien pinnankorkeudet ja käsimitoituksien tulokset tulisi raportoida noin kerran kuussa.

**Liite 2: Haukkajärven tutkimuksen aikataulu ja ohjeistus**

## Haukkajärven mittaukset syksyllä 2012

- torstaina 30.8.2012: 5 putkea (170, 175, 127, 119, 172)
- perjantaina 31.8.2012: 5 putken mittaus
- torstaina 6.9.2012: kaikki käsin mitattavat putket (157, 175, 70, 120, 170, 155, 121, 119, 127, 172, 154, 153)
- torstaina 15.9.2012: 5 putkea
- torstaina 20.9.2012: kaikki käsin mitattavat putket
- torstaina 27.9.2012: 5 putkea
- torstaina 4.10, 18.10, 1.11, 15.11, 29.11, 13.12, 27.12.2012: kaikki käsin mitattavat putket

Huom! Viiden putken mittauksiin olisi hyvä laittaa kellonaika, koska mittaukset on suoritettu.

Liite 3: **Asetuksen (461/2000) liite 1 taulukot 1 ja 2 sekä liitteen 1A taulukko 3**

TALOUSVEDEN LAATUVAATIMUKSET JA -SUOSITUKSET

**Taulukko 1.** Mikrobiologiset laatuvaatimukset (enimmäistiheys)

*Escherichia coli* 0 pmy/100 ml

Enterokokit 0 pmy/100 ml

**Taulukko 2.** Kemialliset laatuvaatimukset (enimmäispitoisuus)

		Huomautus
Akryyliamidi	0,10 µg/l	(1)
Antimoni	5,0 µg/l	
Arseeni	10 µg/l	
Bentseeni	1,0 µg/l	
Bentso(a)pyreeni	0,010 µg/l	
Boori	1,0 mg/l	
Bromaatti	10 µg/l	(2)
Kadmium	5,0 µg/l	
Kromi	50 µg/l	
Kupari	2,0 mg/l	(3)
Syanidit	50 µg/l	
1,2-dikloorietaani	3,0 µg/l	
Epikloorihydriini	0,10 µg/l	(1)
Fluoridi	1,5 mg/l	
Lyijy	10 µg/l	(3)
Elohopea	1,0 µg/l	
Nikkeli	20 µg/l	(3)
Nitraatti (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	50 mg/l	(4)
Nitraattityppi (NO <sub>3</sub> -N)	11,0 mg/l	

Nitriitti (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0,5 mg/l	(4)
Nitriittityppi (NO <sub>2</sub> -N)	0,15 mg/l	
Torjunta-aineet	0,10 µg/l	(5 ja 6)
Torjunta-aineet yhteensä	0,50 µg/l	(5)
Polysykliset aromaattiset		
hiilivedyt	0,10 µg/l	(7)
Seleeni	10 µg/l	
Tetrakloorieteeni ja		
trikloorieteeni yhteensä	10 µg/l	
Trihalometaanit		
yhteensä	100 µg/l	(2 ja 8)
Vinyylikloridi	0,50 µg/l	(1)
Kloorifenolit yhteensä	10 µg/l	(9)

#### Huomautukset

- 1) pitoisuus lasketaan käytetystä polymeeristä tuoteselosteen mukaan enimmillään irtoavasta tai liukenevasta määrästä; vedessä todetun aineen raja-arvona sovelletaan havaitsemisrajaa
- 2) desinfiointitehoa vaarantamatta on pyrittävä mahdollisuuksien mukaan tätä alemman pitoisuuteen
- 3) näyte otetaan käyttäjän vesihanasta siten, että pitoisuus vastaa viikoittaista keskiarvoa
- 4) nitriitin enimmäispitoisuus vesilaitokselta lähtevässä vedessä on 0,10 mg/l; nitraattipitoisuus/50 + nitriittipitoisuus/3 ei saa ylittää arvoa 1
- 5) tarkoitetut yhdisteet orgaanisia hyönteis-, rikkaruoho-, sieni-, ankerois-, punkki-, levä- ja jyrsijämyrkyjä, orgaanisia limantorjunta-aineita sekä muita vastaavia tuotteita sekä yhdisteiden metabolia-, hajoamis- ja reaktiotuotteita
- 6) aldriinin, dieldriinin, heptakloorin ja heptaklooriepoksidin raja-arvo on 0,030 µg/l
- 7) tarkoitetut yhdisteet bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(ghi)peryleeni, indaani-(1,2,3-cd)-pyreeni
- 8) tarkoitetut yhdisteet kloroformi, bromoformi, dibromikloorimetaani, bromidikloorimetaani
- 9) tarkoitetut yhdisteet tri-, tetra- ja pentakloorifenoli

