



## **Vesiensuojelun tehostamisohjelma; KAUPUNKIVESIEN HALLINTA JA HAITALLISTEN AINEIDEN VÄHENTÄMINEN (HULEVEDET)**

Petri Juntunen, Savonia-AMK

Tuomo Soininen, Emilia Uurasjärvi ja Laura Tomppo, UEF

Janne Kankkunen, BioSO4

### **Loppuraportti:**

## **Hulevesien laadun hallinnan ja monitoroinnin kehittäminen (HuLa)**

31.3.2023



## Sisällysluettelo

|   |    |
|---|----|
| Tiivistelmä .....   | 4  |
| 1. Johdanto .....   | 5  |
| 2. Hankeorganisaatio ja yhteistyöverkosto .....   | 6  |
| 2.1. Hankkeen osatoteuttajat, vastuutehtävät ja rahoitus .....  | 6  |
| 2.2. Muut hankkeen yhteistyöverkostot .....   | 7  |
| 3 Kohdealueiden kuvaus .....  | 7  |
| 3.1 Maljalahti .....  | 7  |
| 3.2 Siikalahden lumenkaatopaikka .....  | 9  |
| 3.3 Mustinlammen osavaluma-alue .....   | 10 |
| 3.4 Lampikartoitus .....  | 11 |
| 4 Näytteenotto- ja analyysimenetelmät .....   | 12 |
| 4.1 Maljalahden automaattinen mittausasema .....  | 12 |
| 4.2 Käsinäytteenotot .....  | 12 |
| 4.3 Hulevesien laadun perusparametrien analyysit .....  | 13 |
| 4.4 Mikromuovien näytteenotto- ja analyysimenetelmät .....  | 14 |
| 4.5 Mikrobiologiset analyysit .....   | 15 |
| 4.6 Jatkuvatoiminen vedenlaatuanalysointilaitteisto .....   | 16 |
| 4.7 Liukoisten metallien kenttämittausmenetelmä .....   | 16 |
| 4.8 Virtausmittaukset .....   | 17 |
| 4.9 Kuormituksen arviointi monitorointimenetelmien avulla .....   | 18 |
| 5 Puhdistuskokeet biopolymeereillä ja biohiilellä .....   | 19 |
| 5.1 Biopolymeerikoe .....   | 19 |
| 5.2 Biohiilipato .....  | 20 |
| 6 Tulokset, tulosten tarkastelu ja opitut asiat .....   | 21 |
| 6.1 Virtausmittaukset .....   | 21 |
| 6.2 Automaattinen näytteenotin .....  | 21 |
| 6.3 Ravinteet, kiintoaineet, metallit ja anionit .....  | 22 |
| 6.4 Sijaismuuttujamallit ja kuormituksen laskeminen .....   | 24 |
| 6.5 Mikromuovit .....   | 29 |
| 6.6 Mikrobit .....  | 33 |
| 6.7 Liukoisten metallien kenttämittaus .....  | 35 |
| 6.8 Rakentamisen aikaisten modulaaristen hulevesien käsittelymenetelmien toteutus ja toimivuuden seuranta ..... | 37 |
| 6.9 Lampiselvitys .....   | 42 |
| 7 Viestintä .....   | 43 |

|  |    |
|--|----|
| Liitteet:.....   | 43 |
| Liite 1. Case kortti, biohiilipato .....                       | 43 |
| Liite 2. Case kortti, biopolymeerisaostus .....                | 43 |
| Liite 3. Lampiselvitys .....                                   | 43 |
| Liite 4. Huleveiseminaarin esitykset powerpoint-muodossa ..... | 43 |
| Liite 4.1 Esittely .....                                       | 43 |
| Liite 4.2 Automaattinen näytteenotin .....                     | 43 |
| Liite 4.3 Tulokset ja mallintaminen .....                      | 43 |
| Liite 4.4 Metallianalyysit kenttämittauksella .....            | 43 |
| Liite 4.5 Mikromuovit.....                                     | 43 |
| Liite 4.6 Mikrobit.....  | 43 |
| Liite 4.7 Biopolymeerisaostus .....                            | 43 |
| Liite 4.8 Biohiilisaostus.....                                 | 43 |
| Liite 4.9 Lampiselvitys .....                                  | 43 |

## Tiivistelmä

Ympäristöministeriön vesiensuojelun tehostamisohjelman rahoittamassa HULA-hankkeessa (Hulevesien laadun hallinnan ja monitoroinnin kehittäminen) kehitettiin entistä parempia hulevesikuormituksen arviointi- ja käsittelymenetelmiä. Hankkeessa testattiin ja kehitettiin seurantamenetelmiä, joilla on mahdollista saada kattavaa tietoa hulevesikuormituksesta eri haitta-aineiden ja kuormitustilanteiden osalta. Lisäksi testattiin uusia modulaarisia hulevesien käsittelymenetelmiä, joita voidaan hyödyntää kohteissa, joihin kohdistuu korkea kuormitus.

Hankkeen toimenpiteet jakautuivat kolmeen päätehtävään: 1.) hulevesien sisältämien haitallisten aineiden määrien ja päästölähteiden selvittäminen, 2.) jatkuvatoimisten monitorointimenetelmien kehittäminen ja pilotointi hulevesien laadun ja kuormituksen seurantaan, sekä 3.) uusien hulevesien puhdistusmenetelmien kehittäminen ja toimivuuden todentaminen erityisesti likaisille ja normaalista poikkeaville hulevesille kenttäkohteissa.

Ensimmäisessä päätehtävässä selvitettiin mahdollisimman kattavasti erilaisten hulevesiä kuormittavien haitta-aineiden määriä erilaisissa kuormitustilanteissa. Mittauksia tehtiin käsinäytteenotoin sekä automaattinäytteenottimella. Näytteistä analysoitiin tavanomaisten kuormitusindikaattoreiden (kiintoaine, ravinteet, metallit) lisäksi myös huonommin tunnettuja kuormittajia, kuten mikromuoveja ja saastelähdejäljitettyjä mikrobeita. Mittausjakson aikana saatiin hyvä kokonaiskuva valuma-alueen kuormituksesta ja hyvistä mittauskäytännöistä. Tulosten osalta huomionarvoista oli lähes kaikkien parametrien osalta erittäin nopeat virtaamista riippuvat pitoisuuksien vaihtelut. Lisäksi tavoitteena oli luoda menettely hulevesien kuormituslähteiden paikallistamiseksi. Tähän käytettiin sekä kenttänäytteenottoa että soveltuvilta osin myös virtaamapainotettua kokoomanäytteiden ottamista, mutta myös kenttäkäyttöön tarkoitettua liukoisten metallien analysaattoria.

Mikromuovien keräämiseen hulevedestä kehitettiin näytteenottomenetelmä ja olemassa olevia mikromuovien analyysimenetelmiä sovellettiin hulevesinäytteille. Mikromuovikuormituksen havaittiin riippuvan voimakkaasti virtaamasta ja sadeolosuhteista, joten se vaihteli paljon ajallisesti. Löydetyimmät muovilaadut olivat yleisesti kuluttajatuotteissa käytettyjä materiaaleja, kuten polyeteeniä ja polypropeenia. Pistemäinen näytteenotto antoi karkean arvion mikromuovikuormituksesta, joten tarkempaa kuormituksen laskentaa varten tulisi kehittää myös mikromuoveille soveltuvaa automaattinäytteenottoa.

Mikrobien osalta tutkimuksessa seurattiin yleisimpiä vesistöistä seurattavia indikaattorimikrobeita. Mikrobien päästölähteiden jäljitys toteutettiin tutkimalla neljä eri markkeria (yleinen, ihminen, koira, linnut). Tutkimukset osoittivat, että hulevedet ovat vesistöille merkittävä mikrobikuormittaja kaupunkialueiden rannoille. Päästömäärien ja -lähteiden osalta tulokset vastasivat pääosin johdonmukaisesti alueiden käyttömuotoja, lukuun ottamatta ihmisperäisiä markkereita. Tulosten perusteella ihmisperäisten markkerien soveltuvuutta esimerkiksi jätevesivuotojen markkerina tulisi selvittää tarkemmin.

Toisessa päätehtävässä toteutettiin jatkuvatoimisten monitorointimenetelmien kehitystyötä Maljalahdelle rakennetulla mittausasemalla. Asemalla mitattiin sensoripohjaisesti tärkeimpiä hulevesien hydrologisia ja laadullisia muuttujia. Tärkein kehityskohde oli automaattinen näytteenotto, jonka avulla onnistuttiin saamaan ajallisesti kattavia näytteenottosarjoja sadetapahtumien aikana. Tulokset osoittivat hulevesien kuormituksen vaihtelevan hyvin nopeasti sadetapahtumien aikana. Lisäksi testattiin sensoridataan pohjautuvia ”sijaismuuttujamalleja” kuormituksen arvioinnissa. Tulosten perusteella erityisesti sameusmittaus korreloi kohtuullisen hyvin kiintoaineen ja fosforin kanssa. Tämän pohjalta kehitettiin menetelmä, jolla oli mahdollista arvioida esim. kiintoaineen ja fosforin kuormitusta reaaliaikaisesti.

Kolmannessa päätehtävässä pilotoitiin kahta suuren pistekuormituksen kohteisiin tarkoitettua hulevesien käsittelymenetelmää. **Biopolymeerisaostukseen** perustuvaa menetelmää tutkittiin kerrostalotyömaan hulevesien käsittelyyn. Vastaavasti **biohiilisuodatusta** tutkittiin lumenkaatopaikan vesien käsittelyyn. Tuloksista voidaan todeta, että biopolymeerisaostus soveltuu kiintoaineen ja fosforin poistoon, kun kiintoainekuormat ovat korkeita (pitoisuus yli 100 mg/l). Vastaavasti biohiilisuodatuksessa saavutettiin kohtalaisen hyviä tuloksia, kun tavoitteena oli poistaa fosforia.

Lisäksi hankkeessa toteutettiin lampiselvitys Kuopion alueen kaupunkilammille. Siinä keskeistä oli kehittää ja kuvata toimiva prosessi lampiselvityksen toteuttamiseksi. Lampiselvityksen tuloksena löydettiin uusia korkean kuormituksen kohteita esim. Litmasenlammen valuma-alueelta.

Hankkeessa opittuja asioita jaettiin tämän loppuraportin lisäksi useissa seminaareissa, tämä raportin liitteenä olevissa osaraporteissa sekä menetelmäkohtaisissa tuotekorteissa ja tiedotteissa. Yksityiskohtaisimmin tuloksia on esitetty Savonia AMK:n 1.12.2022 järjestämässä webinaarissa (<https://kuopiowatercluster.com/fi/2022/11/03/hula-hankkeen-loppuwebinaari-to-1-12-2022-klo-9-15-ilmoittaudu-mukaan/>).

Tämän hankkeen päärahoittajana on toiminut ympäristöministeriö (ks. [vesiensuojelun tehostamisohjelma](#)) avustuksen ollessa 350 724 euroa.

## 1. Johdanto

Kaupunkien vesien hallinta ja haitallisten aineiden vähentäminen on yksi vesiensuojelun tehostamisohjelman teemoista. Viime aikoina on tunnistettu tarve tarkastella hulevesiä niiden määrällisen hallinnan lisäksi myös laadun näkökulmasta. Tämän myötä on tunnistettu olevan tarvetta myös hulevesien kuormituksen vähentämiseen hyödyntäen uusia modulaarisia puhdistusmenetelmiä hulevesien käsittelyyn hulevesien käsittelyyn niiden laadun parantamiseksi ja vesistökuormituksen pienentämiseksi.

Entistä paremman hulevesien laadun hallitsemiseksi tarvitaan entistä kattavampaa tietoa hulevesien kuormituksesta. Tällä hetkellä hulevesistä hulevesikuormitusta on seurattu pääasiassa esimerkiksi kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksia, sen sijaan esimerkiksi mikromuovien tai mikrobien pitoisuuksia ei tunneta yhtä hyvin. Tässä hankkeessa tavoitteenamme oli analysoida eri haitta-aineita niin kattavasti kuin se olisi projektin puitteissa mahdollista. Näytteenoton taustatietona on virtaama, sääolosuhteet ja valuma-alueen maankäytölliset erityispiirteet. Tuloksena saadaan tietoa, aiheuttaako hulevesi tietyiltä alueilta tai runsaan sadannan aikana lähivesistöihin raskasmetallikuormitusta. Tuloksia voidaan siten hyödyntää hulevesien puhdistustarpeen kohdentamisessa.

Pelkästään käsinäytteenottoon perustuvilla keruunäytteillä on vaikea päästä riittävän kattavaan näytteenottoon. Esimerkiksi sadetapahtumia voi olla yhden kesän aikana hyvin harvoin ja ne voivat tapahtua viikonloppuisin ja yöaikaan, mikä ei ole ongelma automaattinäytteenottimelle. Aikaisemmin automaattinäytteenottimia on käytetty lähinnä aikakomennolla vuorokausikokoomanäytteen keruussa. Tässä hankkeessa tavoitteena oli kehittää automaattista näytteenottoa siten, että sillä voidaan ottaa näytteitä erityisesti silloin, kun hulevesien pitoisuudet ovat normaalista poikkeavat, kuten sadetapahtumien aikana. Mahdollisimman kattavan datan kerääminen on välttämätöntä myös kuormitusmalleja varten. Näitä ovat esimerkiksi datapohjaiset sijaismuuttujamallit, jotka hyödyntävät jatkuvatoimisten sensoripohjaisten mittalaitteiden informaatiota. Toisaalta datapohjaisten mallien käyttäminen esim. kokonaistypelle tai fosforille vaatii vastavuoroisesti näytteenottoon pohjautuvaa dataa. Kerättyä hydrologista- ja laatudataa voidaan hyödyntää esimerkiksi mallien opetuksessa, kalibroinnissa ja validoinnissa.

Automaattisen näytteenoton avulla pelkästä näytteenotosta ja laboratorioanalyysistä perustuvaan datan keräämisen lisäksi on tarvetta myös reaaliaikaisesti kerättävälle sensoripohjaiselle datalle esimerkiksi mallinnuksen tarpeisiin. Tässä hankkeessa tavoitteena oli testata sensoripohjaisen laatumittauksen datan soveltuvuutta yksinkertaisten sijaismuuttujamallien rakentamiseksi. Tehtyjä malleja hyödynnettiin edelleen kuormituksen arvioinnissa.

Kun hulevesikuormitus tunnetaan tarpeeksi tarkasti, voidaan hulevesien käsittelyyn käyttää ajoituksen ja sijainnin suhteen entistä täsmällisempiä menetelmiä. Tässä hankkeessa tällaisina menetelminä testattiin biohiilisuodatusta ja biopolymeerisaostusta.

Tässä raportissa olemme käyttäneet termiä ”haitta-aineet” kuvaamaan kaikkia tutkittuja pitoisuusparametrejä mukaan lukien mm. ravinteet ja mikromuovit, jotka eivät tarkkaan ottaen ole haitta-aineita. Sana ”haitta-aine” ei siis tässä yhteydessä ota kantaa kyseisen aineen haitallisuuteen vesistössä.

## 2. Hankeorganisaatio ja yhteistyöverkosto

### 2.1. Hankkeen osatoteuttajat, vastuutehtävät ja rahoitus

**Savonia-ammattikorkeakoulu oy (Savonia)** toimi hankkeen **päätoteuttajana** vastaten hankkeen koordinoinnista ja hallinnoinnista. Lisäksi Savonia vastasi hankkeen aikaisten pilotointien käytännön toteutuksesta (polymeerisaostus ja biohiilipato) sekä Maljapuron valuma-alueen on-line – monitoroinnin pilotointi). Toimenpiteet sisälsivät mm. pilotointijaksojen aikaisen näytteenoton ja perusvesianalyysien toteutuksen sekä teknisen tuen laitteistojen käyttöön ja ylläpitoon. Savonialta hankkeeseen osallistui Ympäristötekniikan yksikön asiantuntijoita, laitteistoja sekä analytiikkaa. Osa analytiikasta (mikrobianalytiikka, ja liuenneiden raskasmetallien kenttämittaukset) toteutettiin ostopalveluna. Hankkeen projektipäällikkönä toimi 7/2022 asti Antti Koskenlahti, jonka jälkeen Petri Juntunen. Automaattiseen näytteenottoon liittyvästä kehitystyöstä sekä lampiselvityksestä vastasi Tuomas Parkkunen. Lisäksi pilottien suunnittelusta, rakentamisesta ja ylläpidosta vastasi Savonian ympäristötekniikan tiimistä Tero Kuhmonen, Olli Torvinen ja Jari Sonninen. Lisätietoja projektista antaa Petri Juntunen [petri.juntunen@savonia.fi](mailto:petri.juntunen@savonia.fi).

**Itä-Suomen yliopisto (UEF)** toimi hankkeessa **osatoteuttajana** vastaten Työpaketin 3.1 ”Hulevesien sisältämien haitta-aineiden tarkennettu analyysi ja päästölähteiden kartoitus” toteutuksesta. Kartoituksessa määritettiin erityisesti mikromuovien pitoisuuksia, mutta lisäksi tehtiin vertailevaa analytiikkaa raskasmetallien, mikrobien, ravinteiden, sekä kiintoaineen pitoisuuksista ja niiden päästölähteistä tutkimusalueilta. Kartoituksella syvennettiin tietämystä hulevesien laadusta ja haitta-aineiden lähteistä ja hulevesien vaikutuksesta kaupunkien lähivesien vedenlaatuun. Lisäksi UEF osallistui tiedon jalkauttamiseen sekä suositusten laadintaan projektin loppupuolella. UEF:in puolelta projektiryhmään kuuluivat Laura Tomppo, Emilia Uurasjärvi sekä Tuomo Soininen. Lisätietoja UEF:n puolelta antaa Laura Tomppo [laura.tomppo@uef.fi](mailto:laura.tomppo@uef.fi).

**BioSO4 Oy** toimi hankkeessa **osatoteuttajana** vastaten likaisten, rakentamisen aikaisten hulevesien modulaarisen käsittelymenetelmän (biopolymeerikäsittely) kehittämistyöstä ja menetelmän toimivuuden todentamisesta kenttäkohteissa yhteistyössä Savonian kanssa. Lisätietoja BioSO4 puolesta antaa Janne Kankkunen [janne.kankkunen@bioso4.com](mailto:janne.kankkunen@bioso4.com).

Hankkeen päärahoittajana on toiminut ympäristöministeriön vesiensuojelun tehostamisohjelma 350

724 eurolla. Lisäksi hanketta ovat osaltaan rahoittaneet Savonia, UEF ja BioSO4.

## 2.2. Muut hankkeen yhteistyöverkostot

**Kuopion kaupunki** toimi hankkeen **yhteistyökumppanina** osoittaen hankkeen käyttöön tarvittavat hulevesikohteet sekä luovuttamalla hankkeen käyttöön kohdealueiden taustatiedot niiden vedenlaadusta, osavaluma-alueista sekä hulevesiverkostoista. Lisäksi Kuopion kaupunki osallistui hankkeen ohjausryhmätyöskentelyyn.

Lisäksi osa hankkeen toimenpiteistä toteutettiin ostopalveluna hankkeen ulkopuolisilta tahoilta kilpailuttamalla hankinnat hankkeen aikana. Näitä toimenpiteitä ovat:

- Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL) vastasi ostopalveluna tutkimuksista osatehtävässä mikrobiologinen laatu ja kontaminaatioiden lähteet.
- Metallien pitoisuuksien tarkemmat analyysit tulosten validointiin tilattiin Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy:lta.
- Liukoisten raskasmetallien kenttämittausten kokeista vastasi 3AWater Oy.
- Lisäksi tehtiin laitehankintoja useilta eri laitetoimittajilta.
- Lisäksi hankkeen toteutuksessa hyödynnettiin Kuopio Water Cluster -verkoston laaja-alaista osaamista ([www.kuopiowatercluster.com](http://www.kuopiowatercluster.com)) ja analyysivalmiuksia sekä olemassa olevia laitteistoja soveltuvilta osin.

## 3 Kohdealueiden kuvaus

Valuma-alueet ja niiden sisältämät osavaluma-alueet on valittu siten, että ne edustavat kattavasti yleisesti kaupunkialueilla esiintyviä valuma-aluetyyppejä ja soveltuvat siten hyvin tutkimuskohteiksi. Valuma-alueilla sijaitsee mm. tiiviisti rakennettuja keskusta-alueita, erityyppisiä teollisuus- ja liikennealueita, puistoja ja jopa luonnontilaista metsää, mutta toisaalta rakentamisen alla olevaa aluetta. Valuma-alueiden purkuvesistöillä on myös korkea virkistyskäyttöarvo. Tämän hankkeen kohdealueiksi valittiin kolme kuormituskohdetta; Maljalahden valuma-alue Kuopion keskustassa, lumenkaatopaikka-alue Siikalahdessa sekä korkean kuormituksen kerrostalotyömaan osavaluma-alue Mustinlammen valuma-alueella. Seuraavissa kappaleissa on esitetty kohteista tarkemmat kuvaukset.

### 3.1 Maljalahti

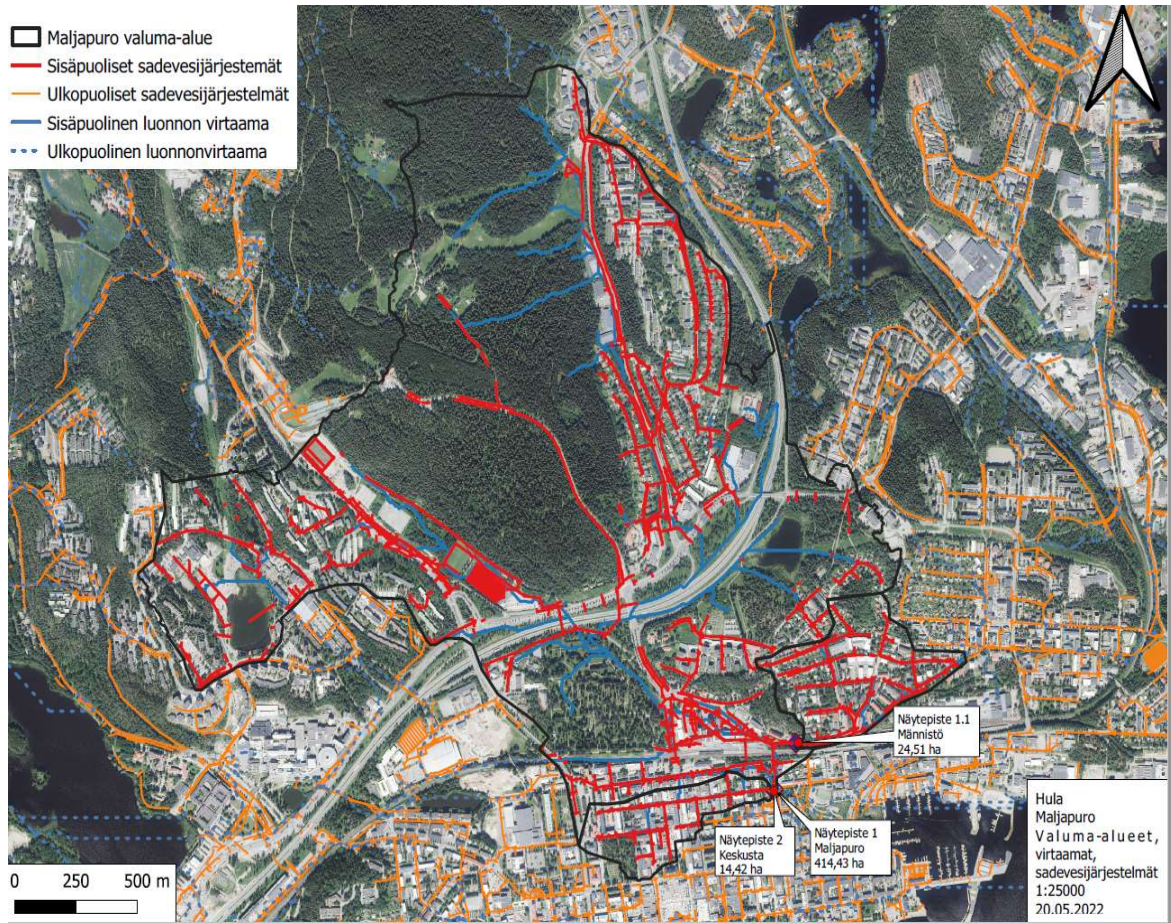
**Maljalahden valuma-alue** sijaitsee Kuopion keskusta-alueen tuntumassa (ks. kuva 1). Alue on liikennevaltainen alue, josta hallinnon ja palvelun alueiden osuus on 13 %. Valuma-alueen koko on 4,14 km<sup>2</sup>, josta rakennettua aluetta on 2,93 km<sup>2</sup>. Rakennetulta alueelta muodostuvat hulevedet laskevat Maljalahteen neljän sadevesiviemärin ja 300 metriä pitkän Maljapuron kautta, jonka puhdistusteho on 70 % kiintoainekuormituksesta ja 20 –30 % fosfori- ja typpikuormituksesta. Maljalahteen laskevaan puroon johdetaan seitsemän sadevesiviemäriä, jotka keräävät hulevesiä Inkilänmäen omakoti- ja kerrostaloalueelta, Puijon ulkoilualueelta ja keskustan alueelta. Valuma-alueen sisällä on Maljalampi, jonne laskee Linnanpellon omakotialueen ja moottoritien liittymän hulevedet. Maljalampi laskee ojia ja sadevesiviemäreitä pitkin Maljalahteen. Maljalahti on lähes umpinainen satama-allas, jossa on venelaitureita ja polttoainenjakepiste. Liikennealueet aiheuttavat puolet kiintoaine- ja kokonaisfosforikuormituksesta ja kolmanneksen kokonaistyyppikuormituksesta. Maljalahden ulkoinen

fosforikuormituksen sietokyky ylittää huomattavasti sen sietorajan. Tutkimustulosten perusteella Maljalahden tila on tyydyttävä ja alueelta tulevaa hulevesikuormitusta tulisi alentaa.

Maljalahden alueen mittaukset toteutettiin kolmessa näytteenottopisteessä, joista Maljapuron mittauspisteessä oli kiinteä mittausasema. Maljalahden näytenpisteet taulukossa 1 ja valuma-alue on esitetty kuvassa 1.

Taulukko 1. Maljalahden alueen mittaukset ja näytenpisteet.

| Näytenpiste         | valuma-alueen pinta-ala | Valuma-alueen tyyppi       | Mittaukset  |
|---------------------|-------------------------|----------------------------|---|
| <b>1 Maljapuro</b>  | 414 ha                  | Keskusta, viheralue, lähiö | Virtaama, sadanta, laatusensori, automaattinen näytteenotin |
| <b>1.1 Männistö</b> | 24 ha                   | Kaupunkilähiö              | Virtaama  |
| <b>2 Keskusta</b>   | 14 ha                   | Ydinkeskusta               | Virtaama  |



Kuva 1. Maljalahden valuma-alue.

### Maljalahden mittausasema

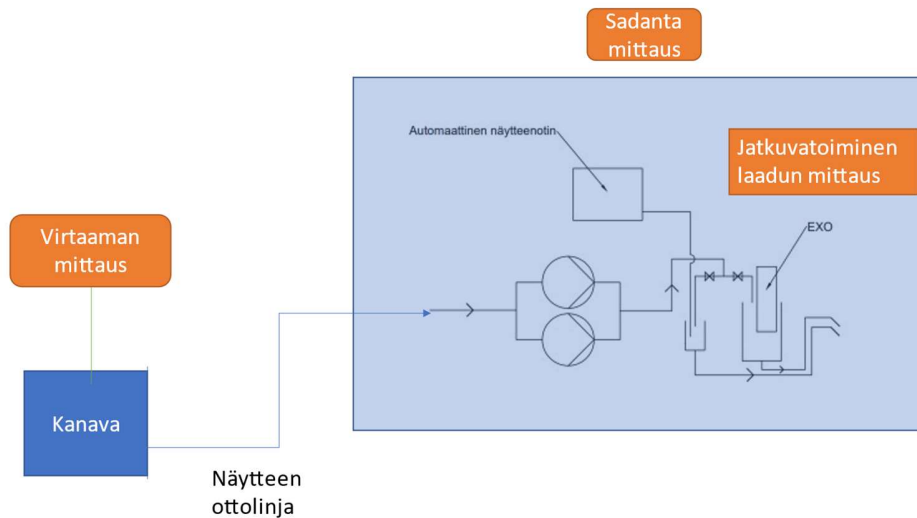
Maljalahden kiinteä mittausasema sisälsi tärkeimpien hydrologisten parametrien mittauksen (sadanta ja virtaama), sensoripohjaisen laatumittauksen (YSI EXO2) sekä näytteenottolinjan ja automaattisen näytteenottimen. Maljalahden mittausasema on esitetty kuvassa 2.





Kuva 2. Maljalahden mittausasema.

Mittausaseman toimintaperiaate on esitetty kuvan 3 periaatekaaviossa.



Kuva 3. Periaatekuva mittausaseman toiminnasta.

### 3.2 Siikalahden lumenkaatopaikka

**Siikalahden lumenkaatopaikan** valuma-alueen koko on 1.18 ha. Lumenkaatopaikka muodostaa mielenkiintoisen tutkimusalueen, koska sulavan lumen mukana kulkeutuu kohtuullisen paljon haitta-aineita vesistöön. Lisäksi alue on hyvin kompakti, joten esimerkiksi valuma-alue voitiin kartoittaa hyvinkin tarkasti. Lumenkaatopaikka on hydrologisesti otollinen tutkimusalue, koska sulamisvesien ansiosta valuma-alueelta tulee myös sateettomina aikoina sekä määrällisesti, että laadullisesti merkittäviä määriä hulevesikuormitusta. Tutkimusalueelta muodostuvat hulevedet johdetaan sadevesiviemäriä pitkin

Siikalahden. Tutkimustulosten perustella Siikalahdi on huonokuntoinen; Vollenweiderin mallin mukaan Siikalahden ulkoinen fosforikuormituksen sietokyky ylittää huomattavasti ylemmän sietorajan. Siikalahden lumenkaatopaikan alue näytteenotuspisteineen on esitetty kuvassa 5.



Kuva 4. Lumenkaatopaikan valuma-alue.

### 3.3 Mustinlammen osavaluma-alue

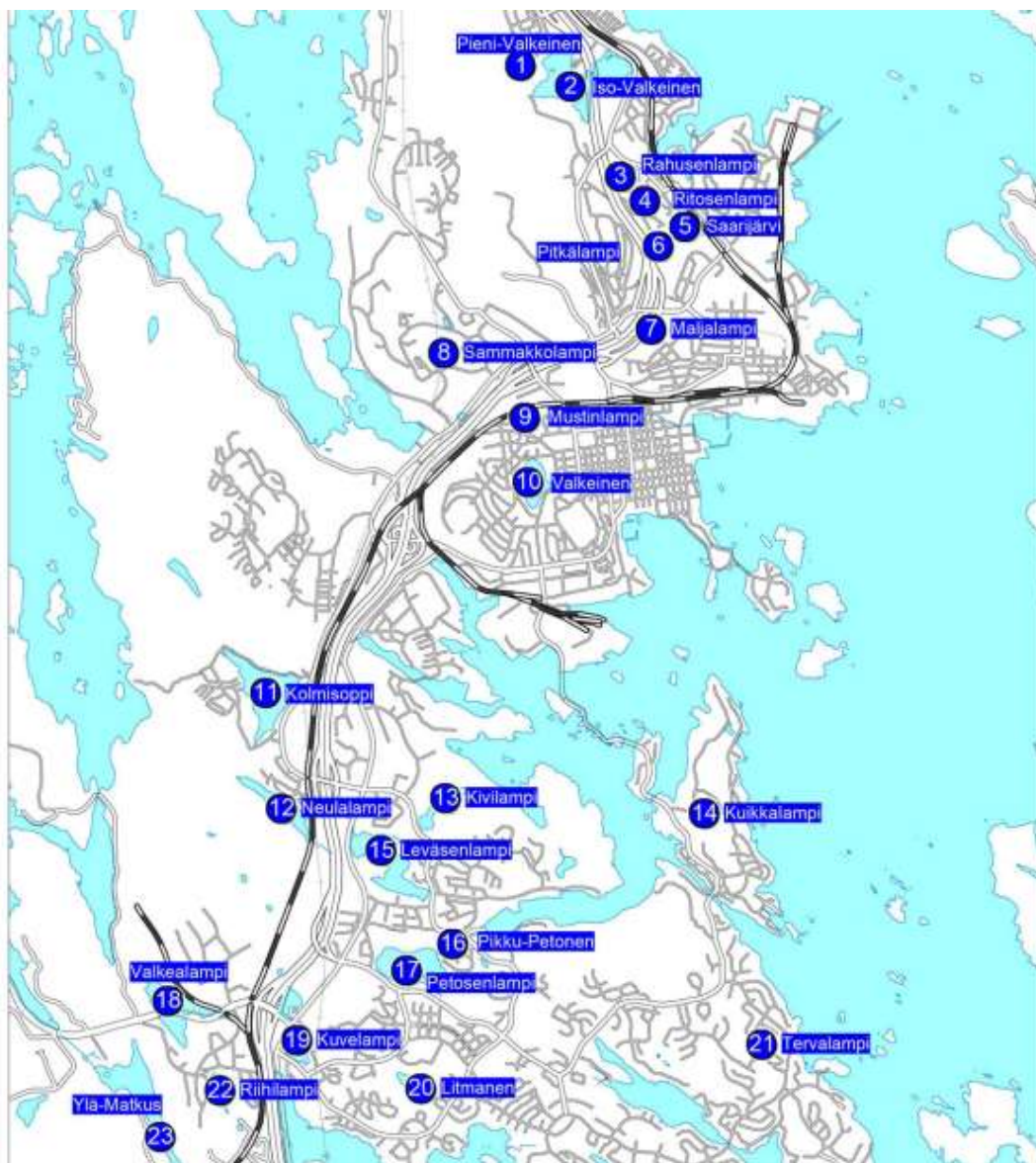
**Mustinlammen osavaluma-alue** sijaitsee Kuopion keskusta-alueella. Alueelle on rakenteilla uusi kerrostaloalue, minkä takia Mustinlampeen kohdistui normaalia korkeampi hulevesikuormitus. Alueen pinta-ala on noin 3.5 ha. Mustinlammen osavaluma-alue on esitetty kuvassa 6.



Kuva 5. Mustinlammen valuma-alue.

### 3.4 Lampikartoitus

HuLA-hankkeessa hankkeessa selvitettiin myös hulevesien lampiin aiheuttaman ns. peruskuormituksen tasoa kaupunkilampien veden laatuun vaikuttavien toimenpiteiden oikeanlaisen kohdentamisen arvioimiseksi. Tutkimuksessa oli mukana kaikkiaan zseitsemän lampea (Maljalampi, Mustinlampi, Saarijärvi, Pieni-Valkeinen, Litmanen, Tervalampi ja Petosenlampi). Projektissa keskityttiin erityisesti Maljalammen ja Litmasenlammen kuormituksen selvittämiseen.



Kuva 6. Kuopion kaupunkilammet. Hankkeessa mukana olivat lammet 1: Pieni-Valkeinen, 5: Saarijärvi, 7: Maljalampi, 9: Mustinlampi, 9: Mustinlampi, 17: Petosenlampi, 20: Litmanen ja 21: Tervalampi. (kartta: Kuopion kaupunki)

## 4 Näytteenotto- ja analyysimenetelmät

### 4.1 Maljalahden automaattinen mittausasema

Automaattisen näytteenottiminen toimintaa ja rakennetta kehitettiin erityisesti projektin ensimmäisen vuoden aikana. Erityisen haasteellista oli luotettavan pumppauksen sekä näytteenoton käynnistyksen kehittäminen mittausasemalle.

Toinen paljon työtä vaatinut asia oli parhaimman näytteenottostrategian rakentaminen erityisesti sadantatapahtuman ajalle (optimaalinen näytteenottoaika/astia, astian koko, astioiden lukumäärä). Parhaimmaksi menetelmäksi osoittautui seuraavanlainen toimintaperiaate:

- Näytteenotto käynnistyy pintakytkimellä, virtaaman kasvaessa (sadetapahtuman alkaessa).
- Näytteenotin kerää 5 näytettä yhteen pulloon 10-15 min ajan, jonka jälkeen vaihtuu uuteen pulloon (12 pulloa kaikkiaan)
- Näytteenotto pysähtyy, kun kaikki pullot ovat täynnä tai pinta laskee alle käynnistysrajan
- Näytteet säilyvät +8°C asteisessa jääkaapissa

Automaattinen näytteenotin ja säilytyskaappi sekä jatkuvatoiminen vedenlaatumittari on esitetty kuvassa 4.



Kuva 7. Automaattinen näytteenotin (vasemmalla) ja säilytyskaappi (alla) sekä jatkuvatoiminen vedenlaatumittari (oikealla).

### 4.2 Käsinäytteenotot

Kampanjamuotoisia käsinäytteenottokertoja toteutettiin kaiken kaikkiaan 50 päivän aikana. Näytteiden otto pyrittiin ajoittamaan mahdollisimman kattavasti erilaisten säätapahtumien aikana, erityisesti pyrittiin saamaan näytteitä sadetapahtumien aikana. Näytteenottokierroksen sisältyi Maljapuron kolme näytteenottopistettä (Maljapuro, Männistö ja Keskusta) sekä kolme lumenkatopaikan pistettä (lumenkaatopaikan yleisnäyte sekä ennen ja jälkeen biohiilipadon). Lisäksi näytteenottokierroksessa oli mukana 2-3 Mustinlammen näytteenottopistettä (ennen ja jälkeen biopolymeerikäsittelyn sekä

Mustinlampi) silloin, kun käsittely oli toiminnassa. Edellä mainittujen lisäksi erityisesti projektin alkuvaiheessa otettiin jonkin verran hajanäytteitä ympäri valuma-alueita lähinnä optimaalisen näytteenottopisteen selvittämiseksi. Näytteenoton periaatteena oli, että samalla näytteenotokerralla toteutetaan kaikki ohjelman mukaiset analyysit yhtä aikaa (Savonia, UEF, 3Awater, ym.).

### 4.3 Hulevesien laadun perusparametrien analyysit

Ravinnemääritykset tehtiin Savonialla. Typpipitoisuus määritetään hiili- ja typpianalyssaattorilla, ja liukoisen fosforin pitoisuus ionikromatografialla. Kaikista näytteistä analysoitiin vähintään taulukossa 2 esitetyt perusanalyysit (32 parametria). Näiden lisäksi erillisen ohjelman mukaisesti otetuista rinnakkaisnäytteistä analysoitiin mm. mikrobeita (ks. 4.5), mikromuoveja ks. 4.4), varmistavia rinnakkaisanalyysejä sekä liukoisten raskasmetallien kenttäanalyysejä (ks 4.7).

*Taulukko 2. Kaikista näytteistä analysoidut parametrit.*

|                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| Käsimittaukset kentällä | pH                        |
|                         | Lämpö                     |
|                         | Sähkönjohtokyky           |
|                         | Happi                     |
| Ionikromatografi        | Fluoridi                  |
|                         | Kloridi                   |
|                         | Nitriitti                 |
|                         | Bromidi                   |
|                         | Nitraatti                 |
|                         | Fosfaatti                 |
|                         | Sulfaatti                 |
|                         | Litium                    |
|                         | Natrium                   |
|                         | Ammonium                  |
|                         | Kalium                    |
|                         | Kalsium                   |
|                         | Hiili-typpianalyssaattori |
| Tot-N                   |                           |
| TXRF_Määritykset        | Titaani                   |
|                         | Vanadiini                 |
|                         | Kromi                     |
|                         | Mangaani                  |
|                         | Rauta                     |
|                         | Koboltti                  |
|                         | Nikkeli                   |
|                         | Kupari                    |
|                         | Sinkki                    |
|                         | Arseeni                   |
|                         | Bromi                     |
|                         | rubidium                  |
|                         | Strontium                 |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
|                           | Barium     |
|                           | Lyijy      |
| Muut laboratorioanalyysit | Total-P    |
|                           | Sameus     |
|                           | Kiintoaine |

#### 4.4 Mikromuovien näytteenotto- ja analyysimenetelmät

Mikromuovinäytteitä otettiin kampanjaluonteisesti Maljapuron eri osavaluma-alueilta kesäkauden aikana, jotta voitiin seurata, mitkä tekijät vaikuttivat huleveden mikromuovikuormitukseen. Maljapuron lisäksi toteutettiin näytteenottokampanjat lumenkaatopaikan läheisyydessä sekä hulevesien puhdistuksen pilot-kohteissa. Näytteenotto tapahtui samaan aikaan kuin muukin kampanjaluonteinen käsinäytteenotto. Kokonaisuudessaan mikromuovinäytteitä otettiin seuraavasti:

- Männistö 4 kpl
- Keskustan purkuputki 6 kpl
- Maljapuro 5 kpl
- Lumenkaatopaikka 6 kpl
- Lumenkaatopaikan biohiilipato 8 kpl

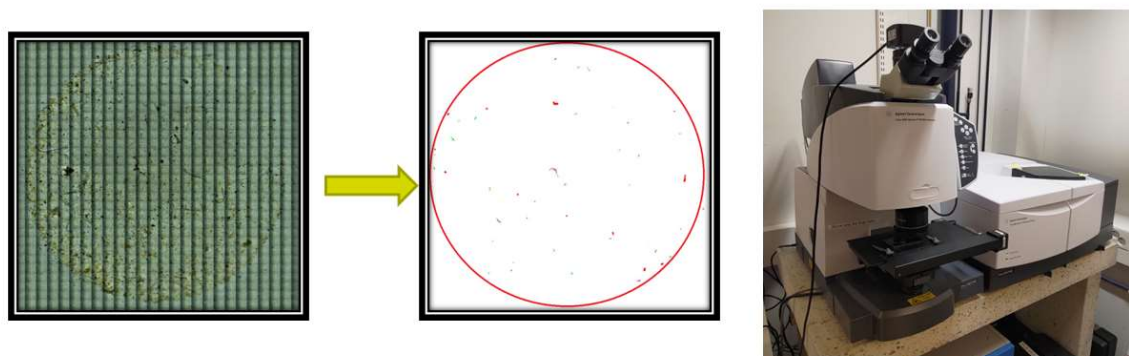
Mikromuovien näytteenotossa pyritään keräämään mahdollisimman edustava määrä kiintoainesta hulevedestä, joten se vaati erilaisia menetelmiä kuin veteen liuenneiden aineiden näytteenotto. Näytteenottomenetelmässä (Kuva 7) hulevettä pumpattiin noin 50 L per näyte akkukäyttöisellä kannettavalla pumpulla avo-ojasta tai hulevesikaivosta teräsputkeen, johon asetettiin sopivan huokoiskoon terässuodattimia kiintoaineksen keräämiseen (300, 100 ja 50  $\mu\text{m}$  riippuen kohteen kiintoainepitoisuudesta).



Kuva 8. Mikromuovien näytteenottomenetelmä. Punaisella akkukäyttöisellä pumpulla pumpataan vesi kohteesta letkun kautta teräsputkeen, johon voi laittaa 1–3 suodatinta keräämään eri kokoista kiintoainesta.

Terässuodattimille kerättyä kiintoainesta esikäsiteltiin, jotta siitä saatiin erotettua mikromuovit analyysiin.

Näytteen esikäsittelymenetelmässä oli kaksi vaihetta: ensin poistettiin orgaaninen aines hajottamalla se vetyperoksidilla (30 %) ja suodattamalla näyte. Sen jälkeen poistettiin epäorgaaninen aines (hiekkä) tiheyseroihin perustuvalla erottelulla. Tiheyserotteluun käytettiin tiheydeltään noin 1,8 g/cm<sup>3</sup> natriumpolyvolframaattiliuosta. Käsittelyn jälkeen näyte suodatettiin hopeamembraanisuodattimelle (halkaisija 25 mm, huokoiskoko 5 µm). Suodattimen pinnalta kuvattiin spektrikartta, josta muovit tunnistettiin (Kuva 8).



*Kuva 9. Mikromuovien analyysimenetelmä. Kvantavalla infrapunaspektrometri-mikroskoopilla otetaan valomikroskooppikuva suodattimesta, jolla näytteestä erotellut mikromuovit ovat. Kuvasta valitaan alue, jolta mitataan infrapunaspektrit, joiden perusteella partikkelit tunnistetaan muoveiksi tai muuksi aineksi.*

Analyysivaiheessa spektrikartan kuvaamisessa sovellettiin jo aiemmin kehitettyä menetelmää mikromuovien tunnistamiseen kuvantavalla infrapunaspektroskopiolla (FTIR) (Uurasjärvi et al. 2021, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117780>). Data analysoitiin ilmaisella siMPle-ohjelmalla ([www.simple-plastics.eu](http://www.simple-plastics.eu)), joka vertaa näytteen FTIR-spektrejä muovien kirjastospektreihin. Tunnistusmenetelmällä analysoitiin näytteistä seuraavat yleisesti käytössä olevat muovityypit: polyeteeni (PE), polypropeeni (PP), polyamidi (PA), polyeteenitereftalaatti (PET), polystyreeni (PS), akryylinitriilibutadienistyreeni (ABS), polyuretaani (PU), polyvinyylikloridi (PVC), polymetyylimetakrylaatti (PMMA) and polyakryylinitriili (PAN). Tuloksena kuvantavasta FTIR-analyysistä saatiin mikromuovien lukumäärä, arvio mikromuovien kokonaismassasta, muovityypit ja partikkelikoot.

Mikromuovien kokonaiskuormituksesta sadetapahtuman tai vuorokauden aikana laskettiin arvio virtaamadatan perusteella. Kuormitus laskettiin kaavalla:

$$\text{Kuormitus} = \text{massakonsentraatio (g/l)} * \text{virtaama (l/min)} * \text{sadetapahtuman kesto (min)}$$

Virtaamadataa oli käytettävissä Maljapuron, Keskustan ja Lumenkaatopaikan näytteille, joten vain niille laskettiin kuormitusarviot.

#### 4.5 Mikrobiologiset analyysit

**Mikrobiologisten analyysien** osalta määritettiin seuraavat tulokset ostopalveluna: Koliformisten bakteerien ja E. coli -bakteerin herkistetty analyysi vedestä, Suolistoperäisten enterokokkien

herkistettyanalyysi vedestä, Pesäkelukumäärä 22 °C R2A-alusta, Saastelähteiden jäljitys (engl. Microbial Source Tracking, MST). Tutkimuksissa valittiin neljä eri markkeria (yleinen, ihminen, linnut, koira).

Kaiken kaikkiaan mikrobinäytteenotokertoja oli 11 kpl. Kullakin näytteenotokerralla näytteet otettiin kuudesta eri pisteestä (keskusta, Männistö, Maljapuro, Lumenkaatopaikka, sekä ennen ja jälkeen biohiilipadon). Näytteen otettiin samalla kertaa kuin vastaavat käsin tehtävät näytteenotot.

#### 4.6 Jatkuvatoiminen vedenlaatuanalysointilaite

Maljalahden mittausasemalla oli lisäksi käytössä jatkuvatoiminen vedenlaatumittari YSI EXO2. Analysointilaite raportoiti dataa 5 minuutin välein. Vedenlaatumittari oli asennettu mittausaseman sisällä olevaan näytteenottoastiaan, jonne oli järjestetty jatkuva näytteen pumppaus. Suositeltavampi tapa asentaa mittari suoraan kanavaan, mutta se ei ollut mahdollista todennäköisen ilkvallan takia. Laite tuottaa seuraavat mittaukset:

- Sähkönjohtokyky (mS/M)
- pH
- Happipitoisuus (mg/l)
- Sameus (NTU)
- Lämpötila (C°)

EXO -analysointilaite on esitetty kuvassa 9. Analysointilaitteen kokoonpanoa esiteltiin myös aikaisemmissa kuvissa 3 ja 4.



Kuva 10. Hankkeessa käytetty jatkuvatoiminen vedenlaatuanalysointilaite (YSI EXO2).

#### 4.7 Liukoisten metallien kenttämittausmenetelmä

Lisäksi mittauskampanjan yhteydessä kokeiltiin kentällä tapahtuvan raskasmetallimääritysmenetelmän



soveltuvuutta ja mittausherkkyyksiä hulevesien raskasmetallipitoisuuksien määrittämiseen (kuva 10). Menetelmän toimintaperiaate on seuraava:

- Näyte pumpataan esisuodattimen (0.45 µm) läpi kiintoaineen poistamiseksi
- Tämän jälkeen on varsinainen nanosuodatin, joka kerää liuenneet metalli-ionit
- Tämän jälkeen laitteisto mittaa metallipitoisuuden suodattimesta röntgen fluoresenssi spektrometrilla (XRF).



Kuva 11. Liukoisen metallin kenttämittauslaitteisto (kuva 3AWater).

Analysoidut metallit olivat: kupari, nikkeli, sinkki, magnaani, lyijy ja uraani.

#### 4.8 Virtausmittaukset

Virtausmittareina käytettiin avouoman virtausmittauksen tarkoitettuja ultraäänivirtausmittareita. Testattiin kahta eri tyyppiä:

- Doppler -periaatteella toimivaa ultraäänimittaria, joka mittaa pinnan virtausnopeutta, josta mittari mallintaa keskivirtaaman. Mittari asennetaan virtauksen yläpuolelle (ks. kuvasarja 11 keskimäinen kuva) Virtaaman laskenta on toteutettu ko. keskivirtaaman ja pinnankorkeuden funktiona mallinnetun poikkileikkauksen perusteella.
- Doppler -periaatteella toimivaa ultraäänimittaria, joka mittaa suoraan virtauksen keskimääräistä virtausnopeutta. Mittariasennetaan virtauskanavan pohjalle (ks. kuvasarjan vasemman ja oikeanpuoleiset kuvat). Virtaaman laskenta on toteutettu ko. keskivirtaaman ja pinnankorkeuden funktiona mallinnetun poikkileikkauksen perusteella.

Tyypissä a) sondi asennetaan virtauksen yläpuolelle (ks. kuva 11). Vastaavasti tyypissä b) sondi asennetaan virtauskanavan pohjalle.



Kuva 12. Vasemmalla virtausmittari sekä loggeri. Keskellä ja oikealla kaksi erilaista virtausmittaria asennettuna.

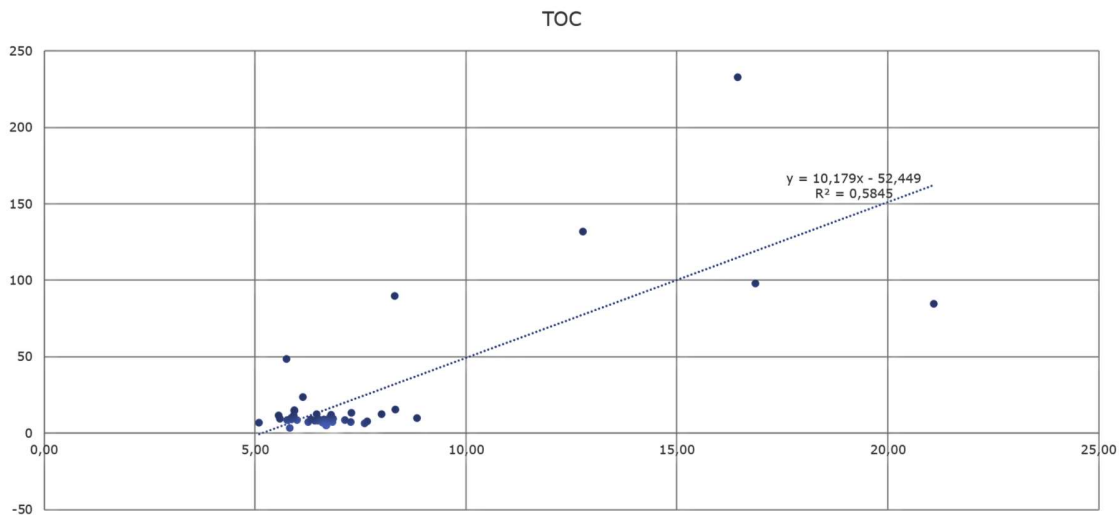
Mittaukset raportoitiin 5 min välein, jonka havaittiin olevan minimi mittausväli muutosten havaitsemiseksi. Mittari tallensi raakadatan loggerille, josta sen edelleen lähetettiin laitetoimittajan pilvipalveluun. Pilvipalvelussa järjestelmä suoritti tarvittavat laskennat. Tuloksista esitettiin pinnankorkeus, virtausnopeus ja näistä laskettu virtaama.

#### 4.9 Kuormituksen arviointi monitorointimenetelmien avulla

Hankkeessa demonstroitiin lisäksi kuormituksen arviointia /mallintamista reaaliaikaisen monitoroinnin avulla. Tässä tutkimuksessa sovellettiin menetelmää, jota on käytetty aikaisemmin luonnonvesien pitoisuuksien mallintamiseen. Menetelmän periaatteet on kuvattu yksityiskohtaisemmin esim. teoksessa "Virtavesien vedenlaadun jatkuvatoiminen mittaaminen, käytännön opas, Tattari et al. , 2015, ELY)".

1. Vesinäytteistä laboratoriossa analysoidujen parametrien (esim. sameus vs. kiintoainepitoisuus, sameus vs. kokonaisfosfori jne.) väliset korrelaatioyhtälöt (muuntoyhtälöt) lasketaan regressioanalyysin avulla. Malli voi olla yksinkertaisimmilla muotoa  $y = ax + b$ , jossa  $y$  = mallinnettu suure (esim. fosfori),  $x$  = mitattu suure (esim. sameus),  $a$  ja  $b$  ovat mallin kertoimia.
2. Saatu regressioyhtälö sijoitetaan jatkuvatoimisen laatumittarin dataan, jolloin saadaan regressiomalli pitoisuudesta
3. Kuormitusmalli ( $K$ ) saadaan kertomalla pitoisuusmallin ( $y$ ) tulos virtaamalla ( $Q$ ) eli  $K = y * Q$

Alla olevassa kuvassa 12 on esimerkki regressioyhtälöstä, joka on laadittu EXO:lla mitatun sameuden sekä laboratoriossa mitatun TOC pitoisuuden välille. Kuvassa nähdään, että regressioyhtälöksi on saatu  $Y=10,179X-52.449$ , missä  $Y$  on mallinnettu TOC pitoisuus ja  $X$  mitattu sameus. Mallin selitysasteeksi on saatu  $R^2 = 0,5845$  mikä on korkeintaan tyydyttävä tulos, eli TOC pitoisuudesta ei olisi tässä tapauksessa järkevää lähteä tekemään sijaismuuttujamallia.



Kuva 13. Esimerkki muuntoyhtälöstä. Tässä tapauksessa on tehty regressioyhtälö mitatun sameuden ja TOC pitoisuuden välille. Kuvassa olevan regressioyhtälön selityssaste ei ole vielä riittävä malliksi.

## 5 Puhdistuskokeet biopolymeereillä ja biohiilellä

### 5.1 Biopolymeerikoe

Biopolymeerisaostuksessa tavoitteena on poistaa hulevesistä erityisesti kiintoainetta ja fosforia. Menetelmässä käsiteltävään huleveteen lisätään biopolymeeria, jonka tehtävänä on saostaa epäpuhtaudet suuremmiksi partikkeleiksi. Tämän jälkeen partikkelit voidaan erottaa hulevedestä erillisellä suodatinyksiköllä. Nestemäinen biopolymeeri on tehty katkarapujätteestä, ja on kaupallinen tuote. Koejärjestely on esitetty kuvassa 12. Pilottia ajettiin pääasiassa 5-15 m<sup>3</sup>/h kapasiteetilla ja biopolymeeriliuoksen (n. 0.5 % vesiliuos) kulutus oli noin, 1 l/m<sup>3</sup>. Menetelmä asennettuna kentälle on esitetty kuvassa 13.



Kuva 14. Biopolymeerisaostusmenetelmän koejärjestelyt. Vasemmalla etualalla olevassa kontissa on virtaaman mittaus ja kemikaalin annostelu. Vasemmalla takana sekä oikeanpuoleisessa kuvassa suodatinyksikkö.

## 5.2 Biohiilipato

Biohiilipatojen testattiin Kuopion Siikaniemen lumenkaatopaikalla 19.7 – 16.11.2022. Kokeen tarkoituksena oli selvittää biohiilipatojen soveltuvuutta korkean kuormituksen hulevesikohteisiin.

Biohiilipadon toimintaperiaate on yksinkertainen (ks. kuva 1): biohiilisäkit (1) asetetaan avouomaan padoksi ja tuetaan tukipaaluilla (2). Tarvittaessa avouomaa voidaan muotoilla ohivirtausten välttämiseksi. Biohiilisäkit on valmistettu puuvillasta. Säkit sisältävät noin puolet biohiiltä ja puolet leca-soraa.

Lisäksi biohiiltä on mahdollista myös pinnoittaa esimerkiksi magnesiumhydroksidilla tai rautakloridilla. Tässä kokeessa käytettiin pinnoittamatonta materiaalia, koska laboratoriotestien mukaan pinnoituksista ei saavutettu hyötyä ko. vesille.



Kuva 15. Biohiilipato: biohiilisäkit (1), tukipaalut (2).

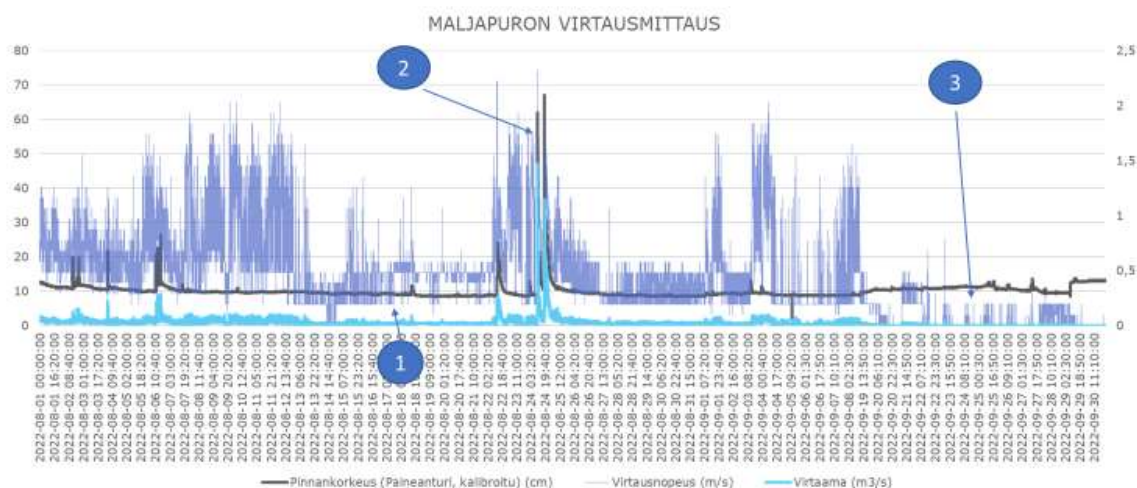
Testialueena käytettiin Siikalahden lumenkaatopaikkaa. Lumenkaatopaikan valuma-alue oli n. 1,2 ha ja kokeen aikana käsittely vesimäärä oli n. 30 000 m<sup>3</sup>, josta noin 90 % muodostui lumien sulamisvedestä ja loput sadevedestä. Virtaamaa seurattiin jatkuvatoimisella virtaamamittarilla.

## 6 Tulokset, tulosten tarkastelu ja opitut asiat

### 6.1 Virtausmittaukset

Virtausmittausten toiminnallisessa tarkastelussa keskityttiin erityisesti luotettavuuden ja toistettavuuden tarkasteluun. Virtausmittauksessa havaittiin eräitä säännönmukaisuuksia ja haasteita, jotka tulevat esille alla olevassa kuvassa 15. Kuvassa on esitetty muutamia haasteellisia mittaustilanteita, jotka esiintyivät erityisesti pinnan virtausnopeutta mittaavassa versiossa. Tärkeimmät haasteet olivat (numero viittaa nuolen numeroihin kuvassa 15).

- 1 Pienillä virtaamilla ei mittaa tarkasti (huom. suora pohjaviiva)
- 2 Suurilla virtaamilla, kun putki on lähes täynnä, ei mittaa tarkasti (virtausnopeus ei kasva loogisesti pinnankorkeuden funktiona)
- 3 Lehdet, vaahto ym. pinnalla kelluva roska häiritsee mittausta (virtausnopeus = 0 m/s, vaikka pinnankorkeuden perusteella on pääteltävissä, että virtaaman pitäisi olla normaalia korkeampi)



Kuva 16. Kuvaaja virtaamamittauksesta.

Kokonaisuutena voidaan todeta, että pohjaan asennettavat ultraäänimittarit osoittautuivat käyttökelpoisemmiksi lähinnä vähimpien häiriöiden ansiosta.

### 6.2 Automaattinen näytteenotin

Alla olevissa taulukoissa ja kuvissa on verrattu automaattinäytteenottimella sekä käsinäytteenotolla otettujen näytteiden edustavuutta. Aluksi taulukossa 3 on esitetty automaattinäytteenoton avulla otettujen näytteitten edustavuutta eri sadetapahtumien aikana.

Taulukko 3. Automaattisen näytteenottimen keräämät näytteet sadantatapahtumien aikana

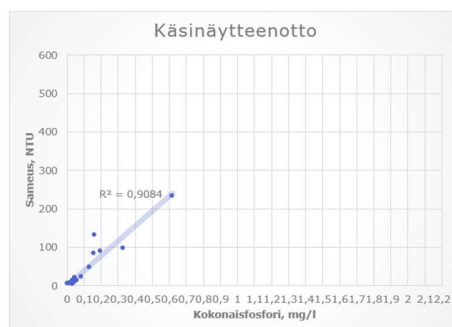
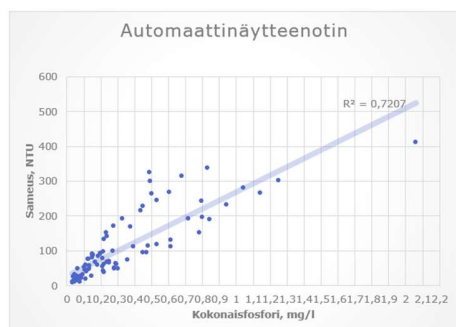
| Sadantatapahtumat 1.7.2022-11.11.2022 |          |                  |
|---------------------------------------|----------|------------------|
|                                       | VRK, kpl | Näytteeotto, kpl |
| Ei sadetta                            | 54       | 1                |
| Poutaa alle 0,3 mm.                   | 16       | 2                |
| Vähän sadetta 0,3–0,9 mm.             | 24       | 4                |
| Sadetta 1,0–4,4 mm.                   | 20       | 7                |
| Runsasta sadetta 4,5 mm tai enemmän.  | 20       | 10               |
| Sadetapahtumat, yhteensä              | 64       | 23               |

Alla olevassa taulukossa 4 sekä kuvassa 16 havaitaan, että automaattinen näytteenotto parantaa huomattavasti näytteenoton edustavuutta, eikä käsinäytteenoton perusteella saada riittävän kattavasti dataa eri olosuhteista mallinnusta varten

Taulukko 4. Keskeiset tulokset koottuna taulukkoon. Taulukon värit viittaavat Tukholman läänin hulevesien ohjearvoihin. (Keltainen = kohtalainen kuormitus, Vihreä = matala kuormitus).

| Automaattinäytteenotin |           |
|------------------------|-----------|
| Kokonaisfosfori        | mg/l      |
| Min                    | 0.031     |
| Keskiarvo              | 0.3095094 |
| Max                    | 2.06      |

| Käsinäytteenotto |       |
|------------------|-------|
| Kokonaisfosfori  | mg/l  |
| Min              | 0.001 |
| Keskiarvo        | 0.07  |
| Max              | 0.617 |



Kuva 17. Kuvaaja virtaamamittauksesta.

### 6.3 Ravinteet, kiintoaineet, metallit ja anionit

Alla olevaan taulukkoon 5 on koottu käsinäytteenoton tulokset keskeisten parametrien osalta.

