



# ESISELVITYS ETELÄ-SAVON VESIHUOLTOLAITOSTEN VUOTOVESISTÄ - VÄHÄHIILISYYDEN EDISTÄMISEKSI

Riina Tuominen (toim.)



Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu

Riina Tuominen (toim.)

# ESISELVITYS ETELÄ-SAVON VESIHUOLTOLAITOSTEN VUOTOVESISTÄ - VÄHÄHIILISYYDEN EDISTÄMISEKSI



Elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskus

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020



XAMK KEHITTÄÄ 20

KAAKKOIS-SUOMEN AMMATTIKORKEAKOULU  
MIKKELI 2017

© Tekijät ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

Kannen kuva: Manu Eloaho

Taitto ja paino: Grano Oy

ISBN: 978-952-344-033-3 (nid.)

ISBN: 978-952-344-034-0 (PDF)

ISSN: 2489-2467 (nid.)

ISSN: 2489-3102 (verkkójulkaisu)

julkaisut(a)xamk.fi

# LUKIJALLE

VEVO – Esiselvitys Etelä-Savon vesihuoltolaitosten vuotovesistä – vähähiilisuuden edistämiseksi hanke on Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Metsä, ympäristö ja energia -painoalan hanke. Hanketta rahoittivat Etelä-Savon ELY-keskus Euroopan unionin aluekehitysrahastosta (EAKR 2014–2020) sekä Mikkelin Vesilaitos, Savonlinnan Vesi ja Pieksämäen Vesi Oy. Hankenumero on A71404.

VEVO-hanke toteutettiin Mikkelin ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakouluissa ajalla 1.1.2016–30.9.2017. Mikkelin ammattikorkeakoulu (Mamk) siirtyi fuusion myötä 1.1.2017 osaksi Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulua (Xamk). Hankkeen projektipäällikköinä toimivat FT Jukka Selin (15.2.–28.4.2016), FM, ins. (AMK) Tuija Ranta-Korhonen (15.6.2016–28.2.2017) ja ins. (ylempi AMK) Riina Tuominen (15.3.–30.9.2017). VEVO-hankkeen vastuullisina johtajina toimivat tutkimusjohtaja, dosentti FT Yrjö Hiltunen (1.1.–31.12.2016) ja tutkimusjohtaja, FT Lasse Pulkkinen (1.1.–30.9.2017). Hankkeen yhteyshenkilönä toimi tutkimuspäällikkö, DI Hanne Soininen. Hankkeen toteutukseen osallistuivat myös hankesihteeri Hanna-Maija Penttinen ja harjoittelija-insinööriopiskelijat (AMK) Jemina Lummeranta ja Pilvi Vuorinen, opinnäytetyöntekijä Mika Kekkonen sekä seminaarityöntekijät Erwan Guilloux ja Romain Péterlé.

Hanketyön etenemistä ohjasi ja valvoi ohjausryhmä, johon kuuluivat verkostopäällikkö Sami Kaipainen Mikkelin Vesilaitokselta, verkostoinsinööri Satu Kuparinen Savonlinnan Vedestä, toimitusjohtaja Matti Laaksonen Pieksämäen Vesi Oy:stä, Head of Service Development Jyri Eskelinen Mipro Oy:stä, johtava asiantuntija Vesa Rautio Etelä-Savon ELY-keskuksesta sekä tutkimuspäällikkö Hanne Soininen Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulusta. Hankkeen ohjausryhmän kokouksiin osallistuivat rahoittajan edustajina rahoitusasiantuntija Jaana Tuhkalainen Itä-Suomen suuralueen ELY-keskuksesta ja rahoitusasiantuntija Esa Pekonen Etelä-Savon ELY-keskuksesta.

Tekijät kiittävät hankkeen rahoittajia kehittämistyön mahdollistamisesta sekä hankkeen työryhmien jäseniä ja muita hankkeeseen osallistuneita aktiivisesta osallistumisesta hanketyöhön.

Mikkelissä 13.9.2017

## TEKIJÄT

**JYRI ESKELINEN**, DI, Head of Service Development

Mipro Oy

**SAMI KAIPAINEN**, ympäristötekniikan insinööri (AMK), verkostopäällikkö

Mikkelin Vesilaitos

**SATU KUPARINEN**, ympäristöinsinööri (AMK), verkostoinsinööri

Savonlinnan Vesi

**MATTI LAAKSONEN**, insinööri (AMK), toimitusjohtaja

Pieksämäen Vesi Oy

**JEMINA LUMMERANTA**, ympäristötekniikan opiskelija (AMK)

**ROMAIN PÉTERLÉ**, lämpö- ja energiatekniikan opiskelija,

University Institute of Technology (IUT) of Ville d'Avray

**LASSE PULKKINEN**, FT, tutkimusjohtaja

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Metsä, ympäristö ja energia  
-painoala

**TUIJA RANTA-KORHONEN**, FM, insinööri (AMK), projektipäällikkö

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Metsä, ympäristö ja energia  
-painoala

**VESA RAUTIO**, insinööri, johtava asiantuntija

Etelä-Savon ELY-keskus

**JUKKA SELIN**, FT, liiketoimintakehittäjä

Lahden Seudun Kehitys LADEC Oy

**HANNE SOININEN**, DI, tutkimuspäällikkö

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Metsä, ympäristö ja energia  
-painoala

**RIINA TUOMINEN**, insinööri (ylempi AMK), projektipäällikkö

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Metsä, ympäristö ja energia  
-painoala

**LEENA VIHAVAINEN**, insinööri (ylempi AMK), projektipäällikkö

Ramboll Finland Oy

**SUVI VIRTA**, DI, projektipäällikkö

Ramboll Finland Oy

**PILVI VUORINEN**, insinööri (AMK)

## SISÄLTÖ

Lukijalle.....	3
Tekijät.....	4
Vesihuoltolaitosten vuotovedet hallintaan	
<b>Riina Tuominen &amp; Hanne Soininen.....</b>	<b>7</b>
Etelä-Savon kuntien vesihuolto	
<b>Riina Tuominen &amp; Jemina Lummeranta &amp; Vesa Rautio .....</b>	<b>9</b>
Esiselvitys vuotovesien nykytilasta Mikkelin, Pieksämäen ja Savonlinnan jätevesiverkostossa	
<b>Tuija Ranta-Korhonen &amp; Riina Tuominen &amp; Sami Kaipainen &amp; Satu Kuparinen &amp; Matti Laaksonen.....</b>	<b>14</b>
Hulevesien käsittelyn nykytila Etelä-Savon kaupungeissa	
<b>Tuija Ranta-Korhonen &amp; Riina Tuominen &amp; Sami Kaipainen &amp; Satu Kuparinen &amp; Matti Laaksonen.....</b>	<b>18</b>
Hulevesien vähentämiskeinot ja hyödyntämismahdollisuudet	
<b>Tuija Ranta-Korhonen &amp; Riina Tuominen.....</b>	<b>25</b>
Hulevedet kaupunkisuunnittelussa	
<b>Tuija Ranta-Korhonen &amp; Riina Tuominen.....</b>	<b>31</b>
Hulevesien käsittely omakotitontilla	
<b>Tuija Ranta-Korhonen &amp; Riina Tuominen.....</b>	<b>45</b>
Hulevesirakenteiden mitoitus	
<b>Tuija Ranta-Korhonen &amp; Riina Tuominen.....</b>	<b>52</b>
Hulevesitulvat	
<b>Tuija Ranta-Korhonen &amp; Riina Tuominen.....</b>	<b>58</b>
Vuotovesien vaikutukset jätevesijärjestelmään	
<b>Jukka Selin &amp; Tuija Ranta-Korhonen &amp; Riina Tuominen .....</b>	<b>63</b>
Vuotovesien vaikutukset ympäristöön	
<b>Jukka Selin &amp; Tuija Ranta-Korhonen &amp; Riina Tuominen .....</b>	<b>75</b>

Viemäriverkoston vuotovesimäärän laskennalliset arviointimenetelmät	
Riina Tuominen & Romain Péterlé.....	83
Vuotovesien tutkimusmenetelmät	
Riina Tuominen & Pilvi Vuorinen.....	87
Vuotoveden mahdollisia uusia havaitsemiskeinoja	
Riina Tuominen.....	95
Sähköiset järjestelmät jätevesiverkoston valvonnan apuna	
Riina Tuominen & Jyri Eskelinen.....	105
Etelä-Savon vuotovesitutkimus	
Leena Vihavainen & Suvi Virta & Riina Tuominen.....	110
Vuotovesien vaikutus viemäriverkoston energiatehokkuuteen	
Leena Vihavainen & Suvi Virta & Riina Tuominen & Tuija Ranta-Korhonen.....	116
Vuotovesien vaikutus viemäriverkoston hiilijalanjälkeen	
Leena Vihavainen & Suvi Virta & Riina Tuominen & Tuija Ranta-Korhonen.....	121
Vuotovesien havainnointi jatkuvatoimisella johtokykyymittarilla	
Riina Tuominen & Sami Kaipainen.....	125
Vuotovesien monitoroinnilla energiatehokkuutta ja ympäristöturvallisuutta	
Riina Tuominen & Hanne Soininen & Lasse Pulkkinen.....	133

# VESIHUOLTOLAITOSTEN VUOTOVEDET HALLINTAAN

Riina Tuominen & Hanne Soininen

VEVO – Esiselvitys Etelä-Savon vesihuoltolaitosten vuotovesistä - vähähiilisyyden edistämiseksi hankkeessa selvitettiin jätevesiverkoston vuotovesien määriä, vuotovesien muodostumista sekä niiden vaikutusta laitosten energiankulutukseen. Hankkeessa kehitettiin pumppaamoihin uusia innovaatioita vähähiilisyyden edistämiseksi ja on-line-mittausteknologiaa vuotovesien seurantaan.

## TAVOITTEENA LISÄTÄ VESIHUOLTOLAITOSTEN ENERGIA- JA EKOTEHOKKUUTTA

Vuotovedeksi kutsutaan sellaista maaperän vettä, joka pääsee viemäriverkoston rikkoutuneiden putkien, huokoisten putkenseinämien, viallisten putkiliitosten tai vioittuneiden tarkastuskaivojen tai -putkien kautta.

Vuotovesien määrä on suurimmillaan voimakkaiden sateiden sekä lumen sulamisen aikaan. Vuotovedet kuormittavat turhaan jätevesijärjestelmää ja voivat pahimmillaan aiheuttaa ylivuotoja jätevedenpumppaamoilla ja -puhdistamoilla. Tämä saattaa aiheuttaa jopa terveystarpeiden ja johtaa ympäristön pilaantumiseen.

Lisääntyneiden sademäärien takia myös kaupunkiympäristöjen sade- ja sulamisvesien eli hulevesien käsittely on entistä tärkeämpää. Kaupunkien keskustoissa huomattava osa pinnoista on vettä läpäisemättömiä, mikä voi aiheuttaa tulvimista ja osaltaan vuotovesimäärien kasvua.

Hankkeessa selvitettiin erilaisten menetelmien soveltuvuutta vuotovesien havainnointiin. Entistä tarkemman havainnoinnin avulla vuotovesien määrää voidaan vähentää, mikä auttaa pienentämään myös jätevesijärjestelmien energiankulutusta ja vähentämään ympäristöriskkejä. Vuotovesien vähentämisen avulla saavutetaan myös taloudellista hyötyä, kun jäteveden puhdistamisesta kunnille ja kuluttajille koituvat kulut pienenevät.

Hanke jakautui neljään eri toimenpiteeseen. Kuvassa 1 esitetyjen toimenpiteiden lisäksi hankkeen aikana raportointiin ja tiedotettiin hankkeen toimenpiteiden etenemisestä.

Laaditaan esiselvitys vuotovesien nykytilasta Mikkelin, Pieksämäen ja Savonlinnan jätevesiverkostossa

Etsitään vähähiilisiä ratkaisuja vuotovesien vähentämiseksi

Arvioidaan vuotovesien vaikutuksia ympäristöön

Kehitetään uusia, innovatiivisia mittausteknologioita

*Kuva 1. VEVO-hankkeen toimenpiteet.*



## HANKKEEN TULOKSET

Hankkeessa selvitettiin ja koottiin yhteen tietoa vuotovesien vaikutuksesta jätevesivirtauksiin, puhdistamoprosessiin sekä energiankulutukseen. Etelä-Savon eri kaupunkitaajamien osalta selvitettiin myös viemäriverkostojen vuotovesien määrää sekä arvioitiin vuotovesien koostumusta ja niiden alkulähdettä. Hankkeessa tarkasteltiin eri vuotovesien vähennysmenetelmiä ja niiden avulla saavutettavaa energiansäästöä. Vuotovesien määrän pienentyessä säästyy energiaa sekä jätevedenpumppaamoissa että -puhdistamoissa, koska tällöin myös käsiteltävän jäteveden määrä pienenee.

Hulevesien vähentämisellä ja viivyttämällä voidaan vähentää myös viemäriverkoston vuotovesien määrää. Hankkeessa selvitettiin hulevesien erilaisia vähentämiskeinoja ja näiden keinojen käyttömahdollisuuksia. Lisäksi laadittiin ohje omakotitalojen kiinteistökohtaisesta hulevesien käsittelystä talonomistajille sekä tietopaketti sadevesijärjestelmien suunnittelusta ja rakentamisesta rakennusvalvonnan käyttöön.

Hankkeessa tarkasteltiin vuotovesien vaikutusta jätevedenpuhdistusprosessiin ja ympäristöön. Vuotovedet lisäävät jätevesimäärää ja samalla laimentavat jätevertä. Tämä sekä kuormittaa puhdistamoja että vaikeuttaa puhdistusprosessia. Veden lisääntyne määrä saattaa aiheuttaa myös pumppaamoylivuotoja tai vaatia ohjauksutuksia.

Uusien mittaus- ja anturiteknologioiden osalta perehdyttiin aihepiiriin kirjallisuuteen. Tavoitteena oli löytää uusia, kustannustehokkaita ratkaisuja. Osaa uusista ratkaisuista, kuten jatkuvatoimista johtokyvyn mittausta, myös testattiin käytännössä. Hankkeen selvityksen perusteella lupaavimmaksi vaihtoehdoksi vuotovesien havainnointiin osoittautui verkostodatan monipuolinen analysointi sekä ennustavan mallin käyttöönotto. Verkoston toiminnan monitorointiin on jo olemassa valmiita ohjelmia. Kun verkoston toimintatietoihin yhdistetään laaja-alaisesti ympäristön ominaisuus- ja monitorointitietoja, voidaan vuotovesien esiintymistä ennustaa aiempaa paremmin.

Esiselvityshanke tuotti ja kokosi tietoa vesihuoltolaitosten energia- ja ekotehokkuuden parantamiseksi. Hankkeen toimenpiteiden toteutuksesta ja tuloksista kerrotaan tarkemmin tämän julkaisun muissa artikkeleissa.

# ETELÄ-SAVON KUNTIEN VESIHUOLTO

Riina Tuominen & Jemina Lummeranta & Vesa Rautio

Vesihuollolla tarkoitetaan veden ottamista, vedenkäsittelyä ja veden johtamista verkostojen avulla vedenkäyttäjille sekä viemärointiä eli jäteveden poisjohtamista ja käsittelyä. Vesi otetaan pohja- tai pintavesiäsiintymästä, puhdistetaan ja johdetaan vesijohtoja pitkin kuluttajille. Käytön jälkeen vedestä tulee jätevettä, joka johdetaan viemäriin kautta jätevedenpuhdistamolle käsiteltäväksi ja sieltä puhdistettuna takaisin vesistöön. Vesihuollon tavoitteena on varmistaa hyvälaatuisen talousveden saatavuus ja asianmukainen käsittely sekä jätevesien puhdistus. (VVY.)

Suomen kuntien vesihuollosta on koottu järjestelmällisesti tietoja 1960-luvulta lähtien. Aluksi tietoja kerättiin laitoksille tehdyillä kyselyillä, ja 1990-luvulta alkaen tiedot on koottu erilaisiin tietojärjestelmiin. Vuodesta 2016 lähtien on käytössä ollut Vesihuollon tietojärjestelmä VEETI. (SYKE 2016.)

VEETI-järjestelmään kerätään vesilaitoskohtaisesti tietoa sekä talous- että jätevedeen liittyvistä tunnusluvuista. Järjestelmässä on tietoa muun muassa verkostoon liittyneiden ja liittymättömien asukkaiden määristä, taloudellisista tunnusluvuista muun muassa taksoista, vedenhankintaan otetuista ja toimitetuista vesimääristä sekä vesi- ja viemäriverkostojen materiaaleista ja määristä. Vesihuollon tietojärjestelmä perustuu vesihuoltolakiin, joten mikäli vesihuoltolaitoksella on kunnan vahvistama toiminta-alue, kunnan on otettava VEETI-järjestelmä käyttöön. (SYKE 2017a.)

Järjestelmän Etelä-Savo koskevissa tiedoissa on 69 nimettyä vesihuoltolaitosta tai vesiosuuskuntaa. Taulukossa 1 on esitetty nuo laitokset kunnittain.

*Taulukko 1. VEETI-järjestelmään nimetyt Etelä-Savon vesihuoltolaitokset.*

	VESILAITOS/VESIOSUUSKUNTA	KUNTA
1	Asikkalan vesiosuuskunta	Rantasalmi
2	Enonkosken kunnan vesi- ja viemärilaitos	Enonkoski
3	Haukivuoren vesiosuuskunta Hauki	Mikkeli
4	Heinäveden kunnan vesihuoltolaitos	Heinävesi
5	Heinäveden Vesihuolto Oy	Heinävesi
6	Hermannin vesiosuuskunta	Mikkeli
7	Hintikan vesiosuuskunta	Hirvensalmi
8	Hirvensalmen Vesi Oy	Hirvensalmi
9	Huutokosken vesiosuuskunta	Joroinen
10	Itäkankaan vesiosuuskunta	Kangasniemi
11	Itä-Savon Vesi Oy	Savonlinna
12	Joroisten kunnan vesihuoltolaitos	Joroinen
13	Juvan kunnan vesihuoltolaitos	Juva

<b>14</b>	Jäppilän seudun vesiosuuskunta	Pieksämäki
<b>15</b>	Kai-Ka-La vesiosuuskunta	Joroinen
<b>16</b>	Kangasniemen kunnan vesihuoltolaitos	Kangasniemi
<b>17</b>	Kerisalons vesiosuuskunta	Joroinen
<b>18</b>	Kirvesniemen vesiosuuskunta	Joroinen
<b>19</b>	Koikkalan Vesihuolto Oy	Juva
<b>20</b>	Koivikon vesiosuuskunta	Mikkeli
<b>21</b>	Kolkontaipaleen vesiosuuskunta	Rantasalmi
<b>22</b>	Kolma-Rantahovin vesiosuuskunta	Joroinen
<b>23</b>	Koskenvarren vesiosuuskunta	Joroinen
<b>24</b>	Kotkatlahden vesiosuuskunta	Joroinen
<b>25</b>	Kuivasalmen vesiosuuskunta	Mikkeli
<b>26</b>	Lapinmäen-Pasalan vesiosuuskunta	Joroinen
<b>27</b>	Leislahden vesiosuuskunta	Rantasalmi
<b>28</b>	Lihavanpään vesiosuuskunta	Pertunmaa
<b>29</b>	Löytö-Vitsiälän vesiosuuskunta	Mikkeli
<b>30</b>	Maaveden vesiosuuskunta	Joroinen
<b>31</b>	Makkolan vesiosuuskunta	Kangasniemi
<b>32</b>	Mikkelin Vesilaitos	Mikkeli
<b>33</b>	Mustalahti-Porosalmi vesi- ja viemäriosuuskunta	Rantasalmi
<b>34</b>	Mäntyharjun kunnan vesihuoltolaitos	Mäntyharju
<b>35</b>	Naiskankaan vesiosuuskunta	Pieksämäki
<b>36</b>	Niittylahden vesiosuuskunta	Savonlinna
<b>37</b>	Oikkolan vesiosuuskunta	Mikkeli
<b>38</b>	Oravin vesiosuuskunta	Savonlinna
<b>39</b>	Osikonmäen vesiosuuskunta	Rantasalmi
<b>40</b>	Otavan Kotalahden vesiosuuskunta	Mikkeli
<b>41</b>	Pertunmaan kunnan vesihuoltolaitos	Pertunmaa
<b>42</b>	Pieksämäen Vesi Oy	Pieksämäki
<b>43</b>	Puumalan vesiosuuskunta	Puumala
<b>44</b>	Pöylinniemi	Pertunmaa
<b>45</b>	Rantasalmen kunnan vesihuoltolaitos	Rantasalmi
<b>46</b>	Ripatin vesiosuuskunta	Hirvensalmi
<b>47</b>	Sairilan vesiosuuskunta	Mikkeli
<b>48</b>	Salapirkon vesiosuuskunta	Mikkeli
<b>49</b>	Salmelan vesiosuuskunta	Kangasniemi
<b>50</b>	Salonnenän vesiosuuskunta	Mikkeli
<b>51</b>	Salosairilan vesiosuuskunta	Mikkeli
<b>52</b>	Savonlinnan Vesi	Savonlinna
<b>53</b>	Siikasalmen vesiosuuskunta	Mikkeli
<b>54</b>	Sulkavan kurssikeskus	Sulkava
<b>55</b>	Sulkavan Palvelut Oy	Sulkava

<b>56</b>	Suonteen vesiosuuskunta	Hirvensalmi
<b>57</b>	Tarsalanjärven vesiosuuskunta	Mikkeli
<b>58</b>	Tervajoen vesiosuuskunta	Rantasalmi
<b>59</b>	Toivolan vesihuollon osuuskunta	Mäntyharju
<b>60</b>	Tuukkala-Vatila vesiosuuskunta	Mikkeli
<b>61</b>	Tuustaipaleen kuntoutuskeskus	Mäntyharju
<b>62</b>	Vaalijalan kuntayhtymä, Vaalijalan kuntoutuskeskus	Pieksämäki
<b>63</b>	Valamon vesiosuuskunta	Heinävesi
<b>64</b>	Vesiosuuskunta Majava	Pieksämäki
<b>65</b>	Vesiosuuskunta Vesiheinä	Mikkeli
<b>66</b>	Vesiosuuskunta Vesihäisi	Mikkeli
<b>67</b>	Vihantasalmi Ky	Mäntyharju
<b>68</b>	Viinämäen vesiosuuskunta	Mikkeli
<b>69</b>	Vuorijärven vesiosuuskunta	Mäntyharju

## TALOUSVESI

Etelä-Savon alueen asukkaista 77 prosenttia on liittynyt vesilaitoksen – joko kunnallisen laitoksen tai vesiosuuskunnan – verkkoon. Omatoimisen vedenhankinnan varassa on noin 36 500 asukasta; he saavat käyttötensä omista talousvesikaivoistaan. Etelä-Savossa talousvetenä käytetään pääasiassa pohjavettä ja tekopohjavettä. Vedenkulutukseltaan suurimmat kunnat ovat Mikkeli (noin 9 500 m<sup>3</sup>/d), Savonlinna (noin 5 000 m<sup>3</sup>/d) ja Pieksämäki (noin 3 800 m<sup>3</sup>/d). Vesilaitosten jakamasta vuosittaisesta talousvedestä (8,3 milj. m<sup>3</sup>) 83 % on pohjavettä. (Etelä-Savon ELY-keskus 2015.)

Vesijohtoverkoston pituus luonnollisesti vaihtelee eri kunnissa. Tallennettujen tietojen mukaan vuonna 2015 pituudet ovat vaihdelleet välillä 27–413 km. Yhteensä Etelä-Savon alueella raportoitiin vuonna 2015 olevan 1 760 km vesijohtoa. Tietonsa ilmoittaneita laitoksia oli tosin vain 18 kpl. Suurin osa vesijohdoista on tehty muovista (80 %). Myös metalliputkia on käytössä (17 %) ja vähäisessä määrin asbestisementtiputkia (1,5 %). (SYKE 2017b, SYKE 2017c.)

Talousvettä kulutettiin Etelä-Savossa vuonna 2015 keskimäärin 147 litraa vuorokaudessa asukasta kohti. Koko maan keskimääräinen vuorokausikulutus oli 205 litraa/asukas. (SYKE 2017d.)

## JÄTEVESI

Etelä-Savon alueen asukkaista noin 73 prosenttia on liittynyt keskitetyn viemäröinnin piiriin. Etelä-Savon ELY-keskuksen valvomia jätevedenpuhdistamoita on alueella yhteensä 26. Mikkelin, Savonlinnan ja Pieksämäen kaupunkien jätevedenpuhdistamot käsittelevät kukin yli 15 000 asukkaan jätevedet. Yhdeksän puhdistamoista on 2 000–10 000 asukkaan ja 14 laitosta alle 2 000 asukkaan kokoluokkaa. Pienempiä, alle 100 asukkaan puhdistamoita valvovat kuntien ympäristönsuojeluviranomaiset. (Etelä-Savon ELY-keskus 2015.)

Viemäriverkoston pituus vaihtelee kunnittain. VEETI-järjestelmän tietojen mukaan

vuonna 2015 pituudet vaihtelivat välillä 34–505 km. Yhteensä viemäriverkostoa on Etelä-Savon alueella 1 492 kilometriä. Viemäriputkista pääosa (81 %) on muovia. Myös betoniputkia on vielä käytössä (12 %). (SYKE 2017b, SYKE 2017d.)

Puhdistamoissa käsitellyn jäteveden määrät vaihtelevat pienten kuntien noin 50 000 kuutiosta suurimpien kuntien jopa 5,5 miljoonaan kuutioon. Vuotovesien osuus puhdistettavasta vedestä vaihtelee 10–60 %. Vuosien mittaan vuotovesiselvityksiä ja verkoston korjauksia on tehty maakunnan lähes jokaisessa kunnassa. Tutkimuksia on suoritettu savukokeiden ja johtokykymittausten lisäksi putkistojen virtaamamittauksilla. (AVI 2010, AVI 2011, AVI 2012a, AVI 2012b, AVI 2012c, AVI 2012d, AVI 2013, AVI 2017.)

## **JOHTOPÄÄTÖKSET**

Etelä-Savossa, kuten muuallakin Suomessa, kunnat ovat erilaisia, joten keskimääräisiä arvioita kuntien vesihuollon tilasta ei voi perustellusti antaa. Talousveden laatu on alueella pääsääntöisesti hyvä, ja sitä on riittävästi asukkaiden tarpeisiin.

Jäteveden käsittelyn puhdistustulos on ollut yleisesti ottaen riittävä. Viemäriverkoston tila vaatisi monessa kunnassa tarkkailua ja toimenpiteitä vuotovesien suuren osuuden vuoksi. Vuotovesimäärän lisääntyessä verkoston tilaa onkin alettu monissa kunnissa selvittää ja parantaa saneerauksin.

## LÄHTEET

- AVI. 2017. Päätös Nro 22/2017/1. Aluehallintovirasto. <http://kangasniemi.cloudnc.fi/download/noname/%7Bf7c6cd44-6c03-4c56-9e8e-33cc716afa61%7D/23597>
- AVI. 2013. Päätös Nro 100/2013/1. Aluehallintovirasto. [https://www.avi.fi/documents/10191/56910/isavi\\_paatos\\_100\\_2013\\_1-2013-11-20.pdf/7b583e0a-b23f-4066-a5ef-87f4dc9aa8b8](https://www.avi.fi/documents/10191/56910/isavi_paatos_100_2013_1-2013-11-20.pdf/7b583e0a-b23f-4066-a5ef-87f4dc9aa8b8)
- AVI. 2012a. Päätös Nro 36/2012/1. Aluehallintovirasto. [http://www.avi.fi/documents/10191/56912/isavi\\_paatos\\_36\\_2012\\_1-2012-5-23.pdf](http://www.avi.fi/documents/10191/56912/isavi_paatos_36_2012_1-2012-5-23.pdf)
- AVI. 2012b. Päätös Nro 44/2012/1. Aluehallintovirasto. [http://www.avi.fi/documents/10191/56912/isavi\\_paatos\\_44\\_2012\\_1-2012-7-19.pdf](http://www.avi.fi/documents/10191/56912/isavi_paatos_44_2012_1-2012-7-19.pdf)
- AVI. 2012c. Päätös Nro 28/2012/1. Aluehallintovirasto. [http://www.avi.fi/documents/10191/56912/isavi\\_paatos\\_28\\_2012\\_1-2012-3-29.pdf](http://www.avi.fi/documents/10191/56912/isavi_paatos_28_2012_1-2012-3-29.pdf)
- AVI. 2012d. Päätös Nro 15/2012/1. Aluehallintovirasto. [http://www.avi.fi/documents/10191/56912/isavi\\_paatos\\_15\\_2012\\_1-2012-1-24.pdf](http://www.avi.fi/documents/10191/56912/isavi_paatos_15_2012_1-2012-1-24.pdf)
- AVI. 2011. Päätös Nro 29/2011/1. Aluehallintovirasto. [http://www.avi.fi/documents/10191/56914/isavi\\_paatos\\_29\\_2011\\_1-2011-2-22.pdf](http://www.avi.fi/documents/10191/56914/isavi_paatos_29_2011_1-2011-2-22.pdf)
- AVI. 2010. Päätös Nro 116/10/1. Aluehallintovirasto. [http://www.avi.fi/documents/10191/56916/isavi\\_paatos\\_116\\_10\\_1-2010-11-25.pdf](http://www.avi.fi/documents/10191/56916/isavi_paatos_116_10_1-2010-11-25.pdf)
- Etelä-Savon ELY-keskus. 2015. Vesihuolto - Etelä-Savo. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien\\_kaytto/Vesihuolto/Vesihuolto\\_EtelaSavo\(27062\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Vesihuolto/Vesihuolto_EtelaSavo(27062))
- SYKE. 2017a. Vesihuollon tietojärjestelmä (VEETI) - ohjeita tiedontuottajille. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat\\_ja\\_tilastot/Tietojarjestelmat/Vesihuollon\\_tietojarjestelma\\_VEETI\\_ohje\(35455\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Tietojarjestelmat/Vesihuollon_tietojarjestelma_VEETI_ohje(35455))
- SYKE. 2017b. Toimintakertomuksen avainlukuja. <https://raportit.ymparisto.fi/ReportServer/Pages/ReportViewer.aspx?%2fJulkiraportti-Toimintakertomuksen%20avainlukuja>
- SYKE. 2017c. Vesijohtoverkkojen kokonaispituus. <https://raportit.ymparisto.fi/ReportServer/Pages/ReportViewer.aspx?%2fJulkiraportti-Vesijohtoverkkojen%20kokonaispituus>
- SYKE. 2017d. Veden ominaiskäyttö. <https://raportit.ymparisto.fi/ReportServer/Pages/ReportViewer.aspx?%2fJulkiraportti-Veden%20ominaiskaytto>
- SYKE. 2017e. Viemäriverkkojen kokonaispituus. <https://raportit.ymparisto.fi/ReportServer/Pages/ReportViewer.aspx?%2fJulkiraportti-Viemariverkkojen%20kokonaispituus>
- SYKE. 2016. Vesihuoltolaitosten raportteja. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat\\_ja\\_tilastot/Vesihuoltoraportit/Vesihuoltolaitosten\\_raportit](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Vesihuoltoraportit/Vesihuoltolaitosten_raportit)

# ESISELVITYS VUOTOVESIEN NYKYTILASTA MIKKELIN, PIEKSÄMÄEN JA SAVONLINNAN JÄTEVESIVERKOSTOSSA

Tuija Ranta-Korhonen & Riina Tuominen & Sami Kaipainen  
& Satu Kuparinen & Matti Laaksonen

VEVO-hankkeen aikana selvitettiin Etelä-Savon kaupunkien viemäriverkostojen nykytilaa. Samassa yhteydessä selvitettiin myös vesilaitosten talousvesiverkostojen ominaisuuksia. Nykytilan selvittämiseksi pyrittiin muodostamaan kokonaiskuva kaupunkien vesilaitosten ja verkostojen tämänhetkisestä kunnosta, vuotovesien määristä sekä jo tehdyistä kunnostustoimenpiteistä. Viemärien kunto vaikuttaa osaltaan verkoston vuotovesien määriin. Vuotovedet puolestaan vaikuttavat sekä jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessiin että sen energiakulutukseen.

## ETELÄ-SAVON KAUPUNKIEN VESILAITOKSET

Mikkelin vesilaitoksen toiminta-alueella asuu noin 55 000 asukasta, joista noin 80 prosenttia asuu Mikkelin kantakaupungissa. Laitos toimittaa vettä Mikkelin kantakaupungin lisäksi Rantakylän, Otavan, Anttolan, Haukivuoren, Ristiinan ja Suomenniemen taajamiin. Lisäksi alueella toimii runsaasti vesiosuuskuntia, jotka hankkivat talousvetensä Mikkelin vesilaitokselta.

Suurin osa Mikkelin alueella tuotetusta jätevedestä käsitellään Mikkelin Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamolla. Mikkelin Vesilaitoksella on lisäksi puhdistamot Haukivuoren, Anttolan, Suomenniemen ja Ristiinan taajamissa. Vesilaitos rakentaa parhaillaan uutta puhdistuslaitosta Mikkelin Metsäsairilaan. Uusi puhdistamo otetaan käyttöön vuonna 2020, minkä jälkeen Kenkäveronniemen puhdistamon käyttö päättyy.

Savonlinnan Veden toiminta-alueella asuu noin 23 000 henkilöä. Pihlajaniemen puhdistamon alueella on noin 4 300 viemäriverkoston liittynyttä kiinteistöä. Savonrannan puhdistamon alueella asukkaita on noin 430 ja viemärijärjestelmään liittyneitä kiinteistöjä noin 170. Punkaharjun alueella asuu noin 1 900 henkilöä, ja viemärijärjestelmään on liittynyt noin 800 kiinteistöä. Punkaharjun jätevedet johdetaan Savonlinnan Pihlajaniemen puhdistamolle.

Pieksämäen veden toiminta-alueella asuu noin 18 000 asukasta. Vesijohto- ja jätevesiverkoston liittyneitä asukkaita on noin 3 800 kpl.

## TALOUS- JA JÄTEVESIMÄÄRÄT

Mikkelin vedenkulutus on vuonna 2014 tehdyn vesihuollon kehittämissuunnitelman mukaan noin 3,3 miljoonaa kuutiota vuodessa. Mikkelin kaupunkialueella on kolme vedenottamo, lisäksi kaupungin muissa taajamissa sijaitsee kolme ottamo. Käsiteltyä jäteveden vuotuinen määrä on Mikkelin kaikilla puhdistamoilla yhteensä 4,2 miljoonaa kuutiota vuodessa.

naa kuutiota, josta laskutetun jäteveden osuus on noin 2,9 miljoonaa kuutiota.

Savonlinnan kaupungin vesijohtovesi on pääosin pintavedestä puhdistettua vettä. Noin 12 % verkostoon pumpatusta vedestä on pohjavettä. Toimitetun talousveden määrä oli noin 1,7 miljoonaa kuutiota. Jäteveden kokonaispumppausmäärä vuonna 2015 oli Savonlinnassa 2,8 miljoonaa kuutiota.

Pieksämäen veden vuonna 2015 toimittaman talousveden määrä oli noin 1,1 miljoonaa kuutiota ja keskuspuhdistamolle tulevan jäteveden virtaama 2,1 miljoonaa kuutiota.

## **VERKOSTOT JA PUMPPAAMOT**

Mikkelin vesijohtoverkoston pituus kantakaupungin alueella oli vuonna 2012 noin 390 km, lisäksi Ristiinassa on noin 40 km ja Suomenniemellä noin 20 km vesijohtoa. Noin kolme neljäsosaa verkostosta on rakennettu muovista, loppuosan materiaalina on teräs/valurauta tai betoni.

Mikkelin viemäriverkoston pituus on noin 540 km, josta 490 km sijaitsee kantakaupungin alueella. Ristiinassa oli vuonna 2012 noin 40 km ja Suomenniemellä noin 20 km viemäriverkkoa. Mikkelin alueella yleisin viemärimateriaali on muovi, loput viemäriverkosta on rakennettu betonista. Kantakaupungin viemäriverkoston kunto on vuonna 2014 tehdyn vesihuollon kehittämissuunnitelman mukaan hyvä, mutta kuntaliitosten yhteydessä Mikkeliin liitettyjen alueiden viemäriverkoston tila on huonompi.

Mikkelin kantakaupungin alueella suurin osa verkostosta on erillisviemäriä; sekaviemäriä on vain noin 1 km. Kantakaupungin alueella hulevesiverkostoa on yhteensä 240 km. Verkoston materiaali on muovi. Ristiinan ja Suomenniemen alueella ei juuri ole erillistä hulevesiverkostoa. Jäteveden pumppaamoja Mikkelin vesilaitoksen toiminta-alueella on 128. Pumppaamojen kaukovalvonta on keskitetty Kenkäveron jätevedenpuhdistamon valvomoon.

Savonlinnan talousvesiverkoston pituus on noin 290 km, mikä sisältää Savonlinnan kaupungin ja Punkaharjun verkostot. Verkoston materiaalina on pääosin muovi. Jätevesiverkoston pituus on noin 200 km, lisäksi Savonlinnassa on vanhoilla alueilla käytössä vielä 10 km sekaviemäriä. Punkaharjun viemäriverkoston pituus on 93 km, eli Savonlinnan Veden vastuulla on yhteensä noin 300 km viemäriverkostoa. Verkoston materiaali on pääosin muovi. Osa viemäriputkista – muun muassa Savonlinnan vanhan alueen sekaviemäriosuus – on vielä betonia. Hule- ja sadevesiverkostoa Savonlinnassa on 88 km. Pumppuja Savonlinnan jätevesiverkostossa on 94 kappaletta ja Punkaharjulla 48. Pumppujen käynnistystä ohjaa veden pinnan korkeus. Pumppaamojen toimintaa seurataan säännöllisesti kahden eri järjestelmän avulla.

Pieksämäen talousvesiverkoston pituus on noin 360 km. Vesijohtojen pääasiallinen materiaali on muovi. Jonkin verran on jäljellä vielä asbestisementistä ja valuraudasta valmistettuja vesijohtoja. Viemäriverkoston pituus on noin 280 km, josta 65 km sadevesiviemäriä. Verkoston pääasiallinen materiaali on muovi, lisäksi on vielä jonkin verran betoni- ja valurautaviemäriä. Suuri osa sadevesiviemäristä on betonia. Viemäriverkosto rakennettiin jo alun perin erillisviemäriksi.

Pieksämäen Vesi Oy:n alueella on 92 jäteveden pumppaamoja. Noin 90:tä prosenttia pumppaamoista seurataan kaukovalvonnan avulla.



Taulukkoon 1 on koottu Mikkelin, Savonlinnan ja Pieksämäen vesilaitosten toiminta-alueen asukasmäärät, verkostojen pituudet sekä jätevesipumppaamojen lukumäärät. Taulukosta nähdään, että Mikkelin Vesilaitoksella on eniten asiakkaita ja vastaavasti eniten talous-, viemäri ja hulevesiverkostoa. Pumppaamojen määrä ei riipu ainoastaan verkoston pituudesta, vaan siihen vaikuttavat enemmän muut ominaisuudet, kuten maaston tasaisuus tai verkoston haarautuneisuus.

*Taulukko 1. Etelä-Savon kaupunkien vesilaitosten toiminta-alueen asukkaat, verkostojen pituudet ja jätevesipumppaamojen määrät.*

Vesilaitos	Asukkaat	Talousvesiverkoston pituus (km)	Viemäriverkoston pituus (km)	Hule- ja sadevesiviemäri (km)	Pumppaamojen lukumäärä
Pieksämäen Vesi Oy	18 000	360	216	65	92
Savonlinnan Vesi	22 568	287	301	88	142
Mikkelin Vesilaitos	55 000	451	540	240	128

## UUOTOVEDEN MÄÄRÄ JA ENERGIANKULUTUS

Mikkelin Vesilaitos on teettänyt vuotovesiselvityksiä muun muassa Ramboll Oy:llä. Viemäriverkoston tilaa ja vuotovesiä on tutkittu savukokein sekä seuraamalla viemäriverkostossa virtaavan veden johtokykyä. Vuotovesien vaikutus näkyy Mikkelin Kenkäveron puhdistamolla lähinnä lämpötilan laskuna virtaamapiikkien aikana. Myös energiankulutus kasvaa virtaaman kasvaessa. Vuotovesien aiheuttamaa energiankulutusta ei toistaiseksi ole seurattu.

Savonlinnan Veden vuotoveden määrä oli laskennallisesti 42 % vuonna 2015. Vuotovesien arvioidaan koostuvan sekä hulevesistä että putkistoon vuotavasta maaperän vedestä. Yhtenä vuotovesilähteenä on myös Saimaa silloin kun veden pinta on korkealla. Vuotovesien lähteiden suhteellisia osuuksia ei ole kuitenkaan tutkittu tarkemmin. Savonlinnan veden toiminta-alueella ei ole toistaiseksi tehty hulevesi aiheista tutkimusta.

Pieksämäen jätevesiverkosto on mitoitettu niin suureksi, etteivät ajoittaiset vuotovedet aiheuta ongelmia; verkosto toimii siis puskurina. Viemäriverkostoa on saneerattu jatkuvasti, muun muassa keväällä 2016 saneerauksia tehtiin Pieksämäen keskustassa.

Taulukkoon 2 on koottu Etelä-Savon kaupunkien laskutetun ja käsitellyn jäteveden määrät sekä niiden perusteella laskettu vuotovesimäärä. Taulukkoon on laskettu lisäksi vuotovesien aiheuttama energian lisäkulutus. Energiankulutus on täysin laskennallinen ja perustuu laskennalliseen vuotovesimäärään.

**Taulukko 2.** Etelä-Savon kaupunkien laskennalliset jätevesi- ja vuotovesimäärät sekä niiden perusteella laskettu vuotovesien aiheuttama energiankulutus jätevedenpuhdistamolla.

	<b>Myyty talousvesi/ laskutettu jätevesi (m<sup>3</sup>/ vuosi)</b>	<b>Käsitelty jätevesi (m<sup>3</sup>/ vuosi)</b>	<b>Vuotovesien osuus (%)</b>	<b>Vuotovesien aiheuttama energianku- lutus (MWh) puhdistamolla</b>
<b>Savonlinnan Vesi</b>	1 675 522	2 823 237	41	614
<b>Pieksämäen Vesi Oy</b>	1 079 140	2 054 954	47	496
<b>Mikkelin Vesilaitos</b>	2 860 000	4 200 000	32	714

Pumppaamojen energiankulutus – ja samalla luonnollisesti myös pumppaamoista koituvat kustannukset – ovat suoraan verrannollisia pumpattavan veden määrään. Vuotovesien aiheuttamaa energiankulutusta pumppaamoilla on mahdoton arvioida pelkkien lähtötietojen pohjalta, sillä pumppaamoille aiheutuvaa kerrannaisvaikutusta ei voida tietää ilman tarkempia tutkimuksia. Selvityksen perusteella vuotovesillä ei ole vaikutusta Etelä-Savon kaupunkien puhdistamojen lietteenkäsittelyyn.

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Selvityksessä tarkasteltiin Etelä-Savon kaupunkien vuotovesien määrää ja lähteitä. Vuotovedet muodostuvat kaupungista ja verkostoa ympäröivästä alueesta riippuen joko hulevesistä, maaperän vedestä tai näistä molemmista. Nykytilan selvittämiseksi vuotovesimäärä laskettiin käsitellyn ja laskutetun jäteveden erotuksena. Näin saatu arvio kertoo suuntaa-antavan vuotovesimäärän vesilaitoksen koko toiminta-alueella.

Toiminta-alueen eri osat voivat olla kuitenkin hyvin erilaisia myös vuotovesien osalta. Eri alueiden vuotovesimääriä olisikin mahdollista tarkastella myös pumppaamokohtaisesti, jolloin vuotavat viemäriosuudet voitaisiin saada tarkemmin selville. Laskennallisin menetelmin päästään kuitenkin vain arvioon, ja vuotavien linjojen ja vuotokohtien tarkempi selvittäminen vaatii tiettyihin, lähtötietojen perusteella valittuihin alueeseen kohdennettuja tarkempia vuotovesitutkimuksia.

# HULEVESIEN KÄSITTELYN NYKYTILA ETELÄ-SAVON KAUPUNGEISSA

Tuija Ranta-Korhonen & Riina Tuominen & Sami Kaipainen  
& Satu Kuparinen & Matti Laaksonen

Jätevesiviemäriin johdettu hulevesi päätty jätteenpuhdistamolle silloinkin, kun se olisi riittävän puhdasta ohjattavaksi maahan tai vesistöön. Huleveden puhdistaminen jätteenpuhdistamossa heikentää varsinaisen jätteenpuhdistustuloksia, aiheuttaa ohjuoksutuksia ja kuluttaa turhaan energiaa. Hulevesien käsittelyä ohjaa lainsäädäntö, jonka mukaan hulevesien johtaminen jätevesiverkostoon on sallittua vain tietyin ehdoin. Asemakaava-alueilla vastuu hulevesien hallinnan järjestämisestä kuuluu kunnille. Suomen kunnissa on käytössä erilaisia toimintatapoja hulevesien käsittelyyn.

## HULEVESIÄ KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Hulevesiä ja rakennusten perustusten kuivatusvesiä käsitellään lainsäädännössä yhtenä kokonaisuutena. Hulevesiä ja kuivatusvesiä koskevaa lainsäädäntöä uudistettiin vuonna 2014 tekemällä muutoksia ja lisäyksiä maankäyttö- ja rakennuslakiin (MRL 132/1999) sekä vesihuoltolakiin (VHL 119/2001). Suurin syy hulevesiä koskevien muutosten lisäämiselle maankäyttö- ja rakennuslakiin oli se, että hulevesien hallinnan tärkeimpänä keinona voidaan pitää kaavoitusta (Rontu 2014). Yleiskaavaa tehtäessä pintavesien valuma-alueet ja luonnonolosuhteet kartoitetaan, jolloin pintavesialueet ja hulevesien johtaminen on mahdollista ottaa huomioon jatkosuunnittelussa. Yleiskaavan teon yhteydessä tutkitaan laajoilla alueilla veden luontaista kiertokulkua ja -reittejä sekä rakentamisen vaikutuksia vesiympäristöön. Kun suunnitellaan katuja, puistoja tai muita yleisiä alueita, esitetään samalla hulevesien poisjohtamisen reitit sekä liittyminen joko kunnan hulevesijärjestelmään tai vesihuoltolaitoksen määrittämään liittymispisteeseen. (Turku 2016.) Lakimuutosten tavoitteena oli lisäksi selventää hulevesien käsittelyvastuuta sekä varautua ilmastonmuutoksen aiheuttamiin lisääntyviin sademääriin.

Hulevesien hallinnasta säädetään pääosin maankäyttö- ja rakennuslaissa (MRL 132/1999) sekä vesihuoltolaissa (VHL 119/2001). Maankäyttö- ja rakennuslaissa hulevedet määritellään rakennetulle alueelle maan pinnalle, rakennuksen katolle tai muulle pinnalle kertyväksi sade- tai sulamisvedeksi. Vesihuoltolain 17 d pykälän mukaan kiinteistön hulevesiä ei saa johtaa vesihuoltolaitoksen jätevesiviemäriin. Johtaminen voidaan kuitenkin sallia ennen vuotta 2015 rakennettuun sekaviemäriin tai viemäriin, joka on mitoitettu myös hulevesille. Myös silloin, kun alueella ei ole hulevesiviemäriverkostoa tai kun vesihuoltolaitos pystyy huolehtimaan sekaviemäriin johdettua hulevedestä taloudellisesti ja asianmukaisesti, hulevedet voidaan johtaa jätevesiviemäriin.

Hulevesien hallinnan yleisenä tavoitteena on kehittää hulevesien suunnitelmallista hallintaa erityisesti asemakaava-alueella, imeyttää ja viivyttää hulevesiä niiden

kerääntymispaikalla, ehkäistä hulevesistä ympäristölle ja kiinteistölle aiheutuvia haittoja ja vahinkoja sekä edistää luopumista hulevesien johtamisesta jätevesiviemäriin (MRL 103 c §). Laissa hulevesien hallinnalla tarkoitetaan hulevesien imeyttämistä ja viivyttämistä sekä johtamiseen, viemärointiin ja käsittelyyn liittyviä toimenpiteitä.

Hyvää hulevesien hallintaa voidaan toteuttaa hyvällä suunnittelulla ja huomioimalla hulevesijärjestelmät riittävästi kaavoituksessa. On katsottu, että parhaat edellytykset toteuttaa laajoja hulevesijärjestelmiä ja ohjeistaa kiinteistökohtaista hulevesien hallintaa on kuntatasolla. Kustannusten kattamiseksi kunnalla on oikeus periä maksu hulevesijärjestelmää käyttäviltä kiinteistöiltä.

EU:n tulvadirektiiviin (2007/60/EY) perustuvat laki (620/2010) ja asetus (659/2010) tulvariskien hallinnasta ohjeistavat myös hulevesien hallinnassa. Lain tarkoituksena on vähentää tulvariskejä, ehkäistä ja lieventää tulvista aiheutuvia vahingollisia seurauksia sekä edistää varautumista tulviin. Lain mukaan hulevesitulvariskien hallinnan suunnittelu kuuluu kunnille. Kunnan vastuulla on tehdä alustava arviointi hulevesitulvista aiheutuvista tulvariskeistä, nimetä merkittävät hulevesitulvariskialueet sekä laatia tulvavaara- ja riskikartat. Merkittäviksi riskialueiksi katsotuille alueille kunnan on laadittava hulevesitulvariskien hallintasuunnitelmat. (Laki tulvariskien hallinnasta 19 §.)

Ympäristönsuojelulaissa (YSL 527/2014) ei hule- tai kuivatusvesiä ja niiden hallintaa mainita suoraan. Yksi lain päätarkoituksista on kuitenkin ”ehkäistä ympäristön pilaantumista ja sen vaaraa, ehkäistä ja vähentää päästöjä sekä poistaa pilaantumisesta aiheutuvia haittoja ja torjua ympäristövahinkoja”. Tämän vuoksi ympäristönsuojelulain määrittelemään toimintaan myönnettävissä ympäristöluvista otetaan kantaa toiminnan yhteydessä syntyviin hulevesiin, mikäli on olemassa vaara, että ne aiheuttavat ympäristön pilaantumista (Hulevesiopas 2012). Lisäksi ympäristönsuojelulaissa on pohjaveden pilaamiskielto, joka vaikuttaa hulevesien käsittelyyn pohjavesialueella, esimerkiksi liikennealueilla syntyvien hulevesien käsittelyyn.

## **KUNNAN, VESILAITOKSEN JA KIINTEISTÖN OMISTAJAN VASTUU HULEVESISTÄ**

Maankäyttö- ja rakennuslakiin tehdyssä lisäyksessä (luku 13 a) säädetään hulevesien käsittelyvastuusta. Lain mukaan asemakaava-alueilla hulevesien hallinnan järjestämisestä vastaa kunta. Kunnan vastuulla on tarvittaessa toteuttaa hulevesijärjestelmä ja järjestää vesihuoltolaitoksen hulevesiviemäriverkoston rakentaminen tai hulevesien hallinta muulla tavoin (MRL 103 i §). Kunta voi myös päättää, että vesihuoltolaitos huolehtii huleveden viemäroinnin järjestämisestä (Vesihuoltolaki 17 a §). Kunnat voivat ohjata hulevesien hallintaa myös rakennusjärjestyksen kautta.

