

Raportti 22/2018



Lepsämänjoen, Sipoonjoen ja Taasianjoen automaattiseuranta 2017–2018

Pasi Valkama



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry

Raportti 22/2018

Lepsämänjoen, Sipoonjoen ja Taasianjoen automaattiseuranta 2017–2018

1.2.2019

Laatija: Pasi Valkama

Tarkastaja: Anu Oksanen

Hyväksyjä: Anu Oksanen

Kannen valokuvat: Pasi Valkama

Sisällysluettelo

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Johdanto | 4 |
| 2 | Aineisto ja menetelmät..... | 4 |
| 2.1 | Seuranta-alueet | 4 |
| 2.2 | Virtaaman mittaus ja hydrologiset havainnot..... | 5 |
| 2.3 | Mittalaitteet ja niiden toimintaperiaate | 6 |
| 2.4 | Aineiston kalibrointi | 8 |
| 3 | Tulokset..... | 10 |
| 3.1 | Antureiden toiminta mittausjaksolla..... | 10 |
| 3.2 | Virtaama ja valunta | 11 |
| 3.3 | Veden laatu | 13 |
| 3.4 | Ravinne- ja kiintoainehuuhtoumat valuma-alueilla | 20 |
| 4 | Yhteenveto ja johtopäätökset..... | 25 |

LIITTEET

1 Johdanto

Automaattinen veden laadun seuranta on tullut yhä enenevässä määrin osaksi vesistötutkimuksia. Menetelmää hyödyntävät vesistötarkkailut, seurannat ja tutkimushankkeet ovatkin lisääntyneet voimakkaasti eri puolilla Suomea viime vuosina. Mittausvalikoiman lisääntyessä, tallennuskapasiteetin kasvaessa sekä tiedonsiirron varmuuden lisääntyessä mittaukset tulevat edelleen lisääntymään tulevaisuudessa. Syynä mittausten yleistymiselle on myös mittausten halpeeminen.

Veden laatua mittaavilla sensoreilla päästään aikaisempaa huomattavasti tarkempaan kuvaan nopeasta veden laadun vaihtelusta, mutta niiden avulla saadaan myös tarkempia kuormitusarvioita virtavesistä. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry (VHVSY) on vuodesta 2005 alkaen hyödyntänyt automaattimittauksia osana erilaisia tutkimus- ja kehittämishankkeita sekä kesäaikaisessa yhteistarkkailussa. Alkuvaiheen kehitystyön tuloksena ja datan käsittelyn tehostuessa ja kehittyessä automaattimittauksia on sovellettu erityisesti erilaisiin kuormitustarkasteluihin ja vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutusten arviointiin.

Uudenmaan ELY-keskus organisoii Taasianjoen ja Sipoonjoen automaattisen vedenlaadun seurannan mittausjaksot kesästä 2017 kesään 2018. Lepsämänjoen mittaukset vuoden 2017 aikana ovat kuuluneet osaksi LOHKO II-hanketta (Lohkon ominaispiirteet huomioiva ravinnekuormitusmallinnus ja sen kehittäminen) ja 2018 alusta kesäkuun loppuun nämä mittaukset kustannettiin Uudenmaan ELY-keskuksen toimesta. Mittausten käytännön järjestelyistä vastasi Luode Consulting, joka vastasi myös Sipoonjoen ja Taasianjoen vesinäytteenotosta. Kalibrointi ja vertailunäytteet Lepsämänjoen mittauspisteeltä otettiin VHVSY:n sertifioitun näytteenottajan toimesta.

Tähän raporttiin on koottu kaikkien mittausasemien tulokset toukokuun 2017 lopusta syyskuun 2018 alkuun asti, keskittyen selvittämään muun muassa anturien toimivuutta sekä vertailemaan eri asemien veden laatua ja kuormitusta.

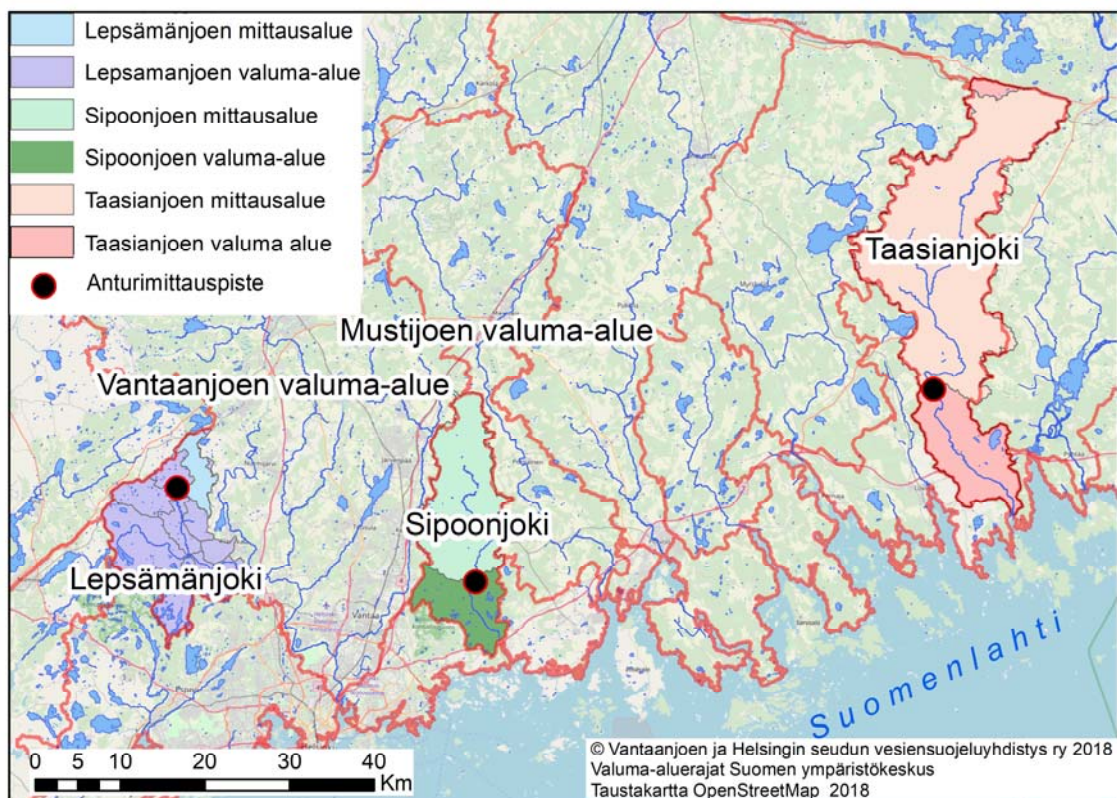
2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Seuranta-alueet

Lepsämänjoen, Sipoonjoen ja Taasianjoen seuranta-alueet sijaitsevat kaikki Suomen etelärannikolla osana Suomenlahteen laskevia jokia (kuva 1). Lepsämänjoen yläosan valuma-alue (23 km²) on noin 10 % koko Lepsämänjoen valuma-alueesta ja noin 1,4 % koko Vantaanjoen valuma-alueesta, jonka yksi suurimmista sivujoista Lepsämänjoki on. Sipoonjoen mittausaseman taakse jäävän valuma-alueen koko on 155 km² ja se kattaa koko joen valuma-alueesta 50 %. Taasianjoen seuranta-alueen koko on 424 km² ja se kattaa koko Taasianjoen valuma-alueesta noin 80 %.

Lepsämänjoen valuma-alueesta 47 % on metsien peitossa ja 37 % on peltoviljelyssä. Rakennetun alueen osuus täällä on 12 %. Taasianjoen seuranta-alueen maankäytöstä noin 65 % on metsää ja sen peltoprosentti on 31. Sipoonjoen mittauspisteen taakse jäävän valuma-alueen pinta-alasta 52 % on metsää ja peltojen osuus on 33 %.

Valuma-alerajaukset tehtiin Suomen ympäristökeskuksen VALUE-työkalulla ja maankäyttöselvitykset perustuvat Corine Landcover (2016) aineistoon. Erot valuma-alerajauksissa kuvassa 1 johtuvat VALUE-työkalun ja Suomen ympäristökeskuksen valuma-aluejako-aineiston tarkkuuseroista.



Kuva 1. Kartta mittausalueiden ja mittausasemien sijainnista eteläisessä Suomessa.

2.2 Virtaaman mittaus ja hydrologiset havainnot

Lepsämänsjoen virtaama laskettiin Sontekin valmistamalla IQ-sensorilla mitatun virtausnopeuden ja uoman poikkileikkauksen pinta-alan perusteella. Ultraääneen perustuva virtaamanmittauslaite mittaa virtausnopeutta uoman eri kohdissa. Laitteen profiiliin syötetty pinta-alatieto kullakin pinnankorkeudella kerrotaan virtausnopeudella ja näin saadaan selville poikkileikkauksen läpi virran veden määrä aikayksikössä (l/s).