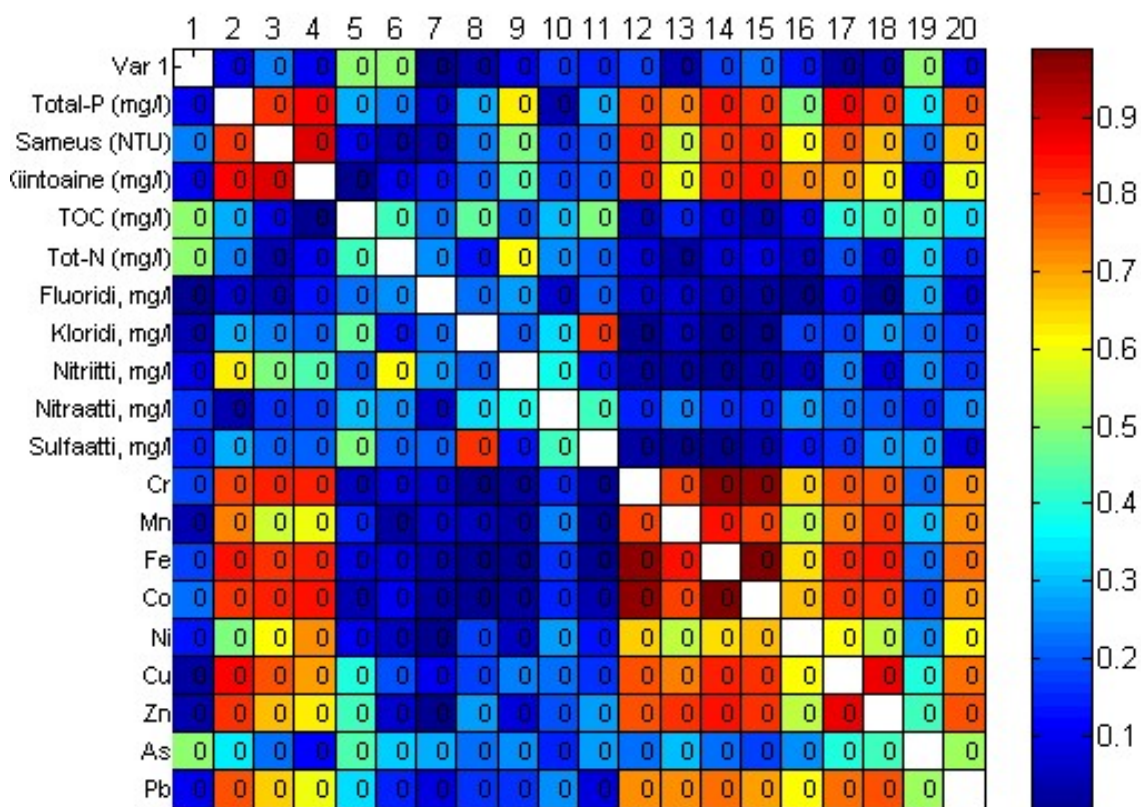
*Taulukko 5. Keskeiset tulokset koottuna taulukkoon. Taulukon värit viittaavat Tukholman läänin hulevesien ohjearvoihin. (Keltainen = kohtalainen kuormitus, Vihreä = matala kuormitus).*

|                  |      |                   |                      |                 | µg/l  | µg/l  | µg/l   | µg/l   | µg/l  |
|------------------|------|-------------------|----------------------|-----------------|-------|-------|--------|--------|-------|
|                  |      | Total-P<br>(mg/l) | Kiintoaine<br>(mg/l) | Tot-N<br>(mg/l) | Cr    | Ni    | Cu     | Zn     | Pb    |
| Maljapuro        | min  | 0,00              | 1,87                 | 0,58            | 1,31  | 0,79  | 2,23   | 6,79   | 1,93  |
|                  | max  | 0,62              | 295,98               | 1,58            | 9,70  | 9,85  | 39,80  | 106,20 | 7,63  |
|                  | k.a. | 0,07              | 20,82                | 1,02            | 4,33  | 3,39  | 8,03   | 22,16  | 3,25  |
| Männistö         | min  | 0,02              | 0,75                 | 0,67            | 0,00  | 1,25  | 4,29   | 18,18  | 2,07  |
|                  | max  | 0,35              | 106,04               | 3,33            | 4,99  | 6,09  | 11,70  | 120,70 | 4,02  |
|                  | k.a. | 0,10              | 21,30                | 2,09            | 2,66  | 3,13  | 7,51   | 53,88  | 3,09  |
| Keskusta         | min  | 0,04              | 1,49                 | 0,47            | 1,89  | 2,86  | 9,13   | 27,06  | 2,66  |
|                  | max  | 0,53              | 251,45               | 5,29            | 22,10 | 8,33  | 119,90 | 993,10 | 9,98  |
|                  | k.a. | 0,16              | 36,40                | 1,72            | 5,62  | 4,87  | 41,97  | 175,70 | 4,03  |
| Lumenkaatopaikka | Min  | 0,00              | 1,00                 | 0,27            | 1,23  | 1,23  | 1,87   | 9,56   | 1,88  |
|                  | Max  | 0,82              | 299,79               | 2,49            | 66,70 | 23,90 | 51,80  | 139,50 | 10,99 |
|                  | k.a. | 0,08              | 32,92                | 0,86            | 5,11  | 3,72  | 8,09   | 25,80  | 3,54  |

Tuloksista havaitaan, että

- Hulevedet ovat merkittävä kuormittaja käytännössä kaikkien merkittävien parametrien osalta, erityisesti kun tarkastellaan maksimipitoisuuksia
- Tulosten vaihteluväli on merkittävä, jopa reilusti yli 100 kertaisia pitoisuuksia pienimmän ja suurimman pitoisuuden osalta. Suurimmat kuormitukset liittyvät yleensä sadetapahtumiin.
- Toisaalta esim. Typen osalta vaihtelu ei ole muihin parametreihin verrattuna yhtä suurta sadetapahtumien aikana ja mahdollisesti olisi havaittavissa sateen laimentavaa vaikutusta.

Tuloksista tehtiin myös korrelaatioanalyysi, jossa kaikkien parametrien kesken laskettiin korrelaatiokertoimet keskinäisten riippuvuuksien kartoittamiseksi (ks. kuva 17). Tuloksista havaitaan voimakas kiintoaineen korrelaatio fosforin. Lisäksi samat parametri korreloivat sameuden kanssa, mikä viittaa siihen, että niiden kanssa on mahdollista tehdä lineaarinen regressiomalli (ks. kohta 2.5). Lisäksi havaitaan voimakas kiintoaineen korrelaatio fosforin, sekä useimpien metallien kanssa, mikä viittaa siihen, että nämä (tai kiinteä osuus niistä) olisivat sitoutuneet kiintoaineeseen.



Kuva 18. Korrelaatioanalyysi. Korrelaatiokertoimen arvo on kuvattu värillä taulukossa väreillä oikealla sivussa olevan palkin mukaisesti.

## 6.4 Sijaismuuttujamallit ja kuormituksen laskeminen

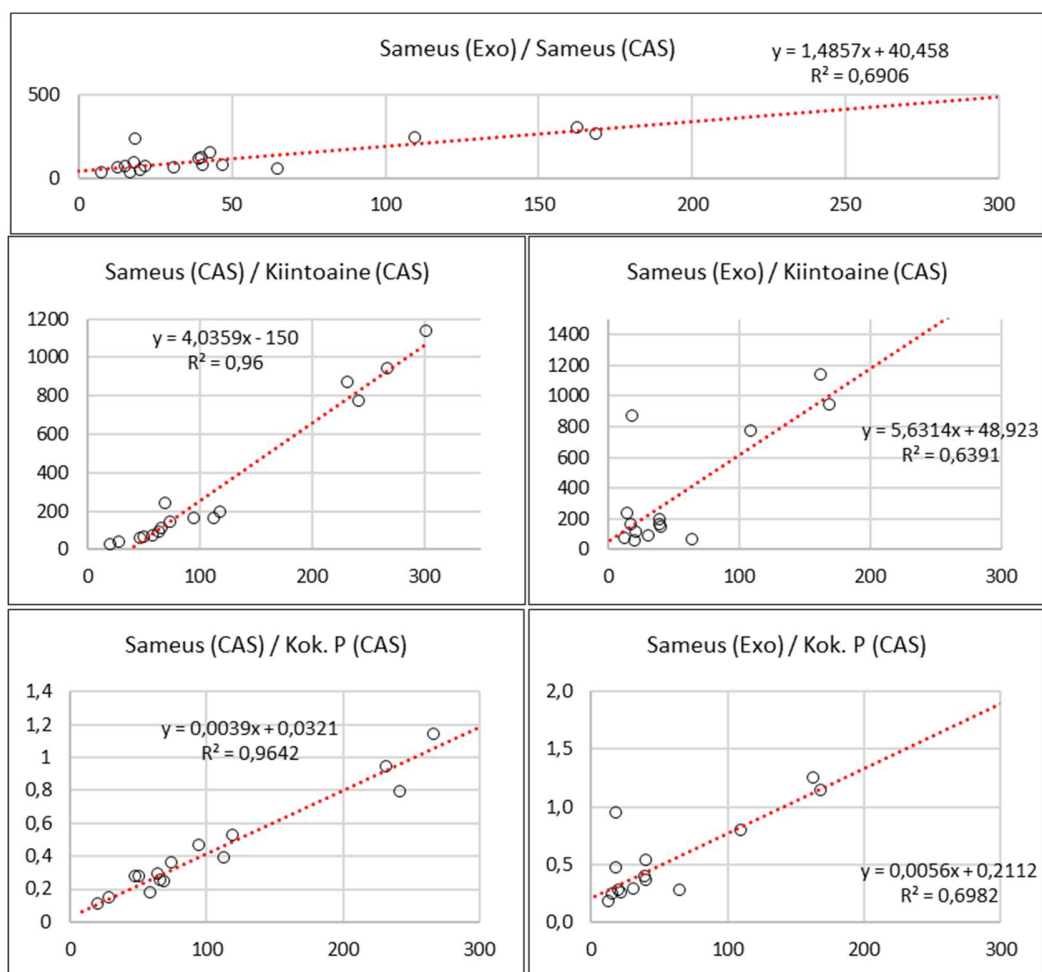
### Regressioyhtälöt

Alla on esitetty sijaismuuttujamallit tärkeimmille parametreille. Jatkuvatoimisen laatumittauksen osalta parhaaksi muuttujaksi osoittautui sameus, jota käytettiin kokonaisfosforin (Tot. P) ja kiintoaineen (TSS) sijaismuuttujana. EXOn mitaamat sameusarvot on muunnettu jälkikäteen kokonaisfosfori- ja kiintoainepitoisuuksiksi muuttujien välille muodostettujen regressioyhtälöiden perusteella. Kuvassa 18 on esitetty yhden valitun tarkastelujakson korrelaatioanalyysit ja regressioyhtälöt.

Koko mittausjaksolta sijaismuuttujatarkasteluun valittiin kaksi edustavinta ja mittausteknisesti parhaiten onnistunutta ajanjaksoa 3.8.-13.9.2022 ja 27.10.-12.11.2022. Kyseisten tarkastelujaksojen mittausaineiston selitysasteet sameuden ja käytettyjen sijaismuuttujien välillä olivat kohtuullisen hyvällä tasolla (kuva 18). Lisäksi automaattisen näytteenottimen vesinäytteistä analysoitujen ja EXO:lla mitattujen sameuksien keskinäinen korrelointi valituilla tarkastelujaksoilla olivat hyviä.

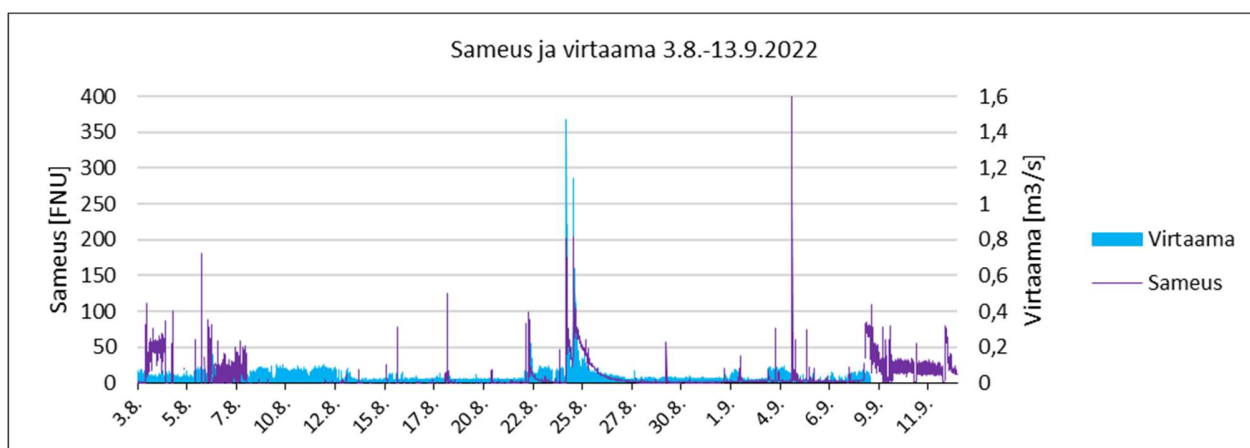
Sijaismuuttujamalli pohjautuen aikavälin 3.8.-13.9.2022 mittausaineistolle:





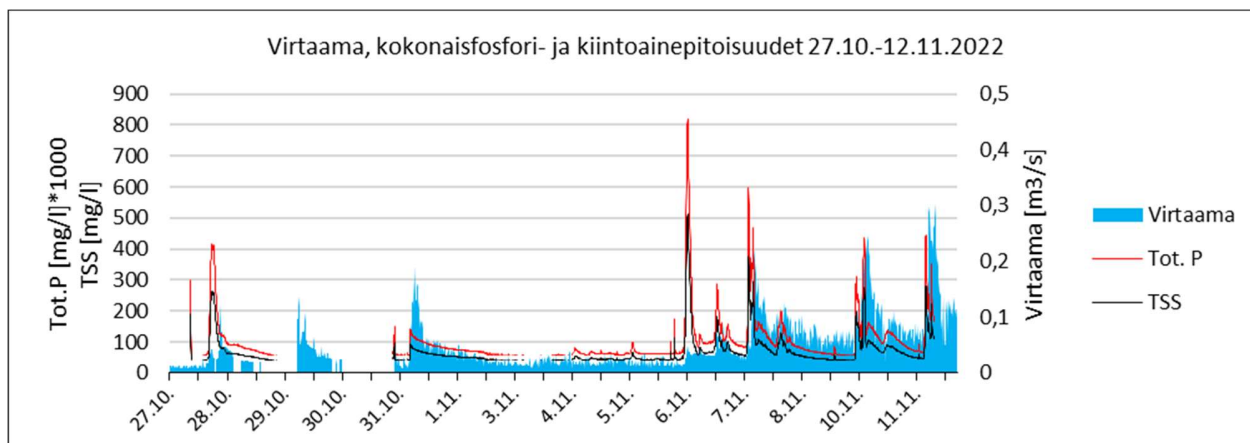
Kuva 19. Korrelaatioanalyysit aikavälin 3.8.-13.9.2022 mittausaineistosta. CAS= automaattinen näytteenotin. EXO= jatkuva- ja laatusensori.

Maljapurosta mitattu virtaama- ja sameusaineisto 3.8.-13.9.2022 väliseltä ajalta kuvassa 19.



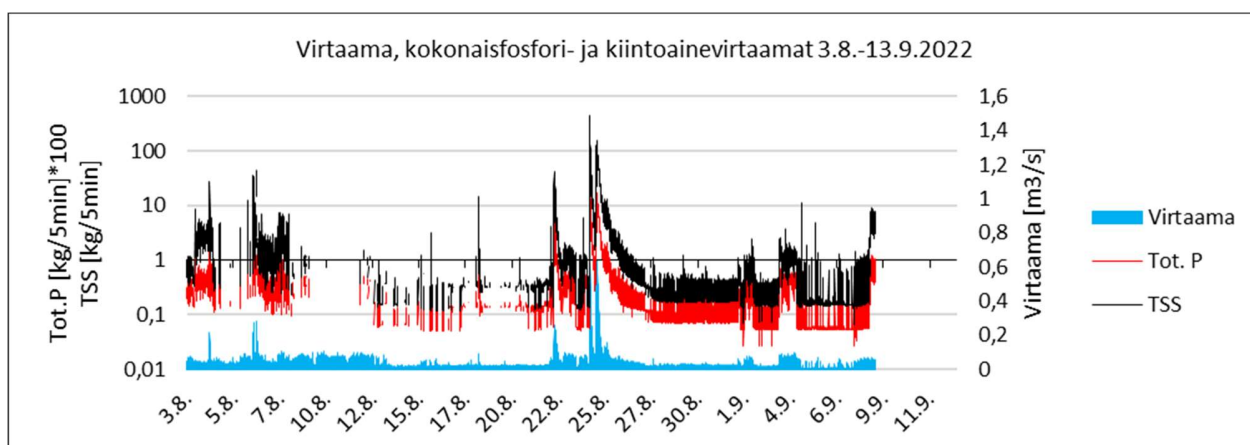
Kuva 20. Maljapuron sameuden ja virtaaman vaihtelu

Regressioyhtälön pohjalta lasketut kokonaisfosfori- ja kiintoainepitoisuudet kuvassa 20.



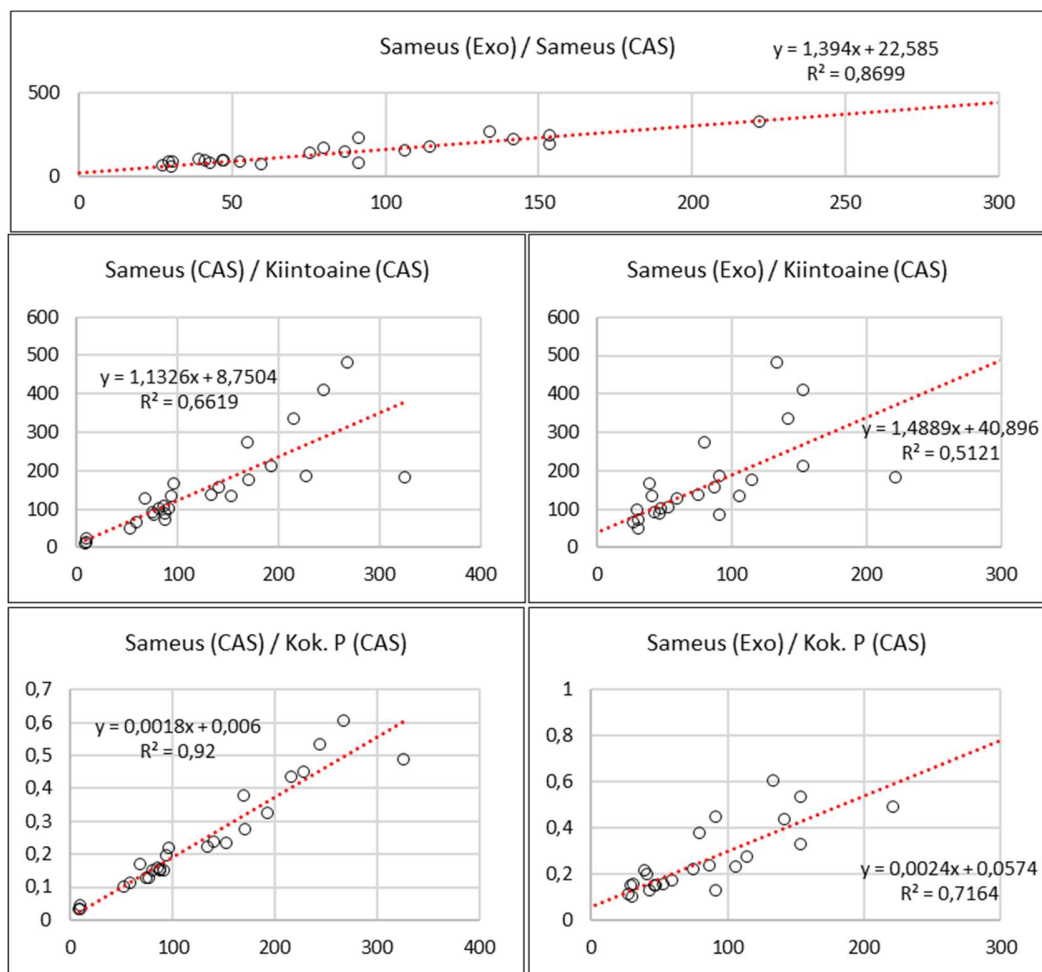
Kuva 21. EXOn mitaamat sameusarvot kokonaisfosfori- ja kiintoainepitoisuuksina 5 minuutin aikaresoluutiolla. Fosforipitoisuus esitetty kuvaajassa 1000-kertaisena.

Kokonaisfosfori- ja kiintoainevirtaamat johdettuna ainepitoisuuksista ja Maljapuron virtaamadatasta kuvassa 21.



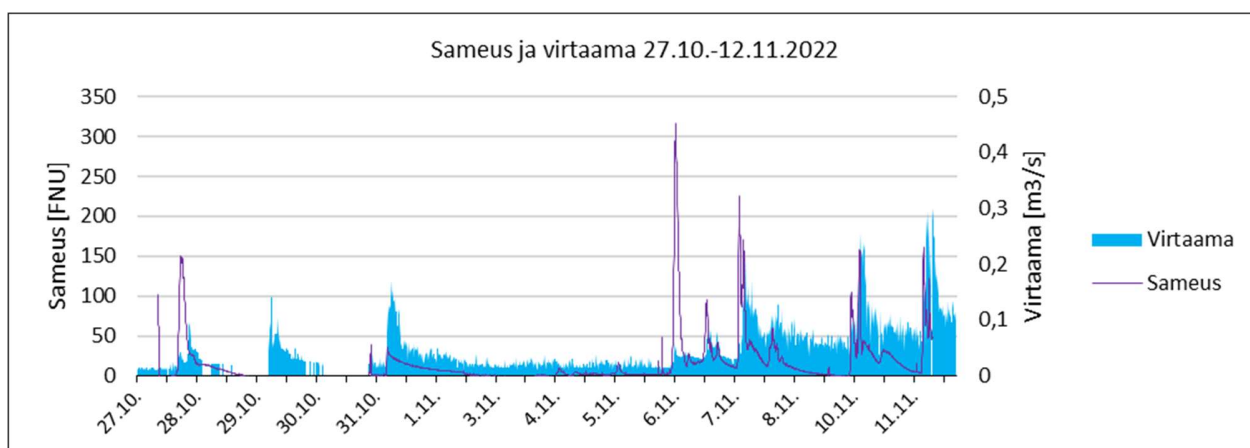
Kuva 22. Kokonaisfosfori- ja kiintoainevirtaamat 5 minuutin aikaresoluutiolla. Kokonaisfosfori esitetty kuvaajassa 100-kertaisena. Vasemmanpuoleisen vertikaaliakselin fosfori- ja kiintoainepitoisuudet esitetty logaritmisella asteikolla.

Sijaismuuttujamalli pohjautuen aikavälin 27.10.-12.11.2022 mittausaineistolle:



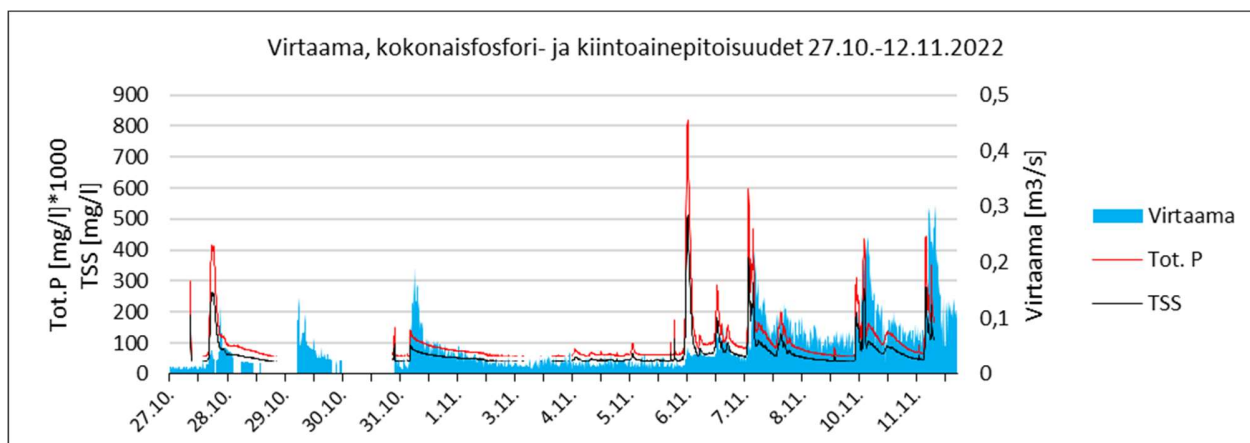
Kuva 23. Korrelaatioanalyysit aikavälin 27.10.-12.11.2022 mittausaineistosta.

Maljapurosta mitattu virtaama- ja sameusaineisto 27.10.-12.11.2022 väliseltä ajalta kuvassa 23.



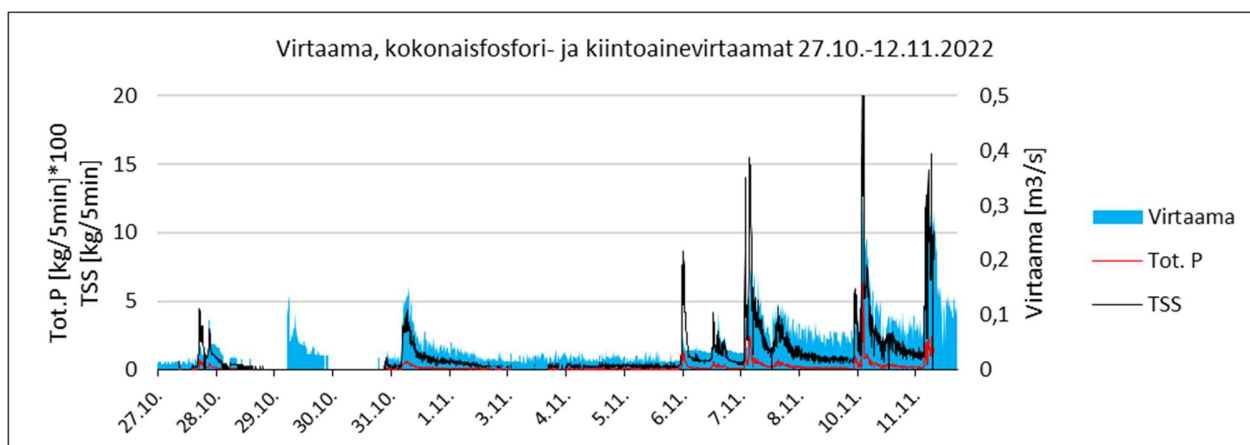
Kuva 24. Maljapuron sameuden ja virtaaman vaihtelu

Regressioyhtälön pohjalta lasketut kokonaisfosfori- ja kiintoainepitoisuudet kuvassa 24.



Kuva 25. EXOn mitaamat sameusarvot kokonaisfosfori- ja kiintoainepitoisuuksina 5 minuutin aikaresoluutiolla. Fosforipitoisuus esitetty kuvaajassa 1000-kertaisena.

Yllä esitetyistä pitoisuusmalleista laskettiin edelleen kiintoaineen ja fosforin hetkittäiset kuormitukset kertomalla pitoisuudet vastaavan ajanjakso virtaama arvolla. Kokonaisfosfori- ja kiintoainevirtaamat johdettuna ainepitoisuuksista ja Maljapuron virtaamadatasta on esitetty kuvassa 25.



Kuva .. Kokonaisfosfori- ja kiintoainevirtaamat 5 minuutin aikaresoluutiolla. Kokonaisfosfori esitetty kuvaajassa 100-kertaisena.

Kuvaajista voidaan havaita erittäin nopea kuormituksen kasvu sadantatapahtumien aikana; pienimmän ja suurimman hetkellisen kuormituksen mallinnettu arvo oli jopa 1000 – kertainen. Käytännössä voidaan todeta, että erityisesti sateettoman ajanjakson jälkeen kuormitus lähtee kasvamaan hyvin nopeasti sadetapahtuman aikana ja se voi kasvaa monikymmenkertaiseksi muutamassa minuutissa.

Alla olevaan taulukkoon on laskettu kokeiluluontoisesti fosforin ja kiintoaineen kokonaiskuormitus (=kumulatiivinen summa) vastaavilta ajanjaksoilta. Tuloksista voidaan alustavasti todeta, että ne ovat vastaavaa suuruusluokkaa kuin mitä kirjallisuudessa on esitetty kaupunkialueiden keskimääräisistä kuormituksista (pl. keskusta-alueet, joita ei Maljapuron aineistossa ollut).

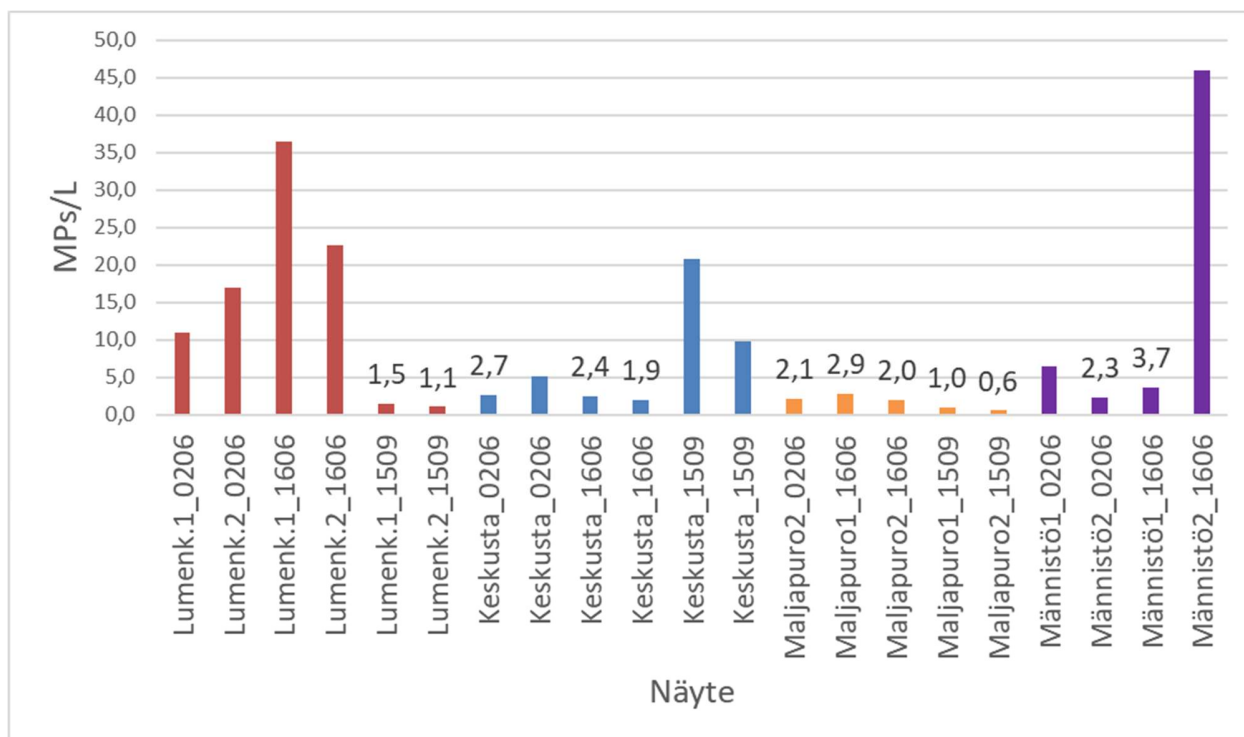
Taulukko 6. Eräitä sijaismuuttujamallin avulla laskettuja kuormituksia.

|                  |                       |                 |        |             |      |
|------------------|-----------------------|-----------------|--------|-------------|------|
| Tarkastelujaksot | 3.8.2022-13.9.2022    | Kiintoaine [kg] | 13 650 | Kok. P [kg] | 26,1 |
|                  | 27.10.2022-12.11.2022 | Kiintoaine [kg] | 4 221  | Kok. P [kg] | 6,4  |

## 6.5 Mikromuovit

**Mikromuovien pitoisuudet, partikkelikoot ja muovilaadut**

Mikromuovien pitoisuudet vaihtelivat suuresti päivien, alueiden ja jopa välittömästi peräkkäin otettujen rinnakkaisten näytteiden välillä, ollen 0,6–46 kpl/litra (Kuva 26). Lumenkaatopaikalla, Männistössä ja keskustan purkuputkella mitattiin enimmillään yli 20 kpl/litra pitoisuuksia. Pienimmät pitoisuudet mitattiin Maljapuron näytteenotopisteellä (0,6–2,9 kpl/l). Neljältä näytteenotopisteeltä löydettiin yhteensä lähes 6000 mikromuovipartikkelia.



Kuva 26. Mikromuovien lukumääräpitoisuudet alueittain. Eri värit kuvastavat eri näytteenotopisteitä.

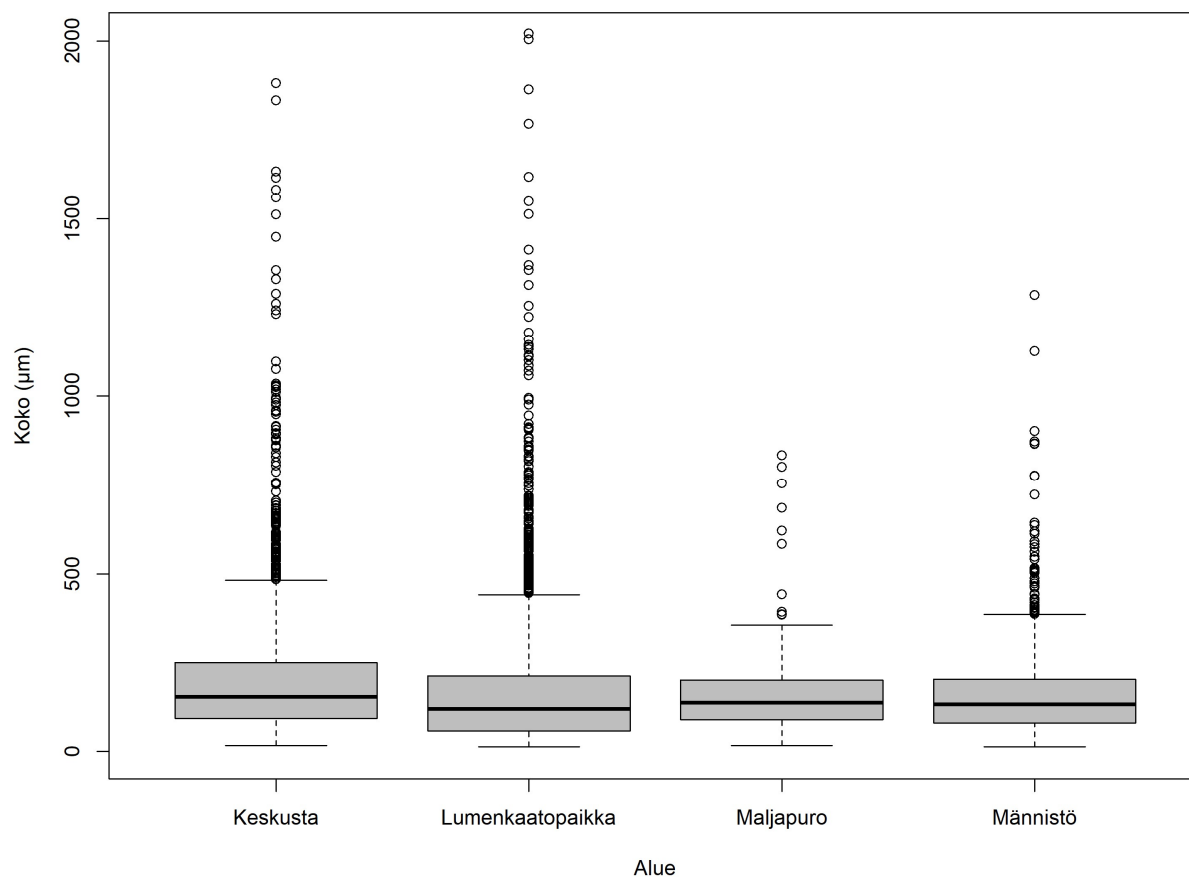
Lumenkaatopaikalla mikromuovien pitoisuuksissa näkyi selvästi kesän ja syksyn välinen ero, pitoisuuksien ollessa selvästi pienempiä syyskuun näytteissä. Keväällä ja kesällä lumenkaatopaikalta tulevassa hulevesipurossa on suurempi virtaama, kun sinne kasattu lumi sulaa nopeammin. Syksyllä sulavaa lunta on vähemmän, jolloin virtaamakin on pienempi. Lumenkaatopaikka siis vaikuttaisi aiheuttavan suurimman mikromuovikuormituksen keväällä ja kesällä.

Hulevesien vesistölle sadetapahtuman tai vuorokauden aikana aiheuttamaa mikromuovikuormitusta arvioitiin laskemalla massakuormitus mitatusta mikromuovin määrästä, virtamaasta ja sadetapahtuman kestosta. Lumenkaatopaikalla arvio kuormituksesta oli 0,01–91,31 g/vrk, keskustan purkuputkella 0,06–16,29 g/tapahtuma ja Maljapurolla 0,17–3,78 g/tapahtuma (Taulukko 7 **Error! Reference source not found.**).

*Taulukko 7 Arvioidut mikromuovikuormitukset näytteittäin. Lumenkaatopaikan näytteissä arvio koskee koko vuorokautta, sillä virtaama pysyi kutakuinkin samana koko päivän ajan. Muilla alueilla arvio on suhteutettu sadetapahtuman kesto.*

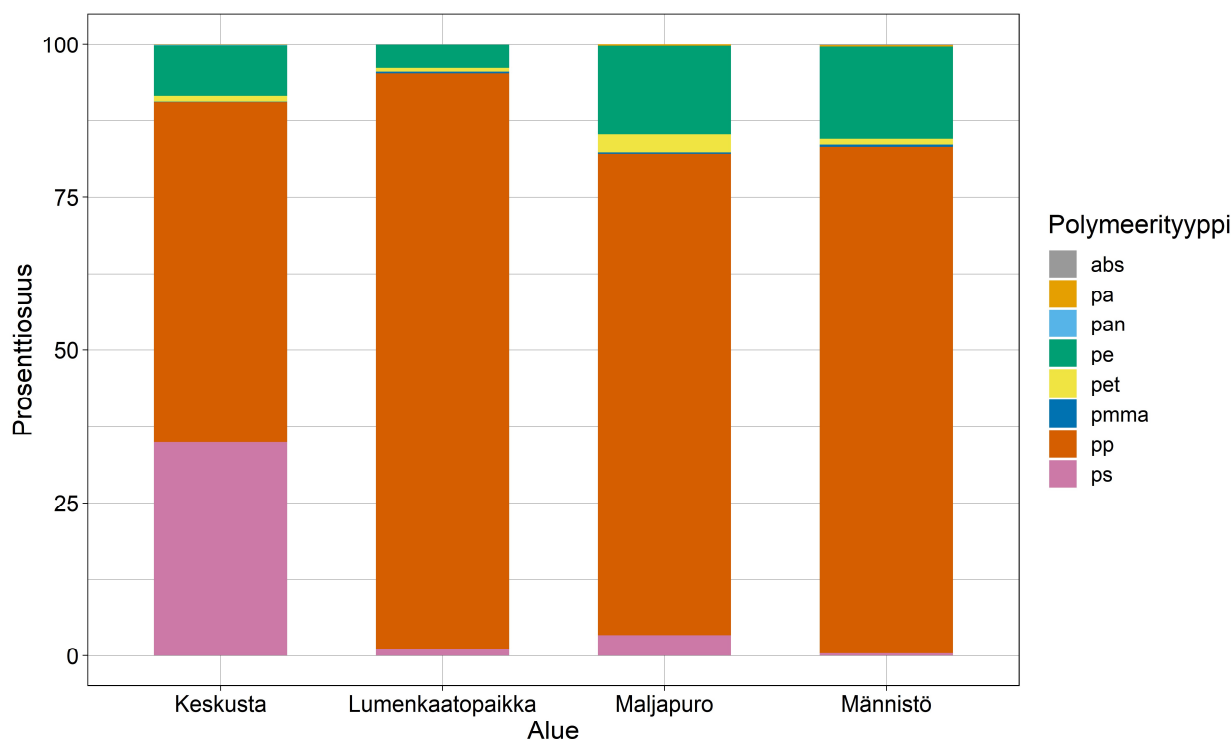
| <b>Alue</b>            | <b>Massakuormitus (g)<br/>sadetapahtuman tai<br/>vuorokauden aikana</b> | <b>Sademäärä (mm)</b> | <b>Sadetapahtuman<br/>kesto (min)</b> |
|------------------------|---|-----------------------|---------------------------------------|
| <b>Lumenk.1_0206</b>   | 3,45  | 7,4                   | Vrk                                   |
| <b>Lumenk.2_0206</b>   | 5,61  | 7,4                   | Vrk                                   |
| <b>Lumenk.1_1606</b>   | 91,31   | 6                     | Vrk                                   |
| <b>lumenk.2_1606</b>   | 33,72   | 6                     | Vrk                                   |
| <b>Lumenk.1_1509</b>   | 0,03  | 0                     | Vrk                                   |
| <b>Lumenk.2_1509</b>   | 0,01  | 0                     | Vrk                                   |
| <b>Keskusta_0206</b>   | 11,64   | 7,4                   | 240                                   |
| <b>Keskusta_0206</b>   | 16,29   | 7,4                   | 240                                   |
| <b>Keskusta_1606</b>   | 0,07  | 6                     | 295                                   |
| <b>Keskusta_1606</b>   | 0,06  | 6                     | 295                                   |
| <b>Maljapuro2_0206</b> | 3,78  | 7,4                   | 240                                   |
| <b>Maljapuro1_1606</b> | 0,27  | 6                     | 295                                   |
| <b>Maljapuro2_1606</b> | 0,17  | 6                     | 295                                   |

Mikromuovien partikkelikokojakauma oli kaikilla alueilla samankaltainen (Kuva 27). Partikkelikoko oli jokaisella näytteenottoaikaalla enimmäkseen välillä 100–200 µm, paitsi Keskustan näytteissä, joissa partikkelien kokoluokka oli hieman muita alueita suurempi. Toisaalta tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia paikkojen välillä, sillä Keskustassa otettiin yhden voimakkaamman sadetapahtuman aikana näytteet vain 300 µm suodattamalla suurten kiintoainespitoisuuksien tukkiessa tiheämmät suodattimet liian nopeasti. Pienemmät partikkelit ovat siis päässeet suodattimen läpi Keskustan näytteissä. Lisäksi voimakkaan sateen aikana huleveden mukana on voinut huuhtoutua enemmän isoja partikkeleita.



Kuva 27. Mikromuovipartikkelien kokoluokkien jakaumat alueittain. Raja-akselilla on 2000 µm, sillä tätä suurempia partikkeleita oli vain 11 kappaletta. Yli 2000µm:n partikkeleista kaksi oli Keskustan näytteissä ja yhdeksän Lumenkaatopaikan näytteissä.

Muovilaaduista yleisimmät olivat PP, PE, PET ja PS (Kuva 28). Lähes jokaisella alueella PP:n osuus mikromuoveista oli yli 80 %. Keskustassa PS:n osuus oli huomattavasti suurempi kuin muilla alueilla, mutta sen lähdeä ei voitu tällä analyysillä selvittää tai luotettavasti päätellä. PP, PE ja PET ovat maailmanlaajuisesti eniten valmistettuja ja käytettyjä muovityyppejä. Niitä käytetään esimerkiksi etenkin elintarvikkeiden ja muiden tuotteiden pakkauksissa, kuten muovipusseissa ja -pulloissa. Yleisimpiä muovityyppejä päätyy yleensä eniten myös muoviroskana ympäristöön ja jauhautuu siellä mikromuoviksi, joten muovilaatujen osalta tulos oli tavanomainen.



Kuva 28. Polymeerityyppien suhteelliset osuudet alueittain.

### Menetelmien toimivuus johtopäätökset

Kesän 2022 sademäärä ja siten myös hulevesien määrä jäi keskimääräistä vähäisemmäksi, mikä toi haasteita mikromuovien näytteenottoon. Kunnollisia mikromuovinäytteitä pystyttiin ottamaan vain sateiden aikaan, joten kesällä otettiin suunniteltua vähemmän näytteitä Maljapuron valuma-alueelta. Sen sijaan tutkittiin enemmän lumenkaatopaikan ympäristöä, jossa sulamisvettä virtaa koko ajan.

Järvi- ja jokiympäristöjen näytteenottoon kehitettyä näytteenottolaitteistoa testattiin ja sovellettiin onnistuneesti hulevesinäytteiden keräämiseen. Menetelmien todettiin toimivan hyvin ja olevan käyttökelpoisia mikromuovien analysointiin hulevesistä. Kevyt ja kompakti, mutta tehokas akkukäyttöinen vesipumppu soveltuu hyvin kenttäkohteisiin, joissa ei ole verkkovirtaa saatavilla.

Lasketut arviot kuormituksesta osoittivat, että merkittäviä pitoisuuksia mikromuovia kulkee huleveden mukana kohti vesistöä sadetapahtuman aikana. Tuloksista havaittiin myös käytettyjen menetelmien selvät puutteet kuormituksen arvioinnissa. Pistemäinen mittaus hulevesistä antaa korkeintaan varovaisen arvion todellisesta hulevesien laadusta. Mittaukset saattavat osua juuri sadetapahtuman aikaisen suurimman pitoisuuden kohdalle, tai ennen tai jälkeen sitä. Suodatettu näytetilavuus oli myös melko pieni suhteessa vesistöön virtaavaan huleveteen, joten keräämällä pidemmältä aikaväliltä suurempia näytetilavuuksia mikromuovien kuormitusarviota voisi tarkentaa merkittävästi.

Lisäksi tämän hankkeen näytteenotossa pystyttiin melko harvoin käyttämään tiheintä 50 µm suodatinta suurten kiintoainemäärien vuoksi. Kun kiintoainetta tukkii suodatintimen, näytteen keräys loppuu. Suurimmat mikromuovipitoisuudet sijoittuvat ajallisesti todennäköisesti suurten kiintoainepitoisuuksien kohdalle, jolloin voidaan käyttää vain isompien 100–300 µm



huokoskokojen suodattimia. Nämä seikat huomioon ottaen hankkeessa raportoidut arviot mikromuovikuormituksesta ovat todennäköisesti todellista kuormitusta jonkin verran pienempiä.

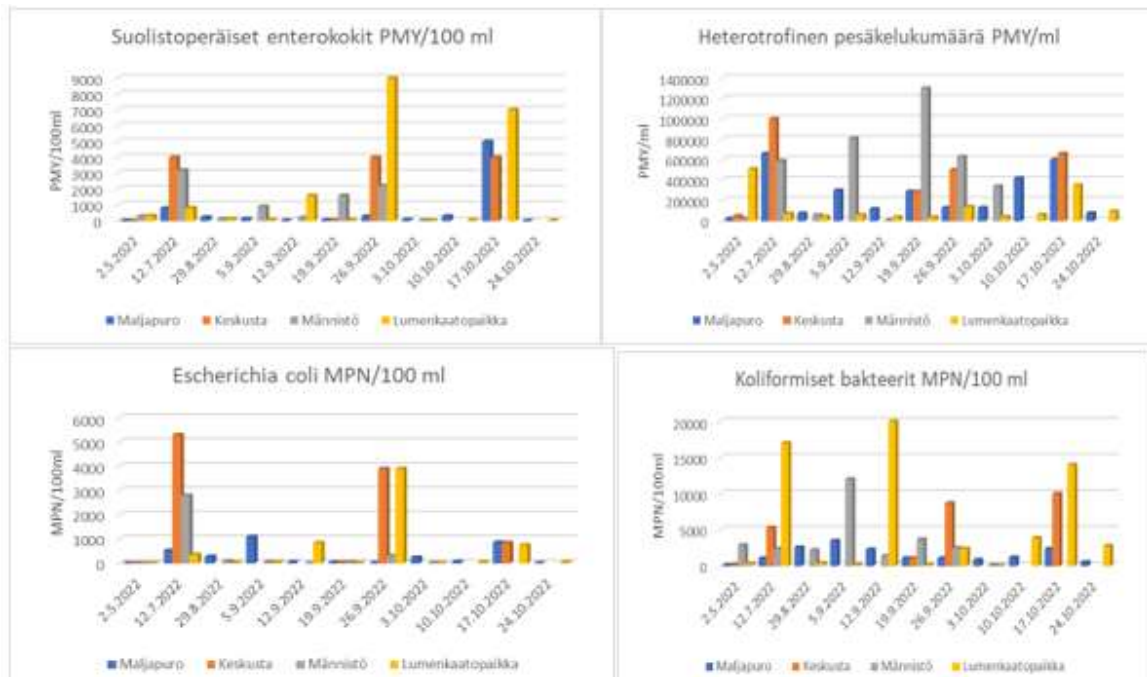
Jotta saataisiin tarkempia arvioita mikromuovien kokonaiskuormituksesta ympäristölle, tulisi kehittää näytteenottomenetelmää automatisoituun ja virtaamapainotteiseen suuntaan. Näin päästäisiin paremmin kiinni voimakkaisiin sadetapahtumiin, joiden aikana mikromuovikuormitus on suurinta. Sadetapahtumien kohdalle osumisen kanssa yhtä tärkeää on myös ajoittaa näytteenotto oikeaan ajankohtaan sateen alkamisen jälkeen. Näytteenoton ajoittaminen huomattiin kentällä tärkeäksi, sillä kukin näytteenottopiste reagoi sateisiin eri lailla ja eri nopeuksilla. Lisäksi sijaismuuttujien kuten kiintoainespitoisuuden käyttämistä mikromuovikuorman arvioinnissa tulisi tutkia lisää, sillä usein suuriman kiintoainespitoisuuden kanssa samaan aikaan myös mikromuovien määrä voi olla suurin.

## 6.6 Mikrobit

Mikrobinäytteenoton tuloksia on esitetty taulukossa 7 ja kuvassa 26.

Taulukko 8. Yhteenveto mikrobinäytteenoton tuloksista. Pitoisuuksia on verrattu uimavesien raja-arvoihin.

|                  |           | HPC     | <i>E. coli</i> | koliformit | Suolistoperäiset enterokokit | Uimavesien raja-arvoja |        |                              |       |
|------------------|-----------|---------|----------------|------------|------------------------------|------------------------|--------|------------------------------|-------|
|                  |           | pmy/ml  | mpn/100 ml     | mpn/100 ml | pmy/100 ml                   | E. coli                |        | Suolistoperäiset enterokokit |       |
|                  |           |         |                |            |                              | mpn/100 ml             | < 500  | pmy/100 ml                   | < 200 |
| Maljapuro        | Min       | 24000   | 1              | 120        | 14                           | erinomainen            | < 500  | Erinomainen                  | < 200 |
|                  | Maks      | 660000  | 1100           | 3500       | 800                          | Hyvä                   | < 1000 | Hyvä                         | < 400 |
|                  | Keskiarvo | 220000  | 326            | 1589       | 310                          | uimista ei suositella  | > 1000 | uimista ei suositella        | > 400 |
| Keskusta         | Min       | 50000   | 12             | 200        | 7                            |                        |        |                              |       |
|                  | Maks      | 1000000 | 5300           | 8700       | 4000                         |                        |        |                              |       |
|                  | Keskiarvo | 435000  | 2324           | 4100       | 2214                         |                        |        |                              |       |
| Männistö         | Min       | 26000   | 1              | 2200       | 120                          |                        |        |                              |       |
|                  | Maks      | 1300000 | 2800           | 12000      | 3200                         |                        |        |                              |       |
|                  | Keskiarvo | 569333  | 553            | 4283       | 1387                         |                        |        |                              |       |
| Lumenkaatopaikka | Min       | 36 000  | 8              | 180        | 49                           |                        |        |                              |       |
|                  | Max       | 510 000 | 3 900          | 17 000     | 9 000                        |                        |        |                              |       |
|                  | Keskiarvo | 144 333 | 726            | 3 438      | 1 732                        |                        |        |                              |       |



Kuva 29. Maljapuron sameuden ja virtaaman vaihtelu

Saastelähdejäljitykset tulokset on koottu kuvaan 27.

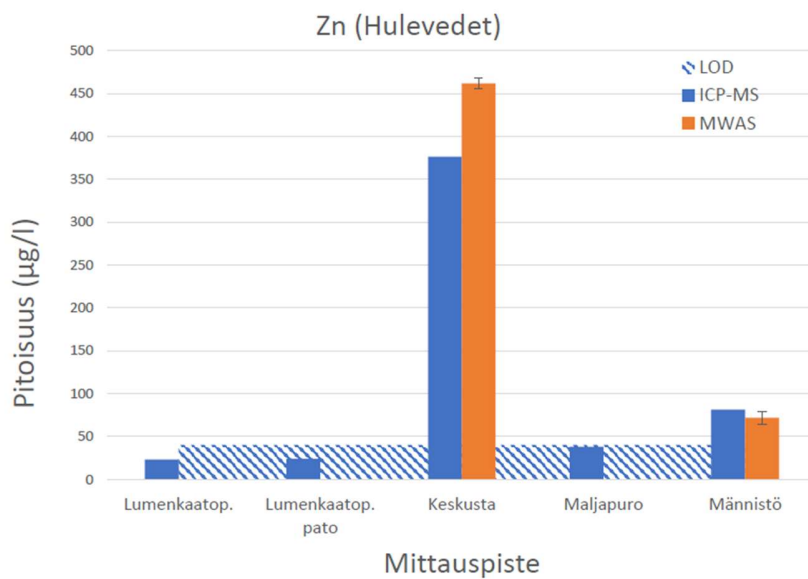


Kuva 30. Saastelähdemarkkereiden pitoisuudet eri mittauspisteissä. (GENBAC3 = yleinen markkeri, HF= ihminen, GFD = linnut ja DOG-MT = koira)

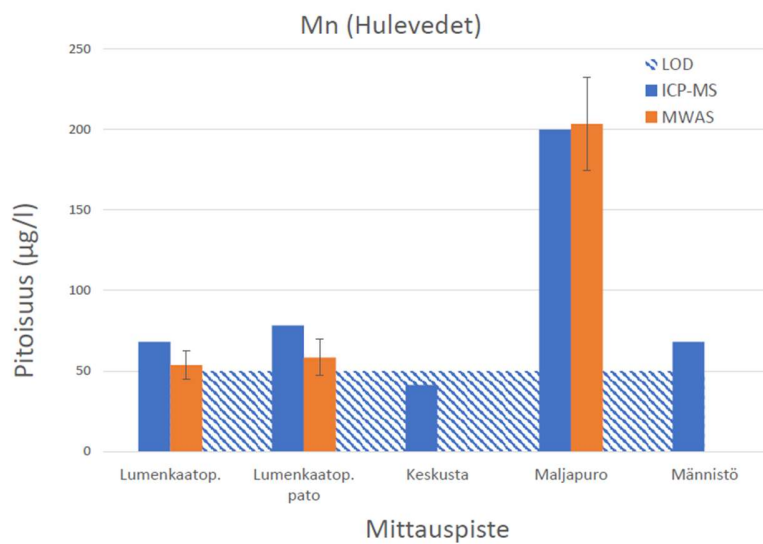
Tutkimukset osoittivat, että hulevedet ovat vesistöille merkittävä mikrobikuormittaja kaupunkialueiden rannoille. Päästömäärien ja -lähteiden osalta tulokset vastasivat pääosin johdonmukaisesti alueiden käyttömuotoja, lukuun ottamatta ihmisperäisiä markkereita. Tulosten perusteella ihmisperäisten markkerien soveltuvuutta esimerkiksi jätevesivuotojen markkerina tulisi selvittää tarkemmin.

## 6.7 Liukoisten metallien kenttämittaus

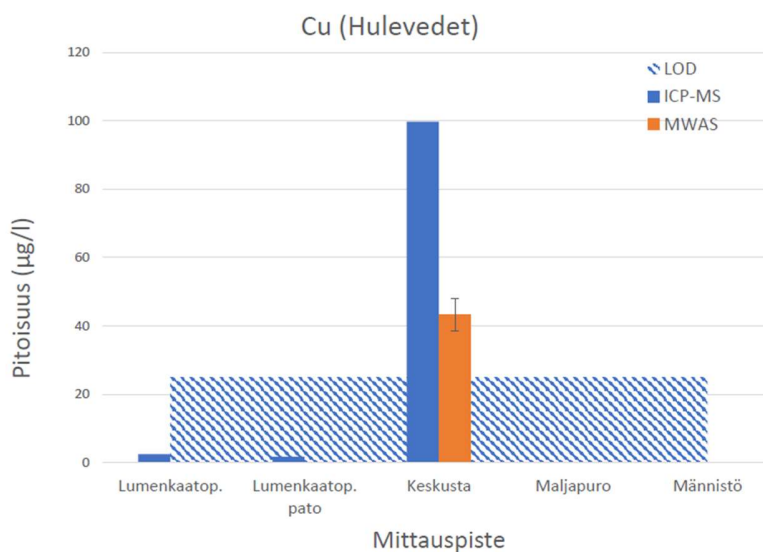
Hulevesien osalta olennaisimmat tulokset on esitetty alla olevissa kuvaajissa sinkki (kuva 28), mangaani (kuva 29) ja kupari (kuva 30).



Kuva 31. Sinkin mitatut pitoisuudet kenttätestin aikana (LOD= määrittäysraja, ICP-MS = laboratoriossa analysoitu vertailunäyte, MWAS= kenttämittauksen arvo).



Kuva 32. Mangaanin mitatut pitoisuudet kenttätestin aikana (LOD= määrittäysraja, ICP-MS = laboratoriossa analysoitu vertailunäyte, MWAS= kenttämittauksen arvo).



Kuva 33. Kuparin mitatut pitoisuudet kenttätestin aikana (LOD= määrittäysraja, ICP-MS = laboratorioissa analysoitu vertailunäyte, MWAS= kenttämittauksen arvo).

Tuloksista voidaan päätellä, että mittaukset vertautuivat pääasiassa hyvin laboratorioanalyysiin ja hajonta kenttämittausten kesken oli vähäistä tarkoittaen, että toistettavuus on hyvällä tasolla.

Laitteiston kalibroinnit oli optimoitu kaivosympäristöön, jossa esiintyy tyypillisesti hieman suurempia metallipitoisuuksia. Tästä syystä kuparin tulos aliarvioitui kenttämittauksissa. Toisaalta voidaan arvioida, että yllä esitettyjen keskeisten parametrien osalta alle määrittäysrajan olleet pitoisuudet eivät ole myöskään hulevesikuormituksen osalta mielenkiintoisia.

#### Johtopäätökset ja opitut asiat:

Menetelmä näyttäisi mahdollistavan raskasmetallipäästöjen tarkkailun ja päästölähteiden haarukoinnin hulevesistä varsinkin nopeiden hulevesipurkausten kuten rankkojen sateiden aikana laboratoriomenetelmiä tehokkaammin.

## 6.8 Rakentamisen aikaisten modulaaristen hulevesien käsittelymenetelmien toteutus ja toimivuuden seuranta

### 6.8.1 Biohiilipato

Biohiilipatokokeen osalta tärkeimmät analysoidut aineet ja niiden tulokset on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Biohiilipadon reduktiot

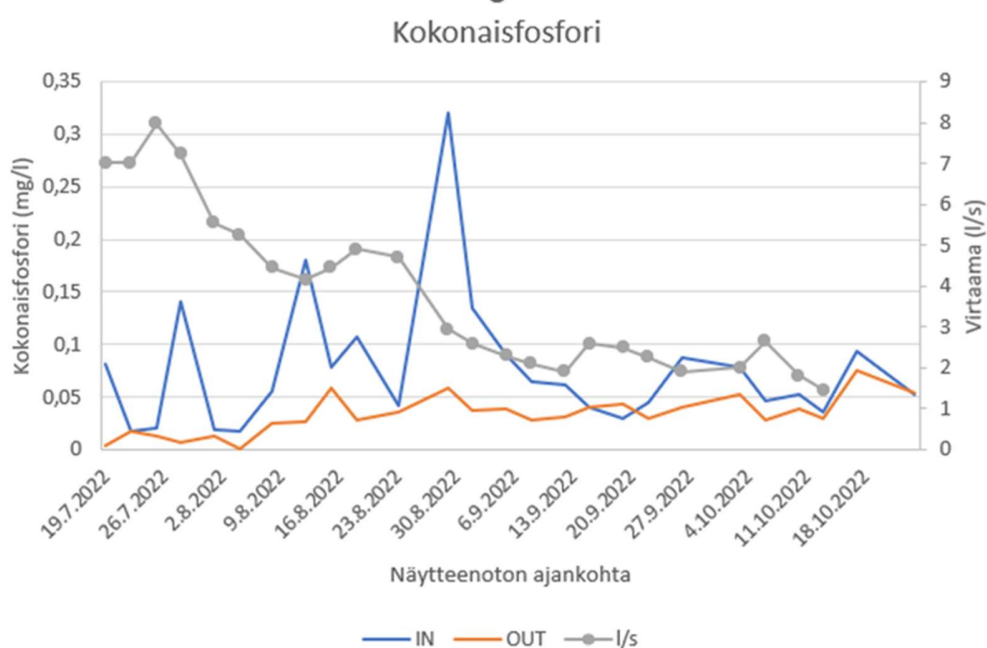
| Haitta-aine | Reduktio | Min/Max          |
|-------------|----------|------------------|
| kiintoaine  | 15 %     | - 509 % / + 98 % |
| fosfori     | 50 %     | - 47 % / +100 %  |
| kok. typpi  | -13 %    | - 23 % / 0 %     |

|                    |        |                                       |
|--------------------|--------|---------------------------------------|
| <b>metallit</b>    | 3-30 % | - 99 % / +79 %<br>(Zn <sup>**</sup> ) |
| <b>mikrobit</b>    | *      |                                       |
| <b>mikromuovit</b> | *      |                                       |

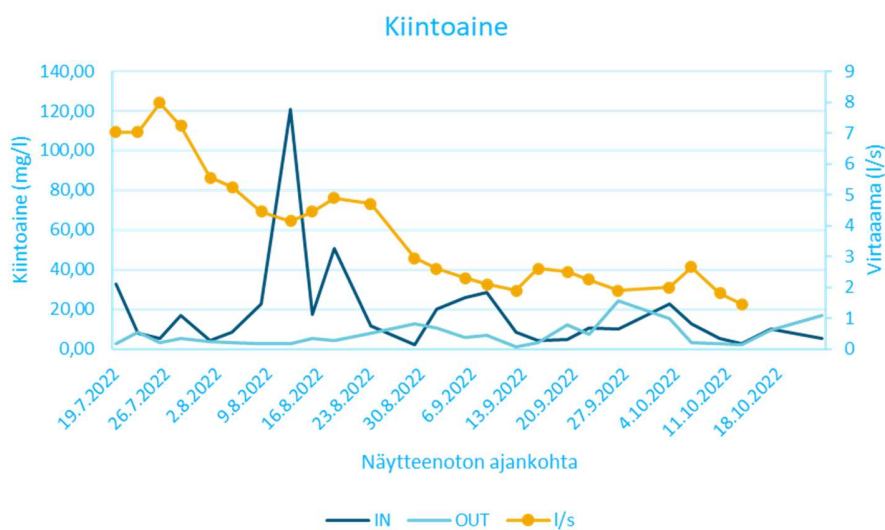
(\*)= ei havaittu merkittävää vaikutusta

(\*\*)= esimerkkinä sinkin reduktiot

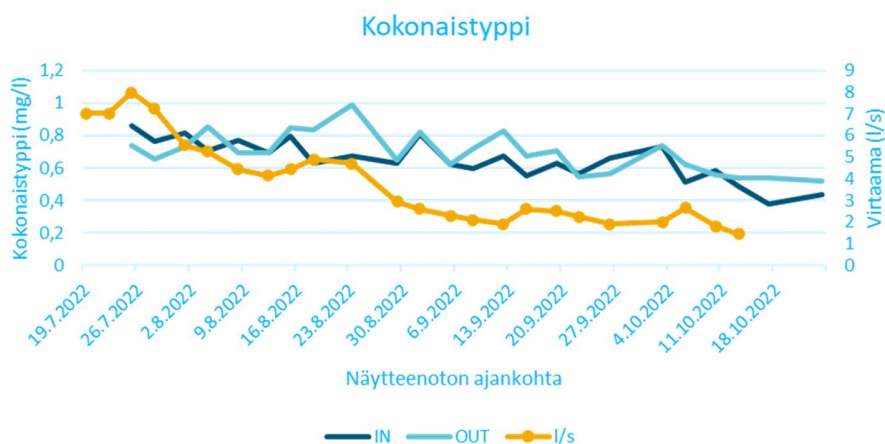
Alla olevassa kuvaajassa on kuvattu fosforipitoisuuden muutokset ennen ja jälkeen biohiilipadon kokeen aikana. Kuvaajasta nähdään, kuinka kokeen alkuvaiheessa pato pystyy leikkaamaan kuormituspiikkejä lumenkaatopaikan vesistä.



