

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2018

Noora Antola

# OHJEISTUKSIA HULEVESINÄYTTEIDEN OTTOON

– Case Kirstinpuisto

Noora Antola

# OHJEISTUKSIA HULEVESINÄYTTEIDEN OTTOON

## - Case Kirstinpuisto

Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella hulevesien näytteenottoon liittyviä olemassa olevia ohjeistuksia ja säädöksiä ja luoda niitä hyväksikäyttäen hulevesien näytteenottosuunnitelma Turun Kirstinpuiston alueelle. Hulevesien haittavaikutuksia on alettu tiedostaa viime vuosina ja laaduntarkkailun merkitys on korostunut. Tällä hetkellä hulevesinäytteenottoon liittyvän ohjemateriaalin määrä on kuitenkin vielä suppea, joten opinnäytetyöaineiston on tarkoitus palvella tulevien näytteenottosuunnitelmien tekoa ja toimia mahdollisena mallina.

Opinnäytetyö koostuu teoriaosuudesta, jossa määritellään, mitä hulevedet ovat ja tarkastellaan niiden vaikutuksia sekä niihin liittyvää lainsäädäntöä. Tämän lisäksi on kuvattu erilaisia näytteenottotapoja sekä näytteenottotavan ja -ajankohdan valintaan vaikuttavia tekijöitä. Yleistason taustoista syvennyttään vielä case-kohteen tietoihin sekä näytteenottosuunnitelman esittelyyn.

Näytteenottosuunnitelmassa on perustellen esitelty hulevesistä tutkittavat parametrit, näytteenottotapa, -pisteet ja -ajankohta sekä pohdittu myös näytteenoton kustannuksia tilanteessa, jossa näytteenoton tavoitteena on saada yleiskuva case-kohteen hulevesien laadusta. Mitattavista parametreista valitaan alueen kannalta oleellimmat ja ajankohtaa valittaessa huomioidaan alueen pidätyskyky sekä sadetapahtumaa edeltävät olosuhteet. Näytteenottotavan ja -pisteiden sijainnin sekä määrän valintaa ohjaavat esimerkiksi näytteenottomenetelmän toimivuus alueella sekä kustannusrajoitteet.

Mallisuunnitelman avulla voidaan kehittää tutkimusryhmän näytteenottoa myös muihin kohteisiin ja näytteenotosta on mahdollista tehdä suunnitelmallisempaa. Tämä auttaa saamaan luotettavampia mittaustuloksia ja perustelemaan esimerkiksi näytteenottotavan valintaa. Jatkotutkimuskohteena on mahdollista syventyä enemmän esimerkiksi erilaisiin näytteenottoon vaikuttaviin tekijöihin tekemällä pitkän aikavälin tutkimusta sadetapahtumaa edeltävien sääolosuhteiden tai näytteenottoajankohdan vaikutuksista.

## ASIASANAT:

hulevesi, vesinäyte, vedenlaatu, näytteenottosuunnitelma, taajamahydrologia

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy and Environmental Engineering

2018 | 48 + 1

Noora Antola

# GUIDELINES FOR STORMWATER SAMPLING

- Case Kirstinpuisto

The aim of the thesis was to examine the existing guidelines and regulations of stormwater sampling and create a stormwater sampling plan for the Kirstinpuisto area in Turku, based on this information. The harmful effects of stormwaters have increasingly been recognized over the last few years and the role of quality control has been emphasized. At the moment the amount of written material for the guidance on stormwater sampling is concise so the aim of the thesis is also to support writing future stormwater sampling plans and act as a template.

The thesis consists of a theoretical part which defines stormwaters, considers their effect on the surroundings and focuses on the existing legislation. Furthermore, the theory section includes descriptions of different sampling methods and factors that affect the choice of these methods or the sampling time. After the general theoretical part, the thesis provides an insight into the chosen case location and an introduction of the sampling plan.

The sampling plan defines the parameters to sample and the ideal sampling method, locations and time for the chosen case location with reasons, and also deliberates upon the costs of sampling in a situation where the aim is to obtain a general idea of stormwater quality in the area. Parameters to sample are chosen to be essential and significant based on the characteristics of an area, and when timing the sampling, retention capacity and circumstances before a rain event are both considered. The selection of a sampling method and position and quantity of sampling locations are defined by the functionality of a sampling method in an area as well as cost constraints, among other points.

The sampling plan template can be used by the research group to develop sampling in other locations and make sampling more systematic in the future. This can lead to more reliable results and, for example, help justifying the chosen sampling method. For further research subjects, it is possible to look into the long-term effects of the weather conditions before the rain event or the effect of timing when taking the samples.

KEYWORDS:

stormwater, water sample, water quality, sampling plan, urban hydrology

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO</b>	<b>7</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2 HULEVEDET</b>	<b>10</b>
2.1 Huleveden määritelmä	10
2.1.1 Hulevesien haitat	10
2.1.2 Hulevedet kuormittajana	11
2.2 Lainsäädäntö	12
2.3 Näytteenottostandardi	13
<b>3 NÄYTTEENOTTOTAVAT</b>	<b>14</b>
3.1 Kertanäytteet	14
3.2 Kertanäytteiden sarja	14
3.3 Jaksoittaiset näytteet	15
3.4 Jatkuva näytteenotto	16
3.5 Komposiittinäytteet	17
3.6 Sarjanäytteet	17
3.7 Näytteenoton muut laatuhuomiot	18
3.7.1 Välineistö ja näytteenottopaikka	18
3.7.2 Jatkuvat toimiset laatumittarit	18
<b>4 VAIKUTTAVAT TEKIJÄT</b>	<b>20</b>
4.1 Ilmaston ja sään vaikutus	20
4.1.1 Ilmasto-olot	20
4.1.2 Mikroilmastot	21
4.1.3 Sadetapahtumaa edeltävät olosuhteet	21
4.2 Maankäytön vaikutus	22
4.3 Tarvittavan tarkkuuden vaikutus	23
<b>5 KIRSTINPUISTO</b>	<b>24</b>
5.1 Alueen kuvaus	24
5.2 Valuma-alue	25
5.3 Kesän 2016 riskikartoitus	25
5.4 Hulevesiviemäröinti	27

<b>6 NÄYTTEENOTTOSUUNNITELMA</b>	<b>29</b>
6.1 Näytteenoton tavoitteet	29
6.2 Parametrien valinta	29
6.3 Näytteenottotavan valinta	32
6.4 Näytteenottopisteiden valinta	33
6.5 Näytteenoton ajankohdan valinta	36
6.6 Näytteenottokustannukset	37
<b>7 SUUNNITELMAN TOTEUTUSKELPOISUUS</b>	<b>40</b>
7.1 Kirstinpuiston suunnitelman arviointi	40
7.2 Toteutuskelpoisuuden kehittäminen	40
<b>8 LOPUKSI</b>	<b>42</b>
8.1 Loppukatsaus opinnäytetyöhön ja tausta-aineistoon	42
8.2 Taustatutkimuksen yhteenveto	42
8.3 Toiminta- ja kehitysehdotukset	44
<b>LÄHTEET</b>	<b>46</b>

## **LIITTEET**

Liite 1. Hulevesiviemäriverkosto Kirstinpuiston alueella.

## **KUVAT**

Kuva 1. Kirstinpuiston aluerajaus kartalla (Turun kaupunki 2018b).	24
Kuva 2. Riskikartoituksen kohteet Kirstinpuiston alueella (kartta: Turun kaupunki 2018c).	26
Kuva 3. Kirstinpuiston alueen hulevesiverkosto ja sadevesikaivojen sijainnit (Kaupunkiympäristötoimiala 2018).	27
Kuva 4. Ehdotettu näytteenottopiste Nuutintiellä (Kaupunkiympäristötoimiala 2018).	34
Kuva 5. Ehdotettu näytteenottopiste Ruissalontielle (Kaupunkiympäristötoimiala 2018).	35
Kuva 6. Ehdotetut tarkastusnäytepisteet Kirstinpuiston alueella (Kaupunkiympäristötoimiala 2018).	36

## TAULUKOT

Taulukko 1. Maastokartoituksen riskiarviointiasteikko.	26
Taulukko 2. Kirstinpuiston hulevesinäytteiden parametrit.	31
Taulukko 3. Näytteenottosuunnitelman yhteenveto	38
Taulukko 4. Yhteenveto näytteenottotapojen soveltuvuudesta hulevesinäytteenotossa	43

## KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

km <sup>2</sup>	Neliökilometri (pinta-alamitta), 1000 metriä x 1000 metriä = 1 000 000 m <sup>2</sup> = 1 km <sup>2</sup> (Korpela, 1999).
m <sup>3</sup>	Kuutiometri (tilavuusmitta), 1 m x 1 m x 1 m = 1 m <sup>3</sup> = 1000 litraa (Korpela, 1999).
mm	Millimetri (pituusmitta), 0,001 metriä (Mäkelä 2008, 157).
PAH-yhdisteet	Polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä, jotka syntyvät epätäydellisessä palamisessa esimerkiksi liikenteessä tai teollisuudessa (Elintarviketurvallisuusvirasto 2017).
Pintavalunta	Sadannan osuus, joka valuu maan pinnalla (Suomen ympäristökeskus 2016).
Sadanta	Määritellyn alueen satanut vesimäärä millimetreissä tietyssä ajanjaksona (Suomen ympäristökeskus 2016).
Sekaviemäröinti	Viemäröintijärjestelmä, jossa sade- ja jätevedet kulkevat samassa viemärissä (Suomen ympäristökeskus 2016).
SMC	Site Mean Concentration, tutkimussijainnin keskimääräinen konsentraatio kullekin mitattavalle parametrille (McCarthy, Zhang, Westerlund, Viklander, Bertrand-Krajewski, Fletcher & Deletic 2018, 298).

# 1 JOHDANTO

Vesien laaduntarkkailu on Suomessa yleisesti ottaen hyvällä tasolla, ja erilaisista vesilähteistä kerätään monipuolisesti erilaisia tietoja. Myös talousveden laatu on ollut Suomessa kohtuullisen hyvä jo pitkään, ja siinä tapahtuvia muutoksia seurataan tarkasti. Kiinnostus hulevesiin on Suomessa lisääntynyt kuitenkin huomattavasti vasta viime vuosina ja ensimmäisiä niitä koskevia pykälä on lisätty lakiin vasta 2010-luvun aikana. Hulevesisuunnittelun tuleminen osaksi kaavoitusta on myös nopeasti ajankohtaiseksi tullut ilmiö eikä siihen edes erityisemmin kiinnitetty huomiota vielä noin kymmenen vuotta sitten.

Vaikka hulevesisuunnittelusta on tullut osa monen eri toimialan päivittäistä toimintamallia, tarkkaillaan hulevesien laadun muutoksia huomattavasti vähemmän kuin esimerkiksi pinta- tai pohjavesien tilaa. Laaduntarkkailuun ei myöskään ole tarjolla tarkkoja ohjeistuksia tai yleisiä raja-arvoja, jollaisiin perustuvat esimerkiksi talousvesien laatumääräykset. Ohjeistuksien ja sääntöjen puute tekeekin hulevesien laaduntarkkailusta haasteellista, ja siitä saatavat tiedot voivat suurella todennäköisyydellä olla myös puutteellisia. Vaikka ulkomailla ollaan osittain tällä osa-alueella suomalaisia edellä, ei materiaalia hulevesien laaduntarkkailusta näytteenoton avulla ole juurikaan saatavilla.

Opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella hulevesien näytteenottoon liittyviä olemassa olevia ohjeistuksia ja säädöksiä ja luoda niitä hyväksikäyttäen hulevesien näytteenotto-suunnitelma Turun Kirstinpuiston alueelle. Näytteidenottoon liittyvän ohjeistusmateriaalin määrä on tällä hetkellä vielä rajallinen, ja tarkempia ohjeita löytyy enemmän esimerkiksi hulevesinäytteiden analysointiin. Näytteenottotapa ja -aika sekä vallitsevat olosuhteet näytteenottohetkellä vaikuttavat kuitenkin olennaisesti hulevesistä mitattavien parametrien pitoisuuksiin, joten optimaalisilla näytteenottoasetelmilla tuloksista saadaan luotettavampia.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Turun ammattikorkeakoulun vesitekniikan tutkimusryhmä. Tarkoituksena on tuottaa materiaalia, jota voidaan hyödyntää tulevaisuudessa hulevesinäytteenoton suunnittelussa. Tällä hetkellä suuri osa hulevesinäytteistä otetaan melko satunnaisesti kertänäytteinä mitään protokollaa seuraamatta, ja maastoon pyritään lähtemään välittömästi sateen alettua. Näytteenottoon liittyvän tukimateriaalin avulla maastotyöskentelyä olisi mahdollista helpottaa ja parantaa myös näytteiden laatua.



Koska saatavilla olevaa materiaalia on erityisesti suomeksi melko vähän, perustuu suuri osa tiedoista muun muassa saatavilla olevaan kirjallisuuteen tai Suomessa ja ulkomailla toteutettujen hulevesiprojektien loppuraportteihin. Tämän lisäksi on tutkittu jonkin verran säädöksiä ja lakitekstejä sekä näytteenottomenetelmiin liittyvän ISO-standardin osia. Näitä tietoja yhdistelemällä pyritään vastaamaan ensisijaisesti kysymykseen ”Millaisia asioita tulee ottaa huomioon näytteenottotavan valinnassa näytteenotto paikassa?”.

Työn teoriaosassa pohjustetaan aihetta käsittelemällä hulevesiä sekä niihin liittyviä säädöksiä ja näytteenoton ISO-standardia. Tämän lisäksi käydään läpi erilaisia näytteenottotapoja sekä hulevesinäytteenottoon liittyviä huomioita. Näytteenottotapojen esittelyn jälkeen eritellään näytteenottotavan ja -ajankohdan valintaan vaikuttavia seikkoja.

Tämän teoriaosan jälkeen esitellään case-kohdetta sekä analysoidaan siihen liittyviä tietoja muun muassa alueen sijainnista ja maankäytöstä. Sen lisäksi esitellään myös mahdollinen hulevesinäytteenottosuunnitelma, jossa perustellusti käydään läpi erilaisia näytteenoton kannalta olennaisia osa-alueita, joita case-kohteen tapauksessa kannattaa huomioida. Osuuden viimeistelevät näytteenottosuunnitelman ja sen toteutuskelpoisuuden arviointi sekä toteutuskelpoisuuden kehittämisehdotukset. Viimeisessä yhteenvetoluvussa arvioidaan vielä opinnäytetyön tausta-aineistoa, tiivistetään tutkimuskysymykseen liittyvät lopputulokset sekä annetaan jatkotutkimusehdotuksia tulevaisuutta varten.