Sipoonjoen virtaama määritettiin viereisen Mustijoen virtaaman ja Sipoonjoen mittausaseman taakse jäävän valuma-alueen pinta-alan ja mittausasemalta mitatun pinnankorkeuden vuorokauden keskiarvon perusteella määritetyn purkautumiskäyrän perusteella. Purkautumis-

käyrästä muodostettiin kaksiehtoinen, koska 2.-3.6.2018 mittauspaikan alapuolinen pato rikottiin/patoluukku avattiin ja näin vedenpinta lähti voimakkaaseen laskuun. Purkautumiskäyrä tälle jälkimmäiselle jaksolle muodostettiin erikseen.

Taasianjoen mittausaseman virtaama laskettiin pinta-alaperustaisesti Holmankoskelta mitatun virtaaman perusteella. Holmankosken virtaamanmittausaseman taakse jäävän valuma-alueen pinta-ala on 476,7 km² ja veden laatua mitanseen aseman 424,2 km². Näin pinta-alaperustaiseksi suhdeluvuksi saatiin 0,89.

Lepsämänjoen asemaa koskevat säätiedot on kerätty Nurmijärven Röykän sääasemalta, Sipoonjoen tiedot Helsinki-Vantaan sääasemalta ja Taasianjokea koskevat tiedot on saatu Porvoon Harabackan asemalta.



Kuva 2. Lepsämänjoen (kuvaaja Pasi Valkama), Sipoonjoen ja Taasianjoen mittausasemat (kuvaaja Jaana Marttila).

2.3 Mittalaitteet ja niiden toimintaperiaate

Jokaisella mittausasemalla oli käytössä YSI:n (YSI inc.) valmistama sensori sekä Lepsämänjoen ja Taasianjoen asemilla tämän lisäksi Scanin (Scan Messtechnik) valmistama spektrofotometriaan perustuva sensori 5 mm kyvetin pituudella. YSI 6920 V2 kahden optisen portin sensoreilla mitattiin Sipoonjoella ja Taasianjoella lämpötilaa, johtokykyä, happipitoisuutta, sameutta ja pH:ta. Lepsämänjoella oli käytössä yhdellä optisella portilla varustettu YSI 600 XLM V2 sensori mittamassa lämpötilaa, johtokykyä ja happipitoisuutta.

YSI:n johtokykyksen toiminta perustuu veden aiheuttaman jännitehäviön mittaamiseen neljän nikkelielektrodin avulla. Kahteen elektrodiin johdetaan sähkövirta ja kaksi elektrodia mittaa jännitehäviön. Mitä suurempi on jännitehäviö elektrodien välillä, sitä pienempi on veden johtokyky. Jännitteen muutos konvertoidaan edelleen konduktanssiksi, joka muunnetaan vakio muutujan avulla johtokyvyksi. Johtokyky on hyvin lämpötilariippuvainen muuttuja ja siksi se yleensä esitetäänkin lämpötilakorjattuna (25 °C) arvona.

YSI:n pH-sensorin toiminta perustuu H⁺-ionien konsentraation mittaamiseen sensorin sisäisessä vertailuliouksessa sekä mitattavassa vedessä. Mittaamiseen käytetään hopeakloridilankaa. Konsentraatioero vertailuliouksessa ja mitattavassa vedessä aiheuttaa jännite-eron, joka on verrannollinen veden pH-arvoon.

Optinen hapen mittaustapahtuu yleisesti tunnetun periaatteen mukaan, jossa liuenut happi vaikuttaa sensorin reaktioliouksen luminesenssin tehokkuuteen, kun sitä valaistaan tietyn aallonpituuden valolla. Sensorin fotodiodi mittaa signaalin voimakkuutta ja mitä enemmän vedessä on happea, sitä enemmän signaali vaimenee. Täten liuenneen hapen pitoisuus mitattavassa vedessä on kääntäen verrannollinen signaalin voimakkuuteen. Sensorissa on ohut membraanikalvo, jonka läpi happea diffundoituu.

Sameussensorissa veteen johdetun valosignaalin sirontaa mitataan sensorin detektorilla. Mitä enemmän vedessä on valon sirontaan vaikuttavia hiukkasia (kiintoainetta), sitä enemmän valo hajoaa ja sitä vähemmän takaisin siroavaa valoa detektori havaitsee. YSI:n sameussensoreissa hyödynnetään valonlähteenä LED-valoa joka emittoi 830-890 nm aallonpituuden valoa, jonka takaisin sirontaa mitataan 90 asteen kulmassa LED:in nähden.

Scanin sensorit mittaavat eri aallonpituudella (200-750 nm) tapahtuvan valon vaimenemista valon kulkiessa näytteen läpi. Eri yhdisteiden vaikutus näkyy eri aallonpituusalueilla. Sensori hyödyntää kahta valonlähdettä (xenon), joista toinen toimii referenssinä valon muutoksille laitteen ikääntyessä. Tämä mahdollistaa laitteen sisäisen laaduntarkkailun. Valonlähteen ja detektorin välinen etäisyys (kyvetin pituus) voidaan valita sen mukaan, kuinka sameaa vesi on ja millaisia pitoisuuksia halutaan havaita. Samea vesi vaatii lyhyemmän kyvetin, jotta valo kulkee detektorille asti. Lepsämänjoella ja Taasianjoella oli käytössä 5 mm kyvetillä varustetut sensorit, joilla mitattiin nitraattipitoisuutta. Sensorit oli varustettu automaattisella paineilmapuhdistuksella osana mittausten laadunvarmennusta. Scanin sensorissa sameuden mittauseriaate poikkeaa mittauskulman osalta YSI:n mittaustavasta. Molemmissa mitataan kuitenkin valon sirontaa aiheuttamaa valon vaimenemista. YSI:n käyttämä sameuden yksikkö on NTU (Nephelometric turbidity unit) ja Scanin FTU (Formazin turbidity unit). Yksiköiden nimet viittaavat mitta- ja kalibrointiperiaatteeseen.

Mittausten toteutuksesta vastasi Luode Consulting Oy, jonka palvelimelle mittaustiedot siirtyivät kaksi kertaa vuorokaudessa. Datapalvelun kautta mittaustietoja pääsi tarkastelemaan lähes reaaliajassa ja tätä mahdollisuutta hyödynnettiin esimerkiksi Lepsämänjoen näytteenoton ajoittamisessa. Antureiden huoltoväli kesäaikaan oli keskimäärin 2 viikkoa ja syksyllä, talvella ja keväällä noin yksi kuukausi. Jos mittaustiedoissa havaittiin toimenpiteitä vaativia häiriöitä säännöllisten huoltoajankohtien välisenä aikana, käytiin asemalla tekemässä ylimääräinen huolto. Reaaliaikainen tieto veden laadusta ja antureiden toiminnasta on osa anturimittausten laadunvarmennusketjua, jolla varmistetaan mahdollisimman lyhyet katkot mittauksissa sekä aineiston luotettavuus.



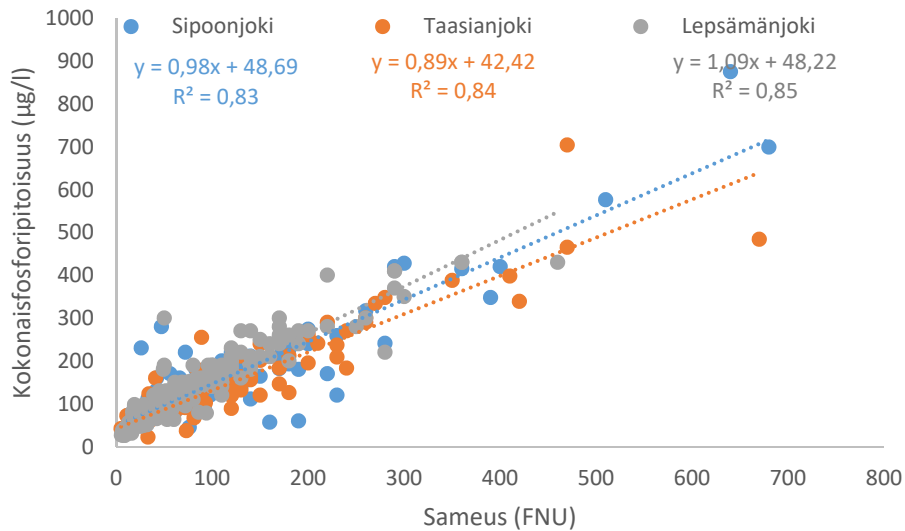
Kuva 2. Vasemmalla YSI:n johtokykyä, sameutta, pH:ta ja lämpötilaa mittaava anturi. Oikealla Scan Spectrolyser automaattisella paineilmapuhdistuksella varustettuna (kuvat Pasi Valkama).

