

Maarit Luoranen

**POHJAVEDEN SUOJAPUMPPAUKSEN  
KESKEYTYKSEN VAIKUTUS POHJA-  
VEDEN LIUOTINPITOISUUTEEN JA  
KULKEUTUMISEEN**

Opinnäytetyö  
Ympäristötekniologia

2018



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

<b>Tekijä/Tekijät</b>	<b>Tutkinto</b>	<b>Aika</b>
Maarit Luoranen	Insinööri (ylempi AMK)	Joulukuu 2018
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		41 sivua
Pohjaveden suojauspumpun keskeytyksen vaikutus pohjaveden liuotinpitoisuuteen ja kulkeutumiseen		12 liitesivua
<b>Toimeksiantaja</b>		
Vahanan Environment Oy		
<b>Ohjaaja</b>		
Arto Sormunen		
<b>Tiivistelmä</b>		
<p>Kilpilahden teollisuusalueella toimi vuosina 1972–1981 vinyylidikloridimonomeeritehdas (VCM-tehdas), jonka toiminnan seurauksena maaperään ja siitä edelleen kalliopohjaveteen pääsi 1,2-dikloorietaania eli EDC:tä. Liuotinpäästöön liittyen alueella on tehty useita pohjavesitutkimuksia 1970-luvulta lähtien. Nykytietämyksen perusteella liuotinpluumin päästölähde sijaitsee kallioraoissa entisen VCM-tehtaan alueella. Maaperään päässeeseen EDC:n kokonaismäärä ei ole tiedossa, mutta oletettavasti määrä on ollut jopa 100 000 kg.</p> <p>EDC-pitoisen pohjaveden kulkeutumista ympäristöön on rajoitettu pohjaveden suojauspumpulla vuodesta 1980 lähtien. Vuodesta 2008 pohjavettä on pumppauksen yhteydessä käsitelty aktiivihiilisuodatuksella. Suojauspumpun ja aktiivihiilikäsittelyn seurauksena alueelta on poistettu EDC:tä noin 20 000 kg. Viime vuosina pumppaus- ja käsittelylaitteistoon tulevan veden haitta-ainepitoisuustaso ei ole kuitenkaan enää laskenut. Nykytilanteessa ei ole varmaa, onko suojauspumpun hyödyt kustannuksiin nähden riittävät ja tuottaako suojauspumpun merkittäviä ympäristöhyötyjä. Tässä työssä suojauspumpun keskeytettiin tarkkailujakson ajaksi (aikajakso 2017–2018), jotta voitiin arvioida suojauspumpun merkitystä EDC:n leviämiseen ja kulkeutumiseen.</p> <p>Työssä otettiin tarkkailujakson ajan vesinäytteitä yhteensä 14:stä pinta- ja pohjaveden havaintopisteestä viranomaisen hyväksynnän tarkkailusuunnitelman mukaisesti. Näytteitä otettiin ennen pumppauksen keskeytystä ja keskeytyksen jälkeen, jotta tuloksissa voitiin havaita mahdolliset pumppauksen keskeytyksen aiheuttamat muutokset. EDC-kuormituksen laske-miseksi pintaveden havaintopisteistä määritettiin virtaamat. Vesinäytteiden EDC-pitoisuudet analysoitiin akkreditoidussa laboratorioissa. EDC-pitoisuuksille oli määritetty raja-arvot, joiden ylityessä näytteenottoja tuli jatkaa tiheämmäksi.</p> <p>Tarkkailujakson aikana havaintopisteen S72 EDC-pitoisuus ylitti kerran asetetun raja-arvon. Ylitys johtui arvioiden mukaan pienestä virtaamasta ja kylmästä ajanjaksosta, jolloin EDC-pitoisen pohjaveden osuus pintavedestä oli suhteellisen suuri. Kylmä vuodenaika hidastutti EDC:n haihtumista. EDC-pitoisuuksien tarkastelussa ei todettu muutoksia ennen pumppauksen keskeytystä ja keskeytyksen jälkeen otetuissa näytteissä. Myöskään havaintopisteen S72 EDC-kuormituksessa ei todettu muutoksia. Tulosten perusteella voitiin todeta, ettei suojauspumpulla havaittu olevan merkitystä EDC:n leviämiseen tai kulkeutumiseen päästölähdealueelta eteenpäin.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
pohjavesi, suojauspumpun keskeytys, EDC, 1,2-dikloorietaani, etyleenidikloridi		

Author (authors)	Degree	Time
Maarit Luoranen	Master of Engineering	December 2018
<b>Thesis title</b> The effect of interruption of groundwater protection pumping on the solvent content of groundwater and on the spreading		41 pages 12 pages of appendices
<b>Commissioned by</b> Vahanen Environment Oy		
<b>Supervisor</b> Arto Sormunen		
<p data-bbox="164 723 300 757"><b>Abstract</b></p> <p data-bbox="164 790 1489 1014">A vinyl chloride monomer plant (a VCM plant) was operating in Kilpilahti industrial area in 1972–1981. Because of the operations onsite, 1,2-dichloroethane (EDC) was dissolved to the groundwater. Several studies have been carried out in the area since the 1970s. Based on current knowledge, the source of the EDC plume is in the rock gaps in the area of the former VCM plant. The total amount of EDC in the soil is unknown, but it is expected to have reached up to 100,000 kg.</p> <p data-bbox="164 1059 1473 1384">The spreading of EDC containing groundwater to the environment has been limited by groundwater protection pumping since 1980. Groundwater has been treated with activated carbon filtration since 2008. As a result of the pump and treat method, about 20,000 kg of EDC has been removed from the area. In recent years, the contamination level of water entering to the pump and treat system has not diminished. Also, it is not certain whether the benefits of pumping are sufficient and whether the pumping has significant environmental benefits. In this thesis, the pump and treat method was interrupted during the observation period (period 2017–2018). The objective of the thesis was to evaluate the importance of pumping for the spreading of EDC.</p> <p data-bbox="164 1429 1489 1675">Water samples were collected from a total of 14 surface and groundwater observation points during the observation period. The monitoring plan was approved by the authority. Samples were taken before pumping and after interruption, so that possible changes in EDC concentrations could be detected. The flow was determined from the surface water points to calculate the EDC load. EDC concentrations in water samples were analyzed in an accredited laboratory. If the limit values of EDC concentrations were exceeded, the sampling rates should be increased.</p> <p data-bbox="164 1720 1489 1966">The EDC concentration exceeded the limit value one time in the detection point S72 during the observation period. The exceeding was due to the low flow and cold weather, which meant that the proportion of EDC contaminated groundwater in surface water was relatively high. The cold season slowed the evaporation of EDC. No change of EDC concentrations was observed before pumping or after interruption. No change of EDC load was observed at the observation point S72. Based on the results, the pumping was not found to be relevant to the spreading or migration of EDC from the emission area.</p>		
<p data-bbox="164 1966 323 2000"><b>Keywords</b></p> <p data-bbox="164 2045 1361 2078">groundwater, pump and treat method, EDC, 1,2-dichloroethane, ethylene dichloride</p>		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TYÖN TAUSTA.....	6
2.1	EDC:n levinneisyysalueen ympäristöolosuhteet .....	6
2.2	Pohjaveden suojapumppaus .....	8
2.3	Riskinarviointiprosessin kuvaus .....	11
2.4	EDC:n ominaisuudet ja luontainen hajoaminen .....	15
2.5	Haitta-aineiden kulkeutumisreittejä koskevat aiemmat tutkimukset .....	17
3	AINEISTO JA MENETELMÄT .....	18
3.1	Kohteen kuvaus .....	18
3.2	Pinta- ja pohjavesien virtaukset .....	19
3.3	Suojapumppauksen keskeytys .....	22
3.4	Näytteenotto ja näytteiden analysointi .....	22
3.5	Virtaama ja kuormitus .....	24
3.6	Varautuminen poikkeuksellisiin tilanteisiin .....	27
4	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU .....	29
5	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	36
	LÄHTEET.....	37

## KUVALUETTELO

## LIITTEET

Liite 1. Havaintopisteiden vesinäytteiden EDC-pitoisuudet tarkkailujakson aikana

Liite 2. Esimerkki laboratorion analyysitodistuksesta

Liite 3. Havaintopisteen S72 EDC-kuormitus tarkkailujakson aikana

## 1 JOHDANTO

Pohjavesien suojelulla pyritään säilyttämään luonnontilaiset pohjavedet entisellään sekä estämään ihmistoiminnan vaikutuksia pohjaveden laatuun. Suomessa pohjavedet ovat toistaiseksi pääosin hyvässä kunnossa. Pohjaveden pilaantumisriskiä lisäävät muun muassa teollisuustoiminnot, pilaantuneet maalueet, muu ihmistoiminta, kuten huoltoasemat, kaatopaikat, jätevesien käsittely, viemäröinti ja teiden talvikunnossapito sekä yleisesti pohjaveden lisääntynyt käyttö. (Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitto 2017; Suomen ympäristökeskus SYKE 2017a.) Suomessa pohjavesien tila on vaarantunut erityisesti Etelä-Suomessa ja taajamissa, joissa on runsaasti ihmistoimintaa. Pohjaveden ja pohjavesialueiden suojelutarve on kasvanut lisääntyneen ihmistoiminnan ja myös lakiin perustuvan suojeluvollisuuden takia. Pohjaveden suoje- lua ohjataan kansallisilla säädöksillä, jotka sisältyvät ympäristönsuojelu- ja ve- silakiin ja lakiin vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä. (Suomen ympä- ristökeskus SYKE 2017a.)

Suomessa pohjavesimuodostumat sijaitsevat alueilla, joissa suojaava maaker- ron on yleensä ohut ja hyvin vettä johtavaa. Tästä syystä pohjavesimuodostu- mat ovat myös herkkiä pilaantumaan, koska haitta-aineet pääsevät helposti pohjaveteen. (Suomen ympäristökeskus SYKE 2018.) Valitettavan usein vuo- sikymmeniä sitten käynnistyneiden teollisuustoimintojen aiheuttamat päästöt ovat aiheuttaneet useita pohjavesien pilaantumisia, koska tehdastoimintaa koskeva lainsäädäntö on ollut hyvin erilaista verrattuna nykypäivään.

Kilpilahden teollisuusalueella toimi 1970–1980-luvuilla vinyylidikloridimonomee- ritehdas (VCM-tehdas), joka valmisti PVC-muovia teollisuuden tarpeisiin. PVC-muovin valmistamisessa käytettiin liuottimena muun muassa 1,2-dikloo- rietaania eli EDC:tä (NSW Government 2013). Tehtaan toiminnan yhteydessä tapahtui liuotinvuotoja tehtaan toimintaympäristön maaperään. Maaperästä liuotinpäästöt kulkeutuivat alueen kalliopohjaveteen.

EDC-pitoisen pohjaveden kulkeutumista ympäristöön on rajoitettu pohjaveden suojapumppauksella, joka on käynnistetty vuonna 1980. Vuodesta 2008 poh- javettä on pumppauksen yhteydessä käsitelty aktiivihiilisuodatuksella. Suoja-

pumppauksen ja aktiivihiilikäsittelyn seurauksena alueelta on karkeasti arvioiden poistettu EDC:tä noin 20 000 kg. EDC:n kokonaismäärä pohjavedessä on todennäköisesti vähentynyt suoja-pumppauksen seurauksena. Viime vuosina suoja-pumppaus- ja käsittelylaitteistoon tulevan veden haitta-ainepitoisuustaso ei ole kuitenkaan enää laskenut. Nykytilanteessa ei ole varmaa, onko suoja-pumppauksen hyödyt kustannuksiin nähden riittävät. Lisäksi on epävarmaa, tuottaako suoja-pumppaus ympäristöhyötyjä, esimerkiksi vähentääkö pumppaus pitkän ajan ympäristökuormitusta.

Suoja-pumppauksen yhteydessä toteutetun pitkäaikaisen pohjaveden EDC-pitoisuusseurannan perusteella on päätelty, että EDC:tä ei kulkeudu enää merkittävässä määrin ympäristöön. Pitkään jatkuneesta pohjaveden käsittelystä huolimatta EDC:tä arvioidaan olevan edelleen merkittäviä määriä tehdasalueen kalliopohjavedessä ja kallioruhjeissa. Suoja-pumppauksella saatava hyöty haluttiin selvittää niin ympäristön kuin taloudellisen kustannustehokkuuden kannalta. Suoja-pumppaus ja veden aktiivihiilikäsittely keskeytettiin tarkkailujakson ajaksi, jotta voitiin arvioida suoja-pumppauksen merkitystä haitta-ainesten leviämiseen ja kulkeutumiseen.

## **2 TYÖN TAUSTA**

### **2.1 EDC:n levinneisyysalueen ympäristöolosuhteet**

EDC:n leviämisalue on suurelta osin kalliomaastoa, jossa on vähän maata. Kallio on pienipiirteistä ja maastossa on näkyvissä painanteita ja jyrkäniteitä. Kallioharjanteiden välisissä painanteissa on kalliota peittävä moreenikerros sekä paikoin lajittuneita hiekka- ja soramaalajeja, jotka ovat peittyneet savi- ja silttikerrostumilla syvempien painanteiden keskiosissa. Moreeni- ja hienojakeisissa maalajeissa pohjaveden virtaus on pientä, kun taas hiekka- ja sorakeroksissa virtaus on selvästi suurempaa. (GTK s.a.)

Alueen kallioperä on seoskiveä eli migmatiittia, ja se on rakeisuudeltaan keski-karkeaa. Kallion vedenläpäisevyys vaihtelee riippuen kallion sisältämien rakojen rakotihydestä ja avonaisuudesta. (Grönholm ym. 2006.) Kallioperän rikkonaisuus vaikuttaa ratkaisevasti alueen pohjaveden määrään. Kallion päära-

kosuunnat ovat itä-länsisuuntainen rakoilu ja tätä risteävät suunnat etelä-pohjoissuunnassa. Kallionpinta on pääosin pohjaveden pinnan yläpuolella. (Insinööritoimisto Pohjatekniikka 1987; GTK s.a.)

EDC:n levinneisyysalueen pintavedet virtaavat pääosin kaakkoon Dybäcken-puroa pitkin, purkautuen rannikolla Pedarsvikeniin. Dybäcken-puron valuma-alueelta S72, johon pääosa entisen VCM-tehtaan alueen vesistä kulkeutuu, muodostuu pintavesiä noin 10 l/s. Muita valuma-alueita ovat Noro 2 ja Noro 3. Noro 2:n virtaama on noin 1 l/s ja Noro 3:n 1,5 l/s.

Kallioisesta maastosta johtuen alueella arvioidaan muodostuvan vähän pohjavesiä. Vähäisestä irtomaakerroksesta johtuen kalliossa olevat ruhjeet ja raot toimivat pääosin pohjaveden kulkeutumisreitteinä. Alavalla alueella, muun muassa purolaakson alueella, maaperä on savikkoa ja kallio putoaa pohjaveden pinnan alapuolelle. Kallioraoista purkautuva vesi pyrkii aina päätymään pintavedeksi ojiin. Toisin päin tapahtuva leviäminen, eli EDC-pitoisen veden imeytyminen uomista maahan ja sieltä kallioruhjeisiin, ei ole todennäköistä. (Geobotnia Oy 2008.) Päästöalueen pohjavesi on voimakkaasti kerrostunutta. Pintaosissa pohjavesi on lähes täysin puhdasta, mutta syvemmällä EDC-pitoisuudet voivat olla korkeita, jopa yli 50 mg/l.

Tehdasalueella kulkee kallioon louhittu merivesitunneli, jossa kulkevaa merivettä käytetään prosessien jäähdytykseen. Merivesitunneli kulkee tehdasalueen läpi itä-länsisuunnassa päättyen entisen VCM-tehtaan länsipuolelle. Varsinainen meriveden ottopää sijaitsee rannikolla. Tunnelin virtaama on noin 150 000 m<sup>3</sup>/h. Merivesitunneliin on havaittu tihkuvan EDC-pitoista vettä useasta pisteestä kallion ruhjeiden sekä halkeamien kautta. (Geobotnia Oy 2008.) Tunnelia on kartoitettu ensimmäisen kerran vuonna 1977, ja uusintatutkimuksia on tehty vuonna 2009. Merivesitunnelin ylätasoon korkeustiedot, kallioruhjeet ja vuotokohdat on paikannettu noin 300 metrin matkalta ajo- ja poikkitunnelista. Varsinaista vesitunnelia ei ole kartoitettu. Tutkimuksien perusteella kartoitetussa tunneliosuudessa todettiin pieniä EDC-pitoisuuksia. EDC-pitoisen veden purkautumiskohtien, EDC-pitoisuuden, pohjaveden virtaussuuntien ja paine-erojen perusteella on arvioitu, että merivesitunneliin tulevan EDC-pitoisella pohjavedellä on erillinen EDC-lähde kuin Dybäcken-puroon purkautuvalla EDC:llä. Lisäksi tunnelissa vallitsee meriveden painetaso, jolloin tunnelin

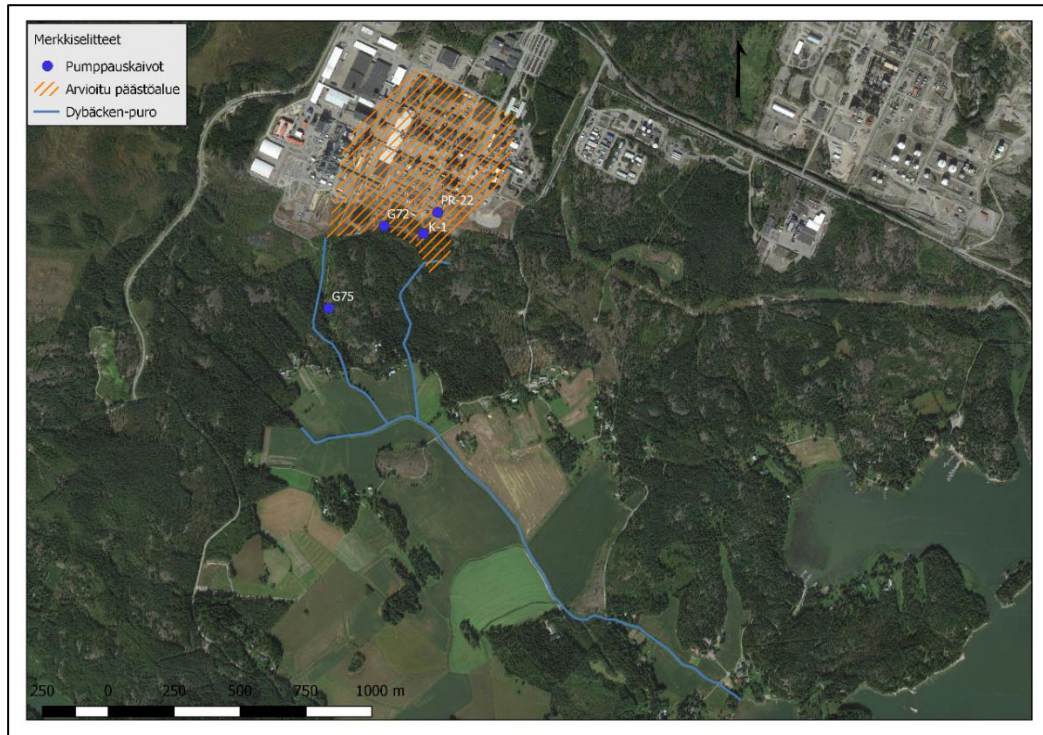
lähialueilla on voimakas hydraulinen gradientti tunnelia kohti. Tämä estää kal-liopohjavettä leviämistä ympäristöön. (Geobotnia Oy 2009.)