## 2 HULEVEDET

### 2.1 Huleveden määritelmä

Hulevedeksi määritellään sade- ja sulamisvedet, jotka kertyvät rakennetuilla alueilla maanpinnalle tai muille koville pinnoille. Hulevesien syntymisen määrään vaikuttavat olennaisesta esimerkiksi sateen pituus ja intensiteetti, alueen pinnanmuodot ja edeltävän kuivakauden pituus. Merkittävä nyky-yhteiskunnassa pintavaluntaa edistävä tekijä on myös alati vähenevä läpäisevien pintojen määrä. Kaikki läpäisemätön pinta ei automaattisesti aiheuta pitkäaikaista pintavaluntaa, mutta se edesauttaa hulevesien muodostumista etenkin kesäsateiden aikaan. (Suomen Kuntaliitto 2012, 18.) Tiheään rakennetuissa elinympäristöissä, kuten kaupunkien keskustoissa, hulevesien pintavalunnan määrään säätely onkin usein haastavaa. Tiheän rakentamisen vuoksi läpäiseviä pintoja ja materiaaleja on käytössä entistä vähemmän, joten hulevesien johtamiseen tai imeyttämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota varsinkin alueille, joita ei ole aikanaan rakennettu hulevesiä huomioiden. (Lee, Swamikannu, Radulescu, Kim & Stenstrom 2007.)

Hulevesisuunnittelun merkitys on esimerkiksi ilmastonmuutoksen vuoksi korostunut viime vuosina entisestään, varsinkin maankäytön suunnittelun yhteydessä. Uudiskohteita rakennettaessa otetaan esimerkiksi usein alusta alkaen huomioon hulevesien imeyttämisen tai johtamisen tarve, jotta hulevedet eivät muodostuisi ongelmaksi rankkasateiden aikaan. Nykyään yleistymässä ovat myös sekaviemäröintien saneeraus-työt, joissa hulevedet ja jätevedet erotetaan toisistaan eri verkostoihin. Tämä helpottaa jätevedenpuhdistamoiden toimintaa, sillä jäteveden laatu muuttuu tällöin huleveden määrästä riippumattomaksi, mutta saneeraukset tuottavat lisää kustannuksia. (Turun Vesihuolto 2017.)

#### 2.1.1 Hulevesien haitat

Hulevedet kuljettavat mukanaan runsaasti haitta-aineita ja ravinteita. Nämä aiheuttavat erilaisia haittoja ympäristölle. Yleisimpiä hulevesistä löytyviä haitta-aineita ovat muun muassa PAH-yhdisteet, torjunta-aineet, kiintoaine sekä erilaiset metallit. Hulevesissä esiintyviin haitta-aineisiin vaikuttaa paljon esimerkiksi se, mistä näyte on peräisin. Esimerkiksi maantien hulevesistä otetussa näytteessä esiintyy varsinkin talvisaikaan

suurella todennäköisyydellä teiden suolaamiseen käytettäviä liukkaudentorjunta-aineita, kun taas maatalousmaiden vierestä otettu näyte sisältää todennäköisesti tuholaisten tai rikkakasvien torjunta-aineita. Näytteistä analysoitavat parametrit onkin tärkeä valita sen mukaan, millaista maankäyttöä tutkittavalla alueella on ja millaisia päästölähteitä alueella tiedetään tai epäillään olevan. (Suomen Kuntaliitto 2012, 124–125.)

Hulevesien negatiivisia vaikutuksia voidaan havainnoida paitsi asuin- ja teollisuusympäristöissä, myös jätevedenpuhdistamoilla. Suuri hulevesien määrä vaikuttaa negatiivisesti puhdistamoiden puhdistustulokseen. Tähän syynä on esimerkiksi huleveden viileä lämpötila, sillä se laskee sisään tulevan veden kokonaislämpötilaa ja heikentää tätä kautta bakteerien puhdistustoiminnan tehokkuutta. On myös mahdollista, että hulevesi täyttää jätevesiviemärit aiheuttaen jätevesien ylivuotoja ympäristöön. (Levomäki 2018.) Tällaiset huiput ovat yleisimpiä rankkasateiden tai lumien sulamiskausien aikana (Turun seudun puhdistamo Oy 2018).

Hulevedet aiheuttavat myös kustannuksia sekä viemäriverkostossa että puhdistamolla. Turussa hulevedet aiheuttavat kustannuksia lähinnä kohonneiden virtaamien ja laitoksen ohitusyksikön käytön sekä jätevesipumppaamoiden energiantarpeen vuoksi. Ohitusyksikön ansiosta jätevesien ylivuodot eivät ole alueella kovin yleisiä. Hulevesien osuus puhdistamolle tulevasta vesistä saattaa olla erittäin suuri, mikä lisää merkittävästi hulevesien aiheuttamia kuluja: esimerkiksi Kakolanmäen jätevedenpuhdistamoon tulevasta vesistä noin 40 prosenttia on ollut viime vuosina hulevesiä. Tämän lisäksi koko laitoksen käyttökustannuksista jopa lähes 10 prosenttia kuluu hulevesien aiheuttamiin kustannuksiin.

Hulevesien aiheuttamat tulvat ovat myös riski ympäristölle. Koska Turussa hulevedet jakavat nykyisen Linnanaukon purkuputken jätevedenpuhdistamolta tulevan puhdistetun vesimassan kanssa, voivat suuret vesimäärät aiheuttaa tulvia sataman alueella. (Levomäki 2018.)

### 2.1.2 Hulevedet kuormittajana

Vesiin kohdistuu usein ulkopuolista kuormitusta. Kuormitus voi olla piste- tai hajakuormitusta. Pistekuormituksella tarkoitetaan kuormitustyyppiä, jossa erilaisten ulkopuolisten saasteiden lähde on paikannettavissa. Tällaisia lähteitä voivat olla vaikka putkistot, joista vesi tai muu virtaama purkautuu yhdestä, selkeästä pisteestä esimerkiksi vesistöön.

Hajakuormitukseksi puolestaan kutsutaan kuormitusta, jonka lähdettä on vaikeampi määrittellä ja mahdollisia lähteitä on tällöin useampia. Hajakuormituksen vaikutus riippuu usein muun muassa kuormituslähteenä toimivan alueen maankäytöstä. (Environment Protection Authority Victoria 2012.)

Erytisesti teollistuneissa valtioissa on pystytty yhä tehokkaammin eliminoimaan vesistöihin kohdistuvaa pistekuormitusta, mikä on johtanut siihen, että hajakuormituslähteet ovat muodostuneet suurimmaksi ongelmaksi. Hulevedet ovat myös yksi merkittävistä hajakuormituslähteistä. Hulevesi voi kuljettaa mukanaan monesta eri lähteestä peräisin olevia haitta-aineita ja näiden lähteiden tunnistaminen on usein vaikeaa. Tämän vastapainoksi on kuitenkin alettu tutkia ja tarkkailla hulevesien laatua tarkemmin. (Lee ym. 2007, 4186.) Näytteidenotto on tärkeä osa hulevesien laaduntarkkailuprosessia.

## 2.2 Lainsäädäntö

Olemassa oleva hulevesilainsäädäntö koskee pääosin hulevesien hallintaan ja johtamiseen liittyviä tekijöitä, ja se ei suoranaisesti yksityiskohtaisemmin määrittele ohjeita näytteidenottoon tai laadun tarkkailuun. Maankäyttö- ja rakennuslakiin (MRL, 132/1999) tehdystä muutoslaissa hulevesien hallinnan yleisiksi tavoitteiksi määritellään hulevesien suunnitelmallisen hallinnan kehittäminen, vesien imeyttäminen ja viivyttäminen kerääntymispaikalla, ympäristölle tai kiinteistöille syntyvien haittojen ehkäiseminen sekä seka- viemäröinnistä luopumisen edistäminen. Valvonnan vastuun ilmoitetaan olevan kunnan määräämällä toimielimellä, mutta hallinnan vastuu on kiinteistön omistajalla tai haltijalla. Lain mukaan kiinteistön haltijan tulee myös liittyä kunnan hulevesijärjestelmään, mikäli hulevesiä ei voida imeyttää kiinteistön alueella tai niitä ei voida johtaa vesihuoltolaitoksen hulevesiviemäriverkostoon. (L 682/2014, 103 c §, 103 d §, 103 e §, 103 f §.) Hulevesien laatua koskeva huomautus löytyy ainoastaan yhdestä pykälästä, jossa annetaan kunnan määräämälle valvonnasta vastaavalle toimielimelle oikeus asettaa hulevesien hallintaan liittyviä tarkempia, mahdollisesti aluekohtaisia määräyksiä, jotka voivat koskea esimerkiksi hulevesien laatua tai tarkkailua (L 682/2014, 103 j §).

Tämän lisäksi hulevesistä mainitaan päivitettyssä vesihuoltolaissa. Siinä keskitytään enimmäkseen hulevesiviemäröinnin järjestämiseen, sekä viitataan myös maankäyttö- ja rakennuslakien pykäliin viemäröinnin määräyksistä. Säädökset koskevatkin enimmäkseen vesihuoltolaitoksien toimintaa, eivätkä niinkään kiinteistön omistajia, lukuun ottamatta hulevesiviemäriin liittymistä koskevia pykäliä. (L 681/2014.)

Kansallisen lainsäädännön lisäksi korkeampien tahojen säädökset voivat vaikuttavaa hulevesien hallintaa koskeviin ohjeistuksiin. Esimerkiksi Euroopan unionin säätämän tulvadirektiivin (FD 2007/60/EC) pohjalta on Suomessa säädetty laki koskien tulvariskien hallintaa (Suomen ympäristökeskus 2017a). Hulevedet voivat olla mahdollinen tulvan aiheuttaja, joten säädökset koskevat vähintään epäsuorasti myös hulevesiä. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen tehtäviksi määritellään esimerkiksi kuntien avustaminen tulvariskialueiden määrittelemisessä sekä hallintasuunnitelmien laatiminen. Tähän sisältyy myös hulevesitulvariskien määrittäminen. Alueille tulee luoda myös hallintasuunnitelmat, jotta mahdolliset haitat voidaan ehkäistä tehokkaasti. (L 620/2010, 4 § & 19 §.)

### 2.3 Näytteenottostandardi

Näytteenottomenetelmille on olemassa kansainvälinen ISO-standardi, jossa määritellään joitakin ohjeita näytteenottoon. Standardi antaa tarkempia ohjeita esimerkiksi soveltuvien näytteenottoaikkojen valintaan, johon ei Suomen lainsäädännöstä löydy määräyksiä.

Standardin numeroiduissa osissa keskitytään erilaisiin laatuasioihin ja vesilähteisiin, mutta hulevedelle ei ole omaa erillistä osiota. Näistä epäsuorasti hulevesiin liittyy kuitenkin esimerkiksi ensimmäisen osan ohjeistus, jossa on määritelty erilaisia standardiin kuuluvia näytteenottotapoja ja yleisiä ohjeita. Osissa 3 ja 15 käsitellään erilaisten vesi- ja ympäristönäytteiden säilytys- ja käsittelyohjeita ja osissa 4–13, 17 ja 19 näytteenottoa erilaisista lähteistä, kuten pohjavedestä, märkälaskeumasta tai pohjasedimentistä. Näiden lisäksi osat 14 ja 16 keskittyvät näytteiden laadun varmistamiseen ja biotestimääräyksiin. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2010.)

## 3 NÄYTTEENOTTOTAVAT

### 3.1 Kertanäytteet

Näytteenottotapoja on monenlaisia. Yksinkertaisin näytteenottometodi on kertanäyte, joka nimensä mukaisesti tarkoittaa yksittäistä, yleensä manuaalisesti otettua näytettä. Tällainen näyte otetaan valitusta sijainnista valittuun aikaan ja se kuvaakin vedenlaatua vain tässä tietyssä sijainnissa tietyssä ajankohtana, joten sen avulla ei useinkaan saada kokonaiskuvaa veden parametrien pitoisuuksista tai niiden muutoksista. Kertanäytteiden ottamista suositellaankin, jos esimerkiksi vesilähteen virtaama on suuresti vaihteleva tai jos ei olla kiinnostuneita veden laatumuutoksista saman sadannan aikana. Lisäksi muun muassa ulkoisen kuormituslähteen etsimiseen tai sen aiheuttamien pitoisuuksien määrittämiseen voidaan käyttää kertanäytettä. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2010, 31–32.)

Kertanäytteitä voidaan käyttää helposti myös muiden näytetyyppien rinnalla. Shanghaissa toteutetussa projektissa kertanäytteitä on esimerkiksi käytetty komposiittinäytteiden ohella selvitystyössä, jossa tutkittiin maanteiden hulevesien myrkyllisyyttä ja vaikutusta vesistön tiettyihin eliölajeihin. Tässä projektissa kertanäytteillä tutkittiin hulevesien myrkyllisyyttä, kun taas komposiittinäytteitä käytettiin veden potentiaalisten myrkytysvaikutusten arviointiin. (Wu, Jiang, Zhang, Chen & Zhang 2014, 2663–2664.)

Kertanäytteiden hyviä puolia ovat esimerkiksi sen edullisemmat kustannukset verrattuna useimpiin näytteenottotapoihin ja saatavan tiedon nopeus, jos kaivataan pikaisempia näytetuloksia tietyssä ajankohtana. Suurin heikkous on kuitenkin kokonaiskuvan puuttuminen, sillä esimerkiksi näytteenoton ajankohta sadannan aikana tai sadetta edeltävät olosuhteet voivat vaikuttaa suuresti parametrien pitoisuuksiin näytteenottohetkellä.

### 3.2 Kertanäytteiden sarja

Kertanäytteiden sarjalla voidaan viitata tilanteeseen, jossa otetaan useampia kertanäytteitä samasta sadetapahtumasta tai kohteesta. Hulevesien näytteenotossa tällaisilla sarjoilla voidaan ottaa manuaalisesti näytteitä esimerkiksi saman sadetapahtuman aikana eri ajankohtina tai eri kohdista virtaamaa. Näytteiden määrä on tällaisessa tapauksessa usein kohtuullisen korkea: voidaan puhua jopa 20 näytteestä riippuen halutusta

tarkkuudesta (Ackerman, Stein & Ritter 2011, 289). Tällaista näytteenottotapaa on käytetty esimerkiksi hulevesien puhdistustuloksen arviointiin. Tällöin ensimmäinen näyte otettiin ensimmäisen tunnin aikana sateen alkamisesta ja seuraavat näytteen 5, 10, 15, 30 ja 60 minuutin kuluttua ensimmäisestä näytteestä. Tämän periodin jälkeen otettiin vielä yksittäisiä kertanäytteitä kerran tunnissa seuraavan kuuden tunnin ajan. (Maniquiz, Lee & Kim 2010, 15–16.)

