

johtuen WHO ei ole antanut juomavedestä saatavalle jodidille terveysperusteisia suositusarvoja. Jodidin haju- ja makukynnys juomavedessä on 147 - 204 µg/l.

Natriumjodidi soveltuu hyvin merkkiaineeksi, koska se on varsin hyvin veteen liukeneva ja huonosti maahan pidentävä. Lisäksi sillä on hyvin alhainen määritysraja ja sen on melko suurinakin pitoisuuksina haitaton ihmisille ja eläimille.

Ennen merkkiainekokeen aloittamista käytiin keskustelua natriumjodidin turvallisuudesta ja sen vaikutuksista alueella kasvatettaviin kasveihin. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira totesi 12.3.2009 antamassaan lausunnossa, että imeytysalueen läheisyydessä ei ole sellaista ammattimaista kasvisten viljelyä, missä kokeen aikana voitaisiin käyttää kasteluun jodidipitoista vettä. Tämän vuoksi kokeen aikana ei ollut tarvetta seurata viljeltyjen kasvisten jodidipitoisuutta.

Ennen Pälkäneellä tehtyä merkkiainekoetta Suomessa oli saatu kokemuksia natriumjodidin käytöstä imeytyskokeen merkkiaineena Alastaron Virttaankankaalla Turun Seudun Vesi Oy:n tekopohjavesihankkeessa.

#### **4.11 Maatutkaluotaukset**

Maatutkaluotausten tarkoituksena oli selvittää maa-aineksen rakenteita, pohjaveden pinnan ja kallion pinnan tasoa. Tutkimuksissa kiinnitettiin erityistä huomiota pohjaveden liikkuvuuteen vaikuttaviin maa- ja kalliorakenteisiin.

Työ suoritettiin Geo-Work Oy:n omistamalla ja GSSI:n valmistamalla amerikkalaisella SIR-3000 tyyppisellä maatutkalaitteistolla. Luotauksissa käytettiin 40 MHz DUAL-antennia sekä 100 MHz antennia. 100 MHz:n antennilla saadaan yleensä hyvä kuva harjualueen pintaosan (ylin 20 m) maaperäkerrosten rakenteesta, mikä on tärkeää alueen syntyvaiheiden tutkimisessa. Sen sijaan tutkimusalueen pohjavesivirtauksen kannalta tärkeä kalliopinnan taso jää monin paikoin tällä antennitaajuudella saavuttamatta. Tästä syystä vuoden 2010 aikana tehdyt maatutkaukset suoritettiin 40 MHz:n antennilla, jonka tunkeutumisvyvyys on paikoin jopa 40 - 45 m. Samalla kuitenkin maaperäkerrosten ja niiden rakenteiden erottelukyky heikkenee oleellisesti ja vain suurimmat rakenneyksiköt, kuten harjuydin, suppa- ja piilosupparakenteet sekä deltarakenteet ovat selvemmin erotettavissa.

Tutkaa käytettiin rinkkatutkana, joten luotaukset tehtiin kävellen. Tulos rekisteröitiin maatutkalaitteiston massatallentimelle.

Luotaustulokset sidottiin kallion pinnan osalta alueella tehtyihin kairauksiin ja pohjavesipinnan osalta pohjaveden havaintoputkista tehtyihin pohjavesipinnan havaintoihin.

Geo-Work Oy teki maatutkaluotauksia alueella vuosina 2009 ja 2010.

- Geo-Work Oy (2009), Maatutkaluotaus Pälkäneellä. Tavase Oy:n tutkimusalue 3 Pälkäne (TA3). LKK17/16.4.2009

- Geo-Work Oy (2010), Maatutkaluotaus Pälkäneellä. Tavase Oy:n tutkimusalue 3 Pälkäne (TA3), Taustialantien kynnys. LKK17/2.6.2010.
- Geo-Work Oy (2010), Maatutkaluotaus Pälkäneellä 26.5.2010. Tavase Oy:n tutkimusalue 3 Pälkäne (TA3), Taustialantien kynnys. LKK17/4.10.2010.
- Geo-Work Oy (2010), Maatutkaluotaus Pälkäneellä. Tavase Oy:n tutkimusalueet 1 Kangasala (TA1), 2 Kangasala (TA2) ja 3 Pälkäne (TA3). LKK45/27.12.2010.

#### 4.12 Sedimentologiset selvitykset

Sedimentologisten selvitysten avulla pyrittiin hahmottamaan harjumuodostuman syntyyn vaikuttaneet kerrostumisvaiheet, näihin liittyvät kerrostumisyksiköt, muodostuman suurrakenteet ja niiden jatkuvuus sekä aineksen pääpiirteet.

Tutkimusalueen suurien rakenneyksiköiden ja niiden syntyvaiheiden tulkinta pohjautuu pitkälti 100 MHz:n antennilla hankittuun maatutka-aineistoon. Harjuytimen sijaintia täsmennettiin täydentävin 40 MHz:n antennilla tehdyin tutkimuksiin ja merkkiainekokeen tuloksin. Lisäksi rakennetulkinnassa on käytetty muuta kairaus- ja pohjavesitutkimusaineistoa.

Maatutkaluotausten pohjalta tehtiin sedimentologiset rakennetulkinnat Turun yliopistossa.

- Mäkinen, J. (2009). Pälkäneen Isokankaan-Syrjänharjun maatutkaluotauksen (Geo-Work 16.4.2009) sedimentologinen rakennetulkinta. Raportti 11.6.2009.
- Mäkinen, J. (2010). Tavase Oy:n tutkimusalue 3 Pälkäne (TA3), Taustialantien kynnynksen maatutkaluotauksen (Geo-Work 26.5.2010) rakennetulkinta. Raportti 6.9.2010.
- Mäkinen, J. (2011). Tavase Oy:n tutkimusalue 3 Pälkäne (TA3), maatutkaluotauksen (Geo-Work 27.12.2010) rakennetulkinta. Raportti 14.2.2011.
- Mäkinen, J. (2011). Yhteenvedo Tavase Oy:n tutkimusalue 3 Pälkäne (TA3) maatutkaluotausten (Geo-Work Oy 2009-2010) rakennetulkinnasta. 9.3.2011.

Sedimentologisten selvitysten tietoja on hyödynnetty tämän loppuraportin johtopäätöksissä.

#### 4.13 Pohjaveden virtausmallinnus

Pohjaveden virtausmallinnus aloitettiin yksikerroksisella virtausmallilla. Virtausmalli tehtiin MODFLOW-koodilla Visual MODFLOW Pro 4.2 käyttöliittymällä. Lähtötietojen käsittelyyn, muokkaukseen ja visualisointiin käytettiin Exceliä, ArcMapia sekä Golden Softwaren Surfer 9 -ohjelmaa.

Mallialue on kooltaan 6,2 x 4,9 km. Alue rajautuu vesistöihin idässä, etelässä ja lännessä. Pohjoisosassa malliin sisällytettiin Kinnalan alue, jolla sijaitsee

Pälkäneen kunnan Kinnalan vedenottamo. Pohjoisessa, lounaassa ja luoteessa mallialue rajoittuu kalliokynnyksiin ja vedenjakajiin.

Tutkimusten edetessä todettiin, ettei yksikerroksisella virtausmallilla pystytty kuvaamaan riittävän tarkasti tutkimusalueen pohjavesiolosuhteita. Tämän vuoksi päätettiin laatia monikerroksinen virtausmalli. Työn tekivät FT Aki Artimo, FM Sami Saraperä ja FM Osmo Puurunen olevien lähtötietojen perusteella.

Monikerrosmalli toistaa yksikerroksisia virtausmalleja paremmin sekä alueen pohjaveden luonnontilan että imeytyskokeiden yhteydessä havaitut pohjaveden pinnat. Virtausmalli tehtiin seitsenkerroksiseksi. Varsinaiseen pohjaveden virtauksen kuvaamiseen mallissa käytettiin kuutta ylintä kerrosta. Monikerroksista mallia laadittaessa käytettiin hyväksi kaikkea alueelta saatavilla ollutta pohjavesigeologista tutkimusaineistoa. Virtausmallin luomiseen käytettiin hyväkseen erikseen räätälöityjä tietokonepohjaisia sovellutuksia.

Malli rajattiin aikaisemmin alueelta tehtyjen virtausmallien rajausten mukaan, vaikka aktiivisen mallialueen pinta-alaa pienennettiin Isokankaan alueen osalta. Virtausmallilla simuloitiin imeytyksen ja pumppauksen vaikutukset pohjaveden pinnan, virtausreittien ja vesitaseen osalta. Mallit tehtiin ns. Steady State- mallina, joka kuvaa ulkoisten muutosten vaikutukset pohjavesiesiintymään tasapainotilassa.

#### **4.14 Helikopterilla tehtyt purkaumapaikkojen lämpökamerakuvaukset**

Pälkäneellä ja Kangasalalla tehtiin helikopterista lämpökamerakuvauksia elokuussa 2010. Kuvauksia tehtiin Keiniänrannan alueella, Roineen rannalla Kinnalan vedenottamon kohdalla sekä Kangasalalla Vehoniemenharjulla. Kuvausten tarkoituksena oli paikallistaa pohjavesimuodostumasta järveen ja maa-alueelle purkautuvia lähdepurkauksia. Samalla testattiin, miten lähdepurkaukset näkyvät lämpökameran kuvassa tiheän kasvuston alta mm. Keiniänrannassa. Kuvauskorkeudet olivat 70 ja 100 m.

Menetelmä perustuu eri laatuisten vesien lämpötilaeroon. Pohjaveden lämpötila poikkeaa pintaveden lämpötilasta suurimman osan vuotta. Kesällä (kuvausten aikana) vuoden keskilämpötilan tuntumassa oleva pohjavesi on pintavesiä selkeästi kylmempää. Lämpökuvaukset tehtiin etukäteen suunniteltuja reittejä pitkin matalalentona helikopterilla, johon kamera oli kiinnitetty gyrostabiloituna ts. kuvaus tehdään aina kohtisuoraan maanpintaan nähden helikopterin lentokulmasta riippumatta. Lämpökamera on tietokoneohjattu Flir-merkinen kamera, jonka ilmaisimen resoluutio on 320 x 240 pikseliä ja lämpötilan erottelukyky 0,08 °C. Lämpökameralta tuleva signaali tallennetaan kopterin PC:n kovalevyllä radiometrisinä still-kuvina. Tallennettujen kuvien jokaisesta pikselistä voidaan saada pintalämpötila jälkikäteen. Jälkikäsitteilyohjelman avulla kuvat voidaan esittää erilaisissa väripaleteissa, joissa tietty väri vastaa aina tiettyä lämpötilaa. Kamera ottaa kuvia sekunnin välein ja samanaikaisesti tallentuu sijainti gps:llä sekä kellonaika. Näin kukin kuva voidaan liittää tarkasti tiettyyn maastonkohtaan.

#### **4.15 Kokeen tarkkailu, raportointi ja tiedottaminen**

##### **4.15.1 Ennakkotarkkailu**

##### **4.15.1.1 Pohjaveden pinnan ennakkotarkkailu**

Pohjaveden pinnan säännölliset kuukausittaiset mittaukset aloitettiin huhtikuussa 2007. Elokuussa 2009 pohjavesipintoja siirryttiin mittaamaan kahden viikon välein. Pintaseurannassa oli mukana noin 75 havaintoputkea ja noin 40 yksityiskaivoa. Uusia ennakkotarkkailun aikana asennettuja havaintoputkia otettiin mukaan seurantaan niiden valmistuttua. Tarkkailukohteet on esitetty liitteessä (Liite 1.).