**Taulukko 3.** Laatusuositukset (osoitinmuuttujien tavoitteelliset enimmäisarvot)

	<i>Enimmäispitoisuus</i>	Huomautus
Alumiini	200 µg/l	
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0,50 mg/l	
Ammonium (NH <sub>4</sub> -N)	0,40 mg/l	
Kloridi	250 mg/l	(1,2)
Mangaani	50 µg/l	
Rauta	200 µg/l	
Sulfaatti	250 mg/l	(1,3)
Natrium	200 mg/l	
Hapettuvuus (COD <sub>Mn</sub> -O <sub>2</sub> )	5,0 mg/l	(4)
	<i>Tavoitetaso</i>	
<i>Clostridium perfringens</i> (mukaanlukien itiöt)	0 pmy/100 ml	(5)
Koliformiset bakteerit	0 pmy/100 ml	
Pesäkkeiden lukumäärä (22 °C)	ei epätavallisia muutoksia	
pH	6,5 - 9,5	(1)
Sähkönjohtavuus	alle 2 500 µS/cm	(1)
Sameus	käyttäjien hyväksyttävissä eikä epätavallisia muutoksia	(6)
Väri	eikä epätavallisia muutoksia	
Haju ja maku	eikä epätavallisia muutoksia	
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)	ei epätavallisia muutoksia	(7)
RADIOAKTIIVISUUS		(8)
Tritium	100 bequerel/l	
Viitteellinen kokonaisannos	0,10 mSv/vuosi	

## Huomautukset

1) vesi ei saa olla syövyttävää

2) vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi kloridipitoisuuden tulisi olla **alle 25 mg/l**

3) vesijohtomateriaalien syöpymisen ehkäisemiseksi sulfaattipitoisuuden tulisi olla **alle 150 mg/l**

4) jos mitataan TOC, ei tarvitse välttämättä mitata

5) mitataan, jos raakavesi on pintavettä

- 6) pintavesilaitokselta lähtevän veden sameudessa tulisi pyrkiä arvoon alle 1 NTU
- 7) jos on määritetty hapettavuus ja veden jakelumäärä on alle 10 000 m<sup>3</sup>/d, ei tarvitse mitata
- 8) tritiumia ja radioaktiivisuuden viitteellistä kokonaisannosta ei tarvitse mitata, jos aikaisempien tutkimusten (Säteilyturvakeskus) perusteella tiedetään, että näiden arvot ovat selvästi alle muuttujan arvon; mittauksista ja niiden tiheydestä annetaan erilliset määräykset; viitteelliseen kokonaisannokseen ei lasketa radonia eikä radonin hajoamistuotteita, tritiumia eikä kalium 40.

## Liite 4: Haukkajärven hydrauliset gradienttilaskut

putket	matkat, cm	matka putkien välillä (m), l	korkeusero put- kien välillä (m), h	gradientti (h/l)	gradientti (‰)
155-121	5,7	399	8,226	0,020617	20,61654135
121-153	5,2	364	1,291	0,003547	3,546703297
121-154	4,8	336	1,202	0,003577	3,577380952
121-173	5,1	357	1,145	0,003206	3,205983687
121-117	4,9	343	1,482	0,004321	4,320699708
155-170	3,8	266	13,791	0,051846	51,84586466
155-117	4,6	322	9,708	0,030149	30,14906832
173-117	1,5	105	0,337	0,003214	3,213941179
117-170	2,4	168	4,083	0,024304	24,30357143
117-122	1,5	105	1,115	0,010619	10,61904762
117-171	1,9	133	1,168	0,008782	8,782340242
117-150	1,7	119	1,68	0,014118	14,11764706
117-172	3,2	224	0,675	0,003013	3,013392857
122-170	1,7	119	2,968	0,024941	24,94117647
170-175	5,1	357	2,545	0,007129	7,128851541
170-127	2,2	154	0,368	0,002390	2,38961039
171-170	2,5	175	2,915	0,016657	16,65684999
170-119	2,3	161	0,233	0,001447	1,447204969
122-171	0,8	56	0,0531	0,000947	0,94734379
122-150	0,9	63	0,5650	0,008968	8,968253968
122-127	0,9	63	0,6420	0,010190	10,19047619
122-119	1,7	119	3,2010	0,026899	26,89915966
158-119	1,2	84	7,7631	0,092418	92,41789821
119-175	4,5	315	2,3120	0,007340	7,33968254
119-2B	2,9	203	2,8930	0,014251	14,25123153
119-124	3	210	3,9740	0,018924	18,92380952
175-2B	2,4	168	0,5810	0,003458	3,458333333
175-124	3,3	231	1,6620	0,007195	7,194805195
125- 124A	5,4	378	5,8030	0,015352	15,35185185
124- 124A	1,1	77	0,9500	0,012338	12,33766234
2B-124	1	70	1,0810	0,015443	15,44285714
158-124	2,1	147	11,7371	0,079844	79,84424116
130-124	1,6	112	1,2500	0,011161	11,16071429
130- 124A	2,2	154	2,2000	0,014286	14,28571429
174- 124A	4,1	287	6,3069	0,021975	21,97542866
174-125	2,3	161	0,5039	0,003130	3,130111967
123-174	2,1	147	21,6831	0,147504	147,5037549
174-130	3,3	231	4,1069	0,017779	17,77899579
123-158	1,2	84	15,3029	0,182177	182,1773399



