

Kemisti Noora Perkola, tutkija Janne Juntunen, erikoistutkija Sirkku Tuominen, kehittämispäällikkö Taina Nysten, apulaistutkija Kirsi Rosendahl, tutkimuspäällikkö Timo Huttula  
*Suomen ympäristökeskus (SYKE)*

Erikoistutkija Tarja Pitkänen, tutkija Ari Kauppinen, erikoistutkija Jaana Kusnetsov, tutkija Anna-Maria Hokajärvi, tutkija Päivi Meriläinen, johtava tutkija Ilkka T. Miettinen  
*Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL)*

Maiju Happonen  
*Aalto-yliopiston Insinööritieteiden korkeakoulu*

# Kuluttajakemikaalit ja mikrobit Kokemäenjoen vesistöissä

Kuluttajatuotteissa käytettävien kemikaalien kirjo on valtava. Osa niistä vapautuu tuotteita käytettäessä tai hävitettäessä ja päätyy ympäristöön esimerkiksi jätevesien mukana. Vesistöissä vierasaineet voivat aiheuttaa haittaa eliöstölle ja välillisesti myös ihmisille. Jätevesissä on myös ihmisperäisiä bakteereja ja viruksia, jotka voivat haitata vesistöjen virkistys- ja hyötykäyttöä. Huomion arvoista on se, että jätevedenpuhdistamoilla keskitytään typen, fosforin ja orgaanisen aineen poistamiseen jätevedestä. Sen sijaan yleisesti käytössä olevat puhdistustekniikat eivät välttämättä lainkaan tehoa osaan vierasaineista ja mikrobeista. CONPAT-hankkeessa tutkitaan, miten jätevesistä peräisin olevat kemikaalit ja mikrobit kulkeutuvat Kokemäenjoen vesistöissä.

## CONPAT-hanke

- Veden kontaminantit – likaantumisen syyt, terveysriskit ja riskien hallinta (Aquatic contaminants – pathways, health risks and management)
- Osa Suomen Akatemian Akvaattisten luonnonvarojen kestävä käyttö (AKVA) -ohjelmaa
- Mukana THL, SYKE ja VATT
- Hankkeen kesto 2012 – 2016
- <http://fi.opasnet.org/fi/Conpat>