## **2.2 Pohjaveden suojaus**

Pohjaveden käsittely suojauslaitteilla eli pump and treat -menetelmällä on yleisesti käytössä oleva menetelmä pohjaveden haitta-ainepitoisuuksien vähentämiseksi. Pohjavettä pumpataan käsittelylaitteistoon, jossa usein huokoisen väliaineen, esimerkiksi aktiivihiilen, adsorptiokyvyn avulla saadaan vedestä poistettua haitta-aineita. (Brusseau & Maier 2004, 335–356.)

Pohjaveden käsittely on viranomaisen velvoittamaa, ja sillä on toistaiseksi voimassa oleva ympäristölupa. EDC-pitoisen pohjaveden kulkeutumista ympäristöön on rajoitettu pohjaveden suojauslaitteilla, joka käynnistettiin vuonna 1980. Suojauslaitteiden sijaintia on siirretty vuosien kuluessa pohjaveden liuotinpitoisuuksien pienenemisen ja uusien tutkimustuloksien perusteella koskien tehokkaampaa suojauslaitteistoa. Pohjaveden suojauslaitteiden käyttöä aloitettiin porakaivosta G75. Samaan aikaan suojauslaitteita tehtiin kaivosta K-1. Suojauslaitteiden käyttöä siirrettiin porakaivoon G72, josta suojauslaitteita tehtiin vuosina 1992–2010. Kaikki suojauslaitteiden ja liuotimen arvioitu päästöalue on kuvassa 1.





Kuva 1. Liuotinpäästön arvioitu päästöalue ja suoja-pumppauskaivot (ilmakuva: Maanmittauslaitos 2018)

Alueella tehtiin vuonna 2009 koepumppauksia, joiden tarkoituksena oli selvittää kallioruhjeiden sijainti suoja-pumppauskaivon G72 ympärillä sekä kalliossa olevia hydraulisia yhteyksiä alueella, jossa EDC:tä on todettu. Koepumppauksissa tutkittiin pohjaveden alenemaa etäisyyden funktiona 36 tunnin pumpausjakson aikana. Pohjaveden alenemat vaihtelivat 0–0,6 metriä, ja pumpausvaikutussäde oli 0–130 metriä. Pumppauspisteillä, joissa ei todettu veden alenemaa, ei arvioitu olevan selvää hydraulista yhteyttä muihin pumpauspisteisiin. Koepumppauksien perusteella pumpausvaikutus lännen suuntaan oli suurempi kuin itään ja koilliseen. Pumppauksien perusteella kalliopohjaveden suotonopeus kallioreikien antoisuuksien perusteella oli noin 0,03 m/h. Suotovirtaus keskittyi alueella todettuihin kallion rakovyöhykkeisiin, jolloin pohjaveden suotonopeudeksi rakovyöhykkeiden läpi määritettiin 3–4 m/h. (Geobotnia 2009.) Pumppauskokeiden perusteella arvioitiin sopivaa pumpppaustehoa, jolla EDC:tä saataisiin mahdollisimman tehokkaasta pois. Pienemmällä virtauksella EDC-saannon todettiin olevan parempaa kuin suuremmilla virtauksilla.

Pumpattu vesi käsiteltiin levyilmastimella (air stripper) vuosina 1992–2007. Levyilmastimen toiminta perustuu nesteen ilmastustekniikkaan, jossa nesteessä

olevat haihtuvat haitta-aineyhdisteet (VOC, volatile organic compound) siirtyvät ilmapirtaan. Ilmastuskäsittely soveltuu haihtuville yhdisteille, joilla on korkea höyrynpaine ja alhainen vesiliukoisuus. Haitta-aineen Henryn lain vakio määrittää käsiteltävän veden ja ilman suhteen. Neste- ja kaasufaasin koskettaessa toisiaan pyrkii kaasu absorboitumaan nesteeseen. Henryn lain vakio kuvaa kaasun paineen ja sen liukoisuuden suhdetta. Nesteeseen liukenevan kaasun määrä on suoraan verrannollinen kaasun osapaineeseen. Yleisesti korkean Henryn lain vakion omaavia haitta-aineita voidaan poistaa ilmastustekniikalla taloudellisesti. Henryn lain vakio kasvaa lämpötilan noustessa, joten ilmastus on helpompaa lämpimissä olosuhteissa. (Juang ym. 2005, 79–87; Chen ym. 2012, 156–165.)

Neste Oyj käynnisti pumppauksen ja veden käsittelyn aktiivihiilisuodatuksella vuonna 2008. Pumppausta ja veden käsittelyä jatkettiin porakaivosta PR-22 vuonna 2012. Porakaivosta PR-22 pumpattu vesi ohjataan käsittelylaitteistoon, jossa on kaksi sarjaan kytkettyä aktiivihiilisuodatinta (GAC, granular activated carbon) sekä mittaus- ja valvontajärjestelmä. Aktiivihiilen adsorptiokyky vaihtelee huokosrakenteen eli pinta-alan ja koon mukaan. Aktiivihiilen adsorptiokyky heikkenee aktiivihiilen kyllästyessä adsorboitavasta aineesta. Aktiivihiilen suodatuskyky pysyy tehokkaana aktiivihiilen suorituskyvyn taitepisteeseen saakka. Taitepisteen jälkeen adsorboitava aine ei enää adsorboidu aktiivihiilen pintaan. Myös veden virtausnopeus aktiivihiilen läpi vaikuttaa adsorption tehokkuuteen. Nopeasti virtaava vesi vaikuttaa lyhyemmän ajan aktiivihiilen pinnalla kuin hitaasti virtaava, jolloin aktiivihiilen pinnalla tapahtuva adsorptioprosessi ei toteudu täydellisesti. (Rogers ym. 2018, 553–560; TIGG 2018.) Aktiivihiilen adsorptiokyvyn sekä pumppauskokeiden perusteella suoja-pumppauksen virtaama on ollut noin 2–3 m<sup>3</sup>/d.

PR-22:n pumppaustaso on noin 13 metriä merenpinnan alapuolella. Pumppauskaivon vesi on voimakkaasti kerrostunutta, ja suurimmat EDC-pitoisuudet ovat pumppauskaivon pohjassa. Suojapumppauksen heikkoutena on, että EDC:tä on päässyt leviämään suhteellisen kauas päästölähdealueelta, jolloin pumppauspaikan ja ympäröivän alueen korkeuserot ovat suuremmat. Tällöin pumppaaminen vaikuttaa vain lähialueen pohjaveteen.

Porakaivossa PR-22 pohjaveden kloorattujen yhdisteiden summapitoisuus on vuosina 2010–2015 vaihdellut 182–1 980 mg/l. Laitteiston käsittelemä vesimäärä on ollut noin 2,3 m<sup>3</sup>/d vuosina 2013–2015. Kloorattujen liuottimien keskimääräinen poistomäärä on ollut noin 999 kg vuosina 2013–2015. Laskennallisesti laitteiston on läpäissyt vain noin 1,1 g liuottimia vuosina 2013–2015. Laitteiston kuluttaman suodatusmassan keskimääräinen kulutustaso on ollut noin 29 kg/haaita-aine kg. Laitteistoon tulevan veden haaita-ainepitoisuustaso ei ole kuitenkaan enää laskenut aikaisempiin vuosiin verrattuna, ja toisaalta laitteiston läpäissyt liuotinmäärä on pieni suhteessa kulutettuun suodatusmassaan. (Doranova Oy 2014, 2016.)

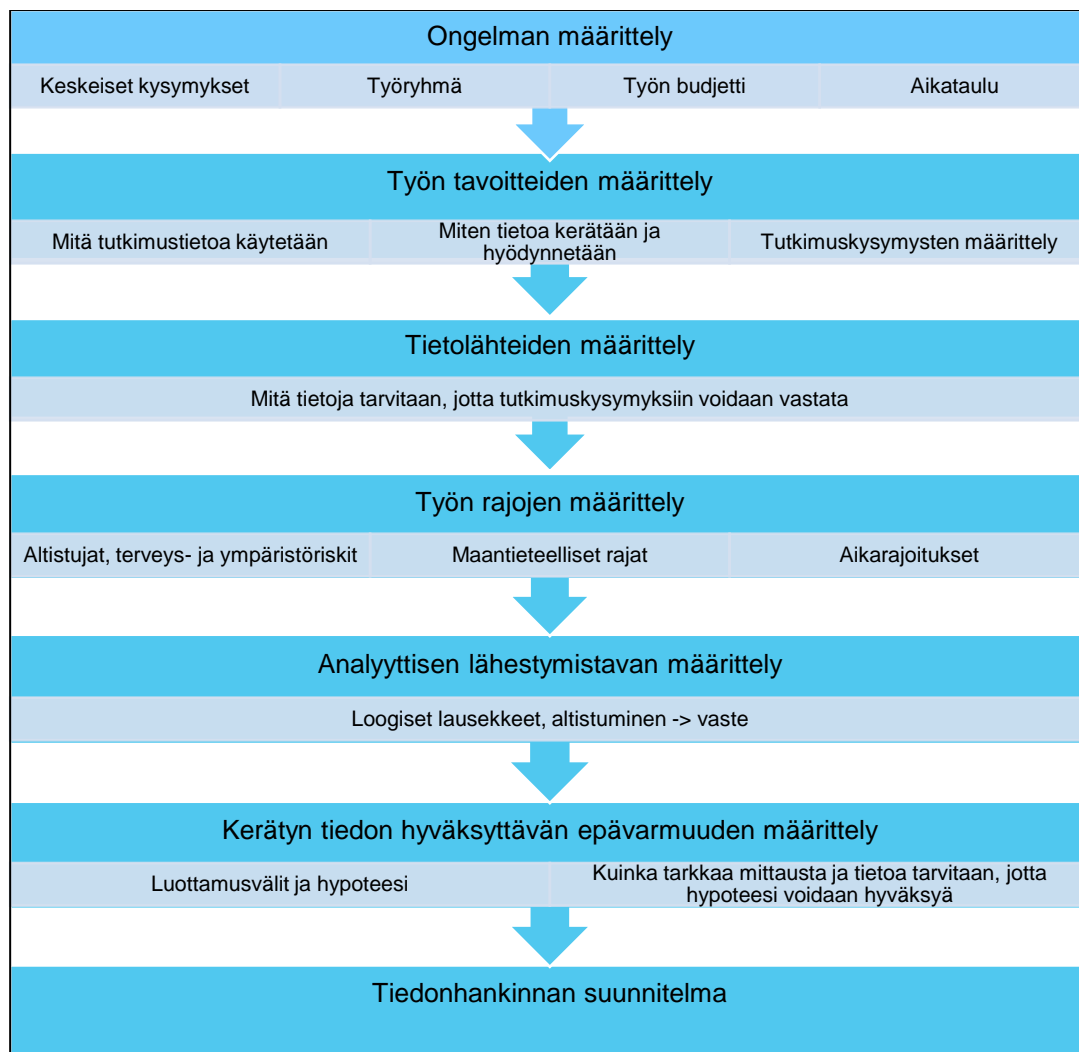
Suojapumppauksen yhteydessä alueen pohjaveden laatua on tarkkailtu näytteenotoilla. Pohjaveden tarkkailua on tehty vuodesta 2008 Uudenmaan ELY-keskuksen hyväksymän tarkkailuohjelman (No YS 450, 8.4.2008) mukaisesti.

### **2.3 Riskinarviointiprosessin kuvaus**

Suojapumppauksen merkityksen tarkastelu liittyi osaksi laajaa liuotinpäästöä koskevaa riskinarviointiprosessia, jonka tavoitteena oli laatia kokonaisvaltainen arvio alueen pohjavedessä esiintyvän EDC:n aiheuttamista terveys-, ympäristö- ja kulkeutumisriskeistä. Riskinarviointiprosessin tarkoituksena on tunnistaa, määrittää ja kuvata riskejä ja haittoja. (Ympäristöministeriö 2014, 14.) Liuotinpäästöön liittyen päästöalueella on tehty lukuisia tutkimuksia ja selvityksiä, mutta dokumentoitua ja kattavaa riskinarviota ei ole tehty. Ongelmaksi määritettiin, onko kaikki merkittävät riskit liuotinpäästöön liittyen selvitetty ja ovatko nykyiset riskinhallintatoimenpiteet optimaaliset ja riittävät.

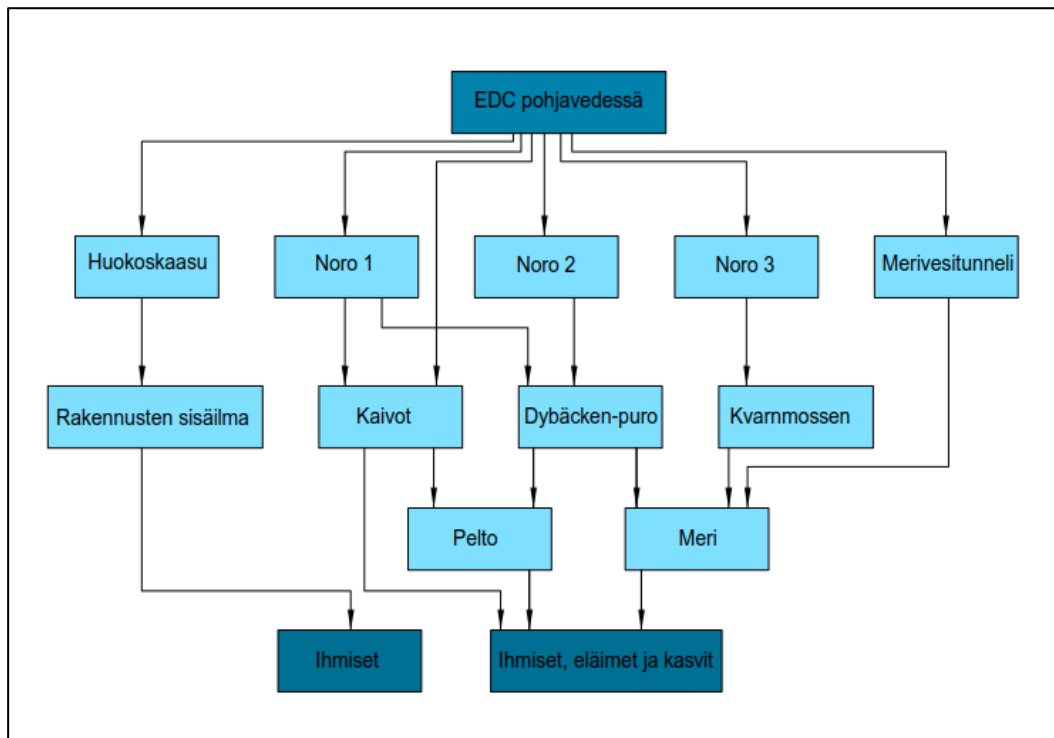
Riskinarviointiprosessissa hyödynnettiin Data Quality Objective -prosessia (DQO). DQO on ympäristöteknisen tiedon keräämisen suunnittelua ja kerätyn tiedon laadun varmistamista. DQO on EPA:n (United States Environment Protection Agency) suosittama menetelmä projektin tai tutkimuksen tavoitteen kannalta merkityksellisen tiedon määrittelemiseen ja kerätyn tiedon oikeellisuuden sekä laadun varmistamiseen. DQO-prosessissa on seitsemän vaihetta, jotka ovat ongelman määrittely, työn tavoitteiden määrittely, tietolähteiden määrittely, työn rajojen määrittely, analyyttisen lähestymistavan määrit-

tely, kerätyn tiedon hyväksyttävän epävarmuuden määrittely ja tiedonhankinnan suunnitelma. (U.S. EPA 2006, 7–9.) Kuvassa 2 on liuotinpäästöä koskevan DQO-prosessin vaiheet ja kunkin vaiheen käsiteltäviä asioita.