Kuva 34. Fosforipitoisuus ennen ja jälkeen käsittelyä sekä virtaama.



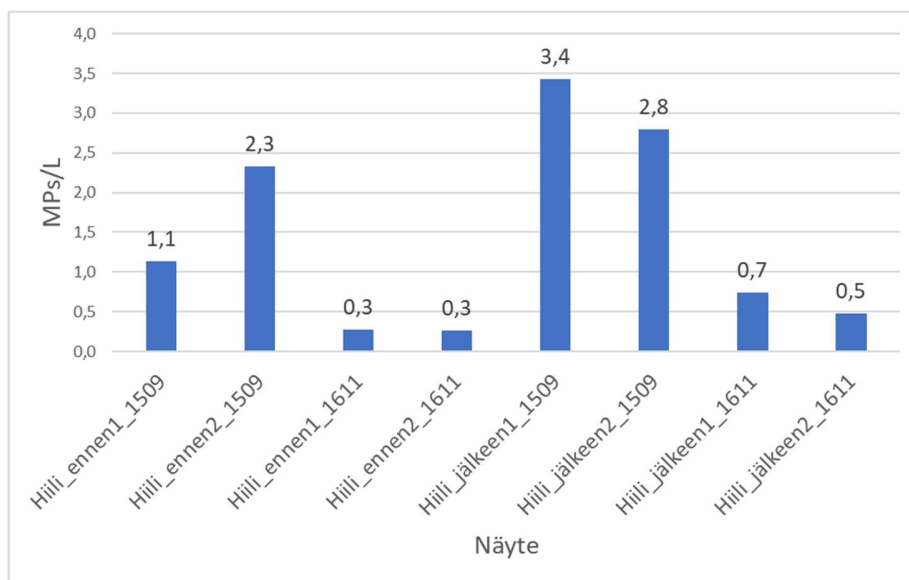
Kuva 35. Fosforipitoisuus ennen ja jälkeen käsittelyä sekä virtaama.



Kuva 36. Fosforipitoisuus ennen ja jälkeen käsittelyä sekä virtaama.

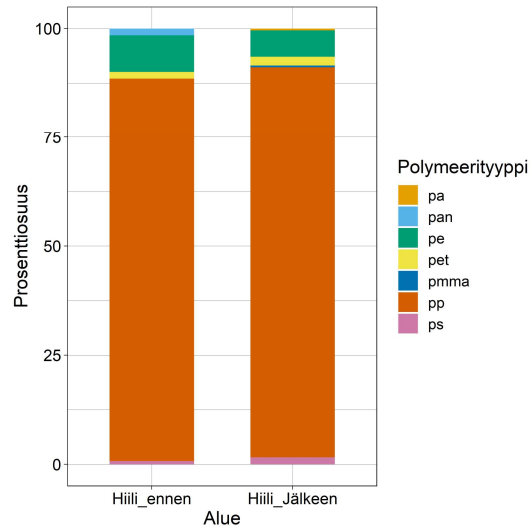
### Mikromuovien poistotehokkuus

Biohiilipadolla mikromuovipitoisuudet olivat 0,3–2,3 kpl/l ennen patoa ja 0,5–3,4 kpl/l padon jälkeen (Kuva 37). Reduktio mikromuoveissa oli -86 %, eli biohiilipadon jälkeen havaittiin suurempia pitoisuuksia kuin sitä ennen. Havainto selittyy osittain sillä, että näytteenottopisteet erosivat toisistaan ennen patoa ja sen jälkeen. Ennen patoa vesi seiso i lammikossa, kun taas padon jälkeen näyte täytyi ottaa matalasta virtaavasta vedestä, jolloin näytteen sekaan tuli myös jonkin verran maa-ainesta uoman pohjalta. Koeasetelmaa ja -ympäristöä pitäisi siis kehittää, jotta saataisiin mikromuovien poistoteho mitattua tarkasti.

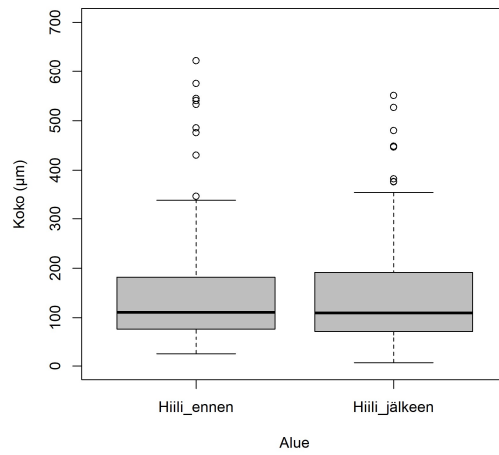


Kuva 37. Mikromuovipitoisuudet biohiilipadon molemmin puolin.

Polymeerityyppien (Kuva 38) ja kokojakauman (Kuva 39) osalta tulokset olivat samanlaiset molemmilla puolin patoa. Lähes kaikki partikkelit olivat polypropeenä (PP) tai polyeteeniä (PE). Yleisin kokoluokka oli noin 100–200  $\mu\text{m}$ .



Kuva 38 Biohiilipadolta havaitut polymeerityypit ennen patoa ja padon jälkeen.



Kuva 39. Biohiilipadolta havaittujen mikrohuovipartikkelien kokojakaumat ennen patoa ja padon jälkeen.



### Kokemukset ja opitut asiat

- Puhdistusteho eri haitta-aineilla vaihteli suuresti koejakson aikana, välillä padosta huuhtoutui mahdollisesti siihen kertyneitä aineita. Mutta esim. virtaama ei korreloinut selvästi biohiilipadosta poistuvien pitoisuuksien kanssa.
- Kokonaistypen osalta reduktiot olivat negatiivisia eli padosta huuhtoutui typpeä
- Fosforin ja kiintoaineen osalta reduktiot enimmäkseen positiivisia
- Metallien reduktiot enimmäkseen hieman positiivisia, mutta lyijyn osalta negatiivisia
- Biohiilipato ei varsinaisesti tarvitse ylläpitoa, vaan kun pato on menettänyt tehonsa, säkit voidaan vaihtaa uusiin. Pato vaatii kuitenkin vähintään viikoittaista seuranta, että kaikki on kunnossa. Esim. lehdet voivat tukkia patoa. Suurilla virtaamilla voi myös syntyä eroosiota, joka aiheuttaa virtausta padon ohi.
- Biohiilisäkkien teho alkoi hiipua noin 20 000 m<sup>3</sup> jälkeen
- Biohiili sekä säkkikangas ovat biohajoavia, joten käytetyt biohiilisäkit voidaan käyttää esim. maanparannuksessa. Tässä kokeessa säkkien kestävyudessa oli ongelmia ja säkkejä jouduttiin vahvistamaan tukiverkoilla.

Biohiilipadosta laadittiin myös erillinen case kortti, joka on tämän raportin liitteenä.

### 6.8.2 Biopolymeerisaostus

Biopolymeerikokeen tulokset on esitetty kahdessa eri erässä: taulukossa 9 on esitetty esikokeiden tulokset, jossa kiintoainepitoisuudet . Taulukossa 10 on esitetty vastaavasti esimerkit koesarjasta, missä on kiintoainepitoisuus alle 100 mg/l .

Taulukko 10. Esikokeiden tulokset. Hulevesien kiintoainepitoisuus on yli 100 mg/l.

| Aika             | Näyte       | K.a.<br>(mg/L) | P<br>(mg/L) |
|------------------|-------------|----------------|-------------|
| 17.11.2020 9:00  | Raakavesi   | 266            |             |
| 17.11.2020 15:30 | Puhdistettu | 113            |             |
|                  | Poisto-%    | 58 %           | 50 %        |
| 18.11.2020 9:00  | Raakavesi   | 2724           |             |
| 18.11.2020 13:45 | Puhdistettu | 450            |             |
|                  | Poisto-%    | 83 %           | 80 %        |
| 19.11.2020 18:30 | Raakavesi   | 201            |             |
| 19.11.2020 18:30 | Puhdistettu | 34             |             |
|                  | Poisto-%    | 83 %           | 80 %        |

Taulukko 11. Syksyn 2022 saostuskokeiden tulokset, joissa hulevesien pitoisuus on alle 100 mg/l.

|                | pvm       | Virtaama<br>m <sup>3</sup> /h | Total-P<br>(mg/l) | Kiintoaine<br>(mg/l) | TOC<br>(mg/l) | Tot-N (mg/l) |
|----------------|-----------|-------------------------------|-------------------|----------------------|---------------|--------------|
| <b>Ennen</b>   | 1.11.2022 | 14,85                         | 0,046             | 17,23                | 6,36          | 1,22         |
| <b>Jälkeen</b> | 1.11.2022 | 14,85                         | 0,038             | 18,65                | 10,12         | 1,36         |
|                | 1.11.2022 | 14,85                         | 17 %              | -8 %                 | -59 %         | -12 %        |

|                         |            |       |       |        |       |       |
|-------------------------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| <b>Ennen</b>            | 2.11.2022  | 12,17 | 0,038 | 11,72  | 8,86  | 1,32  |
| <b>Jälkeen</b>          | 2.11.2022  | 12,17 | 0,021 | 10,82  | 11,10 | 1,32  |
|                         | 2.11.2022  | 12,17 | 45 %  | 8 %    | -25 % | 0 %   |
| <b>Ennen/IN</b>         | 3.11.2022  | 12,17 | 0,014 | 3,50   | 6,80  | 0,97  |
| <b>Jälkeen/O<br/>UT</b> | 3.11.2022  | 12,17 | 0,009 | 3,91   | 9,92  | 1,11  |
|                         | 3.11.2022  | 12,17 | 36 %  | -12 %  | -46 % | -15 % |
| <b>Ennen/IN</b>         | 4.11.2022  | 12,17 | 0,021 | 2,80   | 6,70  | 0,82  |
| <b>Jälkeen/O<br/>UT</b> | 4.11.2022  | 12,17 | 0,012 | 5,80   | 10,14 | 1,01  |
|                         | 4.11.2022  | 12,17 | 43 %  | -107 % | -51 % | -24 % |
| <b>Ennen</b>            | 10.11.2022 | 12,17 | 0,076 | 27,29  | 6,57  | 1,51  |
| <b>Jälkeen</b>          | 10.11.2022 | 12,17 | 0,041 | 17,06  | 8,44  | 1,57  |
|                         | 10.11.2022 | 12,17 | 46 %  | 37 %   | -28 % | -4 %  |
| <b>Ennen</b>            | 11.11.2022 | 4,77  | 0,127 | 66,42  | 4,01  | 1,03  |
| <b>Jälkeen</b>          | 11.11.2022 | 4,77  | 0,083 | 38,75  | 4,60  | 0,96  |
|                         | 11.11.2022 | 4,77  | 35 %  | 42 %   | -15 % | 7 %   |
| <b>Ennen</b>            | 14.11.2022 | 4,77  | 0,023 | 3,23   | 6,47  | 1,11  |
| <b>Jälkeen</b>          | 14.11.2022 | 4,77  | 0,014 | 8,42   | 7,91  | 1,11  |
|                         |            | 4,77  | 39 %  | -161 % | -22 % | 0 %   |

Opitut asiat:

- Pilotin kapasiteetti n. 15 m<sup>3</sup>/h, Suodattimen ylös ajoon tarvitaan kuormitusta, ottaa 1-2 käyttöpäivää => muodostuu "suodatuskerros"
- Biopolymeeriliuoksen kulutus noin 1L per käsitelty hulevesikuutio
- Rakennusaikaisesta hulevedestä suodattui noin 55-83 % kiintoaineesta ja fosforista, kun kiintoainepitoisuus on korkea (> 100 mg/l)
- Pienemmillä kiintoaine pitoisuuksilla puhdistusteho on heikompi, alle 10 mg/l ei juurikaan tehoa

Biohiilisuodatukselta laadittiin oma Case-kortti, joka on tämän raportin liitteenä 2.

## 6.9 Lampiselvitys

Lampiselvityksen tulokset on esitetty liitteissä 3 ja 4.9.

## 7 Viestintä

Hanketta on esitelty [Savonian ympäristötekniikan](#) ja [Itä-Suomen yliopiston](#) verkkosivuilla. Lisäksi hanketta on esitelty yhteistyökumppaneille palavereissa ja tapaamisissa. Suuremmalle yleisölle hankkeesta on tehty lyhyt juttu [Kuopion seutu –lehteen kesällä 2022](#). Hankkeen tuloksista pidettiin esittely vesiyhdistyksen järjestämässä [Hulevesi 2022 seminaarissa](#) Turussa syyskuun lopulla sekä 26.1.2023 vesiensuojelun tehostamisohjelman hulevesiseminaarissa sekä 28.3.2023 kuntaliiton järjestämässä hulevesiseminaarissa.

HULA-hankkeesta järjestettiin 1.12.2022 loppuwebinaari, jonka webinaaritalenteet löytyvät Savonia Stagelta: <https://www.savonia.fi/tutustu-savoniaan/ajankohtaista/savonia-stage/> sekä [täältä](#). Hankeen mikromuovi osiosta saatu materiaali hyödynnetään myös tieteellisen artikkelin muodossa, joka julkaistaan tämän projektin päättymisen jälkeen.

Webinaariesityksiin liittyvät powerpoint-esitykset löytyvät [täältä](#) sekä tämän raportin liitteenä.

Lisäksi biohiilisuodatukselta ja biopolymeerisaostuksesta laadittiin omat case kortit, jotka ovat tämän raportin liitteenä 1 ja 2.

### Liitteet:

Liite 1. Case kortti, biohiilipato

Liite 2. Case kortti, biopolymeerisaostus

Liite 3. Lampiselvitys

Liite 4. Hulevesiseminaarin esitykset powerpoint-muodossa

Liite 4.1 Esittely

Liite 4.2 Automaattinen näytteenotin

Liite 4.3 Tulokset ja mallintaminen

Liite 4.4 Metallianalyysit kenttämittauksella

Liite 4.5 Mikromuovit

Liite 4.6 Mikrobit

Liite 4.7 Biopolymeerisaostus

Liite 4.8 Biohiilisaostus

Liite 4.9 Lampiselvitys

## Case: biohiilipatokäsittely lumenkaatopaikalla

Biohiilipatojen testattiin Kuopion Siikaniemen lumenkaatopaikalla 19.7 – 16.11.2022. Kokeen tarkoituksena oli selvittää biohiilipatojen soveltuvuutta korkean kuormituksen hulevesikohteisiin.

Biohiilipadon toimintaperiaate on yksinkertainen (ks. kuva 1): biohiilisäkit (1) asetetaan avo-uomaan padoksi ja tuetaan tukipaaluilla (2). Tarvittaessa avo-uomaa voidaan muotoilla ohivirtausten välttämiseksi. Biohiilisäkit on valmistettu puuvillasta. Säkit sisältävät noin puolet biohiiltä ja puolet esimerkiksi lecasoraa tai vastaavaa materiaalia. Lisäksi biohiiltä on mahdollista myös pinnoittaa esimerkiksi magnesium- tai rautahydroksidilla. Tässä kokeessa käytettiin pinnoittamatonta materiaalia, koska laboratoriotestien mukaan pinnoituksista ei saavutettu hyötyä ko. vesille.



Kuva 1. Biohiilipato: biohiilisäkit (1), tukipaalut (2).

### Testialue ja tulokset

Testialueena käytettiin Siikalahden lumenkaatopaikkaa. Lumenkaatopaikan valuma-alue oli n. 1,2 ha ja kokeen aikana käsitelty vesimäärä oli n. 30 000 m<sup>3</sup>, josta noin 90 % muodostui lumien sulamisvedestä ja loput sadevedestä. Virtaamaa seurattiin jatkuvatoimisella virtaamamittarilla. Tärkeimmät analysoidut aineet ja niiden tulokset on esitetty taulukossa 1.

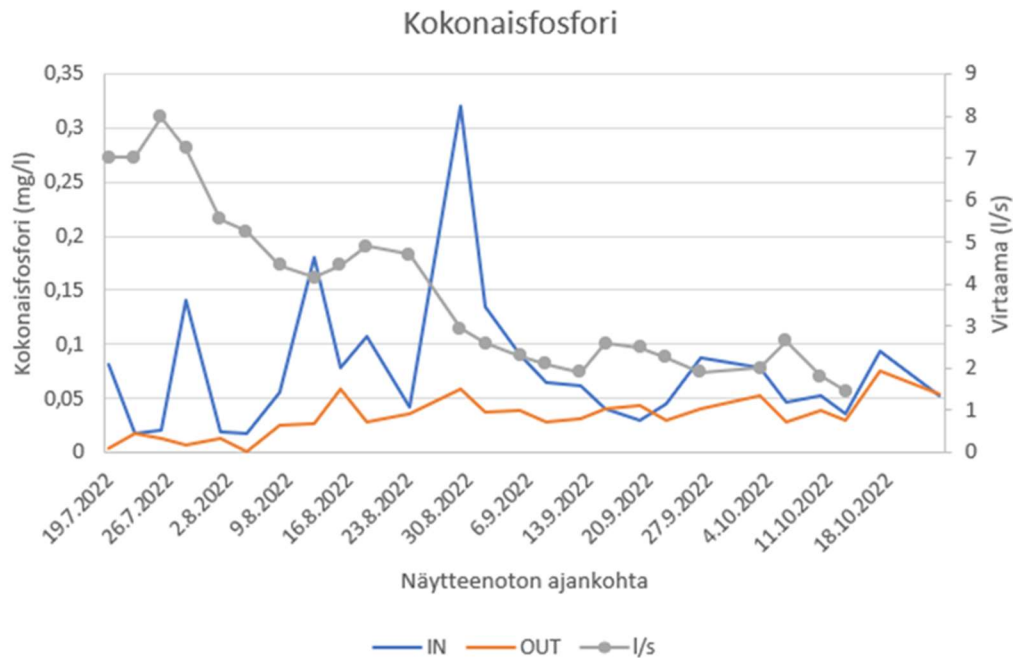
Taulukko 1. Biohiilipadon reduktiot

| Haitta-aine | Reduktio | Min/Max                               |
|-------------|----------|---------------------------------------|
| kiintoaine  | 15 %     | - 509 % / + 98 %                      |
| fosfori     | 50 %     | - 47 % / +100 %                       |
| kok. typpi  | -13 %    | - 23 % / 0 %                          |
| metallit    | 3-30 %   | - 99 % / +79 %<br>(Zn <sup>**</sup> ) |
| mikrobit    | *        |                                       |
| mikromuovit | *        |                                       |

(\* )= ei havaittu merkittävää vaikutusta

(\*\* ) = esimerkkinä sinkin reduktiot

## Case: biohiilipatokäsittely lumenkaatopaikalla



Kuva 2. Fosforipitoisuus ennen ja jälkeen käsittelyä sekä virtaama.

### Kokemukset ja opitut asiat

- Puhdistusteho eri haitta-aineilla vaihteli suuresti koejakson aikana, välillä padosta huuhtoutui mahdollisesti siihen kertyneitä aineita. Mutta esim. virtaama ei korreloinut selvästi biohiilipadosta poistuvien pitoisuuksien kanssa.
- Kokonaistypen osalta reduktiot olivat negatiivisia eli padosta huuhtoutui typpeä
- Fosforin ja kiintoaineen osalta reduktiot enimmäkseen positiivisia
- Metallien reduktiot enimmäkseen hieman positiivisia, mutta lyijyn osalta negatiivisia
- Biohiilipato ei varsinaisesti tarvitse ylläpitoa, vaan kun pato on menettänyt tehonsa, säkit voidaan vaihtaa uusiin. Pato vaatii kuitenkin vähintään viikoittaista seuranta, että kaikki on kunnossa. Esim. lehdet voivat tukkia patoa. Suurilla virtaamilla voi myös syntyä eroosiota, joka aiheuttaa virtausta padon ohi.
- Biohiilisäkkien teho alkoi hiipua noin 20 000 m<sup>3</sup> jälkeen
- Biohiili sekä säkkikangas ovat biohajoavia, joten käytetyt biohiilisäkit voidaan käyttää esim. maanparannuksessa. Tässä kokeessa säkkien kestävyudessa oli ongelmia ja säkkejä jouduttiin vahvistamaan tukiverkoilla.

## Case: Biopolymeerisaostus rakennusalueen hulevesille

- Flokkulanttina käytettiin nestemäistä biopolymeeriä, joka on tehty katkarapujätteestä
- Puhdistusprosessissa biopolymeeri saostaa kiintoaineen suodattimen pohjalle, vesi purkautuu suodattimen reunoilta
- Suodatin täyttyä asteittain ja suodatuskerros nousee, suodatin vaihdetaan kun on täynnä kiintoainetta



Kuva 1. Suodatinkontti (1), kemikaalin annostelukontti (2), vaihtosuodatin (3).

- Pilotin kapasiteetti n. 15 m<sup>3</sup>/h, Suodattimen ylös ajoon tarvitaan kuormitusta, ottaa 1-2 käyttöpäivää => muodostuu "suodatuskerros"
- Biopolymeeriliuoksen kulutus noin 1L per käsitelty hulevesikuutio
- Rakennusaikaisesta hulevedestä suodattui noin 55-83 % kiintoaineesta ja fosforista, kun kiintoainepitoisuus on korkea (> 100 mg/l)
- Pienemmillä kiintoaine pitoisuuksilla puhdistusteho on heikompi, alle 10 mg/l ei juurikaan tehoa

Lisätietoja: Janne Kankkunen, email: [janne.kankkunen@bioso4.com](mailto:janne.kankkunen@bioso4.com)

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

PROJEKTIN LOPPURAPORTTI - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# HULEVESIKUORMITUKSEN VAIKUTUS KAUPUNKILAMPIEN VEDEN LAATUUN

TEKIJÄT    Hanna Kauppinen  
              Tuomas Parkkunen  
              Rosa Pellikka  
              Juha Soili

## SISÄLTÖ

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | JOHDANTO .....   | 7  |
| 2     | RAPORTTIIN KÄYTETYT AINEISTOT JA MENETELMÄT .....      | 8  |
| 2.1   | Näytteenotto- ja laboratorioanalyysit .....            | 8  |
| 2.2   | Maankäyttö ja pinta-alatiedot .....                    | 8  |
| 2.3   | Vesistöjen laatutiedot, tyypittely ja luokittelu ..... | 8  |
| 3     | HULEVESIKUORMITUS KAUPUNKIALUEELLA .....               | 9  |
| 3.1   | Kuormituslähteet.....                                  | 9  |
| 3.2   | Haitta-aineet.....                                     | 9  |
| 3.2.1 | Kiintoaine.....  | 9  |
| 3.2.2 | Ravinteet .....  | 9  |
| 3.2.3 | Metallit.....  | 9  |
| 3.2.4 | Kloridi .....  | 9  |
| 3.2.5 | Öljyt ja rasvat.....                                   | 10 |
| 3.2.6 | PAH-yhdisteet.....                                     | 10 |
| 3.2.7 | Torjunta-aineet.....                                   | 10 |
| 3.2.8 | Suolistoperäiset bakteerit.....                        | 10 |
| 3.3   | Maankäyttö .....                                       | 10 |
| 3.4   | Kaupungistuminen ja ilmastonmuutos.....                | 10 |
| 4     | LITMANEN .....   | 12 |
| 4.1   | Vesistön perustiedot.....                              | 13 |
| 4.1.1 | Hydrologis-morfologinen tila .....                     | 13 |
| 4.1.2 | Valuma-alue, osa-valuma-alueet ja maankäyttö .....     | 14 |
| 4.2   | Veden laatutiedot.....                                 | 16 |
| 4.2.1 | Lämpötila ja jäänpaksuus.....                          | 17 |
| 4.2.2 | Hapenkylläisyysaste .....                              | 17 |
| 4.2.3 | Kokonaisfosfori .....                                  | 18 |
| 4.2.4 | Kokonaistyyppi .....                                   | 19 |
| 4.2.5 | Kiintoaine.....  | 20 |
| 4.2.6 | Väriluku .....   | 20 |



|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.3   | Pinta-veden tyypittely .....                               | 21 |
| 4.4   | Vesistön luokittelu ravinteiden osalta, ravinnesuhde ..... | 21 |
| 4.5   | Ulkoinen kuormitus .....                                   | 22 |
| 4.5.1 | Ulkoinen kuormitus, kokonaisfosfori .....                  | 23 |
| 4.5.2 | Ulkoinen kuormitus, kokonaistyyppi .....                   | 24 |
| 4.5.3 | Ulkoinen kuormitus, kiintoaine .....                       | 25 |
| 4.5.4 | Muu ulkoinen kuormitus .....                               | 26 |
| 4.5.5 | Ulkoinen kuormitus yhteenveto .....                        | 26 |
| 4.6   | Sisäinen kuormitus .....                                   | 27 |
| 4.7   | Nykytila-analyysi .....                                    | 29 |
| 5     | SAMMAKKOLAMPI .....  | 30 |
| 5.1   | Vesistön perustiedot .....                                 | 30 |
| 5.2   | Hydraulis-morfologinen tila .....                          | 31 |
| 5.3   | Valuma-alue, osa-valuma-alueet ja maankäyttö .....         | 32 |
| 5.4   | Veden laatutiedot .....                                    | 33 |
| 5.4.1 | Lämpötila .....  | 33 |
| 5.4.2 | Hapenkylläisyysaste .....                                  | 33 |
| 5.4.3 | Kokonaisfosfori .....                                      | 34 |
| 5.4.4 | Kokonaistyyppi .....                                       | 35 |
| 5.4.5 | Kiintoaine .....   | 36 |
| 5.4.6 | Väriluku .....   | 37 |
| 5.4.7 | Pinta-veden tyypittely .....                               | 37 |
| 5.4.8 | Luokittelu laatutietojen osalta .....                      | 38 |
| 5.5   | Ulkoinen kuormitus .....                                   | 38 |
| 5.5.1 | Ulkoinen kuormitus, kokonaisfosfori .....                  | 38 |
| 5.5.2 | Ulkoinen kuormitus, kokonaistyyppi .....                   | 39 |
| 5.5.3 | Ulkoinen kuormitus, kiintoaine .....                       | 40 |
| 5.5.4 | Muu ulkoinen kuormitus .....                               | 40 |
| 5.5.5 | Ulkoinen kuormitus yhteenveto .....                        | 41 |
| 5.6   | Sisäinen kuormitus .....                                   | 41 |
| 5.7   | Nykytila-analyysi .....                                    | 42 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 6     | KUNNOSTUSTOIMENPITEET .....              | 43 |
| 6.1   | Litmanen.....                            | 43 |
| 6.1.1 | Näytepiste 6. ....                       | 43 |
| 6.1.2 | Näytepiste 8. ....                       | 43 |
| 6.2   | Sammakkolampi.....                       | 45 |
| 7     | POHDINTA .....                           | 46 |
|       | LÄHTEET .....                            | 47 |
|       | LIITE 1: RAVINNETASE LITMANEN .....      | 48 |
|       | LIITE 2: RAVINNETASE SAMMAKKOLAMPI ..... | 51 |

## KUVALUETTELO

|         |   |    |
|---------|---|----|
| Kuva 1  | Litmanen sijainti .....   | 12 |
| Kuva 2  | Litmasenlammen rantaa, Soili 2021 .....   | 13 |
| Kuva 3  | Keskimääräinen valunta (mm/a) vuosina 1961-1991 (Suomen Ympäristökeskus, 2009)..... | 14 |
| Kuva 4  | Vesistöön suoraan kohdistuvat purkupisteet .....                                    | 15 |
| Kuva 5  | Litmasen lammen maankäyttö ja osavaluma-alueet.....                                 | 16 |
| Kuva 6  | Litmasenlammen lämpötila.....   | 17 |
| Kuva 7  | Hapenylläisyysaste .....  | 18 |
| Kuva 8  | Kokonaisfosfori .....   | 18 |
| Kuva 9  | Kokonaistyyppi .....  | 19 |
| Kuva 10 | Väriluku.....   | 20 |
| Kuva 11 | Kokonaisfosforivertailu.....  | 23 |
| Kuva 12 | Kokonaisfosfori kuormituspisteet .....  | 23 |
| Kuva 13 | Kokonaistyyppivertailu.....   | 24 |
| Kuva 14 | Kokonaistyyppi kuormituspisteet .....   | 24 |
| Kuva 15 | Kiintoainevertailu.....   | 25 |
| Kuva 16 | Kiintoaine kuormituspisteet .....   | 25 |
| Kuva 17 | Orgaaninen kokonaishiilivertailu.....   | 26 |
| Kuva 18 | Sammakkolampi sijainti .....  | 30 |
| Kuva 19 | Sammakkolampeen kohdistuvat purkupisteet.....                                       | 31 |
| Kuva 20 | Sammakkolammen maankäyttö ja valuma-alueet .....                                    | 32 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| Kuva 21 | Lämpötila Sammakkolammessa vuosina 2014–2021 .....                        | 33 |
| Kuva 22 | Hapenkylläisyysaste Sammakkolammessa vuosina 1985–2021 .....              | 34 |
| Kuva 23 | Kokonaisfosfori Sammakkolammessa huhti–lokakuussa vuosina 1992–2021 ..... | 34 |
| Kuva 24 | Kokonaistyyppi Sammakkolammessa huhti–lokakuussa vuosina 1992–2021 .....  | 35 |
| Kuva 25 | Kiintoaine Sammakkolammessa vuonna 2003 .....                             | 36 |
| Kuva 26 | Veden väriluku Sammakkolammessa touko–lokakuussa, vuosina 2003–2021 ..... | 37 |
| Kuva 27 | Kokonaisfosforivertailu .....   | 39 |
| Kuva 28 | Kokonaistyyppivertailu logaritmisella asteikolla .....                    | 39 |
| Kuva 29 | Kiintoainevertailu logaritmisella asteikolla .....                        | 40 |
| Kuva 30 | Orgaaninen kokonaishiilivertailu logaritmisella asteikolla .....          | 40 |
| Kuva 31 | Näytepisteen 6. purkupisteen edustaa, Soili 2021 .....                    | 43 |
| Kuva 32 | Näytepiste 8. pää- ja sivu-uoma .....                                     | 44 |
| Kuva 33 | Näytepisteen 8. sivu-uoma .....   | 44 |

## TAULUKKOLUETTELO

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Taulukko 1  | Vesistön perustiedot .....  | 14 |
| Taulukko 2  | Litmasenlammen valuma-alueen maankäytön muodot .....              | 15 |
| Taulukko 3  | Kokonaisfosfori historiallinen kehitys .....                      | 19 |
| Taulukko 4  | Kokonaistypen historiallinen kehitys .....                        | 20 |
| Taulukko 5  | Väriluku historiallinen kehitys .....                             | 21 |
| Taulukko 6  | Ravinneluokkavertailu .....                                       | 21 |
| Taulukko 7  | Kokonaisravannesuhde .....  | 21 |
| Taulukko 8  | Ominaisuuskertomien laskenta .....                                | 22 |
| Taulukko 9  | Ulkoisen kuormitus yhteenveto .....                               | 26 |
| Taulukko 10 | Vollenweider tulokset .....                                       | 27 |
| Taulukko 11 | Kokonaisfosfori sisäinen kuormitus .....                          | 28 |
| Taulukko 12 | Vesistön perustiedot .....  | 31 |
| Taulukko 13 | Koko valuma-alueen maankäytön muodot .....                        | 32 |
| Taulukko 14 | Kokonaisfosforin historiallinen kehitys 1 metrin syvyydessä ..... | 35 |
| Taulukko 15 | Kokonaistypen historiallinen kehitys 1 metrin syvyydessä .....    | 35 |
| Taulukko 16 | Kiintoaineen historiallinen kehitys .....                         | 36 |
| Taulukko 17 | Väriluvun historiallinen kehitys .....                            | 37 |

|   |    |
|---|----|
| Taulukko 18 Ravinneluokkavertailu .....             | 38 |
| Taulukko 19 Kokonaisravinnesuhde .....              | 38 |
| Taulukko 20 Ulkoinen kuormitus yhteenveto.....      | 41 |
| Taulukko 21 Vollenweider-tulokset .....             | 41 |
| Taulukko 22 Kokonaisfosfori sisäinen kuormitus..... | 42 |

## 1 JOHDANTO

Projektityö on suoritettu osana Projekti 3-kurssia ja se kuuluu ympäristötekniikan kolmannen vuoden opiskelijoiden opintosuunnitelmaan. Projektin opiskelijaryhmässä olivat mukana projektin opiskelijavastaava Tuomas Parkkunen, Rosa Pellikka, Juha Soili ja Hanna Kauppinen.

Projektityön tilaajana on Savonian ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehittämissyksikkö. Tilaajan yhteyshenkilönä toimi tutkimusinsinööri Antti Koskenlahti.

Projektityö on suoritettu osana Savonia-ammattikorkeakoulun, Itä-Suomen yliopiston sekä BioSO4 Oy:n toteuttamaa HuLa-hanketta. HuLa-hankkeessa kehitetään menetelmiä hulevesien laadun jatkuvaan seurantaan sekä hulevesien kuormituksen vähentämiseen hyödyntäen uusia modulaarisia puhdistusmenetelmiä.

Projektityön tarkoituksena on tutkia Kuopiossa sijaitsevien Sammakkolammen ja Litmasenlammen hulevesien ravinnekuormitusta ja sen vaikutusta vesistöjen vedenlaatuun. Ravinnekuormitusta on selvitetty projektiryhmän suorittamalla kertaluonteisella näytteenotolla syksyllä 2021 kohdevesistöihin kohdistuvista purkupisteistä. Näytteenoton tuloksia on verrattu maankäytön laskennallisiin arvoihin ja tuloksia on tarkasteltu suhteessa vesistöjen nykytilaan. Saaduista tuloksista on laadittu mahdolliset kunnostustoimenpide-ehdotukset eniten kuormittaville purkupisteille.

Projektin opiskelijaryhmä haluaa kiittää tutkimusinsinööri Antti Koskenlahtea opastuksesta ja ohjauksesta koko projektin aikana sekä testausinsinööri Iida Pulkista avusta laboratoriotöissä.

## 2 RAPORTTIIN KÄYTETYT AINEISTOT JA MENETELMÄT

### 2.1 Näytteenotto- ja laboratorioanalyysit

Kohdevesistöille on tehty kertaluontoinen näytteenotto syksyn 2021 aikana. Näytteenotto on pyritty ajoittamaan runsaan sateen hetkelle. Näytepisteet ovat valittu niiden edustavuuden ja kokonaisvaikutuksen perusteella. Näytteet on pyritty ottamaan mahdollisimman läheltä vesistöä todellisen vesistöön kohdistuvan kuormituksen selvittämiseksi.

Näytteille suoritetuissa laboratorioanalyyseissä opiskelijaryhmä suoritti kokonaisfosfori- ja kiintoaine määritykset. Tilaaja suoritti näytteille kokonaistypen ja orgaanisen kokonaishiilen (TOC) määritykset, joiden tulokset saatiin myös projektiryhmän käyttöön.

### 2.2 Maankäyttö ja pinta-alatiedot

Maankäyttöluokat on tuotu Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) Corine2018 paikkatietoaineistosta. Aineistosta on saatu valuma-alueiden maankäyttöluokat.

Valuma-alue ja osavaluma-alue jako on suoritettu näytepisteiden perusteella. Litmasenlammella on jako suoritettu QGIS:n SAGA-työkalun virtaamamallinnuksen avulla. Sammakkolammen jako on tehty Kuopion kaupungin hulevesiverkostokartan pohjalta.

### 2.3 Vesistöjen laatutiedot, tyypittely ja luokittelu

Kohdevesistöistä on kerätty vesistöjen laatutiedot SYKEN Hertta-palvelusta. Laatutietojen avulla on määritetty kohdevesistöjen nykyinen tila.

Vesistöjen jako pintavesityyppeihin luo perustan, jonka pohjalta ekologisen tilan määrittäminen voidaan tehdä. Tyyppien käyttö antaa pohjan seurannan suunnitteluun, vesienhoitoon sekä auttaa vesistön yleiskuvan muodostamisessa (SYKE 2012, Ohje pintaveden tyyppien määrittämiseksi).

Vesien tilan arviointi ja luokittelu tehdään ihmistoiminnan aiheuttaman muutoksen perusteella. Tilaluokittelu on tehty tässä raportissa kokonaisfosforin ja kokonaistypen osalta.

### 3 HULEVESIKUORMITUS KAUPUNKIALUEELLA

Hulevedet ovat rakennetuilta alueilta poisjohdettavaa sade- ja sulamisvettä sekä perustusten kuivatusvettä. Näitä vesiä syntyy kaduilta, teiltä sekä rakennusten katoilta muodostuvana pintavaluntana.

#### 3.1 Kuormituslähteet

Haitta-aineita päätyy hulevesiin kuiva- ja märkälasseumana, liikenteen pakokaasuista, avoneuvojen ja rakennusmateriaalien korroosiosta, tiepinnoitteiden kulumisena sekä liukkaudentorjuntaan käytetyistä aineista.

#### 3.2 Haitta-aineet

Yleisimpiä hulevesien haitta-aineita ovat kiintoaine, ravinteet (mm. fosfori ja typpi), metallit, kloridi sekä öljyt ja rasvat ja PAH-yhdisteet (polysykliset aromaattiset hiilivedyt) ja torjunta-aineet. Hulevesiin voi päätyä myös suolistoperäisiä bakteereita eläinten ulosteista tai jätevedenpumppaamoiden ylivuotojen seurauksena.

##### 3.2.1 Kiintoaine

Kiintoaineen lähteinä toimivat hienojakoinen maa-aines sekä tieliikenteen ja teollisuuden päästöt. Kiintoaine lisää veden sameutta vähentäen biologista tuotantoa ja luonnonmonimuotoisuutta. Usein kiintoaineeseen on sitoutunut myös ravinteita ja metalleja.

##### 3.2.2 Ravinteet

Sisävesien rehevöitymistä aiheuttavia ravinteita ovat erityisesti typpi ja fosfori. Jos vesistön valuma-alue laskee ravinteita enemmän kuin niitä ennättää vesien mukana poistua, kasvien ja kasviplanktonin kasvu voimistuu. Yleisimpiä ravinnekuormituksen lähteitä ovat laskeuma, jätevesiviemäreiden ja pumppaamoiden ylivuodot sekä eläinten ulosteet.

##### 3.2.3 Metallit

Liialliset määrät metallipitoisuuksia vähentää vastustus- ja lisääntymiskykyä ja aiheuttavat käytöshäiriöitä eliöstössä. Metalleja vesistöihin päätyy ajoneuvojen ja rakennusten sekä rakennetun ympäristön korroosiosta.

##### 3.2.4 Kloridi

Kloridi on kloorin ionimuoto  $Cl^-$ , jota vapautuu luonnonvesiin mineraalien rapautumisprosesseissa. Hulevesiin kloridia päätyy etenkin tiesuolauksesta. Suuri kloridipitoisuus heikentää maaperän hedelmällisyyttä ja voi aiheuttaa satotoksisuutta sekä vahingoittavat vesieliöitä häiritsemällä biologista osmoregulaatioprosessia, jolla eliöt ylläpitävät sopivaa suolapitoisuutta kehon nesteissään.

### 3.2.5 Öljyt ja rasvat

Öljy on haitallista sekä ihmiselle, että eläimille ja myrkyllistä kasveille. Veden pinnalla oleva öljy muodostaa kalvon, joka estää ilman ja valon pääsyä veteen. Öljy tarttuu eliöihin aiheuttaen niiden kuoleman. Öljyjä ja rasvoja päätyy vesistöihin vanhoista autoista, vanhoista huoltamoista ja korjaamoista sekä tieliikenneonnettomuuksista.

### 3.2.6 PAH-yhdisteet

Vedessä sitoutuvat orgaaniseen ainekseen. Useat PAH-yhdisteet ovat syöpää ja perimämuutoksia aiheuttavia. Energiatuotannosta sekä maantieliikenteestä muodostuvat yleisimmiksi polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen päästölähteet.

### 3.2.7 Torjunta-aineet

Torjunta-aineet rehevöittävät vesistöjä ja niihin laskevia uomia. Torjunta-aineet päätyvät kaupunkivesistöihin nurmilannoitteista.

### 3.2.8 Suolistoperäiset bakteerit

Eläinten ulosteet ja pumppaamoiden sekä viemäriverkoston ylivuodot ovat yleisimpiä bakteereiden kulkeutumisreittejä vesistöihin. Lisääntynyt bakteerien määrä aiheuttaa tautivaaraa.

## 3.3 Maankäyttö

Maankäyttö vaikuttaa merkittävästi huleveden laatuun. Haja-asutusalueella syntyvät hulevedet ovat melko hyvälaatuisia, kun taas taajama-alueella voidaan hulevesissä huomata suuriakin haitta-ainepitoisuuksia.

## 3.4 Kaupungistuminen ja ilmastonmuutos

Kaupungistumisen vaikutukset voi havaita pintavalunnan eli hulevesien määrässä, joka kaupunkirakentaminen seurauksena lisääntyy voimakkaasti. Kaupunkirakentaminen muuttaa veden kierto-kulkua, jolloin valunta lisääntyy ja haihdunta vähenee. Suurin osa kaupunkialueella muodostuvista hulevesistä syntyy läpäisemättömille pinnoille satavista vesistä. Lisääntyneet ja nopeasti muodostuvat hulevedet aikaansaavat vastaanottavissa vesistöissä maksimivirtaamien kasvamista ja suuria virtaama vaihteluita lisäten tulvariskiä sekä vesistöjen valuma-alueiden eroosiota.

Kaupungistuminen heikentää myös hulevesien kemiallista laatua. Kaupunkialueilla hulevesien mukanaan huuhtoutuvat lika- ja haitta-aineet ovat peräisin monenlaisista lähteistä, näin ollen eri olosuhteissa olevien kaupunkialueiden hulevesien laaduissa on huomattavia eroja. Toisin sanoen, mitä kaupungistuneempi valuma-alue, sitä huonokuntoisempi on sen purkuvesistö.



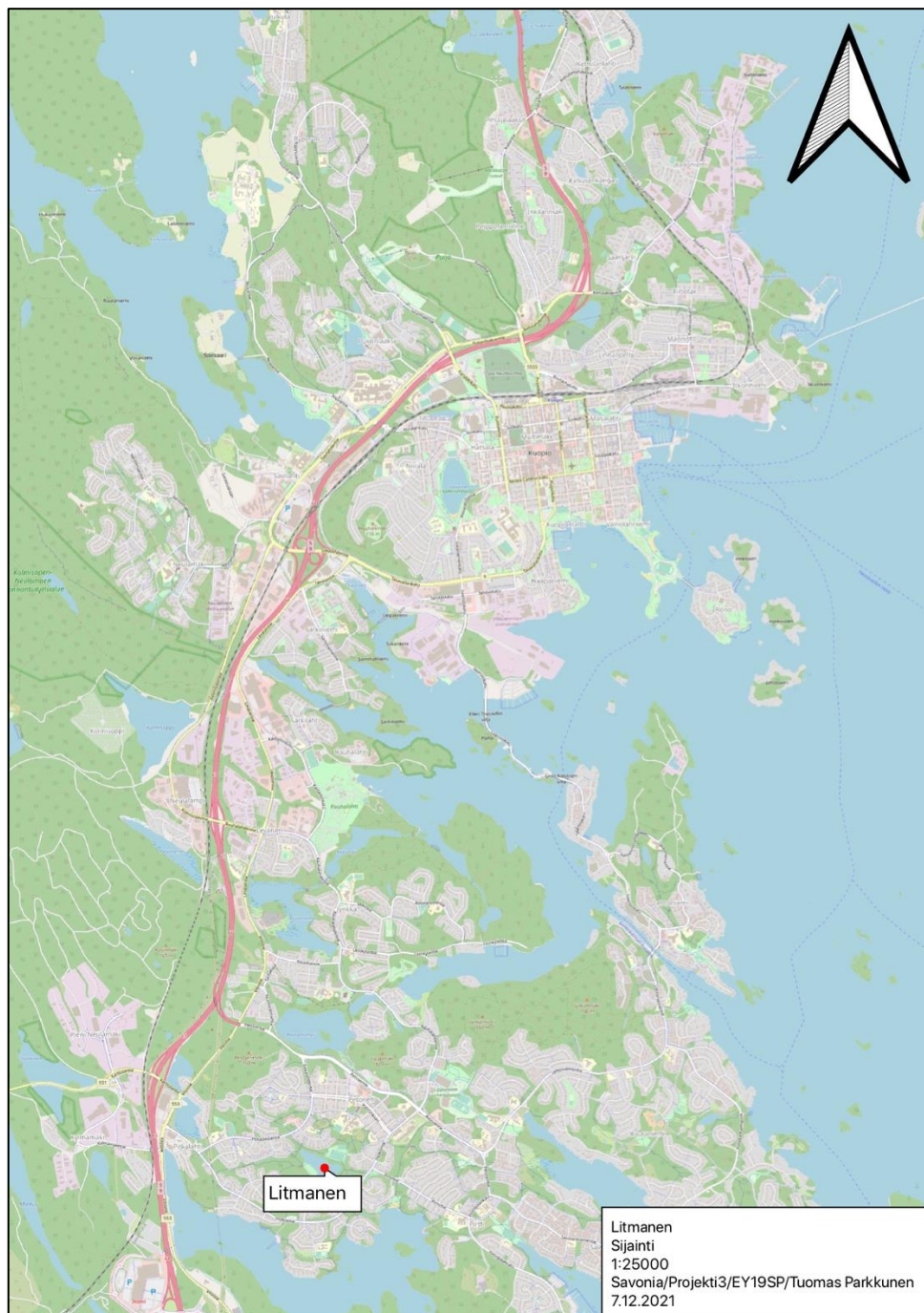
Rakentamisella on suuri merkitys hulevesien laatuun. Maan voimakas muokkaus, esimerkiksi kasviston poistaminen ja kaivantojen kuivaus, aiheuttaa maaperän eroosiota ja kasvavaa hulevesivirtaamaa, joka johtaa erityisesti kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksien kohoamiseen. Metallien liukeneminen lisääntyy maanmuokkauksen myötä.

Ilmastonmuutoksen myötä sään ääri-ilmiöiden on ennustettu yleistyvän ja sademäärien kasvavan. Sään ääri-ilmiöistä johtuen hulevesivirtaamat ja niistä riippuvaisten vesiuomien kuten purojen ja ojien virtaamien vaihtelut kasvavat. Suuret virtaamat aiheuttavat tulvia, kun taas pienet virtaamat kuivattavat vesiuomia ja viemäreitä. Vedenjohtamisreittien ylläpito vaikeutuu ja vesiekosysteemit kärsivät. Hulevesiviemäriverkoston kapasiteetti voi rankkasateilla osoittautua riittämättömäksi.

#### 4 LITMANEN

Litmasenlampi sijaitsee Kuopion kaupunkialueen eteläisissä osissa Petosella. Lammen valuma-alue koostuu suuremmilta osilta rakennetusta alueesta, ja sen rannat ovat pääsääntöisesti luonnontilaisia.

Valuma-alueella sijaitsee kaksi jätevedenpumppaamon ylivuotoputkea. Litmasenlampi purkautuu etelästä puron kautta Etelä-Kallaveteen, Hulkonlahteen.



Kuva 1 Litmanen sijainti



Kuva 2 Litmasenlammen rantaa, Soili 2021

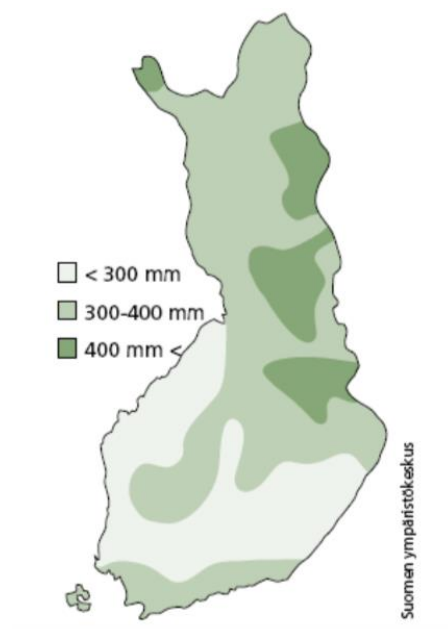
#### 4.1 Vesistön perustiedot

##### 4.1.1 Hydrologis-morfologinen tila

Hydrologis-morfologisen tilan tiedot ovat esitelty taulukossa 1. Vesistön syvyystiedot ja keskiveden korkeus on tuotu Kuopion kaupungin lampi- ja lahtikortit 2014-2018 raportista. Valuma-alueen määrittämiseen on käytetty QGIS:n SAGA-työkalulla\*. Keskivirtaaman laskentaan on käytetty Suomen Ympäristökeskuksen vuosien 1961-1991 keskimääräistä vuotuista valumatietoa (Kuva 3.) Kuopion alueella, ja tätä tulosta on käytetty viipymän laskentaan, laskennallinen oma\*\*.

Taulukko 1 Vesistön perustiedot

|  |        |
|--|--------|
| Valuma-alue, ha  | 128,6* |
| Keskisyvyys, m   | 1,5    |
| Suurin syvyys, m   | 2,1    |
| Vesistön pinta-ala, m <sup>2</sup>                               | 43856  |
| Tilavuus, m <sup>3</sup>   | 54000  |
| Keskivirtaama, l/s   | 13,8** |
| keskiarvollinen valunta*(valuma-alue-vesistön pinta-ala)         |        |
| Viipymä, vrk   | 45**   |
| Tilavuus (m <sup>3</sup> ) / keskivirtaama (m <sup>3</sup> /vrk) |        |
| Keskiveden korkeus   | +85,9  |



Kuva 3 Keskimääräinen valunta (mm/a) vuosina 1961-1991 (Suomen Ympäristökeskus, 2009).

#### 4.1.2 Valuma-alue, osa-valuma-alueet ja maankäyttö

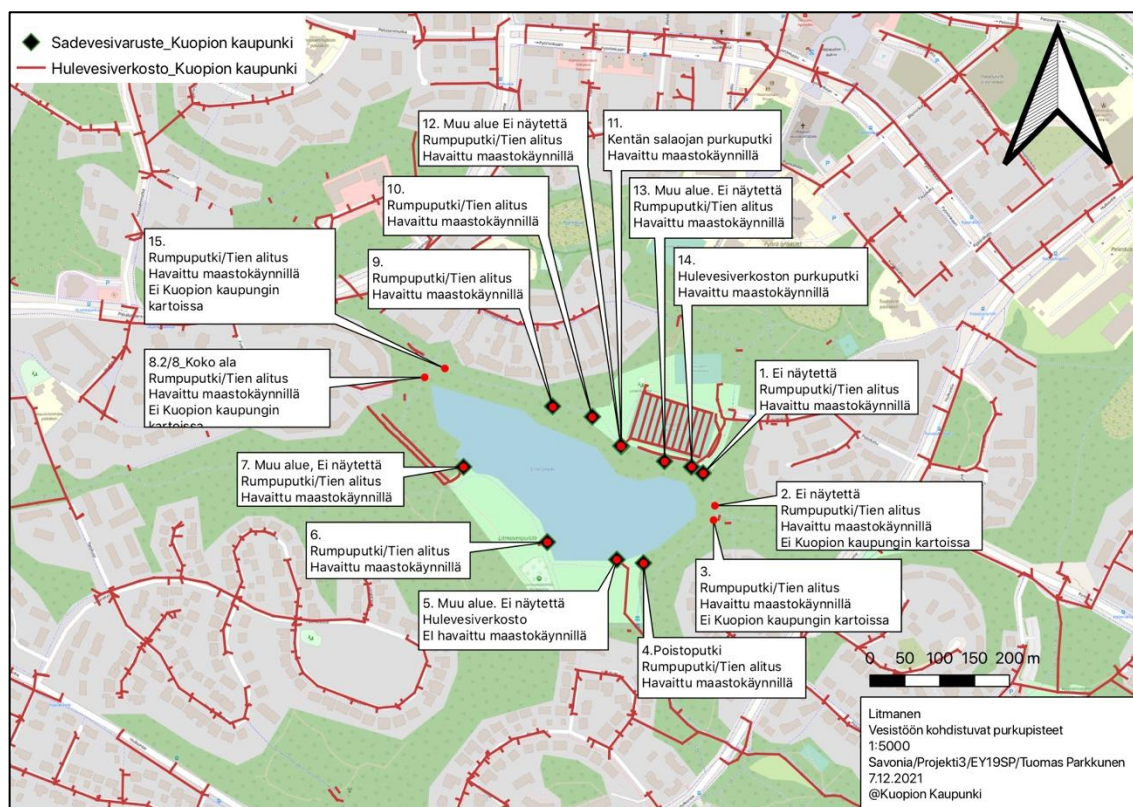
Valuma-alueen ja maankäytön tiedot on esitetty taulukossa 2. Valuma-alue on mallinnettu QGIS-ohjelman SAGA Channel network and drainage basins ja Upslope- työkalujen avulla.

Maankäytön tiedot ovat laskettu Corine2018 maankäyttöaineiston mukaan. Corine-aineiston maankäytön luokkajako on käsitelty vastaamaan SYKEN Vesistöjen ravinnekuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet 2015- raportin ominaisuuskerrointaulukkoa.

Taulukko 2 Litmasenlammen valuma-alueen maankäytön muodot

| Kokovaluma-alue | Pinta-ala, m <sup>2</sup> | Pinta-ala, Ha | Pinta-ala, % |
|-----------------|---------------------------|---------------|--------------|
| Hulevesi        | 765056,4                  | 76,5          | 59,5         |
| Haja-asutus     | 0,0                       | 0,0           | 0,0          |
| Maatalous       | 0,0                       | 0,0           | 0,0          |
| Metsätalous     | 465576,3                  | 46,6          | 36,2         |
| Suot/kosteikot  | 11609,0                   | 1,2           | 0,9          |
| Vesistöt        | 44032,2                   | 4,4           | 3,4          |
| <b>Yhteensä</b> | <b>1286273,9</b>          | <b>128,6</b>  |              |

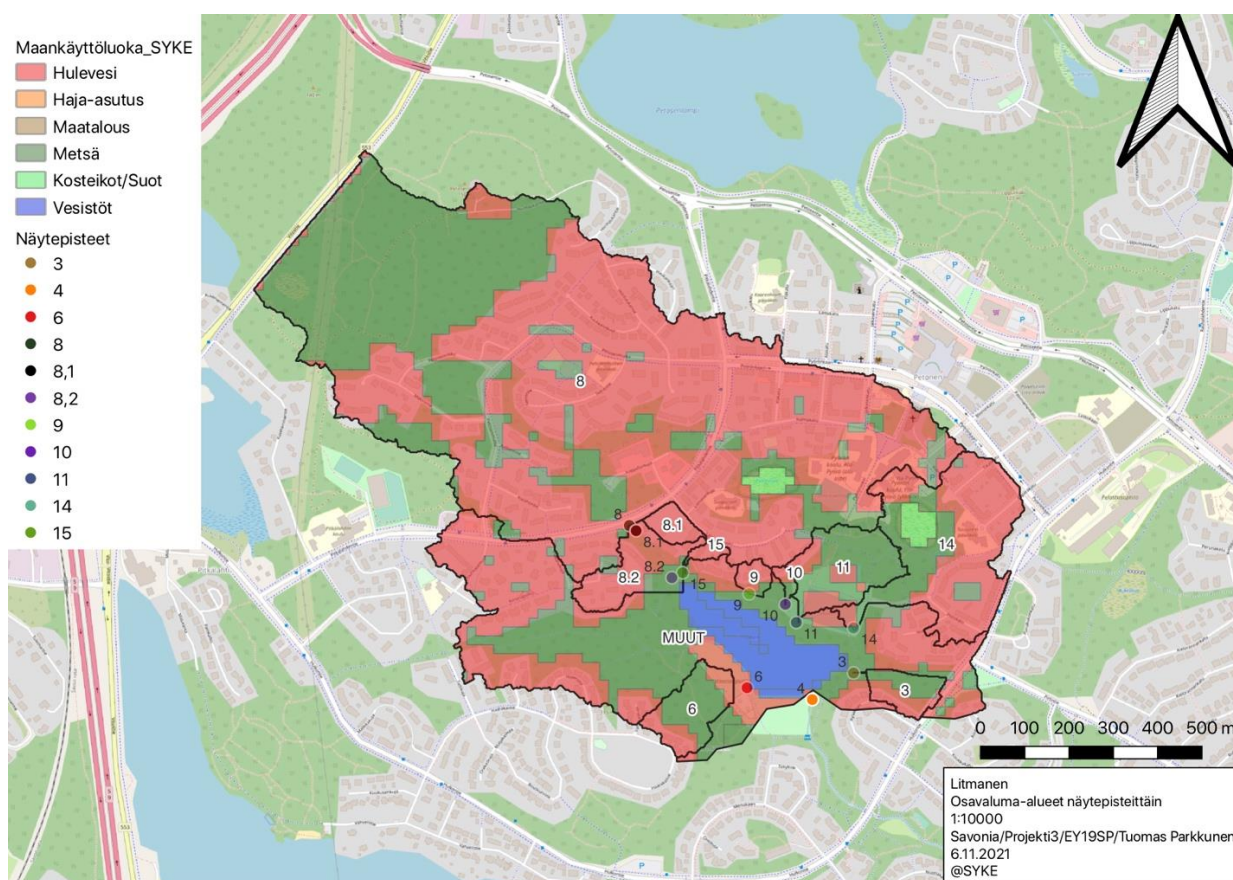
Valuma-alueen jako osavaluma-alueisiin on tehty maastokäynnillä 22.9.2021 ja näytteenoton 22.10.2021 yhteydessä havaituista vesistöön kohdistuvista purkupisteistä sekä kaupungin hulevesikarttatiedostosta. Kaikki lampeen suoraan kohdistuvat purkupisteet esitelty kuvassa 4. Kuvasta voidaan havaita vesistöön kohdistuvan enemmän pisteitä (pisteet 2, 3, 8.2 ja 15), mitä Kuopion kaupungin pohjakartoissa on. Pistettä 5. ei havaittu maastokäynnin ja näytteenoton yhteydessä.



Kuva 4 Vesistöön suoraan kohdistuvat purkupisteet

Tässä raportissa tarkempi osavaluma-alueetarkastelu on tehty pisteille, joista näytteet on otettu. Pisteet ja niiden osavaluma-alueet esitelty kuvassa 5. Tässä raportissa näytteenoton kattamatonta alaa kuvataan nimellä muut tai muu alue. Tälle alueelle sijoittuvat pisteet 1, 2, 5, 7, 12, 13. Näytteenoton ulkopuolelle jäi 23 % valuma-alueen kokonaispinta-alasta. Tulosten tulkinnassa 8.1 ja 8.2 alueet on yhdistetty alueeseen 8. Piste 4 on Litmasenlammen poistoputki, joten sen tuloksia ei ole käsitelty ulkoisessa kuormituksessa.

Osavaluma-alueet ovat mallinnettu QGIS:n SAGA:n Upslope työkalun avulla, eikä niille ole suoritettu pinta-ala korjauksia. Osavaluma-alueiden maankäytön pinta-alat esitelty liitteessä 1.



Kuva 5 Litmasen lammen maankäyttö ja osavaluma-alueet

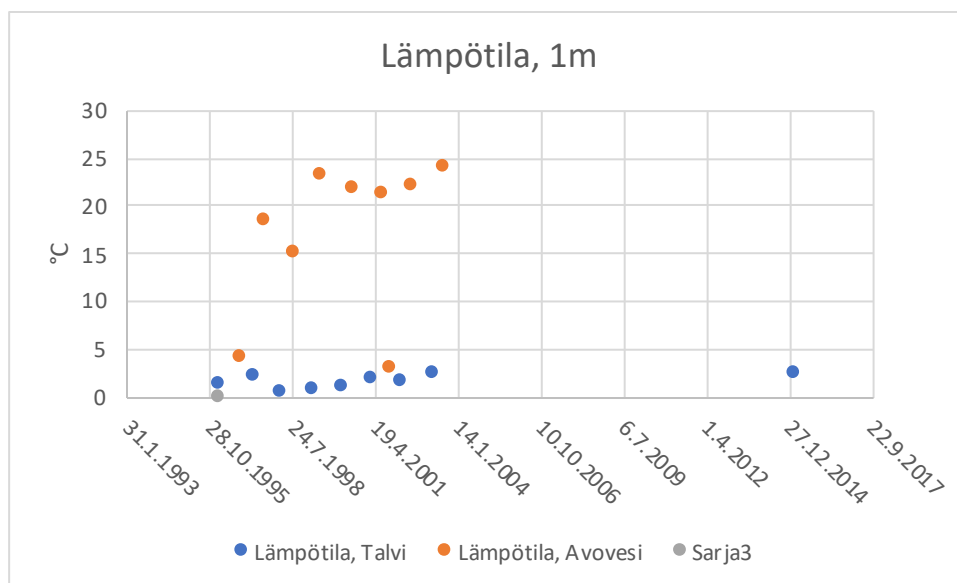
#### 4.2 Veden laatutiedot

Veden laatutiedot ovat koostettu SYKE:n Herta-palvelun veden laatutiedoista. Tiedot haettu palvelusta 1.10.2021-31.12.2021.

Kokonaisfosforin ja kokonaistypen laskentaan on käytetty koko mittaushistorian kevät (huhti- ja maaliskuu) ja kesä (heinä- ja elokuu) näytteiden näytesyvyyksien 0-1 m ja 1-2 m mittaustulosten lineaarisen historiallisen kehityksen tulosten keskiarvoa hetkellä 31.10.2021. Tulosten tulkinnan jako suoritettu SYKE:n Pintavesin tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesien hoidon kolmannella kaudella- oppaan luokittelun muuttujien mukaan.

#### 4.2.1 Lämpötila ja jäänpaksuus

Litmasenlampi on suhteellisen matala, maksimisyvyydeltään 2,1 m, joten siellä ei tapahdu selvää veden lämpötilakerrostuneisuutta. Olemassa olevan aineiston pohjalta lämpötila on kuvattu avovesikaudella heinäkuu-lokakuu ja talvella maaliskuu-huhtikuussa 1 m syvyydestä. Pohjan läheisestä kerroksesta ei ollut riittävä aineistoa.