##### **4.15.1.2 Pohjaveden laadun ennakkotarkkailu**

Tavanomaiset analyysit, koliformiset bakteerit, E. coli, kokonaispesäkeluku, pH, happipitoisuus (ei kaivoista), kloridi, sähkönjohtavuus, väri, sameus, haju, rauta, mangaani, nitraatti, nitriitti, ammonium ja KMnO<sub>4</sub>-luku

- analysoitiin 5.-13.5.2009 ja 23. - 26.11.2009 havaintoputkista **102, 103** (korvannut putken 273), **109, 121, 128, 129, 130, 131, 284, 287, 290, 291, 292, 293, 296, 297, 319, 339, 340, 351** ja **353** otetuista näytteistä.
- analysoitiin 23.6. - 2.7.2009 ja 23. - 26.11.2009 yksityiskaivoista **P1, P3, P4, P5, P11, P19, P27, P30, P34, UK1, UK3, UK4, UK5, UK6, UK7, UK8** ja **UK9** otetuista näytteistä. Yksityiskaivo P2 on täytetty vuonna 2008 ja kaivoista P6 ja P7 ei ole ollut lupaa ottaa näytteitä.
- analysoitiin 13.5.2009 ja 23.11.2009 koekaivon K3 viereisestä havaintoputkesta **123** ja koekaivon K4 viereisestä havaintoputkesta **320** otetuista näytteistä.

##### **Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)**

- analysoitiin 13.5.2009, 24.8.2009, 27.10.2009 ja 23.11.2009 koekaivon K3 viereisestä havaintoputkesta **123** ja koekaivon K4 viereisestä havaintoputkesta **320** otetuista näytteistä.

##### **Pestisidit**

- analysoitiin 6. - 13.5.2009 havaintoputkista **102, 126** ja **129**. Havaintoputkista 251 ja 282 ei ole saatu näytettä.
- analysoitiin 13.5.2009 koekaivon K3 viereisestä havaintoputkesta **123** ja koekaivon K4 viereisestä havaintoputkesta **320** otetuista näytteistä.
- lisäksi tehtiin laaja tarkkailusuunnitelman ulkopuolinen näytteenottokierros elokuussa 2009.

Raskasmetallit (As, Cd, Co Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, U, V, Zn)

- analysoitiin 6.5.2009 havaintoputkesta **109** otetusta näytteestä
- analysoitiin 13.5.2009 koekaivon K3 viereisestä havaintoputkesta **123** ja koekaivon K4 viereisestä havaintoputkesta **320** otetuista näytteistä.

Jodidi

- taustapitoisuus analysoitiin 17. – 19.8.2009 havaintoputkista **102, 109, 115, 121, 123, 129, 131, 284, 290, 320** ja **353**, yksityiskaivoista **P1, P5, P12** ja **P34** sekä virtaamamittauspisteestä **Q4**.
- taustapitoisuus analysoitiin 16.9.2009 yksityiskaivoista **P19, P30, UK1, UK3, UK4, UK5, UK6, UK7, UK8, UK9** ja **UK10** otetuista näytteistä.
- taustapitoisuus analysoitiin 26. – 30.11.2009 **Kinnalan vedenottamolta** sekä havaintoputkista **291, 322, 385** ja **391** otetuista näytteistä.
- taustapitoisuus analysoitiin 7.12.2009 havaintoputkista **368, 372** ja **384** otetuista näytteistä.

Kaikki vesinäytteet ottivat Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry:n (Kvvy) sertifioituneet näytteenottajat.

#### **4.15.1.3 Kinnalan vedenottamon ennakkotarkkailu**

Kinnalan vedenottamon pohjaveden pinnan korkeutta seurattiin vedenottamon viereisestä havaintoputkesta 115 kerran kuukaudessa huhtikuusta 2007 lähtien. Elokuussa 2009 pohjavesipintaa siirryttiin mittamaan kahden viikon välein.

Tavanomaiset analyysit, koliformiset bakteerit, E. coli, kokonaispesäkeluku, pH, happipitoisuus, kloridi, sähkönjohtavuus, väri, sameus, haju, rauta, mangaani, nitraatti, nitriitti, ammonium ja  $\text{KMnO}_4$ -luku sekä VOCit analysoitiin 13.5.2009 ja 23.11.2009 Kinnalan vedenottamolta tai sen viereisestä havaintoputkesta 115 otetuista näytteistä.

Raskasmetallit analysoitiin 13.5.2009 Kinnalan vedenottamon viereisestä havaintoputkesta 115 otetusta näytteestä.

#### **4.15.1.4 Avo-ojien virtaamien ennakkotarkkailu**

Keiniänrannan avo-ojien virtaamien säännölliset kuukausittaiset mittaukset aloitettiin huhtikuussa 2007. Elokuussa 2009 virtaamia siirryttiin mittaamaan joka toinen viikko. Virtaamamittauksia on tehty 17 mittauspisteestä. Virtaamamittauskohteet on esitetty liitteessä (Liite 1.).

Mallasveden pinnan korkeustiedot (N60) saatiin Ympäristöhallinnon Apian seurantapistestä virtaamien mittausajankohdilta. Lisäksi kuukausittaiset

sademäärät saatiin Ilmatieteen laitoksen sääasemalta Ylöjärven Metsäkylästä, joka on tutkimusaluetta lähinnä tällä hetkellä toiminnassa oleva sääasema.

#### 4.15.1.5 Keiniänrannan Natura-alueen kasvillisuusseuranta ennen imeytyksen aloittamista

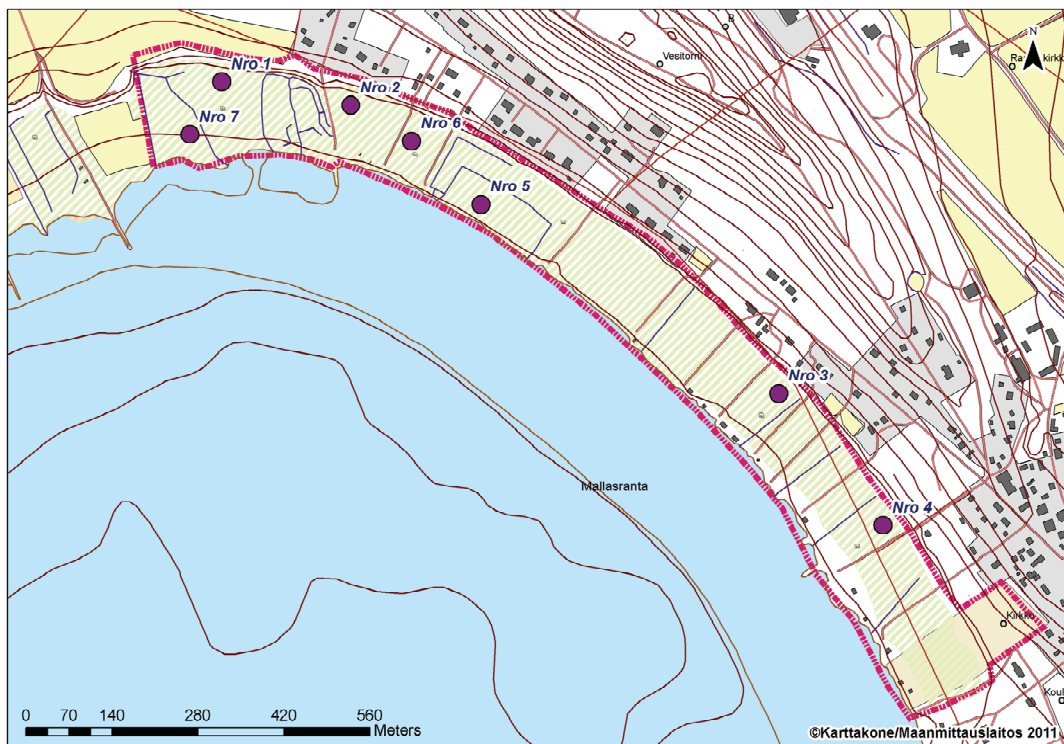
Keiniänrannan Natura –alueen (Kuva 9.) kasvillisuusseuranta aloitettiin 29.–31.8.2006, jolloin alueelle perustettiin kiinteä seurantakoealaverkosto kasvillisuusseuranta varten. Seuranta on tehty vuosina 2006–2010. Keiniänrannan alueella on seitsemän (7) seurantakoealaa ja 35 kasvillisuuskoealaa. Neljä seurantakoealaa sijoittuu puustoinen suo -luontotyyppille ja kolme seurantakoealaa metsäluhdet – luontotyyppille (Kuva 10.). Taulukosta (Taulukko 2.) ilmenee seurantakoealojen kasvillisuus. Kullakin seurantakoealalla (20 x 20 m) on viisi 1 m<sup>2</sup> suurusta kasvillisuusnäytealaa, joilta on suoritettu lajimääritykset (pensas-, kenttä- ja pohjakerros) ja arvioitu lajien runsaus peittävyysprosentteina (+, 0,5, 1, 2, 3, 5,10, 15, 20, 25,... 99,100). Seurantakoealoilta on tehty myös puustomittaukset 2006 ja 2007 sekä 2009 ja 2010. Lisäksi seurantakoealalta on tehty eri kosteustasojen kasvillisuuspintojen mittaukset seurantakoealan nurkkamerkiputken välille pingotetun mittanauhan avulla. Kunkin sivun mätäs-, väli-, vesi- ja märkäpintojen sijainnit mitattiin 5 cm tarkkuudella.



Kuva 9. Keiniänrannan Natura-aluetta (FCG Finnish Consulting Group Oy, Jari Kärkkäinen, 28.6.2006).

Taulukko 2. Seurantakoealojen kasvillisuustyyppit.