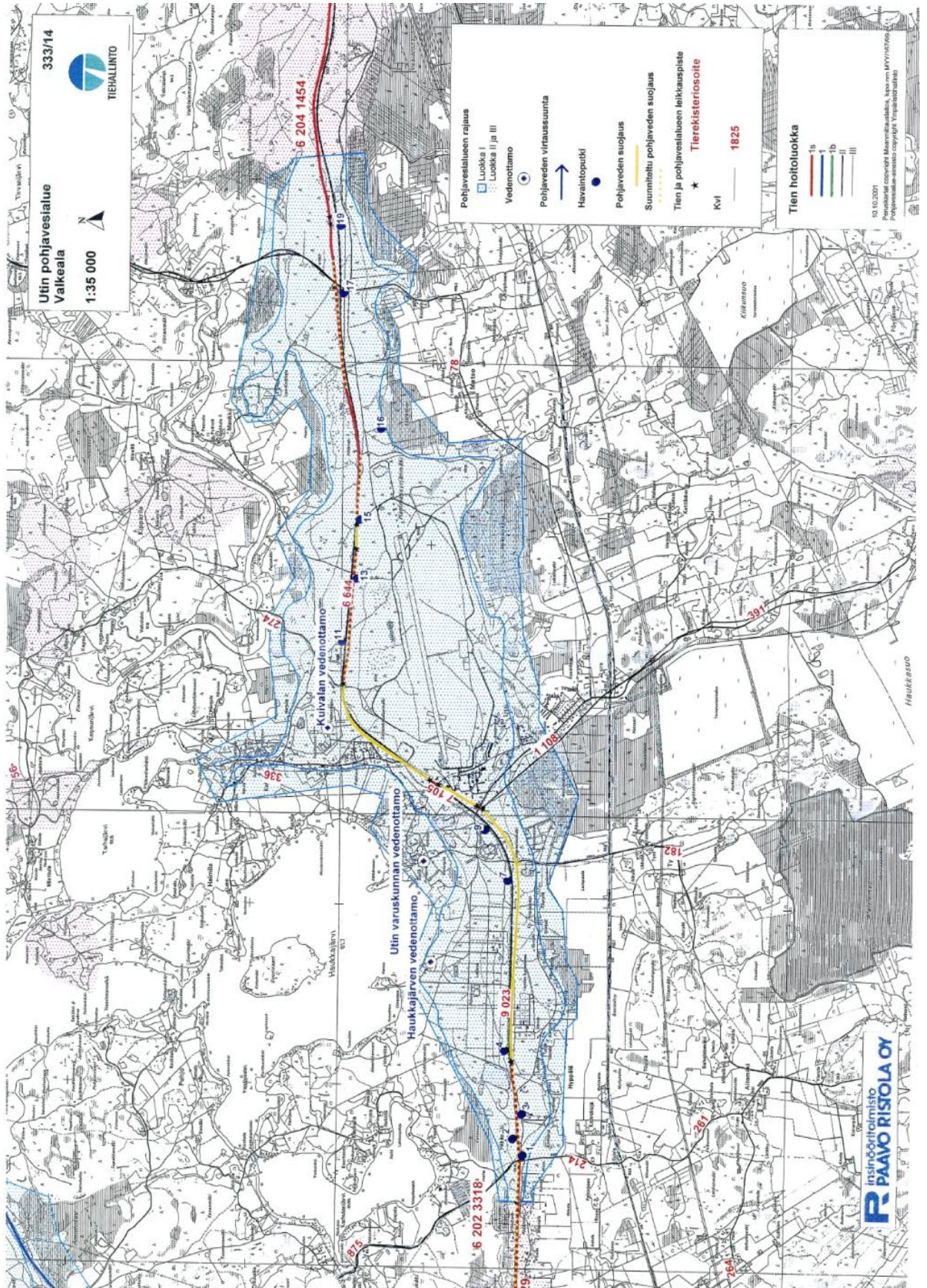
158-130	0,7	49	10,4871	0,214023	214,0225194
155-175	8,2	574	16,3360	0,028460	28,45993031
171-174	5	350	1,7650	0,005043	5,042859203
123-171	2,1	147	19,9181	0,135497	135,4969473
158-122	2,9	203	4,5621	0,022473	22,47341601
130-125	5,4	378	3,6030	0,009532	9,531746032
2B-124A	1	70	2,0310	0,029014	29,01428571
173-125	8,1	567	3,7745	0,006657	6,656902688
172-174	3,3	231	2,2581	0,009775	9,775116768
123-172	2	140	19,4250	0,138750	138,75
158-172	2,7	189	4,1221	0,021810	21,81007116
154-172	0,5	35	0,955	0,027286	27,28571429
153-172	3	210	0,866	0,004124	4,123809524
153-125	7,3	511	3,628	0,007100	7,099804305
172-125	5,6	392	2,762	0,007046	7,045918367
157-124A	4,1	287	3	0,010453	10,45296167
155-153	8	560	9,517	0,016995	16,99464286
123-130	1,4	98	25,79	0,263163	263,1632653
123-119	2,1	147	23,066	0,156912	156,9115646
158-120	3,2	224	8,54010345	0,038125	38,12546183
119-120	2,3	161	0,777	0,004826	4,826086957
123-120	3,5	245	23,843	0,097318	97,31836735
155-173	5,7	399	9,370536176	0,023485	23,48505307
173-117	1,9	133	0,337463824	0,002537	2,537321984
173-172	2,5	175	1,012463824	0,005786	5,785507565
172-171	2,2	154	0,493051252	0,003202	3,201631508
171-119	1,4	98	3,147948748	0,032122	32,121926