Kuva 2. DQO-prosessin vaiheet ja kunkin vaiheen käsiteltäviä asioita (Maarit Luoranen)

DQO-prosessin kautta määritettiin 15 tutkimuskysymystä, jotka liittyivät laajasti liuotinpäästön terveys-, ympäristö- ja kulkeutumisriskien arviointiin ja hallintaan. Suojapumppauksen merkityksen tarkastelu oli yksi tutkimuskysymyksistä. EDC-pitoisen pohjaveden kulkeutumisreiteistä sekä sitä kautta mahdollisista ympäristö- ja terveysriskeistä luotiin käsitteellinen malli (kuva 3).



Kuva 3. EDC:n kulkeutumisen käsitteellinen malli (Maarit Luoranen)

Käsitteellinen malli on riskinarviointiprosessin työkalu, jonka avulla hankittuja tietoja voidaan tarkastella ja dokumentoida. Käsitteellinen malli luo peruspohjan riskinarvioinnin kohdentamiselle ja riskien määrittämiselle. Käsitteellisen mallin avulla pyrittiin havainnoimaan tutkimusongelman laajuus ja vaikutukset, joiden kautta terveys- ja ympäristöriskit ovat mahdollisia. Altistuminen on mahdollista vain, jos päästölähde-reitti-altistuja-ketju on olemassa. (Ympäristöministeriö 2014, 37–40, 55.) Käsitteellisen mallin perusteella voitiin todeta, että EDC:tä kulkeutuu pohjaveden mukana pintaveteen, jonka kautta EDC:lle altistuminen on mahdollista.

Liutinpäästöä koskevan riskinarvioprosessin läpiviemisessä sidosryhmien välinen yhteistyö on ollut tärkeää ja hyödyllistä. Sidosryhmillä tarkoitetaan kaikkia niitä tahoja, joilla voi olla vaikutusta yrityksen tai projektin toimintaan tai joihin yrityksen tai projektin toiminnalla voi olla vaikutusta. Vastuullisen ja tehokkaan riskien hallinnan onnistumisessa tulee tunnistaa hankkeeseen liittyvät sidosryhmät sekä niiden keskeiset intressit. Sidosryhmät voivat olla yrityksen sisäisiä tai ulkoisia, ja niillä voi olla valtaa tai intressejä yrityksen ympäristöasioiden hallinnassa. Kaikkien sidosryhmien tulisi osallistua toimintaan, jotta sidos-

ryhmien välisellä yhteistyöllä olisi vaikutusta riskien tunnistamisessa ja hallinnassa. Avoin keskustelu voi johtaa uusien toimintatapojen käyttöön ja positiivisten vaikutusten syntymiseen. (Arto ym. 2006, 35–36; Neste 2017, 16–19.)

Riskien hallinnassa hankkeen riskit tunnistetaan ja arvioidaan sekä riskien välttämiseen ja ottamiseen liittyvät toimenpiteet suunnitellaan sekä toteutetaan (Arto ym. 2006, 195). Riskien hallinnalla pidetään yllä yrityksen mainetta. Samalla ylläpidetään toimivia suhteita ulkoisiin toimijoihin, ja lisätään toiminnan tehokkuutta sekä hallitaan kustannuksia. Kaikki nämä lisäävät yrityksen myönteistä näkyvyyttä. Molemminpuolisella vuorovaikutuksella vähennetään myös ristiriitojen syntymistä. Riskien hallinnalla on myös taloudellisia vaikutuksia, koska ympäristöriskien ennaltaehkäisy vähentää taloudellista riskiä. (Neste 2017, 16–19.)

Sidosryhmäyhteistyötä pidetään merkittävänä tekijänä kokonaisvaltaisesti yrityksen toiminnan kannalta. Yrityksen ympäristövaikutuksiin kytkeytyy luontovaikutusten lisäksi taloudellisia ja sosiaalisia vaikutuksia. Sidosryhmäyhteistyöhön on hyvä ottaa sisäisten sidosryhmien lisäksi mukaan myös ulkoisia sidosryhmiä. Avoimella toiminnalla tehdään sekä yrityksen omien tavoitteiden hyväksyttämistä toimintaympäristössä, että yrityksen tavoitteena sopeuttaa yrityksen toiminta ympäröivään yhteiskuntaan. (Neste 2017, 16–19.)

Liuotinpäästöä koskevan riskinarviointiprosessin sidosryhmät olivat Neste Oyj, Uudenmaan ELY-keskus ja Porvoon ympäristösuojeluviranomainen (valvovat viranomaiset), Vahanen Environment Oy (konsultti) ja Suomen ympäristökeskus SYKE (asiantuntija). Sidosryhmien välillä oli avointa ja säännöllistä yhteydenpitoa, ja saaduista tuloksista raportoitiin säännöllisesti. Hankkeen ulkoinen sidosryhmä koostui Kilpilahden teollisuusalueen asukkaista, joiden toimintaan ja elämiseen liuotinpäästöillä oli vaikutusta. Neste Oyj tiedotti aktiivisesti koko prosessin ajan Kilpilahden alueen asukkaita pohjaveden tilasta sekä toimenpiteistä pohjaveden tilan parantamiseksi. Lisäksi järjestettiin naapuri-iltoja, joissa liuotinpäästöön liittyvistä asioista oli mahdollista keskustella Neste Oyj:n edustajien kanssa. Neste Oyj painotti avointa ja aktiivista tiedottamista koko hankkeen ajan, jotta toiminta olisi mahdollisimman läpinäkyvää eikä epäselvyyksiä toiminnan laajuudesta pääsisi syntymään.

## 2.4 EDC:n ominaisuudet ja luontainen hajoaminen

1,2-dikloorietaani eli EDC (CAS-numero 107-06-2) on kemianteollisuudessa käytetty kemikaali, jota käytetään PVC-muovin valmistamisessa. EDC:stä käytetään myös nimityksiä etyleenidikloridi, 1,2-etyleenidikloridi ja dikloorietaani. EDC on orgaaninen liuotin, joka esiintyy normaalissa huoneenlämpötilassa värittömänä ja hieman jähmeänä nesteenä. EDC:lle on ominaista makeahko, kloroformimainen haju. (Carl Roth GmbH + Co KG 2017; NSW Government 2013.) EDC:tä ei muodostu luonnollisesti, vaan se on teollisesti tuotettu liuotin (Van Der Haan ym. 2009, 3 207–3 216).

EDC on erittäin haihtuvaa, ja se liukenee heikosti veteen. EDC on vettä raskaampaa, joten se painuu veden pinnan alapuolelle. Heikon liukenemisen ja tiheydensä takia EDC muodostaa usein vedessä oman faasin (DNAPL, Dense Nonaqueous Phase Liquid). (Huling & Weaver 1991.) EDC kulkeutuu hyvin maaperässä eikä adsorboidu orgaaniseen ainekseen tai savimineraaleihin. (Toxicology Data Network 2018; NSW Government 2013.) EDC:n fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien tunnuslukuja on taulukossa 1.

Taulukko 1. EDC:n fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia

EDC:n fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia	
Molekyylikaava	$\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ / $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$
Molekyyli massa	98,96
Höyrynpaine	8,5 kPa (20 °C)
Liukoisuus veteen	8 690 mg/l (20 °C)
Biokertyvyys, oktanoli/vesi-jakautumiskerroin $\log K_{ow}$	1,48
Kulkeutuvuus, oktanoli/hiili-jakautumiskerroin $\log K_{oc}$	1,62
Haihtuvuus, Henryn lain vakio	149 Pa m <sup>3</sup> /mol
Tiheys	1,23 g/cm <sup>3</sup>

Biokertyvyys kuvaa orgaanisen aineen kerääntymistä ja rikastumista organismeissa suhteessa ympäristöön (Wang 2016, 99–119). CLP-asetuksen (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1272/2008) mukaan aineella on taipumus biokertyvyyteen, jos sen oktanoli/vesi-jakautumiskerroin eli log

$K_{ow} \geq 4$ . EDC ei ole biokertyvää ( $\log K_{ow} 1,48$ ). (National Center for Biotechnology s.a.)

EDC imeytyy helposti ihon, keuhkojen ja suoliston läpi. Se metaboloituu myrkyllisiksi reaktiivisiksi metaboliiteiksi, jotka sitoutuvat kovalenttisesti solujen makromolekyyleihin aiheuttaen toksisia vaikutuksia. (Luttrell 2010, 29–30.) EDC:lle altistuminen aiheuttaa nieltynä akuutisti hengitysvaikeuksia, pahoinvointia ja oksentelua. Se vaikuttaa keskushermostoon aiheuttaen kouristuksia, tajunnan menetyksen ja hengitysvaikeuksia. Lisäksi maksa- ja munuaisvauriot ovat mahdollisia. Hengitettynä se aiheuttaa hengitysvaikeuksia. EDC on eläimille mutageenistä, ja sen oletetaan olevan ihmisille syöpää aiheuttava. (Carl Roth GmbH + Co KG 2017; NSW Government 2013)

EDC:tä voidaan muuntaa abioottisten ja biotiivisten reaktioiden kautta, jolloin EDC muuntuu eteeniglykoliksi tai vinyylkloridiksi. Muuntuminen on kuitenkin erittäin hidas prosessi, koska siinä puoliintumisaika on suhteellisen pitkä, noin 72 vuotta. Lisäksi syntyvät yhdisteet ovat myrkyllisempiä kuin EDC. Sitä vastoin EDC:tä voidaan hajottaa haitattomampiin yhdisteisiin erityisesti hyödyntämällä aerobisissa eli hapellisissa tai anaerobisissa eli hapettomissa olosuhteissa eläviä mikrobeja. (Van Der Haan ym. 2009, 3 207–3 216.) Vaikka EDC:tä ei muodostu luonnollisesti, kykenevät monet mikrobit hyödyntämään sitä. Hajoamista voidaan nopeuttaa erimerkiksi syöttämällä mikrobeille sopivia ravinteita. (Wang ym. 2016, 216–229; Van Der Haan ym. 2009, 3 207–3 216.) Hajoamisen tehostamista on tutkittu syöttämällä muun muassa helppoja hiillenlähteitä, kuten alkoholia tai sokereita. EDC:n hajoamistuotteet vaihtelevat sen mukaan, minkälaisissa olosuhteissa hajoaminen tapahtuu. (Wang ym. 2015, 97–106.)

Aerobisissa olosuhteissa EDC hajoaa suhteellisen hitaasti mikrobitoiminnan avulla. Hajoamistuotteina syntyy hiilidioksidia, vettä ja epäorgaanista kloridia. Kansainvälisissä tutkimuksissa on todettu, että jotkin mikrobit kykenevät kasvamaan käyttäen EDC:tä ravinnon lähteenä. Aineen muuntuminen kasvussa käytettävään muotoon vaatii kuitenkin useita vaiheita, eivätkä kaikki vaiheet onnistu luonnollisessa tilanteessa. (Klečka ym. 1998, 139–154; Davis ym. 2009, 91–100; Van Der Haan ym. 2009, 3 207–3 216.)



Anaerobisissa olosuhteissa EDC:n puoliintumisaika on noin 13–48 viikkoa. Hapettomissa olosuhteissa EDC hajoaa eteeniksi erityisesti sulfaattia pelkistävien tai metanogeenisten bakteerien avulla. Metanogeeniset bakteerit pystyvät hajottamaan EDC:tä kahden erilaisen reaktion avulla. Dihaloeliminaatiossa syntyy eteeniä, kun taas kahden peräkkäisen hydrogenolyysivaiheen kautta syntyy kloorietaania ja etaania. Metanogeneesissä muodostuneiden kloorituotteiden määrä kasvaa. Kloorituotteiden määrä taas pienenee, kun hajoamisessa estetään metaanin muodostuminen. Tutkimuksien koejärjestelyt poikkeavat kuitenkin luonnollisista ympäristöolosuhteista, jolloin EDC:n hajoamismekanismit ja reaktionopeudet voivat vaihdella merkittävästi. (Klečka ym. 1998, 139–154; Van Der Haan ym. 2009, 3 207–3 216.)

## **2.5 Haitta-aineiden kulkeutumisreittejä koskevat aiemmat tutkimukset**

Kilpilahden alueella on 1970-luvulta lähtien tehty useita kallio-, maaperä- ja pohjavesitutkimuksia liuotinpäästöön liittyen. Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) on selvittänyt alueen kalliooperän rakoiluja ja EDC:n geohydrologisia kulkeutumisreittejä vuosina 1986–1993. Kalliooperässä on kartoitettu ruhjevöhykkeitä, joita on todettu kaksi pohjois-eteläsuunnassa ja yksi itä-länsisuunnassa. Ruhjelinjojen lisäksi kalliooperässä on havaittavissa vaakarakoillua. Vaakarakoillulla, joka ulottuu vedenpinnan alapuolelle, on eri ruhjevöhykkeitä hydraulisesti yhdistävä tekijä, ja tällä voi olla merkittävä vaikutus EDC:n leviämiseen. Rakoilleessa kalliossa pohjaveden virtausta ohjaa muutama vettä johtavampi rakovyöhyke, jolloin vyöhykkeiden ulkopuolista kalliota voidaan pitää käytännössä johtamattomana. Rako, jolla on suuri avauma ja pieni johtavuus, on virtaaman kannalta samanarvoinen kuin rako, jolla on pieni avauma ja suuri johtavuus. Rakojen ero on olennainen kuitenkin aineen kulkeutumisen kannalta, koska virtausnopeus on jälkimmäisessä huomattavasti suurempi. Risteävät ruhjevöhykkeet mahdollistavat pohjaveden virtauksen etelän suuntaan, jolloin pohjavesi pääsee purkautumaan kohti purolaaksoa. Ruhjeselvityksen mukaisesti EDC leviää kallioaluetta pitkin pääasiassa etelään ja purkautuu pintaan purolaaksossa. Alueen kallion heikkousvyöhykkeet on kuitenkin kartoitettu vain osalta alueista, ja esimerkiksi pumppauskaivon PR-22 alue ei kuulunut kartoitusalueeseen. (VTT 1992.)

Ramboll Finland Oy on tutkinut vuonna 2008 entisen VCM-tehdasalueen ympäristön maaperän pilaantuneisuutta. Tutkimuksissa maaperästä ei löytynyt EDC:tä lukuun ottamatta lieteallasta, jossa todettiin pieniä pitoisuuksia EDC:tä. (Ramboll Finland Oy 2008.)

Haitta-aineiden kulkeutumisreittejä on selvitetty vuonna 2009. Selvityksen perusteella merkittävimmät kulkeutumisreitit ovat merivesitunneli ja Dybäckens-puro. Merivesitunneliin kulkeutuvan veden laatua on kuitenkin tutkittu epä-säännöllisesti, eikä kulkeutuvan veden määrää ole pystytty arvioimaan. Dybäckens-puroon kulkeutuu haitta-ainepitoista pohjavettä kallioruhjeissa kulkevien pohjavesivirtaamien mukana. (Ramboll Finland Oy 2009.)

Geobotnia Oy:n geohydrologisen tutkimuksen mukaan Soihtukallion EDC-pitoisella pohjavedellä on hydraulinen yhteys vanhojen sadevesialtaiden keskellä sijaitsevaan koepumppauspisteeseen. Pohjavesi virtaa Soihtukallion alueelta kohti eteläpuolella kulkevaa kallioruhjetta, josta pohjavesi virtaa edelleen länteen. Koska ruhjeeseen kulkeutuu myös puhdasta pohjavettä, on ruhjeen alueelta otetuissa pohjavesinäytteissä EDC-pitoisuus huomattavasti pienempi kuin pumppauskaivossa PR-22. Sadevesialtaiden alueella ei ole enää merkittäviä EDC-pitoisuuksia. EDC kulkeutuu pohjaveden mukana ruhjeeseen Soihtukallion suunnalta. Raportin mukaan EDC:n lähde saattaa olla Soihtukallion alueella tai sen koillispuolella. (Geobotnia 2009.)

### **3 AINEISTO JA MENETELMÄT**

#### **3.1 Kohteen kuvaus**

Kilpilahden teollisuusalue sijaitsee noin 15 km Porvoon keskuksesta länteen Suomenlahden rannikolla. Teollisuusalueen historia on pitkä ja pääosin öljynjalostukseen ja kemianteollisuuteen painottuvaa. Teollisuusalueella toimi vuosina 1972–1981 Pekema Oy:n omistama vinyylidikloridimonomeeritehdas eli VCM-tehdas, joka valmisti PVC-muovia teollisuuden tarpeisiin. PVC-muovin valmistamisessa käytettiin liuottimena muun muassa EDC:tä (NSW Government 2013). Toiminnan yhteydessä tapahtui liuotinvuotoja tehtaan toimintaympäristön maaperään ja siitä edelleen kalliopohjaveteen. Neste Oyj osti tehtaan toiminnot ja sulki tehtaan vuonna 1981, jolloin liuotinpäästöt loppuivat. Yritysjärjestelyiden kautta PVC-muovin valmistaminen päättyi Finnplast Oy:lle, jonka

toiminta päättyi vuonna 2007. Tämän jälkeen Neste Oyj otti hoitaakseen tehdasalueen pohjaveden puhdistamisen. (Kilpilahti nyt 2017.)

Kilpilahden alueella on tehty liuotinpäästöön liittyen useita pohjavesitutkimuksia ja selvityksiä 1970-luvulta lähtien. Nykytietämyksen perusteella liuotinpluumin päästölähde sijaitsee kallioraoissa entisen VCM-tehtaan alueella. Liuotinpäästöt ovat tapahtuneet pääosin vuotavista putkista tehtaan alueella sekä tehdasalueen eteläosassa olevista sadevesialtaista, joiden kautta EDC-pitoista vettä on kulkeutunut ympäristöön. Lisäksi on arvioitu, että EDC:tä on päässyt maaperään polttoon menevien aineiden putkesta niin kutsutulla Soih-tukalliolla. EDC-pitoisuuksia on todettu niin altaiden pohjassa, kalliopohjavedessä kuin Dybäckén-purossa. Maaperään päässeeseen EDC:n kokonaismäärä ei ole tiedossa, mutta oletettavasti määrä on ollut useita kymmeniä tonneja, jopa 100 000 kg. (Geobotnia Oy 2008.)

