

Maasuodattamoiden riskit pohjaveden mikrobiologiselle laadulle

Haja-asutuksen jäteveden käsittelyä koskevan lainsäädännön mukaan jätevedet on johdettava ja käsiteltävä siten, ettei niistä aiheudu ympäristön pilaantumisen vaaraa. Jätevesien maaperäkäsittelyyn perustuvat maasuodattamot ovat yleinen vaihtoehto kiinteistökohtaiseen jätevedenkäsittelyyn. Tutkimukset osoittavat, että maasuodattamot eivät välttämättä riitä poistamaan mikrobeja tarpeeksi tehokkaasti vesiturvallisuuden näkökulmasta.



ARI KAUPPINEN
FT, erikoistutkija,
Terveiden ja
hyvinvoinnin laitos
ari.kauppinen@thl.fi

Mikrobien tiedetään voivan kulkeutua maaperän läpi pohjaveeseen. Suomessa pohjavettä suojaava maakerros on ohut ja pohjavesi on siten erityisen haavoittuva erilaisille lika-aineiden kulkeutumisille. Mikrobeista varsinkin virukset, kuten Suomessa eniten vesiepidemiaita aiheuttaneet norovirukset, ovat pienen kokonsa puolesta herkkiä kulkeutumaan huokoisessa maaperässä. Virusten kulkeutumisesta edesauttaa niiden kyky säilyä vesiympäristössä pitkiä aikoja. Kulkeutumiseen vaikuttavat myös maaperän ominaisuudet, kuten maaperän tyyppi (huokoskoko), vesipitoisuus, pH sekä orgaanisen aineksen ja metallioksidien määrä. Lisäksi sääilmiöt vaikuttavat kulkeutumiseen. Esimerkiksi rankkasateiden on havaittu lisäävän mikrobien kulkeutumista maaperässä ja toisaalta pitkätkä kuivat jaksot voivat muodostaa maaperään oikovirtausreittejä.

Maasuodattamoissa jätevedenpuhdistus perustuu suurelta osin maa-ainesten ja maaperän kykyyn sitoa mikrobeja. Jätevesi ohjataan tavallisesti kolmen sakokaivon jälkeen jakokaivon kautta maasuodattamon suodatinkerrokseen, jossa varsinainen puhdistus tapahtuu. Tarvittaessa maasuodattamo on mahdollista rakentaa pohjakalvolla tai muulla vesitiiviillä rakenteella niin tiiviiksi, että imeytymistä pohjaveeseen ei pääse tapahtumaan. Jätevesijärjestelmän läpi tullut puhdistettu jätevesi kerätään kokoomakaivoon, josta se johdetaan maastoon tai avo-ojaan. Purkupaikassa ja siitä lähtevässä mahdollisessa ojassa puhdistetun jäteveden imeytyminen maaperässä voi jatkua ja toisaalta oja voi kuljettaa sitä kauemmaksi pintavesiesiintymään, jonka lähistöllä voi olla esimerkiksi uimaranta.

Suomessa pohjavedet ovat pääsääntöisesti hyvälaatuisia ja puhtauteen luotetaan vahvasti. Tämän vuoksi yksityiskaivoissa tai pienissä pohjavedenottoissa ei ole usein minkäänlaista veden jatkokäsittelyä, kuten desinfiointia. Näin ollen pohjaveeseen mahdollisesti kulkeutuneet mikrobit pumpataan kuluttajan hanaan sellaisenaan. Maasuodattamon aiheuttama pohjavesien likaantuminen voi johtua monesta syystä. Maasuodattamossa voi olla rakennusvirhe, kuten väärä mitoitus tai suodatinkerroksen maa-aines, joka voi johtaa hyvän puhdistustuloksen kannalta riittämättömään viipymään. Järjestelmä voi myös vuotaa ja toimia siten maahanimeytymönä. Maasuodattamo voi olla myös väärin sijoitettu ollen joko liian lähellä ja/tai ylärinteessä juomavesikaivoon nähden. Toisaalta järjestelmän huolto voi olla laiminlyöty, jolloin esimerkiksi sakokaivot voivat tulvia ja mikrobeja päätyä jäteveden mukana ympäristöön.