**Liite 5: Ehdotus velvoitetarkkailu- ja automaatioputkista**

Haukkajärvi päivitetty velvoitetarkkailu- ja automaatioehdotus

Vanhat havaintoputket mukana	121, 122, 123, 124, 124A, 125, 128, 117, 130, 150
Uudet havaintoputket	119, 158, 171, 172, 173, 174
Vanhat havaintoputket, jotka jää pois velvoitetarkkailusta	118, 61
Huom!	putken 123 anturi ja laskukaava kuntoon putkeen 125 uusi anturi havaintoputki 121 voi olla käsimittauksessa 173, 174 mittaus yhdistettävä päävalvomoon

## Liite 6: Haukkajärven pohjavesisuojaus kartta, Valtatie 6





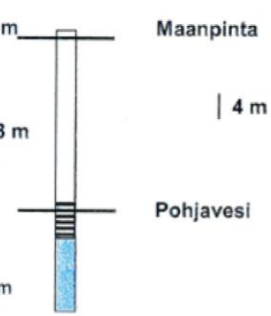
## Liite 7: Esimerkki putkikortista

**JAAKKO PÖYRY INFRA**

Maa ja Vesi

**PUTKIKORTTI**

Tutkimuksen numero **9B041207**  
 Tutkimuspaikka **Haukkajärven tekopohjavesilaitos**  
 Havaintoputken numero **172**

Karttalehti				Havainnot			
Y		X		Havaintoväli			Huom.
Tasotiedot ja rakenne		+ m		Pvm			Syvyys
NS 50 muovi PEH		PVC		3.3.04			pp
Maanpinnan korkeus				26.9			
Putken pään korkeus							
Putken alapään korkeus							
Putken kokonaispituus		42,9 m					
Siivilän pituus		5 m					
Siivilän raot		0,3 mm					
Kuntotarkastus							
Pvm							
Alkusyvyys							
Syv. 1 min							
3 min							
5 min							
10 min							
				Asen. pvm		3.3.2004	
				Asentanut		VK	
Suunnittelija				Kohde			
Piiirros putkesta				Karttapiirros pisteen sijainnista			
<p>Varsiputki 0,97 m</p>  <p>Maanpinta</p> <p>Varsiputki 24,88 m</p> <p>4 m</p> <p>Pohjavesi</p> <p>Siivilä 5 m</p> <p>Varsiputki 12,05 m</p>							

## Liite 8: **Kaivojen näytteenotto-ohjelma**

### Haukkajärvi

Vedenottokaivoista ryhmä 124, ryhmä 124A, K9 ja K10 otetaan tällä hetkellä näytteitä neljä kertaa vuodessa, kokoomanäytteenä. Tulevaisuudessa näytteet tulisi ottaa kaivoittain.

Tällä hetkellä raakavedestä (kaivoista?) otetaan neljä kertaa vuodessa näytteitä ja analyysit ovat: alkaliteetti, hiilidioksidi, permanganaatin kulutus (KMnO<sub>4</sub>), kokonaiskovuus, pH, sameus, sulfaatti, sähkönjohtokyky, väri, ammonium, rauta, kloridi, nitraatti, nitriitti, natrium, mangaani, fluoridi, kokonaispesäkeluku, E.coli, Koliformiset bakteerit, Enterokokit, haju, maku, ulkonäkö.

Näiden analyysien lisäksi kaivovesistä tulisi määrittää happipitoisuus.

### Käyrälampi

Vedenottokaivoista K3 ja K4 otetaan tällä hetkellä näytteitä kaksi kertaa vuodessa. Tulevaisuudessa viranomaistarkkailun lisäksi tulee lisätä omaehtoista käyttötarkkailua, joka olisi kaksi kertaa vuodessa eli näytteitä otettaisiin yhteensä neljä kertaa vuodessa.

Tutkittavia analyyseja ovat alkaliteetti, hiilidioksidi, permanganaatin kulutus (KMnO<sub>4</sub>), kokonaiskovuus, pH, sähkönjohtokyky, rauta, kloridi, nitraatti, nitriitti, natrium, mangaani, kokonaispesäkeluku, E.coli, Koliformiset bakteerit, Enterokokit, haju, maku, ulkonäkö.

Näiden analyysien lisäksi raakavedestä tulee määrittää myös happipitoisuus ja fluoridi.

### Okanniemi

Viranomaistarkkailun mukaan Okanniemen vedenottokaivoista 1 ja 2 otetaan tällä hetkellä näytteitä kaksi kertaa vuodessa. Tulevaisuudessa tulee lisätä omaehtoista käyttötarkkailua, joka on kaksi kertaa vuodessa. Okanniemen raakavedestä tulee siis ottaa yhteensä näytteitä neljä kertaa vuodessa.