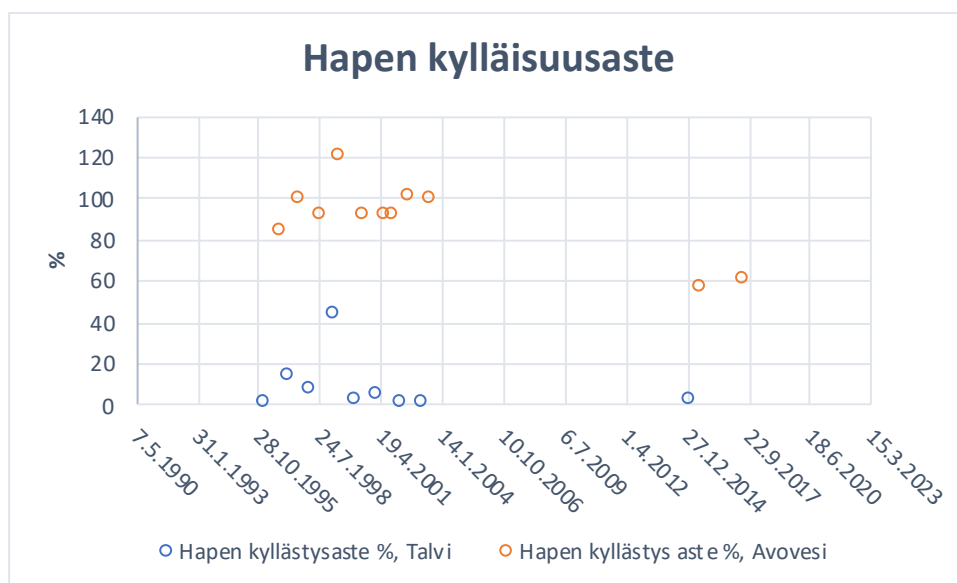
Kuva 6 Litmasenlammen lämpötila

Litmasenlampi jäätyy talvisin, ja siihen muodostuu mittaushistorian 7.3.1996-26.3.2003 keskiarvolla 0,51 m jääkerros, joka vastaa yli 25 % koko vesistön vesimassasta. Tarkempaa arvoa varten tarvittaisiin tiedot vesikerroksien tilavuudesta.

#### 4.2.2 Hapenkylläisyysaste

Hapenkylläisyysaste on kuvattu olemassa olevan aineiston avovesikaudella heinäkuu-lokakuu ja talvella maaliskuu-huhtikuussa 1 m syvyydestä. Pohjan läheisestä kerroksesta ei ollut riittävä aineistoa.

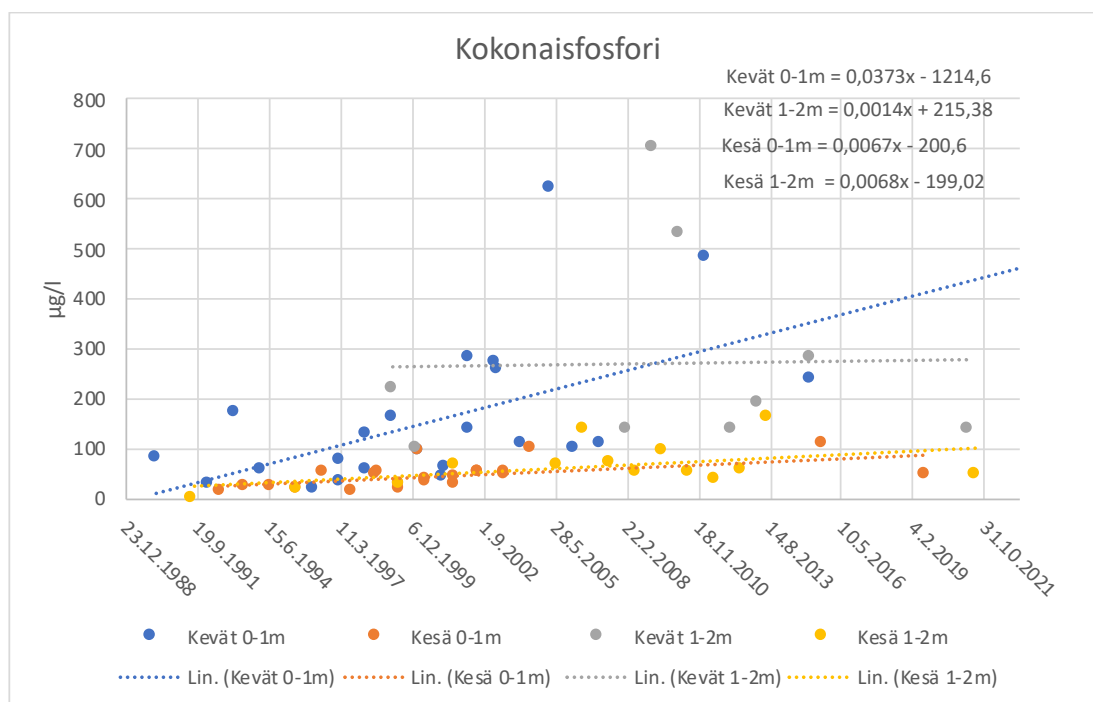
Kuvasta 7 huomataan hapenkylläisyysasteen olevan avovesikaudella 60-120 % ja talvella laskevan 0-50 %.



Kuva 7 Hapenkylläisyysaste

#### 4.2.3 Kokonaisfosfori

Kokonaisfosforin tiedot on esitetty veden kerroksien 0-1 m ja 1-2 m mukaan kevät (maaliskuu ja huhtikuu) ja kesä (heinäkuu ja elokuu) näytteistä. Tulosten tulkinnaissa on käytetty historiallisen kehityksen keskiarvoa  $237,54 \mu\text{g/l}$  hetkellä 31.10.2021.



Kuva 8 Kokonaisfosfori

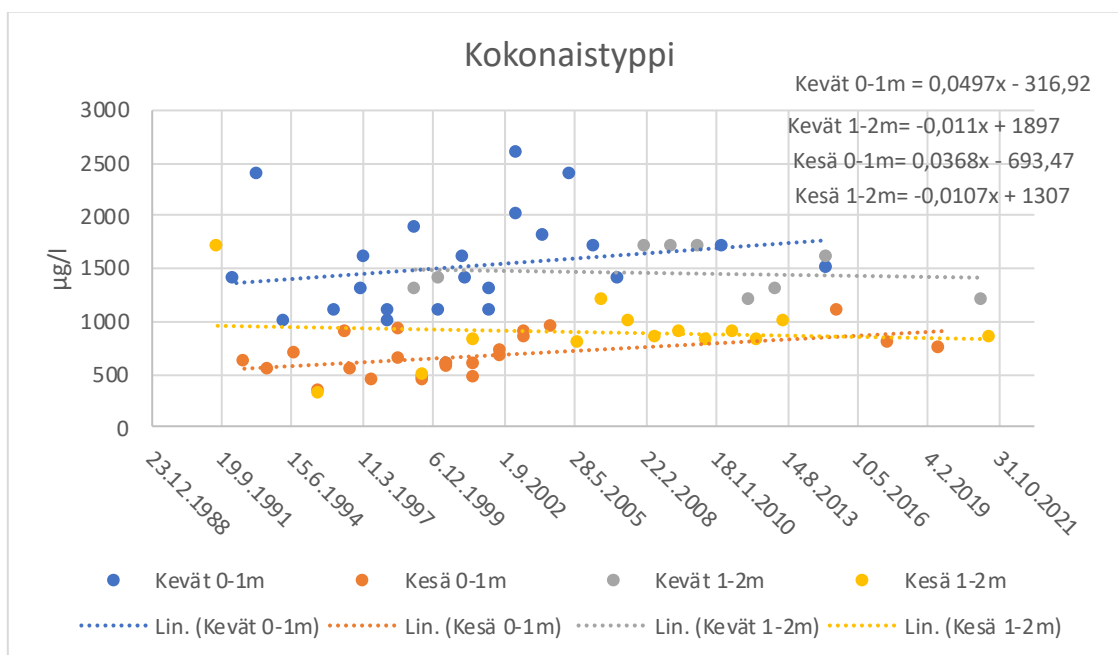


Taulukko 3 Kokonaisfosfori historiallinen kehitys

| Kokonaisfosfori                                   |                    |               |                                   |
|---|--------------------|---------------|-----------------------------------|
| x = 45000 (Päivämäärän 31.10.2021 arvo kaaviossa) |                    |               |                                   |
|   | Kaava              | Tulos         |                                   |
| Kevät 0-1m  | $0,0373x - 1214,6$ | 463,9         | $\mu\text{g/l}$                   |
| Kevät 1-2m  | $0,0014x + 215,38$ | 278,38        | $\mu\text{g/l}$                   |
| Kesä 0-1m   | $0,0067x - 200,6$  | 100,9         | $\mu\text{g/l}$                   |
| Kesä 1-2m   | $0,0068x - 199,02$ | 106,98        | $\mu\text{g/l}$                   |
|   | <b>Keskiarvo</b>   | <b>237,54</b> | <b><math>\mu\text{g/l}</math></b> |

## 4.2.4 Kokonaistyyppi

Kokonaistyyppien tiedot on esitetty veden kerroksien 0-1 m ja 1-2 m mukaan kevät (maaliskuu ja huhtikuu) ja kesä (heinäkuu ja elokuu) näytteistä. Tulosten tulkinnessa on käytetty historiallisen kehityksen keskiarvoa  $1277,40 \mu\text{g/l}$  hetkellä 31.10.2021.



Kuva 9 Kokonaistyyppi

Taulukko 4 Kokonaistypen historiallinen kehitys

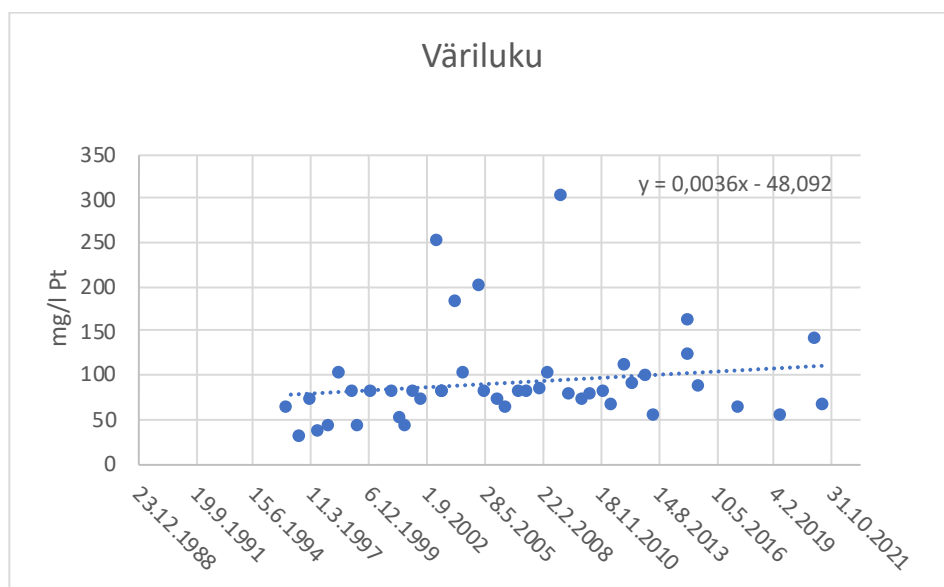
| Kokonaistyyppi                                    |                  |                |             |
|---|------------------|----------------|-------------|
| x = 45000 (Päivämäärän 31.10.2021 arvo kaaviossa) |                  |                |             |
|   | Kaava            | Tulos          |             |
| Kevät 0-1m  | 0,0497x - 316,92 | 1919,58        | µg/l        |
| Kevät 1-2m  | -0,011x + 1897   | 1402           | µg/l        |
| Kesä 0-1m   | 0,0368x - 693,47 | 962,53         | µg/l        |
| Kesä 1-2m   | -0,0107x + 1307  | 825,5          | µg/l        |
|   | <b>Keskiarvo</b> | <b>1277,40</b> | <b>µg/l</b> |

#### 4.2.5 Kiintoaine

Kiintoainetiedot ovat koostettu koko mittaushistorialta 25.10.2001-24.7.2003 1 m syvyydestä. Mittaustuloksien keskiarvo on 4,78 mg/l.

#### 4.2.6 Väriluku

Tiedot ovat esitetty veden kerroksien 0-1 m ja 1-2 m mukaan kevät (maaliskuu ja huhtikuu) ja kesä (heinäkuu ja elokuu) näytteistä. Tuloksien tulkinnassa on käytetty historiallisen kehityksen keskiarvoa 113,91 mg/l Pt hetkellä 31.10.2021.



Kuva 10 Väriluku

Taulukko 5 Väriluku historiallinen kehitys

| Väriluku  |                  |               |                |
|---|------------------|---------------|----------------|
| x = 45000 (Päivämäärän 31.10.2021 arvo kaaviossa) |                  |               |                |
|   | Kaava            | Tulos         |                |
| Kaikki näytteet                                   | 0,0036x - 48,092 | <b>113,91</b> | <b>mg/l Pt</b> |

## 4.3 Pinta-veden tyypittely

Verrattaessa taulukossa 1. esitettyä keskisyvyyttä 1,5 m ja taulukon 6 värilukua 113,91 mg/l Pt, SYKE:n Ohje pintaveden tyypin määrittämiseksi -oppaan järvi-tyypittelytaulukkoon, voidaan Litmasenlammen todeta olevan tyypiltään matala runsashumuksinen järvi (MRh).

## 4.4 Vesistön luokittelu ravinteiden osalta, ravinesuhde

Litmasenlammen tilan luokittelu ravinteiden osalta on suoritettu SYKE:n Pintavesin tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella -oppaan taulukkoarvoihin verrattuna. Taulukkoarvoihin verraten molemmat ravinneluokat sijoittuvat luokkaan huono. Tulos esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6 Ravinneluokkavertailu

|                |                              | Luokkarajat      |                 |                     |                |
|----------------|------------------------------|------------------|-----------------|---------------------|----------------|
|                | Yksikkö                      | Erinomainen/Hyvä | Hyvä/Tyydyttävä | Tyydyttävä/Välttävä | Välttävä/Huono |
| MRh            | Kok P (0-2m) $\mu\text{g/l}$ | 30               | 45              | 60                  | 70             |
|                | Kok N (0-2m) $\mu\text{g/l}$ | 580              | 800             | 1000                | 1200           |
| Litmasen lampi | Kok P (0-2m) $\mu\text{g/l}$ |                  |                 |                     | 237,54         |
|                | Kok N (0-2m) $\mu\text{g/l}$ |                  |                 |                     | 1277,40        |

Vesistön tilaa voidaan arvioida kokonaisravinesuhteen avulla (Kok.N / Kok. P). Tuloksen ollessa >17 voidaan todeta vesistön olevan fosforirajoitteinen, ja sen ollessa <10 on vesistö potentiaalisesti typpirajoitteinen. (SYKE, Typpi ja fosfori Suomen sisävesien minimiravinteina 1999)

Taulukossa 7 esitettyä Litmasenlammen kokonaisravinesuhdetta 5,38 voidaan pitää typpirajoitteisena. Tuloksen tulkinnassa on otettava huomioon kuitenkin tyypin sijoittuminen ravinneluokaltaan välttävään/huonoon.

Taulukko 7 Kokonaisravinesuhde

|                    | Hertta, Veden laatutiedot |                          |
|--------------------|---------------------------|--------------------------|
|                    | Veden laatu, Kok P, mg/l  | Veden laatu, Kok N, mg/l |
| Vesistö            | 237,54                    | 1277,40                  |
| <b>Suhde (N/P)</b> | <b>5,38</b>               |                          |

#### 4.5 Ulkoinen kuormitus

Ulkaisen kuormituksen selvittämiseksi lampeen kohdistuvista purkupisteistä on kerätty näytteet 22.10.2021.

Litmasenlampeen kohdistuvaa ulkoista kuormitusta on selvitetty vertailemalla kertaluontoisen näytteenoton tuloksia SYKEN Vesistöjen ravinnekuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet -raportin maankäytön ominaisuuskertoimien taulukkoarvoihin. Ominaisuuskertoimien taulukko esitetty liitteessä 1. ja kertaluontoisen näytteenoton näytepisteet sekä osavaluma-alue jako esitetty kappa-leessa 2.5.2

Ulkoinen kuormituksen ominaisuuskertoimien maankäytön vaikutus ja luonnontilassa on laskettu taulukon 8. esittämällä tavalla. Näytepistekohtaiset maankäytön pinta-alat esitetty liitteessä 1.

Taulukko 8 Ominaisuuskertoimien laskenta

|                | Ulkoinen kuormitus, maankäytön vaikutus  | HUOM                              |
|----------------|--|-----------------------------------|
| Hulevesi       | Luokkakohtainen pinta-ala*Luokkakohtainen ominaisuuskertoin+<br>Luokkakohtainen pinta-ala*Luonnonhuuhtouma ominaisuuskertoin |                                   |
| Haja-asutus    | Luokkakohtainen pinta-ala*Luokkakohtainen ominaisuuskertoin+<br>Luokkakohtainen pinta-ala*Luonnonhuuhtouma ominaisuuskertoin |                                   |
| Maatalous      | Luokkakohtainen pinta-ala*Luokkakohtainen ominaisuuskertoin+<br>Luokkakohtainen pinta-ala*Luonnonhuuhtouma ominaisuuskertoin |                                   |
| Metsätalous    | Luokkakohtainen pinta-ala*Luokkakohtainen ominaisuuskertoin+<br>Luokkakohtainen pinta-ala*Luonnonhuuhtouma ominaisuuskertoin |                                   |
| Suot/kosteikot | Luokkakohtainen pinta-ala*Luokkakohtainen ominaisuuskertoin+<br>Luokkakohtainen pinta-ala*Luonnonhuuhtouma ominaisuuskertoin | Käytetty metsatalouden kerrointa* |
| Vesistöt       | Luokkakohtainen pinta-ala*Laskeuma veteen ominaisuuskertoin  |                                   |
|                | Ulkoinen kuormitus, luonnonhuuhtouma   |                                   |
| Hulevesi       | Luokkakohtainen pinta-ala*Luonnonhuuhtouma ominaisuuskertoin   |                                   |
| Haja-asutus    | Luokkakohtainen pinta-ala*Luonnonhuuhtouma ominaisuuskertoin   |                                   |
| Maatalous      | Luokkakohtainen pinta-ala*Luonnonhuuhtouma ominaisuuskertoin   |                                   |
| Metsätalous    | Luokkakohtainen pinta-ala*Luonnonhuuhtouma ominaisuuskertoin   |                                   |
| Suot/kosteikot | Luokkakohtainen pinta-ala*Luonnonhuuhtouma ominaisuuskertoin   |                                   |
| Vesistöt       | Luokkakohtainen pinta-ala*Laskeuma veteen ominaisuuskertoin  |                                   |

Ulkaisen kuormituksen vertailua varten on näytteenoton tulokset johdettu muodosta mg/l:stä muotoon kg/a käyttämällä kuvassa 3 olevaa Kuopion alueen keskiarvollaista valuntatietoa 0,35 m/a kaavassa

$$0,35 * A * k * 10^{-3}, \text{ jossa} \quad (1)$$

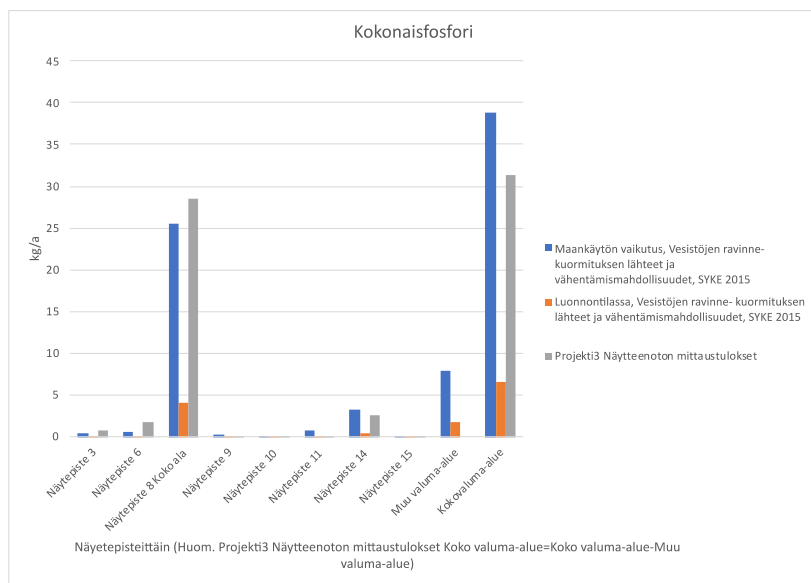
$A$  = Näytepisteen valuma-alueen pinta-ala

$k$  = Näytteenoton mittaustulos

Osavaluma-aluekohtaiset maankäytön vaikutukset sekä yksityiskohtaisemmat näytepisteiden mittaustulokset esitetty liitteessä 1.

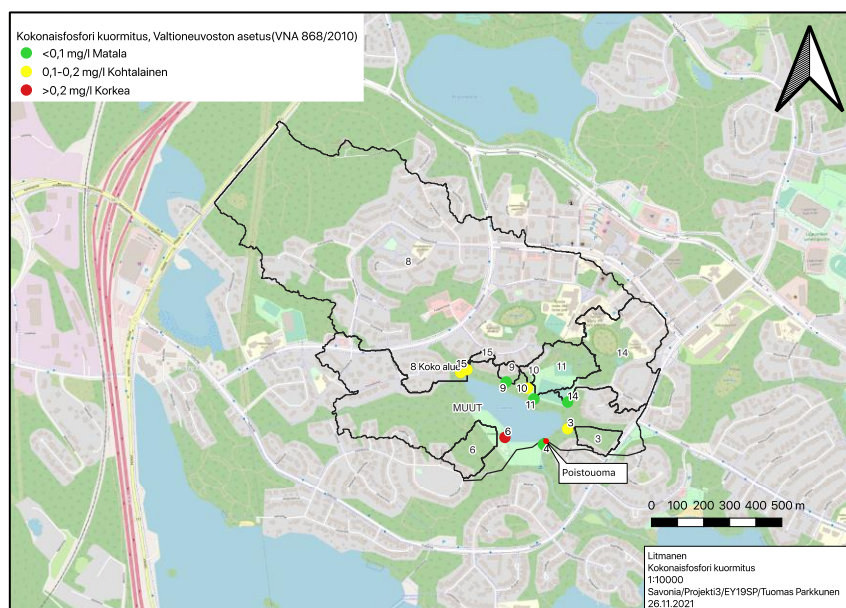
#### 4.5.1 Ulkoinen kuormitus, kokonaisfosfori

Kokonaisfosforin näytteenoton mittaustulosten pitoisuudet ylittävät luonnontilan vertailuarvon kaikissa mittauspisteissä pois lukien piste 11. Näytteenoton tulokset ylittävät myös maankäytön arvon pisteillä 3,6,8 ja 10.



Kuva 11 Kokonaisfosforivertailu

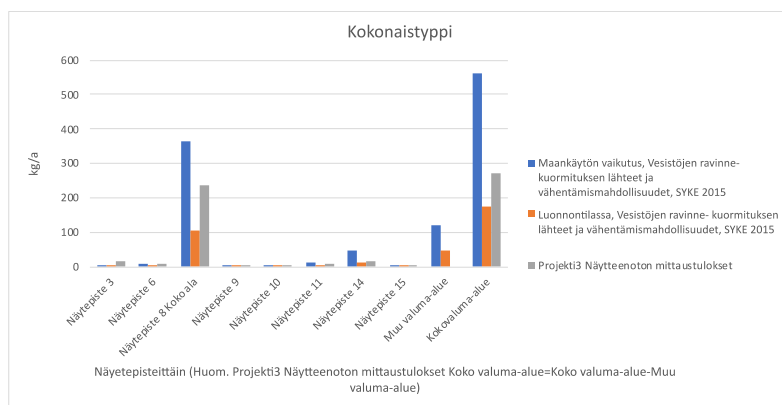
Kuvassa 12 on esitetty näytteenoton tulokset. Tuloksista huomataan pisteiden 9,11 ja 14 olevan tasolla matala, pisteet 3, 8, 10, 15 olevan tasolla kohtalainen ja pisteen 6 olevan tasolla korkea.



Kuva 12 Kokonaisfosfori kuormituspisteet

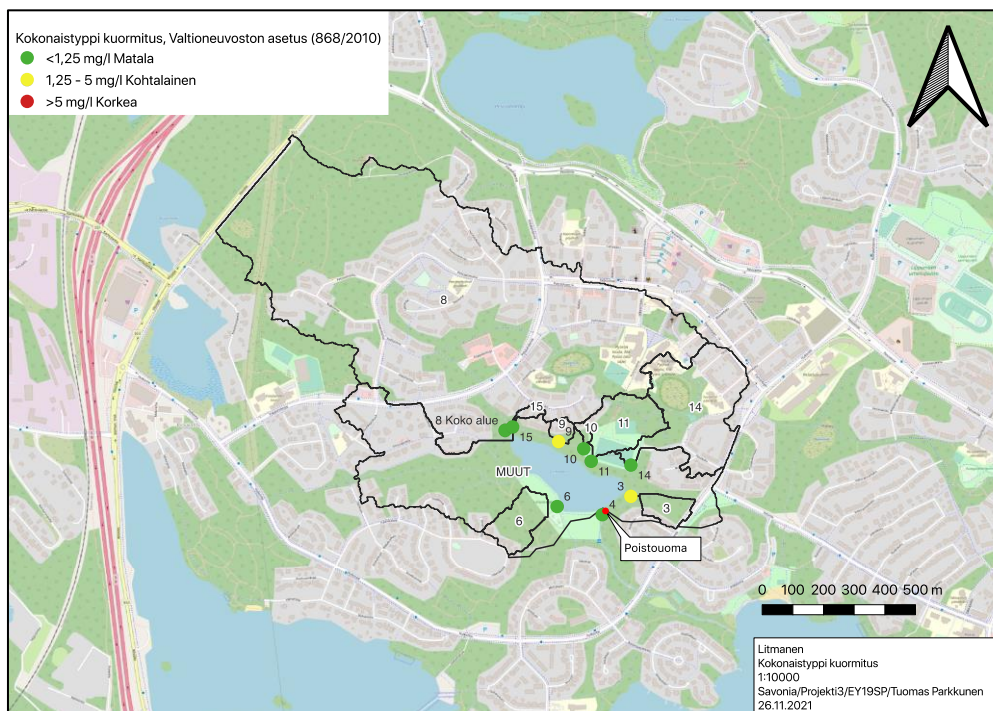
#### 4.5.2 Ulkoinen kuormitus, kokonaistyyppi

Kokonaistyyppien näytteenoton mittaustulosten pitoisuudet ylittävät luonnontilan vertailuarvon kaikissa mittauspisteissä. Näytteenoton tulokset ylittävät myös maankäytön arvon pisteillä 3,6 ja 9.



Kuva 13 Kokonaistyyppivertailu

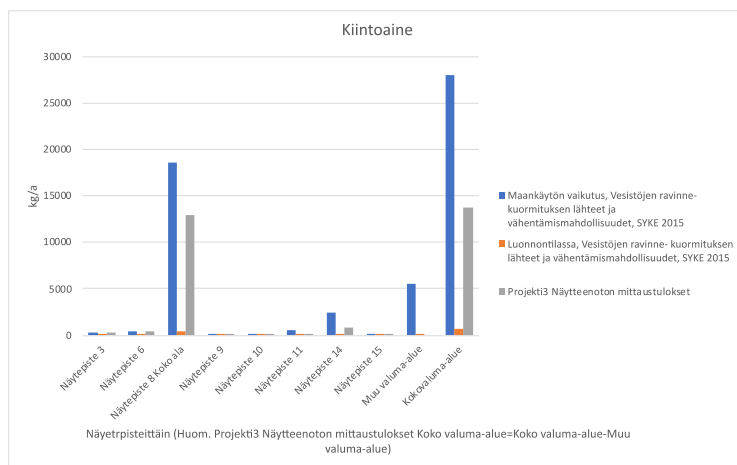
Kuvassa 14 on esitetty näytteenoton tulokset. Tuloksista huomataan pisteiden 6,8,10,11,14 ja 15 olevan tasolla matala, pisteet 3, 9 olevan tasolla kohtalainen. Millään näytepisteellä ei mitattu korkeita tyyppi-arvoja.



Kuva 14 Kokonaistyyppi kuormituspisteet

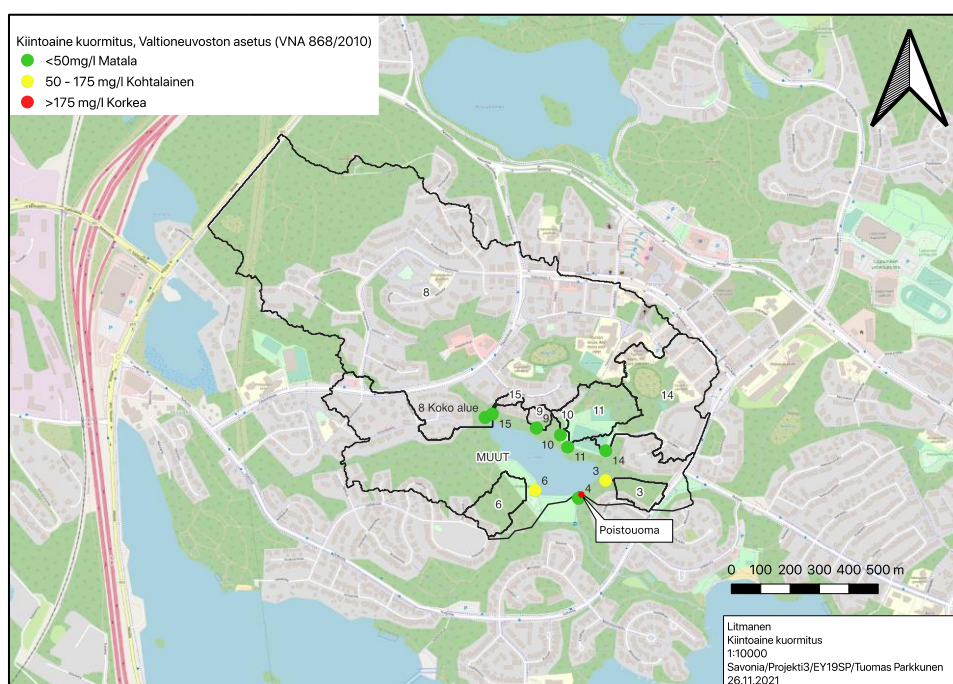
### 4.5.3 Ulkoinen kuormitus, kiintoaine

Kiintoainenäytteenoton mittaustulosten pitoisuudet ylittävät luonnontilan vertailuarvon kaikissa mittauspisteissä. Näytteenoton tulokset eivät ylitä maankäytön vertailua arvoa millään pisteellä.



Kuva 15 Kiintoainevertailu

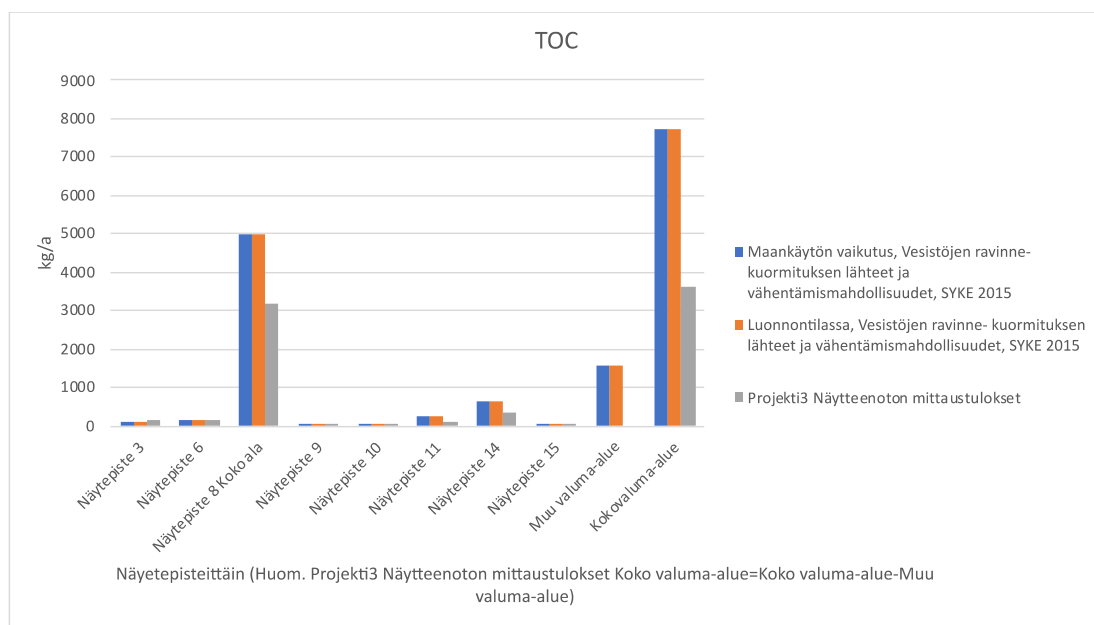
Kuvassa 16 on esitetty näytteenoton tulokset. Tuloksista huomataan pisteiden 8, 9, 10, 11, 14 ja 15 olevan tasolla matala, pisteet 3, 6 olevan tasolla kohtalainen. Millään näytepisteellä ei mitattu korkeita kiintoainearvoja.



Kuva 16 Kiintoaine kuormituspisteet

#### 4.5.4 Muu ulkoinen kuormitus

Orgaanisen kokonaishiilen näytteenoton mittaustulosten pitoisuudet ylittävät luonnontilan vertailuarvon 3, 9, 10, 15 mittauspisteissä. Arvon ollessa sama maankäytön vaikutuksissa, ylittävät samat pisteet myös vertailussa maankäytön vaikutuksiin.



Kuva 17 Orgaaninen kokonaishiilivertailu

#### 4.5.5 Ulkoinen kuormitus yhteenveto

Taulukkoa 9 tarkastelemalla huomataan kohonneita arvoja esiintyvän useammalla pisteellä. Kohonneita fosforiarvoja esiintyy useammalla näytepisteellä ja kokonaisfosfori sekä kokonaistypen osalta osa näytepisteistä ylittää maankäytön vaikutuksen vertailuarvon.

Taulukko 9 Ulkoinen kuormitus yhteenveto

| Näytepiste, nro | Kok. Kiintoaine, mg/l | Kok.P, mg/l | Kok. N, mg/l | Kok.TOC, mg/l | Valtioneuvoston asetus (868/2010)  |
|-----------------|-----------------------|-------------|--------------|---------------|--|
| 3               | 57,14                 | 0,184       | 3,10         | 34,38         | Matala   |
| 6               | 50,39                 | 0,207       | 1,08         | 16,82         | Kohtalainen  |
| Kokoala 8       | 45,62                 | 0,101       | 0,84         | 11,24         | Korkea   |
| 9               | 41,6                  | 0,056       | 1,55         | 22,53         |  |
| 10              | 20,73                 | 0,157       | 1,07         | 18,68         |  |
| 11              | 8,77                  | 0,004       | 0,52         | 6,89          |  |
| 14              | 23,86                 | 0,077       | 0,46         | 9,94          |  |
| 15              | 17,79                 | 0,1         | 0,93         | 17,72         |  |
| Näytepiste, nro | Kok. Kiintoaine, mg/l | Kok.P, mg/l | Kok. N, mg/l | Kok.TOC, mg/l | Ylittää vertailu taulukkoarvon, Vesistöjen ravinnekuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet SYKE 2015 |
| 3               | 57,14                 | 0,184       | 3,10         | 34,38         | Ei ylitä   |
| 6               | 50,39                 | 0,207       | 1,08         | 16,82         | Ylittää Luonnontilan   |
| Kokoala 8       | 45,62                 | 0,101       | 0,84         | 11,24         | Ylittää maankäytön vaikutukset   |
| 9               | 41,6                  | 0,056       | 1,55         | 22,53         |  |
| 10              | 20,73                 | 0,157       | 1,07         | 18,68         |  |
| 11              | 8,77                  | 0,004       | 0,52         | 6,89          |  |
| 14              | 23,86                 | 0,077       | 0,46         | 9,94          |  |
| 15              | 17,79                 | 0,1         | 0,93         | 17,72         |  |



Ulkoista kokonaisfosforikuormitusta voidaan arvioida Vollenweiderin fosforimallin avulla. Mallin avulla saadaan määritettyä järven sietokyvyn suurin sallittu ja vaarallinen kokonaisfosforikuorma.

Suurin sallittu kokonaisfosforikuorma,  $P_s$  saadaan laskettua kaavalla

$$P_s = 0,055 * \left(\frac{Q}{A}\right)^{0,635}, \text{ jossa} \quad (2)$$

$Q$ =Vesistön kohdistuva vuosittain virtaama

$A$ =Vesistön pinta-ala

Vaarallinen kokonaisfosfori kuorma,  $P_v$  saadaan laskettua kaavalla

$$P_v = 0,174 * \left(\frac{Q}{A}\right)^{0,469} \quad (3)$$

Vollenweiderin fosforimallin tarkasteluun käytetään ulkoisen kuormituksen kokonaisfosforin määrää ominaisuustaulukon sekä mittaustulosten mukaan. Tulokset ovat johdettu muotoon  $g/m^2/a$ , vesistön pinta-alaan nähden. Tulokset esitely taulukossa 10. Tuloksista huomataan SYKEN taulukkoarvojen sekä projektin mittaustulosten ylittävän lammen vaarallisen fosforikuormituksen rajan.

Taulukko 10 Vollenweider tulokset

| Vollenweider  | $g/m^2/a$ P |
|---|-------------|
| <i><b><math>P_s</math>, Suurin sallittu kokonaisfosfori kuormitus</b></i> | <b>0,24</b> |
| <i><b><math>P_v</math>, Vaarallinen kokonaisfosfori kuormitus</b></i>     | <b>0,51</b> |
| <i>Ulkoinen kuormitus, Kok.P</i>  |             |
| <i>Syke, Maankäytönvaikutukset</i>  | <b>0,88</b> |
| <i>Projekti3, Mittaustulokset</i>   | <b>0,78</b> |

#### 4.6 Sisäinen kuormitus

Litmasenlammen sisäinen kuormitus on laskettu kokonaisfosforin osalta käyttämällä Hertta-palvelusta saatuja kokonaisfosfori tietoja. Tiedot esitely kappaleessa 4.2.3. Sisäinen kuormitus on laskettu ominaisuuskertoimien sekä näytteenoton tulosten mukaan purkupisteittäin. Sisäiseen kuormituksen laskentaan on käytetty kaavaa

$$UK + SK = LP + BS + \frac{dm}{dt}, \text{ jossa} \quad (4)$$

$UK$ =Ulkoinen kuormitus

$SK$ =Sisäinen kuormitus

$LP$ = Luusuasta poistuva fosfori

$BS$ = Bruttosedimentaatio (järven pohjalle laskeutuneen sedimentin fosforin määrä)

$dm/dt$ = Vesimassan sisällön muutos (oletetaan nolaksi)

LP saadaan selville kaavalla

$$LP = kaP * A * kaQ, \text{ jossa} \quad (5)$$

$kaP$ = Keskimääräinen fosforipitoisuus, käytetään kuvassa 7 esitettyä keskiarvoa

$A$ = Valuma-alueen pinta-ala vesistö mukaan luettuna, taulukosta 1

$kaQ$ = keskivaluma, kuvan 3 mukaan

Tästä saadaan luusuasta poistuvaksi fosforimääräksi

$$\begin{aligned} LP &= \frac{237,54 \mu gP}{l} * 10^{-6} * 1286273,85 m^2 * \frac{0,35 m}{a} \\ &= 106,9395216 kgP/a \end{aligned}$$

BS saadaan selville kaavalla

$$BS = 0,24 * P_{tot} - 0,98, \text{ jossa} \quad (6)$$

$P_{tot}$ = Kokonaisfosfori ilmoitetaan  $\mu gP/l$ , käytetään taulukossa 3 esitettyä keskiarvoa

Tästä saadaan bruttosedimentaatioksi

$$\begin{aligned} BS &= 0,24 * 237,54 \mu gP - 0,98 \\ &= 56,03 mgP/m^2 / d \end{aligned}$$

Bruttosedimentaation tulos tulee muotoon  $mg/m^2/d$ . Tämä muutetaan vielä muotoon  $900,49 kgP/a$ .

Muuttamalla kaava (2) muotoon  $SK = LP + BS - UK$ , ja sijoittamalla siihen edellä laskettu LP:n ja BS:n tulos, sekä fosforin ulkoisen kuormituksen kokonaismäärä ominaisuuskertoimien sekä mitaustulosten mukaan saadaan sisäisen kuormituksen tulos laskettua. Sisäisen fosforikuormituksen tulokset esiteltä taulukossa 11.

Taulukko 11 Kokonaisfosfori sisäinen kuormitus

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
|                                   | SYKE,<br>Ominaisuuskuormitustaulukko<br>maankäytönvaikutukset |
|                                   | Sisäinen kuormitus Kok.P,<br>kg/a                             |
| Kokovaluma-alue                   | <b>968,93</b>   |
|                                   | Projekti 3 mittaustulokset                                    |
|                                   | Sisäinen kuormitus Kok.P,<br>kg/a                             |
| Kokovaluma-alue - muu valuma-alue | <b>973,25</b>   |

#### 4.7 Nykytila-analyysi

Litmasenlammen voidaan todeta olevan ravinnetasoiltaan luokassa välttävä/huono. Lampi kärsii etenkin talvella happikadosta. Happikatoon vaikuttaa lammen happipitoisen vesitilavuuden väheneminen talvisin vesistön jäätyessä merkittävältä tilavauudeltaan. Vähähappisuus yhdistettynä korkeaan kokonaisfosforin ulkoiseen sekä sisäkuormitukseen altistaa lammen rehevöitymiselle.

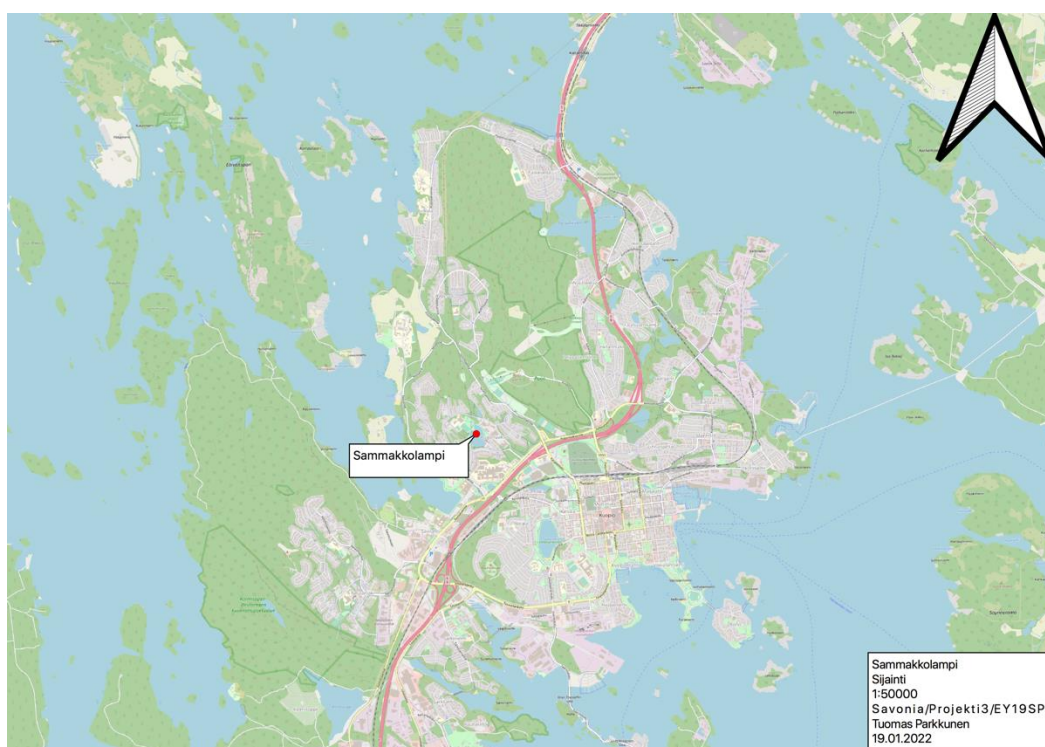
Kappaleen 4.5.5 esitetyt tulokset osoittavat, että lampeen kohdistuu lammen sietokyvyn ylittävää ulkoista fosforikuormitusta. Lampi on kappaleessa 4.4 esitetyssä ravinnesuhteeltaan typpirajoitteinen, joka korostaa lammen fosforikuormituksen haitallista vaikutusta. Merkittävimpiä fosforikuormituksen lähteitä ovat näytepisteeltä 6 tulevat korkean tason fosforikuormitus. Näytepisteen 8. kuormitus on merkittävä, pisteen osavaluma-alueen merkitys koko Litmasenlammen valuma-alueen pinta-alasta on yli 60 %. Näytteet ylittävät myös maankäytön vaikutukset vertailuarvon. Näytepisteiden 6. (5,25 %) ja 8. (83,28 %) osavaluma-alueet kattavat 88,53 % ulkoisesta fosforikuormituksesta.

Lammen tilan kunnostamiseksi olisi kunnostustoimet kohdistettava valuma-alueelle, osavaluma-alueita 8 ja 6 painottaen, sekä kohdistettava kunnostustoimia lammen sisäkuormituksen vähentämiseksi.

## 5 SAMMAKKOLAMPI

### 5.1 Vesistön perustiedot

Sammakkolampi sijaitsee Kuopion kaupungin puistoalueen ympäröimässä Puijonlaaksossa, kuva 18. Alue on kaupungin hallinnassa. Valuma-alueella on rakennettua asuin-, palvelu- ja liikennealuetta. (Kuopio.fi, 2021) Sammakkolammen ympäristöön tehdään parhaillaan muutoksia, joka selvisivät maastokäynnillä. Muutoksilla parannetaan viihtyvyyttä ja lisätään vapaa-ajan toimintoja. Tällaisia ovat mm. leikkipuisto ja ulkoliikunta-alue.

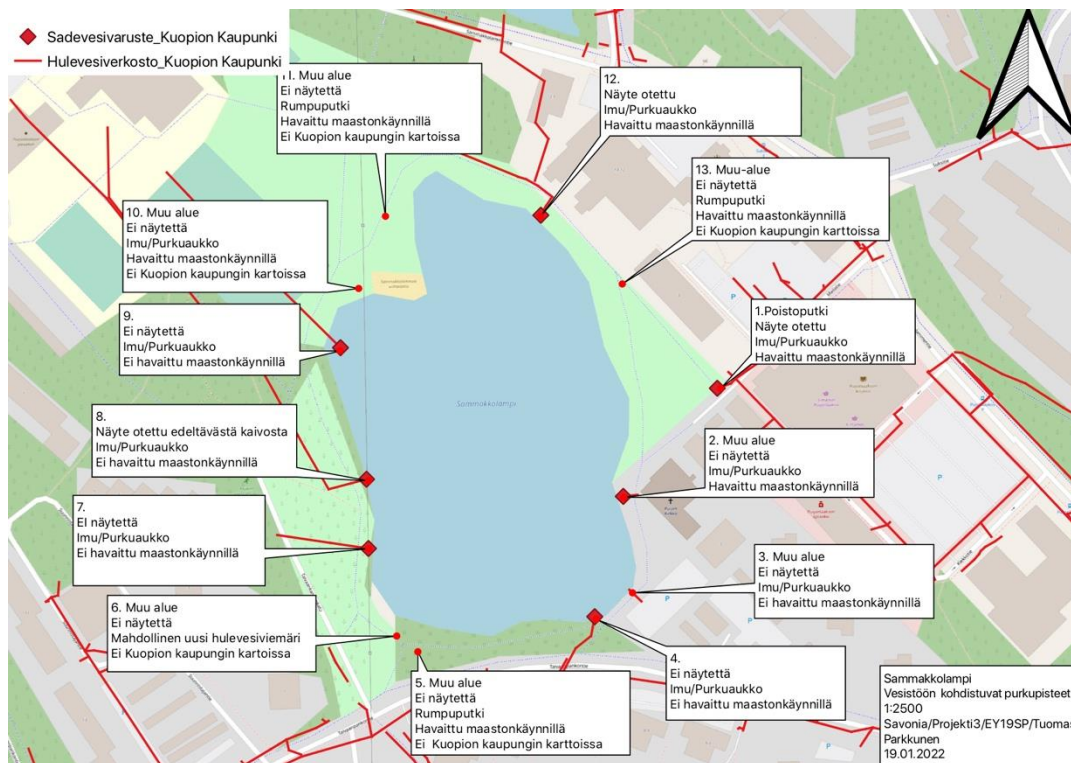


Kuva 18 Sammakkolampi sijainti

Tulevat vedet johtuvat Sammakkolampeen Pienestä-Sammakkolammesta. Purkaantumisen tapahtuu Mallitalonpuron kautta Mustinlampeen. Lisäksi lampeen purkautuu pieniä määriä pohjavesiä. Lammen kuntoa on seurattu vuodesta 1970 lähtien. Vuosien varrella on suoritettu myös sedimenttitutkimuksia ja koekalastuksia. Lampea on hapetettu vuodesta 1987 lähtien, jonka seurauksena lammen vedenlaatu on parantunut. Kuitenkin viitteitä on edelleen sisäisestä kuormituksesta. (Kuopio.fi, 2021)

Maastokäynnillä vertasimme Kuopion kaupungilta saatua hulevesiputkikarttaa maastohavaintoihin. Kartan mukaan hulevesiputkia on 8 kappaletta. Maastokäynnillä löysimme uusia hulevesiputkia 5

kappaletta, joita ei ole merkittynä karttaan. Tämä voi johtua siitä, että karttaa ei ole vielä päivitetty muutostöiden jäljiltä. Osa putkista johti veden alle ja eivät olleet näkyvissä. Vesistöön kohdistuvat putket esitetty kuvassa 19.



Kuva 19 Sammakkolampeen kohdistuvat purkupisteet

## 5.2 Hydraulis-mortfologinen tila

Sammakkolammen perustiedot kerrottu taulukossa 12.

Taulukko 12 Vesistön perustiedot

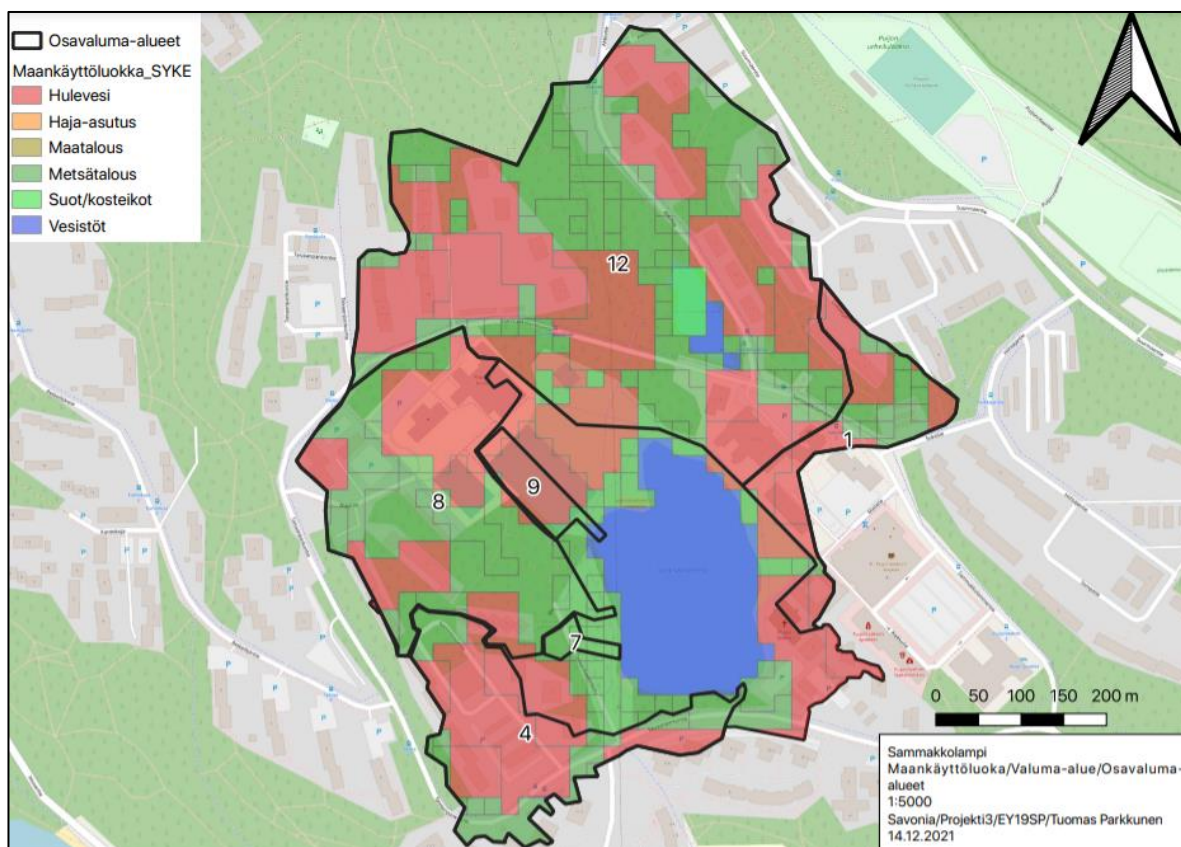
|                                    |         |
|------------------------------------|---------|
| Valuma-alue, ha                    | 37,2    |
| Keskisyvyys, m                     | 3       |
| Suurin syvyys, m                   | 9       |
| Vesistön pinta-ala, m <sup>2</sup> | 43 000  |
| Tilavuus, m <sup>3</sup>           | 136 000 |
| Keskivirtaama, l/s                 | 3       |
| Viipymä, a                         | 1,3     |
| Keskivedenkorkeus                  | +135,4  |

### 5.3 Valuma-alue, osa-valuma-alueet ja maankäyttö

Valuma-alue ja osa-valuma-alueet on määritetty käsin Kuopion kaupungin hulevesikartan mukaisesti. Maankäyttö on määritetty kuin Litmasella eli laskettu CORINE2018 maankäyttöaineiston mukaan ja esitetty taulukossa 13. Kuvassa 20 on esitetty Sammakkolammen maankäyttö ja valuma-alueet.

Taulukko 13 Koko valuma-alueen maankäytön muodot

| Kokovaluma-alue | Pinta-ala, m <sup>2</sup> | Pinta-ala, ha | Pinta-ala, % |
|-----------------|---------------------------|---------------|--------------|
| Hulevesi        | 209722,5                  | 21,0          | 49,53        |
| Metsätalous     | 164891,8                  | 16,5          | 38,94        |
| Suot/kosteikot  | 3200,0                    | 0,3           | 0,76         |
| Vesistöt        | 45600,0                   | 4,6           | 10,77        |
| <b>Yhteensä</b> | <b>423414,2</b>           | <b>42,3</b>   |              |



Kuva 20 Sammakkolammen maankäyttö ja valuma-alueet

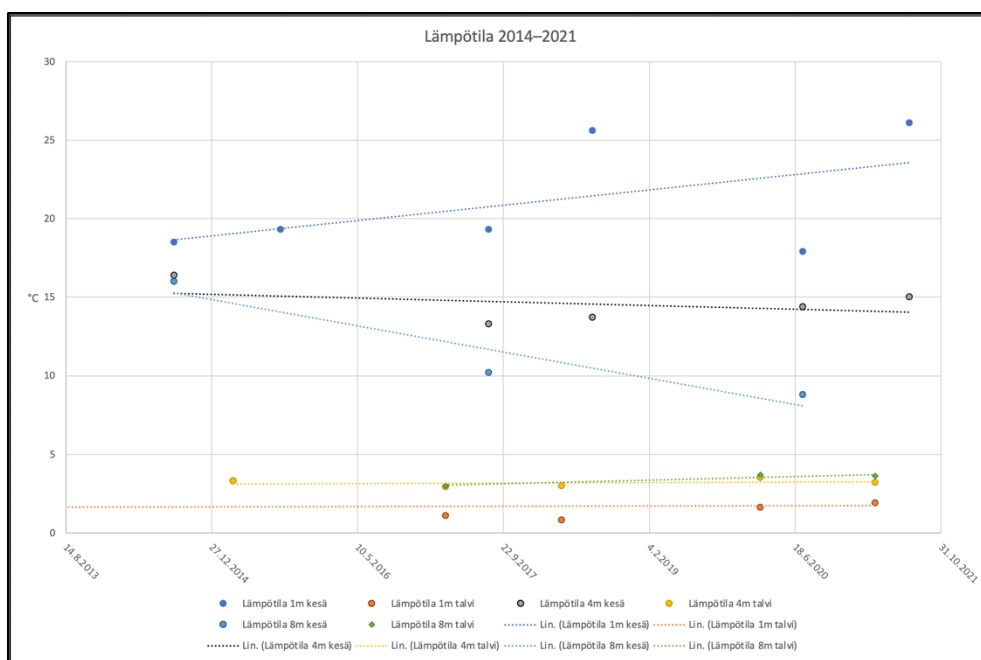
## 5.4 Veden laatu tiedot

Veden laatu tiedot on koostettu SYKEN Hertta-palvelun vedenlaatu tiedoista. Kaikki vedenlaatu tiedot on koostettu kaavioihin sulan veden ajalta.

### 5.4.1 Lämpötila

Lämpötila on kuvattu olemassa olevien aineistojen perusteella vuosina 2014–2021, syvyyksistä 1, 4 ja 8 metriä.

Sammakkolammessa tapahtuu syksyinen täyskierto. Lämpötilan kerrostuneisuuden Sammakkolammessa voi havaita 1 ja 4 metrin syvyyksien välillä, kuva 21. Metrin syvyydessä keskimääräinen lämpötila on ollut kesäisin 21 ja talvisin 1,7 °C. 4 metrin syvyydessä sekä kesä että talvi lämpötilat ovat keskimääräisesti eronneet ainoastaan 3 °C ja 8 metrin syvyydessä alle 1°C verran. Mittaustuloksia tarkastellen voidaan päätellä harppauskerroksen Sammakkolammessa olevan 1–4 metrin syvyydessä.



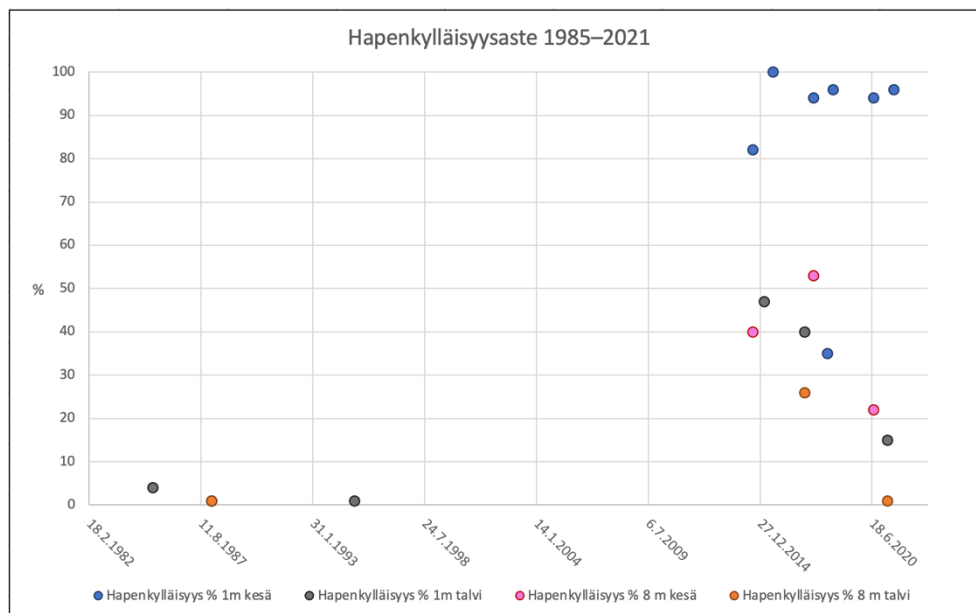
Kuva 21 Lämpötila Sammakkolammessa vuosina 2014–2021

### 5.4.2 Hapenkyläisyysaste

Hapenkyläisyysaste on kuvattu avovesikaudella heinä–elokuussa vuosina 1985–2021 sekä talvikaudella helmi–maaliskuussa vuosina 1985–2021.

Mittaustuloksista voidaan päätellä Sammakkolammen kärsivän hapen puutteesta 8 metrin syvyydessä, kuva 22. Hapenkyläisyysaste on kesäisin 1 metrin syvyydessä 80–100 % laskien talvisin 40–50 %:iin. Kesäisin hapenkyläisyysaste 8 metrin syvyydessä on ollut 20–55 % ja talvisin 20–

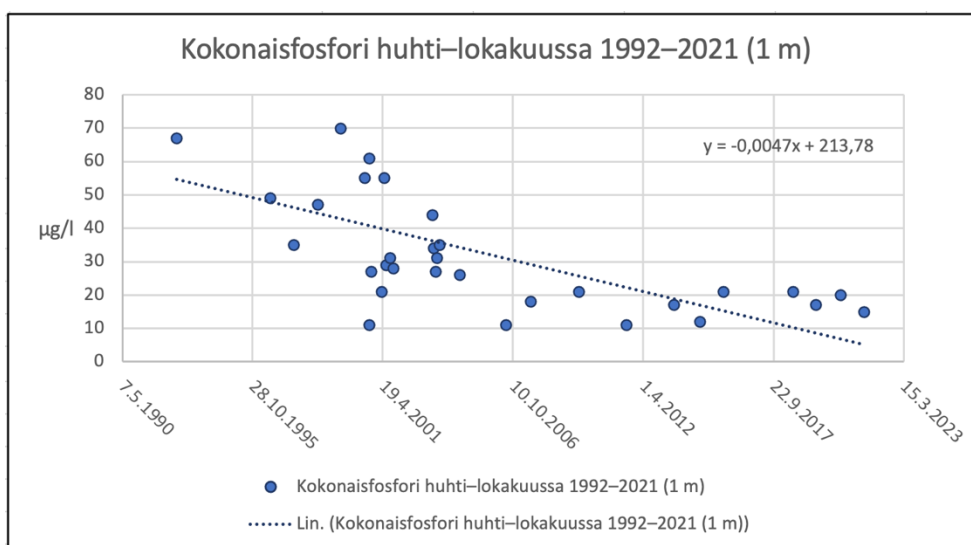
30%. Viimeisimpiä mittaustuloksia talvelta 2021 ei olla huomioitu mahdollisen hapetuslaitteen käyttö häiriön vuoksi.



Kuva 22 Hapenylläisyysaste Sammakkolammessa vuosina 1985–2021

#### 5.4.3 Kokonaisfosfori

Kokonaisfosforin vedenlaatutiedot on kuvattu huhti–lokakuussa otetuista näytteistä vuosien 1992–2021 aikana 1 metrin syvyydestä, kuva 23. Tuloksien tulkinnassa on käytetty yhden metrin mittaustulosten historiallisen kehityksen arvoa 2,28 µg/l, taulukko 14.



Kuva 23 Kokonaisfosfori Sammakkolammessa huhti–lokakuussa vuosina 1992–2021

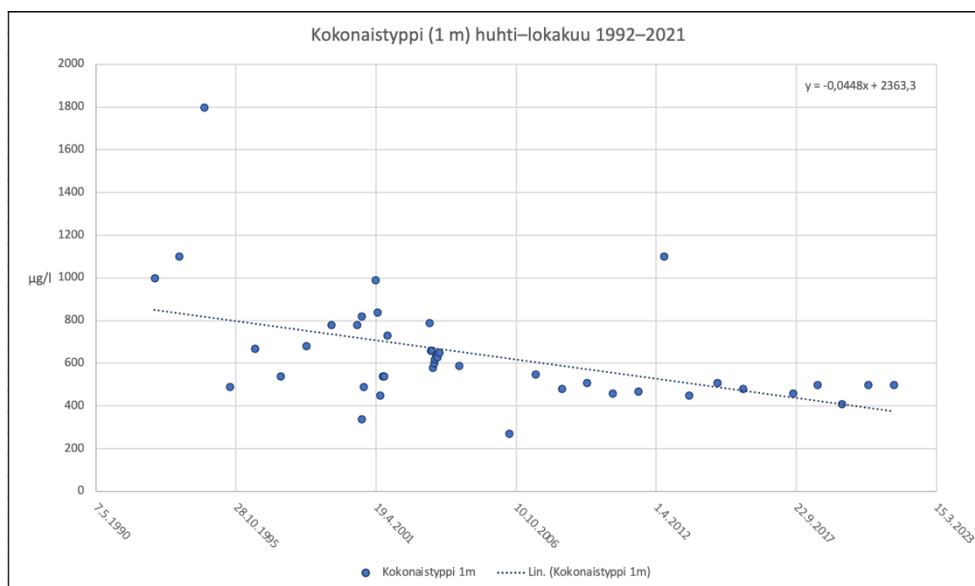


Taulukko 14 Kokonaisfosforin historiallinen kehitys 1 metrin syvyydessä

| Kokonaisfosfori huhti–lokakuussa 1992–2021 |                         |             |
|--|-------------------------|-------------|
| <i>(x: n arvo kaaviossa 45000)</i>         |                         |             |
| Syvyys                                     | Kaava                   | µg/l        |
| 1 (m)                                      | $y = -0,0047x + 213,78$ | <b>2,28</b> |

## 5.4.4 Kokonaistyyppi

Kokonaistyyppien vedenlaatutiedot on kuvattu huhti–lokakuussa otetuista näytteistä vuosien 1992–2021 aikana 1 metrin syvyydestä, kuva 24. Tuloksien tulkinnassa on käytetty yhden metrin mitaustulosten historiallisen kehityksen arvoa 347,3 µg/l, taulukko 15.