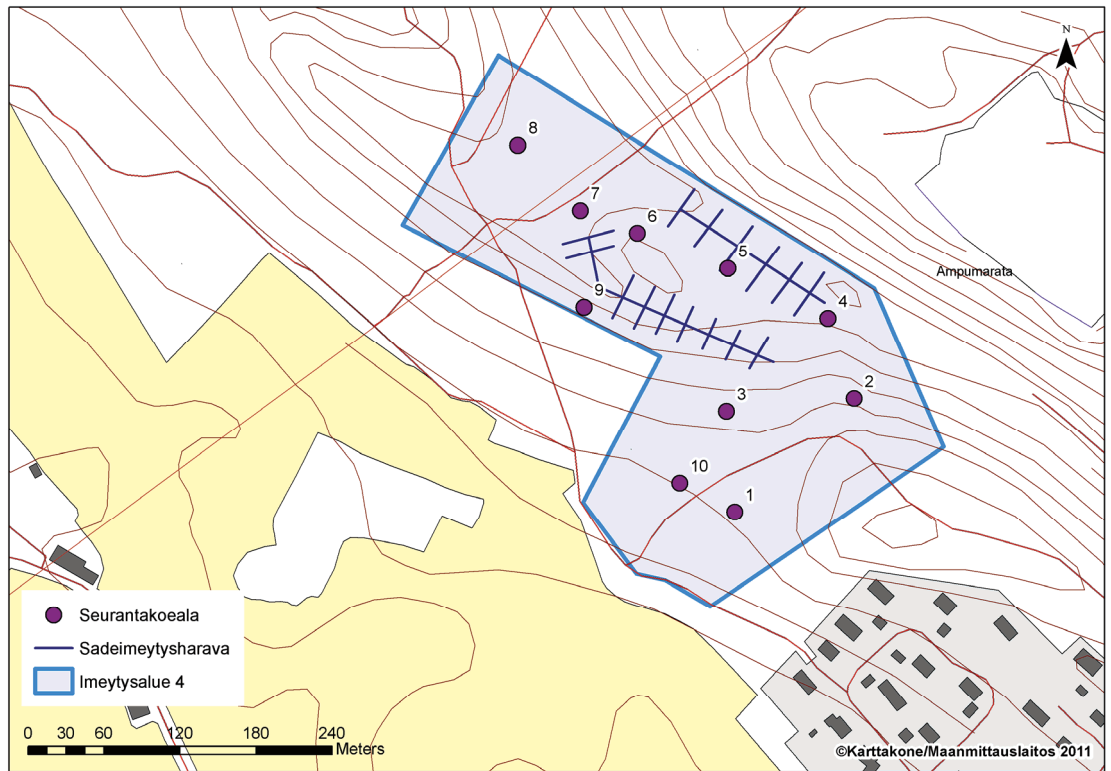
Seurantakoeala	Kasvillisuustyyppi
1	Tervaleppäkorpi (Tko)
2	Saniaistyyppin kostea lehto (FT)
3	Tervaleppäkorpi (Tko)
4	Saniaistyyppin kostea lehto (FT)
5	Saniaistyyppin kostea lehto (FT)
6	Tervaleppäkorpi (Tko)
7	Hiirenporras – käenkaalityypin tuore lehto (AthOT)



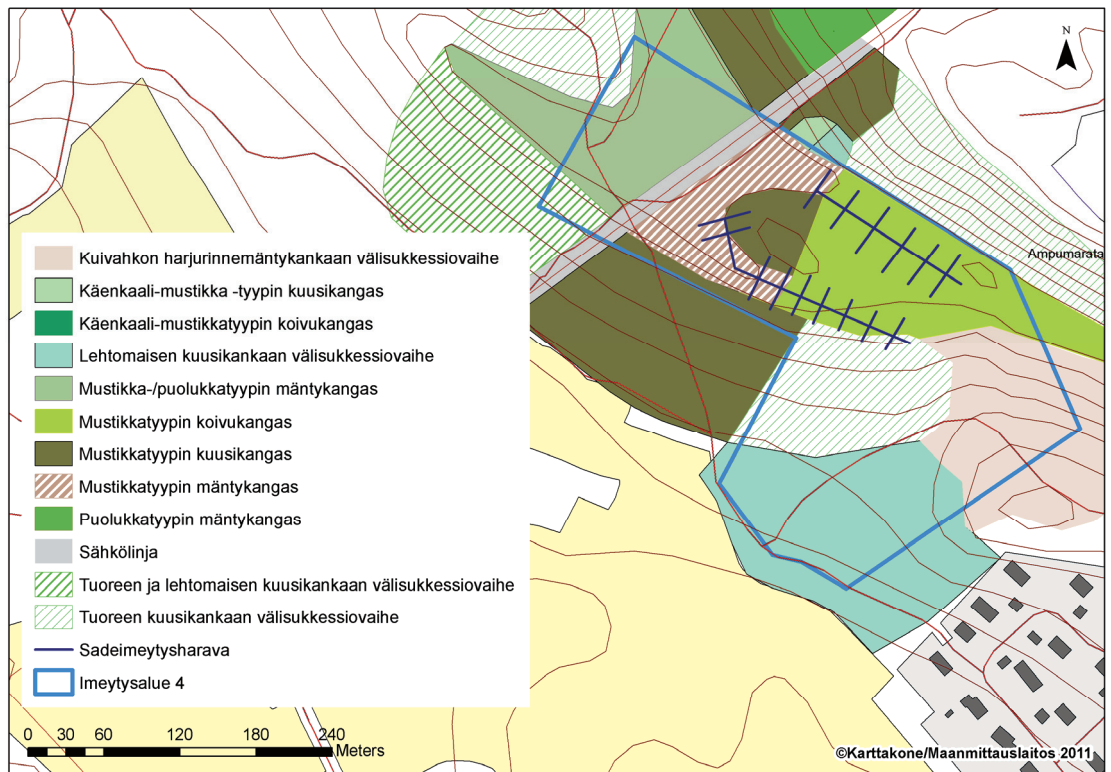
Kuva 10. Seurantakoealojen (Nro 1-7) sijainti Keiniänrannan Natura-alueella.

#### 4.15.1.6 Imeytysalueen kasvillisuusseuranta ennen imeytyksen aloittamista

Imeytysalueen kasvillisuutta on seurattu ennen koetta valokuvaamalla ja kenttäkerroksen lajien peitteisyyden muutoksen seurannalla koealoilla. Seurantanäytealat (50 x 50 cm) valittiin kultakin imeytysalueen ja laajennusalueen kasvillisuustyyppiltä. Seurantakoealojen sijainti on esitetty kuvassa (Kuva 11). Seuranta aloitettiin 28.7.2009. Valokuvaus toistettiin lokakuussa 2009. Imeytysalueen kasvillisuus oli kartoitettu 5.7.2002 ja se kartoitettiin uudestaan 2.10.2009. Imeytysalueen 4 kasvillisuus on kuvassa (Kuva 12).



Kuva 11. Kasvillisuuden seurantakoealojen sijainti imeytysalueella.



Kuva 12. Imeytysalueen kasvillisuus.

#### **4.15.1.7 Imeytysalueen marjojen ja sienien jodidipitoisuuksien ennakkotarkkailu**

Imeytysalueelta kerättiin kolme sieni- ja marjanäytettä ennen imeytys- ja merkkiainekokeita, vuonna 2009. Vastaava määrä näytteitä kerättiin myös Kangasalan vertailualueelta, joka ei ole merkkiainekokeen vaikutuspiirissä.

#### **4.15.1.8 Painumaseuranta ennen imeytyksen aloittamista**

Keiniänrannan alueella seurantapistettä mitattiin ennakkoseurannan aikana seurantapisteen asentamisajankohdasta riippuen kahdesta seitsemään kertaa asennusmittauksen jälkeen. Taustialan alueella seurantapistet asennettiin myöhemmin kuin Keiniänrannan alueelle, jolloin ennakkoseurannan osuudeksi jäi seurantapisteen asennusmittauksen tulos.

#### **4.15.1.9 Raportointimenettely ennen imeytyksen aloittamista**

Ennakkotarkkailun aikana julkaistiin kolme kertaa yleiseen käyttöön tarkoitettu kuukausiraportti Tavase Oy:n nettisivuilla (<http://www.tampere.fi/vesi/tavase.html>). Raportissa käsiteltiin sademäärät, Mallasveden pinnan korkeus, imeytys- ja vedenottomäärät, pohjaveden pinnan korkeus, pohjaveden laatu, virtaamat sekä painumatarkkailu.

#### **4.15.2 Kokeen aikainen seuranta**

##### **4.15.2.1 Pohjaveden pinnan seuranta**

Pohjaveden pintaseurannassa oli kokeen aikana mukana noin 90 havaintoputkea ja noin 40 yksityiskaivoa. Automaattisia pintamittareita näistä on ollut 14 havaintoputkessa ja yhdessä yksityiskaivossa. Käsien pohjavesipintoja mitattiin arkisin kerran päivässä – kerran kuukaudessa. Tarkkailukohteet on esitetty liitteessä (Liite 1).

##### **4.15.2.2 Pohjaveden laadun seuranta**

Tavanomaiset analyysit, koliformiset bakteerit, E. coli, kokonaispesäkeluku, pH, happipitoisuus (ei kaivoista), kloridi, sähkönjohtavuus, väri, sameus, haju, rauta, mangaani, nitraatti, nitriitti, ammonium ja KMnO<sub>4</sub>-luku

- analysoitiin 4.-6.10.2010 havaintoputkista **102, 103** (korvannut putken 273), **109, 114, 121, 284, 291, 292, 293, 297, 319, 340, 351, 353, 374, 374A, 384, 385, 391, 393** ja **394** otetuista näytteistä.
- analysoitiin 25.3.2010 tai 13.4.2010 yksityiskaivoista **P1, P3, P4, P5, P9, P11, P19, P30, UK1, UK3, UK4, UK5, UK7, UK8, UK9** ja **UK10**
- analysoitiin kerran kolmessa viikossa koekaivosta **K3** alkaen 30.12.2009 ja koekaivosta **K4** pumppauksen aloittamisen jälkeen 8.2.2010 alkaen.

#### Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)

- analysoitiin vähintään kerran kolmessa viikossa koekaivosta **K3** alkaen 29.12.2009 ja koekaivosta **K4** 25.1.2010 alkaen lukuun ottamatta yhtä näytteenottokierrosta
- analysoitiin vähintään kerran kolmessa viikossa **imeytettävästä vedestä** 18.1.2010 alkaen
- analysoitiin vähintään kerran kolmessa viikossa yksityiskaivosta **UK7** alkaen 29.12.2009 lukuun ottamatta yhtä näytteenottokierrosta

#### Pestisidit

- analysoitiin vähintään kerran viikossa koekaivosta **K3** 29.12.2009 – 17.5.2010 ja kerran viikossa – kerran kolmessa viikossa 17.5. – 1.11.2010.
- analysoitiin vähintään kerran viikossa koekaivosta **K4** 25.1. – 3.5.2010 ja kerran viikossa – kerran neljässä viikossa 3.5. – 1.11.2010.
- analysoitiin vähintään kerran viikossa **imeytettävästä vedestä** 25.1. – 26.4.2010 ja kerran viikossa – kerran neljässä viikossa 26.4. – 1.11.2010.
- analysoitiin kerran viikossa – kerran neljässä viikossa Kinnalan puoleisista havaintoputkista **121, 290 ja 322**
- analysoitiin vähintään kerran kolmessa viikossa alkaen 8.2.2010 yhtä näytteenottokierrosta yksityiskaivosta **UK7** lukuun ottamatta
- analysoitiin vähintään kerran kuukaudessa 11.1.2010 alkaen havaintoputkista **102, 126 ja 129**
- analysoitiin vähintään kerran kuukaudessa alkaen 8.6.2010 havaintoputkesta **251**
- Tarkkailuohjelman kohteiden lisäksi pestisidejä analysoitiin 10.2.2010 lähtien havaintoputkista **393 ja 394** noin kuukauden välein otetuista näytteistä sekä useista muista tarkkailuohjelman ulkopuolisista kohteista helmi- ja maaliskuussa 2010.

#### Raskasmetallit (As, Cd, Co Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, U, V, Zn)

- analysoitiin maaliskuussa 2010 noin kolmen kuukauden kuluttua imeytyskokeen aloittamisesta koekaivojen **K3 ja K4** sekä havaintoputken **109** vesinäytteistä.