2.4 Aineiston kalibrointi

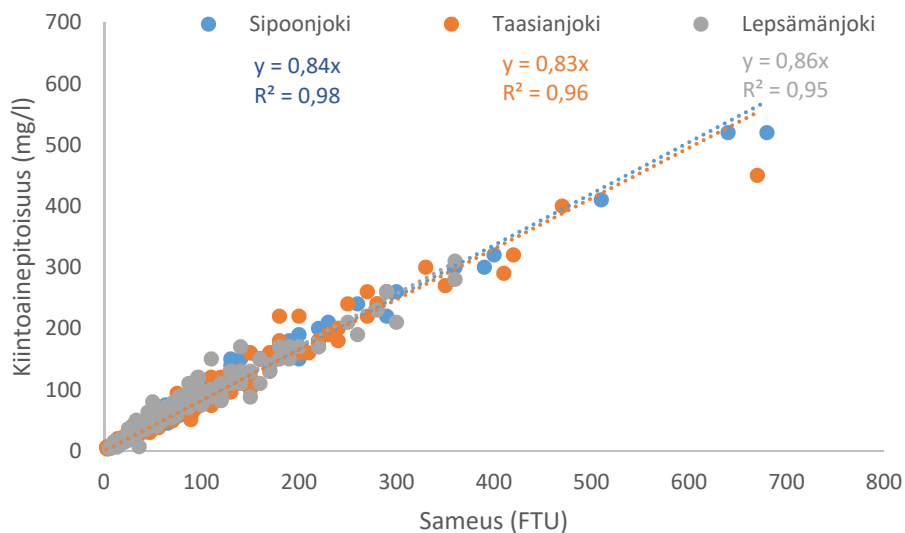
Kaikilta mittauspaikoilta otettiin vesinäytteitä laboratoriossa tehtäviä määrittämiä varten. Analyysien tulokset on esitetty liitteessä 1. Laboratorioanalyysijä käytettiin anturidatan kalibrointiin. Lepsämänjoen näytteistä analysoitiin veden sameus, pH, johtokyky, happipitoisuus, nitraatti+nitriittitypen summa, kokonaistyyppi, ammoniumtyppi, kokonaisfosfori, liukoinen kokonaisfosfori, fosfaattifosfori, kiintoaine (npc ja GF/C) sekä kemiallinen hapenkulutus. Taasianjoen analyysivalikoimaan kuuluivat sameus, pH, johtokyky, happipitoisuus, nitraatti+nitriittitypen summa, kokonaistyyppi ja kokonaisfosforipitoisuus. Sipoonjoelta määritettiin veden sameus, pH, johtokyky ja happipitoisuus. Analyysitulokset löytyvät myös ympäristöhallinnon Hertta-tietokannasta.

Savisilla valuma-alueilla, joissa fosfori tyypillisesti huuhtoutuu pääasiallisesti kiintoaineeseen sitoutuneena, voidaan anturin mittaaman sameuden ja vesinäytteistä laboratoriossa määritetyn kokonaisfosforipitoisuuden välistä yhteyttä hyödyntää tiheän pitoisuusaineiston tuottamiseen. Sama koskee sameuden käyttämistä kiintoainepitoisuuden määrittämiseen.

Lepsämänjoen osalta käytettiin sameuden ja kiintoainepitoisuuden sekä sameuden ja kokonaisfosforipitoisuuden välisen yhteyden määrittämiseen vuosien 2007–2017 aikana otettuja näytteitä ($n=152$). Taasianjoen osalta vastaavat muuntoyhtälöt muodostettiin läheiseltä näytepisteeltä (Taasianjoki 9,6) vuosien 2006–2018 välisenä aikana otetuista näytteistä ($n=178$) määritettyjen laboratoriotulosten perusteella. Vaikka sensorin mittaama ja laboratoriossa mitattu sameus ovat yleisesti varsin yhteneviä, lisää tämä epäsuora suhteen määrittäminen jonkin verran tulosten epävarmuutta. Aineistosta määritetyt kulmakertoimet vastasivat kuitenkin hyvin yleisesti savisilta valuma-alueilta määritettyjä sameuden ja kiintoainepitoisuuden sekä sameuden ja kokonaisfosforipitoisuuden välistä suhdetta. Sipoonjoen sameus/kiintoainepitoisuus ja sameus/kokonaisfosforipitoisuus korrelaatio määritettiin pitkäaikaisen veden laadun seurantapisteen (Sipoonjoki 4,6) vuosien 2006–2018 aikana kerätystä aineistosta ($n=111$). Kiintoainepitoisuuden määrittämisessä leikkauspiste pakotettiin nollaan, koska vakiot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Tätä puoltaa myös käsitys siitä, että veden sameuden ollessa nolla, myös kiintoainepitoisuus on nolla.



Kuva 3. Lepsämänjoen, Sipoonjoen ja Taasianjoen veden sameus korreloi erittäin merkittävästi kokonaisfosforipitoisuuden kanssa.



Kuva 4. Lepsämänjoen, Sipoonjoen ja Taasianjoen sameuden ja kiintoainepitoisuuden väliset korrelaatiot ovat hyvin samankaltaisia.

Sameuden ja kokonaisfosforipitoisuuden välinen selitysaste oli kaikilla joilla hyvä. Kulmakerroin vaihtelee valuma-alueen koon mukaisesti ollen pienimmällä joella, Lepsämänjoella, kaikkein suurin. Yhtälöiden vakio kertoo fosforin liuenneen fraktion keskipitoisuudesta. Jos sameus mittauspäikoillä olisi nolla, niin fosforia olisi vedessä vielä liuenneessa muodossa noin 49, 42 ja 48 µg/l Sipoonjoen, Taasianjoen ja Lepsämänjoen asemilla.

Scanin sensorin tuottama nitraattitypen raakadata kalibroitiin Taasianjoen osalta mittaussätkön aikana vesinäytteistä tehtyjen laboratorioanalyysien avulla ($n = 12$). Sensorin mittaamat arvot korreloivat tällä asemalla paremmin laboratorioissa määritetyn kokonaistypen ($R^2 = 0,84$), kuin nitraatti+nitriittitypen pitoisuuden kanssa ($R^2 = 0,7$). Kalibrointi tehtiin laitetoimittajan puolesta.

Lepsämänjoella Scanin tyypidata on kalibroitu vuosina 2007–2017 kerätyn kokonaistyyppipitoisuutta koskevan kalibrointiaineiston perusteella ($R^2 = 0,95$, $n = 152$).

3 Tulokset

3.1 Antureiden toiminta mittausjaksolla

Automaattianturit toimivat hyvin kaikilla mittausasemilla. Puuttuvien havaintojen osuus datan kokonaismäärästä eri muuttujilla oli Taasianjoella 1,0–1,4 %, Sipoonjoella 0–1,5 % ja Lepsämänjoella 0–2,3 % (taulukko 1). Kaikilla asemilla puuttui eniten havaintoja sameudesta. Menetetyn datan määrä on joka tapauksessa niin pieni, että sillä ei ole kokonaisuuden kannalta merkitystä. Puutokset koostuivat yleisesti yhden tai muutaman tunnin jaksoista ja lopulliseen käsiteltyyn aineistoon nämä puuttuvat arvot interpoloitiin. Lepsämänjoen sameusmittaus on toteutettu Scanin anturilla ja se on hivenen herkempi häiriöille kuin YSI:n sameussensori. Esimerkiksi veden jäähtyessä lähelle nollaa astetta saattaa vedessä oleva hyide häiritä sameusmittausta. Jääkanen alla mittausten tekeminen onnistuu taas varmemmin.

Taulukko 1. Eri muuttujien puuttuvat mittaustulokset suhteessa datan kokonaismäärään eri mittauspaikoilla.

| | | Lepsämänjoki | | | | | | |
|------------------|--|----------------|-----------------------|-------------------|-----|--------------------|--------------|-----------------------------|
| Puuttuvia arvoja | | Lämpötila (°C) | Happipitoisuus (mg/l) | Johtokyky (µS/cm) | pH | Pinnankorkeus (cm) | Sameus (FTU) | NO ₂₊₃ -N (mg/l) |
| n | | 0 | 0 | 119 | - | 0 | 256 | 208 |
| % | | 0 | 0 | 1,1 | - | 0 | 2,3 | 1,9 |
| | | Sipoonjoki | | | | | | |
| Puuttuvia arvoja | | Lämpötila (°C) | Happipitoisuus (mg/l) | Johtokyky (µS/cm) | pH | Pinnankorkeus (cm) | Sameus (NTU) | NO ₂₊₃ -N (mg/l) |
| n | | 4 | 55 | 133 | 24 | 0 | 172 | - |
| % | | 0,04 | 0,5 | 1,2 | 0,2 | 0 | 1,5 | - |
| | | Taasianjoki | | | | | | |
| Puuttuvia arvoja | | Lämpötila (°C) | Happipitoisuus (mg/l) | Johtokyky (µS/cm) | pH | Pinnankorkeus (cm) | Sameus (NTU) | NO ₂₊₃ -N (mg/l) |
| n | | 126 | 126 | 147 | 142 | 124 | 157 | 113 |
| % | | 1,1 | 1,1 | 1,3 | 1,3 | 1,1 | 1,4 | 1,0 |

Vertailtaessa anturien mittaustuloksia vastaaviin laboratoriossa määritettyihin tuloksiin, voidaan havaita muuttujakohtaisia ja mittauspaikkakohtaisia eroja (taulukko 2). Johtokyvyn ja pH:n mittaaminen näyttäisi tulosten perusteella olevan varmatoimista ja vastaavan hyvin laboratorioanalyysien tuloksia kaikilla mittauspaikoilla. YSI:n pH-sensorille luvataan $\pm 0,2$ yksikön tarkkuus ja laboratoriomäärityksen epävarmuus on 3 %. Johtokyvylle vastaavat lukemat ovat $\pm 0,5$ % ja 5 %.