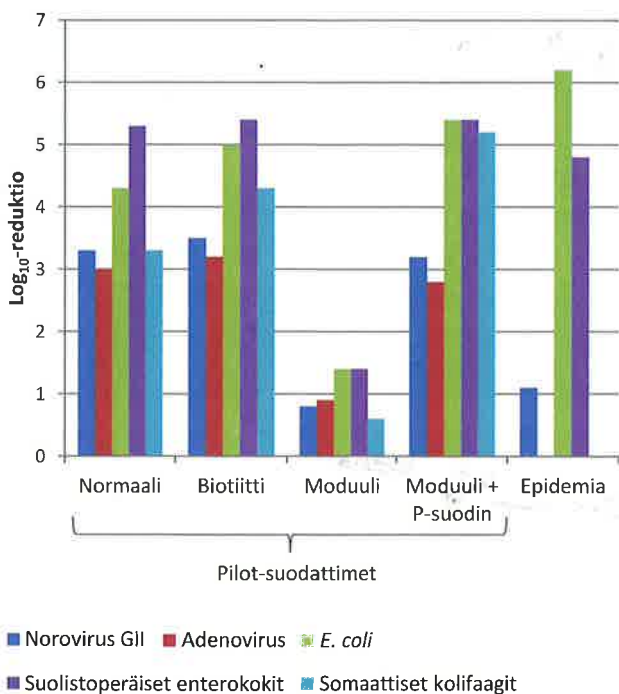
Maasuodattamoiden kyky poistaa mikrobeja vaihtelee

Maasuodattamoiden kykyä puhdistaa jätevedestä mikrobeja on tutkittu suhteellisen vähän ja toisaalta maailmalla saatuja puhdistustuloksia ei voi sellaisenaan soveltaa Suomen olosuhteisiin. Tekesin rahoittamassa MASU-projektissa tutkittiin maasuodattamoiden toimintaa ja kykyä puhdistaa jätevedestä ravinteita ja mikrobeja sekä pilot- että kenttäkokeiden avulla (Matikka ym. 2012). Pilot-kokeessa mukana oli kolme erityyppistä maasuodattamoa: normaali hiekkasuodattamo, biotiittisuodattamo ja moduulilla varusteltu suodattamo. Lisäksi pilot-kokeessa tutkittiin moduulisuo-dattamon perään asennetun fosforinpoistoyksikön (P-suodin) toimintaa. Kenttäkokeessa

mukana oli yhteensä seitsemän maasuodattamoa: kolme normaalia hiekkasuodattamoa, kolme biotiittisuodattamoa ja yksi moduulilla varusteltu suodattamo.

Yhden vuoden kestäneessä pilot-maasuodattamokokeessa saatujen tulosten perusteella mikrobit voivat läpäistä puhdistusprosessin ja erityisesti virusten kulkeutuminen järjestelmän läpi voi olla tehokasta (Kauppinen ym. 2014). Pilot-maasuodattamokokeessa mikrobien poistotehokkuudet jäteveden puhdistuksessa vaihtelivat välillä 0 ja $> 5 \log_{10}$ -yksikköä riippuen mikrobista, maasuodattamosta ja vuodenaajasta (Kuva 1, Pilot-suodattimet). Pilot-maasuodattamoiden poistotehokkuuksissa oli selkeitä eroja, ja osassa puhdistamoista kulkeutuminen oli tehokkaampaa talvella kuin kesällä. Toisaalta yli- tai alikuormituksella ei havaittu olevan juurikaan vaikutusta mikrobien poistotehokkuuksiin.

Vuoden kestäneessä kenttäkokeessa kiinteistökohtaisten maasuodattamoiden puhdistetuista jätevesistä löydettiin indikaattoribakteereiden lisäksi taudinaiheuttajaviruksia (Martikainen ym. 2018). Seitsemästä tutkitusta maasuodattamosta norovirusia (GII-genoryhmä) löydettiin kuuden järjestelmän (72.9 % näytteistä positiivisia) ja adenovirusia kaikkien järjestelmien puhdistetusta jätevedestä (39.6 % näytteistä positiivisia). Kenttäkokohteiden



Kuva 1. Pilot-maasuodattamoiden ja epidemian aiheuttaneen maasuodattamon kyky poistaa mikrobeja jätevedestä. Pilot-maasuodattamoiden osalta on esitetty vuoden keskimääräiset poistotehokkuudet (\log_{10} -reduktiot). Epidemia-kuvaaja viittaa seuraavaan lukuun.

tulokset osoittavat, että taudinaiheuttajaviruksia esiintyy laajasti jo yhden talouden jätevesijärjestelmissä ja virukset voivat läpäistä nämä puhdistusjärjestelmät. Tulokset viittaavat siihen, että maasuodattamo voi toimia taudinaiheuttajavirusten suhteen tietynlaisena varastona, josta virukset kulkeutuvat hitaasti järjestelmän läpi. Tulosten perusteella suodattamotyypillä, vuodenaajalla tai suodattamon iällä ei ollut havaittavissa selkeitä vaikutuksia puhdistetun jäteveden mikrobiologiseen laatuun.