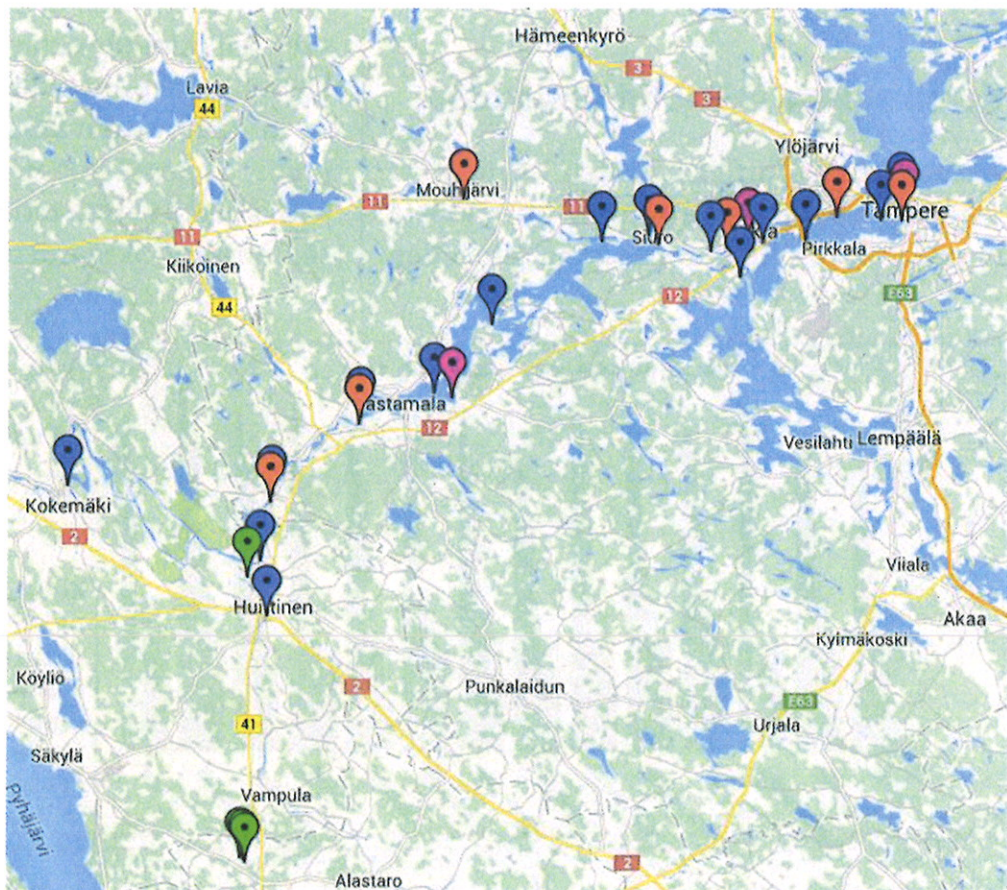


## Taustaa

Vesivarojen kestävä käyttö ja sitä kautta puhtaan talous- ja uimaveden takaaminen on elintärkeää yksilöiden terveyden ja koko yhteiskunnan kannalta. Kokemäenjoen vesistö ja Virttaankankaan tekopohjavesilaitos valikoituivat kohdealueeksi vesistön likaantumisen riskejä ja niiden hallintaa käsittelevään Suomen Akatemian rahoittamaan CONPAT-hankkeeseen (Miettinen ym. 2013). Aluevalintaa edesauttoivat aiemmat tutkimushankkeet ja aktiiviset alueen toimijat, erityisesti Turun Seudun Vesi Oy, jotka ovat selvittäneet laajasti veden puhdistustarpeita ja -tehokkuutta, pohjaveden virtauksia harjussa ja erilaisten riskitilanteiden vaikutuksia ja hallintamahdollisuuksia alueella.

Kokemäenjoen vedenlaatu oli heikko vielä 1980-luvulla. Sitten vesistön tila on parantunut merkittävästi. Virkistystoiminta

on vesistöalueella runsasta, ja esimerkiksi kalakanta on monipuolinen. Kokemäenjokeen virtaa kuitenkin muun muassa Pirkanmaan asukkaiden ja teollisuuden jätevesiä sekä maatalouden valumavesiä. Kokemäenjoki on muuttunut tärkeäksi raakavesilähteeksi Turun seudun asukkaille, koska joen vettä käytetään talousveden valmistukseen Virttaankankaan tekopohjavesilaitoksella. Turku ja sen lähialueet ovat kärsineet Aurajoesta valmistetun talousveden maku- ja hajuhaitoista, ja tekopohjavesi on tervetullut ratkaisu tilanteeseen. Tekopohjavesialue, jossa jokiveden harjuun imeytys tapahtuu, on aiheuttanut keskustelua vesilaitoksen suunnittelusta asti (Lyytimäki ja Assmuth 2015). Suunnittelun ja rakentamisen aikana pohjavesi- ja ympäristövaikutuksia on tutkittu perusteellisesti. Tekopohjaveden tuotanto on nykyään hyvässä vauhdissa ja tuottaa talousvettä Turkuun ja lähikuntiin.



Kuva 1. CONPAT-hankkeen tutkimusalue. (Kuva: Google Maps).



CONPAT-hanke selvittää, miten kemikaalit ja mikrobit kulkeutuvat jätevesien mukana vesistöön, ja mikäli ne päätyvät vedenottamolle, kuinka tehokkaasti harjussa tapahtuva hiekkasuodatus puhdistaa jokiveden sisältämät kemikaalit ja mikrobit paitsi nykytilanteessa, myös esimerkiksi kemikaalipäästöjen kasvaessa tai puhdistusprosessin häiriötilanteissa. Arvioinnissa käytetään apuna mittaustuloksia sekä järvi-, joki- ja pohjavesimallinnusta. Lisäksi selvitetään vesivarojen kemiallisen ja mikrobiologisen pilaantumisen terveystarpeita ja riskienhallinnan kustannuksia laajemmin ylävirran yhdyskuntien ja teollisuuden jätevesipäästöistä lähtien.