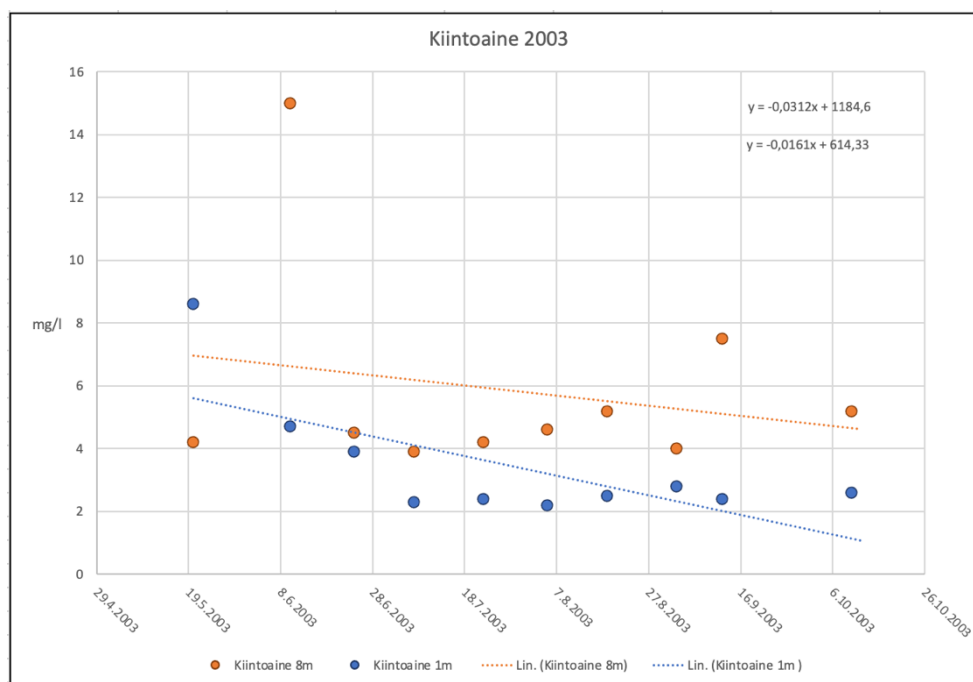
Kuva 24 Kokonaistyyppi Sammakkolammessa huhti–lokakuussa vuosina 1992–2021

Taulukko 15 Kokonaistyyppien historiallinen kehitys 1 metrin syvyydessä

| Kokonaistyyppi huhti–lokakuussa 1992–2021 |                         |              |
|---|-------------------------|--------------|
| <i>(x: n arvo kaaviossa 45000)</i>        |                         |              |
| Syvyys                                    | Kaava                   | µg/l         |
| 1 (m)                                     | $y = -0,0448x + 2363,3$ | <b>347,3</b> |

## 5.4.5 Kiintoaine

Kiintoaineen määrä Sammakkolammessa on kuvattu saatavilla olevan tiedon perusteella vuodelta 2003 touko–lokakuulta, 1 ja 8 metrin syvyyksistä, kuva 25. Tuloksien tulkinnassa on käytetty historiallisen kehityksen keskiarvoa 2,657 mg/l, taulukko 16.



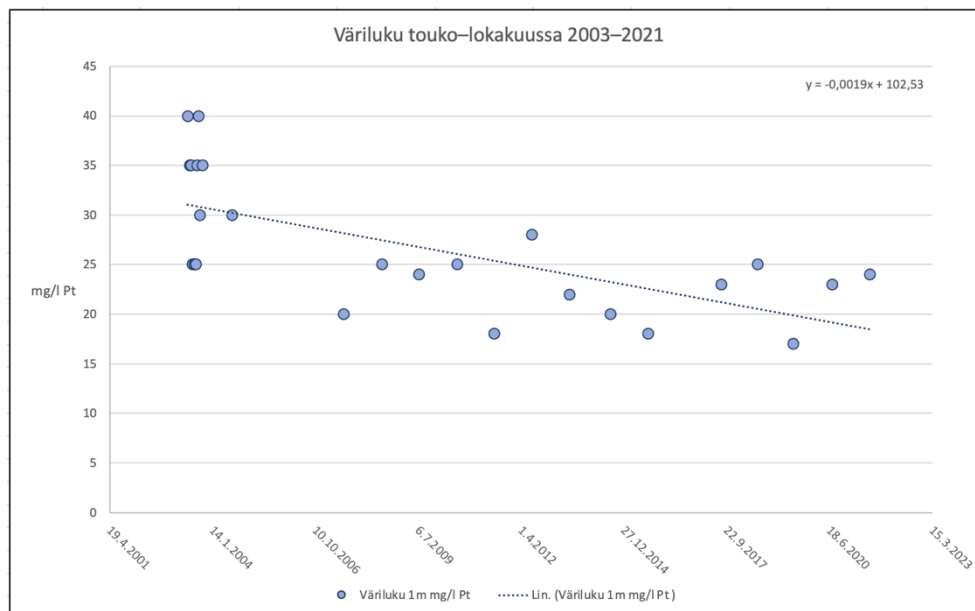
Kuva 25 Kiintoaine Sammakkolammessa vuonna 2003

Taulukko 16 Kiintoaineen historiallinen kehitys

| Kiintoaine 2003                    |                         |              |
|------------------------------------|-------------------------|--------------|
| <i>(x: n arvo kaaviossa 37920)</i> |                         |              |
| Syvyys                             | Kaava                   | mg/l         |
| 1 m                                | $y = -0,0312x + 1184,6$ | 1,496        |
| 8 m                                | $y = -0,0161x + 614,33$ | 3,818        |
| <b>Keskiarvo</b>                   |                         | <b>2,657</b> |

### 5.4.6 Väriluku

Vedenlaatutiedot on esitetty touko–lokakuulta, vuosien 2003–2021 aikana 1 metrin syvyydestä, kuva 26. Tuloksien tulkinnassa on käytetty historiallista kehityksen keskiarvoa 17,03 mg/l Pt, taulukko 17.



Kuva 26 Veden väriluku Sammakkolammessa touko–lokakuussa, vuosina 2003–2021

Taulukko 17 Väriluvun historiallinen kehitys

| Väriluku huhti–lokakuussa 1992–2021 |                         |              |
|-------------------------------------|-------------------------|--------------|
| <i>(x: n arvo kaaviossa 45000)</i>  |                         |              |
| Syvyys                              | Kaava                   | mg/l Pt      |
| 1 (m)                               | $y = -0,0019x + 102,53$ | <b>17,03</b> |

### 5.4.7 Pinta-veden tyypittely

Verratessa taulukossa 12 esitettyä keskisyvyyttä 3 m ja taulukon 17 tulosta väriluvusta 17,03 mg/l Pt, SYKE:n Ohje pintaveden tyypin määrittämiseksi –oppaan järvi-tyypittelytaulukon, voidaan todeta Sammakkolammen olevan tyypiltään matala runsashumuksinen järvi (MRh).

#### 5.4.8 Luokittelu laatutietojen osalta

Sammakkolammen tilan luokittelu ravinteiden osalta on suoritettu SYKEN Pintavesin tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella- oppaan taulukkoarvoihin. Taulukkoarvoihin verraten molemmat ravinneluokat sijoittuvat luokkaan erinomainen. Tulos esitetty taulukossa 18.

Taulukko 18 Ravinneluokkavertailu

|               |        | Yksikkö | Luokkarajat      |                 |                     |                |
|---------------|--------|---------|------------------|-----------------|---------------------|----------------|
|               |        |         | Erinomainen/Hyvä | Hyvä/Tyydyttävä | Tyydyttävä/Välttävä | Välttävä/Huono |
| MRh           | Kok. P | µg/l    | 30               | 45              | 60                  | 70             |
|               | Kok. N | µg/l    | 580              | 800             | 1000                | 1200           |
| Sammakkolampi | Kok. P | µg/l    | 2,28             |                 |                     |                |
|               | Kok. N | µg/l    | 347,3            |                 |                     |                |

Vesistön kokonaissuhde on arvioitu kappaleen kappaleessa 4.4 esitetyllä tavalla. Tulos on esitelty taulukossa 19. Kokonaisravinnesuhteen ollessa 152,3, voidaan lampea pitää fosforirajoitteisena. Tuloksen tulkinnassa on otettava huomioon Sammakkolammen sijoittuminen typen osalta ravinneluokkaan erinomainen/hyvä.

Taulukko 19 Kokonaisravinnesuhde

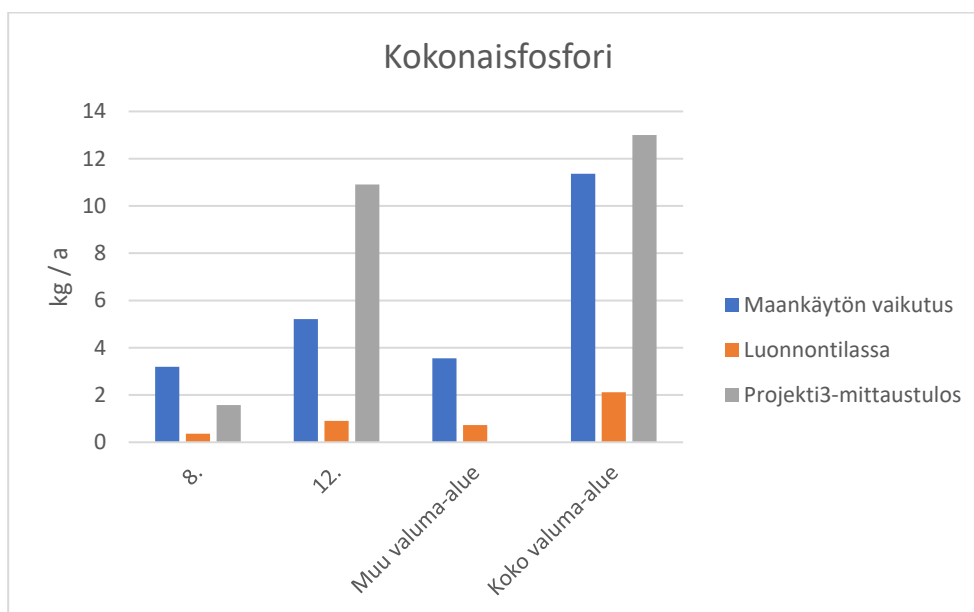
|               | Hertta, Veden laatutiedot |                         |
|---------------|---------------------------|-------------------------|
|               | Veden laatu, Kok P, mg/l  | Vedenlaatu, Kok N, mg/l |
| Sammakkolampi | 2,28                      | 347,3                   |
| Suhde (N/P)   | 152,3                     |                         |

#### 5.5 Ulkoinen kuormitus

Näytteitä on kerätty 13.11.2021 ja 18.11.2021 Sammakkolammen purkupisteistä. Raportissa tarkastellaan päivän 18.11.2021 otettuja näytteitä. Kuormitusta on tarkasteltu vertaamalla näytteenoton tulokset SYKEN Vesistöjen ravinnekuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet -raportin maankäytön ominaisuuskertoimien taulukkoarvoihin. Kuten Litmasenlammen osalta, myös Sammakkolammen ominaisuuskertoimien taulukko on esitelty liitteessä 2. Näytepisteet on esitetty kuvassa ja osavalue-alue kappaleessa 5.3. Tulokset on laskettu kappaleen 4.5 mukaisesti.

##### 5.5.1 Ulkoinen kuormitus, kokonaisfosfori

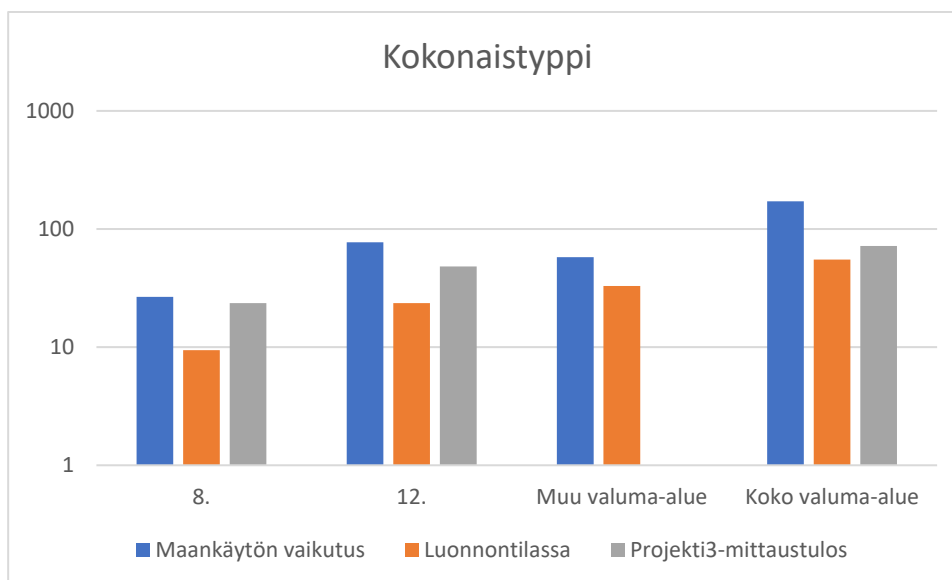
Kuvasta 27 voidaan huomata, että kokonaisfosforin näytteenoton mittaustulos alittaa maankäytön vaikutuksen raja-arvon näytepisteellä 8 ja ylittää pisteellä 12.



Kuva 27 Kokonaisfosforivertailu

### 5.5.2 Ulkoinen kuormitus, kokonaistyyppi

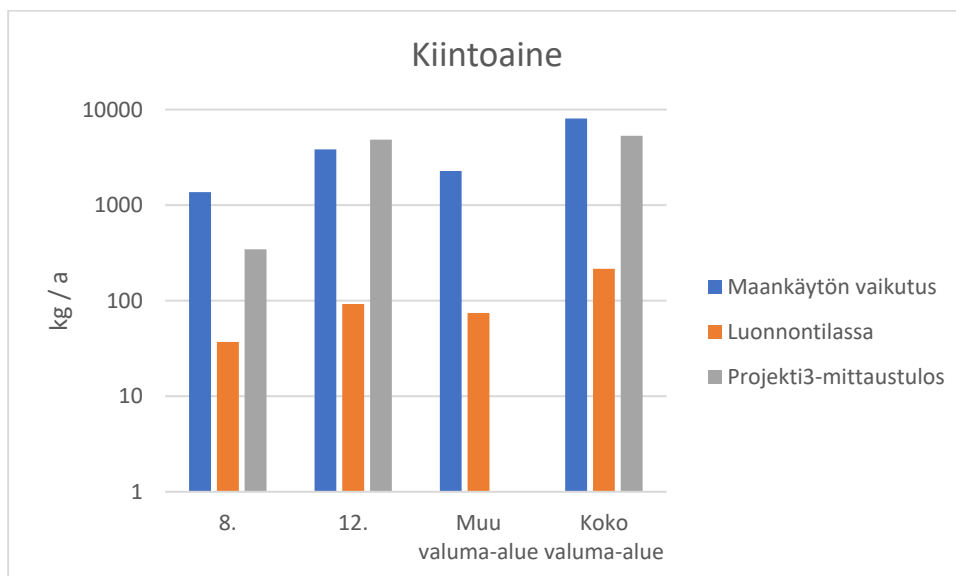
Kokonaistyyppien osalta molemmilla näytepisteillä mittaustulos ylittää luonnontilan vertailuarvon, mutta jää alle maankäytön vaikutuksen raja-arvon, joka käy ilmi kuvasta 28.



Kuva 28 Kokonaistyyppivertailu logaritmisella asteikolla

### 5.5.3 Ulkoinen kuormitus, kiintoaine

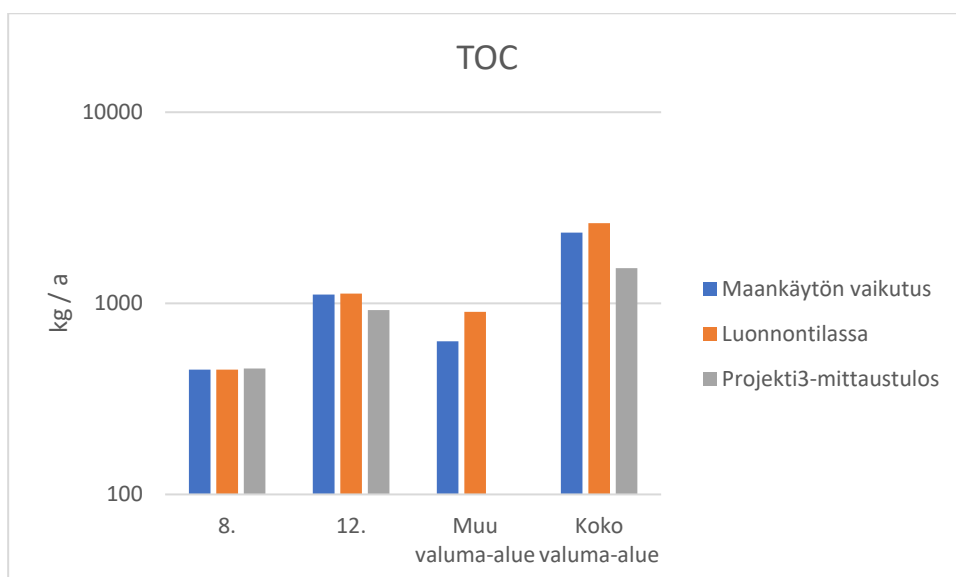
Kiintoainevertailu kuvassa 29 osoittaa, että mittaustulos pisteellä 12 ylittää maankäytön vaikutuksen raja-arvon. Pisteellä 8 mittaustulos jää maankäytön vaikutuksen arvon alle, mutta ylittää luonnontilan arvon.



Kuva 29 Kiintoainevertailu logaritmisella asteikolla

### 5.5.4 Muu ulkoinen kuormitus

Orgaanisen kokonaishiilen tuloksista käy ilmi kuvasta 30, että mittauspisteellä 12 alittaa luonnontilaisen sekä maankäytön vaikutuksen raja-arvot, jotka ovat samat. Mittauspisteellä 8 mittaustulos ylittyy niukasti.



Kuva 30 Orgaaninen kokonaishiilivertailu logaritmisella asteikolla

### 5.5.5 Ulkoinen kuormitus yhteenveto

Tarkasteltaessa taulukkoa 20 mittausten kokonaistuloksista voidaan huomata, että kiintoaineen osalta tulokset ovat kohonneita tai korkeita. Lisäksi lähes kaikki mittaustulokset ylittävät luonnontilan raja-arvot.

Taulukko 20 Ulkoinen kuormitus yhteenveto

| Näytepiste, nro | Kok. Kiintoaine, mg/l | Kok.P, mg/l | Kok. N, mg/l | Kok.TOC, mg/l | Valtioneuvoston asetus (868/2010)  |
|-----------------|-----------------------|-------------|--------------|---------------|--|
| 8               | 13,57                 | 0,062       | 0,93         | 17,95         | Matala   |
| 12              | 76,45                 | 0,172       | 0,76         | 14,54         | Kohtalainen  |
|                 |                       |             |              |               | Korkea   |
|                 |                       |             |              |               |  |
| Näytepiste, nro | Kok. Kiintoaine, mg/l | Kok.P, mg/l | Kok. N, mg/l | Kok.TOC, mg/l | Ylittää vertailu taulukkoarvon, Vesistöjen ravinne- kuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet SYKE 2015 |
| 8               | 13,57                 | 0,062       | 13,57        | 17,95         | Ei ylitä   |
| 12              | 76,45                 | 0,172       | 0,76         | 14,54         | Ylittää Luonnontilan   |
|                 |                       |             |              |               | Ylittää maankäytön vaikutukset   |

Ulkoista kokonaisfosforia on arvioitu Vollenweiderin kaavan avulla, kaavat 2 ja 3. Taulukosta 20 nähtävillä laskennan tulokset, josta käy ilmi kokonaisfosforin olevan alle vaarallisen kuormituksen rajan, mutta hyvin lähellä vaarallisen rajaa.

Taulukko 21 Vollenweider-tulokset

| Vollenweider   | g/m <sup>2</sup> /a P |
|--|-----------------------|
| <i>Ps, Suurin sallittu kokonaisfosfori kuormitus</i> | 0,11                  |
| <i>Pv, Vaarallinen kokonaisfosfori kuormitus</i>     | 0,29                  |
| <i>Ulkoinen kuormitus, Kok.P</i>                     |                       |
| <i>Syke, Maankäytönvaikutukset</i>                   | 0,25                  |
| <i>Projekti3, Mittaustulokset</i>                    | 0,27                  |

### 5.6 Sisäinen kuormitus

Sammakkolammen sisäinen kuormitus on laskettu kokonaisfosforin osalta 4.6 kappaleen mukaisesti käyttämällä kaavoja 4,5 ja 6. Laskennassa on käytetty ominaisuuskertoimia ja laboratoriossa saatuja näytetuloksia. Sisäisen kuormituksen kokonaisfosfori tulokset on esitetty taulukossa 22.

Taulukko 22 Kokonaisfosfori sisäinen kuormitus

|                                   | SYKE, Ominaisuuskuormitustaulukko maankäytönvaikutukset |                                   |
|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
|                                   | Ulkoisen kuormitus<br>Kok.P, kg/a                       | Sisäinen kuormitus<br>Kok.P, kg/a |
| Kokovaluma-alue                   | 11,36   | -18,23                            |
|                                   | Projekti 3 mittaustulokset                              |                                   |
|                                   | Ulkoisen kuormitus<br>Kok.P, kg/a                       | Sisäinen kuormitus<br>Kok.P, kg/a |
| Kokovaluma-alue - muu valuma-alue | 10,91   | -17,78                            |

### 5.7 Nykytila-analyysi

Saatujen, melko pienen otannan, perusteella voidaan todeta, että Sammakkolampi on suhteellisen hyväkuntoinen lampi, kun tuloksia verrataan Valtioneuvoston asettamiin asetuksiin. Tällä hetkellä saaduissa tuloksissa on epävarmuustekijöitä lammen ympäryksen kunnostustoimenpiteiden vuoksi. Saamiemme karttamateriaalien ja tekemiemme havaintojen perusteella voimme todeta, että hulevesiputkia on asennettu lisää, joka osaltaan pidemmällä aikavälillä vaikuttaa lampiveden laatuun.

Tutkimustulosten perusteella voidaan todeta, että lampeen kohdistuu voimakasta ulkoista fosforikuormitusta. On aina olemassa vaara, että kuormitus lähenee vaarallisia raja-arvoja ja sallittu fosforikuormitus tulee ylittymään. Osavaluma-alue tarkasteluista käy ilmi, että etenkin näytepisteen 12 kautta lampi kuormittuu huomattavan runsaasti.



## 6 KUNNOSTUSTOIMENPITEET

### 6.1 Litmanen

Litmaselle suoritettavat kunnostustoimenpiteet voidaan tulosten pohjalta suorittaa lähivaluma-alueelle. Näytepisteen 8. pääuomaan kohdistuvista purkupisteistä, jotka sijaitsevat kauempana kuin lammen välitön läheisyys tarvitaan lisätietoa, jotta mahdolliset toimenpiteet voidaan kohdentaa oikein.

#### 6.1.1 Näytepiste 6.

Näytepisteen 6. vedet johdetaan tien alitse rumpuputkella vesistöön. Vesi tulee putkelle painanetta pitkin. Valumavesien imeyttäminen ennen vesistöön johtumista vähentäisi ravinnekuormitusta. Tämä voitaisiin suorittaa viherpainanteella, josta vedet johdettaisiin tienalituksella vesistöön.

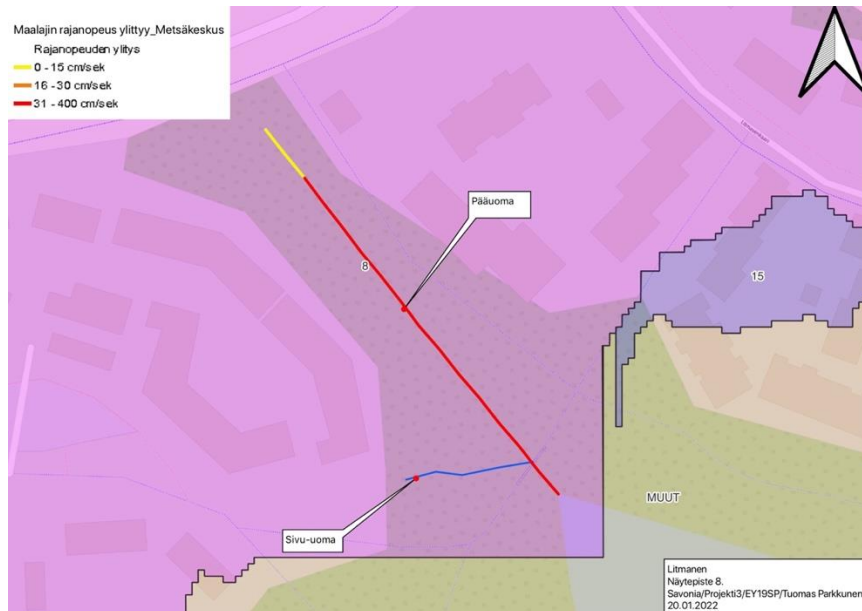


Kuva 31 Näytepisteen 6. purkupisteen edustaa, Soili 2021

#### 6.1.2 Näytepiste 8.

Näytepisteen 8. osavaluma-alue kattaa yli 60 % koko Litmasenlammen valuma-alueesta. Osavaluma-alueen vedet tulevat vesistöön pohjoisesta avouomaa pitkin. Avouomalta tuleva virtaus on

rankkasateen aikana voimakasta ja Metsäkeskuksen aineiston mukaan uomassa tapahtuu eroosiota virtauksen seurauksena.



Kuva 32 Näytepiste 8. pää- ja sivu-uoma

Alueelta tulevan kuormituksen vähentämiseksi olisi pääuomaa kunnostettava ruoppaamalla ja asennettava pohjapatorakenteita. Pää- ja sivu-uoman ympäröivä kuollut ja haitallinen kasvillisuus tulisi poistaa.



Kuva 33 Näytepisteen 8. sivu-uoma

## 6.2 Sammakkolampi

Tällä hetkellä Sammakkolammen ympäristön rakennustyöt ovat vielä käynnissä. Projektin tutkimusten pohjalta ei voida esittää tähän hetkeen kunnostustoimenpiteitä rakennustöiden aiheuttamien muutosten takia.

Sammakkolampeen laskevat hulevedet ovat saatujen tulosten mukaan heikentämässä lammen tilaa. Sammakkolampeen laskevat hulevedet ovat ulkoisen kuormituksen arvoilta kohonneita ja korkeita. Erityisesti näytepisteen 12 tulokset. Kaupunkialueiden viherryttäminen vähentää pintavaluntaa ja lisää haihduntaa, jolloin lampiin johtuu vähemmän vettä. Sammakkolammen osalta siihen purkautuva putki 8 ja avo-oja 12 virtaavat lampeen suoraviivaisesti. Vedenlaadun parantamiseksi veden voisi johtaa tulevaisuudessa lampeen hitaammin rakentamalla kosteikkoalueen, viivytyksen menetelmän, viherpainanteen tai biosuodatusrakenteen. Kasvillisuutta sisältävä maaperä tai rakenne ottaisi veden epäpuhtaudet ennen veden uudelleen johtamista lampeen. Veden laatua voisi tutkia virtaavasta vedestä ennen ja jälkeen vedensuodatusmenetelmän.

Sammakkolammen ympäristössä on runsaasti pysäköinti-, tie- ja katualueita. Hulevesien johtaminen hiekan- ja öljynerottimeen vähentää haitallisten aiheiden pääsyä hulevesijärjestelmään ja kaupunkilampiin. Samalla kertaa ohivirtausjärjestelmän asentaminen vähentää kustannuksia ja estää huippuvirtauksissa erotinjärjestelmän epätoimivuuden.

## 7 POHDINTA

Projektin tulosten luotettavuuteen liittyy epävarmuustekijöitä. Näytteidenoton osalta sateet olivat osittain heikohkoja. Heikkojen sateiden vuoksi virtaukset olivat paikoin huonot, joten ei välttämättä anna todellista kuvaa verrattuna runsaan veden aikaan. Säätilasidonnaisuus yhdistettynä näytteiden tutkimisen aikasidonnaisuuteen aiheutti sen, että näytteitä jouduttiin pakastamaan, mikä voi aiheuttaa muutoksia veden laadussa.

Sammakkolammen osalta yllätyksenä kaikille tuli siellä tehtävät rakennustyöt. Lammen ympäristö oli lähes kokonaan uusittu ja putkien sijainnit olivat osittain etsittävässä ja rakennustyömaan alla. Sammakkolammelta näytteiden saanti osoittautui vaikeaksi heikkojen sateiden vuoksi, joten tutkitavaksi valuma-alueeksi saatiin 59,93 prosenttia. Tulevissa tutkimuksissa olisi syytä ottaa tarkkailuun myös Pieni-Sammakkolammen veden laatutiedot sekä lampeen kohdistuvat kuormitukset.

Litmasen valuma-alueiden ja osavaluma-alueiden jako on tehty pelkästään maastonmuodon mukaan. Jako käyttäen Kuopion kaupungin hulevesiverkostokarttaa muuttaa alueen pinta-ala tietoja, mutta on oletettavaa, ettei muutos ole merkittävä näytepisteiden 6. ja 8. tulosten tulkinnan suhteen.

Lisänäytteet toisivat lisää tietoa molempiin lampiin kulkeutuvasta vedestä. Hyvä aika näytteiden ottamiselle olisi lumien sulamisen aikaan keväällä, jolloin veden virtaus olisi varmaa. Lampien kunnon seuranta tulee jatkaa seurantaohjelman mukaisesti, jota voidaan tarpeen tullen päivittää.

Hulevesien laatu vaihtelee useista tekijöistä, kuten sateista liittyen. Projektin näytteistä ei voida johtaa liian suoraviivaisia johtopäätöksiä, vaan tarvitaan lisää näytteitä, koska yksittäiset näytteet eivät edusta riittävästi hulevesien vedenlaatua.

## LÄHTEET

Kuopion kaupunki. Lampi- ja lahti kortit, Pienvesien kunnostustyöryhmä 2014. Verkkajulkaisu.  
[https://www.kuopio.fi/documents/7369547/7476108/Lampi\\_ ja\\_lahtikortit+ver06092014.pdf/1d9a8b54-692c-46d7-b897-94899357edaa](https://www.kuopio.fi/documents/7369547/7476108/Lampi_ ja_lahtikortit+ver06092014.pdf/1d9a8b54-692c-46d7-b897-94899357edaa)

Koskiahho Jari, Puustinen Markku, Tattari Sirkka, Riihimäki Juha ja Röman Elina 2015. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja, Vesistöjen ravinne- kuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet.

Pietiläinen Olli-Pekka, Räike Antti 1999 Suomen Ympäristö. Typpi ja Fosfori Suomen sisävesien minimiravinteina.

Pilke Ansa 2012 Suomen ympäristökeskus. Ohje pintaveden tyypin määrittämiseksi

## LIITE 1: RAVINNETASE LITMANEN

Litmanen lammen ravinnetase, Projekt 3 EY19SP Tuomas Parkkunen, Rosa Pellikka, Juha Soili, Hanna Kauppinen



| Vesistöjen ravinne- kuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet, SYKE 2015 |                      |                      |                    |                   |          |          |                |       |       |         |       | Kok. Kiintoaine*   | * Herta- palvelusta<br>Kok. P**<br>µg/l | * Herta- palvelusta<br>Kok. N*<br>µg/l | * Herta- palvelusta<br>Kok.TOC* | ** Projektin mittaustulokset |           |           |  |  |  |
|---|----------------------|----------------------|--------------------|-------------------|----------|----------|----------------|-------|-------|---------|-------|--------------------|---|--|---------------------------------|------------------------------|-----------|-----------|--|--|--|
| Kiintoaine<br>kg ha-1 v-1   | Kok.P<br>kg ha-1 v-1 | Kok.N<br>kg ha-1 v-1 | TOC<br>kg ha-1 v-1 | Kok. Kiintoaine** | Kok. P** | Kok. N** | Kok.TOC*       |       |       |         |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Tajakuormitus   |                      |                      |                    |                   |          |          |                |       |       |         |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Luonnonhuuhtouma  |                      | 5,1                  | 0,05               | 1,3               | 62       |          |                |       |       |         |       | 463,90             | 1919,58                                 |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Metsätalous   |                      | 97                   | 0,05               | 0,6               |          |          |                |       |       |         |       | 278,38             | 1402,00                                 |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Maatalous   |                      | 610                  | 1,1                | 15                | 220      |          |                |       |       |         |       | 100,90             | 962,53                                  |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Mausteuma veteen  |                      |                      | 0,1                | 3                 |          |          |                |       |       |         |       | 106,98             | 825,50                                  |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Tajaa-asutus  |                      | 5,2                  | 0,37               | 2,5               |          |          |                |       |       |         |       | 237,54             | 1277,40                                 |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Tulevedet   |                      | 297                  | 0,39               | 4,7               |          |          |                |       |       |         | 4,775 |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Järjestelmäinen kuormitus   |                      |                      |                    |                   |          |          |                |       |       |         |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Yhdyskuntajätevedet   |                      |                      |                    |                   | 9800     |          |                |       |       |         |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Teollisuus  |                      |                      |                    |                   | 26000    |          |                |       |       |         |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Kalanviljelylaitokset   |                      |                      |                    |                   |          |          |                |       |       |         |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Turkistarhaus   |                      |                      |                    |                   |          |          |                |       |       |         |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Turvetuotanto   |                      | 53                   | 0,3                | 8,1               | 146      |          |                |       |       |         |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Ulkoinen kuormitus, maankäytön vaikutus =Luokkakohdalla                         |                      |                      |                    |                   |          |          |                |       |       |         |       | Sisäinen kuormitus |   |  | Ulkoinen kuormitus              |                              |           |           |  |  |  |
| =Luonnonhuuhtouma   |                      |                      |                    |                   |          |          |                |       |       |         |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Äälytepiste 3   | Pinta-ala, m²        | Pinta-ala, ha        | Kiintoaine, kg     | P, kg             | N, kg    | TOC, kg  | Kiintoaine, kg | P, kg | N, kg | TOC, kg | kg/a  |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Tulevesi  | 7069,4690            | 0,707                | 213,569            | 0,311             | 4,242    | 43,831   | 3,605          | 0,035 | 0,919 | 43,831  |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Tajaa-asutus  | 0,0000               | 0,000                | 0,000              | 0,000             | 0,000    | 0,000    | 0,000          | 0,000 | 0,000 | 0,000   |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Maatalous   | 0,0000               | 0,000                | 0,000              | 0,000             | 0,000    | 0,000    | 0,000          | 0,000 | 0,000 | 0,000   |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Metsätalous   | 6216,8090            | 0,622                | 63,474             | 0,062             | 1,181    | 38,544   | 3,171          | 0,031 | 0,808 | 38,544  |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Suot/kosteikot  | 0,0000               | 0,000                | 0,000              | 0,000             | 0,000    | 0,000    | 0,000          | 0,000 | 0,000 | 0,000   |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Vesistöt  | 0,0000               | 0,000                | 0,000              | 0,000             | 0,000    | 0,000    | 0,000          | 0,000 | 0,000 | 0,000   |       |                    |   | mg/l                                   | 57,14                           | 0,184                        | 3,0973249 | 34,375022 |  |  |  |
| Yhteensä  | 13286,2780           | 1,329                | 277,042            | 0,373             | 5,423    | 82,375   | 6,776          | 0,066 | 1,727 | 82,375  |       |                    |   | kg/a                                   | 265,712                         | 0,856                        | 14,403    | 159,851   |  |  |  |
| Äälytepiste 6   | Pinta-ala, m²        | Pinta-ala, ha        | Kiintoaine, kg     | P, kg             | N, kg    | TOC, kg  | Kiintoaine, kg | P, kg | N, kg | TOC, kg | kg/a  |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Tulevesi  | 9923,6840            | 0,992                | 299,794            | 0,437             | 5,954    | 61,527   | 5,061          | 0,050 | 1,290 | 61,527  |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Tajaa-asutus  | 0,0000               | 0,000                | 0,000              | 0,000             | 0,000    | 0,000    | 0,000          | 0,000 | 0,000 | 0,000   |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Maatalous   | 0,0000               | 0,000                | 0,000              | 0,000             | 0,000    | 0,000    | 0,000          | 0,000 | 0,000 | 0,000   |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Metsätalous   | 14871,5150           | 1,487                | 151,838            | 0,149             | 2,826    | 92,203   | 7,584          | 0,074 | 1,933 | 92,203  |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Suot/kosteikot  | 0,0000               | 0,000                | 0,000              | 0,000             | 0,000    | 0,000    | 0,000          | 0,000 | 0,000 | 0,000   |       |                    |   |  |                                 |                              |           |           |  |  |  |
| Vesistöt  | 0,0000               | 0,000                | 0,000              | 0,000             | 0,000    | 0,000    | 0,000          | 0,000 | 0,000 | 0,000   |       |                    |   | mg/l                                   | 50,390                          | 0,207                        | 1,077     | 16,820    |  |  |  |
| Yhteensä  | 24795,1990           | 2,480                | 451,633            | 0,585             | 8,780    | 153,730  | 12,646         | 0,124 | 3,223 | 153,730 |       |                    |   | kg/a                                   | 437,301                         | 1,796                        | 9,349     | 145,970   |  |  |  |

| Näytepiste 8 Koko ala | Pinta-ala, m² | Pinta-ala, ha |           |        |         |          |         |       |         |          |  |  |      |           |        |         |          |
|-----------------------|---------------|---------------|-----------|--------|---------|----------|---------|-------|---------|----------|--|--|------|-----------|--------|---------|----------|
| Hulevesi              | 515359,1400   | 51,536        | 15569,000 | 22,676 | 309,215 | 3195,227 | 262,833 | 2,577 | 66,997  | 3195,227 |  |  |      |           |        |         |          |
| Haja-asutus           | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  |      |           |        |         |          |
| Maatalous             | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  |      |           |        |         |          |
| Metsätalous           | 284736,6940   | 28,474        | 2907,162  | 2,847  | 54,100  | 1765,368 | 145,216 | 1,424 | 37,016  | 1765,368 |  |  |      |           |        |         |          |
| Suot/kosteikot        | 5204,0280     | 0,520         | 53,133    | 0,052  | 0,989   | 32,265   | 2,654   | 0,026 | 0,677   | 32,265   |  |  |      |           |        |         |          |
| Vesistöt              | 176,1360      | 0,018         | 0,002     | 0,002  | 0,053   | 0,000    | 0,000   | 0,002 | 0,053   | 0,000    |  |  | mg/l | 45,620    | 0,101  | 0,837   | 11,236   |
| Yhteensä              | 805475,9980   | 80,548        | 18529,296 | 25,577 | 364,357 | 4992,859 | 410,703 | 4,028 | 104,742 | 4992,859 |  |  | kg/a | 12861,035 | 28,474 | 235,917 | 3167,505 |
| Näytepiste 9          | Pinta-ala, m² | Pinta-ala, ha |           |        |         |          |         |       |         |          |  |  |      |           |        |         |          |
| Hulevesi              | 4379,7840     | 0,438         | 132,313   | 0,193  | 2,628   | 27,155   | 2,234   | 0,022 | 0,569   | 27,155   |  |  |      |           |        |         |          |
| Haja-asutus           | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  |      |           |        |         |          |
| Maatalous             | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  |      |           |        |         |          |
| Metsätalous           | 755,4830      | 0,076         | 7,713     | 0,008  | 0,144   | 4,684    | 0,385   | 0,004 | 0,098   | 4,684    |  |  |      |           |        |         |          |
| Suot/kosteikot        | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  |      |           |        |         |          |
| Vesistöt              | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  | mg/l | 41,600    | 0,056  | 1,552   | 22,530   |
| Yhteensä              | 5135,2670     | 0,514         | 140,027   | 0,200  | 2,771   | 31,839   | 2,619   | 0,026 | 0,668   | 31,839   |  |  | kg/a | 74,769    | 0,101  | 2,790   | 40,494   |
| Näytepiste 10         | Pinta-ala, m² | Pinta-ala, ha |           |        |         |          |         |       |         |          |  |  |      |           |        |         |          |
| Hulevesi              | 1385,0720     | 0,139         | 41,843    | 0,061  | 0,831   | 8,587    | 0,706   | 0,007 | 0,180   | 8,587    |  |  |      |           |        |         |          |
| Haja-asutus           | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  |      |           |        |         |          |
| Maatalous             | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  |      |           |        |         |          |
| Metsätalous           | 904,7000      | 0,090         | 9,237     | 0,009  | 0,172   | 5,609    | 0,461   | 0,005 | 0,118   | 5,609    |  |  |      |           |        |         |          |
| Suot/kosteikot        | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  |      |           |        |         |          |
| Vesistöt              | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  | mg/l | 20,730    | 0,157  | 1,069   | 18,675   |
| Yhteensä              | 2289,7720     | 0,229         | 51,080    | 0,070  | 1,003   | 14,197   | 1,168   | 0,011 | 0,298   | 14,197   |  |  | kg/a | 16,613    | 0,126  | 0,857   | 14,967   |
| Näytepiste 11         | Pinta-ala, m² | Pinta-ala, ha |           |        |         |          |         |       |         |          |  |  |      |           |        |         |          |
| Hulevesi              | 10291,9640    | 1,029         | 310,920   | 0,453  | 6,175   | 63,810   | 5,249   | 0,051 | 1,338   | 63,810   |  |  |      |           |        |         |          |
| Haja-asutus           | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  |      |           |        |         |          |
| Maatalous             | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  |      |           |        |         |          |
| Metsätalous           | 25835,9900    | 2,584         | 263,785   | 0,258  | 4,909   | 160,183  | 13,176  | 0,129 | 3,359   | 160,183  |  |  |      |           |        |         |          |
| Suot/kosteikot        | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  |      |           |        |         |          |
| Vesistöt              | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  | mg/l | 8,770     | 0,004  | 0,516   | 6,890    |
| Yhteensä              | 36127,9540    | 3,613         | 574,706   | 0,711  | 11,084  | 223,993  | 18,425  | 0,181 | 4,697   | 223,993  |  |  | kg/a | 110,895   | 0,051  | 6,525   | 87,125   |
| Näytepiste 14         | Pinta-ala, m² | Pinta-ala, ha |           |        |         |          |         |       |         |          |  |  |      |           |        |         |          |
| Hulevesi              | 66999,8140    | 6,700         | 2024,064  | 2,948  | 40,200  | 415,399  | 34,170  | 0,335 | 8,710   | 415,399  |  |  |      |           |        |         |          |
| Haja-asutus           | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  |      |           |        |         |          |
| Maatalous             | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  |      |           |        |         |          |
| Metsätalous           | 26284,3310    | 2,628         | 268,363   | 0,263  | 4,994   | 162,963  | 13,405  | 0,131 | 3,417   | 162,963  |  |  |      |           |        |         |          |
| Suot/kosteikot        | 6404,9540     | 0,640         | 65,395    | 0,064  | 1,217   | 39,711   | 3,267   | 0,032 | 0,833   | 39,711   |  |  |      |           |        |         |          |
| Vesistöt              | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  | mg/l | 23,860    | 0,077  | 0,457   | 9,941    |
| Yhteensä              | 99689,0990    | 9,969         | 2357,822  | 3,275  | 46,411  | 618,072  | 50,841  | 0,498 | 12,960  | 618,072  |  |  | kg/a | 832,504   | 2,687  | 15,937  | 346,856  |
| Näytepiste 15         | Pinta-ala, m² | Pinta-ala, ha |           |        |         |          |         |       |         |          |  |  |      |           |        |         |          |
| Hulevesi              | 2642,0460     | 0,264         | 79,816    | 0,116  | 1,585   | 16,381   | 1,347   | 0,013 | 0,343   | 16,381   |  |  |      |           |        |         |          |
| Haja-asutus           | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  |      |           |        |         |          |
| Maatalous             | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  |      |           |        |         |          |
| Metsätalous           | 148,1150      | 0,015         | 1,512     | 0,001  | 0,028   | 0,918    | 0,076   | 0,001 | 0,019   | 0,918    |  |  |      |           |        |         |          |
| Suot/kosteikot        | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  |      |           |        |         |          |
| Vesistöt              | 0,0000        | 0,000         | 0,000     | 0,000  | 0,000   | 0,000    | 0,000   | 0,000 | 0,000   | 0,000    |  |  | mg/l | 17,790    | 0,100  | 0,926   | 17,716   |
| Yhteensä              | 2790,1610     | 0,279         | 81,328    | 0,118  | 1,613   | 17,299   | 1,423   | 0,014 | 0,363   | 17,299   |  |  | kg/a | 17,373    | 0,098  | 0,904   | 17,301   |





## LIITE 2: RAVINNETASE SAMMAKKOLAMPI

| Sammakkolammen ravinnetase, Projekt 3 EY19SP Tuomas Parkkunen, Rosa Pellikka, Juha Soili, Hanna Kauppinen |                           |   |            |            |             |   |            |          |          |                              |      |                    |          |          |          |
|---|---------------------------|---|------------|------------|-------------|---|------------|----------|----------|------------------------------|------|--------------------|----------|----------|----------|
|   |                           | Vesistöjen ravinne- kuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet, SYKE 2015   |            |            |             | * Hertta-palvelusta   |            |          |          | ** Projektin mittaustulokset |      |                    |          |          |          |
|   |                           | Kiintoaine  | Kok.P      | Kok.N      | TOC         |   |            |          |          |                              |      |                    |          |          |          |
|   |                           | kg ha-1 v-  | kg ha-1 v- | kg ha-1 v- | kg ha-1 v-1 |   |            |          |          |                              |      |                    |          |          |          |
|   |                           |   |            |            |             | Kok. Kiint  | Kok.P*     | Kok. N*  | Kok.TOC* |                              |      | Kok. Kiint         | Kok.P**  | Kok. N** | Kok.TOC* |
|   |                           |   |            |            |             | µg/l  | µg/l       | µg/l     | µg/l     |                              |      | µg/l               | µg/l     | µg/l     | µg/l     |
| Hajakuormitus   |                           |   |            |            |             |   |            |          |          |                              |      |                    |          |          |          |
| Luonnonhuuhtouma  |                           | 5,1   | 0,05       | 1,3        | 62          |   |            |          |          |                              |      |                    |          |          |          |
| Vätsätalous   |                           | 97  | 0,05       | 0,6        |             |   |            |          |          |                              |      |                    |          |          |          |
| Vaatalous   |                           | 610   | 1,1        | 15         | 220         |   |            |          |          |                              |      |                    |          |          |          |
| Läskeuma veteen   |                           |   | 0,1        | 3          |             |   |            |          |          |                              |      |                    |          |          |          |
| Haja-asutus   |                           | 5,2   | 0,37       | 2,5        |             |   |            |          |          |                              |      |                    |          |          |          |
| Hulevedet   |                           | 297   | 0,39       | 4,7        |             |   |            |          |          |                              |      |                    |          |          |          |
| Pistemäinen kuormitus   |                           |   |            |            |             |   |            |          |          |                              |      |                    |          |          |          |
| Yhdyskuntajätevedet   |                           |   |            |            | 9800        |   |            |          |          |                              |      |                    |          |          |          |
| Teollisuus  |                           |   |            |            | 26000       |   |            |          |          |                              |      |                    |          |          |          |
| Kalanviljelylaitokset   |                           |   |            |            |             |   |            |          |          |                              |      |                    |          |          |          |
| Turkistarhaus   |                           |   |            |            |             |   |            |          |          |                              |      |                    |          |          |          |
| Turvetoianto  |                           | 53  | 0,3        | 8,1        | 146         |   |            |          |          |                              |      |                    |          |          |          |
|   |                           | Ulkoisen kuormitus, maankäytön vaikutus =Luokakohtainen kerroin*Luokakohtainen pinta-ala+Luonnonhuuhtouman kerroin*Luokakohtainen pinta-ala |            |            |             | Luonnontilassa, =Luonnonhuuhtouman kerroin*luokakohtainen pinta-ala HUOM! =Laskeuma veteen kerroin*Vesistön pinta-ala |            |          |          | Sisäinen kuormitus           |      | Ulkoisen kuormitus |          |          |          |
| Näytepiste 1 (Poisto  | Pinta-ala, m <sup>2</sup> | Pinta-ala, ha   | Kiintoaine | P, kg      | N, kg       | TOC, kg   | Kiintoaine | P, kg    | N, kg    | TOC, kg                      | kg/a |                    |          |          |          |
| Hulevesi  | 16700,5498                | 1,67005498  | 504,5236   | 0,734824   | 10,02033    | 103,5434  | 8,51728    | 0,083503 | 2,171071 | 103,5434                     |      |                    |          |          |          |
| Haja-asutus   | 0                         |   | 0          | 0          | 0           | 0   | 0          | 0        | 0        | 0                            |      |                    |          |          |          |
| Vaatalous   | 0                         |   | 0          | 0          | 0           | 0   | 0          | 0        | 0        | 0                            |      |                    |          |          |          |
| Vätsätalous   | 7277,020508               | 0,727702051   | 74,29838   | 0,320189   | 1,382634    | 45,11753  | 3,71128    | 0,036385 | 0,946013 | 45,11753                     |      |                    |          |          |          |
| Suot/kosteikot  | 0                         |   | 0          | 0          | 0           | 0   | 0          | 0        | 0        | 0                            |      |                    |          |          |          |
| Vesistöt  | 0                         |   | 0          | 0          | 0           | 0   | 0          | 0        | 0        | 0                            |      |                    |          |          |          |
| Yhteensä  | 23977,57031               | 2,397757031   | 578,822    | 1,055013   | 11,40296    | 148,6609  | 12,22856   | 0,119888 | 3,117084 | 148,6609                     |      |                    |          |          |          |
|   |                           |   |            |            |             |   |            |          |          |                              | kg/a | 113,8815           | 0,520313 | 7,804699 | 150,6391 |
| Näytepiste 9  | Pinta-ala, m <sup>2</sup> | Pinta-ala, ha   | Kiintoaine | P, kg      | N, kg       | TOC, kg   | Kiintoaine | P, kg    | N, kg    | TOC, kg                      | kg/a |                    |          |          |          |
| Hulevesi  | 31421,90869               | 3,142190869   | 949,2559   | 1,382564   | 18,85315    | 194,8158  | 16,02517   | 0,15711  | 4,084848 | 194,8158                     |      |                    |          |          |          |
| Haja-asutus   | 0                         |   | 0          | 0          | 0           | 0   | 0          | 0        | 0        | 0                            |      |                    |          |          |          |
| Vaatalous   | 0                         |   | 0          | 0          | 0           | 0   | 0          | 0        | 0        | 0                            |      |                    |          |          |          |
| Vätsätalous   | 41107,89258               | 4,110789258   | 419,7116   | 1,808747   | 7,8105      | 254,8689  | 20,96503   | 0,205539 | 5,344026 | 254,8689                     |      |                    |          |          |          |
| Suot/kosteikot  | 0                         |   | 0          | 0          | 0           | 0   | 0          | 0        | 0        | 0                            |      |                    |          |          |          |
| Vesistöt  | 0                         |   | 0          | 0          | 0           | 0   | 0          | 0        | 0        | 0                            |      |                    |          |          |          |
| Yhteensä  | 72529,80127               | 7,252980127   | 1368,967   | 3,191311   | 26,66364    | 449,6848  | 36,9902    | 0,362649 | 9,428874 | 449,6848                     |      |                    |          |          |          |
|   |                           |   |            |            |             |   |            |          |          |                              | kg/a | 344,4803           | 1,573897 | 23,60845 | 455,6685 |
| Näytepiste 12   | Pinta-ala, m <sup>2</sup> | Pinta-ala, ha   | Kiintoaine | P, kg      | N, kg       | TOC, kg   | Kiintoaine | P, kg    | N, kg    | TOC, kg                      | kg/a |                    |          |          |          |
| Hulevesi  | 99917,33496               | 9,991733496   | 3018,503   | 4,396363   | 59,9504     | 619,4875  | 50,95784   | 0,499587 | 12,98925 | 619,4875                     |      |                    |          |          |          |
| Haja-asutus   | 0                         |   | 0          | 0          | 0           | 0   | 0          | 0        | 0        | 0                            |      |                    |          |          |          |
| Vaatalous   | 0                         |   | 0          | 0          | 0           | 0   | 0          | 0        | 0        | 0                            |      |                    |          |          |          |
| Vätsätalous   | 76127,89697               | 7,612789697   | 777,2658   | 0,761279   | 14,4643     | 471,993   | 38,82523   | 0,380639 | 9,896627 | 471,993                      |      |                    |          |          |          |
| Suot/kosteikot  | 3200                      | 0,32  | 32,672     | 0,032      | 2,304       | 19,84   | 1,632      | 0,016    | 0,416    | 19,84                        |      |                    |          |          |          |
| Vesistöt  | 2000                      | 0,2   | 20,02      | 0,02       | 0,6         | 0   | 1,02       | 0,01     | 0,26     | 12,4                         |      |                    |          |          |          |
| Yhteensä  | 181245,2319               | 18,12452319   | 3828,461   | 5,209642   | 77,3187     | 1111,32   | 92,43507   | 0,906226 | 23,56188 | 1123,72                      |      |                    |          |          |          |
|   |                           |   |            |            |             |   |            |          |          |                              | kg/a | 4849,669           | 10,91096 | 48,21123 | 922,357  |

| Muu valuma-alue | Pinta-ala, m <sup>2</sup> | Pinta-ala, ha      |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |      |          |          |          |          |  |  |  |
|-----------------|---------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|----------|----------|----------|----------|--|--|--|
| Hulevesi        | 61682,7                   | 6,168268254        | 1863,434        | 2,714038        | 37,00961        | 382,4326        | 31,45817        | 0,308413        | 8,018749        | 382,4326        |      |          |          |          |          |  |  |  |
| Haja-asutus     | 0,0                       |                    |                 | 0               |                 |                 | 0               | 0               | 0               | 0               |      |          |          |          |          |  |  |  |
| Maatalous       | 0,0                       |                    |                 | 0               |                 |                 | 0               | 0               | 0               | 0               |      |          |          |          |          |  |  |  |
| Metsätalous     | 40378,9                   | 4,03789            | 412,2686        | 0,403789        | 7,671991        | 250,3492        | 20,59324        | 0,201895        | 5,249257        | 250,3492        |      |          |          |          |          |  |  |  |
| Suot/kosteikot  | 0,0                       |                    |                 |                 |                 |                 |                 | 0               | 0               | 0               |      |          |          |          |          |  |  |  |
| Vesistöt        | 43600,0                   | 4,36               | 0,436           | 0,436           | 13,08           | 0               | 22,236          | 0,218           | 5,668           | 270,32          |      |          |          |          |          |  |  |  |
| <b>Yhteensä</b> | <b>145661,6</b>           | <b>14,56615825</b> | <b>2276,138</b> | <b>3,553827</b> | <b>57,7616</b>  | <b>632,7818</b> | <b>74,28741</b> | <b>0,728308</b> | <b>18,93601</b> | <b>903,1018</b> |      |          |          |          |          |  |  |  |
| Kokovaluma-alue | Pinta-ala, m <sup>2</sup> | Pinta-ala, ha      |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |      |          |          |          |          |  |  |  |
| Hulevesi        | 209722,5                  | 20,9722476         | 6335,716        | 9,227789        | 125,8335        | 1300,279        | 106,9585        | 1,048612        | 27,26392        | 1300,279        |      |          |          |          |          |  |  |  |
| Haja-asutus     | 0,0                       |                    |                 | 0               |                 |                 | 0               | 0               | 0               | 0               |      |          |          |          |          |  |  |  |
| Maatalous       | 0,0                       |                    |                 | 0               |                 |                 | 0               | 0               | 0               | 0               |      |          |          |          |          |  |  |  |
| Metsätalous     | 164891,8                  | 16,4891756         | 1683,545        | 1,648918        | 31,32943        | 1022,329        | 84,0948         | 0,824459        | 21,43593        | 1022,329        |      |          |          |          |          |  |  |  |
| Suot/kosteikot  | 3200,0                    | 0,32               | 32,672          | 0,032           | 0,608           | 19,84           | 1,632           | 0,016           | 0,416           | 19,84           |      |          |          |          |          |  |  |  |
| Vesistöt        | 45600,0                   | 4,56               | 0,456           | 0,456           | 13,68           | 0               | 23,256          | 0,228           | 5,928           | 282,72          |      |          |          |          |          |  |  |  |
| <b>Yhteensä</b> | <b>423414,2</b>           | <b>42,3414232</b>  | <b>8052,389</b> | <b>11,36471</b> | <b>171,4509</b> | <b>2342,448</b> | <b>215,9413</b> | <b>2,117071</b> | <b>55,04385</b> | <b>2625,168</b> |      |          |          |          |          |  |  |  |
|                 |                           |                    |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | kg/a | 5308,031 | 12,48486 | 71,81968 | 1378,025 |  |  |  |

**SAVONIA**



Elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskus



Ympäristöministeriö  
Mieläministeriö



# SAVONIA

VEISIENSUOJELUN  
**TEHOSTAMIS-**  
OHJELMA

Nyt on veden vuoro

Hula-hankkeen loppuwebinaari  
Projektin esittely  
-menetelmät

1.12.2022  
Petri Juntunen

savonia.fi

KUOPIO WATER CLUSTER

**SAVONIA**  
ammattikorkeakoulu

UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

BIO  
SO4

# Projektin esittely

- Projektin tavoitteet
- Valuma-alueiden esittely
- Näytteenottopisteet
- Virtausmittaukset
- Jatkuvatoiminen mittaus

# Projektin tavoitteita:

## 1. Kuormituksen kokonaisvaltainen kartoittaminen

- Valuma-alueiden kartoitus
  - Osavaluma-alueet
  - Osakuormituskertoimet -> kuormitus
  - Purkupisteet -> näytteenottopisteet
  - Mittausasemien suunnittelu
- Haitta-aineet
  - Kiintoaine ja ravinteet
  - Metallit
  - Mikromuovit
  - Mikrobit ja Saastelähteiden jäljitys (engl. Microbial Source Tracking, MST)

## 2. Jatkuvatoinen monitoroinnin hyödyntäminen

- Automaattinen näytteenotin
- Laatumittaus
- Virtaaman mittaus

## 3. Hulevesien käsittely riskikohteissa

- Biopolymeerisaostus (rakennusaikainen kohde)
- Biohiilipato (lumenkaatopaikka)

## 4. Kokemusten jakaminen

1. Maljalahden valuma-alue
2. Mustinlammen valuma-alue (rakennusaikainen kohde)
3. Siikaniemen lumenkaatopaikan alue
4. Lampikartoitusalueet

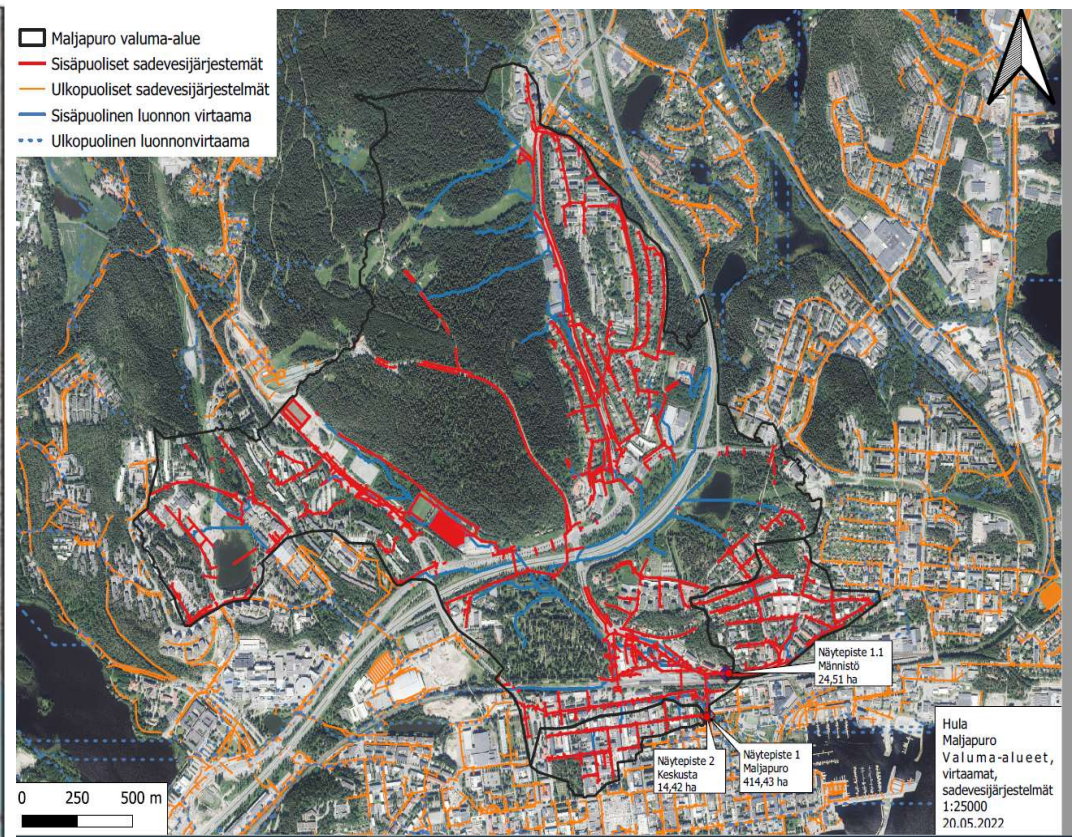
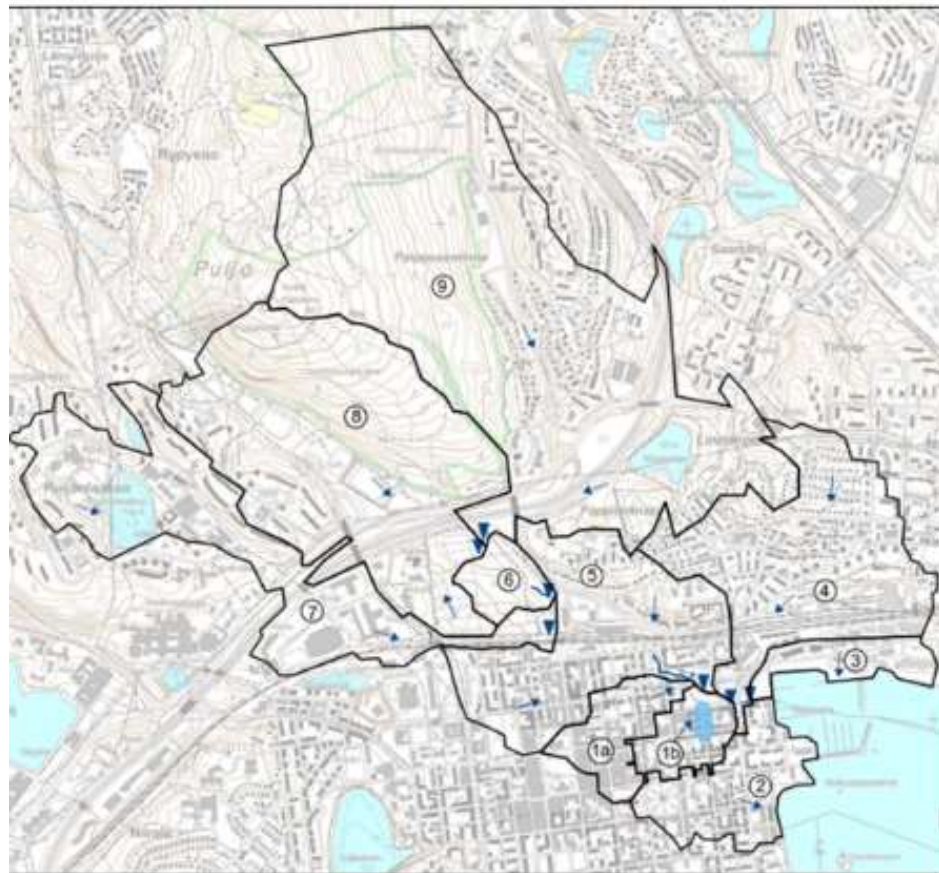


Modulaarinen  
hulevesien käsittely  
rakennusalueella

Maljalahden  
mitta-asema

Lumenkaatopaikka

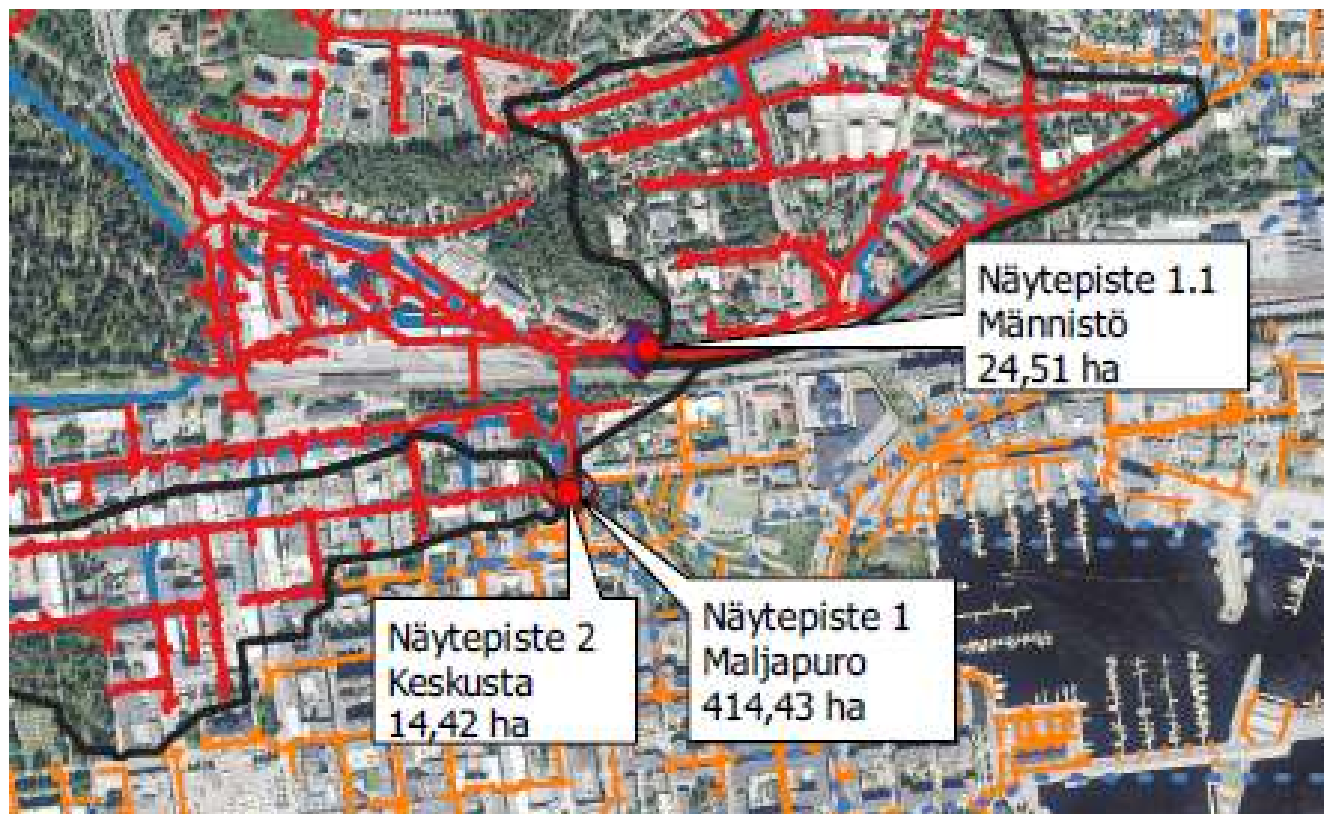
# Maljalahden valuma-alue



$C = 0.35$



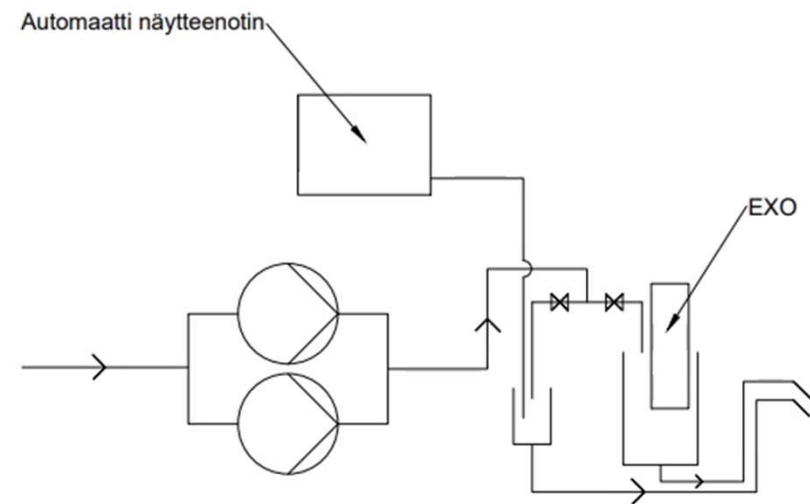
# Näytteenottopisteet tarkemmin



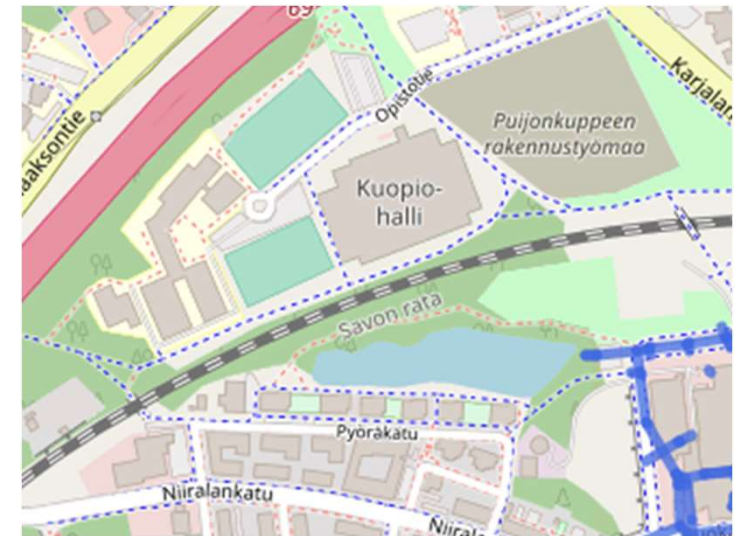
SAVONIA

# Mittausasema





# Mustinlampi, 2021



# Mustinlampi, 2022



# Lumenkaatopaikka



- Virtaamamittaukset
  - Virtaamamittaus 1
  - Virtaamamittaus 2
- Tarkkuus, luotettavuus, kohina, outlierit
- Mihin voidaan hyödyntää?
  - Kampanjaluontoiset mittaukset
  - Pitkää sarjaa
  - Automaation osana
- Asennukset ja tuotetuki
- Manuaalit
  - Huolto-ohjelmat
  - Käyttöohjeet
- Varaosat
- Datan loggaus ja pilvipalvelu
  - Datan siirto
  - Tietokanta
  - Visualisointi ja KPI
  - Miten data siirtyy omaan käyttöön

**SAVONIA**

# Virtausmittaus





Kohteen sisäito

- Mittaukset
  - Virtaus, pinnankorkeus ja sadanta
- Liitetiedostot

Kohteen tiedot



Keskustan purkuputkeen asennetaan virtausmittari ja paineanturi 600 mm putkeen. Samaa dataloggeriin on kytketty sadeanturi, joka mittaa Keskustan purkuputken lähialueelta.