EDC:tä on todettu pohjaveden pinnan yläpuolisessa maaperässä pääosin VCM-tehtaan entisten jätevesialtaiden alueella. EDC:tä on päässyt maaperään PVC:n tuotannossa syntyneistä sakoista ja lietteistä, joita on läjitetty jätevesialtaisiin. Jätevesialtaihin läjitetystä massasta on poistettu suurin osa kunnostuksien yhteydessä 1990-luvulla sekä vuosien 2016 ja 2017 aikana. Alueen maasto on kallioista ja vain vähän irtomaakerroksia sisältävää, joten EDC:tä ei oleteta löytyvän merkittävässä määrin maaperästä. Maaperästä EDC on kulkeutunut kalliorakoihin, josta sitä liukenee hiljalleen pohjaveteen.

### **3.2 Pinta- ja pohjavesien virtaukset**

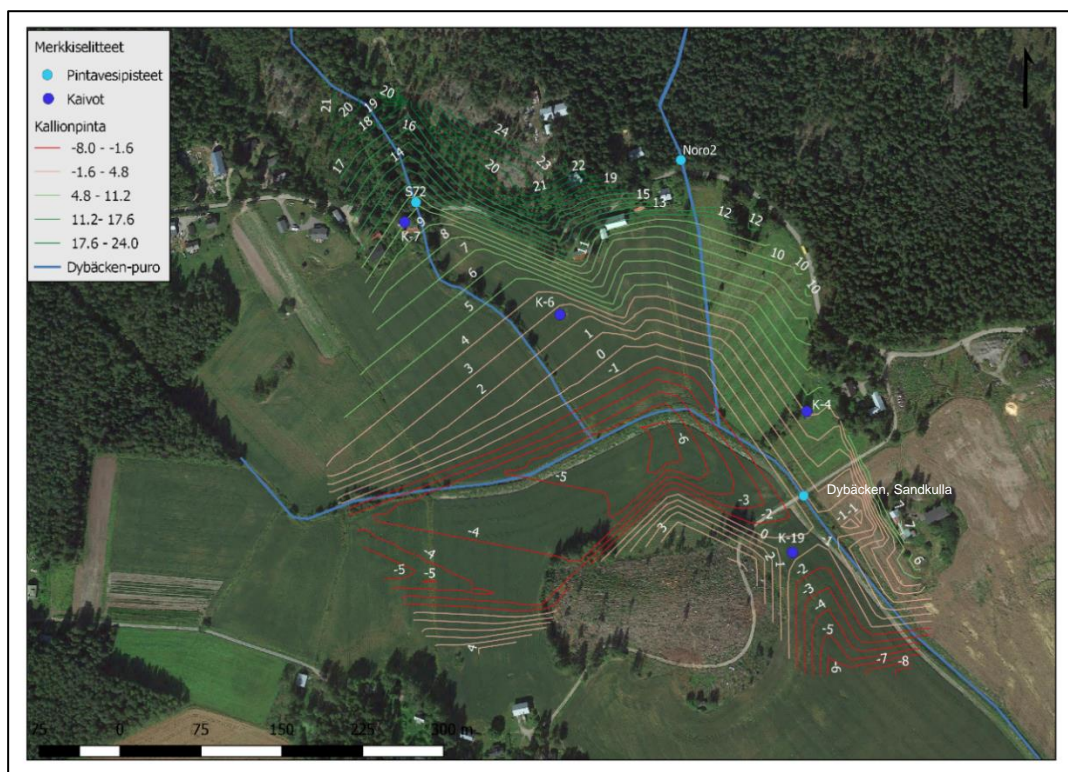
Vahanen Environment Oy tutki alueen pohja- ja pintavesien laatua ja virtaamia vuoden 2017 kevään ja kesän aikana. Tutkimuksilla kerättiin taustatietoa liuotinpitoisuuksista ja pinta- ja pohjaveden virtauksista. Tutkimuksien tuloksia hyödynnettiin viranomaiselle toimitettavassa toimenpide-esityksessä suoja-pumppauksen keskeyttämiseen liittyen. Lisäksi tutkimuksien tuloksia hyödynnettiin tämän työn tuloksien tarkastelussa.

Tutkimuksissa mitattiin pintavesien EDC-pitoisuuksia, varmistettiin pohjaveden arvioidun purkautumispaikan sijainti sekä arvioitiin pintavesien virtaamaa. Noro 1:een asennettiin virtaamamittausta varten v-pato pohjaveden arvioidun

purkautumiskohdan yläpuolelle. Noro 1 on noro, joka virtaa Fågelmossin suolta Kilpilahden lounaisreunaa pitkin Dybäcken-puroon. Virtaamaa mitattiin myös pohjaveden arvioidun purkautumiskohdan alapuolella olevasta v-padosta, jossa sijaitsee havaintopiste S72. Purkautuvan pohjaveden määrä arviointiin Noro 1:n ja S72:n virtaamien erotuksena. Havaintopisteiden vesien lämpötila mitattiin virtaamien mittauksen yhteydessä.

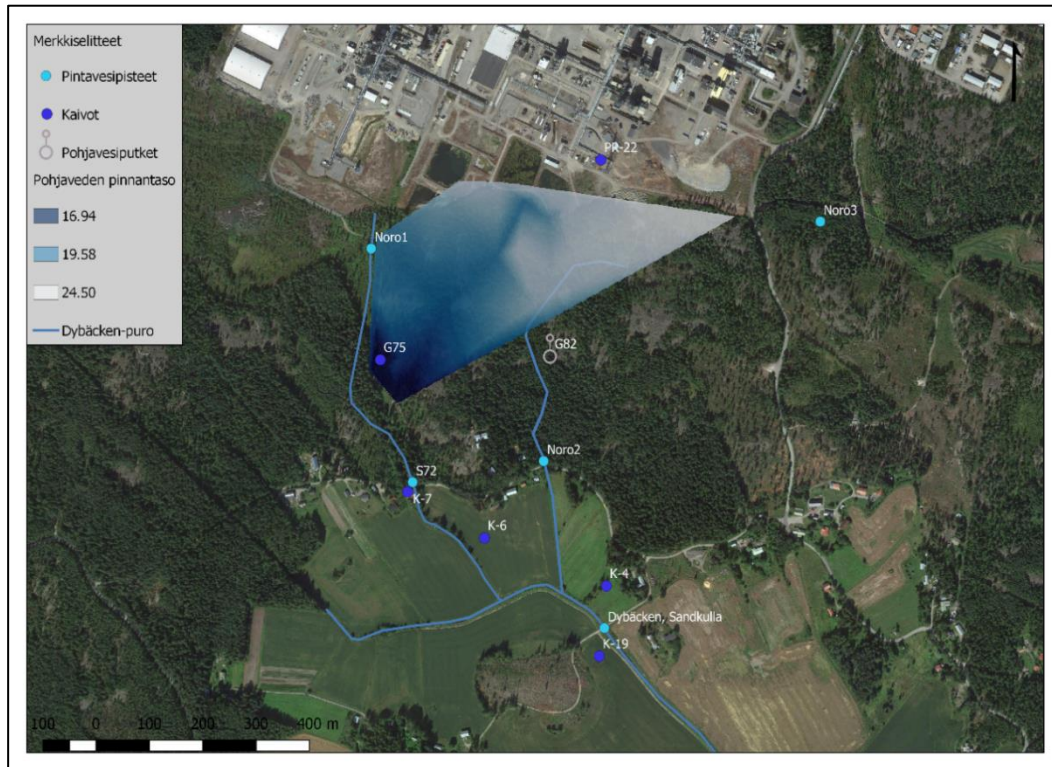
Noro 1:een purkautui virtaamamittausten perusteella pohjavettä noin 2–2,5 l/s. Lisäksi todettiin, että pohjaveden arvioidun purkautumiskohdan yläpuolella veden lämpötila oli korkeampi kuin alapuolella. Kesällä pohjaveden lämpötila on yleensä pintaveden lämpötilaa alhaisempi. Näiden tutkimuksien perusteella varmistui käsitys pohjaveden purkautumiskohdasta.

EDC-pitoinen pohjavesi virtaa kalliorakojia pitkin Noro 1:een ja osin merivesitunneliin. EDC-pitoista pohjavettä kulkeutuu myös Dybäcken-puroa ympäröivälle peltoalueelle, savikerroksen alapuolelle, kaivojen K-6 ja K-19 alueelle. Sandkullantien kohdalla kulkevat kallioharjanteet ohjaavat pohjaveden purkautumaan Dybäcken-puroon. Kuvassa 4 on alueen kallion pinnantasot, joiden perusteella arvioitiin pohjaveden kulkeutumista alueen pintavesiin. Kuvassa näkyy myös kaivot K-6 ja K-19.



Kuva 4. Alueen kallionpinnan tasot (ilmakuva: Maanmittauslaitos 2018)

Alueen pohjaveden havaintoputkista mitattujen vesipintojen perusteella luotiin pohjavedenpinnan tasomalli (kuva 5). Lähtöaineistona käytettiin vuoden 1988 havaintotuloksia, koska tällöin on mitattu kaikkien havaintoputkien vesipintojen korkeus samana päivänä, jolloin tulokset ovat vertailukelpoisia keskenään. Tuloksien perusteella pohjaveden pinnantaso laskee Noro 1:een päin, jolloin pohjaveden virtaussuunnaksi voidaan varmistua pääosin Noro 1:n suunta.



Kuva 5. Pohjaveden pinnantaso vuoden 1988 tuloksien perusteella (ilmakuva: Maanmittauslaitos 2018)

Koska Dybäcken-puron peltoalueen alapuolella olevassa pohjavedessä havaitaan EDC:tä, voidaan olettaa, että EDC:tä purkautuu muita kalliorakoja pitkin myös muualle kuin Noro 1:een. EDC:tä esiintyy ajoittain, pääosin ylivirtaamakausiina, esimerkiksi Noro 2:ssa. Ylivirtaamakaudet ovat Suomessa usein keväällä lumien sulamisen aikaan syksyllä sateiden aikaan (Korhonen 2007, 18). Muiden reittien pohjaveden purkautumismäärät ovat kuitenkin selvästi pienempiä kuin Noro 1:een purkautuva määrä. Kallio- ja vesipintojen sekä aiempien tutkimustuloksien perusteella pääteltiin, että EDC-pitoisen pohjaveden pääasiallinen purkautumisreitti on Noro 1:een.

### **3.3 Suojapumppauksen keskeytys**

Suojapumppauksen keskeytyksellä haluttiin selvittää, onko pumppauksella vaikutusta Dybäcken-puroon purkautuvan EDC:n määrään. Lähtöoletuksena oli, että päästöalueella jäljellä oleva EDC on painunut syvälle kalliorakoihin eikä pumppauksella ole vaikutusta Dybäcken-puroon kulkeutuvaan EDC:n määrään.

Suojavesipumppauksen keskeytykselle haettiin muutosesitystä Uudenmaan ELY-keskukselta. Keskeytyksen aikaisesta vesien tarkkailusta tehtiin tarkkailusuunnitelma, jonka hyväksyi Uudenmaan ELY-keskus (lausunto UU-DELY/438/2017). Havaintopisteiden sijainnit esitettiin tarkkailusuunnitelmaan aiempien tutkimustuloksien perusteella. Havaintopisteet kattoivat EDC:n mahdolliset kulkeutumisreitit aina Pedarsvikenin edustalle asti. Suojapumppaus keskeytettiin lokakuun 2017 ja elokuun 2018 väliseksi ajaksi. Pumppaus keskeytettiin 3.10.2017 näytteenoton jälkeen.

### **3.4 Näytteenotto ja näytteiden analysointi**

Ennen pumppauksen keskeytystä otettiin tarkkailusuunnitelman mukaisesti kuukauden ajan näytteet kaikista havaintopisteistä, jotta voitiin arvioida pumppauksen vaikutusta havaintopisteiden EDC-pitoisuuksiin. Suojapumppauksen keskeytyksen aikainen näytteenotto tehtiin taulukon 2 mukaisesti.

Taulukko 2. Vesinäytteenoton toteutus havaintopisteittäin

Havaintopiste	Näytteenoton ajankohta (kk/vv)											
	09/17	10/17	11/17	12/17	01/18	02/18	04/18	04/18	05/18	06/18	07/18	08/18
Noro 1	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S72	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dybäcken	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dybäcken, Sandkulla	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dybäcken, Pedars	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Noro 2	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Noro 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PR-22		1	1			1			1			1
G75	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G82	1	1	1			1			1			1
K-7	1	1	1			1			1			1
K-6	1	1	1			1			1			1
K-4	1	1	1			1			1			1
K-19	1	1	1			1			1			1

SELITTEET 1 = yksi mittaus kuukaudessa  
4 = yksi mittaus viikossa  
■ = pumppauksen keskeytys 3.10.2017 näytteenoton jälkeen

Havaintopisteiden sijainnit ovat kuvassa 6.



Kuva 6. Havaintopisteiden sijainnit (ilmakuva: Maanmittauslaitos 2018)

Ennen näytteenottoa mitattiin pohjavesipisteissä pohjaveden pinnankorkeus pohjavesiputken sisäputken suuaukole tai kaivon kanteen. Vesinäytteet otettiin laboratorion toimittamiin näytepulloihin. Pintavesistä otettiin näytteet upottamalla näytepullo 0,1–0,2 m syvyyteen suuaukko vastavirtaan. Pohjavesinäytteet otettiin kaivoista ja pohjaveden havaintoputkesta kertakäyttöisellä vesinoutimella 0–0,1 metrin syvyydeltä. Jokaisen näytteenoton yhteydessä mitattiin havaintopaikan veden lämpötila.

Kaikki vesinäytteet säilöttiin 4 °C:een ja valolta suojattuna välittömästi näytteenoton jälkeen. Vesinäytteistä analysoitiin ALS Finland Oy:n akkreditoitussa laboratoriossa klooratut alifaattiset hiilivedyt. Määrittäminen tehtiin GC-MS-tekniikalla menetelmien US EPA 624, US EPA 8260, US EPA 8015, EN ISO 10301, MADEP 2004, rev 1.1, ISO 11423 ja ISO 15680 mukaan. (ALS Finland Oy 2018.)

### 3.5 Virtaama ja kuormitus

Virtaamalla tarkoitetaan uoman poikkileikkauksen kautta tietyssä aikayksikössä kulkeutuvaa vesitilavuutta [ $\text{m}^3/\text{s}$  tai  $\text{l/s}$ ]. Virtaama ( $Q$ ) voidaan määrittää yhtälöllä 1 (Kukkonen 2012, 13; Suomen ympäristökeskus SYKE 2017b, 35):

$$Q = \int_A v(A) dA \quad (1)$$

jossa	$v(A)$	virtausnopeus	[m/s]
	$A$	poikkileikkaus	[m <sup>2</sup> ]

Virtaamia voidaan seurata mitta- eli kolmiopadon avulla. Mittapato on yksinkertainen tapa mitata nesteen virtaamaa. Mittapato muodostuu levystä, jonka aukon yli vesi virtaa. Tietyn muotoisesta padon aukosta virtaa yli aina sama määrä vettä samalla veden korkeudella. Padon aukon kärkikulma valitaan odotettavissa olevien virtaamavaihteluiden perusteella. Pienille valuma-alueille, enintään 1 km<sup>2</sup>, soveltuu kolmiopato, jonka kärkikulma on 30–90 astetta. Pintavesien virtaamia havaintopisteissä seurattiin niin kutsutulla Thomsonin mittapadolla (v-pato). Padossa on 90 asteen kulma, jolloin virtaama voidaan määrittää yhtälöllä 2:



$$Q = 0,0236\mu \tan \frac{\theta}{2} h^5 \quad (2)$$

jossa	$Q$	virtaama	[l/s]
	$\mu$	purkautumisvakio	
	$\theta$	purkautumisaukon kulma	[°]
	$h$	veden korkeus patoaukon pohjasta	[cm]

Purkautumisvakio 90-asteiselle padolle on 0,585–0,62. Purkautumisvakion vaihteluvälin pienimmät ja suurimmat arvot edustavat ideaalitulannetta, jossa mitattavan uoman pohja ja seinämät ovat riittävän kaukana mittapadon aukosta ja veden korkeus aukossa on yli 5 cm. Veden lähestymisnopeuden aukoon ollessa  $\leq 0,3$  m/s, purkautumisvakio saa arvon 0,60. (Boers ym. 1991, 29–39; Vesihallitus 1984, 50.) Tällöin yhtälö 2 sieventyy yhtälön 3 mukaiseksi (Kukkonen 2012, 13):

$$Q = 0,01416h^{5/2} \quad (3)$$

jossa	$Q$	virtaama	[l/s]
	$h$	veden korkeus patoaukon pohjasta	[cm]

Thomsonin mittapato soveltuu 0,05 l/s–17 l/s virtaamille. Mittapadon asentamisessa tulee huomioida, että pato on sopivassa syvyydessä, horisontaalisesti suorassa eikä sen ohi pääse virtaamaan vettä. (Kukkonen 2012, 13; Vesihallitus 1984, 46–50.)

Noro 1:een asennettiin v-pato pohjaveden purkautumiskohdan yläpuolelle. Pohjaveden purkautumispisteen alapuolella, havaintopisteessä S72, oli valmiina kiinteä v-pato. Lisäksi yksi v-pato asennettiin Noro 3:een. Jokaisella näytteenottokerralla mitattiin v-padon veden korkeus patoaukon pohjasta. Kuvassa 7 on Noro 1:een asennettu v-pato.



