

# **HULEVEDEN LAATU ERI MAANKÄYTTÖALUEILLA VANTAALLA**



Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, rakentaminen

Kevät 2020

Pyry Lundén

Rakentaminen  
Visamäki

---

|                     |  |                   |
|---------------------|--|-------------------|
| <b>Tekijä</b>       | Pyry Lundén                                      | <b>Vuosi</b> 2020 |
| <b>Työn nimi</b>    | Huleveden laatu eri maankäyttöalueilla Vantaalla |                   |
| <b>Työn ohjaaja</b> | Harri Mattila                                    |                   |

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää huleveden laatua erilaisilla maankäyttöalueilla Vantaalla ja arvioida huleveden käsittelyn tarpeellisuutta. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Vantaan ympäristökeskus.

Työssä tutkittiin huleveden laatua neljällä erityyppisellä alueella. Havaintopaikat edustivat pientalo-, kiertotalous-, maatalous- sekä teollisuus-, työpaikka- ja liikennealuetta. Havaintopaikoilta otettiin näytteitä, joiden avulla selvitettiin huleveden laatua ja siinä yleisimmin esiintyviä haitta-aineita. Tutkimustuloksia verrattiin EU:n vesipuitelidirektiivin pohjalta määritettyihin pintaveden laatumormeihin ja Tukholmassa laadittuihin huleveden haitta-aineiden raja-arvoihin.

Tutkimustulosten perusteella todettiin, että maankäyttö vaikuttaa merkittävästi huleveden laatuun. Pientaloalueella syntyvä hulevesi oli melko hyvälaatuista, kun taas kiertotalousalueen hulevedessä todettiin hyvinkin suuria haitta-ainepitoisuuksia. Maatalousalueella sulfaattipitoinen maa-perä vaikutti huomattavasti huleveden laatuun ja myös teollisuus- työpaikka- sekä liikennealueen hulevesi oli selvästi kuormittunutta.

Johtopäätöksenä todettiin, että hulevesien käsittely on tarpeellista erityisesti alueilla, joissa on teollista toimintaa, runsaasti liikennettä ja paljon vettä läpäisemätöntä pintaa. Työssä myös tunnistettiin useita eri tekijöitä, jotka vaikuttavat hulevesinäytteiden luotettavuuteen ja edustavuuteen, joten tuloksia on syytä pitää suuntaa-antavina. Opinnäytetyössä esitettiin useita tähän tutkimukseen liittyviä sekä myös yleisluontoisempia jatkotoimenpide-ehdotuksia.

**Avainsanat** hulevesi, laatu, haitta-aine, Vantaa

**Sivut** 74 sivua

Degree Programme in Construction and Environmental Engineering  
Campus

---

|                   |  |                  |
|-------------------|--|------------------|
| <b>Author</b>     | Pyry Lundén  | <b>Year</b> 2020 |
| <b>Subject</b>    | Stormwater quality in different land use areas in Vantaa |                  |
| <b>Supervisor</b> | Harri Mattila  |                  |

---

#### ABSTRACT

The aim of the thesis was to find out the quality of stormwater in different land use areas of Vantaa and to evaluate the necessity of stormwater treatment. Thesis was made for the Vantaa Environment Center.

Stormwater quality was systematically studied in four different types of areas. The locations were detached house area, circular economy area, agricultural area, and industrial, workplace and traffic area. Samples were taken to determine stormwater quality and the most common contaminants. The results of the study were compared with water quality standards based on the EU Water Framework Directive. The results were also compared with the guideline values for stormwater contaminants developed in Stockholm.

Based on the results of the study, it was concluded that land use has a significant impact on stormwater quality. In the detached house area, stormwater was fairly good quality, while very high levels of contaminants were found in stormwater in the circular economy area. In the agricultural area, acid sulphate soil had a big impact on stormwater quality. Stormwater also had quite high concentrations of contaminants in industrial, workplace and traffic area.

In conclusion, stormwater treatment would be needed especially in areas with industrial activities, high traffic and a lot of waterproof surface. The thesis also identified several different factors that affect the reliability and representativeness of stormwater samples, so the results should be considered as indicative. In addition, the thesis presented several general and also additional measures related to this research.

**Keywords** stormwater, quality, contaminant, Vantaa

**Pages** 74 pages

## SISÄLLYS

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | JOHDANTO.....   | 4  |
| 2   | TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN .....                         | 5  |
| 2.1 | Teoreettinen viitekehys .....                           | 5  |
| 2.2 | Tutkimuksen tietoperusta .....                          | 6  |
| 2.3 | Tutkimusmenetelmät .....                                | 6  |
| 2.4 | Tutkimuksen tausta, tarkoitus ja tavoite .....          | 7  |
| 3   | HULEVESI .....  | 8  |
| 3.1 | Hulevesi rakennetussa ympäristössä .....                | 8  |
| 3.2 | Hulevesiin liittyvää lainsäädäntöä.....                 | 9  |
| 3.3 | Vantaan hulevesiohjelma .....                           | 10 |
| 3.4 | Uudenmaan vesienhoitosuunnitelma.....                   | 10 |
| 4   | HULEVEDEN HAITTA-AINEET .....                           | 11 |
| 4.1 | Ympäristölaatunormit .....                              | 14 |
| 4.2 | Tukholman läänin raja-arvot .....                       | 15 |
| 5   | HAVAINTOPISTEET .....                                   | 16 |
| 5.1 | Ylästön pientaloalue.....                               | 17 |
| 5.2 | Veromiehen liikenne-, työpaikka ja teollisuusalue ..... | 18 |
| 5.3 | Kiilan kiertotalousalue.....                            | 19 |
| 5.4 | Pelto-ojan havaintopaikka .....                         | 21 |
| 6   | TUTKITTAVAT AINEET .....                                | 23 |
| 7   | NÄYTTEENOTTO JA AIKATAULU.....                          | 23 |
| 8   | TULOKSET JA NIIDEN TULKINTAA .....                      | 25 |
| 8.1 | Kiintoaine, happamuus ja hygieeninen laatu .....        | 25 |
| 8.2 | Ravinteet .....   | 29 |
| 8.3 | Sulfaatti, kloridi ja sähkönjohtavuus .....             | 32 |
| 8.4 | Metallit .....  | 36 |
| 8.5 | Öljyhiilivedyt.....                                     | 56 |
| 8.6 | PAH-yhdisteet.....                                      | 57 |
| 8.7 | VOC-yhdisteet .....                                     | 60 |
| 9   | YHTEENVETO .....  | 61 |
| 10  | TULOSTEN JA NIIDEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTIA.....       | 67 |
| 11  | JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET .....                        | 68 |
|     | LÄHTEET .....   | 72 |

## 1 JOHDANTO

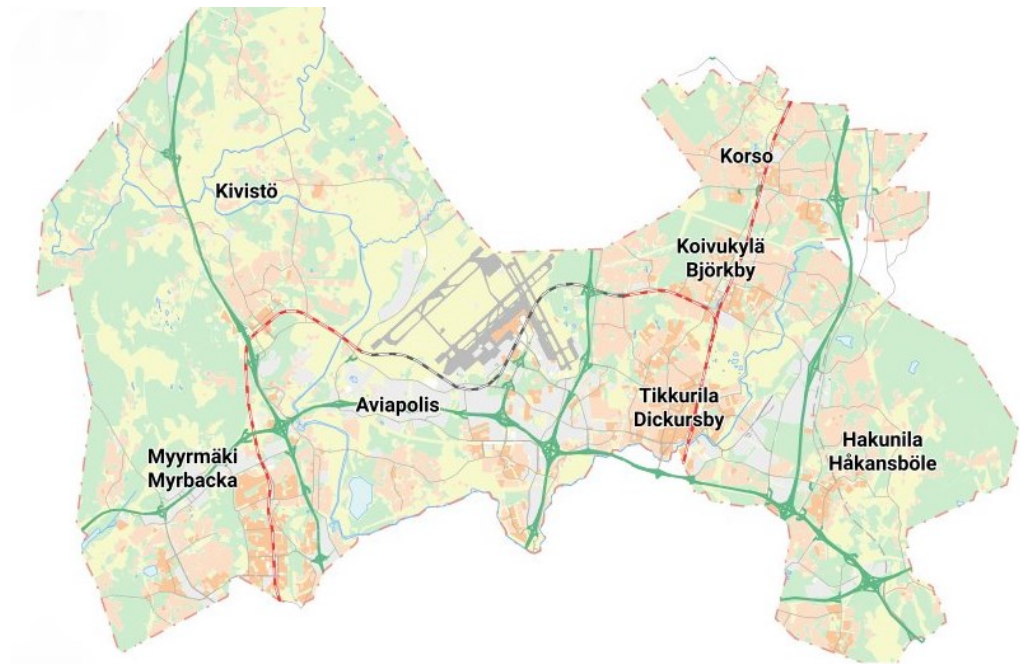
Vantaa on Helsingin pohjoispuolella sijaitseva asukasluvulla mitattuna Suomen neljänneksi suurin kaupunki. Ominaista Vantaalle on kaupungin keskellä sijaitseva suuri lentokenttäalue ja sen ympäristöön levittäytyneet teollisuus-, logistiikka- ja suurkaupan alueet. Lisäksi Vantaan kaupunkia halkovat junaradat ja vilkkaat tieliikenteen pääväylät. Yhtenäisiä viheralueita on säilynyt melko hyvin ja keskustamaista tiivistä rakentamista on vielä melko vähän (Kuva 1).

Hulevedellä tarkoitetaan rakennetussa ympäristössä maan pinnalta- tai muilta vastaavilta pinnoilta pois johdettavaa sade- tai sulamisvettä. Myös rakennusten perustusten kuivatusvedet ovat hulevesiä. Huleveden laadussa näkyy usein ihmistoiminnan vaikutus, mikä erottaa ne muista luonnollisista valumavesistä. Huleveden määrään ja esiintymiseen vaikuttaa sade- tai sulamisvesien määrä ja rakennetun ympäristön vettä läpäisemättömän pinnan osuus. Vantaalla suurin osa hulevesistä kulkeutuu suoraan tai purojen ja ojien kautta Vantaan- tai Keravanjokeen. Suuri osa Vantaan maaperästä on huonosti läpäisevää maa-ainesta, kuten savea tai hiesua, jolloin hulevesien imeytyminen pohjavesiin on vähäistä ja virtaamat runsaista.

Vantaan ympäristökeskuksessa on havaittu, että vesistöjen, pienvesien ja hulevesien laatu on alkanut kiinnostaa kuntalaisia yhä enemmän. Ympäristökeskukseen on tullut yhä enemmän yhteydenottoja ojien ja purojen vedenlaatuun liittyen. Vantaalla asia korostuu ehkä siksi, että kaupungin alueella ei ole montaa vesistöä Vantaan- ja Keravanjoen lisäksi. Näin ollen pienvesistöt ja jopa ojat ovat tärkeä osa kaupunkilaisten lähiluontoa, joita myös tarkkaillaan aktiivisesti. Melko usein kuntalaisten yhteydenottojen perusteella on löydetty vesien laatuhahtaa aiheuttavia tapahtumia kuten jätevesivuotoja, toimimattomia öljynerottimia ja maalämpökaivojen porauslietteiden laskemista ojiin.

Jotta vesistöjen laatua voidaan parantaa, tulee niihin päätyvän huleveden laadun pysyä hyvänä. Tämän vuoksi hulevesien laadun tutkiminen on koettu tarpeelliseksi ympäristön tilan seurannaksi. Tässä työssä esitellään hulevesien haitta-aineisiin liittyvää taustatietoa ja erityyppisillä alueilla järjestelmällisesti otettujen hulevesinäytteiden tuloksia Vantaan kaupungin alueella.

Hulevesien haitta-ainepitoisuuksille ei ole Suomessa määritelty raja-arvoja, mikä hankaloittaa hulevesinäytteiden tutkimustulosten tulkintaa. Tässä työssä hulevesinäytteiden tuloksia on verrattu EU:n vesipuitedirektiivistä peräisin oleviin vesistöille tarkoitettuihin ympäristölaatuunormeihin sekä ruotsalaiseen Tukholman läänin ehdotukseen hulevesien raja-arvoista. Lisäksi tuloksia on verrattu muihin huleveden laatua käsitteleviin tutkimuksiin.



Kuva 1. Vantaan kartta. (Vantaan kaupunki, n.d.)

## 2 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

Tutkimus toteutettiin tutustumalla hulevesiin liittyviin tietolähteisiin ja kirjallisuuteen. Erityisesti pyrittiin keskittymään hulevesien haitta-aineisiin liittyvään aineistoon ja eri kaupungeissa tai alueilla tehtyihin huleveden laatua käsitteleviin tutkimuksiin.

Koska kyseessä on tutkimuspainotteinen opinnäytetyö, hulevesien laatuun liittyvää tietoa hankittiin tutkimalla hulevesiä systemaattisesti neljällä erityyppisellä alueella Vantaalla. EU:n vesipuitelidirektiivin pohjalta määritetyt pintaveden ympäristölaatunormit ja Tukholman läänin ehdotus hulevesien haitta-aineiden raja-arvoista olivat huleveden laadun arvioinnin taustatietona. Tutkimustulosten luotettavuutta pyrittiin tarkastelemaan kriittisesti ja huleveden laatua verrattiin myös muihin vastaaviin tutkimuksiin. Tutkimustulosten perusteella esitettiin tarpeelliseksi katsottuja jatkotoimenpide-ehdotuksia.

Opinnäytetyö tehtiin Vantaan kaupungin ympäristökeskukselle. Opinnäytetyön ohjausryhmään kuuluivat johtava ympäristötarkastaja Maarit Rantataro Vantaan ympäristökeskuksesta ja tutkijayliopettaja Harri Mattila Hämeen ammattikorkeakoulusta.

### 2.1 Teoreettinen viitekehys

Tutkimuksen viitekehystä laadittaessa tutkittava ilmiö tulee sijoittaa sopivaan teoriasuuntaukseen ja määrittellä tutkimuksen kannalta keskeiset

käsitteet. Lisäksi tutkimukselle tulee asettaa hypoteesi, mikäli se on mielekäästä. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara, 1997, s. 136)

Tässä tutkimuksessa selvitettiin huleveden laatua, joten tutkittava ilmiö oli hulevesi. Ensimmäinen tutkimustehtävä oli selvittää hulevettä ja sen laatua ilmiönä sekä siihen vaikuttavia tekijöitä. Näin määriteltiin konteksti, keskeiset käsitteet ja teoria tutkimukselle. Toinen tutkimustehtävä oli suunnitella hulevesitutkimuksen käytännön toteutus ensimmäisen tutkimustehtävän tietojen pohjalta. Kolmas tutkimustehtävä oli hankkia tarvittava tieto huleveden laadusta Vantaalla vesinäytteitä hankkimalla ja tulkitsemalla havaintotuloksia. Viimeinen tutkimustehtävä oli muodostaa käsitys huleveden laadusta Vantaalla erilaisilla maankäyttöalueilla ja arvioida tutkimusten pohjalta tarpeellisia selvitys- ja kehitystarpeita. Tutkimuksen tuloksena syntyi selvitys huleveden laadusta erilaisilla maankäyttöalueilla Vantaalla.

## 2.2 Tutkimuksen tietoperusta

Tutkimuksen tietoperustana käytettiin huleveteen liittyvää kirjallisuutta ja tutkimuksia. Perustietoa hulevesistä ja niiden hallinnasta sekä hydrologisesta kierrosta saatiin kirjallisuuden avulla. Tiedon haussa keskityttiin erityisesti huleveden laatuun ja tyypillisiin huleveden haitta-aineisiin liittyvään aineistoon. Myös hulevesiin liittyvän lainsäädännön selvittäminen oli työn kannalta oleellista. Koska hulevedelle ei ole suomalaisia laatukriteerejä tai raja-arvoja, huleveden laatua arvioitiin pintavesille asetettujen ympäristölaatunormien ja ruotsalaisten raja-arvoehdotusten avulla. Tutkimuksen aikana selvisi, että eritasoisia hulevesitutkimuksia ja -hankkeita on tehty eri puolilla Suomea melko paljon. Niihin liittyvät lopputyöt sekä muut hankkeiden materiaalit olivat tärkeä osa tämän tutkimuksen tietoperustaa. Tutkimuksen tärkein uutta tietoa antava tietolähde oli työn yhteydessä hankitut hulevesinäytteet ja niiden tutkimustulokset, joita tulkittiin muun tietoperustan avulla.

## 2.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus toteutettiin kirjallisuusselvityksen ja empiirisen tutkimuksen avulla. Empiirinen tutkimus tarkoittaa havaintoihin perustuvaa tutkimusta. Havaintoja tehtiin huleveden laadusta. Empiirisessä tutkimuksessa kerätään aineisto, jonka pohjalta tehdään päätelmiä ja pyritään vastaamaan tutkimuskysymyksiin.

Empiirisen tutkimuksen suuntaus oli kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimus, sillä tutkittavaa ilmiötä, huleveden laatua, tutkittiin numeeristen arvojen avulla. Kvantitatiivinen tutkimus perustuu mittaamiseen, jonka perusteella saadaan lukuarvojen sisältävä aineisto, jota tulkitaan tilastollisesti. Kvantitatiivisen tutkimuksen tutkimuskysymykset, voivat alkaa esimerkiksi seuraavasti: ”Kuinka paljon?” tai ”Mikä osuus?”. (Vilpas, n.d)

Kvantitatiivinen tutkimuksessa on keskeistä seuraavat vaiheet, jotka sopivat myös tähän tutkimukseen:

1. Tutkimuskysymysten määrittäminen
2. Tutkimussuunnitelman laadinta
3. Tiedon ja aineiston kerääminen
4. Aineiston tilastollinen käsittely ja tulkinta
5. Johtopäätösten tekeminen

Tutkimus voidaan myös luokitella perustutkimukseksi, jolla pyritään saamaan perustietoa huleveden laadusta Vantaalla. Tutkimuksella toteutetaan tiedonhankintaa eikä ratkaisua ongelmiin. (Hirsjärvi, Remes & Saja-vaara, 1997, s. 129 ja 136)

## 2.4 Tutkimuksen tausta, tarkoitus ja tavoite

Tutkimuksella toteutetaan Vantaan kaupungin hulevesiohjelmaa, joka on hyväksytty kaupunginhallituksessa vuonna 2009. Hulevesiohjelmassa on määritelty ohjelman toteuttamiseen liittyviä lisäselvitystarpeita, joista ensimmäisenä on mainittu vesistöjen vedenlaadun seuranta sekä eri maankäytön alueilta tulevan huleveden laadun selvittäminen. (Vantaan kaupunki, 2009, s. 29)

Tutkimuksen tavoitteena on:

1. Selvittää huleveden laatua erilaisilla maankäyttöalueilla Vantaalla.
2. Vertailla havaintopaikkojen huleveden laatua ympäristölaatuunormeihin, Tukholman raja-arvoihin ja muihin hulevesitutkimuksiin.
3. Arvioida hulevesien käsittelyn tarpeellisuutta erilaisilla maankäyttöalueilla.

Tutkimuksen taustalla on myös ympäristönvalvonnallisia seikkoja. Mikäli ympäristöluvanvaraisen laitoksen toiminnan voidaan epäillä aiheuttavan vaikutuksia huleveteen, on ympäristöluvan lupamääräyksissä yleensä edellytetty hulevesien säännöllistä tutkimista. Lisäksi ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaan kunnalla on vastuu ympäristön tilan paikallisesta seurannasta. Ympäristön tilan seuraamiseksi ja laitosvalvonnan avuksi tarvitaan tietoa eri haitta-aineiden tavanomaisista pitoisuuksista hulevesissä erityyppisillä alueilla. Siten toimenpiteitä aiheuttavat päästöt olisi helpompaa todeta. Tietoa hulevesissä esiintyvistä haitta-aineista ja niiden pitoisuuksista tarvitaan lisää.



### 3 HULEVESI

Hulevedellä tarkoitetaan rakennetun alueen maan pinnalta tai muilta vastaavilta pinnoilta pois johdettavaa sade- tai sulamisvettä. Myös rakennusten perustusten kuivatusvedet ovat hulevesiä. Hulevesissä korostuu ihmistoiminnan vaikutus, mikä erottaa ne muista luonnollisista valumavesistä. Huleveden määrä ja esiintyminen riippuu sateen tai sulamisvesien määrästä sekä vettä läpäisemättömän pinnan määrästä. (Kuntaliitto, 2012 s. 18)

Veden kiertokulku koostuu neljästä osasta: sadanta, valunta, haihdunta ja infiltraatio eli imeytyminen maaperään. Kun veden hydrologinen kierto on luonnollista, merkittävä osa sadannasta imeytyy maaperään pohjavedeksi virraten hitaasti vesistöjä ja merta kohti. Osa sadannasta taas valuu pintoja pitkin vesistöihin ja meriin, joista vettä haihtuu myös takaisin ilmakehään. Myös kasvillisuus haihduttaa merkittävästi vettä. (Kuntaliitto, 2012 s. 18)

#### 3.1 Hulevesi rakennetussa ympäristössä

Hulevesivalunnan syntyyn vaikuttavat sateen intensiteetti ja kesto, sadetta edeltäneen kuivan ajan pituus, maanpinnan kaltevuus ja maaperän laatu. Eniten valuntaan vaikuttaa tarkasteltavan alueen vettä läpäisemättömien pintojen osuus (kadut, katot, tiet ja pysäköintialueet yms.), koska tällöin vesi ei pääse imeytymään maaperään tai kasvillisuuden käyttöön. Tällöin normaali veden kiertokulku on suurelta osin poikki, eikä pintavedellä ole suoraa yhteyttä pohjaveteen kuten luonnontilaisilla alueilla. (Kuntaliitto, 2012 s. 18)

Suomen taajamissa vettä läpäisemättömien alueiden osuus on usein jopa kaksi kolmasosaa alueen kokonaisalasta, jolloin hulevedet johdetaan hulevesiviemäriin, ojiin tai joillakin vanhoilla alueilla sekaviemäriin yhdessä jätevesien kanssa. Hulevesiviemäröinnillä ja ojituksilla pyritään useimmiten pintojen nopeaan kuivatukseen ja vedet johdetaan puhdistamattomina ojiin tai suoraan vesistöön. Kaupunkialueilla ja taajamissa suuri läpäisemättömien pintojen määrä johtaa nopeasti syntyviin ja runsaisiin pintavalunoihin, sekä niiden suureen ajalliseen vaihteluun. (Kuntaliitto, 2012 s. 18)

Ilmastonmuutoksen ennustetaan kasvattavan Suomessa vuosittaisia sademääriä ja lisäksi voimistavan sään ääri-ilmiöitä kuten voimakkaita rankkasateita. On todennäköistä, että yhä useammin nähdään myös lumipeitteen sulamista talvisin. Tällöin hulevesien määrä lisääntyy myös maan ollessa jässä. Tulevaisuudessa siis hulevesien kokonaisvaltainen hallinta on yhä tärkeämpää, jotta voidaan estää taajamatulvia ja hulevesissä esiintyvien haitta-aineiden kulkeutumista vesistöihin tai maaperään ja pohjavesiin. Hulevesien hallinnassa on tehokkainta keskittyä hulevesien määrän

vähentämiseen ja veden laadun parantamiseen jo niiden syntypaikalla. (Kuntaliitto 2012, s. 19-20)

### 3.2 Hulevesiin liittyvää lainsäädäntöä

Tärkeimmät hulevesien hallintaan liittyvät lait ovat maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL), vesihuoltolaki (VHL) ja laki tulvariskien hallinnasta.

Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) avulla pyritään kehittämään hulevesien hallintaa suunnitelmallisesti ja ehkäisemään niistä aiheutuvia vahinkoja erityisesti asemakaava-alueilla. Lain avulla tavoitellaan myös hulevesien imeyttämistä ja viivyttämistä niiden syntypaikalla. Lisäksi hulevesien johtaminen jätevesiviemäriin halutaan lopettaa. Koska hulevesiä voidaan tehokkaasti hallita maankäytön ja kaavoituksen avulla, niin vesilain uudistuksen yhteydessä hulevesiin liittyvät lainkohdat siirrettiin maankäyttö- ja rakennuslakiin omaksi luvukseksi. Luku sisältää hulevesien hallintaan liittyviä säännöksiä, joita valvoo kunnan määräämä toimielin. Maankäyttö- ja rakennuslaissa on määritelty kiinteistöjen ja kunnan vastuut hulevesien johtamisessa ja käsittelyssä.

Vesihuoltolaki (119/2001) koskee pääasiassa asutuksen ja muiden vastaavien alueiden vesihuoltoa. Lailla pyritään turvaamaan terveyden ja ympäristön kannalta asianmukainen vesihuolto kohtuullisin kustannuksin. Hulevesien käsittely on rajattu vuonna 2014 tehtyjen vesihuoltolain muutosten myötä pois vesihuollon määritelmästä. Vesihuoltolaissa on määritelty tilanteet, jolloin hulevesien viemärointi voidaan sopia sisällytettäväksi vesihuoltolaitoksen toimintaan. Tämä edellyttää kunnan ja vesihuoltolaitoksen neuvotteluja asiasta ja vesilaitoksen mahdollisuutta suoriutua hulevesien käsittelystä asianmukaisesti ja taloudellisesti kestävästi. Jos vesihuoltolaitos hoitaa hulevesien viemäroinnin, toiminta-alueen kiinteistöillä on vesihuoltolain mukainen liittymisvelvollisuus hulevesiverkostoon. Laissa kielletään hulevesien johtaminen jätevesiviemäriin.

Laki tulvariskien hallinnasta (620/2010) pyrkii vähentämään ja ehkäisemään tulvariskejä ja lieventämään niiden aiheuttamia vahinkoja ihmisille ja ympäristölle. Lain avulla pyritään parantamaan tulviin varautumista huomioiden myös vesistöalueen muu hoito ja vesivarojen kestävä käyttö. Kyseisessä laissa kunnille on annettu velvollisuus arvioida hulevesitulvien riskiä alueellaan ja määritellä myös hulevesien tulvariskialueet karttoineen. Lisäksi kunnan tulisi laatia hallintasuunnitelma tulvien varalle.

Edellä mainittujen lisäksi hulevesiin liittyviä lakeja ovat vesilaki (587/2011), laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (1299/2004), ympäristönsuojelu- (527/2014) ja luonnonsuojelulaki (1096/1996). Myös maantielaki (8503/2005), ratalaki (110/2007) ja laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta (669/1978) sisältävät hulevesiin liittyvää sääntelyä. (Kuntaliitto 2012, s. 26)

### 3.3 Vantaan hulevesiohjelma

Vantaan kaupunki on laatinut hulevesiohjelman, joka on hyväksytty kaupunginhallituksessa vuonna 2009. Hulevesiohjelman laatimisen taustalla on ollut mm. EU:n vesipuite- ja tulvadirektiivien mukaisten asioiden soveltaminen kaupungin toimintoihin. Ohjelman hyväksymisen jälkeen siinä esitettyjä toimenpiteitä on alettu suunnitelmallisesti toteuttaa.