#### Jodidi

- analysoitiin merkkiainekokeen aikana havaintoputkista **13A, 102, 103, 104, 105, 108, 109, 111, 118, 121, 122, 123, 124, 126, 128, 129, 130, 131, 251, 260, 271, 273, 274, 282, 284, 286, 287, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 319, 320, 321, 322, 339, 340, 348, 351, 352, 353, 368, 369, 370, 372, 373, 374, 374A, 375, 384, 385, 386, 388, 390, 391, 393, 394, 396, 397 ja 398**
- analysoitiin merkkiainekokeen aikana koekaivoista **K3 ja K4** sekä **Kinnalan vedenottamolta**
- analysoitiin merkkiainekokeen aikana virtaamamittauspisteistä **Q4, Q5, Q16, Q19 ja Q24**
- analysoitiin merkkiainekokeen aikana yksityiskaivoista **P1, P3, P4, P5, P9, P11, P30, P34, P107, P112, P113, UK1, UK3, UK4, UK5, UK7, UK8, UK10, UK13, UK27 ja UK30**

Yksittäisillä näytteenottokerroilla analyysimäärissä oli joitakin poikkeamia, koska esim. kovan pakkasen vuoksi ei saatu näytettä tai näytepulot rikkoontuivat kuljetuksessa.

#### **4.15.2.3 Kinnalan vedenottamon seuranta**

Kinnalan vedenottamon pohjaveden pinnan korkeutta seurattiin vedenottamon viereisestä havaintoputkesta 115 kerran viikossa.

Tavanomaiset analyysit, koliformiset bakteerit, E. coli, kokonaispesäkeluku, pH, happipitoisuus, kloridi, sähkönjohtavuus, väri, sameus, haju, rauta, mangaani, nitraatti, nitriitti, ammonium ja  $\text{KMnO}_4$ -luku sekä haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) analysoitiin kerran kuukaudessa Kinnalan vedenottamolta tai sen viereisestä havaintoputkesta 115 otetuista näytteistä.

Raskasmetallit analysoitiin maaliskuussa 2010 noin kolmen kuukauden kuluttua imeytyskokeen aloittamisesta Kinnalan vedenottamolta otetusta näytteestä.

Jodidi analysoitiin Kinnalan vedenottamolta merkkiainekokeen aikana joka toinen viikko.

#### **4.15.2.4 Avo-ojien virtaamien seuranta**

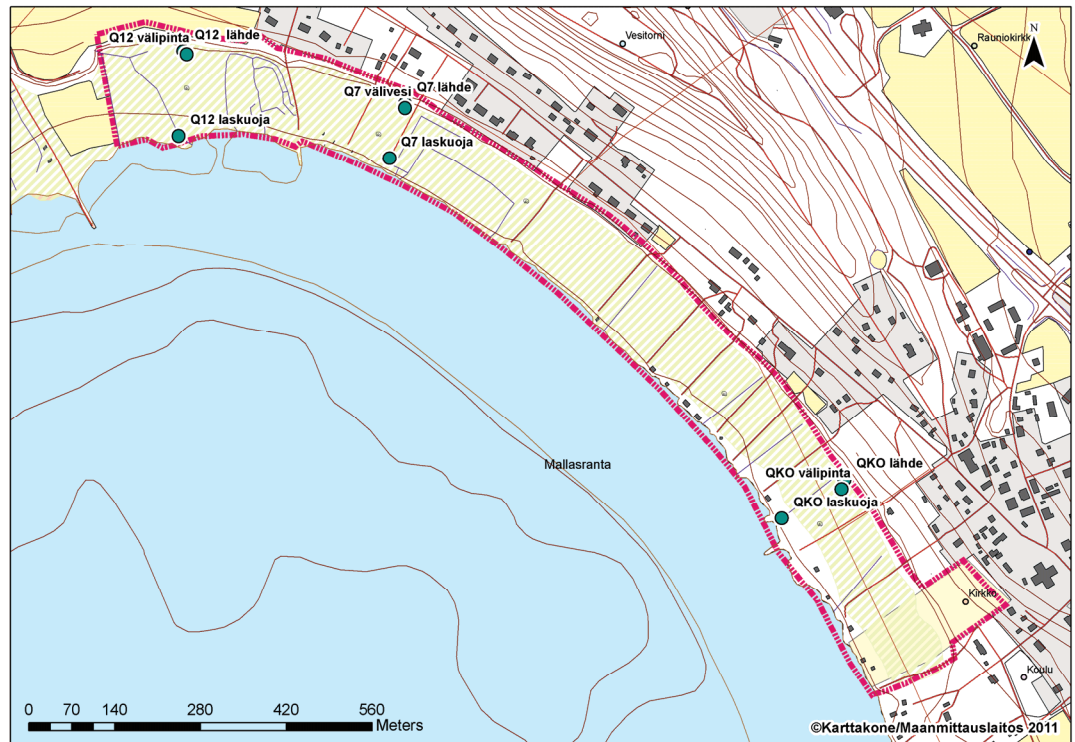
Keiniänrannan virtaamia mitattiin kerran viikossa 17 mittauspisteestä. Osa mittauskohteista oli joillain kierroksilla jäässä tai kuivia.

Mallasveden pinnan korkeustiedot (N60) saatiin Ympäristöhallinnon Apian seurantapistestä virtaamien mittausajankohdilta. Lisäksi kuukausittaiset sademäärät saatiin Ilmatieteen laitoksen sääasemalta Ylöjärven Metsäkylästä, joka on tutkimusaluetta lähinnä tällä hetkellä toiminnassa oleva sääasema. Virtaamamittauskohteet on esitetty liitteessä (Liite 1.).

#### **4.15.2.5 Keiniänrannan Natura-alueen seuranta**

Kokeen aikaista kasvillisuusseurantaa tehtiin kesällä 2010. Samalla tehtiin puustomittaukset.

Keiniänrannan Natura-alueelta otettiin kuudesta pisteestä vesinäytteet 22.10.2010, 2.11.2010 ja 15.11.2010. Näytepisteet sijoituivat tervaleppäkorven lähdeympäristöön ja välipinnalle sekä laskuojan päähän. Näytteistä määritettiin sameus, sähkönjohtavuus, pH, alkaliniteetti, nitraattityppi, magnesium, rauta, natrium, kalsium, kalium ja mangaani. Näytepaikat on esitetty kuvassa 13 (Kuva 13).



Kuva 13. Keiniänrannan vesinäytteiden ottopaikat vuonna 2010.

#### 4.15.2.6 Imeytysalueen kasvillisuusseuranta

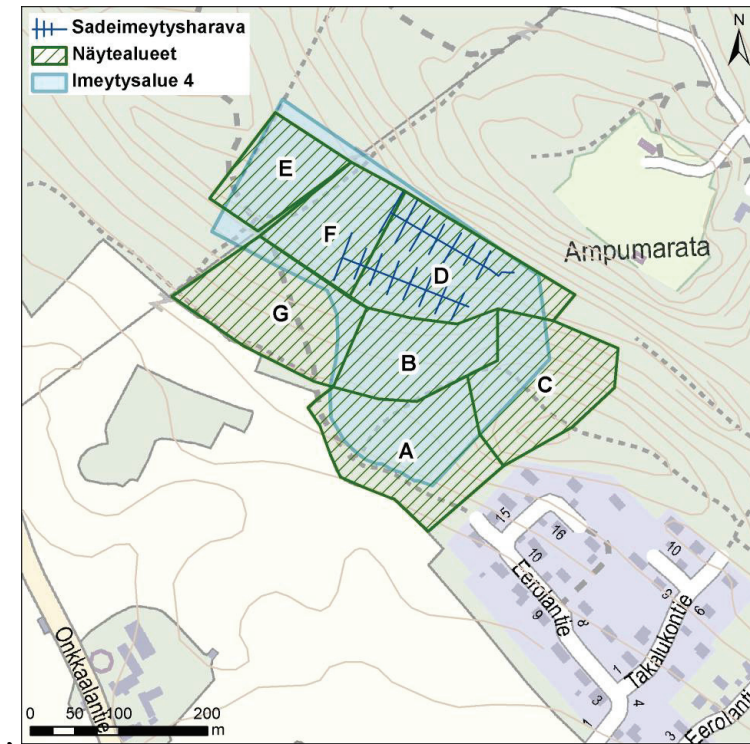
Imeytysalueen kasvillisuutta seurattiin kokeen aikana kesäaikaan valokuvaamalla seurantakoealat ja niiden ympäristö kaksi kertaa kuukaudessa. Koealojen kenttäkerroksen lajien peitteisyys mitattiin 3.8.2010.

#### 4.15.2.7 Imeytysalueen marjojen ja sienien jodidipitoisuuksien seuranta

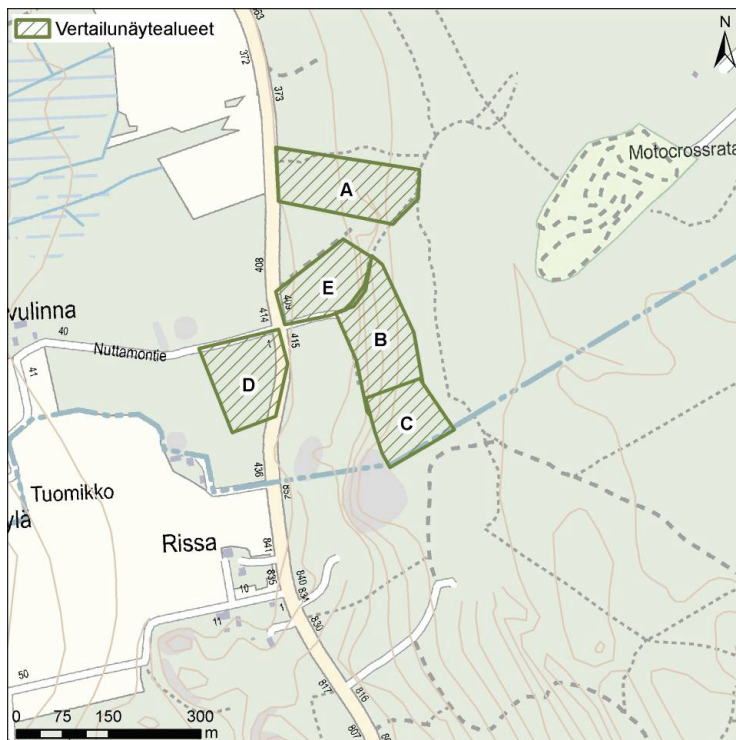
Sieni- ja marjanäytteitä kerättiin imeytysalueelta kokeen aikana elo- ja syyskuussa 2010. Imeytysalueelta saatiin vähintään yksi näyte kustakin kerättävästä marjasta ja sienestä. Kerättäviin marjoihin kuuluivat mustikka, puolukka ja vadelma. Sieninäytteitä varten kerättiin vain yleisimpiä ruokasieniä, joista alueelta löytyi kantarelleja sekä herkkutatteja.

Pääosin sääolosuhteista johtuvan vuosittaisen marjojen ja sienien sadon vaihtelun takia kaikkia näytteitä ei voitu kerätä täysin vastaavilta alueilta. Joissain tapauksissa marjoja ja sieniä kerättiin useammalta osa-alueelta, analyysiin tarvittavan määrän saavuttamiseksi. Vuonna 2010 mustikkanäytettä ei saatu vertailualueelta lainkaan, huonon sadon takia.

Kerätyistä sienistä ja marjoista osa pakastettiin varanäytteiksi, jotta analyysi voidaan tarpeen mukaan uusita. Kerätyt marja- ja sieninäytteet on analysoitu ALS Scandinavia AB:n Luulajan laboratoriossa. Vaikka näytteiden NaI-pitoisuudet



Kuva 14. Imeytysalueen 4 sieni- ja marjanäytteiden näytealueet A – G Pälkäneen Syrjänharjulla.