Kuva 7. V-pato asennettuna Noro 1:een (Maarit Luoranen)

Mittapadon asennuksessa tulee huomioida, että mittapadolle tulee saada riittävä pudotuskorkeus eli alapuolen vesi ei saa padottaa patoaukolta tulevaa virtausta. Liian pienillä ja liian suurilla virtaamilla mittapadon tulos on epätarkka, koska tällöin vesi ei putoa oikein mittapadon toiselle puolelle. Pato tulisi myös mitoittaa virtaamien muutoksille, eli suuret virtaamat mahtuvat virtaamaan patoaukon läpi ja pienet virtaamat saadaan mitattua riittävän tarkasti. Lisäksi asennuspaikan maaperä tulee huomioida. Karkea soramaa läpäisee vettä hyvin eikä kaikki vesi välttämättä virtaa mittapadon kautta. Humusmaassa tai savikossa routa voi liikutella patoa, jolloin ohivirtausten riski kasvaa. (Vesihallitus 1984, 45–50; Suomen ympäristökeskus SYKE 2017b, 78–79.) Vedenkorkeuden mittaamisessa tulee huomioida, että veden ylisyoiksi kaarevoittaa vedenpinnan patoaukon suulla, jolloin suulta saatu lukema ei yleensä ole sama kuin vedenkorkeus patoaltaassa (Suomen ympäristökeskus SYKE 2017b, 80.)

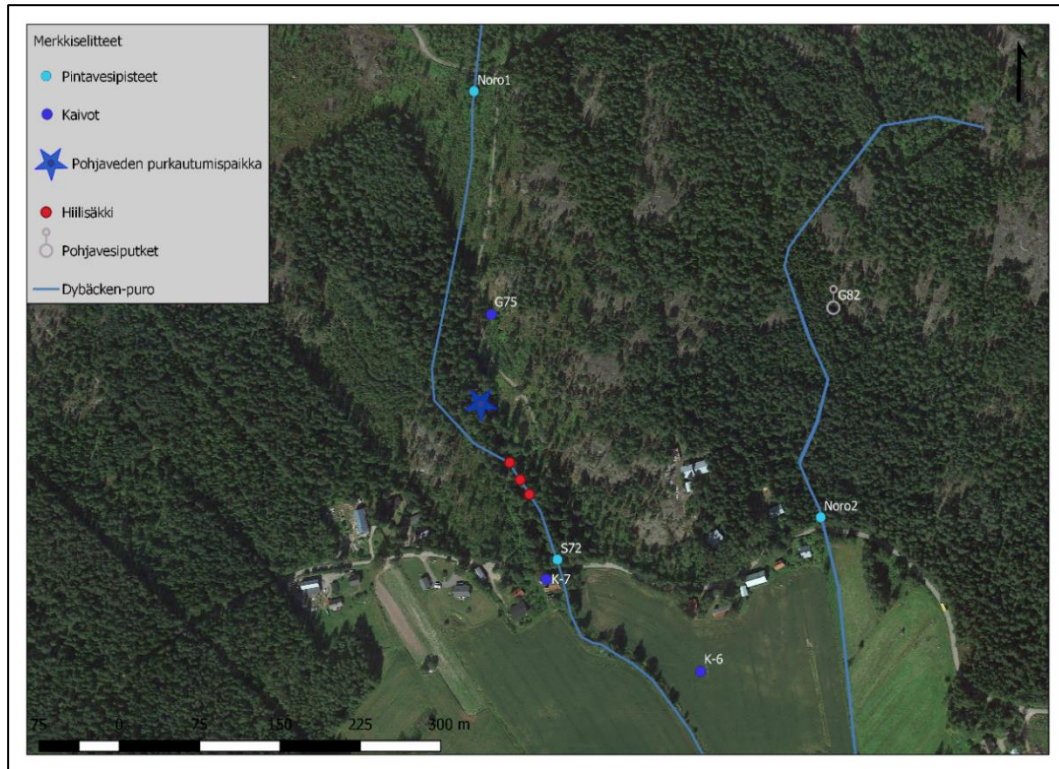
Havaintopisteisiin kohdistuva kuormitus määritettiin, koska se kertoo paremmin havaintopisteeseen kulkeutuvan EDC:n määrästä kuin pelkkä EDC-pitoisuus. Havaintopisteisiin kohdistuva EDC-kuormitus [ $\mu\text{g/s}$ ] laskettiin virtaaman [ $\text{l/s}$ ] ja EDC-pitoisuuden [ $\mu\text{g/l}$ ] tulona. Tulosten tarkastelu toteutettiin Microsoft

Excel -taulukkolaskentaohjelmistolla. Tulosten graafisessa esittämisessä hyödynnettiin histogrammia, joka on diagrammi tarkastellun aineiston esittämiseksi.

### **3.6 Varautuminen poikkeuksellisiin tilanteisiin**

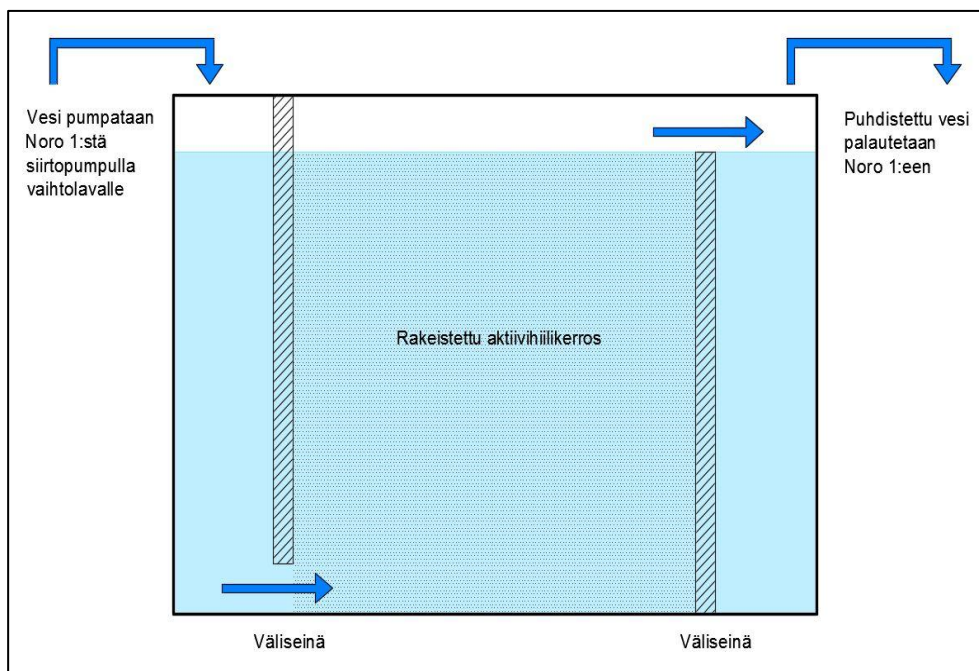
Pumppauksen keskeytyksen ajaksi varauduttiin siihen, että EDC-pitoisuus nousee Noro 1:ssä havaintopisteessä S72. Mikäli EDC-pitoisuus nousee yli 200 µg/l, ilmoitetaan noususta valvovalle viranomaiselle. Lisäksi tihennetään tarkkailua kahteen kertaan viikossa havaintopisteistä S72, Dybäcken, Sandkulla, Dybäcken ja Dybäcken, Pedars. Mikäli EDC-pitoisuus nousee yli 500 µg/l, tehdään edellisen mukaiset toimenpiteet, ja lisäksi asennetaan aktiivi- tai pajuhiilisäkit Noro 1:een. Valvovan viranomaisen kanssa sovitaan jatkotoimenpiteistä, joita ovat esimerkiksi pumppauksen aloituksen valmistelu kaivosta PR-22 tai Noro 1:n veden pumppaus jatkokäsittelyyn. Pumppaus kaivosta PR-22 voidaan aloittaa noin viikon varautumisajalla. (Vahanen Environment Oy 2017.)

Noro 1:n pohjalle asennettavat aktiivi- tai pajuhiilisäkit ovat verkkokangasta tai muuta hyvin vettä läpäisevää materiaalia. Noron vesi suotautuu säkin läpi, jolloin EDC sitoutuu hiileen. Asennuspaikat sijaitsevat purolaaksossa, joten säkit eivät aiheuta ylävirrassa tulvimista eikä alavirran noron kuivumista. (Vahanen Environment Oy 2017.) Hiilisäkkien alustavat asennuspaikat ovat kuvassa 8.



Kuva 8. Hiilisäkkien alustavat asennuspaikat (ilmakuva: Maanmittauslaitos 2018)

Tarvittaessa varauduttiin pumppaamaan Noro 1:n vesi väliaikaiseen käsittely-yksikköön. Käsittely-yksikkö koostui siirtopumpusta ja vesitiiviistä vaihtolavasta, johon on asennettu väliseinät ja lisätty rakeistettua aktiivihiihtä. Noro 1:n vesi pumpataan siirtopumpulla vaihtolavalle, jossa se suotautuu aktiivihiihen läpi. Puhdistettu vesi palautetaan Noro 1:een. (Vahanen Environment Oy 2017.) Väliaikaisen käsittely-yksikön toimintaperiaate on kuvassa 9.



Kuva 9. Väliaikaisen käsittely-yksikön toimintaperiaate



Havaintopisteen S72 keskimääräinen EDC-pitoisuus oli 71,5 µg/l (keskihajonta ±37,2 µg/l) vuodesta 2014 pumppauksen keskeytykseen asti. Havaintopisteen S72 keskimääräinen EDC-pitoisuus oli 77,2 µg/l (±77,2 µg/l) tarkkailujakson aikana. Havaintopisteen S72 keskimääräinen EDC-pitoisuus vastasi siis viime vuosien keskiarvopitoisuuksia.

EDC:tä todettiin havaintopisteessä Noro 2 keväällä ja talvella. Kesäkuukausina havaintopiste kuivui kokonaan tai EDC-pitoisuus oli alle laboratorion määrittelysrajan (0,10 µg/l). EDC:tä ei todettu tarkkailujakson aikana havaintopisteissä Noro 1, Noro 3 ja K-4, joten EDC-pitoista pohjavettä ei todettu kulkeutuvan näiden havaintopisteiden kautta. Kesällä 2018 pitkän sateettoman ajanjakson aikana myös Noro 2 ja Noro 3 saattoivat kuivua kokonaan. Havaintopisteiden G75, G82, K-6, K-7 ja K-19 EDC-pitoisuudet olivat aiempien vuosien seurantalulosten tasolla.

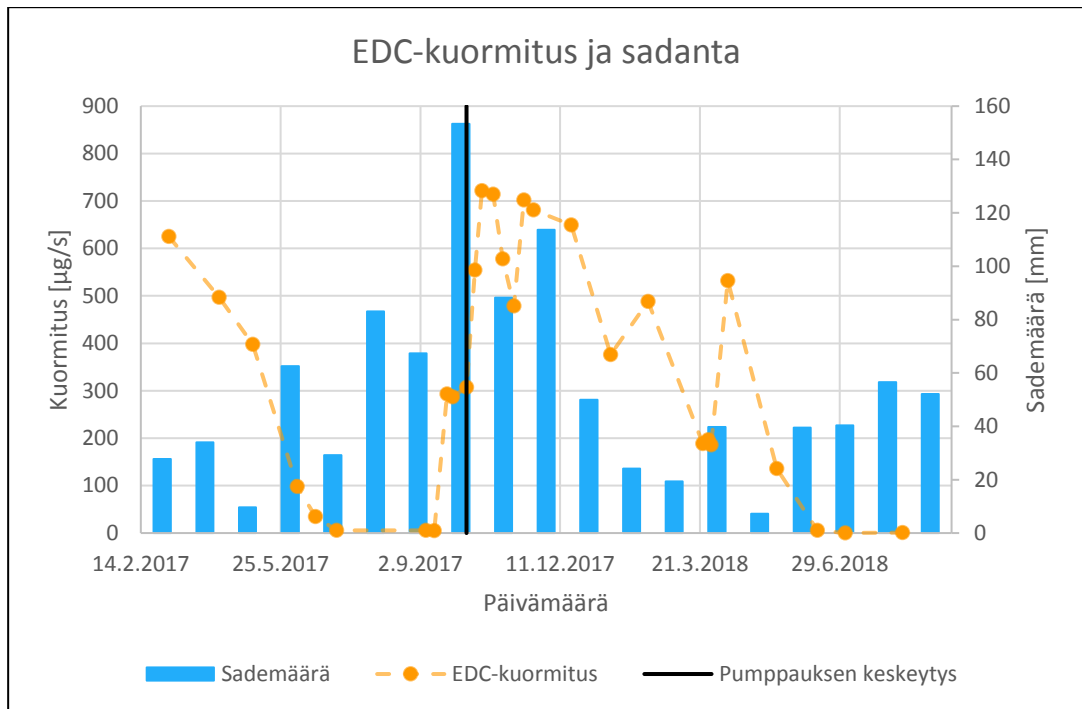
EDC-pitoisuudet olivat havaintopisteen S72 lisäksi kaikissa muissa pintaveden havaintopisteissä (Dybäcken, Sandkulla, Dybäcken ja Dybäcken, Pedars) korkeimmillaan pääosin kevään ja talven aikana, jolloin myös todettiin toimenpiderajan (200 µg/l) ylittävä pitoisuus (361 µg/l) havaintopisteessä S72. Talvi- ja kevätkuukausien korkeammat pitoisuudet johtuivat arvioiden mukaan siitä, että talvikuukausina vesi oli kylmää ja ulkolämpötila alhainen, jolloin EDC:n haihtuminen oli pienempää höyrynpaineen pienetessä. (NSW Government 2014; Brusturean ym. 2006, 1 353–1 361.) Lisäksi pintavedet olivat talvella jäässä, jolloin suurin osa Noro 1:een purkautuvasta vedestä oli EDC-pitoista pohjavettä. Talvi- ja kevätkuukausien aikaan tapahtui myös vuodenojoille tyyppillinen veden alivirtaamakausi. Tällöin kevättalvella ennen talvea muodostuneiden vesien purkautuminen oli pienimmillään ja syyskesällä haihtuminen oli sadantaa suurempaa, jolloin vesivarastot olivat alimmillaan. (Korhonen 2007, 18.)

Kaivoissa tai pohjaveden havaintoputkessa ei todettu vastaavaa vuodenaikavaihtelua lämpötilan ja EDC-pitoisuuden osalta. Kaivoissa ja pohjaveden havaintoputkessa veden lämpötila pysyi samalla tasolla vuodenojasta riippumatta, muutosta oli vain muutaman asteen verran. Pohjaveden havaintoputki ja kaivot sijaitsivat suljetussa ympäristössä maanpinnan alapuolella, jolloin

ympäröivän maan lämpötila vaikutti myös kaivoissa tai putkessa olevan veden lämpötilaan. Maan lämpötila vaihtelee pintamaassa vuodenaikojen mukaan, mutta syvemmillä, noin 14–16 metrissä, lämpötila tasoittuu ja vakiintuu ollen vuodenajasta riippumatta maanpinnan keskilämpötilan (noin 6 °C) tasolla. (GTK s.a.)

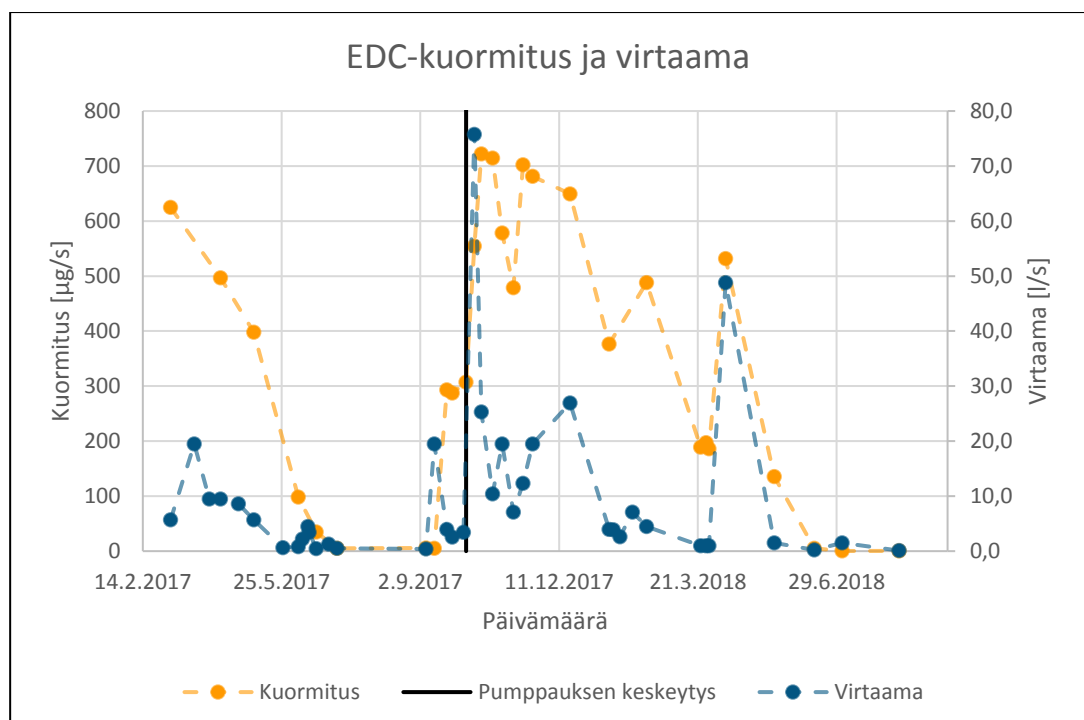
Havaintopisteen S72 keskimääräinen EDC-kuormitus oli 336 µg/s tarkkailujakson aikana. Muiden havaintopisteiden EDC-kuormitusten määrittäminen ei onnistunut, koska virtaamien mittaukset eivät onnistuneet v-padon puuttuessa esimerkiksi ojan leveyden takia eikä korvaavaa mittausten menetelmää ollut mahdollista ottaa käyttöön. Havaintopisteen S72 EDC-kuormitus tarkkailujakson aikana on liitteen 3 taulukossa.