Vesihuoltolakiin tehdyssä lisäyksessä (luku 3 a) todetaan puolestaan, että lain voimaantulon jälkeen huleveden viemärointi ei ole enää osa vesihuoltoa. Huleveden viemärointiin sovelletaan kuitenkin vesihuoltolakia siltä osin kuin vesilaitos siitä huolehtii. Kunnan velvollisuus on kehittää vesihuoltoa alueellaan sekä tarvittaessa järjestää vesihuoltopalvelut ja hulevesien viemärointi. (Vesihuoltolakiopas 2015.) Vesihuoltolain mukaan kunta voi päättää alueen vesihuoltolaitoksen kanssa neuvoteltuaan, että laitos huolehtii hulevesien viemäroinnistä tietyllä alueella.

Maankäyttö- ja rakennuslain ja vesihuoltolain hulevesiä koskevia pykälää sovelletaan karkeasti jaotellen seuraavasti: jos hulevesiä ja kuivatusvesiä johdetaan vesihuoltolaitoksen hulevesiviemäriin ja tästä on päätetty kunnan ja vesihuoltolaitoksen yhteisellä päätöksellä, hulevesien viemärointiin sovelletaan vesihuoltolakia; jos hulevesiviemärit ovat kunnan tai jonkin muun tahon viemäreitä, sovelletaan maankäyttö- ja rakennuslakia. (Vesihuoltolakiopas 2015.) Kuitenkin kaikissa tapauksissa kokonaisvastuun hulevesien hallinnasta ja käsittelyn järjestämisestä kantaa kunta. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan kunta hyväksyy tarvittaessa hulevesisuunnitelman, mutta sen tekeminen ei ole pakollista (MRL 22.8.2014/682).

Maankäyttö- ja rakennuslain uudistus antaa kunnalle mahdollisuuden päättää hulevesien hallinnan järjestämisestä. Kunnassa on päätettävä muun muassa siitä, vastaako hulevesien viemäroinnistä kunta vai vesilaitos. Lisäksi on määriteltävä kunnan hulevesijärjestelmä sekä valittava hulevesiasioista päättävä ja säädösten noudattamista valvova monijäseninen toimielin. Kunnan on myös määritettävä viranomaistaho, joka voi päättää hulevesiviemäriin liittymisestä vapauttamisesta, sekä viranomaisen, jonka vastuulla on päättää rajapinta kiinteistön ja kunnan järjestelmien yhteensovittamiseksi. Lisäksi kunnassa on päätettävä siitä, otetaanko kunnassa käyttöön hulevesimaksu, jolla kunta voi kattaa sille hulevesijärjestelmästä aiheutuneet kustannukset. (Turku 2016.) Kuntaliitto on julkaissut selvityksen kuntien hulevesimaksujen määräytymisperusteista ja erilaisista hulevesimaksun laskentatavoista. Maksu voi perustua kunnan hulevesien hallinnan ratkaisuihin, kiinteistön sijaintiin sekä alueen hulevesijärjestelmän suunnittelukustannuksiin kunnan hulevesijärjestelmän piirissä. Perusteista riippuen maksu voi olla eri alueilla erisuuruinen, jos tämä on tarpeellista esimerkiksi kustannusten oikean kohdentamisen tai aiheuttamisperiaatteen takia. (Renko ym. 2015.)

Merkittävä rooli hulevesien hallinnassa on kaupunkisuunnitteluyksiköllä, eli kaavoituksella, suunnittelulla ja rakennusvalvonnalla. Rakennusvalvontaviranomaisella on maankäyttö- ja rakennuslain mukaan velvollisuus huolehtia rakentamisen ohjauksesta, neuvonnasta ja valvonnasta. Tähän neuvontatehtävään sisältyy myös rakentajien ja suunnittelijoiden ohjaus hulevesiratkaisujen valinnassa ja suunnittelussa. (Turku 2016.)

Maankäyttö- ja rakennuslaki määrittelee kiinteistön omistajan tai haltijan velvollisuudet. Lain mukaan kiinteistön hulevedet on johdettava kunnan hulevesijärjestelmään, jos niiden imeyttäminen kiinteistöllä ei ole mahdollista tai jos niitä ei johdeta vesihuoltolaitoksen hulevesiviemäriverkostoon (MRL 132/1999, 103f §). Kiinteistön omistajan tai haltijan on myös rakennettava kiinteistönsä hulevesijärjestelmä sellaiseksi, että se on yhteensopiva kunnan järjestelmän kanssa. Vaikka vesihuoltolain muutoksen mukaan kiinteistön hulevesien johtaminen vesilaitoksen jätevesiviemäriin on kiellettyä, niiden johtaminen jätevesi- tai sekaviemäriin on kuitenkin mahdollista tietyissä tapauksissa. Hulevedet voidaan johtaa jätevesiviemäriin, jos hulevesiä ei ole mahdollista poistaa kiinteistöltä muulla tavalla, jos jätevesiviemäri on rakennettu ennen vuotta 2015 ja sen mitoitus on riittävä hulevesien poisjohtamiseen tai jos alueella ei ole hulevesiviemäriverkostoa. Tällaisissa tapauksissa sovelletaan vesihuoltolain säännöksiä jätevesien viemäroinnistä. (VHL 119/2001, 17a §.)

## ETELÄ-SAVON KAUPUNKIEN HULEVESIEN KÄSITTELY

Suomen kaupungeissa on vasta viime aikoina havahduttu hulevesien mukanaan tuomiin ongelmiin ja ryhdytty miettimään hulevesien käsittelykeinoja. Vaikka käsittelykeinojen kirjo on laaja, ongelmana on monien keinojen soveltumattomuus pohjoisiin oloihin ja etenkin Suomen talveen. Tulevaisuudessa erilaiset hulevesirakenteet tulevat yleistymään varsinkin kaupunkirakenteissa ja myös osaltaan rikastuttamaan niiden ilmettä. Hulevesirakenteiden yleistymistä voivat hidastaa niiden rakennuskustannukset.

Mikkelissä on laadittu kaupungin hulevesiohjelma vuosille 2014–2020. Hulevesiohjelman mukaan hulevesien hallinta on Mikkelissä järjestetty pääosin sadevesiviemäriverkoston ja avo-ojien avulla. Luonnonmukaista hulevesien käsittelyä, eli viivyttämistä tai imeyttämistä, ei ole juurikaan käytetty. Kaupungin asuinalueista Visulahdessa on vuonna 2012 perustettu hulevesien viivästys-/selkeytysallas. Myös Suojakallionpuistoon on rakennettu avoin hulevesien johtamisjärjestelmä. (Rautio 2014.) Valtatie 5 saneerauksen yhteydessä parannettiin myös kaupungin hulevesijärjestelmää rakentamalla entisen Veturitallinlahden paikalle viivästysallas hulevesille (kuva 1). Viivästysaltaalta hulevedet johdetaan munkkipadon kautta Lokkiluhdan kosteikkoon ja edelleen Kenkäveron jätevedenpuhdistamon alueella sijaitsevaan hulevesilampeen sekä Saimaaseen.



**Kuva 1.** Veturitallinlahden rakennettu viivästysallas Mikkelissä (kuva Riina Tuominen).

Mikkelin hulevesiohjelman mukaan kantakaupungin alueella on noin 240 km hulevesiviemäreitä, lisäksi kaupunkialueella on noin 140 km avo-ojia. Avo-ojiksi on tässä yhteydessä laskettu selvityksen mukaan reunakivettömät kantakaupungin katujen osuudet. Lisäksi kantakaupungin alueella on vielä noin 1 km sekaviemäriä. (Rautio 2014.) Kirkonvarkauden asuntomessualueelle ja siihen liittyvälle asemakaava-alueelle on tehty kattava hulevesisuunnitelma. Lisäksi Kirkonvarkauden asemakaavan laatu- ja ympäristöohjeessa on määritelty, kuinka hulevedet tulee käsitellä ennen niiden johtamista Saimaaseen. (Destia 2014.)

Mikkelissä tavoitteena on, että asemakaava-alueelle rakennettava kiinteistö liittyy hulevesijärjestelmään, mikäli sellainen on alueella. Tässä yhteydessä hulevesijärjestelmällä tarkoitetaan sekä vesilaitoksen hulevesiviemäriä että kunnan ojaverkostoa. Sade- ja kuivatusvetensä virheellisesti jätevesiviemäriverkoston johtavien kiinteistöjen liittymät pyritään poistamaan ja korjaamaan viimeistään saneeraustöiden yhteydessä. Mikkelissä on tehty virheellisten liittymien paljastamiseksi savukokeita Ristiinan alueella. Tutkimusten yhteydessä havaittiin jonkin verran virheellisiä liittymiä. (Cederström 2017.)

Mikkelissä on pohdittu hulevesien hallinnan järjestämistä vesilaitoksen ja teknisen työn tekemän esiselvityksen pohjalta. Selvityksen perusteella vaihtoehtoja on kaksi. Ensimmäisessä vaihtoehdossa vesiliikelaitos huolehtii hulevesien viemäroinnistä. Toisessa vaihtoehdossa puolestaan kunta huolehtii viemäroinnistä osana hulevesien laajempaa hallintaa. Vaihtoehtojen vertailussa todetaan ensimmäisen vaihtoehdon olevan hallinnollisesti raskaampi. Lisäksi mallin heikkous on siinä, ettei maksua hulevesien käsittelystä voida määrätä muille kuin niille kiinteistöille, jotka ovat tehneet vesilaitoksen kanssa sopimuksen hulevesien käsittelystä. Lisäksi vesihuoltolain mukainen ratkaisu antaa vähemmän harkinnanvaraa kiinteistönomistajille, sillä mallissa hulevesiviemäriin liittyminen on pakollista, jotta järjestelmää voidaan huoltaa ja ylläpitää asianmukaisesti. Tämä luultavasti vähentäisi selvästi kiinteistöjen omia paikallisia hulevesien käsittelyratkaisuja. Toisessa vaihtoehdossa, jossa hulevesistä huolehtiminen on kunnan vastuulla, voidaan käyttää enemmän tarveharkintaa viemäriin liittymisen ja hulevesimaksun määrääytymisen osalta. Lisäksi viemäriin liittyminen ei todennäköisesti olisi pakollista, mikäli hulevedet voidaan hoitaa kiinteistöllä muulla tavoin. Mikkelissä ei ole vielä tehty päätöstä siitä, kumpi esitetyistä vaihtoehdoista otetaan käyttöön. Lisäksi todetaan, että päätöksenteon tueksi tarvitaan selvitys hulevesien käsittelyn aiheuttamista todellisista kustannuksista. (Mikkelin Vesiliikelaitoksen johtokunta 2017.)

Pieksämäellä kaupungilla ei ole omaa hulevesisuunnitelmaa. Kaupungin viemäriverkosto on rakennettu erillisverkostona, ja muun muassa omakotirakentajia ohjeistetaan liittämään kiinteistönsä hulevesiviemäriverkoston. Verkoston liittymisestä ei peritä erillistä liittymämaksua, eikä käytössä ole hulevesimaksua. Maksun käyttöönotto ei myöskään ole suunnitteilla. Luonnonmukaista hulevesien käsittelyä ei Pieksämäellä ole käytetty. Kaupungissa on teetetty useita alueellisia hulevesisuunnitelmia, esimerkiksi Jäppilän alueelle, Joroistentien asemakaava-alueelle sekä Vanhalle varikkoalueelle.

Pieksämäen Vesi Oy käynnisti lokakuussa 2016 tiedotuskampanjan, jonka tavoitteena on saada kiinteistönomistajat vapaa-ehtoisesti poistamaan virheellisesti tehdyt sadevesijärjestelmien kytkennät jätevesiviemäriin. Jatkossa vesilaitoksella on mahdollisuus määrätä sadevetensä virheellisesti jätevesiviemäriin johtaville kiinteistöille korotettu jätevesimaksu. (Pieksämäen Vesi Oy 2016.) Hulevesiverkoston hallinnointi kuuluu Pieksämäen kunnallistekniikalle, joka huolehtii hulevesien poisjohtamisesta. Ennen kiinteistön liittämistä hulevesiverkoston liittymälle on haettava lupa. (Pieksämäki 2015.)

Myöskään Savonlinnan kaupungilla ei ole erillistä hulevesisuunnitelmaa. Vuoden 2012 vesihuollon kehittämissuunnitelmassa todetaan, että yleisenä tavoitteena on, ettei

hulevesiä johdettaisi viemäriverkostoon niiden jätevesijärjestelmää kuormittavan vaikutuksen takia. Lisäksi tavoitteena on rakentaa uutta hulevesiviemäriä kantakaupungin alueelle aina kun alueen vesihuoltoverkostoja uusitaan ja saneerataan. Haja-asutusalueella pääasialliseksi hulevesijärjestelmäksi on määritelty avo-ojaverkosto, joka veden johtamisen lisäksi pidättää hulevesien sisältämiä ravinteita ja epäpuhtauksia. Kehittämissuunnitelmaan on kirjattu, että uusien rakennettavien alueiden kaavoituksen yhteydessä on syytä selvittää mahdollisuudet järjestää hulevesien käsittely luonnonomukaisesti johtamalla vedet avo-ojiin ja kosteikkoihin. (Savonlinna 2012.)

Savonlinnassa asemakaava-alueella sijaitsevan kiinteistön on pääsääntöisesti liityttävä hulevesijärjestelmään. Epäselvissä tilanteissa asiasta päättää ympäristöviranomaisen. Mikäli havaitaan, että kiinteistö on liittynyt sadevesijärjestelmänsä virheellisesti jätevesiviemäriin, kiinteistöä voidaan vaatia kohtuullisuusnäkökohdat huomioiden liittymään hulevesiverkostoon. (Brunou 2017.) Savonlinnassa ei ole käytössä hulevesimaksua, eikä maksun käyttöönottoa ole suunnitteilla.

## **JOHTOPÄÄTÖKSET**

Hulevesien hallinta on osa kestävästä kaupunkirakennetta. Vesien käsittelyyn on tulevaisuudessa kiinnitettävä aikaisempaa enemmän huomiota, sillä ilmastonmuutoksen myötä sadannan, rankkasateiden ja talviaikaisten vesisateiden on ennustettu lisääntyvän.

Kiinteistöllä muodostuvien hulevesien hallinnasta vastaa lähtökohtaisesti kiinteistö. Kunnalla on vastuu hulevesien käsittelyn hallinnasta asemakaava-alueilla. Kunnissa on käytössä erilaisia tapoja hulevesien hallintaan. Myös niistä perityt kustannukset vaihtelevat kuntakohtaisesti.

Kaupunkialueiden päällystetyiltä pinnoilta peräisin olevat hulevedet poikkeavat laadultaan selvästi rakentamattomien alueiden valumavesistä. Erityisesti vilkkaasti liikennöidyiltä päällystetyiltä alueilta huuhtoutuu hulevesien mukana vesistöihin runsaasti erilaisia haitallisia aineita. Kun hulevesirakenteita kehitetään osana kaupunkien infrastruktuuria ja urbaania maisemaa, vesistöjen veden laatua voidaan suojella sekä kaupungin sisälle luoda monimuotoisia ekosysteemejä. Hulevesien käsittelyn parantamisella voidaan vähentää myös rankkasateista ja niiden aiheuttamista kaupunkitulvista syntyviä vaurioita rakennuksille ja kunnallistekniikalle.



## LÄHTEET

- Brunou, T. 2017. Käyttömestari, vs. vesihuoltopäällikkö. Savonlinnan kaupunki. Sähköpostiviesti 14.2.2017.
- Cederström, A. 2017. Suunnitteluinsinööri. Mikkelin kaupunki. Suullinen tiedonanto.
- Destia 2014. Kirkonvarkauden asemakaava-alue, Mikkeli. Hulevesiselvitys.
- Hulevesiopas 2012. Kuntaliiton julkaisuja.
- Laki tulvariskien hallinnasta 24.6.2010/620.
- Mikkelin vesiliikelaitoksen johtokunta 2017. Kokouspöytäkirja 26.1.2017. [https://mikkeli.cloudnc.fi/fi-FI/Toimielimet/Vesiliikelaitoksen\\_johtokunta/Kokous\\_2612017](https://mikkeli.cloudnc.fi/fi-FI/Toimielimet/Vesiliikelaitoksen_johtokunta/Kokous_2612017)
- MLR 132/1999. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Lisäys 2014 luku 13a. Hulevesiä koskevat erityiset säädökset (103 a–o §).
- Pieksämäki. 2015. Rakentajan opas. [www.pieksamaki.fi](http://www.pieksamaki.fi)
- Pieksämäen Vesi Oy 2016. <http://www.pieksamaenvesi.fi/hulevesia-viemarissa-korotettu-jatevesimaksu/>. Julkaistu 24.10.2016
- Rautio, J. 2014. Mikkelin kaupungin hulevesiohjelma 2014–2020.
- Renko, T., Luukkonen, H. & Sänkiaho, L. 2015. Julkisoikeudellisen hulevesimaksun määrittäminen. Kuntaliiton julkaisuja.
- Rontu, K. 2014. Hulevedet ja vesihuoltolaki. Esitysmateriaali. Kuntamarkkinat 10.9.2014.
- Savonlinna 2012. Savonlinnan kaupungin vesihuollon kehittämissuunnitelma. Kiuru & Rautiainen 12.12.2011.
- Turku 2016. Turun kaupungin hulevesiohjelma 16.5.2016.
- Vesihuoltolakiopas 2015. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 5/2015.
- VHL 119/2001. Vesihuoltolaki. Lisäys 2014, luku 3a. Huleveden viemäröinnin järjestäminen ja hoitaminen (17a -17e §).
- YSL 527/2014. Ympäristönsuojelulaki 2014.

# HULEVESIEN VÄHENTÄMIS- KEINOT JA HYÖDYNTÄMIS- MAHDOLLISUUDET

Tuija Ranta-Korhonen & Riina Tuominen

Hulevesien hallinnalla ehkäistään niiden päätymistä viemäriverkostoon. Tiheästi rakennetulla keskusta-alueella ainoa käytännössä toimiva ratkaisu voi olla kiinteistön liittäminen kunnan tai vesilaitoksen hulevesijärjestelmään. Väljemmin rakennetuilla alueilla – esimerkiksi omakotialueilla – hulevesien käsittely on helpompi järjestää.

Hulevesien käsittely kannattaa huomioida jo kiinteistön piha-alueita suunniteltaessa. Piha-alueet voidaan suunnitella siten, että hulevesien muodostumista ehkäistään mahdollisuuksien mukaan. Samalla voidaan myös vaikuttaa hulevesien laatuun. Jos hulevedet saadaan käsiteltyä niiden syntypaikalla, voidaan rakennettujen alueiden hydrologinen kierto palauttaa rakentamista edeltävälle tasolle (Sillanpää 2012).

Hulevesiä voidaan hallita tontilla kasvillisuuden, erilaisten pintamateriaalien ja pihan muotojen sekä mahdollisten pidätysrakenteiden avulla. Suomessa ja muualla maailmalla on tarjolla ja käytössä paljon erilaisia hulevesirakenteita hulevesien käsittelyyn. Esimerkiksi Ilmastonkestävän kaupungin suunnitteluopas -sivustolla (<http://ilmastotyokalut.fi/>) on hulevesirakenteiden valintatyökalu ja laskuri hulevesirakenteiden aiheuttamien kustannusten laskemiseen. Hulevesirakenteita suunniteltaessa on huomioitava myös rakenteiden vaatimat huolto- ja korjaustoimenpiteet.

## HULEVESIEN KÄSITTELY KERROSTALOPIHALLA

Kiinteistön pihan kasvillisuudella on merkittävä rooli hulevesien hallinnassa. Kasvillisuus pidättää ja käyttää hulevettä sekä lisää hulevesien haihduntaa (kuva 1). Lisäksi kasvien juuret ylläpitävät maaperän huokoisuutta ja vedenläpäisevyyttä. (Sillanpää 2012.) Kasvillisuutta voidaan myös käyttää uusilla tavoilla tuomaan vaihtelua pihamaisemaan sekä lisäämään imeyttävää ja haihduttavaa pintaa. Esimerkiksi viherkattoja voitaisiin entistä laajemmin käyttää esimerkiksi piha-alueen jäte- ja autokatosten tai erilaisten huoltorakennusten kattamiseen. Myös erilaiset istutuslaatikot lisäävät pihan kasvillisuuspintaa ja tuovat oman lisänsä pihan maisemaan.



***Kuva 1.** Kerrostalon pihalla ainoastaan kulkuväylät on päällystetty vettä läpäisemättömällä asvaltilla. Pihaan on istutettu monipuolisesti kasveja ja tehty hiekka- ja laattavyliä (kuva Riina Tuominen).*

Myös hulevesien ohjaus tontilla on tärkeää. Hulevesiä voidaan ohjata maanpinnan kallistuksilla sekä erilaisilla reunuksilla, kouruilla ja painanteilla. Ohjauksen avulla hulevedet saadaan suunnattua imeytysalueelle tai mahdollisiin avo-ojiin tai hulevesiviemäriin. (Sillanpää 2012.) Hulevesien imeytyvyyttä voidaan parantaa läpäisevien tai puoliläpäisevien päällysteiden avulla. Esimerkiksi kerrostalopihalla asvalttia tulisi suosia ainoastaan alueilla, jotka ovat kovan kulutuksen alaisia tai joilla on jatkuvasti liikennettä.

Hulevesien käsittelyyn tarkoitetuilla johtamis- ja viivästysrakenteilla on mahdollista lisätä kerrostalopihaan elävyyttä ja esimerkiksi varastoida vettä pihaan istutusten kastelutarpeisiin. Hulevesirakenteet, kuten esimerkiksi kivetyn purot ja painanteet, ovat miellyttävän näköisiä myös kuivina kausina. (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2011.)

Saatavilla on lisäksi eri valmistajien kerrostalopihoille soveltuvia maanalaisia hulevesien viivästys- ja imeytysratkaisuja, kuten hulevesikasetteja tai -tunneleita. Kasettien avulla voidaan pidättää suuriakin määriä hulevesiä. Kasetteja voidaan sijoittaa esimerkiksi paikoitus- tai nurmialueiden alle. Valmiiden hulevesikasettien avulla saadaan kiinteistön piha-alueen vedenpidätyskykyä helposti lisättyä ja sillä tavoin estettyä hulevesien tulvimista ja rakennuksille tai rakenteille aiheutuvia vesivahinkoja. Hulevesikasetit eivät vaadi jatkuvaa huoltoa, ja monet valmistajat lupaavat niille jopa 50 vuoden toiminta-aikaa.

## **HULEVESIEN KÄSITTELY OMAKOTITALOPIHALLA**

Perinteinen maanalainen hulevesien pidätysrakenne on kivi- tai sorapesä. Kyseessä on maahan tehty kaivanto, joka täytetään karkealla soralla tai pienillä kivillä. Kivipesän päälle asennetaan tarvittaessa eristekerros, jotta pidätysrakenne ei pääse talviaikana jäätymään. Samasta syystä kivipesää ei myöskään saa sijoittaa paikkaan, josta talvella poistetaan lumet. Kivipesä varustetaan ilmastusputkella. Kivipesä on edelleenkin

toimiva ratkaisu esimerkiksi omakotitontilla. Myös erilaisia valmistratkaisuja, kuten maanalaisia sadevesitunneleita, on tarjolla eri valmistajien valikoimissa.

Omakotitalojen pihoidella on mahdollisuus käyttää useita erilaisia päällystevaihtoehtoja, eikä esimerkiksi asfalttia ole välttämätöntä käyttää lainkaan. Sorapäällyste ja nurmi läpäisevät vettä hyvin, ja pihakiveystäkin voidaan pitää puoliläpäisevänä pintana. Myös kasvillisuutta voidaan käyttää huomattavasti monimuotoisemmin kuin kerrostalopihalla. Viimeaikaisten tutkimusten mukaan maaperään lisätty biohiili parantaa maaperän veden pidätyskykyä. Biohiili on kuumassa (350–450 °C) ja vähähappisessa tilassa ollutta orgaanista ainesta, kuten kasvimassaa, puuta, lantaa tai jätettä. Kasvualustaan, esimerkiksi nurmiperustaan, lisätty biohiili parantaa maaperän vedenvarastointikapasiteettia. Samalla biohiili saattaa vähentää hulevesistä niiden sisältämiä haitta-aineita. Biohiili on materiaalina kevyttä, joten sille sopivia käyttökohteita voisivat olla esimerkiksi viherkatot. (Tillikkala 2015.) Myös omakotitonteilla viherkatto on sopiva ratkaisu esimerkiksi autokatoksien tai varastorakennusten katoksi.

Omakotitalopihallakin vesien ohjaus on tärkeää, jotta vesi ei pääse kerääntymään väärään paikkaan ja vahingoittamaan tontin rakennuksia. Uusilla omakotialueilla on mahdollista kaavoittaa asutusalueen yhteisille alueille varaus hulevesien käsittelyratkaisuja varten. Tällöin omalla tontilla toteutetun hulevesien käsittelyn lisäksi vesiä on mahdollista johtaa alueen yhteiseen järjestelmään.

## **HULEVESIEN KÄSITTELY LIIKEKIINTEISTÖJEN YHTEYDESSÄ**

Liikekiinteistöille ovat tyypillisiä laajat vettä läpäisemättömät pinnat. Suurten liikekiinteistöjen, kuten kauppakeskusten, kattopinnat ja paikoitusalueet voivat olla yhteensä useiden hehtaareiden laajuisia. Tällaisella alueella rankkasateiden aikana muodostuva hulevesimäärä on huomattava. Lisäksi paikoitusalueilla olevista ajoneuvoista aiheutuvat epäpuhtaudet huonontavat hulevesien laatua. Tämän vuoksi hulevesien käsittelyyn on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Liikekiinteistöjä kaavoitettaessa voidaan kiinteistön rakennuttajille asettaa aiempaa tiukempia veloitteita hulevesien käsittelyyn liittyen. Esimerkiksi paikoitusalueiden alle voidaan sijoittaa hulevesikasetteja, jotka moninkertaistavat tontin hulevesien varastointikapasiteetin sekä auttavat viivyttämään ja samalla puhdistamaan syntyviä hulevesiä. Paikoitusalueilla on myös mahdollista imeyttää hulevesiä muun muassa kasvillisuuspainanteiden avulla. Painanteet suodattavat samalla hulevesien sisältämiä epäpuhtauksia. Lisäksi kasvillisuuspainanteiden kasvillisuus pehmentää paikoitusalueiden ilmettä.

Eräs merkittävä keino parantaa hulevesien käsittelyä liikekiinteistöillä on viherkaton rakentaminen. Esimerkiksi kauppakeskuksien laajat tasakatot tarjoavat ihanteellisen alustan ihanteellisen alusta viherkattojen rakentamiselle. Viherkaton avulla voidaan samalla parantaa alueen pienilmastoa, parantaa rakennuksen lämpötasapainoa, vähentää sisätiloihin kantautuvaa melua sekä kompensoida kauppakeskusten aiheuttamaa hiilijalanjälkeä. Suuria viherkattoja on toteutettu jo Suomessakin. Näistä esimerkkeinä mainittakoon Tikkurilan matkakeskus Dixi (6 000 m<sup>2</sup>) Vantaalla ja kaupungin jäte-laitoksen lajittelukeskus Lare (3 600 m<sup>2</sup>) Oulussa. (Valli 2016.)

## HULEVEDEN HYÖDYNTÄMINEN KIINTEISTÖILLÄ

Tulevaisuudessa hulevesiä kerätään entistä enemmän erilaisiin säiliöihin ja viivytysrakenteisiin, joten on luontevaa pohtia hulevesille myös uusia käyttökohteita. Näitä voisivat olla esimerkiksi viheralueiden kastelu, tiepölyn sitominen päällystämättämillä tieosuuksilla, katujen ja torialueiden pesu, ajoneuvojen pesu sekä yksittäisillä kiinteistöillä esimerkiksi WC:n huuhtelu.

Omakotialueilla hulevesiä on perinteisesti käytetty kasteluvetenä. Yksinkertaisin hulevesirakenne onkin sadevesiränni ja vesisaavi sen alla. Kattovedet soveltuvat erittäin hyvin kasteluvedeksi myös sen vuoksi, että ne ovat puhtaampia kuin maanpinnalta kerätyt vedet. Kerrostalokiinteistöilläkin hulevesiä voitaisiin kerätä säilytysrakenteisiin ja käyttää tarvittaessa pihan istutusten ja nurmikon kasteluun. Myös kaupunkien puistojen istutuksia voidaan kastella hulevesien avulla. Tosin vilkkaasti liikennöidyiltä päällystetyiltä alueilta peräisin olevat hulevedet eivät sellaisenaan sovellu kasteluun, vaan ne on johdettava ennen käyttöä jonkinlaisen suodattavan rakenteen kautta, jotta niihin sisältyviä epäpuhtauksia saadaan vähennettyä.

Yksittäisillä kiinteistöillä hulevesien ja etenkin kattovesien talteenotto mahdollistaisi veden käytön moneen eri tarkoitukseen. Saatavilla on erilaisia laitteistoja, joiden avulla vesiä voidaan ottaa talteen, suodattaa sekä säilyttää ja hyödyntää. Sopivia käyttökohteita ovat puutarhan kastelun lisäksi esimerkiksi ajoneuvojen pesu, WC:n huuhtelu tai jopa pyykinpesu. (BAT Systems.)

Tiepölyn sitominen on osa tiealueiden kunnossapitoa, josta tienpitäjän tulee vastata. Katujen ja yleisten alueiden, kuten torien, pesu on kunnan tai kiinteistön omistajien vastuulla. Kerättyä ja suodatettua hulevettä ja etenkin kattovesiä voitaisiin hyvin käyttää pesutarkoituksiin. Esimerkiksi kiinteistöillä hulevesiä käyttämällä voitaisiin pienentää piha- ja katualueiden pesuun kuluva vesijohtoveden määrää.

## HULEVESI OSANA POHJAVEDEN MUODOSTUMISTA

Pohjavesi syntyy sade- ja sulamisvesien suotautuessa maakerrosten läpi ja täyttyessä avoimet tilat maa- ja kallioperässä. Pohjavettä syntyy eniten keväällä lumien sulamisen aikaan sekä syksyllä syyssateiden aikana, jolloin myös haihtuminen on vähäisempää kuin kesäkaudella. Pohjavettä saattaa syntyä myös pintavedestä niin sanotun rantaimetyymisen avulla. Ilmastomuutoksen odotetaan vaikuttavan pohjaveden muodostumiseen ja etenkin muodostumissykliin siten, että pohjaveden määrä kesällä vähenee ja talvella puolestaan kasvaa. Tulevaisuudessa kesäisin voi etenkin Etelä-Suomessa aiempaa tiheämpiä ja pidempiä kuivuusjaksoja, jotka pahimmillaan voivat vaikeuttaa vedenhankintaa ja vaatia esimerkiksi viljelyalojen aikaisempaa runsaampaa kastelua. (Ilmastotyökalut 2016.)

Sade- ja sulamisvesien imeyttäminen syntypaikalla vähentää hulevesien määrää ja lisää pohjaveden muodostumista. Kaikkea hulevettä ei kuitenkaan ole syytä imeyttää, sillä esimerkiksi vilkasliikenteisiltä tiealueilla muodostuva hulevesi kerää mukaansa monenlaisia epäpuhtauksia, kuten raskasmetalleja, öljyhiilivetyjä ja ravinteita. Nykyaikaisessa tierakentamisessa piennaralueet varustetaankin rakennusvaiheessa hulevesisuojuuksella, ja hulevedet kerätään ja johdetaan erillisiin käsittelyratkaisuihin. (Liikennevirasto.)

Kaupunkiympäristössä vettä läpäisemättömän pinnan määrä on suuri ja veden luonnollinen hydrologinen kierto häiriintynyt. Tämänhetkinen trendi kaupunkirakentamisessa on keskusta-alueiden tiivistäminen. Näin halutaan vähentää autoilua ja siten pienentää kaupunkiasumisen hiilijalanjälkeä. Samalla saatetaan kuitenkin kaventaa keskusta-alueen viheralueita ja lisätä vettä läpäisemättömän pinnan määrää. Tämä puolestaan lisää hulevesien aiheuttamia ongelmia ja vähentää pohjaveden syntymistä. Jos pohjaveden muodostumisalueella on runsaasti vettä läpäisemättömiä pintoja, voi pohjaveden muodostuminen vähentyä. Jos pohjavesiesiintymää hyödynnetään samalla voimakkaasti, voi esiintymä vähitellen ehtyä. Pahimmillaan pohjaveden pinta maaperässä laskee voimakkaasti, mikä puolestaan voi johtaa sortumiin ja vaurioittaa pohjavesialueen päälle rakennettuja rakennuksia ja rakenteita.

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Rakennetussa ympäristössä on paljon vettä läpäisemätöntä pintaa, joka lisää huleveden määrää. Hulevesiä syntyy päällystetyillä pihoilla, kaduilla ja teillä sekä rakennusten katoilla. Hulevesien hallinnan peruseriaatteena on säilyttää rakennettujen alueiden vesitase ja pintavalunnan veden laatu mahdollisimman lähellä luonnonmukaista, ennen rakentamista vallinnutta tilannetta. Hulevesiä voidaan käsitellä erilaisilla menetelmillä, jotka perustuvat hulevesien vähentämiseen, imeyttämiseen ja viivyttämiseen sekä pois johtamiseen. Hulevesiä voidaan vähentää kasvattamalla vettä läpäisevän pinnan osuutta. Hulevesiä voidaan myös imeyttää erilaisten ratkaisujen avulla ja niitä voidaan myös kerätä myöhempää hyötykäyttöä varten.

Hulevettä voidaan hyödyntää kiinteistöillä esimerkiksi kasvien kasteluun tai autojen pesuun. Uusien veden talteenottoratkaisujen ansiosta mahdollistuu huleveden hyödyntäminen myös kaupunkien viheralueiden kastelussa. Rakennettu ympäristö vaikuttaa pohjaveden muodostukseen, ja huleveden laatu saattaa vaikuttaa myös pohjaveden laatuun. Kun hulevedet käsitellään mahdollisuuksien mukaan niiden syntypaikalla, rakennettujen alueiden hydrologinen kierto palautuu lähelle rakentamista edeltävää tasoa.

## LÄHTEET

- BAT Systems. Sadeveden talteenotto – kiinteistöt, kunnat ja teollisuus. <http://www.batsystems.fi/sadeveden-talteenotto>
- Green Building Council Finland. Tietopankki. Tikkurilan toimisto- ja liikekeskus Dixi. <http://figbc.fi/tietopankki/toimisto-ja-liikekeskus-dixi/>
- Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2011. Mahdollisuuksien piha! Ideoita kerrostalopihoille. Helsinki suunnittelee 2011:10.
- Ilmastonkestävän kaupungin suunnitteluopas. <http://ilmastotyokalut.fi/>
- Ilmastotyökälyt 2016. Ilmastonmuutos sekoittaa Suomen vesipalettia. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/a0596a76-eb8b-45e7-ab51-9bc6149f7312/ilmastonmuutos-sekoittaa-suomen-vesipalettia.html>
- Liikennevirasto. Pohjavedet ja maaperä. <http://www.liikennevirasto.fi/ymparisto/pohjavedet-maapera#.WKa3RPI2uYM>
- MLR 132/1999. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Lisäys 2014 luku 13a. Hulevesiä koskevat erityiset säädökset (103 a-o §).
- Sillanpää, R. 2012. Kerrostalopihan kunnostuksen suunnittelu. Opinnäytetyö, Oulun seudun ammattikorkeakoulu.
- Tillikkala, K. 2015. Biohiili – vihreän rakentamisen perusta. Esitys Kittilässä 9.6.2015.
- Valli, M. 2016. Viherkatto sitoo vettä tuntikausia. Artikkelit Kuntatekniikka-lehdessä 2016/01.

# HULEVEDET KAUPUNKI-SUUNNITTELUSSA

Tuija Ranta-Korhonen & Riina Tuominen

Tiiviisti rakennetussa kaupunkiympäristössä on paljon vettä läpäisemättömiä pintoja. Tulevaisuudessa sademäärien on ennustettu ilmastonmuutoksen myötä kasvavan ja rankkasateiden lisääntyvän. Myös hulevesien määrä kasvaa, ja niiden hallintaan joudutaankin jatkossa kiinnittämään enenevässä määrin huomiota. Hulevesien käsittelyn avulla saadaan tasattua hulevesien virtaamia sekä poistettua pintavalunnan sisältämiä epäpuhtauksia. Samalla suojellaan kaupunkialueen vesistöjä ja pohjavesiä. Päävastuu hulevesien hallinnan järjestämisestä siirtyi kunnille maankäyttö- ja rakennuslain ja vesihuoltolain uudistuksen yhteydessä vuonna 2014.

## HULEVEDET KAAVOITUKSESSA

Hulevesiä on perinteisesti hallittu kaupunkiympäristössä lähinnä johtamalla vedet eteenpäin joko maanalaisten putkistojen tai ojajärjestelmän avulla. Hallintaa olisi luonnon monimuotoisuuden ja kaupunkien aiheuttaman hiilijalanjäljen vuoksi hyvä kehittää luonnollisempaan ja paikallisempaan suuntaan. Tämä auttaisi myös jakamaan hulevesijärjestelmien rakentamisesta syntyviä kustannuksia kiinteistöjen rakennuttajien ja kunnan välillä. Hulevesien hallinta kaupunkiympäristössä edellyttää uudenlaista ajattelutapaa maankäytön suunnittelussa sekä taloudellista panostusta hallintarakenteiden perustamiseen. Hulevesien hallintarakenteilla voidaan luoda uudenlaista viihtyisää ja vehreää kaupunkikuvaa. Helsingissä tehdyn tutkimuksen mukaan viheralueiden, kuten puiston, kaupunkimetsän tai avoimen niityn, on todettu nostavan viheralueeseen rajoittuvien asuinalueiden asuntojen arvoa 1–4 % (Votsis 2017).

Hulevesien käsittelyä suunnitellaan kaavoituksen eri tasoilla. Tarkastelun ei tule rajoittua ainoastaan kaava-alueeseen, vaan se on tehtävä koko valuma-alueelle. Tarkastelussa on huomioitava vesien luonnollinen liikkumasuunta ja alueella syntyvien vesien lisäksi myös alueelle tulevat vedet. Toimivien ratkaisujen aikaansaaminen edellyttää myös luonnollisten maastonmuotojen huomioimista ja vanhojen uomien hyödyntämistä. Yleiskaavassa tai osayleiskaavassa voidaan antaa suuntaa-antavia määräyksiä hulevesien hallinnasta ja hallintarakenteista. Lisäksi yleiskaavassa voidaan yleisluontoisesti osoittaa alueet, jotka soveltuvat hulevesien hallintarakenteiden sijoituspaikoiksi. (Kuntaliitto 2012.)

Jos kunnalle ei ole tehty hulevesisuunnitelmaa tai -strategiaa, voidaan selvitys tai suunnitelma hulevesien hallinnasta tehdä yleiskaavan yhteydessä. Yleiskaavassa voidaan kartoittaa myös olemassa olevat hulevesirakenteet ja niiden kapasiteetti. Lisäksi kaavassa huomioidaan tulvariskialueet ja tehdään varaus tulvareiteille. (Jaakonaho 2014.)

Asemakaavassa voidaan tarkentaa yleiskaavassa annettuja hulevesien käsittelyratkaisuja. Asemakaavassa voidaan antaa määräyksiä hulevesien käsittelytavasta, kuten viivytttämisestä, imeyttämisestä ja puhdistamisesta, sekä määrittellä korttelikohtaiset



hulevesien käsittelytavat ja yleisiä alueita koskevat määräykset. (Jaakonaho 2014.) Asemakaavassa voidaan myös antaa määräyksiä pohjavesialueiden suojelemiseksi, esimerkiksi määrittellä alueet, joilla syntyvät hulevedet tulee johtaa pohjavesialueen ulkopuolelle. (Kuntaliitto 2012.) Kunnassa ympäristö- ja rakennuslautakunta voivat myös antaa hulevesimääräyksiä, jotka voivat koskea esimerkiksi hulevesien määriä, laatua ja käsittelykeinoja. Nämä määräykset ovat kuitenkin alisteisia yleis- ja asema-kaavalle, toisin sanoen lautakuntien määräykset eivät voi kumota kaavamääräyksiä. (Leppänen 2015.)

Asemakaavamääräyksellä voidaan antaa myös tonttikohtaisia hulevesien käsitte-lyohjeita ja veloitteita. Esimerkiksi Porvoossa on asemakaavamääräysten yhteydessä annettu rakennustapaohjeessa edellytetty, että uusilla pientaloalueilla tontille on varattava ja rakennettava 1 m<sup>3</sup> viivytystilaa hulevesille kutakin 100 m<sup>2</sup> kokoista läpikäymättömän pinnan alaa kohden. (Porvoo 2015.)

Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan kunnalla on mahdollisuus tehdä halutessaan hulevesisuunnitelma. Hulevesisuunnitelma on katusuunnitelmaan verrattavissa oleva yksityiskohtainen suunnitelma. Monesti kunnan katusuunnitelmassa on esitetty kunnan hulevesien hallintatapa. Mikäli kunnassa tehdään hulevesisuunnitelma, sitä tehtäessä on otettava huomioon asemakaava, katusuunnitelma ja yleisten alueiden suunnittelu. Lisäksi suunnitelman on täytettävä toimivuudelle, turvallisuudelle ja viihtyisyydelle asetetut vaatimukset. (Rontu 2014.)

## **HULEVEDEN KÄSITTELYMENETELMIEN VALINTA**

Avoimien, luonnonmukaisten hulevesirakenteiden avulla voidaan tuottaa uutta, monipuolista ja maisemaltaan vaihtelevaa kaupunkiympäristöä sekä lisätä ekologista monimuotoisuutta. Hulevesijärjestelmien suunnittelu onkin hyvä kytkeä viheralueiden suunnitteluun. Hulevesien käsittelyä parantamalla suojellaan kaava-alueen pienvesiä ja vesistöjä ylipäätään. (Hämäläinen 2015.) Vesistöjen veden laatua tulee suojella hulevesien aiheuttamalta kuormitukselta ja likaantumiselta. Hajautettujen hulevesijärjestelmien yleistyessä niiden rakentamisesta aiheutuvia kustannuksia voidaan jakaa kiinteistöjen rakennuttajien ja kunnan kesken.

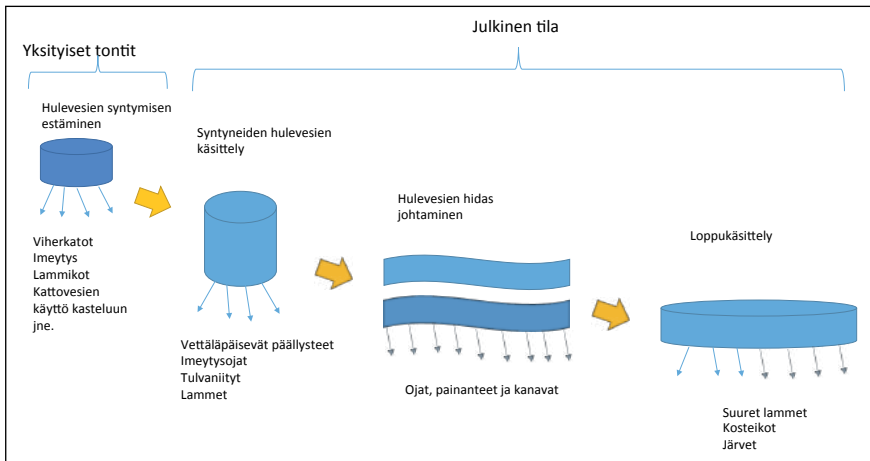
Hulevesien käsittelymenetelmien valinta riippuu muun muassa huleveden likaisuusasteesta ja käsittelytavoitteesta. Oheiseen taulukkoon 1 on koottu Lahden hulevesiohjelmassa määritettyjä erilaisten hulevesien käsittelymenetelmiä ja niiden soveltuvuutta eri tilanteisiin.

*Taulukko 1. Erilaisten hulevesien käsittely (mukaillen Lahden kaupungin hulevesiohjelma 2010).*

Maankäyttömuoto	Huleveden likaisuusaste	Huleveden käsittelymenetelmä
<b>Omakotialueet Puisto ja luontoalueet</b>	Matala	Imeytys, viivytytys, kuivatus- ja ylivuotovesille avo-oja tai hulevesiviemäri.
<b>Pientaloalueet Työpaikka-alueet Liikennöitävät piha-alueet Tontti- ja kokoojakadut</b>	Matala-kohtalainen	Imeytys biosuodatuksen jälkeen, viivytytys; kuivatus- ja ylivuotovesille avo-oja tai hulevesiviemäri.
<b>Keskustan asuin- ja työpaikka-alueet Pienet pysäköintialueet</b>	Kohtalainen	Imeytys biosuodatuksen jälkeen, viivytytys; kuivatus- ja ylivuotovesille avo-oja tai hulevesiviemäri.
<b>Suuret pysäköintialueet Logistiikka-alueet, kaupan suuryksiköt, varikot, teollisuuskiinteistöt</b>	Kohtalainen-korkea	Imeytys biosuodatuksen jälkeen, viivytytys; lastaus- ja jätteenkäsittelyalueiden vedet jätevesiviemäriin (alueet katettava); avo-oja tai hulevesiviemäri ainoastaan kuivatus- ja ylivuotovesille; ylivuotovedet tulvareittejä pitkin avo-ojiin ja vesistöön ja vain rajoitusti hulevesiviemäriin.
<b>Suolattavat pääkadut Maantiet</b>	Korkea	Pohjavesialueella: Pohjavesisuo- jaukset ja biosuodatus suojauksen yläpuolisissa kerroksissa. Pohjavesialueen ulkopuolella: Biosuodatus tai laskeutusallas- ja kosteikkokäsittely ennen hulevesi- viiemäriin tai vesistöön johtamista. Kuivatus- ja ylivuotovesille avo-oja tai hulevesiviemäri.

## HULEVESIEN VIIVYTYS- JA IMEYTYSRAKENTEET

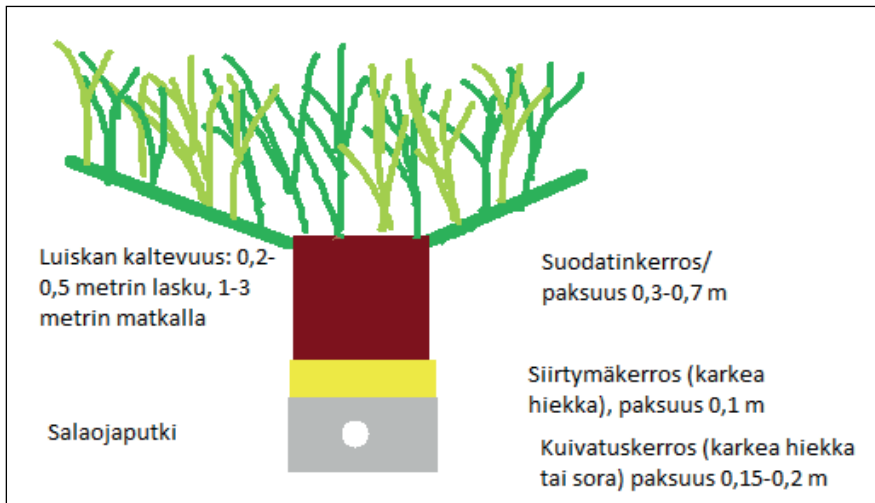
Hulevesien käsittelyrakenteet voidaan jakaa eri tasoihin. Hulevesien syntymistä voidaan estää esimerkiksi viherkatoilla, imeyttämällä, paikallisilla hulevesilammikoilla tai -painanteilla, tai esimerkiksi keräämällä sade- ja sulamisvesiä kastelu- tai saniteettitarkoituksiin. Jo syntyneitä hulevesiä voidaan hallita syntypaikalla muun muassa läpäisevien tai puoliläpäisevien päällysteiden avulla sekä erilaisten painanteiden, ojien ja lampien avulla. Näiden alkutoimenpiteiden jälkeen vesiä johdetaan hitaana virtauksena ojien, virtujen ja kanavien kautta suurempiin hallintarakenteisiin, kuten järviin ja kosteikkoihin. (Haghighatafshar ym. 2014.) Kaavio hulevesien hallinnasta on esitetty kuvassa 1.



**Kuva 1.** Hulevesien hallintarakenteiden eri tasot (mukaillen Haghighatafshar ym. 2014).

Alueen maaperä on hulevesien imeyttämisen- tai viivyttämiskäytännön valintaan keskeisesti vaikuttava tekijä. Hulevesien viivyttämisen- ja imeytysrakenteita voidaan sijoittaa sekä maan pinnalle että maan alle. Maanpäälliset rakenteet vaativat enemmän tilaa kuin maanalaiset, joita voidaan sijoittaa esimerkiksi pysäköintialueiden alle. Sora- ja hiekkamaat ovat hyvin vettä läpäiseviä, kun taas savikot eivät käytännössä läpäise vettä lainkaan – tai ainakin veden kulku savimaassa on erittäin hidasta. Hulevesien imeyttämisen tulee huomioida myös se, sijoittuuko hulevesien käsittelyrakenteen pohjavesialueelle. Pohjavesialueella imeytettävien vesien puhtauteen tulee kiinnittää erityistä huomiota; esimerkiksi kattovedet soveltuvat hyvin imeytykseen, mutta liikennealueilta tulevat vedet on ohjattava pohjavesialueen ulkopuolelle.

Maanpäällisiä hulevesien hallintarakenteita ovat erilaiset painanteet, lammikot, kosteikot ja altaat. Viherkattojen avulla voidaan vähentää kattopinnoilla syntyviä hulevesiä. Viherpainanteet ovat kasvillisuuspeitteisiä painanteita, joiden avulla hulevesiä voidaan viivyttaa, imeyttää ja puhdistaa. Viherpainanteita voidaan kutsua myös biosuodatusalueiksi tai sadeputtarhoiksi. (Ilmastotyökalut 2014.) Viherpainanteeseen voidaan istuttaa hyvin erilaisia ja erikokoisia, kosteuden vaihtelua hyvin sietäviä kasveja. Kasvillisuuden lehdet ja oksat pidättävät oman osansa sateesta ja lisäävät vettä haihduttavaa pinta-alaa. Viherpainanteen periaatepiirros on esitetty kuvassa 2. Mikäli viherpainanteen perustetaan paikkaan, jonka maaperä on valmiiksi läpäisevää, ei rakenteen alimpaan kerrokseen välttämättä tarvita kuvassa näkyvää salaojaputkea. (FCG 2015.)