Kuva 15. Lähikuva sieni- ja marjanäytteiden vertailualueesta ja sen osa-alueista A – D Kangasalan Vehoniemessä.

olivat alhaisia (mittausmetodin akkreditoitua rajaa, 1 mg/kg dw alhaisempia), pystyttiin me silti mittaamaan. Näytteet kerättiin imeytysalueelta 4, joka näytealueineen (A-G) on esitetty kuvassa (Kuva 14.). Näytteet on nimetty osaluokkien mukaisesti. Vertailualueeksi valittiin Punamultalukon alue, joka sijaitsee Kangasalan Vehoniemenharjulla, noin kaksi kilometriä imeytysalueesta 4 luoteeseen (Kuva 15.). Myös vertailunäytteet nimettiin keräämispaikan mukaisesti (A-D).

#### **4.15.2.8 Painumaseuranta**

Imeytys- ja merkkiainekokeen aikana painumaseurantapisteitä mitattiin noin kahden kuukauden välein. Yhteensä mittauksia kertyi kuusi kappaletta Keiniänrannan ja Taustialan kiinteistöjen osalta.

#### **4.15.2.9 Imeytyskaivojen ilmamäärämittaukset**

Imeytyksen alettua imeytyskaivoihin, havaittiin kaivoihin olevan luontaista ilmapvirtausta kaivojen ilmanottoputkien kautta. Samoin kaivonrenkaiden sivuille syntyi imuaukkoja, joista ilma pääsi kaivoihin. Syntyneet imuaukot peitettiin viipymättä. Kaivossa ilma kulki siiviläputkiosuuden kautta maaperään.

Havaintoputkien pohjavesipinnan mittauksen yhteydessä havaittiin imeytysalueen lähiympäristössä ilman virtausta ulos havaintoputkista. Vastaavaa ilman poistumista havaintoputkista tai havaintoputkien ilman imua on voitu todeta muissakin muodostumissa.

Ilmamäärä mitattiin kaivon ilmanottoputken Ø165mm kylkeen poratun reiän Ø10 mm kautta Swema 3000 ilmamäärien mittaamiseen tarkoitetulla pitot-putkella. Mittaamisessa käytettiin APF-mittaustapaa, joka on tarkoitettu putkissa esiintyvän virtauksen mittaamiseen. Ilmamääriä mitattiin eri veden pumppausarvoilla sekä yritettiin mitata myös luontaista imua maaperään. Maaperään luontaisesti virtaavaa ilmamäärää ei saatu mitattua.

#### **4.15.2.10 Raportointimenettely**

Kokeen aikainen tarkkailun raportointi tehtiin Pirkanmaan ympäristökeskuksen hyväksymän tarkkailusuunnitelman mukaisesti.

Kokeen aikana julkaistiin kuukausittain yleiseen käyttöön tarkoitettu kuukausiraportti Tavase Oy:n internetsivuilla (<http://www.tampere.fi/vesi/tavase.html>). Raportissa käsiteltiin sademäärät, Mallasveden pinnan korkeus, imeytys- ja vedenottomäärät, pohjaveden pinnan korkeus, pohjaveden laatu, virtaamat sekä painumatarkkailu. Kesä- ja heinäkuun raportointi tehtiin Pirkanmaan ELY-keskuksen luvalla yhtenä raporttina elokuussa.

Viranomaiskäyttöön tarkoitettu raportti toimitettiin kokeen aikana myös kerran kuukaudessa Pirkanmaan ELY-keskukseen, Pälkäneen kuntaan ja Kangasalan – Pälkäneen kuntayhtymän terveysvalvontaan. Raportissa käsiteltiin sademäärät, Mallasveden pinnan korkeus, imeytys- ja vedenottomäärät, pohjaveden pinnan

korkeus, pohjaveden laatu, virtaamat sekä painumataarkkailu tarkemmalla tasolla, kuin yleiseen käyttöön tarkoitettu kuukausiraportissa.

Kokeen aikana, ennen täyteen tuotantotilaan siirtymistä Pirkanmaan ELY-keskukselle toimitettiin väliraportti kokeen siihenastisen pumppaus- ja imeytysvesimäärän mahdollisesti aiheuttamista vaikutuksista alueen pohjavesioloihin, Kinnalan vedenottamoon sekä Keiniänrannan Natura-alueen vesitalouteen (Tavase Oy, TA3, Pälkäne, Imeytys- ja merkkiainekoe, väliraportti 17.2.2010, FCG Infra ja Ympäristö).

22.2.2010 lähtien Pirkanmaan ELY-keskukselle toimitettiin kerran viikossa viikkoraportti, jossa esitettiin lyhyesti kokeen tuotto, ylenemät imeytysalueella, alenemat kaivoalueella, kokeen mahdolliset vaikutukset Kinnalan vedenottamon suuntaan sekä tiedot pohjaveden laadusta.

#### **4.15.3 Kokeen lopettaminen ja jälkitarkkailu**

Pumppaus ja imeytys lopetettiin 1.11.2010 ja kokeessa siirryttiin hyväksytyn tarkkailuohjelman mukaiseen jälkitarkkailuun.

##### **4.15.3.1 Pohjaveden pinnan jälkitarkkailu**

Pohjaveden pintaseurannassa oli jälkitarkkailun aikana mukana samat havaintokohteet, kuin imeytyksen ja pumppauksen aikana eli noin 90 havaintoputkea ja noin 40 yksityiskaivoa. Automaattisia pintamittareita näistä oli 14 havaintoputkessa ja yhdessä yksityiskaivossa. Myös mittausitiheys oli jälkitarkkailun alkuvaiheessa sama kuin kokeen aikana eli käsin pohjavesipintoja mitattiin arkisin kerran päivässä – kerran kuukaudessa. Tammikuussa 2011 käsimitauksia harvennettiin tehtäväksi kaksi kertaa viikossa – kerran kuukaudessa. Tarkkailukohteet on esitetty liitekartalla (Liite 1.).

##### **4.15.3.2 Pohjaveden laadun jälkitarkkaillu**

Tavanomaiset analyysit, koliformiset bakteerit, E. coli, kokonaispesäkeluku, pH, happipitoisuus (ei kaivoista), kloridi, sähkönjohtavuus, väri, sameus, haju, rauta, mangaani, nitraatti, nitriitti, ammonium ja KMnO<sub>4</sub>-luku

- analysoitiin noin kuukausi kokeen päättymisen jälkeen joulukuussa 2010 havaintoputkista **102, 103** (korvannut putken 273), **109, 121, 128, 129, 130, 131, 284, 291, 292, 293, 296, 297, 319, 339, 340, 351, 353 ja 372** otetuista näytteistä.
- analysoitiin noin kuukausi kokeen päättymisen jälkeen 30.11.2010 yksityiskaivoista **P1, P3, P4, P5, P9, P11, P19, P27, P30, P34, UK1, UK3, UK4, UK5, UK7, UK8 ja UK10** otetuista näytteistä
- analysoitiin 16.12.2010 koekaivon K3 viereisestä havaintoputkesta **123** ja koekaivon K4 viereisestä havaintoputkesta **320** otetuista näytteistä.

#### Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC)

- analysoitiin 16.12.2010 koekaivon K3 viereisestä havaintoputkesta **123** ja koekaivon K4 viereisestä havaintoputkesta **320** otetuista näytteistä.

#### Pestisidit

- analysoitiin noin kuukausi kokeen päättymisen jälkeen joulukuussa 2010 havaintoputkista **120, 126, 129, 251, 393** ja **394** otetuista näytteistä.
- analysoitiin 16.12.2010 koekaivon K3 viereisestä havaintoputkesta **123** ja koekaivon K4 viereisestä havaintoputkesta **320** otetuista näytteistä.

#### Raskasmetallit (As, Cd, Co Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, U, V, Zn)

- analysoitiin 2.12. havaintoputkesta **109** otetusta näytteestä
- analysoitiin 16.12.2010 koekaivon K3 viereisestä havaintoputkesta **123** ja koekaivon K4 viereisestä havaintoputkesta **320** otetuista näytteistä.

#### Jodidi

- analysoitiin jälkitarkkailun aikana havaintoputkista **251, 385, 386, 393, 397** ja **398** otetuista näytteistä.
- on analysoitu jälkitarkkailun aikana koekaivosta **K3** sekä **Kinnalan vedenottamolta**.
- analysoitiin jälkitarkkailun aikana yksityiskaivoista **P1, P5, P9, P11, P30, P107, P112, UK1, UK3, UK4, UK5, UK7, UK8, UK10, UK27** ja **UK30**.
- jälkitarkkailu lopetettiin pääosin Pirkanmaan ELY-keskuksen 10.3.2011 lausunnon mukaisesti. Kinnalan vedenottamolta ja havaintoputkesta 251 otetaan näytteet toukokuussa 2011. Mikäli jodidipitoisuus on taustapitoisuuden tasolla ( $< 4 \mu\text{g/l}$ ), seuranta lopetetaan.

#### 4.15.3.3 Kinnalan vedenottamon jälkitarkkailu

Kinnalan vedenottamon pohjaveden pinnan korkeutta seurattiin vedenottamon viereisestä havaintoputkesta 115 kerran viikossa.

Tavanomaiset analyysit, koliformiset bakteerit, E. coli, kokonaispesäkeluku, pH, happipitoisuus (ei kaivoista), kloridi, sähkönjohtavuus, väri, sameus, haju, rauta, mangaani, nitraatti, nitriitti, ammonium ja  $\text{KMnO}_4$ -luku sekä haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) tehtiin noin kuukausi pumppauksen ja imeytyksen lopettamisen jälkeen Kinnalan vedenottamolta otetusta näytteestä.

Raskasmetallit analysoitiin noin kuukauden kuluttua imeytyksen ja pumppauksen lopettamisesta Kinnalan vedenottamolta otetusta näytteestä.

Jodidi analysoitiin Kinnalan vedenottamolta kokeen jälkitarkkailun aikana joka toinen viikko.

#### **4.15.3.4 Avo-ojien virtaamien jälkitarkkailu**

Keiniänrannan virtaamia mitattiin jälkitarkkailun aikana kerran viikossa 17 mittauspisteestä. Suurin osa mittauskohteista on ollut jäässä marraskuun 2010 lopusta lähtien. Virtaamamittauskohteet on esitetty liitteessä (Liite 1.).

Mallasveden pinnan korkeustiedot (N60) saatiin Ympäristöhallinnon Apian seurantapisteestä virtaamien mittausajankohdilta. Lisäksi kuukausittaiset sademäärät saatiin Ilmatieteen laitoksen sääasemalta Ylöjärven Metsäkylästä, joka on tutkimusaluetta lähinnä tällä hetkellä toiminnassa oleva sääasema.

#### **4.15.3.5 Keiniänrannan Natura-alueen kasvillisuusseuranta imeytyksen päätyttyä**

Seuraava Keiniänrannan kasvillisuusseurantakierros tehdään kesällä 2011. Lisäksi Keiniänrannan Natura-alueelta otetaan vesinäytteet seurantapisteistä keväällä 2011.

#### **4.15.3.6 Imeytysalueen kasvillisuusseuranta imeytyksen päätyttyä**

Imeytysalueen kasvillisuusseurantaa valokuvaamalla jatketaan keväällä 2011 lumen suluttua ja kenttäkerroksen lajien peitteisyys mitataan kesällä 2011.