Dataloggerin mittaustiheys on 1 min, ja data päivittyy EMM:llin kerran tunnissa.



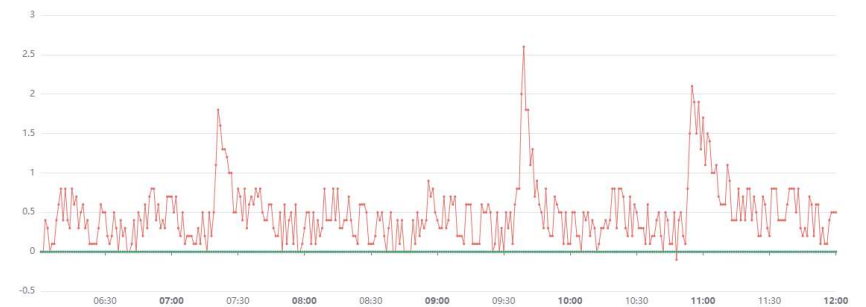
Virtaus, pinnankorkeus ja sadanta

Muuttujanimi  
SAV\_keskusta

Taulukko Kuvaaja Kanavat Muutokset

Viiva Yksilölliset Usea arvoasteikko Palkki Laatikko-jana Piirakka Mittari 3D

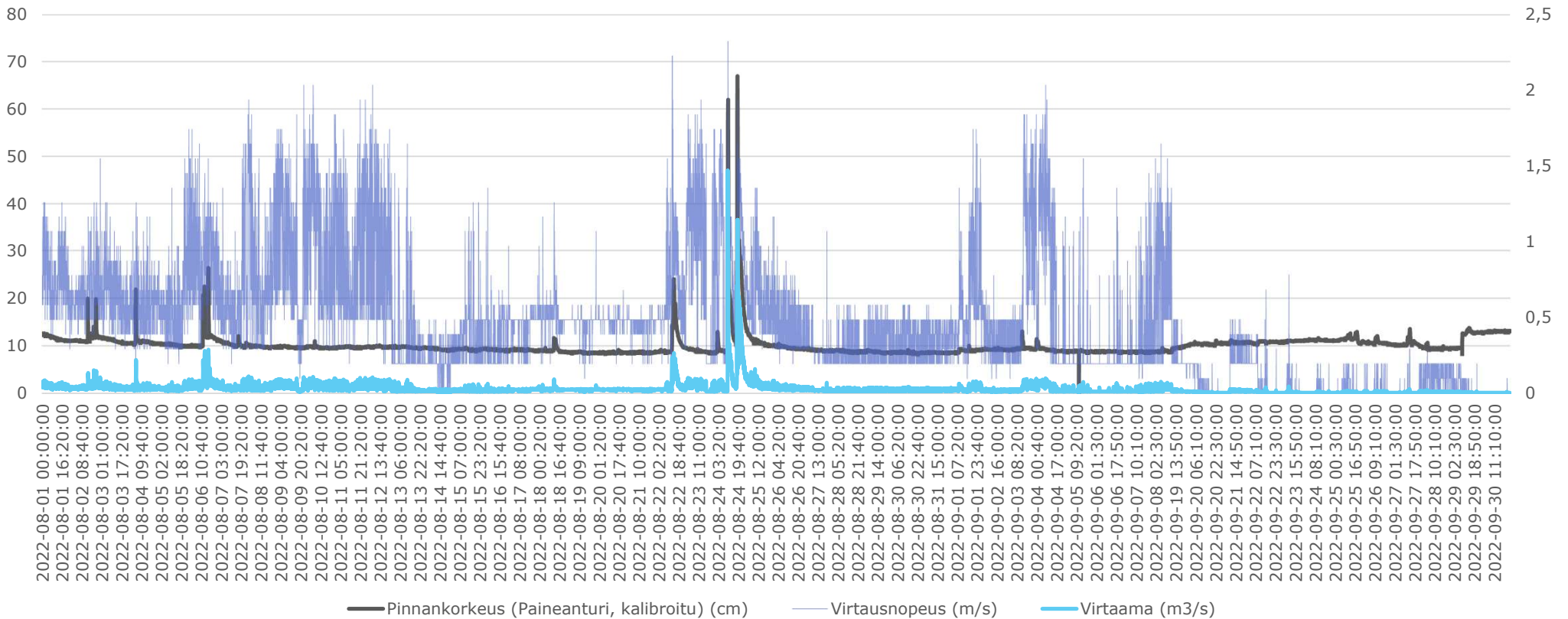
Toiminnot

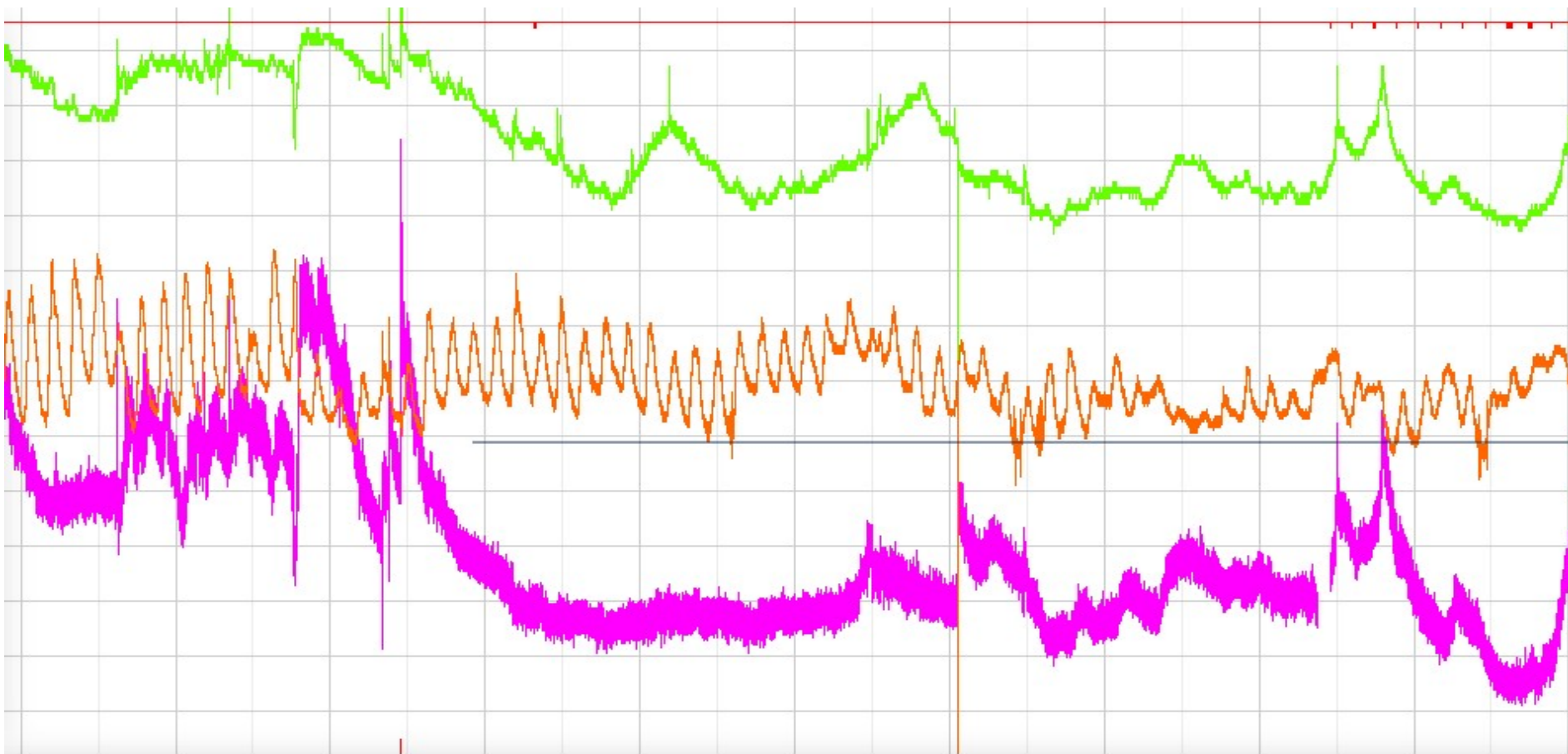


# LUMENKAATOPAIKAN VIRTAUSMITTAUS



## MALJAPURON VIRTAUSMITTAUS





- Virtausmittaus 1:
  - Pienillä virtaamilla ei mittaa tarkasti
  - Suurilla virtaamilla, kun putki on lähes täynnä, ei mittaa tarkasti
  - Lehdet, vaahto ym. pinnalla kelluva roska häiritsee mittausta
- Virtausmittaus 2
  - Kokonaisuutena tarkempi kuin vm1
  - Ei täysin ongelmaton
- Pinnankorkeusmittauksen hyödyntäminen?
  - Jos halutaan pitkää kohinatonta data
  - Laitteiden ohjaus
  - On-line tyyppinen seuranta

SAVONIA

# Jatkuvatoiminen laatumittausmittaus



Cond  $\mu\text{S}/\text{cm}$

Depth m

nLF Cond  $\mu\text{S}/\text{cm}$

ODO % sat

ODO % local

ODO mg/L

ORP mV

Pressure psi a

Sal psu

SpCond  $\mu\text{S}/\text{cm}$

TDS mg/L

Turbidity FNU

TSS mg/L

Wiper Position volt

pH

pH mV

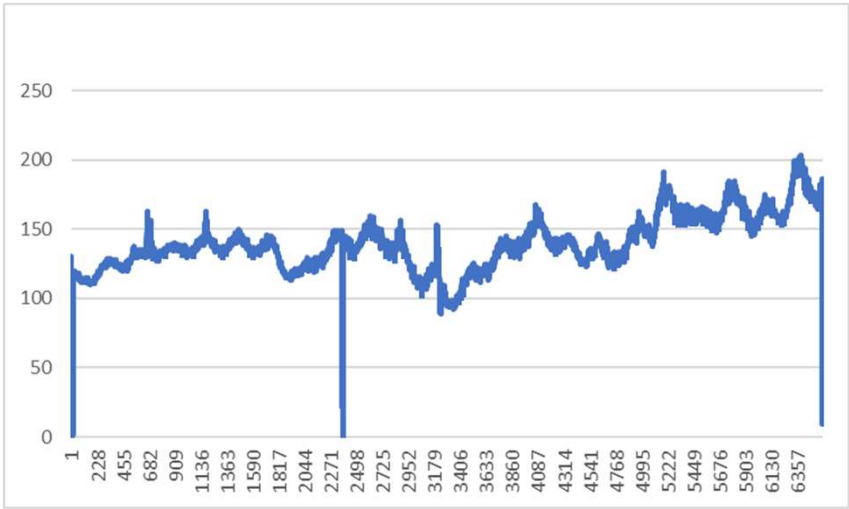
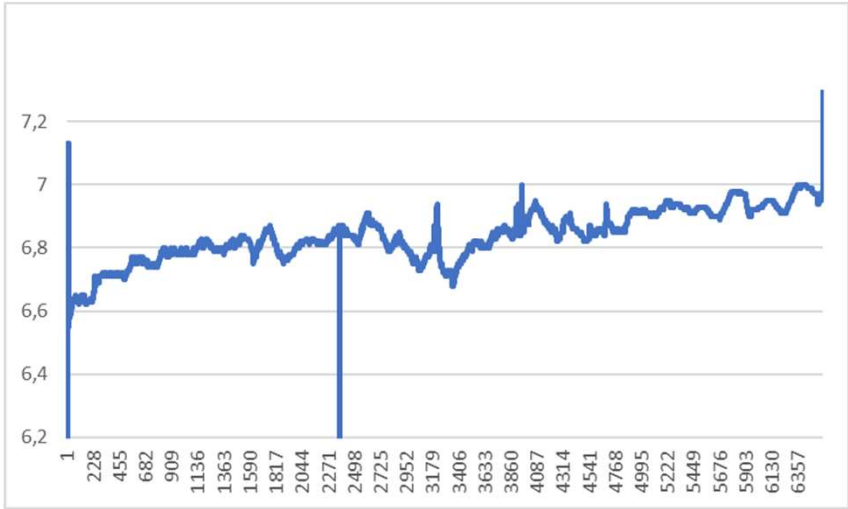
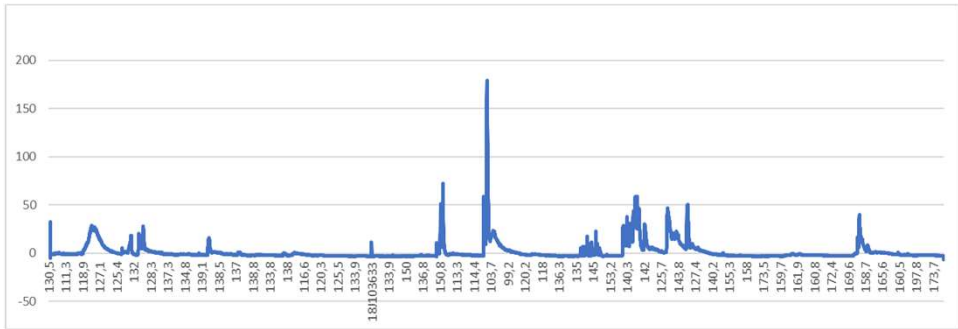
Temp  $^{\circ}\text{C}$

Vertical Positionm

Battery V

Cable Pwr V

# SAVONIA



**SAVONIA**

**Kiitos!**





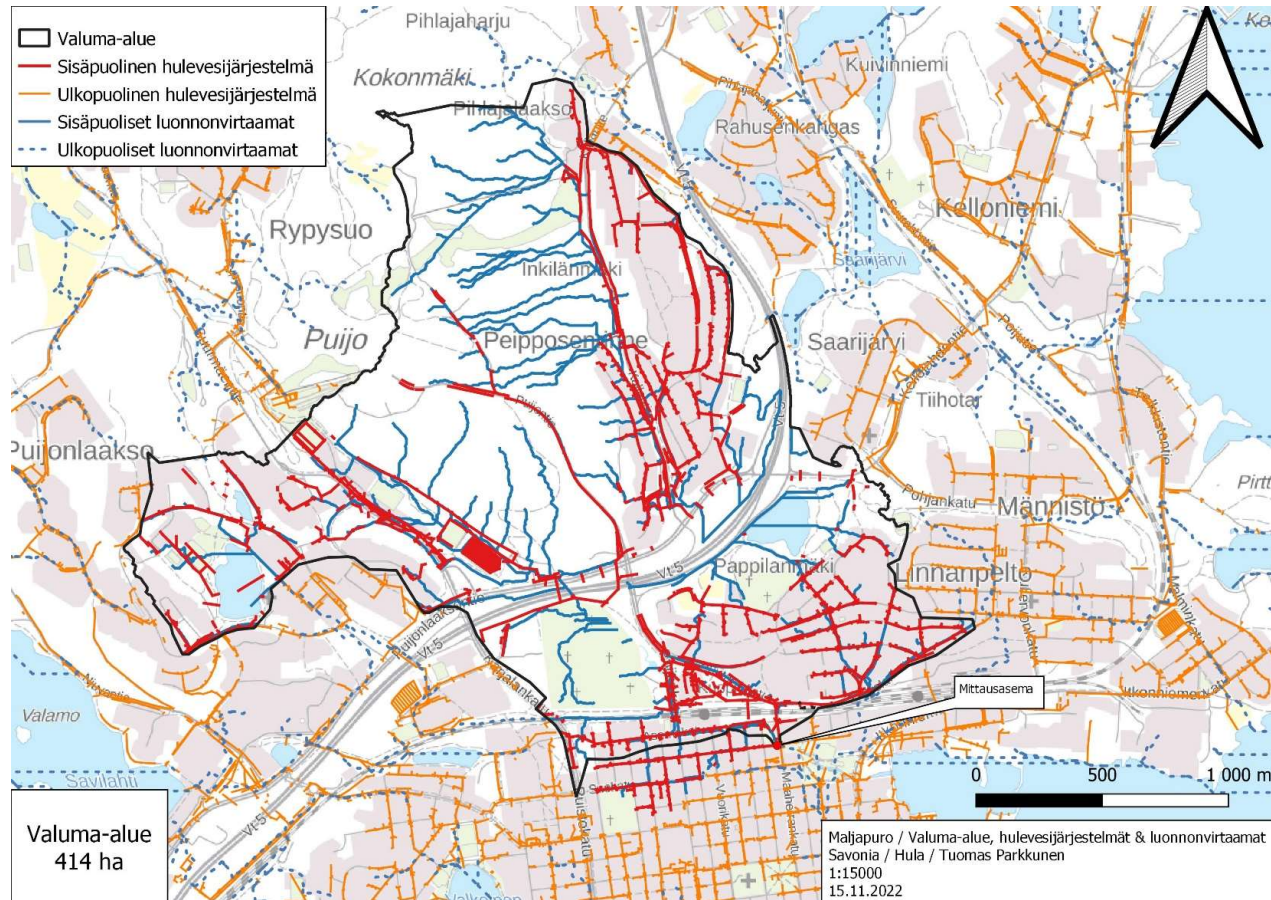
# AUTOMAATTINÄYTTEENOTTIMEN KÄYTTÖ HULEVESIEN KOKONAISKUORMITUKSEN ARVIOINNISSA

Tuomas Parkkunen

- Näytteenotosta ja laboratorioanalyyseistä siirrytty realiaikaiseen seurantaan
- Jatkuvatoinimisilla mittalaitteilla ei toistaiseksi pystytä mittaamaan kaikkia suureita
  - Lääkejäämiä, mikromuoveja ja pääravinteita
  - Sijaismuuttujien käyttö kokonaistypelle ja -fosforille
- Näytteenotolla vielä tehtävä
  - Mittauksen laadun varmistus
  - Vertailunäytteet
  - Poikkeavuuksien löytö
- Aikaisemmin automaattinäytteenottimia on käytetty aikakomennolla vuorokausikokoomanäytteen keruussa.
- Hulevedet poikkeavat ominaisuuksiltaan luonnonvesistä

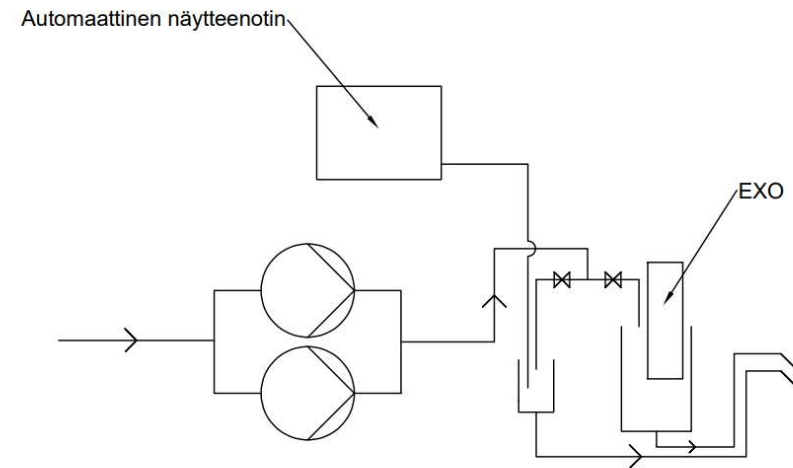
- Parantaa paikalliskalibrointi tarkkuutta
- Tehokas menettely

# Kohteen kuvaus





- Pumppu
  - Kaksoispumppu
- Säiliö
  - Omat säiliöt
  - Poistot alakautta
- Automaattinäytteenotin
  - Jako 12 pulloon
  - Näytteet säilyvät +8°C asteisessa jääkaapissa



- Tapahtumaohjelma
  - Tapahtumana käytetty pinnankorkeuden nousua
- Kokoomanäytteen keruu 10-15min
  - Koostuu 5 osa näytteestä
- Näytteenkeruu niin kauan kun tapahtuma on käynnissä (tai pullot täynnä)



## Huippuvirtaama 24.8.2022

1.47 m<sup>3</sup>/s

Virtaama



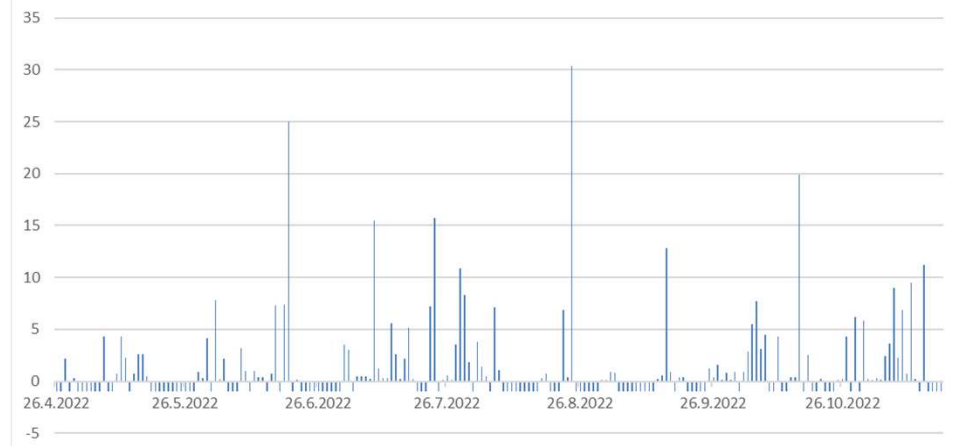
## Huippusadanta 24.8.2022

Vuorokausi sadanta: 30.4mm/vrk

Sateen intensiteetti: 44.3mm/h

Sateenkesto: 30min

Sademäärä (mm)





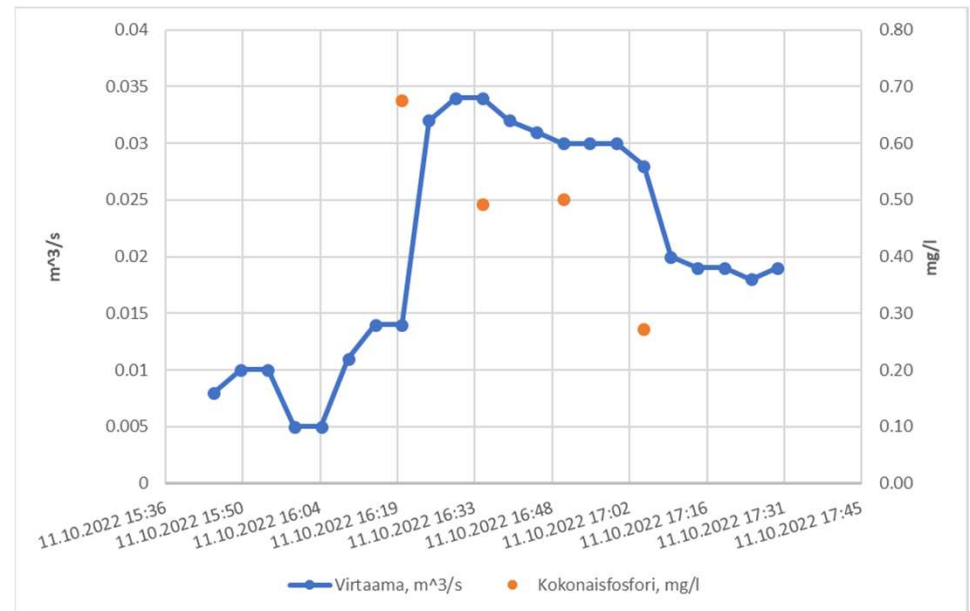
- Näytteenotto painotettu huippuvirtaamien mukaan
- 23 näytteenottohetkeä
- Pitoisuus- ja virtaama-alue suurempi kuin rinnalla suoritettussa käsinäytteenotossa

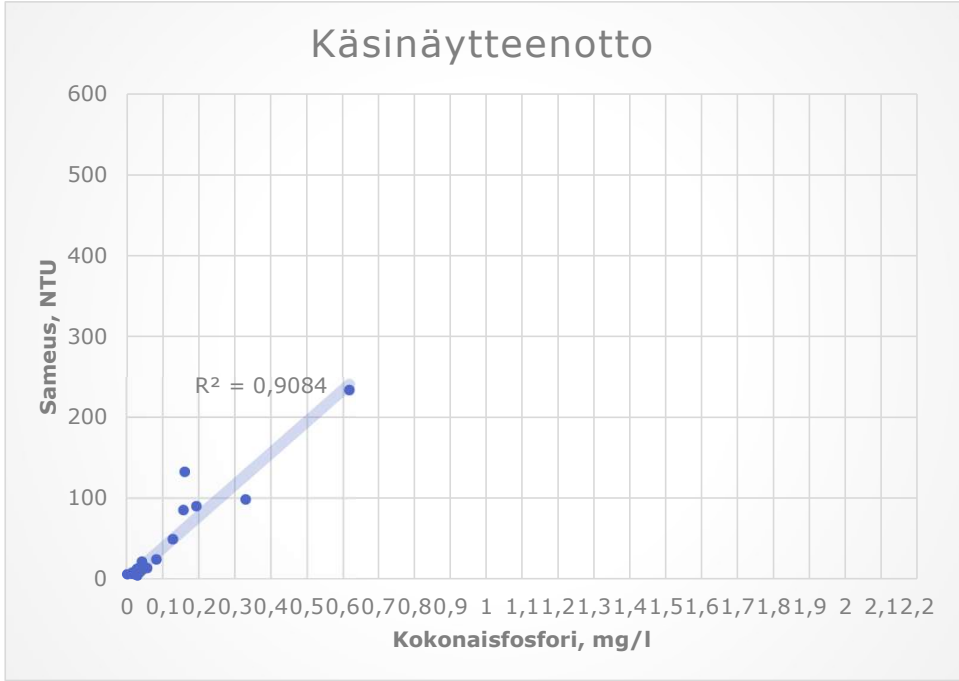
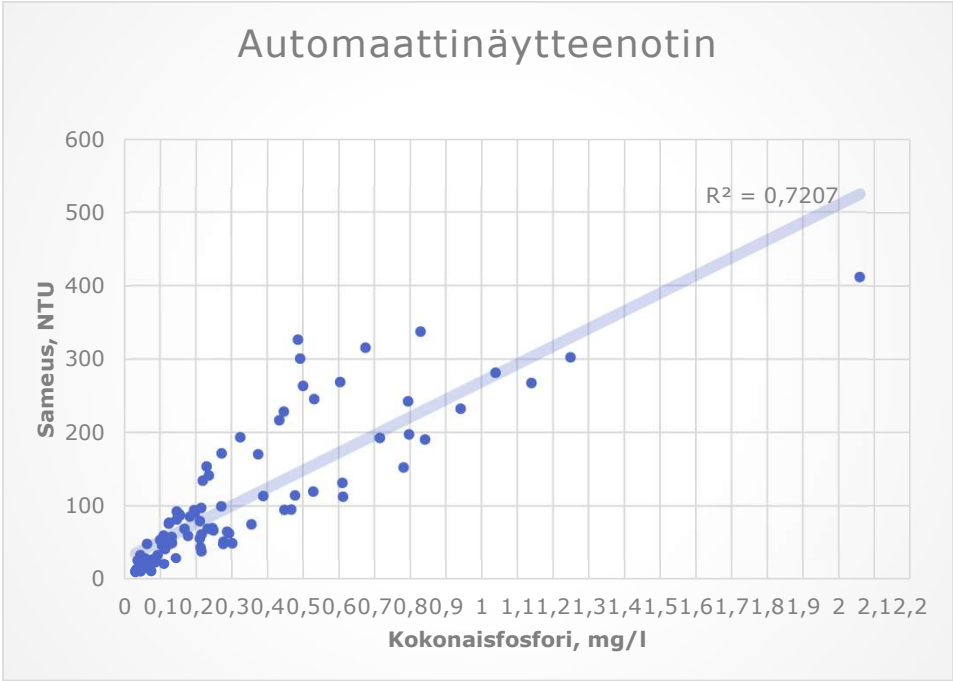
| Sadantatapahtumat 1.7.2022-11.11.2022 |          |                  |
|---------------------------------------|----------|------------------|
|                                       | VRK, kpl | Näytteeotto, kpl |
| Ei sadetta                            | 54       | 1                |
| Poutaa alle 0,3 mm.                   | 16       | 2                |
| Vähän sadetta 0,3–0,9 mm.             | 24       | 4                |
| Sadetta 1,0–4,4 mm.                   | 20       | 7                |
| Runsasta sadetta 4,5 mm tai enemmän.  | 20       | 10               |
| Sadetapahtumat, yhteensä              | 64       | 23               |

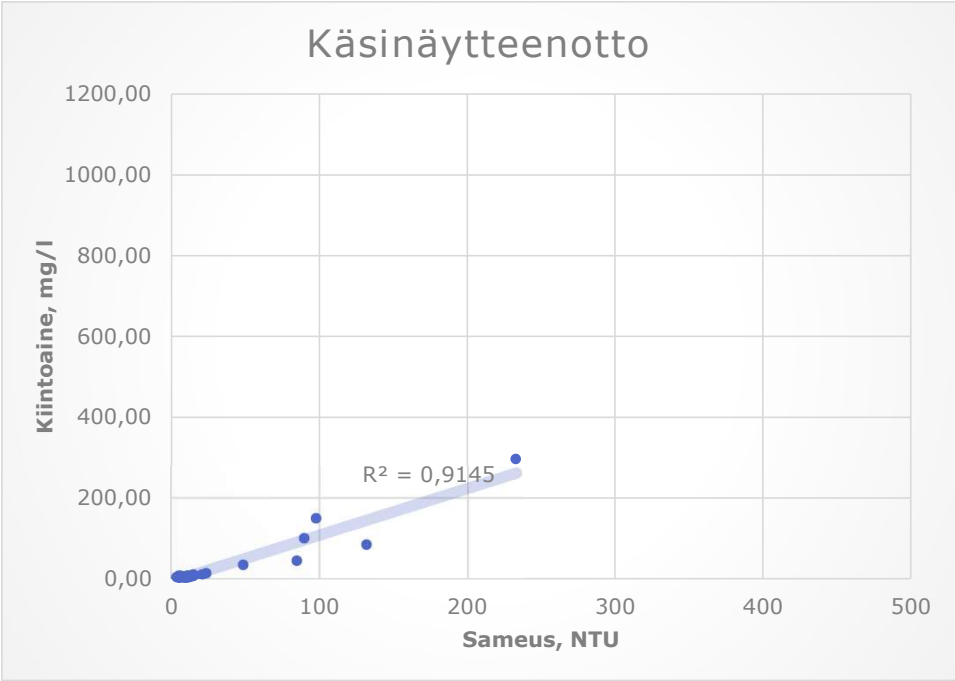
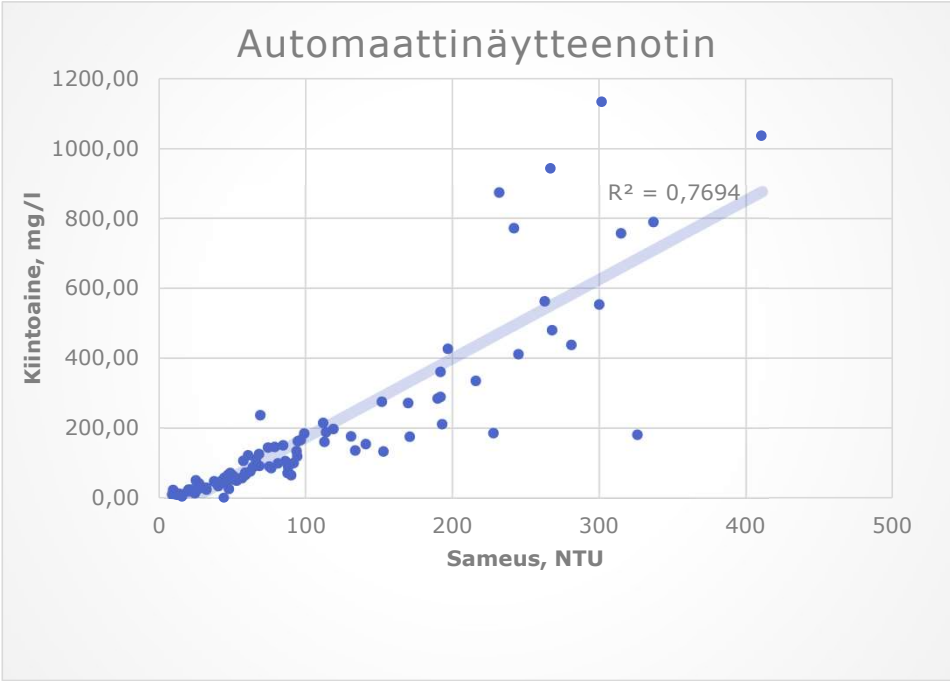
| Automaattinäytteenotin |           |
|------------------------|-----------|
| Kokonaisfosfori        | mg/l      |
| Min                    | 0.031     |
| Keskiarvo              | 0.3095094 |
| Max                    | 2.06      |

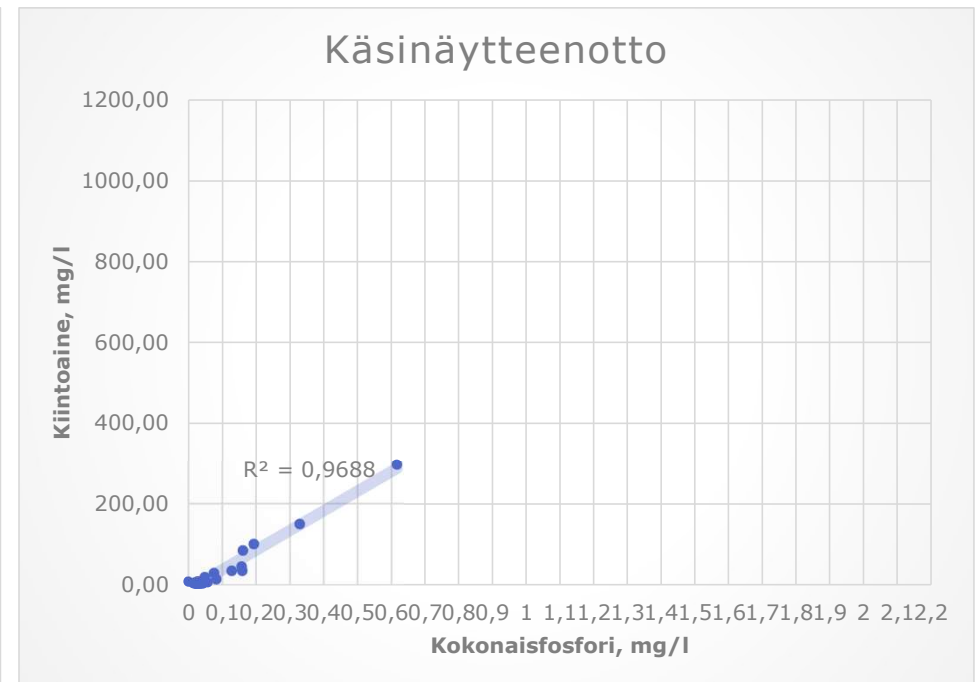
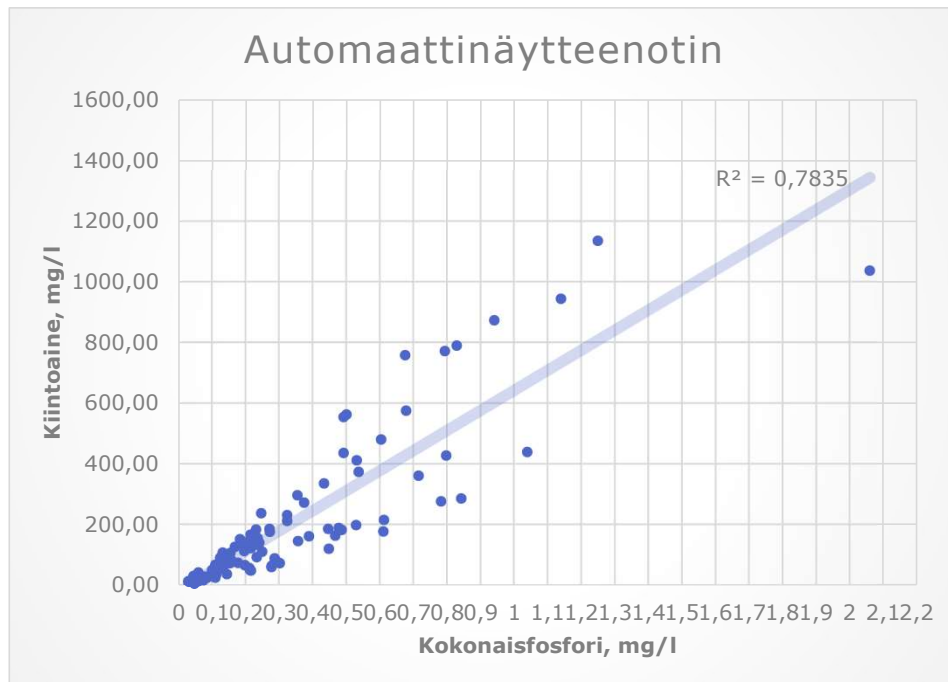
| Käsinäytteenotto |       |
|------------------|-------|
| Kokonaisfosfori  | mg/l  |
| Min              | 0.001 |
| Keskiarvo        | 0.07  |
| Max              | 0.617 |

- Tulokset painoituneet nousevan virtauksen hetkeen

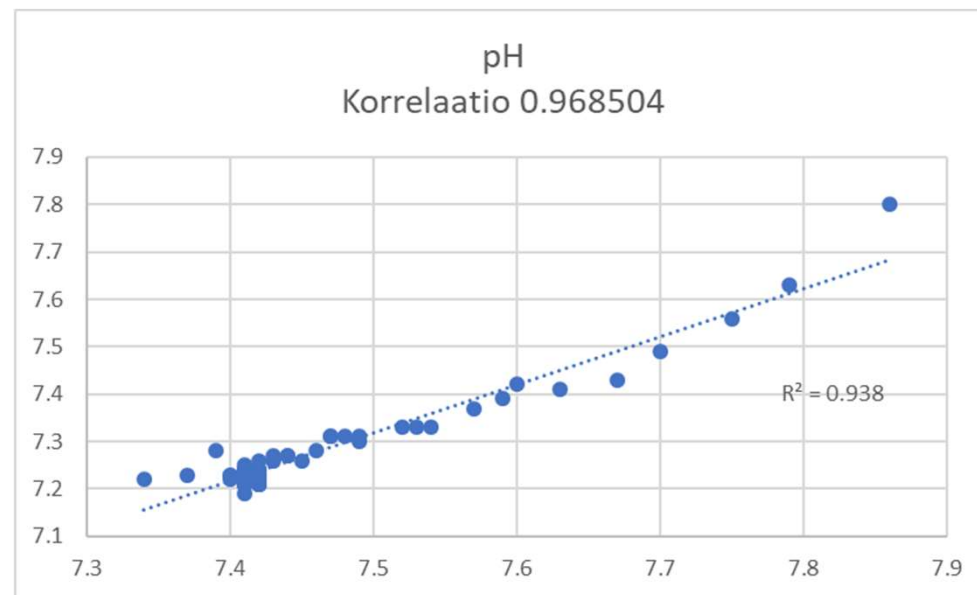
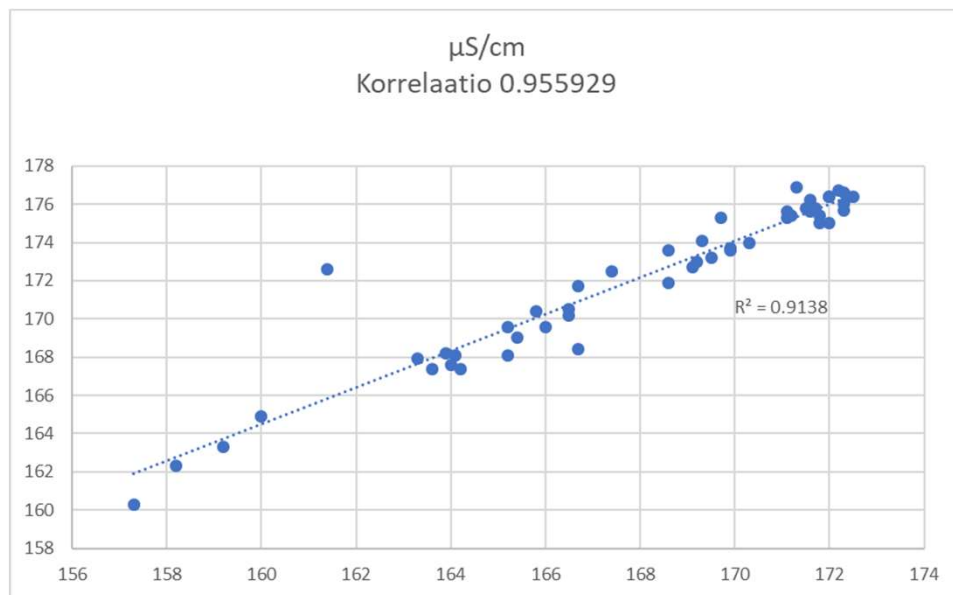




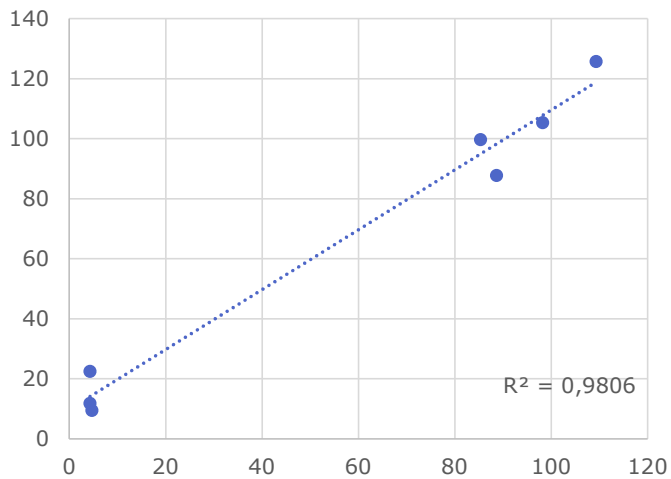




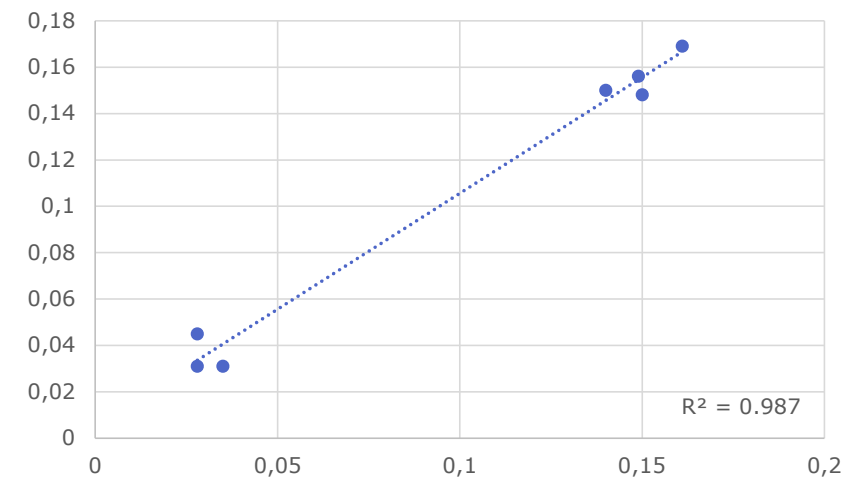
- Laitteiston toiminnan vaikutus vedenlaatuun
- Testausaika 1h
- Vertailunäytteet otettu uomasta 7,5min kohdalla-> ajallinen keskiarvo
- Mitataan kenttämittarilla samaan aikaan uomasta ja näytteenottimen keräämästä säiliöstä (Sähkönjohto ja pH)
  - 1min mittausväli
- Suoritettu 27.10 matalan virtaaman aikana, ja 11.11 kohonneen virtaaman aikana



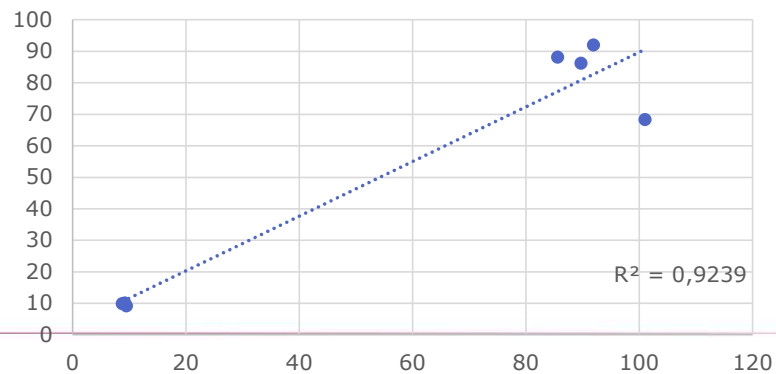
Kiintoaine, mg/l  
Korrelaatio 0.9903



Kokonais Fosfori, mg/l  
Korrelaatio 0.9937

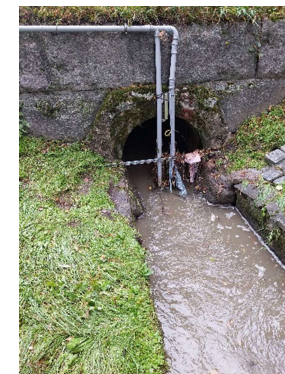
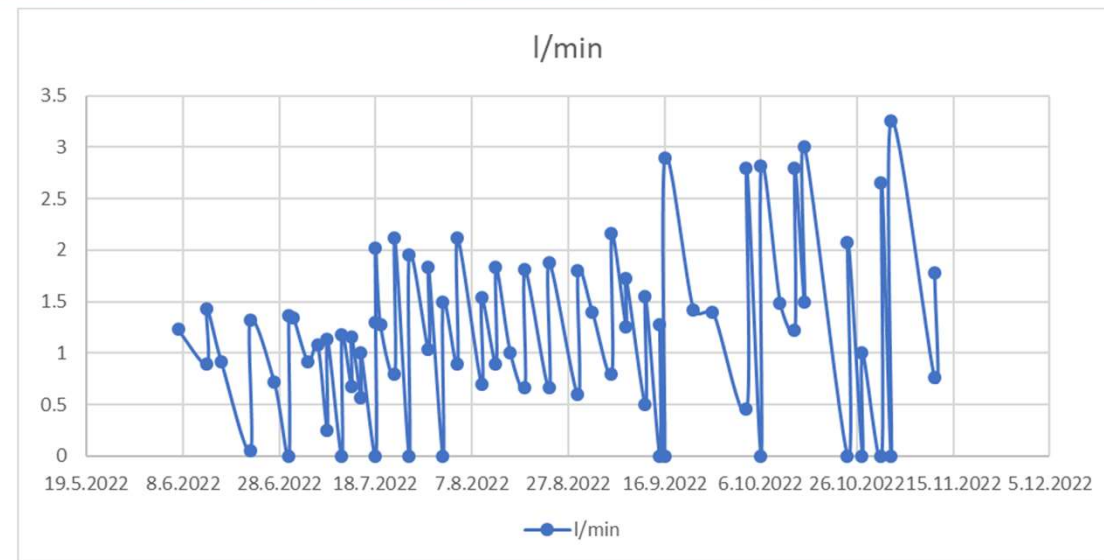


Sameus, NTU  
Korrelaatio 0.9612





- Letkupumppu
- Sijoittelu
- Ohjelman ajo



- Varmemmin kiinni olosuhde muutokseen
- Helpottaa näytteenoton suunnittelua



| Sadanta tapahtumat 26.4.2022-18.11.2022 | Maanantai | Tiistai | Keskiviikko | Torstai | Perjantai | Lauantai | Sunnuntai |
|---|-----------|---------|-------------|---------|-----------|----------|-----------|
| Ei sadetta                              | 16        | 13      | 14          | 13      | 17        | 10       | 16        |
| Poutaa alle 0,3 mm.                     | 2         | 4       | 5           | 1       | 6         | 1        | 0         |
| Vähän sadetta 0,3–0,9 mm.               | 6         | 6       | 4           | 6       | 3         | 5        | 3         |
| Sadetta 1,0–4,4 mm.                     | 1         | 7       | 3           | 6       | 1         | 6        | 7         |
| Runsasta sadetta 4,5 mm tai enemmän.    | 4         | 0       | 4           | 13      | 3         | 7        | 3         |
| Sadetapahtumat, yhteensä                | 11        | 13      | 11          | 25      | 7         | 18       | 13        |

- Vaatii jatkokehitystä
- Pitää tarkkaan harkita milloin kannattaa kohteen ulkopuolinen mittaus
- Automatisoitu näytteenotto yhdistettynä jatkuvatoimiseen mittaukseen vähentää tarpeettomia käyntejä



**SAVONIA**



Elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskus



Ympäristöministeriö  
Miltäministeriö



# SAVONIA

Hula-hankkeen loppuwebinaari  
Maljalahden hulevesikuormitus ja kuormituksen  
mallintaminen on-line dataa hyödyntäen

1.12.2022

Petri Juntunen

VEISIENSUOJELUN  
**TEHOSTAMIS-**  
OHJELMA

Nyt on veden vuoro

savonia.fi

KUOPIO WATER CLUSTER

**SAVONIA**  
ammattikorkeakoulu

  
UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

**BIO  
SO4**

- Voidaanko jatkuvatoimisella mittauksella "korvata" näytteenottoon perustuvaa mittausta
  - Sadetapahtumat ja muut vastaavat
  - Reaaliaikaisuus
  - Avoimen datan hyödyntäminen ja jakaminen

Lähde: SYKEra\_4\_  
2019

#### Jatkuvatoimisesti mitatun vedenlaatutiedon käyttöesimerkkejä

##### Seuranta

1. Jatkuvatoimisten vedenlaatumittausten sisällyttäminen laajasti osaksi uutta seurantaohjelmaa
2. Seurantojen näytteenoton optimointi
3. Ainevirtaamien laskennan tarkentaminen erityisesti jokikohteissa
4. Mittausten hyödyntäminen velvoitetarkkailuissa ja valvonnassa

##### Tutkimus

1. Ravinnekuormitusmallien kehittäminen ja validointi
2. Järvi- ja merimallien kehittäminen (ekosysteemi- ja hydrodynaamiset mallit)
3. Prosessitutkimukset ja -mallit
4. Data-assimilaation kehitys
5. Kaukokartoitustuotteiden validointi ja algoritmien kehittäminen

##### Reaaliaikaisen ympäristötiedon välittäminen

1. Kansalaistiedotus (mm. levätilanne, ravinnevirrat, veden lämpötila, sää)
2. Levätiedotuksen tuki
3. Tulvatiedotuksen tuki

- Hydraulisten mallien kalibrointi ja validointi
- Open data

- Isot datamassat
  - Käsittely
  - Varastointi
  - Esim. 1 min välillä -> 0.5 M riviä data/vuosi
  - Cas  $120 \times 32 =$
  - Käsimittaukset ->  $50 \times >4 \times 32$
  - Lisäksi mustinlampi, lampikartoitus jne.
  - Lisäksi UEF + THL + validoinnit
- Mittauksen luotettavuus
- Dataketjun luotettavuus
- -> sensori-> loggeri-> pilvipalvelu-> tietokanta
- Datan käsittely ennen analyysiä tai mallinnusta

# Suuruusluokkia tuotetusta datasta

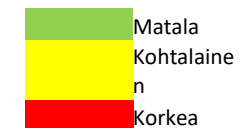
- Esim. 5 min välillä -> 100 000 riviä data/vuosi
- Cas  $120 \times 32 = 3840$
- Käsimittauksset ->  $50 \times 4 \times 32 = 6400$
- Lisäksi mustinlampi, lampikartoitus jne.
- Lisäksi UEF + THL + validoinnit

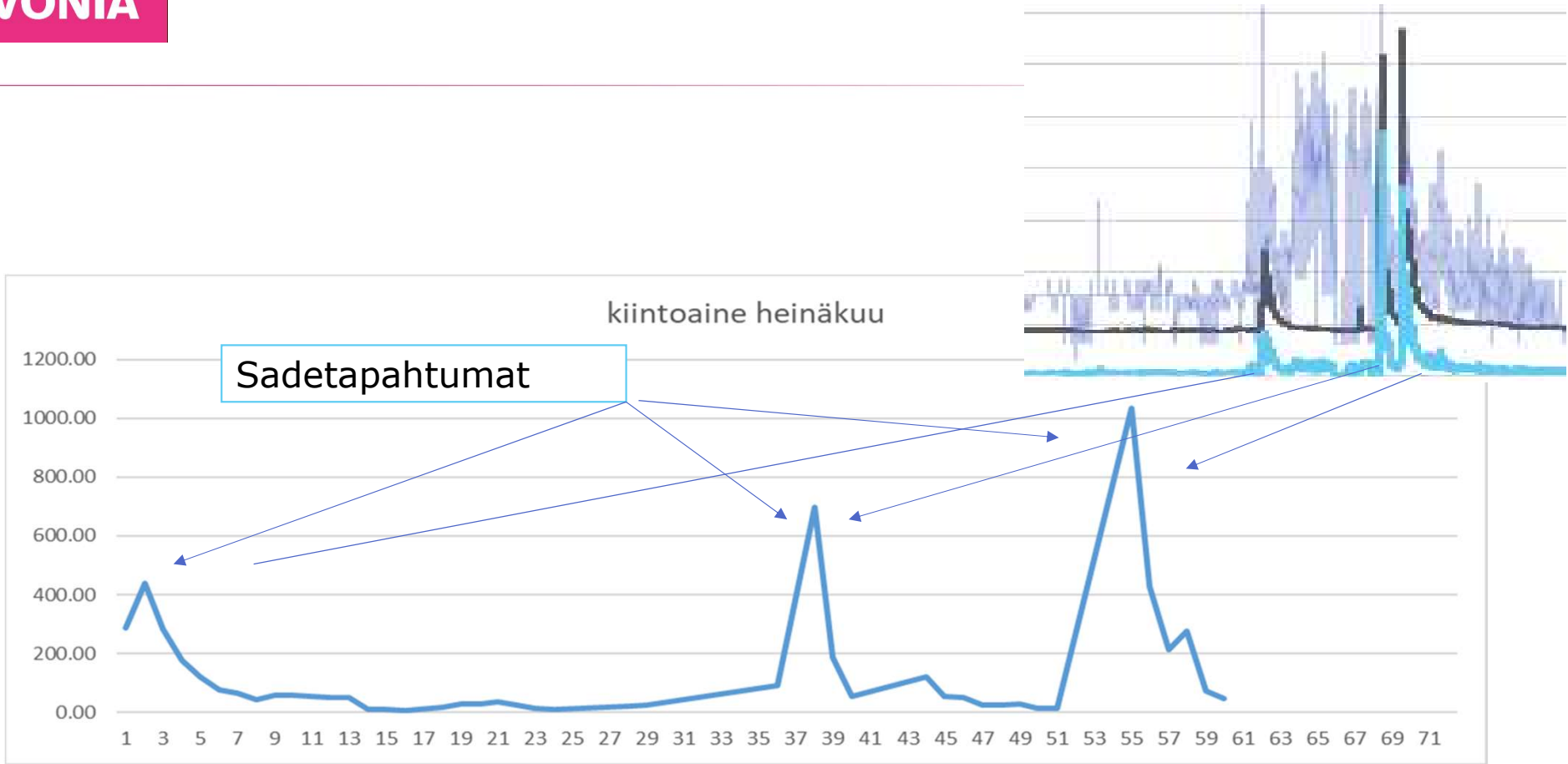


# Lähtökohtana perusstatistiikka

|                  |           | Labra-analyysi |                   |              | µg/l  | µg/l  | µg/l   | µg/l   | µg/l  |
|------------------|-----------|----------------|-------------------|--------------|-------|-------|--------|--------|-------|
|                  |           | Total-P (mg/l) | Kiintoaine (mg/l) | Tot-N (mg/l) | Cr    | Ni    | Cu     | Zn     | Pb    |
| Maljapuro        | min       | 0,00           | 1,87              | 0,58         | 1,31  | 0,79  | 2,23   | 6,79   | 1,9   |
|                  | max       | 0,62           | 295,98            | 1,58         | 9,70  | 9,85  | 39,80  | 106,20 | 7,6   |
|                  | keskiarvo | 0,07           | 20,82             | 1,02         | 4,33  | 3,39  | 8,03   | 22,16  | 3,2   |
| Männistö         | min       | 0,02           | 0,75              | 0,67         | 0,00  | 1,25  | 4,29   | 18,18  | 2,0   |
|                  | max       | 0,35           | 106,04            | 3,33         | 4,99  | 6,09  | 11,70  | 120,70 | 4,0   |
|                  | keskiarvo | 0,10           | 21,30             | 2,09         | 2,66  | 3,13  | 7,51   | 53,88  | 3,0   |
| Keskusta         | min       | 0,04           | 1,49              | 0,47         | 1,89  | 2,86  | 9,13   | 27,06  | 2,66  |
|                  | max       | 0,53           | 251,45            | 5,29         | 22,10 | 8,33  | 119,90 | 993,10 | 9,98  |
|                  | keskiarvo | 0,16           | 36,40             | 1,72         | 5,62  | 4,87  | 41,97  | 175,70 | 4,03  |
| Lumenkaatopaikka | Min       | 0,00           | 1,00              | 0,27         | 1,23  | 1,23  | 1,87   | 9,56   | 1,88  |
|                  | Max       | 0,82           | 299,79            | 2,49         | 66,70 | 23,90 | 51,80  | 139,50 | 10,99 |
|                  | keskiarvo | 0,08           | 32,92             | 0,86         | 5,11  | 3,72  | 8,09   | 25,80  | 3,54  |