*Kuva 2. Viherpainanteen periaatekuva (mukaillen FCG 2015).*

Viherpainanteita voidaan rakentaa joustavasti hyvin erikokoisina ja -muotoisina, joten niitä kyetään helposti sijoittamaan myös valmiiksi rakennettuun ympäristöön. Painanne voi olla ojamainen; tällainen painanne soveltuu erittäin hyvin tienvarsien hulevesien hallintaratkaisuksi. Esimerkiksi kaksikerrosojassa ylempi kerros täytetään soralla ja alemman kerroksen muodostaa salaoja. Viherpainanteen pintakerroksena voidaan käyttää esimerkiksi kuorikatetta, joka rikkaruohojen kasvun estämisen lisäksi pidättää hulevesien sisältämiä raskasmetalleja ja muita liikenteestä syntyviä haitta-aineita. Katekerros tulee uusina ajoittain. Viherpainanteen kasvillisuus vaatii myös huoltoa, eli sitä pitää tarvittaessa niittää, ja kuolleet kasvit pitää korjata uusilla. (Ilmastotyökalut 2014.)

Hulevesilammikot toimivat sekä imeyttävinä että viivyttävinä rakenteina. Kasvillisuus lammikoiden rantamilla ja ympäristössä lisää luonnon monimuotoisuutta ja maiseman viihtyisyyttä. Lammikko on hyvä mitoittaa siten, että sen pysyvä keskisyvyys on suunnilleen yhden metrin. Tällöin lammikossa on riittävästi vesitilavuutta, ja siinä olevan veden laatu pysyy parempana. Lammikon pintaa voidaan säädellä pohjapadon tai ylivuotoputken avulla. Lammikot tarvitsevat enemmän tilaa kuin painanteet. Ne vaativat myös ajoittaista huoltoa, sillä lammikkoon kertyvää lietettä pitää poistaa ja kasvillisuutta huoltaa. (Ilmastotyökalut 2014.)

Hulevesialtaita käytetään lähinnä hulevesien viivyttämiseen ja vesien sisältämän kiintoaineksen laskeuttamiseen. Altaissa on vettä läpäisemätön, esimerkiksi betonista tai kivistä rakennettu pohja. Kovapohjaisen altaan puhdistaminen lietteestä voidaan tehdä koneellisesti. Altaita voidaan rakentaa paikkoihin, joissa niissä on jatkuvasti vettä. On myös rakennettu betoni- tai kivirakenteita, jotka varastoivat vettä sateella ja tasaavat hulevesien virtauksia, mutta toimivat kuivana kautena muussa käytössä, kuten skeittirampina, pelikenttänä tai aukiona. Tällaisia ratkaisuja on sekä Suomessa että ulkomailla.

Hulevesiä voidaan viivyttää ja puhdistaa kosteikon avulla. Kosteikko on keskisyvyydeltään tyypillisesti matala, ja siinä on vaihtelevan syvyisiä alueita. Vettä puhdistava vaikutus perustuu veden virtausnopeuden hidastumisen aiheuttamaan kiintoaineen

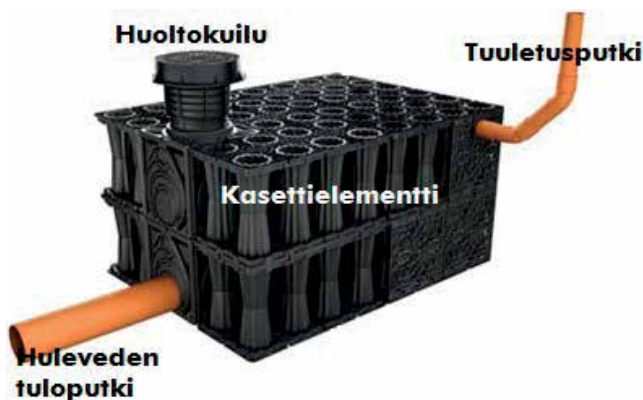
laskeutumiseen. Myös kasvillisuus puhdistaa vettä, sillä kasvit käyttävät veden sisältämiä liukoisia ravinteita kasvuunsa. Kosteikot vaativat melko paljon tilaa, mutta niillä voidaan käsitellä huomattavan suurtenkin valuma-alueiden hulevesiä. Kosteikko kannattaa perustaa olemassa olevan ojan tai noron varteen valmiiksi alavaan kohtaan. (Ilmastotyökalut 2014.)

Kosteikkoon laskevan ojan suulle rakennetaan syvempi allas, josta kertyvä liete on helppo poistaa. Kosteikon kasvillisuus voi myös vaatia ajoittaista niittoa. Niitolla ja kasvillisuuden poistolla on myös ravinteita poistava vaikutus. Kosteikkojen on eri tutkimuksissa havaittu poistavan vesien kiintoaine- ja fosforikuormasta jopa 70 % ja kokonaistyyppikuormasta yli 30 %. (Alhainen ym. 2015.) Kosteikoilla on parhaimmillaan huomattava luonnon monimuotoisuutta lisäävä vaikutus ympäristöönsä.

Monissa kunnissa viheralueet jaetaan A- ja B-luokan viheralueiksi. A-luokan viheralueet ovat hoidetumpia ja B-luokan viheralueet puolestaan lähempänä luonnon-tilaisia alueita. B-luokan viheralueille on helppo sijoittaa erilaisia hulevesirakenteita, kuten tulvaniittyjä, kosteikkoja ja painanteita. Alueet, jotka luonnostaan ovat soisia ja kosteita, tulisi mahdollisuuksien mukaan pyrkiä säilyttämään ja hyödyntämään hulevesivirtaamia hidastavina ja varastoivina rakenteina. B-luokan alueet voivat myös toimia osana tulvareittiverkostoa. (Tampere 2016.)

Viherkattoja on toistaiseksi käytetty suomalaisessa rakentamisessa melko vähän. Viherkatot voisivat auttaa pienentämään katoilla syntyvien hulevesien määrän jopa puoleen. Esimerkiksi kauppakeskusten laajat tasakatot ovat sopivia alustoja viherkaton perustamiseen. Viherkaton avulla voidaan samalla parantaa alueen pienilmastoa, parantaa rakennuksen lämpötasapainoa, vähentää sisätiloihin kantautuvaa melua sekä kompensoida kauppakeskusten aiheuttamaa hiilijalanjälkeä. Suuria viherkattoja on Suomessakin toteutettu muun muassa Vantaalla ja Oulussa. (Valli 2016.)

Perinteinen hulevesien maanalainen hallintakeino on kivipesä. Kivipesä ei kuitenkaan sovellu kovin suurien vesimäärien käsittelyyn. Eri valmistajien (muun muassa Uponor Oy, Meltex Oy, Wavin-Labko Oy) tuotevalikoimissa on hulevesikasetteja ja -tunneleita, joiden avulla voidaan hulevesien käsittelykapasiteettia lisätä pienessäkin tilassa huomattavasti. Hulevesikasetteja voidaan asentaa esimerkiksi pysäköintialueiden alle tai nurmikentän alapuolelle. Kuvassa 3 on esimerkki hulevesikasetista.

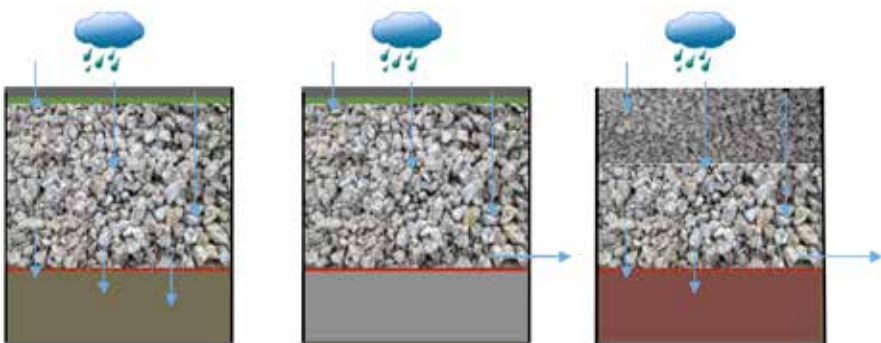


**Kuva 3.** Hulevesikasetin rakenne (mukaillen Aco Nordic Oy).

Moduulirakenteensa ansiosta hulevesikasetit ja -tunnelit on helppo liittää toisiinsa riittävän vesitilavuuden saavuttamiseksi. Imeytysjärjestelmiä mitoittaessa tulee huomioida paikalliset sademäärät ja mitoitusaste. Lisäksi on huomioitava maaperän maalajikoostumus, joka on syytä selvittää ennen hulevesijärjestelmän valintaa. Jos järjestelmän kapasiteetti on riittämätön tai maaperä, johon järjestelmä asennetaan, huonosti vettä läpäisevää, järjestelmä tulee varustaa ylivuotoputkella. (Uponor 2012.)

## VETTÄ LÄPÄISEVÄT JA PUOLILÄPÄISEVÄT PÄÄLLYSTEET

Uusia alueita suunniteltaessa ja vanhoja saneerattaessa kannattaa arvioida päällystettyjen alueiden tarve sekä mahdollisuudet käyttää puoliläpäiseviä tai läpäiseviä pintoja esimerkiksi pysäköintialueilla. Läpäiseviä pintavaihtoehtoja ovat muun muassa avoin asfaltti, läpäisevä betoni ja erilaiset kiveykset, joiden saumamateriaaleilla ja aukkokohdilla voidaan ohjata veden virtaamista ja imeytymistä kiveyksen alapuoliseen rakenteeseen. Kaksi ensin mainittua ovat itsessään huokoisia, joten vesi imeytyy niiden läpi. Läpäisevien päällysteiden avulla voidaan rakentaa erityyppisiä hulevesien käsittelyratkaisuja, jotka perustuvat imeyttämiseen ja johtamiseen. Oikean käsittelymenetelmän valinta riippuu maaperästä, jonka päälle läpäisevä pinnote rakennetaan. Eri käsittelytapoja on esitetty kuvassa 4.



**Kuva 4.** Hulevesien käsittelytavan valinta riippuu maaperän laadusta (mukaillen Kling ym. 2015).

Kuvassa 4 vasemmalla on avoin järjestelmä, jossa kaikki hulevesi imeytetään maaperään. Kuvassa keskellä on suljettu ratkaisu, jossa maaperä ei mahdollista imeyttämistä, vaan järjestelmään kerääntynyt vesi johdetaan eteenpäin. Oikealla oleva järjestelmä on yhdistelmä kahdesta edellä mainitusta. (Kling ym. 2015.)

Kuten kaikissa päällystevalinnoissa, myös läpäisevän päällysteen valinnassa on otettava huomioon muun muassa esteettiset näkökohdat, huollon ja kunnostuksen tarve sekä kulutuskestävyys. Suomessa on lisäksi huomioitava vuodenaikojen vaihtelu, päällysteiden kestävyys talviolosuhteissa sekä nastarenkaiden aiheuttama ylimääräinen kulutus. Kuvassa 5 on lueteltu erilaisia päällysteitä, joista päällyste nro 1 (nurmikko) on läpäisevin ja nro 8 (tavanomainen asfaltti) kaikkein heikoimmin vettä läpäisevä.



*Kuva 5. Eri päällystevaihtoehtoja (mukaiillen Prokop ym. 2011).*

Läpäisevistä päällysteistä on Suomen oloissa vielä melko vähän kokemusta, mutta Keski-Euroopassa läpäiseviä päällysteitä on käytetty jo pitkään. Tiedossa on, että talviolosuhteet, jäätyminen ja sulaminen sekä nastarenkaat ovat päällysteitä kuormittavia tekijöitä. Oheisessa taulukossa 2 on lueteltu eri päällystemateriaaleja ja arvioitu niiden soveltuvuus eri käyttökohteisiin sekä kustannukset suhteessa asvalttipäällysteeseen. Päällysteiden hinnoissa on huomioitu myös työkustannukset.

**Taulukko 2.** Eri päällysteiden soveltuvuusalueet sekä hyödyt ja haitat asfalttiin verrattuna (mukaillen Prokop ym. 2011).

	Jalankulkijat	Pysäköinti, kevytjoneuvot	Pysäköinti, keski- ja suuret ajoneuvot	Tieliikenne	Ulkonäkö	Kasvipeitemahdollisuus	Hyvä kuivatusmahdollisuus	Alueelta saatavat materiaalit	Parantaa mikroilmastoa	Kallis ylläpito	Huono kävelymukavuus	Ei vammaispysäköintiä	Jätevesilietteen kasautuminen	Pölymuodostus	Vettä läpäisevä pinta	Valumerroin	Kustannukset verrattuna asfalttiin (asfaltti = 100 %)
	Soveltuminen				Hyödyt				Haitat								
Nurmikko, hiekkamaa					+	+	+	+	+			+	+		100 %	<0,1	<2 %
Soranurmi	X	X	X		+	+	+	+	+	+	+	+			100 %	0,1-0,3	50-60 %
Nurmi- kennot (muoviset)	X	X			+	+	+	+	+	+	+	+	+		90 %	0,3-0,5	75 %
Reikäkivet tai laatat (betoniset)	X	X	X	X	+	+	+	+	+	+	+	+	+		40 %	0,6-0,7	75-100 %
Puoli- läpäisevät päällysteet	X	X	X		+		+	+		+	+	+	+	+	50 %	0,5	50 %
Läpäisevät päällysteet	X	X	X		+		+	+	+	+					20 %	0,5-0,6	100-125 %
Avoin asfaltti	X	X	X	X			+								0 %	0,5-0,7	100-125 %
Asfaltti	X	X	X	X											0 %	1	100 %

Vettä läpäisevien päällysteiden kuntoa pitää seurata, ja niitä tulee huoltaa tarvittaessa. Mikäli päällysteen päälle pääsee kulkeutumaan hienoainesta, päällyste voi tukkeutua.

Tukkeutunut päällyste pitää puhdistaa esimerkiksi lakaisukoneen ja pesun avulla. Vettä läpäisevien päällysteiden, kuten avoimen asfaltin tai läpäisevän betonin, käytöstä ja talvenkestävyydestä on Suomessa toistaiseksi hyvin vähän kokemuksia. Voidaan kuitenkin olettaa, että talvikunnossapitoon pitää kiinnittää normaalia enemmän huomiota läpäisevien pintojen kohdalla. Läpäisevien pinnoitteiden hiekoittamista ja suoлаamista tulee mahdollisuuksien mukaan välttää. (Kling ym. 2015.)



## VIHERKERROIN – GREEN FACTOR

Viherkerroinmenetelmä (Green Factor) kehitettiin alun perin Berliinissä jo 1980-luvulla, ja sitä on käytetty esimerkiksi Ruotsissa (Grönytefaktor). Viherkerroinmenetelmässä kiinteistö jaetaan elementteihin, joille annetaan erisuuret painotetut kertoimet riippuen elementtien vihreydestä sekä esimerkiksi siitä, kuinka paljon hulevesiä niiden avulla voidaan pidättää ja kuinka hyvin ne kykenevät parantamaan alueen pienilmastoja. Elementtejä ovat muun muassa maassa oleva kasvillisuus (muun muassa nurmi ja maanvarakasvit), kattokasvillisuus (viherkatot), julkisivukasvillisuus (esimerkiksi köynnökset) sekä puut ja isot pensaat. Myös päällysteille annetaan kertoimet, jotka riippuvat päällysteen vedenläpäisevyydestä. (Jyväskylä 2012.) Esimerkiksi uutta asuinalueita tai liiketontteja kaavoitettaessa voidaan asettaa viherkerrointavoite, joka aluetta rakennettaessa pitää saavuttaa. Taulukossa 3 on esitetty Malmössä käytössä olevia viherkerroinmenetelmän kertoimia.

*Taulukko 3. Malmössä käytettyjen viherkerroinmenetelmien kertoimia esimerkkeineen (Malmön kaupunki 2011).*

Viherkerroin	Esimerkki vaatimuksesta
<b>1,0</b>	Tontti on kokonaan vettä läpäisevän ja haihduttavan päällysteen peittämä (nurmikko, puut, lammet) eikä alueella ole rakennuksia.
<b>0,9</b>	Tontin kaikki rakenteet ovat vettä läpäiseviä.
<b>0,7</b>	Tontin rakennuksissa on julkisivukasvillisuutta tai tontilla on suuria puita.
<b>0,4</b>	Tontin rakennuksissa on viherkatto.
<b>0,3-0,5</b>	Tontilla on jonkin verran vettä läpäiseviä ja haihduttavia rakenteita.
<b>0,2</b>	Tontilla on veden keruu- tai haihdutusrakenteita.
<b>0,0</b>	Tontilla on vain vettä läpäisemätöntä pintaa.

Viherkerroinmenetelmän tarkoitus on olla joustava työkalu, eli kertoimia voidaan muokata rakennettavan alueen ympäristöön sopivaksi. Viherkerroinmenetelmä on eräs tapa tukea ekosysteemipalveluja kaupunkiympäristössä ja luoda vihreää infrastruktuuria. Viherkerroinmenetelmän laskentatapaa määritettäessä on otettu huomioon eri osa-alueita, muun muassa ekologisuus, toiminnallisuus, maisema-arvot ja kunnossapito. (Inkiläinen ym. 2014.) Ekologisuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä valittujen rakenteiden kykyä imeyttää ja pidättää sekä myös puhdistaa hulevesiä, kykyä sitoa ja varastoida orgaanista hiiltä, kykyä ylläpitää eläin- ja kasvilajien sekä elinympäristöjen monimuotoisuutta sekä säilyttää ja rakentaa ekologia verkostoja. Toiminnallisuudella tarkoitetaan viherkerroinmenetelmän sosiaalista puolta. Useissa viimeaikaisissa tutkimuksissa on todettu, että luonto on suomalaisille tärkeä elementti, ja ympäristön vihreyden on todettu lisäävän viihtyvyyttä sekä vähentävän stressiä. Kasvillisuus myös muokkaa pienilmasto-

toa lisäämällä haihtumista ja samalla viilentämällä ympäristöä. Tällä on merkitystä ilmastomuutoksen myötä lisääntyvien entistä kuumempien kesäkausien lisääntyessä.

Maisema-arvolla tarkoitetaan kasvillisuuden ja erilaisten maisematyyppien merkitystä kaupunkimaisemalle. Kunnossapidon osa-alue puolestaan huomioi kunnossapitotoimenpiteet, joita käytettävä rakenne vaatii elinkaarensa aikana. (Inkiläinen ym. 2014.) Erityyppisille alueille voidaan asettaa omat viherkerrointavoitteensa. Esimerkkejä tavoitteiden asettelusta on esitetty taulukossa 4. Viherkerroinmenetelmää on sovellettu muun muassa Helsingissä Kuninkaantammen alueella.

**Taulukko 4.** Viherkertoimien määrittäminen erilaisille alueille (Inkiläinen ym. 2014).

Viherkerroinluokka		Tavoitetaso	Ehdoton minimitaso
1.	Asuinalueet	0,8	0,5
2.	Palvelujen alueet	0,7	0,4
3.	Kauppan ja liikerakentamisen alueet	0,6	0,3
4.	Teollisuustoimintojen ja logistiikan alueet	0,5	0,2

## ESIMERKKEJÄ KAUPUNKIYMPÄRISTÖN HULEVESIRATKAISUISTA

Ruotsin Karlstadissa kaupungin kadun saneerauksen yhteydessä otettiin käyttöön uudenlainen tapa rakentaa katuja. Katu on profiililtaan v-kirjaimen muotoinen siten, että kadulle satava vesi johdetaan kadun keskellä olevaan hulevesirakenteeseen, joka johtaa veden eteenpäin. Lisäksi katu on rakennettu siten, että hulevesikanaaliin mahdumaton vesi kertyy hallitusti tien alimpaan kohtaan, mistä se johdetaan viheralueen kautta lopulta jokeen. (Klimatanpassningsportalen 2017.) V-mallisen kadun periaate on esitetty kuvassa 6.



**Kuva 6.** V-mallisen kadun periaate (mukaiillen Klimatanpassningsportalen 2017).

Erilaisia toreja ja kenttiä voidaan käyttää tulvien aikana väliaikaisina vesivarastoina. Esimerkiksi Ruotsin Växjössa tulvatasausaltona käytetään jalkapallokenttää, joka on rakennettu ympäristöään alemmalle tasolle ja varustettu betonireunuksilla. (Klimatanpassningsportalen 2017.)

Kööpenhamina kärsi kesällä 2011 voimakkaan ukkosrintaman aiheuttamasta rankkasateesta ja hulevesitulvista. Tulvat aiheuttivat lähes miljardin euron vahingot

rakennuksille ja rakenteille. Kaupungissa on sittemmin monin eri keinoin parannettu hulevesien käsittelyjärjestelmiä, jotta vastaavalta tulvatilanteelta vältyttäisiin tulevaisuudessa. Eräs esimerkki tästä on Kööpenhaminan Sønder-bulevardille suunniteltu puisto, joka palvelee tulvatilanteessa hulevesien väliaikaisena varastona.

Suuri osa kaupunkien hulevesikuormasta muodostuu teillä ja paikoitusalueilla. Teiden varsille ja paikoitusalueiden reunamille on syytä varata tilaa kasvillisuus-painanteille tai sadepuutarhoille, jotka pystyvät vastaanottamaan ja käsittelemään syntyvät hulevedet.

Hulevesirakenteita voidaan käyttää myös virkistysalueilla. Esimerkiksi Minneapolisissa päätettiin yhdistää hulevesien käsittely ja alueen asukkaiden viihtyisyys rakentamalla noin 90 hehtaarin hulevesipuisto. Rakenteiden avulla voidaan sekä varastoida ylimääräistä vettä että tasata tulvavesiä. Alue toimii samalla luonnoneläinten asuin-ympäristönä ja asukkaiden ulkoilualueena. (Balmori Associates n.d.) Myös Suomessa suunnitellaan ja rakennetaan yhä enemmän hulevesirakenteita puistojen yhteyteen.

Virkistyskäyttöä palvelee myös Saksassa Bad Hersfeldin Schilde-puistoon toteutettu hulevesijärjestelmä, jonka rakentamisessa hyödynnettiin olemassa olevaa jokea. Rakenteet on suunniteltu niin, että ne auttavat alueen tulvasuojelussa, mutta muodostavat samalla elämyskellisen kokonaisuuden ja lasten leikkipaikan. Tällainen rakenteiden käyttö vaatii veden suodatus- ja desinfiointikäsitteilyä osassa rakenteita. (Nachhaltige Infrastruktur 2013.)

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Hulevedet ja tulevaisuudessa lisääntyvät hulevesitulvat asettavat uusia vaatimuksia kaupunkirakenteelle. Hulevesien käsittelyrakenteet on otettava entistä paremmin huomioon kaupunkiympäristön suunnittelussa ja rakentamisessa osana ilmastonmuutokseen sopeutumista. Hulevesien käsittelemiseksi on kehitetty erilaisia ratkaisuja, joiden yleistymisen esteenä on ollut ennen kaikkea niiden perustamiseen vaadittava taloudellinen panostus. Hajautettuja hulevesien käsittelyratkaisuja rakennettaessa voidaan kustannustaakka jakaa kiinteistönomistajien ja kunnan kesken.

Hulevesien uudet käsittelyratkaisut voidaan nähdä myös keinona monipuolistaa ja viherryttää kaupunkiympäristöä. Oikealla suunnittelulla voidaan luoda kaunista ja viihtyisää ympäristöä, kuten esimerkit maailmalta ja Suomestakin osoittavat.

## LÄHTEET

- Alhainen, M., Niemelä, T., Siekkinen, J., Svensberg, M., Kuittinen, J., Nurmi, J., Väyrynen, H., Rautiainen, M., Väänänen, V-M., Nummi, P., Berndtson, S. & Korriakoski, P. 2015. Kosteikko-opas. Kotiseutukosteikko Life+ -hankkeen julkaisuja.
- Balmori Associates. N.d. Prairie Waterway Stormwater Park. <http://www.balmori.com/portfolio/prairie-waterway-stormwater-park>
- FCG 2015. Savulahden hulevesisuunnitelma – Jyväskylän kaupunki. Loppuraportti 30.10.2015.
- Green Builder media. N.d. <http://www.greenbuildermedia.com/soak-it-up>
- Haghighatafshar, S., la Cour Jansen, J., Aspegren, H., Lidström, V., Mattson, A. & Jönsson K. 2014. Storm-water management in Malmö and Copenhagen with regard to climate change scenarios. Vatten – Journal of Water Management and Research 70: 159-168. Lund 2014.
- Hyöty, P. 2009. Hulevesijärjestelmien mitoitusperusteet. Hulevesifoorumi 30.10.2009.
- Hämäläinen, L. (toim.) 2015. Pienvesien suojelu- ja kunnostusstrategia. Ympäristöministeriön raportteja 27/ 2015.
- Ilmastotyökälu 2014. Hulevesien hallintarakenteet ja niiden kunnossapito. [http://ilmastotyokalut.fi/files/2014/07/3.2.Hulevesien-hallintarakenteet-ja-niiden-kunnossapito\\_ty%C3%B6kalu.pdf](http://ilmastotyokalut.fi/files/2014/07/3.2.Hulevesien-hallintarakenteet-ja-niiden-kunnossapito_ty%C3%B6kalu.pdf)
- Inkiläinen, E., Tiuhonen, T. & Eitsi, E. 2014. Viherkerroinmenetelmän kehittäminen Helsingin kaupungille. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 8/2014.
- Jaakonaho, O. 2014. Hulevesien hallinnan suunnittelu yleis- ja asemakaavatasolla. Seminaari hulevesien hallinnasta Vantaanjoen valuma-alueella – kaavoitus, rakenteet, toimivuus ja huolto. Vantaa 25.11.2014.
- Jyväskylä 2012. Vihertehokkuus – Green Factor - Ohje suunnittelijoille 11.5.2012. Asuntomessut Jyväskylässä 2014.
- Klimatanpassningsportalen 2017. <http://www.klimatanpassning.se/atgarda>
- Kling, T., Holt, E., Kivikoski, H., Korkealaakso, J., Kuosa, H., Loimulla, K., Niemeläinen, E. & Törnqvist, J. 2015. Vettä läpäisevät päällysteet – Käsikirja suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon. VTT Technology 201.
- Kuntaliitto 2012. Hulevesiopas. Kuntaliiton julkaisuja. [http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahU-KEwiV8pu9je\\_UAhUISJoKHZorBZUQFggjMAA&url=http%3A%2F%2Fshop.kunnat.net%2Fdownload.php%3Ffilename%3Duploads%2Fhulevesiopas-2012.pdf&usq=AFQjCNENSdGf3X4MS6y5pNhVCVpBieiclw](http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahU-KEwiV8pu9je_UAhUISJoKHZorBZUQFggjMAA&url=http%3A%2F%2Fshop.kunnat.net%2Fdownload.php%3Ffilename%3Duploads%2Fhulevesiopas-2012.pdf&usq=AFQjCNENSdGf3X4MS6y5pNhVCVpBieiclw)
- Lahden kaupungin hulevesiohjelma 2010. <http://docplayer.fi/4429852-Lahden-kaupungin-hulevesiohjelma.html>

- Leppänen, T. 2015. Hulevesien hallinta - Juridiikkaa ja käytäntöä 26.11.2015. Esitysmateriaali.
- Malmö stad. 2011. Grönytefaktor. <http://malmo.se/Bo-bygga--miljo/Miljoarbete-i-Malmo/Malmo-stads-miljoarbete/Hallbar-stadsutveckling/Miljobyggstrategi-for-Malmo/Information-och-goda-exempel/Ekosystemtjanster-och-gronytefaktor/Gronytefaktor.html>
- Nachhaltige Infrastruktur. 2013. Schwerpunkt: Wasser in der Stadt. <http://www.die-gruene-stadt.de/wasser-in-der-stadt.pdf?forced=true>
- Porvoo 2015. Rakennustapaohje: Hulevesien viivytyksen pientalotonteilla.
- Prokop, G., Jobstmann, H. & Schönbauer, A. 2011. Overview of best practices for limiting soil sealing or mitigating its effects in EU-27. European Commission – DG Environment. Environment Agency Austria.
- Rontu, K. 2014. Hulevedet ja vesihuoltolaki. Esitysmateriaali. Kuntamarkkinat 10.9.2014.
- Sustainable cities. 2015. <http://www.dac.dk/en/dac-cities/sustainable-cities/all-cases/water/roskilde-storm-water-skate-park/>
- Tampere 2016. Viherpalveluohjelma. Avoimet viheralueet – Maisemapeltojen ja niittyjen ylläpito. Tampereen kaupungin viherpalveluohjelma.
- Uponor 2012. Uponor-hulevesikasetit ja -tunnelit. Suunnittelu- ja asennusohje.
- Valli, M. 2016. Viherkatto sitoo vettä tuntikausia. Artikkelit Kuntatekniikka-lehdessä 2016/01.
- Votsis, A. 2017. Planning for green infrastructure: The spatial effects of parks, forests and fields on Helsinki's apartment prices. Ecological Economics 132 (2017), 279-289.

# HULEVESIEN KÄSITTELY OMAKOTITONTILLA

Tuija Ranta-Korhonen & Riina Tuominen

Etelä-Savon vuotuinen sademäärä on keskimäärin 600–650 mm (Ilmasto-opas 2013). Näin ollen esimerkiksi pinta-alaltaan 1 000 m<sup>2</sup> tontille vuodessa kertyvä hulevesimäärä on yhteensä 600–650 m<sup>3</sup> eli 600 000–650 000 litraa. Vaikka tästä määrästä noin puolet haihtuuikin ilmaan, on tontille jäävän veden määrä kuitenkin noin 300 000 litraa. Hulevesien käsittelyyn tontilla tulee kiinnittää erityistä huomiota, jotta vältetään rakennusten ja rakenteiden kosteusvaurioita.

Alueilla, joilla on kunnallinen hulevesijärjestelmä, järjestelmään liittyminen on yleensä pakollista. Kiinteistöltä voidaan periä liittymämaksu hulevesiviemäriin liittymisestä. Lisäksi kunnalla on mahdollisuus periä hulevesimaksua, jonka määräytymiseen vaikuttavat muun muassa tontin koko, vettä läpäisemättömän pinnan määrä tontilla sekä kiinteistön omat hulevesien käsittelyratkaisut.

Kiinteistöillä on mahdollisuus vähentää hulevesien käsittelyyn liittyviä maksuja käsittelemällä hulevedet omalla tontillaan sekä käyttämällä mahdollisimman vähän vettä läpäisemättömiä pintoja. Vaikka hulevesirakenteiden rakentaminen sekä ylläpito- ja huoltotyöt vaativat jonkin verran taloudellista panostusta, niiden avulla on mahdollisuus säästää hulevesimaksuissa pitkällä aikavälillä. Lisäksi hulevesirakenteet monipuolistavat tontin maisemakuvaa ja lisäävät istutusten elinvoimaisuutta.

## TONTIN RAKENNUSAIKAINEN HULEVESIEN KÄSITTELY

Rakennushankkeissa tontille laaditaan yleensä hulevesisuunnitelma, joka tavallisesti tehdään samaan aikaan LVI-suunnitelman ja tontin rakennesuunnitelman kanssa. Hulevesirakenteiden sijoittelussa huomioidaan tontin luonnolliset säilytettävät muodot sekä niiden vaikutus vesien virtaussuuntaan tontilla. Jos halutaan toteuttaa kestävää maisemarakentamista, tavoitteena säilyttää on mahdollisimman paljon tontin luonnontilaista kasvillisuutta, esimerkiksi puita. Tällöin kasvillisuus ja sen kasvialueet tulee suojata rakentamisen ajaksi. (Vantaan kaupungin hulevesien hallinnan toimintamalli 2015.)

Rakennusaikana tontilla tehtävät kaivuutyöt kuormittavat ympäristöä lisäämällä tontilta lähtevien vesien sisältämän maa-aineksen aiheuttamaa kiintoaine- ja ravinnekuormaa. Myös rakentamisen yhteydessä rikkoutuva maanpinta ja pintakasvillisuuden poisto vaikuttavat maa-aineksen kulkeutumiseen.

Joissain tapauksissa tontin hulevesijärjestelmät voidaan rakentaa valmiiksi jo rakennustöiden alkuvaiheessa, jolloin niitä voidaan hyödyntää myös rakentamisen aikana. Tällöin pitää kuitenkin huomioida, että rakennusaikaiset hulevedet sisältävät tavallista enemmän maa-ainesta ja muita epäpuhtauksia, jotka voivat tukkia rakenteita. Rakenteet tuleekin kunnostaa ja puhdistaa rakennustyömaan valmistumisen jälkeen. (Rakennustieto 2016.)

Jos kuitenkin epäillään, että rakennustyöt kuormittavat liikaa hulevesirakenteita,

etenkin kasvillisuuteen, suodattamiseen ja imeyttämiseen perustuvat rakenteet on järkevää rakentaa vasta rakennushankkeen loppuvaiheessa. Hulevesirakenteet sijoitetaan sellaisille tontin osille, joilla ei rakennusaikana jouduta liikkumaan koneilla. (Rakennustieto 2016.)

## **OMAKOTITONTIN HULEVESIEN KÄSITTELY**

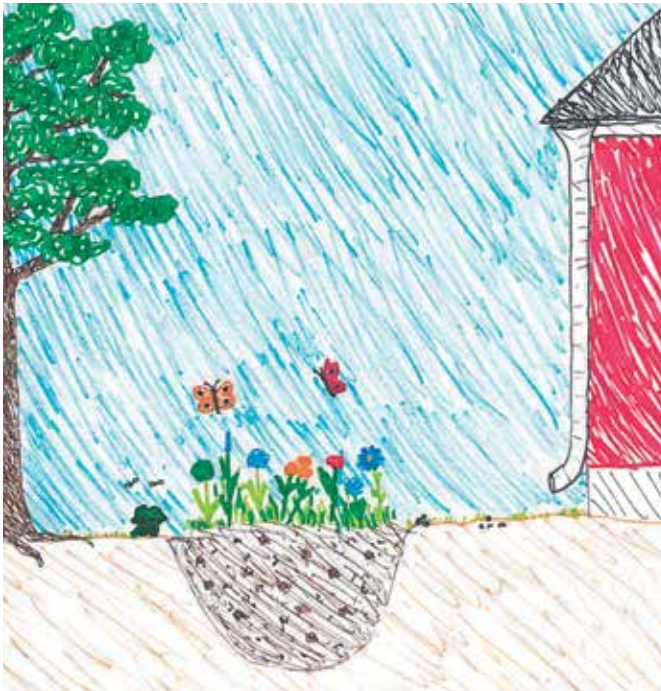
Kiinteistökohtaisen hulevesien hallinnan tavoitteena on muodostuvien hulevesien määrän vähentäminen ja hulevesien viivyttäminen ennen niiden johtamista viemäriin. Hulevesiä voidaan vähentää esimerkiksi hyötykäytön, kuivatuksen, ojituksen ja imeyttämisen avulla. (Kuntaliitto 2012.)

Tontin maaperä vaikuttaa olennaisesti hulevesien käsittelytavan valintaan. Esimerkiksi karkeajakoinen maaperä, kuten sora- tai moreenimaat, sopivat sellaisenaan imeytykseen. Kuitenkin myös savimailla voidaan vettä imeyttää erilaisten viivyttävien ja imeyttävien rakenteiden avulla. (Porvoon kaupunki 2015.)

## **LUONNONMUKAINEN HULEVESIEN KÄSITTELY**

Hulevesien käsittely tontilla on hyvä järjestää niin, että veden kiertokulku on mahdollisimman lähellä luonnontilaista. Tässä ovat hyvänä apuna erilaiset luonnonmukaiset käsittelyratkaisut, kuten erilaiset kasvipeitteiset painanteet tai imeytysalueet, jotka myös puhdistavat hulevesiä. Luonnonmukaiset käsittelyratkaisut toimivat eri olosuhteissa ja kestävät hyvin Suomen vuodenaikojen vaihtelun. On kuitenkin huomioitava, että kasvillisuuden vettä pidättävää ja puhdistavaa vaikutusta hyödyntävät hulevesirakenteet toimivat täydellä teholla vasta kasvillisuuden kasvettua riittävän reheväksi. (Kuntaliitto 2012.)

Luonnonmukaiset hulevesirakenteet tontilla edesauttavat myös persoonallisen ja vaihtelevan pihamaiseman luomista. Pihan eri alueiden kosteusolosuhteet voivat olla erilaiset, minkä vuoksi tontilla voidaan hyödyntää hyvinkin erilaisia kasveja. Esimerkiksi huleveden imeytyspainanteeseen voidaan istuttaa kosteutta kestävä kasvillisuutta niin sanotuksi sadeputarhaksi (kuva 1).



*Kuva 1. Sadepuutarha imeytyspainanteessa (Pilvi Korhonen).*

Puut käyttävät paljon vettä. Esimerkiksi suurikokoinen koivu voi helteisenä kesäpäivänä imeä maasta noin 500 litraa vettä. Omakotitontilla puiden vedensaanti voidaan turvata rakentamalla erilaisia vettä varastoivia rakenteita. Jos esimerkiksi paikoitusalue tai ajoreitti sijaitsee lähellä puiden kasvupaikkaa, voidaan paikoitusaluetta tai ajoreittiä perustettaessa käyttää karkeaa murskettä siten, että niiden pohjakerrokseen muotoutuu vettä varastoiva vesitila, johon voidaan myös lisätä hieman ravinnepitoista humusta. Tällöin puiden juuret voivat imeä vesitilasta vettä ja ravinteita.

Viherkaton avulla voidaan katolta valuvien hulevesien määrää vähentää jopa puoleen. Viherkatto voidaan käyttää sekä asuinrakennusten että varasto- ja autotallirakennusten kattopinnoitteena (kuva 2). Viherkaton rakentaminen pitää huomioida jo rakennusta suunniteltaessa, sillä sen perustaminen vaatii riittävän vahvoja rakenteita. Myös katon vesieritys ja juurisuojaus on varmistettava. Viherkaton perustamiskustannukset ovat tavallista kattoa suuremmat. (Salminen 2014.) Viherkattoja on hyvin erilaisia. Esimerkiksi maksaruohokasvuston peittämä viherkatto vaatii noin 15 cm paksuisen kasvukerroksen ja lisää katolle lankeavaa kuormaa noin  $120 \text{ kg/m}^2$  (Kekkilä 2014). Hulevesien käsittelyn lisäksi viherkatto vähentää rakennusten jäähdytystarvetta ja toimii äänieristeenä (Icopal Green). Suomessa on useita viherkattojen toimittajia.





*Kuva 2. Saunarakennuksen (oikealla) ja kesämökin viherkatto (vasemmalla) (Icopal Oy).*

## PIHAN PÄÄLLYSTEET

Omakotitontilla vettä läpäisemättömien päällysteiden, kuten asfaltin tai kivituhkan, määrä on järkevää pitää mahdollisimman pienenä. Niitä kannattaa käyttää ainoastaan paikoitusalueen tai pihatien kaltaisilla alueilla, joilla liikutaan autolla. Lisäksi niitä rakentaessa on huomioitava kallistukset, joiden avulla hulevesi voidaan johtaa läpäisemättömältä pinnalta esimerkiksi imeytysrakenteeseen tai vesitilaan. Myös puoliläpäisevät päällysteet, kuten nurmitäytetyt reikälaatat, voivat olla hyvä vaihtoehto paikoitusalueen pinnaksi. (Ilmastotyökalut 2012.)

## HULEVEDEN KERÄÄMINEN

Hulevesien kerääminen kasteluedeksi vähentää tarvetta käyttää talousvettä omakotitalon istutusten ja nurmikoiden kasteluun. Sadevesi sopii myös lämpötilansa vuoksi talousvettä paremmin kastelukäyttöön. Huleveden käyttö kasteluun pienentää myös omakotitalon asumiskuluja. Huleveden käyttö kastelussa sekä hulevesien imeyttäminen tontilla vähentävät koko kunnan talousveden tarvetta sekä tarvetta investoida hulevesijärjestelmiin.

Sadevesiä on omakotitonteilla perinteisesti kerätty sadevesirännien alapuolelle asettuihin tynnyreihin kasvien kasteluedeksi. Tapa on edelleenkin käyttökelpoinen. Tynnyriä hieman kehittyneempi ratkaisu on Vesitasku-sadevesisäiliö, jollainen näkyy kuvassa 3. Vesitasku on varustettu hanalla, ja siihen voidaan liittää letku kastelua varten. Lisäksi mahdolliset ylivuodot on huomioitu niin, ettei sadevesi pääse valumaan rakennuksen perustuksiin. (Houseman Oy.)



*Kuva 3. Vesitasku (Houseman Oy).*

Vettä voidaan kerätä myös maanalaisiin rakenteisiin, kuten hulevesikaivoon (kuva 4). Hulevesikaivon voi rakentaa itsekin betonirenkaista, mutta saatavilla on myös valmiita rakenteita.



*Kuva 4. Hulevesikaivo (Meltex Oy).*

## HULEVEDEN IMEYTTÄMINEN

Sadevettä voidaan imeyttää tontilla maan pinnalle ulottuvien imeytyspainanteiden ja ojien lisäksi erilaisilla maanalaisilla rakenteilla. Perinteinen maanalainen imeytysrakenne on kivipesä, eli kaivanto, joka täytetään karkealla sepelillä tai murskeella. Sadevesi johdetaan kivipesään sadevesikourulla, jonka kaltevuuden tulee olla noin 5 %. Kivipesää ei saa perustaa rakennuksen välittömään läheisyyteen, vaan etäisyyden rakennuksista tulee olla vähintään 3 metriä. Mikäli tontin maaperä on läpäisevää, ei kivipesää tarvitse varustaa ylivuotoputkella. Kivipesä voidaan peittää lämpöeristetyllä kannella, jolloin pesä ei pääse talvellakaan jäätymään. (Porvoon kaupunki 2015.)

Imeyttämistä varten voidaan rakentaa betonirenkaista myös imeytyskaivo, johon kiinteistön perus- ja pintavedet johdetaan. Kaivon pohjalle asetetaan tiheä geokangas, joka peitetään noin 30 cm paksuisella sepelipatjalla (sepelin raekoko 32–64 mm). Kaivo varustetaan ylivuotoputkella. Kaivoon päätynyt vesi imeytyy vähitellen maaperään ja puhdistuu samalla mahdollisista epäpuhtauksista. (Porvoon kaupunki 2015.)

Tarjolla on myös valmiita maan alle asennettavia rakenteita, kuten hulevesikasetteja ja -tunneleita (kuva 5). Rakenteiden avulla voidaan hulevesiä viivyttää ja imeyttää maaperään sekä samalla vähentää kunnallisen hulevesijärjestelmän kuormitusta.



*Kuva 5. Sadevesitunneli (Meltex Oy).*

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Vastuu hulevesien hallinnasta kuuluu myös yksittäisille tontin omistajille. Hulevesien viivyttäminen tontilla vähentää hulevesitulvien syntyä. Hulevesien kerääminen ja käsittely ehkäisee niiden pääsyä viemäriverkostoihin ja parantaa siten verkoston toimintavarmuutta.

Huomioimalla hulevesien käsittely jo rakennusvaiheessa voidaan tontille sijoittaa tarvittavia rakenteita tai suunnitella istutukset tontin kosteusolosuhteet huomioiden. Istutusten ja erilaisten vedenkeruuratkaisujen lisääminen voidaan toki tehdä myös jo rakennetuille tonteille.

## LÄHTEET

- Houseman Oy. Vesitasku kerää sadevedet. <http://www.houseman.fi/?p=vesitasku>
- Icopal Green. Toimivan viherkaton perusta. Viherkatolla viihtyisyyttä elinympäristöön. <http://www.icopal.fi/Tuotteet/Viherkatot.aspx>
- Icopal Oy. Inspiroidu viherkatoista! <http://www.icopal.hanemedia.com/esitteet/viherkatto/#16>
- Ilmasto-opas. 2013. Etelä-Savo – järvet vaikuttavat ilmastoon. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/7a609e95-e98d-4b18-a007-e890fcc0b4f1/etela-savo-jarvet-vaikuttavat-ilmastoon.html>
- Ilmastotyökalut. 2012. Ilmastonkestävä kaupunki. Lämpäisevät päällysteet. [http://ilmastotyokalut.fi/files/2014/07/lapaisevat\\_paallysteet\\_tyokalu.pdf](http://ilmastotyokalut.fi/files/2014/07/lapaisevat_paallysteet_tyokalu.pdf)
- Kekkilä. 2014. Viherkaton suunnitteluohje. [http://static-sls.smf.aws.sanomacloud.net/kodinkuvalehti.fi/s3fs-public/attachments/Viherkaton\\_suunnitteluohje.pdf](http://static-sls.smf.aws.sanomacloud.net/kodinkuvalehti.fi/s3fs-public/attachments/Viherkaton_suunnitteluohje.pdf)
- Kuntaliitto. 2012. Hulevesiopus. Kuntaliiton julkaisu 2012. <http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahU-KEwior-j1rOXUAhXjAJoKHe-ACLoQFggoMAE&url=http%3A%2F%2Fshop.kunnat.net%2Fdownload.php%3Ffilename%3Duploads%2Fhulevesiopus-2012.pdf&usq=AFQjCNENSdGf3X4MS6y5pNhVCVpBieiclw>
- Meltex Oy. Hulevesijärjestelmät hulevesien imeytykseen ja viivytykseen. <http://www.meltex.fi/tuotteet/infra-maa-ja-vesirakentaminen/hulevesijarjestelmat.html>
- Porvoon kaupunki. 2015. Rakennustapaohje: Hulevesien viivytyksen pientalotonteilla. Malliratkaisuja hulevesien viivytykseen ja imeytykseen. Kaupunkisuunnittelu. [https://www.porvoo.fi/library/files/57024a6aed6b97651b0002a2/hulevesien\\_viiytyys\\_pientalotonteilla\\_porvoossa\\_rakennustapaohje.pdf](https://www.porvoo.fi/library/files/57024a6aed6b97651b0002a2/hulevesien_viiytyys_pientalotonteilla_porvoossa_rakennustapaohje.pdf)
- Rakennustieto. 2016. Rakennustyömaan hulevesien hallinta. Tilaajan ohje. RTS 16:23. [https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5fIPeDhrH/nUJAs2mpJ/Rakennustyomaan\\_hulevesien\\_hallinta\\_RT\\_KH\\_ehdotus.pdf](https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5fIPeDhrH/nUJAs2mpJ/Rakennustyomaan_hulevesien_hallinta_RT_KH_ehdotus.pdf)
- Salminen, K. 2014. Vaihtoehtona viherkatto. ProAgria. Länsi bloggaa. <https://proagria.fi/blogit/lansi-bloggaa/2014/09/24/vaihtoehtona-viherkatto>
- Vantaan kaupungin hulevesien hallinnan toimintamalli – Perustietoa suunnittelijoille ja rakentajille. 2015. [https://www.vantaa.fi/instancedata/prime\\_product\\_julkaisu/vantaa/embeds/vantaawwwstructure/120411\\_Hulevesien\\_hallinnan\\_toimintamalli.pdf](https://www.vantaa.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/vantaa/embeds/vantaawwwstructure/120411_Hulevesien_hallinnan_toimintamalli.pdf)

# HULEVESIRAKENTEIDEN MITOITUS

Tuija Ranta-Korhonen & Riina Tuominen

Hulevesijärjestelmien mitoituksessa käytetään apuna sateen tai sulamisen aiheuttamaa todennäköistä hulevesivirtaamaa tai -määrää. Rakennetuilla alueilla mitoituserusteena käytetään yleensä sateen määrää kuvaavia parametreja.

Hulevesirakenteiden suunnittelussa määritetään usein sekä mitoituserusteella että -tilavuus, sillä rakenteisiin halutaan yleensä sekä veden johtamiseen että varastointiin ja käsittelyyn tarkoitettuja osia. Hulevesien johtamiseen käytettävien järjestelmien, kuten kanavien, painanteiden ja avo-ojien, mitoituserusteena on sateen rankkuuteen eli intensiteettiin perustuva hetkellinen virtaama. Hulevesien varastointiin ja käsittelyyn käytettävien rakenteiden tai hulevesijärjestelmän osien mitoituserusteena käytetään sademäärään pohjautuvaa hulevesien määrää eli tilavuutta. (Kuntaliitto 2012.)

Hulevesijärjestelmien mitoituksen kannalta sateella on neljä huomioitavaa perusominaisuutta (parametria), jotka ovat sateen kesto, sateen intensiteetti, sademäärä ja toistuvuus eli todennäköisyys kyseisen kaltaisen sadetapahtuman esiintymiselle. Mitoituksessa näiden perusominaisuuksien lisäksi huomioidaan myös tarvittavat tiedot mitoitettavan järjestelmän yläpuolisen valuma-alueesta. (Hyöty 2014.)

## TAAJAMIEN HULEVESIRAKENTEIDEN MITOITUS

Taajama-alueella hulevesirakenteiden mitoituserusteena käytetään rankkasadetta. Mitoituksessa yleensä käytetty keskimääräinen intensiteetti voi kuitenkin johtaa siihen, että hulevesirakenteista tulee alimitoitettuja, eikä niiden kapasiteetti riitä esimerkiksi lyhytkestoisten, mutta hyvin rankkojen sateiden hallintaan. Yksi ratkaisu ongelmaan on mallintaminen, sillä mallinnuksen avulla voidaan tutkia intensiteetiltään ja kestoltaan erilaisten sateiden vaikutusta. (Hyöty 2009.)

Kuntaliiton julkaiseman Hulevesioppaan (2012) mukaan maanpäällisiä viivytyserusteita voi mitoittaa kaavan 1 avulla.

$$A = \frac{V_{mit}}{h} \quad (1)$$

Kaavan avulla saadaan laskettua lammikoitumisalueen pinta-ala A, kun tiedetään mitoituserusteella  $V_{mit}$  ja lammikon suunniteltu keskimääräinen syvyys h. Mitoituserusteella voidaan laskea mitoitussateen ja valuma-alueen pinta-alan avulla. (Hulevesioppas 2012.)

Mitoitussateen valinta riippuu muun muassa siitä, minkälaista vaikutusta hulevesien käsittelyjärjestelmästä odotetaan. Esimerkiksi laadulliseen hallintaan ja imeytykseen tarkoitettujen menetelmien avulla mitoitetaan usein toistuvilla sateilla, jotka kattavat 90 % vuosittaisista sadetapahtumista. Hajautettujen hulevesien määrälliseen hallintaan tarkoitettujen järjestelmien avulla puolestaan mitoitetaan lyhyehköille rankkasateille, esimerkiksi kerran viidessä vuodessa toistuvalla 10 minuutin rankkasateelle. (Hyöty 2009.)

Hulevesien perinteiset hallintajärjestelmät eli hulevesiverkostot suunnitellaan yleensä lyhytkestoisen mitoitussateen mukaan. Tämä tarkoittaa, että äärimmäisen rankkasateen sattuessa järjestelmän kapasiteetin ylitys ja tulviminen sallitaan. Kustannusnäkökulmasta ajatellen tavoitellaan tasapainopistettä verkoston rakentamiskustannusten ja mahdollisista tulvista aiheutuvien vahinkojen välillä. (Ilmasto-opas 2015.)