#### **4.15.3.7 Painumien jälkiseuranta**

Kokeen jälkeen seurantaa oli tarkoitus jatkaa seurantaohjelman mukaisesti vuoden ajan. Seurantaohjelman mukaisesti mittauksia piti tehdä kahden kuukauden välein.

Jälkiseurannan ensimmäinen mittaus tehtiin helmikuussa 2011. Pirkanmaan ELY-keskuksen 10.3.2011 lausunnon mukaisesti painumaseuranta on lopetettu. Painumaseurannan tuloksissa on havaittavissa ainostaan normaalia vuodenaikaisvaihtelua, joten tarkkailun jatkamisella ei ole tarvetta.

#### **4.15.3.8 Raportointimenettely jälkitarkkailun aikana**

Jälkitarkkailun aikana julkaistiin kuukausittain yleiseen käyttöön tarkoitettu kuukausiraportti Tavase Oy:n nettisivuilla (<http://www.tampere.fi/vesi/tavase.html>). Raportissa käsiteltiin sademäärät, Mallasveden pinnan korkeus, imeytys- ja vedenottomäärät, pohjaveden pinnan korkeus, pohjaveden laatu, virtaamat sekä painumatarkkailu. Raportointia jatketaan kunnes tarkkailu on kokonaan lopetettu.

#### **4.15.4 Imeytyksen aikainen tiedottaminen**

Hyväksytyn tarkkailusuunnitelman mukaisesti ennen kokeen alkua sovittiin tilaajan, suunnittelijan ja valvovan viranomaisen kesken yhteyshenkilöt ja varahenkilöt, joiden yhteystiedot toimitettiin kaikille osapuolille. Imeytyskokeen

aloittamisesta tiedotettiin kirjallisesti Pälkäneen kunnan ympäristölautakunnalle, Pirkanmaan ympäristökeskukselle sekä imeytys- ja merkkiainekokeen arvioidun vaikutusalueen asukkaille, maanomistajille ja haltijoille. Muille kuntalaisille tiedotettiin kokeen aloittamisesta yleisesti paikallislehdessä. Ennen kokeen alkua pidettiin Pälkäneellä tiedotustilaisuus alueen asukkaille ja tiedotusvälineille 7.12.2009. Lisäksi kokeen aikana pidettiin tiedotustilaisuuksia tiedotusvälineille.

Seurannassa olevien yksityisten kaivojen ja painumaseurannassa mukana olevien kiinteistöjen omistajille toimitettiin mittaustiedot kerran ennakkotarkkailun lopussa ennen imeytyskokeen aloittamista, 2 kuukauden välein imeytys- ja merkkiainekokeen aikana ja kerran ennen kokeen jälkitarkkailun lopettamista.

Tarkkailusuunnitelman lupamääräysten mukaisesti toimitettiin Pirkanmaan ympäristökeskukselle (17.2.2010) kaksi viikkoa ennen täyteen pumppaus- ja imeytysmäärään siirtymistä väliraportti siihenastisen kokeen vaikutuksista pohjavesioloihin, Kinnalan vedenottamoon sekä Keiniänrannan Natura-alueen vesitalouteen.

Raportti marjojen ja sienten jodidipitoisuudesta toimitettiin Pälkäneen kunnan terveysviranomaiselle, Pirkanmaan ympäristökeskukselle ja Pälkäneen kunnan ympäristölautakunnalle.

Kinnalan vedenottamolta otettavien vesinäytteiden tuloksia toimitettiin Pälkäneen kunnan terveysviranomaiselle.

Kokeen aikana laadittiin kuukausittain raportti, jossa esitettiin lyhyesti Excel-käyrin kokeen siihenastinen kulku, muutokset pohjavedenpinnassa ja virtaamissa sekä merkkiainekokeen aikana merkkiaineen pitoisuus havaintopisteissä. Kuukausiraportti toimitettiin tiedoksi Pälkäneen kunnan ympäristölautakunnalle sekä Pirkanmaan ympäristökeskukselle. Raportti toimitettiin sekä kirjallisena että sähköisenä

Yleisöä varten laaditut raportit tallennettiin Tavase Oy:n internetsivuille. Raportti päivitettiin kuukausittain. Raportissa esitettiin keskeiset tulokset pohjaveden pinnankorkeuden ja laadun muutoksista, virtaamamittauksista ja painumaseurannasta.

#### **4.16 Varautumissuunnitelma**

Imeytys- ja merkkiainekoetta varten laadittiin ennen kokeen aloittamista riskianalyysi ja sen perusteella varautumissuunnitelma. Riskit ryhmiteltiin seurausvaikutusten mukaisesti. Riskianalyysissä esille tulleet riskien ennakointi, varautumis- sekä korjaus- ja torjuntatoimenpiteet huomioitiin varautumissuunnitelmassa.

Varautumissuunnitelmassa esitettiin järjestelmän toiminta, merkkiaineen kulkeutumisen seuranta, kriittiset materiaalit ja energia. Erityisesti kiinnitettiin huomiota muiden toimijoiden toimintojen turvaamiseen. Näitä olivat ensisijaisesti Kinnalan vedenottamo, joka on Pälkäneen kunnan päävedenottamo, sekä koealueen ympäristön yksityistalouksien vesihuolto. Lisäksi

varautumissuunnitelmassa esitettiin tehtävät ja vastuut erityistilanteissa. Viranomaisille toimitettu varautumissuunnitelma on liitteenä (Liite 3.)

#### **4.17 Pumpatut ja imeytetyt vesimäärät**

Imeytyskoe aloitettiin 28.12.2009. Vedenotto-kaivoina imeytyskokeessa käytettiin kaivoja K3 ja K4 (Kuva 16.). Kaivojen tuottoa nostettiin portaittain vesimääriin 4000 m<sup>3</sup>/d (K3) ja 3000 m<sup>3</sup>/d (K4) (Kuva 17.). Pohjavesi johdettiin kaivoista siirtolinjaa pitkin imeytysalueelle 4. Imeytysalue 4 on jaettu kahteen osaan, vuosien 1999 – 2000 kokeessa käytetty alue sekä vuosien 2009 – 2010 kokeessa käytetty alue (Kuva 18.). Imeytyskoe tehtiin osin sadetuksena ja osin imeytyskaivojen kautta. Vuosien 2009 – 2010 imeytysalueelle rakennettiin kaksi imeytyskaivoa (IK1 ja IK2) ja vuosien 1999 - 2000 imeytysalueelle yksi imeytyskaivo (IK3). Vuosien 1999 – 2000 imeytysalueelle rakennettiin eteläinen (EH) ja pohjoinen (PH) imeytysharava.

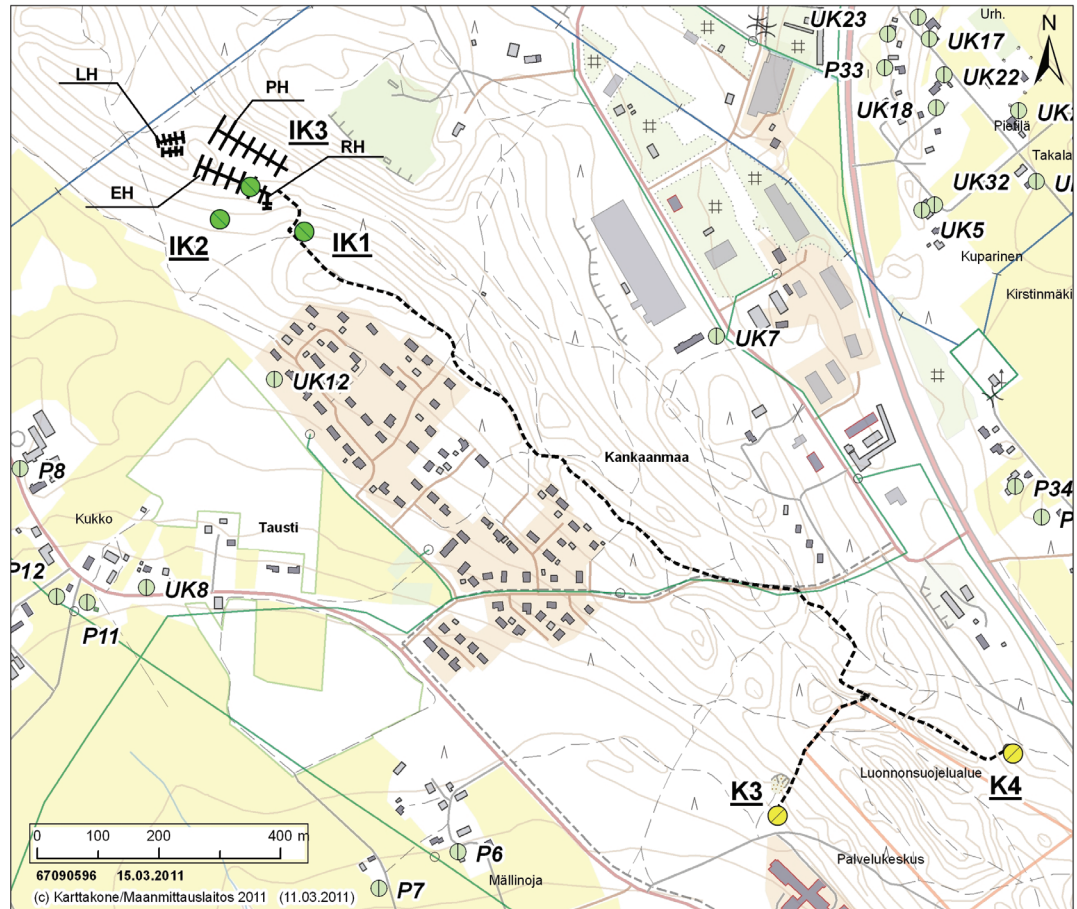
11.5.2010 lähtien molemmista kaivoista pumpattiin 3500 m<sup>3</sup>/d eli yhteensä 7000 m<sup>3</sup>/d. Merkkiainekoe aloitettiin 29.3.2010. Vesi imeytettiin 6.5.2010 saakka imeytyskaivoihin IK1, IK2 ja IK3.

6.5.2010 otettiin käyttöön myös eteläinen ja pohjoinen sadetusimeytysharava. 18.5.2010 lähtien käytössä olivat ainoastaan sadetusimeytysharavat. Heinäkuun aikana siirryttiin käyttämään 1/3 haravia suuremman pintakuorman saavuttamiseksi. Kokeen loppuvaiheessa otettiin käyttöön rinneharava (RH) ja luoteinen harava (LH) (Taulukko 3.). Elokuun lopussa otettiin jälleen käyttöön imeytyskaivo IK1 imeytysharavien lisäksi. Syyskuussa käytössä olivat kaikki imeytyskaivot vuorotellen. Lokakuussa imeytettiin ainoastaan kaivoon IK2.