Tässä näytteenottotavassa vahvuutena on saatavan datan kattavuus verrattuna yksittäiseen kertanäytteeseen. Tietoa voidaan kerätä manuaalisesti siis eri aikoina tai eri sijainneista, mutta kaikki sadantaa edeltävät olosuhteet pysyvät samoina. Näytesarjan kerääminen on kuitenkin kustannuksiltaan kalliimpaa ja on tärkeää huolehtia esimerkiksi näytteiden oikeasta yksilöinnistä, jotta saatu data pysyy luotettavana. Myös laboratorion kulut ovat korkeammat, sillä yksittäisten näytteiden analysointi tulee kalliimmaksi verrattuna esimerkiksi yhteen komposiittinäytteeseen (luku 3.4.), johon voidaan kerätä useita näytteitä yhdeksi suuremmaksi kokonaisuudeksi.

### 3.3 Jaksoittaiset näytteet

Vesinäytteitä voidaan ottaa myös erilaisten intervallien mukaan. Tällöin näytteenottoa voidaan kutsua määräaikais- tai jaksottaisnäytteenotoksi. Näytteenottokohteesta riippuen intervalleja voivat määrittää erilaiset tekijät.

Näytteidenottovälit voivat perustua aika- tai virtaamaintervalleihin. Aikaintervalleihin perustuvassa näytteenotossa näytteitä otetaan määrätyin aikavälein, esimerkiksi 60 minuutin välein. Kaikki näytteet ovat tilavuudeltaan samansuuruisia. Virtaamaintervallien perusteella näyte voidaan ottaa veden tilavuusvirran mukaan. Esimerkiksi voidaan päättää näytteenotosta 1 m<sup>3</sup> virtaaman välein riippumatta näytteiden välillä kuluneesta ajasta. Nämäkin näytteet ovat tilavuudeltaan samankokoisia. Virtaamaintervalleihin perustuvissa mittauksissa voidaan keskittyä veden tilavuuden sijaan myös pelkkään kuluvan virtaaman määrään. Tällöin tasaisin aikavälein otetaan vaihteleva määrä vesinäytettä, ja otetun näytteen koko määräytyy sen hetkisen virtaaman mukaan. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2010, 32.) Tällaiset näytteet voidaan usein ottaa myös automaattisilla näytteenottimilla (Ackerman ym. 2011, 289).

Minuutin aikaintervalleihin perustuvaa näytteenottotapaa on käytetty esimerkiksi tutkimuksessa, jossa selvitettiin näytteenottotapojen käytettävyyttä näytteenottoalueen

SMC:n eli keskikonsentraatioiden arviointiin erilaisille parametreille. SMC määritetään jakamalla koko hulevesiin kohdistuva saastekuorma virtaaman tilavuudella tietyssä ajanjaksona, kuten vuoden aikana. Samassa tutkimuksessa käytettiin myös jatkuvaa näytteenottoa (luku 3.3.), jonka näytteet otettiin automaattisella näytteenottimella. Kyseisessä projektissa kumpikaan menetelmä ei ollut sattumanvaraista näytteenottoa tehokkaampi, mutta yleisesti ottaen näytteenottotavoilla voidaan saavuttaa luotettavia tuloksia. (McCarthy ym. 2018, 297–298; 300.)

Jaksottaisissa näytteissä hyvä puoli on niiden antama tieto tarkkojen intervallien välein. Jos halutaan esimerkiksi määrittellä, miten tietyn parametrin pitoisuus muuttuu minuuttien, tuntien tai litrojen kuluessa, on mahdollista seurata tulosten muutoksia. Näytepullojen määrästä riippuen kustannukset voivat kuitenkin nousta erittäin korkeiksi erityisesti näytteenottopaikan valmistelun osalta. Siihen saatetaan käyttää enemmän aikaa ja kustannuksia moniin muihin näytteenottotapoihin verrattuna (Ackerman ym. 2011, 290).

### 3.4 Jatkuva näytteenotto

Näytteenottotapana jatkuva näytteenotto soveltuu jaksottaisen näytteenoton tapaan virtaavien vesien näytteenottoon (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2010, 31). Näytteenotto tapahtuu ilman taukoja tietyn ajan kuluessa, ja näytteitä voidaan ottaa kiintein tai vaihtelevin virtaamamäärin. Kiinteässä virtaamamäärässä näytettä otetaan virtaamasta tietyn aikaa ja näytteen määrässä ei huomioida virtaaman muutoksia. Tällöin vedestä saadaan kaikki näytteenottohetkellä löytyvät aineet, mutta niiden konsentraatioiden muutoksia ei voida tarkemmin arvioida. Kun virtaamamäärän vaihtelevuus huomioidaan, otetaan näytteet suhteessa näytteenottoajankohdan virtaamaan. Näin ollen näytteen määrä vaihtelee virtaaman muutosten mukaan.

Jälkimmäinen näytteenottotapa mahdollistaa veden laadun muutoksien seurannan paremmin kuin kertanäytteet, mikäli laadunvaihtelua esiintyy ja näytteitä otetaan tarpeeksi. Tässä tavassa on myös paras tarkkuus virtaavista vesistä otettaville näytteille, mikäli virtaamamäärä ja parametrien pitoisuudet vaihtelevat vedessä huomattavasti. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2010, 32.) Mikäli näytteen määrää ei suhteuteta virtaaman määrään, voidaan saada laajahko kokonaiskuva yhdestä kohdasta virtaamaa, mutta kokonaiskuva jää tässä tapauksessa puutteelliseksi, kuten monissa muissakin näytteenottotavoissa. Parametrien pitoisuuksiin liittyvää vaihtelua ei voida myöskään spesifioida tarkemmin.



### 3.5 Komposiittinäytteet

Komposiittinäytteet soveltuvat sekä liikkuvien vesien että seisovan veden laaduntarkkailuun. Näytteet voidaan ottaa manuaalisesti tai automaattisella näytteenottimella ja esimerkiksi jatkuvasta näytteenotosta saadut näytteet voidaan yhdistää komposiittinäytteeksi. Tällaisten komposiitti- eli kokoomanäytteiden avulla saadaan tietoa muun muassa parametrien keskiarvoista näytteenottoaikassa. Näytetyyppi ei siis sovellu käytettäväksi, mikäli halutaan tarkkoja, hetkellisiä arvoja. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2010, 31; 33.)

Komposiittinäytteiden keruuta on suoritettu esimerkiksi yhdysvaltalaisutkimuksessa, jossa tutkittiin hulevesien määrää ja laatua pysäköintialueilla, jotka oli päällystetty erilaisilla läpäisevillä pintamateriaaleilla asfaltin sijaan. Näytteitä kerättiin sekä pintavalunnasta läheisiltä asfalttipinnoilta että läpäisevän materiaalin läpi suodattuneesta sadevedestä kussakin sijainnissa. Vesinäytteistä tutkittiin muun muassa veden kovuutta, sähkönjohtavuutta, veteen liuenneita metalleja ja moottoriöljyn esiintymistä. (Brattebo & Booth 2003, 4369; 4371.)

Komposiittinäytteiden haasteena on se, että vedenlaadun parametrien arvoissa tulisi olla mahdollisimman vähän variaatiota. Komposiittinäyte onkin parhaimmillaan esimerkiksi tutkittaessa ylittääkö vesilähde keskimäärin jonkin parametrinsa raja-arvot. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2010, 33.)

### 3.6 Sarjanäytteet

Sarjanäytteitä otetaan enimmäkseen seisovista vesistä (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2010, 31). Näytteenotto voidaan jaotella syvyysprofiili- ja alueprofiilinäytteenottoon. Syvyysprofiilinäytteitä otetaan samasta kohdasta vesimassaa, mutta kukin näyte eri syvyydeltä. Alueprofiilinäytteet puolestaan otetaan kukin samasta syvyydestä, mutta eri puolilta vesimassaa. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2010, 33.)

Sarjanäytteitä hyödynnetään harvemmin hulevesinäytteenotossa, sillä se soveltuu paremmin esimerkiksi järvien vedenlaaduntarkkailuun.

### 3.7 Näytteenoton muut laatuhuomiot

#### 3.7.1 Välineistö ja näytteenottoaika

Näytteenotossa tulee kiinnittää huomiota muihinkin tärkeisiin seikkoihin kuin näytteenototavan valintaan. Yksi tärkeä osa on huolehtia näytteenottovälineiden kunnosta. Säännöllisesti olisi hyvä tarkistaa välineiden kunto ja hävittää käyttökelvottomat välineet, kuten liian kuluneet näytepullot. Lisäksi välineiden puhtaudesta on tärkeä huolehtia, jotta näytteeseen ei päädy jäänteitä edellisistä näytekohteista.

Näytepullojen valinta on myös tärkeä osa prosessia. Sekä sopivien näytepullojen valikointi että pullojen hygieenisyydestä huolehtiminen tukevat näytteen laatua. Mikäli näytteitä otetaan useampia, on tärkeää huolehtia myös, että pullot yksilöidään ja pullojen etiketeissä on merkittynä kaikki oleelliset tiedot. Täysien näytepullojen huolellinen säilytys ja kuljetus viileässä ovat myös tärkeää näytteenotto-prosessissa. Tutkittavista parametreistä riippuen näytteet tulee yleensä toimittaa mahdollisimman nopeasti laboratorioon tutkittavaksi, mutta mikäli tämä ei ole mahdollista, on väliaikainen kylmäsäilytys erityisen tärkeää.

Oleellista on valita myös sopiva näytteenottoaika siten, että näyte voidaan ottaa turvallisesti ja veden virtaama palvelee näytteen laatua. Ideaalitulanteessa näyte otetaan kohdasta, jossa veden virtaus on pyörteistä ja näytteestä analysoitavat ainesosat ovat sekoittuneet veteen mahdollisimman hyvin. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2010, 22; 39–40.)

#### 3.7.2 Jatkuvatoiniset laatumittarit

Veden laadun seurantaan on mahdollista käyttää myös automaattisia, jatkuvatoimisia mittareita. Tällaiset laitteet hyödyntävät usein UV-spektrometriaa ja niiden avulla voidaan seurata veden virtaaman määrää ja esimerkiksi veden sameuden muutoksia. Sameuden avulla pystytään määrittämään laskemalla myös muita parametrejä kuten kiintoaineen tai kokonaisfosforin pitoisuuksia. Laatumittarien rinnalla ovat aina myös manuaaliset tarkastusnäytteet samalta syvyydeltä. Näiden tarkastusmittausten avulla pystytään suorittamaan halutut laskutoimitukset.

Jatkuvatoimisella mittarilla saadaan kattavasti tietoa veden laadusta, mutta sen tuloksiin liittyvä kalibrointijakso voi kestää jopa yli vuoden. Kalibrointijakson aikana automaattisia mittaustuloksia voidaan säätää laboratoriossa analysoitujen tarkastusnäytetulosten perusteella. (Salmi, Rastas, Koskinen & Peltonen 2011, 10–11; 13–14.)

## 4 VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

### 4.1 Ilmaston ja sään vaikutus

Näytteenottotavan ja -ajankohdan valintaan vaikuttavat monenlaiset tekijät. Haasteita aiheuttaa se, että monet näistä tekijöistä, kuten säätilojen vaihtelu, ovat täysin näytteenottajasta riippumattomia. Mitä enemmän näytteenottaja tietää alueen ilmastosta, sitä paremmin se todennäköisesti palvelee häntä näytteenottotyössä. Tämä tieto ei kuitenkaan riitä esimerkiksi Suomessa antamaan tarpeeksi tietoa sadealueiden liikkeistä. Varsinkin ilmastonmuutoksen myötä säätilat muuttuvat entistä rajummiksi ja myös sateiden määrä ja voimakkuus lisääntyvät varsinkin talvisaikaan (Ilmatieteen laitos 2017b). Tämän seurauksena on entistä tärkeämpää tarkkailla sopivia ajankohtia sekä ilmaston että sään näkökulmasta.

#### 4.1.1 Ilmasto-olot

Sään ja ilmaston käsitteet erottavat toisistaan niiden aikamääreet. Ilmastolla tarkoitetaan alueen säätilojen keskiarvoja esimerkiksi lämpötiloissa ja sademäärissä, ja tietoa on usein kerätty vuosikymmenien ajan. Sään määritelmään liittyy samoja asioita, mutta siinä otetaan huomioon vain yksittäisen ajankohdan vastaavat attribuutit. (Ilmatieteen laitos 2017a.)

Suomen ilmastoa kutsutaan yleensä niin sanotuksi väli-ilmastoksi, sillä siihen liittyy sekä mantereisen että merellisen ilmaston piirteitä. Vaihteluihin vaikuttaa suuresti esimerkiksi Suomen sijainti leveyspiirien 60 ja 70 välissä, sillä alueella kohtaavat pohjoisen polaariset sekä etelän trooppiset ilmamassat muodostaen säärintamia. Golfvirralla on Suomessa lämpötiloja nostava vaikutus talvisin ja Itämeren lämmittävä vaikutus leudontaa talvilämpötiloja varsinkin rannikkokaupungeissa. (Ilmatieteen laitos 2018a.)

#### **Turun seudun ilmasto-olot**

Varsinais-Suomen ilmastolle tyypillistä ovat kohtuullisen lämpimät ja pitkät kesät sekä leudot ja lyhyet talvet. Sijainti Itämeren rannalla vaikuttaa sekä lämpötiloihin että sademääriin: syksyä esimerkiksi pidentää meren lämmittävä vaikutus, joka tuo myös

runsaasti sateita. Tilanne on puolestaan päinvastainen keväällä, jolloin sateita tulee yleensä vähemmän ja lämpötilat pysyvät matalampina meren viilentävän vaikutuksen vuoksi. Vuotuinen sademäärän keskiarvo vaihtelee ulkosaariston 500 millimetristä sisämaan 750 millimetriin. Vähäsateisimpia kuukausia Turun seudulla ovat usein helmi-, maaliskuu- ja toukokuu (25–30 mm) ja runsassateisimpia heinä- ja elokuu (75–80 mm). Sijainti rannikolla vaikuttaa myös lumen määrään ja maan lumipeitteet voivat jopa sulaa ainakin osittain talven aikana. Toisaalta lunta voi kertyä suotuisilla olosuhteilla paljonkin. (Kersalo & Pirinen 2009, 29; 32–33.)