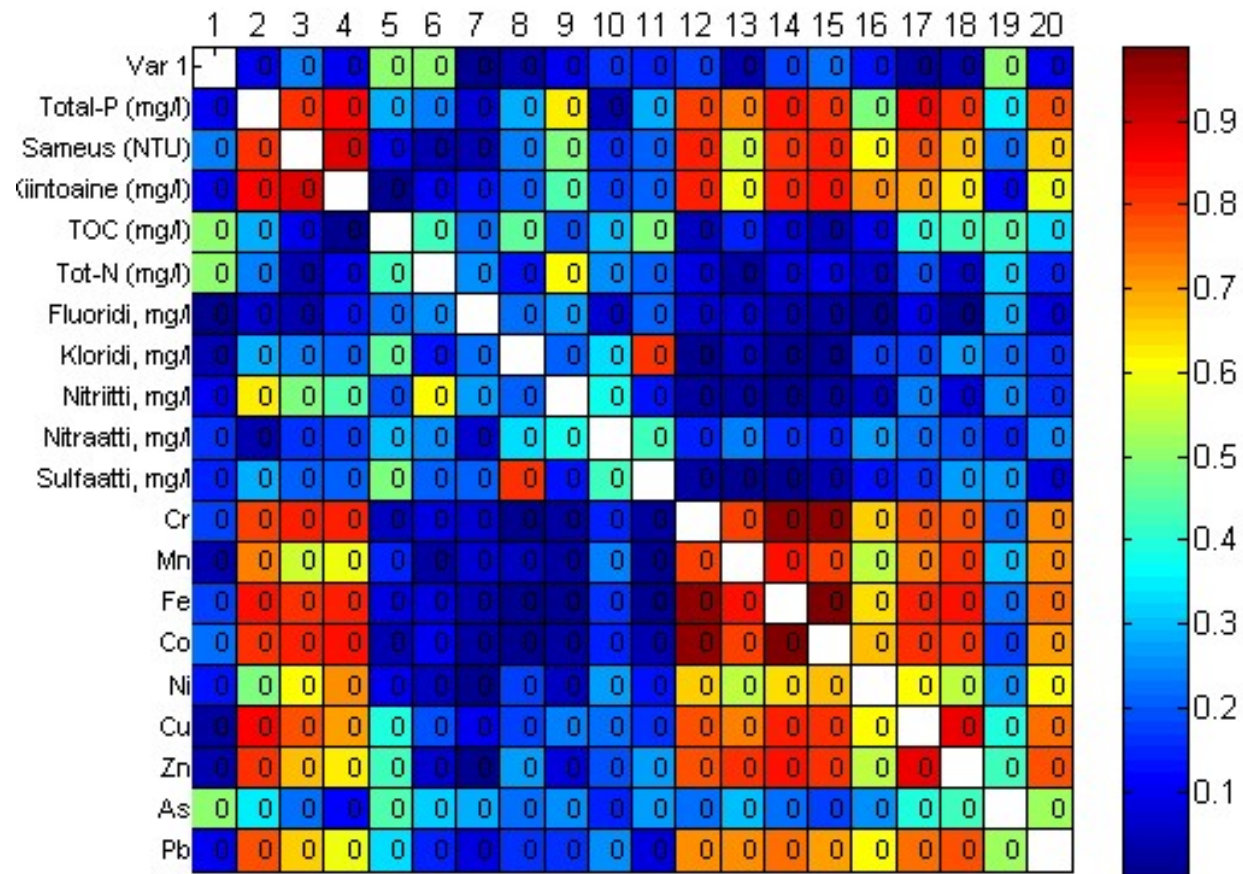
| Muuttuja        | Yksikkö | Matala | Kohtalainen | Korkea |
|-----------------|---------|--------|-------------|--------|
| Kiintoaine      | mg/l    | <50    | 50-175      | >175   |
| Kokonaistyppi   | mg/l    | <1,25  | 1,25-5,0    | >5,0   |
| Kokonaisfosfori | µg/l    | <100   | 100-200     | >200   |
| Kromi           | µg/l    | <15    | 15-75       | >75    |
| Kupari          | µg/l    | <9     | 9-45        | >45    |
| Nikkeli         | µg/l    | <45    | 45-225      | >225   |
| Lyijy           | µg/l    | <3     | 3-15        | >15    |
| Sinkki          | µg/l    | <60    | 60-300      | >300   |
| Kadmium         | µg/l    | <0,3   | 0,3-1,5     | >1,5   |
| Elohopea        | µg/l    | <0,04  | 0,04-0,2    | >0,2   |
| Öljy            | mg/l    | <0,5   | 0,5-1,0     | >1,0   |
| PAH             | µg/l    | <1     | 1-2         | >2     |



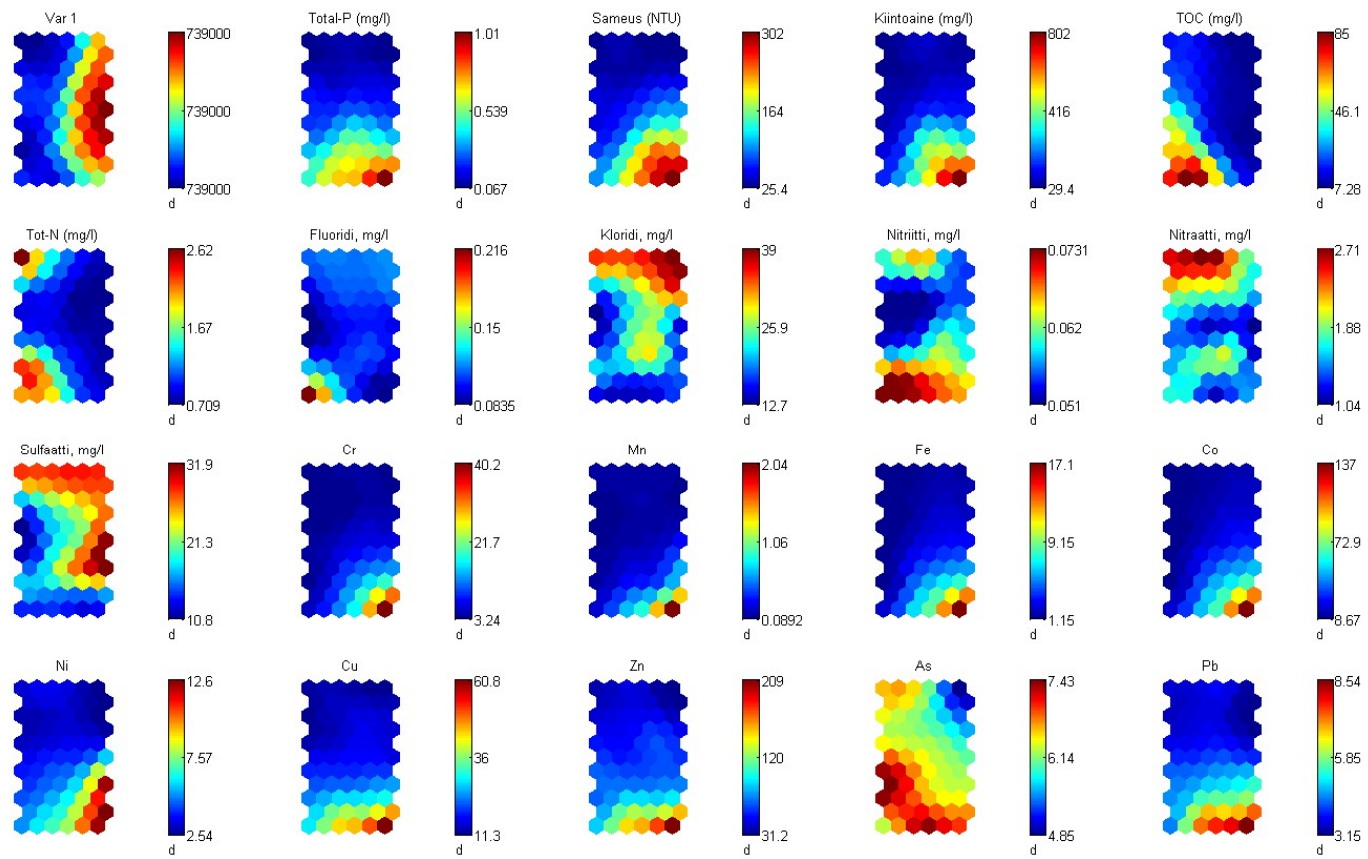


- Korrelaatioanalyysi
- Sijaismuuttujatarkastelu
- Datan syvempi tarkastelu monimuuttuja-analyysin avulla

# korrelaatioanalyysi



# SAVONIA

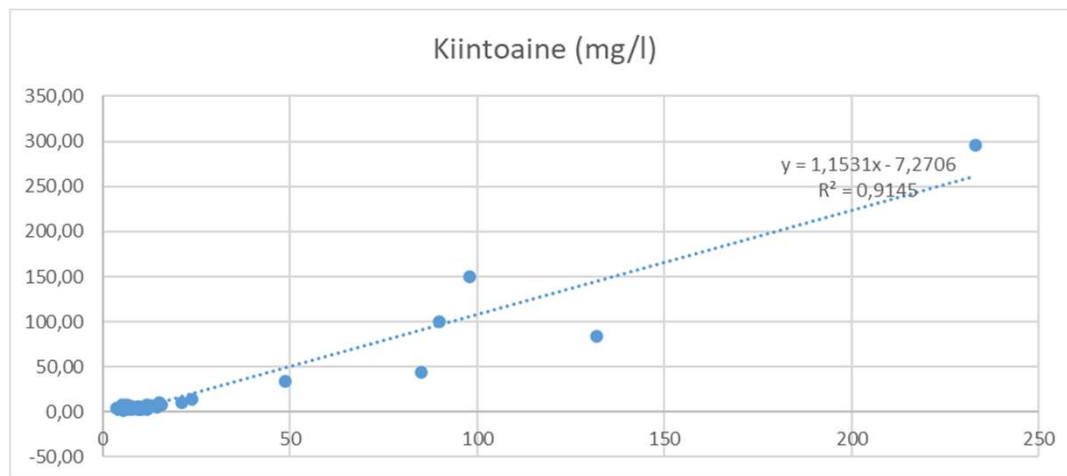


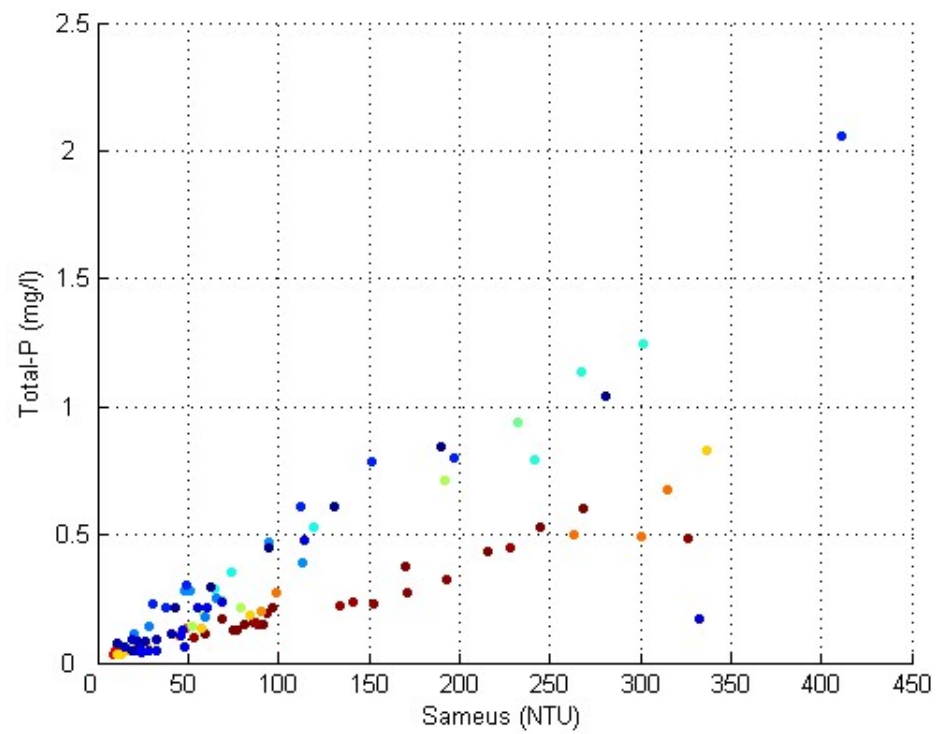
SOM 30-Nov-2022

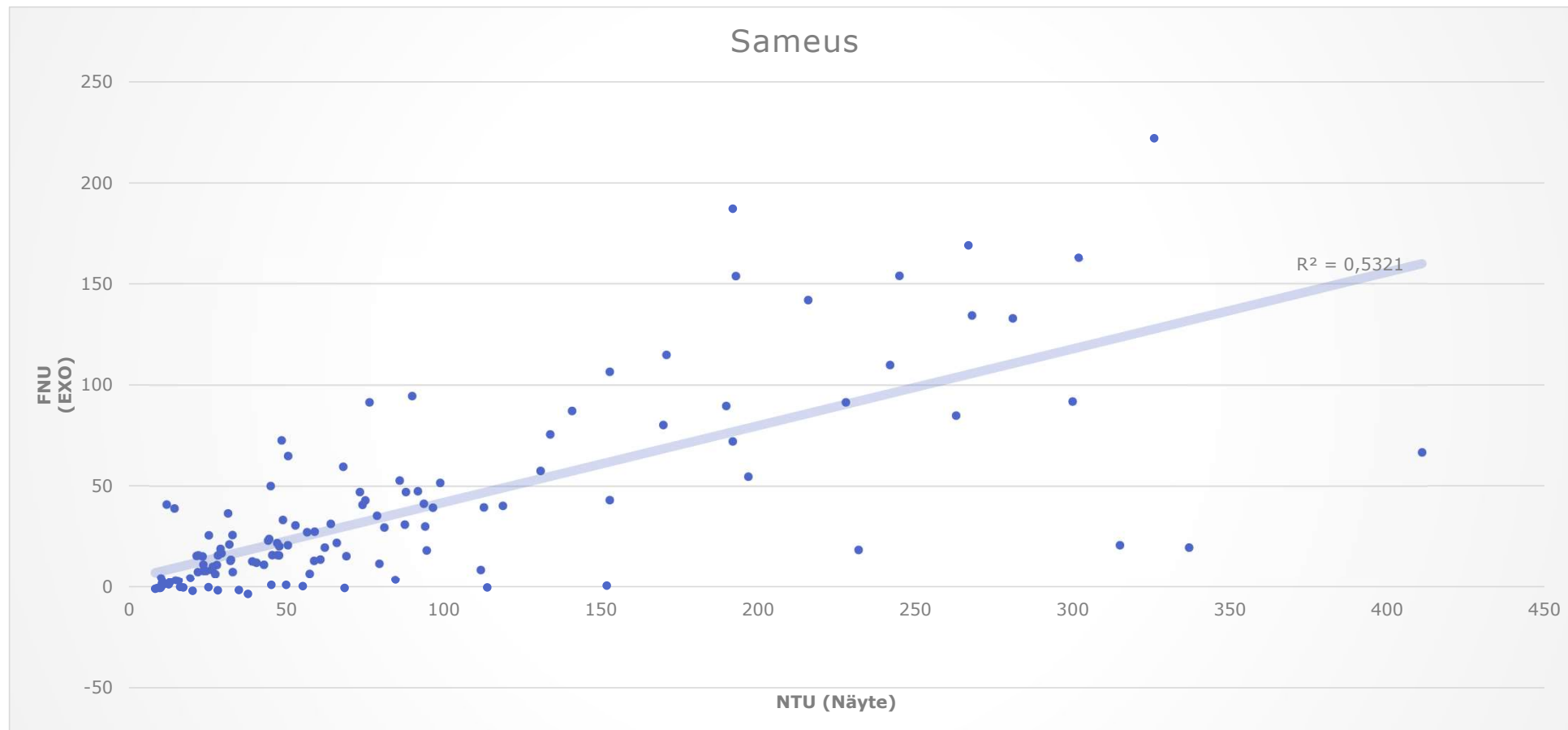


# Tavoite sijaismuuttajat

- Yleensä käytetään lineaarista regressiota  $y=ax+b$  (SYKE)
- Esim. sameus vs. kiintoaine



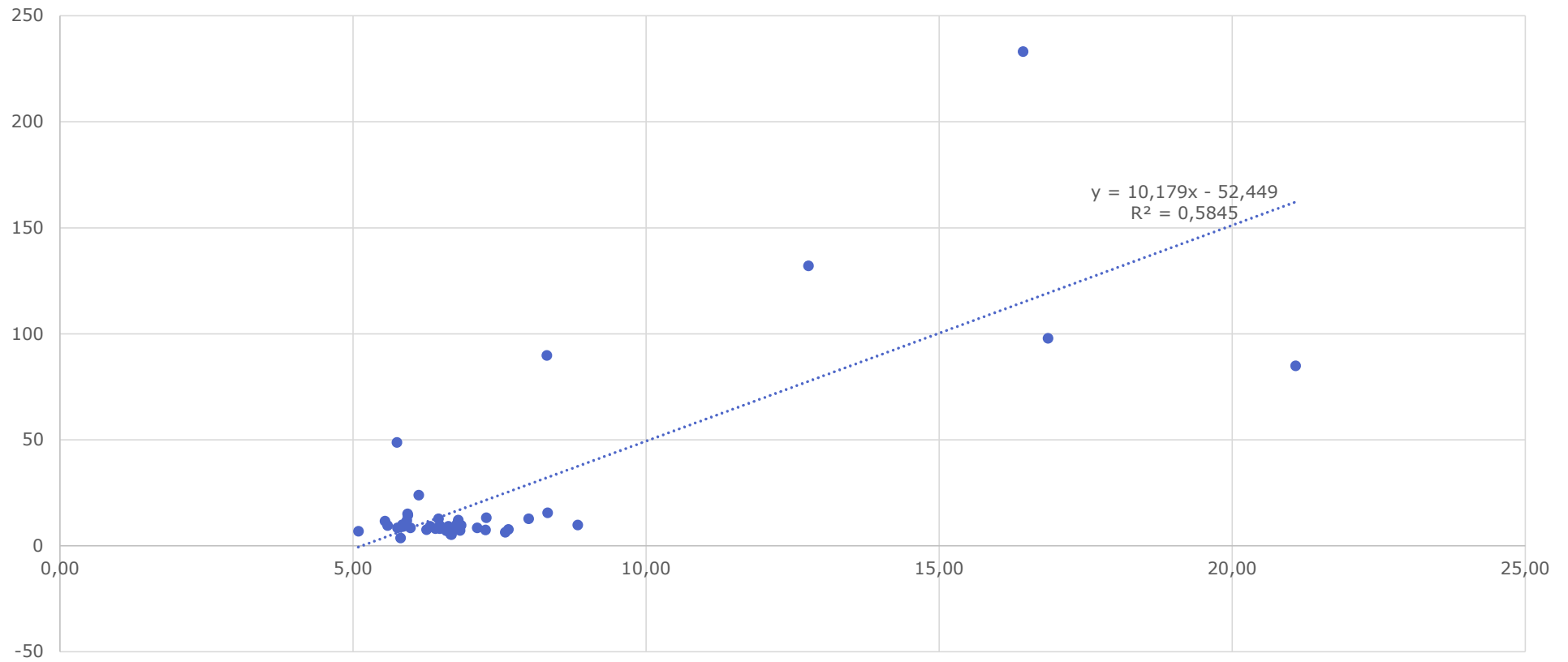




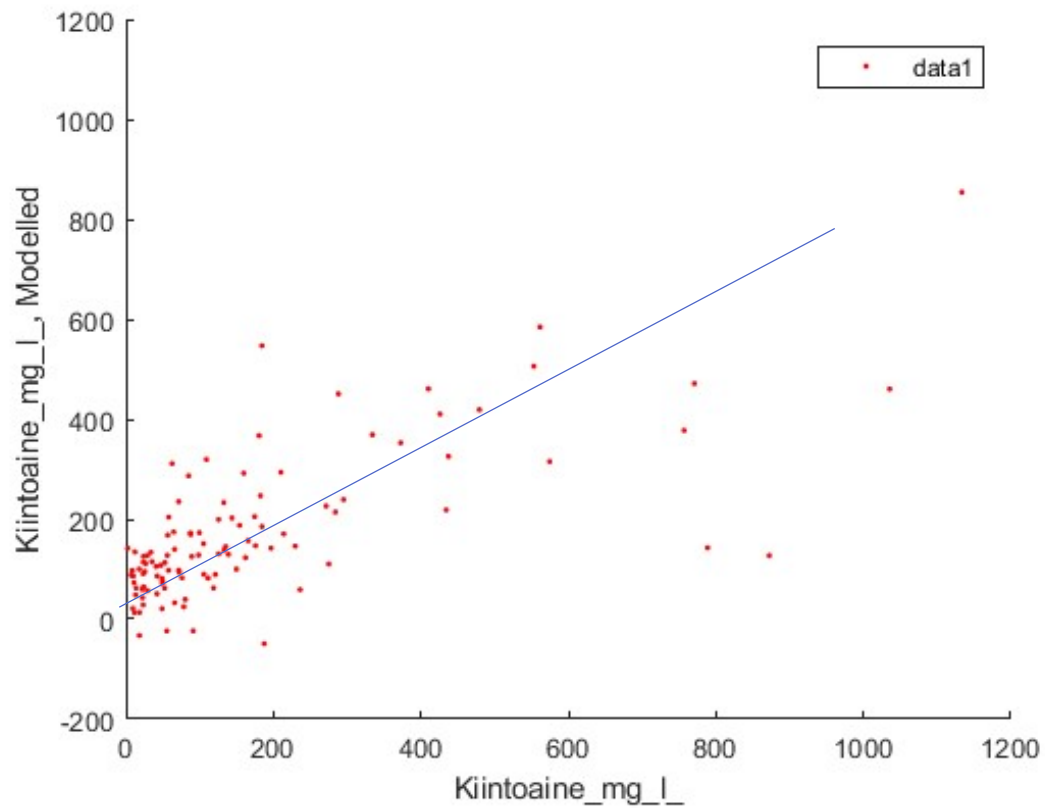


- Mittauspaikka?
- Muut mittausolosuhteet?
- Datan jälkikäsittely?

TOC

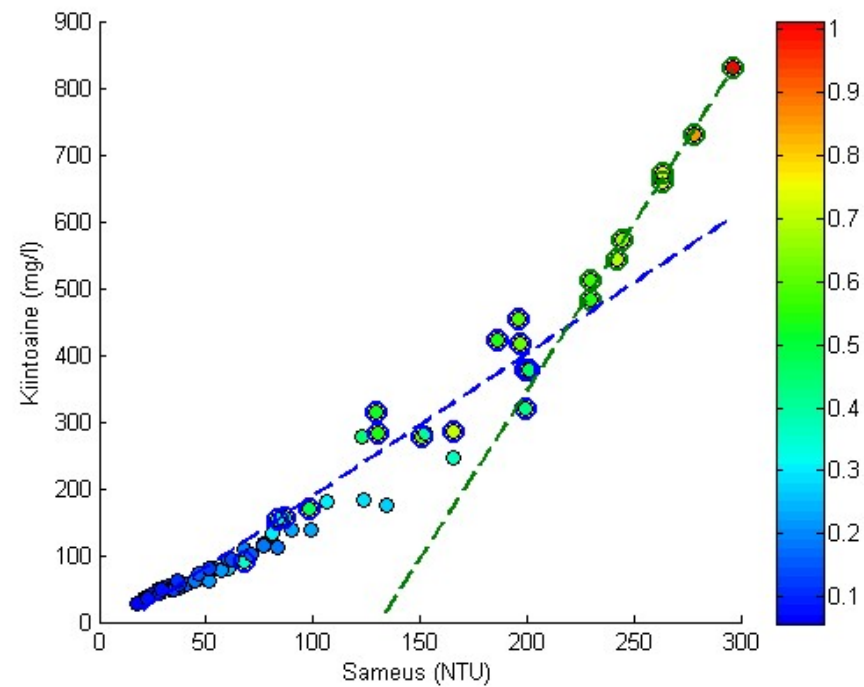


# Lisää muuttujia peliin?

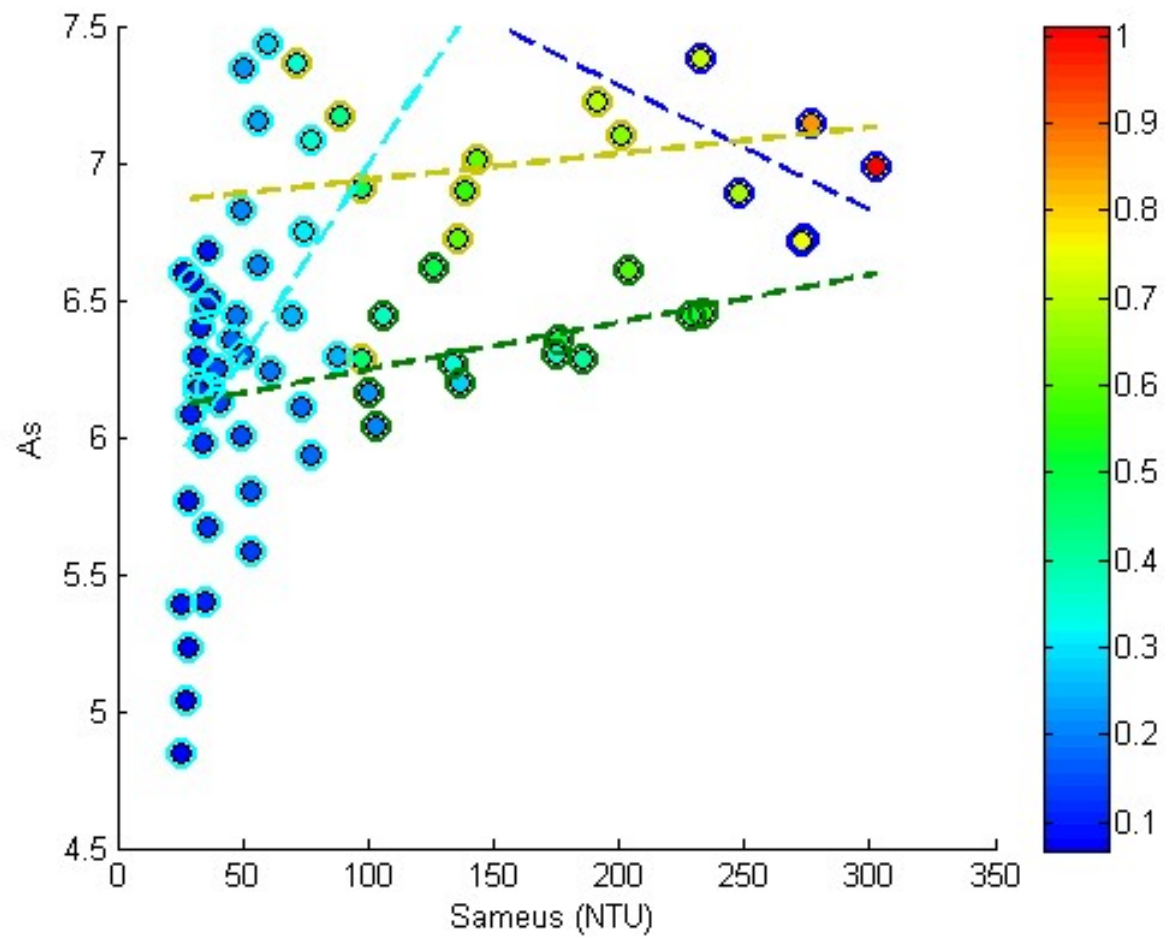


Kolmella parhaalla exo muuttujalla tehty regressioyhtälö  $r = 0.7$

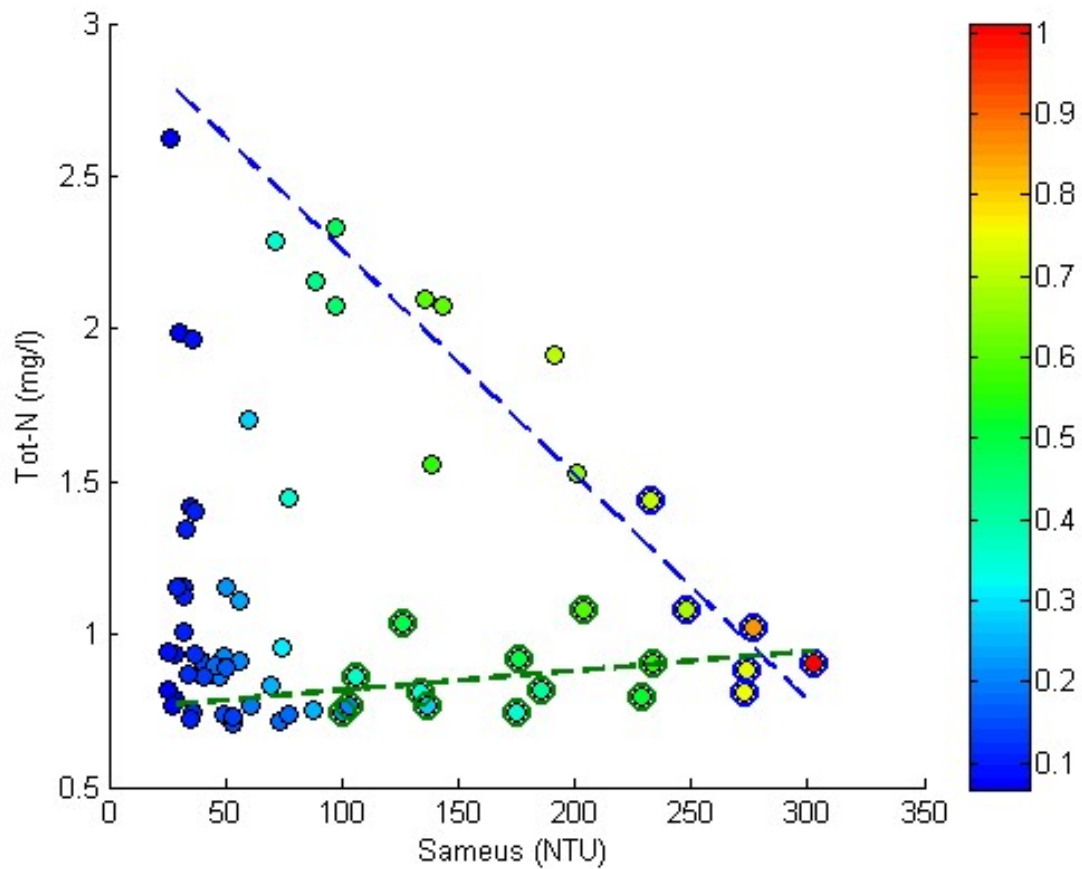
# Onko riippuvuus lineaarinen?

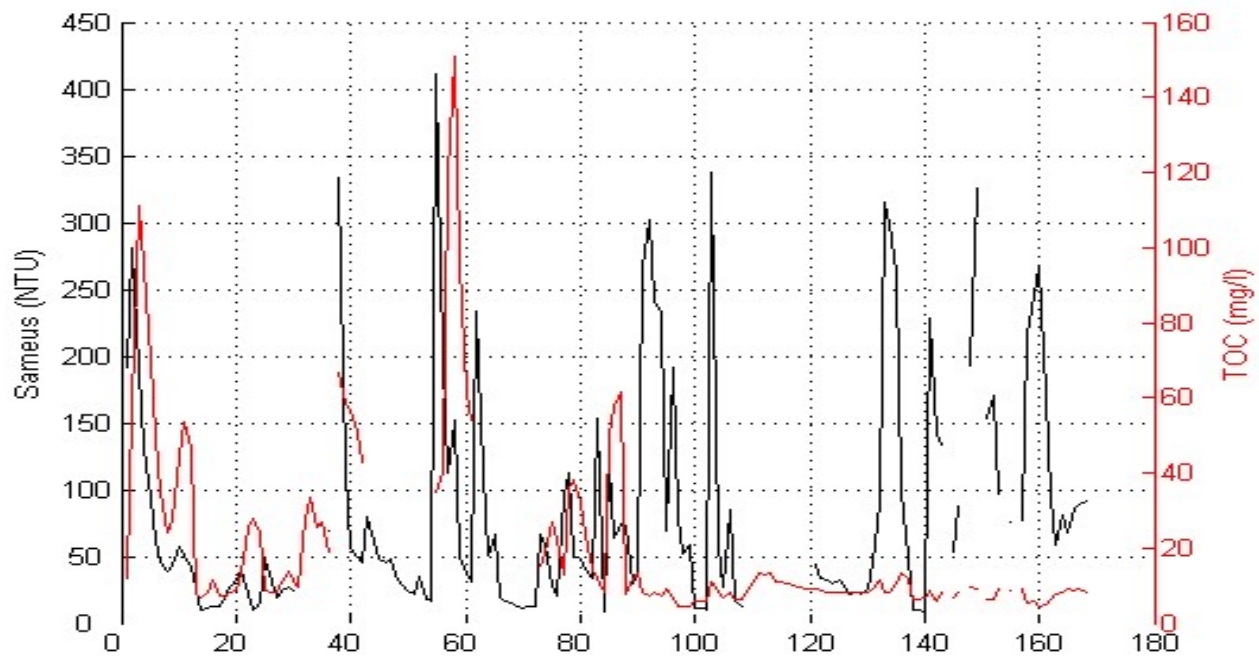


# SAVONIA



# Erilainen riippuvuus eri tilanteissa





- Voimakas korrelaatio kiintoaineen ja fosforin kanssa ( $r > 0.9$ ), ongelmana exo (0.7)
- Voidaan parantaa mittausta parantamalla, paremmilla malleilla (lisää muuttujia, submallit)
- Anionit, kok typpi ja TOC ovat hankalampia ja vaativat monimutkaisempaa mallinnusta
- Vai löydetäänkö joku muu yhteinen tekijä



**SAVONIA**

**Kiitos!**





Metallianalyysit kenttämittauksella

Hulevesien laadun hallinnan ja monitoroinnin kehittäminen – HuLa hanke



# 3AWater lyhyesti



- ✓ 3AWater sijaitsee Kuopiossa (Microkatu 1M)
- ✓ Yritys on perustettu nanoteknologian ja spektroskopian ammattilaisten toimesta tammikuussa 2019
- ✓ Kolmen vuoden intensiivisen tutkimus- ja kehitystyön sekä pilotointien jälkeen 3AWater on tuonut markkinoille ensimmäisen kaupallisen version patentoidusta Multimetal Water Analysis System (MWAS) -järjestelmästä vuoden 2021 lopulla.



- ✓ 3A tulee sanoista **Advanced – Accessible - Analysis**

3AWater tarjoaa **uuden** teknologian ympäristövesianalyysin siirtämiseen **laboratorioista kentälle**, mahdollistamalla raskasmetallipitoisuuksien seurannan paikan päällä ja reaaliajassa

Ajatuksena ei ole korvata virallisia, akkreditoituja laboratorioanalyysijä, vaan esimerkiksi tarjota **lisätyökalu** yritysten **omavalvonnan parantamiseen ja kehittämiseen**

Nopea kenttäanalyysi tuo täysin **uusia mahdollisuuksia** käsitellä mittauksen ja näytteenoton **epävarmuuksia**, mahdollistamalla **joustavat näytteenottostrategiat** ja nopean päätöksenteon näytteenottopaikassa

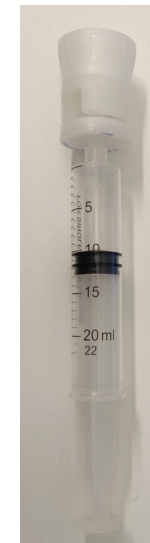
- ✓ 3AWater analyysi perustuu **patentoituun, korkean teknologian nanomateriaalipohjaiseen suodattimeen**
- ✓ Suodattimen nano-kanavat **keräävät** liuenneet metalli-ionit, kun vesinäyte pumpataan suodattimen läpi \*)
- ✓ Tämä mahdollistaa metallien mittaamisen suodattimesta **3AWater-yhteensopivalla röntgen fluoresenssi spektrometrilla (XRF)**
- ✓ **3AWater kalibroinnilla**, tulokset näkyvät ppm (mg/l) arvoina XRF:n näytöllä

\*) Pumppaus tapahtuu 3AWater Varustelaukkuun (Accessory Kit) kuuluvalla ruiskupumpulla



- ✓ Nanosuodattimen lisäksi 3AWater on kehittänyt koko järjestelmän, joka tekee analysoinnista nopeaa ja helppokäyttöistä ja joka soveltuu käytettäväksi kenttäolosuhteissa
- ✓ 3AWater Multimetal Water Analysis System (MWAS) käsittää:

- 3AWater Kulutustarvike-setit (Consumables-sets)
- 3AWater Varustelaukun (Accessory Kit)
- 3AWater yhteensopivan, kannettavan XRF laitteen (ei 3AWater tuote)



3AWater Kulutustarvike-setti sisältää:

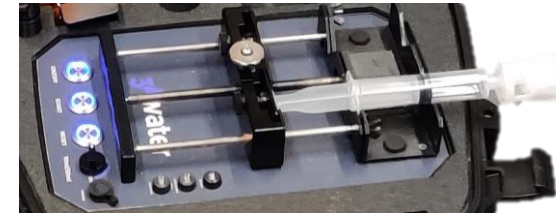
- ✓ **3AWater-nanosuodattimen**
    - Kerää liuenneet metalli-ionit, kun vesinäyte pumpataan suodattimen läpi
  - ✓ **0.45 µm esisuodatin**
    - Kiintoaineiden suodattamiseksi
    - Sama suodatin käytössä myös laboratorioissa liuenneiden metallien analysoinnissa
  - ✓ **Ruisku (20ml)**
    - Sopii varustelaukun ruiskupumppuun
    - Analysoitava vesinäyte otetaan ruiskuun
- 3AWater toimittaa koko ym. kokonaisuuden
- **1 setti mittausta kohti**
- Näin eliminoidaan myös kontaminaatiot
  - Kuuden metallin analyysi mittausta kohti





3AWater Varustelaukku sisältää:

- ✓ Kestävän ja kevyen **repun**
  - Kaikki tarvittava voidaan kantaa helposti mukana kentälle
- ✓ Akkukäyttöisen **ruiskupumpun**
  - Liikuttaa ruiskun mäntää siten että tarkalleen oikea vesimäärä menee suodattimen läpi määritellyssä ajassa (toistettavuus)
- ✓ Säteilysuoja / Suodattimen pidin
  - Pitää 3AWater suodattimen aina oikeassa asennossa XRF:ään nähden, ja toimii säteilysuojana
- ✓ XRF laitteen **Kalibroinnin**
  - MWAS yhteensopivaksi





## 3AWater yhteensopiva, kannettava XRF (ei 3AWater tuote)

- ✓ XRF on kaupallinen tuote
  - Myydään XRF maahantuojan/jälleenmyyjän toimesta
- ✓ Käytettävän XRF:n on oltava **3AWater yhteensopiva**
  - Kalibroinnin tekee 3AWater (kerta-kalibrointi)
- ✓ Myös asiakkaan **olemassa olevaa** XRF:ä voidaan käyttää
  - Se pitää kuitenkin kalibroida 3AWater yhteensopivaksi
- ✓ XRF:ää voidaan käyttää myös **muihin tarkoituksiin** 3AWaterin liuenneiden metallien analyysin lisäksi
  - Kalibrointi valitaan tyypillisesti alusvetovalikosta
- ✓ XRF:t sisältävät tyypillisesti mahdollisuuden erilaisiin tiedonsiirtoihin, myös pilvipalveluiden käyttöön



# Liuenneiden metallien analysointi



## ✓ NOPEA – SAADAAN REAALIAIKAISTA TIETOA

Määrittää useiden liuenneiden metallien pitoisuudet 7 minuutissa, välittömästi näytteenoton jälkeen. Ei muutoksia näytteessä näytteestä laboratorioon kuluvan ajan vuoksi.

## ✓ HELPPOKÄYTTÖINEN

Erittäin helppokäyttöinen järjestelmä, joka ei vaadi erityisosaamista. Käytön oppii nopeasti.

## ✓ KANNETTAVA – VOIDAAN KÄYTTÄÄ KENTTÄOLOSSA

Kaikki tarvittava voidaan kuljettaa kevyessä, kestävässä repussa.

## ✓ KILPAILUKYKYINEN HINTA

Ei aikaa ja vaivaa näytteiden lähettämiseen laboratorioon.  
Ei aikaa ja vaivaa näytteiden valmisteluun, käyttökoulutukseen tai laitteiden kalibrointiin.



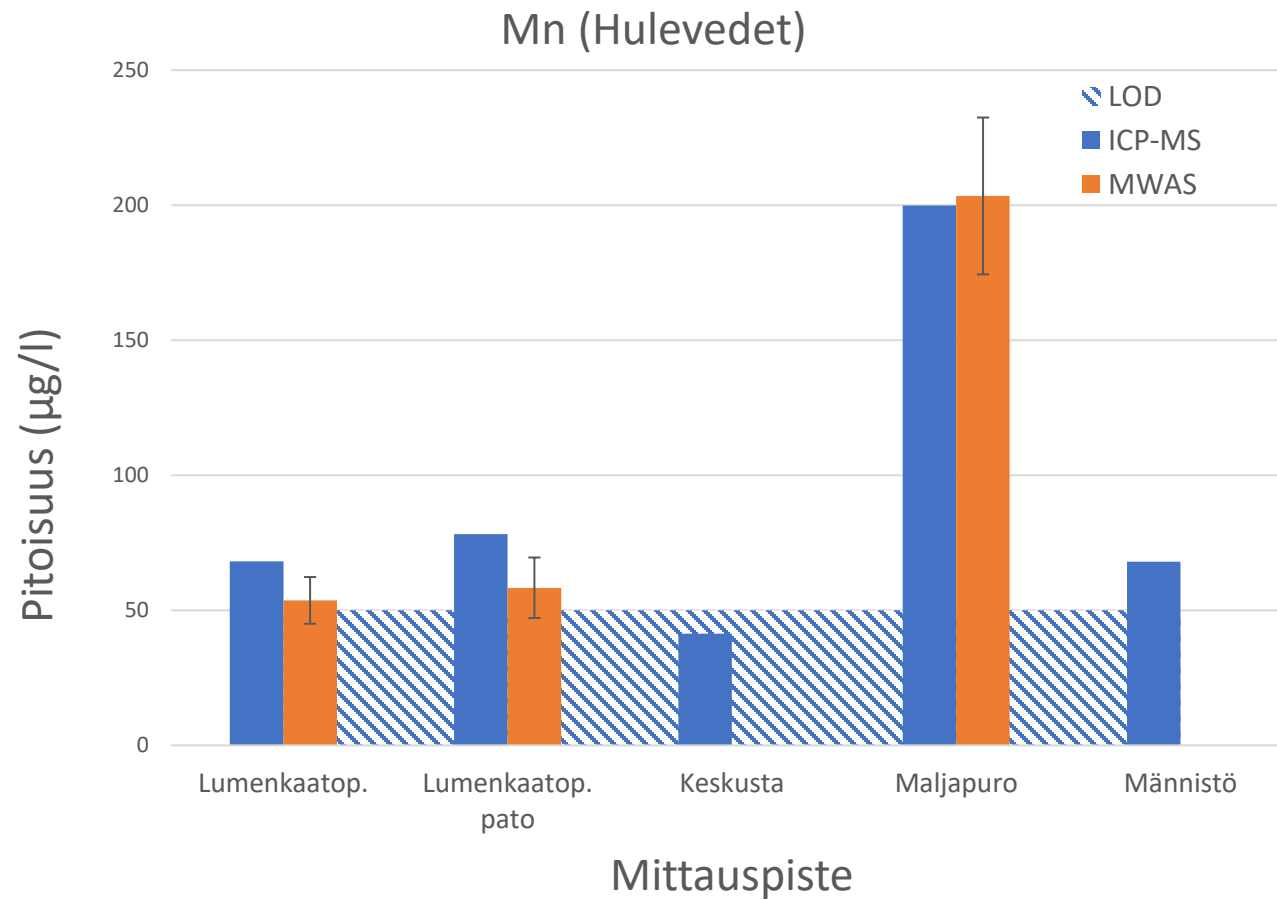
| TIME     | METHOD    | DATE       |                   |
|----------|-----------|------------|-------------------|
| 09:17:15 | 3AW 10 ml | 19/05/2020 |                   |
| ELEMENT  | PPM       | +/-        | LIMIT             |
| Mn       | 0.128     | 0.015      | 0.000 - 5000.000  |
| Ni       | 0.158     | 0.007      | 0.000 - 5000.000  |
| Cu       | 0.035     | 0.005      | 0.000 - 1000.000  |
| Zn       | 2.903     | 0.018      | 0.000 - 30000.000 |
| Pb       | 0.000     | 0.000      | 0.000 - 5000.000  |
| U        | 0.000     | 0.000      |                   |

- ✓ Analysoidut metallit: Cu, Ni, Zn, Mn, Pb, U
- ✓ Dynaaminen alue: 25-80 ppb ( $\mu\text{g/l}$ ) ... 10 ppm ( $\text{mg/l}$ ) liuenneille metalleille  
(Vakio 3AWater kalibrointi tyypillisille luonnon vesille)
- ✓ Aika näytettä kohti: ~7min (kaikki kuusi metallia samalla kertaa)
- ✓ Kalibrointeja voidaan räätälöidä luonnonvesistä poikkeaviin vesiin.

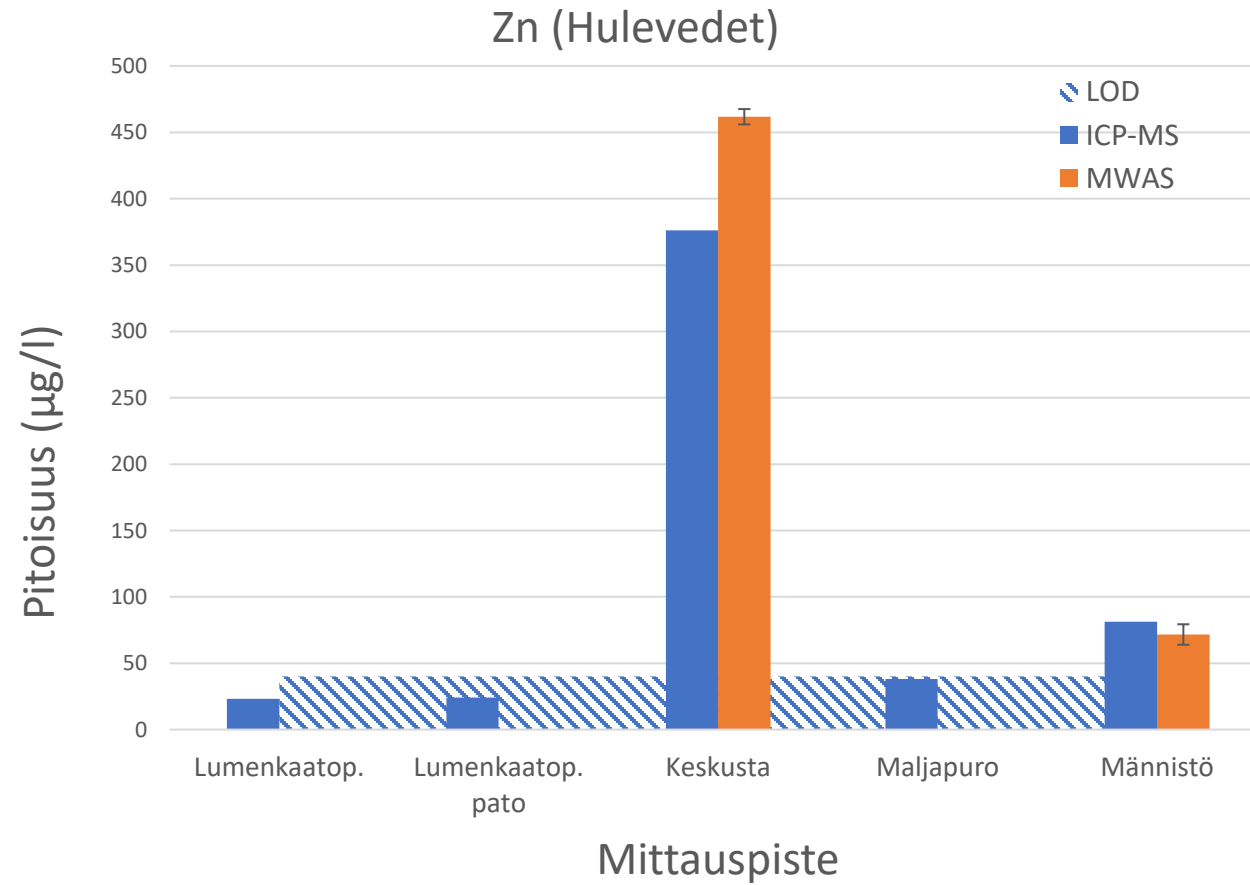
Mitattiin viidestä hulevesinäytteenotto paikasta (alla taulukossa) pH ja sähkönjohtavuus (EC) sekä metallipitoisuudet MWAS menetelmällä (n = 3) kentällä. Otettiin verrokinäytteet laboratorioanalyysjä varten ja nämä analysoitiin UEF laboratoriossa 3AWaterin toimesta.

| Nro | Mittauspiste      | Tarkennus                          | pH  | EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) |
|-----|-------------------|------------------------------------|-----|--------------------------------|
| 1   | Lumenkaatop.      | Putken pää laskee siikalahteen     | 7.2 | 180                            |
| 2   | Lumenkaatop. pato | Puro ennen biohiilipatoa           | 6.8 | 140                            |
| 3   | Keskusta          | Putken pää keskustasta maljapuroon | 7.0 | 120                            |
| 4   | Maljapuro         | Siltarummun jälkeen maljapurosta   | 7.1 | 310                            |
| 5   | Männistö          | Sadevesiviemäri                    | 7.5 | 180                            |

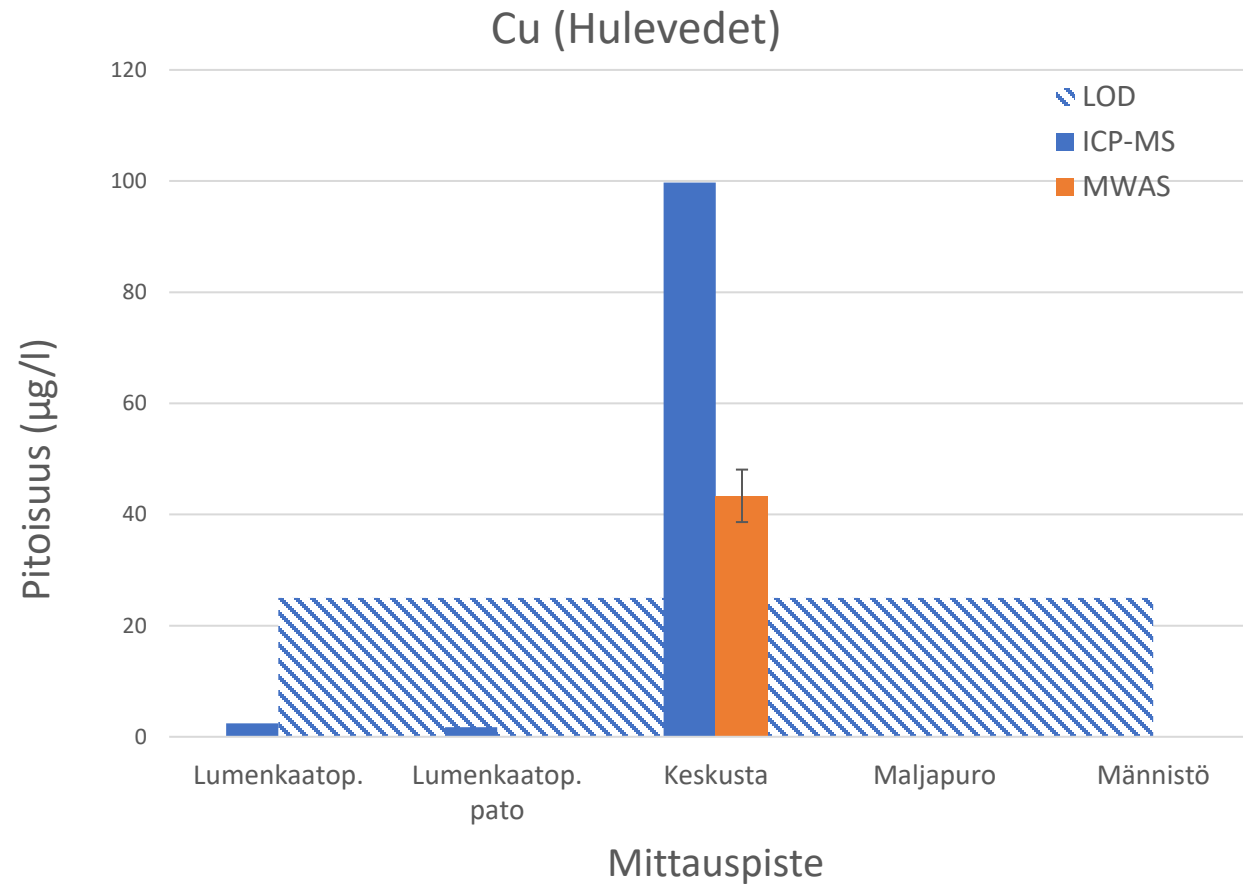
# Hulevesien pilotointi - Mn



# Hulevesien pilotointi - Zn



# Hulevesien pilotointi - Cu



## Tulokset:

- ✓ Mittaukset vertautuivat pääasiassa hyvin laboratorioanalyysiin ja hajonta kenttämittausten kesken oli vähäistä tarkoittaen, että toistettavuus on hyvällä tasolla.
- ✓ Laitteiston kalibroinnit oli optimoitu kaivosympäristöön, jossa esiintyy tyypillisesti hieman suurempia metallipitoisuuksia. Tästä syystä kuparin tulos aliarvioitui kenttämittauksissa.

## Johtopäätös:

- ✓ Nopea ja helppokäyttöinen MWAS menetelmä mahdollistaa raskasmetallipäästöjen tarkkailun ja päästölähteiden haarukoinnin hulevesistä varsinkin nopeiden hulevesipurkausten kuten rankkojen sateiden aikana laboratoriomenetelmiä tehokkaammin.
-





# 3Awater

Water | Analysis | Now

**TUOMO NISSINEN, CEO**



+358 50 364 3220



tuomo@3awater.com



[www.3awater.com](http://www.3awater.com)



Kuopio, Finland



# Hulevesien aiheuttama mikromuovikuormitus

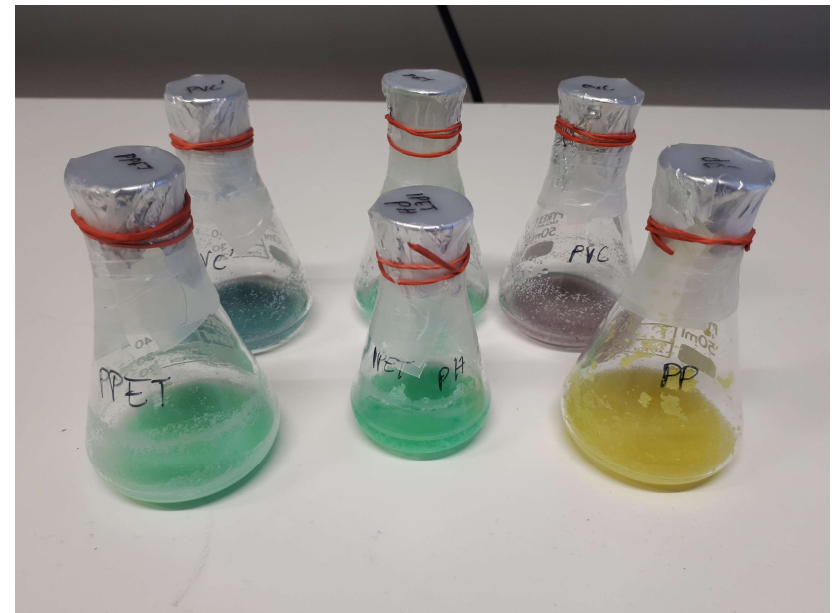
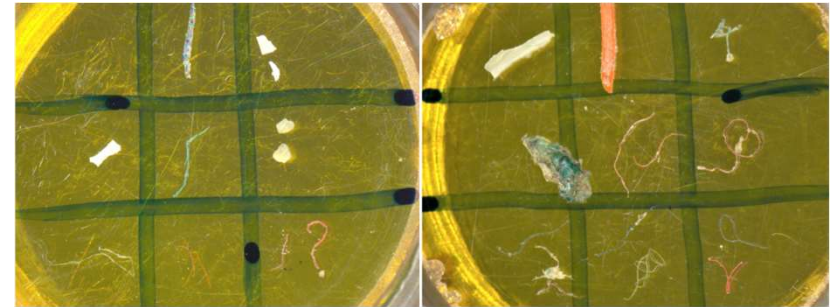
Tuomo Soininen, Emilia Uurasjärvi

UEF

HuLa-hankkeen loppuseminaari 1.12.2022

# Mikromuovi

- Mikromuoville ei ole vakiintunutta määritelmää
  - 1  $\mu\text{m}$  - 1 mm synteettinen polymeeri, veteen liukenematon 20 °C:ssa
- Primääriset: valmistettu mikrokokoon
- Sekundääriset: hajonneet luonnossa isommista muovinkappaleista
- Löydetty joka puolelta maailmaa vesistöistä, ilmasta ja maaperästä



# Hulevesien aiheuttama kuormitus vesistöille

- Muovista ja kumista jauhautuu mikromuovia ympäristössä
- Kaupunkialueilla on paljon roskaa ja mikromuovin lähteitä
- Hulevedet ovat merkittävä mikromuovin reitti kaupungista vesistöihin
- Mikromuovi on haitallista vesieliöille, mutta haittoja ei tunneta vielä kovin tarkasti

Muoviroskan lähteitä kaupungissa:  
Liikenne – renkaat, tiemaalaukset  
Roskaaminen - muovipakkaukset



Pintavalunta – hulevesi kuljettaa  
muoviroskia ja mikromuovia  
vesistöihin



Huleveden aiheuttama  
kuormitus vesistöille?