Vesiepidemiat ovat paljastaneet järjestelmien haavoittuvuuden

Oman kaivon likaantuminen voi olla vaikea havaita, sillä maaperän läpi pohjaveteen suotautuneet mikrobit eivät välttämättä aiheuta esteettistä (haju, maku, väri) haittaa veteen. Toisaalta veden laadusta kertova indikaattoribakteerianalyysi ei aina paljasta likaantumista, sillä maaperässä tehokkaammin kulkeutuvat virukset voivat olla päätyneet kaivoon, vaikka laatu olisi bakteerianalyyseiden perusteella kunnossa. Kaivon laatuongelmien havaitsemista voi vaikeuttaa myös se, että vatsataudit kiertävät väestössä säännöllisesti ja vastustuskyky pitää huolen, että samaan taudinaiheuttajaan ei sairastuta heti uudestaan. Näin esimerkiksi perheen sisällä kiertänyt vatsataudinaiheuttaja ei sairastuta perheenjäseniä enää uudestaan, vaan mahdollinen kaivon likaantuminen voi tulla esille vasta vieraiden sairastuttua. Vaikka maasuodattamoista johtuvat pohjavesikaivojen likaantumiset voivat olla aliraportoitu terveysriski, on niiden aiheuttamia vesiepidemioita tavattu Suomessa ja maailmalla. Alla on kuvattu kaksi Suomessa 2010-luvulla sattunutta maasuodattamon aiheuttamaa vesiepidemiaa. Nämä tapaukset ovat liittyneet perhejuhliin tai mökin vuokraustoimintaan.

Etelä-Suomessa sijaitseva neljä vuotta vanha maasuodattamo aiheutti 17 ihmisen sairastumisen norovirusinfektioon vuonna 2011 (Kauppinen ym. 2018). Epidemian aikana kerättiin vesinäytteitä ja määritettiin maasuodattamon puhdistustehokkuus useiden mikrobien osalta. Epidemian perimmäinen syy oli huonosti toimiva maasuodattamo, joka sijaitsi noin 45 metriä juomavesikäytössä olevasta rengaskaivosta ylärinteeseen. Vesinäytteistä löytyi runsaasti norovirusia ja juomavesiepidemian aiheuttaneen maasuodattamon poistotehokkuus noroviruselle oli vain $1.1 \log_{10}$ -yksikköä (Kuva 1, Epidemia). Huomionarvoista oli, että järjestelmä poisti kuitenkin tehokkaasti indikaattoribakteereita (*E. coli* ja suolistoperäiset enterokokit).

Pohjois-Suomessa vuonna 2009 käyttöön otetussa lomiasunnossa, jota on myös vuokrattu, oman maasuodattamon epäiltiin saastuttaneen porakaivon veden, kun 9 ihmistä sairastui norovirusen aiheuttamaan vatsatau-

tiin vuonna 2018. Sairastuneita todettiin kolmena peräkkäisenä viikkona ja selvityksen yhteydessä ilmeni, että kyseinen kohde oli aiheuttanut sairastumisia myös aikaisemmin. Lomakohteen noin 60 metriä syvä porakaivo sijaitsi lähellä, noin 30-40 metrin päässä ylämäkeen jätevesien imeytysalueesta. Vesinäytteistä löytyi runsaasti norovirusta ja adenovirusta. Kaivon ja kiinteistön vesijohtoverkoston puhdistaminen klooraamalla tai epidemian havaitsemisen jälkeen asennettu UV-desinfiointi ei poistanut ongelmaa, vaan viruksia havaittiin edelleen vedestä. Lopulta tilanne ratkaistiin asentamalla uusi kaivo noin 150 metrin päähän edellisestä.

Kohti turvallisempaa vesiympäristöä

Uutta haja-asutuksen jätevesilainsäädäntöä voidaan pitää merkittävänä parannuksena lähivesien laadulle ja ympäristöterveydelle. Suomessa yli puolen miljoonan asukkaan vesihuolto perustuu yksityiskaivojen käyttöön. Useat näistä kaivoista voivat olla alttiita kiinteistökohtaisten jätevesijärjestelmien vaikutukselle. Lainsäädäntö asettaa puhdistusvaatimukset ravinteille (kokonaisfosfori ja -typpi) ja orgaaniselle aineelle. Toisaalta vesiturvallisuuden näkökulmasta tärkeille mikrobeille ei ole asetettu puhdistusvaatimuksia.