Happipitoisuuden osalta tulokset ovat hyviä Lepsämänjoen ja Taasianjoen osalta, mutta Sipoonjoen tuloksissa on enemmän hajontaa ja suhteellinen ero anturitulosten ja laboratoriomääritysten välillä on keskimäärin 11,5 %. Happisensorin valmistaja lupaa mittaustarkkuudeksi ± 1 % välillä 0–20 mg/l ja laboratorion ilmoittama epävarmuus happianalyysille on 10 %. Happipitoisuus voi olla virtavesissäkin erityisesti kesäaikaan voimakkaasti riippuvainen mittaussyvyydestä. Jos anturin mittaussyvyyden ja näytteenotto-syvyyden välillä on eroa, voivat tulokset helposti poiketa toisistaan.

Sameus voi samoin olla riippuvainen mittausyvyydestä. Toisaalta savisten alueiden virtavesissä saviaines sekoittuu helposti tasaisesti koko vesipatsaan syvyydeltä. YSI:n sameussensorin mitaustarkkuus on valmistajan ilmoituksen mukaan ± 2 % ja laboratorioanalyysin epävarmuus 15 %. Scanin mittaaman sameuden tarkkuus riippuu kalibrointiaineiston tarkkuudesta. Lepsämänjoen osalta sameuden kalibrointi on toteutettu 10 vuoden aikana kertyneen aineiston perusteella ja selitysaste sensorin sameuden ja laboratorioissa määritetyn sameuden välillä on 93 %.

Taulukko 2. Anturin mittaaman tuloksen ja laboratorioanalyysin erojen vaihteluvälin itseisarvo (Δ OI) sekä keskimääräinen suhteellinen ero.

| Mittauspaikka | Happipitoisuus | | Johtokyky | | pH | | Sameus | |
|---------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|-------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| | Δ OI mg/l | suht ero (%) | Δ OI mS/m | suht ero (%) | Δ OI | suht ero (%) | Δ OI NTU,FTU | suht ero (%) |
| Lepsämänjoki | 0 - 0,6 | 1,7 | 0 - 0,2 | 0,5 | - | - | 1 - 18 | 13,3 |
| Sipoonjoki | 0,1 - 1,9 | 11,5 | 0 - 0,8 | 2,2 | 0 - 0,3 | 2,1 | 1 - 30 | 13,3 |
| Taasianjoki | 0 - 1,4 | 4,5 | 0 - 1,2 | 3,4 | 0 - 0,4 | 2,4 | 0 - 15 | 5,8 |

3.2 Virtaama ja valunta

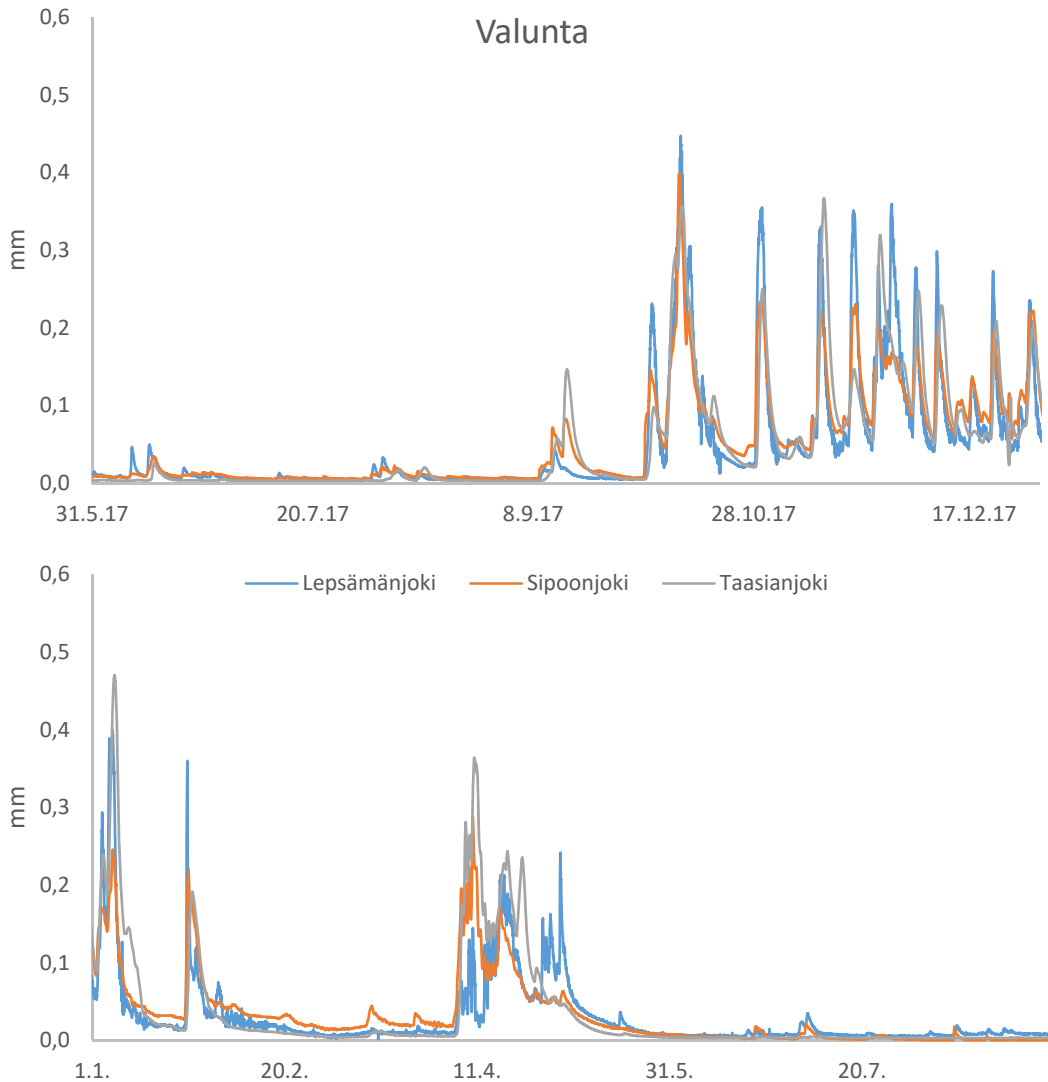
Lepsämänjoen virtaama vaihteli mittausjakson aikana välillä 0,01–2,86 m³/s keskivirtaaman ollessa 0,26 m³/s. Sipoonjoen virtaaman minimiarvo kesällä 2017 oli 0,21 m³/s, mutta 2018 minimiarvosta ei ole varmaa tietoa mittauspaikan alapuolisen patoluukun avaamisen johdettua voimakkaaseen veden pinnan laskuun ja siten pienimpien virtaama-arvioiden epätarkkuuteen. Keskivirtaama koko mittausjaksolla oli kuitenkin 1,80 m³/s ja maksimi 17,17 m³/s. Taasianjoen virtaama vaihteli välillä 0,35–55,39 m³/s keskivirtaaman ollessa 5,09 m³/s. Korkeimmillaan virtaamat olivat lokakuussa, mutta lähes yhtä korkea virtaamapiikki syntyi talvitulvan yhteydessä tammikuun 2018 alussa. Syksyn 2017 sademäärät (loka-joulukuu) olivat ennätysellisen korkeita (taulukko 3). Seurantakohteiden tuntikohtainen valunta on esitetty kuvassa 5.

Taasianjoki jäätyn ensimmäisen kerran joulukuun 2017 alussa, mutta jäät sulivat pian. Kaikki joet jäätyivät joulukuun lopussa, mutta jää sulii jälleen tammikuun alun tulvatilanteessa. Pidempiaikainen jääpeite vallitsi joissa tammikuusta aina huhtikuulle asti, jolloin ilman nopea lämpeneminen johti virtaamien kasvuun ja jäiden lähtöön. Tammikuun lopussa hetkellisen lämpenemisen seurauksena syntynyt tulva sai veden virtaamaan jään päällä.

Koko mittausjakson aikaiset valunnat olivat kaikilla valuma-alueilla hyvin samankaltaiset. Saateesta 44–47 % muuttui valunnaksi valuman ollessa 11,3–12 l/s/km². Arvot ovat eteläiselle Suomelle tyypillisiä. Sademäärä vaikuttaa valuntaan erityisesti kasvukauden ulkopuolella, jolloin haihdunta on vähäistä. Kesällä sadevesi imeytyy myös maahan ja kasvillisuuden käyttöön. Kevätvaluntaan vaikuttaa eniten talven aikana kertyneen lumen vesiarvo ja siten valunnat ovat keväällä tyypillisesti korkeita suhteessa sademäärään. Sipoonjoen virtaamanmittauksen epävarmuus kesäkuusta 2018 alkaen johtaa todennäköisesti liian pieniin valunta-arvoihin ainakin elokuussa 2018. Tällä ei kuitenkaan ole suurta vaikutusta esimerkiksi kuormituslaskelmiin, koska kesällä kuormitus on pienen virtaaman takia muutenkin vähäistä.