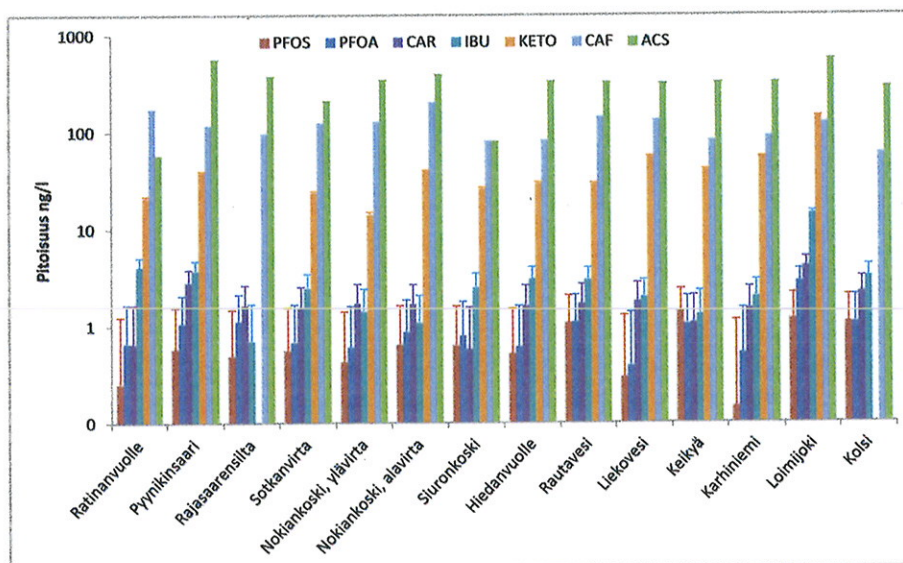
CONPAT-hankkeen kokeellinen osa käynnistyi lokakuussa 2012 pinta-, pohja- ja jätevesinäytteiden keräämisellä yhteensä 32 havaintopaikalta (Kuva 1). Näytteenotto toistui neljännesvuosittain viime vuoden syyskuuhun saakka. Näytteistä analysoitiin bakteereja ja viruksia, kuluttajakemikaaleja kuten lääke- ja makeutusaineita, sekä perfluorattuja alkyyl yhdisteitä.

## Kemikaalit ja mikrobit vesistössä

Asesulfaami-K on yksi eniten käytetyistä makeutusaineista. Se erittyy elimistöstä muuttumattomana, ei muunnu jäteveden

puhdistusprosesseissa ja on ympäristössäkin hyvin hitaasti hajoava. Vesiliukoisena yhdisteenä se voi kulkeutua jätevesistä aina pohjavesiin saakka. Asesulfaami-K:ta löytyikin kaikista CONPAT:n näytteistä (Kuva 2). Keskimääräinen pitoisuus pinta-vesissä oli 340 ng/l, tekopohjavesilaitoksen raakavedessä 310 ng/l ja tekopohjavedessä 280 ng/l. Pitoisuuden pieneneminen selittyy luontaisen pohjaveden sekoittumisella tekopohjaveteen. Asesulfaami-K:ta ei esiinny ympäristössä luonnostaan, vaan kaikki makeutusaine on ihmisperäistä. Siten se on erinomainen jätevesien indikaattoriaine, jota käytetään CONPAT:ssa virtausmallien kalibrointiin. Asesulfaami-K:n päivittäinen saantisuositus on 9 mg painokiloa kohti, joten litrassa tekopohjavettä on enimmillään 0,0008 promillea eli prosentin sadasosaa 60-kiloisen henkilön suurimmasta sallitusta päiväannoksesta.