#### 4.1.2 Mikroilmastot

Turussa ilmastolle tyypillisiä ovat myös niin sanotut mikroilmastot. Termillä viitataan ilmiöön, jossa säätila on hyvin alueellinen ja se voi vaihdella jopa muutaman korttelin kokoisella alueella. Tällaisten pienten alueellisten ilmastojen syntymiseen vaikuttavat esimerkiksi rakennukset, tiet ja kadut sekä viheralueet. (Oke 2007.) Alueellisesti vaihtelevia tekijöitä voivat olla ilmankosteus, maaperän koostumus, tuuliolosuhteet, lämpötila, haihtuminen ja kasvillisuuden määrä. Kasvillisuuden vaikutus voidaan huomata esimerkiksi lämpötilojen säätelyssä. Runsa kasvillisuus myös vähentää lämpötilojen jatkuvia muutoksia sekä eristää maaperää. (Encyclopaedia Britannica 2018.)

Mikroilmastojen esiintyminen asettaa haasteita näytteenoton ajoittamiseen, sillä yhdessä vaikeasti ennustettavan säätilan kanssa ne aiheuttavat epävarmuutta. Kun otetaan huomioon, että Turun pääasiallinen säähavaintoasema sijaitsee esikaupunkialueella Artukaisissa noin 5 kilometrin päässä Turun keskustasta, säätila ei siellä hyvin todennäköisesti ole sama verrattuna esimerkiksi keskustan alueeseen (Ilmatieteen laitos 2018b). Tämän vuoksi sääennusteiden seuraaminen ei aina riitä yksiselitteisesti vahvistamaan sopivaa näytteenottoaikaa.

#### 4.1.3 Sadetapahtumaa edeltävät olosuhteet

Sadetapahtumaa edeltävillä olosuhteilla on myös merkittävä vaikutus siihen, milloin näyte tulisi ottaa. Turun seudulla ei tyypillisesti esiinny pitkiä kuivakausia, kuten esimerkiksi niin sanotuissa ”Välimeren ilmaston” maissa, mutta kuivemmat, sateettomat kaudet ovat silti mahdollisia. Pidempien sateettomien jaksojen aikana maastoon ehtii kertyä esimerkiksi korkeampia määriä saasteita tai irtonaista kiintoainesta, jotka huuhtoutuvat

sateen mukana sadevesiviemäriin. Jos näytteet otetaan pian tällaisen huuhtouman jälkeen, on kiintoaineksen tai kertyneiden saasteiden määrä näytteessä todennäköisesti koholla, eikä määristä voida päätellä alueelle tyypillistä keskiarvoa. Vastaavasti käänteisessä tapauksessa pitkän sadekauden jälkeen joidenkin parametrien pitoisuudet voivat olla pienempiä, sillä niistä osa on ehtinyt huuhtoutua hulevesiviemäriin tutkittavaa sadetapahtumaa edeltävien sateiden aikana. (Lee, Lau, Kayhanian & Stenstrom 2004, 4153.)

Näytteenottoajankohtaa valitessa onkin tärkeä tietää, millaisia tuloksia otettavalla näytteellä pyritään saamaan. Mikäli halutaan tutkia esimerkiksi kuivakauden vaikutusta hulevesien laatuun, tulisi näytteet ottaa mahdollisimman pian sadetapahtuman alkamisen jälkeen. Vastaavasti myös huippulukemia tutkittaessa on näytteidenotto hyvä ajoittaa sadetapahtuman alkupuolelle. Mikäli taas halutaan mahdollisimman tarkkaan keskiarvoa vastaavaa tulosta ja aiotaan ottaa esimerkiksi vain yksi kertainäyte, ei kuivakauden jälkeinen ajankohta ole tässä tapauksessa paras.

#### 4.2 Maankäytön vaikutus

Näytteenottopaikan valinnassa tulee erityisesti huomioida myös ympäröivän alueen maankäyttö. Koska ympäristön vaikutus hulevesiin on merkittävä, päätyy lähiympäristöstä vesiin monenlaisia haitta-aineita. Niiden lähteet voidaan hyvässä tapauksessa jäljittää, mikäli tiedetään, mihin tarkoitukseen aluetta käytetään. Päästöt voivat olla lähtöisin esimerkiksi liikenteestä, teollisuudesta tai asutuksesta.

Näytteenottopaikan sijainnista riippuen hulevesissä voi esiintyä aineita, joita toisissa sijainneissa ei havaita lainkaan. Esimerkiksi pakokaasuista peräisin olevaa lisäainetta metyylitertiäributyylieetteriä eli MTBE:ä löytyy usein vesinäytteissä erityisesti liikennöidyillä alueilla. Muita mahdollisia päästölähteitä ovat esimerkiksi öljy- ja rasvavuodot, tienpinnan aiheuttama lämpökuormitus ja renkaiden kuluminen, joiden seurauksena hulevesistä voi löytyä esimerkiksi runsaasti raskasmetalleja, kiintoainetta tai PAH-yhdisteitä.

Teollisuuskäytössä olevilta alueilta hulevesiin kulkeutuu usein metalleja ja monenlaisia materiaaleja, joiden kanssa pintavalunta joutuu kosketuksiin. Rakennustyömailta puolestaan hulevesiin kulkeutuu paljon kiintoainesta paitsi pintavalunnan, myös tuulen tai

kulkuneuvojen renkaiden mukana. Myöskään fosforin tai typen esiintyminen rakennustyömailta peräisin olevissa vesissä ei ole harvinaista.

Asutukseen keskittyvillä alueilla havaitaan yleensä bakteereja ja ravinteita, jotka voivat olla peräisin esimerkiksi piha-alueilta lannoitteista tai sekaviemärien ylijuuksuista. Tutkimuksissa on todettu muun muassa suolistoperäisten bakteerien määrän korreloivan usein suoraan alueen asukastiheyttä. (Suomen Kuntaliitto 2012, 124–125.)

Mikäli ei olla erityisen kiinnostuneita esimerkiksi rakennustyömaan tai muun huomattavan päästölähteen tuottamista päästöistä ja halutaan tarkastella pitoisuuksia niiden ”normaalitilassa”, on tärkeää valita näytteenottosijainti siten, että se on mahdollisimman kaukana kaikista ei-halutuista päästölähteistä. Kaupunkialueilla tämä on kuitenkin usein haastavaa, sillä mahdolliset näytteenottoapaikat sijaitsevat usein vähintäänkin lähellä autoliikennettä.

#### 4.3 Tarvittavan tarkkuuden vaikutus

Näytteenoton yhteydessä on tärkeää pohtia myös, millaista tarkkuutta tuloksissa tarvitaan. Jos esimerkiksi tarvitaan mahdollisimman yksityiskohtaista tietoa siitä, miten mitattavan parametrin pitoisuus vaihtelee sadetapahtuman aikana, täytyy näytteitä ottaa lukumäärällisesti monia tai tehdä jatkuvatoimista mittausta. Mikäli puolestaan halutaan ottaa näytteitä ”pistokokeina” tai selvittää oleellisia tutkittavia parametrejä, riittää lukumääräksi luultavasti enintään muutama näyte. (Suomen kuntaliitto 2012, 128–129.)

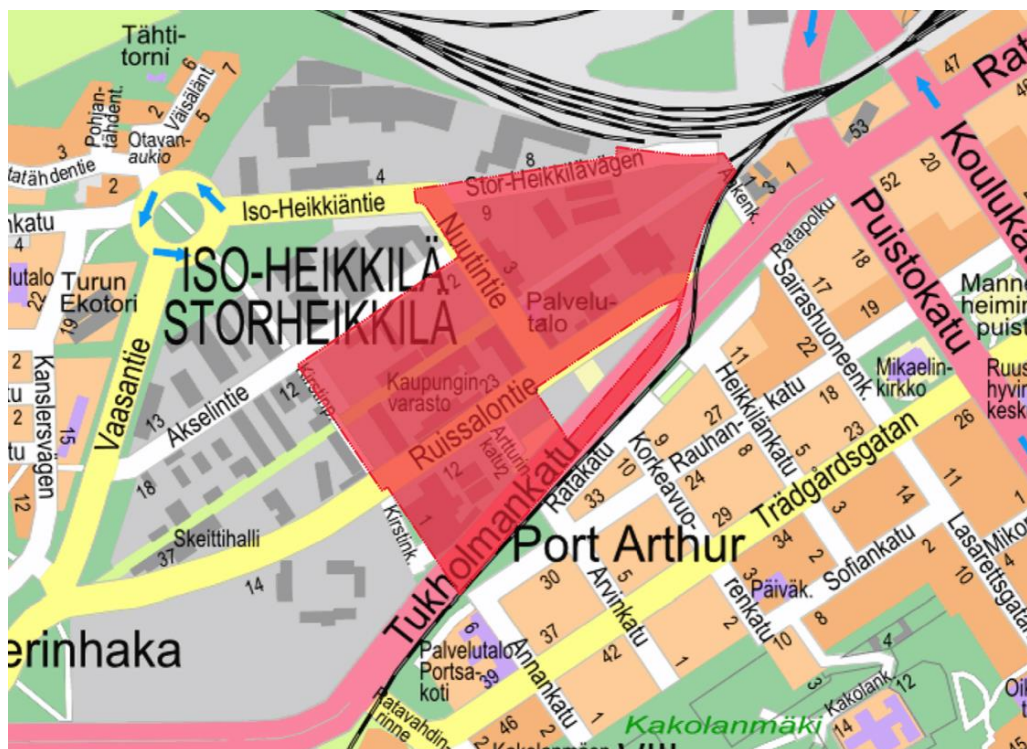
Näytteenottotapojen soveltuvuudesta ja tarkkuudesta kerrotaan tarkemmin luvussa 3.

## 5 KIRSTINPUISTO

### 5.1 Alueen kuvaus

Kirstinpuiston alue sijaitsee noin 1,5 kilometrin päässä Turun ydinkeskustasta Iso-Heikkilän kaupunginosan reunalla, lähellä VIII kaupunginosan rajaa (Turun kaupunki 2018c).

Kirstinpuisto on osa laajempaa Linnakaupungin osayleiskaavaa, jonka puitteissa rakennetaan uusia asuinalueita, joissa huomioidaan esimerkiksi kestävästä kehitystä nykystandardien mukaan. Kirstinpuiston alue on mukana esimerkiksi EU-rahoitteisessa iWater-projektissa, jossa se toimii pilottikohteena kokeilevien uusien hule- ja tulvavesien hallintaratkaisujen pilotoinnissa. (Turun kaupunki 2018a.) Kirstinpuiston alueelle onkin jo yleiskaavassa merkitty alueelliselle hulevesien hallinnalle erikseen varattu alue (ILKKA-hanke 2014a, 18). Kirstinpuiston aluerajaus on esitetty kartalla kuvassa 1.



Kuva 1. Kirstinpuiston aluerajaus kartalla (Turun kaupunki 2018b).

Tällä hetkellä alueella on enimmäkseen vanhaa teollisuusrakennuskantaa. Näistä rakennuksista monet ovat tyhjiillään tai purkukunnossa. Alueella on tosin tehty jo paljon muutoksia muutaman viime vuoden aikana, kun osa vanhoista rakennuksista on purettu ja



tilalle on rakennettu esimerkiksi uusia asuinrakennuksia. Tiedot alueen rakennuskannasta perustuvat pääosin kahden vuoden takaiseen maastokartoitukseen, joka alueella suoritettiin. Maastokartoitusta käsitellään tarkemmin luvussa 5.3.

## 5.2 Valuma-alue

Kirstinpuisto sijaitsee Sataman valuma-alueella (ILKKA-hanke 2014a, 16). Valuma-alue on pinta-alaltaan noin 3,9 km<sup>2</sup>, ja se on tulvaherkkää aluetta, sillä noin 25 % siitä sijaitsee alle 2,5 metrin korkeudella merenpinnasta. Alueen läpäisemätön pinta-ala on jopa 1,5 km<sup>2</sup>, josta kattojen kartoitettua yhteispinta-alaa on noin 69 hehtaaria ja teitä noin 88 hehtaaria. Nykyhetken ongelmia alueella ovat muun muassa hulevesiverkoston riittämättömyys rankkasateilla sekä virtaaman padottuminen Pansiontien verkostossa, jonne ohjataan paljon hulevesiä muun muassa vilkkaasti liikennöidyltä Ratapihankadulta. (ILKKA-hanke 2014b, 50–51.)

## 5.3 Kesän 2016 riskikartoitus

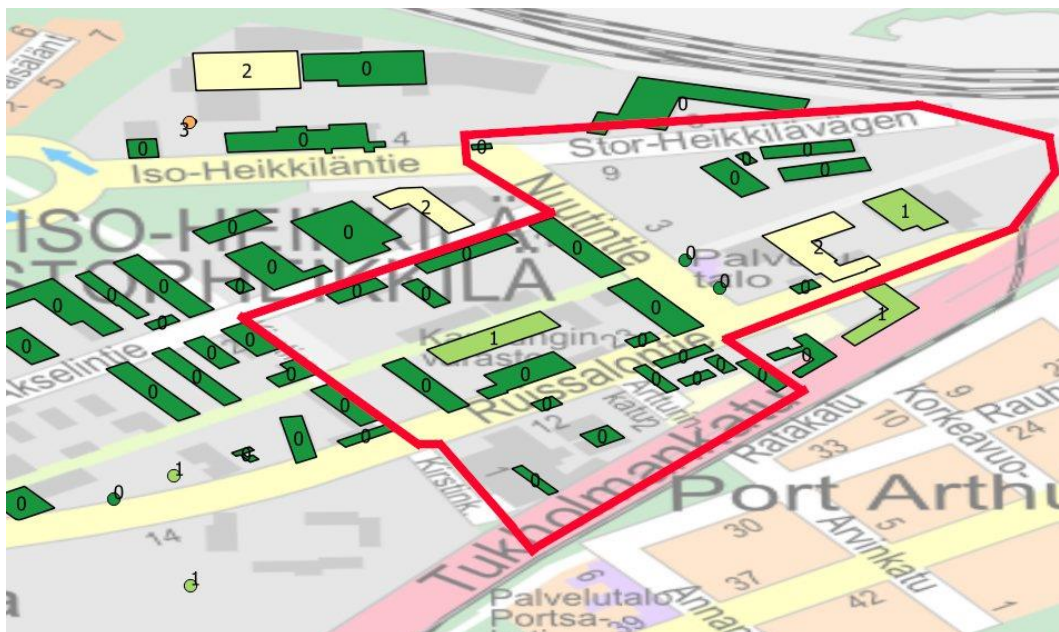
Kesällä 2016 "UrbanStormwaterRisk" -projektille tehtiin maastokartoitusta sataman, Iso-Heikkilän ja Kirstinpuisto alueilla. Alueet kierrettiin jalan ja kartoitettiin rakennuksia, tontteja sekä niiden mahdollisia ympäristöriskejä. Kaikki kohteet numeroitiin ja niistä kirjattiin ylös tärkeät tiedot, kuten rakennusten käyttötarkoitukset sekä niissä mahdollisesti toimivien yritysten tiedot. Joistain kohteista otettiin myös valokuvia, joiden avulla voidaan todeta erilaisia riskitekijöitä tai maaston ominaisuuksia kuten maaston kaltevuutta tai rakenteissa käytettyjä päällystemateriaaleja.