Taulukko 3. Seuranta-alueiden kuukausittaiset valunnat, sademäärät ja keskilämpötila

| kuukausi | Lepsämänjoki | | | Sipoonjoki | | | Taasianjoki | | |
|----------------------|---------------|-----------------|----------------------|---------------|-----------------|----------------------|---------------|-----------------|----------------------|
| | valunta mm | sademäärä mm | keskilämpötila °C | valunta mm | sademäärä mm | keskilämpötila °C | valunta mm | sademäärä mm | keskilämpötila °C |
| 2017 kesäkuu | 8,7 | 66 | 13,0 | 8,4 | 98 | 13,8 | 3,5 | 69 | 13,5 |
| heinäkuu | 3,9 | 37 | 15,2 | 4,8 | 33 | 16,1 | 2,3 | 40 | 15,6 |
| elokuu | 6,0 | 96 | 14,9 | 7,1 | 71 | 15,9 | 4,3 | 81 | 15,8 |
| syyskuu | 6,7 | 52 | 10,7 | 15 | 65 | 11,4 | 16 | 88 | 11,2 |
| lokakuu | 84 | 170 | 4,3 | 80 | 169 | 5,0 | 79 | 173 | 5,2 |
| marraskuu | 84 | 107 | 1,9 | 77 | 108 | 2,7 | 84 | 121 | 2,7 |
| joulukuu | 73 | 98 | -0,1 | 84 | 111 | 0,7 | 82 | 120 | 0,8 |
| 2018 tammikuu | 58 | 71 | -3,0 | 61 | 58 | -2,2 | 82 | 62 | -2,2 |
| helmikuu | 14 | 22 | -9,0 | 21 | 22 | -8,4 | 8,9 | 23 | -8,7 |
| maaliskuu | 6,6 | 23 | -5,5 | 16 | 20 | -4,7 | 4,4 | 24 | -5,0 |
| huhtikuu | 58 | 41 | 4,2 | 68 | 41 | 5,0 | 98 | 49 | 4,6 |
| toukokuu | 25 | 19 | 14,6 | 16 | 9,5 | 15,3 | 11 | 7 | 14,4 |
| kesäkuu | 4,7 | 44 | 14,9 | 3,5 | 37 | 15,8 | 2,3 | 48 | 15,3 |
| heinäkuu | 6,6 | 90 | 20,0 | 2,8 | 75 | 21,2 | 2,4 | 76 | 20,7 |
| elokuu | 6,2 | 70 | 17,0 | 0,6 | 63 | 18,2 | 2,3 | 74 | 18,0 |
| yhteensä | 445 | 1006 | | 465 | 980 | | 481 | 1054 | |

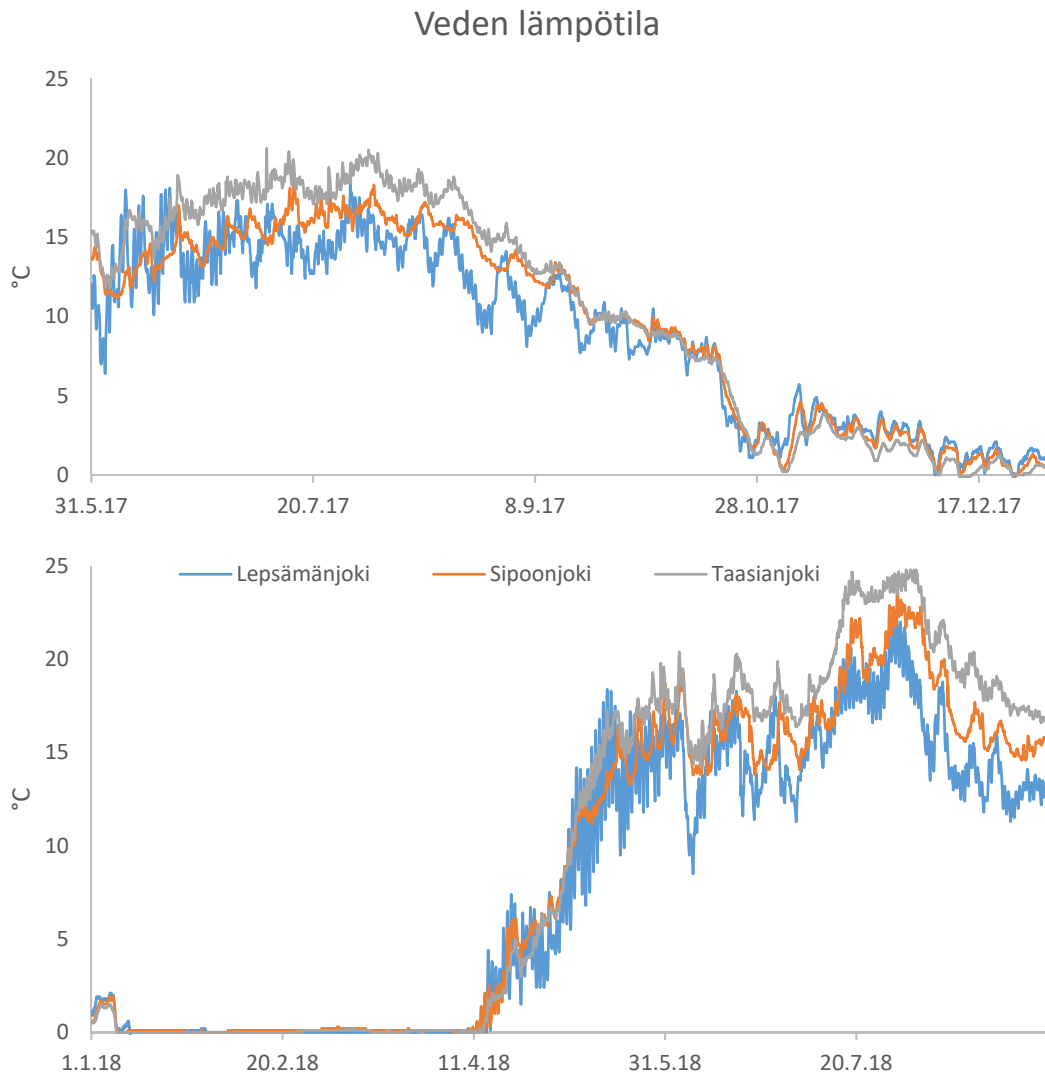


Kuva 5. Seuranta-alueiden valunnat toukokuun lopusta 2017 syyskuun alkuun 2018.

3.3 Veden laatu

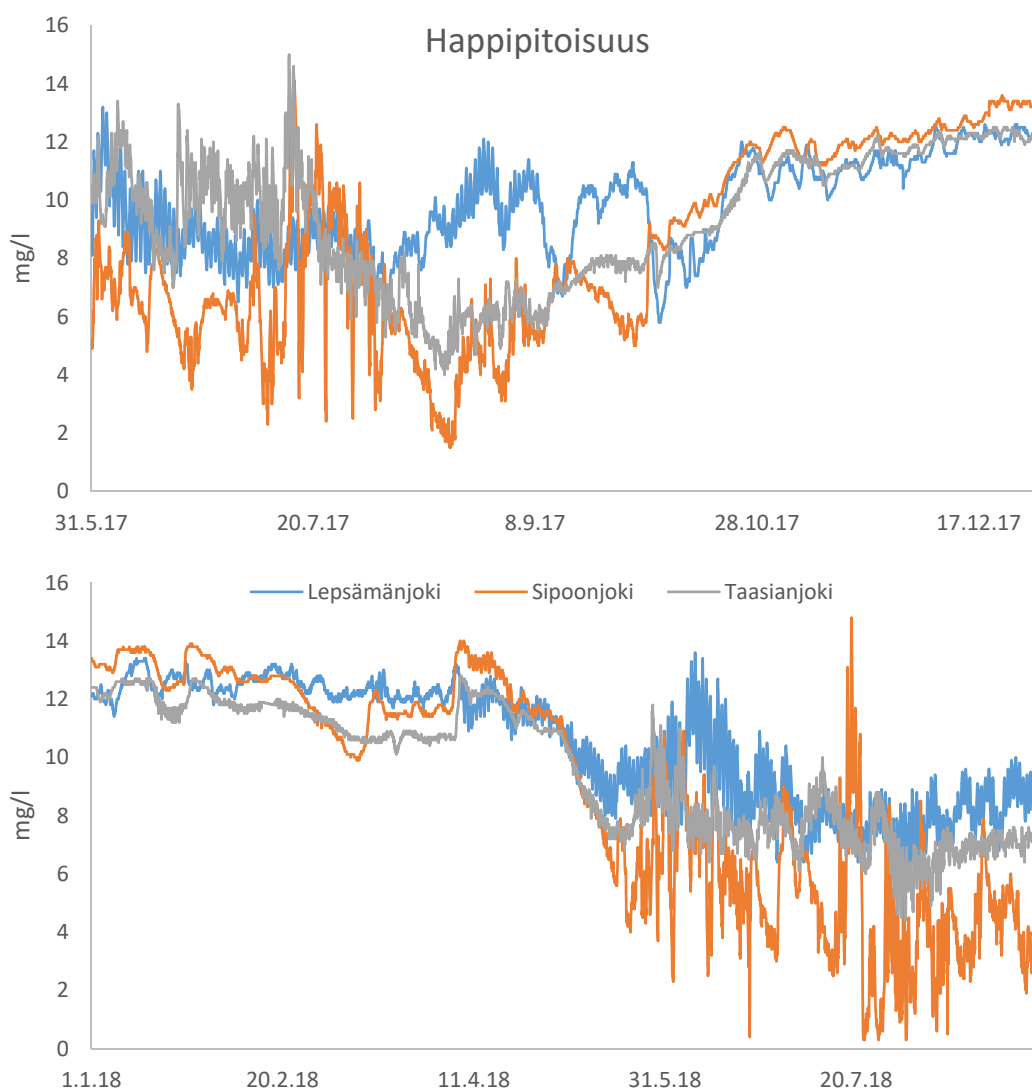
Taasianjoen lämpötila oli keskimäärin tutkimuksen joista korkein (10,0 °C) ja Lepsämänjoen matalin (8,4 °C). Vuorokauden aikainen vaihtelu on kuitenkin Lepsämänjoessa paljon voimakkaampaa, kuin Sipoonjoessa ja Taasianjoessa (kuva 6). Lepsämänjoen vettä jäädyttää erityisesti ke-säaikana pohjavesi, jota jokeen purkautuu I Salpausselän reunamuodostuman uumenista. Kesällä pohjaveden osuus voi joessa olla merkittävä.