Myös muita CONPATissa mitattuja yhdisteitä esiintyi suuressa osassa näytteitä. Perfluoratut alkyylihapot tunnetaan äärimmäisen pysyvinä, helposti kulkeutuvina ja siten kaikkialle levittäytyneinä aineina, joita käytetään teollisuudessa, kulutustuotteissa ja sammutusvaahdoissa. Niitä virtaa myös Kokemäenjoessa, ja pieniä määriä jokivedestä valmistetussa tekopohjavedessä. Perfluorioktaanisulfonaatti (PFOS) on



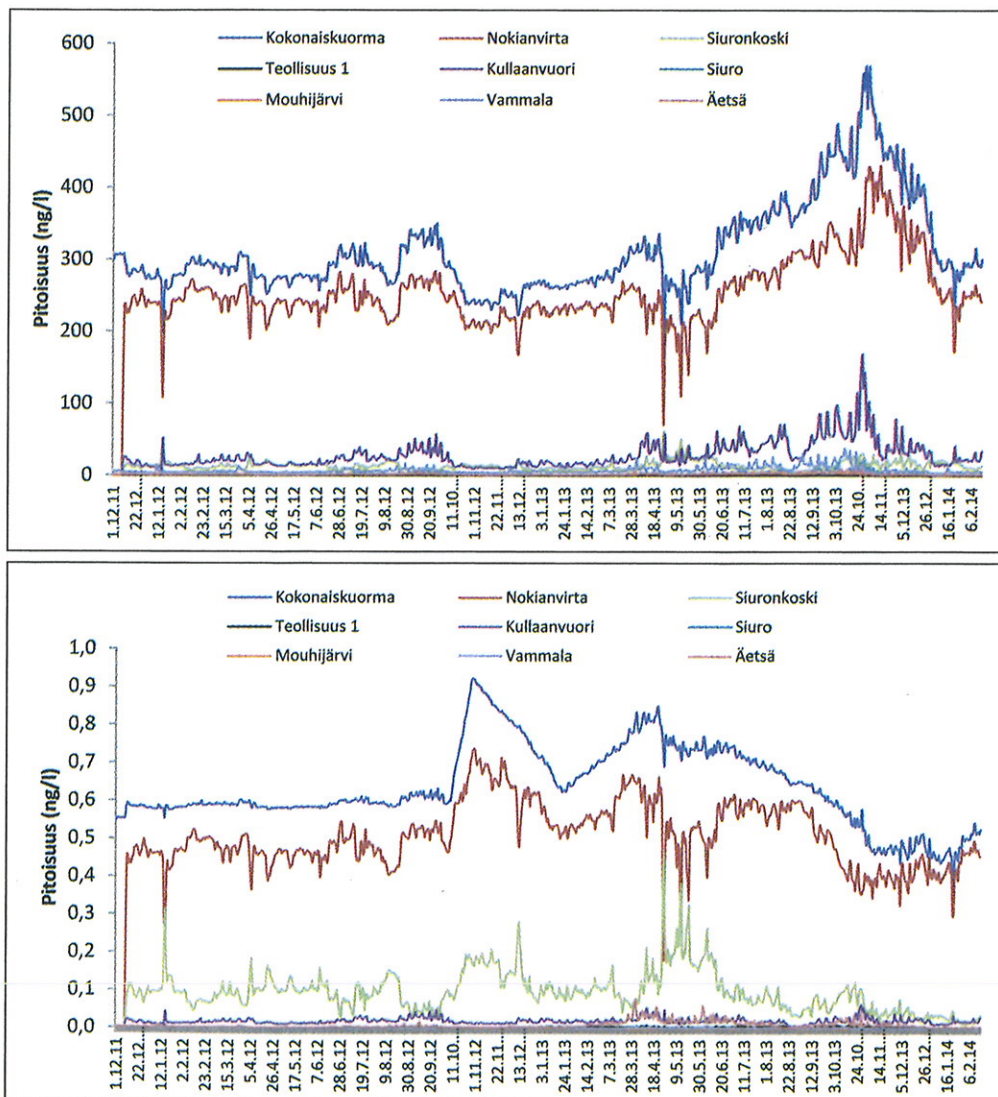
Kuva 2. Perfluorioktaanisulfonaatin (PFOS), perfluorioktaanihapon (PFOA), karbamatsapiinin (CAR), ibuprofeenin (IBU), ketoprofeenin (KETO), kofeiinin (CAF) ja asesulfaamin-K:n (ACS) keskiarvopitoisuudet pinta-veden näytteenottopisteissä 2012–2014 (n=3–8).