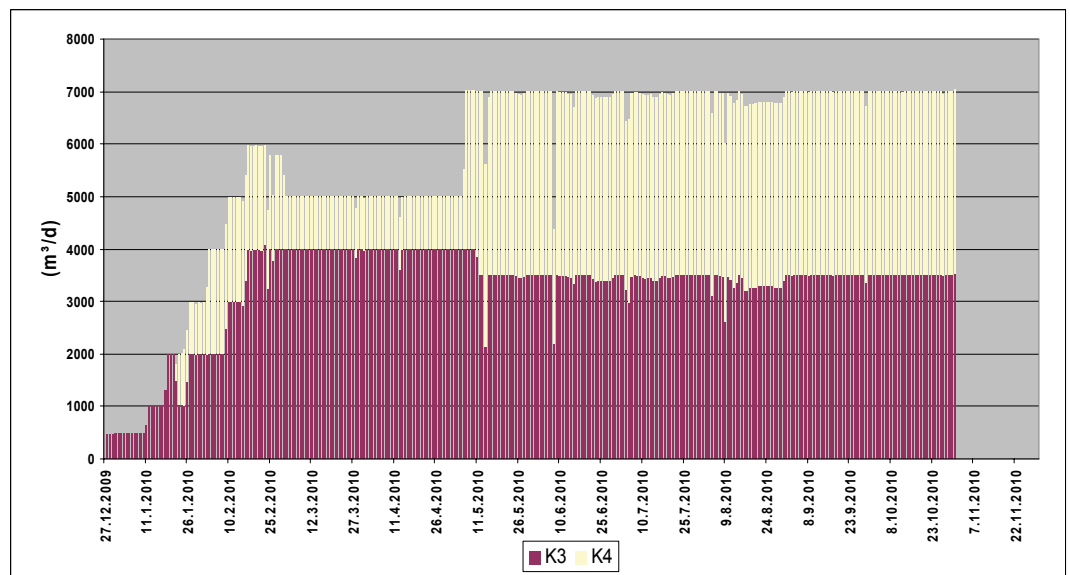
Kokeen aikana pumpattavaa ja imeytettävää vesimäärää muutettiin. Pumpatun veden määrä oli aina yhtä suuri kuin imeytettävä vesimäärä.

Imeytys ja pumpaus päättyivät 1.11.2010.

Sadetuskokeen kulku on esitetty taulukossa 3. Koe aloitettiin koko haravalla, EH ja PH yhdessä, tämän jälkeen em. osilla sadetettiin erikseen. Pintakuorman säättämiseksi haravat imeytettiin puolikkailla haravan osilla ja myöhemmin 1/3 – haravan osilla.



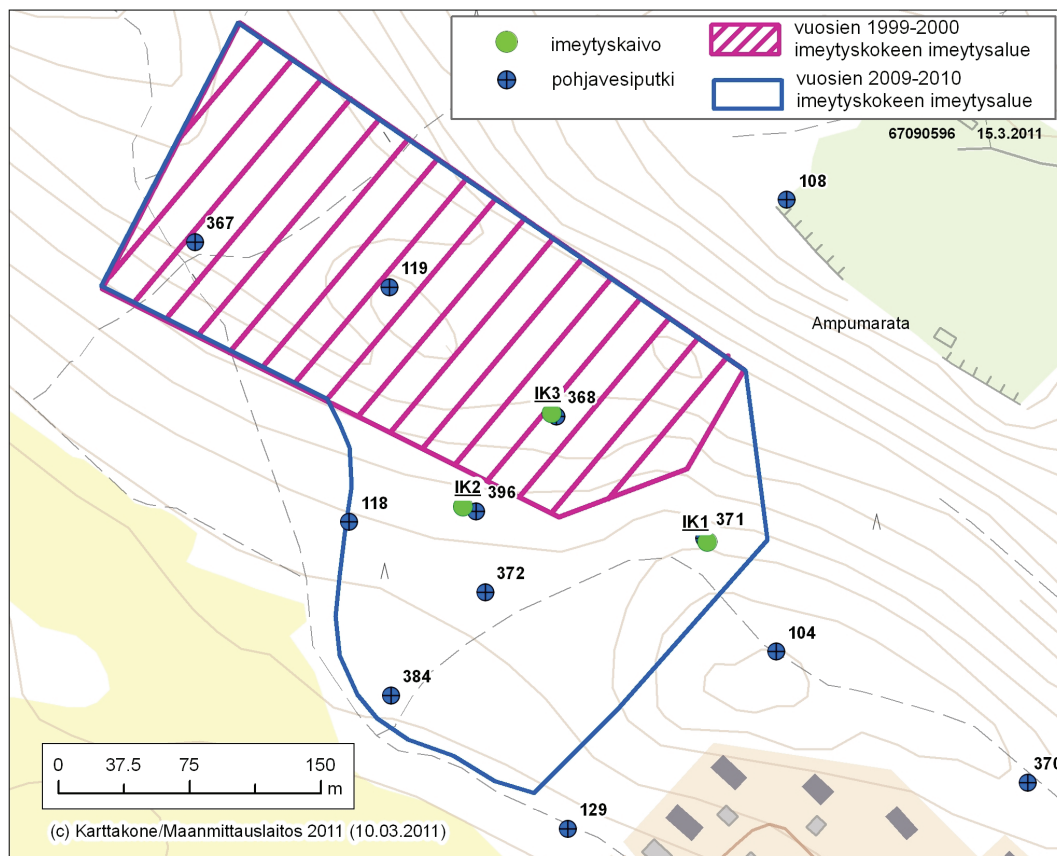
Kuva 16. Vedenotto-kaivojen K3 ja K4, imeytyskaivojen IK1, IK2 ja IK3 sekä sadetusimeytysharavien PH, EH, LH ja RH sijainti.



Kuva 17. Kaivoista K3 ja K4 yhteensä pumpattu vesimäärä ( $\text{m}^3/\text{d}$ ). Määrät on esitetty vuorokausikeskiarvoina.

Taulukko 3. Imeytys- ja vedenottomäärät imeytyskokeen aikana. PH=pohjoinen sadetusimeytysharava ja EH=eteläinen sadetusimeytysharava. RH =rinneharava, LH = luoteinen harava.

PVM	K3 (m³/d)	K4 (m³/d)	IK1 (m³/d)	IK2 (m³/d)	IK3 (m³/d)	PH (m³/d)	EH (m³/d)	RH (m³/d)	LH (m³/d)
28.12.09 – 10.1.2010	-500	-	500						
11.1. – 17.1.2010	-1000	-	1000						
18.1. – 21.1.2010	-2000	-	2000						
22.1. – 25.1.2010	-1000	-1000	2000						
26.1. – 2.2.2010	-2000	-1000	3000						
3.2. – 8.2.2010	-2000	-2000	3000		1000				
9.2. – 15.2.2010	-3000	-2000	3000		2000				
16.2. – 22.2.2010	-4000	-2000	2000	1000	3000				
23.2. – 1.3.2010	-4000	-1800	2000	1000	2800				
2.3. – 3.3.2010	-4000	-1000	1000	2000	2000				
4.3. – 8.3.2010	-4000	-1000	1000	3000	1000				
9.3. – 5.5.2010	-4000	-1000	2000	1000	2000				
6.5. – 10.5.2010	-4000	-3000	2000	1000	2000	1000	1000		
11.5. – 17.5.2010	-3500	-3500	0	0	2000	3000	2000		
18.5. – 24.5.2010	-3500	-3500	0	0	0	7000	0		
25.5. – 7.6.2010	-3500	-3500	0	0	0	0	7000		
8.6. – 14.6.2010	-3500	-3500	0	0	0	7000 (1/2 kaakko)	0		
						7000 (1/2 luode)			
15.6. – 21.6.2010	-3500	-3500	0	0	0	7000 (1/2 luode)	0		
						7000 (1/2 luode)			
22.6. – 28.6.2010	-3500	-3500	0	0	0	0	7000 (1/2 luode)		
							7000 (1/2 kaakko)		
29.6. – 5.7.2010	-3500	-3500	0	0	0	0	7000 (1/3 luode)		
							7000 (1/3 luode)		
13.7. – 2.8.2010	-3500	-3500	0	0	0	7000 (1/3 luode)	0		
3.8. – 9.8.2010	-3500	-3500	0	0	0	7000 (1/3 keskiosa)	0		
10.8. – 16.8.2010	-3500	-3500	0	0	0	0	0	2200	4800
17.8. – 29.8.2010	-3300	-3500	0	0	0	0	0	0	6800
30.8.2010	-3500	-3500	3000	0	0	0	0	0	4000
31.8.2010	-3500	-3500	5000	0	0	0	2000	0	0
1.9. – 7.9.2010	-3500	-3500	7000	0	0	0	0	0	0
8.9.2010	-3500	-3500	0	0	3000	0	0	0	4000
9.9.2010	-3500	-3500	0	0	5000	0	0	0	2000
10.-16.9.2010	-3500	-3500	0	0	7000	0	0	0	0
17.-19.9.2010	-3500	-3500	0	3000	0	0	0	0	4000
20.9.2010	-3500	-3500	0	5000	0	0	0	0	2000
21.9.-31.10.2010	-3500	-3500	0	7000	0	0	0	0	0
1.11.2010	-3200	-1600	0	3400	0	0	0	0	0



Kuva 18. Vuosien 1999-2000 imeytyskokeessa käytetty imeytysalue sekä vuosien 2009-2010 imeytyskokeessa käytetty imeytysalue.

Taulukossa (Taulukko 4.) on esitetty imeytysalueiden pinta-alat ja kokeen tavoitevesimäärän ( $7000 \text{ m}^3/\text{d}$ ) mukaiset pintakuormat.

Taulukko 4. Imeytysalueiden pinta-alat ja kokeen tavoitevesimäärän mukaiset pintakuormat.

	imeytysvesimäärä $\text{m}^3/\text{d}$	imeytysvesimäärä $\text{m}^3/\text{h}$	pinta-ala $\text{m}^2$	Pintakuorma $\text{m}/\text{h}$
Molemmat haravat (PH ja EH) käytössä	7000	291,67	10350	0,03
Toinen harava käytössä	7000	291,67	5175	0,06
1/2 toisesta haravasta käytössä	7000	291,67	2587,5	0,11
1/3 toisesta haravasta käytössä	7000	291,67	1725	0,17

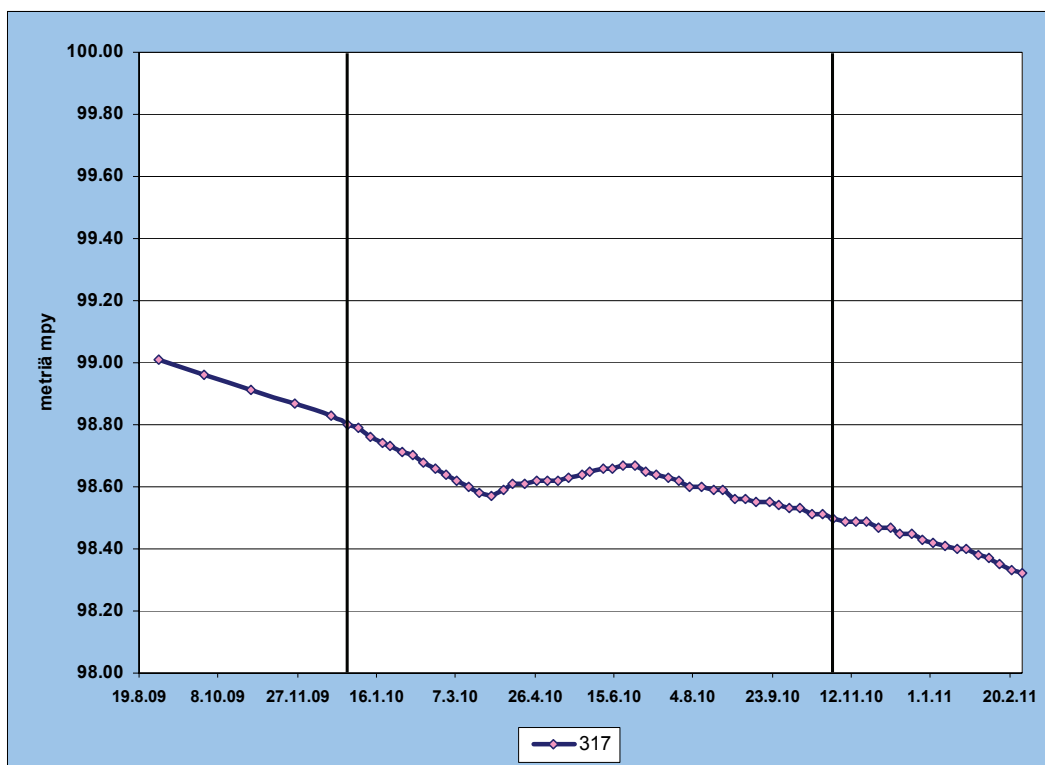
## 5 TULOKSET

### 5.1 Pohjaveden pinnan korkeus

#### 5.1.1 Yleistä

Vähäsateisen vuoden 2009 vuoksi pohjaveden pinta oli pitkään laskeva. Keväällä 2010 sulamisvesien ja roudattoman maan ansiosta pohjaveden muodostuminen jälleen lisääntyi. Kesällä pohjaveden muodostuminen oli kuitenkin mm. haihtumisesta ja pintavalunnasta johtuen vähäisempää. Syksyllä pohjaveden muodostuminen yleensä lisääntyy sateiden ansiosta.