Havaintopisteen S72 EDC-kuormitus oli korkeimmillaan keväällä sulamisvesien sekä syksyllä runsaiden sateiden aikaan. Vuoden 2017 loppupuolella oli poikkeuksellisen sateista, jolloin virtaamat olivat runsaita ja jopa kevään sulamisvesien aiheuttamaa virtaamaa suurempia. Suurien virtaamien aikaan mittapato ei toiminut luotettavasti, koska vesi tulvi padon reunoilta tai ei pudonnut oikein mittapadon toiselle puolelle. Kesällä 2018 oli vastaavasti pitkä sateeton ajanjakso, jolloin virtaamat olivat hyvin pieniä. Havaintopisteen S72 EDC-kuormituksen ja sadannan kuukausikeskiarvojen perusteella EDC-kuormitus kasvoi, kun sadanta oli suuri. Havaintopisteen S72 EDC-kuormitus ja sadannan kuukausikeskiarvot ovat kuvassa 11. Sadantatiedot on saatu Ilmatieteen laitoksen säätiedoista. Sääasema sijaitsi Porvoon Kilpilahden satama-alueella. (Ilmatieteen laitos 2018.)



Kuva 11. Havaintopisteen S72 EDC-kuormitus ja sademäärä tarkkailujakson aikana

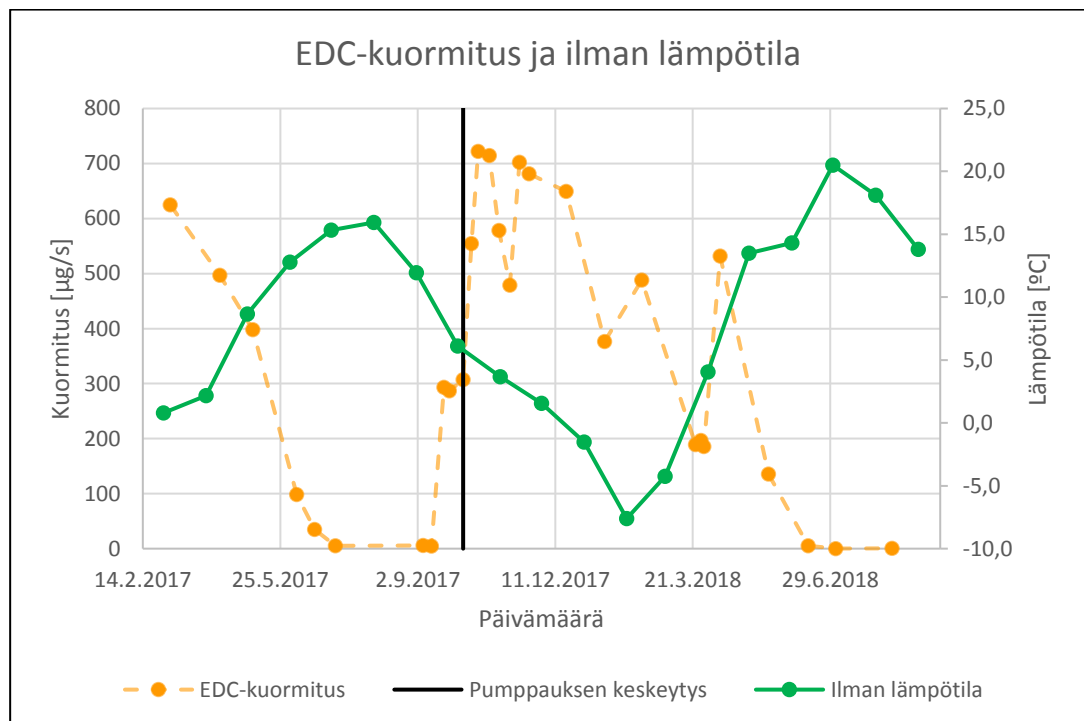
Keväällä (huhti-toukokuu) 2018 EDC-kuormitus oli suuri, vaikka sadanta oli pieni, koska lumien sulamisvedet kasvattivat virtaamaa (kuva 12). Kuvassa 12 on havaintopisteen S72 EDC-kuormitus ja virtaama. Vertailtaessa kuvien 11 ja 12 huhti- ja toukokuun 2018 havaintotietoja EDC-kuormitus oli suuri, vaikka sadanta oli pieni, koska virtaama kasvoi lumien sulamisvesien takia.



Kuva 12. Havaintopisteen S72 EDC-kuormitus ja virtaama tarkkailujakson aikana

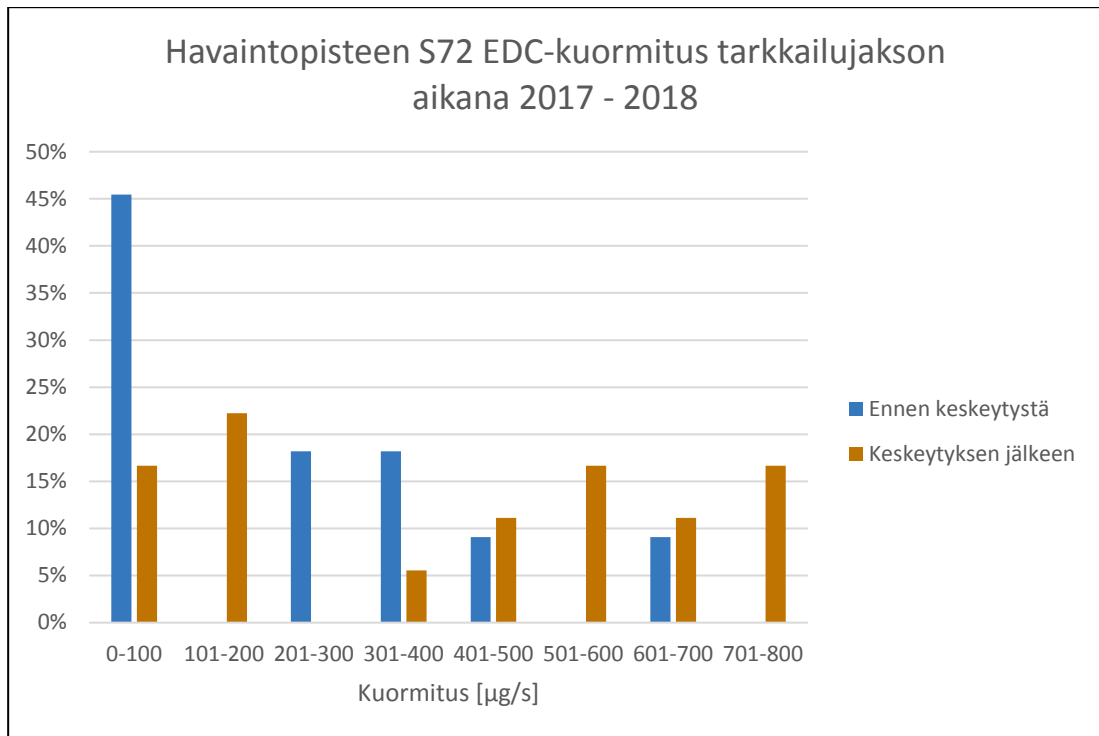


Virtaamaan ja sitä kautta EDC-kuormitukseen vaikuttivat haihdunta ja sadanta eli imeytyvän pohjaveden määrä ja pintavalunta. Haihduntaan vaikuttavat lämpötilan lisäksi ilman kosteus ja maanpinnan sekä ilman välinen lämpötilaero (National Geographic s.a). Ilman lämpötilan kohotessa EDC:n haihtuminen kasvoi, jolloin havaintopisteen S72 EDC-kuormitus pieneni. Vastaavasti kylminä vuodenaikoina EDC:n haihtuminen oli pienempää, jolloin EDC-kuormitus kasvoi. (Brusturean ym. 2006, 1 353–1 361; NSW Government 2013.) Havaintopisteen S72 EDC-kuormitus ja ilman lämpötila ovat kuvassa 13. Ilman lämpötilatiedot on saatu Ilmatieteen laitoksen säätiedoista. Sääasema sijaitsi Porvoon Kilpilahden satama-alueella. (Ilmatieteen laitos 2018.)



Kuva 13. Havaintopisteen S72 EDC-kuormitus ja ilman lämpötila tarkkailujakson aikana

Havaintopisteen S72 EDC-kuormituksia vertailtiin tulosten määrällä tietyillä EDC-pitoisuusväleillä ennen pumppausta ja pumppauksen keskeytyksen jälkeen (kuva 14). Tuloksissa ei havaittu pumppauksen keskeytyksestä aiheutuvia muutoksia. Pumppauksen keskeytyksen jälkeen todetut yksittäiset suurimmat pitoisuudet (701–800  $\mu\text{g/s}$ ) ajoittuivat syksyn 2017 (loka-marraskuu) suuren sadannan aikaan (kuva 11 aiemmin).



Kuva 14. Havaintopisteen S72 EDC-kuormitus tarkkailujakson aikana

EDC:n päästölähdealueella pumppauskaivossa PR-22 EDC-pitoisuudet olivat yli 1 000-kertaiset verrattuna havaintopisteessä S72 todettuihin pitoisuuksiin. Päästölähdealueella on siis edelleen huomattavia EDC-pitoisuuksia. PR-22:n pumppaustaso on noin 13 metriä merenpinnan alapuolella, kun taas pohjaveden purkautumistaso Noro 1:ssä, havaintopisteen S72 alueella, on noin 10–14 metriä merenpinnan yläpuolella. Havaintopisteen S72 ja pumppauskaivon PR-22 etäisyys toisistaan on noin 700 m. Havaintopisteeseen S72 purkautuvan pohjaveden osuus pintavedestä oli pieni, noin 2–2,5 l/s eli noin 216 m<sup>3</sup>/vrk. Talvella noroon purkautui lähes yksinomaan pohjavettä. Suojapumppauksen käsittelemä veden kokonaismäärä oli noin 2,6 m<sup>3</sup>/vrk, joka on purkautuvaan pohjavesimäärään verrattuna pieni (noin 1 %).

Pohjaveden kulkeutuminen kalliorakoja pitkin riippuu kallion vedenjohtavuudesta ja rikkonaisuudesta. Suomessa kallioperä on pääosin kiteistä peruskalliota. Peruskallion kiviaines on vähähuokoista, ja sen hydraulinen johtavuus pientä. (GTK s.a.) Kohteessa EDC:n kulkeutuminen pohjaveden mukana kalliorakoja pitkin havaintopisteeseen S72 oli kuitenkin nopeaa, koska kallion vedenjohtavuus oli melko suuri ( $k = 1,4 \cdot 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-10}$  m/s) (Valtion teknillinen tutkimuskeskus 1987).

Purkautuvan pohjaveden pitoisuus oli keskimäärin 150 µg/l. Pitoisuus on laskettu havaintopisteen S72 EDC-kuormituksen ja purkautuvan pohjaveden määrän perusteella. Pumppauskaivon PR-22 pitoisuus oli tarkkailujakson aikana otettujen vesinäytteiden perusteella keskimäärin 252 650 µg/l. Tuloksien perusteella pohjavesi laimenee ennen purkautumista pintaveteen. Vuositasolla EDC-kuormitus oli noin 10 kg havaintopisteessä S72. Ottaen huomioon EDC:n arvioidun kokonaismäärän päästölähdealueella on tarkkailujakson aikana todettu EDC-kuormitus ympäristöön pientä.

Näytteenotossa mahdollista mittausepävarmuutta aiheutui näytteenotosta, koska yksittäinen näyte kuvasti vain sen hetkistä tilannetta, eikä EDC:n pitoisuutta esimerkiksi tietyllä aikavälillä. Tästä syystä pitoisuuksien todellista vaihteluväliä ei tunneta. Näytteenoton luotettavuuteen vaikutti lisäksi näytteenotto paikan sijainti, eli kuvastiko näyte luotettavasti koko havaintopisteen läpi tulevaa vettä. Vettä ei vaihdettu ennen näytteenottoa kaivoissa tai pohjaveden havaintoputkessa, jolloin näytteenottohetkellä todettu EDC-pitoisuus ei täysin luotettavasti kuvannut pohjaveden tilaa vaan kaivossa tai pohjavesiputkessa sillä hetkellä olevan veden tilaa. Laboratorion analyysituloksissa oli mittausepävarmuutta, joka ilmoitettiin näytetuloksen yhteydessä.

EDC-kuormitusta laskettaessa virtaamien mittaamisessa v-padolla aiheutui mittausepävarmuutta erityisesti suurten virtaamien aikaan. Virtaamisissa oli myös ajoittain havaittavissa poikkeavuutta, jossa yläjuoksun (Noro 1) virtaama oli alajuoksun (S72) virtaamaa suurempaa, vaikka todellisuudessa se ei ollut mahdollista. Asennettujen v-patojen patoaukkojen muodon säännöllisyydessä saattoi olla poikkeavuuksia, jotka vaikuttivat saatuihin tuloksiin. V-padon asennuksen onnistuminen ojaan kohtisuoraan ja ohivirtauksien huomioiminen erityisesti patorakenteen alapuolella oli haastavaa. Patorakenteen materiaalilla oli myös vaikutusta saatuihin tuloksiin. Kohteessa käytettiin paksusta puulevystä tehtyjä v-patoja. V-pato tulisi olla ohutta materiaalia (Suomen ympäristökeskus SYKE 2017b, 79). Patoaukon korkeuden mittaamisessa saattoi tapahtua mittausepävarmuutta, koska patoaukosta tulevan veden kaarevuutta oli haastavaa arvioida.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

EDC-pitoisuudet olivat korkeimmillaan keväisin ja talvisin, jolloin veden ja ulkoilman lämpötilat olivat alhaisempia. Tällöin EDC:n haihtuminen oli pienempää. Lisäksi kovien pakkasten aikaan pintavesi oli jäässä ja virtaavan veden määrä oli pieni, jolloin pohjaveden osuus virtaavassa vedessä oli suhteellisen suuri. Lämpiminä kuukausina EDC:tä haihtui talvikuukausia enemmän, jolloin veden EDC-pitoisuudet olivat selkeästi pienempiä.

Virtaamien vuodenaikaisvaihteluihin vaikuttavat tekijät ja sitä kautta EDC-kuormituksen laskennan haastavuudet toivat haasteita tulosten tulkintaan. Myös näytteenoton yhteydessä ja tulosten analysoinnissa todetut mittausepävarmuudet vaikuttivat tulosten tulkintaan. Näiden lisäksi EDC:n herkkä haihtuminen ulkoilman lämpötilan muuttuessa vaikutti siihen, että pelkkien EDC-pitoisuuksien tarkastelu ennen ja jälkeen pumppauksen keskeytyksen ei yksiselitteisesti kertonut suojaumpppauksen merkityksestä.

Tarkkailujakson aikana otettujen vesinäytteiden tulosten tarkastelun pohjalta voidaan todeta, että suojaumpppauksella ei havaittu olevan vaikutusta päästöalueen pohjavedessä olevan EDC:n leviämiseen ja kulkeutumiseen. Opinnäytetyössä käsiteltyjen kulkeutumisreittien kautta otettujen näytteiden perusteella EDC-pitoisen pohjaveden merkittävin kulkeutumisreitti oli havaintopisteen S72 kautta. Suojaumpppauksen keskeytyksen aikainen pohjaveden mukana tuleva EDC-kuormitus havaintopisteessä S72 oli samalla tasolla kuin ennen pumppauksen keskeytystä. Lisäksi Dybäcken-puroon laskevissa noroissa tai alueen kaivoissa ei todettu EDC-pitoisuuksien kohoamista tarkkailujakson aikana.

Opinnäytetyössä ei tarkasteltu merivesitunnelin kautta kulkeutuvan EDC:n määrää. Merivesitunneli on kuitenkin kartoitettu yhdeksi mahdolliseksi EDC-pitoisen pohjaveden kulkeutumisreitiksi. Merivesitunnelin kautta mahdollisesti kulkeutuva EDC-kuormitus tulisi selvittää jatkotoimenpiteitä harkittaessa.

## LÄHTEET

ALS Finland Oy. 2018. W-VOCGMS09-D/FI: Klooratut alifaattiset hiilivedyt, 16 yhdistettä. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://www.alsglobal.fi/ymparisto/paketti/Vesi\\_2/Orgaaniset-aineet\\_1/W-VOCGMS09-DFI--Klooratut-alifaattiset-hiilivedyt--16-yhdistetta\\_26073](https://www.alsglobal.fi/ymparisto/paketti/Vesi_2/Orgaaniset-aineet_1/W-VOCGMS09-DFI--Klooratut-alifaattiset-hiilivedyt--16-yhdistetta_26073) [viitattu 7.6.2018].

Artto, K., Martinsuo, M. & Kujala, J. 2006. Projektiliiketoiminta. E-kirja. Saatavissa: [http://pbgroup.aalto.fi/en/the\\_book\\_and\\_the\\_glossary/](http://pbgroup.aalto.fi/en/the_book_and_the_glossary/). Helsinki: WSOY.

Boers, T., van der Molen, W., Eppink, L. & Ben-Asher, J. 1991. Effect of the Thomson weir and weirbox on the measurement of flow rates from micro-catchments and runoff plots. *Journal of Hydrology*. Volume 128, Issues 1–4, 29–39.

Brusseu, M. & Maier R. 2004. Soil and groundwater remediation. *Environmental Monitoring and Characterization*, 335–356.

Brusturean, G., Carre, J., Perju, J. & Todinca, T. 2006. Study of the influence of temperature the venting depollution process of soils contaminated with volatile organic compounds. *J Serb Chem Soc*, 71, 1 353–1 361.

Carl Roth GmbH + Co KG. 2017. Käyttöturvallisuustiedote 1,2-etyleenidikloridi ROTIPURAN. PDF-dokumentti. Päivitetty 18.7.2017.