# Mikromuovi hulevedessä

- Aiempia tutkimuksia hulevesien mikromuovimääristä ja niiden aiheuttamasta kuormituksesta on tehty verrattain vähän
  - Veden virtaamaan suhteutettua dataa hyvin vähän tarjolla – kuormituksen arviointi hankalaa
  - Erilaisia näytteenotto- ja mittausmenetelmiä – ei vertailukelpoisia
- Kuitenkin raportoidut määrät ovat samaa suuruusluokkaa eri puolilla maailmaa:
  - Helsingissä hulevedestä löytyi keskimäärin 29 mikromuovia litrassa, mutta sadetapahtumien välillä oli suurta vaihtelua (Pietu Pankkonen 2020, <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-202005243251>)
  - Tanskassa hulevesialtaasta löytyi 0,5 – 23 mikromuovia litrassa (Liu et al. 2019, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.416>)
  - Californiassa (USA) hulevedestä löytyi 1 – 25 mikromuovia litrassa (Werbowski et al. 2021, <https://doi.org/10.1021/acsestwater.1c00017>)

# Mikromuovin poistaminen hulevedestä

- Hulevesialtaiden pohjasedimenttiin on havaittu kertyvän mikromuovia eli ne vähentävät mikromuovien kulkeutumista vastaanottavaan vesistöön (Liu et al. 2019, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113335>)
- Myös hulevesiojien sedimentistä on löytynyt mikromuovia (Lutz et al. 2021, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112362>)
- Erilaiset suodatusjärjestelmät, jotka poistavat kiintoainesta, poistavat myös mikromuovia
  - Poistettava partikkelikoko vaihtelee

# Mikromuovien seuranta

- Mikromuovit voivat aiheuttaa haittoja
  - Mitkä määrät ovat haitallisia?
  - Mitkä materiaalit ja koot?
- Pitäisikö ympäristön mikromuovimääriä seurata?
  - Mitkä analyttiset menetelmät soveltuvat mikromuovien seurantaan parhaiten?
  - Minkälaisista paikoista pitäisi seurata? Hulevedet, virtaavat vedet, järvet, meret?
- Standardoituja tai harmonisoituja menetelmiä ei vielä ole

# Mikromuovien analysointi Kuopion hulevesistä



# Sisällys

- Alueet
- Näytteenotto
- Näytteiden esikäsittely
- Analyysi
- Tulokset
- Johtopäätökset

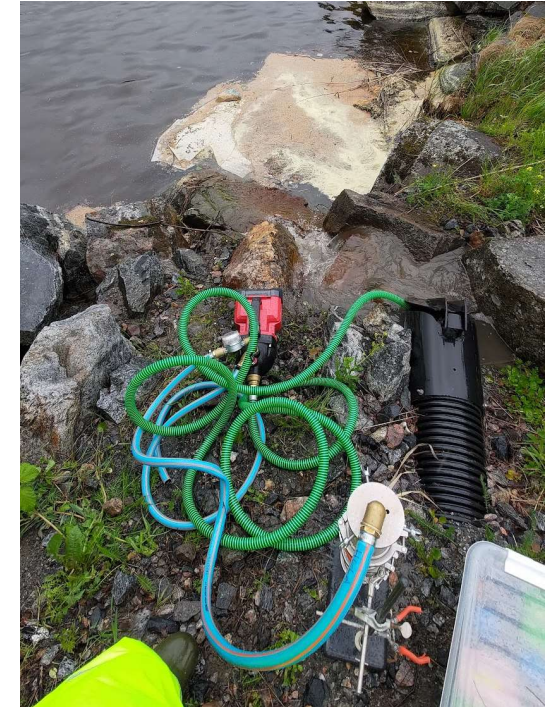
# Alueet

- Männistö (4)
- Keskustan purkuputki (6)
- Maljapuro (5)
- Lumenkaatopaikka (6)
- Lumenkaatopaikan biohiilipato (8)



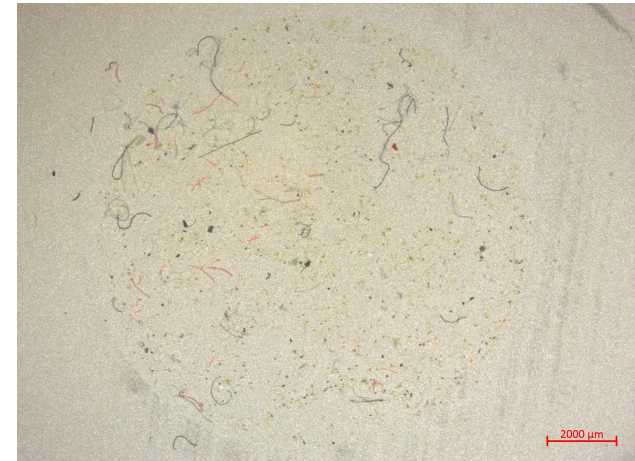
# Näytteenotto

- Akkukäyttöinen pumppu
- Suodatusputki
- Käytössä vaihtelevasti 300  $\mu\text{m}$ , 100  $\mu\text{m}$  ja 50  $\mu\text{m}$  suodattimet
  - Koon alaraja noin 50  $\mu\text{m}$
- Näytetilavuus yleensä 50 litraa



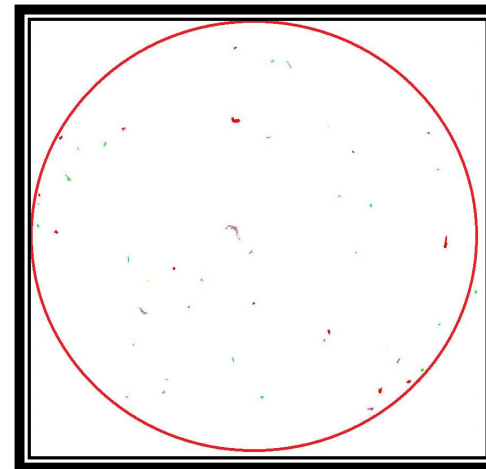
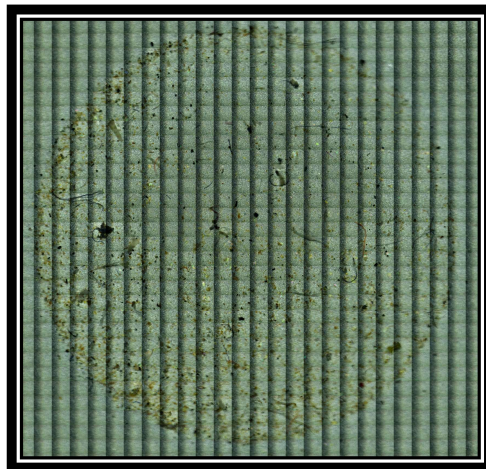
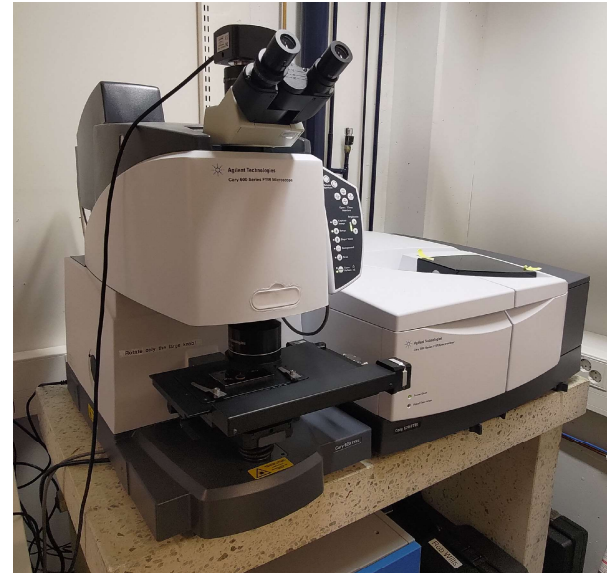
# Näytteiden esikäsittely

- Orgaaniselle ainekselle väkevä vetyperoksidi
- Epäorgaaniselle (hiekkä) tiheyserottelu
- Suodatus hopeafilttereille

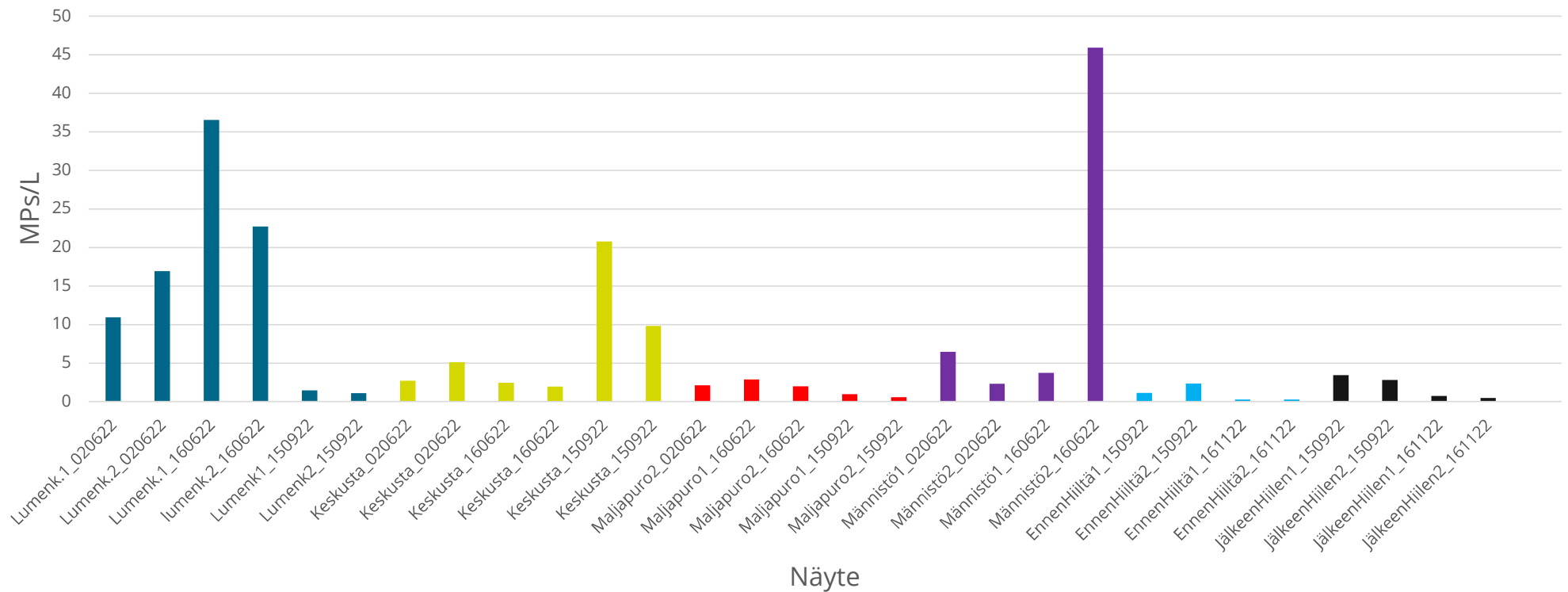


# Analyysi

- Kuvantava FTIR, FPA-detektorilla
- Mahdollistaa koko suodatusalueen analysoinnin
- Spektrianalyysi tehtiin SiMPLe-ohjelmalla

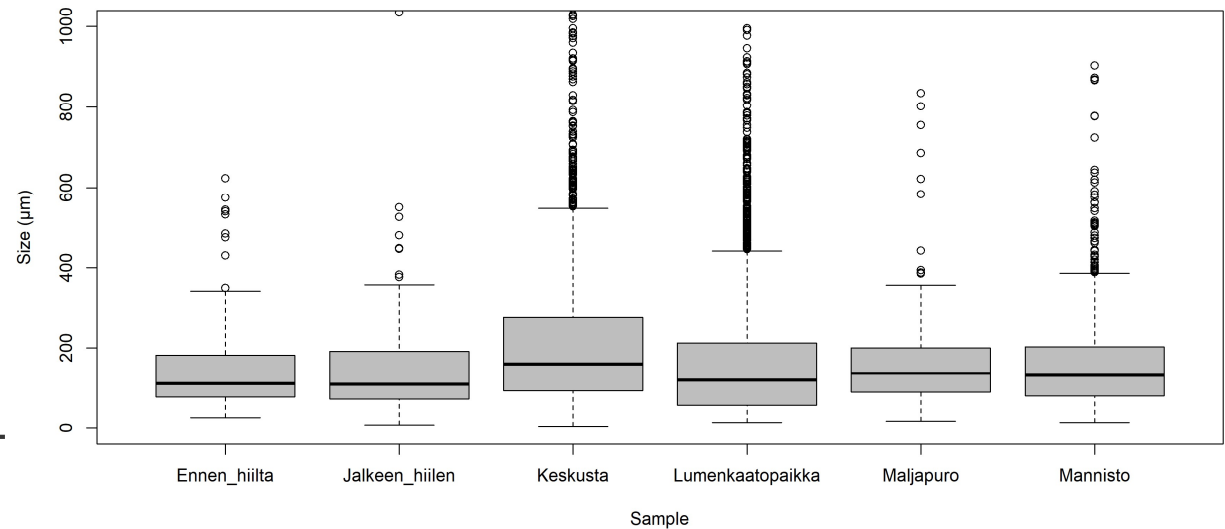


# Tulokset - Lukumääräpitoisuudet



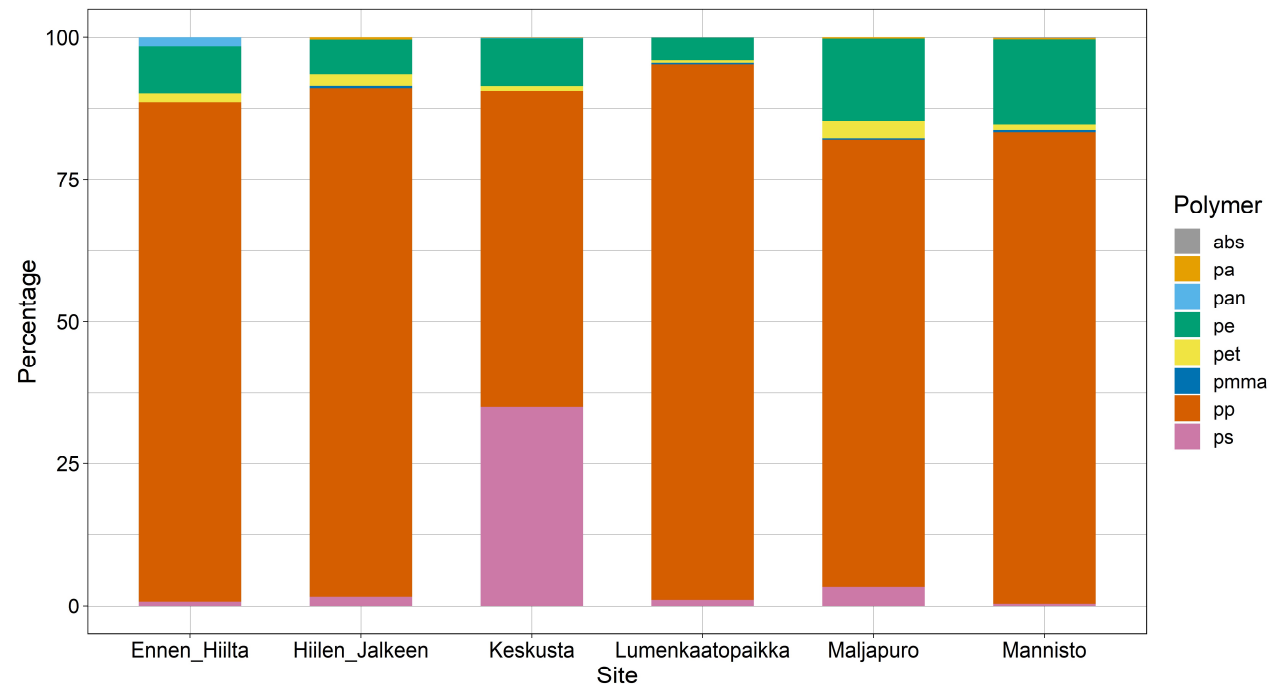
# Tulokset – Kokoluokka ja massapitoisuudet

- 50-200  $\mu\text{m}$  yleisin kokoluokka
- Alueiden välillä ei suurta vaihtelua
- Keskustan purkuputkella hieman isompia partikkeleja
- Massapitoisuus: 0,039-142  $\mu\text{g/L}$



# Tulokset - Polymeerityypit

- Yleisimmät polymeerit PP, PE, PET ja PS
- Näytteiden välillä suurta vaihtelua
- Löydetyt polymeerit eniten tuotettuja muoveja





# Johtopäätökset

- Muovien määrä vaihtelee suuresti jopa rinnakkaisten näytteiden välillä
- Sadetapahtuma = suurempi virtaama = suuremmat pitoisuudet
- Löydetyt polymeerityypit yleisimmin tuotettuja
- Kokonaiskuormituksesta ei voida vielä antaa arviota
- Pitoisuudet samaa luokkaa kuin jääpeitteessä ja muissa hulevesitutkimuksissa
- Tapahtumakohtainen näytteenotto tarpeellista
  - Sadetapahtuman eri vaiheet tulisi voida erotella
- Muovien tutkiminen haastavaa koska kyseessä on hiukkanen
  - Muovihiukkasten erottelu muusta materiaalista



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

# Kiitos!

[uef.fi](https://uef.fi)



**SAVONIA**



Elinkeino-, liikenne- ja  
ympäristökeskus



Ympäristöministeriö  
Mieliministeriöt



# SAVONIA

Hula-hankkeen loppuwebinaari

1.12.2022

Mikrobit

Petri Juntunen

VEISIENSUOJELUN  
**TEHOSTAMIS-**  
OHJELMA

Nyt on veden vuoro

savonia.fi

KUOPIO **WATER** CLUSTER

**SAVONIA**  
ammattikorkeakoulu

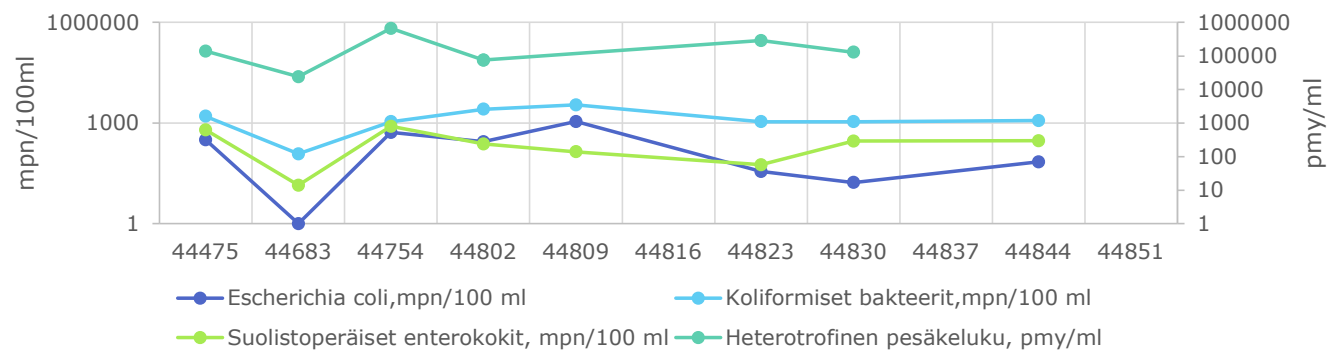
  
UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND

**BIO**  
**SO4**

- Tavoitteena oli selvittää:
  - Hulevesien mikrobikuormitusta
  - Hulevesien saastelähteiden jäljitettävyyttä
- Kaiken kaikkiaan 11 kpl näytteenottokertoja 6.10 – 17.10.2022 (suurin osa syksy 2022)
- Näytteet otettiin samaan aikaan ja samasta paikastakuin muut käsin otetut näytteet
  - Heterotrofinen pesäkeluku, pmy/ml
  - Escherichia coli, mpn/100 ml
  - Koliformiset bakteerit, mpn/100 ml
  - Suolistoperäiset enterokokit, mpn/100 ml

|                  |           | HPC     | <i>E. coli</i> | koliformit | Suolistoperäiset enterokokit |                        |        |                              |       |
|------------------|-----------|---------|----------------|------------|------------------------------|------------------------|--------|------------------------------|-------|
|                  |           | pmy/ml  | mpn/100 ml     | mpn/100 ml | pmy/100 ml                   | Uimavesien raja-arvoja |        |                              |       |
| Maljapuro        | Min       | 24000   | 1              | 120        | 14                           |                        |        |                              |       |
|                  | Maks      | 660000  | 1100           | 3500       | 800                          |                        |        |                              |       |
|                  | Keskiarvo | 220000  | 326            | 1589       | 310                          |                        |        |                              |       |
| Keskusta         | Min       | 50000   | 12             | 200        | 7                            |                        |        |                              |       |
|                  | Maks      | 1000000 | 5300           | 8700       | 4000                         |                        |        |                              |       |
|                  | Keskiarvo | 435000  | 2324           | 4100       | 2214                         |                        |        |                              |       |
| Männistö         | Min       | 26000   | 1              | 2200       | 120                          |                        |        |                              |       |
|                  | Maks      | 1300000 | 2800           | 12000      | 3200                         |                        |        |                              |       |
|                  | Keskiarvo | 569333  | 553            | 4283       | 1387                         |                        |        |                              |       |
| Lumenkaatopaikka | Min       | 36 000  | 8              | 180        | 49                           |                        |        |                              |       |
|                  | Max       | 510 000 | 3 900          | 17 000     | 9 000                        |                        |        |                              |       |
|                  | Keskiarvo | 144 333 | 726            | 3 438      | 1 732                        |                        |        |                              |       |
|                  |           |         |                |            |                              | Uimavesien raja-arvoja |        |                              |       |
|                  |           |         |                |            |                              | E. coli                |        | Suolistoperäiset enterokokit |       |
|                  |           |         |                |            |                              | mpn/100 ml             |        | pmy/100 ml                   |       |
|                  |           |         |                |            |                              | erinomainen            | < 500  | Erinomainen                  | < 200 |
|                  |           |         |                |            |                              | Hyvä                   | < 1000 | Hyvä                         | < 400 |
|                  |           |         |                |            |                              | uimista ei suositella  | > 1000 | uimista ei suositella        | > 400 |

Maljapuro  
6.10.2021-



- **Saastelähteiden jäljitys (engl. Microbial Source Tracking, MST)** Suolistoperäisten mikrobien alkuperän jäljittämiseksi käytettävällä menetelmävalikoimalla voidaan tunnistaa suolistoperäisen saastumisen läsnäolo vesinäytteessä ja jäljittää onko vesinäytteessä esimerkiksi ihmisestä, nautakarjasta, lampaista, sioista, hevosista, koirista, linnuista, siipikarjasta tai lokeista peräisin olevia suolistobakteereita.

Näytteestä eristettiin nukleiinihapot (DNA ja RNA) ja testattiin

- yleistä suolistoperäistä (GenBac3) ja
- ihmis-spesifistä saastumista kuvaavat *Bacteroides* -suvun bakteerit (HF183) sekä
- lintujen (GFD)
- koirien ulosteita (Dogmt) kuvaavat markkerit.

|                | GenBac3 DNA<br>GC/100 ml<br>(yleinen) | GenBac3 RNA<br>GC/100 ml<br>(yleinen) | HF183 DNA<br>GC/100 ml<br>ihminen | HF183 RNA<br>GC/100 ml<br>ihminen | GFD DNA     | GFD RNA    | DOG-MT<br>GC/100 ml<br>koira |
|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------|------------|------------------------------|
| Maljapuro      | 520 000                               | 880 000 000                           | 28 000                            | 9 700 000                         | havaittiin  | havaittiin | 8 900                        |
| Keskusta       | 170 000                               | 280 000 000                           | 1 300                             | 240 000                           | ei havaittu | havaittiin | 7 500                        |
| Puijo          | 13 000                                | 21 000 000                            | ei havaittu                       | 54 000                            | ei havaittu | havaittiin | ei havaittu                  |
| Peipposenrinne | 380 000                               | 400 000 000                           | 520                               | 860 000                           | ei havaittu | havaittiin | 7 700                        |



- Suuret vaihtelut, sadanta vaikuttaa
  - Loogisesti asutuimmilla alueilla on eniten mikrobeja
  - Menetelmä voi antaa virhetuloksia
- 
- Voiko korkea ihmisperäinen lukema kertoa esim. Jv-vuodosta?

# CLEAN WATER

— BRIGHTER FUTURE

[WWW.BIOSO4.COM](http://WWW.BIOSO4.COM)



# BioSO4 - Kiertotalouden ratkaisu



Zero-Waste –konseptin mukainen  
haitta-aineiden talteenotto  
kierrätettävän luonnonpolymeerin  
avulla.

# BIOSO4 BIOPOLYMEERIT



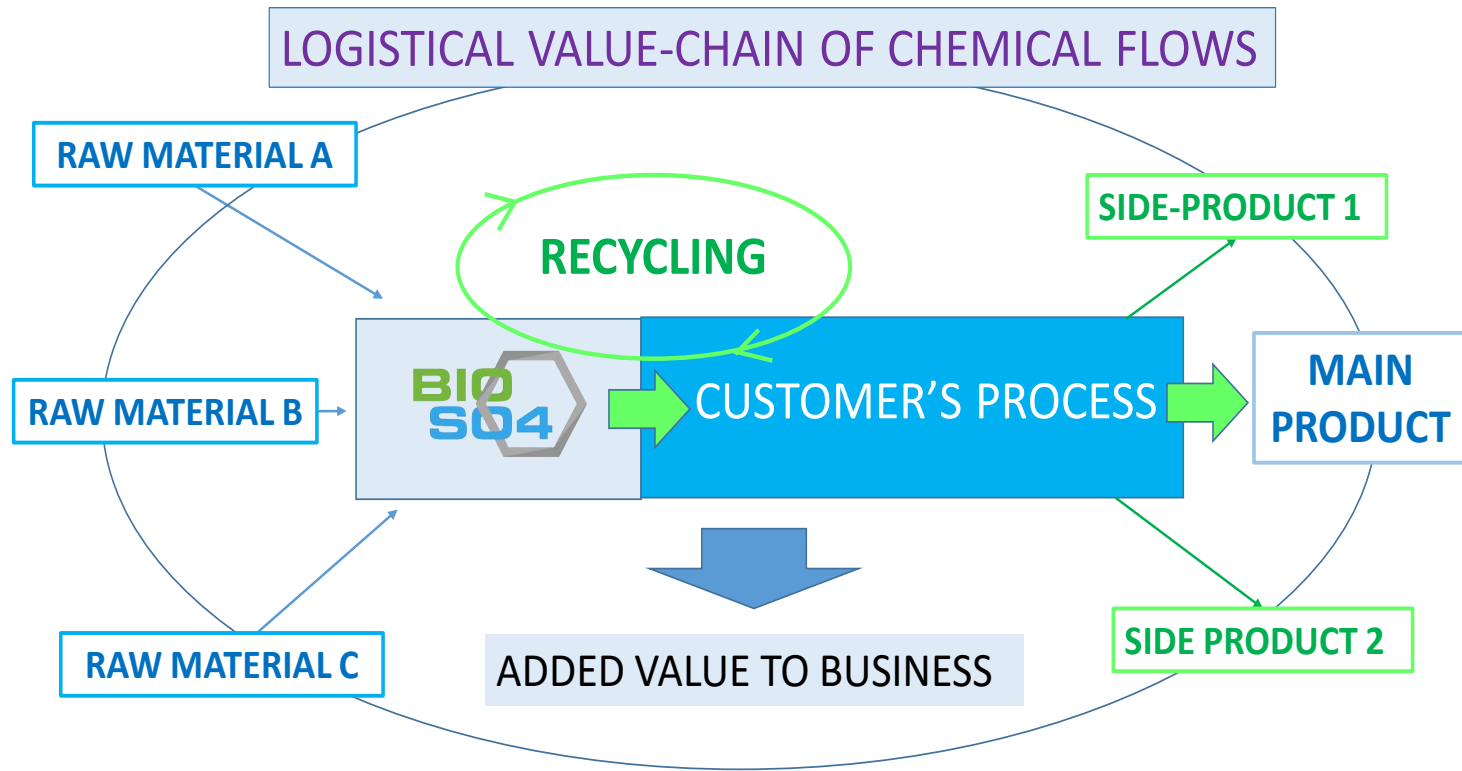
Erilaatuisia BioSO4:n biopolymeerejä

# BioSO4 tarjoaa...



- Laboratorioanalyysijä, esikokeita, pilot-palveluita kiertotalouden menetelmien käyttöönottoon
- Prosessikemikaalien laadunvalvontaa ja ympäristövaikutusten arviointia
- Laitteistojen suunnittelua ja ylläpitoa
- Kansainvälisen logistiikan ja kemikaalimyynnin palveluita
- Kierrätysprosessien regenerointipalvelut
- Tuotejakeiden myynti yhteistyöverkoston kautta mm. lannoitteiksi
- Teknisiä palveluita

# Vedenkäsittelyä ilman jätettä



# Uusien kiertotalouden menetelmien käyttöönotto vaiheet



## Rikin talteenotto pesuriprosessista

1. Esitestit ja suunnitelmat pilotointiin.
2. Prosessien skaalaus teolliseen mittakaavaan.
3. Jatkuvat toimiset pilot-testit asiakkaan kohteessa.
4. Johtopäätökset ja suositukset teolliseen sovellukseen.
5. Täyden mittakaavan prosessiratkaisu, kemikaalit, ylläpito.



# BioSO4 Oy: Kierrätettävät suodatinratkaisut

## Markkinatarve

- Vesien jätteen puhdistaminen
- Passiiviset suodatinratkaisut, epäpuhtauksien selektiivinen talteenotto

## Kehitettävä tuote tai palvelu

- Epäpuhtauksien (rikkiyhdisteet, metallit, kiintoaine) selektiivinen talteenotto
- Suodatinratkaisut, flokkulanttituotteet, optimoidut kemikaalireseptit

## Hyödyt asiakkaalle

- Rikkiyhdisteiden poisto, korkea metallisaanto, sakkojen uusiokäyttö
- Robustit puhdistusyksiköt, kustannustehokkuus

## Kilpailutilanne

- Talteenoton optimointi palveluna (vs. pelkät kemikaalitoimitukset)
- Luokittelemattomien kemikaalien käyttäminen (vs. luokitellut)
- Verkottuminen kokonaispalveluksi (vs. osaratkaisun myynti)

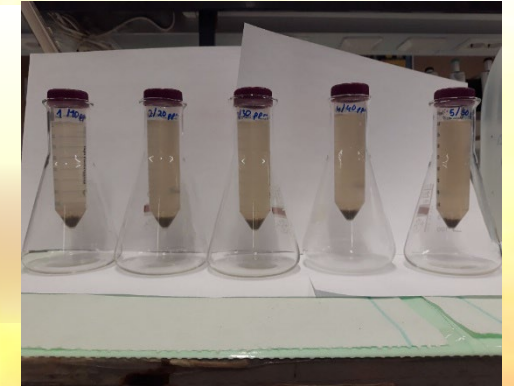




# 1. Ekotehokas hulevesien puhdistaminen

## BioSO4:n luonnonbiopolymeeri – ympäristöystävällinen uusiotuote

- Nestemäinen biopolymeeri tehty katkarapujätteestä, luonnontuote mahdollistaa mm. sakan kierrätyksen, luokittelematon kemikaali



## Testilaitteisto hulevesien kiintoaineen poistoon

- Puhdistusprosessissa biopolymeeri saostaa kiintoaineen suodattimen pohjalle, vesi purkautuu suodattimen reunoilta
- Suodatin täyttyy asteittain ja suodatuskerros nousee, suodatin vaihdetaan kun on täynnä kiintoainetta



# 3. Laitteiston pilotointi

## Testilaitteisto

- Konttisuodatin (20 m<sup>3</sup>) kiintoaineen poistamiseksi
- Suodatinelementti (6x2,3x1,5 m), Ø 200/400 µm, PP-kangas
- Täyttö keskeltä ylhäältä aukosta, kiinnitys kuormaliinoilla konttiin tms.
- Piloteissa sähköt, pumppaus suodattimelle, kemikaalipumppu annosteluun
- Kemikaalinsyöttö 2x2m rakennuskontissa sisältäen 1000L biopolymeeriliuosta
- Sähkötöntä ratkaisua ei vielä testeissä mukana



## Pilotin toiminta 11/2022

- Mustinlammen tulovirta (10-50m<sup>3</sup>/h) suodatin stand-alone
- Kemikaalinsyöttö käynnistyi pumppauksen käynnistyessä
- Syksyn hulevedet liian puhtaita
- puhdistamo toimi jatkuvasti 24 tuntia päivässä



# 3. Pilotoinnin tulokset

## Pilotin kokemuksia ja tuloksia

- Pilotissa käsitelty hulevesimäärä 1800 m<sup>3</sup>/vko
- Pilotin kapasiteetti 10 m<sup>3</sup>/h ja jaksottaisella käytöllä 50 m<sup>3</sup>/h
- Suodattimen ylös ajoon tarvitaan kuormitusta, ottaa 1-2 käyttöpäivää => muodostuu "suodatuskerros"

Yleisiä tuloksia olivat:

- ⇒ Kemikaalipitoisuuden säätö saatiin oikealle tasolle.
- ⇒ Laitteisto toimi myös hulevesien suodattamiseen.
- ⇒ Laitteisto vaatii vielä jatkokehittämistä esim. sähköttömyys.

Kiintoaineen (K.a.) ja fosforin (P) poistotuloksia pilotin ylös ajossa 12.11.2020 :

| Aika             | Näyte       | K.a.<br>(mg/L) | P<br>(mg/L) |
|------------------|-------------|----------------|-------------|
| 12.11.2020 9:00  | Raakavesi   | 541            | 0.745       |
| 12.11.2020 9:00  | Puhdistettu | 243            | 0.357       |
|                  | Poisto-%    | <b>55 %</b>    | <b>52 %</b> |
| 12.11.2020 11:00 | Puhdistettu | 161            | 0.239       |
|                  | Poisto-%    | <b>70 %</b>    | <b>68 %</b> |
| 12.11.2020 13:00 | Puhdistettu | 120            | 0.133       |
|                  | Poisto-%    | <b>78 %</b>    | <b>82 %</b> |
| 12.11.2020 15:00 | Puhdistettu | 92             | 0.262       |
|                  | Poisto-%    | <b>83 %</b>    | <b>65 %</b> |

Kiintoaineen (K.a.) ja fosforin (P) poistotuloksia huippukuormituksessa 18.11.2020:

| Aika             | Näyte       | K.a.<br>(mg/L) | P<br>(mg/L) |
|------------------|-------------|----------------|-------------|
| 17.11.2020 9:00  | Raakavesi   | 266            |             |
| 17.11.2020 15:30 | Puhdistettu | 113            |             |
|                  | Poisto-%    | <b>58 %</b>    | <b>50 %</b> |
| 18.11.2020 9:00  | Raakavesi   | 2724           |             |
| 18.11.2020 13:45 | Puhdistettu | 450            |             |
|                  | Poisto-%    | <b>83 %</b>    | <b>80 %</b> |
| 19.11.2020 18:30 | Raakavesi   | 201            |             |
| 19.11.2020 18:30 | Puhdistettu | 34             |             |
|                  | Poisto-%    | <b>83 %</b>    | <b>80 %</b> |

# 4. Järjestelmän rakenne ja hyödynnettävyys

## Suodatinjärjestelmän rakenne

- Konttisuodattimen kustannukset koostuvat seuraavista osista:
  - Biopolymeeri
  - Kemikaalin annostelujärjestelmä
  - Suodatinkontti
  - Vaihtosuodattimet
  - Yhteet, vaadittavat maarakenteet

## Hyödynnettävyys rakennuskohteissa

- Esimerkiksi 30000 m<sup>2</sup> rakennuskohde
- Käsitelty likainen hulevesimäärä noin 5000-10000 m<sup>3</sup>
- Suodatinvaihto 1-3 kertaa riippuen vedenlaadusta
- Sakkojen sijoittaminen on-site tai kuljetus hyödyntämiskohteeseen

# Yhteystiedot



## BioSO4 Oy

Lasse Moilanen

Toimitusjohtaja

+358 50 3888 473

lasse.moilanen@bioso4.com

Janne Kankkunen

Kehityspäällikkö

+358 44 5855 950

janne.kankkunen@bioso4.com

[www.bioso4.com](http://www.bioso4.com)



# Lumenkaatopaikan biohiilipato

Hula-hanke

1.12.2022

- Sijainti (kartta)
- Toteutus (biohiili, padon koostumus jne)

19.7.

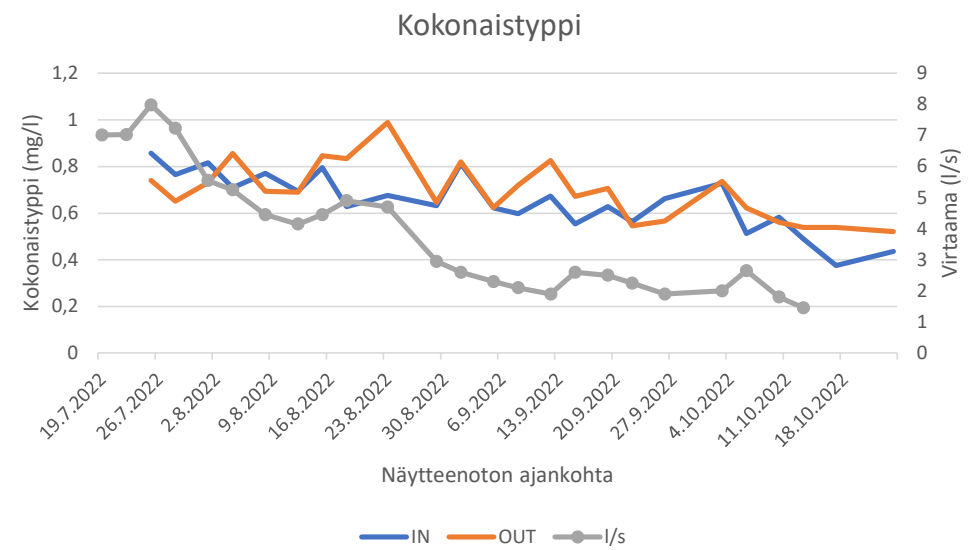
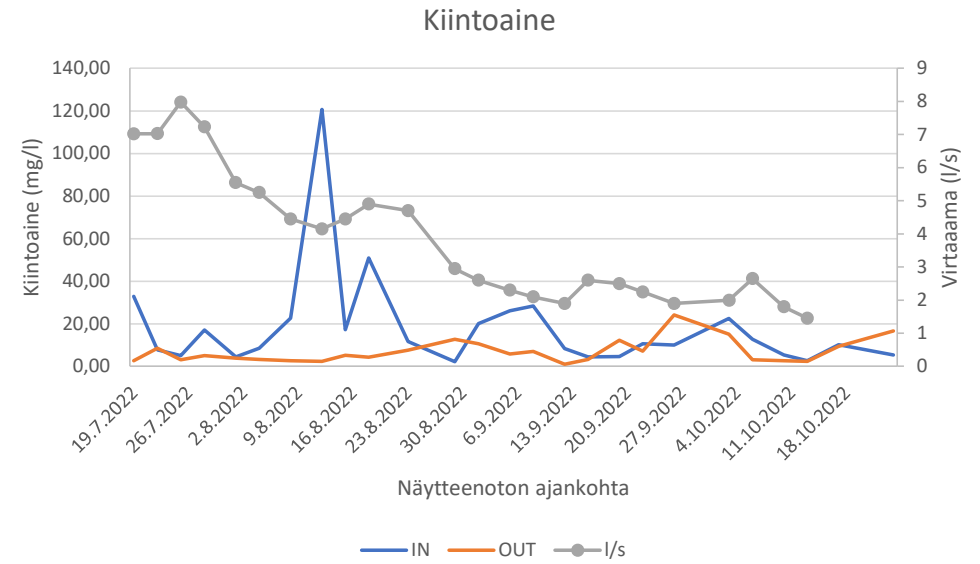
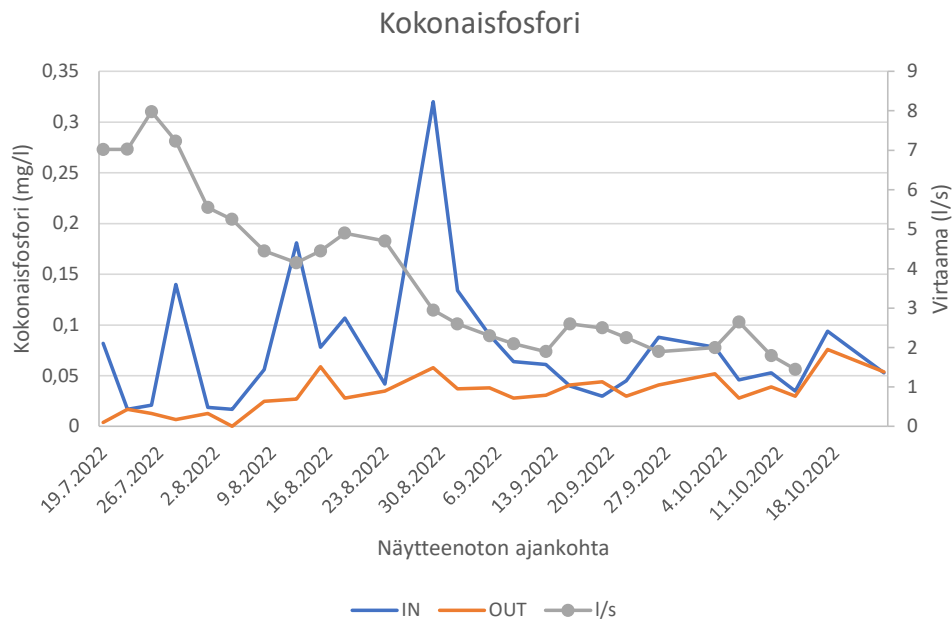




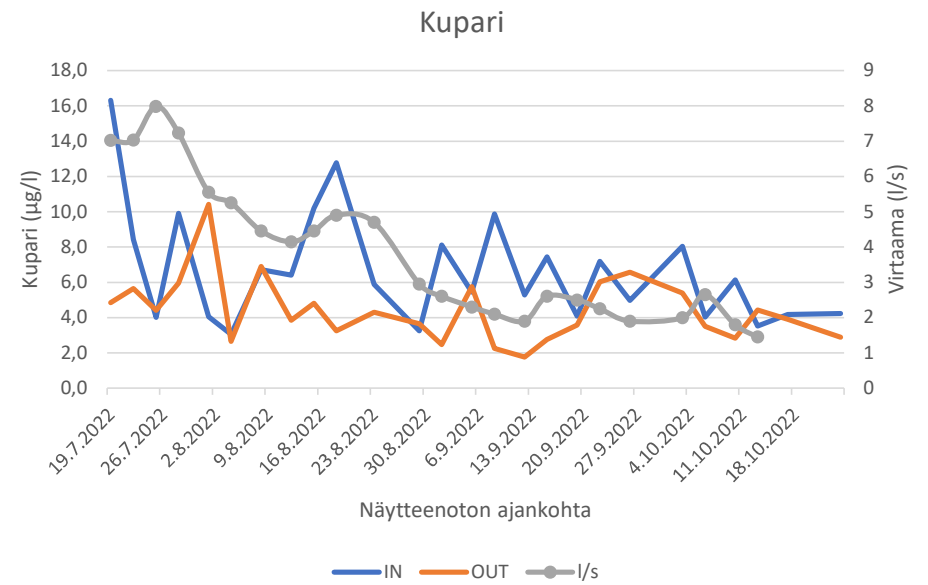
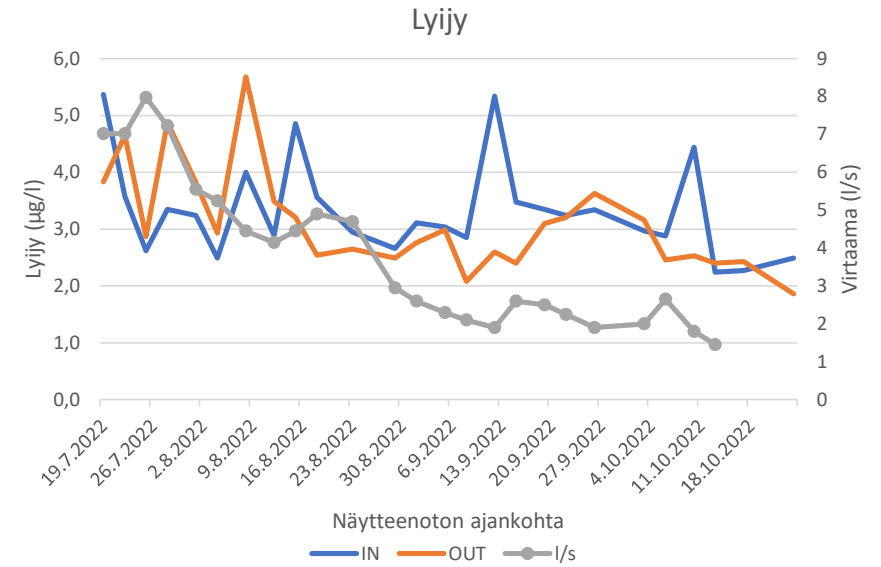
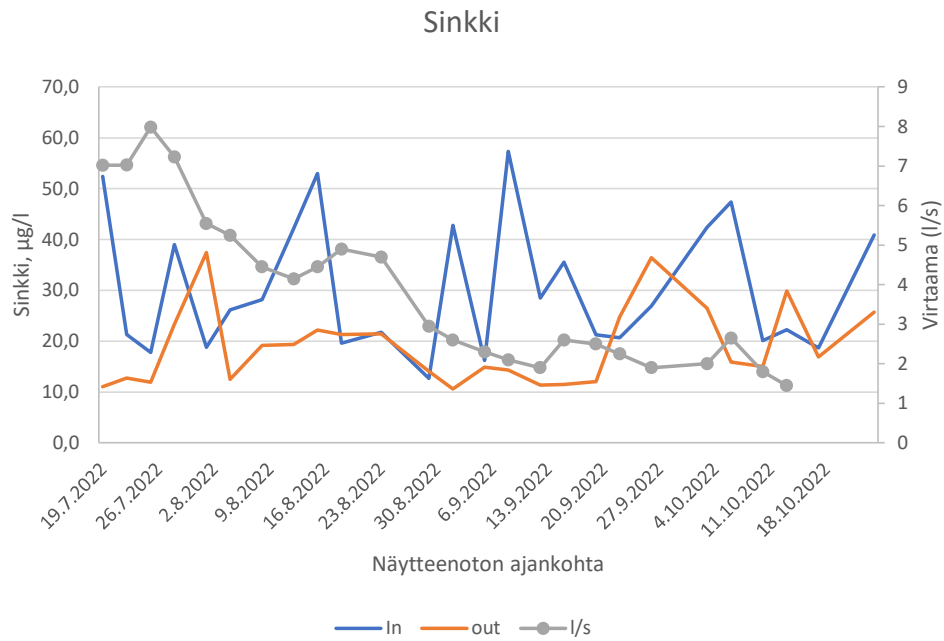
2.11.



# Kiintoaine, kokonaistyyppi ja -fosfori



# Metallit



# Tämän tilalle kuvaaja eri aineiden reduktioista

|                         | Lumenkaatopaikan biohiilipadon reduktio |
|-------------------------|---|
| Kiintoaine-reduktio (%) | -509 - 98 (15)                          |
| Sameuden reduktio (%)   | -88 - 84 (30)                           |
| Tot-P –reduktio (%)     | -47 - 100 (46)                          |
| TN –reduktio (%)        | -23 - 0 (-13)                           |
| Kloridi –reduktio (%)   | -20 - 5 (-2)                            |
| Zn –reduktio (%)        | -99 - 79 (32)                           |
| Cu –reduktio (%)        | -157 - 77 (24)                          |
| Pb –reduktio (%)        | -46 - 51 (3)                            |

# Tulosten tarkastelua

- Virtaama ei korreloinut biohiilipadosta poistuvien pitoisuuksien kanssa. Korkein korrelaatio edellä esitetyillä muuttujilla oli lyijyllä (0,52)
- Biohiilipato toimi erittäin vaihtelevasti, eikä reduktiot millään tutkituilla muuttujilla ollut pelkästään positiivisia -> välillä padosta huuhtoutui mahdollisesti siihen kertyneitä aineita
- Kokonaistypen osalta reduktiot olivat enimmäkseen negatiivisia -> padosta huuhtoutui typpeä
- Fosforin ja kiintoaineen osalta reduktiot enimmäkseen positiivisia
- Sinkin ja kuparin reduktiot enimmäkseen positiivisia, lyijyn taas negatiivisia
- Kesällä padossa ei ollut teknisiä haasteita, mutta syksyllä pato saattoi toisinaan tulvia yli, jos tulopuolelle oli kertynyt lehtiä, jotka tukkivat padon.

# Lampiselvitys

Tuomas Parkkunen

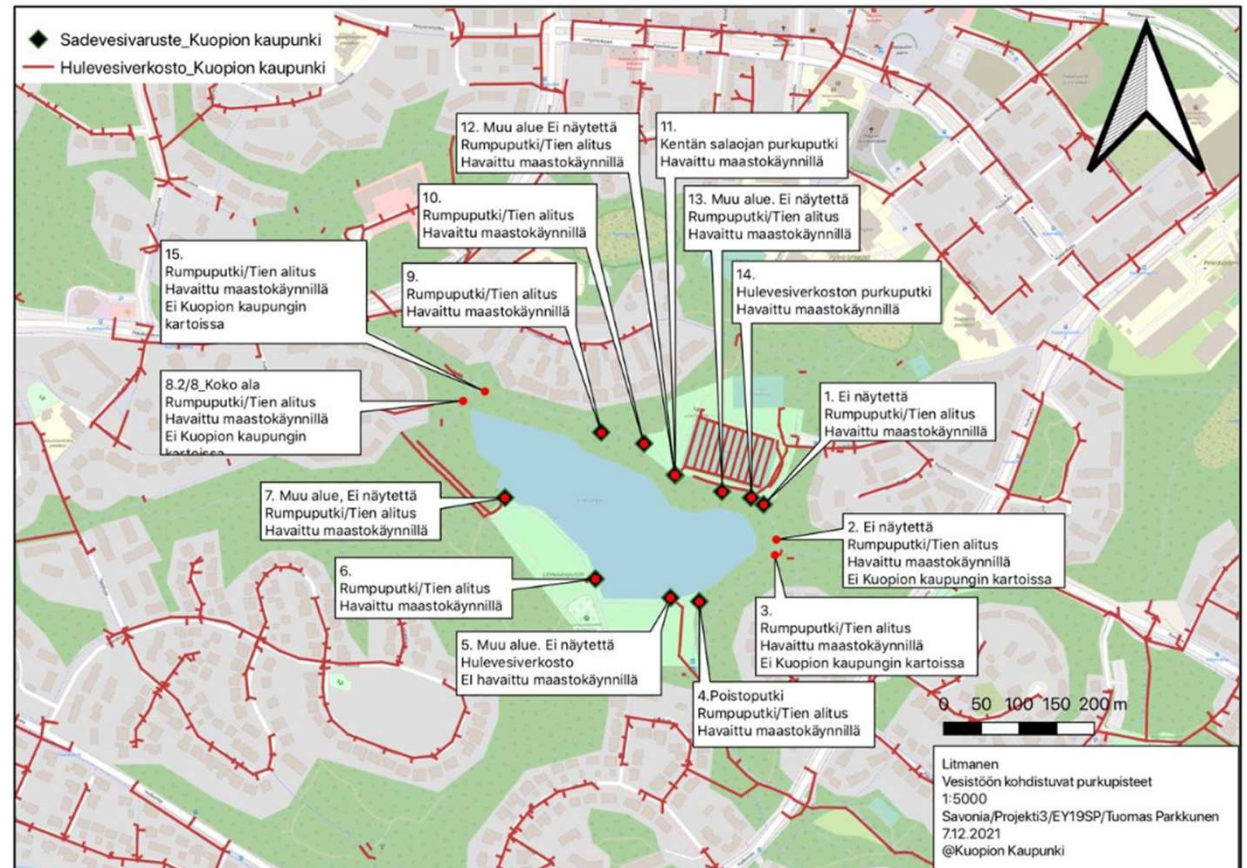
- Selvitettiin Kuopion kaupunkialueen lampiin kohdistuvaa pistemäistä kuormitusta
- Olemassa oleva hulevesikartasto tarkistettiin maastokäynnein kohde lammissa
- Kartaston ja maastokäynnin tuloksien avulla pintamallinnettu valuma-alue korjattiin ja jaettiin osavaluma-alueisiin purkupisteiden mukaan
- Kohteille suoritettiin kertaluontoinen näytteenotto
- Analysoitiin ravinteet sekä kiinto-aine
- Tuloksia verrattiin ominaiskuormitustaulukkoarvoihin sekä tukholman hulevesistrategiassa esitettyyn kolmiportaiseen pitoisuusluokitteluun

- Kertaluontoiset näytteet pyrittiin ottamaan runsaan sadannan aikana mahdollisimman suuren kattavuuden saavuttamiseksi
- Valuma-alueet mallinnettiin maastomallin mukaan sekä käsin korjattiin hulevesiverkoston aiheuttama maastomallin rikkoutuminen
- Maankäyttö luokat sekä SYKE:en Vesistöjen ravinnekuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet oppaan mukaisesti

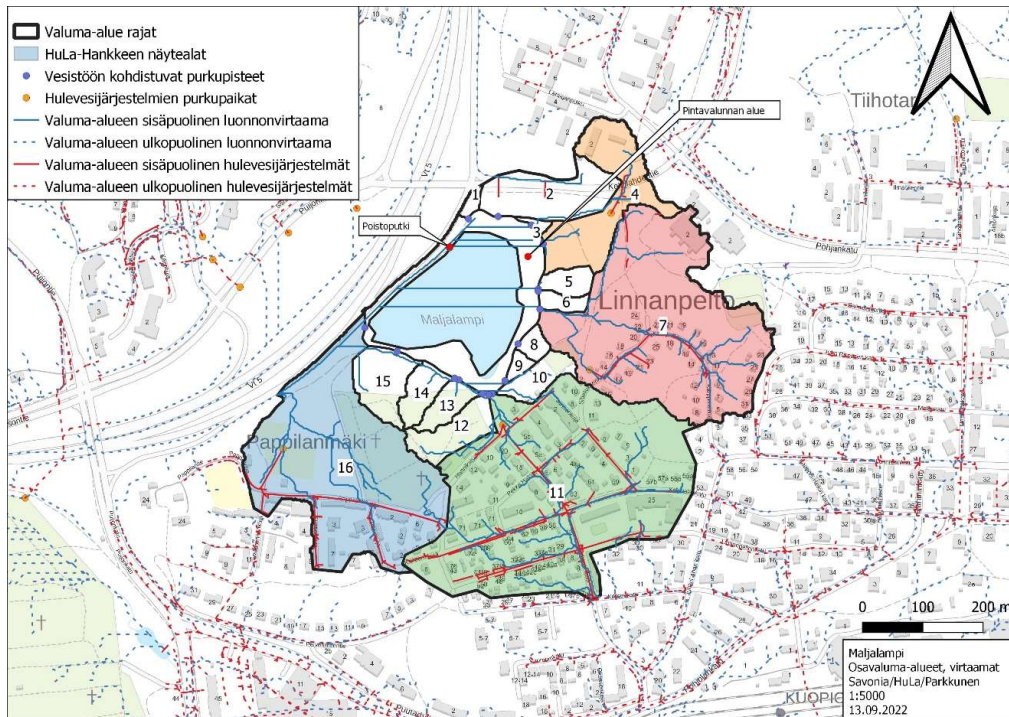


- Luonnonvirtaamat mallinnettu maanmittauslaitoksen korkeusmallin mukaan
- Hulevesijärjestelmätiedot Kuopion kaupungin tiedostoista
- Maankäyttö CORINE 2018 aineistosta

- Käynnillä varmistettiin vesistöön kohdistuvien purkupisteiden määrä

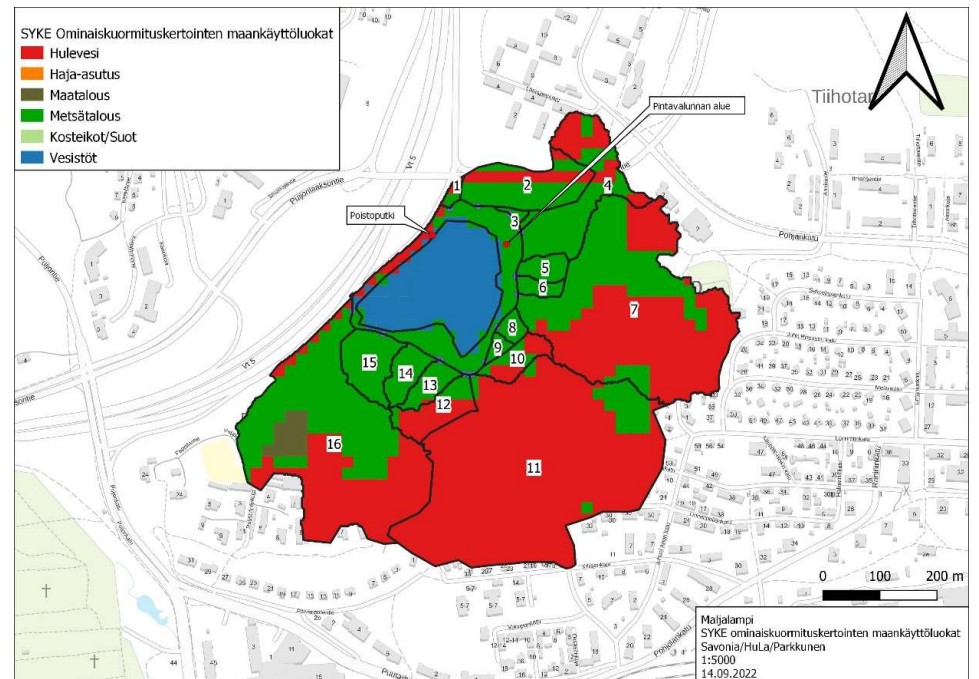
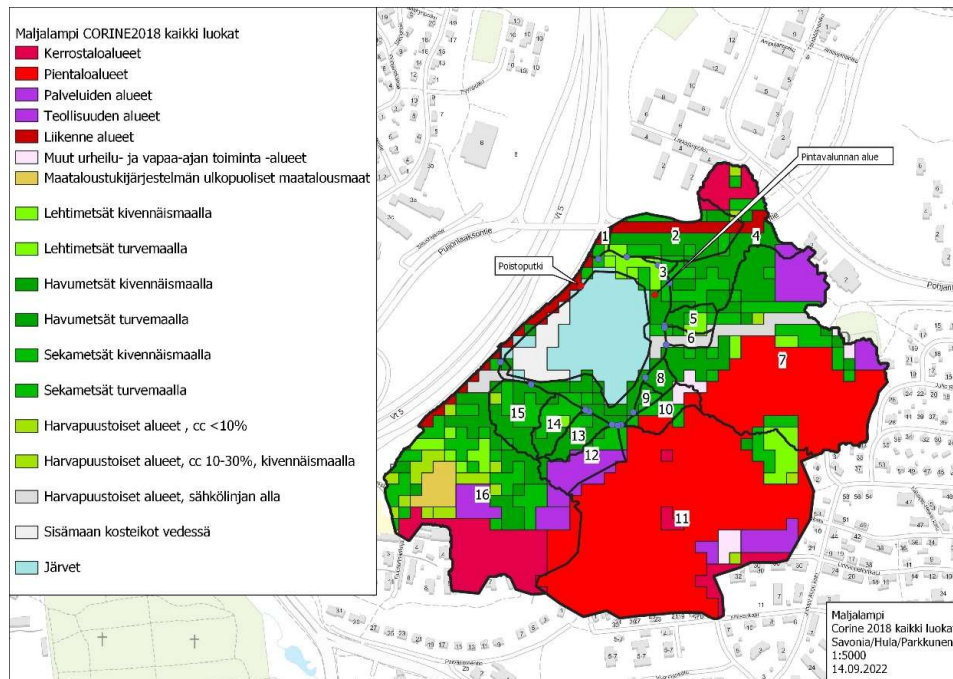


# Osavaluma-alueet ja purkupisteet



| Osavaluma-alue | Purkupiste   | Pinta-ala, m <sup>2</sup> | Pinta-ala, ha | % valuma-alueesta |
|----------------|--------------|---------------------------|---------------|-------------------|
| 1              | 1            | 1089.863                  | 0.11          | 0.26              |
| 2              | 2            | 16026.891                 | 1.60          | 3.87              |
| 3              | 3            | 718.002                   | 0.07          | 0.17              |
| 4              | 4            | 22198.49                  | 2.22          | 5.36              |
| 5              | 5            | 3524.95                   | 0.35          | 0.85              |
| 6              | 6            | 2288.92                   | 0.23          | 0.55              |
| 7              | 7            | 81990.633                 | 8.20          | 19.80             |
| 8              | 8            | 2040.365                  | 0.20          | 0.49              |
| 9              | 9            | 1364.406                  | 0.14          | 0.33              |
| 10             | 10           | 5409.794                  | 0.54          | 1.31              |
| 11             | 11           | 116081.867                | 11.61         | 28.03             |
| 12             | 12           | 8298.547                  | 0.83          | 2.00              |
| 13             | 13           | 4393.498                  | 0.44          | 1.06              |
| 14             | 14           | 5258.023                  | 0.53          | 1.27              |
| 15             | 15           | 9587.08                   | 0.96          | 2.31              |
| 16             | 16           | 75944.318                 | 7.59          | 18.34             |
| 100            | Vesistö      | 35839.29                  | 3.58          | 8.65              |
| 200            | Pintavalunta | 22086.202                 | 2.21          | 5.33              |

|               |       |        |
|---------------|-------|--------|
| Koko ala      | 41.41 | 100.00 |
| Hula näyteala | 29.62 | 71.53  |



## Maljalammen tuloksia

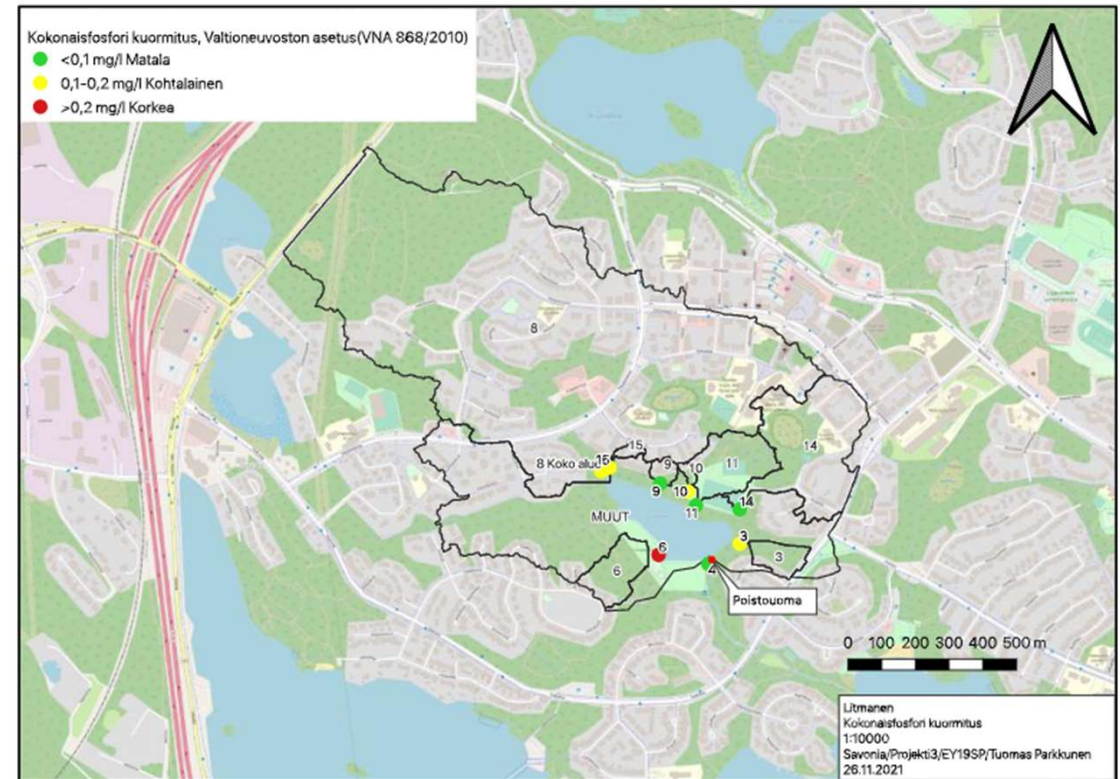
| Näytepiste, nro | Kok. Kiintoaine, mg/l | Kok.P, mg/l | Kok. N, mg/l | Valtioneuvoston asetus (868/2010)  |
|-----------------|-----------------------|-------------|--------------|--|
| 4               | 6.94                  | 0.014       | 0.572        | Matala   |
| 7               | 9.87                  | 0.053       | 0.788        | Kohtalainen  |
| 11              | 32.98                 | 0.102       | 0.704        | Korkea   |
| 16              | 4.60                  | 0.027       | 0.613        |  |
| Näytepiste, nro | Kok. Kiintoaine, mg/l | Kok.P, mg/l | Kok. N, mg/l | Ylittää vertailu taulukkoarvon, Vesistöjen ravinnekuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet SYKE 2015 |
| 4               | 6.94                  | 0.014       | 0.572        | Ei ylitä   |
| 7               | 9.87                  | 0.053       | 0.788        | Ylittää Luonnontilan   |
| 11              | 32.98                 | 0.102       | 0.704        | Ylittää maankäytön vaikutukset   |
| 16              | 4.60                  | 0.027       | 0.613        |  |

# Vertailun antama lisätieto

- Vertailun avulla saadaan lisäkäsitystä valuma-alueella olevista mahdollisista kuormituslähteistä

| Näytepiste, nro | Kok. Kiintoaine, mg/l | Kok.P, mg/l | Kok. N, mg/l | Kok.TOC, mg/l | Valtioneuvoston asetus (868/2010)  |
|-----------------|-----------------------|-------------|--------------|---------------|--|
| 3               | 57,14                 | 0,184       | 3,10         | 34,38         | Matala   |
| 6               | 50,39                 | 0,207       | 1,08         | 16,82         | Kohtalainen  |
| Kokoala 8       | 45,62                 | 0,101       | 0,84         | 11,24         | Korkea   |
| 9               | 41,6                  | 0,056       | 1,55         | 22,53         |  |
| 10              | 20,73                 | 0,157       | 1,07         | 18,68         |  |
| 11              | 8,77                  | 0,004       | 0,52         | 6,89          |  |
| 14              | 23,86                 | 0,077       | 0,46         | 9,94          |  |
| 15              | 17,79                 | 0,1         | 0,93         | 17,72         |  |
|                 |                       |             |              |               | Ylittää vertailu taulukkoarvon, Vesistöjen ravinnekuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet SYKE 2015 |
| Näytepiste, nro | Kok. Kiintoaine, mg/l | Kok.P, mg/l | Kok. N, mg/l | Kok.TOC, mg/l |  |
| 3               | 57,14                 | 0,184       | 3,10         | 34,38         | Ei ylitä   |
| 6               | 50,39                 | 0,207       | 1,08         | 16,82         | Ylittää Luonnontilan   |
| Kokoala 8       | 45,62                 | 0,101       | 0,84         | 11,24         | Ylittää maankäytön vaikutukset   |
| 9               | 41,6                  | 0,056       | 1,55         | 22,53         |  |
| 10              | 20,73                 | 0,157       | 1,07         | 18,68         |  |
| 11              | 8,77                  | 0,004       | 0,52         | 6,89          |  |
| 14              | 23,86                 | 0,077       | 0,46         | 9,94          |  |
| 15              | 17,79                 | 0,1         | 0,93         | 17,72         |  |

- Vertailu ja pinta-alatietojen avulla voidaan kohdistaa kunnostustoimenpiteet kohdennetummin



- Hulevesijärjestelmien olemassa olevassa kartoituksessa puutteita.
- Maankäytön vertailun avulla saadaan poikkeavuuksia hahmoiteltua.
- Kertaluontoisen näytteenoton tulokset vaativat tarkat olosuhdetiedot kuormituksen määrittelyyn



**SAVONIA**

# Kiitos