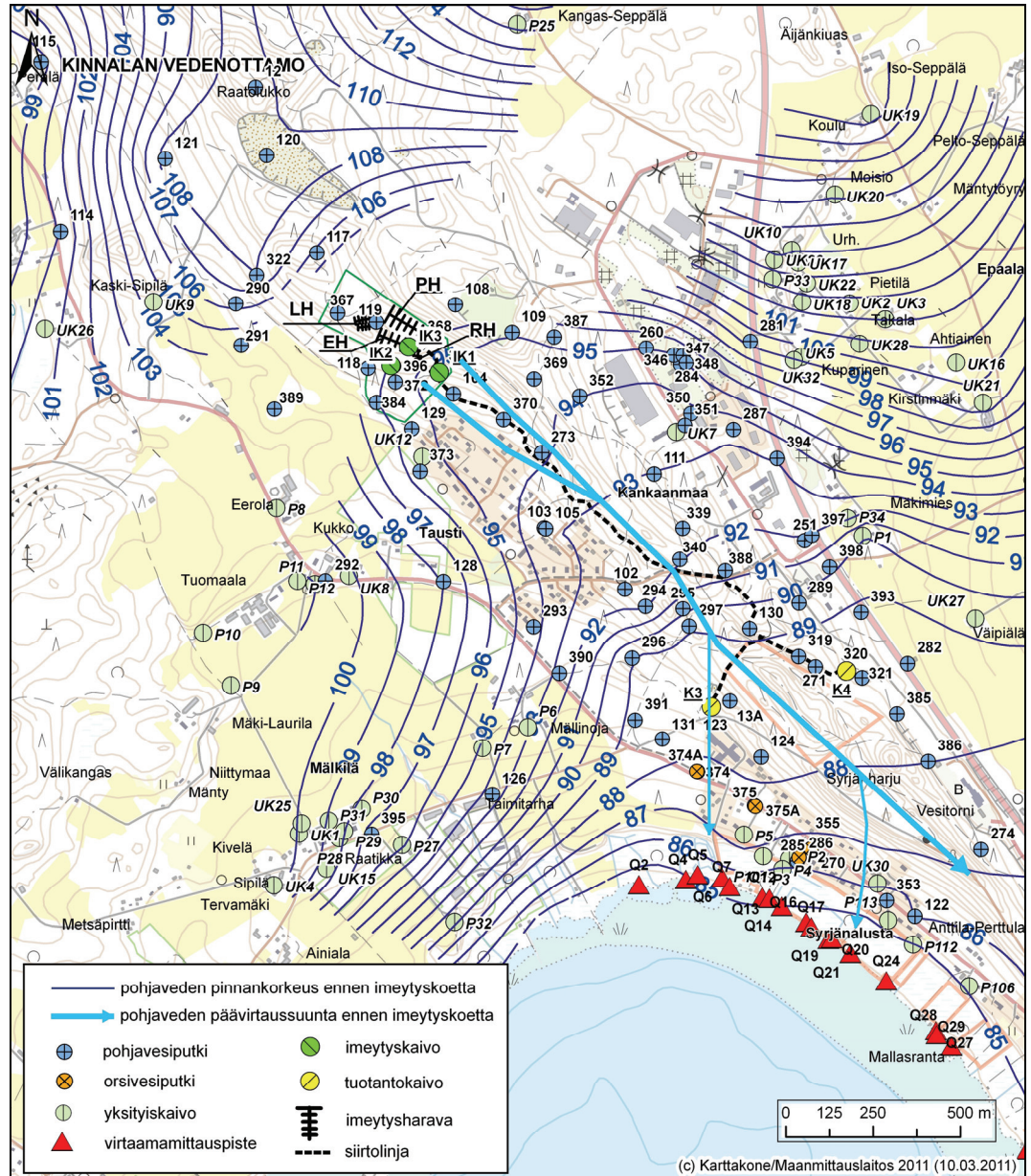
Luonnontilaisena vertailupisteinä mukana tarkkailussa oli Kangasalla sijaitseva havaintoputki 317 (Kuva 19.). Pohjaveden pinta kääntyi ko. putkessa kesäkuun puolen välin jälkeen laskuun kevään ja alkukesän vesipinnan nousujakson jälkeen. Elokuusta 2010 helmikuun 2011 loppuun vesipinta laski noin 0,7 m. Helmikuun 2011 lopussa vesipinta havaittiin noin tasolla + 98,3 m mpy, joka on n. 0,3 m alempana vuoden 2010 vastaavaan ajankohtaan verrattuna.



Kuva 19. Pohjaveden pinnan korkeus vertailupisteessä, Kangasalla sijaitsevassa havaintoputkessa 317. Pumppauksen ja imeytyksen alkamis- ja päättymisajankohta on merkitty kuvaan pystyviivalla.

#### 5.1.2 Luonnontila

Kokeen lähtötilanteen (joulukuu 2009) eli luonnontilainen pohjavesipinta on esitetty kuvassa (Kuva 20.).



Kuva 20. Pohjavedenpinta luonnontilassa joulukuussa 2009.

Pohjavesipinta oli ennen kokeen alkua joulukuussa 2009 imeytysalueella noin tasolla +95 - 96 m mpy. Imeytysalueelta pohjavesipinta laskee päävirtaussuunnan mukaisesti kaakkoon Taustialantien kohtaan noin tasolle +91,5 – 92,5 m mpy. Pohjavesipinnan korkeus putoaa jyrkästi Taustialantien kaakkoispuolelle tasolle +89 m mpy. Tästä pohjavesipinta laskee edelleen kaakkoon Pälkäneen keskustan suuntaan sekä etelään Mallasveteen purkautuen järven pinnan tasolle +83,9 m mpy.

Taustialantien itä- ja länsipuolella muodostuma on vettä ympäristöstään keräävä eli itäpuolella pohjavesipinta on yksityiskaivoissa korkeimmillaan tasolla +103 – 111 m mpy ja länsipuolella tasolla +98 – 100 m mpy.

Imeytysalueelta luoteeseen Kinnalan suuntaan mentäessä on kuiva kalliokynnys. Joulukuussa 2009 havaittiin imeytysalueella pohjavesipinta korkeimmillaan

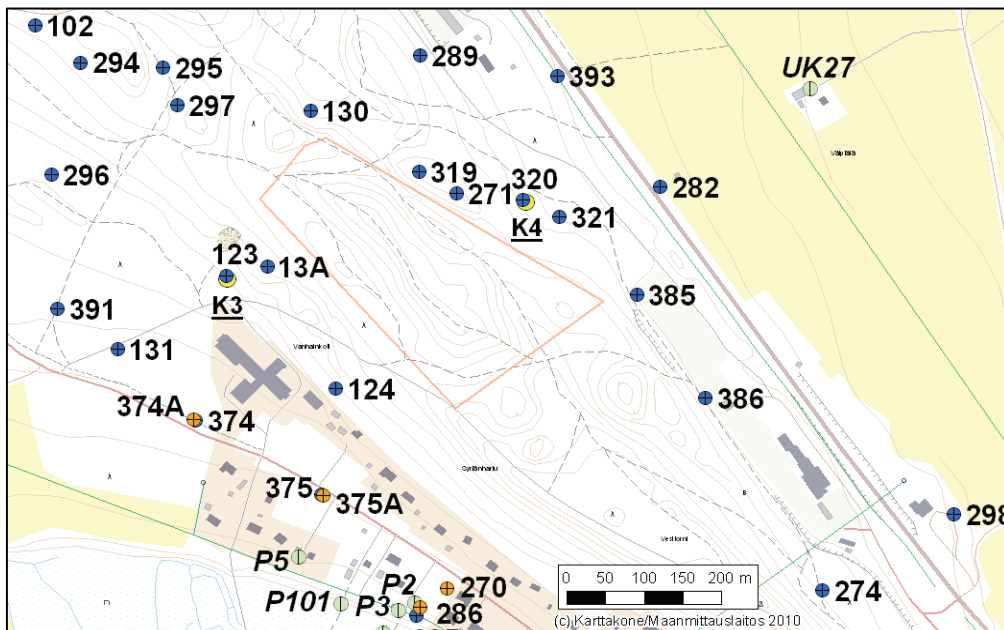
havaintoputkessa 384 tasolla +96 m mpy. Kalliokynnyksen Kinnalan puolella pohjavesipinta havaittiin tasolla +106 – 108 m mpy. Tästä Kinnalan vedenottamolle mentäessä pohjavesipinta laskee tasolle +98,5 m mpy.

### 5.1.3 Kokeen aikainen pohjavesipinta

Kokeen aikaisia pohjavesipintoja tarkasteltaessa ei ole otettu huomioon luontaista pohjavesipinnan laskua alueella.

#### Kaivoalue

Pumppaus kaivosta K3 aloitettiin 28.12.2009. Kaivon K3 viereisessä havaintopisteessä 123 (Kuva 21.) pohjavesipinta on laskenut pumppauksen seurauksena n. 2,2 m (Kuva 22.). Pinta lähti nousuun imeytetyn veden vaikutuksesta maaliskuun 2010 puolessa välissä ja nousi pumppauksen lopetukseen 1.11.2010 mennessä 1,15 m. Joulukuun 2010 puolivälissä pohjavesipinta oli havaintopisteessä 123 n. 0,7 m ylempänä, kuin ennen koetta, koska imeytettyä vettä virtasi edelleen kaivoalueelle. Helmikuun 2011 lopussa pohjavesipinta oli ko. havaintoputkessa edelleen noin 0,3 m korkeammalla, kuin ennen koetta joulukuussa 2011. Pinnan palautuminen jatkuu edelleen.



Kuva 21. Vedenottokaivojen K3 ja K4 lähialueen havaintopisteitä. P- ja UK-tunnuksella merkityt kohteet ovat yksityiskaivoja.