Vesiepidemiat ovat osoittaneet, että nykyiset maasuodattamoon perustuvat jätevedenkäsittelytekniikat eivät välttämättä riitä poistamaan mikrobeja ja erityisesti taudinaiheuttajaviruksia tarpeeksi tehokkaasti. On hyvä tiedostaa, että esimerkiksi 1 g norovirustartunnan saaneen ihmisen ulostetta voi sisältää teoriassa jopa 5 miljardia tartuntaannosta. Täten on mahdollista, että jopa yksi norovirustartunnan saanut henkilö voi haastaa pienen järjestelmän puhdistuskyvyn ja johtaa pohjaveden ja/tai ympäröivän pintaveden saastumiseen. Tutkimusten perusteella maasuodattamoilla saavutettavat mikrobien keskimääräiset poistotehokkuudet ovat kuitenkin vertailukelpoisia yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoihin, joissa on myös suurta



Kuva 2. Vapaa-ajan asunnolle tehdyssä jätevesiremontissa asennettiin umpisäiliö mustille jätevesille ja maasuodattamo harmaille jätevesille. Kuva: Ari Kauppinen

vaihtelua puhdistustuloksissa ja esimerkiksi virusten osalta poistotehokkuus on tyypillisesti 1–4 log₁₀-yksikköä. Tehdasvalmisteisten pienpuhdistamoiden tehokkuudesta mikrobien poistossa tarvitaan lisää tutkimustietoa. Kaiken kaikkiaan vesiturvallisuuden kannalta jätevesijärjestelmien kehittäminen entistä tehokkaammiksi on tärkeää.

Kiinteistökohtaisten jätevesijärjestelmien oikeanlainen valinta, sijoittaminen ja huolto ovat keskeisessä asemassa, jotta vältetään mahdolliselta pohjaveden likaantumiselta. Paikalliset olosuhteet, kuten tärkeät pohjavesiesiintymät, herkäät vesistöt tai tiivis asutus voivat tehdä alueen riskialttiimmaksi jätevesivaikutuksille, mikä vaatii entistä tehokkaampaa jätevesien käsittelyä (**Kuva 2**). Erytistapauksissa voidaan tarvita jäteveden hygienisointia esimerkiksi desinfioinnilla. Mikäli epäilyksien oman jätevesijärjestelmän toiminnasta herää, niin tutkimukset juomavesikaivon laadusta voivat olla paikallaan. Panostus jätevesijärjestelmien suunnitteluun ja huoltoon kannattaa, sillä pahimmassa tapauksessa pohjavesi pysyy likaantuneena pitkään ja ainoa vaihtoehto puhtaan veden saamiseksi voi olla uuden kaivon asennus tai liittyminen mahdollisuuksien mukaan kunnalliseen vesijohtoverkoston. 💧

Kirjallisuus

Kauppinen, A., Martikainen, K., Matikka, V., Veijalainen, A.-M., Pitkänen, T., Heinonen-Tanski, H., Miettinen, I.T. 2014. Sand filters for removal of microbes and nutrients from wastewater during a one-year pilot study in a cold temperate climate. *Journal of Environmental Management*, 133: 206-213.

Kauppinen A., Pitkänen T., Miettinen I.T. 2018. Persistent norovirus contamination of groundwater supplies in two waterborne outbreaks. *Food and Environmental Virology*, 10: 39-50.

Martikainen, K., Kauppinen, A., Matikka, V., Veijalainen, A.-M., Torvinen, E., Pitkänen, T., Miettinen, I.T., Heinonen-Tanski, H. 2018. Efficiency of Private Household Sand Filters in Removing Nutrients and Microbes from Wastewater in Finland. *Water*, 10(8): 1000.

Matikka, V., Vilpas, R., Veijalainen, A.-M., Kauppinen, A., Heinonen-Tanski, H., Lehtoranta, S., Narvi, J., Huttunen, T., Kattainen, S. ja Miettinen, I. Haja-asutuksen jätevesien niukkaressurssiset käsittelykonseptit. Loppuraportti, Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja D4/1/2012.

http://portal.savonia.fi/pdf/julkaisutoiminta/MASU_raportti.pdf.