Myös vesimassan tilavuus ja mittauspaikan varjoisuus vaikuttanee lämpötilan erilaiseen vaihte-luun mittauspaikoilla. Veden lämpötilan ollessa nolla astetta ovat joet hyvin todennäköisesti jäässä. Virtavesissä jäätyminen saattaa hiukan viivästyä veden liikkeen takia, mutta näiden mit-tauspaikkojen kaltaisissa hitaan virtaaman paikoissa jäätyminen alkaa hyvin pian veden saavu-tettua jäätympisteeseen. Siten kaikilla tämän selvityksen mittauspaikoilla on ollut jääkansi tammi-kuun 2018 puolen välin tienoilta huhtikuun alkuun.



Kuva 6. Veden lämpötilan muutokset mittausasemilla toukokuun lopusta 2017 syyskuun alkuun 2018.

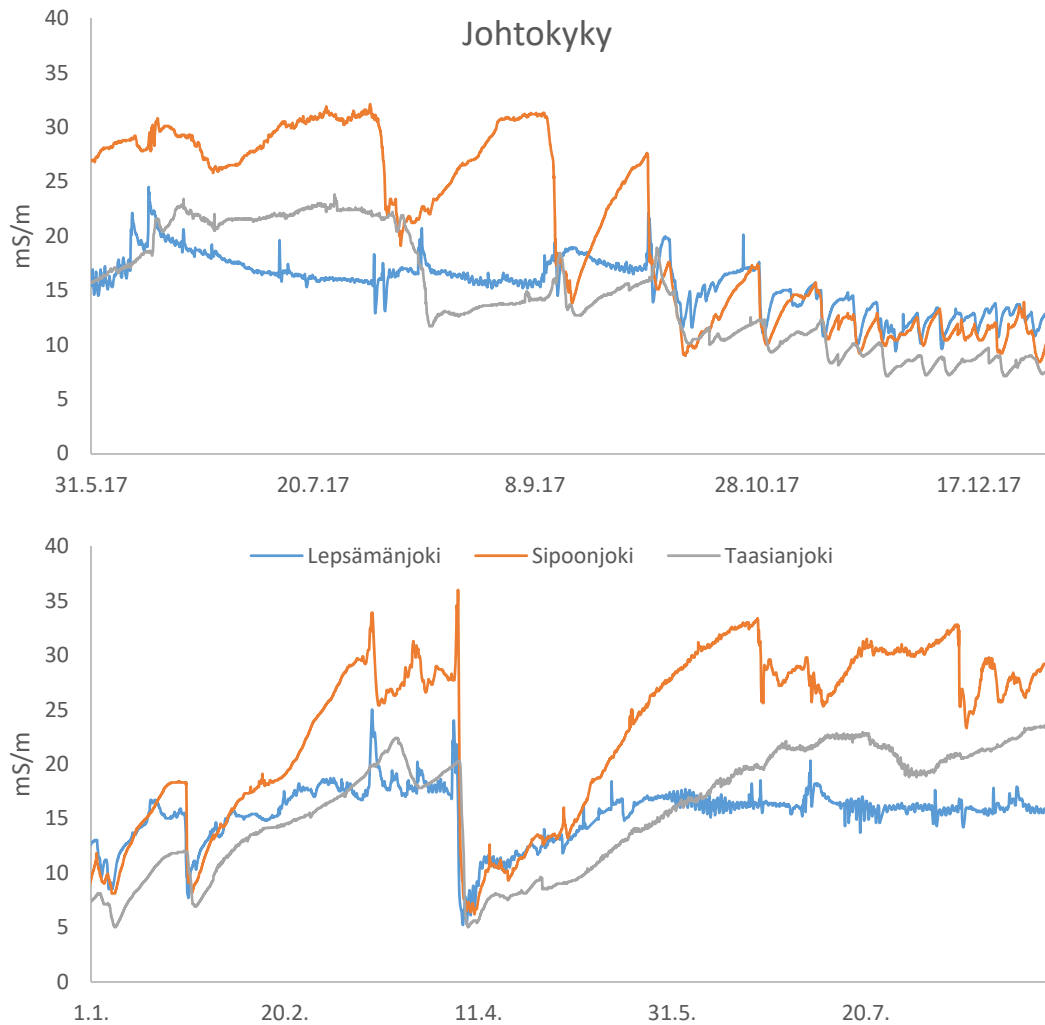
Veden lämpötila ja pohjaveden osuus vaikuttavat myös osaltaan jokien happipitoisuuteen; happi liukenee paremmin kylmään veteen. Lepsämänjoen veden happipitoisuus on keskimäärin korkein (10,2 mg/l) ja Sipoonjoen matalin (8,7 mg/l). Vesiluonnon kannalta merkittävämpää on kuitenkin happipitoisuuden minimiarvot ja niiden ajallinen kesto. Sipoonjoen happipitoisuus on selkeästi kaikkein heikoin ja ajoittain happi oli mittausaseman kohdalta loppunut lähes kokonaan (kuva 7). Erityisesti kesällä 2018 kuivan ja kuumen jakson aikana veden lämpötilan ollessa korkea, mitattiin Sipoonjoessa useampana päivänä peräkkäin vuorokauden minimipitoisuudeksi lähes 0 mg/l. Lepsämänjoessa happipitoisuudet pysyivät koko mittausjakson ajan yli 5 mg/l tasolla ja Taasianjoella pitoisuus oli alle 5 mg/l vain hetkellisesti kesäaikaan. Talvella jokien happi-tilanne oli jääkannesta huolimatta kauttaaltaan hyvä.



Kuva 7. Veden happipitoisuus mittausasemilla.

Johtokyky kertoo veteen liuenneiden suolojen määrästä. Voimakkaasti veden johtokykyä voivat nostaa esimerkiksi sulfaatti ja kloridi tai tietyt metallit, kuten rauta. Lepsämänjoen ja Taasianjoen johtokyky oli keskimäärin (15,5 ja 15,3 mS/m) ja vaihteluväliltäänkin (5,2–25 ja 5,0–23,8 mS/m) hyvin samankaltainen (kuva 8). Sipoonjoen johtokyky oli keskimäärin 22 mS/m ja vaihteluväli 6,2–36 mS/m. Johtokyky oli Sipoonjoessa hyvin korkea kesällä ja talvella, kun valunta oli

vähäistä. Korkean johtokyvyn aiheuttajan selvittämiseksi joesta tarvittaisiin kattavampi näytteenottokampanja laajalla analyysivalikoimalla. Tyypillisesti kun vesimäärä joessa lisääntyy, niin johtokyky laskee laimenemisesta johtuen. Lumen sulaminen saattaa ensin kuitenkin aiheuttaa lyhytaikaisen korkean johtokykyiikin, kuten Lepsämänjoessa ja Sipoonjoessa keväällä 2018 havaittiin, kun lumeen kerääntyneet epäpuhtaudet huuhtoutuvat jokeen.