Tutkittavia analyyseja ovat alkaliteetti, hiilidioksidi, permanganaatin kulutus (KMnO<sub>4</sub>), kokonaiskovuus, pH, sameus, sähkönjohtokyky, rauta, mangaani, kokonaispesäkeluku, E.coli, Koliformiset bakteerit, Enterokokit, haju, maku, ulkonäkö.

Näiden analyysien lisäksi raakavedestä tulee määrittää myös happipitoisuus ja fluoridi sekä nitraatti.

#### Valio

Raakavedestä otetaan tällä hetkellä näytteitä kaksi kertaa vuodessa. Tutkittavia analyyseja ovat alkaliteetti, hiilidioksidi, permanganaatin kulutus (KMnO<sub>4</sub>), kokonaiskoivuus, pH, sähkönjohtokyky, rauta, kloridi, nitraatti, nitriitti, natrium, mangaani, kokonaispesäkeluku, E.coli, Koliformiset bakteerit, Enterokokit, haju, maku, ulkonäkö.

Näiden analyysien lisäksi raakavedestä tulee määrittää myös happipitoisuus ja fluoridi.

#### Muut laitokset

##### Jokela

Raakavedestä otetaan tällä hetkellä näytteitä kaksi kertaa vuodessa. Tutkittavia analyyseja ovat alkaliteetti, hiilidioksidi, permanganaatin kulutus (KMnO<sub>4</sub>), kokonaiskoivuus, pH, sähkönjohtokyky, rauta, kloridi, mangaani, kokonaispesäkeluku, E.coli, Koliformiset bakteerit, Enterokokit, haju, maku, ulkonäkö.

##### Tuohikotti

Raakavedestä otetaan tällä hetkellä näytteitä kaksi kertaa vuodessa. Tutkittavia analyyseja ovat alkaliteetti, hiilidioksidi, permanganaatin kulutus (KMnO<sub>4</sub>), kokonaiskoivuus, pH, sähkönjohtokyky, rauta, nitraatti, nitriitti, mangaani, kokonaispesäkeluku, E.coli, Koliformiset bakteerit, Enterokokit, haju, maku, ulkonäkö.

##### Viilansuo

Raakavedestä otetaan tällä hetkellä näytteitä kaksi kertaa vuodessa. Tutkittavia analyyseja ovat alkaliteetti, hiilidioksidi, permanganaatin kulutus (KMnO<sub>4</sub>), kokonaiskoivuus, pH, sähkönjohtokyky, rauta, kloridi, nitraatti, nitriitti, natrium, mangaani, kokonaispesäkeluku, E.coli, Koliformiset bakteerit, Enterokokit, haju, maku, ulkonäkö.

##### Ruokosuo

Raakavedestä otetaan tällä hetkellä näytteitä kaksi kertaa vuodessa. Tutkittavia analyyseja ovat alkaliteetti, hiilidioksidi, permanganaatin kulutus (KMnO<sub>4</sub>), kokonaiskoivuus, pH, sähkönjohtokyky, rauta, mangaani, kokonaispesäkeluku, E.coli, Koliformiset bakteerit, Enterokokit, haju, maku, ulkonäkö.

#### Mettälä

Raakavedestä otetaan tällä hetkellä näytteitä kaksi kertaa vuodessa. Tutkittavia analyyseja ovat alkaliteetti, hiilidioksidi, permanganaatin kulutus (KMnO<sub>4</sub>), kokonaiskoivuus, pH, sähkönjohtokyky, rauta, mangaani, kokonaispesäkeluku, E.coli, Koliformiset bakteerit, Enterokokit, haju, maku, ulkonäkö.

#### Elimäki kk

Raakavedestä otetaan tällä hetkellä näytteitä kaksi kertaa vuodessa. Tutkittavia analyyseja ovat alkaliteetti, hiilidioksidi, permanganaatin kulutus (KMnO<sub>4</sub>), kokonaiskoivuus, pH, sähkönjohtokyky, rauta, kloridi, mangaani, kokonaispesäkeluku, E.coli, Koliformiset bakteerit, Enterokokit, haju, maku, ulkonäkö.