Hulevesiohjelmalla tavoitellaan veden luonnollisen kiertokulun säilyttämistä mahdollisimman laajasti, jotta myös luontoarvot ja pohjavesivarannot voidaan turvata. Hulevesien luonnollinen hallinta toimii todistetusti hyvin myös äärimmäisissä sääolosuhteissa kuten kuivuuden, rankkasateiden tai lumien sulamisvesien aikaan. Hulevesiohjelman visio on määritelty seuraavasti: ”Luonnollinen vesitasapaino säilyy ja vesien ekologinen tila paranee Vantaalla. Hulevesistä ei aiheudu haittaa terveydelle, turvallisuudelle, viihtyisyydelle eikä kaupungin toimivuudelle.” (Vantaan kaupunki, 2009, s. 14)

Hulevesien käsittelyvaihtoehtoille on määritelty prioriteettijärjestys, jossa ensisijaisesti tavoitellaan hulevesien käsittelyä ja hyödyntämistä niiden syntypaikoilla. Myös suodattavia ja viivyttäviä järjestelmiä tulee suosia ennen hulevesien johtamista vesistöön. Prioriteettijärjestyksen viimeisenä vaihtoehtona on hulevesien johtaminen suoraan vesistöön. (Vantaan kaupunki, 2009, s. 16)

Hulevesiohjelmassa on määritelty päätavoitteet, joihin sen toteuttamisella pyritään. Päätavoitteita on yhteensä seitsemän, jotka liittyvät eri tavoin hulevesien määrälliseen ja laadulliseen hallintaan ja niistä aiheutuviin vaikutuksiin, sekä niiden huomioimiseen kaupungin toiminnoissa. Tavoitteiden saavuttamiseksi hulevesiohjelma sisältää toimenpiteitä vastuutahojneen. Toinen hulevesiohjelman päätavoite liittyy suoraan hulevesien laatuun. Tavoite nro 2: ”Hulevesien laadun parantaminen ennen vastaanottavaan vesistöön laskemista.” (Vantaan kaupunki, 2009, s. 14)

Hulevesiohjelmassa on määritelty ohjelman toteuttamiseen liittyviä lisäselvitystarpeita, joista ensimmäisenä on mainittu vesistöjen vedenlaadun seuranta sekä eri maankäytön alueilta tulevan huleveden laadun selvittäminen. (Vantaan kaupunki, 2009, s. 29)

### 3.4 Uudenmaan vesienhoitosuunnitelma

Uudenmaan vesienhoitosuunnitelman taustalla on EU:n vesipuidedirektiivi ja erityisesti laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (1299/2004), joka on tärkein kansallinen laki vesipuidedirektiivin täytäntöönpanossa Suomessa. Vesienhoitolaissa säädetään esimerkiksi alueellisesta yhteistyöstä vesien tilan selvittämisessä, seurannassa, luokittelussa ja vesienhoidon suunnittelussa. Vesienhoitolain mukaan jokaiselle vesienhoitoalueelle tulee laatia vesienhoitosuunnitelma, joka on pohjana alueen

vesiensuojelutoimille. Alueellinen vesienhoitosuunnitelma on yhteinen näkemys vesienhoitoalueen vesiensuojelun ongelmista ja vesistöjen tilan parantamisesta. (Karonen ym., 2015, s. 8)

Uudenmaan alue kuuluu Kymijoen-Suomenlahden vesienhoitoalueeseen, jolle on laadittu vesienhoidon toimenpidesuunnitelma vuosille 2016-2021. Vesienhoitosuunnitelmaa tarkentavat toimenpideohjelmat on tehty alueellisesti eri ELY-keskuksien toimialueille. Uudenmaan alueelle on laadittu oma vesienhoidon toimenpideohjelma vuosille 2016-2021. (Karonen ym., 2015, s. 8)

Uudenmaan vesienhoitosuunnitelmassa on tunnistettu hyvä hulevesien hallinta mahdollisuudeksi parantaa alueellisesti myös pintavesien laatua. Suunnitelmassa on esitetty hulevesiin liittyviä toimenpiteitä lähinnä maankäytön ja kaavoituksen kannalta. Esimerkiksi kaavoitukselle osoitettuna ohjauskeinoesityksenä on mainittu hulevesisuunnitelmien laatiminen kunnallisesti ja ylikunnallisesti sekä hulevesien käsittelyn huomioon ottaminen rakentamisessa. (Karonen ym., 2015, s. 97)

Vesienhoitosuunnitelman toimenpide-ehdotuksissa esitetään maakunta-kaavoihin pakollista valuma-alueselvitystä. Yleiskaavoissa tulisi määritellä hulevesien hallintaan tarvittavat tilavaraukset ja tehdä myös valuma-alue- sekä hulevesiselvitykset. Myös asemakaavojen tarkkuutta hulevesien käsittelyn osalta olisi tarpeen tarkentaa ja rakennusluvuissa tulisi edellyttää rakennusten liittämistä alueellisiin hulevesijärjestelmiin. Yhteenvedona suunnitelmassa todetaan, että kaavoittajia tulisi kouluttaa lisää ja myös ohjeistusta tulisi parantaa kaikilla maankäytön tasoilla hulevesien hallintaan liittyen. (Karonen ym., 2015, s. 128-129)

## 4 HULEVEDEN HAITTA-AINEET

Useimmiten hulevesien laatu on rakentamattomien alueiden valumavesiin verrattuna merkittävästi huonompaa. Hulevesissä näkyy ihmisen toiminnan vaikutus, mikä erottaa ne muista luonnollisista valumavesistä. Yleisimpiä huleveden laatua heikentäviä aineita ovat: kiintoaineet, ravinteet, metallit, kloridi, öljyhiilivedyt, torjunta-aineet, PAH-yhdisteet ja bensiinin lisäaine MTBE. Usein hulevesissä havaitaan myös jätevesistä peräisin olevia bakteereja. (Kuntaliitto 2012, s. 124)

Huleveden yleistä laatua voi havainnoida helpoiten kiintoainepitoisuutta tarkkailemalla. Kiintoaineen määrä kuvaa hyvin huleveden yleistä laatua, sillä se aiheuttaa vesistöissä haittaa mm. samentamalla vettä ja kuljettamalla mukanaan haitallisia aineita kuten metalleja ja ravinteita. Kiintoaines on myös kaloille ja muille eliöille haitallista, sillä se voi kerääntyä kalojen kiduksiin ja haitata joidenkin vesikasvien kasvua. Kiintoaines kertyy myös

hulevesiverkostoon ja muihin hulevesirakenteisiin aiheuttaen niihin ylimääräistä huollontarvetta. (Kuntaliitto 2012, s. 124)

Suuri osa hulevesien haitta-aineista on peräisin liikenteestä. Esimerkiksi autojen pakokaasut, korroosio, nestevuodot, jarrupalojen, renkaiden ja tiemateriaalin kulumisen sekä tiealueiden liukkaudentorjunta tuottavat erilaisia hiukkasia ja nesteitä, jotka päätyvät lopulta huleveteen. Myös rakennukset ja rakenteet toimivat päästölähteenä, kun rakennusmateriaalien kulumisen tai korroosion myötä niistä irtaavaa hiukkasia tai liukenevia aineita ympäristöön. Piha- ja viheralueilla päästöjä aiheuttaa puolestaan lannoitteiden ja torjunta-aineiden käyttö. (Kuntaliitto 2012, s. 124-126)

Bakteereja, viruksia ja ravinteita päätyy hulevesiin eläinten ulosteista, jätevesiverkostojen vuodoista ja haja-asutuksen jätevesien käsittelyjärjestelmien kautta. Rankkasateiden ja suurten virtaamien aikaan jätevedenpuhdistamoilta ja -pumppaamoilta saattaa ohijuoksutusten tai ylivuotojen kautta päätyä jätevesiä vesistöihin ja hulevesiojiin. Lisäksi huleveteen päätyy haitta-aineita polttoprosesseista, roskaamisesta ja maaperän eroosiosta. Haittaa hulevesien laadulle voivat aiheuttaa myös erilaiset onnettomuudet ja poikkeukselliset tilanteet kuten tulipalot, kemikaali- tai jätevesivuodot. (Kuntaliitto 2012, s. 125-126)

Rakentamisella on todettu olevan merkittäviä vaikutuksia huleveden laatuun. Erityisesti infrarakentamisen on todettu kasvattavan hulevesien kiintoaines- ja ravinnepitoisuuksia. Kun maata muokataan voimakkaasti, kasvillisuutta poistetaan ja kaivantoja kuivataan pumppaamalla, aiheutuu eroosiota ja kasvavaa hulevesivirtaamaa, joka johtaa erityisesti kiintoaineksen ja ravinteiden määrän kasvuun. Rakentamisen vaikutusta huleveden kemiallisen laatuun on tutkittu vähemmän, mutta maaperän laadusta riippuen ainakin maaperässä olevien metallien liukeneminen lisääntyy maanmuokkauksen myötä. (Nenonen, 2013, s. 6-7 ja 80) Rakentamisen aiheuttamiin vaikutuksiin kuuluu myös maalämpökaivojen poraamisesta syntyvän poraussoijan johtaminen ojiin tai hulevesiviemäriin.

Suurimmat haitta-ainepitoisuudet hulevesissä havaitaan yleensä sateen alkuvaiheessa, jolloin puhutaan ensihuuhtoumasta (first flush). Tällöin epäpuhtaudet ja muut haitta-aineet lähtevät liikkeelle ja huleveden laatu on huonointa ja haitta-ainepitoisuudet usein korkeita. Kun sade jatkuu ja virtaama pienenee, myös haitta-ainepitoisuudet laskevat. Tämän vuoksi hulevesinäytteiden tuloksia tulkittaessa tulee huomioida näytteenoton aikainen säätila ja varsinkin sateen alkamisajankohta tarkasti. (Kuntaliitto 2012, s. 129)

Huonolaatuinen hulevesi voi aiheuttaa akuutteja tai kroonisia vaikutuksia hulevedet vastaanottavissa vesistöissä. Akuutteja vaikutuksia voivat olla esimerkiksi uimarannan veden huono hygieeninen laatu rankkasateen jälkeen tai jätevesi- tai kemikaalivuodon aiheuttamat kalakuolemat. Krooniset vaikutukset puolestaan tapahtuvat vähitellen kuukausien tai jopa

vuosikymmenien aikana. Tällöin ravinteet tai haitta-aineet aiheuttavat vähitellen esimerkiksi vastaanottavan vesistön rehevöitymistä, pohjasedimenttien haitta-ainepitoisuuden nousua tai jopa valuma-alueen pohjaveden pilaantumista. Liukoiset haitta-aine- tai ravinnepitoisuudet aiheuttavat yleensä akuutteja vaikutuksia, kun taas krooniset vaikutukset aiheutuvat usein kiintoaineisiin sitoutuneista haitta-aineista. Toisaalta haitta-aineiden esiintymismuodot saattavat usein vaihdella ja muuntua vesistöissä ja hulevesiverkostossa. (Kuntaliitto 2012, s. 132-133)

Suomen Kuntaliiton hulevesioppaan mukaan hulevesistä tulisi analysoida taulukon 1 mukaiset ominaisuudet ja haitta-aineet. Teollisuus- ja muilla erityisalueilla hulevesissä puolestaan saattaa esiintyä harvinaisempia haitta-aineita, riippuen alueen toiminnoista ja siellä käytettävistä kemikaaleista tai muista materiaaleista. Tällaisia alueita tutkittaessa tulee tutkittavat aineet määritellä tapauskohtaisesti.

Huleveden laadulle tai siinä esiintyvillä haitta-aineilla ei ole määritelty suomalaisia raja- tai ohjearvoja. Tässä työssä tutkittujen hulevesien laatua on verrattu Suomen ja EU:n lainsäädännöstä pohjautuviin vesistön ympäristölaatuunormeihin sekä Ruotsissa Tukholman läänissä määritettyihin hulevesien raja-arvoehdotuksiin.

Taulukko 1. Hulevesistä analysoitavat aineet Suomen Kuntaliiton Hulevesioppaan mukaisesti. (Kuntaliitto 2012, s. 125)

| <b>Yleiset laatuhavainnot</b>   | <b>Torjunta-aineet</b>  |
|---|---|
| biologinen hapenkulutus (BOD)<br>kemiallinen hapenkulutus (COD)<br>kiintoaine<br>typpi<br>fosfori<br>kloridi<br>suolistoperäiset bakteerit<br>pH<br>sähkönjohtavuus<br>sameus | terbutylatsiini<br>pendimetaliini<br>fenmedifaami<br>glyfosaatti  |
| <b>Metallit</b>   | <b>Muut</b>   |
| sinkki<br>kadmium<br>kromi(VI)<br>kupari<br>nikkeli<br>lyijy<br>platina   | nonyylifenolietoksylaatit ja sen hajamistuotteet (esim. nonyylifenoli)<br>pentakloorifenoli<br>2,4,4'-triklooribifenyyl (PCB-28) Metyylitertiäributyylieetteri (MTBE) |
| <b>PAH-yhdisteet</b>  |   |
| bentso(a)pyreeni<br>naftaleeni  |   |

#### 4.1 Ympäristölaatunormit

Vesistöille tarkoitettuja ympäristölaatunormeja on käytetty hulevesien laatua käsittelevissä tutkimuksissa usein vertailuarvoina (Taulukko 2). Ympäristölaatunormit ovat peräisin EU:n tasolta annetusta vesipuitedirektiivistä (2000/60/EY), jonka avulla pyritään parantamaan vesistöjen kemiallista ja ekologista tilaa. Vesipuitedirektiivi sisältää prioriteettiainelistauksen, jonka pohjalta on kansallisella lainsäädännöllä saatettu voimaan ympäristölaatunormeja. Ympäristölaatunormit on tuotu Suomen kansalliseen lainsäädäntöön valtioneuvoston asetuksella 1022/2006. Vuosien myötä vesipuitedirektiivin prioriteettiainelistaukseen on lisätty uusia aineita ja joidenkin aineiden ympäristölaatunormeja on muutettu. Ympäristölaatunormien tarkoitus on estää pinta- ja pohjavesiä pilaantumasta ja niitä käytetään vesistöjen kemiallisen tilan arvioimiseen. (Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista, 1022/2006)

Kansallisessa asetuksessa on asetettu päästökieltoja, päästöraja-arvoja ja ympäristölaatunormeja. Ympäristölaatunormilla (Environmental Quality Standard, EQS) tarkoitetaan haitta-aineen pitoisuutta pintavedessä, sedimentissä tai eliöstössä, jota ei pintavesien suojelun vuoksi saa ylittää. Ympäristölaatunormeja on annettu samalta paikalta otettavien näytteiden vuosikeskiarvona (AA-EQS, Annual Average-EQS) ja hetkellisenä pitoisuutena (MAC-EQS, Maximum Allowable Concentration-EQS). Lähtökohteisesti hetkellisen pitoisuuden arvo ei saisi ylittyä vesistössä koskaan ja jos ylitys havaitaan, tulisi se varmistaa välittömästi toisella näytteellä. Poikkeuksena hetkellinen ylitys voidaan sallia ympäristöluvassa määrätyllä sekoittumisvyöhykkeillä. (Kangas, 2018, s. 33-34 ja 97)

Sisävesille ja merivedelle on erilliset laatunormit. Ympäristölaatunormien soveltamisessa tulee huomioida, että metallipitoisuuksien osalta ne koskevat suodatettujen vesinäytteiden tuloksia eli liukoisia metallipitoisuuksia. Osalle ympäristölaatunormien aineista on annettu erillinen luontainen valuma-alueen tyypistä riippuvainen taustapitoisuus, joka voidaan lisätä tarvittaessa havaittuun pitoisuuteen. Lisäksi joidenkin aineiden ympäristölaatunormit on asetettu eliöihin. Suomessa sisävesien osalta eliöksi on asetettu ahven. (Kangas, 2018, s. 32-34)

Ympäristölaatunormit soveltuvat hulevesien laadun arviointiin varauksella, koska normit on annettu vesistöjen vedenlaadun arviointia varten. Esimerkiksi noroa tai ojaa ei luokitella vesistöksi ja siten niihin ei sovelleta ympäristölaatunormeja koskevia määräyksiä (Kangas, 2018, s. 31). Yleensä hulevedet muodostavat vain osan vesistöihin kulkeutuvasta vedestä ja siten vesistöissä haitta-aineiden pitoisuudet ovat usein hulevesiä laimeampia. Usein myös vesistöissä tapahtuvat prosessit vähentävät

haitta-aineiden määrää ja pitoisuuksia (Airola, Nurmi & Pellikka, 2014, s. 20).

Taulukko 2. Ympäristölaatunormien mukaisia haitta-aineiden raja-arvoja. Taulukossa on tässä opinnäytetyössä tutkittujen haitta-aineiden ympäristölaatunormit. (Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista, 1022/2006)

| Haitta-aine (µg/l)    | Ympäristölaatunormi (AA-EQS) | Ympäristölaatunormi (MAC-EQS) | Huomioitavaa                  |
|-----------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Bentso(a)pyreeni      |                              | 0,027                         |                               |
| Elohopea              |                              | 0,07                          | Liukoinen pitoisuus           |
| Kadmium               | 0,08–0,25                    | 0,45–1,5                      | Veden kovuudesta riippuen     |
| Lyijy                 | 1,2                          | 14                            | Biosaatava pitoisuus (AA-EQS) |
| Nikkeli               | 4                            | 34                            | Biosaatava pitoisuus (AA-EQS) |
| 1,2-dikloorietaani    | 10                           |                               |                               |
| Antraseeni            | 0,1                          | 0,1                           |                               |
| Bentseeni             | 10                           | 50                            |                               |
| Bentso(b)fluoranteeni |                              | 0,017                         |                               |
| Bentso(k)fluoranteeni |                              | 0,017                         |                               |
| Bentso(ghi)peryleeni  |                              | 0,00082                       |                               |
| Fluoranteeni          |                              | 0,12                          |                               |
| Naftaleeni            | 2                            | 130                           |                               |
| Tetrakloorieteeni     | 10                           |                               |                               |
| Trikloorieteeni       | 10                           |                               |                               |

## 4.2 Tukholman läänin raja-arvot

Ruotsissa Tukholman läänin alueella on hulevesien yleisimmille haitta-aineille määritetty raja-arvoehdotukset. Raja-arvot on laadittu osana Tukholman läänin alueellista ympäristöohjelmaa ja niiden laatimisesta ovat vastanneet paikallinen aluesuunnittelu- ja liikennetoimisto (Regionplane och trafikkontoret) yhdessä lääninhallituksen ja Tukholman läänin kuntayhtymän kanssa. Raja-arvojen taustalla on EU:n vesipuitelidirektiivin soveltaminen ja laajat huleveden laadun taustatutkimukset. Yleisimmille haitta-aineille on annettu viisi erillistä raja-arvoa, jotka riippuvat siitä, millaisella maankäyttöalueella hulevesi muodostuu ja kulkeutuvatko hulevedet suureen vai pieneen vesistöön. Raja-arvot ovat alempia silloin, kun



päästö tapahtuu lähellä pientä vesistöä ja ylempiä silloin, kun hulevedet syntyvät kaukana herkästä vesistöstä. Raja-arvot ovat kokonaispitoisuuksien vuosikeskiarvoja ja ne on annettu haitta-aineiden kokonaispitoisuuksille eli suodattamattomille näytteille toisin kuin ympäristölaatunormit. (Riktvärdesgruppen, 2009, s. 11)

Taulukossa 3 on luetteloitu Tukholman läänissä käytössä olevista raja-arvoista suoraan pieneen ja herkkään vesistöön johdettavan huleveden raja-arvo ja hulevesiojan kautta suureen järveen tai mereen johdettavan huleveden raja-arvo. Näiden lisäksi toiminnanharjoittajille on asetettu edellisiä raja-arvoja suurempi raja-arvo, joka koskee huleveden laatua laitosten ja yritysten välittömässä läheisyydessä. (Riktvärdesgruppen, 2009, s. 11)

Taulukko 3. Tukholman läänin hulevesien haitta-aineiden raja-arvot. Taulukossa on Tukholman läänissä käytössä olevista raja-arvoista alin ja ylin vesistöihin johdettavan huleveden raja-arvo. Toiminnanharjoittajia koskeva raja-arvo koskee huleveden laatua laitoksen välittömässä läheisyydessä. (Riktvärdesgruppen, 2009, s. 11)

| Haitta-aine             | Alin raja-arvo (pienet vesistöt) | Ylin raja-arvo (suuret vesistöt) | Toiminnanharjoittajat |
|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| Kokonaisfosfori (µg/l)  | 160                              | 250                              | 250                   |
| Kokonaistyyppi (µg/l)   | 2 000                            | 3 000                            | 3500                  |
| Lyijy (µg/l)            | 8                                | 15                               | 15                    |
| Kupari (µg/l)           | 18                               | 40                               | 40                    |
| Sinkki (µg/l)           | 75                               | 125                              | 150                   |
| Kadmium (µg/l)          | 0,4                              | 0,5                              | 0,5                   |
| Kromi (µg/l)            | 10                               | 25                               | 25                    |
| Nikkeli (µg/l)          | 15                               | 30                               | 30                    |
| Elohopea (µg/l)         | 0,03                             | 0,07                             | 0,1                   |
| Öljyhiilivedyt (mg/l)   | 0,4                              | 0,7                              | 1,0                   |
| Bentso(a)pyreeni (µg/l) | 0,03                             | 0,07                             | 0,1                   |
| Kiintoaine (mg/l)       | 40                               | 75                               | 100                   |

## 5 HAVAINTOPISTEET

Hulevesien näytteenottopaikoiksi valittiin neljä erilaista havaintopaikkaa. Havaintopaikat valittiin hulevesiviemäri- ja karttatarkastelun perusteella siten, että ne edustavat maankäyttömuodoltaan erityyppisiä alueita. Havaintopaikkojen soveltuvuus tutkimukseen varmistettiin maastokäynnein.

## 5.1 Ylästön pientaloalue

Ylästön havaintopaikka edustaa pientaloaluetta ja sijaitsee Lehtikummunojan valuma-alueella (kuva 2). Havaintopaikka on ojaan johtavan hulevesiviemäriputken päässä (Kuva 3). Kyseinen hulevesiviemäri kerää vesiä alueen kaduilta ja pientalokiinteistöjen pihoilta. Yhteensä havaintoalueella on yli 50 asuinkiinteistöä, joissa sijaitsee omakoti-, pari- tai rivitaloja. Havaintoalueen pinta-ala on noin yhdeksän hehtaaria ja havaintopaikalta hulevesillä on noin 800 metrin matka Vantaanjokeen.

Vantaan kaupungin tietojen mukaan havaintopaikan maaperä on suurimaksi osaksi savea, joskin alueen länsilaidalla esiintyy myös moreenia ja hieman silttiä. Alue on suurimmaksi osaksi läpäisevää pintaa, sillä ainoastaan rakennusten katot ja tiealueet on päällystetty vettä läpäisemättömäksi. Joillakin piha-alueilla saattaa myös olla osittain asfalttia, betonia tai muuta läpäisemätöntä pintaa. Hulevesiviemäriverkosto kattaa koko havaintoalueen ja karttatarkastelun perusteella suurin osa kiinteistöistä on liittynyt siihen. On kuitenkin mahdollista, että alueella saattaa olla myös hulevesiviemäriin liittymättömiä kiinteistöjä. Pientaloalueilla ei yleensä ole tarpeellista johtaa kaikkia tontin valumavesiä hulevesiviemäriin vaan suurin osa pyritään imeyttämään omalle tontille Vantaan kaupungin hulevesiohjelman mukaisesti.



Kuva 2. Yleiskuva Ylästön pientaloalueen havaintoalueesta ja -paikasta.



Kuva 3. Valokuva Ylästön pientaloalueen havaintopaikasta.

## 5.2 Veromiehen liikenne-, työpaikka ja teollisuusalue

Veromiehen havaintopaikka edustaa teollisuus-, varasto-, työpaikka- ja liikennealuetta (Kuva 4). Havaintopaikka sijaitsee Kirkonkylänojan valuma-alueella Rälssipuistossa. Havaintopaikka on kahden suuren hulevesiviemärin purkupaikka Palo-ojaan (Kuva 5). Veromiehen havaintopaikalle kertyy hulevesiä teollisuus-, varasto- ja työpaikkakiinteistöjen piha-alueilta. Lisäksi hulevettä tulee hyvin vilkkaasti liikennöidyiltä tiealueilta kuten Kehä III:lta ja Lentoasemantieltä sekä pienemmiltä kaduilta. Alueella sijaitsee mm. metalli- ja SER-jätettä vastaanottava ja käsittelevä laitos, useita auto-kauppoja, korjaamoja, pienteollisuutta, toimistoja ja hotelli. Havaintoalueen pinta-ala on noin 80 hehtaaria ja havaintopaikalta hulevesillä on yli kahden kilometrin matka Keravanjokeen.

Vantaan kaupungin tietojen mukaan havaintopaikan maaperä on hyvin vaihtelevaa. Suurimmaksi osaksi maaperä on savea ja täytemaata mutta paikoitellen löytyy myös kalliota, moreenia, silttiä ja hieman hiekkamaata. Alue on suurimmaksi osaksi päällystettyä pintaa, sisältäen suuria rakennuksia, asfaltoituja kenttiä, teitä ja piha-alueita. Paikoitellen alueelta löytyy rakentamatonta puustoista aluetta ja hiekkapäällysteisiä pihoja, joissa hulevesien imeytymistä maahan voi tapahtua. Hulevesiviemäriverkosto kattaa lähes koko havaintoalueen ja karttatarkastelun perusteella suurin osa kiinteistöistä on liittynyt siihen. On kuitenkin mahdollista, että alueella voi olla hulevesiviemäriin liittymättömiä kiinteistöjä.





Kuva 4. Yleiskuva Veromiehen liikenne-, työpaikka- ja teollisuusalueen havaintoalueesta ja -paikasta.



Kuva 5. Valokuva Veromiehen liikenne-, työpaikka ja teollisuusalueen havaintopaikasta.

### 5.3 Kiilan kiertotalousalue

Kiilan havaintopaikka sijaitsee Katinmäenojan valuma-alueella ja edustaa kiertotalousalueella syntyviä hulevesiä laitosten lähietäisyydellä (Kuva 6). Kiilan havaintopaikka sijaitsee Hanskalliontien varressa olevassa avo-ojassa (Kuva 7). Kyseiseen ojaan tulee hulevesiä metalliromun- ja rakennusjätteen käsittelylaitoksilta sekä romuautovarikolta. Lisäksi

havaintopaikalle kulkeutuu raskaan liikenteen ahkerasti käyttämän Hanskalliontien tiealueen hulevesiä. Havaintoalueen pinta-ala on noin kymmenen hehtaaria ja havaintopaikalta hulevesillä on yli kahden kilometrin matka Vantaanjokeen.

Vantaan kaupungin tietojen mukaan havaintopaikan alueen maaperä on suurimmaksi osaksi moreenia, joskin alueella esiintyy paikoitellen myös hiekkaa, silttiä, savea ja kalliota. Alueella on käytetty betonimursketta kahden teollisuustontin maarakentamisessa. Havaintoalueen rakennetut tontit on päällystetty asfaltilla ja niiden hulevedet johdetaan havaintopaikalle. Alueella on myös vielä rakentamatonta ja päällystämätöntä aluetta, jossa hulevesien imeytymistä maaperään voi tapahtua.



Kuva 6. Yleiskuva Kiilan kiertotalousalueen havaintoalueesta ja -paikasta.





Kuva 7. Valokuva Kiilan kiertotalousalueen havaintopaikasta.

#### 5.4 Pelto-ojan havaintopaikka

Pelto-ojan havaintopaikka edustaa maatalous- ja haja-asutusalueen valumavesiä sekä Kiilan havaintopaikan hulevesiä ennen niiden virtaamista Vantaanjokeen (Kuva 8). Pelto-ojan havaintopaikka sijaitsee ojia pitkin mitattuna noin kahden kilometrin etäisyydellä Kiilan havaintopaikasta (Kuva 9). Pelto-ojan havaintopaikan avulla on tarkoitus selvittää Kiilan havaintopaikalla havaittavien haitta-aineiden kulkeutumista ja mahdollista päätymistä Vantaanjoen vesistöön.

Pelto-ojan havaintopaikka sijaitsee Pärehöylänojan varrella keskellä laajaa peltoaluetta hieman ennen ojan laskemista Vantaanjokeen. Valtaosa Kiilan havaintopaikalle tulevasta hulevesistä kulkeutuu ojia myöden Pelto-ojan havaintopaikalle. Kiilan havaintopaikan lisäksi huleveden laatuun vaikuttaa havaintopaikan ympärillä oleva laaja viljelty peltoalue, hevostalli, sekä haja-asutuksen jätevedet ja havaintopaikalle virtaavat muut ojat. Lisäksi Katriinantien tiealueen vesiä kulkeutuu jonkin verran havaintopaikalle. Vantaan kaupungin tietojen mukaan havaintopaikan maaperä on savea.



Kuva 8. Kartta Kiilan kiertotalousalueen ja Pelto-ojan havaintopaikkojen sijainnista.



Kuva 9. Valokuva Pelto-ojan havaintopaikasta.

## 6 TUTKITTAVAT AINEET

Hulevesinäytteistä päätettiin tutkia taulukkoon 4 listatut parametrit. Tutkittaviin parametreihin päädyttiin kirjallisuuden perusteella ja niiden katsotaan antavan riittävässä määrin tietoa havaintopaikkojen huleveden laadusta. Monia taulukkoon listattuja haitta-aineita on myös havaittu tai tutkittu useissa muissa huleveteen liittyvissä tutkimuksissa. Lisäksi aineiden valinnassa on huomioitu ympäristölaatunormit ja Tukholman läänin raja-arvot, jotta tuloksia voidaan verrata niihin. Esimerkiksi metallien osalta hulevedestä päätettiin tutkia sekä liukoiset-, että kokonaispitoisuudet, jotta tutkimuksen tuloksia voidaan verrata ympäristölaatunormeihin ja Tukholman läänin raja-arvoihin.

Taulukko 4. Hulevesinäytteistä tutkittavat parametrit.

| <b>Tutkittavat parametrit</b> |
|-------------------------------|
| Kiintoaine                    |
| Sähkönjohtavuus               |
| pH                            |
| Escherichia coli              |
| Kokonaistyyppi                |
| Kokonaisfosfori               |
| Sulfaatti, SO <sub>4</sub>    |
| Kloridi, Cl                   |
| Lyijy, Pb                     |
| Kadmium, Cd                   |
| Kromi, Cr                     |
| Elohopea, Hg                  |
| Kupari, Cu                    |
| Nikkeli, Ni                   |
| Sinkki, Zn                    |
| Hiilivedyt (C10-C40)          |
| PAH-yhdisteet                 |
| VOC-yhdisteet                 |

## 7 NÄYTTEENOTTO JA AIKATAULU

Tutkimusta varten hulevesinäytteitä otettiin yhteensä viisi kertaa neljästä eri havaintopaikasta puolentoista vuoden ajanjaksolla. Ensimmäiset näytteet otettiin vuoden 2018 syksyllä lokakuun 24. ja 31. päivä. Vuonna 2019 näytteitä otettiin syksyllä lokakuun 11. ja 14. päivä. Keväällä 2020 näytteet otettiin kerran huhtikuun 17. päivänä.