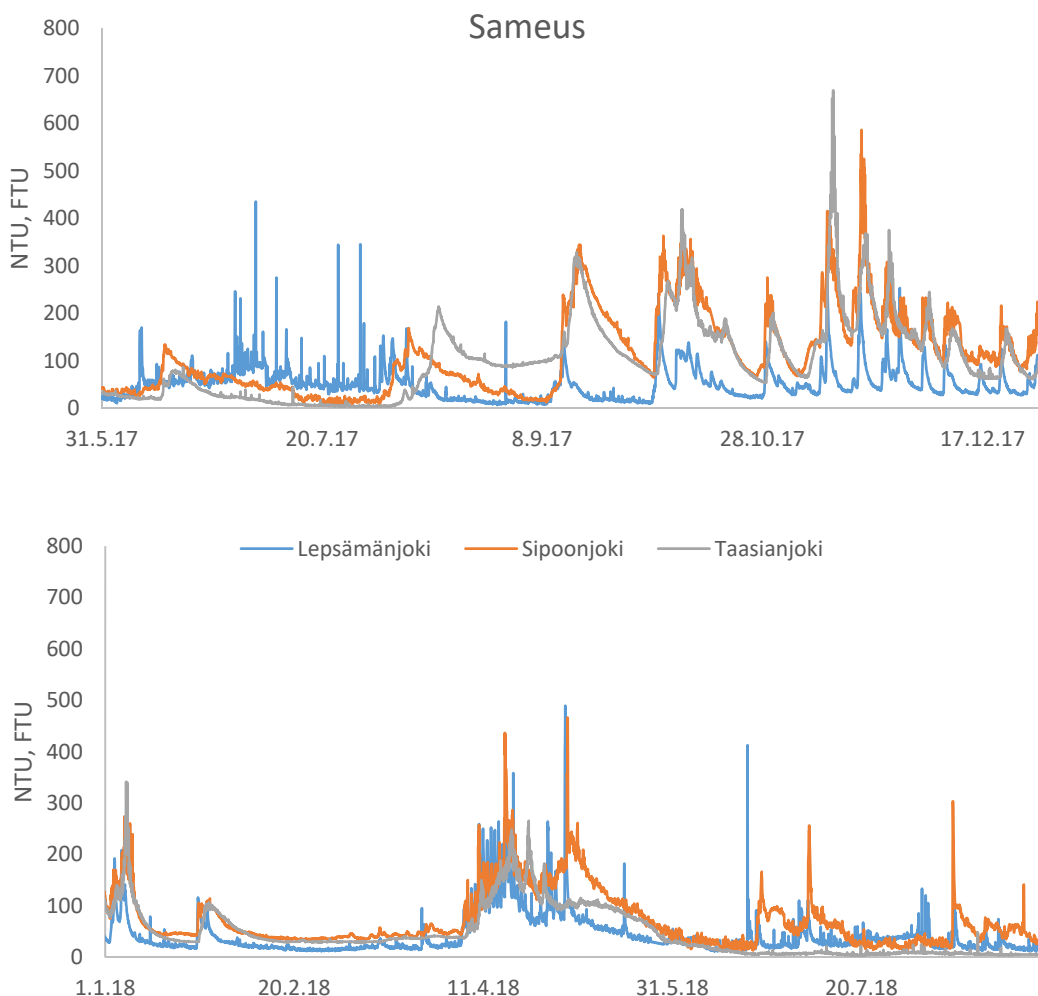


Kuva 8. Veden johtokyky mittausasemilla.

Veden sameus kertoo veteen liettyneen kiintoaineen määrästä. Mitä sameampaa vesi on sitä enemmän se sisältää kiintoainetta. Savivaltaisten alueiden joissa sameus kertoo yleensä myös kiintoaineen mukana kulkeutuvan fosforin pitoisuudesta. Kuten aiemmin tässä selvityksessä todettiin, korreloi sameus ja kokonaisfosforipitoisuus selvästi kaikilla mittauspaikoilla.

Korkein keskimääräinen sameus mitattiin Sipoonjoesta, jossa se oli mittausjakson aikana 90 NTU (kuva 9). Vaihteluväli Sipoonjoessa oli 10–586 NTU. Korkeimmat sameusarvot täällä mitattiin sateisen syksyn 2017 aikana marraskuussa. Samalle sateiselle jaksolle osuu myös Taasianjoen korkein sameus 669 NTU. Taasianjoessa sameuden keskiarvo mittausjaksolla oli 71 NTU ja minimi 3 NTU. Lepsämänjoessa vastaavasti keskimääräinen sameus oli 46 FTU ja vaihteluväli 7–

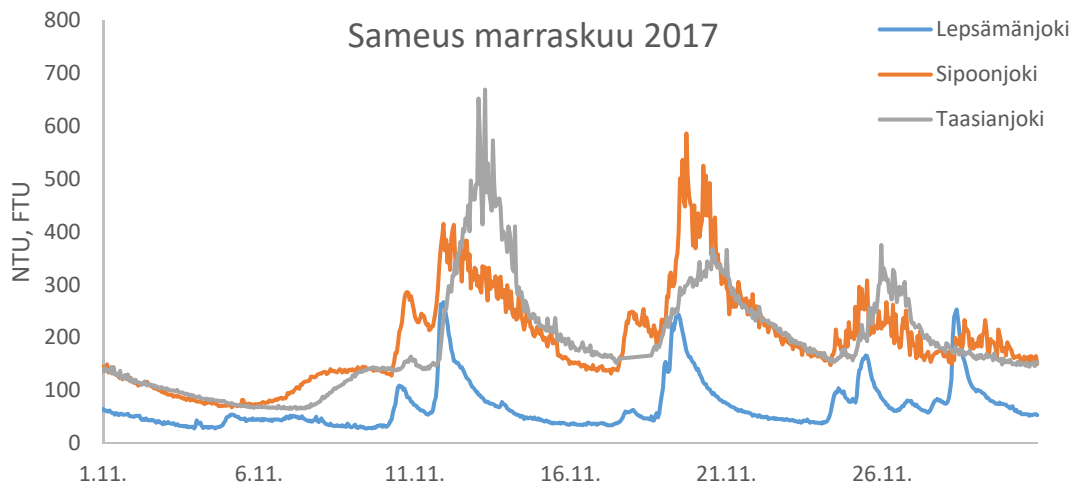
489 FTU. Korkeimmillaan sameus Lepsämänjoessa oli toukokuun 2018 alkupuolella vesisateen aiheuttaman valuntatapahtuman yhteydessä.



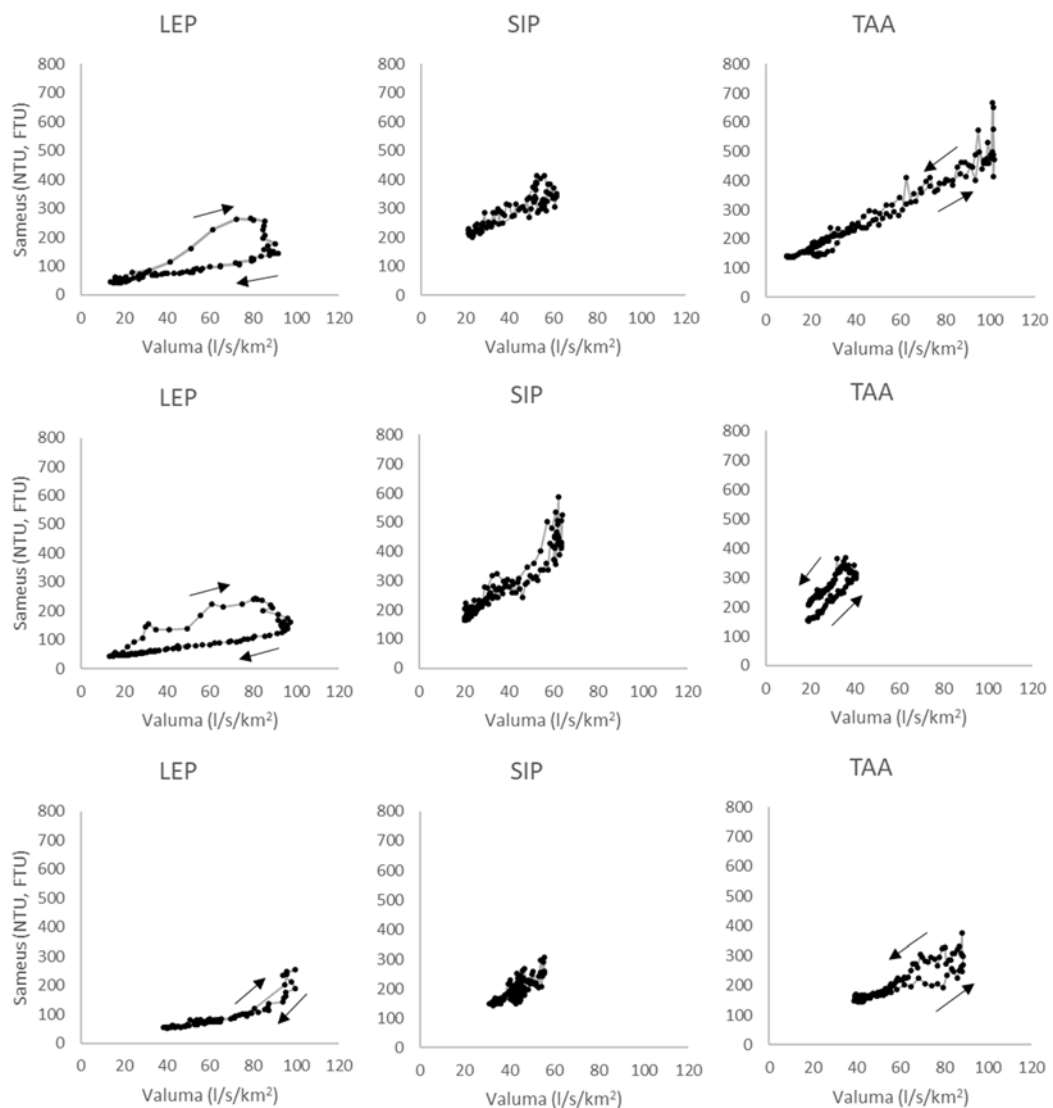
Kuva 9. Veden sameus mittausasemilla.