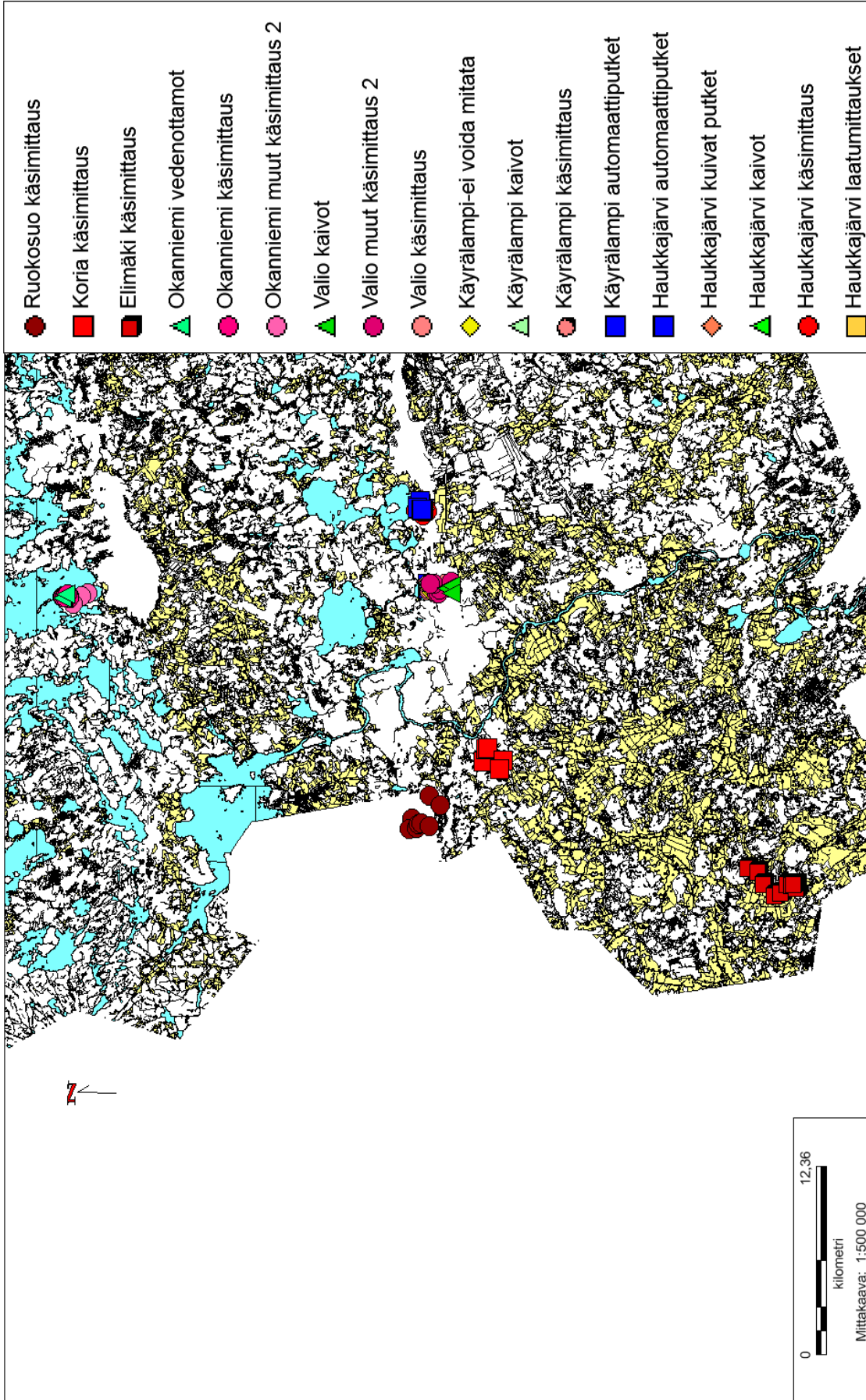
Näiden analyysien lisäksi raakavedestä olisi hyvä määrittää myös happipitoisuus.

#### Varavedenotto

Varavedenottoilta Raviradalta ja Nuutilasta otetaan vesinäytteitä kerran vuodessa. Analyysit ovat: pH, sähkönjohtavuus, haju, maku, sameus, väri, rauta, mangaani, ammoniumtyppi, koliformiset bakteerit, E.coli, Enterokokit.