Hulevesinäytteiden otto pyrittiin ajoittamaan siten, että näytteet otettaisiin mahdollisimman pian sateiden alkamisen jälkeen, jotta ensihuuhouman vaikutus näkyisi. Toinen näytteenottokerta pyrittiin tekemään muutama päivä ensimmäisen näytteen haun jälkeen, jottei olosuhteet ehtisi muuttua merkittävästi näytteenottokertojen välillä. Lopulliset näytteenottoajankohdat päätettiin sääolosuhteiden mukaan, sillä sateetomaan aikaan ei kaikilta havaintopaikoilta olisi välttämättä saatu näytettä. Näytteet haki sertifioitu ympäristönäytteenottaja, joka myös toimitti näytteet laboratorioon tutkittavaksi.

Näytteenottoajankohtien toteutuneet sääolosuhteet ja sademäärät tarkistettiin jälkikäteen Foreca Oy:n sään havaintohistoria palvelun kautta. Havaintohistoriatiedot ovat Helsinki-Vantaa sääaseman tietoja.

#### Näytteenotto 24.10.2018

Näytteet haettiin aamupäivällä, jolloin sää oli poutainen ja lämpötila noin 5 astetta. Näytteiden ottoa edeltävänä yönä oli satanut yhteensä 2,4 mm klo 24.00- 07.00 välisenä aikana. Näytteenottoa edeltävänä päivänä 23.10 oli satanut runsaammin eli klo 11.00- 24.00 välisenä aikana yhteensä 5,5 mm. Myös 22.10 yöllä satoi yhteensä 2,8 mm klo 24.00-09.00 välisenä aikana.

#### Näytteenotto 31.10.2018

Näytteet haettiin aamupäivällä, jolloin sade oli ajoittaista ja lämpötila noin 6 astetta. Näytteiden ottoa edeltävänä yönä ja aamuna vettä satoi ajoittaisesti yhteensä 0,4 mm klo 24.00- 07.00 välisenä aikana. Näytteenottoa edeltävänä päivänä 30.10 oli satanut klo 11.00- 23.00 välisenä aikana ajoittaisesti yhteensä 1,1 mm. 29.10 oli sateeton poutapäivä.

#### Näytteenotto 11.10.2019

Näytteet haettiin aamupäivällä, jolloin sade oli ajoittaista ja lämpötila noin 9 astetta. Näytteiden ottoa edeltävänä yönä oli satanut ajoittaisesti yhteensä 1,5 mm klo 03.00- 11.00 välisenä aikana. Näytteenottoa edeltävät päivät olivat olleet poutaisia ja ainoastaan vuorokauden vaihteessa 9.10 ja 10.10 välillä oli vettä satanut 0,2 mm klo 23.00-01.00 välisenä aikana.

#### Näytteenotto 14.10.2019

Näytteet haettiin iltapäivällä, jolloin satoi ja lämpötila oli noin 5 astetta. Ennen näytteiden ottoa, aamupäivällä oli satanut yhteensä 2,4 mm klo 08.00- 13.00 välisenä aikana. Näytteenoton aikana vettä satoi runsaammin eli klo 14.00 – 16 00 välisenä aikana yhteensä 4,8 mm. Näytteenottoa edeltävä vuorokausi oli ollut poutainen vaikka 13.10 satoi yöllä kolmen aikaan 0,1 mm vettä. Tätä edeltävä 12.10 puolestaan oli hyvin sateinen päivä ja kyseisen vuorokauden aikana vettä satoi yhteensä 22,7 mm.

### Näytteenotto 17.4.2020

Näytteet haettiin aamupäivällä, jolloin sää oli poutainen ja lämpötila noin 5 astetta. Näytteiden ottoa edeltävänä vuorokausi oli ollut sateinen ja lunta sekä vettä satoi ajoittaisesti yhteensä 15,5 mm klo 02.00- 21.00 välisenä aikana. Myös 15.4 päiväaikaan satoi yhteensä 3,7 mm klo 08.00-17.00 välisenä aikana.

## **8 TULOKSET JA NIIDEN TULKINTAA**

### **8.1 Kiintoaine, happamuus ja hygieeninen laatu**

#### Kiintoaine

Huleveden kiintoainepitoisuudet vaihtelivat melko paljon havaintopaikkojen kesken (Taulukko 5). Kiintoainepitoisuuden mediaanit vaihtelivat välillä 0 - 23 mg/l ja keskiarvot 1 - 76 mg/l (Kuva 10). Vähiten kiintoainetta havaittiin Ylästön pientaloalueen havaintopaikalla, jossa ainoastaan kahdella näytteenotokerralla todettiin määritysrajan ylittävä kiintoainepitoisuus. Kiilan teollisuusalueella havaittiin korkeimmat kiintoainepitoisuudet suurimman pitoisuuden ollessa 280 mg/l. Tämä pitoisuus on moninkertainen verrattuna muihin havaintopaikalta saatuihin tuloksiin. Mikäli Kiilan yhtä poikkeavaa tulosta ei huomioitaisi, olisi kyseisen havaintopaikan kiintoainepitoisuudet samaa suuruusluokkaa kuin Veromiehen ja Pelto-ojan havaintopaikoilla, joiden tulokset eivät eronneet merkittävästi toisistaan. Kaikkien havaintopaikkojen kiintoainepitoisuudet vaihtelivat huomattavasti eri mittauskerroilla.

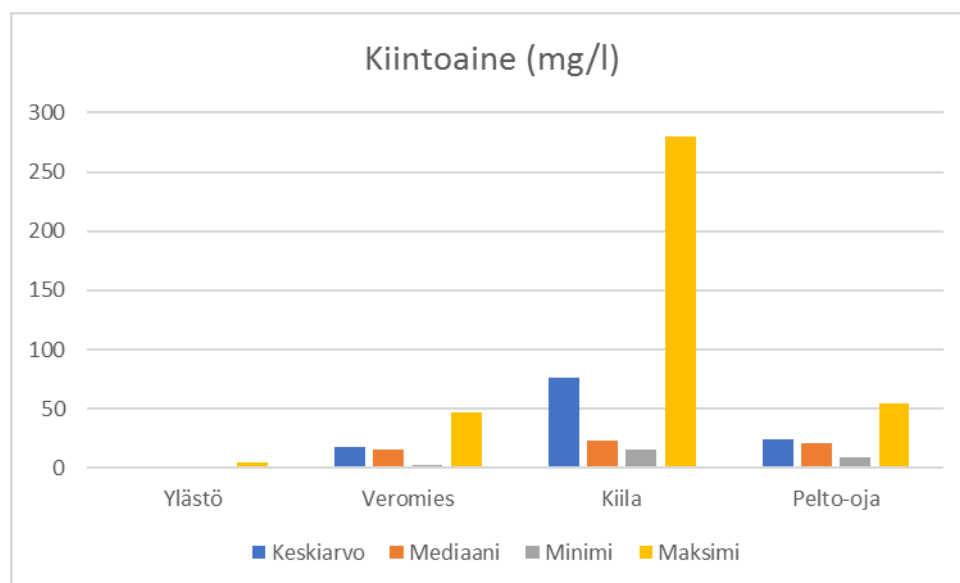
Taulukko 5. Kiintoainepitoisuudet (mg/l) eri havaintopaikoilla.

| <b>Pvm.</b> | <b>Ylästö</b> | <b>Veromies</b> | <b>Kiila</b> | <b>Pelto-oja</b> |
|-------------|---------------|-----------------|--------------|------------------|
| 24.10.18    | -             | 15              | 42           | 28               |
| 31.10.18    | -             | 2,5             | 15           | 8,5              |
| 11.10.19    | -             | 16              | 23           | 8,5              |
| 14.10.19    | 4,2           | 47              | 280          | 21               |
| 17.4.20     | 1,1           | 4,9             | 22           | 54               |

Tukholman läänin hulevesien raja-arvoehdotuksessa on asetettu kiintoainepitoisuudelle raja-arvoja. Alin raja-arvo on 40 mg/l, joka on pieneen ja herkkään vesistöön johdettavan huleveden kiintoaineen raja-arvo. Ylempi suureen vesistöön johdettavan huleveden raja-arvo on puolestaan 75 mg/l. Lisäksi toiminnanharjoittajien laitosten lähialueella sallitaan 100 mg/l kiintoainepitoisuus.

Tukholman alin raja-arvo ylittyi Veromiehen ja Peltö-ojan mittauspisteissä kerran ja Kiilan mittauspisteessä kahdesti. Toinen Kiilan havaintopisteessä todetuista raja-arvon ylityksistä, ylitti myös Tukholman suurimman sallitun huleveden kiintoainepitoisuuden.

Kaikkien havaintopaikkojen mediaanitulokset alittivat Tukholman raja-arvojen alimman raja-arvon. Myös mittaustulosten keskiarvot alittavat Tukholman alimman raja-arvon Kiilan havaintopaikkaa lukuun ottamatta. Toisaalta Kiilan havaintopisteeseen voidaan soveltaa Tukholman ylintä raja-arvoa (100 mg/l), sillä havaintopiste sijaitsee kahden kierrätyslaitoksen lähietäisyydellä. Näin ollen myös Kiilan havaintopisteen mittaustulosten keskiarvon voidaan todeta alittavan Tukholman raja-arvot.



Kuva 10. Kiintoainepitoisuuden keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

### Happamuus

Huleveden happamuus pysyi tutkimuksen aikana eri havaintopaikkojen välillä melko tasaisena (Taulukko 6). Kiilan havaintopaikalla huleveden pH-arvo oli tutkimuksen korkein vaihdellen välillä 8,9 - 10,9. Muilla havaintopaikoilla pH:n mediaanit vaihtelivat välillä 6,8 - 7,4 ja keskiarvot 6,9 - 7,4.

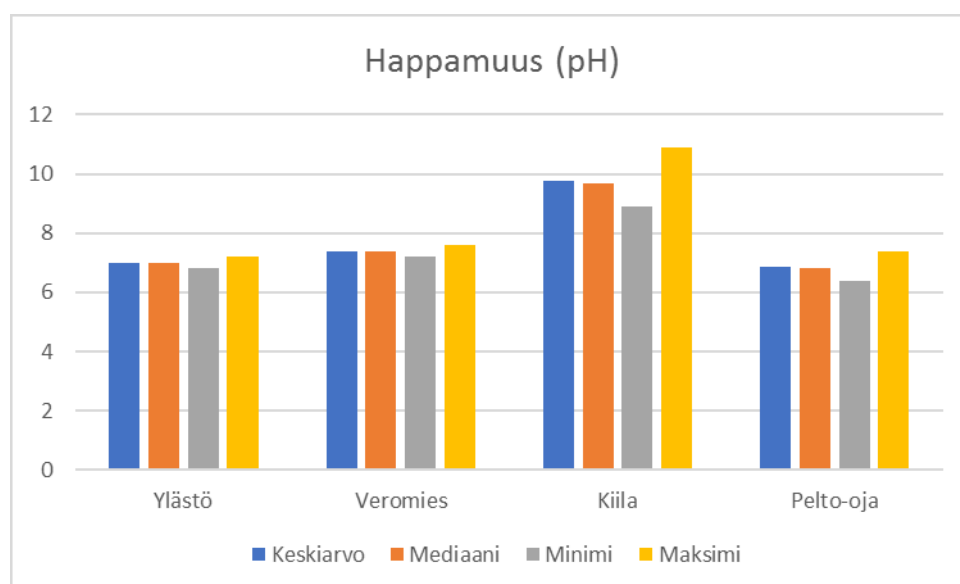
Kiilan huleveden korkean pH-arvon syynä lienee betonimurskeen käyttö havaintopaikan viereisten tonttien rakentamisessa. Lisäksi havaintopaikalle tulee hulevesiä laitokselta, jossa varastoidaan ja murskataan betonimursketta. Emäksinen hulevesi vaikuttaa kuitenkin neutraloituvan melko nopeasti, sillä Kiilan korkea pH-arvo oli laskenut selvästi Peltö-ojan havaintopaikkaan mennessä, jossa havaittiin tutkimuksen matalimmat pH-arvot. Ajalliset vaihtelut eri mittauskertojen välillä olivat melko vähäisiä pH-arvojen pysyessä vakaina eri havaintopaikoilla (Kuva 11).

Taulukko 6. Huleveden pH-arvo eri havaintopaikoilla.

| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | 6,8    | 7,2      | 10,3  | 7,2       |
| 31.10.18 | 7,2    | 7,6      | 10,9  | 7,4       |
| 11.10.19 | 7      | 7,4      | 9     | 6,6       |
| 14.10.19 | 6,8    | 7,3      | 8,9   | 6,4       |
| 17.4.20  | 7,1    | 7,5      | 9,7   | 6,8       |

Hulevesien pH-arvolle ei ole olemassa raja-arvoja. Vesienhoitolain (1299/2004) soveltamiseksi ja EU:n vesipolitiikan puitedirektiivin (VPD) täytäntöönpanemiseksi Suomen ympäristökeskus on laatinut ohjeen pintavesien tilan luokittelusta. Vedenlaadun arvioimiseksi ohjeessa on määriteltä jokien, järvien ja merenrannikoiden minimiarvo happamuudelle. Jo-kivesien osalta erinomaisen tai hyvän vedenlaadun luokituksen saamiseksi pH:n tulee olla yli 5,8. (Aroviita, Mitikka & Vienonen, 2019, s. 11 ja 155)

Vaikka maksimiarvoa vesistöjen happamuudelle ei ole määriteltä, liian emäksinen hulevesi voi olla jokien tai muiden vesistöjen eliöstölle haitallista, sillä luontaisesti veden pH-arvo on lähellä neutraalia (pH 7). Myös useimmat vesistöjen eliöt pärjäävät parhaiten pH:n ollessa 6 - 8 välisellä alueella. Pääsääntöisesti Suomessa luonnonvesien pH-arvo on humuskuormituksen vuoksi hapan, yleensä 6,5 - 6,8 välillä. (Oravainen, 1999, s. 12)



Kuva 11. pH:n keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

### Bakteerit (E-coli)

Hulevedessä havaittujen e-coli bakteerien määrä vaihteli melko paljon eri havaintopaikkojen ja näytteenottokertojen välillä (Taulukko 7). E-coli mää-  
rät vaihtelivat 0 - 1300 mikrobipitoisuuden todennäköisintä arvoa kohden  
(mpn) 100 ml:n vesimäärässä. E-coli bakteerien mediaanit vaihtelivat vä-  
lillä 20 - 150 ja keskiarvot 68 - 338 (mpn/100 ml). Vähiten bakteereja ha-  
vaittiin Kiilassa ja runsaimmin Pelto-ojan havaintopaikalla (Kuva 12). Ajalli-  
set vaihtelut eri mittauskertojen välillä olivat suuria bakteerien määrän  
vaihdellessa moninkertaisesti eri mittauskerroilla.

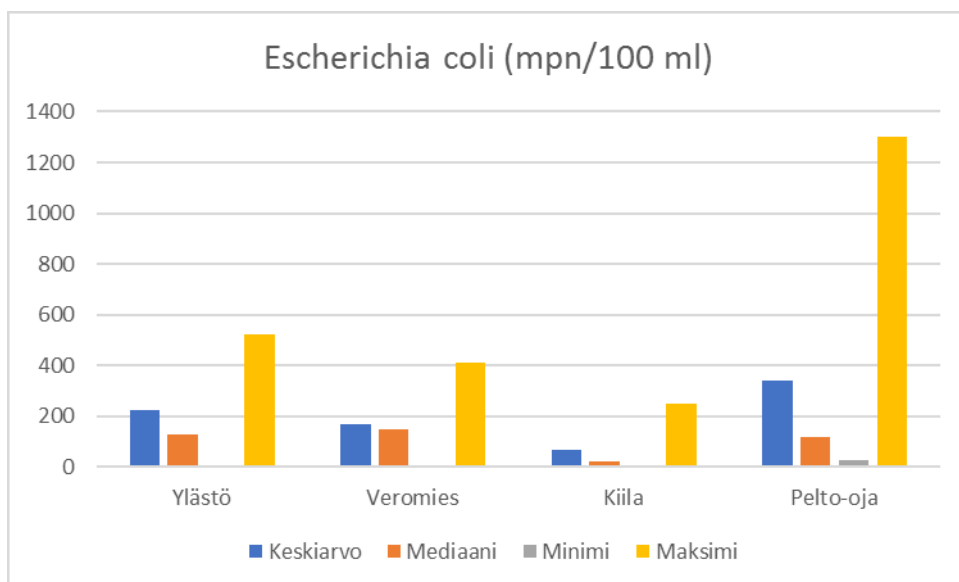
Taulukko 7. Escherichia coli -bakteerien esiintyminen eri havaintopaikoilla  
(mpn/100 ml).

| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | 460    | 260      | 20    | 1300      |
| 31.10.18 | -      | 20       | 10    | 170       |
| 11.10.19 | 130    | 150      | 58    | 26        |
| 14.10.19 | 520    | 410      | 250   | 75        |
| 17.4.20  | 7      | 4        | -     | 120       |

E-coli bakteerien määrälle hulevedessä ei ole määritetty raja-arvoja. E-coli  
bakteerien esiintymistä pidetään luotettavana indikaattorina veden suolis-  
toperäisestä saastumisesta, sillä kyseinen bakteeri on peräisin pääosin ih-  
misten tai taluslämpöisten eläinten ulosteesta, eikä se tiettävästi lisäännä  
suoliston ulkopuolella. (STTV, 2008, s. 12-13)

Uimavesien laadun arviointiin ja luokitteluun on määritetty E-coli baktee-  
rien raja-arvoja. Uimavesiasetuksen soveltamisoppaan mukaan sisämaan  
uimavesissä yksittäisen näytteen e-coli bakteerien määrän ylittäessä 1000  
pmy/mpn/100 ml määrän, terveydensuojeluviranomaisen tulee selvittää  
terveyshaittojen aiheutumisen mahdollisuus. Talousvedessä ei puolestaan  
saa esiintyä E-coli bakteereja lainkaan. (STTV, 2008 s. 30)

E-coli bakteerien esiintymisen osalta hulevedet olivat yllättävän puhtaita,  
kun jopa uimavesille sallitut arvot alittuivat pääosin. Tuloksissa näky-  
eroja eri maankäyttömuotojen välillä, sillä liikenne- ja teollisuusvaltaisilla  
alueilla bakteerimäärät olivat vähäisiä verrattuna maatalousalueisiin.



Kuva 12. Escherichia coli -bakteerien keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimimäärät eri havaintopaikoilla.

## 8.2 Ravinteet

### Kokonaisfosfori

Kokonaisfosforin pitoisuudet vaihtelivat melko paljon havaintopaikkojen kesken (Taulukko 8). Fosforipitoisuuden mediaanit vaihtelivat välillä 26 - 120 µg/l ja keskiarvot 25 - 141 µg/l (kuva 13). Vähiten fosforia havaittiin Ylästön havaintopaikalla ja Kiilassa todettiin puolestaan tutkimuksen korkeimmat fosforipitoisuudet, suurimman pitoisuuden ollessa 240 µg/l. Toiseksi eniten fosforia havaittiin Peltö-ojan havaintopaikalla. Kaikkien havaintopaikkojen fosforipitoisuudet vaihtelivat melko paljon eri mittauskerroilla.

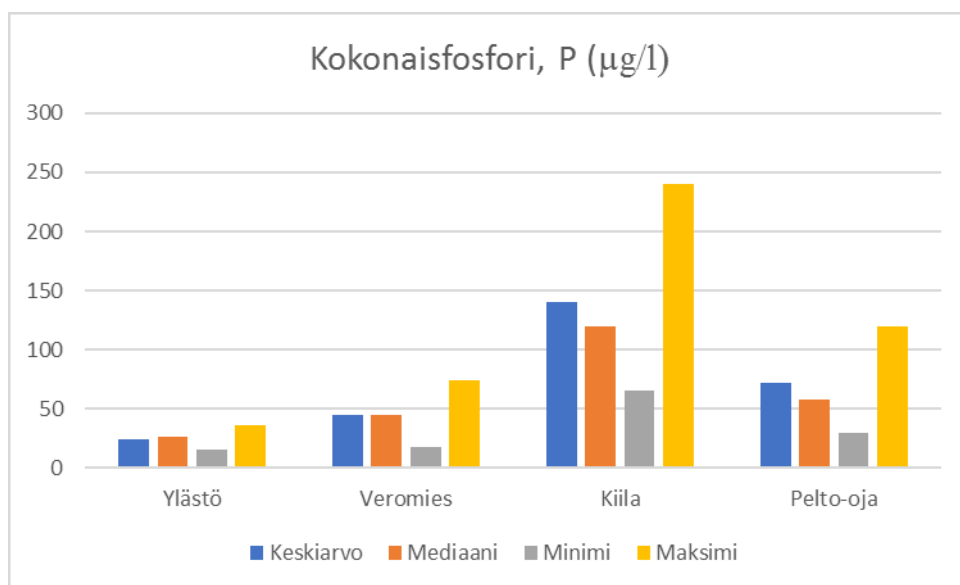
Taulukko 8. Kokonaisfosforipitoisuudet (µg/l) eri havaintopaikoilla.

| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Peltö-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | 28     | 48       | 180   | 120       |
| 31.10.18 | 16     | 18       | 66    | 44        |
| 11.10.19 | 17     | 45       | 98    | 30        |
| 14.10.19 | 26     | 74       | 120   | 58        |
| 17.4.20  | 36     | 40       | 240   | 110       |

Tukholman läänin hulevesien raja-arvoehdotuksessa on asetettu kokonaisfosforipitoisuudelle raja-arvoja. Alin raja-arvo on 160 µg/l, joka on pieneen ja herkkään vesistöön johdettavan huleveden raja-arvo. Tämä alin raja-arvo ylittyi mittauksissa ainoastaan Kiilan havaintopaikassa kahdesti. Kaikki muut mittauksilukokset jäivät alle Tukholman alimman raja-arvon. Kiilan havaintopaikkaan voidaan soveltaa Tukholman ylintä raja-arvoa (250 µg/l), sillä havaintopaikka sijaitsee kahden kierrätyslaitoksen lähietäisyydellä.

Näin ollen myös Kiilan havaintopaikan jokaisen mittaustuloksen voidaan katsoa alittavan Tukholman raja-arvojen mukaiset vaatimukset.

Kokonaisfosforin mittaustuloksissa oli yllättävää Kiilassa havaitut tutkimuksen korkeimmat pitoisuudet. Lähtökohtaisesti kyseisessä havaintopaikassa ei pitäisi olla runsaasti ravinteita, sillä havaintopaikkaan tulee vesiä lähinnä päälystetyiltä teollisuus- ja tiealueilta, sekä hieman metsäalueelta. Yleensä tutkimuksissa suuria fosforipitoisuuksia on havaittu alueilta, joiden maankäyttö sisältää viheralueita, pihvoja, peltoja tai puutarhoja. Myös rakennustyömaiden vesissä on todettu usein suuria ravinnepitoisuuksia. (Kuntaliitto 2012 s. 126-127)



Kuva 13. Kokonaisfosforin keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

### Kokonaistyyppi

Kokonaistyyppien pitoisuudet vaihtelivat selkeästi eri havaintopaikkojen kesken (Taulukko 9). Tyyppipitoisuuden mediaanit vaihtelivat välillä 1100 - 4500 µg/l ja keskiarvot 1104 - 4040 µg/l (Kuva 14). Ylästön ja Veromiehen havaintopaikoilla todettiin melko matalia tyyppipitoisuuksia, kun taas Kiilan sekä Pelto-ojan havaintopaikkojen tyyppipitoisuudet olivat korkeita. Ajalliset vaihtelut eri mittauskertojen välillä olivat suuria tyyppipitoisuuden vaihdella moninkertaisesti eri mittauskerroilla. Tosin Veromiehen havaintopaikan tyyppipitoisuudet pysyivät melko tasaisena.

Taulukko 9. Kokonaistyyppipitoisuudet ( $\mu\text{g/l}$ ) eri havaintopaikoilla.

| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | 950    | 720      | 5400  | 3500      |
| 31.10.18 | 1600   | 1200     | 4500  | 1600      |
| 11.10.19 | 2100   | 1400     | 4600  | 2600      |
| 14.10.19 | 450    | 1100     | 2200  | 6000      |
| 17.4.20  | 1700   | 1100     | 3500  | 3900      |

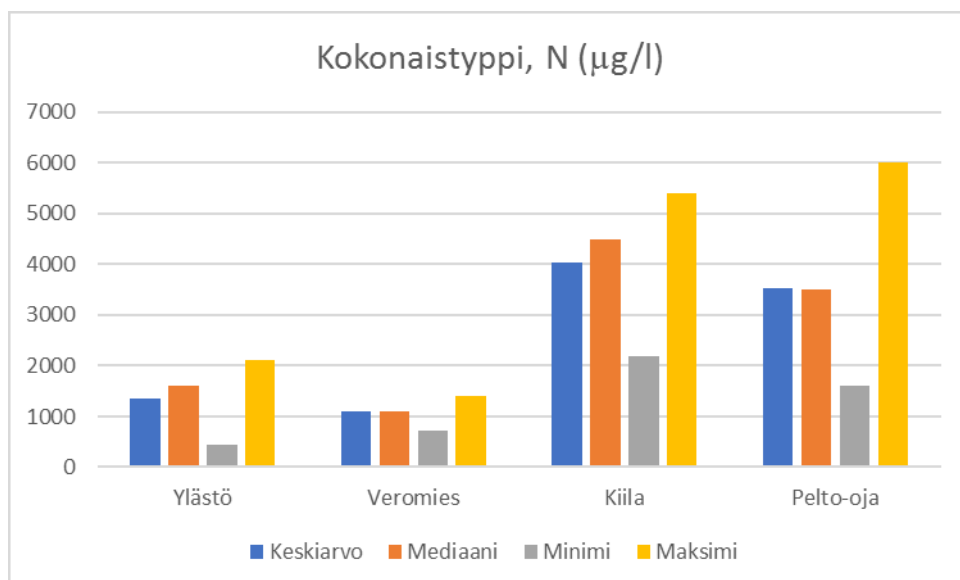
Tukholman läänin hulevesien raja-arvoehdotuksessa on asetettu kokonaistyyppien pitoisuudelle raja-arvoja. Alin raja-arvo on  $2000 \mu\text{g/l}$ , joka on pienen ja herkkään vesistöön johdettavan huleveden raja-arvo. Ylin raja-arvo on puolestaan  $3500 \mu\text{g/l}$ , joka tarkoittaa suurinta hyväksyttävää pitoisuutta hulevedessä laitosten ja yritysten välittömässä läheisyydessä.

Ylästön ja Veromiehen havaintopaikoilla Tukholman alin raja-arvo alittui lähes jokaisella mittauskerralla. Alin raja-arvo ylittyi lievästi ainoastaan kerran Ylästön alueella, joten mittaustulosten mediaani- ja keskiarvotulokset jäivät reilusti alle Tukholman alimman raja-arvon kokonaisfosforin osalta.

Kiilan ja Pelto-ojan havaintopaikkojen kokonaisfosforipitoisuudet olivat korkeita. Pelto-ojan havaintopaikan fosforipitoisuuksien mediaani- ja keskiarvotulokset ylittivät Tukholman ylimmän raja-arvon ( $3000 \mu\text{g/l}$ ). Kiilan havaintopaikan fosforipitoisuudet olivat mittaustulosten korkeimpia ylittäen keskiarvo- ja mediaanitulosten osalta selkeästi Tukholmassa toiminnanharjoittajille laitosten lähialueelle asetetun raja arvon ( $3500 \mu\text{g/l}$ ).

Kokonaistyyppien mittaustuloksissa oli yllättävää Kiilan havaintopisteessä todetut tutkimuksen korkeimmat pitoisuudet. Sama havainto tehtiin aiemmin kokonaisfosforin suhteen. Lähtökohtaisesti maankäytön perusteella Kiilan havaintopaikan hulevedessä ei pitäisi olla runsaasti ravinteita.





Kuva 14. Kokonaistyyppien keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

### 8.3 Sulfaatti, kloridi ja sähkönjohtavuus

#### Sulfaatti

Sulfaatin pitoisuudet vaihtelivat melko paljon havaintopaikkojen kesken (Taulukko 10). Sulfaattipitoisuuden mediaanit vaihtelivat välillä 20 - 58 mg/l ja keskiarvot 18 - 77 mg/l (kuva 15). Vähiten sulfaattia havaittiin Ylästön ja Veromiehen havaintopaikoilla, joiden tulokset olivat keskenään melko tasaisia. Myös Pelto-ojan ja Kiilan havaintopaikkojen tulokset olivat keskenään melko yhteneväisiä ja molemmissa todettiin korkeita sulfaattipitoisuuksia joidenkin mittaustulosten ylittäessä 100 mg/l. Ajalliset vaihtelut eri mittauskertojen välillä olivat suuria sulfaattipitoisuuden vaihdellessa moninkertaisesti eri mittauskerroilla.