Keskitetty määrällisen hallinnan menetelmät voidaan rakentamisen yhteydessä mitoittaa siten, että järjestelmän purkuvirtaama vastaa luonnonmukaista, ennen rakentamista esiintynyttä virtaamaa. Mitoitussateen valinta riippuu muun muassa rakenteen ympäristöstä ja mahdollisten vahinkojen mittavuudesta tulvatilanteessa. Esimerkiksi jos hulevesien hallintarakenteen ympäristö on puistoa tai muuta aluetta, joka ei suuremmin kärsi ajoittaisesta veden alle joutumisesta, voidaan mitoituksessa käyttää vaikkapa kerran kolmessa vuodessa toistuvaa rankkasadetta. Jos taas rakennetta ympäröi tiiviisti rakennettu alue, jolla mahdollinen tulva aiheuttaisi suurta aineellista vahinkoa, voidaan mitoitussateeksi valita esimerkiksi kerran 20 vuodessa toistuva rankkasade. (Hyöty 2009.)

Hulevesioppaassa (Kuntaliitto 2012) on annettu myös nyrkkisääntöjä kosteikkojen ja lammikkojen pinta-alojen mitoittamiseen. Kosteikon suositeltava pinta-ala on 1–2 prosenttia valuma-alueesta. Ihanteellinen pinta-ala voi olla jopa 2–4 prosenttia, mikäli pyritään ravinteiden pidättämiseen ja huleveden laadun parantamiseen. Lammikon optimaalinen pinta-ala on noin 1 % valuma-alueesta, mutta vähintään sen on oltava 0,1–0,2 % valuma-alueen pinta-alasta, jotta lammikko toimisi sateen yhteydessä halutulla tavalla.

Hulevesijärjestelmän purkautuminen voidaan suunnitella siten, että myös usein toistuvien sateiden aiheuttamaa virtaamaa viivytetään. Purkautumisreitti voidaan lisäksi rakentaa kaksivaiheiseksi, mikä on hyvä ratkaisu etenkin eroosioherkillä maa-alueilla. (Hyöty 2009.)

Ilmatieteen laitoksen tietojen pohjalta voidaan yrittää haarukoida paikkakunta-kohtaisia sadetietoja, sateen intensiteettiä ja toistuvuutta. Rankkasateet ja taajama-tulvat -hankkeessa (RATU) tehdyn selvityksen mukaan vuosina 1961–2005 otokseen kuuluvilla havaintoasemilla vuorokausisademäärä ylitti rankan sateen rajan (20 mm/vrk) keskimäärin 0–8 kertaa vuodessa, ja ainoastaan 6–7 prosentissa vuorokausista kokonaissademäärä oli suurempi kuin 20 mm/vrk. Näistäkin rankkasateista yli puolet jäi sademääräluokkaan 20–30 mm/vrk. (Aaltonen ym. 2008.) Ilmastonmuutoksen vuoksi järjestelmiä mitoitettaessa ja mitoitussateita valittaessa on jatkossa syytä siirtyä kertaluokkaa suurempiin mitoitussateisiin (esim. kerran kahdessa vuodessa →kerran kolmessa vuodessa, kerran viidessä vuodessa →kerran kymmenessä vuodessa) (Hyöty 2008). Ilmatieteen laitoksen rankkasateiden määrittämisessä käyttämät ajat ja sademäärät on esitetty taulukossa 1.

**Taulukko 1.** Ilmiantieteen laitoksen käyttämät rankkasateen raja-arvot (Ilmiantieteen laitos).

Sateen kesto	Sademäärä (mm)
5 min	2,5
30 min	5,5
60 min	7
4 h	10
12 h	15
24 h	20

Ilmasto-opas.fi -sivustoilla on julkaistu työkalu, jonka avulla voidaan mallintaa ja visualisoida rankkasateita. Työkaluun on mahdollista syöttää esimerkiksi sademäärä ja sateen kesto sekä tarkastella tällaisen sadetapahtuman toistuvuutta, todennäköisyyttä ja intensiteettiä.

## TONTTIEN HULEVESIRAKENTEIDEN MITOITUS

Vesimäärien arvioinnissa voidaan perustapauksissa käyttää sateen kestona 10 minuutin rankkasadetta, joka vastaa kerran kahdessa vuodessa tapahtuva ilmiötä. Tarvittavien vettä varastoivien viivytysslammikoiden, painanteiden ja viivytävien rakennekerrosten paksuuksia ja imeytyspinta-aloja voi arvioida Hulevesioppaassa (Kuntaliitto 2012) esitettyjen periaatteiden pohjalta.

Tonttikohtaisten hulevesijärjestelmien liittymien mitoituksessa voidaan käyttää Suomen Rakentamismääräyskokoelman (2007) D1:n liitteessä 7: *Sadevesilaitteiston mitoitus* avulla laskettua mitoitusvirtaamaa. Mitoitusvirtaama ( $q$ ) saadaan laskettua kaavasta 2, kun tunnetaan mitoitussade ( $q_s$ ), osa-alueen valuntakerroin ( $k_1$ – $k_n$ ) sekä osa-alueiden pinta-alat vaakasuoralle pinnalle projisoituina ( $A_1$ – $A_n$ ). Yleensä mitoitussade ( $q_s$ ) on  $0,015 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ , mutta tulvimisen haitallisuudesta riippuen ja paikallinen viranomaisen luvalla voidaan käyttää arvoja välillä  $0,010$ – $0,020 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ .

$$q = q_s (k_1 A_1 + k_2 A_2 + \dots + k_n A_n) \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2 \quad (2)$$

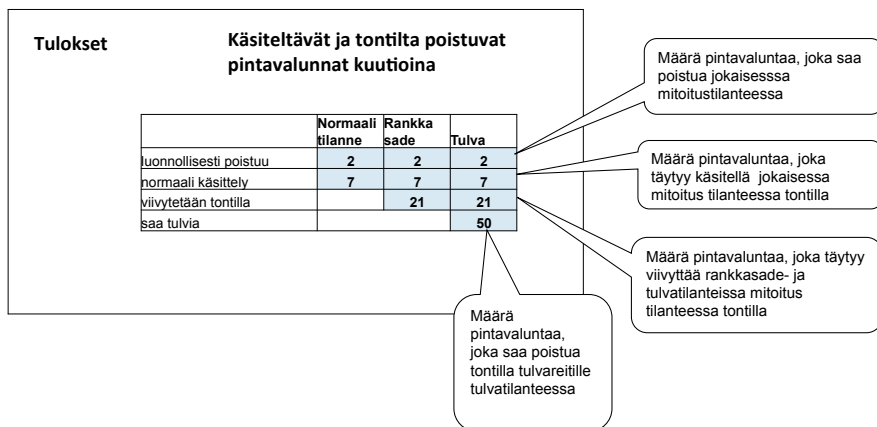
Valuntakerroin on suhdeluku, joka ilmaisee valuma-alueelta välittömästi purkautuvan veden osuuden alueelle sataneesta kokonaisvesimäärästä erilaisten häviöiden jälkeen (SYKE 2013). Valuntakertoimen suuruuteen vaikuttavat maankäyttö päällystettyjen pintojen määrän kautta, topografia ja maaperän laatu (Kuusisto 2002). Esimerkkejä valuntakertoimista eri pinnoilla on esitetty taulukossa 2. Valuntakerroin ei ole vakio, ja järjestelmiä mitoitettaessa tämä tulisi huomioida siten, että laskelmissa ei käytetä aivan alimpia arvoja (Kuntaliitto 2012).

*Taulukko 2. Eri pintojen valuntakertoimia (Tielaitos 1993).*

Pinta	Valuntakerroin
<b>Katto</b>	0,80 – 1,00
<b>Asfalttipäällyste</b>	0,70 – 0,90
<b>Tien nurmetettu luiska</b>	0,40 – 0,60
<b>Avoin kalliomaasto</b>	0,30 – 0,50
<b>Soratie, soraluiska</b>	0,20 – 0,50
<b>Nurmipintainen piha, puisto</b>	0,10 – 0,40
<b>Niitty, pelto, puutarha</b>	0,10 – 0,30
<b>Suo</b>	0,05 – 0,15
<b>Kumpuileva sekametsä</b>	0,05 – 0,20
<b>Tasainen metsämaasto</b>	0,10
<b>Tasainen sorakenttä</b>	0,00 – 0,05

Mitoituksen laskentaa voidaan ohjeistaa myös kuntakohtaisesti. Esimerkiksi Vantaan kaupunki (2016) antaa ohjeita kerros-, rivi- ja pientalotonttien mitoitusilanteisiin.

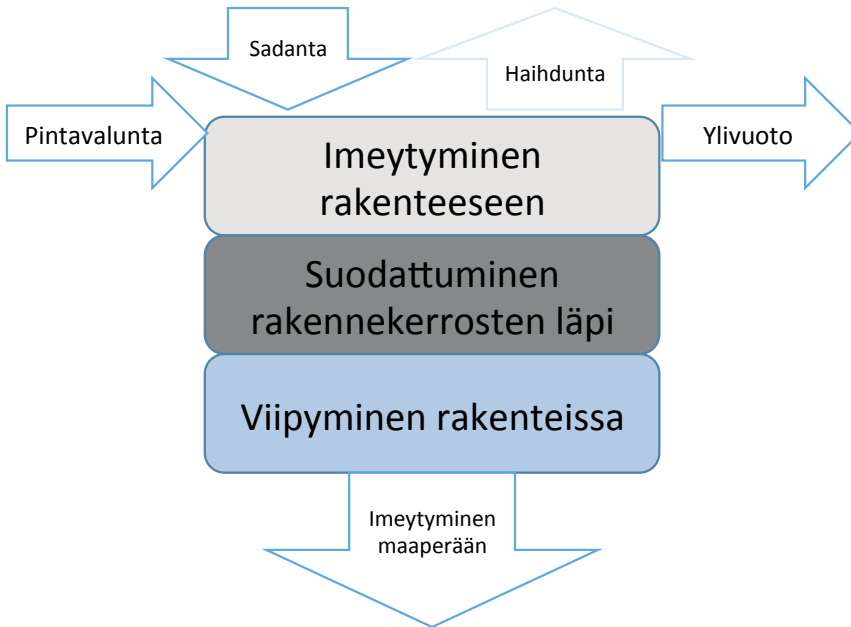
Ilmastokestävät kaupungit -hankkeessa (ILKKA) on luotu laskentatyökalu yksittäisten tonttien hulevesien käsittelyratkaisujen mitoittamista varten. Mitoituksen lähtökohtana on alueelta ennen rakentamista lähtenyt hulevesivirtaama, jota rakentaminen ei saisi lisätä. Laskennassa voidaan hyödyntää erilaisia mitoitusasteita sekä tontin eri pintojen valuntakertoimia. Esimerkiksi asfalttipinnan valuntakerroin on 0,7, eli sataneesta vedestä muodostuu hulevettä 70 % sademäärästä. Nurmikon valuntakerroin on puolestaan 0,1, eli noin 10 % nurmelle sataneesta vedestä kulkeutuu hulevedeksi ja noin 90 % imeytyy maahan. Lisäksi laskennassa ennakoidaan ilmastonmuutoksen aiheuttamaa sademäärän kasvua ja sateen intensiteetin lisääntymistä. Laskemalla voidaan selvittää, kuinka suuri osa hulevesistä pitäisi saada pidätettyä tontilla normaalisateen tai rankkasateen aikana ja kuinka paljon hulevesiä voidaan johtaa eteenpäin tulvatilanteessa. (Ilmastotyökalut 2014.) Kuvassa 1 on esimerkkilaskelma.



*Kuva 1. ILKKA-hankkeen laskentatyökalulla tehty laskelma (mukaiillen Ilmastotyökalut 2014).*



Hydrologisessa mitoituksessa huomioidaan veden luonnolliset liikkeet. Hydrologista mitoittamista voidaan hyödyntää, kun suunnitellaan imeytys- ja viivytyrakenteita sekä vettä läpäiseviä päällysteitä. Hydrologisen mitoittamisen periaatteet on esitetty kuvassa 2.



*Kuva 2. Hydrologisen mitoittamisen periaatteet (Kling ym. 2015).*

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Hulevesijärjestelmien mitoitus monimutkaistuu, jos järjestelmän osilla on erilaisia mitoitusperusteita. Erilaisia perusteita on kuitenkin tarkoituksenmukaista käyttää toimivuuden takaamiseksi. Laajempia järjestelmiä ja herkempiä kohteita mitoittaessa niiden kapasiteettia ja toimintaa täytyy tarkastella erilaisilla ja erityyppisillä sateilla. Mallinnusohjelmien avulla mitoituksessa voidaan huomioida ajallisesti muuttuvat sateet sekä valuntakertoimen muutokset. Jos alueen perustiedot tunnetaan, mallintamalla saadaan tarkempia tuloksia kuin käsin laskemalla. (Hyöty 2014.)

Oikein mitoitetuilla hulevesirakenteilla voidaan varmistaa, että ne pystyvät käsittelemään tarvittavan määrän hulevesiä ja että toiminnan tulos on laadullisesti hyvä. Hulevesirakenteiden kunnossapidolla varmistetaan toimintavarmuus ja käsittelykapasiteetin säilyminen. Kunnossapito lisää myös rakenteiden elinikää ja vähentää tarvetta suurille kunnostustöille. Kun mitoituksen suunnittelu ja laskenta tehdään sekä tontti- että taajamakohtaisesti, hulevesien hallinnan onnistumisen todennäköisyys kasvaa.

## LÄHTEET

- Aaltonen, J., Hohti, H., Jylhä, K., Karvonen, T., Kilpeläinen, T., Koistinen, J., Kotro, J., Kuitunen, T., Ollila, M., Parvio, A., Pulkkinen, S., Silander, J., Tiihonen, T., Tuomenvirta, H. & Vajda, A. 2008. Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU). Suomen ympäristökeskuksen julkaisuja 31/| 2008.
- Hyöty, P. 2009. Hulevesijärjestelmien mitoitusperusteet. Hulevesifoorumi 30.10.2009. <http://www.miljo.fi/download/noname/%7BB4BF0181-F615-4F36-8FBD-2B3F58D-095D7%7D/36516>
- Hyöty, P. 2014. Hulevesien hallintaratkaisut tänään – mitoitus ja menetelmät. Seminaari hulevesien hallinnasta vantaanjoen valuma-alueella 25.11.2014. [http://www.vhvsy.fi/files/upload\\_pdf/4358/141125\\_Vantaa\\_Perttuhyoty.pdf](http://www.vhvsy.fi/files/upload_pdf/4358/141125_Vantaa_Perttuhyoty.pdf)
- Ilmasto-opas 2015. Vesien hallinnassa käytetään riskinarvioinnin apuna mitoitus-sadetietoja. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/sopeutuminen/-/artikkeli/dbd3af29-7473-4ca2-b22b-f5e87b0c7961/vesien-hallinnassa-kaytetaan-riskinarvioinnin-apuna-mitoitussadetietoja.html>. Päivitetty 20.1.2015
- Ilmastotyökalut 2014. Hulevesien mitoitus tontilla -työkalu. [http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahU-KEwiU38vdyu\\_UAhUNa1AKHWbKAC8QFggjMAA&url=http%3A%2F%2Filmastotyokalut.fi%2Ffiles%2F2014%2F07%2F3.2.Hulevesien-mitoitus-tontilla-ty%25C3%25B6kalu.xls&usg=AFQjCNEXHsM-X8Dvk0nnTL2AlyXndKzxmw](http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahU-KEwiU38vdyu_UAhUNa1AKHWbKAC8QFggjMAA&url=http%3A%2F%2Filmastotyokalut.fi%2Ffiles%2F2014%2F07%2F3.2.Hulevesien-mitoitus-tontilla-ty%25C3%25B6kalu.xls&usg=AFQjCNEXHsM-X8Dvk0nnTL2AlyXndKzxmw)
- Ilmatieteen laitos. Sadetta ja poutaa. <http://ilmatieteenlaitos.fi/sade>
- Kling, T., Holt, E., Kivikoski, H., Korkealaakso, J., Kuosa, H., Loimula, K., Niemeläinen, E. & Törnqvist, J. 2015. Vettä läpäisevät päällysteet – Käsikirja suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon. VTT Technology 201.
- Kuntaliitto 2012. Hulevesiopus. Kuntaliiton julkaisuja. [http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahU-KEwiV8pu9je\\_UAhUISJoKHZorBZUQFggjMAA&url=http%3A%2F%2Fshop.kunnat.net%2Fdownload.php%3Ffilename%3Duploads%2FHulevesiopus-2012.pdf&usg=AFQjCNENSdGf3X4MS6y5pNhVCVpBieiclw](http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahU-KEwiV8pu9je_UAhUISJoKHZorBZUQFggjMAA&url=http%3A%2F%2Fshop.kunnat.net%2Fdownload.php%3Ffilename%3Duploads%2FHulevesiopus-2012.pdf&usg=AFQjCNENSdGf3X4MS6y5pNhVCVpBieiclw)
- Kuusisto, P. 2002. Kaupunkirakentamisen vaikutus pieniin valuma-alueisiin ja vesistöihin Suomessa. Helsingin yliopiston maantieteen laitoksen julkaisuja B48.
- SYKE. 2013. Hulevesisanasto. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Yhdyskunnat\\_ja\\_hajaasutus/Hulevesien\\_hallinnan\\_kehittaminen/Hulevesisanasto](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Yhdyskunnat_ja_hajaasutus/Hulevesien_hallinnan_kehittaminen/Hulevesisanasto)
- Tielaitos. 1993. Teiden suunnittelu IV. Tien rakenne, osa 4 Kuivatus.
- Vantaa kaupunki 2016. Vantaa kaupungin hulevesien hallinnan toimintamalli. Perustietoa suunnittelijoille ja rakentajille. [https://www.vantaa.fi/instancedata/prime\\_product\\_julkaisu/vantaa/embeds/vantaawwwstructure/120411\\_Hulevesien\\_hallinnan\\_toimintamalli.pdf](https://www.vantaa.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/vantaa/embeds/vantaawwwstructure/120411_Hulevesien_hallinnan_toimintamalli.pdf)

# HULEVESITULVAT

Tuija Ranta-Korhonen & Riina Tuominen

Tulvat voidaan nimetä ja luokitella tulvimisen syyn perusteella. Tulvatyyppinä ovat hulevesitulva, vesistötulva ja meritulva. Hulevesitulvat voivat aiheutua joko rankkasateesta tai lumen äkillisestä sulamisesta. Nämä tulvat alkavat yleensä nopeasti, ovat lyhytkestoisia ja melko paikallisia, ja niitä kutsutaankin usein myös taajama- tai rankkasadetulviksi. Hulevesitulvien vaikutukset näkyvät varsinkin taajama-alueilla, missä viemärit saattavat tukkeutua ja vesi päästä talojen kellareihin. Kuvassa 1 näkyy Mikkelin Lönnrotinkadun rankkasateesta aiheutunut hulevesitulva 6.8.2017. Hulevesitulvien aiheuttamat vahingot kohdistuvat tavallisesti rakenteisiin, henkilövahinkoja ne eivät yleensä aiheuta.



*Kuva 1. Hulevesitulva Mikkelin Lönnrotinkadulla (kuva Birgitta Partanen).*

## HULEVESITULVIEN ARVIOINTI

On arvioitu, että Suomessa valunta muuttuu noin -10—+25 % vuoteen 2050 mennessä. Sateiden on arvioitu lisääntyvän, mutta toisaalta painottuvan aiempaa enemmän talvikaudelle. Kesäkaudella taas kuivuuden ja kuivien kausien arvioidaan lisääntyvän sekä rankkasateiden määrän ja esiintyvyyden kasvavan. Ilmastonmuutoksen otaksutaan lisäävän eri sääilmiöiden äärevöitymistä. (Ilmasto-opas 2016.) Kaiken kaikkiaan niin vesistötulvien kuin hulevesitulvienkin odotetaan tulevaisuudessa lisääntyvän.

Laki tulvariskien hallinnasta (620/2010) velvoittaa kunnat tekemään alustavan arvioinnin hulevesitulvista aiheutuvasta tulvariskistä. Alustavassa arvioinnissa otetaan huomioon rankkasateista aiheutuvat tulvat rakennetuilla alueilla ja vesistöä pienempien uomien tulviminen. Määritelmän mukaan vesistöä pienempien uomien valuma-alue on alle 10 km<sup>2</sup>, eikä niissä ole jatkuvaa veden virtausta. Alustava arviointi perustuu lähinnä tietoihin aiemmin esiintyneistä tulvista ja niiden aiheuttamista vahingoista. Lisäksi arvioinnissa otetaan huomioon ilmastonmuutoksesta ja vesilojen muuttu-

mista koskevat, saatavilla olevat asiantuntija-arviot sekä kunnan alueella tapahtuneet maankäytön muutokset. Tämän alustavan arvioinnin perusteella kunta joko nimeää merkittävät hulevesitulvariskialueet tai toteaa, ettei kunnan alueella sellaisia ole. Laki tulvariskien hallinnasta tuli voimaan kesällä 2010, ja ensimmäiset tiedot tulvariskialueiden olemassaolosta tuli toimittaa alueellisille ELY-keskuksille marraskuuhun 2011 mennessä. (SYKE 2015a.)

Jos kunta oli nimennyt alueellaan kohteita, joille voi aiheutua merkittäviä hulevesitulvia, laati kunta näille kohteille tulvavaara- ja tulvariskikartat joulukuuhun 2013 mennessä ja hulevesitulvariskien hallintasuunnitelmat joulukuuhun 2015 mennessä. Kunnissa tehdään hulevesitulvariskialueiden alustava arviointi, merkittävien alueiden määrittäminen sekä tarkistetaan ja tarvittaessa päivitetään tulvavaara- ja tulvariskikartat ja hulevesitulvariskien hallintasuunnitelmat aina kuuden vuoden välein. (SYKE 2015a.)

Hulevesitulvan riskinarvioissa voidaan käyttää keskimäärin kerran sadassa vuodessa toistuvan rankkasateen arvoja tietyin kokoiselle alueelle. Taulukossa 1 on esitetty arvioinnin avuksi Etelä-, Keski- ja Pohjois-Suomelle tunnin ja vuorokauden sadannan 100 vuoden toistuvuustasot erikokoisille valuma-alueille. Arvioinnissa on huomioitava, että ilmastonmuutoksen myötä sadannan arvioidaan kasvavan noin 10–15 % seuraavien 50 vuoden aikana. (SYKE 2015b.)

*Taulukko 1. Sadannan suuruuden arviointi tulvariskiä arvioitaessa (SYKE 2015 b).*

Valuma-alueen koko	Etelä-Suomi (noin 60–62°N)		Keski-Suomi (noin 62–64 °N)		Pohjois-Suomi (noin 64–70 °N)	
	1 h	1 vrk	1 h	1 vrk	1 h	1 vrk
<b>Pistearvo</b>	37 mm	90 mm	36 mm	85 mm	34 mm	80 mm
<b>1 km<sup>2</sup></b>	35 mm	86 mm	34 mm	84 mm	32 mm	80 mm
<b>10 km<sup>2</sup></b>	30 mm	83 mm	29 mm	81 mm	27 mm	77 mm
<b>100 km<sup>2</sup></b>	22 mm	78 mm	21 mm	75 mm	19 mm	71 mm
<b>1000 km<sup>2</sup></b>	13 mm	64 mm	13 mm	62 mm	13 mm	58 mm

Tulvareittejä ja tulvasuojarakenteita voidaan mitoittaa pienemmille tai suuremmille sateille (esimerkiksi toistuvuus kerran 20 vuodessa tai toistuvuus kerran 200 vuodessa) riippuen ympäristöstä. Tulvamiotus on huomioitava myös tavanomaisten hulevesirakenteiden suunnittelussa ja perustamisessa, sillä tulvavedet on kyettävä ohjaamaan rakenteen läpi tai sen ohi, ilman että rakenne vahingoittuu. (Hyöty 2009.)

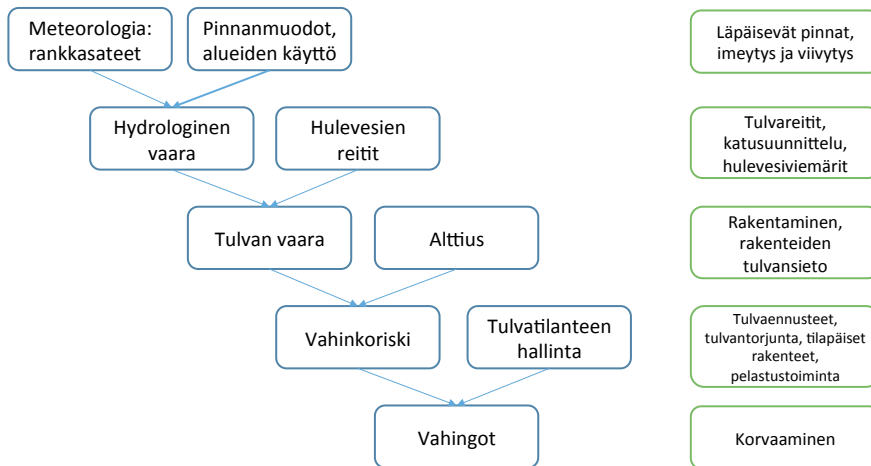
## **MERKITTÄVÄN HULEVESITULVARISKIN ARVIOINTIPERUSTEET**

Jos alustavassa hulevesitulvariskien arvioinnissa todetaan jollakin alueella merkittävä tulvariski tai tällaisen riskin voidaan olettaa ilmenevän tulevaisuudessa rankkasateiden lisääntyessä, alue on luokiteltava merkittäväksi tulvariskialueeksi (Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010, 8 ja 19 §). Riskiä arvioitaessa merkittävää on sekä tulvan to-

dennäköisyys että tulvan yleiseltä kannalta vahingolliset seuraukset. Vahingollisilla seurauksilla tarkoitetaan tässä yhteydessä ihmisten terveyttä tai turvallisuutta uhkaavia vaikutuksia, kunnallisten ja muiden infrastruktuuripalveluiden pitkäaikaista keskeytymistä, yhteiskunnan elintärkeitä toimintoja turvaavan taloudellisen toiminnan pitkäaikaista keskeytymistä, vahingollisia seurauksia ympäristölle tai korvaamatonta vaurioita kulttuuriperintökohteille. Merkittävää hulevesitulvariskialuetta rajattaessa on pyrittävä siihen, että alueesta muodostuu kokonaisuus, jossa otetaan huomioon myös mahdollinen tuleva rakentaminen. Alueen rajat tulisi määrittää siten, että mahdollisimman suuri osa yleiseltä kannalta katsoen riskialttiista kohteista sijoittuisi rajojen sisäpuolelle. Alueen määrittämistä liian laajaksi ei voida kuitenkaan pitää tarkoituksenmukaisena. (Kuntaliitto 2011.)

## HULEVESITULVIIN VARAUTUMINEN

Hulevesitulvia pyritään hallitsemaan varaamalla hulevesille kaavoituksessa riittävästi pidättämisalueita ja virtausreittejä. Hulevesien ehkäisy syntypaikalla vähentää myös tulvariskiä. Hulevesirakenteiden mitoituksessa järjestelmän kapasiteetin ylitys ja tulviminen hyväksytään äärimmäisen rankkasateen sattuessa. Hulevesitulvariskin hallinnan periaatteet on esitetty kuvassa 2. Hallinta alkaa huleveden viivyttämisen ja imeytystratkaisuista edeten tulvareitteihin ja rakenteiden tulvansietoon. Lopullisia hallintakeinoja ovat tulvantorjunta ja pelastustoiminta, ja jos nämäkään eivät onnistu, jäljelle jää vahinkojen korvaaminen.



Kuva 2. Hulevesitulvariskien hallinta (mukaillen Kaatra 2011).

Esimerkiksi Vantaalla on tehty erillinen tulvaohjelma (2015), joka sisältää suosituksia hulevesitulviin varautumiseen. Apuna varautumiseen nähdään muun muassa sähköinen paikkatietoaineisto, jonka avulla tiedonkeruu ja -käsittely eri kaupungin osastojen välillä helpottuu. Hulevesitulvapaikat voidaan määrittää hulevesiverkostojen, purojen ja ojien mallinnusten sekä havaittujen tulvakohteiden avulla.

## **JOHTOPÄÄTÖKSET**

Hulevesien hallinnalla voidaan ehkäistä hulevesitulvien syntyä. Hulevesirakenteita ei kuitenkaan yleensä ole mitoitettu rankkasateiden vesimäärälle, joiden yhteydessä voi esiintyä tulvia. Samoin hulevesirakenteiden tukkeutuessa tulvat ovat mahdollisia. Kuntien toteuttama hulevesitulvariskien alustava arviointi, merkittävien hulevesitulvariski-alueiden nimeäminen sekä tulvavaara- ja tulvariskikarttojen sekä hulevesitulvariskien hallintasuunnitelmien ylläpito auttavat hulevesitulviin varautumista.

## LÄHTEET

- Ilmasto-opas 2016. Ilmastonmuutos sekoittaa Suomen vesipalettia. <http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/a0596a76-eb8b-45e7-ab51-9bc6149f7312/veden-maara.html>
- Hyöty, Perttu 2009. Hulevesijärjestelmien mitoituserusteet. Hulevesifoorumi 30.10.2009. [https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0ahUKEwin1I\\_lsb7WAhXFDpoKHdMBDu8QFgg2MAM&url=http%3A%2F%2Fwww.miljo.fi%2Fdownload%2Fnoname%2F%257BB-4BF0181-F615-4F36-8FBD-2B3F58D095D7%257D%2F36516&usq=AFQjC-NEhLR7OshoaoWDGI3Z15CaJXiYKKg](https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0ahUKEwin1I_lsb7WAhXFDpoKHdMBDu8QFgg2MAM&url=http%3A%2F%2Fwww.miljo.fi%2Fdownload%2Fnoname%2F%257BB-4BF0181-F615-4F36-8FBD-2B3F58D095D7%257D%2F36516&usq=AFQjC-NEhLR7OshoaoWDGI3Z15CaJXiYKKg)
- Kaatra, K. 2011. Hulevesitulvariskien hallinnan suunnittelu. 29.3.2011. <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BCB332F9E-0849-47EE-B93F-88DBCD40C-5C8%7D/36658>
- Kuntaliitto 2011. Suositukset kunnille merkittävien hulevesitulvariskialueiden nimeämiseksi. Kuntaliiton muistio 18.4.2011.
- Laki tulvariskien hallinnasta. 620/2010. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100620>
- SYKE 2015a. Hulevesitulvariskien alustava arviointi. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin\\_varautuminen/Tulvariskien\\_hallinta/Tulvariskien\\_hallinnan\\_suunnittelu/Tulvariskien\\_alustava\\_arviointi\\_hulevesitulvat](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskien_hallinnan_suunnittelu/Tulvariskien_alustava_arviointi_hulevesitulvat)
- SYKE 2015b. Tausta-asiakirja hulevesitulvariskien alustavaan arviointiin.
- Vantaan tulvaohjelma. 2015. [https://www.vantaa.fi/instancedata/prime\\_product\\_julkaisu/vantaa/embeds/vantaawwwstructure/128558\\_713368vantaan\\_tulvaohjelma1251346820.pdf](https://www.vantaa.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/vantaa/embeds/vantaawwwstructure/128558_713368vantaan_tulvaohjelma1251346820.pdf)

# VUOTOVESIEN VAIKUTUKSET JÄTEVESIJÄRJESTELMÄÄN

Jukka Selin & Tuija Ranta-Korhonen & Riina Tuominen

Vuotovedet muodostuvat erilaisista hulevesistä ja pohjavedestä, ja niiden osuus saattaa olla 30–50 % koko jätevesimäärästä. Suuret vuotovesimäärät asettavat haasteita jätevesienkäsittelylle sekä jätevesiverkoston ja puhdistamon toiminnalle. Hulevedet pääsevät jätevesiverkkoon muun muassa viemärin kansien ja kaivojen kautta lähinnä lumien sulamisen ja rankkasateiden aikaan. Pohjavesien osalta merkittävät tekijät ovat pohjaveden korkeus sekä jätevesiputkien kunto ja maan rakenne niiden ympärillä.

## JÄTEVESIEN VIEMÄRÖINTI

Suomessa keskitetyn viemäröinnin sekä jätevedenkäsittelyn piiriin kuuluu 85 % väestöstä (Vehmaskoski 2011). Jätevettä muodostuu vuosittain noin 500 miljoonaa kuutiometriä, joka vastaa noin 250 litraa vuorokaudessa asukasta kohti. Tämän lisäksi jäteveden joukkoon kertyy vuotovesiä noin 90 litraa vuorokaudessa. On arvioitu, että 80–90 % käytetystä vesijohtovedestä päättyy viemäriin. (Karttunen 1999, Suomen ympäristökeskus 2012.)

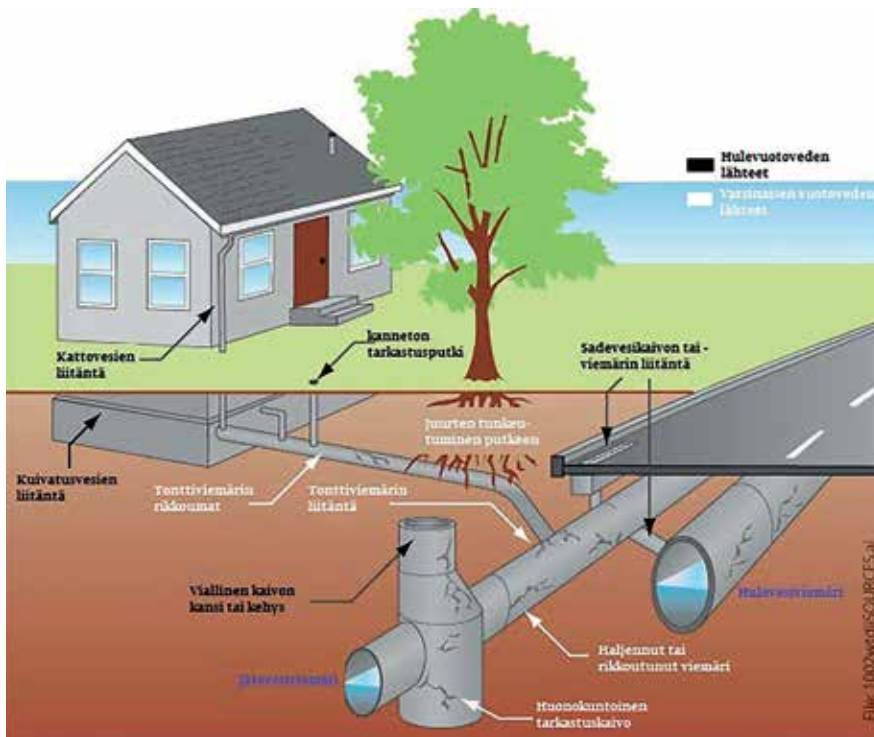
Jätevesien keräystä ja puhdistamolle johtamista varten Suomessa on käytössä lähes 40 000 km viemäriputkea (Suomen ympäristökeskus 2011). Pääsääntöisesti käytetään kahta viemärijärjestelmää, sekaviemäröintiä ja erillisviemäröintiä. Sekaviemäröinnissä hule-, jäte- ja kuivatusvedet johdetaan samassa putkessa toisiinsa sekoittuneina. Tämä on edelleen yleinen tapa vanhoilla asutusalueilla, missä erillisviemäröintiä ei ole vielä rakennettu, sekä kaupunkien keskustan alueilla, missä viemäriin joutuva vesi on esimerkiksi liikenteestä johtuen likaisempaa ja vaatii siis puhdistusta. Erillisviemäröinnissä jäte- ja hulevedet johdetaan omia erillisiä viemäriverkostojaan pitkin jätevedenpuhdistamolle, mistä puhdistettu jätevesi lasketaan purkuvesistöön ja hulevedet johdetaan joko suoraan vesistöön tai niihin laskeviin avo-ojiin. (Aaltonen ym. 2008, Karttunen 1999, Karttunen 2004.)

Nykyään hulevedet pyritään ensisijaisesti imeyttämään muodostumispaikan läheisyydessä tai johtamaan omalle imeytysalueelle. Erillisviemäröinnillä pyritään estämään hule- ja kuivatusvesien sekoittuminen jätevesiin ja siten vähentämään jätevesiverkoston ja pumppaamoiden kuormitusta. Näin pyritään varmistamaan myös jäteveden tasainen virtaus ja orgaanisen jakeen kuormitus puhdistamolle. (Aaltonen ym. 2008, Karttunen 1999.)

## VUOTOVESIEN MUODOSTUMINEN

Vuotovedet muodostuvat joko pohja- tai hulevesistä. Vuotovedet voidaan jakaa kahteen luokkaan; varsinaiseen vuotoveteen ja hulevuotoveteen. Varsinainen vuotovesi on pohja- ja vajovesistä putkistoon imeytyvää vettä ja hulevuotovesi puolestaan pintavaluntavedestä muodostuvaa vuotovettä. (Forss 2005.) Kuvassa 1 on esitetty varsinaisen vuotoveden ja hulevuotoveden mahdollisia pääsyreittejä viemäriverkoston.





*Kuva 1. Huleveden ja varsinaisen vuotoveden kulkeutuminen jätevesiviemäriin (mukaihen King County 2016).*

Pohjavettä voi päästä verkkoon silloin, kun jätevesiputki sijaitsee pohjaveden pinnan alapuolella. Maaperästä vedet pääsevät jätevesiputkeen rikkoutuneiden tai huokoisten putkien ja putkenseinämien, vuotavien putkiliitosten, epätiiviyden ja vaurioituneiden tarkastuskaivojen tai tarkastusputkien kautta. Jos jätevesiputki on paineistettu tai putki sijaitsee pohjaveden pinnan yläpuolella, jätevettä voi vuotaa putkesta pohjaveteen. Maanpinnan hulevedet pääsevät jätevesiverkkoon viemäriin kansiin ja kaivojen sekä laittomien liitäntöjen kautta. Yksittäisen tarkastuskaivon kannen kautta kaivoon voi päästä vettä jopa 1,7–5 l/s. Vesimäärä riippuu kannen tiiviyydestä sekä mahdollisista aukkojen lukumäärästä. (Karttunen 1999, Forss 2005.)

Viemäriverkoston vuotoveden määrään vaikuttavat verkoston putkien ja putkiliitosten materiaalit ja kunto, asennusten laatu, maaperän ominaisuudet, pohjaveden pinnan korkeus, erilaiset maanpäälliset rakennusmateriaalit sekä hulevesien yleinen käsittely. Sademäärät ja lumiolosuhteet vaikuttavat vuotovesimäärän lisäksi erityisesti virtaamien vaihteluun. Sateisina kuukausina ja lumien sulaessa pohjaveden taso kohoaa, minkä seurauksena myös pohjavesien aiheuttama vuotoveden määrä on korkeimmillaan. Virtaukset ovat pienimmillään maan ollessa jässä. Ajan kuluessa viemäriverkoston kunto heikkenee monesta eri syystä johtuen. Kuntoon – ja sitä kautta myös vuotoveden määrään – vaikuttavat muun muassa verkoston suunnitteluvirheet, roudan aiheuttamat muutokset, korrosio, mekaaninen kuluminen, puiden juurien työntyminen liitoksista ja raoista sekä pohjaveden aiheuttamat muutokset. (Karttunen 1999, Karttunen 2004, Kotilainen, 2015.)

Putkien materiaaleissa tapahtuvia muutoksia on havaittavissa lähinnä betoniputkissa. Putken ja sen raudoituksen syöpyminen tapahtuu korroosion seurauksena. Myös rikkivedyn muodostuminen putkistoissa saattaa heikentää putken rakennetta. Rikkivedyn muodostuminen edellyttää kuitenkin alhaista veden virtausnopeutta. Putket ovat tavallisesti kuitenkin niin tiiviitä, että huomattavasti enemmän vuotovettä muodostuu putkien liitosten kautta. Tiiveys on parantunut parempien liitostapojen ja asentajien korkeamman ammattitaidon myötä. (Karttunen 2004.)

Maaperän ominaisuuksista tärkein vuotovesimäärään vaikuttava tekijä on putkea ympäröivän materiaalin vedenläpäisevyys. Jos maa-aines on hyvin vettäläpäisevää, vesi valuu helposti vuotokohdan kautta putkeen. Myös kaivannon täyttämistapa vaikuttaa veden kulkeutumiseen. Huonosti tai epätiivisti tehty täyttö saattaa muodostaa vedelle helpon kulkureitin. (Karttunen 2004.)

Vuotovesien määrä vaihteli Suomessa vuosien 2010–2014 aikana 37–47 prosentin välillä (ROTI 2017). Mikkelin Vesilaitoksen toiminta-alueella vuotovesien osuus käsitellystä jätevedestä on pysytellyt noin 50 prosentin tietämissä (Mikkelin Vesilaitos 2016). Pieksämäen Veden toiminta-alueella vuotoveden osuus vaihteli vuosien 2007–2015 aikana 31–47 prosentin välillä (Pieksämäen Vesi Oy 2016). Savonlinnan Veden toiminta-alueella vaihtelu oli vuosina 2007–2015 välillä 33–47 prosenttia (Savonlinnan Vesi 2016).

## **UUUUVESIIEN VAIKUTUS JÄTEVESIIEN VIEÄÄRÖINTIIN**

Vuotovesistä eniten haittaa aiheutuu viemärlaitoksille. Suuri vuotovesimäärä lisää puhdistuskustannuksia sekä kasvattaa pumppaamojen sähk6nkulutusta ja pumppujen huoltotarvetta. Vuotovesien aiheuttamat haittavaikutukset näkyvät etenkin jätevesien viemäroinnissä ja käsitelyssä jäteveden tarpeettoman suurena määränä ja määrän suurena vaihteluna.

Rankkasateet aiheuttavat tulvimista varsinkin taajama-alueilla, koska hulevesirakenteita ei aina ole suunniteltu käsittelemään erittäin suuria hetkellisiä vesimääriä. Tämä puolestaan aiheuttaa sen, että vettä pääsee jätevesiverkostoon ja verkosto ylikuormittuu. Erityisesti tämä näkyy tiheään rakennetuilla kaupunkialueilla. Jäteveden purkautuminen viemäreiden ja pumppaamojen kautta ulos aiheuttaa vahinkoa sekä kiinteistöille että ympäristölle. Jos jätevesiverkko vuotaa, joudutaan verkosto ja pumppaamo usein ylivoimittamaan sekä lisäksi tekemään erillisiä ratkaisuja toimivuuden takaamiseksi. Se puolestaan aiheuttaa ylimääräisiä investointi- ja käyttökustannuksia. Viemäriverkon mitoituksessa vuotovesien mitoitusarvona käytetään tyyppillisesti 0,3-0,6 l/s putkikielometriä kohti. (Karttunen 1999, Karttunen 2004.)

Voimakkaiden sateiden aikaan hulevesien mukana kulkeutuu jätevesiverkkoon myös runsaasti hiekkaa. Hiekkaa virtaa erityisesti sekaviemäreissä mutta myös erillisviemäreissä. Erillisviemäreiden osalta suurin vaikuttava tekijä on viemäreiden tiiveys. Kuivina ajanjaksoina puhdistamolle saattaa kulkeutua hiekkaa 3-5 litraa/asukas päivittäin, mutta sadejaksoina määrä voi kymmenkertaistua. Hiekanerotuksessa tavoitteena on poistaa 0,2 mm suuremmat partikkelit. Hiekanerotusta voidaan tehostaa laskemalla virtausnopeus välille 0,3-0,5 m/s. Täll6in partikkelit laskeutuvat huomattavasti tehokkaammin altaan pohjalle. Hyvä hiekanerotus parantaa prosessin toimivuutta eikä hiekka keräänny lieteal-taisiin, tuki lietelinjoja tai aiheuta kulumista lingoissa. (Karttunen 2004, Anon 2016.)

## VUOTOVESIEN VAIKUTUS JÄTEVESIPUHDISTAMOLLA

Kunnallisten jätevesipuhdistamojen jätevesi on yleensä suurimmaksi osaksi peräisin kotitalouksista ja erilaisten laitosten sosiaalityöistä. Ainoastaan joissakin kaupungeissa kunnallisten vesien joukossa käsitellään myös teollisuuden jätevesiä. Kaikki nämä vedet sopivat erittäin hyvin puhdistettavaksi aktiivilieteprosessissa. Puhdistusprosessin optimaalisen toiminnan kannalta jäteveden konsentraation pitäisi pysyä suhteellisen tasaisena. Tärkeintä on orgaanisen aineen ja kiintoaineen sekä typen ja fosforin määrät. Vuotovedet aiheuttavat vaihtelua jäteveden konsentraatioon. Vuotovesien määrään vaikuttaa oleellisesti se, miten jätevesiviemärointi on järjestetty ja mitkä ovat erillisviiemäroinnin ja sekaviiemäroinnin osuudet. Erillisviiemäroinnissä puhdistamolle tuleva puhdistettava jätevesi on tasalaatuisempaa, veden määrä pienempi ja sen sisältämä orgaaninen kuormitus suurempi kuin sekaviiemärivedessä. Puhdistamoprosessin toimintaa on tällöin helpompi hallita, mikä mahdollistaa tasaisemman ja paremman puhdistustuloksen. Ympäristö kuormittuu vähemmän kuin sekaviiemäroinnissä. Sekaviiemäroinnissä erityisesti tulvahuippujen aikana jätevesiä joudutaan johtamaan suoraan vesistöön, mikä lisää ympäristökuormitusta. Prosessin toiminnan heikentyessä myös puhdistustulos heikkenee ja kustannukset kasvavat. Toisaalta jos erillisviiemäroinnin yhteyteen ei ole järjestetty hulevesien käsittelyä, pintavaluntaveden mukana vesistöön kulkeutuu monia epäpuhtauksia. (Anttonen & Hytönen 1988, Karttunen 1999, Karttunen 2004.)

Jätevedenpuhdistamot on mitoitettu tietyille jätevesivirtaamille sekä kiintoaine- ja ravinnekoncentraatioille. Yleensä puhdistamoprosessi koostuu esikäsitteystä, jonka tarkoituksena on poistaa varsinaista puhdistusprosessia häiritsevät ja laitteita kuluttavat jakeet. Käytännössä tämä tarkoittaa kiinteiden ja kelluvien aineiden poistamista, hiekanerotusta, esi-ilmastusta, rasvanerotusta, tulevan jäteveden virtauksen säätöä sekä esilaskutusta. Isot kiinteät kappaleet poistetaan erilaisilla välillä. Hiekka ohittaa välipäät, joten se poistetaan hiekanerotuksella, joka perustuu virtausnopeuden laskeamiseen. Virtausnopeuden laskiessa kiinteät partikkelit laskeutuvat alaan pohjalle. Rasvaerotuksessa taas vettä kevyemmät rasvamaiset ja öljymäiset jakeet nousevat alaan pinnalle ilmastuksen avulla. Ilmastusaikaa lisätään usein esi-ilmastuksen avulla. Esi-ilmastuksessa on tavoitteena myös varmistaa oikea happipitoisuus varsinaisessa ilmastusvaiheessa. Ennen ilmastusallasta jätevesivirtaamaa voidaan säädellä käyttämällä tasausaltaita sekä esilaskuttamalla vesi, jotta ilmastukseen menevä kuormitus laskee. Esilaskutusta tehostetaan yleensä saostamalla kiintoaine koagulanttien avulla. Varsinaisessa ilmastusaltaassa bakteeritoiminnan seurauksena orgaaninen kuorma laskee huomattavasti. Ilmastusaltaan kiintoainekonsentraatio on suhteutettu tulevaan orgaaniseen kuormitukseen. (Karttunen 2004.)

Vuotovesimäärän kasvu aiheuttaa virtauksen kasvamisen myös puhdistamolla. Kun virtaus kasvaa voimakkaasti, kiinteät partikkelit eivät ehdi laskeutua vaan kulkeutuvat virtauksen mukana. Hyvin suuri osa näistä partikkeleista on epäorgaanista materiaalia, jota bakteerit eivät pysty hyödyntämään. Jos partikkeleita kulkeutuu ilmastusaltaaseen, alkaa niitä ilmastuksen lietekuorman kasvaessa kulkeutua ylitteen mukana vesistöön. Toisaalta ne kuormittavat myös puhdistamoa kumuloitumalla kiertoon. Tämä näkyy ilmastusaltaan tuhkapitoisuuden kasvuna. Samalla tavalla

rasvamaiset ja öljymäiset jakeet kulkeutuvat voimakkaan virtauksen myötä prosessissa eteenpäin ja ilmastuksen ylitteen mukana mahdollisesti aina vesistöön asti. Koagulanttien käyttö on täysin riippuvaista tulevasta kiintoainemäärästä. Virtausmäärien kasvaessa kiintoainemäärä ei kuitenkaan välttämättä kasva. Käytännössä tämä yleensä tarkoittaa koagulanttiannostuksen pysymistä entisellä tasolla. Ilmastusaltaassa voimakas virtaus aiheuttaa kiintoaineen virtauksen ylitteen mukana jälkiselkeytykseen, jossa pintakuorman ylittyessä kiintoaine virtaa edelleen ylitteen mukana vesistöön. Kiintoaineen karkaaminen ilmastuksesta aiheuttaa kiintoainepitoisuuden laskemisen, mikä puolestaan johtaa puhdistamon puhdistustehon alenemiseen. Virtaamapiikit muuttavat prosessivirtaamaa irrottaen esiselkeytysaltaan pohjalla olevaa aktiivilietettä. Liette saattaa tukkia jälkisuodatusyksikön suodattimia, ja kun suodattimet tukkeutuvat, joudutaan jälkisuodatusvaihe ohittamaan.

Vuotovesien virtausmäärien lisäksi vesien lämpötilalla on suuri merkitys jätevesilaitoksen toimintaan. Aktiivilietelaitoksessa tarvittavat allastilavuudet määräytyvät osittain nitrifikaatio- ja denitrifikaationopeuksien perusteella. Näiden reaktionopeudet ovat lämpötilariippuvaisia. Nitrifikaation optimilämpötila on 28–32 °C. Lämpötilan laskiessa 16 °C:seen nitrifikaationopeus puolittuu, ja alle 10 °C:ssa nopeus on enää viidennes alkuperäisestä. Nopeus riippuu myös bakteerilajeista sekä etenkin kuparin, nikkelin ja kromin pitoisuuksista jätevedessä. Erityisen haitallista on sinkki jo 1 mg/l pitoisuudessa. Denitrifikaatio sen sijaan ei ole yhtä lämpötilariippuvainen, ja sen optimilämpötila-alue onkin 5–30 °C. (Gerardi 2002, Karttunen 2004.) Virtasen (2014) opinnäytetyössä tutkittiin nitrifikaationopeutta vuodenajan mukaan kolmella puhdistamolla. Orimattilassa nopeuden huippulukemat asettuivat keskikesälle, kun taas kevään sulamisvedet laskivat nopeutta.