ympäristössä pysyvä ja haitallinen yhdiste. PFOS:n pitoisuus vaihteli CONPAT:n tutkimusalueen pintavesissä välillä <math><0,25\text{--}10\text{ ng/l}</math>. Yksittäisten näytteiden pitoisuudet jäivät selvästi alle vesipuitteidirektiivin määrittelemän sisävesissä sallitun pitoisuuden 36 000 ng/l. Sen sijaan keskiarvopitoisuus oli 0,65 ng/l, joka on sama kuin sisävesille sallittu enimmäispitoisuus vuosikeskiarvona mitattuna. Keskiarvopitoisuuteen vaikuttivat merkittävästi yksittäiset korkeammat mittaustulokset, ja PFOS:n mediaanipitoisuus, 0,32 ng/l, jäi selvästi alle raja-arvon. Ympäristönlaatu-

normit eivät siis ylittyneet koko tutkimusalueella, mutta PFOS:n keskiarvopitoisuus ylittää raja-arvon joissakin tutkimusalueen osissa, kuten Loimijoen alajuoksulla (Kuva 2). Tekopohjavedessä PFOS:n keskiarvopitoisuus oli alle määritysrajan (<math><0,25\text{ ng/l}</math>).

Vastavalmistuneessa Aalto-yliopistoon tehdyssä diplomityössä arvioitiin perfluorioktaanihapon (PFOA) pitoisuuden vaihtelua tekopohjavesilaitoksen raakavedessä sekä eri päästölähteiden merkitystä CONPAT-hankkeen mittaustulosten ja SOBEK-jokimallin avulla (Happonen 2015). Työn tulosten perusteella raakaveden



Kuva 3. Eri päästölähteiden (mallinnus-alueen reunoista Nokianvirrasta ja Siuronkoskesta tuleva kuorma sekä jätevedenpuhdistamot) aiheuttama malinnettu asesulfaami-K:n (A) ja PFOA:n (B) pitoisuus raakavedessä mallinnusjaksolla 1.12.2011–16.2.2014. (Happonen 2015).



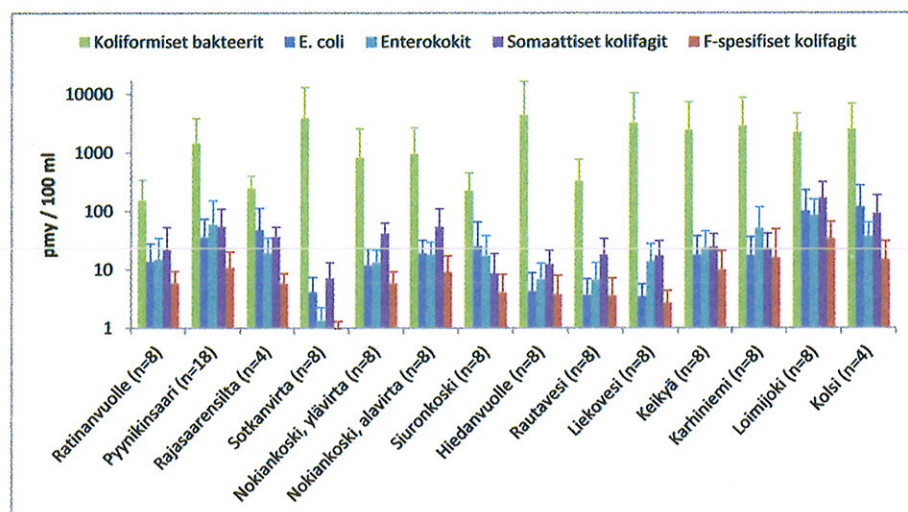
PFOA-pitoisuus vaihtelee välillä 0,36–3,1 ng/l, mikä vastaa raakavedestä saatuja mittaustuloksia (0,40–2,2 ng/l). Siten ei ole todennäköistä, että PFOA:n (tai muiden perfluorattujen yhdisteiden) pitoisuus raakavedessä tai siitä valmistetussa pohjavedessä ylittäisi pienimmän juomavedelle asetetun ohjeellisen raja-arvon 40 ng/l. Kuvissa 3A ja 3B on kuvattu mallinnuksen avulla laskettu asesulfaami-K:n ja PFOA:n pitoisuusvaihtelu raakavedessä.