Taulukko 10. Sulfaattipitoisuudet (mg/l) eri havaintopaikoilla.

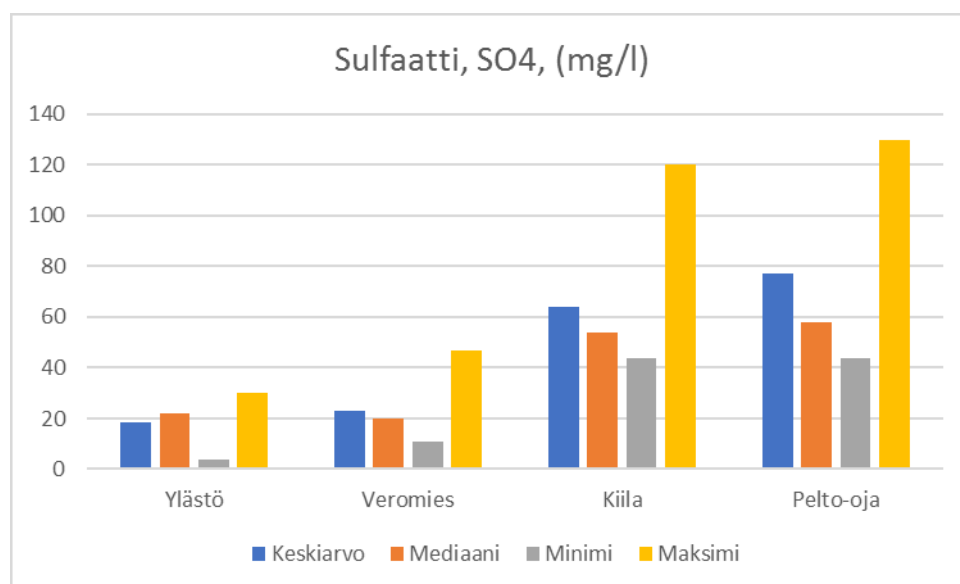
| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | 12     | 12       | 54    | 44        |
| 31.10.18 | 30     | 47       | 58    | 58        |
| 11.10.19 | 24     | 20       | 120   | 130       |
| 14.10.19 | 4      | 11       | 44    | 100       |
| 17.4.20  | 22     | 26       | 44    | 53        |

Luontaisesti Suomen vesistöjen sulfaattipitoisuudet ovat rannikkoseutuja lukuun ottamatta matalia, eikä siten hulevesien tai vesistöjen sulfaattipitoisuudelle ole olemassa raja-arvoja. Myös vesilaitoksilla käytetään sulfaattia sisältäviä saostuskemikaaleja. Koska korkeat sulfaattipitoisuudet lisäävät veden korroosiovaikutusta, on vesilaitosten toimittamalle vedelle annettu 150 mg/l suosituspitoisuus sulfaatille korroosio-ongelmien

vähentämiseksi. Kaikki havaintotulokset alittavat siten vesihuoltolaitosten suosituspitoisuuden. (Vahtera & Lahti, 2016, s.16)

Sulfaattia ja muitakin rikkiyhdisteitä voi päätyä hulevesiin maa- ja kallioperän rikkiä sisältävien mineraalien rapautumisesta. Myös energiantuotanto ja polttoprosessit voivat aiheuttaa rikkilaskeumaa hulevesiin, joskin vuoden 2009 alusta lähtien EU:n alueella on kielletty rikkipitoisten polttoaineiden käyttö tieliikenteessä. Muita hulevesiin päätyviä sulfaatin lähteitä voivat olla esimerkiksi lannoitteet ja yhdyskuntien sekä kaivosten jätevedet. (Vahtera & Lahti, 2016, s.16)

Helsingin kaupungin lumenvastaanottopaikkojen sulamisvesien tutkimuksissa on todettu sulfaattia esiintyvän huhtikuussa kolme kertaa toukokuuta enemmän. Todennäköisesti ilmiö johtuu energialaitosten ja muun lämmityksen ilmapäästöjen rikkilaskeumasta lämmitysaikaan. (Salla, Nurmi & Riipinen, 2012, s. 37)



Kuva 15. Sulfaatin keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

### Kloridi

Kloridin pitoisuudet vaihtelivat merkittävästi eri havaintopaikkojen kesken (Taulukko 11). Kloridipitoisuuden mediaanit vaihtelivat välillä 7 - 56 mg/l ja keskiarvot 5 - 67 mg/l (kuva 16). Vähiten kloridia havaittiin Ylästön havaintopaikalla, jossa yhden näytteen kloridipitoisuus jäi jopa alle määrittämissä. Veromiehen havaintopaikalla todettiin selvästi suurimmat kloridipitoisuudet suurimman yksittäisen mittaustuloksen ollessa 130 mg/l. Peltto-ojan ja Kiilan havaintopaikkojen pitoisuudet olivat keskenään samaa suuruusluokkaa ja selkeästi korkeampia kuin Ylästössä mutta huomattavasti

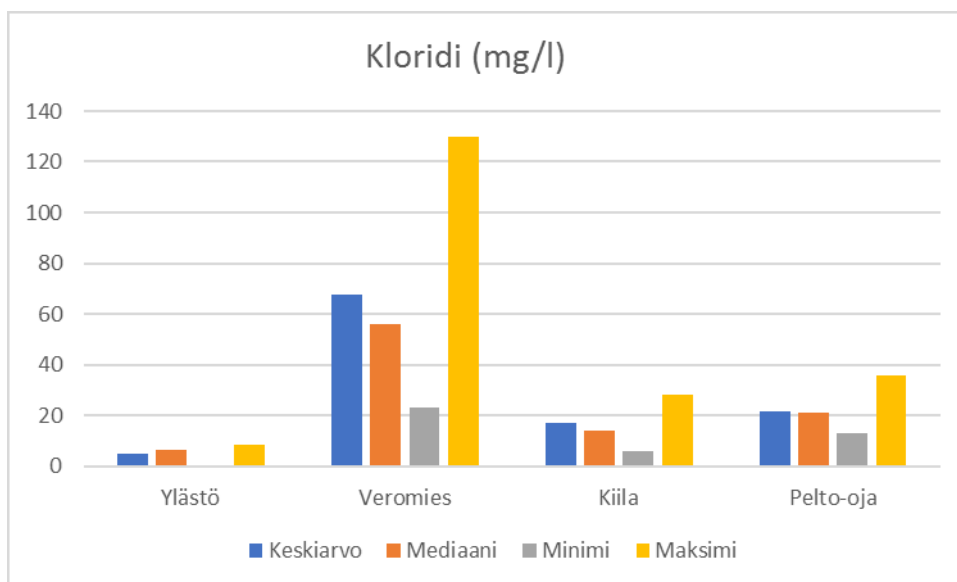
matalampia kuin Veromiehen alueella. Ajalliset vaihtelut eri mittauskertojen välillä olivat suuria kloridipitoisuuden vaihdellessa eri mittauskerroilla.

Taulukko 11. Kloridipitoisuudet (mg/l) eri havaintopaikoilla.

| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | 3      | 28       | 14    | 36        |
| 31.10.18 | 7      | 100      | 28    | 24        |
| 11.10.19 | 7      | 56       | 23    | 21        |
| 14.10.19 | -      | 23       | 6     | 15        |
| 17.4.20  | 8      | 130      | 14    | 13        |

Hule- tai pintavesien kloridipitoisuudelle ei ole olemassa raja-arvoja. Suurimmaksi osaksi hulevesissä esiintyvä kloridi on peräisin teiden liukkaudentorjuntaan käytetystä tiesuolasta (natriumkloridi). Suolan käyttöä teiden liukkaudentorjuntaan pidetään erityisesti uhkana pohjavedelle, sillä vesi-liukoinen suola kulkeutuu helposti maaperän kautta pohjaveteen. Koska suola heikentää pohjaveden laatua on pohjaveden kloridipitoisuuden laatu-normiksi määritetty 25 mg/l (Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista, 1022/2006). Nykyisin tiesuolan käytöstä on osittain luovuttu varsinkin pohjavesialueilla ja siirrytty pohjavesille turvallisempaan kaliumformiaatin käyttöön. (Kuntaliitto 2012, s. 136) Yksikään tämän tutkimuksen havaintopaikoista ei sijaitse pohjavesialueella, joten pohjavedelle asetettu kloridin ympäristölaatu-normi ei ole hyvä vertailuarvo tulosten tulkinnassa.

Kloridin osalta oli odotettua, että Veromiehen havaintopisteessä voidaan todeta korkeita pitoisuuksia, sillä havaintopaikalle kertyy hulevesiä erittäin vilkkaasti liikennöidyiltä väyliltä kuten Kehä III ja Lentoasemantie. Näin ol-len liikenteen ja liukkaudentorjunnan vaikutus näkyy havaintopaikan näyt-teissä selvästi. Tutkimustulosten osalta on hyvä huomioida, että suurin osa on otettu syksyllä ennen teiden suolauksen aloittamista, joten talvella ja keväällä kloridin pitoisuudet ovat todennäköisesti merkittävästi korkeam-pia. Esimerkiksi Helsingissä vilkkaasti liikennöityjen teiden läheisyydessä olevissa pienvesissä on keväisin lumien sulamisen aikaan havaittu huomattavan korkeita kloridipitoisuuksia. Suurimmat pitoisuudet ovat olleet jopa yli 1000 mg/l (Salla, Nurmi & Riipinen, 2012, s. 35).



Kuva 16. Kloridin keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

### Sähkönjohtavuus

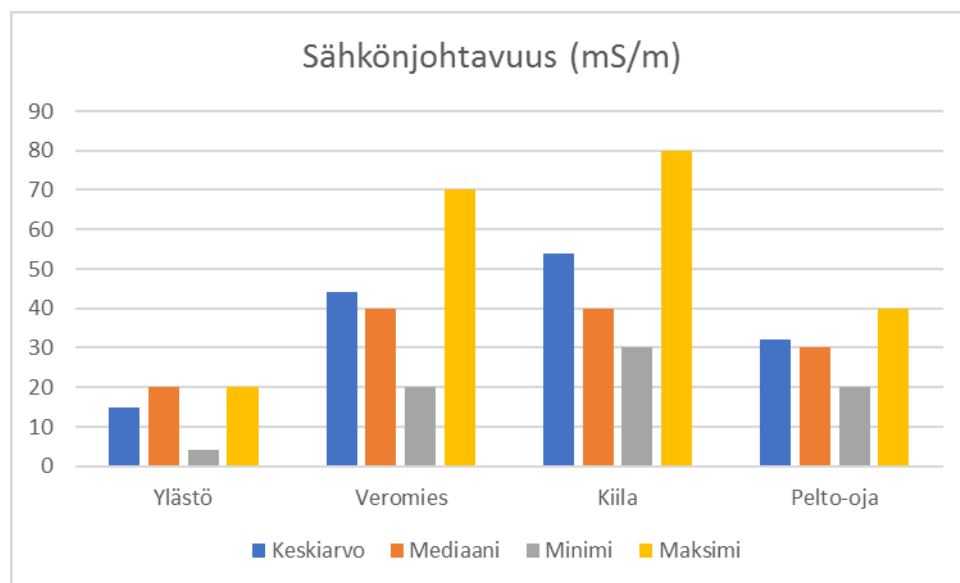
Huleveden sähkönjohtavuus vaihteli melko paljon eri havaintopaikkojen kesken (Taulukko 12). Sähkönjohtavuuden mediaanit vaihtelivat välillä 20 - 40 mS/m ja keskiarvot 15 - 54 mS/m (kuva 17). Hulevesi oli vähiten sähkönjohtavaa Ylästön havaintopaikalla. Kiilan ja Veromiehen havaintopaikoilla todettiin huleveden korkeimmat sähkönjohtavuuden arvot Kiilan tulosten ollessa tutkimuksen korkeimpia. Ajalliset vaihtelut eri mittauskertojen välillä olivat suuria huleveden sähkönjohtavuuden vaihdellessa moninkertaisesti eri mittauskerroilla.

Taulukko 12. Sähkönjohtavuus (mS/m) eri havaintopaikoilla.

| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | 10     | 20       | 40    | 30        |
| 31.10.18 | 20     | 70       | 80    | 30        |
| 11.10.19 | 20     | 40       | 80    | 40        |
| 14.10.19 | 4      | 20       | 30    | 40        |
| 17.4.20  | 20     | 70       | 40    | 20        |

Hule- tai pintavesien sähkönjohtavuudelle ei ole olemassa raja-arvoja. Käytännössä sähkönjohtavuus eli johtokyky ilmaisee veteen liuenneiden aineiden määrää. Sähkönjohtavuus on suuri, jos veteen on liuenneena runsaasti ionisoituneita aineita. Keskimääräinen purovesien sähkönjohtavuus vaihtelee 2 - 22 mS/m välillä mutta erityisesti Uudenmaan savisilla valuma-alueilla sähkönjohtavuus voi olla korkeampi, jopa 50 - 60 mS/m. Savisilla alueilla sähkönjohtavuus nousee, koska hienojakeiseen maa-ainekseen voi sitoutua paljon ionisoituneita aineita (Lahermo, Väänänen, Tarvainen & Salminen, 1996. s. 31).

Usein sähkönjohtavuus korreloi huleveden kloridipitoisuuden kanssa, sillä kloridi on yleinen ioni, joka nostaa huleveden sähkönjohtavuutta. Näin ollen Veromiehen havaintopaikalla todettu huleveden korkea sähkönjohtavuus oli odotettua. Hieman yllättävää oli, että niukasti korkeimmat sähkönjohtavuuden arvot havaittiin Kiilassa, jossa kloridipitoisuudet olivat alhaisia. Kiilan havaintopaikan korkeaa sähkönjohtavuutta selittänee hulevedessä todetut kohonneet liukoiset metallipitoisuudet, jotka nostavat myös veden sähkönjohtavuutta.



Kuva 17. Sähkönjohtavuuden keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimi eri havaintopaikoilla.

## 8.4 Metallit

### Kupari, kokonaispitoisuus

Kuparin pitoisuudet vaihtelivat melko paljon havaintopaikkojen kesken (Taulukko 13). Ylästön, Veromiehen ja Peltö-ojan havaintopaikkojen kuparipitoisuuden mediaanit vaihtelivat välillä 3,6 - 17 µg/l ja keskiarvot 3,9 - 22 µg/l (kuva 18). Vähiten kuparia havaittiin Ylästön ja Peltö-ojan havaintopaikoilla, joiden tulokset olivat keskenään melko tasaisia ja myös näytteiden ajalliset vaihtelut vähäisiä. Veromiehen havaintopaikan kuparipitoisuudet olivat taas selvästi korkeampia kuin Ylästössä tai Peltö-ojalla.

Kiilan tulokset poikkesivat muista havaintopaikoista ja siellä hulevedessä todettiin merkittäviä kuparipitoisuuksia korkeimman havaintotuloksen ollessa 860 µg/l. Kiilan havaintopaikan kuparipitoisuuden mediaani oli 79 µg/l ja keskiarvo 260 µg/l. Kiilassa kuparipitoisuudet vaihtelivat huomattavasti eri mittauserroilla.

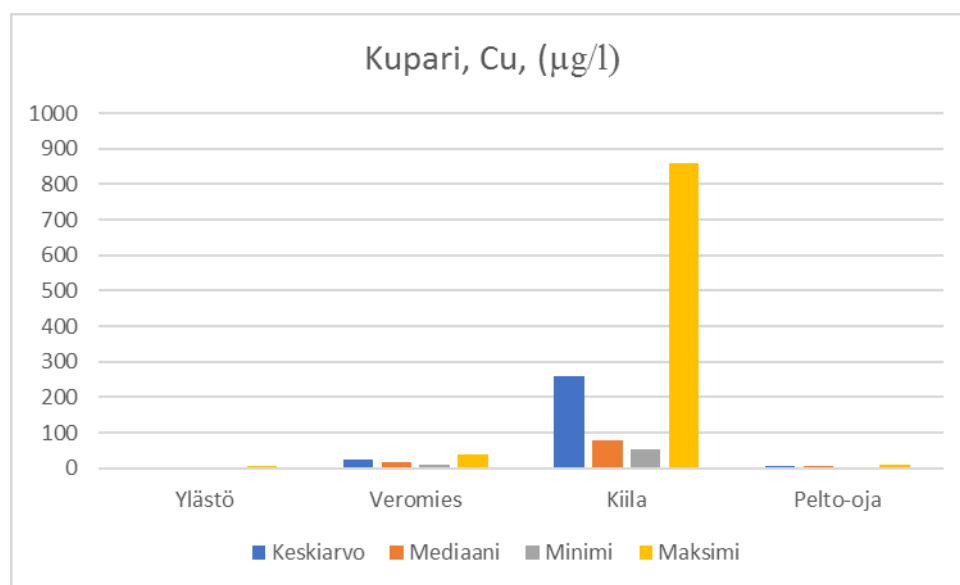
Taulukko 13. Kuparin (Cu) kokonaispitoisuus ( $\mu\text{g/l}$ ) eri havaintopaikoilla.

| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | 2,6    | 17       | 250   | 9,5       |
| 31.10.18 | 3,6    | 9,4      | 79    | 3,6       |
| 11.10.19 | 4,6    | 38       | 55    | 4,4       |
| 14.10.19 | 2,8    | 37       | 860   | 6,2       |
| 17.4.20  | 6,0    | 11       | 54    | 8,7       |

Tukholman läänin hulevesien raja-arvoehdotuksessa on asetettu kuparin kokonaispitoisuudelle raja-arvoja. Alin raja-arvo on  $18 \mu\text{g/l}$ , joka on pienen ja herkkään vesistöön johdettavan huleveden kuparipitoisuuden raja-arvo. Ylin raja-arvo on puolestaan  $40 \mu\text{g/l}$ .

Ylästön ja Pelto-ojan havaintopaikoilla kaikki mittaustulokset jäivät alle Tukholman alemman raja-arvon. Veromiehen havaintopaikassa taas osa mittaustuloksista ylitti alemman raja-arvon mutta jäi alle Tukholman ylimmän raja-arvon. Kiilassa kaikki havaintotulokset ylittivät Tukholman ylimmän raja-arvon ja usein vielä moninkertaisesti

Kiilan korkeita tuloksia selittää todennäköisesti havaintopaikan läheisyydessä toimiva metalliromun käsittelylaitos, jossa varastoidaan ja käsitellään kupariromua. Sadevedelle alttiiksi joutuva kupari nostaa huleveden kuparipitoisuuksia, sillä myös muissa hulevesitutkimuksissa on todettu suuria huleveden kuparipitoisuuksia alueilla, jossa on käytetty kuparia rakennusten kattojen ja syöksytorvien materiaalina (Airola, Nurmi & Pellikka, 2014, s. 48). Kiilassa havaittuja korkeita kuparipitoisuuksia ei kuitenkaan todettu enää kauempana Pelto-ojan havaintopisteessä.



Kuva 18. Kokonaiskuparin (Cu) keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

### Kupari, liukoinen

Liukoisen kuparin pitoisuudet vaihtelivat melko paljon havaintopaikkojen kesken (Taulukko 14). Vähiten liukoista kuparia havaittiin Ylästön ja Pelto-ojan havaintopaikoilla, joskin Ylästössä todettiin yksittäinen korkea ja selkeästi muista havainnoista poikkeava tulos. Ylästön, Veromiehen ja Pelto-ojan havaintopaikkojen liukoisen kuparipitoisuuden mediaanit vaihtelivat välillä 3,9 - 8,8 µg/l ja keskiarvot 4,5 - 19,5 µg/l (kuva 19).

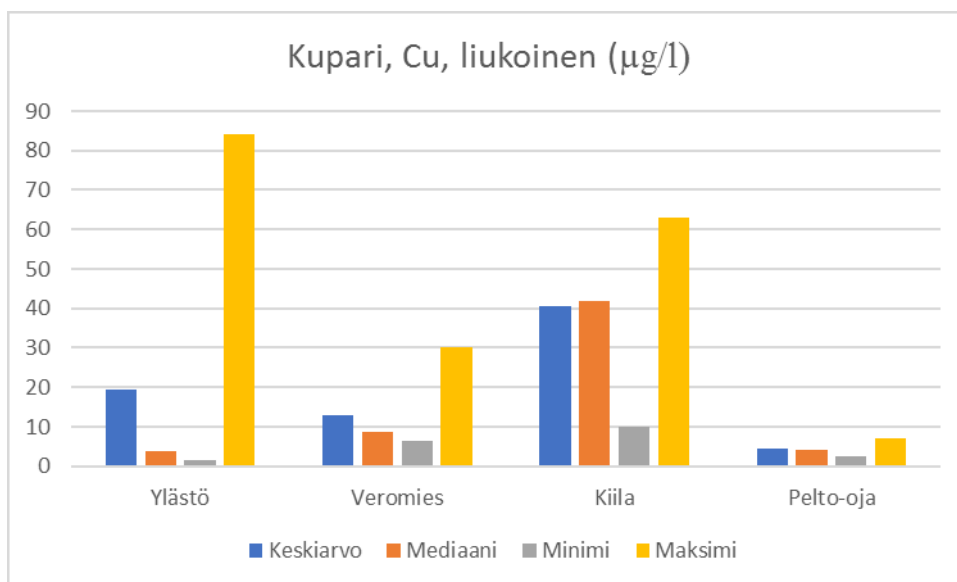
Kiilassa liukoista kuparia havaittiin runsaasti mediaanin ollessa 42 µg/l ja keskiarvon 40 µg/l. Ajalliset vaihtelut eri mittauskertojen välillä olivat pienempiä kuin kokonaiskuparin osalta. Vaikka Kiilan havaintopaikalla todettiin suurimmat liukoisen kuparin pitoisuudet, ei ero muihin havaintopaikkoihin ollut niin merkittävä kuin aiemmin kokonaiskuparin osalta.

Taulukko 14. Kuparin (Cu) liukoinen pitoisuus (µg/l) eri havaintopaikoilla.

| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | 84     | 8,8      | 63    | 5,7       |
| 31.10.18 | 3,2    | 6,3      | 49    | 2,5       |
| 11.10.19 | 3,9    | 30       | 10    | 3,2       |
| 14.10.19 | 1,4    | 12       | 42    | 4         |
| 17.4.20  | 5,0    | 7,2      | 38    | 7,2       |

Liukoisen kuparin pitoisuudelle pinta- tai hulevesissä ei ole olemassa raja-arvoja. Yleisesti kuparin havaintotuloksissa on merkittävää, että Ylästön, Veromiehen ja Pelto-ojan havaintopaikoilla suurimmassa osassa näytteitä liukoisen kuparin osuus oli yli puolet tai valtaosa kokonaiskuparin määrästä. Kiilassa sen sijaan liukoisen kuparin osuus kokonaiskuparin määrästä oli vähäinen. Kiilassa siis valtaosa kuparista oli kiinteässä muodossa ja muissa havaintopisteissä suurin osa kuparista oli liukoisessa muodossa.

Vaikuttaa myös siltä, että Kiilassa havaitut kohonneet kuparipitoisuudet eivät kulkeudu kovin kauas, sillä kokonais- ja liukoisen kuparin pitoisuudet Pelto-ojan havaintopaikalla olivat vähäisiä.



Kuva 19. Liukoisen kuparin (Cu) keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

#### Sinkki, kokonaispitoisuus

Sinkin kokonaispitoisuudet vaihtelivat melko paljon eri havaintopaikkojen kesken (Taulukko 15). Ylästön, Veromiehen ja Peltto-ojan havaintopaikkojen sinkkipitoisuuden mediaanit vaihtelivat välillä 23 - 91 µg/l ja keskiarvot 28 - 79 µg/l (kuva 20). Vähiten sinkkiä havaittiin Ylästössä. Sen sijaan Veromiehen ja Peltto-ojan havaintopaikkojen sinkkipitoisuudet olivat hieman Ylästöä korkeampia. Kaikkien havaintopaikkojen sinkkipitoisuudet vaihtelivat huomattavasti eri mittauskertojen kesken.

Kiilan tulokset poikkesivat selkeästi muista havaintopaikoista ja siellä hulevedessä todettiin suuria määriä sinkkiä korkeimman havaintotuloksen ollessa 2400 µg/l. Kiilan havaintopaikan sinkkipitoisuuden mediaani oli 190 µg/l ja keskiarvo 766 µg/l. Myös Kiilassa sinkkipitoisuudet vaihtelivat huomattavasti eri mittauskerroilla.

Taulukko 15. Sinkin (Zn) kokonaispitoisuus (µg/l) eri havaintopaikoilla.

| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Peltto-oja |
|----------|--------|----------|-------|------------|
| 24.10.18 | 59     | 91       | 960   | 29         |
| 31.10.18 | 15     | 24       | 160   | 23         |
| 11.10.19 | 23     | 110      | 120   | 100        |
| 14.10.19 | 31     | 140      | 2400  | 59         |
| 17.4.20  | 13     | 32       | 190   | 60         |

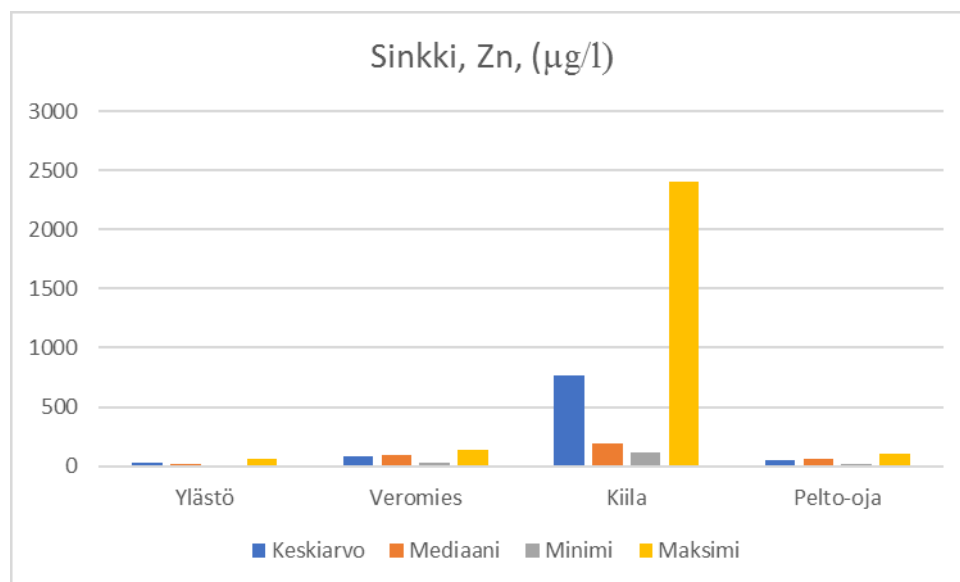
Tukholman läänin hulevesien raja-arvoehdotuksessa on asetettu sinkin kokonaispitoisuudelle raja-arvoja. Alin raja-arvo on 75 µg/l, joka on pieneen ja herkkään vesistöön johdettavan huleveden sinkkipitoisuuden raja-arvo. Ylempi suureen vesistöön johdettavan huleveden raja-arvo on puolestaan



125 µg/l. Lisäksi toiminnanharjoittajien laitosten lähialueella sallitaan 150 µg/l sinkkipitoisuus.

Ylästön havaintopaikalla kaikki mittaustulokset jäivät alle Tukholman alemman raja-arvon. Peltö-ojan mittaustulosten mediaanit ja keskiarvot alittavat myös Tukholman alimman raja-arvon. Veromiehen havaintopaikalla Tukholman alempi raja-arvo ylittyy lievästi keskiarvo- ja mediaanitulosten osalta. Kiilassa havaintotulosten mediaani ja keskiarvo ylittävät Tukholman ylimmän toiminnanharjoittajille asetetun raja-arvon selvästi.

Kiilan korkeita tuloksia selittää todennäköisesti havaintopaikan läheisyydessä toimiva metalliromun käsittelylaitos, jossa varastoidaan ja käsitellään metalliromua. Sadevedelle alttiiksi joutuva sinkitty rauta nostaa huleveden sinkkipitoisuuksia, sillä myös muissa tutkimuksissa on todettu esimerkiksi sinkittyjen peltikattojen nostavan merkittävästi huleveden sinkkipitoisuuksia (Kuntaliitto 2012, s. 128). Kiilassa havaittuja korkeita sinkkipitoisuuksia ei havaittu enää kauempana Peltö-ojan havaintopisteessä.