Kartoituksen maastotyöjakson perusteella luotiin myös riskiarviointiasteikko, jonka avulla kaikkien kartoitettujen kohteiden riskipotentiali arvioitiin. Riskien arvioinnissa huomioitiin erilaisia tekijöitä, kuten kohteessa mahdollisesti käytettävien tai säilytettävien kemikaalien vaarallisuus tai määrä sekä maaston vaikutus hulevesien kulkusuuntiin. Mikäli kohteessa esimerkiksi epäiltiin säilytettävän vaarallisia tai haitallisia kemikaaleja ja on mahdollista, että hulevesien mukana kulkeutuu vaikka tämän kemikaalin jäämiä, on sen määriteltä riskipotentiali tällöin suurempi. Riskikartoituksen arviointiasteikko on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Maastokartoituksen riskiarviointiasteikko.

Riskien arviointiasteikko	
0	ei potentiaalista riskiä / erittäin epätodennäköinen riski
1	potentiaalinen riski
2	keskivertotason potentiaalinen riski
3	korkea potentiaalinen riski
4	erittäin korkea potentiaalinen riski
5	hälyttävä potentiaalinen riski

Kun kaikkien kohteiden tiedot oli kirjattu excel-tilukkuun ja arvioitu niiden riskitasot, tehtiin kohteista vielä visuaalinen esitys. Kohteiden tiedot pystyttiin siirtämään taulukosta suoraan QGIS-ohjelmaan, jossa karttapohjan avulla voidaan esittää riskitieto karttamuodossa (kuva 2).

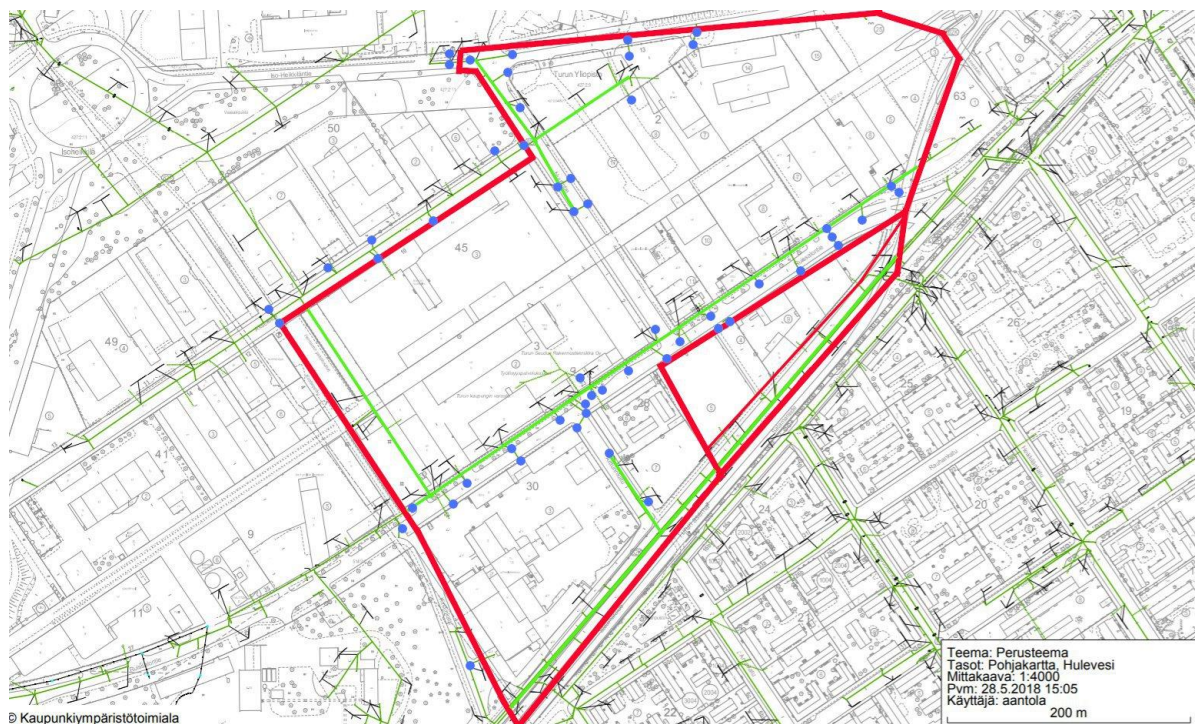


Kuva 2. Riskikartoituksen kohteet Kirstinpuiston alueella (kartta: Turun kaupunki 2018c).

Kartan avulla pystytään tarkastelemaan kartoitettuja kohteita Kirstinpuiston alueella helpommin kuin pelkästä excel-taulukosta. Alueen tilanne vaikuttaa pääosin hyvältä, sillä suuri osa kohteista on erittäin epätodennäköisen riskin kohteita (0), eikä muutaman potentiaalisen riskin (1) ja yhden keskivertotason riskin (2) lisäksi alueelta löytynyt ympäristön kannalta esimerkiksi hälyttävän haitallisia kohteita. Alueen kartoitetuissa kohteissa riskitekijät olivat pääosin ajoneuvojen pesuun tai säilyttämiseen liittyviä, sillä ajoneuvojen puhdistamiseen käytettäviä kemikaaleja voi kulkeutua esimerkiksi pintavaluntana hulevesien mukana.

#### 5.4 Hulevesiviemärointi

Kirstinpuiston alueella on luovuttu sekaviemäröinnistä, joten hulevedet kulkevat omissa viemäreissään. Kuvan 3 kartassa näkyvät punaisella rajatun Kirstinpuiston alueen vihreällä merkityt hulevesiviemärit vahvistettuina ja yksinkertaistettuina. Alueen sadevesikaivojen sijainnit on alkuperäisen kartan perusteella merkitty kuvaan sinisellä. Huomioon on otettu myös joitain olennaisia kaivoja, vaikka ne sijaitsisivat hieman aluerajan ulkopuolella. Näistä kaivoista osa on ritiläkantisia sadevesikaivoja ja osa niin sanottuja koojakaivoja, jotka kokoavat vesiä yhteen useista eri putkista.



Kuva 3. Kirstinpuiston alueen hulevesiverkosto ja sadevesikaivojen sijainnit (Kaupunkiympäristötoimiala 2018).

Kaikki kaivot sijaitsevat keskellä ajoväyliä tai niiden välittömässä läheisyydessä esimerkiksi jalkakäytävällä tai viherkaistalla. Kaivoista suurin osa sijaitsee myös kahden merkittävimmän pitkän koillis-lounassuuntaisen sadevesiputken varrella, lukuun ottamatta muutamia lyhyempien putkilinjojen päässä sijaitsevia kaivoja. Alkuperäinen verkostokartta löytyy liitteestä 1.

## 6 NÄYTTEENOTTOSUUNNITELMA

### 6.1 Näytteenoton tavoitteet

Näytteenoton tavoitteet määrittelevät hyvinkin pitkälle kaikkea muuta, mikä liittyy näytteenottotilanteeseen. Mikäli ei ole kyse ulkopuolisesta projektista, jossa on tarkkaan määritelty esimerkiksi mitattavat parametrit tai näytteenottoajankohdat, voidaan näytteenotolle määrittää tutkimusryhmän omat tavoitteet. Tässä näytteenottosuunnitelmassa on esimerkiksi valittu tavoitteeksi saada mahdollisimman hyvä kokonaiskuva alueen hulevesien laadusta.

### 6.2 Parametrien valinta

Tutkittavat parametrit tulee valita siten, että niistä saatavat tulokset ovat mahdollisimman hyödyllisiä ja oleellisia tutkittavan alueen kannalta (Suomen Kuntaliitto 2012, 126). Koska Turku sijaitsee Itämeren rannalla sekä Kirstinpuisto kohtuullisen matkan päästä satama-alueesta, on olennaista tarkkailla Itämereen kohdistuvaa kuormitusta. Suuria ongelmia Itämeressä aiheuttaa esimerkiksi rehevöityminen, joten hulevesien ravinnepitoisuuden tarkkailu on tärkeää ja sillä voidaan pyrkiä ehkäisemään lisäkuormitusten haittoja. (Suomen ympäristökeskus 2018.) Tällöin olennaista on selvittää huleveden typpi- ja fosforipitoisuudet, jotka voivat olla peräisin joko ihmisen toiminnasta tai luonnonhuuhtoumasta. Typen ja fosforin lähteitä voivat olla esimerkiksi viheralueet sekä puistot, joissa käytetään runsaasti lannoitteita. Lisäksi kuormitusta voi tulla rakennustyömailta, liikenteestä sekä hule- ja jätevesiviemärien mahdollisista virhekytkennöistä. (Suomen Kuntaliitto 2012, 126.)

Tärkeää on myös analysoida hulevesinäytteen kiintoaine. Suuret kiintoainemäärät aiheuttavat esimerkiksi vesialueen pohjan liettymistä, mikä heikentää eliöstön elinolosuhteita (Suomen ympäristökeskus 2014). Kiintoaine kuljettaa mukanaan myös monia haitta-aineita ja se voi osaltaan vaikuttaa hulevesiin kohdistuvaan kuormitukseen. Kiintoaine voi kuljettaa fosforin lisäksi esimerkiksi haitallisia metalleja ja metalliyhdisteitä. Yleisesti tarkkailtavia metalleja ovat muun muassa sinkki, kadmium, nikkeli, lyijy, platina, elohopea, kupari ja heksavalentti kromi eli kromi(VI). Metalleja löydetään hulevesistä usein varsinkin tiealueiden ja runsaan liikenteen läheisyydessä, joten Kirstinpuiston

alueella niiden pitoisuudet ovat todennäköisesti myös korkeahkoja alueen läpikulkuliikenteen ja tieverkoston takia. (Suomen Kuntaliitto 2012, 124–126.) Korkeina pitoisuuksina metallit voivat kulkeutua vesistöihin ja kertyä esimerkiksi kalastoon (HELCOM 2018).

Hulevesistä löydetään usein myös erilaisia torjunta-aineita, PAH-yhdisteitä, joihin kuuluvat muun muassa naftaleeni, pyreeni ja bentso(a)pyreeni sekä muita yhdisteitä kuten metyyli-*t*ertiäri-*b*utyylieetteriä (MTBE), pentakloorifenolia (PCP) tai nonyyli-*f*enolietoksylaatteja. PAH-yhdisteiden ja MTBE:n esiintyminen hulevesissä yhdistetään useimmiten raskaasti liikennöityihin alueisiin tai teollisuusalueisiin. Torjunta-aineita käytetään puolestaan viheralueilla sekä rakennusmateriaaleissa, joista ne päätyvät hulevesiin. PAH-yhdisteiden ja torjunta-aineiden kulkeutuminen on mahdollista myös laskeuman mukana, joten niiden lähde voi olla myös pidemmän välimatkan päässä. Osa näistä yhdisteistä löytyy myös Euroopan unionin niin kutsulta ”prioriteettiaineiden listalta”, mikä tekee niistä tarkkailun arvoisia. Prioriteettilistalla on aineita, jotka voidaan luokitella haitallisiksi tai vaarallisiksi. Mikäli aineella ei ole todistettuja vaarallisia vaikutuksia, se määritellään ainoastaan haitalliseksi. (Kangas 2018, 29–30.)

Muita yleisiä vedenlaatuparametrejä, joita kannattaa myös tarkkailla, ovat pH, sameus, sähkönjohtavuus, biologinen hapenkulutus (BOD) ja kemiallinen hapenkulutus (COD) (Suomen Kuntaliitto 2012, 124–126). PH-arvo kertoo veden happamuudesta eli siitä, paljonko vesimassassa on vetyioneja. Huleveden ihanteellinen pH on lähellä neutraalia pH:ta eli 7. Mikäli veden pH on huomattavan emäksinen tai hapan, eli reilusti yli tai alle 7, voi syynä olla esimerkiksi runsas yhteytystoiminta vedessä, lannoitteiden tai rakennusmateriaalien kuten betonin päätyminen veteen. Radikaalit pH-arvot voivat aiheuttaa ensisijaisesti haittoja vesieliöstölle. (Port of Portland 2018; Suomen ympäristökeskus 2017b.)

Sameus puolestaan kertoo esimerkiksi vedessä olevan humuksen ja maa-aineksen määrästä. Sameusarvoon vaikuttavat vedessä esiintyvien sameutta aiheuttavien aineiden pitoisuudet tai hiukkaskoot. Veden korkea sameus nostaa veden lämpötilaa, mikä puolestaan vähentää veteen liunneen hapen konsentraatiota, sillä lämmin vesi kykenee sitomaan itseensä vähemmän happea kuin kylmä vesi. Veden valonläpäisykyky myös heikkenee, mikä voi vähentää yhteytystoiminnan määrää vedessä ja esimerkiksi mereen päätyessä vaikuttaa suurina määrinä myös vesieliöstön hyvinvointiin. (Suomen ympäristökeskus 2017b; United States Environmental Protection Agency 2012.)

Sähkönjohtavuuden avulla voidaan määrittää veteen liuenneiden suolojen määrä. Suuret suolapitoisuudet voivat nekin vaikuttaa vesieliöstön hyvinvointiin sekä mahdollisesti kertoa myös vuodoista tai veden tihkumisesta erilaisista lähteistä, sillä suolapitoisuus ja sitä kautta sähkönjohtavuus vaihtelevat paljon eri lähteistä tulevissa vesissä. Mittausten avulla olisi siis mahdollista selvittää, esiintyykö hulevesissä esimerkiksi puhdistamatonta jätevettä. (California State Water Resources Control Board 2004.)

Biologinen hapenkulutus eli BOD tai BHK kuvaa nimensä mukaisesti sitä, paljonko vedessä tapahtuvissa biologisissa prosesseissa kuluu happea. Tämän avulla voidaan tulkita vedessä olevan eloperäisen aineksen määrä, sillä ainesta hajottavat eliöt käyttävät happea ja vaikuttavat täten hapenkulutuksen määrään. Kemiallinen hapenkulutus eli COD tai KHK kertoo vastaavasti kuinka paljon kemiallista hapetinta laboratoriossa kuluu orgaanisen aineen hajottamiseen. Sen avulla voidaan tutkia hitaasti hajoavien eloperäisten yhdisteiden määrää vedessä. (Suomen metsäyhdistys ry 2018.)