Muun muassa epilepsialääkkeenä käytettävä karbamatsepiini on asesulfaami-K:n ja perfluorattujen alkyylihappojen tapaan sellainen yhdiste, joka ei hajoa helposti jätevedenpuhdistamoilla eikä ympäristössä, vaan kulkeutuu vesistöissä aina pohjavesiin asti. Sen keskiarvopitoisuus oli pintavesissä 2,3 ng/l ja pohjavedessä 1,0 ng/l. Muita CONPATissa mitattuja yhdisteitä olivat särkylääkkeinä käytettävät ibuprofeeni ja ketoprofeeni, antibiootti sulfametoksatsoli sekä kofeiini (Kuva 2). Ketoprofeenin ja ibuprofeenin pitoisuudet olivat pintavesissä keskimäärin 3,2 ja 46 ng/l, mikä vastaa aikaisemmin Kokemäenjoesta mitattuja pitoisuuksia (1–64 ng/l ja <5–26 ng/l) (Vieno 2007). Sulfametoksatsolin määrä oli kaikissa pinta- ja pohjavesinäytteissä alle määrittysrajan (<5 ng/l).

Tekopohjavedessä havaittujen kemikaalien määrät ovat erittäin pieniä verrattuna

esimerkiksi päivittäisiin saantisuosituksiin tai lääkkeiden kohdalla vaikuttaviin annoksiin. Mittaustulokset osoittavat kuitenkin tietyntyyppisten yhdisteiden kulkeutuvan tekopohjaveden käsittelyn läpi. Siksi muun muassa kuluttajakemikaalien päästöihin tulisi kiinnittää huomiota erityisesti vedenottamon yläpuolisessa vesistössä, jotta niiden määrät pysyvät riittävän alhaisina. Päästöjen hallinta voi tosin olla hankalaa ja vaatii sekä kuluttajien että jätevedenpuhdistamoiden toimia. Esimerkiksi särkylääke ibuprofeenin puhdistusteho on jätevedenpuhdistamoilla yleensä yli 95 %, mutta koska käyttömäärät ovat valtavat, sitä tavataan satunnaisesti Kokemäenjoessakin.

Mikrobeista *Escherichia coli* -bakteereja, suolistoperäisiä enterokokkeja ja kolifaageja käytetään esimerkiksi uimaveden laaduntarkkailussa merkinä suolistoperäisistä päästöistä. Koliformiset bakteerit ovat yleisemmin veden mikrobiologista tilaa kuvaava bakteeriryhmä. Yksikään edellä mainituista indikaattorimikrobeista ei itsessään aiheuta sairastumisriskiä, mutta indikaattorien läsnäolo voi olla merkki siitä, että vedessä on myös taudinaiheuttajamikrobeja. CONPAT:n tutkimusalueella mikrobit päätyvät vesistöön pääasiassa yhdyskuntajätevedenpuhdistamoilta ja valumavesien mukana. Lisäksi legionellabakteereja voi päästä vesistöön runsaammin sellaisilta



Kuva 4. *E. coli*-bakteerin, koliformisten bakteerien ja suolistoperäisten enterokokkien pesäkelukumäärät sekä somaattisten ja F-spesifisten kolifagien lukumäärät CONPAT:n pintavesikohteissa 2012–2014.



puhdistamoilta, joilla käsitellään lämpimiä teollisuuden jätevesiä.