Kuva 20. Kokonaissinkin (Zn) keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

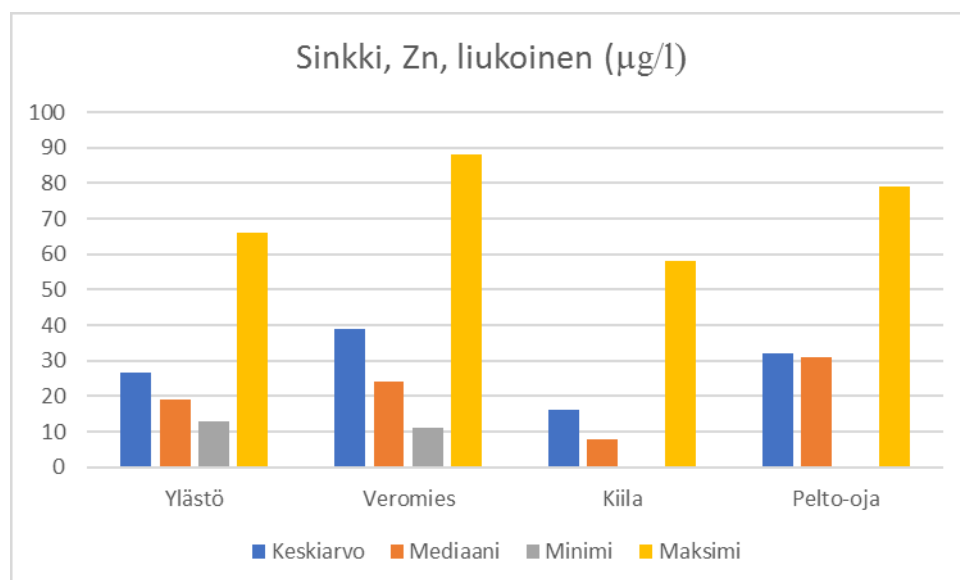
### Sinkki, liukoinen

Liukoisen sinkin pitoisuudet vaihtelivat hieman eri havaintopaikkojen kesken (Taulukko 16). Havaintopaikkojen sinkkipitoisuuden mediaanit vaihtelivat välillä 8 - 31 µg/l ja keskiarvot 16 - 39 µg/l (kuva 21). Eniten liukoista sinkkiä havaittiin Veromiehen ja Peltö-ojan havaintopaikoilla ja vähiten Kiilassa. Kahdessa Kiilasta otetussa näytteessä liukoisen sinkin pitoisuus jäi alle määritysrajan. Liukoisen sinkin pitoisuusvaihtelut eri mittauskertojen välillä olivat melko suuria. Pitoisuudet eri havaintopaikkojen kesken pysyivät kuitenkin tasaisempana kuin sinkin kokonaispitoisuuden osalta.

Taulukko 16. Sinkin (Zn) liukoinen pitoisuus ( $\mu\text{g/l}$ ) eri havaintopaikoilla.

| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | 66     | 58       | 14    | -         |
| 31.10.18 | 16     | 11       | 8     | 15        |
| 11.10.19 | 19     | 88       | -     | 79        |
| 14.10.19 | 20     | 24       | -     | 36        |
| 17.4.20  | 13     | 14       | 58    | 31        |

Liukoisen sinkin pitoisuudelle pinta- tai hulevesissä ei ole olemassa raja-arvoja. Liukoisen sinkin tuloksissa yllättävintä oli Kiilan havaintopaikan tulokset. Vaikka aiemmin Kiilassa havaittiin hyvin korkeita sinkin kokonaispitoisuuksia, niin liukoisen sinkin osuus Kiilassa oli havaintopaikoista vähäisin. Muilla havaintopaikoilla liukoisen sinkin osuus oli taas valtaosa kokonaissinkin pitoisuudesta. Kiilassa siis sinkki oli lähes kokonaan kiinteässä muodossa ja muissa havaintopisteissä pääosin liukoisessa muodossa.



Kuva 21. Liukoisen sinkin (Zn) keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

### Kromi, kokonaispitoisuus

Kromin pitoisuudet vaihtelivat melko paljon havaintopaikkojen kesken (Taulukko 17). Havaintopaikkojen kromipitoisuuden mediaanit vaihtelivat välillä 0,27 - 4,7  $\mu\text{g/l}$  ja keskiarvot 0,3 - 9,9  $\mu\text{g/l}$  (kuva 22). Vähiten kromia havaittiin Ylästön havaintopaikalla, jossa pitoisuudet olivat matalia. Kiilassa taas todettiin tutkimuksen korkeimmat kromipitoisuudet. Ajalliset vaihtelut eri mittauskertojen välillä olivat melko vähäisiä Ylästössä, kun taas muilla havaintopaikoilla pitoisuuden vaihtelut olivat selvästi suurempia.

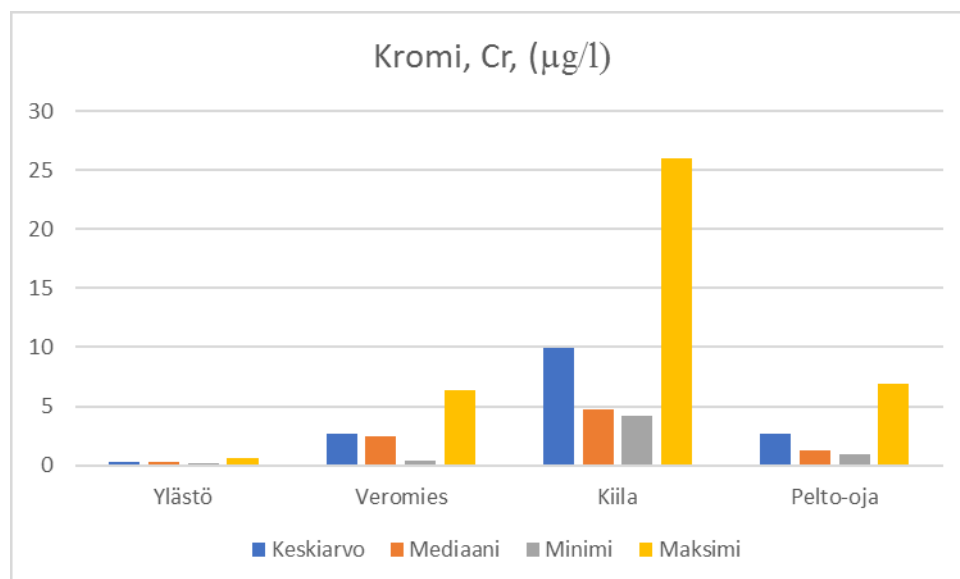
Taulukko 17. Kromin (Cr) kokonaispitoisuus ( $\mu\text{g/l}$ ) eri havaintopaikoilla.

| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | 0,17   | 2,6      | 10    | 3,5       |
| 31.10.18 | 0,21   | 0,39     | 4,7   | 1         |
| 11.10.19 | 0,27   | 2,5      | 4,6   | 0,91      |
| 14.10.19 | 0,63   | 6,4      | 26    | 1,3       |
| 17.4.20  | 0,44   | 1,5      | 4,2   | 6,9       |

Tukholman läänin hulevesien raja-arvoehdotuksessa on asetettu kromin kokonaispitoisuudelle raja-arvoja. Alin raja-arvo on  $10 \mu\text{g/l}$ , joka on pienen ja herkkään vesistöön johdettavan huleveden kromipitoisuuden raja-arvo. Ylin raja-arvo on puolestaan  $25 \mu\text{g/l}$ .

Ylästön, Pelto-ojan ja Veromiehen havaintopaikoilla kaikki mittaustulokset jäivät alle Tukholman alemman raja-arvon. Kiilassa kaksi mittaustulosta ylitti Tukholman alemman raja-arvon ja toinen näistä ylitti niukasti myös ylemmän raja-arvon. Toisaalta Kiilan havaintopisteeseen voidaan soveltaa Tukholman ylintä raja-arvoa ( $25 \mu\text{g/l}$ ), sillä havaintopiste sijaitsee kahden kierrätyslaitoksen lähietäisyydellä. Kiilan havaintopisteen mittaustulosten mediaani- ja keskiarvotulokset alittavat kuitenkin Tukholman alimman raja-arvon.

Kiilan korkeita tuloksia selittää todennäköisesti havaintopaikan läheisyydessä toimiva metalliromun käsittelylaitos, jossa varastoidaan ja käsitellään metalliromua.



Kuva 22. Kromin (Cr) keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

### Kromi, liukoinen

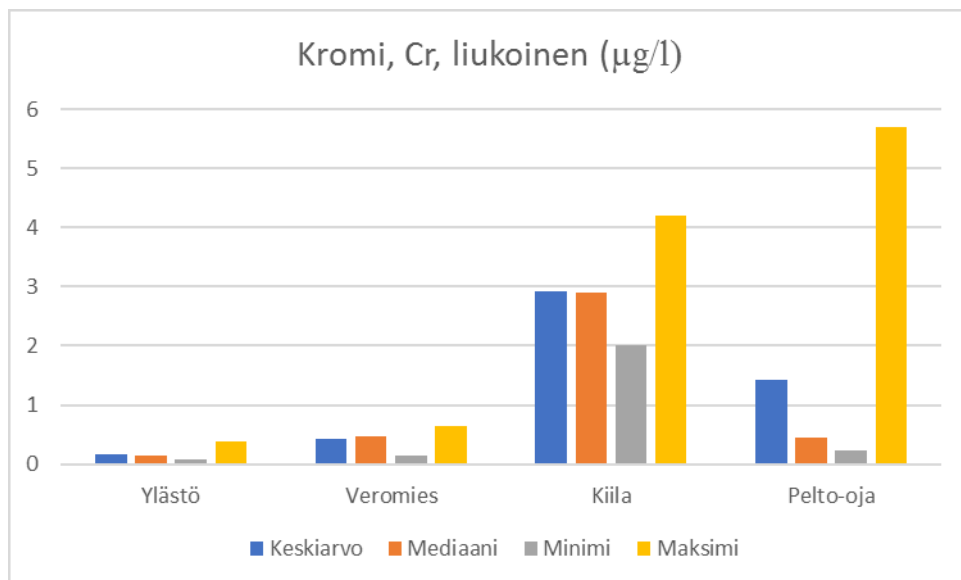
Liukoisen kromin pitoisuudet vaihtelivat melko paljon havaintopaikkojen kesken (Taulukko 18). Ylästön, Veromiehen ja Pelto-ojan havaintopaikkojen liukoisen kromipitoisuuden mediaanit vaihtelivat välillä 0,14 - 0,48 µg/l ja keskiarvot 0,17 - 1,4 µg/l (kuva 23). Kiilan mediaani- ja keskiarvotulokset olivat molemmat 2,9 µg/l. Vähiten liukoista kromia havaittiin Ylästössä ja selkeästi eniten Kiilan havaintopaikalla. Yllättäen suurin yksittäinen liukoisen kromin pitoisuus 5,7 µg/l todettiin Pelto-ojan havaintopaikalla, jossa muiden näytteiden pitoisuudet jäivät hyvin vähäisiksi. Ajalliset vaihtelut eri mittauskertojen välillä olivat huomattavasti pienempiä kuin kokonaiskromin osalta, pitoisuuksien pysyessä pääosin melko tasaisina eri näytteenotokerroilla.

Taulukko 18. Kromin (Cr) liukoinen pitoisuus (µg/l) eri havaintopaikoilla.

| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | 0,11   | 0,64     | 3,1   | 0,46      |
| 31.10.18 | 0,16   | 0,15     | 2,9   | 0,28      |
| 11.10.19 | 0,14   | 0,6      | 2,4   | 0,24      |
| 14.10.19 | 0,07   | 0,48     | 4,2   | 0,45      |
| 17.4.20  | 0,38   | 0,28     | 2,0   | 5,7       |

Liukoisen kromin pitoisuudelle pinta- tai hulevesissä ei ole olemassa raja-arvoja. Liukoisen kromin tuloksissa on mielenkiintoista, että Ylästön havaintopaikalla liukoisen kromin osuus oli yli puolet tai enemmän kokonaiskromin määrästä suurimmassa osassa näytteitä. Muilla havaintopaikoilla liukoisen kromin osuus kokonaiskromiin verrattuna oli selkeästi vähäisempi. Ylästössä siis valtaosa kromista oli liukoista ja muilla havaintopaikoilla kromi oli pääosin kiinteässä muodossa.

Vaikuttaa myös siltä, että Kiilassa havaitut kromipitoisuudet eivät kulkeudu kovin kauas, sillä kokonais- ja liukoisen kromin pitoisuudet Pelto-ojan havaintopisteessä olivat pääosin vähäisiä.



Kuva 23. Liukoisen kromin (Cr) keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

#### Kadmium, kokonaispitoisuus

Kadmiumin pitoisuudet vaihtelivat melko paljon eri havaintopaikkojen kesken (Taulukko 19). Ylästön, Veromiehen ja Peltto-ojan havaintopaikkojen kadmiumpitoisuuden mediaanit vaihtelivat välillä 0,03 - 0,21 µg/l ja keskiarvot 0,02 - 0,28 µg/l (kuva 24). Vähiten kadmiumia todettiin Ylästön havaintopaikalla. Veromiehen ja Peltto-ojan havaintopaikoilla todettiin taas selvästi Ylästöä korkeampia kadmiumpitoisuuksia. Näytteiden pitoisuudet pysyivät pääosin suhteellisen tasaisina eri näytteenottokerroilla.

Kiilan tulokset poikkesivat selkeästi muista havaintopaikoista ja siellä hulevedessä todettiin kadmiumia muita havaintopaikkoja enemmän mediaanin ollessa 0,25 µg/l ja keskiarvon 1,2 µg/l. Korkein havaintotulos kadmiumin osalta Kiilassa oli 4,5 µg/l. Ajalliset vaihtelut eri mittauskertojen välillä olivat Kiilassa suurempia kuin muilla havaintopaikoilla.

Taulukko 19. Kadmiumin (Cd) kokonaispitoisuus (µg/l) eri havaintopaikoilla.

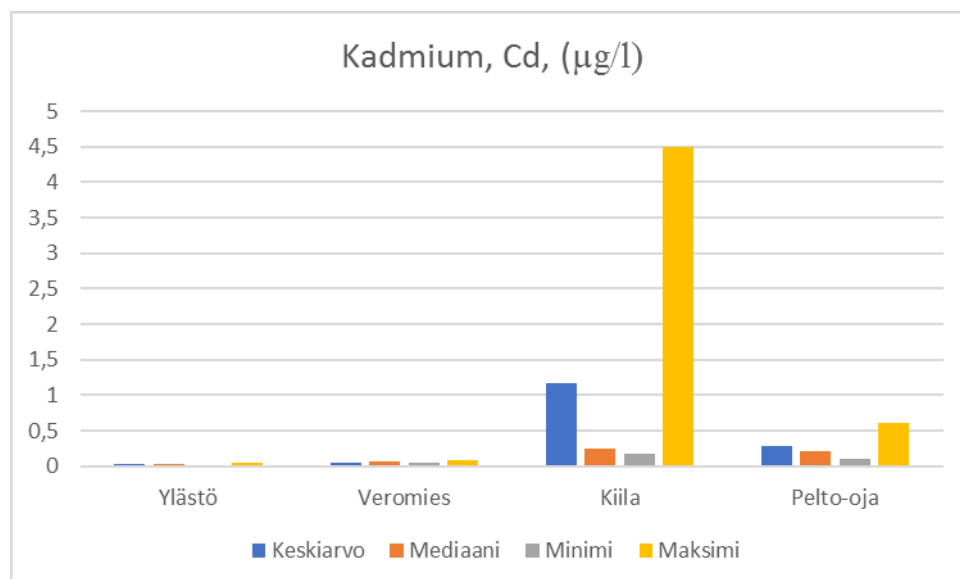
| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Peltto-oja |
|----------|--------|----------|-------|------------|
| 24.10.18 | 0,02   | 0,06     | 0,76  | 0,11       |
| 31.10.18 | 0,03   | 0,04     | 0,19  | 0,11       |
| 11.10.19 | 0,04   | 0,08     | 0,25  | 0,61       |
| 14.10.19 | -      | 0,06     | 4,5   | 0,37       |
| 17.4.20  | 0,03   | 0,04     | 0,17  | 0,21       |

Tukholman läänin hulevesien raja-arvoehdotuksessa on asetettu kadmiumin kokonaispitoisuudelle raja-arvoja. Alin raja-arvo on 0,4 µg/l, joka

on pieneen ja herkkään vesistöön johdettavan huleveden kromipitoisuuden raja-arvo. Ylin raja-arvo on puolestaan 0,5 µg/l.

Ylästön ja Veromiehen havaintopaikoilla kaikki mittaustulokset jäivät alle Tukholman alemman raja-arvon. Pelto-ojan havaintopaikalla yksi mittaus-tulos 0,61 µg/l ylitti Tukholman ylemmän raja-arvon. Kiilassa kaksi mittaus-tulosta ylitti Tukholman ylemmän raja-arvon. Kiilan kadmiumpitoisuuksien mediaani jää reilusti Tukholman alemman raja-arvon alle ja keskiarvo puo-lestaan ylittää kyseisen raja-arvon.

Kiilan korkeita tuloksia selittää todennäköisesti havaintopaikan läheisyydessä toimivat metalliromun ja rakennusjätteiden käsittelylaitokset, joissa varastoidaan ja käsitellään metalliromua ja rakennusjätteitä. Kadmiumia käytetään esimerkiksi metallien lejeeringeissä, galvanomisessa, paris-toissa ja maalien pigmenttinä (Vahtera & Lahti, 2016, s.18).



Kuva 24. Kadmiumin (Cd) keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

#### Kadmium, liukoinen

Liukoisen kadmiumin pitoisuudet vaihtelivat melko paljon havaintopaikkojen kesken (Taulukko 20). Havaintopaikkojen liukoisen kadmiumpitoisuuden mediaanit vaihtelivat välillä 0,03 - 0,17 µg/l ja keskiarvot 0,02 - 0,26 µg/l (kuva 25). Eniten liukoista kadmiumia todettiin Pelto-ojalla ja muilla havaintopaikoilla pitoisuudet jäivät selvästi vähemmiksi. Näytteiden pitoisuudet pysyivät pääosin suhteellisen tasaisina eri näytteenottokerroilla muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta.

Taulukko 20. Kadmiumin (Cd) liukoinen pitoisuus (µg/l) eri havaintopaikoilla.

| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | -      | 0,04     | 0,22  | 0,07      |
| 31.10.18 | 0,03   | 0,03     | 0,06  | 0,09      |
| 11.10.19 | 0,05   | 0,09     | 0,04  | 0,62      |
| 14.10.19 | -      | 0,03     | 0,06  | 0,36      |
| 17.4.20  | 0,03   | 0,03     | 0,08  | 0,17      |

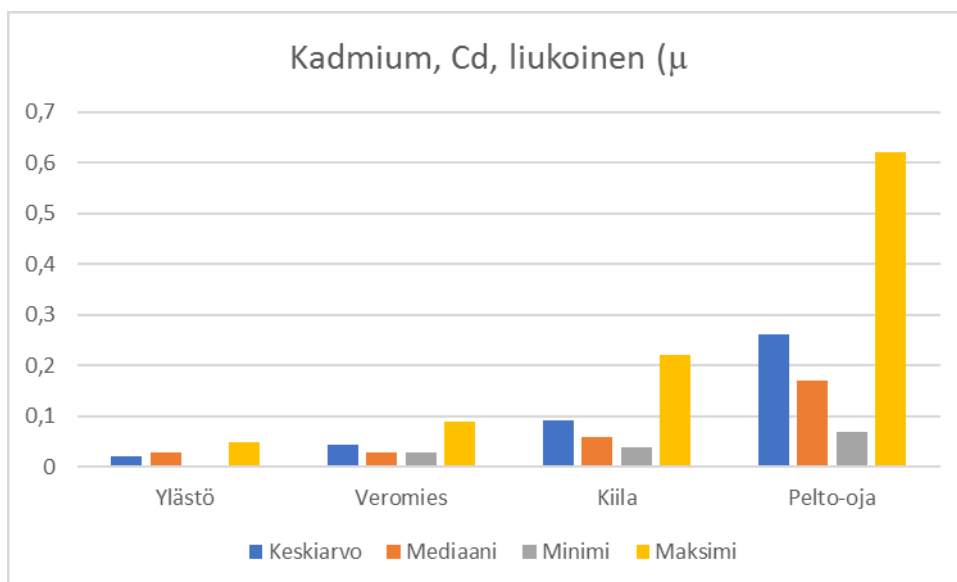
Liukoisen kadmiumin pitoisuudelle pintavedessä on asetettu ympäristölaatunormeja. Liukoisen kadmiumin samalta paikalta otettujen näytteiden vuosikeskiarvo vesistössä ei saisi ylittää 0,08 - 0,25 µg/l arvoa veden kovuudesta riippuen. Liukoisen kadmiumin hetkellinen pitoisuus ei saisi vesistössä ylittää 0,45 - 1,5 µg/l arvoa veden kovuudesta riippuen. Havaintopaikkojen veden kovuusluokat eivät ole tiedossa.

Ylästön ja Veromiehen havaintopaikkojen näytteiden mediaani- ja keskiarvotulokset jäivät pääosin alle alimman liukoisen kadmiumin ympäristölaatunormin. Ainoastaan yksi havaintotulos Veromiehen havaintopaikalla 0,09 µg/l ylittää normin niukasti. Kiilassa näytetulosten mediaanitulos alitti alimman liukoisen kadmiumin vuosikeskiarvon ympäristölaatunormin, kun taas tulosten keskiarvo ylitti sen niukasti.

Pelto-ojan näytteiden mediaanitulos ylitti alimman liukoisen kadmiumin ympäristölaatunormin ja keskiarvo taas ylitti ylimmän sallitun liukoisen kadmiumin ympäristölaatunormin niukasti. Ympäristölaatunormien osalta tulee huomioida, että ne on annettu vesistöjen vedenlaadun arviointia varten. Esimerkiksi noroa tai ojaa ei luokitella vesistöksi ja siten niihin ei sovelleta ympäristölaatunormeja koskevia määräyksiä (Kangas, 2018, s. 31).

Pelto-ojan havaintopisteen korkean liukoisen kadmiumipitoisuuden taustalla on todennäköisesti ympäristön pellot, sillä viljelyssä käytettävät fosforilannoitteet aiheuttavat kadmiumpäästöjä ympäristöön (Vahtera & Lahti, 2016, s.18). Myös luontaisesti sulfaattipitoinen maaperä voi olla kadmiumin lähteenä, sillä tutkimuksissa on todettu, että happamilta sulfaattimailta huuhtoutuu vesiin eniten kadmiumia, nikkeliä ja sinkkiä (Geologian tutkimuskeskus n.d.). On myös mahdollista, että Kiilassa havaitut kokonaiskadmiumipitoisuudet voivat muuntua ojissa liukoiseen muotoon ja siten kohottaa Pelto-ojan havaintopisteen pitoisuuksia.

Tulosten tulkinnassa on hyvä huomioida, että vaikka Kiilassa havaittiin tutkimuksen korkeimmat kadmiumin kokonaispitoisuudet, niin liukoisen kadmiumin osuus Kiilassa oli vähäistä. Kiilassa siis kadmium on kiinteässä muodossa ja muilla havaintopaikoilla pääosin liukoisessa muodossa.



Kuva 25. Liukoisen kadmiumin (Cd) keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

#### Nikkeli, kokonaispitoisuus

Nikkelin pitoisuudet vaihtelivat melko paljon eri havaintopaikkojen kesken (Taulukko 21). Nikkelipitoisuuden mediaanit vaihtelivat välillä 1,2 - 24 µg/l ja keskiarvot 1,0 - 31,8 µg/l (kuva 26). Vähiten nikkeliä havaittiin Ylästön ja Veromiehen havaintopaikoilla, joissa pitoisuudet pysyivät melko tasaisina eri mittauskerroilla. Kiilan ja Pelto-ojan havaintopaikoilla todettiin taas selkeästi korkeampia nikkelipitoisuuksia ja ajalliset vaihtelut eri mittauskerrojen välillä olivat suurempia.

Taulukko 21. Nikkelin (Ni) kokonaispitoisuus (µg/l) eri havaintopaikoilla.

| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | 0,6    | 2,2      | 16    | 11        |
| 31.10.18 | 1,2    | 1,7      | 11    | 14        |
| 11.10.19 | 1,3    | 2,4      | 11    | 72        |
| 14.10.19 | 0,6    | 4,1      | 35    | 38        |
| 17.4.20  | 1,5    | 2,6      | 9,9   | 24        |

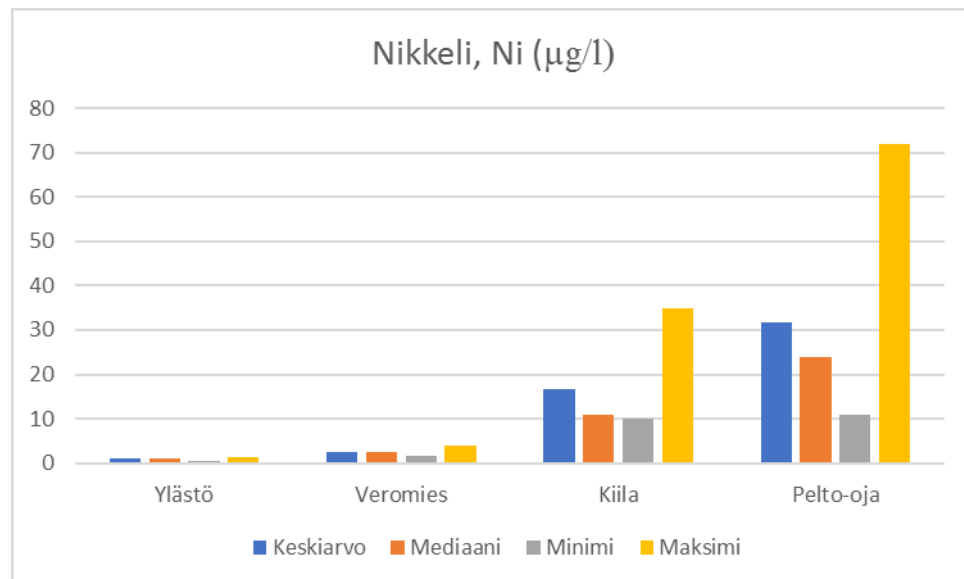
Tukholman läänin hulevesien raja-arvoehdotuksessa on asetettu nikkelin kokonaispitoisuudelle raja-arvoja. Alin raja-arvo on 15 µg/l, joka on pienen ja herkkään vesistöön johdettavan huleveden nikkelipitoisuuden raja-arvo. Ylin raja-arvo on puolestaan 30 µg/l.

Ylästön ja Veromiehen havaintopaikoilla kaikki mittaustulokset jäivät alle Tukholman alemman raja-arvon. Kiilassa kaksi mittaustulosta ylitti Tukholman alemman ja toinen niistä myös ylemmän raja-arvon. Kiilan nikkelipitoisuuksien mediaani jää juuri Tukholman alemman raja-arvon alle ja keskiarvo taas ylittää alemman raja-arvon. Pelto-ojan havaintopaikalla



nikkelipitoisuuksien mediaani jää Tukholman ylemmän raja-arvon alle ja tulosten keskiarvo puolestaan ylittää niukasti ylemmän raja-arvon.

Pelto-ojan korkeita tuloksia saattaa selittää alueen luontaisesti sulfaattipitoinen maaperä. Suomen rannikkoalueilla on yleisesti todettu esiintyvän sulfaattipitoisia maita ja tutkimusten mukaan happamilta sulfaattimailta huuhtoutuu vesiin eniten kadmiumia, nikkeliä ja sinkkiä (Geologian tutkimuskeskus n.d.). Nikkeliä käytetään myös metallien pinnoitteena, akuissa, sekä sähkö- ja elektroniikkateollisuudessa (Vahtera & Lahti, 2016, s.19).



Kuva 26. Nikkelin (Ni) keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

### Nikkeli, liukoinen

Liukoisen nikkelin pitoisuudet vaihtelivat melko paljon havaintopaikkojen kesken (Taulukko 22). Vähiten liukoista nikkeliä havaittiin Ylästön ja Veromiehen havaintopaikoilla, joissa pitoisuuden mediaanit olivat välillä 1,1 - 1,4 µg/l ja keskiarvot 0,9 - 1,4 µg/l (kuva 27). Selkeästi eniten liukoista nikkeliä todettiin Pelto-ojan havaintopaikalla ja myös Kiilassa todettiin kohtalaisia pitoisuuksia. Kiilan ja Pelto-ojan havaintopaikkojen mediaanit vaihtelivat välillä 7,9 - 21 µg/l ja keskiarvot 7,5 - 27 µg/l. Ajalliset vaihtelut eri mittauksien välillä olivat melko pieniä pitoisuuksien pysyessä melko tasaisina Pelto-ojan havaintopaikkaa lukuun ottamatta.