Nitrifikaatioon ja sen nopeuteen vaikuttavia tekijöitä ovat myös liuenneen hapen määrä vedessä ja veden happamuus. Nitrifikaationopeus kasvaa aina 4 mg/l happipitoisuuteen asti, optimaalisen määrän ollessa 2–3 mg/l. Denitrifikaatio puolestaan heikkenee happipitoisuuden noustessa, koska denitrifikaatiota tapahtuu vain anoksisissa olosuhteissa. Vastaavasti optimaalinen pH nitrifikaation toiminnan kannalta on 7,5–8,6. Kun pH laskee alle 6,5:n, reaktio hidastuu huomattavasti. Nitrifikaatioprosessin aikana vapautuu vetyioneja, jotka voivat aiheuttaa pH:n voimakkaan laskun. Jos veden puskurikyky eli alkaliteetti on alhainen, seuraa siitä alkaliteetin nopea loppuun kuluminen. Tämä taas hidastaa nitrifikaatiota ja lopulta pysäyttää reaktion. Denitrifikaatio taas esiintyy pH-alueella 7–8 ja siinä vapautuu OH--ioneja, eli siinä puolestaan alkaliteetti kasvaa. (Burton & Stensel 2003, Karttunen 2004.)

## **VUOTOVESIEN VAIKUTUS PUHDISTUSTULOKSEEN**

Jätevedenpuhdistamojen jäteveden käsittelytuloksen tulee täyttää puhdistamolle myönnetyn ympäristöluvan lisäksi myös valtioneuvoston asetuksessa yhdyskuntajätevesistä (888/2006) säädetyt vaatimukset. Asetuksen vaatimukset on esitetty taulukossa 1. Pitoisuuden ja poistotehon vaatimukset voivat olla vaihtoehtoisia. Esitettyjä vaatimuksia tiukempia vaatimuksia sovelletaan, jos ympäristönsuojelulaki tai sen nojalla annetut säännökset niin edellyttävät.

*Taulukko 1. Valtioneuvoston asetuksessa yhdyskuntajätevesistä (888/2006) määritellyt vaatimukset.*

<b>Muuttuja</b>	<b>Pitoisuus</b>	<b>Poistoteho vähintään <sup>1)</sup></b>	<b>Määrittäminen <sup>2)</sup></b>
<b>Biologinen hapen kulutus (BHK<sub>7</sub>, 20 °C:ssa ilman nitrifikointia <sup>3)</sup>)</b>	30 mg/l O <sub>2</sub>	70 %	Homogenoitu, suodattamaton, selkeyttämätön näyte. Liuenneen hapen määrittäminen ennen ja jälkeen 7 vuorokauden inkubointia 20 °C ± 1 °C:ssa pimeässä. Nitrifikaation estoaineen lisäys.
<b>Kemiallinen hapen kulutus</b>	125 mg/l O <sub>2</sub>	75 %	Homogenoitu, suodattamaton, selkeyttämätön näyte. Kaliumdikromaatti hapettimena.
<b>Kiintoaine</b>	35 mg/l	90 %	Edustavan näytteen suodatus 0,45 µm:n suodatuskalvolla. Kuivaus 105 °C:ssa ja punnitus.
<b>Kokonaisfosfori</b>	3 mg/l (alle 2 000 avl)	80 %	Molekyylispektrofotometria
	2 mg/l (2 000-100 000 avl)		
	1 mg/l (yli 100 000 avl)		
<b>Kokonaistyyppi <sup>4)</sup></b>	15 mg/l (10 000-100 000 avl) <sup>5)</sup>	70 %	Molekyylispektrofotometria
	10 mg/l (yli 100 000 avl) <sup>5)</sup>		

<sup>1)</sup> Poistoteho lasketaan puhdistamolle tulevasta kuormituksesta.

<sup>2)</sup> Määrittäminen voidaan korvata toisella menetelmällä, mikäli sen ja tässä mainitun menetelmän antamien tulosten suhde voidaan määrittää.

<sup>3)</sup> BHK<sub>7</sub>:n määrittäminen voidaan korvata orgaanisen hiilen kokonaismäärän (TOC) tai hapentarpeen kokonaismäärän (TOD) määrittämisellä, mikäli BHK<sub>7</sub>:n ja korvaavan suureen välinen suhde voidaan määrittää.

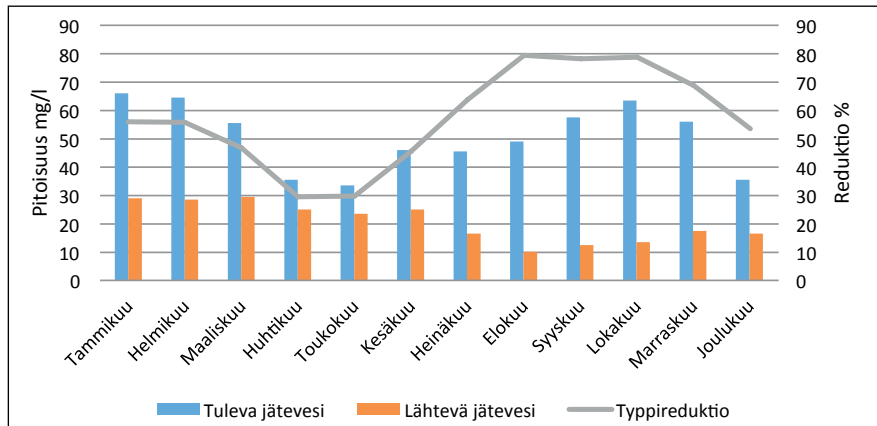
<sup>4)</sup> Kokonaistyyppi tarkoittaa Kjeldahl-typen kokonaismäärän (orgaaninen N+NH<sub>4</sub>), nitraattitypen (NO<sub>3</sub>) ja nitriittitypen (NO<sub>2</sub>) summaa.

<sup>5)</sup> Pitoisuusarvot ovat valtioneuvoston asetuksen (888/2006) liitteen 2 kohdan B 3 alakohdassa c tarkoitettuja vuosikeskiarvoja. Tyyppiä koskevien vaatimusten mukaisuus saadaan kuitenkin varmistaa käyttämällä päivittäisiä keskiarvoja, jos voidaan osoittaa tämän liitteen mukaisesti, että vastaava suojelun taso saavutetaan. Tällöin jokaisen 24 tunnin kokoomanäytteen kokonaistyyppipitoisuus voi olla enintään 20 mg/l, kun veden lämpötila laitoksen biologisessa prosessissa on vähintään 12 °C. Lämpötilarajan asettamisen sijasta voidaan rajoittaa tyyppiä koskevien vaatimusten voimassaoloaikaa alueellisten ilmasto-olosuhteiden huomioon ottamiseksi.

## TAPAUSTUTKIMUS – SAVONLINNAN VESI

Vuotovesistä johtuva laimea tulovesi ja virtaamanvaihtelut aiheuttavat osaltaan puhdistustulosten heikkenemistä. Vuotovesien aiheuttama jäteveden määrän lisääntyminen vaikuttaa jäteveden puhdistustulokseen ja siten myös vastaanottavan vesistön kuormitukseen. Savonlinnan Veden puhdistamotuloksia toimintakertomusten perusteella tarkasteltaessa huomataan vuoden 2015 tiedoista, että suurimmat tulovirtaamat Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamolla ovat olleet huhti-toukokuussa. Kyseisinä kuukausina puhdistamolla tuleva jätevesi on ollut myös kaikkien laimeinta. (Savonlinnan Vesi 2015.)

Kyseisinä kuukausina puhdistamon reduktioprosentit ovat laskeneet selvästi varsinkin kokonaistypen osalta. Muina kuukausina typen reduktio on ollut vähintään 46 % ja parhaimmillaan on päästy jopa 78 %:n typpireduktioon, mutta huhti-toukokuussa typpireduktio on ollut ainoastaan noin 30 % (kuva 2). (Savonlinnan Vesi 2015.) Tämä kertoo siitä, että nitrifikaatio-denitrifikaatio-prosessi ei ole toiminut kyseisinä kuukausina yhtä hyvin kuin normaalisti.



*Kuva 2. Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamon typpireduktio vuonna 2015.*

Puhdistamon puhdistustulos on kuitenkin säilynyt hyvänä myös huhti-toukokuussa. Tämä näkyy myös taulukossa 2, jossa tarkastellaan puhdistamolta lähtevästä puhdistetusta jätevedestä määritettyjä parametreja. (Savonlinnan Vesi 2015.)

Taulukko 2. Puhdistamolta lähtevä jätevesi vuonna 2015.

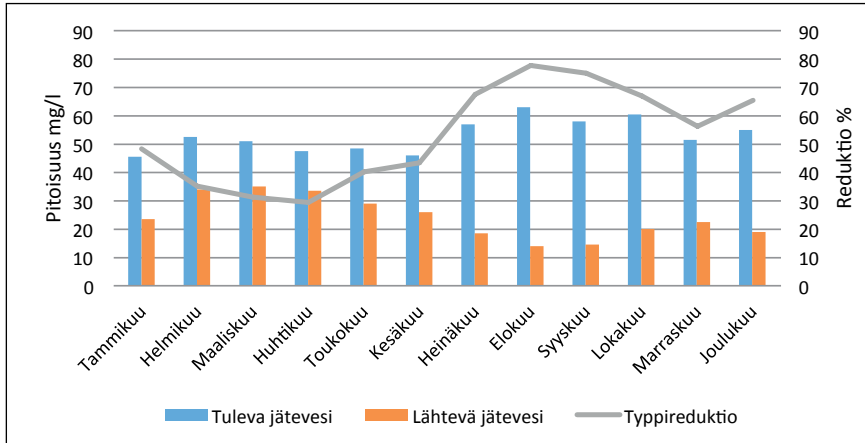
	Lähtevä virtaus m <sup>3</sup> /kk	NH <sub>4</sub> mg/l	COD <sub>cr</sub> mg/l	BOD <sub>7</sub> (ATU) mg/l	Kokon. P mg/l	Kokon. N mg/l	Kiintoaine mg/l
<b>Tammikuu</b>	197931	17	34	3,65	0,32	29	4,4
<b>Helmikuu</b>	174905	20,5	32	4,35	0,34	28,5	5,15
<b>Maaliskuu</b>	291897	20,5	36	3,8	0,32	29,5	7,2
<b>Huhtikuu</b>	338871	21,5	33,5	4,05	0,33	25	5,05
<b>Toukokuu</b>	328887	19	28	3,35	0,26	23,5	4,7
<b>Kesäkuu</b>	258972	16	31,5	4,7	0,39	25	4,5
<b>Heinäkuu</b>	277347	5,05	29	3,2	0,25	16,5	3,5
<b>Elokuu</b>	230872	1,13	32	3,25	0,21	10,05	2,1
<b>Syyskuu</b>	196420	0,27	27	3	0,28	12,5	2,1
<b>Lokakuu</b>	183276	1,01	31	3,15	0,3	13,5	2,75
<b>Marraskuu</b>	206455	1,62	30,5	3	0,2	17,5	3,6
<b>Joulukuu</b>	289886	7	30	3	0,21	16,5	2,8

Tarkasteltaessa puhdistamon aiheuttamaa kokonaiskuormitusta vastaanottavaan vesistöön, voidaan havaita, että kokonaiskuormitus on korkeimmillaan huhti-toukokuussa, vaikka puhdistamolle tulevat jätevedet ovat silloin laimeampia kuin muulloin. Tämä johtuu siitä, että tulovirtaamat ovat huomattavasti tavallista tasoa korkeammat, ja pienimpään kuukausittaiseen tulovirtaamaan (helmikuu) verrattuna jopa kaksinkertaiset. Kokonaiskuormituksessa näkyy selvä nousu etenkin ammoniumtyypen (NH<sub>4</sub>), kemiallisen hapenkulutuksen (COD<sub>cr</sub>), kokonaistypen sekä kiintoaineen määrissä. Fosforin määrä on tavallista korkeammalla tasolla jo maaliskuussa, ja trendi jatkuu vielä kesäkuussakin. (Savonlinnan Vesi 2015.) Puhdistamolta lähtevä kokonaiskuormitus on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Puhdistamolta lähtevä kokonaiskuormitus vuonna 2015.

	Lähtevä virtaus m <sup>3</sup> /kk	NH <sub>4</sub> kg	COD <sub>cr</sub> kg	BOD <sub>7</sub> (ATU) kg	Kokon. P kg	Kokon. N kg	Kiintoaine kg
<b>Tammikuu</b>	197931	3365	6730	722	63	5740	871
<b>Helmikuu</b>	174905	3586	5597	761	59	4985	901
<b>Maaliskuu</b>	291897	5984	10508	1109	93	8611	2102
<b>Huhtikuu</b>	338871	7286	11352	1372	112	8472	1711
<b>Toukokuu</b>	328887	6249	9209	1102	86	7729	1546
<b>Kesäkuu</b>	258972	4144	8158	1217	101	6474	1165
<b>Heinäkuu</b>	277347	1401	8043	888	69	4576	971
<b>Elokuu</b>	230872	261	7388	750	48	2320	485
<b>Syyskuu</b>	196420	53	5303	589	55	2455	412
<b>Lokakuu</b>	183276	185	5682	577	55	2474	504
<b>Marraskuu</b>	206455	334	6297	619	41	3613	743
<b>Joulukuu</b>	289886	2029	8697	870	61	4783	812

Vuoden 2014 tammikuussa vesi oli laimeampaa muihin kuukausiin verrattuna. Kuitenkin reduktioprosentit esimerkiksi kokonaistypen osalta (48 %) pysyivät tammikuussa suhteellisen hyvinä, kun taas helmi-huhtikuussa 2014 typpireduktio vaihteli välillä 29–35 % (kuva 3). Myös ammoniumtypen osalta oli havaittavissa samankaltainen trendi. (Savonlinnan Vesi 2014.)



Kuva 3. Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamon typpireduktio vuonna 2014.

Kun tarkastellaan Pihlajaniemen jätevedenpuhdistamon vastaanottavaan vesistöön aiheuttamaa kokonaiskuormitusta vuonna 2014, havaitaan, että kokonaiskuormitus ei ole kaikkien parametrien osalta korkeimmillaan niinä kuukausina, joina jäteveden virtaamat ovat olleet suurimmillaan. Taulukkoon 4 on merkitty vihreällä värillä kunkin parametrin kaksi suurinta kuormituslukemaa. Taulukosta voidaan havaita, että kokonaiskuormitus ammonium- ja kokonaistypen osalta on ollut suurimmillaan toukokuussa, jolloin virtaamakin on ollut suurin. Muita parametreja tarkasteltaessa ei riippuvuussuhde virtaaman suuruuden ja kokonaiskuormituksen osalta ole yhtä selvästi havaittavissa kuin vuonna 2015. Esimerkiksi elokuussa 2014 lähtevä kokonaiskuormitus on monen parametrin osalta ollut huomattavan korkea, vaikka tulovirtaama on ollut pieni. Tämä johtuu siitä, että reduktio on kyseisten parametrien osalta ollut hieman normaalia pienempi. (Savonlinnan Vesi 2014.)



Taulukko 4. Puhdistamolta lähtevä kokonaiskuormitus vuonna 2014.

	Lähtevä virtaus m <sup>3</sup> /kk	NH <sub>4</sub> kg	COD <sub>cr</sub> kg	BOD <sub>7</sub> (ATU) kg	Kokon. P kg	Kokon. N kg	Kiintoaine kg
<b>Tammikuu</b>	281996	4089	9447	1057	59	6627	705
<b>Helmikuu</b>	233881	6899	8887	1509	112	7952	1216
<b>Maaliskuu</b>	252575	7451	8335	1023	91	8840	1515
<b>Huhtikuu</b>	226050	6555	7234	836	79	7573	1074
<b>Toukokuu</b>	301745	7242	8298	905	36	8751	1119
<b>Kesäkuu</b>	260407	5469	7161	794	49	6771	625
<b>Heinäkuu</b>	261102	2102	8486	1136	81	4830	1162
<b>Elokuu</b>	205066	49	9023	1179	92	2871	1415
<b>Syyskuu</b>	191117	36	6211	592	42	2771	602
<b>Lokakuu</b>	210513	38	7368	726	57	4210	779
<b>Marraskuu</b>	211356	142	5812	761	87	4756	1289
<b>Joulukuu</b>	211474	518	6661	634	68	4018	994

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Vuotovedet vaikuttavat niin jätevesiverkoston kuin jätevedenpuhdistamonkin toimintaan ja vaikeuttavat ohjauksen optimointia. Lisääntynyt jätevesimäärä heikentää yleensä jäteveden puhdistustulosta ja vaikuttaa siten varsinkin jäteveden purkupaikan läheiseen ympäristöön. Verkostoon pääsevät sulamisvedet kylmentävät koko jätevesimäärää ja vaikuttavat esimerkiksi nitrifikaatioprosessin reaktioaikaan. Kun prosessi ei tapahdu suunnitellussa ajassa, syntyy altaiden ylikuormitusta.

Vuotovesimäärän rajoittaminen tulee ajankohtaiseksi viimeistään, kun asutusta laajennetaan. Puhdistamolte tulevan jäteveden määrä kasvaa, mutta käsittelykapasiteetti on rajallinen. Tällöin on kiinnitettävä yhä enemmän huomiota jätevesiverkoston kuntoon ja hulevesien paikalliseen käsittelyyn. Ensisijaisesti hulevedet imeytetään maahan tai viivytetään tulvahuippujen aikana. Toinen mahdollisuus on johtaa ne erillisessä hulevesiverkossa omaan imeytyslampeen. Maahan imeyttämällä estetään myös pohjavesien lasku ja sitä kautta maan painuminen.

## LÄHTEET

- Aaltonen, J., Hohti, H., Jylhä, K., Karvonen, T., Kilpeläinen, T., Koistinen, J., Kotro, J., Kuitunen, T., Ollila, M., Parvio, A., Pulkkinen, S., Silander, J., Tiihonen, T., Tuomenvirta, H. & Vadja, A. 2008. Rankkasateet ja taajamatulvat (RATU). Suomen ympäristö 31/2008. Luonnonvarat. Suomen ympäristökeskus. Vammala.
- Anon. 2016. <http://www.huber.fi/Hiekanerotus.htm>
- Anttonen, A. & Hytönen, L. 1988. Yhdyskuntatekniikka. Rakennustieto Oy. Saarijärvi.
- Burton, F.L. & Stensel, H.D. 2003. Wastewater Engineering; Treatment and Reuse. Metcalf & Eddy. Mc Graw-Hill Education. New York.
- Forss, A (toim.). 2005. Vesihuollon verkostojen ylläpidon perusteita. Vesi- ja viemäri­laitosyhdistys. Tampere.
- Gerardi, M.H. 2002. Nitrification and Denitrification in the Activated Sludge Process. Environmental Protection Magazine series. Canada.
- Karttunen, E. 1999. Vesihuoltotekniikan perusteet. Hakapaino Oy, Helsinki.
- Karttunen, E. 2004. Vesihuolto 2. Suomen Rakennusinsinöörien liitto ry, Helsinki.
- King County. 2016. What is infiltration and inflow? WWW-dokumentti <http://www.kingcounty.gov/services/environment/wastewater/ii/what.aspx>. Päivitetty 10.11.2016. Luettu 29.5.2017.
- Kotilainen, J. Jäte- ja hulevesiviemäriverkoston kuntotutkimusmenetelmät ja vuotovesien etsintä. 2015. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Oulu. [http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104144/Kotilainen\\_Jukka.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104144/Kotilainen_Jukka.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mikkelin Vesilaitos. 2016. Verkostopäällikkö Sami Kaipainen. Haastattelu 14.4.2017.
- Pieksämäen Vesi Oy. 2016. Johtaja Matti Laaksonen ja puhdistamonhoitaja Juha Hänninen. Haastattelu 28.4.2016.
- ROTI. 2017. Rakennetun omaisuuden tila. PDF-dokumentti. <http://roti.fi/wp-content/uploads/2015/12/ROTI-2017-raportti.pdf>
- Savonlinnan Vesi. 2016. Vesilaitoksen päällikkö Jyri Sipinen, putkimestari Kari Pirhonen, verkostoteknikko Satu Kuparinen ja puhdistamon hoitaja Esa Hinkkanen. Haastattelu 17.3.2016.
- Savonlinnan Vesi. 2015. Toimintakertomus 2015. [http://www.savonlinna.fi/filebank/10624-Toimintakertomus\\_2015.pdf](http://www.savonlinna.fi/filebank/10624-Toimintakertomus_2015.pdf)
- Savonlinnan Vesi. 2014. Toimintakertomus 2014. [http://www.savonlinna.fi/filebank/8927-Toimintakertomus\\_2014.pdf](http://www.savonlinna.fi/filebank/8927-Toimintakertomus_2014.pdf)
- Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060888>

- Vehmaskoski, T. 2011. Rakennetun omaisuuden tila. 42 s. Helsinki. <http://www.roti.fi/fi/yhdyskuntateknikka/>
- Virtanen, S. 2014. Typenpoisto nitrifikaatio- ja denitrifikaationopeudet jätevedenpuhdistusprosessissa. Opinnäytetyö. Lahden ammattikorkeakoulu. Lahti.

# VUOTOVESIEN VAIKUTUKSET YMPÄRISTÖÖN

Jukka Selin & Tuija Ranta-Korhonen & Riina Tuominen

Vuotovesien aiheuttamat ympäristövaikutukset aiheutuvat lähinnä jätevesimäärien kasvusta ja sen seurauksista. Ensimmäiseksi suuri vuotovesikuorma näkyy jätevesiverkoston virtausten kasvuna ja putkiston täyttymisenä. Putkiston täytyessä pumppaamojen ylijoriski kasvaa huomattavasti. Kuormitus aiheuttaa ongelmia jätevesipuhdistamoilla, missä vesiä joudutaan ajamaan ohi puhdistamon. Yli- tai ohiajossa puhdistamattomia jätevesiä pääsee ympäristöön yhdessä vuotovesien kanssa. Jos pohjaveden pinta on viemäriputkea alempana tai putki on paineistettu, jätevettä saattaa myös päätyä pohjaveteen putkiston halkeamien tai heikkojen liitosten kautta.

## JÄTEVESIEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Jätevedet vaikuttavat ympäristöön lähinnä silloin, kun puhdistamolle tuleva jätevesivirtaus kasvaa niin suureksi, että puhdistamo joudutaan ohittamaan ja jätevedet ajamaan suoraan vesistöön. Jätevedet koostuvat suurimmaksi osaksi kotitalouksien jätevesistä ja sosiaalitoimen vesistä. Niiden mukana kulkeutuu vesistöön patogeeneja, ravinteita sekä paljon erilaisia kemikaaleja kuluttajien käyttämistä pesu-, puhdistus- ja lääkeaineista. Jätevesien kiintoaineesta noin 75 % on orgaanista ainesta koostuen pääosin proteiineista, hiilihydraateista, rasvoista ja öljystä. (Hartonen 2001.)

Yksi haitallisimmista epäpuhtauksista, joita vesistöön voi kulkeutua, ovat taudinaiheuttajamikro-organismit eli patogeenit. Patogeeniset organismit koostuvat suolistoperäisiä sairauksia aiheuttavista bakteereista tai bakteeriryhmistä. Näitä ovat muun muassa salmonella, shigella ja eräät virukset. Tavallisimpia indikaattoribakteereja puolestaan ovat fekaaliset enterokokit, kokonaiskoliformit, lämpökestoiset koliformit ja *Escherichia coli*, joka on yleisin ulosteperäisen likaantumisen indikaattori. *E. coli* on yleinen ihmisten ja tasalämpöisten eläinten suolistossa, ja sen esiintyminen luonnossa viittaa ulosteperäiseen saastumiseen. Yleisimmät ulosteperäisesti saastuneiden vesien välityksellä leviävistä bakteereista ovat salmonellasuvun bakteerit. Suomessa salmonellaan sairastuu vuosittain 2 000–3 000 ihmistä, mutta puolet tartunnoista on peräisin ulkomailta. Shigellasuvun bakteerit leviävät ulosteperäisesti saastuneiden elintarvikkeiden ja juomaveden mukana aiheuttaen punatautia ja eriaisteisia ripulitauksia. (Isoaho & Valve 1988, Åkerberg 2004.)

Jätevesien ravinteet koostuvat typestä ja fosforista. Ravinnekuormituksen vaikutus vesistön rehevyyteen riippuu ravinteiden määrästä, kuormituksen ajoittumisesta ja ravinteiden käyttökelpoisuudesta. Typpi voi esiintyä jätevedessä liunneena tai kolloidisena orgaanisena yhdisteenä, liukoisena epäorgaanisena yhdisteenä, nitraatti-ioneina tai alkuainetyypinä. Jätevesien sisältämästä typestä 50–75 % on ammoniummuodossa, loppu on sitoutuneena virtsa-aineeseen tai muihin orgaanisiin aineisiin. Liukoiset epäorgaaniset yhdisteet koostuvat ammoniakista tai ammonium- ja nitriitti-ioneista.

Fosfori puolestaan koostuu kolmesta eri pääryhmästä, eli ortofosforista, orgaanisesti sidotusta fosforista ja kondensoituvasta fosforista. Erityisesti liukoinen fosfori on mikro-organismien hyödynnettävissä ja rehevöittää siksi myös vesistöä sinne joutuessaan. (Alavakeri 1988, Jouttijärvi & Järvinen 1993, Åkberg 2004.)

Haitta-aineet puhdistamo- ja hajalietteisissä -tutkimuksessa (Vieno 2015) löydettiin jätevedestä 138 erilaista ainetta, jotka kuuluvat eri aineryhmiin; PAH-yhdisteisiin (polyykliset aromaattiset hiilivedyt), alkyylifenoleihin ja -etoksilaatteihin, ftalaatteihin, perfluorattuihin aineisiin (PFC), palonestoaineisiin, triklosaaneihin, bisfenoli-A:han, lääkeaineisiin sekä hormoneihin. Suurin osa näistä aineista on peräisin kuluttajatuotteista. Näistä 138 aineesta 70:tä löydettiin myös lietteistä.

PAH-yhdisteitä muodostuu epätäydellisen palamisen seurauksena pääosin teollisuudessa ja liikenteessä sekä lisäksi metsäpaloissa. PAH-yhdisteet kulkeutuvat ilmakehän virtausten mukana, ja siksi niitä on luonnossa kaikkialla. (Evara 2016.) Kunnallisille puhdistamoille ne kulkeutuvat ensisijaisesti teollisuuden jätevesien, hulevesien ja kaatopaikkavesien mukana. PAH-yhdisteet on luokiteltu perimää muuttaviksi ja syöpää aiheuttaviksi yhdisteiksi. PAH-yhdisteiden on todettu sitoutuvan hyvin puhdistamon lietteisiin. (Rogers 1996, Vieno 2015.)

Alkyylifenolit ja niiden etoksylaattit ovat pesuaineissa käytettäviä pinta-aktiivisia aineita, joiden käyttö kotitalouksien pesuaineissa on kielletty niiden haitallisuuden vuoksi. Nonyylifenolin ja sen etoksylaattien suurin käyttöalue on tekstiilien valmistus. Puhdistamoille näitä aineita tulee lähinnä vaatteiden pesuveden mukana. Alkyylifenoleja ja niiden etoksylaatteja puolestaan käytetään muun muassa lentokoneiden jäänestoaineissa, ja niitä voi kulkeutua puhdistamoille hulevesien mukana. Alkyylifenolien ja niiden etoksylaattien on todettu häiritsevän eliöiden hormonitoimintaa. Ryhmän pahimpia hormonitoimintaan vaikuttavia aineita ovat nonyyli- ja oktyylifenolit. (Vieno 2015.)

Ftalaattit ovat muovien pehmittiminä, maalien ja lakkojen valmistuksessa sekä lääke- että kosmetiikkateollisuudessa käytettyjä aineita. Niiden on todettu vaikuttavan eliöiden lisääntymiskykyyn ja häiritsevän muun muassa kalojen normaalia hormonitoimintaa. Perfluorattuja aineita puolestaan käytetään rasvan ja lian hylkimiseen pintakäsittelyaineina muun muassa vaatteissa ja matoissa. Ne ovat erittäin pysyviä aineita, ja niiden on todettu vaikuttavan haitallisesti vesieliöihin sekä rikastuvan ravintoketjussa. Puhdistamolle perfluorattuja aineita tulee pääasiassa kaupunkien ja teollisuuslaitosten jätevesien mukana. (Perkola 2014, Vieno 2015.)

Yksi vaarallisimmista jätevesien mukana puhdistamolle tulevista aineista on palonestoaineena käytetty heksabromosyklododekaani. Se on paloa hidastava aine, jota käytetään muun muassa elektroniikassa, eristeissä, maaleissa, tekstiileissä sekä muoveissa. Sen on arveltu olevan hormonitoimintaa häiritsevä aine. (Vieno 2015.)

Puhdistamolle päätyy bisfenoli-A:ta pääasiassa muoviastioiden pesun kautta. Bisfenoli-A on polykarbonaattien ja hartsiin valmistuksessa yleisesti käytetty aine, jota käytetään myös muoviastioiden valmistuksessa. Sitä käytetään myös vesi- ja viemäriputkien pinnoituksessa, josta sitä voi irrota ja päätyä jätevesien joukkoon. Kyseessä on estrogeeninkaltainen aine, jonka on todettu häiritsevän eliöiden hormonitoimintaa. Bisfenoli-A on biohajoava aine. (Vieno 2015.)

Triklosaani on antibakteerinen aine, jota käytetään kosmetiikkateollisuudessa, kuten saippuissa, voiteissa, hammastahnoissa ja deodoranteissa. Jätevedenpuhdistamolle triklosaania päätyy kyseisten kosmetiikkatuotteiden käytön myötä. Triklosaani on jo pieninä pitoisuuksina ympäristön eliöille toksista. Se hajoaa puhdistamalla aerobisissa olosuhteissa, mutta hajoamistuotteena muodostuu metyylytriklosaania, joka on triklosaania voimakkaammin kertyvä ja lisäksi ympäristössä stabiilimpi. (Vieno 2015.)

Jätevedenpuhdistamolle päätyy asumajätevesien myötä myös lukemattomia erilaisia lääkkeitä. Esimerkiksi sydän- ja verisuonilääkkeenä tunnetun atenolonin nautitusta määrästä suurin osa päätyy aktiivisena jäteveeseen (Vieno 2007). Toisista lääkkeistä, kuten epilepsialääke karbamatsepiinista, suurin osa metaboloituu elimistössä, ja ainoastaan hyvin pieni osa päätyy muuttumattomana jäteveeseen (Brozinski 2013). Antibioottien osalta huoli kohdistuu lähinnä antibiooteille resistenttien bakteerikantojen muodostumiseen ja leviämiseen (Rizzo 2013). Jätevedessä havaitaan myös suuria pitoisuuksia määrällisesti eniten käytettyjä tulehduskipulääkkeitä, kuten ibuprofeenia ja parasetamolia (Vieno 2007, Fick ym. 2011).

Jätevedet sisältävät myös hormoneja, paitsi ihmisten normaalin hormonierityksen vuoksi, myös lääketeollisuuden mukana. Sairaalat ja lääketeollisuus ovat usein suuria hormonien paikallisia pistekuormittajia. Hormonit eivät synnytä ympäristössä välitöntä toksisuutta, vaan aiheuttavat lähinnä hormonihäiriöitä. Vaikutus näkyy jo hyvin pienissä pitoisuuksissa. Esimerkiksi estradioli vaikuttaa kalojen lisääntymiseen jo 10 ng/l pitoisuudessa. (Brausch ym. 2012.) Testosteroni aiheuttaa samalla pitoisuudella jo muutoksia kalapopulaatiossa, eli lisää koiraiden osuutta populaatiossa. Useilla hormoneilla eri hormonien yhteisvaikutus voimistaa vaikutusta. (Vieno 2015.) Osa hormoneista hajoaa helposti jätevedenpuhdistuksen hapellisissa olosuhteissa. Osa saattaa hajota toiseen muotoon, esimerkiksi estradioli voi hapettua estroniksi. (Joss ym. 2004.)

## **UUOVESIEU YMPÄRISTÖVÄIKUTUKSET**

Suurin vuotovesistä aiheutuva ympäristövaikutus on jätevesien virtaaminen puhdistamattomana ympäristöön. Vuotovesiä muodostavat hulevedet saattavat myös sisältää erilaisia epäpuhtauksia, kuten ravinteita, metalleja, suoloja, kiintoaineita ja hiilivetyjä.

Hulevesien vaikutus ympäristöön muodostuu kolmella tavalla. Hulevedet imeytyvät maan läpi pohjaveteen, virtaavat pintavesien mukana vesistöön tai kulkeutuvat yhdessä jätevesien kanssa ympäristöön. Rankkasateiden ja äkillisten lumien sulamisen aikana suuret hulevesivirtaamat nostavat vuotovesivirtaamia jätevesiverkossa. Tämä pakottaa pumppaamoiden yliajoihin sekä ohijuoksutukseen puhdistamalla. Tällöin hulevedet kulkeutuvat suoraan vesistöön, ja pahimmassa tapauksessa ympäristöön pääsee samalla myös käsittelemättömiä jätevesiä. Nykyisin hulevesiä imeytetään enemmän maahan, jotta hulevesien sisältämät epäpuhtaudet sitoutuisivat maaperään, eivätkä likaisi pohja- tai pintavesiä. Likaisten hulevesien päästessä jätevesiverkostoon niiden sisältämät haitta-aineet, kuten ravinteet, metallit, arseeni, sulfaatti, natrium ja kloridi, öljyt, rasvat, liuottimet, orgaaniset yhdisteet, torjunta-aineet sekä suolistoperäiset bakteerit, kulkeutuvat osittain jätevesipuhdistamon ohiajon myötä suoraan vesistöön. Esimerkiksi bisfenoli-A:sta 70–99 % ja sinkistä yli 99 % voi sitoutua maaperään. (Malin 2012.)

Erityisesti maanteiden hulevesien mukana huuhtoutuu huomattavia määriä kiintoainetta, metalleja, klorideja ja hiilivetyjä. Liikenneviraston tutkimuksessa (Liikenteen suunta 2012) otettujen maanteiden hulevesinäytteiden todettiin olevan huomattavasti pintavesiä likaisempia. Eri vuodenaikoina otettujen näytteiden arseenin ja lyijyn pitoisuudet ylittivät talousvedelle ja pohjavedelle asetetut raja-arvot marras- ja joulukuussa. Öljyhiilivetyjen pitoisuus ylitti raja-arvon kaikissa näytepisteissä ympäri vuoden. Erityisesti maanteiden suola kasvatti öljyhiilivetyjen pitoisuutta hulevesissä. Kaiken kaikkiaan seurannassa todettiin maanteiden hulevesien yhdentoista eri muuttujan ylittävän raja-arvot ainakin jonain vuodenaikoina. Edellä mainittujen lisäksi muun muassa erilaiset bentsoejohdannaiset, PAH-yhdisteet ja koboltti ylittivät sallitut arvot. Vuotovesien kannalta oleellista on teiltä tulevien hulevesien vaikutus pidemmän kuivan kauden jälkeen. Kuivan kauden aikana tielle kertyy haitta-aineita, jotka huuhtoutuvat sateen alussa veden mukaan. Teiden hulevesissä on siis todettavissa niin sanottu First flush -ilmiö. (Liikenteen suunta 2012.)

## **VIUOTOVESIEN VAIKUTUKSET POHJAVESIIN**

Pohjavesien osalta merkittävin tekijä vuotovesivaikutuksen suhteen on pohjaveden pinnan korkeus. Jos jätevesiputki kulkee pohjaveden tason alapuolella, voi pohjaveettä vuotaa jätevesiverkkoon, koska paine putken ulkopuolella on suurempi. Tämä taas saattaa aiheuttaa maan painumista tiiviisti peitetyillä kaupunkialueilla, missä hule- ja erityisesti sadevedet johdetaan muualle imeytettäväksi. On myös mahdollista, että paineistettu, vuotava putkilinja vuotaa ympärilleen ja aiheuttaa pohjaveden pilaantumisen vuotokohdan välittömässä läheisyydessä. Näin voi tapahtua erityisesti silloin, kun pohjaveden pinta on putken alapuolella. (Karttunen 1999.)

Pohjavesien pinnan laskemista voidaan estää imeyttämällä hulevesiä maahan. Tiiviisti rakennetuilla kaupunkialueilla tämä on haasteellista, koska tiet ja piha-alueet on päällystetty vettä läpäisemättömillä pinnoilla, esimerkiksi asfaltilla. Viime aikoina on markkinoille tullut erilaisia maan alle upotettavia kasetteja, joita voidaan sijoittaa muun muassa parkkipaikkojen ja pihojen alle. Kasetteihin voidaan varastoida tulvahuippujen vesiä. Kaseteista vedet imeytyvät vähitellen maahan ja estävät osaltaan pohjaveden pinnan laskua. Tampereen Rantaväylän suunnittelussa (Anon 2016) pohjavesien haitalliseen alenemiseen varauduttiin rakentamalla muun muassa imeytyskaivoja, joiden avulla pohjaveden pinnat pidetään sopivalla tasolla, eikä haitallisia painumisia pääse tapahtumaan.

Euroopan yhteisö on antanut vuonna 2000 pohjavesien käyttöä, hoitoa ja suojelua sääntelevän vesiputedirektiivin. Suomessa direktiivi on pantu täytäntöön vesienhoitolaitteilla sekä siihen liittyvillä asetuksilla vesienhoitoalueista ja vesienhoidon järjestämisestä. Lisäksi ympäristönsuojelu- ja vesilakia muutettiin tietyiltä osin direktiivin toteuttamiseksi. Vesiputedirektiivin säännöksiä on täydennetty pohjavesidirektiivillä, joka käsittelee pohjavesien suojelun, pilaantumisen ja huononemisen. Suomessa pohjavesidirektiivi on pantu täytäntöön valtioneuvoston asetusmuutoksina. (Etelä-Savon ympäristökeskus 2009.)

Valtioneuvosto on lisäksi antanut asetuksen 342/2009 vesiympäristölle vaarallisista

ja haitallisista aineista. Tavoitteena on ehkäistä ja rajoittaa vaarallisten aineiden päästöjä pohjaveteen. Asetuksessa on lueteltu hiilivedyt ja myrkylliset orgaaniset aineet, syanidit, metallit ja niiden yhdisteet, biosidit ja kasvinsuojeluaineet, suspendoituneet aineet, rehevöitymistä aiheuttavat aineet (erityisesti nitraatit ja fosfaatit), happitasapainoon epäedullisesti vaikuttavat aineet, piiyhdisteet, fluoridit sekä pohjaveden makuun ja hajuun vaikuttavat yhdisteet. Myös yhdisteet, jotka muodostavat veteen joutuessaan tällaisia aineita ja tekevät vedestä ihmiskäyttöön sopimatonta, on sisällytetty asetukseen. Happiepätasapainoon vaikuttavien aineiden pitää olla mitattavissa muuttujilla, esimerkiksi biologinen hapen kulutus. (Finlex 2009.)

## **UUOTOVESIEN YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN VÄHENTÄMINEN**

Erityisesti asutuksen laajentuessa ja jätevesimäärän kasvaessa täytyy entistä paremmin ottaa huomioon vuotovesien muodostuminen ja niiden määrä jätevesiverkostossa, jotta jätevesien puhdistus onnistuu olemassa olevalla puhdistuskapasiteetilla. Jatkossa vuotovesien määrää pitää pystyä vähentämään nykyiseen tilanteeseen verrattuna. Viemäriverkostojen suunnittelussa asumisesta muodostuvan jäteveden voidaan olettaa olevan samaa luokkaa kuin talousveden ominaiskäytön. (Karttunen 1999, Karttunen 2004.)

Vuotovesimäärien vähentämisessä tärkeimpänä tavoitteena on hyväkuntonen ja mahdollisimman vuotamaton jätevesiverkosto. Tämän tavoitteen toteuttamiseksi voidaan käyttää muun muassa seuraavia toimenpiteitä:

- Rakennetaan viemäriverkostosta ennustava malli. Tämän avulla voidaan simuloida verkostossa tapahtuvia muutoksia.
- Toteutetaan ennakoivaa kunnossapitoa eli seurataan verkoston mekaanista kuntoa säännöllisesti.
- Luodaan saneeraussuunnitelma.
- Rakennetaan automaattinen datan päivitysmekanismi.
- Huomioidaan oikea mitoitusvirtaama.
- Huomioidaan verkoston oikea kaltevuus. (Karttunen 2004, Jalonen 2010.)

Virtaushuippujen tasaamiseksi verkoston yhteyteen voidaan rakentaa varo- tai tasausallas, johon virtaushuippujen vettä säilötään. Sieltä vettä käsitellään edelleen tasaisena virtauksena, mikä takaa veden hyvän laadun. Hulevesiviemäroinnin suunnittelussa tulee huomioida putkien asennussyvyys. Syvyys riippuu maan routivuudesta, sillä routa aiheuttaa vaurioita putkille.

Vuotovesien määrää ja niiden aiheuttamia ympäristövaikutuksia voidaan vähentää myös hulevesien käsittelyä parantamalla. Lähtökohtana on hulevesien syntyminen ehkäiseminen sekä hulevesien käsittely ja hyödyntäminen ensisijaisesti niiden synty paikalla. Käytännössä tämä tarkoittaa hulevesien käyttämistä eri hyötytarkoituksiin tai niiden imeyttämistä maahan. Hulevesien suuri määrä korostuu tiiviisti rakennetuilla kaupunkialueilla. Näillä alueilla tärkeä rooli lankeaa vettä läpäiseville päällysteille, joilla vesi saadaan tasaisesti imeytymään maahan. Jos hulevesien imeyttäminen ei ole riittävä ratkaisu, voidaan hulevesiä johtaa pois syntypaikaltaan suodattavalla ja viivyttävällä järjestelmällä. Erityisesti uusilla asutusalueilla hulevedet johdetaan pois syntypaikaltaan hulevesiviemäriä pitkin yleisillä alueilla sijaitseville hidastus- ja viivy-



tysalueille ennen niiden johtamista vesistöön. Usein tätä varten on rakennettu hulevesilampia tai kosteikkoja. Jos hulevesien käsittely ei ole mahdollista, niin vaihtoehtona on niiden johtaminen suoraan vesistöön. Hulevesien suoraa vesistöön johtamista on kuitenkin pyrittävä erityisesti välttämään tilanteissa, joissa vesi sisältää huomattavia määriä epäpuhtauksia. (Malin 2012.)

Sekaviemärien muuttaminen erillisviemäreiksi saneerauksen yhteydessä vähentää vuotovesien määrää. Tämä kuitenkin edellyttää toimivaa hulevesiverkoston ja sitä, että alueen kiinteistöt saadaan liittymään hulevesiverkkoon tai muuten käsittelemään hulevetensä tontilla tai johtamaan ne maastoon.

Eri menetelmien avulla toteutettavalla vuotovesien havainnoinnilla voidaan löytää viemäriverkoston vuotavat kohdat. Jätevesiverkoston kokonaisvaltainen toiminnan ja kunnan seuraaminen edesauttaa ennalta ehkäisevässä kunnossapidossa. Seuraamisessa voidaan käyttää apuna eri tietojen tallentamista sähköisiin järjestelmiin ja hyödyntämistä datan analysoinnin avulla.

## LÄHTEET

- Alavakeri, M. 1988. Nitrifikaatio ja sen tehostamisessa käytettävät väliaineet. Julkaisussa Fosforin- ja typenpoiston tehostaminen jätevesistä (INSKO 123-88XI). Painomerkki Oy. Helsinki.
- Anon. 2016. [www.tampere.fi/liikenne-ja-kadut/liikenne-ja-katusuunnittelu/rantatunneli/useinkysyttya.html](http://www.tampere.fi/liikenne-ja-kadut/liikenne-ja-katusuunnittelu/rantatunneli/useinkysyttya.html)
- Brausch, J.M., Connors, K.A., Broks, B.W. & Rand, G.M. 2012. Human pharmaceuticals in the aquatic environment: A review of recent toxicological studies and considerations for toxicity testing. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*.
- Brozinski, J.-M. 2013. Identification and application of bile metabolites to assess the exposure of fish to pharmaceuticals in the environment. Väitöskirja. Åbo Akademi.
- Etelä-Savon ympäristökeskus. 2009. Etelä-Savon pohjavesien hoidon toimenpideohjelma 2010–2015. Mikkelä.
- Fick, J., Lindber, R.H., Kaj, L. & Brorström-Lundén, E. 2011. Results from the Swedish National Screening Programme 2010 Subreport 3. Pharmaceuticals. IVL Swedish Environmental Research Institute.
- Hartonen R. 2001. Yhdyskunta- ja metsäteollisuusjätevesien yhteispuhdistus metsäteollisuudenjätevedenpuhdistamolla. Opinnäytetyö. Turun yliopisto. Turku.
- Isoaho S. & Valve M. 1988. Vesikemian perusteet. 2. painos. Kyrö Oy. Helsinki.
- Jalonen, M. 2010. Vuotovesitutkimus Liedon kunnassa. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. Turku.
- Joss, A., Andersen, H., Ternes, T., Rihle, P.R. & Siegrist, H. 2004. Removal of estrogens in municipal wastewater treatment under aerobic and anaerobic conditions: consequences for plant optimization. *Environmental Science and Technology*.
- Jouttijärvi T. & Järvinen R. 1993. Oy Keskuslaboratorio – Centrallaboratorium Ab. Julkaisematon seloste.
- Malin, I. 2012. Lahden kaupungin hulevesiohjelma. Viheralan Hulevesipäivä. Lahden seudun ympäristöpalvelut. Lahti.
- Karttunen, E. 1999. Vesihuoltotekniikan perusteet. Hakapaino Oy. Helsinki.
- Karttunen, E. 2004. Vesihuolto 2. Suomen Rakennusinsinöörien liitto ry. Helsinki.
- Liikenteen suunta. 2012. Liikenneviraston T&K-lehti 3/2012.
- Perkola, N. 2014. Fate of artificial sweeteners and perfluoroalkyl acids in aquatic environment. Väitöskirja. Helsingin yliopisto.
- Rizzo, L., Manaia, C., Merlin, C., Schwartz, T., Dagot, C., Ploy, M.C., Michael, I. & Fatta-Kassinos, D. 2013. Urban wastewater treatment plants as hotspots for antibiotic resistant bacteria and genes spread into the environment: A review. *Science of the Total Environment*.

- Rogers, H.R. 1996. Sources, behavior and fate of organic contaminants during sewage treatment and in sewage sludges. *Science of the Total Environment*.
- Valtioneuvoston asetus ympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun asetuksen muuttamisesta. 342/2009. Helsinki.
- Vieno, N. 2007. Occurrence of pharmaceuticals in Finnish sewage treatment plants, surface waters, and their elimination in drinking water treatment processes. Väitöskirja. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Tampere.
- Vieno, N. (toim.). 2015. Haitta-aineet puhdistamo- ja hajalietteissä. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. Julkaisu 73/2015.
- Åkerberg, A. 2004. Ympäristölupahakemuksen yhteiset asiakirjat 2004.

# VIEMÄRIVERKOSTON VUOTO- VESIMÄÄRÄN LASKENNALLISET ARVIOINTIMENETELMÄT

Riina Tuominen & Romain Péterlé

Vuotovesien määrän arvioimiseksi on kehitetty erilaisia menetelmiä, joita voidaan käyttää, mikäli tarkkoja lukuja verkostoon syötetyn veden ja jätevedenpuhdistamolle saapuvan veden määrästä ei ole käytettävissä. Arviointimenetelmiä voidaan käyttää myös jätevesijärjestelmiä mallinnettaessa.

## JÄTEVESIVERKOSTON KUNTOON VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

Suurin osa Suomen vesijohto- ja viemäriverkoista on rakennettu 1960–1980-luvuilla, mutta verkostojen vanhimmat osat saattavat olla jopa yli 100 vuotta vanhoja (ROTI 2017). Ikä ei ole ainoa verkoston kuntoon vaikuttava tekijä, vaan monet muut seikat vaikuttavat putkien kuntoon ja verkoston toimivuuteen. Jätevesijärjestelmien kuntoon vaikuttavat muun muassa taulukossa 1 esitetyt tekijät.

*Taulukko 1. Jätevesiverkoston vuotojen ja vaurioitumisen syitä (Ana ym. 2008, Kekki ym. 2008, Hanski 2013, Manninen 2015).*

Tekijä	Selitys
<b>Ikä</b>	Putken iän perusteella voidaan arvioida sen rakenteellista kuntoa. Ikää ei kuitenkaan voida käyttää putken kunnan arvioinnin ainoana perusteena.
<b>Materiaalit</b>	Valurautaputket ovat alttiita korroosiolle. Betoniputket voivat syöpyä viemärikaasuista. Maan painautuminen voi muuttaa muoviputkien muotoa.
<b>Liitokset ja saumat</b>	Vuotoja tapahtuu useammin liitosten ja saumojen kautta kuin putken vauriokohdista.
<b>Ulkoinen kuormitus</b>	Muun muassa liikenne kuormittaa tien alla kulkevia putkia.
<b>Maaperä ja ympäristön kuormitus</b>	Putkia rasittavat muun muassa maaperän mikrobitoiminta, putken sisältämän veden määrä, laatu ja liikkeet sekä pohjaveden pinnankorkeuden voimakkaat vaihtelut
<b>Viemäriveden laatu</b>	Jäteveden mukana kulkee hiekkaa ja muita kovia partikkeleita, jotka kuluttavat putkea mekaanisesti. Jäteveden muodostamat kaasut sekä kemialliset ja mikrobiologiset aineet kuluttavat putkimateriaaleja.
<b>Viemäriveden paine ja virtaus</b>	Veden aiheuttama paine sekä virtauksen ja paineen vaihtelut kuluttavat putkia.
<b>Lämpötila</b>	Sekä itse jäteveden että ympäristön lämpötilavaihtelut kuluttavat putkia.
<b>Putkien käsittely asennuksessa</b>	Kuljetuksen ja asennuksen aikainen käsittely ja mahdollisesti syntyneet vauriot vaikuttavat putkien kuntoon.

## UUOTOVEDEN MÄÄRÄN ARVIINTIMENETELMIÄ

Viemäriverkoston vuotoveden määrää voidaan arvioida laskennallisin menetelmin. Laskennan pohjana ovat yleensä joko veden virtausnopeuteen perustuvat menetelmät tai kemialliset menetelmät, jotka perustuvat epäpuhtauksien laimentumiseen. Taulukoon 2 on koottu käytössä olevat laskennalliset menetelmät vuotovesien arvioimiseksi sekä menetelmien ominaisuudet.