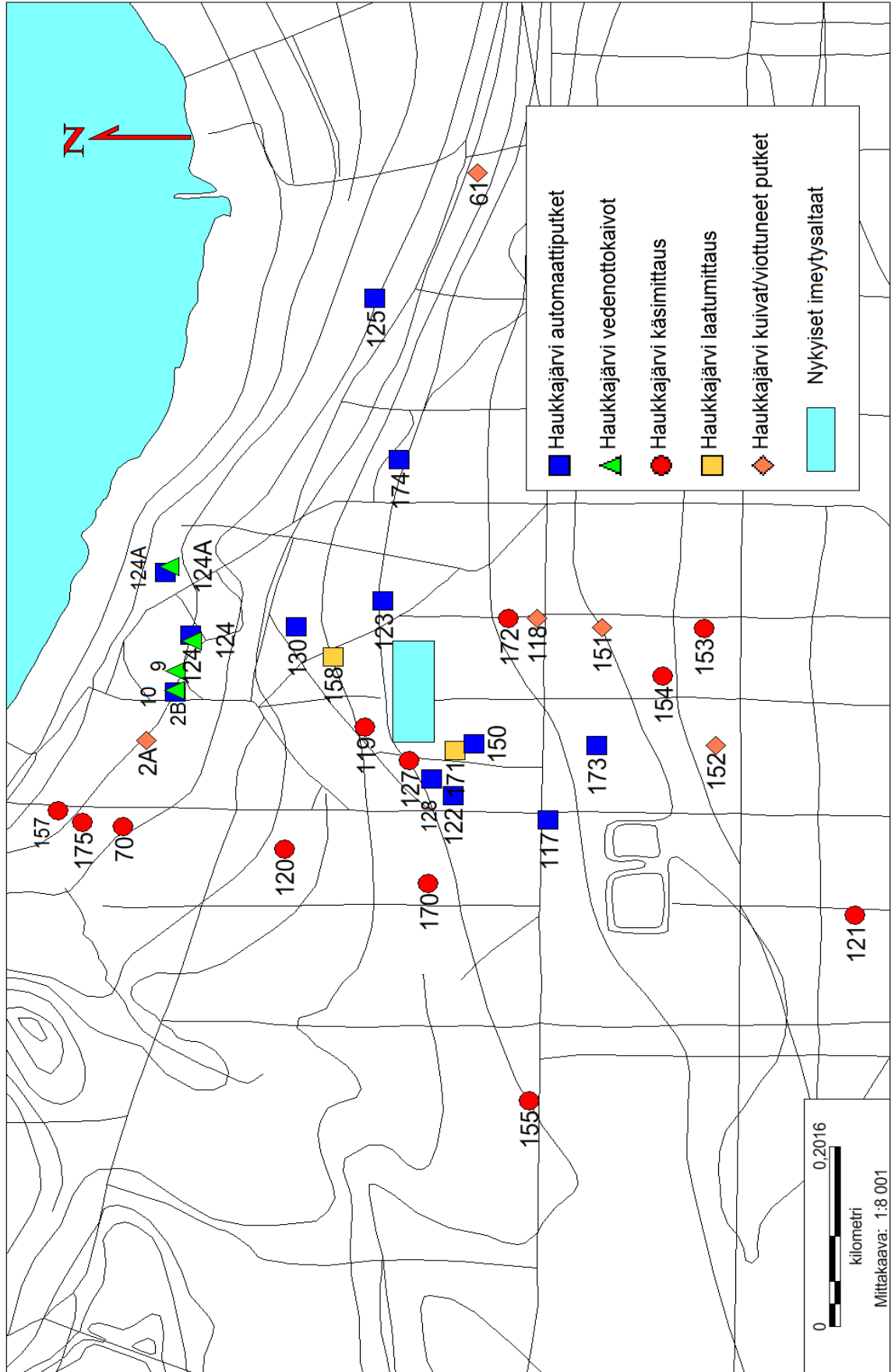
Lähde: Kouvolan Veden valvontatutkimusohjelma 2010-2014.