Taulukko 22. Nikkelin (Ni) liukoinen pitoisuus ( $\mu\text{g/l}$ ) eri havaintopaikoilla.

| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | 0,6    | 1        | 7,5   | 8,6       |
| 31.10.18 | 1,2    | 1,4      | 8,7   | 12        |
| 11.10.19 | 1,1    | 1,5      | 9,1   | 59        |
| 14.10.19 | 0,2    | 1        | 4,3   | 33        |
| 17.4.20  | 1,4    | 1,9      | 7,9   | 21        |

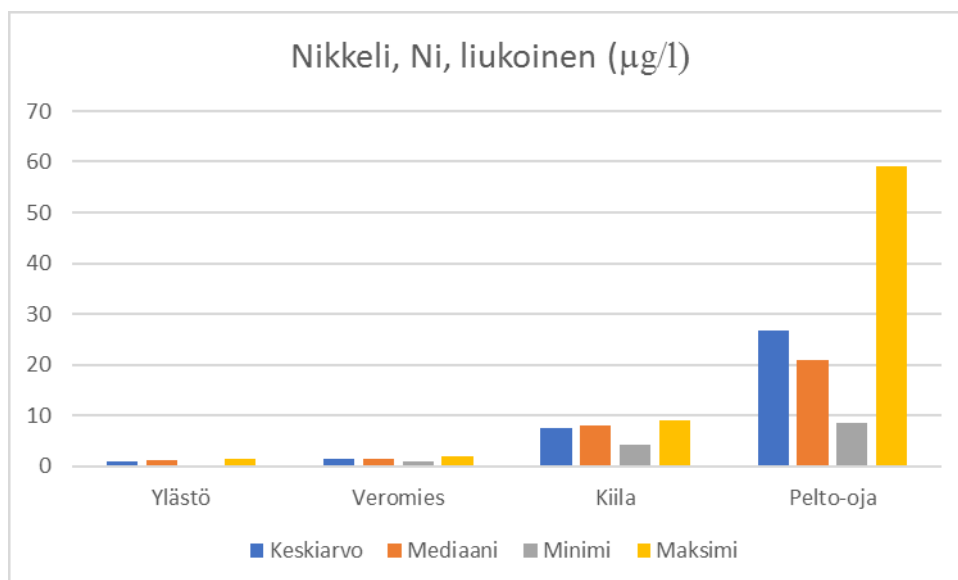
Liukoisen nikkelin pitoisuudelle pintavedessä on asetettu ympäristölaatu-  
normeja. Liukoisen nikkelin samalta paikalta otettujen näytteiden vuosi-  
keskiarvo vesistössä ei saisi ylittää  $4 \mu\text{g/l}$  arvoa. Hetkellinen liukoisen nik-  
kelin pitoisuus ei saisi vesistössä ylittää  $34 \mu\text{g/l}$  arvoa. Tuloksia verrattaessa  
ympäristölaatu-  
normeihin voidaan ottaa huomioon myös metallin luon-  
nolliset taustapitoisuudet ja veden kovuus tai muita vedenlaadun para-  
metreja, jotka vaikuttavat nikkelin biosaatavuuteen.

Ylästön ja Veromiehen havaintopaikkojen mediaani- ja keskiarvotulokset  
jäivät reilusti alle alimman liukoisen nikkelin ympäristölaatu-  
normin. Näi-  
den havaintopaikkojen yksittäiset näytteet eivät myöskään ylittäneet  
alinta suurinta sallittua liukoisen nikkelin ympäristölaatu-  
normia.

Kiilassa näytteiden mediaani- ja keskiarvotulokset ylittävät lähes kaksin-  
kertaisesti liukoisen nikkelin vuosikeskiarvonormin. Pelto-ojan näytteiden  
mediaani- ja keskiarvotulokset sen sijaan ylittävät nikkelin vuosikeskiarvon  
ympäristölaatu-  
normin moninkertaisesti. Ympäristölaatu-  
normien osalta  
tulee huomioda, että ne on annettu vesistöjen vedenlaadun arviointia var-  
ten. Esimerkiksi noroa tai ojaa ei luokitella vesistöksi ja siten niihin ei so-  
velleta ympäristölaatu-  
normeja koskevia määräyksiä (Kangas, 2018, s. 31).

Pelto-ojan havaintopisteen korkean liukoisen nikkelpitoisuuden taustalla  
saattaa olla alueen luontaisesti sulfaattipitoinen maaperä. Tutkimuksissa  
on todettu, että happamilta sulfaattimailta huuhtoutuu vesiin eniten kad-  
miumia, nikkeliä ja sinkkiä (Geologian tutkimuskeskus n.d.). Kiilassa puo-  
lestaan kohonneiden nikkelpitoisuuksien taustalla on todennäköisesti lä-  
heinen romumetallien käsittelylaitos, sillä nikkeliä käytetään metallien pin-  
noituksessa, akuissa, sekä sähkö- ja elektroniikkateollisuudessa (Vahtera &  
Lahti, 2016, s.19).

Joitakin yksittäisiä näytteitä lukuun ottamatta kaikilla havaintopaikoilla liu-  
koisen nikkelin määrä edusti suurinta osaa havaitusta kokonaisnikkelin  
määrästä. Nikkeli oli siis suurimmaksi osaksi liukoisessa muodossa kaikilla  
havaintopaikoilla.



Kuva 27. Liukoisen nikkelin (Ni) keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

#### Lyijy, kokonaispitoisuus

Lyijyn pitoisuudet vaihtelivat jonkin verran eri havaintopaikkojen kesken, joskin Kiilan havaintopaikalla lyijyä todettiin runsaasti (Taulukko 23). Ylästön, Veromiehen ja Peltö-ojan havaintopaikkojen lyijypitoisuuden mediaanit vaihtelivat välillä 0,2 - 1,9 µg/l ja keskiarvot 0,3 - 2,4 µg/l (Kuva 28). Vähiten lyijyä havaittiin Ylästön havaintopaikalla. Peltö-ojan ja Veromiehen havaintopaikkojen lyijypitoisuudet olivat taas hieman Ylästöä korkeampia. Näillä havaintopaikoilla näytteiden pitoisuudet pysyivät suhteellisen tasaisina muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta.

Kiilan hulevedessä todettiin lyijyä huomattavasti enemmän kuin muilla havaintopaikoilla. Kiilassa huleveden lyijypitoisuuden mediaani oli 27 µg/l ja keskiarvo 280 µg/l. Korkein yksittäinen huleveden lyijypitoisuus Kiilassa oli 1100 µg/l. Ajalliset vaihtelut eri mittauskertojen välillä olivat Kiilassa suurempia kuin muilla havaintopaikoilla.

Taulukko 23. Lyijyn (Pb) kokonaispitoisuus (µg/l) eri havaintopaikoilla.

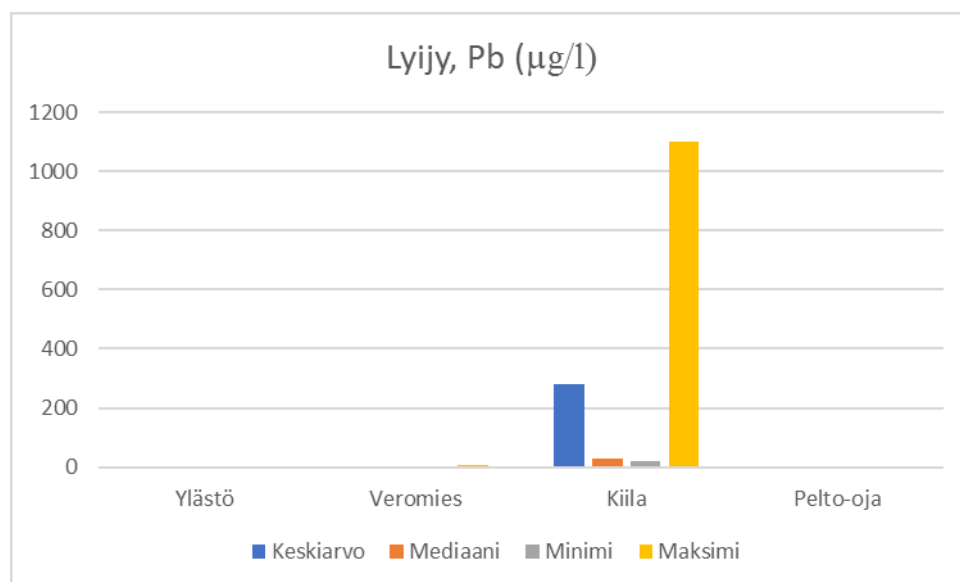
| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Peltö-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | 0,1    | 1,9      | 230   | 4,6       |
| 31.10.18 | 0,1    | 0,3      | 23    | 0,7       |
| 11.10.19 | 0,2    | 2,3      | 19    | 0,2       |
| 14.10.19 | 0,4    | 6,2      | 1100  | 0,7       |
| 17.4.20  | 0,5    | 1,1      | 27    | 2,6       |

Tukholman läänin hulevesien raja-arvoehdotuksessa on asetettu lyijyn kokonaispitoisuudelle raja-arvoja. Alin raja-arvo on 8 µg/l, joka on pieneen ja

herkkään vesistöön johdettavan huleveden lyijypitoisuuden raja-arvo. Ylin raja-arvo on puolestaan 15 µg/l.

Ylästön, Veromiehen ja Peltö-ojan havaintopaikoilla kaikki mittaustulokset jäivät alle Tukholman alemman raja-arvon. Kiilassa kaikki mittaustulokset ylittivät Tukholman ylemmän raja-arvon reilusti. Kiilan lyijypitoisuuksien mediaani ylittää Tukholman ylemmän raja-arvon lähes kaksinkertaisesti ja keskiarvo taas yli kymmenkertaisesti.

Kiilan korkeita tuloksia selittää todennäköisesti havaintopaikan läheisyydessä toimivat metalliromun ja rakennusjätteiden käsittelylaitokset, joissa varastoidaan ja käsitellään metalliromua ja rakennusjätteitä. Metallin ja varsinkin akkuteollisuus ovat menneisyydessä aiheuttaneet runsaasti lyijypäästöjä ympäristöön (Lahermo, Väänänen, Tarvainen & Salminen, 1996. s. 103). Näin ollen metalliromun, akkujen ja muidenkin jätteiden käsittely saattaa kohottaa paikallisesti hulevesien lyijypitoisuuksia.



Kuva 28. Lyijyn (Pb) keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

### Lyijy, liukoinen

Liukoisen lyijyn pitoisuudet vaihtelivat eri havaintopaikkojen kesken (Taulukko 24). Vähiten liukoista lyijyä havaittiin Ylästössä, jossa ainoastaan yhdellä näytteenotokerralla todettiin määrittäysrajan ylittävä lyijypitoisuus. Myös Peltö-ojan havaintopaikalla kaksi mittaustulosta ja Veromiehessä yksi mittaustulos jäivät alle määrittäysrajan. Eniten lyijyä havaittiin Kiilassa, jossa liukoisen lyijyn mediaani oli 2,9 µg/l ja keskiarvo 4,7 µg/l (Kuva 29). Ajalliset vaihtelut eri mittauskertojen välillä olivat melko suuria liukoisen lyijyn pitoisuuksien vaihdellessa eri mittauskerroilla.

Taulukko 24. Lyijyn (Pb) liukoinen pitoisuus ( $\mu\text{g/l}$ ) eri havaintopaikoilla.

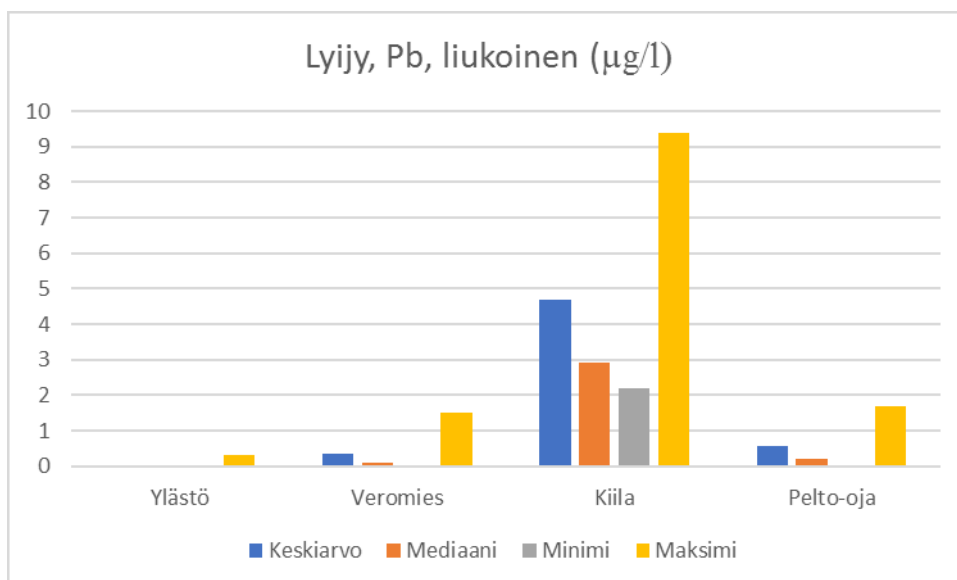
| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | -      | 0,1      | 9,4   | 1         |
| 31.10.18 | -      | -        | 2,9   | 0,2       |
| 11.10.19 | -      | 1,5      | 2,2   | -         |
| 14.10.19 | -      | 0,1      | 2,4   | -         |
| 17.4.20  | 0,3    | 0,1      | 6,5   | 1,7       |

Liukoisen lyijyn pitoisuudelle pintavedessä on asetettu ympäristölaatu-  
normeja. Liukoisen lyijyn samalta paikalta otettujen näytteiden vuosi-  
keskiarvo vesistössä ei saisi ylittää  $1,2 \mu\text{g/l}$  pitoisuutta. Liukoisen lyijyn het-  
kellinen pitoisuus ei saisi vesistössä ylittää  $14 \mu\text{g/l}$  arvoa. Tuloksia verrat-  
taessa ympäristölaatu-  
normeihin voidaan ottaa huomioon myös metallin  
luonnolliset taustapitoisuudet ja veden kovuus tai muita vedenlaadun pa-  
rametrejä, jotka vaikuttavat lyijyn biosaatavuuteen.

Veromiehen ja Pelto-ojan havaintopaikkojen näytteiden mediaani- ja kes-  
kiarvotulokset jäävät reilusti alle alimman liukoisen lyijyn ympäristölaa-  
tunormin. Kiilassa näytetulosten mediaani ylittää kaksinkertaisesti ja kes-  
kiarvo noin nelinkertaisesti liukoisen lyijyn vuosikeskiarvonormin. Ympäris-  
tölaatu-  
normien osalta tulee huomioida, että ne on annettu vesistöjen ve-  
denlaadun arviointia varten. Esimerkiksi noroa tai ojaa ei luokitella vesis-  
töksi ja siten niihin ei sovelleta ympäristölaatu-  
normeja koskevia määräyk-  
siä (Kangas, 2018, s. 31).

Kuten aiemmin kokonaislyijyn osalta, Kiilan korkeita tuloksia selittää to-  
dennäköisesti havaintopaikan läheisyydessä toimivat metalliromun ja ra-  
kennusjätteiden käsittelylaitokset, joissa varastoidaan ja käsitellään metal-  
liromua ja rakennusjätteitä. Tutkimuksen perusteella näyttää siltä, että Kii-  
lassa havaitut lyijypitoisuudet eivät kulkeudu kovin kauas, sillä kokonais- ja  
liukoisen lyijyn pitoisuudet Pelto-ojan havaintopisteessä olivat vähäisiä.

Joitakin yksittäisiä näytteitä lukuun ottamatta kaikilla havaintopaikoilla lyi-  
jyn liukoinen pitoisuus oli vain murto-osa kokonaislyijyn määrästä. Eli liu-  
koisen lyijyn määrä oli vähäistä ja kaikilla havaintopaikoilla lyijy oli suurim-  
maksi osaksi kiinteässä muodossa.



Kuva 29. Liukoisen lyijyn (Pb) keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

#### Elohopea, kokonaispitoisuus

Elohopeaa havaittiin vaihtelevasti eri havaintopaikoilla (Taulukko 25). Ylästön havaintopaikalla kaikki mittaustulokset jäivät alle laboratorion määrittäysrajan. Veromiehen ja Pelto-ojan havaintopaikoilla elohopeaa todettiin ainoastaan yhdellä mittauksella. Kiilassa elohopeaa havaittiin jokaisessa näytteessä tulosten mediaanin ollessa 0,09 µg/l ja keskiarvon 0,12 µg/l (Kuva 30). Suurin yksittäinen Kiilassa havaittu elohopeapitoisuus oli 0,24 µg/l. Elohopean pitoisuudet vaihtelivat jonkin verran eri mittauskerroilla.

Taulukko 25. Elohopean (Hg) kokonaispitoisuus (µg/l) eri havaintopaikoilla.

| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | -      | -        | 0,24  | 0,03      |
| 31.10.18 | -      | -        | 0,06  | -         |
| 11.10.19 | -      | -        | 0,09  | -         |
| 14.10.19 | -      | -        | 0,16  | -         |
| 17.4.20  | -      | 0,05     | 0,07  | -         |

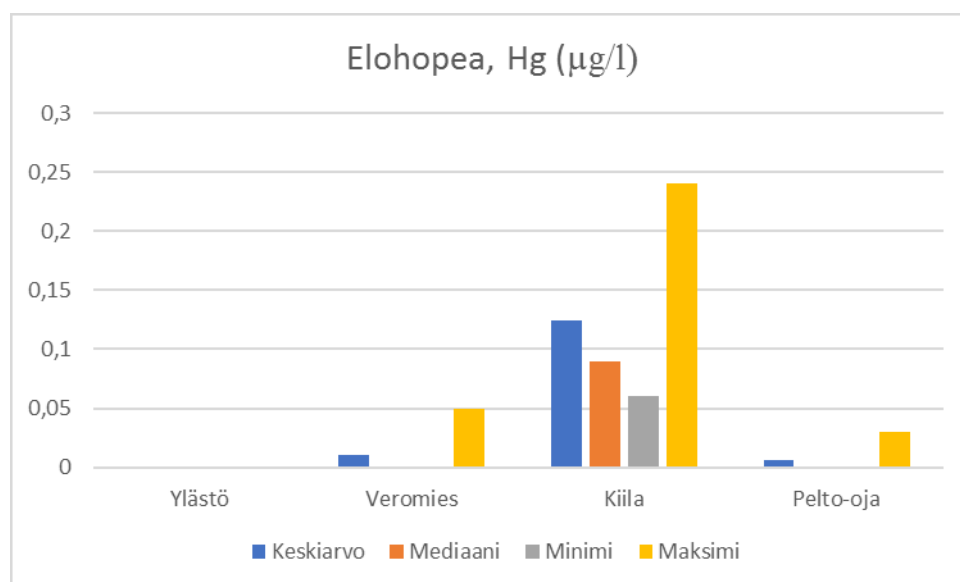
Tukholman läänin hulevesien raja-arvoehdotuksessa on asetettu elohopean kokonaispitoisuudelle raja-arvoja. Alin raja-arvo on 0,03 µg/l, joka on pieneen ja herkkään vesistöön johdettavan huleveden elohopeapitoisuuden raja-arvo. Ylin vesistöön johdettavan huleveden raja-arvo on puolestaan 0,07 µg/l. Lisäksi toiminnanharjoittajien laitosten lähialueella sallitaan 0,1 µg/l elohopeapitoisuus.

Pelto-ojan yksittäinen elohopean pitoisuus jäi Tukholman alimman raja-arvon tasalle. Veromiehen yksittäinen havaintotulos puolestaan ylittää Tukholman alemman raja-arvon jääden kuitenkin ylemmän raja-arvon alle.

Kiilassa kaksi mittaustulosta ylittää selvästi Tukholmassa toiminnanharjoittajien laitoksen lähietäisyydelle annetun ylimmän raja-arvon. Kiilan mittaustulosten mediaani alittaa Tukholmassa toiminnanharjoittajille sallitun arvon ja keskiarvon osalta raja-arvo ylittyy.

Kiilan korkeita tuloksia selittää todennäköisesti havaintopaikan läheisyydessä toimivat metalliromun- ja rakennusjätteiden käsittelylaitokset, joissa varastoidaan ja käsitellään metalliromua ja rakennusjätteitä.

Elohopeaa esiintyy sinkittyjen materiaalien epäpuhtautena. Lisäksi sitä on käytetty esimerkiksi paristoissa ja elohopealampuissa sekä puunjalostusteollisuudessa peittausaineena. Näin ollen metalliromun ja rakennusjätteiden käsittely saattaa nostaa paikallisesti huleveden elohopeapitoisuuksia. Peltto-ojan havaintopisteeseen elohopeaa on saattanut päätyä keinolan- noitteiden tai jätevesilietteiden mukana. Suomessa peltomaan elohopeapitoisuus on keskimäärin 0,05 - 0,1 mg/kg, minkä on todettu aiheuttavan elohopean kulkeutumista vesistöihin. (Lahermo, Väänänen, Tarvainen & Salminen, 1996. s. 98)



Kuva 30. Elohopean (Hg) keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

#### Elohopea, liukoinen

Liukoista elohopeaa havaittiin samoilla mittauskerroilla kuin aiemmin kokonaiselohopeaa (Taulukko 26). Ylästön havaintopaikalla kaikki mittaustulokset jäivät alle määritysrajan. Veromiehen ja Peltto-ojan havaintopaikoilla liukoista elohopeaa todettiin yhdellä mittauskerralla. Kiilassa elohopeaa havaittiin jokaisessa näytteessä tulosten mediaanin ollessa 0,04 µg/l ja keskiarvon 0,05 µg/l (Kuva 31). Suurin yksittäinen Kiilassa havaittu liukoinen elohopeapitoisuus oli 0,07 µg/l. Yksittäisten näytteiden pitoisuudet pysyivät melko tasaisina eri mittauskerroilla.

Taulukko 26. Elohopean (Hg) liukoinen pitoisuus ( $\mu\text{g/l}$ ) eri havaintopaikoilla.

| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | -      | -        | 0,04  | 0,03      |
| 31.10.18 | -      | -        | 0,04  | -         |
| 11.10.19 | -      | -        | 0,05  | -         |
| 14.10.19 | -      | -        | 0,03  | -         |
| 17.4.20  | -      | 0,05     | 0,07  | -         |

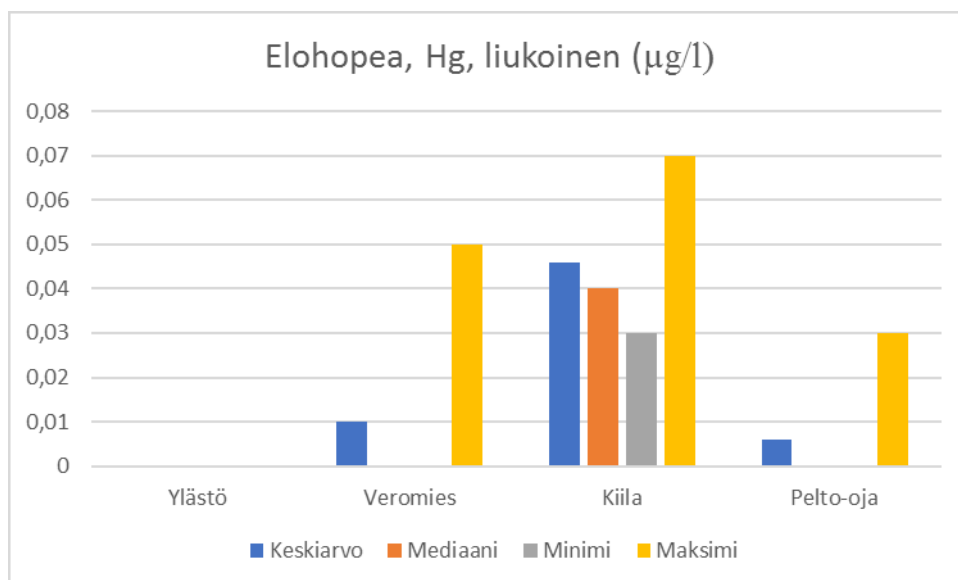
Liukoisien elohopean pitoisuudelle pintavedessä on asetettu ympäristölaatunormi. Liukoisien elohopean hetkellinen pitoisuus ei saisi vesistössä ylittää  $0,07 \mu\text{g/l}$  arvoa. Tuloksia verrattaessa ympäristölaatunormiin voidaan ottaa huomioon myös metallin luonnolliset taustapitoisuudet ja veden kovuus tai muita vedenlaadun parametrejä, jotka vaikuttavat lyijyn biosaatavuuteen.

Kiilan, Veromiehen ja Pelto-ojan havaintopaikkojen yksittäisten näytteiden pitoisuudet eivät ylitä liukoiselle elohopealle määritettyä ympäristölaatunormia. Ympäristölaatunormien osalta tulee huomioida, että ne on annettu vesistöjen vedenlaadun arviointia varten. Esimerkiksi noroa tai ojaa ei luokitella vesistöksi ja siten niihin ei sovelleta ympäristölaatunormeja koskevia määräyksiä (Kangas, 2018, s. 31).

Kuten aiemmin kokonaiselohopean osalta todettiin, Kiilan kohonneita tuloksia selittää todennäköisesti havaintopaikan läheisyydessä toimivat metalliromun ja rakennusjätteiden käsittelylaitokset, joissa varastoidaan ja käsitellään metalliromua ja rakennusjätteitä.

Joitakin yksittäisiä näytteitä lukuun ottamatta Kiilan havaintopaikalla elohopean liukoinen pitoisuus oli vain pieni osa kokonaiselohopean määrästä. Eli suurin osa Kiilassa havaitusta elohopeasta oli kiinteässä muodossa. Veromiehen ja Pelto-ojan yksittäiset näytteet sisälsivät ainoastaan liukoista elohopeaa.





Kuva 31. Liukoisen elohopean (Hg) keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

## 8.5 Öljyhiilivedyt

Öljyhiilivetyjä havaittiin vaihtelevasti eri havaintopaikoilla (Taulukko 27). Ylästössä öljyhiilivetyjä havaittiin vain yhdellä näytteenotokerralla. Myös Pelto-ojan ja Veromiehen havaintopaikoilla osa näytteistä jäi öljyhiilivetyjen osalta alle määritysrajan. Kiilassa taas kaikki näytteet sisälsivät öljyhiilivetyjä (Kuva 32). Veromiehen, Kiilan ja Pelto-ojan öljyhiilivetyjen mediaanit vaihtelivat välillä 0,098 - 2 mg/l ja keskiarvot 0,2 - 5,8 mg/l. Suurin yksittäinen öljyhiilivetyypitoisuus 22 mg/l todettiin Kiilassa.

Taulukko 27. Öljyhiilivetyjen (C10-C40) yhteispitoisuudet (µg/l) eri havaintopaikoilla.

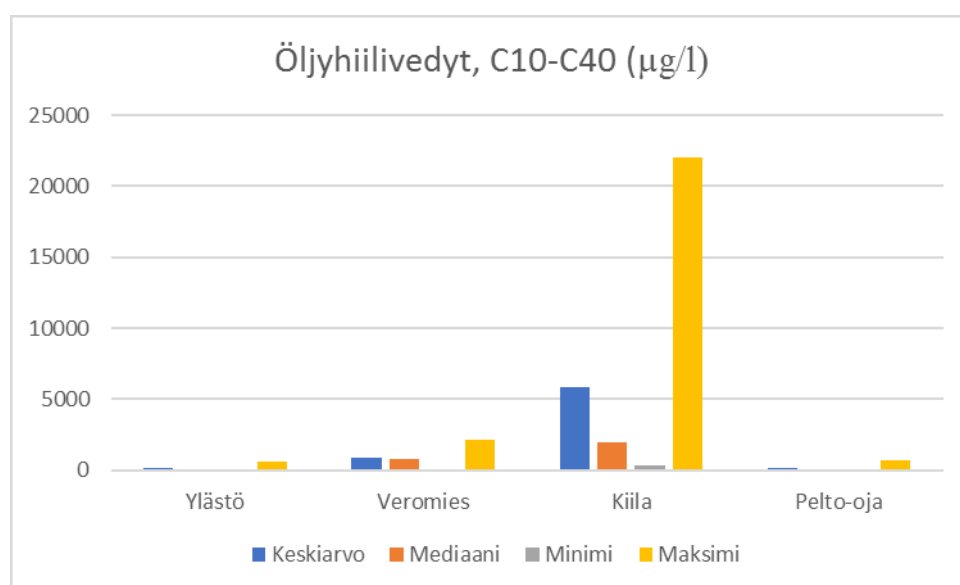
| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | -      | 830      | 2900  | 190       |
| 31.10.18 | -      | -        | 350   | -         |
| 11.10.19 | -      | 1200     | 2000  | -         |
| 14.10.19 | 610    | 2100     | 22000 | 670       |
| 17.4.20  | -      | 230      | 1900  | 98        |

Tukholman läänin hulevesien raja-arvoehdotuksessa on asetettu öljyhiilivetyjen (C10-C40) pitoisuudelle raja-arvoja. Alin raja-arvo on 0,4 mg/l, joka on pieneen ja herkkään vesistöön johdettavan huleveden öljypitoisuuden raja-arvo. Ylin vesistöön johdettavan huleveden raja-arvo on puolestaan 0,7 mg/l. Lisäksi toiminnanharjoittajien laitosten lähialueella sallitaan 1 mg/l öljypitoisuus.