*Taulukko 2. Vuotovesien arviointimenetelmien ominaisuuksia (De Bénédittis 2004, De Bénédittis & Bertrand-Krajewski 2004).*

Menetelmä	Alkuperämaa	Tarkastelu- jakso	Käytetty data
Dry weather flow (Sateettoman jakson virtaus)	–	Päivä, sateetto- mat päivät	Päivittäinen jäte- veden virtaus
Dry weather flow bis (Sateettoman jakson virtaus)	Sveitsi	Päivä, sateetto- mat päivät	Vaikutusalueen asukasluku
Density average (Keskimääräinen tiheys)	Itävalta	Vuosi	Päivittäinen jäte- veden virtaus
Annen & Muller	Itävalta	Vuosi	Päivittäinen jäte- veden virtaus
Triangle	Saksa	Vuosi	Päivittäinen jäte- veden virtaus
Moving minimum (Siirtyvä minimi)	Saksa	Vuosi tai päivä	Päivittäinen jäte- veden virtaus
Difference of daily flow (Päivittäisten virtausten muutokset)	Ranska	Päivä, sateetto- mat päivät	Jäteveden virtausnopeus
Difference of night flow (Yöllisten virtaamien muutokset)	Ranska	Päivä, sateetto- mat päivät	Jäteveden virtausnopeus
Minimum night flow (Yöllinen minimivirtaus)	Ranska	Päivä, sateetto- mat päivät	Jäteveden virtausnopeus
Corrected night flow (Korjattu yöllinen virtaus)	Ranska	Päivä, sateetto- mat päivät	Jäteveden yöllinen virtaus
Corrected night flow bis (Korjattu yöllinen virtaus)	Sveitsi	Päivä, sateetto- mat päivät	Vaikutusalueen asukasluku
Shape parameter (Muodon parametri)	Ranska	Päivä, sateetto- mat päivät	Jatkuva tai päivittäinen pitoi- suusmittaus
Imhoff	Ranska	Päivä, sateetto- mat päivät	Jatkuva tai päivittäinen pitoi- suusmittaus
Swiss	Sveitsi	Päivä, sateetto- mat päivät	Jatkuva tai päivittäinen pitoi- suusmittaus
Hybrid or Horizon (Hybridi- tai horisontti- menetelmä)	Ranska	Päivä, sateetto- mat päivät	Jatkuva tai päivittäinen pitoi- suusmittaus

Arviointimenetelmissä joudutaan tekemään oletuksia ja sallimaan epävarmuustekijöitä, eikä kaikkia menetelmiä voida soveltaa kaikissa jätevesijärjestelmissä. Laskennassa on myös huomioitava kaupungin kehittyminen, teollinen toiminta, väestö ja maantieteellinen sijainti. Arviointimenetelmiä on verrattu tietyillä aineistolla ja vuotovesien arvioitu määrä on vaihdellut noin 20 % menetelmästä riippuen. Menetelmistä ei voida osoittaa luotettavinta, vaan eri menetelmiä voidaan käyttää eri tilanteissa riippuen siitä, mitä tietoja viemärijärjestelmästä on saatavissa. Tuloksen luotettavuus paranee pidemmän tarkastelujakson myötä. Laskennallisia arviointimenetelmiä tulisikin käyttää lähinnä viemäriverkoston yleisen kunnan arviointiin sekä saneerausaikataulun laadinnan apuna. (De Bénédittis & Bertrand-Krajewski 2004.)

## **JOHTOPÄÄTÖKSET**

Suomessa laskennallisia arviointimenetelmiä ei ole käytetty yleisesti, mutta ne saataisivat olla käyttökelpoisia esimerkiksi viemäriverkoston mallinnuksessa. Vaikka laskennallisten menetelmien avulla ei voida paikantaa vuotokohtia, antavat nämä menetelmät tietoa viemärijärjestelmän tai sen osan kuormituksesta. Varsinaisten vuotokohtien paikantamiseen tarvitaan tarkempia tutkimusmenetelmiä. Viemäriverkoston huolellinen kunnossapito auttaa vuotojen ehkäisemisessä, mutta täysin vuotamatonta viemäriverkostoa on mahdotonta saavuttaa.

## LÄHTEET

- Ana, E., Bauwens, W., Pessemier, M., Thoeye, C., Smolders, S., Boonen, I. & De Guedre, G. 2008. Investigating the effects of specific sewer attributes on sewer ageing – a Belgian case study. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK, 2008. [https://web.sbe.hw.ac.uk/staffprofiles/bdgsa/11th\\_International\\_Conference\\_on\\_Urban\\_Drainage\\_CD/ICUD08/pdfs/421.pdf](https://web.sbe.hw.ac.uk/staffprofiles/bdgsa/11th_International_Conference_on_Urban_Drainage_CD/ICUD08/pdfs/421.pdf)
- De Bénédictis, J. 2004. Mesurage de l'infiltration et de l'exfiltration dans les réseaux d'assainissement. Le grade de docteur. L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.
- De Bénédictis, J. & Bertrand-Krajewski, J-L. 2004. Infiltration in sewer systems: comparison of measurement methods. [http://apuss.insa-lyon.fr/nrl\\_030\\_infiltration\\_comparison\\_of\\_methods\\_SPN1.pdf](http://apuss.insa-lyon.fr/nrl_030_infiltration_comparison_of_methods_SPN1.pdf)
- Hanski, J. 2013. Vesihuoltoverkoston kunnon ja arvon määrittäminen. VTT-R-08119-12. <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2012/VTT-R-08119-12.pdf>
- Kekki, T., Kaunisto T., Keinänen-Toivola M. & Luntamo M. 2008. Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. Vesi-Instituutin julkaisu 3. ISBN 978-952-99840-5-3 (PDF).
- Manninen, O. 2015. Viemäreissä tikittää aikapommi. L&T asiakaslehti. 10.4.2015. <http://www.lassila-tikanoja.fi/lassi/ilmiot/Sivut/viemareissa-tikittaa-aikapommi.aspx>

# VUOTOVESIEN TUTKIMUS- MENETELMÄT

Riina Tuominen & Pilvi Vuorinen

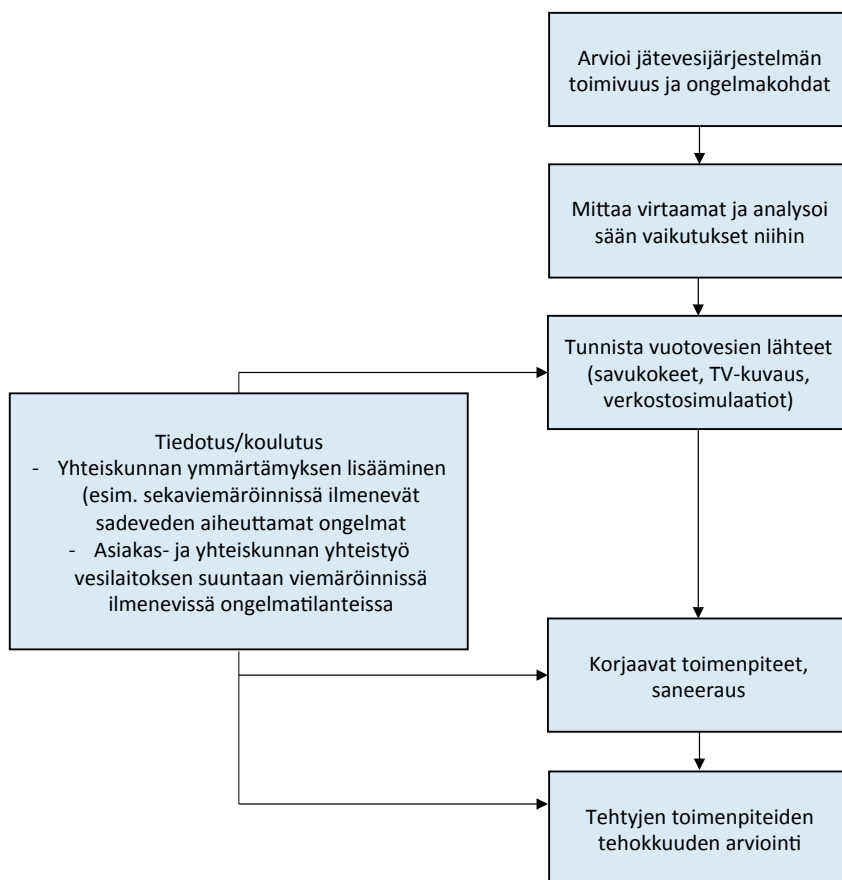
Jätevesiviemäriverkoston kuntoa kuvaavat muun muassa vuotovesien määrä ja tukokset. Suomessa vuosien 2010–2014 aikana vuotovesien osuus puhdistuslaitokselle tulevasta vedestä on ollut 37–47 %. Korkea vuotovesien osuus kertoo osaltaan viemärien huonosta kunnosta, mutta vuotovesimäärää kasvattavat myös runsaat sateet ja sekaviemärröinti. (Vesilaitosyhdistys 2016.) Vuotovesien määrää voidaan pitää yhtenä verkostojen saneeraustarpeen indikaattorina (MMM 2010). Viemäriverkoston tutkimuksen avulla voidaan selvittää verkoston vuotoveden määrää ja lähteitä. Vuotovesien yleisimpiä tutkimusmenetelmiä ovat vuotovesiselvitykset vedenkulutuksen ja jätevesimäärien perusteella, jäteveden virtausmittaukset, savukokeet sekä viemäriverkoston TV-kuvaukset.

## VUOTOVESIMÄÄRIEN SELVITTÄMINEN

Vuotoveden määrän arviointia voidaan tehdä vertaamalla jäteveden määrää vedenkulutustietoihin. Vedenkulutustietoihin perustuva vuotoveden seuranta toteutetaan yleensä alueellisesti tai pumppaamopiireittäin. Pumppaamojen pumppaamaa jätevesimäärää verrataan alueen vedenkulutustietoihin, jolloin vesimäärästä pystytään erottamaan vuoto- ja hulevesien määrä. Tarkastelujakson pitää olla tarpeeksi pitkä, koska päivittäiset ja vuodenaikakohtaiset vaihtelut voivat olla alueittain suuria. Jos jokin alue kiinnittää huomion, voidaan lukuja tarkentaa kuukausi- ja päivätasolle. (Kotilainen 2015.) Lähtötietojen tarkastelun jälkeen silmämääräinen tarkastuskaivojen tutkimus on hyödyllinen varsinkin alueilla, joissa sadeveden oletetaan muodostavan suurimman vuotovesimäärän. Silmämääräiseen tutkimukseen voidaan yhdistää myös jäteveden lämpötilamittaus.

Viemäriverkoston vuotovesiselvityksessä voidaan edetä kuvassa 1 esitetyn kaavion mukaisesti. Prosessi alkaa jätevesijärjestelmän toimivuuden ja ongelmakohtien arvioinnilla. Arvioinnin tueksi tehdään mittauksia sekä analysoidaan eri tekijöiden vaikutusta tuloksiin. Vuotovesien lähteiden tunnistamiseen voidaan käyttää eri menetelmiä, kuten savukokeita tai simulaatioita. Kun vuotokohdat on selvitetty, tehdään akuutit korjaustoimenpiteet tai verkoston osan saneeraus. Tehtyjen korjaustoimenpiteiden vaikuttavuutta arvioidaan vertaamalla muuttunutta tilannetta lähtötilanteeseen.

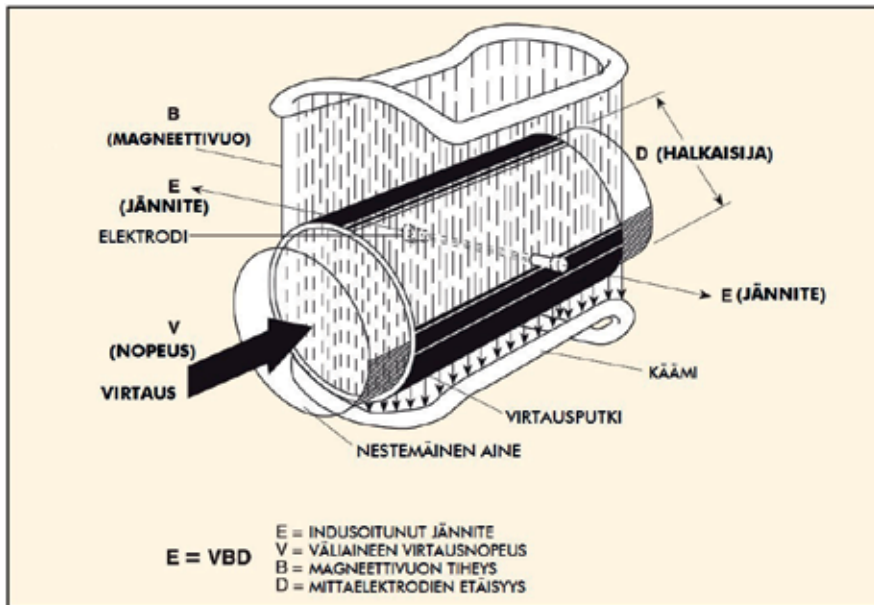




*Kuva 1. Viemärin vuotovesien hallintaprosessi (mukaillen Queensland Government n.d.).*

## YLEISESTI KÄYTETYT VUOTOVEDEN TUTKIMUSMENETELMÄT

Veden virtauksen mittaukseen jätevesiverkostossa on olemassa useita erilaisia mittausten menetelmiä ja -laitteita. Magneettisen virtausmittarin toimintaperiaate perustuu siihen, että putken ympärille synnytetään magneettikenttä. Magneettikenttä syntyy sähkömagneettien välille. Mittariin syntyy jännite sähköä johtavan aineen – tässä tapauksessa veden – kulkiessa magneettikentän läpi. Jännite mitataan putken molemmille puolille asennetuilla elektrodeilla. Mitä suurempi virtaus mittarin läpi kulkee, sitä suurempi jännite mittarissa näkyy. Mittaus perustuu sähkömagneettiseen induktioon. (Laaksonen 2015.) Magneettimittarin periaate on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Magneettimittarin toimintaperiaate (mukailten Omega Engineering 2009).

Magneettimittari sopii hyvin viemäriveden mittaamiseen, koska menetelmässä mitkään liikkuvat osat eivät koske jäteveeten. Mittari asennetaan paineelliseen putkeen. Magneettimittarin isoin etu on, että se on riippumaton nesteen tiheydestä, viskositeetistä, paineesta ja lämpötilasta. Kun olosuhteet ovat optimaaliset, mittarilla on mahdollista saada korkea tarkkuus. Mittarin heikkoutena ovat ilman aiheuttamat häiriöt sekä saostumien aiheuttamat virheet. Mittari on yksi kaikkein luotettavimmista virtaaman mittaustavoista. Mittaus on reaaliaikainen ja se kykenee mittaamaan virtaaman arvoa melko hyvin jopa vajaassa putkessa. Virheellisiä mittausrvoja voidaan saada, jos mittarissa ilmenee teknisiä ongelmia tai jos mittarin asennuspaikka on huono. Nykyään magneettimittarit ovat yleisesti käytössä uusissa ja juuri saneeratuissa jätevedenpumppaamoissa. Mittarit ovat edullisia ja niiden huoltotarve on vähäinen. (Laaksonen 2015.)

Veden virtausta voidaan mitata myös ultraäänitekniikan avulla. Ultraäänimittauksen perusoletuksena on, että äänen nopeus nesteessä on vakio. Ultraäänimittari mittaa virtauksen myötä- ja vastavirtaan lähetetyn ultraäänisignaalin välisen kulkuaiakaeron. Ultraäänimittari on erityisen herkkä vedessä oleville epäpuhtauksille ja virtauksen ominaisuuksien vaihteluille, koska virtaustekniikka perustuu äänen kulkunopeudelle. Lisäksi putkessa oleva ilma häiritsee mittausta, joten mittari ei sovellu virtaaman mittaamiseen vajaassa putkessa. Putken rajapinnoissa mittausta voi vääristyä helposti. (Laaksonen 2015.)

Ultraäänimittari voidaan asentaa myös putken päälle, mutta tällöin putken on oltava täynnä mitattavaa nestettä. Putken koolla ei ultraäänimittauksessa ole väliä, joten mittari soveltuu hyvin myös virtauksen mittaamiseen suurikokoisissa putkissa. Ultraäänimittari tulee asentaa suoralle putkiosuudelle. (Laaksonen 2015.)

Astiamittaus on yksinkertainen hydraulinen virtauksen mittausmenetelmä, jossa mittaukseen tarvitaan astia ja kello. Pumppaamossa myös imukaivo voi toimia astiana. Mittauksessa määritetään vedenpinnan nousunopeus, josta lasketaan astian täyttymisnopeus ja tulovirtaama. Veden tulovirtauksen oletetaan olevan pumppauksen aikana tasainen. Olennaista mittauksessa on, että imukaivon tilavuus on määritetty oikein. Vain siten voidaan tehdä mahdollisimman tarkka mittaus. Koska pumppaamojen imukaivon pohjat ovat epäsäännöllisen muotoisia, pohjan pinta-alan määrittäminen on haastavaa, ja mittau tulokset voivat siten olla epätarkkoja. (Laaksonen 2015.)

Nimellistuotto-menetelmässä lähtövirtaama määritetään kertomalla pumppujen käyntiaika pumppujen nimellistuotolla. Pumpun valmistaja ilmoittaa pumpun nimellistuottoarvon, ja se saadaan tarkastettua myös pumpun kilvestä. Kun pumppu on käynnissä, virtaama on pumpun ilmoitetun nimellistuoton suuruinen. Nimellistuotto-menetelmällä laskettu virtaama on tarkka ja luotettava silloin, kun pumppujen tuotto todella vastaa nimellistuottoa. Pumpun vanhetessa sen nimellistuotto kuitenkin laskee. Lisäksi jos pumppaamoissa on kaksi samanaikaisesti toimivaa pumppua, laskennassa on huomioitava kahden pumpun yhtäaikaisen käytön nimellistuottoarvo, jotta tulos olisi luotettava. (Laaksonen 2015.)

Ventureita käytetään pääasiassa kiinteissä mittauspisteissä. Jätevedenpuhdistamojen virtaamamittaukset perustuvat yleensä venturikourun käyttöön. Venturikourun avulla pienennetään virtauksen poikkileikkausalaa niin paljon, että venturin yläpuolinen verkasvirtaus muuttuu venturin kohdalla kiitovirtaukseksi. Kun virtaus muuttuu vesikyntäyksen välityksellä takaisin verkasvirtaukseksi, saadaan yhteys veden pinnan korkeuden ja virtaaman välille. (Kotilainen 2015.)

## **VEDEN LAATUPARAMETREIHIN PERUSTUVAT TUTKIMUSMENETELMÄT**

Eräs veden laatuparametreihin perustuva tutkimusmenetelmä on Vuove-menetelmä. Nimi ”Vuove” on lyhenne sanasta vuotovesi. Menetelmällä selvitetään viemäriverkoston sisään vuotavien vesien määrää. Vuotovesimäärän kartoittamiseksi tehdään suunnitelma, jonka mukaisesti linjassa edetään. Linjan mittauspisteinä toimivat usein risteyskaivot, jolloin samasta pisteestä saadaan tietoa mahdollisimman monesta suunnasta tulevasta vedestä. Kaikista tulevista putkista mitataan veden virtaama ja laatu. Myös vesimäärät ilmoitetaan mittauspisteväleittäin. Näytteet otetaan sekä minimi- että maksimivirtaamasta, ja saadut tulokset käsitellään Vuove-ohjelmalla. (Vuove-insinöörit.)

Vuove-menetelmässä mittaus aloitetaan aina tutkittavan alueen alimmalta pisteeltä, eli siltä pisteeltä, johon kaikki vesi virtaa. Tutkittava linja käydään läpi piste pisteeltä kohti latvaosia. Kun vuotava alue löytyy, tutkitaan sitä yleensä heti tarkemmin. Vastavirtaan mittaamisen suurin hyöty on kustannustehokkuus. Jos havaitaan, että jonkin linjan alimpaan pisteeseen ei tule vuotovesiä, voidaan yläjuoksun pisteet jättää mittaamatta ja työ keskittää muihin mitattaviin alueisiin. (Jalonen 2010.)

Linjan lisäksi vuotavia kohtia voidaan etsiä myös isommalta alueelta. Tutkimus etenee samoin kuin linjassa, eli mittaus aloitetaan alajuoksulta, mutta kentällä liikumista ohjaavat vuotovedet. Yleinen tehtävä on myös puhdasvesivuotojen etsiminen,

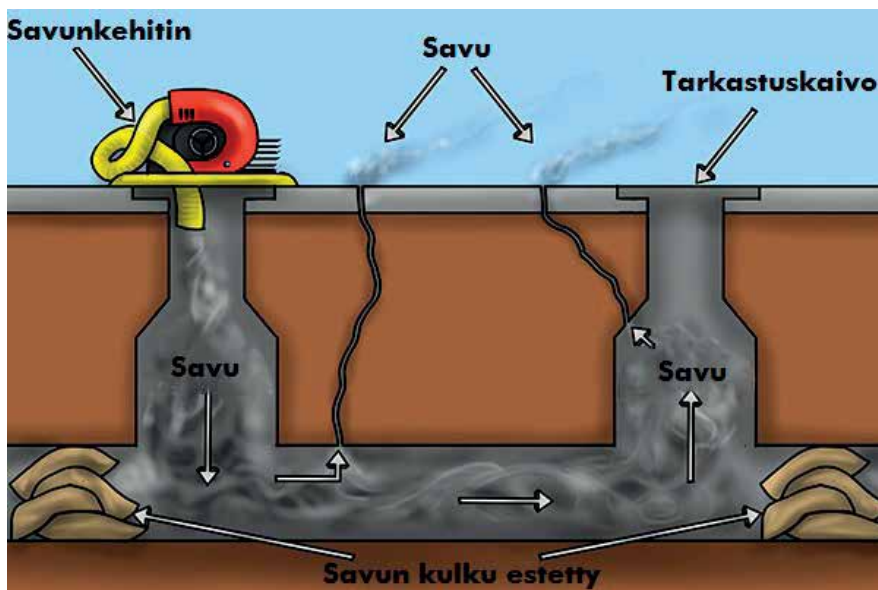
jossa tärkeässä roolissa on laatumittaus. Veden laatuarvot paljastavat jostakin linjasta mahdollisesti tulevan puhdasvesivuodon. Mittauksessa vuotoa lähdetään etsimään etenemällä risteyskaivoista vuodon suuntaan. (Jalonen 2010.)

AquaTrioscope-viemärisovelluksen avulla tutkitaan jäteveden virtaamaa ja koostumusta, ja niiden avulla viemäriverkostolle voidaan määrittää kuntoindeksi. Kun jäteveden joukkoon pääsee vuotovettä, sen koostumus muuttuu, mikä näkyy myös analyysituloksissa. Mittausten perusteella voidaan selvittää, kuinka suuria kunkin tutkittavan linjan vuotoveden määrä ja prosenttiosuus ovat linjan kokonaisvirtaamasta. (Aquapriori 2017.)

Viemäriverkoston kuntoa tutkitaan kaivoihin tulevista putkilinjoista. Virtaama mitataan linjasta ja veden koostumus määritetään näytteestä, joka analysoidaan mitausauton tutkimusvälineillä. Mittaukset aloitetaan linjan alimmalta pisteeltä, eli jätevedenpuhdistamon tai -pumppaamon etukaivolta, mistä edetään kohti latvaosia. Mikäli linjasta löytyy vuotovettä, edetään aina seuraavalle viemärikaivolle. Linjaa tutkitaan kaivo kaivolta, kunnes löydetään vuotokohta tai kiinteistö, joka johtaa hule- tai kuivatusvedet jätevesiverkkoon. (Aquapriori 2017.)

### SAVUKOKEET, VÄRIAINEKOKEET JA TV-KUVAUS

Savukokeessa viemäriin tuotetaan savua, joka leviää viemäriissä ja purkautuu ulos avoimista päistä, kuten kiinteistöjen tuuletusputkista, tarkastuskaivoista, putken vuoto- ja vauriokohdista sekä luvattomista tai viallisista sadevesiliitännöistä. Savu tuotetaan yleensä savukoneen tai savukranaatin avulla. Savu ohjataan kulkemaan tarkastuskaivosta tutkittaviin viemäriin puhaltimen avulla. Muut tarkastuskaivoon tulevat putket voidaan tarvittaessa tukkia, jotta savu kulkee haluttuun suuntaan. Savun pitää olla myrkytöntä ja hajutonta, eikä se saa värjätä pintoja. Savukokeilla voidaan löytää erityisesti huleveden lähteitä. (Ranta 2016.) Savukokeen periaate on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Savukokeen periaate (mukaillen Wonkee Donkee Tools 2017).

Jos putki on täynnä vettä, savun kulkeminen estyy. Notkolla oleva putki voikin haitata savukoetta. Lisäksi jäinen maa, lumi ja asfaltti voivat estää savun kulkeutumisen putkien vauriokohdista. Jos sää on tuulinen, savukoetta ei kannata suorittaa, koska tuuli voi puhaltaa savun pois purkautumiskohdasta jo ennen kuin se ehditään havaita. Savukokeiden suorittamisesta tulee ilmoittaa alueen asukkaille ja pelastuslaitokselle. (Ranta 2016.)

Väriainekoe on melko harvoin käytetty vuotovesien tutkimusmenetelmä. Väriainekokeella voidaan paikallistaa erityisen hyvin kiinteistöjen sadevesiviemäroinnin virheellisiä liitoksia jätevesiviemäriverkostoon. Väriainekokeessa kaadetaan biohajoavaa ja myrkyttävää väriainetta esimerkiksi kiinteistön rännikaivoon ja tarkastellaan, kulkeutuuko jätevesiviemäriverkostoon väriainetta. Menetelmän vahvuutena on helppo todennettavuus ja se, että väriaine kulkeutuu hajulukkojen ja padotusventtiilien läpi normaalin sadeveden tapaan. Väriainekokeen suorittaminen on kuitenkin savukokeisiin verrattuna hidasta ja työlästä, koska jokainen kiinteistö pitää käydä tutkimassa erikseen. Väriainekoetta pidetään kuitenkin luotettavampana kuin savukoetta. (Kotilainen 2015.)

TV-kuvausta käytetään usein, kun halutaan selvittää viemäriverkoston rakenteellinen ja toiminnallinen kunto. TV-kuvauksella tarkoitetaan viemäriputkien sisäpuolista kuvaamista. TV-kuvauslaitteita on laaja valikoima, joten ne soveltuvat erikokoisiin putkiin. Kuvauslaitteisiin on mahdollista hankkia lisälaitteita, joilla saadaan tarkempaa tietoa putkesta. Tavallisella TV-kuvauksella voidaan selvittää vain vedenpinnan yläpuolinen alue. Kuvaus ei myöskään kerro mitään putken ulkopinnan kunnosta, kuten korroosiosta. (Hao ym. 2012.) Jos tutkittava putki on täynnä vettä, voidaan käyttää myös kaikuluotainta (Tuppurainen 2013).

Kuvauksessa viemäriin lasketaan kameralla ja valonlähteellä varustettu kuvauslaitteisto, joka kulkee putkea pitkin tarkastuskaivosta toiseen putkea samalla kuvaten. Videomateriaali esitetään TV-ruudulla, josta kuvaaja näkee ja tunnistaa putkessa mahdollisesti esiintyvät vauriot. Kun mahdollinen vaurio havaitaan, kuvauslaitteisto pysäytetään, jotta kuvaajalla on aikaa arvioida ja tallentaa havainto. Näin ollen putkiosuuden kuvaamiseen käytettävä aika vaihtelee putken kunnosta ja vaurioista riippuen. Putki tulee puhdistaa ennen TV-kuvauksen suorittamista, jotta lopputulos on mahdollisimman luotettava. (Ranta 2016.)

TV-kuvauksessa voidaan käyttää myös kuvausrobotia tai tuikkauskameraa. Endoskooppikuvaus kaapelikameralla eli tuikkauskameralla soveltuu lyhyille välimatkoille ja pienten putkistojen kuvaukseen. Tuikkauskameralaitteistossa itse kamera on kaapelin päässä, ja kaapelia pyöritetään kellarullalta käsin syvemmälle putkistoon. Kuvausrobotteja käytetään yleensä isoissa viemäreissä, kuten pääsiirto- ja kokoojaviemäreissä. (Kotilainen 2015.)

TV-kuvauksella voidaan havaita sekä rakenteellisia että toiminnallisia vikoja putkistossa. Rakenteellisia vikoja voivat olla esimerkiksi putkien muodon muutokset, halkeamat ja putkirikot, vialliset liittymät, irtonaiset tiivisteet ja pintavauriot. Toiminnallisia vikoja ovat esimerkiksi viemärin sauman tai viallisen kohdan läpi tunkeutuneet juuret, putken seinämiin kertyneet saostumat, putken pohjalle kertynyt liettymä ja putkeen päässyt vieras esine. (Tuppurainen 2013.)

TV-kuvauksen tekniikka on kehittynyt huomattavasti viime vuosina. Tällä hetkellä kehitystyötä tehdään videokuvan laadun parantamiseksi, huonolaatuisen kuvan tulkinnan helpottamiseksi sekä tulkinnan automaation kehittämiseksi muun muassa kuvankäsittelytekniikoiden avulla. (Ranta 2016.)

## **JOHTOPÄÄTÖKSET**

Alueellisten vuotovesimäärien ja vuotojen syiden selvittämiseen on olemassa monia eri keinoja. Tutkimusmenetelmän valintaan vaikuttaa se, minkä tyyppisiä vuotoja tutkittavalta alueelta oletetaan alustavien tutkimusten perusteella löytyvän. Valintaan vaikuttavat myös menetelmän tutkimuskustannukset. Perinteiset tutkimusmenetelmät ovat melko kalliita ja osittain myös aikaa vieviä. Tutkimus onkin suuntautunut yhä enemmän laatuparametreihin sekä verkoston käytön ja toiminnan yhteydessä tallentuvien tietojen analysointiin, jotta vuotavia viemäriosuuksia voidaan rajata alustavasti. Viemäriverkoston varsinaisia vauriokohtia ei näillä kyetä paikantamaan, vaan tutkimuksiin tarvitaan esimerkiksi savukokeita tai putkistojen kuvausta.

## LÄHTEET

- Aquapriori. 2017. Löydämme viemäriverkoston vuotovedet. <http://aquapriori.fi/palvelut/viemariverkosto/>
- Hao, T., Rogers, C.D.F., Metje, N., Chapman, D.N., Muggleton, J.M., Foo, K.Y., Wang, P., Pennock, S.R., Atkins, P.R., Swingler, S.G., Parker, J., Costello, S.B., Burrow, M.P.N., Anspach, J.H., Armitage, R.J., Cohn, A.G., Goddard, K., Lewin, P.L., Orlando, G., Redfern, M.A., Royal, A.C.D. & Saul, A.J. 2012. Condition assessment of the buried utility service infrastructure, Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 28, s. 331–344.
- Jalonen, M. 2010. Vuotovesitutkimus Liedon kunnassa. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/23993/Jalonen\\_Mikko.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/23993/Jalonen_Mikko.pdf?sequence=1)
- Kotilainen, J. Jäte- ja hulevesiviemäriverkoston kuntotutkimusmenetelmät ja vuotovesien etsintä. 2015. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. [http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104144/Kotilainen\\_Jukka.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/104144/Kotilainen_Jukka.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Laaksonen, V. 2015. Viemäriverkoston mittaus ja luotettavuuden arviointi. Diplomityö. Aalto-yliopisto. [https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/19215/master\\_Laaksonen\\_Vesa\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/19215/master_Laaksonen_Vesa_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- MMM. 2010. Vesihuoltolain tarkistamistyöryhmän loppuraportti. [http://mmm.fi/documents/1410837/1790797/trm2010\\_6.pdf/408c7ac5-ee14-426b-aeb9-e10a724e5b6e](http://mmm.fi/documents/1410837/1790797/trm2010_6.pdf/408c7ac5-ee14-426b-aeb9-e10a724e5b6e)
- Omega Engineering. 2009. Magnetic Flowmeters. [http://www.omega.com/toc\\_asp/frameset.html?book=Green&file=MAG\\_FLOW\\_REF](http://www.omega.com/toc_asp/frameset.html?book=Green&file=MAG_FLOW_REF)
- Queensland Government. N.d. Guidelines for implementing total management planning. Asset Management – Sewer Infiltration/inflow management Implementation Guide. WWW: [https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKewi2pNnGt77WAhWnDpoKHRq4BbsQFgg0MAE&url=http%3A%2F%2Fwww.qldwater.com.au%2F\\_literature\\_197644%2FDERM\\_TMP\\_Guidance\\_Document\\_300\\_Asset\\_Management\\_Overview&usq=AFQjCNH-GKrW3a9wOupmHNgatCdUD23AgRA](https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKewi2pNnGt77WAhWnDpoKHRq4BbsQFgg0MAE&url=http%3A%2F%2Fwww.qldwater.com.au%2F_literature_197644%2FDERM_TMP_Guidance_Document_300_Asset_Management_Overview&usq=AFQjCNH-GKrW3a9wOupmHNgatCdUD23AgRA)
- Ranta, H. 2016. Viemäriverkoston vuotovesilähteiden tutkiminen ja verkostotiedon hyödyntäminen viemärilaitoksilla. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. <http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/24325/Ranta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tuppurainen, M. 2013. Viemäriverkoston vuotovesien tutkimusohje. Opinnäytetyö. Savonia. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/58717/Tuppurainen\\_Marko.pdf?sequence=3p://www.cee.fi/mittaustekniikka/](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/58717/Tuppurainen_Marko.pdf?sequence=3p://www.cee.fi/mittaustekniikka/)
- Vesilaitosyhdistys. 2016. Välttämätön vesi. VVY. [https://www.vvy.fi/files/5208/valtamaton\\_vesi\\_vvy\\_2016\\_netti.pdf](https://www.vvy.fi/files/5208/valtamaton_vesi_vvy_2016_netti.pdf)
- Wonkee Donkee Tools. 2017. Knowledge Base. How to smoke test drains and sewers. <https://www.wonkeedonkeetools.co.uk/smoke-testers/how-do-you-smoke-test-drains-and-sewers/>
- Vuove-insinöörit. Vuove-menetelmä. <http://www.vuove.fi/menetelma.html>

# VUOTOVEDEN MAHDOLLISIA UUSIA HAVAITSEMISKEINOJA

Riina Tuominen

Vuotovedet kertovat verkoston kunnosta, ja jos niistä saadaan tarkkoja tietoja, ne toimivat myös saneeraus päätösten perusteena. Jätevesiputkien vuotojen havaitsemiseen on Suomessa perinteisesti käytetty savukokeita ja virtausmittauksia. Virtausmittausten avulla saadaan selville lisääntynyt virtaama, mutta nämä mittaukset eivät paljasta vuotokohtia. Savukokeiden avulla voidaan löytää vuotokohtat, mutta menetelmä on aikaa vievä ja kallis. Vesihuoltolaitosten tavoitteena onkin löytää kustannustehokkaita menetelmiä vuotovesien havainnointiin.

## VEDEN JA VERKOSTON TUTKIMUKSIIN PERUSTUVAT MENETELMÄT

Vuotovesien esiintymistä jätevesiverkostossa voidaan selvittää seuraamalla pumppaamojen sähkönkulutusta. Mitä enemmän vuotovesiä verkostoon pääsee, sitä useammin pumppaamojen pumput käyvät. Tämä näkyy myös pumppaamon lisääntyneenä sähkönkulutuksena. (Jalonen 2010.) Käyntiaikatietojen seuraaminen on käyttökelpoista silloin, kun pumppaamosta ei ole saatavilla virtaamatietoja. Käyntiaikatietojen pohjalta ei voida suoraan päätellä vuotoveden määrää, sillä pumpattavan vesimäärän lisäksi pumpun käyntiaikaan vaikuttaa myös pumpun tuotto. Käyntiajat toimivatkin suuntaa antavina indikaattoreina, joihin liittyy epävarmuustekijöitä, jotka tulee huomioida päätelmiä tehdessä. Voidaan kuitenkin olettaa, että esimerkiksi kahden peräkkäisen pumppaamon pumppujen käyntiaikojen kasvu osoittaa, että vuotoa on ainakin ylemmän pumppaamon valuma-alueella.

Vedenpinnan korkeutta voidaan mitata viemäreissä eri tavoilla pääasiassa kaivojen kohdalla. Pinnankorkeusmittareita on vaikeaa asentaa putkiosuuksille, jos kyseessä ei ole avoin kanava. Vedenpinnan korkeutta voidaan mitata joko manuaalisesti mitatasteikkoo käyttäen tai automaattisesti erilaisilla laitteilla. Eri laitteiden mittaustavat perustuvat yleensä ultraääneen, vedenpaineeseen tai tutkaan. Pinnankorkeuden mittaamiseen käytetyt mittarit ovat usein halvempia kuin virtaamamittarit, ja lisäksi tällaisten mittarien asennus on nopeampaa. Pinnankorkeudesta ei verkosto-olosuhteissa voida suoraan päätellä virtaamaa. Pinnankorkeusmittausta käytetäänkin usein viemäriverkostojen toiminnan tarkastukseen ja mallinnuksen referenssidatan keräämiseen. (Aarnio 2016.)

Manuaaliset pinnankorkeusmittarit eivät muodosta sähköistä signaalia, joten niitä ei voi liittää valvomolaitteisiin. Manuaalisissa mittalaitteissa tieto veden pinnankorkeudesta voidaan antaa ääni- ja valomerkillä, ja pinnankorkeus voidaan lukea suoraan mittanauhasta. (WRM Systems 2015.)

Veden analysointia käytetään esimerkiksi osana Vuove- ja AquaTrioscope-menetelmiä. Tietyt veden laatuominaisuudet, kuten sähkönjohtavuus, happamuus, sameus,



redox ja lämpötila, paljastavat vuotoveden esiintymisen viemäriverkossa. Laatuominaisuuksia voidaan tutkia myös omatoimisesti analysoimalla näytteitä tai asentamalla verkostoon jatkuvatoiminen mittari. Mittaustulosten analysointi vaatii kuitenkin asiantuntemusta ja vertailunäytteitä.

Veden sähkönjohtavuus ja lämpötila ovat verrannollisia vuotovesien määrään. Vuotovedet pienentävät jätevesien sähkönjohtavuutta, joten johtavuusmittauksella saadaan osaltaan tietoa vuotovesien esiintymisestä. Yhdyskuntajäteveden tyypillinen sähkönjohtavuus on kuivana aikana 100–140 mS/m. Sähkönjohtavuuden arvot pinta- ja pohjavesissä ovat tyypillisesti 3–10 mS/m. Hulevesissä voi paikoitellen olla hieman korkeampi sähkönjohtavuus esimerkiksi maantiesuolauksen vuoksi. (Oravainen 1999.)

Johtavuuden mittaamiseksi on saatavilla jatkuvatoimisia online-mittareita, jolloin johtavuuden muutoksia voidaan tarkastella tiheälläkin aikavälillä. Oikein valitun ja asennetun johtavuusmittarin huoltotarve on vähäinen. Verkoston tarkastusmittauksia voidaan tehdä myös kannettavan kenttämittarin avulla esimerkiksi linjan tarkastuskajojen kautta. Johtavuusmittauksella ei kuitenkaan voida selvittää tarkkoja vuotokohtia. Myös vuotoveden määrän arviointi on vaikeaa. Riittävän tiheästi valituilla mittauspisteillä saadaan kuitenkin suuntaa antavaa tietoa mahdollisten vuotokohtien sijainnista.

Eri tarpeisiin on saatavilla sekä kertamittaukseen soveltuvia että jatkuvatoimisia mittareita. Palveluntarjoajia on paljon, ja juuri oikean mittalaitteen löytäminen vaatii perehtymistä laitteiden ominaisuuksiin. Laitteita kehitetään jatkuvasti; esimerkiksi Oulun yliopistossa on rakennettu laite, jolla voidaan mitata samanaikaisesti ja jatkuvatoimisesti 60 alkuaineen pitoisuutta. Laite soveltuu vedenkäsittelyprosesseihin, mutta myös muita sovelluskohteita etsitään. (Rautiainen 2017.)

## PUTKIA YMPÄRÖIVÄN MAAPERÄN TUTKIMINEN

Yleisellä tasolla maavastusluotaus tapahtuu luomalla suljettu virtapiiri (joko tasa- tai matalataajuinen vaihtovirta) kahden maahan työnnetyn elektrodin avulla. Tämän virtapiirin potentiaaliero mitataan kahdella eri elektrodilla. Mitatun potentiaalieron, syötetyn virran, ja elektrodijärjestelmän geometrisen kertoimen avulla saadaan määritettyä näennäinen ominaisvastus. (Silvast & Nurmikolu 2015.)

Edistyneempi tekniikka maaperän sähköisten ominaisuuksien mittaamiseen on monielektrodimittaus, jolla voidaan mitata maaperän sähkönjohtavuuden vaihtelua syvyyden ja paikan funktiona. Monielektrodimittauksessa maahan asetetaan joukko elektrodeja, joista muodostetaan kaapelin avulla suljettu virtapiiri. Mittauslaitteistoon kuuluvan elektrodivalitsimen ja tietokoneen avulla aktivoidaan vuorollaan tietyt elektrodit virtaelektrodeiksi ja tietyt elektrodit potentiaaliero mittaaviksi elektrodeiksi. Vastusmittarilla mitattu data tallennetaan tietokoneelle, ja eri elektrodivalinnoilla saatuja vastusarvoja käyttämällä voidaan luoda pituusleikkausprofiili maaperän sähköisistä ominaisuuksista. Merkittävin heikkous maavastusluotauksessa on Pirttijärven (2013) mukaan teknologian hitaus; yhden työpäivän aikana mittauksia saadaan tehtyä parinsadan metrin alueelta, ja datan tulkinta malliksi vie myös aikaa.

Mittaustulosten avulla voidaan laskea maaperän sähköisiin ominaisuuksiin perustuva rakennemalli, eli mittaustuloksia referenssidataan vertaamalla saadaan malli

maaperän geologisesta rakenteesta. Malliin liittyy kuitenkin epävarmuustekijöitä, sillä maalajien sähköiset ja geologiset rakenteet eivät aina vastaa toisiaan. Mikäli maalaji on veden kyllästämä, sen sähkönjohtavuus kasvaa. Sähköisellä maavastusluotauksella voidaan erottaa muun muassa maaperän kerrosten rajat, routaraja, pohjavedenpinta, kallioperän sijainti sekä eri kivilajien väliset rajat. (Brotherus 2014.)

Maatutkaluotaus on sähköistä maavastusluotausta, jonka avulla voidaan kerätä jatkuvaa dataa maaperän sähköisestä rakenteesta. Maatutkaluotaus perustuu radioaaltajuuksien sähkömagneettisten aaltojen käyttöön. Menetelmässä radioaalto heijastuu osittain takaisin maaperässä olevista rajapinnoista. Aallon etenemisestä ja takaisinheijastumisesta voidaan tulkita maaperässä olevia maalajirajoja.

Maatutkaluotaus perustuu maaperän kosteus- tai sähkönjohtavuusvaihteluiden havaitsemiseen, joten on mahdollista, että sen avulla saadaan selville vuotokohtia tai kosteampia alueita. Maatutkaluotaus soveltuukin erinomaisesti maaperän kosteuden arviointiin, koska aallon kulkunopeus on voimakkaasti riippuvainen väliaineen vesipitoisuudesta. Hyvän mittaustoistettavuuden vuoksi maatutkaluotausta voidaan käyttää yleisemmin myös maaperässä tapahtuvien kosteusmuutosten seuraamiseen ja niiden alueelliseen kartoittamiseen. Mittausten tulkinta perustuu rajapintojen visuaaliseen tarkasteluun ja niiden selittämiseen. (Silvast & Nurmikolu 2015, Hänninen 1991.)

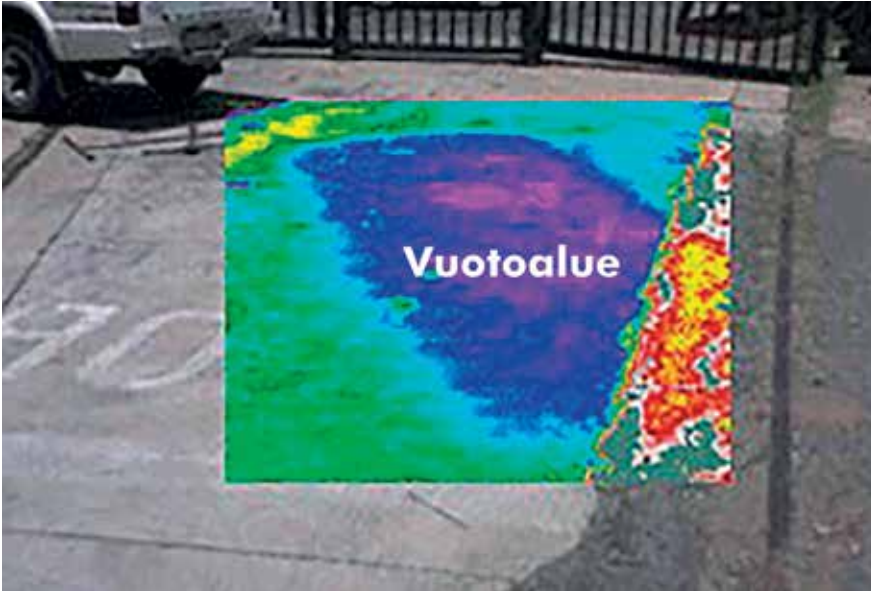
Maatutkaluotauksella sekä vastusluotauksella voidaan mahdollisesti paikantaa putkistojen vuotokohtia, mikäli vuoto tapahtuu putkesta ulospäin ja vuotavan materiaalin fysikaaliset ominaisuudet eroavat riittävästi ympäristön luonnollisista ominaisuuksista. Maatutkaluotauksella voidaan havaita vuoto ympäristön muuttuneena tutkaheijasteena ja vastusluotauksella puolestaan maalajin johtavuusmuutoksena. Materiaali, josta viemäriputket on tehty vaikuttaa siihen, onko mittaus putken läheisyydessä mahdollista. Esimerkiksi metalliputki häiritsee mittauksia, sillä se johtaa sähköä. Tutkasignaali ei myöskään läpäise sähköä johtavaa putkea. Riittävän suuresta muoviputkesta saattaa olla mahdollista saada tutkaheijaste putken ylä- ja alapinnasta, sekä nestepinnasta putken sisästä. (Huotari 2017, Markovaara-Koivisto 2017.)

Maatutkaluotausta käytetään lähinnä putkien ja kaapelien sijainnin paikantamiseen. Mahdolliset vuodot voivat löytyä häiriöaaltoina maaperästä tai putkien ympärillä. Menetelmää on Suomessakin kokeiltu vesijohtojen vuotojen havainnointiin. Kokemukset Suomen olosuhteissa eivät ole olleet rohkaisevia, sillä menetelmän hyödyntämistä ovat haitanneet putkien huomattava upotussyvyys, täyttöön käytettyjen maalajien laatu ja maakerrosten tiheä vaihtuvuus. (Vuotovesien hallinta 2010.)

Geofysiikan menetelmiä käytetään yleensä hieman suurempien poikkeamien paikantamiseen eikä niiden tarkkuus välttämättä riitä pienempien putkistojen vuotokohtien havaitsemiseen. On mahdollista, että ainakaan nykyisellä tekniikalla putkien sisäänpäin vuotamista ei pystytä havaitsemaan. Mittausjärjestelmiä voi kuitenkin olla mahdollista kehittää vuotojen analysointiin. (Huotari 2017, Markovaara-Koivisto 2017.)

Infrapunaenergia (IR) on osa sähkömagneettista spektriä, joka tulkitaan lämmöksi. Kaikki kohteet, joiden lämpötila on absoluuttista nollapistettä korkeampi, säteilevät lämpöä. Mitä korkeampi kohteen lämpötila on, sitä voimakkaampi on sen emittoima infrapunasäteily. (Zalma 2004.)

Infrapunakuvausta käytetään yleisesti rakenteiden kosteusvaurioiden havaitsemiseen. Kehittyneemmät kamerat voivat mitata minkä tahansa kohteen tai pinnan lämpötiloja ja tuottaa väärävärικuvia, jotka helpottavat lämpöteknisten kuvioiden tulkintaa. Infrapunakuvat perustuvat maan lämpötilaeroihin. Kohteet, joissa on enemmän kosteutta, ovat ympäristöään viileämpiä ja näkyvät kuvissa erivärisinä (kuva 1). (Detect a leak.)

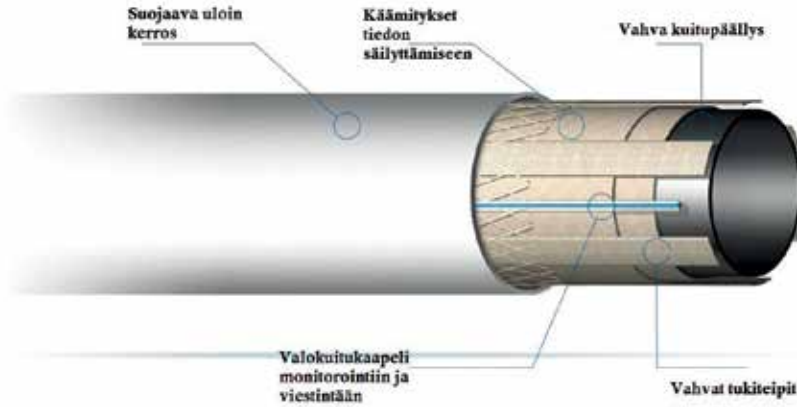


*Kuva 1. Infrapunakuva putkivuodosta 3 metrin syvyydessä betonipäällysteen alla (mu-  
kailien Detect a leak 2017).*

Infrapunakuvaus toimii ainakin tilanteessa, jolloin putki vuotaa ulospäin. Esimerkiksi Vaasassa kuvattiin kaukolämpöverkko helikopteriin kiinnitetyllä infrapunakameralla vuotojen havaitsemiseksi. Helikopterikuvauksessa saadaan kuvattua suuri alue kerrallaan, ja kun kyseessä on lämpimän veden vuodot, myös kuvaustulos oli hyvä. (YLE 2010.) Putkeen päätyvän veden havainnoinnissa kuvauksella voidaan mahdollisesti saada arvioita putken ympärillä olevan maan kosteudesta.

## **ÄLYKKÄÄT JÄRJESTELMÄT**

Markkinoilla on jo olemassa niin sanottuja älykkäitä putkijärjestelmiä, joita voidaan asentaa varsinkin ympäristöturvallisuuden kannalta kriittisiin kohteisiin tai kohteisiin, jossa tarkastukset ovat vaativia (esimerkiksi vedenalaiset putket). Putkien säilyminen hyväkuntoisena on tärkeää varsinkin silloin, jos niissä siirretään ympäristölle tai ihmisille vaarallisia aineita. Kuvassa 2 näkyy ”älyputken” rakenne.



*Kuva 2. Älyputken rakenne (mukailien Smartpipe Technologies n.d).*

Myös vesihuoltoon on kehitelty älykkäitä putkia. Esimerkiksi Lin & Liun (2009) tutkimuksessa tarkasteltiin vesihuollon tarpeisiin kehitettyjä putkia, jotka sisältävät nanosensoreita, joita käytetään apuna vedenlaadun ja putkien kunnon tarkkailussa. Putkiin on mahdollista asentaa reaaliaikainen valvonta, jolla voidaan seurata virtausnopeutta, painetta, mahdollisia vuotoja tai takaisinvirtauksia sekä veden laatua häiritsemättä virtausta putkessa. Tutkimuksessa sensorit havaitsivat putkivuodot virtauksen ja paineen vaihtelun perusteella.

Älykaivot toimivat samaan tapaan kuin älykkäät putket, mutta mittauksen mahdollistava tekniikka on tässä tapauksessa asennettu kaivoon. Kaivoja on käytössä ainakin öljyteollisuudessa, jossa ne ohjaavat mittaustulosten perusteella muun muassa järjestelmän painetta ja virtausta (Jansen 2001). Suomessaakin on saatavissa vesihuollon tarpeisiin niin sanottuja monitorointikaivoja (PA-VE Oy). Kaivojen mittauslaitteet keskustelevat valvontaohjelmien kanssa ja hälyttävät tiettyjen, ennalta määritettyjen raja-arvojen ylittyessä. Älykaivoilla voidaan kerätä jatkuvaa dataa. Oikein valituilla mittausparametreilla älykaivo voisi toimia myös jätevesiverkostossa ja varoittaa mahdollisesta vuotoveden pääsystä järjestelmään.