Kirstinpuiston kannalta olennaisia tutkittavia parametrejä on esitetty koottuna selitteen taulukossa 2. Parametrien valintaa perustellaan kunkin aineen osalta esimerkiksi niiden haittavaikutuksilla tai perustuen siihen, mitä tietoa ne antavat veden tilasta. Valitut parametrit perustuvat muun muassa Kuntaliiton listaukseen sekä tutkimusryhmän aiempiin tutkimustuloksiin.

Taulukko 2. Kirstinpuiston hulevesinäytteiden parametrit.

Parametri	Selite	Haitallisuus/vaarallisuus EU:n prioriteettiainelistauksen mukaan
Typpi (N) [µg/l]	rehevöittävä vaikutus	ei
Fosfori (P) [µg/l]	”	ei
Kiintoaine [mg/l]	kuljettaa mukanaan haitta-aineita (sidosmateriaali), aiheuttaa pohjien liettymistä	ei
Metallit	kertyminen esimerkiksi vesieliöstöön ja sitä kautta ihmiseen	kadmium/elohopea ja niiden yhdisteet: <b>vaarallisia</b>

(jatkuu)



Taulukko 2. (jatkuu)

Parametri	Selite	Haitallisuus/vaarallisuus EU:n prioriteettinelistauksen mukaan
PAH-yhdisteet	haitallinen vaikutus esimerkiksi (vesi)eliöstöön	<b>vaarallisia</b>
Torjunta-aineet	”	mm. kinoksifeeni, trifluraliini: <b>vaarallisia</b> mm. bifenoksi, isodriini: <b>haitallisia</b>
MTBE, PCP, muut yhdisteet	”	nonyylifenolit: <b>vaarallinen</b> PCP: <b>haitallinen</b>
pH	kertoo veden happamuudesta tai emäksisyydestä	ei
Sameus [NTU]	kertoo vedessä olevan maa-aineksen määrästä, joka vaikuttaa liuenneen hapen määrään ja valonläpäisykykyyn	ei
Sähkönjohtavuus [ $\mu\text{s}/(\text{c})\text{m}$ ]	kertoo veteen liuenneiden suolojen määrästä	ei
BOD [BOD <sub>7</sub> ]	kertoo vedessä olevan orgaanisen aineksen määrästä	ei
COD [COD <sub>Mn</sub> ]	”	ei

Mitattavia parametrejä valittaessa on otettava huomioon näytteiden analysoinnista aiheutuvat kulut. Mitä useampia parametrejä näytteestä halutaan tutkia, sitä korkeammaksi kulut nousevat. Kustannuksista puhutaan Kirstinpuiston suunnitelman kohdalla enemmän luvussa 6.6.

### 6.3 Näytteenottotavan valinta

Näytteenottotavan valinta vaikuttaa suuresti näytteenoton kustannuksiin. Jos verrataan esimerkiksi manuaalisesti ja automaattisesti otettavia näytteitä, on automaattisen



näytteenottimen asentaminen jo lähtökohtaisesti kalliimpaa ja aikaa vievää. Tuloksissa on kuitenkin pienempi mittausvirheiden mahdollisuus.

Tässä suunnitelmassa näytteenotolla halutaan mahdollisimman hyvä kuva hulevesien laadusta ja alueen huleveden laadussa on hyvinkin oletettavasti suuria laadunvaihteluita. Tämän takia kannattaisi näytteenottotapana käyttää jatkuvaa näytteenottoa, jossa huomioidaan myös virtaaman vaihtelut. Siitä saatavat tulokset ovat parhaat mahdolliset virtaaville sekä laadullisesti paljon vaihteleville vesimassoille, yhdistettynä jatkuvatoimisten mittarien käyttöön. Näytteiden lukumäärä pysyy myös hieman pienempänä kuin useampien jaksottaisten näytteiden ottaminen, mutta näytteet voidaan silti pitää erillään, jotta niistä voidaan tulkita pitoisuuksien vaihteluja. Alueelta pystytään seuraamaan yhdessä säädatan avulla esimerkiksi myös pidätyskyvyn muutoksia.

Tämän lisäksi otetaan kertanäytteitä vertailupohjana. Näytteet otetaan samoista sijainneista varsinaisten näytteenottopisteiden kanssa ja mikäli pitoisuuksissa näkyy huomattavia poikkeamia esimerkiksi parametrien huippuarvoissa, voidaan ottaa kertanäytteet myös ”tarkastuspisteistä”. Näiden pisteiden valinnasta on kerrottu tarkemmin luvussa 6.4. Kalibroitivaiheessa on erityisen tärkeää keskittyä myös kertanäytteiden laatuun.

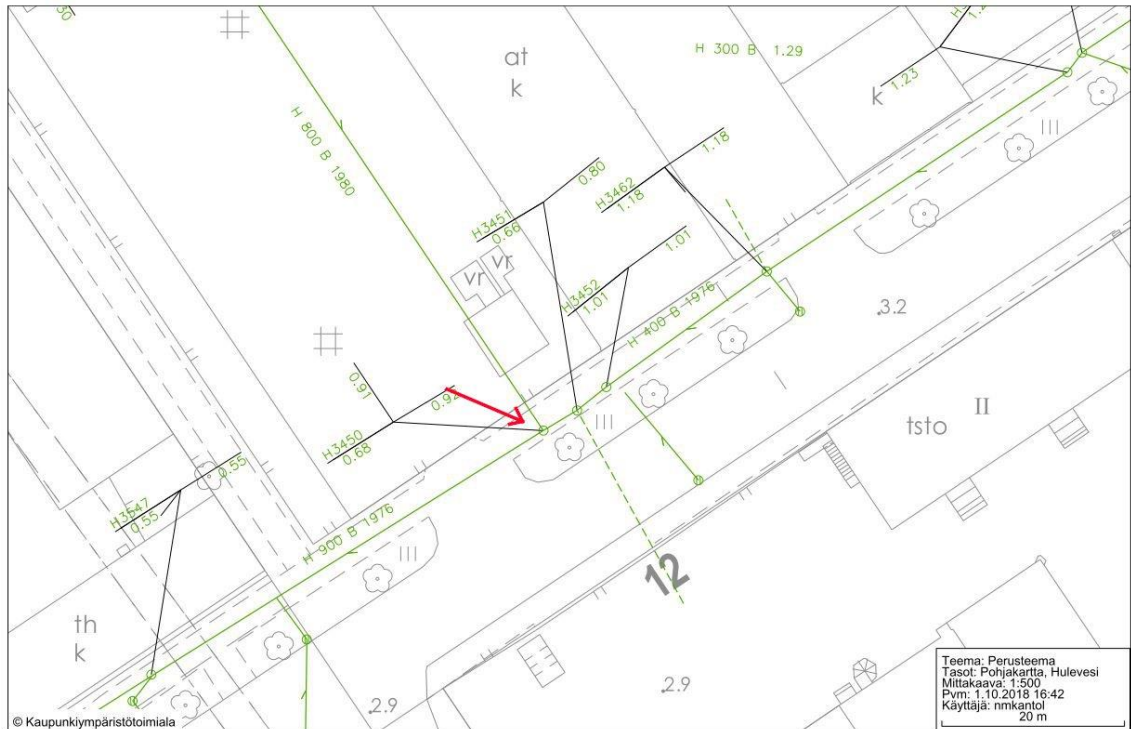
#### 6.4 Näytteenottopisteiden valinta

Koska näytteenotto kannattaa tehdä jatkuvan näytteenoton ja kertanäytteiden yhdistelmällä, tulee päänäytteenottopisteen sijainnin antaa mahdollisimman kattava kuva koko alueen hulevesistä. Tällainen piste on Nuutintien kokoojakaivo, johon tulee hulevesiä kolmesta eri putkisuunnasta. Veden kulkusuunnat on merkitty putkiin väkämillä (kuva 4). Veden kulkumatka hulevesiviemärissä ei myöskään ole kovin pitkä tässä osassa putkilinjaa, sillä vesi ei ehdi kulkea putkessa kuin muutamista kymmenistä metreistä noin sataan metriin.



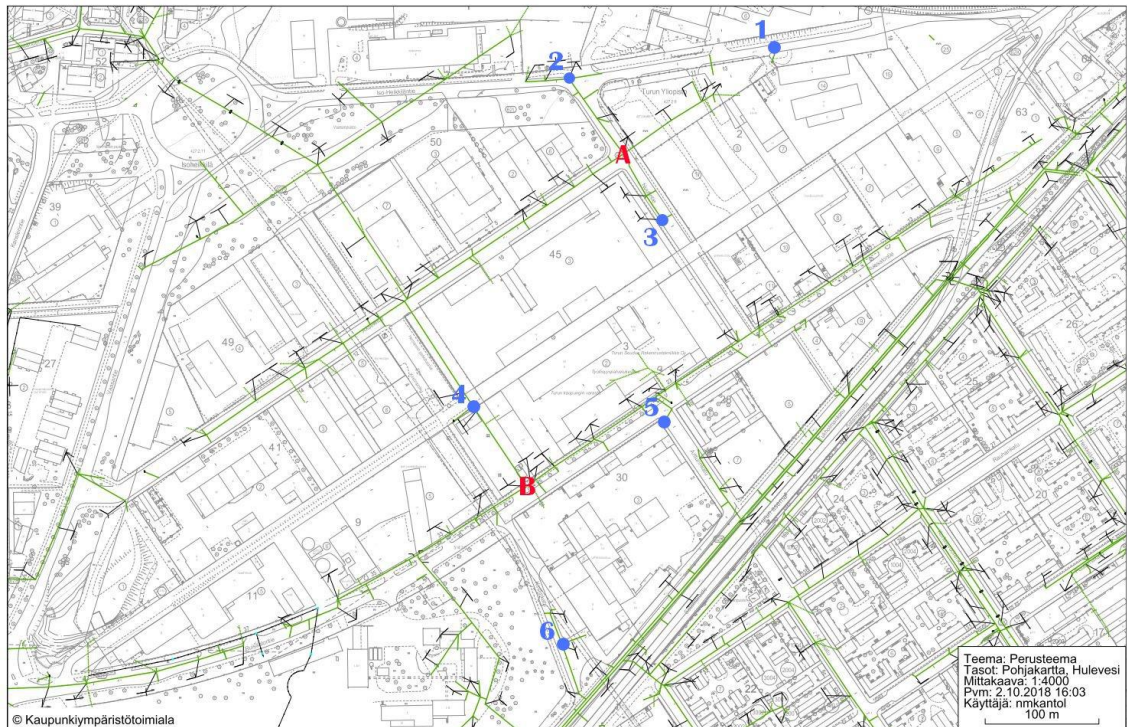
Kuva 4. Ehdotettu näytteenottopiste Nuutintiellä (Kaupunkiympäristötoimiala 2018).

Toinen samankaltainen sijainti on Ruissalontien varrella lähellä Kirstinkadun ja Kirstinpolun risteyskohtaa. Siellä kohtaavat kahdesta eri suunnasta tulevat vesimassat (kuva 5). Tämä piste ei sijaitse Nuutintien pisteen tavoin keskellä ajorataa, mutta tälläkin tiellä kulkee paljon liikennettä, josta osa on myös raskasta liikennettä. Se on kuitenkin hyvä risteyskohta, jota voidaan käyttää ainakin toissijaisena näytteenottopisteenä.



Kuva 5. Ehdotettu näytteenottopiste Ruissalonttiellä (Kaupunkiympäristötoimiala 2018).

Jos halutaan selvittää jonkin tietyn aineen lähdettä sadetapahtuman aikana tai tutkia mistä suunnasta jonkin parametrin korkea pitoisuus tulee näytteenottopisteeseen, voidaan yrittää valita ylimääräisiä näytteenottopisteitä samojen putkilinjojen varrelta. Nämä pisteet voivat toimia ”tarkastuspisteinä”, joiden tuloksia voidaan verrata ensisijaisen näytteenottopisteen tuloksiin. Tällaisia tarkastuspisteitä kannattaa sijoittaa kohtuullisen välimatkan päähän keskeisestä näytteenottosijainnista, jotta mahdollisia korkeita pitoisuuksia tai virheellisiä epäiltyjä tuloksia voidaan tarkastaa läheltä tai ottaa näyte pistokoena. Ehdotetut tarkastuspisteet on merkitty ja numeroitu sinisellä kuvaan 6. Varsinaiset näytteenottopisteet ovat myös merkittyinä kuvassa punaisin kirjaimin.



Kuva 6. Ehdotetut tarkastusnäytepisteet Kirstinpuiston alueella (Kaupunkiympäristötoimiala 2018).

Tarkastusnäytteitä varten valittujen pisteiden paikat on määritelty siten, että ne kertoisivat alueen hulevesien laadusta mahdollisimman kattavasti olematta liian lähellä varsinaisia näytepisteitä. Nuutintien näytepisteen (A) mahdollisia tarkastussijainteja ovat pisteet 1–3 ja Ruissalontien pisteen (B) 4–6. Pisteet 1 ja 6 sijaitsevat eri putkilinjalla kuin niiden varsinaiset näytteenottopisteet, mutta ne sijaitsevat silti pisteen läheisyydessä. Varsinkin pisteen 1 sijainti kauempana pääliikenneväylistä auttaa myös minimoimaan liikenteestä tulevan kuormituksen määrää. Piste 6 sijaitsee ajoväylällä, mutta päättyvän kadun varrella, joten sielläkin on vähemmän liikennettä kuin päämittauspisteiden välittömässä ympäristössä. Pisteet 2 ja 3 sekä 4 ja 5 puolestaan ovat tasaisten välimatkojen päässä putkilinjoilla, jotka tuovat vettä varsinaiseen näytteenottopisteeseen. Näin voidaan tarkastella molemmista putkista tulevia vesimassoja erikseen ennen niiden sekoittumista pisteessä A tai B.

### 6.5 Näytteenoton ajankohdan valinta

Koska Kirstinpuiston alueella on paljon päällystettyä pintaa, ne myös läpäisevät vettä heikosti. Tämä heikentää vesien haihtumis- tai imeytymismahdollisuuksia sekä

vauhdittaa hulevesien välittömän pintavalunnan syntyä (Ilmastonkestävä kaupunki 2018, 3). Näytteenotto kannattaa ajoittaa säätiedotuksia seuraten hetken päähän sateen alkamisesta. Näin suurimmat huleveden kuljettamat ainesmassat ovat ehtineet sekoittua viemärissä ja kulkeutua valuman mukana kauemmas alajuoksulle näytteenottopaikkaan nähden. Liian kauaa ei myöskään kannata odottaa, sillä pitoisuudet saattavat laskea merkittävästikin sitä mukaa, kun aikaa sateen alkamisesta kuluu.