Ylästön ja Pelto-ojan havaintopaikkojen mittaustulosten mediaani- ja keskiarvotulokset alittavat Tukholman alimman raja-arvon selvästi.

Veromiehen ja Kiilan öljyhiilivetyjen pitoisuuksien mediaanit ja keskiarvot ylittävät Tukholman ylimmän sallitun raja-arvon. Veromiehen havaintopisteessä ylitys on niukka mutta Kiilassa raja-arvo ylittyy moninkertaisesti. Kiilan mediaani- ja keskiarvotulokset ylittivät reilusti myös toiminnanharjoittajille määritellyn suurimman sallitun huleveden öljyhiilivetypitoisuuden.

Kiilan korkeita tuloksia selittää todennäköisesti havaintopaikan läheisyydessä toimivat metalliromun- ja rakennusjätteiden käsittelylaitokset, joissa varastoidaan ja käsitellään metalliromua ja rakennusjätteitä. Varsinkin osa käsiteltävästä metalliromusta saattaa sisältää öljyä. Kummallakin laitoksella on hulevesijärjestelmään asennettu öljynerotin, joskin jälkikäteen on selvinnyt, että mittausten aikana toisen laitoksen öljynerotin ei ole asennusvirheen vuoksi toiminut suunnitellulla tavalla.



Kuva 32. Öljyhiilivetyjen yhteispitoisuuden keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

## 8.6 PAH-yhdisteet

PAH-yhdisteitä (Polysykliset aromaattiset hiilivedyt) havaittiin vaihtelevasti eri havaintopaikoilla (Taulukko 28). Yhteensä tutkittiin 24 eri PAH-yhdisteen esiintymistä havaintopaikkojen hulevedessä.

PAH-yhdisteitä syntyy epätäydellisessä palamisessa ja niitä voi esiintyä maassa, vedessä ja ilmassa. Kaupungeissa ja asuinalueilla liikenteen pakokaasupäästöt, asuntojen öljylämmitys ja puun pienpoltto ovat merkittäviä PAH-yhdisteiden lähteitä. Lisäksi PAH-yhdisteitä esiintyy esimerkiksi asfaltissa, bitumissa, erilaissa öljyissä, tervassa ja kivihiilipiessä. Vesistöissä bentso(a)pyreeniä voidaan pitää PAH-yhdisteiden esiintymisen indikaattorina. (Vahtera & Lahti, 2016, s.23) Monien PAH-yhdisteiden on todettu olevan syöpävaarallisia aineita (Mannio ym, 2011, s. 34).

Pelto-ojan havaintopisteessä PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuus jäi alle määritysrajan, jokaisella mittauskerralla. Ylästössä PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuus ylitti määritysrajan yhdellä näytteenottokerralla. Veromiehen havaintopisteessä PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuuden määritysraja ylittyi kolmella mittauskerralla ja Kiilassa havaittiin suhteellisen korkeita PAH-yhdisteiden pitoisuuksia jokaisella mittauskerralla (Kuva 33). Suurin Kiilassa havaittu PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuus oli 8,3 µg/l ja myös pitoisuudet vaihtelivat melko paljon eri mittauskerroilla.

Taulukko 28. PAH-yhdisteiden yhteispitoisuudet (µg/l) eri havaintopaikoilla.

| Pvm.     | Ylästö | Veromies | Kiila | Pelto-oja |
|----------|--------|----------|-------|-----------|
| 24.10.18 | -      | 0,17     | 6,1   | -         |
| 31.10.18 | -      | -        | 1,9   | -         |
| 11.10.19 | -      | 0,15     | 0,82  | -         |
| 14.10.19 | 0,11   | 0,4      | 8,3   | -         |
| 17.4.20  | -      | -        | 5,0   | -         |

#### Ylästö

Ylästössä PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuus ylitti määritysrajan yhdellä näytteenottokerralla. Tällöin Ylästössä todettiin 0,11 µg/l pitoisuus PAH-yhdisteitä. Yksittäisistä PAH-yhdisteistä Ylästössä havaittiin kahdesti fluoranteenia ja pyreenia ja kerran asenaftyleeniä, asenafteenia ja bentso(ghi)peryleeniä. Fluoranteenin ja bentso(ghi)peryleenin pitoisuudelle vesistöissä on annettu ympäristölaatunormit haitta-aineiden hetkelliselle pitoisuudelle. Ylästössä havaittiin fluoranteenia 0,025 ja 0,035 µg/l pitoisuudet ympäristölaatunormin ollessa 0,12 µg/l, joten pitoisuudet eivät ylittäneet aineen ympäristölaatunormia. Bentso(ghi)peryleeniä havaittiin 0,002 µg/l pitoisuus mikä ylitti kyseisen haitta-aineen ympäristölaatunormin 0,00082 µg/l reilusti.

#### Veromies

Veromiehen havaintopaikalla PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuus ylitti määritysrajan kolmella näytteenottokerralla mediaanin ollessa 0,16 µg/l ja keskiarvon 0,18 µg/l. Yksittäisistä PAH-yhdisteistä havaittiin kolmesti fluoranteenia, pyreeniä ja bentso(ghi)peryleeniä. Kahdesti todettiin asenafteenia, trimetyyliinafteenia, kryseeniä ja bentso(a)pyreeniä. Yksittäisiä havaintoja tehtiin fluoreenista, bentso(a)antraseenista, bentso(b)fluoranteenista, bentso(k)fluoranteenista, bentso(e)pyreenistä ja indeno(1,2,3-cd)pyreenistä.

Tukholman läänin hulevesien raja-arvoehdotuksessa on asetettu bentso(a)pyreenin pitoisuudelle raja-arvoja. Alin raja-arvo on 0,03 µg/l, joka on pieneen ja herkkään vesistöön johdettavan huleveden haitta-aineen raja-arvo. Veromiehessä havaittujen bentso(a)pyreenin

pitoisuuksien mediaani 0,0025 µg/l ja keskiarvo 0,0043 µg/l alittavat Tukholman alimman raja-arvon reilusti. Bentso(a)pyreenin pitoisuudet alittavat myös haitta-aineelle asetetun ympäristölaatunormin 0,27 µg/l.

Fluoranteenin, bentso(a)pyreenin, bentso(ghi)pyreenin, bentso(b)fluoranteenin ja bentso(k)fluoranteenin pitoisuudelle vesistöissä on annettu ympäristölaatunormit haitta-aineiden hetkelliselle pitoisuudelle. Fluoranteenin osalta tulosten mediaani 0,038 µg/l ja keskiarvo 0,037 µg/l alittivat 0,12 µg/l ympäristölaatunormin selvästi. Myös yksittäisinä näytteinä havaittujen bentso(b)fluoranteenin ja bentso(k)fluoranteenin tulokset alittivat 0,017 µg/l ympäristölaatunormit. Sen sijaan bentso(ghi)peryleenin tulosten mediaani 0,009 µg/l keskiarvo 0,012 µg/l ylittivät aineen ympäristölaatunormin 0,00082 µg/l reilusti.

### Kiila

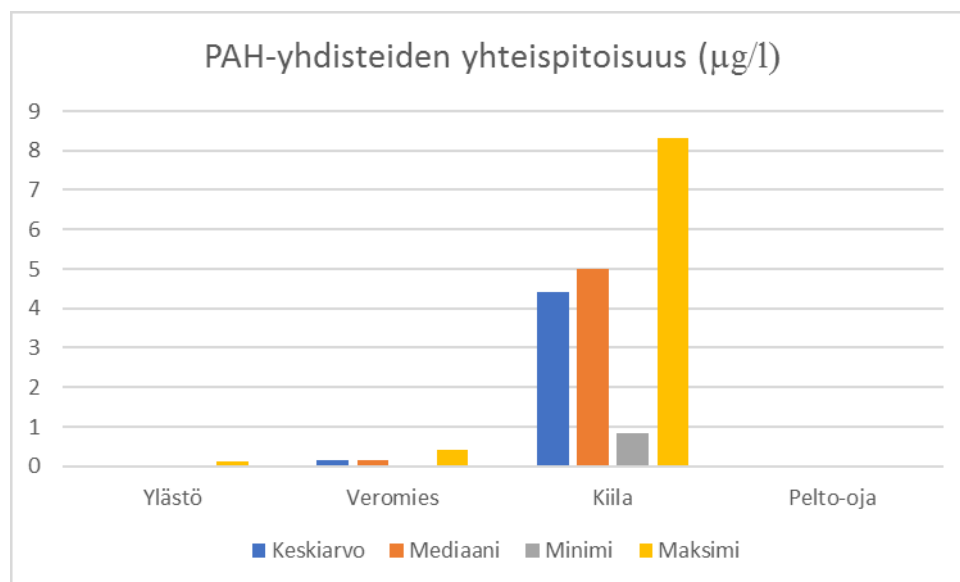
Kiilassa havaittiin kaikkia tutkittuja 24 eri PAH-yhdistettä. Suurinta osaa yhdisteistä havaittiin jokaiselle tai vähintään kolmella eri näytteenottokerralla. Ainoastaan peryleeniä ja dibentso(a,h)antraseenia todettiin ainoastaan kahdella näytteenottokerralla.

Tukholman läänin hulevesien raja-arvoehdotuksessa on asetettu bentso(a)pyreenin pitoisuudelle raja-arvoja. Alin raja-arvo on 0,03 µg/l, joka on pieneen ja herkkään vesistöön johdettavan huleveden haitta-aineen raja-arvo. Ylin vesistöön johdettavan huleveden raja-arvo on puolestaan 0,07 µg/l. Lisäksi toiminnanharjoittajien laitosten lähialueella sallitaan 0,1 µg/l pitoisuus. Kiilassa havaittujen bentso(a)pyreenin pitoisuuksien mediaani 0,04 µg/l alitti Tukholman ylimmän raja-arvon mutta pitoisuuksien keskiarvo 0,18 µg/l ylitti Tukholman ylimmän raja-arvon lähes kaksinkertaisesti. Bentso(a)pyreenin keskiarvo- ja mediaanitulokset alittivat kuitenkin vesistöille asetetun ympäristölaatunormin 0,27 µg/l.

Fluoranteenin, naftaleenin, antraseenin, bentso(ghi)pyreenin, bentso(b)fluoranteenin ja bentso(k)fluoranteenin pitoisuuksille vesistöissä on annettu ympäristölaatunormit haitta-aineiden hetkelliselle pitoisuudelle. Fluoranteenin tulosten keskiarvo 0,4 µg/l ja mediaani 0,3 µg/l ylittivät 0,12 µg/l ympäristölaatunormin selvästi. Myös bentso(ghi)peryleenin tulosten keskiarvo 0,29 µg/l ja mediaani 0,02 µg/l ylittivät ympäristölaatunormin 0,00082 µg/l reilusti. Antraseenin pitoisuuden mediaani 0,13 µg/l ja keskiarvo 0,23 µg/l ylittivät ympäristölaatunormin 0,1 µg/l. Myös bentso(b)fluoranteenin keskiarvo 0,13 µg/l ja mediaani 0,03 µg/l ja bentso(k)fluoranteenin keskiarvo 0,13 µg/l ja mediaani 0,03 µg/l ylittivät aineiden 0,017 µg/l ympäristölaatunormit selvästi. Naftaleenin pitoisuuksien mediaani 0,11 µg/l ja keskiarvo 0,15 µg/l olivat taas huomattavasti pitkäaikaisen pitoisuuden ympäristölaatunormia 2 µg/l matalampia.

### Pelto-oja

Pelto-ojan havaintopisteessä PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuus jäi jokaisella mittauskerralla alle määritysrajan. Pelto-ojalla havaittiin kuitenkin kahdesti asenaftenia pitoisuuksien ollessa 0,018 µg/l ja 0,024 µg/l. Yhdellä näytteenotokerralla todettiin 0,015 µg/l pyreenin pitoisuus. Näille PAH-yhdisteille ei ole olemassa raja-arvoja pinta- tai hulevesien osalta.



Kuva 33. PAH-yhdisteiden yhteispitoisuuden keskiarvo-, mediaani-, minimi- ja maksimipitoisuudet eri havaintopaikoilla.

## 8.7 VOC-yhdisteet

VOC-yhdisteitä (Haihtuvat orgaaniset hiiliyhdisteet) havaittiin ainoastaan satunnaisesti Kiilan havaintopaikalla (Taulukko 29). Ylästön, Veromiehen ja Pelto-ojan havaintopisteessä ei todettu määritysrajoja ylittäviä VOC-yhdisteiden pitoisuuksia.

Kiilan havaintopisteessä todettiin kolmella näytteenotokerralla t-Butanolia 0,0051 - 0,0084 µg/l pitoisuuksia. Kahdessa näytteessä todettiin metyylietyyliketonia 6,4 ja 11 µg/l pitoisuudet. Muita havaittuja VOC-yhdisteitä todettiin vain yksittäisillä näytteenotokerroilla. Kiilassa havaituille VOC-yhdisteille ei ole olemassa raja-arvoja pinta- tai hulevesien osalta.

Taulukko 29. VOC-yhdisteiden esiintyminen Kiilan havaintopaikalla.

| Pvm.     | VOC-yhdisteet  |
|----------|--|
| 24.10.18 | Trimetyylibentseeni, 1, 2- Ksyleeni, 1,3 ja 1,4- Ksyleeni, Etyylibentseeni, Butyylibentseeni ja t-Butanoli |
| 31.10.18 | t-Butanoli   |
| 11.10.19 | Metyylietyyliketoni, Metyyli-isobutyryliketoni ja t-Butanoli   |

|          |                     |
|----------|---------------------|
| 14.10.19 | Metyylietyyliketoni |
| 17.4.20  | -                   |

VOC-yhdisteet ovat herkästi haihtuvia hiiliyhdisteitä ja suuri osa huleve-sissä havaituista VOC-yhdisteistä on peräisin liikenteestä. On todettu, että esimerkiksi jätevedenpuhdistamoilta vesistöihin johdettavassa vedessä ei esiinny merkittävästi VOC-yhdisteitä, sillä kyseiset yhdisteet haihtuvat il-maan jätevedenpuhdistusprosesseissa (Mannio ym, 2011, s. 15). Siten VOC-yhdisteiden esiintyminen vesistöissä ja myös avo-ojiin perustuvissa hulevesijärjestelmissä on todennäköisesti vähäistä aineiden haihtumisen vuoksi.

Kiilan kohonneita tuloksia selittää todennäköisesti havaintopaikan lähei-syydessä toimivat metalliromun- ja rakennusjätteiden käsittelylaitokset, joissa varastoidaan ja käsitellään metalliromua ja rakennusjätteitä. Kiilan havaintopaikka sijaitsee muista paikoista poiketen hyvin lähellä hulevesien syntypaikkaa, joten VOC-yhdisteiden haihtumista ei todennäköisesti ehdi tapahtumaan yhtä paljon kuin mahdollisesti muilla havaintopaikoilla. Myös muissa tutkimuksissa on havaittu erityisesti teollisuusalueiden hule-vesissä VOC-yhdisteitä (Valtanen, Sillanpää, Hätinen & Setälä, 2010, s. 10-11). Kiilassa havaitut VOC-yhdisteet eivät todennäköisesti kulkeudu kovin kauas aineiden haihtumisherkkyden vuoksi.

## 9 YHTEENVETO

Tämän tutkimuksen aineiston voidaan arvioida kuvaavan melko hyvin eri tyyppisten alueiden huleveden laatua Vantaalla. Tutkimuksen perusteella havaittiin, että erilaisilla maankäyttöalueilla huleveden laatu vaihteli huo-mattavasti. Taulukossa 30 on luetteloitu eri havaintopaikkojen hulevesi-näytteistä tutkittujen parametrien mediaanitulokset. Mediaani yleensä ku-vaa parhaiten huleveden keskimääräistä laatua, sillä sen arvoon huleveden laadun ääripään vaihtelut eivät vaikuta yhtä paljon kuin esimerkiksi kes-kiarvoon.

Tutkimuksen perusteella pientaloalueella, jossa on runsaasti vettä läpäise-vää päällystämätöntä pintaa, hulevesi oli melko puhdasta ja hyvälaatuista. Tällaisella alueella syntyvästä hulevedestä ei aiheudu merkittävää kuormi-tusta ympäristölle, eikä huleveden puhdistaminen ole tarpeellista.

Sen sijaan yritys-, liikenne- ja teollisuusalueilla, joissa on runsaasti päälly-settyä ja vettä läpäisemätöntä pintaa, huleveden laatu on huonompaa. Eri-laiset huleveden viivytys- ja suodatus- tai puhdistusratkaisut ovat näillä alueilla tarpeellisia, jotta hulevesien laatua voidaan parantaa ennen niiden johtamista vesistöön. Tärkeätä olisi myös löytää suurimman kuormituksen syyt ja lähteet, sillä hulevesien käsittelyä helpompaa olisi tehdä toimenpi-teitä suoraan hulevesien kuormitusta aiheuttavien toimintojen luona.

### Ylästön pientaloalue

Ylästön asuinalueen havaintopaikan huleveden laatu oli pääosin hyvää. Huleveden haitta-ainepitoisuudet olivat lähes kaikkien tutkittavien aineiden osalta tutkimuksen alhaisimpia. Hulevesinäytteiden tulosten keskiarvot tai mediaanit eivät ylittäneet Tukholman läänin raja-arvoja tai vesistöjen ympäristölaatunormeja. Liukoisen lyijyn, elohopean ja VOC-yhdisteiden osalta tutkimustulokset jäivät alle laboratorion määrittämisrajojen.

E-coli bakteereja Ylästössä havaittiin suunnilleen yhtä paljon kuin muissakin havaintopaikoissa, joskin yksi havaintotulos jäi coli-bakteerien osalta alle määrittämisrajan. Liukoista sinkkiä havaittiin kohtalaisia pitoisuuksia ja myös liukoisen kuparin pitoisuudet olivat hieman koholla. Liukoisen kuparin osalta Ylästössä havaittiin yksittäinen tämän tutkimuksen korkein pitoisuus. Öljyhiilivetyjä todettiin Ylästön hulevedessä ainoastaan yhdellä mitauskerralla ja kyseinen öljyhiilivetypitoisuus olisi ylittänyt Tukholman alemman raja-arvon.

Ylästössä havaitut haitta-aineet olivat tyypillisiä asuinalueella syntyville hulevesille. Esimerkiksi öljyhiilivetyjä esiintyy usein pysäköintialueilla ja liukoiset sinkki- ja kuparipitoisuudet ovat todennäköisesti peräisin rakennusten materiaaleista kuten katoista tai syöksytorvista. Bakteereja huleveteen voi joutua esimerkiksi eläinten ulosteista tai puutarhan lannoitteista. Ylästössä huleveden laatu pysyi tutkimuksen aikana melko tasaisena ja haitta-ainepitoisuuksien vaihtelu oli vähäistä.

Kun Ylästön havaintopaikan hulevesien laatua verrataan Stormwater-hankkeen yhteydessä tehtyihin hulevesitutkimuksiin Lahdessa, korostuu Ylästön huleveden hyvä laatu. Lahdessa tiiviillä ja väljällä alueilla tehdyissä tutkimuksissa erityisesti kokonais- ja liukoisten metallien pitoisuudet olivat suurimmaksi osaksi huomattavasti Ylästöä korkeammalla tasolla. Tuloksia vertailtaessa huomionarvoista on myös Ylästön huleveden poikkeuksellisen matala kiintoainepitoisuus. Toisaalta tyypeä Ylästössä havaittiin lähes kaksin – kolminkertaisesti Lahden tutkimukseen verrattuna. (Sänkiäho & Sillanpää, 2012, s. 10)

Vertailtaessa Ylästön huleveden laatua Kuntaliiton hulevesioppaassa esitettyihin suomalaisissa tutkimuksissa havaittuihin asuinalueiden keskiarvopitoisuuksiin voidaan todeta erityisesti huleveden metallipitoisuuksien olevan hyvin alhaisia. Myös kiintoaine- ja fosforipitoisuudet ovat Ylästössä keskimäärin hyvin vähäisiä, mutta typen pitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa kuin muissa suomalaisissa 2000-luvulla tehdyissä tutkimuksissa. (Kuntaliitto 2012, s. 130)

### Veromiehen liikenne-, työpaikka- ja teollisuusalue

Veromiehen havaintopaikan huleveden laadussa näkyi teollisuuden ja tieliikenteen vaikutus, joskin huleveden laatu oli kohtalaisen puhdasta. Huleveden haitta-ainepitoisuudet olivat selkeästi korkeampia kuin Ylästön asuinalueella mutta matalampia kuin Kiilan kiertotalousalueella. Kiintoaine-, ravinne- ja metallipitoisuudet olivat kuitenkin pääosin suhteellisen matalia, eikä tutkimustulosten keskiarvot tai mediaanit ylittäneet Tukholman raja-arvoja tai vesistöjen ympäristölaatunormeja kuin muutaman aineen osalta. VOC-yhdisteitä ei todettu lainkaan Veromiehessä.

Veromiehen havaintopaikalla todettiin tutkimuksen korkein huleveden kloridipitoisuus, joka nostaa myös veden sähkönjohtavuutta. Sinkki- ja kuparipitoisuuksien keskiarvo- ja mediaanitulokset ylittivät Tukholman alemman raja-arvon kyseisille metalleille. Myös liukoiset sinkki- ja kuparipitoisuudet olivat selvästi koholla ja liukoisen sinkin osalta Veromiehessä todettiin tutkimuksen korkeimmat pitoisuudet. Öljyhiilivetyjä havaittiin kolmella näytteenotokerralla ja havaitut öljypitoisuudet ylittivät keskiarvon ja mediaanin osalta Tukholman ylemmän raja-arvon. PAH-yhdisteitä havaittiin vaihtelevasti ja kolmella näytteenotokerralla havaitun bentso(ghi)peryleenin tulokset ylittivät aineelle asetetun ympäristölaatunormin. Elohopeaa todettiin havaintopaikalla vain yhden kerran.

Veromiehessä havaitut haitta-aineet ja niiden pitoisuudet olivat tyypillisiä teollisuus- ja liikennealueilla syntyville hulevesille. Havaintopaikan huleveden kloridi ja sähkönjohtavuus ovat vilkkaan tieliikenteen seurausta. Liikenne ja suuret pysäköintialueet aiheuttavat usein myös öljypäästöjä ympäristöön. Kohonneet sinkki- ja kuparipitoisuudet ovat todennäköisesti peräisin rakennusten materiaaleista. PAH-yhdisteitä alueen huleveteen päätynee esimerkiksi liikenteen pakokaasupäästöjen ja rakennusten öljylämmityksen kautta.

Kun Veromiehen havaintopaikan hulevesien laatua verrataan Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaiseman hulevesitutkimuksen autojen paikoitusalueiden hulevesituloksiin, voidaan Veromiehen huleveden laatua pitää miltei samankaltaisena kuin Helsingin paikoitusalueilla. Varsinkin ravinne-, metalli- ja öljyhiilivetyypitoisuudet ovat pääosin samaa suuruusluokkaa Helsingin tehtyjen hulevesitutkimustulosten kanssa. (Airola, Nurmi & Pellikka, 2014, s. 39-54).

Verrattaessa Veromiehen huleveden laatua Kuntaliiton hulevesioppaassa esitettyihin suomalaisissa tutkimuksissa havaittuihin keskusta- ja liikealueiden tai moottoritiealueiden keskimääräisiin huleveden haitta-ainepitoisuuksiin voidaan todeta erityisesti kiintoaine-, ravinne-, kloridi- ja metallipitoisuuksien olevan alhaisia Veromiehessä. (Kuntaliitto 2012, s. 130)



### Kiilan kiertotalousalue

Kiilan havaintopaikan hulevedessä esiintyi melko paljon haitta-aineita ja suurimmaksi osaksi myös niiden pitoisuudet olivat tutkimuksen korkeimpia. Kiilan huleveden laatu oli melko huonoa verrattuna muihin havaintopaikkoihin. Alueen hulevedessä näkyi selvästi havaintopaikan lähellä sijaitsevien jätteenkäsittelylaitosten vaikutus. Monen haitta-aineen osalta Kiilan vesinäytetulosten keskiarvo tai mediaanitulokset ylittivät Tukholman läänin huleveden raja-arvoja tai vesistöjen ympäristölaatunormeja.

Kiilassa havaittiin tutkimuksen korkeimmat kiintoainepitoisuudet, jotka tosin alittivat Tukholman ylimmän toiminnanharjoittajille asetetun raja-arvon. Kiilassa myös todettiin tutkimuksen korkeimmat ravinnepitoisuudet, jotka fosforin osalta kuitenkin alittivat Tukholman raja-arvon. Sen sijaan typpipitoisuudet ylittivät Tukholman ylimmän raja-arvon reilusti. Huleveden korkeimmat pH-arvot todettiin Kiilassa ja myös huleveden sähköjohtavuus ja sulfaattipitoisuudet olivat selvästi koholla.

Kiilan havaintopaikan erityispiirteenä voidaan pitää huleveden korkeita metallipitoisuuksia. Esimerkiksi kuparin, sinkin, kadmiumin, lyijyn ja elohopean kokonaispitoisuudet ylittivät keskiarvon tai mediaanitulosten osalta Tukholman ylimmät raja-arvot reilusti, osa jopa moninkertaisesti. Myös kromipitoisuudet olivat selkeästi koholla mutta kromille ei ole asetettu raja-arvoja. Pääosin metallit olivat kiinteässä muodossa ja niiden liukoiset pitoisuudet olivat huomattavasti kokonaispitoisuuksia matalampia. Poikkeuksena liukoisen nikkelin ja lyijyn pitoisuudet ylittivät myös niille määritetyt ympäristölaatunormit.

Öljihiilivetyjä todettiin Kiilan havaintopaikalla jokaisella mittauskerralla ja Tukholman ylin raja-arvo ylittyi tältä osin. PAH-yhdisteitä havaittiin Kiilassa melko laajasti. Bentso(a)pyreenin pitoisuus ylitti Tukholman raja-arvon mutta jäi toisaalta alle korkeamman pitoisuuden sallivan ympäristölaatunormin. Tämän lisäksi PAH-yhdisteistä Kiilassa ympäristölaatunormin mukaisen arvon ylitti fluoranteeni, bentso(ghi)peryleeni, antrasiini, bentso(b)fluoranteeni ja bentso(k)fluoranteeni. VOC-yhdisteitä Kiilassa havaittiin jonkin verran mutta niille ei ole määritelty raja-arvoja.

Kiilassa havaitut huleveden haitta-aineet ovat tyypillisiä jätteenkäsittely- ja kierrätyslaitoksille. Erityisesti korkeat huleveden metallipitoisuudet johtuvat todennäköisesti pääosin metalliromun käsittelystä. Romujen ja jätteen varastoinnin kautta huleveteen päätynee myös öljyhiilivetyjä ja PAH-sekä VOC-yhdisteitä. Kiilan osalta on syytä huomioda, että havaintopaikka sijaitsi kierrätyslaitosten lähietäisyydellä, joten hulevesien haitta-aineiden laimenemista, haihtumista tai muuntumista ei ehdi tapahtua muiden havaintopaikkojen tapaan. Kiilan havaintopaikan haitta-aineiden kulkeutuminen on kuitenkin vähäistä, sillä haitta-ainepitoisuuksia ei todettu enää kauempana Peltö-ojan havaintopisteessä. Kiilan tuloksissa yllätti havaintopaikan korkeat ravinnepitoisuudet.

Kun Kiilan havaintopaikan hulevesien laatua verrataan Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaiseman hulevesitutkimuksen teollisuusalueiden huleveden tutkimustuloksiin, havaittiin joitakin merkittäviä eroja. Kiilassa ravinnepitoisuudet olivat huomattavan paljon korkeampia kuin Helsingin teollisuusalueilla. Myös metalli- ja öljyhiilivetytypitoisuudet olivat korkeita verrattuna Helsingin teollisuusalueiden tutkimustuloksiin. Helsingissä tehdyn hulevesitutkimuksen osalta on kuitenkin syytä todeta, että tutkimuksen havaintopaikat eivät sijainneet teollisuuslaitosten välittömässä läheisyydessä kuten Kiilassa. (Airola, Nurmi & Pellikka, 2014, s. 39-54).

Verrattaessa Kiilan hulevesituloksia muiden vastaavien romu- ja kierrätyslaitosten hulevesien tarkkailutuloksiin voidaan todeta, että tulokset ovat ravinteiden ja joidenkin metallien osalta korkeita muttei kuitenkaan poikkeuksellisia. Kun jätteitä tai metalliromua käsitellään ulkona, havaitaan laitosten hulevesissä toisinaan hyvin korkeita yksittäisiä haitta-ainepitoisuuksia myös pitoisuuksien vaihtelun ollessa suurta. Kiilan havaintopaikalla todetut korkeat öljyhiilivetytypitoisuudet ovat kuitenkin tavanomaista korkeampia ja viittaavat siihen, että laitosten öljynerotusjärjestelmä ei ole todennäköisesti toiminut toivotulla tavalla.