Keskimääräiset mikrobien määrät vaihtelevat mittausalueella (Kuva 4). Kaikissa tutkimuksissa pintavesinäytteissä havaittiin suolistoperäisen saastumisen indikaattorimikrobeja. Myös aiemmissa tutkimuksissa on todettu indikaattoribakteerien määrän kasvavan Liekovedeltä Karhiniemeen mentäessä (Konsala ym. 2008). Vaihtelua selittää vuodenaikoihin liittyvien muutosten lisäksi se, että tutkimusalueella on useita puhdistamoita, jotka laskevat puhdistettuja jätevesiä vesistöön. CONPAT-hankkeeseen kuuluvan, hajakuormituksen merkitystä valaisevan mikrobien saastelähdekartoituksen odotetaan valmistuvan kuluvan vuoden aikana. Vaikka indikaattorimikrobilukumäärät olivat pieniä ja pääosin hyvälaatuiselle uimavedelle annettujen kriteerien mukaisia, myös taudinaiheuttajia, kuten kampylobakteereja ja adenovirusia tavattiin yli puolessa pintavesinäytteistä. Mittaustulosten mukaan tekopohjaveden puhdistusprosessi kuitenkin poistaa tehokkaasti jokiveden mikrobit, joten niiden päätyminen talousveteen on käytännössä mahdotonta.

## Johtopäätelmät

Erityisesti kunnalliset mutta myös teolliset jätevedenpuhdistamot ovat CONPATin tutkimusalueella sekä kemikaalien että mikrobien päästölähteitä. Tällä hetkellä jäteveden puhdistamoita ja pumppausasemia on Virttaankankaan tekopohjavesialueen vedenottopisteen yläpuolisessa vesistössä useita, ja niiden puhdistusmenetelmät ja -tehot vaihtelevat. Mittaustulosten avulla kalibroidaan parhaillaan laskentamalleja, joilla voidaan arvioida mikrobien ja haitta-aineiden kulkeutumista vesistöissä ja talousveden tuotantojärjestelmissä. Huittisissa rakenteilla oleva ja Tampereelle suunniteltu keskuspuhdistamo voivat paitsi tehostaa jätevesien puhdistusta, myös helpottaa ris-

kinhallintaa. Huittisten uudistettu puhdistamo korvaa kolme tutkimusalueen pienempää puhdistamoja ja vähentää raakaveden jätevesikuormaa, koska sen purkupuutki sijaitsee Loimijoella ja on siten vedenottopisteen alapuolella. Puhdistamohankkeiden vaikutuksia tekopohjaveden laatuun ja tuotantoon liittyviin riskeihin arvioidaan CONPAT-projektin loppupuolella. Seuraavaksi projekti keskittyy juomaveden mikrobien ja kemikaalien terveys- ja taloudellisten vaikutusten määrittelyyn eri riskienhallintavaihtoehdoilla.

## Kirjallisuus

- Happonen M. 2015. Tekopohjavesilaitoksen raakaveden PFOA-kontaminaation riskin arviointi dynaamisen jokimallin avulla. Diplomityö, Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos.
- Konsala J., Artimo A., Puurunen O. 2008. Kokemäenjoen valuma-alueen vaikutukset raakaveden laatuun Karhiniemessä. Turun seudun vesi Oy:n julkaisuja.
- Lyytimäki J., Assmuth T. 2015. Down with the flow: Public debates shaping the risk framing of artificial groundwater recharge. *GeoJournal* 80(1): 113-127. DOI: 10.1007/s10708-014-9540-3.
- Miettinen I, Hokajärvi AM, Kauppinen A, Kusnetsov J, Meriläinen P, Pitkänen T, Räsänen P, Siponen S, Assmuth T, Happonen M, Huttula T, Lyytimäki J, Nysten T, Perkola N, Tuominen S, Honkatukia J. (2013) Vesistön likaantumisen riskejä ja niiden hallintaa. *Ympäristö ja Terveys*, 6/2013, s. 54–61.
- Vieno N. 2007. Occurrence of pharmaceuticals in Finnish wastewater treatment plants, surface waters, and their elimination in drinking water treatment processes. Väitöskirja, Tampereen teknillinen yliopisto. ■