Liite 9: **Kaikki kartoitetut havaintoputket Kouvolan Veden toiminta-alueella**

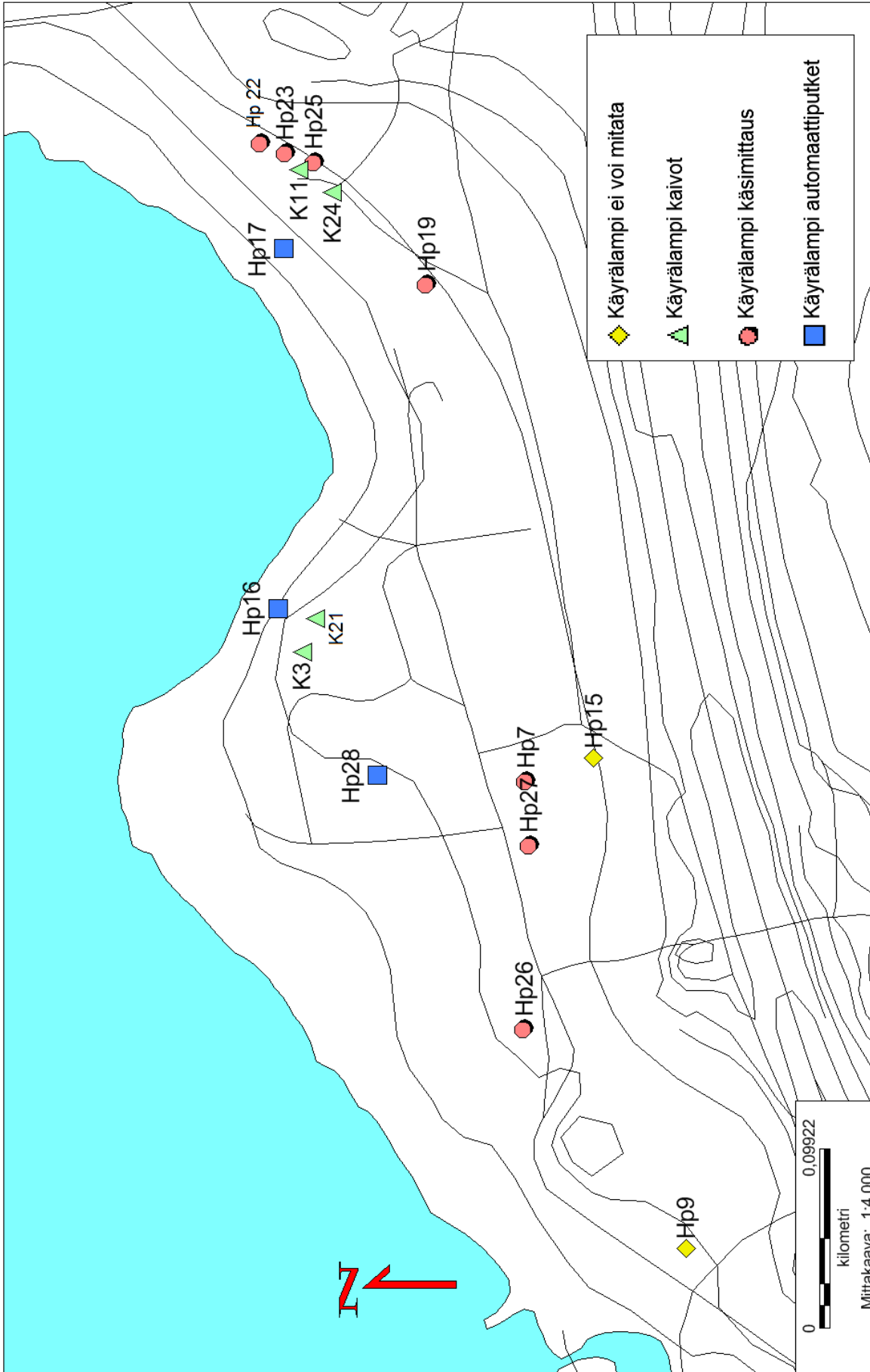




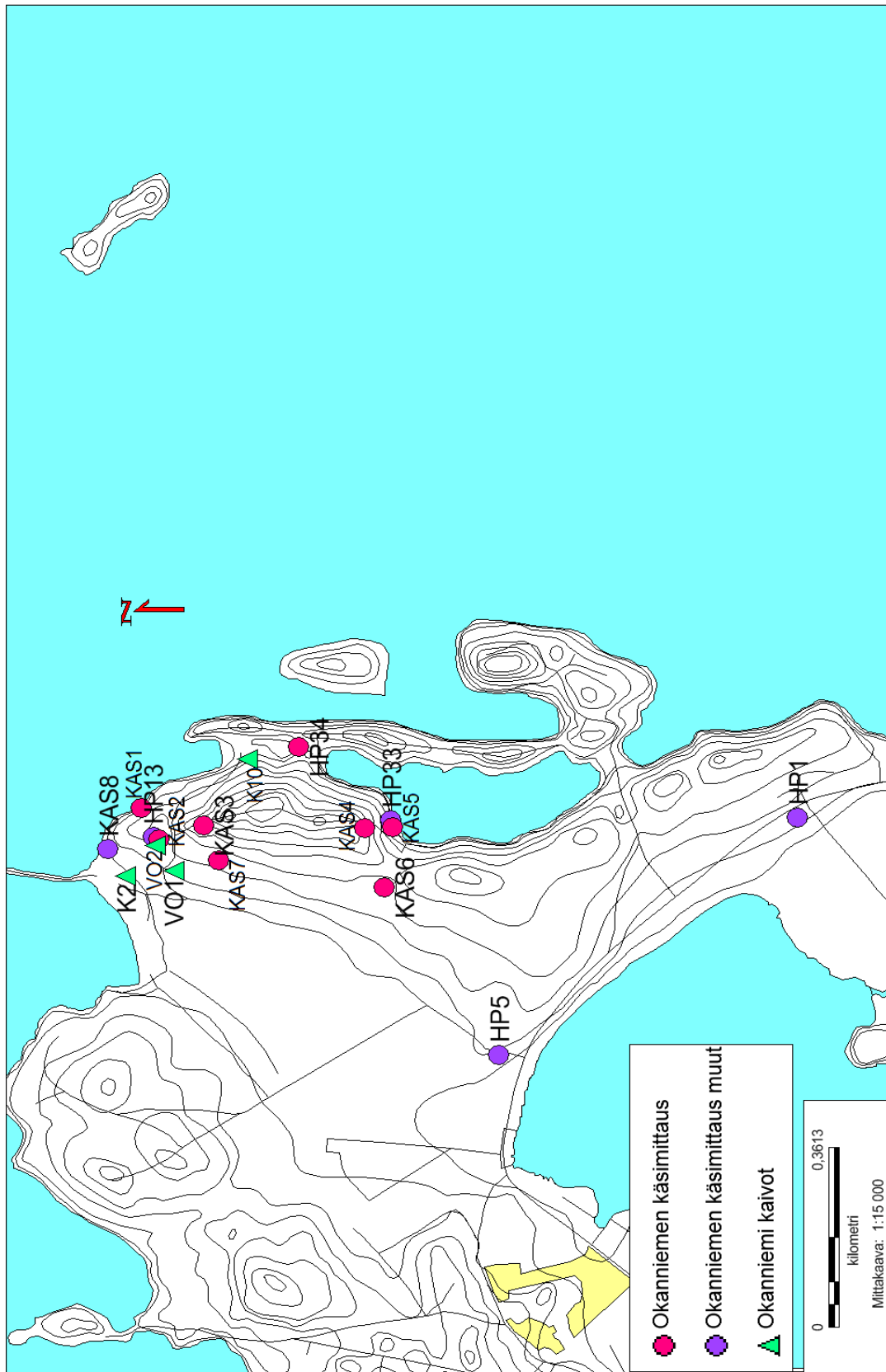
Liite 10: Haukkajärven havaintoputkikartta



## Liite 11: Käyrälammen havaintoputkikartta



## Liite 12: Okanniemen havaintoputkikartta



Liite 13: Haukkajärven gradienttikartta