#### Pelto-ojan havaintopaikka

Pelto-ojan havaintopaikan huleveden laatu oli vaihtelevaa. Suurin osa tutkituista haitta-ainepitoisuuksista oli matalalla tasolla. Alueen hulevedessä näkyi peltoviljelyn ja todennäköisesti sulfaattiperäisen maaperän vaikutus. PAH- tai VOC-yhdisteitä ei havaittu lainkaan Pelto-ojan hulevedessä ja elohopeaa todettiin matala pitoisuus vain yhdessä näytteessä.

Kiintoainepitoisuudet olivat tutkimuksen keskitasoa, joista yksi tulos olisi ylittänyt Tukholman alemman raja-arvon. Huleveden typpipitoisuuden keskiarvo- ja mediaanipitoisuudet ylittivät niukasti Tukholman ylemmän raja-arvon. Myös nikkelin pitoisuuden keskiarvo ylitti ja mediaani jäi juuri alle Tukholman ylemmän raja-arvon. Liukoisen kadmiumin ja nikkelin pitoisuudet ylittivät niille asetetun alimman ympäristölaatu normin. Öljyhiilivetyjä todettiin Pelto-ojan hulevedessä ainoastaan yhdellä mittauskeralla ja tällöin pitoisuus olisi ylittänyt Tukholman alemman raja-arvon. Pelto-ojan hulevesi oli myös havaintopaikoista happaminta alimman havaitun pH-arvon ollessa 6,4. Lisäksi sulfaattipitoisuudet olivat tutkimuksen korkeimmat. Coli-bakteereja havaittiin pääosin melko vähän, mutta yhdessä näytteessä todettiin myös tutkimuksen korkein yksittäisen näytteen coli-bakteerien määrä.

Pelto-ojan korkeita kadmiumin ja nikkelin pitoisuuksia saattaa selittää alueen luontaisesti sulfaattipitoinen maaperä. Suomen rannikkoalueilla on yleisesti todettu esiintyvän sulfaattipitoisia maita ja tutkimusten mukaan happamilta sulfaattimailta huuhtoutuu vesiin eniten kadmiumia, nikkeliä

ja sinkkiä. Näin ollen huleveden laatua kohteessa huonontaa todennäköisesti maaperän luontaiset ominaisuudet. Myös maanviljely nostaa usein hulevesien ravinne- ja myös joitakin haitta-ainepitoisuuksia. Osa keinolannoitteista sisältää sulfaattia ja kadmiumia, mikä voi myös lisätä niiden määrää hulevedessä. Peltto-ojan havaintopisteessä ei juurikaan todettu Kiilassa olleita korkeita metalli- ja muita haitta-ainepitoisuuksia.

Kun Peltto-ojan havaintopaikan hulevesien laatua verrataan Stormwater-hankkeen yhteydessä tehtyihin tutkimuksiin Lahdessa, voidaan Peltto-ojan huleveden laatua pitää pääosin melko tavanomaisena. Tutkimustulokset olivat kiintoaineen ja metallipitoisuuksien osalta samalla tasolla tai hieman matalampia kuin Lahdessa väljällä asuinalueella tehdyissä tutkimuksissa. Toisaalta sulfaattimaihin viittaava nikkelpitoisuus oli selvästi Lahden tapausta korkeampi. Myös tyypeä Peltto-ojalla havaittiin monikertaisesti Lahden tutkimukseen verrattuna, mutta Lahden vertailualue ei sisältänyt viljelyalueita. (Sänkiäho & Sillanpää, 2012, s. 10)

Taulukko 30. Tutkittujen parametrien mediaanitulokset eri havaintopaikoilla.

|                           | <b>Ylästö</b> | <b>Veromies</b> | <b>Kiila</b> | <b>Peltto-oja</b> |
|---------------------------|---------------|-----------------|--------------|-------------------|
| Kiintoaine (mg/l)         | 0             | 15              | 23           | 21                |
| pH                        | 7,0           | 7,4             | 9,7          | 6,8               |
| E-coli (mpn/100 ml)       | 130           | 150             | 20           | 120               |
| Typpi (µg/l)              | 1600          | 1100            | 4500         | 3500              |
| Fosfori (µg/l)            | 26            | 45              | 120          | 58                |
| Sulfaatti (mg/l)          | 22            | 20              | 54           | 58                |
| Kloridi (mg/l)            | 6,6           | 56              | 14           | 21                |
| Sähkönjohtavuus (mS/m)    | 20            | 40              | 40           | 30                |
| Kupari (µg/l)             | 3,6           | 17              | 79           | 6,2               |
| Liukoinen kupari (µg/l)   | 3,9           | 8,8             | 42           | 4                 |
| Sinkki (µg/l)             | 23            | 91              | 190          | 59                |
| Liukoinen sinkki (µg/l)   | 19            | 24              | 8            | 31                |
| Kromi (µg/l)              | 0,27          | 2,5             | 4,7          | 1,3               |
| Liukoinen kromi (µg/l)    | 0,14          | 0,48            | 2,9          | 0,45              |
| Kadmium                   | 0,03          | 0,06            | 0,25         | 0,21              |
| Liukoinen kadmium (µg/l)  | 0,03          | 0,03            | 0,06         | 0,17              |
| Nikkeli (µg/l)            | 1,2           | 2,4             | 11           | 24                |
| Liukoinen nikkeli (µg/l)  | 1,1           | 1,4             | 7,9          | 21                |
| Lyijy (µg/l)              | 0,2           | 1,9             | 27           | 0,7               |
| Liukoinen lyijy (µg/l)    | 0             | 0,1             | 2,9          | 0,2               |
| Elohopea (µg/l)           | 0             | 0               | 0,09         | 0                 |
| Liukoinen elohopea (µg/l) | 0             | 0               | 0,04         | 0                 |
| Öljyhiilivedyt (µg/l)     | 0             | 830             | 2000         | 98                |

|                      |   |      |   |   |
|----------------------|---|------|---|---|
| PAH-yhdisteet (µg/l) | 0 | 0,15 | 5 | 0 |
|----------------------|---|------|---|---|

## 10 TULOSTEN JA NIIDEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTIA

Tutkimusta tehdessä nousi esiin monia tekijöitä, jotka vaikuttavat hulevesinäytteiden luotettavuuteen ja edustavuuteen, joten tämän tutkimuksen tuloksia on syytä pitää suuntaa-antavina arvioina erityyppisten alueiden huleveden laadusta Vantaalla. Seuraavissa kappaleissa on esitelty tässä tutkimuksessa havaittuja tärkeimpiä tutkimustuloksiin mahdollisesti vaikuttaneita asioita.

Huleveden laatu on vaihdellut hyvin paljon monissa eri puolilla Suomea tehdyissä tutkimuksissa. Siitä voidaan päätellä, että huleveden laatuun vaikuttaa merkittävästi paikalliset olosuhteet kuten maankäyttö ja maaperä. Lisäksi vuodenajat ja sääolosuhteet tuovat oman vaikeasti arvioitavan vaikutuksen jokaiseen tutkimukseen.

Yksittäisten hulevesinäytteiden haitta-ainepitoisuuksien keskiarvo ei välttämättä kuvaa luotettavasti hulevedessä esiintyvää haitta-aineen keskimääräistä pitoisuutta. Suomessa aiempina vuosikymmeninä tehtyjen laajojen hulevesitutkimusten tuloksissa on havaittu, että yksittäisten näytteiden korkeimmat haitta-ainepitoisuudet saattavat olla monikymmenkertaisia huleveden keskimääräisiin pitoisuuksiin verrattuna. Siten huleveden tarkkailutulosten pitoisuuksien keskiarvon sijaan tulisi käyttää mediaania, jonka arvoon huleveden laadun ääripään vaihtelut eivät vaikuta yhtä paljon kuin keskiarvoon. Myös Kuntaliiton Hulevesioppaassa ohjeistetaan hyödyntämään yksittäisiä vesinäytetuloksia varauksella ja lähinnä silloin, kun halutaan selvittää tutkittavalla alueella esiintyviä aineita. Jos huleveden aiheuttamaa kuormitusta ympäristöön halutaan luotettavasti selvittää, tulee huleveden haitta-ainepitoisuuksien lisäksi määrittää myös havaintoalueen valunnan tai huleveden virtaaman määrä. Kuormituksen yksikkö voi tällöin olla esimerkiksi kg/km<sup>2</sup>/a kuvastaen huuhtoutuvan haitta-aineen määrää pinta-alan ja ajan suhteen. (Kuntaliitto, 2012, s. 128-129)

Hulevesissä havaittujen ympäristölaatu normien ylityksien osalta tulee huomioida, että ympäristölaatu normit on annettu vesistöjen vedenlaadun arviointia varten. Esimerkiksi noroa tai ojaa ei luokitella vesistöksi eikä niihin siten sovelleta ympäristölaatu normeja koskevia määräyksiä (Kangas, 2018, s. 31). Useimmiten hulevedet muodostavat vain osan vesistöihin kulkeutuvasta vedestä ja siten vesistöissä haitta-aineiden pitoisuudet ovat hulevesiä matalampia. Usein myös vesistöissä tapahtuvat prosessit vähentävät haitta-aineiden määrää ja pitoisuuksia (Airola, Nurmi & Pellikka, 2014, s. 20).

Myös Tukholman kaupungin raja-arvojen ylityksiin tulee suhtautua varauksella, sillä tämän tutkimuksen puitteissa ei selvitetty prosessia, jolla Tukholman raja-arvoehdotukset on määritelty. On hyvin mahdollista, että Tukholman läänin alueen maaperä, maankäyttö tai tuotanto- ja teollisuuslaitokset poikkeavat Suomen olosuhteista, minkä vuoksi on voitu päätyä erilaisiin huleveden raja-arvoihin kuin mihin Suomessa mahdollisesti päädyttäisiin.

Ympäristölaatunormeja ja Tukholman läänin raja-arvoja voidaan kuitenkin varmasti pitää suuntaa-antavina raja-arvoina ja toistaiseksi parhaimpana olemassa olevana vertailuaineistona huleveden laadun arviointiin Suomessa. Kuitenkin molempia edellä mainittuja raja-arvoja tulee käyttää varauksella ja hyödyntää niitä lähinnä haitta-aineiden pitoisuuksien suuruusluokan arvioinnissa. Tässä tutkimuksessa havaitut moninkertaiset Tukholman raja-arvojen tai ympäristölaatunormien ylitykset kertovat varmuudella haitta-aineella kuormittuneesta hulevedestä.

Sääolosuhteiden vaikutusta huleveden haitta-ainepitoisuuksiin on vaikea arvioida tämän tutkimuksen perusteella. Tasaisimpana huleveden laatu pysyi Ylästön havaintopaikalla ja suurinta vaihtelu oli puolestaan Kiilassa. Koska näytteenotto ajoittui kahteen syksyyn ja yhteen keväänäytteeeseen niin vuodenaikojen aiheuttamaa vaihtelua ei selvitetty riittävästi. Todennäköisesti havaintopaikoilla esiintyy myös korkeampia pitoisuuksia kuin tässä tutkimuksessa havaittiin. Kaikki tutkimuksen vesinäytteet on otettu sateiden jo alkaessa, sillä käytännössä näytteenottajaa oli vaikea saada paikan päälle juuri sateiden alussa. Siten väkevimmän huleveden aiheuttaman alkuhuuhtouman vaikutusta ei todennäköisesti täysin havaittu.

Koska hulevesien haitta-aineille ei ole olemassa suomalaisia ohjearvoja, joudutaan hulevesien laadun osalta arvioimaan usein hulevesistä mahdollisesti aiheutuvaa ympäristöhaittaa tai vaaraa ympäristönsuojelulain perusteella. Ympäristönsuojelulaissa kielletään esimerkiksi pohjaveden (YSL 17 §) ja maaperän pilaantuminen (YSL 16§), jota huonolaatuinen hulevesi voisi aiheuttaa. Ympäristönsuojelulain 6 §:n perusteella toiminnanharjoittajilla on selvilläolovelvollisuus toimintansa vaikutuksista ympäristöön, minkä voidaan katsoa koskevan myös tavanomaisesta poikkeavia hulevesiä. Myös huolellisuus- ja varovaisuusperiaate sekä ympäristön kannalta parhaan käytännön periaatteet (YSL 20 §) ovat ympäristölainsäädännön keskeisiä asioita ja niiden perusteella toiminnanharjoittajien tulee lähtökohtaisesti välttää toimintoja tai tilanteita, joista saattaisi olla haitallisia vaikutuksia ympäristöön.

## 11 JATKOTOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Tutkimusta tehdessä tuli ilmi useita mahdollisia jatkotutkimus- tai kehitysehdotuksia, joita ei tämän tutkimuksen puitteissa ollut mahdollista

toteuttaa. Näiden hyödyllisyyttä ja toteuttamiskelpoisuutta olisi hyvä arvioida tarkemmin.

Tässä tutkimuksessa huleveden laatua selvitettiin näyttein, joiden avulla on mahdollista saada tietoa tutkittavien alueiden huleveden laadusta. Huleveden haitta-aineista aiheutuva todellinen ympäristökuormitus riippuu kuitenkin suuresti havaintopaikan virtaamasta. Havaintopaikoilla, joissa virtaama on suuri, pienetkin haitta-ainepitoisuudet voivat aiheuttaa enemmän kuormitusta ympäristölle kuin runsaasti haitta-aineita sisältävä hulevesi pienemmällä valuma-alueella, jolloin myös virtaama on vähäistä. Huleveden haitta-ainepitoisuuksien sijaan ympäristökuormituksen kannalta on olennaista alueelta huuhtoutuvien haitta-aineiden kokonaismäärä. Eri havaintopaikkojen todellisen ympäristökuormituksen selvittämiseksi tulisi havaintopaikkojen hulevesivirtaamat selvittää. Ilman virtaamatietoja on mahdotonta vertailla esimerkiksi Kiilan tai Veromiehen huleveden aiheuttaman ympäristökuormituksen eroa.

Mikäli tutkittavien alueiden huleveden ympäristökuormitus haluttaisiin selvittää tarkasti, tulisi hulevesien virtaamaa ja haitta-aineiden pitoisuuksia tarkkailla jatkuvatoimisesti. Tällöin alueilta huuhtoutuneiden haitta-aineiden kokonaismäärä voitaisiin selvittää. Tämän tutkimuksen näytteenotto ajoittui kevääseen ja syksyyn, jolloin muiden vuodenaikojen aiheuttama vaikutus huleveden laatuun jäi selvittämättä. Tutkittujen alueiden kokonaiskuormituksen luotettava selvittäminen edellyttäisi huomattavasti runsaampaa vesinäytteenottoa tai mieluummin hulevesien haitta-aineiden ja laatuvaihtelujen jatkuvatoimista mittausta. Toistaiseksi jatkuvatoimisen huleveden laatu- ja haitta-ainetarkkailun esteenä on sen suureksi kohoavat kustannukset.

Tutkimuksen aikana selvisi, että Suomessa on tehty melko paljon eri tasoisia huleveden laatuun liittyviä tutkimuksia. Tutkimusten taso, näkökulma ja tarkkuus vaihtelevat paljon, mutta olisi hyödyllistä, mikäli olemassa oleva tieto voitaisiin koota yhteen. Eri tutkimusten tietoja yhdistellen olisi mahdollista koota tietoaaineistoa Suomessa havaituista huleveden haitta-ainepitoisuuksista eri maankäyttöalueilla. Tällainen tietoaaineisto olisi hyödyllinen työkalu ja taustatuki kunnille ja muille toimijoille ympäristön tilan seurantaan hulevesien osalta.

Monilla ympäristöluvan varaisilla laitoksilla on lupapäätöksessään velvoite tarkkailla huleveden laatua. Erityyppisten laitosten hulevesien tarkkailutoksia olisi hyödyllistä kerätä yhteen eri puolilta Suomea. Niiden perusteella olisi mahdollista selvittää tyypillisiä huleveden haitta-aineita ja niiden tavanomaisia pitoisuuksia eri toimialoilla. Tällainen tietoaaineisto olisi hyödyllinen työkalu ja taustatuki kuntien ja valtion ympäristövalvontaan. Sen vertailupohjan avulla toimenpiteitä edellyttävät päästöt laitosten hulevesissä olisi helpompi todeta. Tietoaaineiston perusteella voitaisiin ehkä myös selvittää hyviä käytäntöjä ja toimintamalleja hulevesien käsittelyn suhteen eri toimialoilla.

Tässä tutkimuksessa todettiin erityisesti Kiilan havaintopaikalla korkeita kokonaismetallipitoisuuksia hulevedessä. Kyseisiä metallipitoisuuksia ei juuri havaittu enää Pelto-ojan havaintopisteessä, mutta olisi hyvä selvittää metalleja sisältävän huleveden kulkeutumisetäisyys huleveden mukana. Lisäksi Kiilan hulevesiojan maaperän ja sedimenttien laatua olisi hyvä tutkia ja selvittää metallien kertymistä niihin. On mahdollista, että huleveden korkeat metallipitoisuudet aiheuttavat hulevesiojan maaperän ja sedimenttien pilaantumista metalleilla. Pidemmällä aikavälillä tilanne voi johtaa siihen, että runsaan metallikuormituksen vuoksi hulevesiojan maaperää tai sedimenttejä saatetaan joutua kunnostamaan pilaantuneena maana.

Kiilassa havaittujen metallipitoisuuksien osalta on hyvä huomioida huleveden kovuuden ja pH-arvon vaikutus hulevedessä tapahtuviin kemiallisiin prosesseihin ja siten metallien liukoisuuteen. On todettu, että monilla metalleilla emäksinen vesi lisää metallien sitoutumista vedessä oleviin partikkeleihin. Happamassa vedessä metallit taas usein muuttuvat liukoiseen muotoon. Kun ajan kuluessa Kiilan havaintopaikan betonimurskeen käytöstä aiheutuva pH-arvo tulee laskemaan, saattaa myös havaintopaikan kiinteät metallipitoisuudet muuttua suureksi osaksi liukoiseen muotoon ja siten niiden haitallisuus eliölle kasvaa ja kulkeutuminen helpottua. (Vahtera & Lahti, 2016, s. 31)

Mahdollisesti sulfaattipitoisen maa-aineksen vaikutus huleveden laatuun oli yllättävän suuri Pelto-ojan havaintopisteessä. Vantaalla ja muuallakin Etelä-Suomen rannikkoalueilla on Geologian tutkimuslaitoksen selvityksen mukaan melko runsaasti mahdollisesti sulfaattipitoisia maita, joista voi päästä luontaisesti melko suuriakin haitta-ainepitoisuuksia huleveteen ja vesistöihin ainakin kadmiumin, nikkelin ja sinkin osalta. (Geologian tutkimuskeskus n.d.). Metallien ja happamuuden huuhtoutuminen painottuu ylivirtaamakausiin, jolloin myös tämän tutkimuksen hulevesinäytteet pyrittiin ottamaan. Vesistöseurantojen yhteydessä on havaittu, että pahimpia tilanteita ovat pitkien kuivien kausien jälkeiset alhaiset virtaamat ja äkilliset rankkasateet, joiden seurauksena sulfaattipitoisesta maaperästä voi huuhtoutua nopeasti suuri määrä metalleja ja happamuutta pääuomiin. (Vuori 2018, 52.)

Pelto-ojan havaintopaikan maaperää tulisi tutkia sulfaattimaiden esiintymisen osalta. Hulevesitulosten perusteella havaintopaikan maaperä on todennäköisesti hapanta sulfaattisavea mutta päätelmän oikeellisuus tulisi varmistaa myös maaperänäyttein, sillä Vantaalla ei ole kattavasti selvitetty happamien sulfaattimaiden esiintymistä. Havaintopaikka olisi myös mielenkiintoinen jatkotutkimuskohde sulfaattimaiden vesistövaikutusten tutkimiseksi.

Viime vuosina on tutkittu paljon meriin ja vesistöihin päätyvien mikro-muovihiukkasten määrää ja ympäristövaikutuksia. Hulevesissä esiintyvän

mikromuovin määrää ja laatua ei ole vielä paljoakaan tutkittu mutta hulevesiä epäillään yhdeksi merkittäväksi muovihiukkasten päästölähteeksi, sillä jätevesien puhdistuksen kautta vesistöön päätyvät mikromuovipäästöt eivät tutkimusten mukaan yksinään selitä kaikkea vesistöihin kertyvää muovin määrää. Liikenteen on myös todettu myös olevan tärkeä mikromuovin lähde erityisesti autojen renkaiden kulumisen kautta, jolloin muovihiukkasia päätyy todennäköisesti hulevesiin. (Setälä & Suikkanen, 2020, s. 63 ja 95) Näin ollen mikromuovien laatua ja esiintymistä erilaisten alueiden hulevesissä olisi tarpeellista selvittää.

Hulevesissä yleisimmin esiintyvien haitta-aineiden raja-arvojen laatimista tulisi harkita vakavasti. Koska huleveden laadulle tai siinä esiintyville haitta-aineille ei ole raja-arvoja, arvioidaan tällä hetkellä huleveden laatua käytännössä ympäristönsuojelulain avulla, mikä tarkoittaa hulevesistä aiheutuvan ympäristön pilaantumisen tai sen mahdollisuuden arviointia. Näin ollen huleveden laatua arvioidaan todennäköisesti hyvin eritasoisin tiedoin ja perustein eri puolella Suomea. Hulevesien laadun valvontaa ja käsittelyn parantamista voisi edesauttaa raja-arvot, jolloin veden laatua olisi helpompi arvioida samoin kriteerein eri puolilla Suomea.

Toisaalta huleveden raja-arvojen laatiminen olisi hyvin haasteellista, kun huleveden laatu vaihtelee merkittävästi säiden, vuodenaikojen, maankäytön, maaperän ja yksittäisten toimintojen suhteen. Raja-arvoja pitäisi pystyä soveltamaan paikalliset olosuhteet huomioden. Kevyempi vaihtoehto voisi olla, että joillekin selkeästi hulevettä kuormittaville toiminnoille laadittaisiin ohjeelliset ja realistisesti saavutettavat raja-arvot ympäristövalvonnan avuksi. Tällä tavoin voitaisiin puuttua helpommin yksittäisiin runsaasti hulevesiä kuormittaviin kohteisiin.

Tällä hetkellä jätteenkäsittelylaitosten ja muiden teollisuus- ja tuotantolaitosten hulevesien käsittelyjärjestelmä koostuu useimmiten hiekan- ja öljynerotimesta. Myös hulevesien viivytysjärjestelmiä virtaamien tasaukseksi on rakennettu varsinkin uudemmille laitoksille. Hulevesien osalta esimerkiksi metallien pidättymistä on tutkittu lähinnä biosuodatusalueilla, kosteikoilla ja muilla vastaavilla kentillä, joiden hyödyntäminen tiiviillä teollisuusalueilla on hankalaa. Tutkimusta ja uusia innovaatioita hulevesien käsittelyjärjestelmiksi tarvitaan, sillä tarvetta tehokkaalle hulevesien puhdistukselle olisi ainakin joillakin toimialoilla.



## LÄHTEET

Airola, J., Nurmi, P. & Pellikka, K. (2014) *Huleveden laatu Helsingissä*. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 12/2014. Kopio Niini Oy, Helsinki.

Aroviita, J., Mitikka, S. & Vienonen, S. (2019) *Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37/2019. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.

Geologian tutkimuskeskus (n.d.). *Happamat sulfaattimaat*. Haettu 10.4.2020 osoitteesta <http://gtkdata.gtk.fi/Hasu/index.html>

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (1997) *Tutki ja kirjoita*. Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki.

Kangas, A (2018) *Vesiympäristölle vaarallisia ja haitallisia aineita koskevan lainsäädännön soveltaminen*. Ympäristöministeriön raportteja 19/2018. Helsinki.

Karonen, M., Mäntykoski, A., Lankiniemi, V., Nylander, E., Lehto, K & Järlava, L. (2015) *Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelma vuosille 2016-2021*. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Raportteja 134/2015. Haettu 11.4 osoitteesta: <https://www.doria.fi/handle/10024/123191>

Lahermo, P., Väänänen, P., Tarvainen, T. & Salminen, R. (1996) *Suomen Geokemian Atlas, osa 3: Ympäristögeokemia – purovedet ja sedimentit*. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. Haettu 18.3.2020 osoitteesta: [http://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej\\_020.pdf](http://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej_020.pdf)

Laki tulvariskien hallinnasta 620/2010. Haettu 20.2.2020 osoitteesta: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20100620?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=laki%20tulvariskien%20hallinnasta%20#P19>

Maa -ja metsätalousministeriö (2009) *Kohti happamien sulfaattimaiden hallintaa- Ehdotus happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivoiksi*. Haettu 10.4.2020 osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-453-494-9>

Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999. Haettu 20.2.2020 osoitteesta: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=maank%C3%A4ytt%C3%B6-%20ja%20rakennuslaki>

Mannio ym. (2011) *Vesiympäristölle haitallisten teollisuus- ja kuluttaja-aineiden kartoitus (VESKA 1)* Suomen ympäristö 3/2011. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Haettu 27.3 osoitteesta: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37046/SY3\\_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37046/SY3_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Nenonen, P. (2013) *Asuinalueen rakentamisen vaikutukset veden laatuun, virtaamaan ja ainekuormitukseen – Esimerkkinä Espoon Suurpelto 2006-2012*. Pro- gradu tutkielma. Helsingin yliopisto. Geotieteiden ja maantieteen laitos. Maantieteen osasto.

Oravainen, R. (1999) *Vesistötulosten tulkinta – opasvihkonen*. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.

Riktvärdesgruppen (2009) *Förslag till riktvärden för dagvattenutsläpp. Regionala dagvattennätverket i Stockholms län. Regionplane- och trafikkontoret. Stockholms läns landsting*. Haettu 12.2.2020 osoitteesta: [http://stormtac.com/admin/Uploads/Riktvarden\\_dagvatten\\_feb\\_2009.pdf](http://stormtac.com/admin/Uploads/Riktvarden_dagvatten_feb_2009.pdf)

Salla, A., Nurmi, P. & Riipinen, M. (2012) *Lumen läjityksen ympäristövaikutukset Helsingissä*. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 3/2012. Kopio Niini Oy, Helsinki.

Setälä, O. & Suikkanen, S. (2020) *Suomen merialueen roskaantumisen lähteet*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 9/2020. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Haettu 30.3.2020 osoitteesta: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/313542>

Suomen Kuntaliitto. (2012) *Hulevesiopas*, Helsinki. Haettu 14.1.2020 osoitteesta <https://www.kuntaliitto.fi/asiantuntijapalvelut/yhdyskunnat-ja-ymparisto/tekniikka/hulevesien-hallinta/hulevesiopas>

STTV (2008) *Soveltamisopas Uimavesiasetukseen 177/2008*. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 177/2008 yleisten uimarantojen uimaveden laatuvaatimuksista ja valvonnasta. Helsinki.

Sänkiäho, L. & Sillanpää, N. (2012) *Stormwater-hankkeen loppuraportti. Taajamien hulevesihaasteiden ratkaisut ja liiketoimintamahdollisuudet*. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos, Aalto-yliopisto. Unigrafia Oy, Helsinki. Haettu 30.3.2020 osoitteesta: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-4555-9>

Vahtera, H. & Lahti, K. (2016) *Hulevesien haitta-aineet- Kuormitusriski Vantaanjoen vesistölle?* Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. Raportti 25/2016. Haettu 18.3.2020 osoitteesta: [http://www.vhvsy.fi/files/upload\\_pdf/6620/Raportti%2025-](http://www.vhvsy.fi/files/upload_pdf/6620/Raportti%2025-)

[2016%20Hulevesien%20haitta-aineet-Kuormitusriski%20Vantaan-joen%20vesist%C3%B6lle.pdf](#)

Valtanen, M., Sillanpää, N., Hätinen, N. & Setälä, H. (2010) *Hulevesien imeyttäminen ja suodattaminen: haitta-aineet ja menetelmät*. STORMWATER-hanke. Kirjallisuusselvitys. Helsingin yliopisto. Ympäristötieteiden laitos.

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta 1022/2006 Haettu 14.1.2020 osoitteesta: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20061022?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=Valtioneuvoston%20asetus%20vesiymp%C3%A4rist%C3%B6lle%20vaarallisista%20ja%20haitallisista%20aineista%20annetun%20valtioneuvoston%20asetuksen%20muuttamisesta>

Vantaan kaupunki. (2009) *Hulevesiohjelma*. Vantaan kaupunki.

Vantaan kaupunki (n.d.) *Vantaan karttapalvelu*. Haettu 13.5.2020 osoitteesta: <https://kartta.vantaa.fi/>

Vesihuoltolaki 119/2001. Haettu 20.2.2020 osoitteesta: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=vesihuoltolaki>

Vuori K-M. (2018). *Happamien sulfaattimaiden vesistöhaitat seuranta -ja tutkimustiedon valossa*. Ympäristö -ja Terveys- Lehti, 2018, 48-55.

Vilpas Pertti (n.d) *Kvantitatiivinen tutkimus*. Metropolia ammattikorkeakoulu. Haettu 11.4.2020 osoitteesta: <https://users.metropolia.fi/~per-vil/kvantsu/Moniste.pdf>