Mittaus- ja valvontalaitteisto voi olla asennettuna myös kaivon kanteen. Niin sanotun älykannen avulla voidaan mitata muun muassa kaasuja, vesijuoksua, pinnan korkeutta, pH:ta ja lämpötilaa. Älylaite havaitsee myös kannen asennon ja välittää tietonsa eteenpäin. (Kuikka 2016.)

Helsingin Seudun ympäristöpalvelut (HSY) toteutti ÄlykäsVesi-hankkeessaan niin sanotun Älypallo-pilotin. Hankkeessa oli tarkoituksenaan kehittää kevyt, helposti asennettava ja kustannustehokas mittalaite vuotovesien havainnointiin viemäriputkistossa. Laitteen toiminta perustui sähkönjohtavuuden, lämpötilan ja pinnankorkeuden mittaamiseen. Testaus lopetettiin kuitenkin jo ensimmäisessä vaiheessa ilmenneiden ongelmien vuoksi. Testatun laitteen tiedonsiirto ei toiminut tarpeeksi luotettavasti, eikä tietoa saatu siirtymään palvelimelle. Mittaustulosten puuttuessa analyysia ei voitu suorittaa. Lisäksi mittapallo keräsi mukaansa kiintoainetta ja roskia viemäristä, mikä aiheutti viemäritukoksia. (HSY 2017.)

ÄlykäsVesi-hankkeessa tutkitaan myös viemärikuvauksen automaattisen tulkinnan kehittämistä. Kuvauksesta saatujen digitaalisten kuvien tulkintaan käytetään ohjelmistoa, joka tunnistaa sekä virheettömät että virheelliset putkiosuudet. Ohjelmisto voi myös tunnistaa vikojen tyypit ja vakavuusasteet. Samantyyppinen DigiSewer®-menetelmä on jo käytössä useissa maissa. (Lampola & Kuikka 2016.)

## AKUSTISET JA SÄHKÖMAGNEETTISET MENETELMÄT

Erilaisten akustisten laitteiden avulla voidaan kuunnella verkoston vuotoääniä. Akustiset loggerit eli kuuntelulaitteet paljastavat vuodot paineellisista putkista ulospäin. Myös viemäriverkoston vuotojen havainnointiin on kehitetty ääneen perustuvia järjestelmiä. Markkinoilla on jo tarjolla tällaisia ratkaisuja, muun muassa Pure Technologiesin Smartball. Laitteen toiminta perustuu erittäin herkkään akustiseen anturiin, jonka avulla voidaan havaita pienetkin vuodot. Tarkastettava putki voi olla mitä materiaalia tahansa, mutta vuotokohtien havaitseminen onnistuu vain paineellisissa putkissa.

Sähkömagneettisten menetelmien etuna on se, että tutkimus voidaan suorittaa maanpinnalta käsin. Nämä menetelmät, esimerkiksi Frequency Domain Electromagnetic -menetelmä (FDEM), perustuvat sähkömagneettiseen induktioon. Kun laitteen lähettämä signaali kohtaa erilaisia materiaaleja, indusoituu pyörrevirtoja, jotka palaavat vastaanottimeen. Vuotojen aiheuttama maaperän kosteus näkyy vastaanottimessa erilaisena signaalina. (Goldshleger & Basson 2016.)

## VERKOSTOTIETOJEN TULKINTA JA JÄRJESTELMÄN MALLINNUS

Viemäriverkoston toimintaa voidaan valvoa muun muassa verkostossa sijaitsevien virtaus-, paine-, pinta- ja vedenlaatumittausten avulla. Lisäksi on mahdollista ennustaa eri suureita laskennallisen mallinnuksen avulla.

Viemäriverkostosta ja sen toiminnasta on saatavissa yhä enemmän dataa. Data koostuu muun muassa pumppaamojen virtaamatiedoista sekä pumppujen käyntiaikatiedoista. On yleisesti mahdollista toisaalta tarkastella tietoja, toisaalta tehdä niiden pohjalta tarvittavia korjaavia toimenpiteitä myös etäkäytön avulla. Näin työntekijät voivat seurata toimintaa ja toiminnan muutoksia eri tasoilla (esimerkiksi koko verkostoa tai vain yhtä pumppaamo).

Datan analysoinnilla voidaan havaita myös vuotovesiä ja toiminnan häiriöitä. Datan analysointia voidaan tehdä erilaisten sovellusten avulla. Tietoja on helppo muokata ja järjestää. Ne voidaan myös esittää kuvaajissa tai kartalla, jolloin verkoston toiminnasta saatava tieto on mahdollisimman havainnollisessa muodossa. Tiedoista voidaan johtaa myös aikasarjoja ja trendejä, joita voidaan vertailla halutulla tavalla. (FCG n.d.) Esimerkiksi ÄlykäsVesi-hankkeen pilotissa muodostettiin sovelluksen avulla pumppaamo- ja sadetietojen yhdistelmäkuvaajia, joista kävi ilmi sateen ja pumpatun vesimäärän riippuvuus. Sovelluksen käyttö koettiin kuitenkin hankalaksi. (HSY 2017.)

Jätevesiverkoston vuotavuuden arviointia kehitetään data-analytiikan ja IoT-verkon avulla Avarea Oy:n ja Helsingin seudun ympäristöpalvelujen (HSY) yhteistyönä. Analyysi perustuu sademäärätietojen ja pumppaamoilta saatavien virtaamatietojen analysointiin matemaattisin menetelmin.

Viemäriverkoston ja sen tietojen vieminen paikkatietosovellukseen helpottaa tietojen analysointia. Koska myös ympäristöä koskevia tietoja on nykyään hyvin saatavilla paikkatietomuodossa, voidaan vaikkapa tiestö tai pohjavesialueet visualisoida yhdessä viemäriverkoston kanssa. Paikkatietosovellukseen voidaan syöttää verkostoon liittyviä tietoja, kuten putkilinjojen rakennusvuodet ja materiaalit sekä niille tehdyt saneeraukset ja tutkimukset. Paikkatietosovellukset mahdollistavat myös järjestelmään syötetyn tiedon käsittelyn ja analysoinnin.

Paikkatiedon hyödyntämisestä seuraava askel on viemäriverkostomallien tuottaminen. Mallien tuottaminen on helpottunut erilaisten paikkatieto- ja verkkotietojärjestelmien kehittymisen myötä, ja nykyisin malleja voidaan luoda suoraan järjestelmien sisältämistä verkostotiedoista. Myös mallinnuksessa käytettävien ohjelmien kehittyminen on osaltaan helpottanut mallinnustyötä.

Mallinnusta käytetään yleisesti muun muassa verkoston toiminnan tarkasteluun, saneerauksen suunnitteluun, pumppujen mitoitukseen ja sijoittamiseen, vikojen etsintään, energia- ja kustannuslaskelmien laatimiseen sekä erilaisten ratkaisujen vertailuun (AWWA 2012). Viemäriverkoston mallinnuksessa tarvittavia tietoja ovat muun muassa putkien sijainnit ja materiaalit, viemäriyypit sekä maaperätiedot. Ennen mallinnuksessa tarvittavien lähtötietojen keräämistä onkin tärkeää selvittää millaista mallia ollaan rakentamassa ja miten yksityiskohtainen mallin tulee olla, sillä se, mitä ollaan mallintamassa ja mitä mallilla halutaan kuvata, vaikuttaa mallinnuksessa tarvittavan lähtöaineiston määrään. Vesihuollon tarpeisiin on kehitetty verkkotietojärjestelmiä, joiden avulla voidaan tuottaa verkostomalleja verkosto- ja kulutustietojen pohjalta. Näissä järjestelmissä tieto on sähköisessä muodossa, joten sen käsittely ja kokoaminen mallinnusta varten on helpompaa kuin perinteisillä menetelmillä. Kun mallinnusta varten tarvittavat tiedot on saatu järjestelmästä, voidaan tarvittavat tiedot siirtää mallinnusohjelmaan. Mallinnuksessa tarvittavat verkostotiedot voidaan noutaa myös paikkatietojärjestelmistä, mikä helpottaa mallinnustyötä merkittävästi. (Pennanen 2013.)

Vaikka kaikki tarvittavat tiedot viedään mallinnusohjelmaan, ei silti voida olettaa, että malli olisi tarkka kuvaus verkoston toiminnasta. Mallia voidaan säätää vastaamaan kenttämittauksista saatuja tuloksia riittävällä tarkkuudella kalibroinnin avulla. Kalibrointiprosessissa mallin tuloksia verrataan kentältä saatuihin mittaustuloksiin, ja niiden pohjalta järjestelmään tehdään tarvittavat täsmennykset. (Aarnio 2016.)

Aarnion (2016) diplomityössä tarkastellaan pintamittausten käyttökelpoisuutta viemärimallin kalibrointiin. Tutkimuksen perusteella vaikuttaisi siltä, että pintamittareita voidaan ainakin osittain käyttää mallin kalibrointiin. Mittareiden sijoituspaikka on kuitenkin valittava huolella, jotta tuloksista saadaan riittävän luotettavia.

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Putkivuotojen havainnointiin on kehitetty kustannustehokkaita menetelmiä, mutta ne eivät välttämättä toimi luotettavasti paineettomissa viemäriputkissa, joissa ongelmana on veden tunkeutuminen putkiin eikä vuoto ulospäin. Menetelmillä voidaan ehkä paikantaa ympäristön kosteampia kohtia, jotka aiheuttavat mahdollisen vuotoveden pääsyä viemäriin. Menetelmissä on kuitenkin niin monia epävarmuustekijöitä, että

menetelmien toimintaa tulisi ensin tutkia kontrolloiduissa olosuhteissa. Jätevesijärjestelmän paineettomien putkien osuus vaikeuttaa myös esimerkiksi akustiikkaan perustuvien menetelmien käyttöä. Muissa maissa käytettyjen menetelmien soveltuvuus Suomeen muun muassa maaperän ominaisuuksien on myös epävarmaa.

Älykkäitä järjestelmiä putkien kunnan valvontaan kehitetään jatkuvasti paremmiksi, mutta toistaiseksi materiaalikustannukset eivät kannusta putkien hankintaan. Järjestelmät tulevat kysymykseen korkeintaan erityisen herkissä kohteissa. Teknologian kehittyessä ja yleistyessä tuotantokustannukset ja sitä kautta myös investointikustannukset kuitenkin todennäköisesti alenevat.

Verkoston toimivuudesta saadaan paljon tietoa normaalin käytön ja tarkkailun yhteydessä. Parhaat mahdollisuudet kustannustehokkaaseen vuotoveden havainnointiin vaikuttaisikin olevan jätevesiverkoston tietojen ja ympäristön olosuhteiden kokonaisvaltaisessa analysoinnissa. Kun järjestelmien keskinäistä kommunikointia sekä verkoston mallinnusta kehitetään, saadaan verkoston toiminnasta enemmän tietoa. Näin jo pienetkin muutokset järjestelmän toiminnassa voidaan havaita ja niiden aiheuttajat analysoida.

Kaiken saatavissa olevan tiedon yhdistäminen samaan järjestelmään antaa kokonaiskuvan verkoston kunnosta. Järjestelmien avulla on mahdollista panna merkille pienetkin verkoston toimintamuutokset, jolloin vuotovesien pääsy järjestelmään havaitaan jo varhaisessa vaiheessa. Datan analysoinnin, mallinnuksen ja simuloinnin avulla voidaan tilanteita myös ennakoida.

## LÄHTEET

- Aarnio, K. 2016. Pintamittauksen hyödyntämismahdollisuudet viemäriverkostomallin kalibroinnissa. Diplomityö. Aalto-yliopisto. [https://www.google.fi/url?sa=t&rc=t=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjCptS-SuL7WAhXIKJoKHet4CAMQFggtMAA&url=https%3A%2F%2Faaltodoc.aalto.fi%2Fbitstream%2Fhandle%2F123456789%2F23657%2Fmaster\\_Aarnio\\_Katariina\\_2016.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&usq=AFQjCN-HWR533WK6m\\_MOB8H-VHcG5TrlSw](https://www.google.fi/url?sa=t&rc=t=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjCptS-SuL7WAhXIKJoKHet4CAMQFggtMAA&url=https%3A%2F%2Faaltodoc.aalto.fi%2Fbitstream%2Fhandle%2F123456789%2F23657%2Fmaster_Aarnio_Katariina_2016.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&usq=AFQjCN-HWR533WK6m_MOB8H-VHcG5TrlSw)
- AWWA. 2012. Computer Modelling of Water Distribution Systems. American Water Works Association. Third edition. AWWA Manual 32. <http://www.awwa.org/Portals/0/files/publications/documents/M32LookInside.pdf>
- Detect a leak. 2017. Leaks underground. <https://detectaleak.com.au/leaks-underground/>
- FCG. FCGsmart. N.d Verkoston toiminnan monitorointi. Finnish Consulting Group Oy. <http://www.fcgsmart.fi/ratkaisut/verkoston-toiminnan-monitorointi>
- Georadar. 2005. Leakage detection using GPR. <http://www.geo-radar.pl/en/offer/research/engineer/stadium/index.htm>
- Goldshleger, N. & Basson, U. 2016. Utilization of Ground-Penetrating Radar and Frequency Domain Electromagnetic for Investigation of Sewage Leaks. <https://www.intechopen.com/books/environmental-applications-of-remote-sensing/utilization-of-ground-penetrating-radar-and-frequency-domain-electromagnetic-for-investigation-of-se>
- Hao, T., Rogers, C.D.F., Metje, N., Chapman, D.N., Muggleton, J.M., Foo, K.Y., Wang, P., Pennock, S.R., Atkins, P.R., Swingle, S.G., Parker, J., Costello, S.B., Burrow, M.P.N., Anspach, J.H., Armitage, R.J., Cohn, A.G., Goddard, K., Lewin, P.L., Orlando, G., Redfern, M.A., Royal, A.C.D. & Saul, A.J. 2012. Condition assessment of the buried utility service infrastructure, Tunnelling and Underground Space Technology, Vol. 28, s. 331–344.
- HSY. 2017. Viemäriverkon älypilotointi. Helsingin seudun ympäristöpalvelut. <https://www.hsy.fi/repa/fi/alykasvesi/Sivut/Verkoston-mittausdata.aspx>
- Hänninen, P. 1991. Maatutkaluotaus maaperägeologiassa tutkimuksissa. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 103. [http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr\\_103.pdf](http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_103.pdf)
- Huotari, T. Geofyysikko. Geologian tutkimuskeskus. Henkilökohtainen tiedonanto. 29.8.2017.
- Jalonen, M. 2010. Vuotovesitutkimus Liedon kunnassa. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/23993/Jalonen\\_Mikko.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/23993/Jalonen_Mikko.pdf?sequence=1)
- Jansen, J.D. 2001. Smart Wells. [http://pages.citg.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/CiTG/Over\\_de\\_faculteit/Afdelingen/Afdeling\\_Geotechnologie/secties/Sectie\\_Petroleum\\_Engineering/research/Smart\\_fields/publications/doc/Smartwells.pdf](http://pages.citg.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/CiTG/Over_de_faculteit/Afdelingen/Afdeling_Geotechnologie/secties/Sectie_Petroleum_Engineering/research/Smart_fields/publications/doc/Smartwells.pdf)



- Kuikka, S. 2016. Nopeasti päivittyvää tilannekuvaa vesi- ja viemäriverkostoista helppo-käyttöisellä karttapohjalla. Underground City Oy. Oy DigiSewer Productions Ltd. 16.11.2016. [https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/19653206/Vesi-+ja+-viem%C3%A4riverkosto+kartalla\\_Sakari+Kuikka+16112016\\_2.pdf/b051aac4-a8ea-4e9b-b591-fc9b3ad6507a](https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/19653206/Vesi-+ja+-viem%C3%A4riverkosto+kartalla_Sakari+Kuikka+16112016_2.pdf/b051aac4-a8ea-4e9b-b591-fc9b3ad6507a)
- Lampola, T. & Kuikka, S. 2016. Viemärikuvauksen automaattisen tulkinnan kehittäminen osana ÄlykäsVesi-hanketta. [http://www.fistt.net/wp-content/uploads/2016/04/F\\_Lampola\\_AlykasVesi.pdf](http://www.fistt.net/wp-content/uploads/2016/04/F_Lampola_AlykasVesi.pdf)
- Lin, Y-F., Liu, C. 2009. Smart Pipe: Nanosensors for Monitoring Water Quantity and Quality in Public Water Systems. Illinois State Water Survey Institute of Natural Resource Sustainability. University of Illinois at Urbana-Champaign. <http://www.isws.illinois.edu/pubdoc/CR/ISWSCR2009-11.pdf>
- Markovaara-Koivisto, M. 2017. Tutkija. Geologian tutkimuskeskus. Henkilökohtainen tiedonanto. 29.8.2017.
- Oravainen, R. 1999. Vesistötulosten tulkinta -opasvihkonen. <http://kvvy.fi/wp-content/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf>
- PA-VE Oy. Monitorointikaivot. Palo- ja Vesitekniikka PA-VE Oy. <http://pa-ve.fi/monitorointikaivot/>
- Pennanen, V. 2013. Epanet ja SWMM osana verkkotietojärjestelmää. Opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu. Tekniikan ja liikenteen ala. [http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/64569/Pennanen\\_Ville.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/64569/Pennanen_Ville.pdf?sequence=1)
- Pure Technologies. N.d. SmartBall® Leak Detection. <https://www.puretechltd.com/technologies-brands/smartball/smartball-leak-detection>
- Rautiainen, M. 2017. Vesi atomi atomilta. Tekniikka & Talous 7/2017.
- Silvast, M. & Nurmikolu, A. 2015. Maatutkamenetelmän soveltaminen ratarakenteen kunnossapito- ja parannussuunnittelussa. Liikennevirasto. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 21/2015. [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts\\_2015-21\\_maatutkamenetelman\\_soveltaminen\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2015-21_maatutkamenetelman_soveltaminen_web.pdf)
- Vuotovesien hallinta. 2010. Vesijohtovuotojen vähentäminen. <https://www.sykli.fi/Portals/5/Julkaisut%20vanhoilta%20sivuilta/Vuotovesi%20v14%20valmis%20072010.pdf>
- WRM Systems. 2015. Manuaaliset vedentasomittarit. <https://www.wrm-systems.fi/solinst.waterlevel.php>
- Zalma, B. 2004. Infrared Detection of Water Damage. IRMI – International Risk Management Institute. <https://www.irmi.com/articles/expert-commentary/infrared-detection-of-water-damage>
- YLE. 2010. Vaasan kaukolämpöverkot kuvattiin lämpökameralla. Mari Latva-Karjanmaa. 28.4.2010. <https://yle.fi/uutiset/3-5552570>

# SÄHKÖISET JÄRJESTELMÄT JÄTEVESIVERKOSTON VALVONNAN APUNA

Riina Tuominen & Jyri Eskelinen

Vesihuollon verkostojen toimintaan, seurantaan, tarkkailuun, valvontaan ja ohjaamiseen käytetään monenlaisia järjestelmiä. Järjestelmäkokonaisuuden toimivuus edellyttää käytössä olevien eri järjestelmien välistä toimivaa tiedonsiirtoa ja kommunikointia. Vesihuoltolaitoksilla on usein käytössään monia erilaisia ohjelmia, jotka eivät keskustele keskenään. Toiminnot saattavat olla myös päällekkäisiä. Kokonaisvaltaista ohjelmistoa suunniteltaessa tärkeintä olisi saada eri järjestelmät kommunikoimaan toistensa kanssa. Tämä voidaan mahdollistaa erilaisten rajapintojen avulla. (Niskanen 2013, Rusi 2016.)

## VESIHUOLTOLAITOSTEN JÄRJESTELMÄT

Vesihuoltolaitosten käytössä olevat toiminnan valvontaan luodut järjestelmät, kuten maantieteelliset tietojärjestelmät (GIS) sekä järjestelmien valvonta- ja tiedonhankintajärjestelmät (SCADA), auttavat vesihuollon toimijoita sijoittamaan laitteistojaan, seuraamaan järjestelmän toimintoja ja valvomaan pumppuja ja poikkeavia tilanteita. Ne eivät kuitenkaan pysty ennakoimaan tulevia tilanteita, mikä olisi tarpeen, jotta voitaisiin mallintaa ja optimoida tulevia tapahtumia. Nykyisillä järjestelmillä ei myöskään ole valmiuksia ennustaa mahdollisia ylivuotoja tai ehdottaa tapoja niiden välttämiseksi. (Boulos 2013.)

Automaatio- ja kaukovalvontajärjestelmiä käytetään tyypillisesti isommissa vesilaitoksissa. Pienemmissä laitoksissa hyödynnetään yleensä kevyempiä hälytys- ja valvontajärjestelmiä, esimerkiksi GSM-järjestelmiä. (Niskanen 2013.) Aiempaa tarkempaan verkoston toiminnan seurantaan kannustavat taloudelliset tekijät ja ympäristötietoisuuden kasvu. Toimintaa optimoimalla voidaan vähentää kemikaalien käyttöä ja energiankulutusta sekä pienentää hiilidioksidipäästöjä. Seurannan avulla rajalliset aika- ja raharesurssit voidaan kohdentaa välttämättömiin kohteisiin. Teknologian kehittyessä ja halventuessa ratkaisuja tulee yhä enemmän alan toimijoiden ulottuville. (FCG 2014.)

## TIEDON HALLINTAJÄRJESTELMÄT

Tietojen käsittely ja prosessoinnin apuna käytetään yhteensovittavaa ohjelmistoa. Tällaisen ohjelmiston avulla voidaan automatisoida ohjauksen, valvonnan ja raportoinnin kaltaisia toimintoja. Ohjelmistoilla voidaan sekä hyödyntää että tuottaa paikkatietoa ja tehdä mallinnuksia. Tavoitteena on saavuttaa mahdollisimman tarkka ja reaaliaikainen tilannekuva verkoston ja siihen liittyvien pumppaamojen ja laitosten toiminnasta. Ohjelmiston avulla saadaan tietoa verkostojen ja laitteiden kunnosta, verkostojen hydraulisesta toiminnasta sekä vedenlaadusta. Ohjelmistoon voidaan sisällyttää myös muutosten ja poikkeaminen seuranta sekä automaattiset hälytykset ja muistutukset. Tällaisia ohjelmistoja tarjoavat muun muassa Finnish Consulting Group

Oy (FCG) ja Mipro Oy. Finnish Consulting Group Oy:n tuotevalikoimasta tietojen yhteensovittamiseen soveltuu Mahti-hallintajärjestelmä. Kuvassa 1 näkyvä Mipro REGO on puolestaan karttapohjainen tilannekuvajärjestelmä, joka kokoaa yhteen kriittisen tilannetiedon reaaliaikaisesti eri järjestelmistä ja jalostaa sen tavoitteisiin sidotuiksi mittareiksi (Key Performance Indicators, KPI). (FCG 2014, FCG, Mipro.)



*Kuva 1. Mipro REGO tilannekuvajärjestelmä (kuva Mipro Oy).*

Toimiva tilannekuvajärjestelmä antaa käyttäjälle olennaisen tilanteeseen liittyvä tiedon sekä helpottaa asioiden seuraamista kokonaisuutena (Seppä 2009). Sen avulla voidaan liittää, analysoida ja visualisoida tietoja erillisistä järjestelmistä, joita saattaa olla jopa kymmeniä (kuva 2). Tilannekuvajärjestelmä voi olla yksinkertaistettu kuvaus prosessista, mutta laajemmissa kokonaisuuksissa voidaan käyttää esimerkiksi kartta-pohjaista tilannekuvajärjestelmää. (Ikonen 2017.)



*Kuva 2. Laboratorioiden analyysitulokset ovat esimerkki tyypillisestä integraatiosta vesihuollon tilannekuvajärjestelmään (kuva Mipro Oy).*

Tilannekuvajärjestelmän avulla tietoja voidaan visualisoida ja analysoida. Lisäksi ne saadaan yhdistettyä samaan käyttöjärjestelmään. Järjestelmässä voidaan tarkastella kartalla samanaikaisesti useita tekijöitä, esimerkiksi sadevesiviemäriinjoja ja valuma-alueita. Käyttäjää voi valita karttaan näkymään eri osa-alueita, kuten laitoksia, pumppaamoja tai putkistoja. Lisäksi käyttäjä voi lisätä tapahtumia kartalle ja kirjata niihin yksityiskohtia. (Ikonen 2017.)

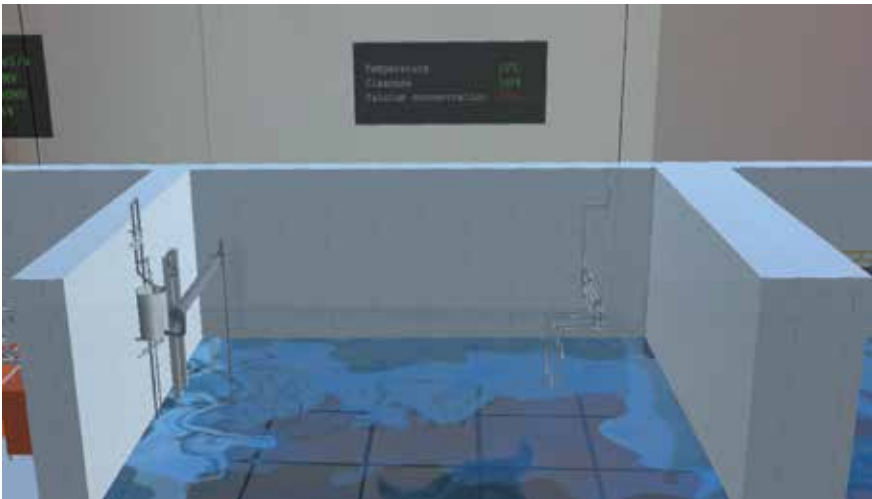
## JÄRJESTELMIEN TUOMAT MAHDOLLISUUDET

Markkinoille on tulossa yhä älykkäämpiä järjestelmiä, jotka mahdollistavat verkoston etävalvonnan, ohjauksen, optimoinnin ja ongelmia ennaltaehkäisevän hallinnan. Ne sisältävät työkaluja datan avaamiseen, yhdistämiseen ja jalostamiseen toimijaa hyödyttävään muotoon. Eri järjestelmät keskittyvät tekemään yhden tai korkeintaan muutaman asian hyvin. Informaatiota ja jalostettua dataa jaetaan eri järjestelmien välillä useita eri tietolähteitä samalla hyödyntäen. On siksi tärkeää, että tietolähteinä käytetyt järjestelmät pystyvät kommunikoimaan keskenään. (FCG 2014.)

Tietoteknisten järjestelmien keskinäinen ja sisäinen kommunikointi on ottanut huimia teknologisia harppauksia viime vuosina. ”Mikropalveluilla” viitataan ohjelmistokehityksen nykyaikaiseen arkkitehtuurimalliin, jossa kukin sovellus rakennetaan pienistä itsenäisistä rakennuspalikoista, mikropalveluista. Kukin mikropalvelu huolehtii pelkästään omasta prosessistaan ja keskustelee muiden palveluiden ja sovellusten kanssa kevyiden rajapintojen välityksellä. (Fowler ym. 2014.)

Valvonta- ja mittalaitteiden tuottamaa tietoa voidaan yhdistää valvontajärjestelmiin. Innovatiivisia tekniikoita, kuten mittausdataa kerääviä kaivonkansia voidaan käyttää virtaamamittauksiin; toisaalta tiedot voidaan tuoda myös perinteisemmistä SCADA-järjestelmistä. Korkean resoluution säämalleja voidaan käyttää tuottamaan tarkkoja tulvakarttoja, joilla on vaikutuksia tarkasteltavaan alueeseen. Viemäristöverkostosta saatuja tietoja voidaan käyttää myös huoltojen suunnittelussa. Järjestelmien kehittyneemmät analytiikka- ja optimointimahdollisuudet tuottavat ehdotuksia toimenpiteistä, joilla voidaan välttää virtaamapiikit. Verkoston venttiilejä, pumppuja tai muita mahdollisia ohjaus- ja hallintalaitteita voidaan älykkäässä järjestelmässä kauko-ohjata järjestelmän avulla tasapainottamaan viemäriverkkojen vesimassan varastointia ja välttämään mahdollisia ylivuotoja. (Nunes 2009.)

Esimerkiksi Mipro Oy hyödyntää eri järjestelmien, laitteiden ja sovellusten välisessä kommunikoinnissa tähän tarkoitukseen suunniteltua mikropalveluarkkitehtuuria (Mipro Industrial Cloud, MIC). Näin ollen vaikkapa automaatiojärjestelmästä peräisin oleva veden virtaustieto voidaan yhdistää verkkotietojärjestelmän paikkatietoon ja esittää näin saatu yhdistelmä tieto samaan aikaan tilannekuvajärjestelmässä, kunnossapidon hallintajärjestelmässä tai lisätyn todellisuuden (augmented reality) sovelluksissa (kuva 3).



*Kuva 3. Vesihuollon prosessitietoa lisättyssä todellisuudessa (augmented reality) (kuva Mipro Oy).*

HSY, Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymän ÄlykäsVesi-hankkeessa pyritään luomaan työkaluja viemäriverkoston vuotovesien hallitsemiseksi. Yhtenä osa-alueena on jätevesipumppaamoiden keräämän datan automaattinen eheytyks. Sähkönkulutukseen perustuva korjaus tuottaa laskennallisesti virtaamatietoja tiedonsiirrosta johtuvia katkosten tai virheellisten mittausten tilalle. Tämä mahdollistaa datan analysoinnin älykkäiden järjestelmien käyttöön. Sovellus jo käytössä noin 150 pumppaamolla. Hankkeessa kehitetään viemäroinnin uusia ja innovatiivisia älykkäitä järjestelmiä. Tavoitteena on myös rakentaa työkalut modernin vesihuollon tuottaman kasvavan tietomäärän hallintaan. (Älykkäät vedet 2017.)

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Vesihuollon eri järjestelmät ja laitteet tuottavat jatkuvasti tietoa toiminnastaan. Usein ongelmana ei olekaan tiedon puute vaan se, että tietoa ei osata tai pystyttyä hyödyntämään kokonaisvaltaisesti. Tietojen tehokas hyödyntäminen edellyttää, että tiedot on tallennettu sähköisesti ja että ne ovat siirrettävissä. Havainnollisen tilannekuvajärjestelmän avulla voidaan löytää olennainen ja luotettava tieto, minkä jälkeen sen pohjalta voidaan tehdä päätelmiä ja päätöksiä toimenpiteiden tarpeellisuudesta.

Tietojen avulla voidaan myös mallintaa eri tilanteita ja löytää tekijöitä, jotka vaikuttavat tilanteiden syntyyn. Vuotovesien havainnoissa on olennaista tarkastella rinnakkain eri tietojen avulla vuotovesien määrää, verkostossa ilmeneviä ongelmia sekä niiden aiheuttajia ja seurauksia. Näin mahdolliset vuotokohdat voidaan myös paikantaa.

Toimivien ja tarkoituksenmukaisten järjestelmien avulla verkoston hallinta helpottuu ja toimintavarmuus vesihuoltolaitoksissa paranee. Tämä luo myös pohjan paremmalle päätöksenteolle sekä konkreettiselle kehitystyölle, jossa huomioidaan käytössä olevat resurssit.

## LÄHTEET

- Boulos, P.F. 2013. Making Wastewater Systems Smarter. [http://www.innovyze.com/news/published\\_research/MakingWastewaterSystemsSmarter.pdf](http://www.innovyze.com/news/published_research/MakingWastewaterSystemsSmarter.pdf)
- FCG. 2014. FCGsmart. Älykkään vesihuollon järjestelmät. [http://www.fcgsmart.fi/sites/default/files/FCGsmart\\_%C3%A4lyk%C3%A4s\\_vesihuolto\\_esite.pdf](http://www.fcgsmart.fi/sites/default/files/FCGsmart_%C3%A4lyk%C3%A4s_vesihuolto_esite.pdf)
- Fowler, M & Lewis, J. 2014. Microservices. Blogi. Saatavissa: <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>
- Ikonen, A. 2017. Turvallisuuden ja jatkuvuuden hallinnan informaatio-arkkitehtuurin kehittäminen. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Ympäristötekniikan koulutusohjelma.
- Mipro. Mipro REGO -tilannekuva. <http://www.mipro.fi/fi/business-lines/environment/Mipro-REGO-tilannekuvaj%C3%A4rjestelm%C3%A4/>
- Niskanen, I. 2013. Vesihuollon automaatiojärjestelmät. Opinnäytetyö. Savonia-amattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma.
- Nunes, S. 2009. Smart Systems for Planetary Water Management. [https://sdm.mit.edu/conf09/presentations/sharon\\_nunes.pdf](https://sdm.mit.edu/conf09/presentations/sharon_nunes.pdf)
- Rusi, M. 2016. Vesihuoltoverkoston saneerauksen merkitys vesihuollon kustannuksiin ja toimivuuteen. Paraisten kaupunki. [https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/19653206/Vesihuoltoverkoston+saneerauksen+merkitys+vesihuollon+kustannuksiin+ja+toimivuuteen\\_M+Rusi\\_Paraisten+kaupunki.pdf/4243ac32-b7ae-4048-a283-e51616297752](https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/19653206/Vesihuoltoverkoston+saneerauksen+merkitys+vesihuollon+kustannuksiin+ja+toimivuuteen_M+Rusi_Paraisten+kaupunki.pdf/4243ac32-b7ae-4048-a283-e51616297752)
- Seppä, A. 2009. Historiatiedon toisto ja tallennus tilannekuvajärjestelmässä. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto.
- Älykkäät vedet. 2017. Älykkäät vedet – HSY:n projekteja ylivoitojen vähentämiseksi. Vantaanjoen virtavesikunnostukset ja jätevesiylivoitojen vähentäminen -seminaari. 26.4.2017. [http://www.vhvsy.fi/files/upload\\_pdf/6978/HSY.pdf](http://www.vhvsy.fi/files/upload_pdf/6978/HSY.pdf)

# ETELÄ-SAVON VUOTOVESITUTKIMUS

Leena Vihavainen & Suvi Virta & Riina Tuominen

Suuret vuotovesimäärät voivat aiheuttaa ongelmia sekä verkostossa että jätevedenpuhdistamolla. Kun selvitetään verkoston pahimmat vuotoalueet, saneeraukset voidaan kohdentaa oikein ja saneerausohjelma laatia kohteiden kiireellisyys huomioon ottaen. Esiselvitys Etelä-Savon vesihuoltolaitosten vuotovesistä -hankkeessa (VEVO) kartoitettiin viemäriverkoston vuotovesiä. Työn toteutti Ramboll Oy kolmen tarkastelualueen, eli Mikkelin Tuppuralan, Savonlinnan Heikinpellon ja Pieksämäen Nenonpellon Vaalijalan kuntayhtymän alueilla.

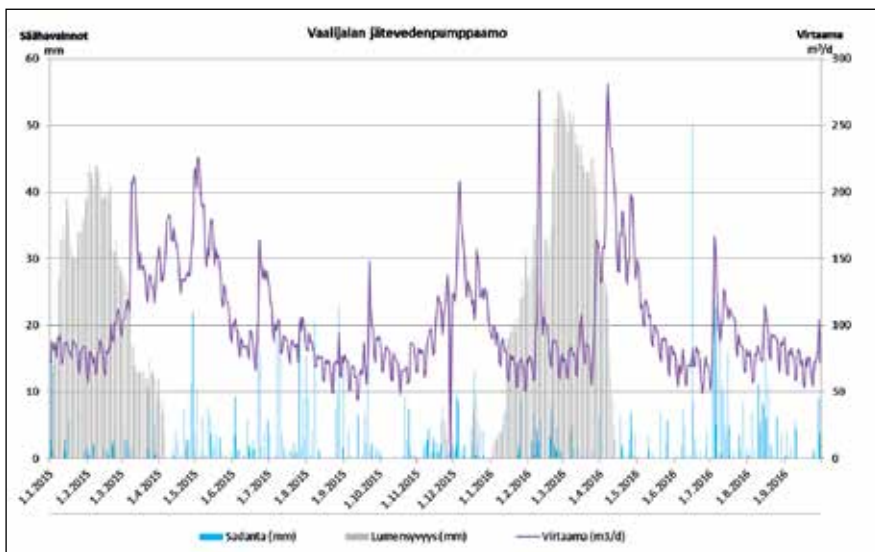
Vuotovesiselvityksessä tunnistettiin vuotavimmat verkostoalueet ja linjaosuudet. Tarkastelualueen jätevedenpumppaamoiden virtaamadataa ja säätietoja analysoimalla arvioitiin pumppaamoalueiden vuotavuutta. Analyysin tukena käytettiin maaperä- ja johtotietoja sekä vesilaitoshenkilöstön paikallisasiantuntemusta. Analyysissä arvioitiin myös pinta- ja pohjavalunnan vaikutusta vuotovesiin. Jäteveden sähkönjohtokyky- ja lämpötilamittausten avulla havainnointiin jätevesien laimenemista sekä arvioitiin linjojen vuotavuutta. Selvityksessä määritettiin linjojen vuotavuustasot, joiden perusteella voidaan kohdistaa saneeraustoimenpiteitä sekä lisätutkimuksia vuotavimmille linjoille. Kohdistamalla toimenpiteet vuotavimmille linjoille ja kaivoille saadaan viemäriverkostoon ja jätevedenpuhdistamolle päätyvien vuotovesien määrää vähennettyä kustannustehokkaasti.

## LÄHTÖTIETOJEN ANALYSOINTI

Tutkimussuunnitelman laadinnassa käytettiin apuna tutkimusalueiden lähtötietoja. Tiedoista selvitettiin viemäriverkoston rakennetta, kokonaisjätevesivirtaamia sekä jätevedenpumppaamoiden pumppaamia vesimääriä.

Vuotovesien muodostumista arvioitiin tarkastelemalla tutkimusalueiden maasto- ja ympäristöolosuhteita. Karttatarkastelussa käytettiin Paikkatietoikkunan maaperäkarta-aineistoja, joiden päälle sijoitettiin alueen jätevesiviemäriverkojen kaaviot.

Tarkastelualueiden viemärintialueet jaettiin verkostokarttojen perusteella pumppaamokohtaisiin valuma-alueisiin. Pumppaamoiden vuorokausivirtaamia verrattiin lämpötila-, lumensyvyys- ja sademäärätietoihin ajalla 1.1.2015–30.9.2016. Kuvassa 1 on esitetty Pieksämäen Vaalijalan pumppaamon virtaamatietoihin yhdistetyt lumensyvyys- ja sademäärätiedot.



Kuva 1. Pieksämäen Vaalijalan jätevedenpumppaamon sadanta, lumensyvyys ja virtaama.

Virtaamatiedoista saadaan arvioitua pumppaamoiden valuma-alueilla muodostuvat sekä alueiden läpi kulkevat keskimääräiset virtaamat kuivana ja märkänä aikana. Pumppaamoiden virtaamatietojen perusteella voidaan laskea vuotovesikertoimet, pumppaamoalueiden vuotavuus huippuvirtaamalla (l/s) ja huippuvirtaamatilanteen vuotavuus viemäroinnin johtokilometrille (l/s/km).

Määritetty vuotovesikerroin sisältää kaiken pumppaamoiden läpi kulkevan veden, eikä se välttämättä kerro kyseisen pumppaamon oman valuma-alueen vuotovesitilannetta tarkasti. Vuotovesikertoimet nimittäin sisältävät sekä pumppaamon oman valuma-alueen että yläpuolisten pumppaamoiden valuma-alueet. Vuotovesikerroin lasketaan vertaamalla kevään huippuvirtaamaa niin sanottuun kuivan ajan minimivirtaamaan säädä huomioiden.

Suhteellinen vuotavuus johtokilometrille saadaan laskettua jakamalla pumppaamoalueen arvioitu vuotavuus pumppaamon valuma-alueen viettoviemäroinnin johtokilometreillä. Pumppaamoalueiden vuotavuus johtokilometrillä (l/s/km) määritetään huippuvirtaamatilanteessa. Vuotavuuden suositusarvo on 0,3–0,6 l/s/km (RIL 2010).

## MITTAUKSET JA MAASTOSELVITYKSET

Vuotovesimittausten ja maastonselvitysten ajankohtaa ei voitu valita otollisten sääolosuhteiden mukaan (kuiva ja märkäkausi), vaan ne tehtiin sopimuksen mukaisesti muuhun hankeaikatauluun sovittaen marraskuussa 2016.

Tutkimus aloitettiin jätevedenpumppaamon tulokaivosta. Tutkimuspisteiden kaivoista tehtiin silmämääräinen kuntoarvio ja tulohaarojen virtaama-arvio. Havainnot merkittiin kaivokorttiin, ja kaivo kuvattiin. Saatujen tulosten perusteella päätettiin, mitä linjaa pitkin mitatusta kaivosta lähdettiin jatkamaan tutkimuksia. Mittaukset kohdistettiin laimeneville linjoille (pienin sähkönjohtokyky) ja virtaamaltaan suurille linjoille etenemällä yläjuoksun suuntaan tutkimusalueen rajoille.



Mittaukset suoritettiin valituissa viemäriinjan solmupisteissä kertamittauksina päiväsaikaan. Valituilta tutkimuspisteiltä mitattiin sähkönjohtavuus ja virtaama. Mittaukset tehtiin tarkastelualueilla yhteensä 61 kaivosta. Tutkimusten perusteella selvitettiin viemäriverkoston vuotavuutta linjakohtaisesti ja arvioitiin vuotovesien osuutta virtaamasta. Sähkönjohtavuutta verrattiin tyypillisiin jäteveden arvoihin. Näin pystyttiin määrittämään tarkemmin ongelmakohtia sekä saatiin rajattua vuotavia alueita ja tunnistettua vuotavimmat linjaosuudet.

## TUTKIMUKSEN TULOKSET

Veden sähkönjohtavuus ja lämpötila ovat verrannollisia vuotovesien määrään. Yhdyskuntajäteveden tyypillinen sähkönjohtavuusarvo on kuivana aikana 100–140 mS/m. Sähkönjohtavuuden arvot pinta- ja pohjavesissä ovat tyypillisesti 3–10 mS/m. Hulevesissä voi paikoitellen olla hieman korkeampi sähkönjohtavuus esimerkiksi maantiesuolauksen vuoksi. (Oravainen 1999.)

Suoritetuissa mittauksissa sähkönjohtavuus vaihteli arvosta 32 mS/m korkeaan jäteveden arvoon 350 mS/m. Mikkelissä ja Savonlinnassa tarkastelluilla linjoilla oli kohteita, kuten kaatopaikka ja sairaala, joiden jätevesien sähkönjohtavuudet poikkeavat normaalista jätevedestä. Kaatopaikka- ja muissa teollisuusjätevesissä on poikkeava koostumus, ja niillä on tyypillisesti korkea sähkönjohtokyky. Niiden lämpötila voi myös olla tavanomaista yhdyskuntajätevettä suurempi tai pienempi.

Jäteveden lämpötila vaihteli mittauspisteissä 5,8–19,6 °C:een välillä. Yleensä sellaisissa kaivoissa, joissa sähkönjohtavuudet ovat jäteveden sähkönjohtavuuksien tasolla, lämpötilojen on todettu olevan korkeampia kuin kaivoissa, joissa sähkönjohtavuudet ovat alhaisempia. Erityisesti lumien sulamisvesi on viileämpää kuin jätevesi, jolloin veden viileneminen mittauspisteeltä kertoo sulamisvesien pääsystä viemäriin, kun mittaukset suoritetaan lumen sulamisaikana keväällä.

Viemäriosuudet luokiteltiin tutkimuksen perusteella vuotavuusluokkiin. Luokitus merkittiin verkostokartoille. Vuotavuusluokkien kuvaukset ovat esitetty kuvassa 2.

Lisätutkittavat ja todennäköiset saneeraussuosituskohteet, alueella runsaita vuotoja

Lisätutkittavaksi suositellut kohteet, alueella mahdollisia vuotoja

Alueella korkeintaan vähäisiä vuotoja

Luokittelematon, lähtötietotarkastelun perusteella ei merkittäviä vuotoriskejä tai tietoja puuttuu

*Kuva 2. Viemäriosuuksien vuotavuusluokat.*

Tutkimusalueelta löytyi lisätutkimustarvetta yhteensä 7,2 km linjapituudella, joka vastaa noin 20 % tutkituista linjoista. Näillä linjoilla suositellaan tehtäväksi lisätutkimuksia tapauskohtaisen harkinnan perusteella. Lisätutkimusten perusteella voidaan määrittää tarpeen mukaan saneerausta vaativat kohteet. Hyviä menetelmiä vuotokohtien tarkempaan paikantamiseen ovat esimerkiksi kuvassa 3 esitetyt toimenpiteet.

Kuivan ja märän ajan virtaamavaihtelu (hyödyllinen esikartoituksessa ja vuotovesimäärän arvioimisessa)

Pitkän aikavälin jätevedenvirtaaman, lämpötilan ja sähkönjohtokyvyn mittaukset (saadaan selville maksimit ja minimi sekä luotettava keskiarvo)

Jäteveden laatumittaukset (laimeus, esim. sähkönjohtokyky) märkänä aikana (kustannustehokas vuotojen esikartoituksessa ja vuotovesimäärän arvioimisessa)

Viemäreiden TV-kuvaus (edellisiä kalliimpi menetelmä, mutta menetelmällä saadaan yksityiskohtaista tietoa saneeraussuunnittelua varten)

Kaivojen tarkemmat kuntoarviot (voidaan tehdä kustannustehokkaasti aistinvaraisten arvioiden perusteella)

Savukokeet tai merkkiaineselvitykset (mikäli epäillään esim. kiinteistön kuivatusvesien johtamista viemäriin)

*Kuva 3. Menetelmiä viemäriverkoston vuotokohtien paikantamiseen.*

Vuotovesiselvityksen uusimista suositellaan määrävälein, esimerkiksi kerran 10–20 vuodessa. Vuotovesimittausten yhteydessä havaittiin kaivoja, joissa on vuotoja tai rakenteellisia vikoja ja jotka tulisi korjata vuotovesien vähentämiseksi. Esimerkiksi kuvan 4 betonikaivossa on kaksi ylintä rengasta jäässä, kaivoon on muodostunut välisansa, tunkeutunut hiusjuuria ja kaivo vuotaa sulamisaikana. Tutkimuksessa löydettiin yhteensä 16 korjattavaa kaivoa.



*Kuva 4. Oikealla näkyvät betonikaivon yläosan jäätyneet renkaat. Vasemmanpuoleisessa kuvassa näkyy saman kaivon pohja ja kaivoon tunkeutuneet hiusjuuret (kuva Ramboll Oy).*

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Syksy 2016 oli erittäin kuiva, ja maassa oli mittauksen aikaan lumipeite, minkä vuoksi valumavesiä ei liikkunut samalla tavoin kuin sateisina aikoina. Ajankohta oli selvästi normaalia kuivempi, ja tuon jakson vuotovesiolosuhteiden voidaan arvioida vastaavan sydäntalven vuotovesiolosuhteita.

Mittauspäivän sääolosuhteilla on huomattava vaikutus vuotovesien määrään ja mittauksen tarkkuuteen. Vuotovesien muodostuminen on todennäköisempää sateisena kuin sateettomana päivänä. Optimaalisin mittausajankohta onkin keväällä lumen sulamisajaksi, jolloin viemäriverkostoon pääsevien vuotovesien määrä on korkeimmillaan. Erityisesti lumien sulamisvesi on viileämpää kuin jätevesi, jolloin veden viileneminen mittauspisteessä kertoo sulamisvesien pääsystä viemäriin, kun mittaukset suoritetaan lumen sulamisajaksi. Myös kesän rankkasateiden ja syyssateiden jakso on hyvä mittausajankohta. Toisaalta talven pakkasjakson ja kesän kuivankauden mittauksilla voidaan määrittää vuotovesien minimimäärä.

Toteutettu tutkimus antaa pohjan lisäselvityksille. Tutkimuksen hetkelliset mittaukset antavat suurpiirteisen tuloksen, jonka perusteella ei voida määrittää ääriarvoja eikä keskiarvoa vuotoveden määrälle. Mittaukset tulisi voida sijoittaa vuotovesien kannalta otollisimpaan aikaan kevään sulamisvesikaudelle tai syksyn sadejakson alkuun ennen roudan muodostusta. Tulosten luotettavuuden kannalta vuotovesiselvityksiin tulisi varata aikaa useita kuukausia, jotta mittaukset voidaan tehdä sekä kuivana että märkänä ajankohtana.

Tutkimus osoittaa myös, että viemäriverkoston pumppaamojen mittausdatassa on paljon verkostonhallinnan kannalta hyödyllistä, mutta osittain hyödyntämätöntä tietoa. Mittausdatan laatuun tulee kiinnittää analysoinnin yhteydessä huomiota, jotta mahdolliset virheelliset mittaukset tunnistetaan, eivätkä ne pääse aiheuttamaan virheellisiä päätelmiä.

## LÄHTEET

Oravainen, R. 1999. Vesistötulosten tulkinta -opasvihkonen. <http://kvvy.fi/wp-content/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf>

RIL. 2010. RIL 237-2-2010. Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu.

# VUOTOVESIEN VAIKUTUS VIEMÄRIVERKOSTON ENERGIA- TEHOKKUUTEEN

Leena Vihavainen & Suvi Virta & Riina Tuominen & Tuija Ranta-Korhonen

Viemäriverkoston energiankulutus muodostuu pääosin jätevedenpumppaamojen energiankulutuksesta. Viemäriverkoston energiankulutus on verrannollinen pumpattavan viemärivereden määrään. Pumpattavien vesimäärien ollessa suuria myös energiankulutus kasvaa.

## JÄTEVESIHUOLLON ENERGIANKULUTUS

Vesihuollon suurin energiankulutus syntyy jätevedenpuhdistuksesta (Inkinen 2014). Viemäriverkoston pumppausenergian tarve muodostaa myös merkittävän osan energiankulutuksesta. Jotta energiatehokkuutta voidaan kehittää, täytyy energiankulutusta seurata. Energiankulutusosuuksia tutkimalla saadaan selville energiankulutukseltaan suurimmat kohteet.

Mikäli vesihuollon kohteet, kuten pumppaamot, erotetaan sähkönkulutuksen osalta oman asiakasnumeron alle, voidaan sähkönkulutusta seurata helpommin myös pumppaamokohtaisesti. Esimerkiksi Lempäälässä on kulutusseurannan avulla löydetty muun muassa pumppaamojen viallisia laitteita, jotka korjaamalla energiankulutusta voidaan pienentää (Lempäälän kunnan energiatehokkuustyön toteutuksen raportti 2013).