Sadetapahtumaa edeltäviä sääolosuhteita olisi myös hyvä tarkkailla ennen kuin näytteenottoa tehdään. Mikäli sadetta on edeltänyt pitkä kuivakausi, huuhtoo sadevesi mukanaan paljon ylimääräistä ainesta, joka vääristää helposti tuloksia normaalitilanteeseen verrattuna. Toinen mahdollinen vääristyneitä tuloksia tuottava tilanne on näytteenotto lumien sulamiskaudella. Mikäli Suomessa on runsasluminen talvi, lumi voi pysyä maassa pitkään. Tänä aikana lumeen ehtii kertyä paljon saasteita, varsinkin vilkkaasti liikennöityjen alueiden lähellä (Veirto 2015). Tästä syystä hulevesien yleiskuva saadaan parhaiten tilanteessa, jossa sadetapahtumaa ennen ei ole ollut pitkää sateetonta jaksoa tai ei olla keskellä lumien sulamiskautta keväällä.

Mikäli keskivertotuloksille halutaan vertailukohtia, voitaisiin myös ottaa näytteet, jos kohdalle osuisi esimerkiksi kesän aikana pidempi kuivakausi. Näitä näytteitä voitaisiin verrata sateen aikana otettuihin näytteisiin ja tutkia kuivuuden vaikutusta.

## 6.6 Näytteenotokustannukset

Näytteenoton suurimmat kustannuserät syntyvät työ- ja analysointivaiheista. Työvaiheessa kustannukset voivat muodostua esimerkiksi mahdollisten näytteenottolaitteiden asennuksesta ja henkilöstökuluista. Suunnitelman mukaisen vedenlaatumittarin asennustöiden lisäksi paljon kuluja tuottavat myös ”kalibrointivaiheen” kertanäytteet. Tässä tapauksessa suurimmat kustannukset tulevat näytteenottopaikan valmistelujen alkuvaiheessa. Jos näytteenottoa tehtäisiin kuitenkin pelkästään kertanäytteillä, ei veden laadusta saataisi läheskään yhtä kattavaa kuvaa, ellei näytteitä oteta kymmeniä. Tällöin puolestaan näytteistä aiheutuisi enemmän kuluja toisessa kustannuserässä.

Tutkimusryhmän vesinäytteiden analysoinnista saatujen kustannustietojen mukaan suunnitelmassa ehdotettujen parametrien tarkastelu yhdestä näytteestä maksaa noin 200 euroa, jolloin sadan kertanäytteen kustannukset tekisivät yhteensä noin 20 000 euroa. Mikäli yhden sadetapahtuman aikana yritettäisiin ottaa näytteitä useammasta

näytteenottopisteestä ja eri ajankohtina sadannan aikana, saadaan analysoitavia kerta-  
näytteitä ilman tarkastuspisteiden käyttöä nopeasti yli kymmenen, eikä tieto ole katta-  
vuudeltaan kokonaisvaltaista. Kun tätä verrataan muutamaa jatkuvaan näytteeseen  
sekä yhden automaattisen vedenlaatumittarin vuosikustannuksiin, ovat kulut melko lailla  
samat.

Yhden vedenlaatumittarin vuosikustannukset, joihin sisältyvät huoltotyöt, analysointikus-  
tannukset sekä muu taustatyö, vastaavat noin 18 000 euron kustannuksia, jotka jakau-  
tuvat tasaisemmin eri osa-alueille, vaikka suuret kustannuserät keskittyvät näytteenoton  
aloitusvaiheeseen (Salmi ym. 2011, 22). Toki kerta-  
näytteistä ei tässä mallissa päästä kokonaan eroon, mutta mikäli jatkuvan näytteenoton tuloksissa ei ole nähtävissä  
suuria poikkeamia, tarvitsee mittarin tasaisessa toimintavaiheessa tarkastusnäytteitä ot-  
taa vähemmän ja kerta-  
näytteiden muodostamat kulut pienenevät.

Näytteenottosuunnitelman kaikki osa-alueet on koottu yhteen taulukossa 3.

Taulukko 3. Näytteenottosuunnitelman yhteenveto

Kirstinpuiston näytteenottosuunnitelman yhteenveto	
Näytteenoton tavoite	saada mahdollisimman hyvä kokonaiskuva alueen hulevesien laadusta
Mitattavat parametrit	tyyppi fosfori kiintoaine metallit PAH-yhdisteet torjunta-aineet MTB, PCP, muut yhdisteet pH sameus sähkönjohtavuus BOD COD

(jatkuu)

Taulukko 3. (jatkuu)

Kirstinpuiston näytteenottosuunnitelman yhteenveto	
Näytteenottotapa	Jatkuva näytteenotto sekä vedenlaatumittari, tarkastusnäytteet ja kalibrointinäytteet manuaalisesti kertonäytteinä
Näytteenottopisteet	Varsinaiset näytteenottopisteet A (Nuutintie) ja tarkastuspisteet 1–3 sekä B (Ruissalontie) ja tarkastuspisteet 4–6, tarkastuspisteiden käyttö tarvittaessa
Näytteenottoajankohta	Hieman sadetapahtuman alkamisen jälkeen (ei pitkän kuivakauden jälkeen tai lumien sulamiskaudella) säätiedotusta seuraten, mahdolliset vertailunäytteet kuivakauden aikana
Kustannukset	Vesinäytteiden analysointikustannukset sekä vuositasolla noin 18 000 euroa per jatkuvatoiminen vedenlaatumittari

Kustannuksistaan huolimatta automatisoidun vedenlaatumittarin käyttäminen Kirstinpuistossa kannattaisi, sillä sijoitetulle rahalle saataisiin vuositasolla hyvää vastinetta, vaikka mittarin kalibrointivaihe kestäisikin aluksi jonkin aikaa. Mittarin avulla saataisiin ajantasaista tietoa esimerkiksi huleveden sameudesta ja sähkönjohtavuudesta sekä virtaaman määrästä.



## 7 SUUNNITELMAN TOTEUTUSKELPOISUUS

### 7.1 Kirstinpuiston suunnitelman arviointi

Kirstinpuiston näytteenottosuunnitelman kehittäminen sujui kohtuullisesti, mutta eniten haasteita aiheutti lähdemateriaalin niukkuus. Suunnitelmaan on kuitenkin onnistuttu tuomaan ohjemateriaalia eri osa-alueisiin, ja ne perustuvat melko tiiviisti taustatutkimuskirjallisuuteen ja -raportteihin. Näitä tietoja voidaan halutessa soveltaa muihinkin näytteenottoympäristöihin ja luultavasti ne ovat hyödyksi tukimateriaalina varsinkin urbaanien alueiden näytteenottoa suunnitellessa.

Työn tavoitteet saavutettiin suunnitellulla tavalla ja materiaaleista on pyritty ottamaan mahdollisimman paljon irti. Esitetyt ratkaisut ovat rajoittaviin tekijöihin suhteutettuna hie-man epärealistisia, mutta silti hyvällä keskitasolla. Ihanteelliseen tulokseen pääseminen on ehdottoman kunnianhimoinen ja jopa epärealistinen tavoite, kun otettavien näytteiden määriä ja näytteenottotapoja rajoittavat tutkimusryhmän tapauksessa henkilöstön määrä ja muut työtehtävät sekä varsinkin kustannukset. ”Täydelliseen” näytteenottotilanteeseen ja tarkkoihin lopputuloksiin pääseminen onkin todennäköisesti mahdollista lähinnä vain ilman kustannusrajoitteita tai tasaisen ja tarkasti ennustettavan ilmaston alueella ja näistä skenaarioista kumpikaan ei todennäköisesti päde ainakaan lähitulevaisuudessa. Esitetyllä näytteenottomallilla on kuitenkin hyvä potentiaali tuottaa kelpoja tuloksia.

### 7.2 Toteutuskelpoisuuden kehittäminen

Koska esitetty suunnitelma on epärealistinen toteutettavaksi lähinnä kustannusrajoitteiden vuoksi, on kustannuksien alentaminen mahdollista näytteenottotapaa vaihtamalla, mikäli silti säilytetään tarkkuus mahdollisimman lähellä alkuperäistä suunnitelmaa.

Suunnitelman näytteenoton toteuttamiskustannukset ylttäisivät vedenlaatumittarien asentamisen ja näytteiden analysointikustannusten vuoksi yli 20 000 euroon vuodessa. Mikäli tällaiset mittarit asennettaisiin molempiin varsinaisiin näytteenottopisteisiin, olisivat kulut maksimissaan jopa 40 000–50 000 euroa. Mikäli kuitenkin haluttaisiin pysyä noin 20 000 euron vuosibudjetissa, ei vedenlaatumittarien käyttö ole välttämättä järkevää.



Vaikka jatkuvatoimisten mittarien käyttö antaa kattavaa tietoa veden laadusta ja esimerkiksi sameusarvon avulla on mahdollista laskea myös muiden parametrien pitoisuuksia, ovat niistä koostuvat kokonaismenot suurin menoerä vuoden aikana. Mittarin poistaminen siis vähentää näytteenoton tarkkuutta, mutta se mahdollistaa myös useampien näytteiden ottamisen ja analysoinnin säästyvillä kuluilla. 18 000 euron mittarikustannuksilla olisi esimerkiksi mahdollista analysoida olennaiset parametrit jopa 90 erillisestä näytteestä. Mittarien kalibrointiin liittyvien kertonäytteiden ottamisen tarve poistuisi myös kokonaan ja kertonäytteitä voitaisiin ottaa tehokkaammin nimetyistä tarkastuspisteistä varsinaisen näytteenottopisteen ympäriltä, mikäli vuoden aikana ilmenee paljon poikkeamia tai huomattavia piikkejä parametrien pitoisuuksissa.

Lisäksi jatkuva näytteenotto on mahdollista vaihtaa toiseen näytteenottotapaan. Näytteenottoa voidaan tehdä myös virtaamaintervalleihin perustavilla jaksottaisilla näytteillä. Virtaamaintervalleihin perustuvia jaksottaisia näytteitä voidaan käyttää, kun selvitetään tietyn parametrin pitoisuuden muutosta tasaisin aikaväleihin, mutta huomioidaan myös virtaaman määrän vaihtelu suhteuttamalla näytteen määrä virtaamaan. Tällä näytteenottotavalla olisi myös mahdollista seurata pitoisuuksien muutoksia koko sadetapahtuman ajan, mikäli käytettäisiin automaattista näytteenotinta.

Mikäli tulevaisuudessa päästäisiin tilanteeseen, jossa hulevesinäytteiden laatu on pitkään tasainen, voitaisiin harkita KIRSTINPUISTOSSA myös esimerkiksi komposiittinäytteitä. Jatkuvasta tai jaksottaisesta näytteenotosta saatavat näytteet voitaisiin tällöin yhdistää yhdeksi suuremmaksi analysoitavaksi komposiittinäytteeksi. Tämän avulla olisi mahdollista pienentää analysointikustannuksia, mutta saataisiin edelleen hyvä yleiskuva alueen hulevesien laadusta.

## 8 LOPUKSI

### 8.1 Loppukatsaus opinnäytetyöhön ja tausta-aineistoon

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua hulevesinäytteenottoon liittyviin ohjeistuksiin ja säädöksiin ja luoda niitä hyväksikäyttäen hulevesien näytteenottosuunnitelma Kirstinpuiston alueelle. Näytteenottosuunnitelmassa määriteltiin Kirstinpuiston kannalta olennaiset tekijät, joita näytteenotossa tulisi ottaa huomioon. Näytteenottosuunnitelmaan liittyvien osa-alueiden on tarkoitus tukea myös vesitekniikan tutkimusryhmän muiden kohteiden hulevesinäytteenoton suunnittelemista tulevaisuudessa.

Ohjeistusten ja säädösten tarkastelun pohjalta voidaan todeta jopa pikaisen tiedonhaun perusteella, ettei niiden löytymistä voida pitää itsestäänselvyyttenä. Mitä pidempään tutkimusta tekee, sitä enemmän huomaa puutteita nykyisessä olemassa olevassa aineistossa. Hulevesiin liittyvät laatumääräykset ja lainsäädäntö ovat osin jopa epämääräisiä, eikä esimerkiksi kansallisella tasolla ole käytössä perusteltuja parametrien raja-arvoja tai määräyksiä tai suosituksia siitä, mitä parametrejä hulevesistä tulisi tutkia. Luultavasti osin tämänkin takia pelkästään suomalaisista hulevesien laaduntarkkailuprojektien loppuraporteista löytyy yhtäläisyyksien lisäksi myös paljon eroavaisuuksia.

Toki painopisteet tulee valita tutkimuskohteen mukaan ja on esimerkiksi perusteltua saada erilaisia tuloksia maanteiden huleveden laatututkimuksesta asuinalueisiin keskittyvään tutkimukseen verrattuna. Suurin ongelma on kuitenkin ehkä perustelujen puuttuminen monissa raporteissa: tekstissä saatetaan kertoa mistä näytteet otetaan ja mitä parametrejä tarkastellaan, mutta näille ei välttämättä anneta kunnollisia perusteita tai lähdettä, mihin päätökset hankkeessa perustuvat. Tämän seuraksena opinnäytetyön näytteenottosuunnitelmassa käsitellyt osa-alueet on pyritty perustelemaan mahdollisimman kattavasti toisiin lähteisiin viitaten.

### 8.2 Taustatutkimuksen yhteenveto

Tutkimusta tehdessä oppi paljon siitä, kuinka monia asioita hyvässä näytteenotossa tulee huomioida. Erityistä huomiota herätti se, miten monia ihmisestä riippumattomia seikkoja näytteenoton lopputuloksen laatuun liittyy ja silti työntekijän tulee arvioida ja ”ennustaa” miten esimerkiksi sääolosuhteet ja niiden mahdolliset muutokset vaikuttavat

ajankohdan valintaan. Tämän takia erilaisten ehdotustenkin antaminen oli haastavaa, sillä näytteenottoskenaarioita ja ajankohtien ja säätilojen yhdistelmiä voi olla kymmeniä tai satoja erilaisia.

Näytteenottotavan valintakaan ei yleensä ole yksiselitteinen, vaan siihen liittyvät myös useat eri tekijät. Ensisijaiseen tutkimuskysymykseen ”Millaisia asioita tulee ottaa huomioon näytteenottotavan valinnassa näytteenottoaikassa?” löytyi kuitenkin opinnäytetyön taustatutkimusvaiheessa yhteneviä vastauksia. Näytteenottotapaa valitessa on siis oleellista pohtia esimerkiksi seuraavia kysymyksiä:

- Onko näytteenottotapa soveltuva virtaaviin vesimassoihin?
- Vaihteleeko virtaaman määrä tai laatu radikaalisti?
- Onko näytteenottotavan kustannustaso sopiva?
- Onko metodilla mahdollista saavuttaa tarvittava tarkkuus?