Chen, F., Freedman, D., Falta, R. & Murdoch, L. 2012. Henry's law constants of chlorinated solvent at elevated temperatures. *Chemosphere* 86, 156–165.

Davis, G., Patterson, B. & Johnson, C. 2009. Aerobic bioremediation of 1,2-dichloroethane and vinyl chloride at field scale. *Journal of Contaminant Hydrology*. Volume 107, Issues 1–2, 91–100.

Doranova Oy. 2014. Vuosiraportti 2013. Yhteenveto tuloksista 1,2-DCA pilaantuneen pohjaveden kunnostuksesta ”pump & treat” -tekniikalla Porvoon Kilpilahdessa. PDF-dokumentti. Päivitetty 9.1.2014.

Doranova Oy. 2016. Vuosiraportti 2015. Yhteenveto tuloksista 1,2-DCA pilaantuneen pohjaveden kunnostuksesta ”pump & treat” -tekniikalla Porvoon Kilpilahdessa. PDF-dokumentti. Päivitetty 11.1.2016.

Huling, S. & Weaver J. 1991. Ground water issue. Dense nonaqueous phase liquids. EPA, United States Environmental Protection Agency. EPA/540/4-91-002. PDF-dokumentti. Päivitetty 03/1991. Saatavissa: <https://www.epa.gov/remedytech/dense-nonaqueous-phase-liquids> [viitattu 8.10.2018].

Geobotnia Oy. 2009. Kilpilahden PVC-tehtaan pilaantuneen pohjaveden kunnostaminen. Merivesitunnelin tutkimus, Työn n:o 10410. Päiväty 12.10.2009.

Geobotnia Oy. 2008. Kilpilahden PVC-tehtaan pilaantuneen *pohjaveden in situ* -kunnostaminen. Olemassa olevien tietojen kokoaminen ja kunnostuksen toteutettavuuden arviointi geohydrologiselta kannalta. Työ n:o 10410. Päiväty 25.3.2008.

Grönholm, S., Alviola, R., Kinnunen, K., Kojonen, K., Kärkkäinen, N. & Mäkitie, H. 2006. Retkeilijän kiviopas. Geologian tutkimuskeskus.

GTK. s.a. Maaperän pohjavesi. WWW-dokumentti. Saatavissa: [http://weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/pohjav\\_maapera.htm](http://weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/pohjav_maapera.htm) [viitattu 29.9.2018].

GTK s.a. Pohjavesi. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/pohjavesi/> [viitattu 30.9.2018].

GTK s.a. Geoenergia. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/geoenergia/> [viitattu 10.10.2018].

Ilmatieteen laitos 2018. Havaintojen lataus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/> [viitattu 5.10.2018].

Insinööritoimisto Pohjatekniikka Oy. 1987. Pohjavesiselvitys. Työ 6105.

Juang, R-S., Lin, S-H. & Yang, M-C. 2005. Mass transfer analysis on air stripping of VOCs from water in microporous hollow fibers. Journal of Membrane Science. Volume 255, Issues 1–2, 79–87.

Kilpilahti nyt. 2017. Kilpilahden teollisuuden naapuritiedote n:o 2. Päivätty 1.12.2017.

Klečka, G., Carpenter, C. & Gonsior, S. 1998. Biological transformations of 1,2-dichloroethane in subsurface soils and groundwater. Journal of Contaminant Hydrology 34. Volume 34, Issues 1–2, 139–154.

Korhonen, J. 2007. Suomen vesistöjen virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelut. Suomen ympäristö 45. Helsinki 2007.

Kukkonen, M. 2012. Opas metsätalouden vesistökuormituksen seurantaan. Metlan työraportteja 245. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp245.htm> [viitattu 5.10.2018].

Luttrell, W. 2010. Toxic tips: Ethylene dichloride. Journal of Chemical Health and Safety. Volume 17, Issue 5, 29–30.

Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitto. 2017. WWW-dokumentti. Päivitetty 6.7.2017. Saatavissa: [https://www.mtk.fi/ymparisto/Vesiasiat/fi\\_FI/pohjavesiasiat/](https://www.mtk.fi/ymparisto/Vesiasiat/fi_FI/pohjavesiasiat/) [viitattu 29.9.2018].

Maanmittauslaitos. 2018. Avoimien aineistojen tiedostopalvelu. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta> [viitattu 30.4.2018].

National Center for Biotechnology Information s.a. 1,2-Dichloroethane. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1\\_2-dichloroethane#section=LogP](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1_2-dichloroethane#section=LogP) [viitattu 29.4.2018].

National Geographic s.a. Water cycle. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/water-cycle/> [viitattu 29.10.2018].

Neste, J. 2017. Sidosryhmäyhteistyö ympäristöriskien hallinnassa. Ympäristö ja Terveys 6/2017, 16–19.

NSW Government. 2013. Groundwater contamination by EDC at Botany. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.health.nsw.gov.au/environment/factsheets/Pages/groundwater-edc.aspx> [viitattu 29.9.2018].

Rogers, T. W., Rogers T. S., Stoner, M., Sellgren, K., Lynch, B., Forbis-Stokes, A., Stoner, B. & Hawkins, B. 2018. A granular activated carbon/electrochemical hybrid system for onsite treatment and reuse of blackwater. Water Research. Volume 144, 553–560.

Stucki, G., Thüer, M. & Bentz, R. 1992. Biological degradation of 1,2-dichloroethane under groundwater conditions. Water Research. Volume 26, Issue 3 273–278.

Suomen ympäristökeskus SYKE. 2018. Pohjavesien määrällinen ja kemiallinen tila. WWW-dokumentti. Päivitetty 8.1.2018. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pohjavesien\\_tila?f=EtelaSavon\\_ELYkeskus](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pohjavesien_tila?f=EtelaSavon_ELYkeskus) [viitattu 29.9.2018].

Suomen ympäristökeskus SYKE. 2017a. Pohjaveden suojele. WWW-dokumentti. Päivitetty 31.1.2017. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/pohjaveden-suojele> [viitattu 29.9.2018].

Suomen ympäristökeskus SYKE. 2017b. Hydrologisen seurannan kenttätöiden toimintakäsikirja. PDF-dokumentti. Päivitetty 20.10.2017. Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat\\_ja\\_tilastot/Hydrologiset\\_havainnot](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Hydrologiset_havainnot). [viitattu 8.10.2018].

TIGG. 2018. What is activated carbon? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://tigg.com/resources/activated-carbon-knowledge-base/what-is-activated-carbon/> [viitattu 12.10.2018].

Toxicology Data Network. 2018. 1,2-dichloroethane. WWW-dokumentti. Päivitetty 7.9.2010. Saatavissa: <https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search2/r?dbs+hsdb:@term+@rn+@rel+107-06-2> [viitattu 29.4.2018].

U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency). 2006. Guidance on Systematic Planning Using the Data Quality Objectives Process. EPA QA/G-4. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.epa.gov/quality/guidance-systematic-planning-using-data-quality-objectives-process-epa-qag-4> [viitattu 3.6.2018].

Vahanan Environment Oy. 2017. Tarkkailusuunnitelma. Kilpilahden entisen PVC-tehtaan pohjaveden pumppaus. Päivätty 15.9.2017.

Valli, R. 2015. Johdatus tilastolliseen tutkimukseen. E-kirja. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/Record/kaakkuri.218493>. Helsinki: Gaudeamus 2015.

Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 1987. Täydentävät kallioperätutkimukset Neste Oy muovitehtaiden eteläpuolisella kallioalueella. Työnumero 7203. Päiväty 30.4.1987.

Vesihallitus. 1984. Hydrologiset havainto- ja mittausmenetelmät. Valtion painatuskeskus, Helsinki.

Wang, S., Kuo, Y., Huang, Y., Huang, C & Kao, C. 2015. Bioremediation of 1,2-dichloroethane contaminated groundwater: Microcosm and microbial diversity studies. *Environmental Pollution* 203, 97–106.

Wang, S., Chen, S., Lin, Y., Kuo, Y., Chen, J. & Kao, C. 2016. Acidification and sulfide formation control during reductive dechlorination of 1,2-dichloroethane in groundwater: Effectiveness and mechanistic study. *Chemosphere*, Volume 160, 216–229.

Wang, W. 2016. Current Knowledge and Future Issues. Bioaccumulation and biomonitoring. *Marine Ecotoxicology*, 99–119.

Ympäristöministeriö. 2014. Pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta. Ympäristöhallinnon ohjeita 6/014. Helsinki: Edita Prima Oy.



## KUVALUETTELO

Kuva 1. Liuotinpäästön arvioitu päästöalue ja suojaumpppauskaivot (ilmakuva: Maanmittauslaitos 2018) .....	9
Kuva 2. DQO-prosessin vaiheet ja kunkin vaiheen käsiteltäviä asioita (Maarit Luoranen) .....	12
Kuva 3. EDC:n kulkeutumisen käsitteellinen malli (Maarit Luoranen) .....	13
Kuva 4. Alueen kallionpinnan tasot (ilmakuva: Maanmittauslaitos 2018) .....	20
Kuva 5. Pohjaveden pinnantasot vuoden 1988 tuloksien perusteella (ilmakuva: Maanmittauslaitos 2018) .....	21
Kuva 6. Havaintopisteiden sijainnit (ilmakuva: Maanmittauslaitos 2018).....	23
Kuva 7. V-pato asennettuna Noro 1:een (Maarit Luoranen) .....	26
Kuva 8. Hiilisäkkien alustavat asennuspaikat (ilmakuva: Maanmittauslaitos 2018) .....	28
Kuva 9. Väliaikaisen käsittely-yksikön toimintaperiaate.....	28
Kuva 10. Havaintopisteen S72 EDC-pitoisuus tarkkailujakson aikana .....	29
Kuva 11. Havaintopisteen S72 EDC-kuormitus ja sademäärä tarkkailujakson aikana.....	32
Kuva 12. Havaintopisteen S72 EDC-kuormitus ja virtaama tarkkailujakson aikana.....	32
Kuva 13. Havaintopisteen S72 EDC-kuormitus ja ilman lämpötila tarkkailujakson aikana .....	33
Kuva 14. Havaintopisteen S72 EDC-kuormitus tarkkailujakson aikana .....	34

### HAVAINTOPISTEIDEN VESINÄYTTEIDEN EDC-PITOISUUDET TARKKAILUJAKSON AIKANA

Taulukon selitteet: Tumma viiva kuvaa pumppauksen keskeytyksen ajankohtaa, ”kuiva” = vettä ei virrannut näytteenottohetkellä, ”ei näytettä” = näytettä ei saatu

Päivämäärä	EDC-pitoisuus [µg/l]													
	Noro 1	S72	Dybäcken, Sandkulla	Dybäcken	Dybäcken, Pedars	Noro 2	Noro 3	G75	G82	K-7	K-6	K-4	K-19	PR-22
6.3.2017		110		9,63		2,48		< 0,10						
11.4.2017	< 0,10	52,4		1,70		0,39	< 0,10	0,18						
24.4.2017														
5.5.2017	< 0,10	70,0	17,1	2,74	2,5	0,36	< 0,10	0,17						
11.5.2017								< 0,10	10,0	0,60	22,0		120	
26.5.2017														
6.6.2017	< 0,10	124	2,16	0,35	0,12		< 0,10							
19.6.2017		77,0												
4.7.2017	< 0,10	10,5	0,28	0,13	< 0,10		< 0,10	0,48						
6.9.2017	< 0,10	14,3	0,23	0,14	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,62				< 0,10		
12.9.2017	< 0,10	0,25				< 0,10	< 0,10	0,21						
13.9.2017								< 0,10	7,00	12,0	2,00		85,0	
21.9.2017	< 0,10	74,5				< 0,10		< 0,10				< 0,10		
25.9.2017	< 0,10	112				< 0,10		< 0,10						
3.10.2017	< 0,10	89,3	2,06	0,31	0,26	< 0,10	< 0,10	0,29				< 0,10		
11.10.2017	< 0,10	7,32	3,11	0,53	0,57	0,22	< 0,10	< 0,10						
16.10.2017	< 0,10	28,5				0,39		< 0,10	3,39	9,83	429	< 0,10	102	
24.10.2017	< 0,10	68,8				0,31		< 0,10						
31.10.2017	< 0,10	29,7				< 0,10		0,40				< 0,10	85,8	
8.11.2017	< 0,10	67,8	17,2	3,63	3,02	0,35	< 0,10	< 0,10	1,05	9,83	705			
15.11.2017	< 0,10	56,9				0,60		< 0,10						
22.11.2017	< 0,10	35,0				0,58		< 0,10						498 000

Päivämäärä	EDC-pitoisuus [µg/l]													
	Noro 1	S72	Dybäcken, Sandkulla	Dybäcken	Dybäcken, Pedars	Noro 2	Noro 3	G75	G82	K-7	K-6	K-4	K-19	PR-22
19.12.2017	< 0,10	24,1	7,52	1,54	1,53	0,49	< 0,10	< 0,10						150 000
16.1.2018	< 0,10	95,5	30,6	6,90	6,00	2,19	< 0,10	< 0,10						
12.2.2018	< 0,10	109	42,4	9,52	9,4	3,57	< 0,10	< 0,10	2,9	2,13	29,5	< 0,10	73,8	320 000
12.3.2018	< 0,10	361	88,5	26,2	ei näytettä	< 0,10	< 0,10	0,19			0,14			
23.3.2018	< 0,10	188	56,9	6,59	6,32									
27.3.2018	< 0,10	196	38,1	10,2	8,04									
29.3.2018	< 0,10	185	36,9	8,68	6,35									
10.4.2018	< 0,10	10,9	6,98	1,48	0,44	< 0,10	< 0,10	< 0,10			549			
15.5.2018	< 0,50	89,0	4,61	0,41	< 0,50	kuiva	< 0,50	< 0,10	6,62	< 0,50	< 0,50	< 0,10	70,8	42 600
13.6.2018	kuiva	24,4	0,40	0,13	< 0,10	kuiva	kuiva	0,25						
3.7.2018	< 0,10	0,15	7,10	0,18	< 0,10	kuiva	< 0,10	0,52						
13.8.2018	kuiva	5,13	0,52	0,15	< 0,10	kuiva	kuiva	0,40	kuiva	< 0,10	< 0,10	< 0,10	112	ei näytettä

## ESIMERKKI LABORATORION ANALYYSITODISTUKSESTA

## Raportti

K1800374

Sivu 1 (9)

IUBROXNDUP



Vastaanotettu 2018-02-14  
Raportoitu 2018-02-20

Vahanan Environment Oy  
Maarit Luoranen

Linnoitustie 5  
02600 Espoo  
Finland

Projekti ENV1039 Neste Kilpilahti  
Tilausnumero M.Takala

## Veden analysointi

Asiakkaan näytetunnus PR22						
Näytteenottaja		Maarit Luoranen				
Näytteenottopvm		2018-02-12				
Näytenumero		H18001275				
Analyysi	Tulos	Mittausepävarmuus (±)	Yksikkö	Menetelmä	Analysoija	Allekirjoitus
<b>VOC-yhdisteet, W-VOCGMS09-C/FI</b>						
vinyylikloridi	2290	918	µg/l	1	1	ANHU
dikloorimetaani	568	227	µg/l	1	1	ANHU
kloroformi (trikloorimetaani)	7210	2880	µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorimetaani	18.1	7.23	µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni	2840	1140	µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorieteeni	302	121	µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni ja tetrakloorieteeni, summa	3140		µg/l	1	1	ANHU
1,1,1-trikloorietaani	<10.0		µg/l	1	1	ANHU
1,1,2-trikloorietaani	3670	1470	µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorietaani	1310	523	µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorietaani	320000	128000	µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorieteeni	89.3	35.7	µg/l	1	1	ANHU
cis-1,2-dikloorieteeni	313	125	µg/l	1	1	ANHU
trans-1,2-dikloorieteeni	602	241	µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorieteenit, summa	915		µg/l	1	1	ANHU
1,1,1-trikloorietaani: määrittäysrajaa on jouduttu nostamaan 100 -kertaisesti näytteen sisältämän suuren haitta-ainepitoisuuden vuoksi (laimennusefekti).						