Energiatehokas vesihuoltolaitos -hankkeessa etsitään uusia tapoja tehostaa vesihuoltolaitosten energiankäyttöä Vesilaitosyhdistyksen ja Motivan johdolla. Hankkeessa kootaan ja jaetaan tietoa ja kokemuksia tehdyistä toimista ja teknisistä ratkaisuksista, jotka auttavat vesilaitoksia tehostamaan energiankäyttöään. Hankkeessa tuotetaan käytännönläheisiä ohjeita vesihuoltolaitoksen energiatehokkuustoimista sekä tietoa erilaisista energiatehokkuutta edistävästä ratkaisuksista. Eri aihealueiden ohjekortit toimenpide-esimerkkeineen julkaistaan Motivan internet-sivuilla osoitteessa [www.motiva.fi](http://www.motiva.fi)/julkaisut niiden valmistuttua, ja viimeistään helmikuussa 2018. (Kiuru 2017.)

## PUHDISTUKSEN ENERGIATEHOKKUUS

Jätevedenpuhdistamojen energiankulutukseen vaikuttavat jätevedenpuhdistusvaatimusten erot, laitoksille tulevien virtaamien erot sekä jäteveden laatu. Suuret jätevedenpuhdistamot pystyvät tavallisesti puhdistamaan jätevettä suhteessa vähemmällä energialla kuin pienet laitokset, mutta myös puhdistusmenetelmä ja lietteen käsittely vaikuttavat energiankulutukseen. (Tukiainen 2009.)

Jätevedenpuhdistamojen energiankulutus vaihtelee suuresti, mikä johtuu käsiteltyjen jätevesimäärien lisäksi siitä, mitä yksikköprosesseja laitokset sisältävät. Lisäksi kullakin puhdistamolla on tehty omia energiatehokkuuteen vaikuttavia valintoja. Suomen jätevedenpuhdistamoista suuri osa on aktiivilietelaitoksia. Aktiivilietelaitok-

silla pääosa sähkönkulutuksesta syntyy biologisesta käsittelystä, josta ilmastusilman tuottaminen kompressoreiden avulla muodostaa pääosan. Ilmastuksen osuus biologisen käsittelyn energiankulutuksesta on 40–80 prosenttia. Osuus voi olla jopa puolet koko jätevedenpuhdistamon energiankulutuksesta. Jos laitoksella ei ole omaa lietteen käsittelyä, ilmastuksen osuus kokonaisenergiankulutuksesta kasvaa merkittävästi. (Tukiainen 2009.)

Puhdistamon tulopumppaukset sekä laitoksen sisäiset pumppaukset voivat kuluttaa jopa 50 prosenttia laitosten kuluttamasta kokonaisenergiasta. Sisäisiä pumppauksia ovat esimerkiksi jäteveden pumppaaminen altaasta toiseen, lietteen kierrätys sekä mädättämön sekoittaminen pumppauksella. (Tukiainen 2009.)

Puhdistamojen energiakatselmuksilla saadaan kerättyä energiatehokkuuden parantamisessa hyödyllistä tietoa. Energiakatselmuksessa selvitetään kohteen energiankulutusprofiili sekä tunnistetaan kannattavat energiansäästötoimenpiteet. Energiakatselmuksen avulla saadaan yksityiskohtaista tietoa kohteen energiankulutuksesta ja kohteeseen sopivista energiatehokkuustoimenpiteistä.

Vuotovesillä on välillinen vaikutus jätevedenpuhdistuksen energiankulutukseen. Vuotovedet lisäävät tulovirtaamaa ja vaikuttavat jäteveden laatuun aiheuttaen mahdollisesti muutostarpeita prosessin ajotapaan. Vuotovedet lisäävät myös ilmastusenergian tarvetta ja välipumppausten virtaamia.

## **PUMPPAUKSEN ENERGIATEHOKKUUS**

Pumppauksen energiankulutus riippuu muun muassa virtaamaprofilista ja pumpattavista vesimääristä, pumppujen hyötysuhteesta ja toimintapisteestä, moottorin tehosta sekä verkoston ominaisuuksista. Virtausvastuksiin verkostossa vaikuttavat muun muassa venttiilit, mutkat, verkostomateriaalien karkeus ja niin sanotut pullonkaulakohtat, joissa putken vedenvälityskyky on ympäröivää verkostoa pienempi. Pumppaamoilla energiaa voivat kuluttaa myös lämmitys ja oheislaitteet.

Kapasiteettirajoitteisessa verkostossa virtausvastushäviöt kasvavat. Pumppauksen energiankulutusta voidaan minimoida taajuusmuuttajakäytöllä, pumppujen oikealla mitoituksella ja rinnankytkennällä, virtaamien hallinnalla ja vuotovesien vähentämisellä. Pumppujen kunto, kuluminen ja likaantuminen vaikuttavat pumppujen toimintapisteeseen ja energiankulutukseen, joten säännölliset kunnossapitotoimet ovat tarpeen. (Motiva 2009.)

Pumppujen valinnassa tulisi huomioida niiden elinkaarikustannukset, jotka koostuvat hankinta-, huolto-, kunnossapito-, ympäristö- ja käyttökustannuksista. Käyttökustannukset koostuvat pääosin energiakustannuksista. Pumppujen käyttöiän arvioidaan elinkaarikustannusten laskennassa olevan noin 10–20 vuotta.

Taajuusmuuttajalla varustettujen pumppujen hankintakustannukset ovat kalliimpia kuin vakiotuotolla käyvien pumppujen, joten niiden takaisinmaksuaika on pidempi. Taajuusmuuttajakäytöllä voidaan kuitenkin saavuttaa alhaisemmat elinkaarikustannukset, koska energiankulutus pienenee. (Grundfos Industry Pump Handbook.) Taajuusmuuttajilla voidaan myös vähentää verkostoissa syntyviä paineiskuja ja niiden aiheuttamia vaurioita sekä mukauttaa pumppujen toimintaa eri virtaamatilanteisiin.

Taajuusmuuttajat ovat nykyisin ensisijainen keino pyörimisnopeuden säätöön (Motiva 2012). Pumppujen elinkaarikustannuksiin vaikuttaa myös pumpputyypin. Kuiva-asenteisten pumppujen käyttö- ja huoltokustannukset ovat yleensä uppopumppuja pienemmät, mutta toisaalta kuiva-asenteiset pumput ovat usein hankintahinnaltaan uppoasenteisiä kalliimpia.

Pumppujen mitoittavana toimintapisteenä (tuotto  $\times$  nostokorkeus) tulee käyttää tavanomaista tarvetta, jossa pumpun hyötysuhteen tulee olla optimaalueellaan. Pumpun valittaessa on lisäksi varmistettava, että sen teho riittää myös huippuvirtaamiin. Vuotovesien määrä alueella vaikuttaa pumppujen mitoitukseen, sillä pumput tulee mitoittaa kyseisen alueen todellisten virtaamien mukaan. Suurilla pumppaamoilla voidaan myös kytkeä rinnan useampia pumppuja huippuvirtaamien saavuttamiseksi, erityisesti mikäli tulovirtaamisissa on suuria vaihteluita. Pumppujen ylimitoitusta voidaan korjata myös jälkikäteen vaihtamalla pumput uusiin, vaihtamalla pumppujen moottorit pyörimisnopeuden säätämiseksi, pienentämällä pumppujen juoksupyörää nostokorkeuden pienentämiseksi tai ottamalla käyttöön taajuusmuuttaja, joka säätää pyörimisnopeutta virtaaman mukaan. (Motiva 2009.)

Merkitävimpiä tekijöitä pumppauksen energiatehokkuuden kannalta ovat pumpputyypin oikea valinta sekä pumppausjärjestelmän oikea mitoitus, mutta myös ohjaustavalla pystytään vaikuttamaan pumppujen energiankulutukseen. Tutkimusten perusteella pumppausjärjestelmien kuluttamasta energiasta on mahdollista säästää jopa 30–50 prosenttia laitteiston tai säätötavan muutoksella. (Europump and Hydraulic Institute 2001.)

Pumppaus kannattaa optimoida koko verkoston olosuhteet huomioon ottaen. Siirtolinjoille tuleva virtaama tulisi pitää mahdollisimman tasaisena; tähän voidaan pyrkiä optimoimalla linjalle pumppaavien pumppujen ohjaus siten, että pumput käyvät tavanomaisessa tilanteessa eri aikoina. Pumppausten optimoinnissa voidaan hyödyntää verkostomallinnusta, jonka avulla voidaan etsiä energiatehokkainta pumppauskokonaisuutta pumppausketjut ja koko verkoston optimaalinen toiminta huomioon ottaen. Virtaaman tasauksessa tulee kuitenkin huomioida myös verkoston huuhtoutuvuus: vähintään kerran vuorokaudessa virtausnopeuden tulee olla ainakin 0,7 m/s. Virtaaman tasaamiseen vaikuttavat myös hulevesien hallintatoimet erityisesti alueilla, joilla vuotovesien määrä on suuri. Siirtolinjoille tulevaa virtaamaa voidaan tasata myös tasausrakentein.

## **UUOTOVESIEN VAIKUTUS ENERGIANKULUTUKSEEN**

Vuotovesien päätyminen viemäriverkostoon lisää virtaamia, virtausvastushäviöitä ja pumppauksen energiankulutusta. Pumppujen toimintapiste saattaa myös siirtyä pois parhaalta hyötysuhdealueeltaan vuotovesien lisääntyessä mitoituskestä. Vuotovesien määrän vähentäminen vaikuttaa tarvittavaan pumppaustehoon vähentämällä energiankulutusta. Vaikutus korostuu erityisesti, mikäli pumput toimivat silloin edelleen parhaalla hyötysuhdealueellaan.

Vuotovesien aiheuttaman osuuden pumppauksen energiankulutuksesta voidaan arvioida tutkimuksessa käytetyn datan perusteella olevan samaa luokkaa kuin vuoto-

vesien osuus pumpattavista vesistä. Vuotovesien määrän vähentäminen vähentää siis energiankulutusta todennäköisesti lähes samassa suhteessa. Vähenevät vaikuttavat virtaaman lisäksi pumppujen ominaiskäyrät, taajuusmuuttajan käyttö, operointi, hyötysuhde, toimintapiste sekä muut paikalliset olosuhteet.

Hulevesien hallintatoimilla voidaan vaikuttaa välillisesti energiankulutukseen, koska niillä voidaan vähentää vuotovesien määrää. Mitä enemmän hulevesiä hallitaan, erityisesti paikallisesti, sitä vähemmän niitä ohjautuu viemäriverkostoihin vuotovesinä.

VEVO-hankkeessa aiemmin tehdyn selvityksen mukaan vuotovesien osuus jätevedestä Etelä-Savon kaupungeissa on yleisesti noin 40 %. Etelä-Savon kaupunkien vuotovesien aiheuttama energiankulutus on pumppaamoilla noin 300 MWh vuositasolla ja puhdistamoilla noin 500 MWh. Kokonaissähkönkustannuksella 22 snt/kWh tämä tarkoittaa keskimäärin noin 150 000 euron vuosittaista lisäkustannusta.

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Vuotovedet lisäävät energiankulutusta verkostossa, ja vaikutus kertaantuu pumppausketjuissa. Vesi- ja viemäriverkoston energiatehokkuudenkin kannalta oleellista on, että verkostojen kunto pidetään hyvänä. Verkostojen huono kunto lisää vuotoveden määrää ja aiheuttaa siten turhaa kuormitusta viemäriinjoille, pumppaamoille ja puhdistamoille. Lisääntynyt vesimäärä nostaa pumppujen käyntikertojen määrää ja vaikuttaa siten myös energiankulutukseen. Puhdistamolla lisääntynyt vesimäärä lisää pumppaus- ja ilmastuskompressorien energiankulutusta. Lisääntynyt energiankulutus aiheuttaa luonnollisesti myös lisäkustannuksia.

Viemäröinnin energiatehokkuutta parannetaan myös perinteisellä painovoimaisella jätevesien johtamisella eli viettoviemäröinnillä. Viettoviemäröinnistä ei muodostu energiakustannuksia, joten systeemin energiatehokkuuden kannalta siihen tulisi pyrkiä aina olosuhteiden salliessa. Kiinteistöt pyritään liittämään viettoviemäriin, jolloin kiinteistökohtaisia pumppuja ei tarvita. Kiinteistöjen jätevesien pumppauskustannukset kohdistuvat kiinteistöjen omistajille, mutta vaikuttavat osaltaan systeemin kokonaisenergiankulutukseen.

Verkostojen operointijärjestelmien reaaliaikaistuminen on todennäköinen tulevaisuuden kehityssuunta, joka laajentaa mahdollisuuksia pumppausten reaaliaikaiseen ohjaukseen, jossa huomioidaan muuttuvat virtaamatilanteet koko verkostossa. Pumppujen ohjausta voidaan esimerkiksi muuttaa automaattisesti tarkastelemalla muutoksen vaikutukset etukäteen automatisoidulla verkostomallinnuksella. Mallintamalla voidaan myös varautua lisääntyvään kapasiteettitarpeeseen, esimerkiksi mallintamalla ennustettujen sadetapahtumien vaikutus virtaamaan. Ennusteen perusteella voidaan ohjata pumppuja vapauttamaan verkostosta kapasiteettia ennakoitua tulevaa virtaamahuippua.



## LÄHTEET

- Europump and Hydraulic Institute. 2001. Pump Life Cycle Costs: A Guide to LCC Analysis of Pumping Systems. 1. Edition. USA, New Jersey. Hydraulic Institute. Europump. ISBN 1-880952-58-0.
- Grundfos Industry Pump Handbook. 2004. <http://net.grundfos.com/doc/webnet/mining/downloads/pump-handbook.pdf>
- Kiuru, T. 2017. Johtaja asiantuntija. Energiatehokkuus. Motiva. Henkilökohtainen tiedonanto.
- Motiva. 2009. Energiatehokas pumppausjärjestelmä, koulutusmateriaali. [https://www.motiva.fi/files/2419/Energiatehokas\\_pumppaus\\_j\\_rjestelm\\_.pdf](https://www.motiva.fi/files/2419/Energiatehokas_pumppaus_j_rjestelm_.pdf)
- Motiva. 2012. Energiatehokkaat pumput. Opas energiatehokkaiden pumppujen hankintaan ja pumppausjärjestelmän energiatehokkuuden parantamiseen. [http://www.motivanhankintapalvelu.fi/files/379/Energiatehokkaat\\_pumput.pdf](http://www.motivanhankintapalvelu.fi/files/379/Energiatehokkaat_pumput.pdf)
- Inkinen, R. 2014. Energiatehokas vesihuolto. HSY. Maailman vesipäivän seminaari 19.3.2014. <http://www.vesiyhdistys.fi/pdf/Inkinen.pdf>
- Karttunen, E. 2004. RIL 124-2 Vesihuolto 2. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL R.Y. 684 s. ISBN 951-758-438-5.
- Lempäälän kunnan energiatehokkuustyön toteutuksen raportti. 2013. [http://www.lempaala.fi/site/assets/files/11918/lemp\\_l\\_n\\_kunnan\\_energiatehokkusty\\_n\\_toteutuksen\\_raportti\\_2013.pdf](http://www.lempaala.fi/site/assets/files/11918/lemp_l_n_kunnan_energiatehokkusty_n_toteutuksen_raportti_2013.pdf)
- RIL 1993. Viemärivedenpumppaamoiden suunnittelu- ja hankintaohje. Suomen rakennusinsinöörien liitto.
- Tukiainen, T. 2009. Vesihuoltolaitosten kasvihuonepäästöt Suomessa. Diplomi-työ. Teknillinen korkeakoulu. Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta. Rakennus- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma. Espoo. 139 s.

# VUOTOVESIEN VAIKUTUS VIEMÄRIVERKOSTON HIILIJALANJÄLKEEN

Leena Vihavainen & Suvi Virta & Riina Tuominen & Tuija Ranta-Korhonen

Ilmaston lämpenemistä aiheuttavia kasvihuonekaasuja ovat muun muassa hiilidioksidi, metaani, typpioksiduuli sekä CFC-yhdisteet. Suomen kasvihuonekaasupäästöt olivat vuonna 2015 yhteensä 55,6 miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalentteina. Jätevesien puhdistuksen päästöjen osuus kasvihuonekaasujen kokonaispäästöstä oli noin 0,4 %, eli 0,25 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia. Määrä on pysytellyt jokseenkin samana viime vuosina. (Tilastokeskus 2017.)

Jätevedenkäsittelyn päästöt ovat vähentyneet 15 prosenttia vuodesta 1990. Vähentymiseen ovat vaikuttaneet muun muassa jätevesien käsittelyn tehostuminen taajamissa ja haja-asutusalueilla sekä teollisuuden jätevesistä vesistöihin pääsevän typpikuormituksen pieneneminen. (Tilastokeskus 2017.)

Jätevesien käsittelyn tuomat kokonaishyödyt ympäristölle ovat merkittävästi suuremmat kuin haitat, jotka syntyvät jätevesien käsittelemisestä. Laskelmien perusteella jätevesien käsittelystä (viemärointi, jätevesien käsittely, lietteiden kaatopaikkakäsittely) aiheutuva ympäristöhaitta on alle sadasosa käsittelyllä saatuun hyötyyn verrattuna. (Tenhunen ym. 2000.) Ympäristöä huomioivan toiminnan perusteina ovat vesihuollon ekologisten haittojen vähentäminen, luonnonvarojen käytön vähentäminen, vesihuollon tarjoaman palvelun parantaminen ja toiminnan taloudellisuus. Tärkeimmät tekijät ympäristön kannalta ovat käsitellyn jäteveden sisältämät rehevöittävät ravinteet ja energian käyttö.

## JÄTEVEDEN KÄSITTELYN HIILIJALANJÄLKI

Hiilijalanjälki kuvaa hiilidioksidipäästöjä, jotka aiheuttavat ilmaston lämpenemistä. Hiilijalanjäljen laskennalla voidaan selvittää, miten paljon kasvihuonekaasuja hiilidioksidiekvivalentiksi muutettuna jäteveden käsittely tuottaa koko olemassa olonsa aikana.

Jäteveden käsittelyn hiilijalanjälki muodostuu osittain puhdistusprosessista syntyvistä kaasuisista, kuten metaanista, mutta mukaan tulee laskea myös pumppauksen ja puhdistamon energiakulutuksen hiilijalanjälki, tarvittu lämmitys sekä huoltoajat ja muut kuljetukset. Esimerkiksi vuonna 2013 Helsingin seudun ympäristöpalvelujen (HSY) toiminta-alueella jäteveden puhdistuksen prosessien muodostamat kasvihuonekaasupäästöt olivat 32 % toiminta-alueen kasvihuonepäästöistä. Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY on kuntayhtymä, joka tuottaa vesihuollon ja jätehuollon palveluja sekä tietoa pääkaupunkiseudusta ja ympäristöstä. (HSY 2013.)

Jäteveden käsittelyn kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää esimerkiksi parantamalla verkostojen kuntoa ja pumppausta, tehostamalla jätevedenpuhdistamoiden prosesseja sekä hyödyntämällä lietteen ja puhdistetun jäteveden energiasisältöjä.

Jäteveden suhteen merkittäviin päästövähennyksiin on kuitenkin vaikea päästä, sillä päästöjen osuus kokonaispäästöistä on nyt jo hyvin pieni. (VVY 2012.) Vaikka jätevedenpuhdistuslaitoksen rakentaminen ja käyttö tuottaa suurimman osan kasvihuonekaasupäästöistä, myös jäteveden pumppauksella on merkittävä vaikutus elinkaaren aikaiseen hiilijalanjälkeen.

## JÄTEVEDEN KÄSITTELYN ENERGIANKULUTUS

Jätevedenpumpkauksen ja käsittelyn muodostamaa hiilijalanjälkeä tulisi tarkastella kokonaisuutena. Energiankulutus vaikuttaa suoraan vesihuoltolaitoksen hiilijalanjälkeen ostoenergian tuotannosta syntyvien päästöjen kautta, joten energiankulutuksen vähentäminen pienentää vesihuoltolaitoksen hiilijalanjälkeä. Energiankäytön osuus hiilijalanjäljestä lasketaan todellista energiaratkaisua ja -toimittajaa vastaavilla päästöillä, ei keskiarvona.

Energiankäytön vähentäminen parantaa toiminnan taloudellisuutta ja vähentää ympäristöhaittoja. Jätevedenpuhdistamoiden yhteydessä olevilla biokaasulaitoksilla on tuotettu energiaa jo kauan. Viime vuosina on otettu käyttöön myös aurinkopaneeleita sekä hyödynnetty jätevesien lämpöä. (Motiva 2016.) Energian tuottaminen lietteestä on ympäristövaikutusten kannalta edullinen ratkaisu. Myös lietteiden hyödyntäminen lannoitteena vähentää ympäristöhaittoja, sillä niillä voidaan korvata väkilannoitteiden tuotantoa ja käyttöä. (Tenhunen ym. 2000.)

## VIUOVESIEN HALLINNAN VAIKUTUS HIILIJALANJÄLKEEN

VEVO-hankkeessa tehdystä selvityksestä kerättiin ja analysoitiin tietoa kohdealueiden jätevedenpumppaamoiden vuotuisesta energiankulutuksesta ja virtaamista. Tietojen pohjalta arvioitiin vuotovesien pumppauksen aiheuttamaa energiankulutusta kullakin pumppaamolla. Vuotovesien vaatiman pumppausenergian hiilipäästöt arvioitiin kunkin alueen energiatoimittajien sähköntuotannon ominaishiilipäästöjen mukaan ja Pieksämäen osalta valtakunnallisen keskiarvon mukaan, koska tietoja ominaispäästöistä ei ollut saatavilla. Hiilipäästöihin vaikuttavat sekä energian käytöstä että energian tuotannosta syntyvät päästöt.

VEVO-hankkeessa on aiemmin arvioitu Etelä-Savon kaupunkien viemäriverkostojen vuotovesien aiheuttavan pumppaamoilla keskimäärin 300 MWh/v energiankulutuksen. Sähköntuotannon ominaishiilipäästöt huomioiden vuotovesien pumppauksen energiankulutuksen aiheuttamat vuotuiset hiilipäästöt olisivat tällöin 35–75 tonnia.

Vuotovesien vähentäminen pienentää olennaisesti jätevedenpumppaamojen energiankulutusta sekä välillisesti myös jätevedenpuhdistamon energiankulutusta. Vuotovesien aiheuttama hiilijalanjälki pienenee tehokkaimmin sillä, että viemäriverkoston vuotovesiä vähennetään. Toimenpiteitä vuotovesien vähentämiseksi ovat esimerkiksi viemäriverkoston saneeraukset sekä kaivo- ja kanaalisaneeraukset. Pumppaamoiden ja pumppujen säännölliset huollot ja saneeraukset pienentävät niiden energiankulutusta ja myös niistä asianmukaisesti huolehtimalla hiilijalanjälki pienenee.

Vuotovedet muodostuvat osittain hulevesistä, ja niiden hallinta on avainasemassa energiankulutuksen – ja siten myös hiilijalanjäljen – pienentämisessä. Hiilijalanjälkeä

voidaan pienentää myös suosimalla niukasti tai ei ollenkaan käyttöenergiaa vaativia hallintamenetelmiä, esimerkiksi vettä läpäisevien pintojen hyödyntämistä, hulevesien viettoviemärointiä sekä passiivisia imeytyksiä ja pidäkkeitä rakennetussa ympäristössä. Myös maaston muotoilulla voidaan hallita kansivuotoja ja siten vähentää hulevesikuormaa.

Vuotovedet sisältävät paljon vierasaineita, kuten kiviä ja hiekkaa, jotka likaavat, kuluttavat ja tukkivat pumppuja. Kovat esineet ja pumppujen kuormittuminen kapasiteetin ääri rajoille tai niiden yli lyhentävät oleellisesti pumpun käyttöikä ja kasvattavat siten materiaalin elinkaaren hiilijalanjälkeä. Kuluminen heikentää myös pumpun hyötysuhdetta ja lisää energiankulutusta.

Pumppujen kuluminen, kunnan heikkeneminen ja likaantuminen lisäävät pumppujen tehontarvetta ja energiankulutusta ja kasvattavat pumppauksen käytönaikaisia hiilipäästöjä. Pumppujen taajuusmuuttajan ja pehmokäynnistimen käyttö lisäävät hieman energiankulutusta, mutta pumppauksen säätelystä saatavat hyödyt vähentävät oleellisesti pumppauksen energian kokonaistarvetta. Taajuusmuuttajan käyttö lisää myös pumpun käyttöikä.

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Jätevedenpuhdistamoiden hiilijalanjälki muodostuu useasta eri tekijästä. Hiilijalanjäljen määrittämiseksi jokaiselle tarkasteltavalle laitokselle tulisi tehdä oma itsenäinen hiilijalanjälkilaskentansa. Jätevedenpuhdistamoiden hiilijalanjäljen määrittämisen haasteena on se, että vaikka prosessin suorat kaasupäästöt ovat huomattava päästölähte, niitä ei yleensä mitata. Lähtötietojen oikeellisuuteen ja kattavuuteen on myös syytä kiinnittää huomiota.

Vuotovedet kasvattavat jäteveden käsittelyn hiilijalanjälkeä, sillä sekä vesimäärän että puhdistettavien ainemäärien kasvu lisäävät puhdistamoiden energiankulutusta ja vaikuttavat prosessin toimintaan ja mitoitukseen. Hiilijalanjälkeä voidaan pienentää myös tehostamalla energian käyttöä ja ehkäisemällä vuotovesien pääsyä verkostoon. Energiankulutusta voidaan optimoida muun muassa kohdistamalla resursseja pumppujen huoltoon ja kunnossapitoon sekä niiden toiminnan säätelyyn.

Myös laitoksen oma energian- ja lämmöntuotanto pienentävät jäteveden käsittelyn muodostamaa hiilijalanjälkeä. Lietteistä saatavan energian hyödyntäminen sekä lietteiden käyttö lannoitteena tai maanparannusaineena on myös ympäristön kannalta edullinen ratkaisu.

## LÄHTEET

- HSY. 2013. HSY:n energiatase ja kasvihuonekaasupäästöt. Helsingin seudun ympäristöpalvelut. [https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Julkaisusarja/HSY\\_Energiatase\\_ja\\_kasvihuonekaasupaastot\\_2013.pdf](https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Julkaisusarja/HSY_Energiatase_ja_kasvihuonekaasupaastot_2013.pdf)
- Motiva. 2016. Kotimaiset vesihuoltolaitokset yhteistyöllä energiaviisaammiksi. Motivan tiedotteet. [https://www.motiva.fi/ajankohtaista/motivan\\_tiedotteet/2016/kotimaiset\\_vesihuoltolaitokset\\_yhteistyolla\\_energiaviisaammiksi.9167.news](https://www.motiva.fi/ajankohtaista/motivan_tiedotteet/2016/kotimaiset_vesihuoltolaitokset_yhteistyolla_energiaviisaammiksi.9167.news)
- Tenhunen, J., Oinonen, J & Seppälä, J. 2000. Vesihuollon elinkaaritutkimus. Tampereen vesilaitoksen vaikutukset ympäristöön. Suomen ympäristökeskus. ISBN 952-11-0784-7. ISSN 1238-7312.
- Tilastokeskus. 2017. Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2016. ISBN 978–952–244–584–1 (pdf).
- VVY. 2012. Välttämätön vesi. Vesilaitosyhdistys. [http://www.liminganvesihuolto.fi/wp-content/uploads/2016/06/valttamaton\\_vesi.pdf](http://www.liminganvesihuolto.fi/wp-content/uploads/2016/06/valttamaton_vesi.pdf)

# VUOTOVESIEN HAVAINNOINTI JATKUVATOIMISELLA JOHTOKYKYMITTARILLA

Riina Tuominen & Sami Kaipainen

VEVO-hankkeessa pyrittiin löytämään uusia innovaatioita sekä online-mittausteknologiaa vuotovesien havainnointiin. Keväällä 2017 testattiin online-mittausteknologiaa YSI 6820-V2-1 -sondilla. Kyseinen malli soveltuu käytettäväksi sisä- ja merivesien sekä saastuneiden vesien monitorointiin. Tutkimuskohteesta mitattiin veden sähkönjohtokykyä ja lämpötilaa, sillä juuri näiden suureiden on todettu muuttuvan vuotovesien vaikutuksesta. Mittausten case-kohteeksi valittiin Mikkelin Vesilaitoksen Otavan linjan Oulanki-pumppaamo (kuva 1). Kohteeseen asennettiin YSI-sondi perjantaina 12.5.2017 (kuva 2).



*Kuva 1. Oulanki-pumppaamo (kuva Riina Tuominen).*



*Kuva 2. YSI-sondi paikalleen asennettuna kettingin päässä täysin veteen upotettuna pumppaamokaivossa (kuva Riina Tuominen).*

## **SONDIN TOIMIVUUS JA HUOLTO**

Sondin mittausjakson 12.5.–27.6.2017 aikana sondi puhdistettiin kaksi kertaa sen likaannuttua. Puhdistukset tehtiin 19.5.2017 ja 30.5.2017. Jälkimmäisellä puhdistuskerralla sondiin asennettiin kupariverkko (kuva 3), joka mittaustulosten perusteella piti sondin puhtaana.



*Kuva 3. YSI-sondin johtokykyanturiin laitettiin kupariverkko (kuva Riina Tuominen).*

Sondin likaantuminen näkyi erityisesti sähkönjohtavuuden mittaustuloksissa, jotka alkoivat likaantumisen myötä ”ryömimään”, eikä vuorokautista vaihtelua ollut havaittavissa. Esimerkki tulosten ”ryöminästä” näkyy kuvassa 4. Likaantuminen tapahtui aluksi jo alle viikossa.



*Kuva 4. YSI-sondin likaantuminen vaikutti johtokyvyn mittaustuloksiin mittauksen alkuvaiheessa.*

Sondi poistettiin mittaushetkestä 27.6.2017. Poistettaessa sondi oli ollut paikoiltaan yhtäjaksoisesti neljä viikkoa, ja varsinkin ketjuun oli kiinnittynyt irtoroskia. Sondi itsessään ei ollut kovin likainen, eikä varsinaista biofilmin kerääntymistä ollut havaittavissa (kuva 5), mutta kuparisukka oli tummunut mittausten aikana (kuva 6). Myöskään tuloksissa ei ollut havaittavissa selvää likaantumisen aiheuttamaa arvojen alenemista.





*Kuva 5. YSI-sondi mittausten päättyessä (kuva Riina Tuominen).*



*Kuva 6. Kuparisukka mittausten jälkeen (kuva Riina Tuominen).*

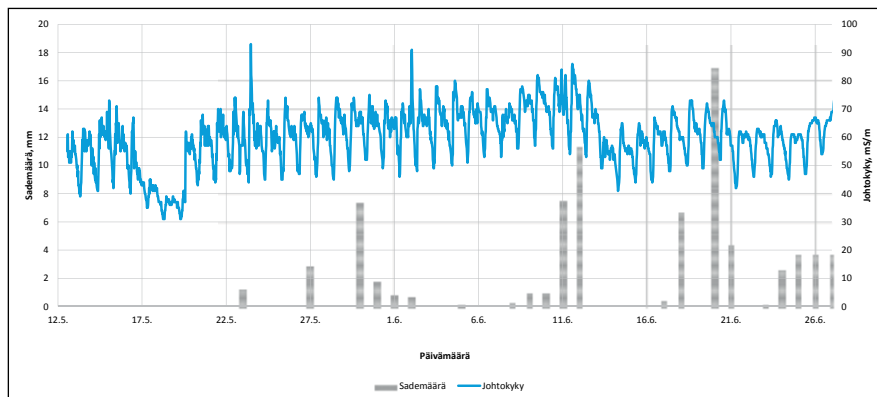
Mittausjakson aikana otettiin vertailunäytteitä, joista myös mitattiin lämpötila ja sähkönjohtavuus. Tarkastusmittaukset tehtiin sondin puhdistuksen yhteydessä, ja ne on esitetty taulukossa 1. Ensimmäisessä puhdistuksessa johtokykyanturiin oli kertynyt likaa, joka vaikutti mittaustuloksiin. 19.5.2017 otetun vertailunäytteen arvot olivat selvästi suuremmat kuin sondin mittaamat. Puhdistuksen jälkeen arvot kuitenkin olivat lähellä toisiaan (käsimittarilla tulos oli 58 mS/m ja sondilla 60 mS/m).

*Taulukko 1. Johtokyvyn vertailunäytteiden ja sondin mittaustulosten vastaavuus.*

Päivämäärä	Johtokyky (mS/m), anturi	Johtokyky (mS/m), käsimittari
12.5.2017	55	55
19.5.2017	37	58
30.5.2017	71	70
27.6.2017	62	69

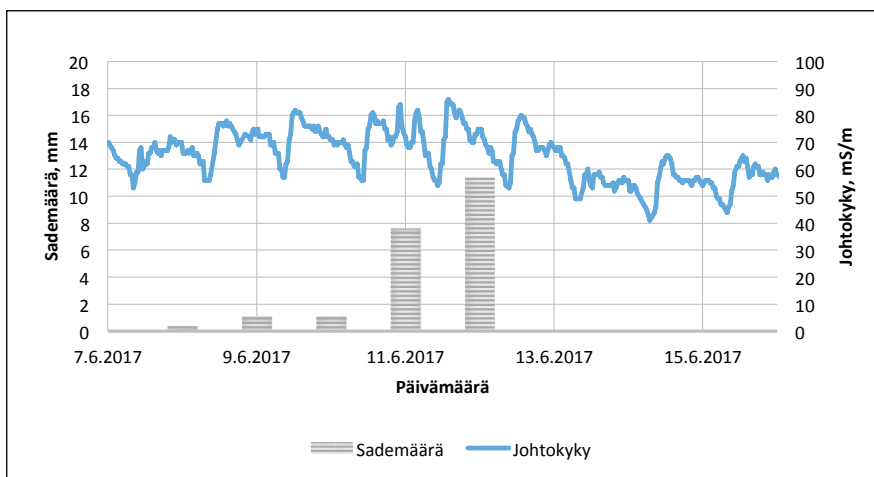
## MITTAUKSET

Sondi asetettiin mittaamaan jäteveden johtokykyä ja lämpötilaa 30 minuutin välein. Johtokykymittaustuloksissa on selvästi havaittavissa vuorokauden sisäinen mittaustulosten vaihtelu. Tarkkailujaksolla oli kaksi jaksoa, joiden aikana vuotovesien vaikutus näkyi mittaustuloksissa (kuva 7). Ensimmäinen selvä johtokykyepitoisuuden aleneminen tapahtui 11.–12.6.2017 olleen sadejakson jälkeen. Toinen johtokykyepitoisuuden alentuminen näkyy 20.6.2017 olleen sateen jälkeen. (Johtokykyarvojen aleneminen 17.–19.5.2017 johtui sondin likaantumisesta.)



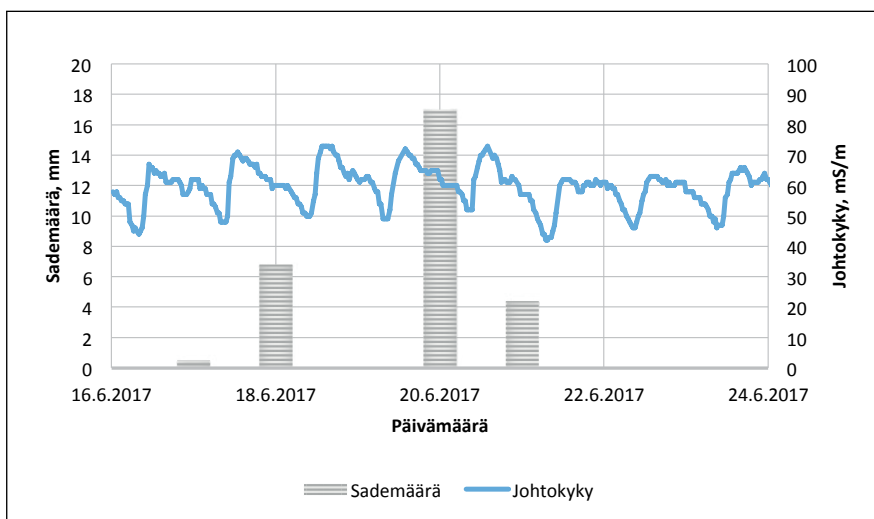
*Kuva 7. Mittausjaksolla 12.5.–27.6.2017 mitatut jäteveden johtokykyarvot ja alueen sademäärä.*

Ajalla 8.–12.6.2017 viiden vuorokauden yhteenlaskettu sademäärä oli 21,6 mm. Jakson alkupäivät (8.–10.6.2017) olivat vähäsateisia, sademäärä oli 0,4–1,1 mm/vrk. Päivistä runsassateisin oli 12.6.2016, jolloin sadetta kertyi 11,4 mm. Johtokykyarvo aleni keskimääräisestä arvosta 70 mS/m sateen jälkeen hetkeksi keskimääräiseen arvoon 56 mS/m (kuva 8).



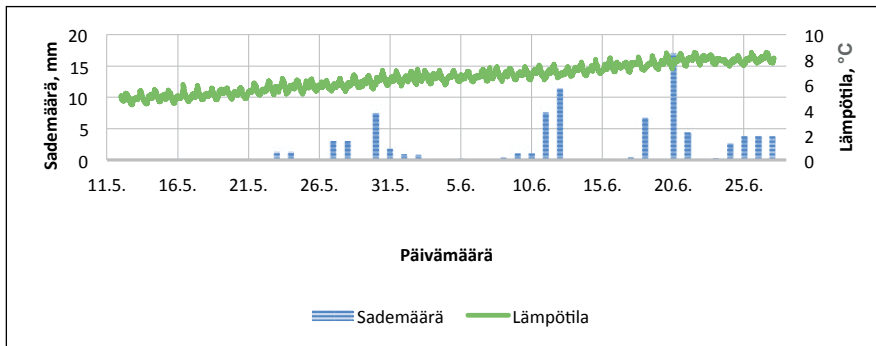
Kuva 8. Jaksolla 7.–16.6.2017 mitatut jäteveden johtokykyarvot ja alueen sademäärä.

Toinen johtokykyarvojen aleneminen tapahtui 17.–21.6.2017 olleen sadejakson jälkeen. Sadetta kertyi ajanjaksolla yhteensä 28,7 mm. Päivistä runsassateisin oli 20.6.2016, jolloin sademäärä oli 17 mm. Johtokykyarvo aleni keskimääräisestä arvosta 60 mS/m sateen jälkeen hetkeksi keskimääräiseen arvoon 57 mS/m (kuva 9).



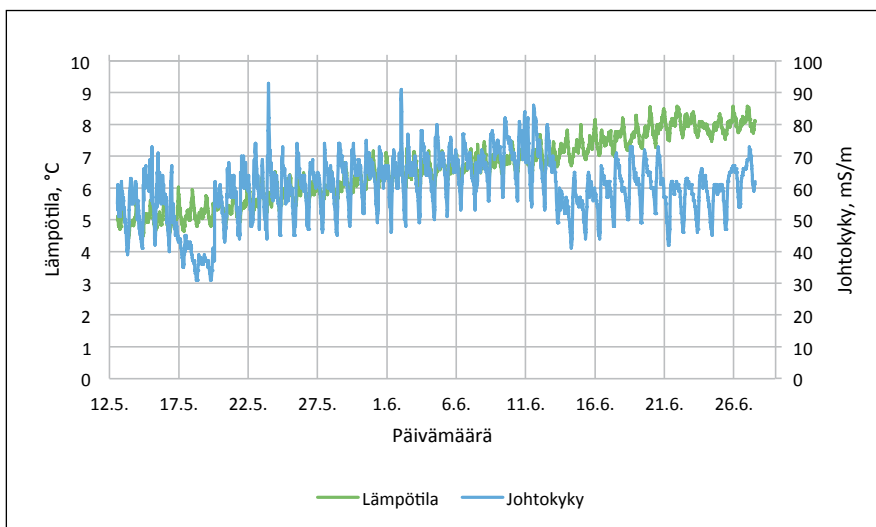
Kuva 9. Jaksolla 16.–24.6.2017 mitatut jäteveden johtokykyarvot ja alueen sademäärä.

Jäteveden lämpötiloihin ei sademäärällä ollut näkyvää vaikutusta mittausjakson aikana. Ajalla 12.5.–27.6.2017 jäteveden lämpötilassa on havaittavissa vuorokautiset vaihtelut. Lämpötila jatkaa kohoamistaan tasaisesti koko mittausjakson ajan (kuva 10).



*Kuva 10. Mittausjaksolla 12.5.–27.6.2017 mitatut jäteveden lämpötila-arvot ja alueen sademäärä.*

Mittausjakson aikana johtokyvyssä havaittavat vaihtelut eivät näy yhtä selvästi lämpötila-arvoissa (kuva 11). Sadejaksojen jälkeen, jolloin jäteveden johtokyky alenee, lämpötilassa ei juuri tapahdu muutosta.



*Kuva 11. Mittausjaksolla 12.5.–27.6.2017 mitatut jäteveden johtokyky- ja lämpötila-arvot.*

## TULOSTEN TULKINTA

Yhdyskuntajäteveden tyypillinen sähkönjohtavuusarvo on kuivana aikana 100–140 mS/m. Sähkönjohtavuuden arvot pinta- ja pohjavesissä ovat tyypillisesti 3–10 mS/m. (Oravainen 1999.) Jätevesien lämpötila korreloi yleensä veden sähkönjohtavuuden kanssa, eli kun sähkönjohtavuus on suuri, myös lämpötila on korkea. Erityisesti lumien sulamisvesi on viileämpää kuin jätevesi, joten sulamisvesien pääsy viemäriin näkyy jäteveden lämpötilojen laskuna.

Suoritetussa mittauksessa havaittiin jäteveden johtokyvyn vaihtelevan välillä 39–93 mS/s. Kaikkein alhaisimmat tulokset ajalla 17.–19.5.2017 johtuivat sondin likaantumisesta, eikä niitä tule huomioida tuloksia analysoidessa. Johtokykyarvoissa oli selvästi havaittavissa vuorokautinen vaihtelu; arvot pienenivät yöllä ja kasvoivat päivällä. Mittausjakson aikana johtokykyarvot kasvoivat kevään edistyessä. Sade näkyi kahden jakson aikana mittaus tuloksissa alempina arvoina. Touko-kesäkuun vaihteen sadepäivillä ei kuitenkaan ollut vaikutusta arvoihin. Sateen intensiteetti vaikuttaa todennäköisesti vuotovesien pääsyyn viemäriin.

Jäteveden mitatut lämpötilat vaihtelivat välillä 4,4–8,6 °C. Lämpötilat kohosivat mittausjakson aikana alkujakson ensimmäisen mittausviikon keskimääräisestä lämpötilasta 5 °C loppujakson viimeisen mittausviikon keskimääräiseen lämpötilaan 8 °C. Kun jäteveden sähkönjohtavuus on jätevedelle tyypillisellä tasolla, lämpötilat ovat yleensä korkeampia kuin silloin kun jäteveden sähkönjohtavuus on tavallista alhaisempi. Jos mittaukset suoritetaan lumen sulamisaikana, viittaa alhainen lämpötila sulamisvesien pääsyyn viemäriin.

## JOHTOPÄÄTÖKSET

Tehty mittaus viittaisi siihen, että vuotovedet näkyvät jatkuvassa johtokyky mittauksessa. Jotta mittauksesta saataisiin luotettava, tulee mittausjakson olla riittävän pitkä. Myös tulosten analysoinnissa on otettava huolellisesti huomioon myös vuodenaikaiset vaihtelut.

Jäteveden lämpötila vaihtelee Suomessa vuodenajan mukaan. Lämpötilaan vaikuttavat muun muassa verkoston sijainti ja pituus sekä vuoto- ja sulamisvesien määrä. Tehdyissä mittauksissa ei lämpötila-arvojen pohjalta saatu vuotovesien mahdollista vaikutusta näkyviin.

Testauksen perusteella jatkuvatoiminen mittaus on hyvä lisä vuotovesien havainnointiin. Tuloksia voidaan käyttää myös apuna verkoston mallinnuksessa ja vuotovesien esiintyvyyden ennakoinnissa. Vaikka mittauksella ei voida määrittää tarkkoja vuotokohtia, tulokset antavat viitteitä vuotavimmista linjoista.

## LÄHTEET

Oravainen, R. 1999. Vesistötulosten tulkinta -opasvihkonen. <http://kvvy.fi/wp-content/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf>

# VUOTOVESIEN MONI- TOROINNILLA ENERGIA- TEHOKKUUTTA JA YMPÄRISTÖ- TURVALLISUUTTA

Riina Tuominen & Hanne Soininen & Lasse Pulkkinen

Esiselvitys Etelä-Savon vesihuoltolaitosten vuotovesistä -hankkeen tavoitteena oli edistää vesihuoltolaitosten energia- ja ekotehokkuutta. Hanke tuotti tietoa vuotovesien muodostumisesta, havainnoinnista ja ehkäisystä sekä niiden vaikutuksista viemäri-verkoston toimintaan.

VEVO-hankkeeseen osallistuivat Mikkelin, Savonlinnan ja Pieksämäen kaupunkien vesilaitokset. Hankkeen tulokset tuotettiin yhteistyössä hankkeeseen osallistuneiden vesilaitosten kanssa, mutta tieto on tarkoitettu kaikkien toimijoiden hyödynnettäväksi. Hankkeessa kootun tiedon ja saatujen tulosten kautta pyritään tukemaan ja edistämään vuotovesiä muodostavien hulevesien käsittelyä ja hallintaa sekä entistä tehokkaampaa vuotovesien havainnointia.

Vuotovedeksi kutsutaan sellaista maaperän vettä, joka pääsee viemäriverkoston rikkoutuneiden putkien, huokoisten putkenseinämien, viallisten putkiliitosten tai voittuneiden tarkastuskaivojen ja -putkien kautta. Vuotovedet muodostuvat hule- tai pohjavesistä. Vuotoveden merkittäviä lähteitä kaupunkiympäristössä ovat hulevesiä muodostavat sulamis- ja sadevedet. Niiden käsittely erilaisten hulevesirakenteiden avulla vähentää myös huomattavasti jätevesijärjestelmään päätyviä vuotovesiä. Asuinalueilla tulisikin lisätä kiinteistöjen hulevesien ja erityisesti kattovesien käsittelyä. Kun hulevedet käsitellään niiden syntysijoilla, edistetään myös rakennetun alueen hydrologisen kierron palauttamista rakentamista edeltävälle tasolle.

Etenkin vanhoilla asuinalueilla jätevesiviemäriin johdetut hulevedet kuormittavat jäteveden käsittelyjärjestelmää ja voivat aiheuttaa muun muassa pumppujen rikkoutumista ja ylivuotoja. Hulevesien paikallista käsittelyä tulisikin lisätä ja erilaiset hulevesirakenteet ottaa entistä laajemmin käyttöön osana kaupunkirakennetta. Myös jätevesijärjestelmän kunnostus- ja korjaustoimenpiteet tulisi huomioida osana kaupunki-infrastruktuurin kunnossapitoa.

Jätevesijärjestelmä kuluttaa energiaa sekä jäteveden pumppaamiseen viemäriverkostossa että sen puhdistamiseen jätevedenpuhdistamoilla. Puhdistamoilla energiaa kuluu esimerkiksi ilmastusaltaiden ilmastukseen sekä jäteveden siirtoon ja pumppaukseen. Entistä tarkemman vuotovesien havainnoinnin avulla vuotovesien määrää voidaan vähentää, mikä auttaa myös pienentämään jätevesijärjestelmien energiankulutusta. Lisäksi vuotovesiä vähentämällä saavutetaan taloudellista hyötyä, kun jäteveden puhdistamisesta kunnille ja kuluttajille koituvat kulut pienenevät.

Vuotovedet kuormittavat jätevesijärjestelmää turhaan ja voivat pahimmillaan ai-

heuttaa ylivuotoja ja prosessiohituksia jätevedenpumppaamoilla tai -puhdistamoilla. Tämä voi puolestaan aiheuttaa ympäristön pilaantumista sekä terveysriskejä alueen asukkaille. Ylimääräisen veden pumppaamistarpeen vuoksi vuotovesien käsittely puhdistamoilla lisää myös energiankulutusta.

Jäteveden käsittelyn ekotehokkuuden kehittäminen on tärkeä toimenpide pyrittäessä kohti vähähiilistä yhteiskuntaa. Yhteiskunnan eri toimintojen energiankulutuksen vähentäminen on olennainen osa ilmastonmuutoksen torjuntaa. Mikäli vuotovesien määrää onnistutaan vähentämään, vähennys auttaa osaltaan myös energian säästämässä. Sähkön hinnan jatkuvasti noustessa tätä seikkaa ei sovi jättää huomiotta. Vuotovesien vähentäminen auttaa myös kehittämään jäteveden puhdistusta ekotehokkaampaan ja vähähiilisempään suuntaan ja siten kuntia saavuttamaan Eurooppa 2020 -strategian tavoitteet.

Suomen kunnallisen infrastruktuurin ongelmana on jo pitkään ollut korjaamiseen suunnattujen varojen riittämättömyys ja sen myötä jatkuvasti kasvava korjausvelka. Korjaamisen mahdollisena esteenä voi kunnostusrahoituksen hankkimisen vaikeuden lisäksi olla epätietoisuus siitä, mihin korjaustoimiin tulisi ryhtyä. Vuotovesien aiempaa tarkempi havainnointi auttaa osaltaan kohdentamaan vähäiset voimavarat oikeisiin kohteisiin.

Jatkuvatoiminen monitorointi sekä uusi anturi- ja sensoritekniikka ovat yleistymässä ympäristön tilan seurannassa. Ympäristötietoisuus on myös lisääntynyt, ja ympäristön tila ja ympäristöturvallisuus kiinnostavat ihmisiä yhä enemmän. Myös kasvavat vaatimukset tiedon saatavuuden ja avoimuuden osalta edellyttävät jatkuvatoimisen monitorointitekniikan yleistymistä. Vuotovesien havainnoinnin avuksi kehitetyn monitorointijärjestelmän avulla voidaan aiempaa paremmin kartoittaa sekä vuotovesien määrää viemärijärjestelmässä että järjestelmän korjaustarpeita.

VEVO-hankkeessa etsittiin kustannustehokkaita työkaluja vuotovesien havainnointiin. Hankkeessa pyrittiin kokoamaan myös muiden tutkimusten ja kehittämishankkeiden tuloksia ja koostamaan tämän hetkinen tieto ja toimivat ratkaisut yhteen. Tulvaisuudessa vuotovesien tarkkailu perustuu todennäköisesti yhä enemmän verkoston mittaustulosten perusteella tehtyihin arvioihin. Verkostosta saatavan datan analysointi erilaisten sovellusten avulla ja analyysiin yhdistettävät mahdolliset online-mittaukset luovat pohjan vuotovesien esiintymisen paremmalle ennustettavuudelle. Ennustettavuuden kasvaessa jätevesiverkosta pystytään ohjaamaan ja hallinnoimaan nykyistä paremmin. Tämä osaltaan auttaa sekä energiatehokkuuden lisäämisessä että ympäristöturvallisuuden varmentamisessa (kuva 1).



*Kuva 1. Vuotovesien aiempaa tarkempi monitorointi varmentaa myös ympäristöturvallisuutta (kuva Riina Tuominen).*