Tutkittujen näytteenottotapojen soveltuvuudet on lopputuloksen selkeyttämiseksi esitetty yhteenvetona taulukossa 4.

Taulukko 4. Yhteenveto näytteenottotapojen soveltuvuudesta hulevesinäytteenotossa

	Soveltuvat näytteenottotavat
<b>Soveltuu virtaaviin vesimassoihin</b>	kertanäytteet kertanäytteiden sarja jaksottaiset näytteet jatkuva näytteenotto komposiittinäytteet
<b>Soveltuu parhaiten suuriin virtaamavaihteluihin</b>	kertanäytteet kertanäytteiden sarja jaksottaiset näytteet jatkuva näytteenotto komposiittinäytteet

(jatkuu)

Taulukko 4. (jatkuu)

	Soveluvat näytteenottotavat
<b>Soveltuu parhaiten vähäisiin virtaamavaihteluihin</b>	jaksottaiset näytteet komposiittinäytteet
<b>Soveltuu parhaiten suuriin laadunvaihteluihin</b>	jaksottaiset näytteet jatkuva näytteenotto
<b>Soveltuu parhaiten vähäisiin laadunvaihteluihin</b>	kertanäytteet kertanäytteiden sarja komposiittinäytteet
<b>Soveltuu parhaiten vedenlaadun muutosten seurantaan</b>	jaksottaiset näytteet jatkuva näytteenotto (vaihtelevin virtaamamäärin)

Taulukossa on listattuna joitakin tärkeimpiä ominaisuuksia, joiden takia erilaiset näytteenottotavat eroavat toisistaan. Mikäli tiedetään esimerkiksi, että näytteenottokohteen virtaaman ja laadun vaihtelun määrä ovat molemmat vähäisiä, voidaan taulukosta valita molempiin olosuhteisiin soveltuva näytteenottotapa, tässä tapauksessa komposiittinäytteenotto.

### 8.3 Toiminta- ja kehitysehdotukset

Näytteenottosuunnitelmassa esitetty malli ei ole sovellettavissa sellaisenaan muihin kohteisiin, mutta siitä voidaan saada hyvä pohja muihin suunnitelmiin. Suunnitelmaa on myös mahdollistaa jatkokehittää ja muokata tarpeen tullen. Esimerkiksi näytteenottotapa saattaa muuttua rahoituksen, projektin tai olosuhteiden mukaan. Erityisesti suuremmissa näytteenottoprojekteissa olisi luultavasti hyödyllistä luoda suunnitelma käyttäen esimerkiksi tätä luotua näytteenottosuunnitelman pohjaa tai muita resursseja. Silloin saataisiin hyvä käsitys siitä, mitä ollaan tekemässä, miten ja miksi. Suunnitelman luomiseen ei kuitenkaan ole hyvä käyttää liikaa aikaa, sillä se vie aina aikaa tutkimusryhmän työntekijöiden muilta työtehtäviltä.

Jatkoa ajatellen voitaisiin myös valita rahoituksen mukaan tutkimuskohteita, joiden avulla voitaisiin parantaa hulevesinäytteenottosuunnitelman laatua. Mikäli olisi mahdollista saada esimerkiksi näytteenottoalueen tarkkaa säädataa, voitaisiin keskittyä entistä tarkemmin erilaisiin korrelaatioihin parametrien ja säätilan välillä. Tutkimuskohteita voisivat olla myös sadetapahtumaa edeltävien sääolosuhteiden tai ajankohdan vaikutus, joilla on molemmilla parhaassa tai pahimmassa tapauksessa paljon vaikutuksia näytteeseen. Näistä on luultavasti tehty jo jonkin verran tutkimusta, mutta esimerkiksi virallisen julkaisun kirjoittaminen aiheesta lähdemateriaaliksi olisi hyvä resurssi moniin eri tarkoituksiin. Hulevesien laaduntarkkailuun liittyvä lisäkirjallisuus, jota voitaisiin tuottaa kaikkien saataville, vaikuttaisi luultavasti positiivisesti käynnissä oleviin hulevesiprojekteihin ja levittäisi tietoutta myös muille alan ammattilaisille. Tiedonkulun kautta olisi ehkä mahdollista epäsuorasti vaikuttaa myös ihmisten asenteisiin ja nostaa hulevesien laatuun vaikuttavat tekijät paremmin monien tietoisuuteen.

## LÄHTEET

- Ackerman, D., Stein, E. & Ritter, K. 2011. Evaluating performance of stormwater sampling approaches using a dynamic watershed model. *Environmental Monitoring and Assessment*. 1. 283–302. Viitattu 18.4.2018. Saatavuus: <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1788-6>
- Brattebo, B.O. & Booth, D.B. 2003. Long-term stormwater quantity and quality performance of permeable pavement systems. *Water Research*. 18. 4369–4376. Viitattu 10.10.2018. Saatavuus: [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00410-X](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00410-X)
- California State Water Resources Control Board. 2004. Electrical Conductivity/Salinity Fact Sheet. Viitattu 14.10.2018. [https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130en.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130en.pdf)
- Elintarviketurvallisuusvirasto. 2017. PAH-yhdisteet. Viitattu 22.5.2018. <https://www.evira.fi/yhteiset/vierasaineet/tietoa-vierasaineista/pah-yhdisteet/>
- Encyclopaedia Britannica. 2018. Microclimate. Viitattu 17.5.2018. <https://www.britannica.com/science/microclimate>
- Environment Protection Authority Victoria. 2012. Point and nonpoint sources of water pollution. Viitattu 9.4.2018. <http://www.epa.vic.gov.au/your-environment/water/protecting-victorias-waters/point-and-nonpoint-sources-of-water-pollution>
- HELCOM. 2018. Hazardous substances. Viitattu 12.9.2018. <http://stateofthebalticsea.helcom.fi/pressures-and-their-status/hazardous-substances/>
- ILKKA-hanke. 2014a. Alueellinen hulevesisuunnitelma. Liitteet 4–45: Kartat. Viitattu 9.4.2018. [https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files//liitteet\\_4-45\\_kartat.pdf](https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files//liitteet_4-45_kartat.pdf)
- ILKKA-hanke. 2014b. Alueellinen hulevesisuunnitelma. Turku, Kaarina, Lieto, Raisio ja Rusko. Viitattu 9.4.2018. [https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files//alueellinen\\_hulevesisuunnitelma.pdf](https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files//alueellinen_hulevesisuunnitelma.pdf)
- Ilmastonkestävä kaupunki. 2018. Hulevesien hallintarakenteet ja niiden kunnossapito. Viitattu 7.10.2018. [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)
- Ilmatieteen laitos. 2017a. Ilmakehä-ABC. Viitattu 14.5.2018. <http://ilmatieteenlaitos.fi/ilmakeha-abc/>
- Ilmatieteen laitos. 2017b. Sademäärät kasvavat ja rankkasateet voimistuvat. Viitattu 8.10.2018. <http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/27922915-7ee5-4122-ae60-51f58e6aef9a/sademaarat-kasvavat.html>
- Ilmatieteen laitos. 2018a. Nykyinen ilmasto - 30 vuoden keskiarvot. Viitattu 14.5.2018. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/1c8d317b-5e65-4146-acda-f7171a0304e1/nykyinen-ilmasto-30-vuoden-keskiarvot.html>
- Ilmatieteen laitos. 2018b. Turku Artukainen - Suomen havainnot. Viitattu 21.5.2018. <http://ilmatieteenlaitos.fi/suomen-havainnot/asema?parameter=4&station=100949>
- Kangas, A. 2018. Vesiympäristölle vaarallisia ja haitallisia aineita koskevan lainsäädännön soveltaminen. Viitattu 12.9.2018. Saatavuus: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4807-1>
- Kaupunkiympäristötoimiala. 2018. Trimble Webmap. Hulevesiviemärit.

- Kersalo, J. & Pirinen, P. 2009. Suomen maakuntien ilmasto. Viitattu 17.5.2018. Saatavuus: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/15734/2009nro8.pdf?sequence=1>
- Korpela, J. 1999. Pinta-ala ja tilavuus. Viitattu 28.5.2018. <http://jkorpela.fi/SI/5.5.html>
- L 620/2010. Laki tulvariskien hallinnasta. Viitattu 3.4.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20100620>
- L 681/2014. Laki vesihuoltolain muuttamisesta. Viitattu 3.4.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140681>
- L 682/2014. Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta. Viitattu 3.4.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140682>
- Lee, H., Lau, S., Kayhanian, M. & Stenstrom, M.K. 2004. Seasonal first flush phenomenon of urban stormwater discharges. *Water Research*. 19. 4153–4163. Viitattu 18.4.2018. Saatavuus: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.07.012>
- Lee, H., Swamikannu, X., Radulescu, D., Kim, S. & Stenstrom, M.K. 2007. Design of stormwater monitoring programs. *Water Research*. 18. 4186–4196. Viitattu 18.4.2018. Saatavuus: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.05.016>
- Levomäki, M. 2018. Hulevesien vaikutukset Kakolanmäen jätevedenpuhdistamolla. Jätevesiyli-  
vuotojen parempi hallinta -seminaari, Turku: 10.4.2018.
- Maniquiz, M., Lee, S. & Kim, L. 2010. Long-Term Monitoring of Infiltration Trench for Nonpoint  
Source Pollution Control. *Water, Air, & Soil Pollution*. 1. 13–26. Viitattu 10.10.2018. Saatavuus: <https://doi.org/10.1007/s11270-009-0318-z>
- McCarthy, D.T., Zhang, K., Westerlund, C., Viklander, M., Bertrand-Krajewski, J., Fletcher, T.D.  
& Deletic, A. 2018. Assessment of sampling strategies for estimation of site mean concentrations  
of stormwater pollutants. *Water Research*. 297–304. Viitattu 10.10.2018. Saatavuus: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.10.001>
- Mäkelä, M. 2008. Tekniikan kaavasto : matematiikan, fysiikan, kemian ja lujuusopin peruskaavoja  
sekä SI-järjestelmä. 6. p. p. Tampere: Tammertekniikka.
- Oke, T. 2007. Siting and Exposure of Meteorological Instruments at Urban Sites. Viitattu  
17.5.2018. Saatavuus: [https://doi.org/10.1007/978-0-387-68854-1\\_66](https://doi.org/10.1007/978-0-387-68854-1_66)
- Port of Portland. 2018. Stormwater Pollutant Factsheet. Viitattu 14.10.2018.  
<https://popcdn.azureedge.net/pdfs/StrmWtr-FactSheet-Pollutant-pH.pdf>
- Salmi, P., Rastas, K., Koskinen, J. & Peltonen, J. 2011. Automaattiasemat vedenlaadun seurannoissa ja seurannan kehittäminen. TEHO-hankkeen raportteja, osa 5. 4–23. Viitattu 12.10.2018. Saatavuus: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-257-342-1>
- Suomen Kuntaliitto. 2012. Hulevesiopas. Viitattu 29.3.2018. Saatavuus: [http://shop.kunnat.net/product\\_details.php?p=2714](http://shop.kunnat.net/product_details.php?p=2714)
- Suomen Metsäyhdistys ry. 2018. Sanasto. Viitattu 19.9.2018. <https://smy.fi/forest-fi/sanasto/#>.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2010. Veden laatu. Osa 1: Näytteenottomenetelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- Suomen ympäristökeskus. 2014. Eroosio ja liettyminen. Viitattu 2.11.2018. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen\\_kunnostus/Virtavesien\\_kunnostus/Kunnostustarvetta\\_aiheutta-via\\_tekijoita/Eroosio\\_ja\\_liettyminen](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen_kunnostus/Virtavesien_kunnostus/Kunnostustarvetta_aiheutta-via_tekijoita/Eroosio_ja_liettyminen)

Suomen ympäristökeskus. 2016. Hulevesisanasto. Viitattu 29.3.2018. [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)

Suomen ympäristökeskus. 2017a. Tulvariskilainsäädäntö. Viitattu 5.4.2018. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin\\_varautuminen/Tulvariskien\\_hallinta/Tulvariskilainsaadanto](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskilainsaadanto)

Suomen ympäristökeskus. 2017b. Vedenlaadun seuranta. Viitattu 19.9.2018. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen\\_kunnostus/Pienvesien\\_kunnostus/Pienvesien\\_kunnostamisen\\_to-teutuksen\\_ ja\\_ sen\\_ vaikutusten\\_ seuraaminen/Vedenlaadun\\_seuranta](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesistöjen_kunnostus/Pienvesien_kunnostus/Pienvesien_kunnostamisen_to-teutuksen_ ja_ sen_ vaikutusten_ seuraaminen/Vedenlaadun_seuranta)

Suomen ympäristökeskus. 2018. Rehevöityminen. Viitattu 30.8.2018. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Meri/Mika\\_on\\_ Itameren\\_ tila/Rehevoityminen](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Meri/Mika_on_ Itameren_ tila/Rehevoityminen)

Turun kaupunki. 2018a. Kirstinpuisto. Viitattu 3.4.2018. <https://www.turku.fi/linnakaupunki/kirstinpuisto>

Turun kaupunki. 2018b. Kirstinpuisto kartalla (Kuva 1). Viitattu 3.4.2018. Saatavuus: <http://www.turku.fi/atom/10955>

Turun kaupunki. 2018c. Turun karttapalvelu. Viitattu 9.4.2018. <https://opaskartta.turku.fi/ims/>

Turun seudun puhdistamo Oy. 2018. Ohitusvesienkäsittely. Viitattu 11.4.2018. <https://www.turun-seudunpuhdistamo.fi/ohitusvesienkasittely>

Turun Vesihuolto. 2017. Mitä tehdä hulevesille? Viitattu 27.3.2018. [http://www.turunvesihuolto.fi/uutinen/2017-09-21\\_mita-tehda-hulevesille](http://www.turunvesihuolto.fi/uutinen/2017-09-21_mita-tehda-hulevesille)

United States Environmental Protection Agency. 2012. Turbidity. Viitattu 14.10.2018. <https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/vms55.html>

Veirto, T. 2015. Tienvarsien lumikasoissa muhii keväinen saastepommi. Viitattu 7.10.2018. <https://yle.fi/uutiset/3-7855309>

Wu, L., Jiang, Y., Zhang, L., Chen, L. & Zhang, H. 2014. Toxicity of urban highway runoff in Shanghai to Zebrafish (*Danio rerio*) embryos and luminous bacteria (*Vibrio qinghaiensis*.Q67). *Environmental Science and Pollution Research*. 4. 2663–2676. Viitattu 10.10.2018. Saatavuus: <http://doi.org/10.1007/s11356-013-2193-9>



Liite 1. Hulevesiviemäriverkosto Kirstinpuiston alueella.