## Raportti

K1800374

Sivu 2 (9)

IU8ROXNDUP



Asiakkaan näytetunnus <b>Noro1</b>					
Näytteenottaja	<b>Maarit Luoranen</b>				
Näytteenottopvm	<b>2018-02-12</b>				
Näytenumero	H18001276				
Analyysi	Tulos	Yksikkö	Menetelmä	Analyysoija	Allekirjoitus
<b>VOC-yhdisteet, W-VOCGMS09-C/FI</b>					
vinyylikloridi	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
dikloorimetaani	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
kloroformi (trikloorimetaani)	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorimetaani	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorieteeni	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni ja tetrakloorieteeni, summa	<0.20	µg/l	1	1	ANHU
1,1,1-trikloorietaani	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
1,1,2-trikloorietaani	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorietaani	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorietaani	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorieteeni	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
cis-1,2-dikloorieteeni	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
trans-1,2-dikloorieteeni	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorieteenit, summa	<0.20	µg/l	1	1	ANHU

Asiakkaan näytetunnus <b>G75</b>					
Näytteenottaja	<b>Maarit Luoranen</b>				
Näytteenottopvm	<b>2018-02-12</b>				
Näytenumero	H18001277				
Analyysi	Tulos	Yksikkö	Menetelmä	Analyysoija	Allekirjoitus
<b>VOC-yhdisteet, W-VOCGMS09-C/FI</b>					
vinyylikloridi	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
dikloorimetaani	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
kloroformi (trikloorimetaani)	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorimetaani	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorieteeni	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni ja tetrakloorieteeni, summa	<0.20	µg/l	1	1	ANHU
1,1,1-trikloorietaani	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
1,1,2-trikloorietaani	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorietaani	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorietaani	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorieteeni	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
cis-1,2-dikloorieteeni	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
trans-1,2-dikloorieteeni	<0.10	µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorieteenit, summa	<0.20	µg/l	1	1	ANHU

## Raportti

K1800374

Sivu 3 (9)

IU8ROXNDUP



Asiakkaan näytetunnus <b>S72</b>						
Näytteenottaja <b>Maarit Luoranen</b>						
Näytteenottopvm <b>2018-02-12</b>						
Näytenumero <b>H18001278</b>						
Analyysi	Tulos	Mittausepävarmuus (±)	Yksikkö	Menetelmä	Analysoija	Allekirjoitus
<b>VOC-yhdisteet, W-VOCGMS09-C/FI</b>						
vinyylikloridi	1.10	0.44	µg/l	1	1	ANHU
dikloorimetaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
kloroformi (trikloorimetaani)	0.28	0.11	µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorimetaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni	0.37	0.15	µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni ja tetrakloorieteeni, summa	0.37		µg/l	1	1	ANHU
1,1,1-trikloorietaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,1,2-trikloorietaani	1.13	0.45	µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorietaani	0.36	0.15	µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorietaani	109	43.6	µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
cis-1,2-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trans-1,2-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorieteenit, summa	<0.20		µg/l	1	1	ANHU

Asiakkaan näytetunnus <b>K-7</b>						
Näytteenottaja <b>Maarit Luoranen</b>						
Näytteenottopvm <b>2018-02-12</b>						
Näytenumero <b>H18001279</b>						
Analyysi	Tulos	Mittausepävarmuus (±)	Yksikkö	Menetelmä	Analysoija	Allekirjoitus
<b>VOC-yhdisteet, W-VOCGMS09-C/FI</b>						
vinyylikloridi	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
dikloorimetaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
kloroformi (trikloorimetaani)	0.18	0.07	µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorimetaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni	0.45	0.18	µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni ja tetrakloorieteeni, summa	0.45		µg/l	1	1	ANHU
1,1,1-trikloorietaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,1,2-trikloorietaani	0.88	0.35	µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorietaani	0.40	0.16	µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorietaani	2.13	0.85	µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
cis-1,2-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trans-1,2-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorieteenit, summa	<0.20		µg/l	1	1	ANHU

## Raportti

K1800374

Sivu 4 (9)

IU8ROXNDUP



Asiakkaan näytetunnus <b>K-6</b>						
Näytteenottaja	<b>Maarit Luoranen</b>					
Näytteenottopvm	<b>2018-02-12</b>					
Näytenumero	H18001280					
Analyysi	Tulos	Mittausepävarmuus (±)	Yksikkö	Menetelmä	Analysoija	Allekirjoitus
<b>VOC-yhdisteet, W-VOCGMS09-C/FI</b>						
vinyylikloridi	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
dikloorimetaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
kloroformi (trikloorimetaani)	1.70	0.68	µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorimetaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni	3.47	1.39	µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorieteeni	0.13	0.05	µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni ja tetrakloorieteeni, summa	3.60		µg/l	1	1	ANHU
1,1,1-trikloorietaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,1,2-trikloorietaani	4.27	1.71	µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorietaani	2.59	1.04	µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorietaani	29.5	11.8	µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorieteeni	0.39	0.16	µg/l	1	1	ANHU
cis-1,2-dikloorieteeni	0.19	0.08	µg/l	1	1	ANHU
trans-1,2-dikloorieteeni	0.73	0.29	µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorieteenit, summa	0.92		µg/l	1	1	ANHU

Asiakkaan näytetunnus <b>G82</b>						
Näytteenottaja	<b>Maarit Luoranen</b>					
Näytteenottopvm	<b>2018-02-12</b>					
Näytenumero	H18001281					
Analyysi	Tulos	Mittausepävarmuus (±)	Yksikkö	Menetelmä	Analysoija	Allekirjoitus
<b>VOC-yhdisteet, W-VOCGMS09-C/FI</b>						
vinyylikloridi	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
dikloorimetaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
kloroformi (trikloorimetaani)	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorimetaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni ja tetrakloorieteeni, summa	<0.20		µg/l	1	1	ANHU
1,1,1-trikloorietaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,1,2-trikloorietaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorietaani	0.15	0.06	µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorietaani	2.90	1.16	µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
cis-1,2-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trans-1,2-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorieteenit, summa	<0.20		µg/l	1	1	ANHU

# Raportti

## K1800374

Sivu 5 (9)

IU8ROXNDUP



Asiakkaan näytetunnus <b>Noro2</b>						
Näytteenottaja		<b>Maarit Luoranen</b>				
Näytteenottopvm		<b>2018-02-12</b>				
Näytenumero		H18001282				
Analyysi	Tulos	Mittausepävarmuus (±)	Yksikkö	Menetelmä	Analysoija	Allekirjoitus
<b>VOC-yhdisteet, W-VOCGMS09-C/FI</b>						
vinyylikloridi	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
dikloorimetaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
kloroformi (trikloorimetaani)	0.12	0.05	µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorimetaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni ja tetrakloorieteeni, summa	<0.20		µg/l	1	1	ANHU
1,1,1-trikloorietaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,1,2-trikloorietaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorietaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorietaani	3.57	1.43	µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
cis-1,2-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trans-1,2-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorieteenit, summa	<0.20		µg/l	1	1	ANHU

Asiakkaan näytetunnus <b>K-4</b>						
Näytteenottaja		<b>Maarit Luoranen</b>				
Näytteenottopvm		<b>2018-02-12</b>				
Näytenumero		H18001283				
Analyysi	Tulos	Mittausepävarmuus (±)	Yksikkö	Menetelmä	Analysoija	Allekirjoitus
<b>VOC-yhdisteet, W-VOCGMS09-C/FI</b>						
vinyylikloridi	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
dikloorimetaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
kloroformi (trikloorimetaani)	1.12	0.45	µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorimetaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni ja tetrakloorieteeni, summa	<0.20		µg/l	1	1	ANHU
1,1,1-trikloorietaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,1,2-trikloorietaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorietaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorietaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
cis-1,2-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trans-1,2-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorieteenit, summa	<0.20		µg/l	1	1	ANHU



## Raportti

K1800374

Sivu 6 (9)

IU8ROXNDUP



Asiakkaan näytetunnus <b>K-19</b>						
Näytteenottaja		<b>Maarit Luoranen</b>				
Näytteenottopvm		<b>2018-02-12</b>				
Näytenumero		H18001284				
Analyysi	Tulos	Mittausepävarmuus (±)	Yksikkö	Menetelmä	Analysoija	Allekirjoitus
<b>VOC-yhdisteet, W-VOCGMS09-C/FI</b>						
<b>vinyylikloridi</b>	<b>1.15</b>	0.46	µg/l	1	1	ANHU
<b>dikloorimetaani</b>	<b>&lt;0.10</b>		µg/l	1	1	ANHU
<b>kloroformi (trikloorimetaani)</b>	<b>&lt;0.10</b>		µg/l	1	1	ANHU
<b>tetrakloorimetaani</b>	<b>&lt;0.10</b>		µg/l	1	1	ANHU
<b>trikloorieteeni</b>	<b>1.03</b>	0.41	µg/l	1	1	ANHU
<b>tetrakloorieteeni</b>	<b>&lt;0.10</b>		µg/l	1	1	ANHU
<b>trikloorieteeni ja tetrakloorieteeni, summa</b>	<b>1.03</b>		µg/l	1	1	ANHU
<b>1,1,1-trikloorietaani</b>	<b>&lt;0.10</b>		µg/l	1	1	ANHU
<b>1,1,2-trikloorietaani</b>	<b>1.83</b>	0.73	µg/l	1	1	ANHU
<b>1,1-dikloorietaani</b>	<b>0.99</b>	0.40	µg/l	1	1	ANHU
<b>1,2-dikloorietaani</b>	<b>73.8</b>	29.5	µg/l	1	1	ANHU
<b>1,1-dikloorieteeni</b>	<b>0.32</b>	0.13	µg/l	1	1	ANHU
<b>cis-1,2-dikloorieteeni</b>	<b>0.12</b>	0.05	µg/l	1	1	ANHU
<b>trans-1,2-dikloorieteeni</b>	<b>0.25</b>	0.10	µg/l	1	1	ANHU
<b>1,2-dikloorieteenit, summa</b>	<b>0.37</b>		µg/l	1	1	ANHU

Asiakkaan näytetunnus <b>Dybäcken, Sandkulla</b>						
Näytteenottaja		<b>Maarit Luoranen</b>				
Näytteenottopvm		<b>2018-02-12</b>				
Näytenumero		H18001285				
Analyysi	Tulos	Mittausepävarmuus (±)	Yksikkö	Menetelmä	Analysoija	Allekirjoitus
<b>VOC-yhdisteet, W-VOCGMS09-C/FI</b>						
<b>vinyylikloridi</b>	<b>&lt;0.10</b>		µg/l	1	1	ANHU
<b>dikloorimetaani</b>	<b>&lt;0.10</b>		µg/l	1	1	ANHU
<b>kloroformi (trikloorimetaani)</b>	<b>0.13</b>	0.05	µg/l	1	1	ANHU
<b>tetrakloorimetaani</b>	<b>&lt;0.10</b>		µg/l	1	1	ANHU
<b>trikloorieteeni</b>	<b>0.12</b>	0.05	µg/l	1	1	ANHU
<b>tetrakloorieteeni</b>	<b>&lt;0.10</b>		µg/l	1	1	ANHU
<b>trikloorieteeni ja tetrakloorieteeni, summa</b>	<b>&lt;0.20</b>		µg/l	1	1	ANHU
<b>1,1,1-trikloorietaani</b>	<b>&lt;0.10</b>		µg/l	1	1	ANHU
<b>1,1,2-trikloorietaani</b>	<b>0.50</b>	0.20	µg/l	1	1	ANHU
<b>1,1-dikloorietaani</b>	<b>0.14</b>	0.05	µg/l	1	1	ANHU
<b>1,2-dikloorietaani</b>	<b>42.4</b>	17.0	µg/l	1	1	ANHU
<b>1,1-dikloorieteeni</b>	<b>&lt;0.10</b>		µg/l	1	1	ANHU
<b>cis-1,2-dikloorieteeni</b>	<b>&lt;0.10</b>		µg/l	1	1	ANHU
<b>trans-1,2-dikloorieteeni</b>	<b>&lt;0.10</b>		µg/l	1	1	ANHU
<b>1,2-dikloorieteenit, summa</b>	<b>&lt;0.20</b>		µg/l	1	1	ANHU

## Raportti

K1800374

Sivu 7 (9)

IU8ROXNDUP



Asiakkaan näytetunnus <b>Dybäcken</b>						
Näytteenottaja	<b>Maarit Luoranen</b>					
Näytteenottopvm	<b>2018-02-12</b>					
Näytenumero	H18001286					
Analyysi	Tulos	Mittausepävarmuus (±)	Yksikkö	Menetelmä	Analysoija	Allekirjoitus
<b>VOC-yhdisteet, W-VOCGMS09-C/FI</b>						
vinyylikloridi	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
dikloorimetaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
kloroformi (trikloorimetaani)	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorimetaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni ja tetrakloorieteeni, summa	<0.20		µg/l	1	1	ANHU
1,1,1-trikloorietaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,1,2-trikloorietaani	0.13	0.05	µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorietaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorietaani	9.52	3.81	µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
cis-1,2-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trans-1,2-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorieteenit, summa	<0.20		µg/l	1	1	ANHU

Asiakkaan näytetunnus <b>Dybäcken, Pedars</b>						
Näytteenottaja	<b>Maarit Luoranen</b>					
Näytteenottopvm	<b>2018-02-12</b>					
Näytenumero	H18001287					
Analyysi	Tulos	Mittausepävarmuus (±)	Yksikkö	Menetelmä	Analysoija	Allekirjoitus
<b>VOC-yhdisteet, W-VOCGMS09-C/FI</b>						
vinyylikloridi	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
dikloorimetaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
kloroformi (trikloorimetaani)	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorimetaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
tetrakloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trikloorieteeni ja tetrakloorieteeni, summa	<0.20		µg/l	1	1	ANHU
1,1,1-trikloorietaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,1,2-trikloorietaani	0.13	0.05	µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorietaani	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorietaani	9.40	3.76	µg/l	1	1	ANHU
1,1-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
cis-1,2-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
trans-1,2-dikloorieteeni	<0.10		µg/l	1	1	ANHU
1,2-dikloorieteenit, summa	<0.20		µg/l	1	1	ANHU

# Raportti

Sivu 8 (9)

K1800374

IU8ROXNDUP



Asiakkaan näytetunnus <b>Noro3</b>					
Näytteenottaja	<b>Maarit Luoranen</b>				
Näytteenottopvm	<b>2018-02-12</b>				
Näyttenumero	H18001288				
Analyysi	Tulos	Yksikkö	Menetelmä	Analyysoija	Allekirjoitus
<b>VOC-yhdisteet, W-VOCGMS09-C/FI</b>					
<b>vinyylikloridi</b>	<b>&lt;0.10</b>	<b>µg/l</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>ANHU</b>
<b>dikloorimetaani</b>	<b>&lt;0.10</b>	<b>µg/l</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>ANHU</b>
<b>kloroformi (trikloorimetaani)</b>	<b>&lt;0.10</b>	<b>µg/l</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>ANHU</b>
<b>tetrakloorimetaani</b>	<b>&lt;0.10</b>	<b>µg/l</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>ANHU</b>
<b>trikloorieteeni</b>	<b>&lt;0.10</b>	<b>µg/l</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>ANHU</b>
<b>tetrakloorieteeni</b>	<b>&lt;0.10</b>	<b>µg/l</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>ANHU</b>
<b>trikloorieteeni ja tetrakloorieteeni, summa</b>	<b>&lt;0.20</b>	<b>µg/l</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>ANHU</b>
<b>1,1,1-trikloorietaani</b>	<b>&lt;0.10</b>	<b>µg/l</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>ANHU</b>
<b>1,1,2-trikloorietaani</b>	<b>&lt;0.10</b>	<b>µg/l</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>ANHU</b>
<b>1,1-dikloorietaani</b>	<b>&lt;0.10</b>	<b>µg/l</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>ANHU</b>
<b>1,2-dikloorietaani</b>	<b>&lt;0.10</b>	<b>µg/l</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>ANHU</b>
<b>1,1-dikloorieteeni</b>	<b>&lt;0.10</b>	<b>µg/l</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>ANHU</b>
<b>cis-1,2-dikloorieteeni</b>	<b>&lt;0.10</b>	<b>µg/l</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>ANHU</b>
<b>trans-1,2-dikloorieteeni</b>	<b>&lt;0.10</b>	<b>µg/l</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>ANHU</b>
<b>1,2-dikloorieteenit, summa</b>	<b>&lt;0.20</b>	<b>µg/l</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>ANHU</b>

# Raportti

**K1800374**

Sivu 9 (9)

IU8ROXNDUP



\* =näyte tutkittu akkreditoimattomalla menetelmällä.

Menetelmäkuvaus	
1	Kloorattujen alifaattisten hiilivetyjen määrittäminen GC-MS-tekniikalla menetelmien US EPA 624, US EPA 8260, US EPA 8015, EN ISO 10301, MADEP 2004, rev. 1.1 mukaan. Summat ovat laskettu mitatuista arvoista.

Hyväksyjä	
ANHU	Anna Huttunen

Analysoija <sup>1</sup>	
1	Analysoinnista vastaa ALS Czech Republic, s.r.o., Na Harfě 336/9, 190 00, Praha 9, Tšekki, joka on akkreditoitu tšekkiläisen akkreditointielimen CAI (Czech Accreditation Institute) toimesta (the Testing Laboratory No. 1163).

Mittausepävarmuus on ilmoitettu laajennettuna mittausepävarmuutena, jossa on käytetty kattavuuskerrointa 2, jolloin luotettavuustaso on noin 95%.

Alihankkijoiden mittausepävarmuus on yleensä annettu laajennettuna mittausepävarmuutena, jossa on käytetty kattavuuskerrointa 2. Laboratoriolta saa lisätietoja pyydettäessä.

Analyytitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille. Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin. Tutkimusraportin saa kopioida vain kokonaisuudessaan. Muussa tapauksessa kopiointista on saatava lupa laboratoriolta.

Tilasta koskevat yleiset sopimusehdot, ks. voimassa oleva tarjous tai ALS Finland Oy:n kotisivut ([www.alsglobal.fi](http://www.alsglobal.fi)).

Kopio lähetetty tiedoksi:

, Vahanen Environment Oy, 02600 Espoo, Finland.

+

[mikael.takala@vahanen.com](mailto:mikael.takala@vahanen.com)

Vain digitaalisesti allekirjoitettu PDF- raportti on alkuperäinen. Kaikki muut tulostetut versiot ovat kopioita.

<sup>1</sup> Analyysin suorittava ALS- tai alihankintalaboratorio.

## HAVAINTOPISTEEN S72 EDC-KUORMITUS TARKKAILUJAKSON AIKANA

	<b>S72</b>
<b>Päivämäärä</b>	<b>EDC-kuormitus [<math>\mu\text{g/s}</math>]</b>
6.3.2017	625
11.4.2017	497
5.5.2017	398
6.6.2017	98,2
19.6.2017	34,9
4.7.2017	5,4
6.9.2017	5,7
12.9.2017	4,9
21.9.2017	293
25.9.2017	287
3.10.2017	307
11.10.2017	555
16.10.2017	722
24.10.2017	714
31.10.2017	578
8.11.2017	479
15.11.2017	702
22.11.2017	681
19.12.2017	649
16.1.2018	376
12.2.2018	488
23.3.2018	189
27.3.2018	197
29.3.2018	186
10.4.2018	532
15.5.2018	136
13.6.2018	5,4
3.7.2018	0,2
13.8.2018	0,7