Sameusarvot vaihtelivat virtaaman vaihtelun mukaisesti kaikilla mittausasemilla. Sipoonjoen ja Taasianjoen sameus jäi tyypillisesti koholle vielä virtaaman jo laskettua takaisin tapahtumaa edeltävälle tasolle. Ilmiö oli vielä voimakkaampi Sipoonjoella. Tämä viittaa siihen, että kiintoaineen lähde on jossain kauempana mittauspisteestä tai siihen, että valunnan ollessa voimakasta tai kestäessä riittävän kauan syntyy eroosiota ja siten kiintoainehuuhtoumaa jostakin uudelta alueelta, joka ei säännöllisesti toimi kiintoaineen lähteenä. Lepsämänjoen sameuteen vaikutti kesäaikana jonkin verran kasteluveden pumppaamisen aiheuttama samentuminen.

Marraskuun 2017 aikaisia sameuksia (kuva 10) erikseen tarkasteltaessa nähdään selvästi erot jokien sameuksien perustasossa ja huippuarvoissa syyssateiden aiheuttamien valuntatapahtumien yhteydessä. Lepsämänjoen sameuden maksimi-arvot jäivät selvästi alle Sipoonjoen ja Taasianjoen sameushuippujen. Sameuspiikki syntyy pienellä Lepsämänjoen valuma-alueella nopeammin suhteessa sateen alkamiseen, kuin isommilla valuma-alueilla.



Kuva 10. Lepsämänjoen, Sipoonjoen ja Taasianjoen sameus marraskuussa 2017.



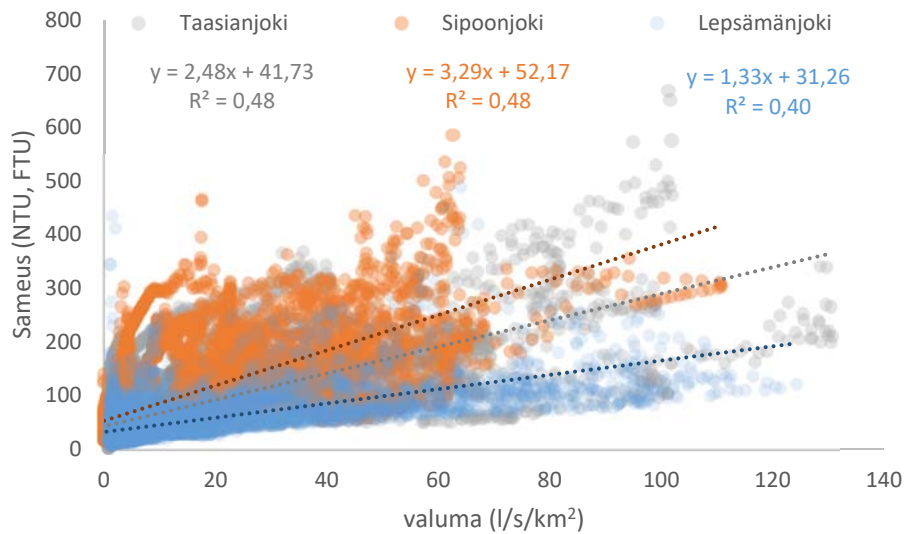
Kuva 11. Lepsämänjoen (LEP), Sipoonjoen (SIP) ja Taasianjoen (TAA) sameuden ja valuman välinen suhde kolmen valuntatapahtuman yhteydessä marraskuussa 2017.

Kuvassa 11 on esitetty kolmen valuntatapahtuman aikaiset hysteresis-kuvaajat (sameuden riippuvuus valunnasta) marraskuun 2017 ajalta. Eri kokoisten jokien vertailun mahdollistamiseksi sameus on esitetty suhteessa valumaan ($l/s/km^2$). Jos sameuden maksimi saavutetaan ennen valuman maksimia, puhutaan positiivisesta hysteresiksestä ja tällöin graafi kiertyy myötävään, kuten Lepsämänjoen tapauksessa. Positiivinen hysteresis saattaa viitata siihen, että tulvan nousuvaiheessa uoman pohjasta lähtee liikkeelle sinne kasaantunutta kiintoainetta aiheuttaen nopean sameuspiikin. Jos kiintoainetta ei huuhtoudu valunnan yhteydessä lisää esimerkiksi maa-alueilta, niin sameus laskee nopeasti takaisin lähtötasolle.

Sipoonjoen kohdalla hysteresis ei kierry selvästi tiettyyn suuntaan, vaikka keskimmaisessä valuntatapahtumassa lievää vastapäivään kiertymistä tapahtuu. Lähempi tarkastelu osoittaa, että Sipoonjoen hysteresis-kuvaaja muodostaa itseasiassa kahdeksikon muotoisia silmukoita. Tämä viittaa siihen, että kiintoainetta huuhtoutuu pääuomaan suuria määriä jostakin joen sivu-uomasta tai sitten jostain etäämmältä eroosioherkältä alueelta. Tämä suspendoitunut kiintoaine saavuttaa mittausaseman vasta valuma-huipun jälkeen ja näin valuman jo laskiessa nousee kiintoainepitoisuus uudelleen.

Taasianjoella hysteresis-ilmiö esiintyy marraskuun 2017 valuntatapahtumien aikaan lievästi negatiivisena, eli sameuden ja valuman riippuvuudesta kertova kuvaaja kiertyy vastapäivään. Ensimmäisen tapahtuman yhteydessä sameus muuttuu tosin varsin selvästi valuman muutoksen mukaisesti. Tämä saattaa viitata uomaeroosion olevan vallitseva kiintoaineen lähde ensimmäisessä tapahtumassa. Toisaalta kahden seuraavan valuntapiikin yhteydessä hysteresis on negatiivinen, eli sameus on valuman laskuvaiheessa suurempi, kun nousuvaiheessa. Tilanne on siis täysin päinvastainen kuin Lepsämänjoen tapauksessa. Tällöin kiintoaine saapuu mittausasemalle jostain kauempana olevasta lähteestä. Kyseessä saattaa olla esimerkiksi eroosioherkkä kynnety peltoalue.

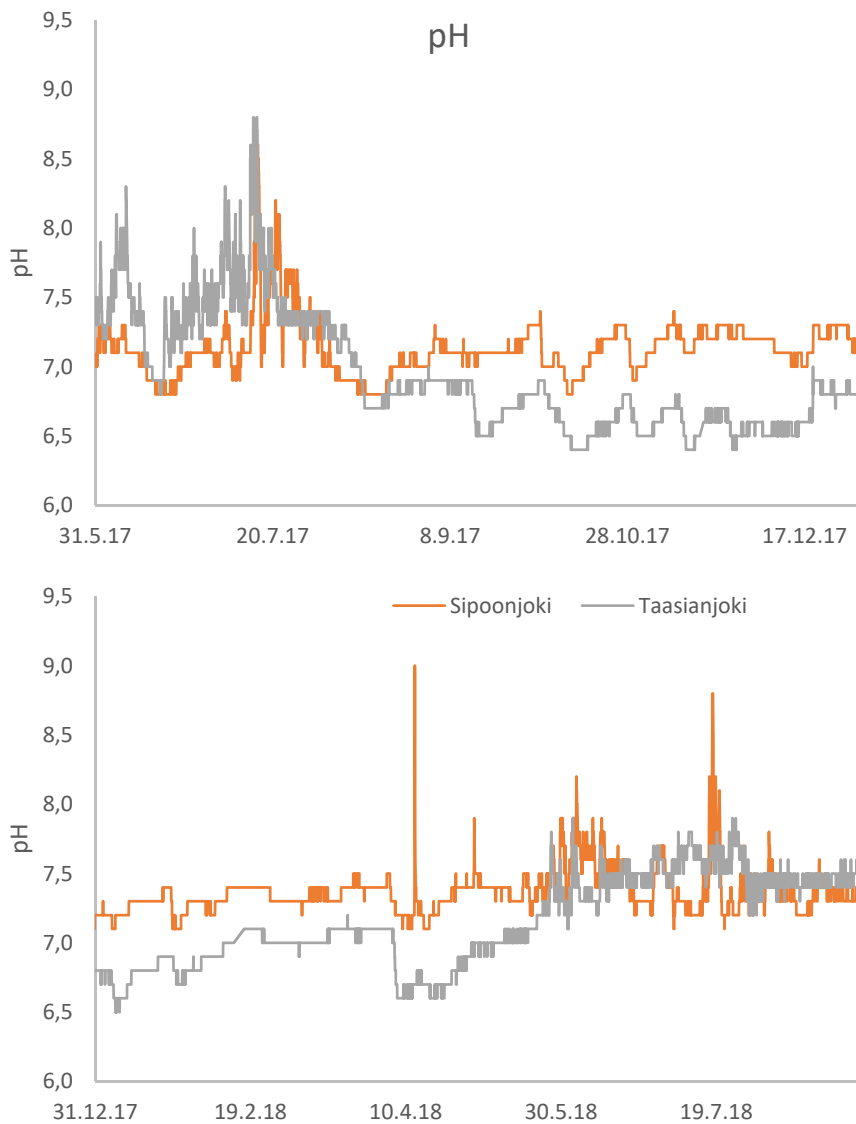
Tarkasteltaessa laajemmalla aikaskaalalla pinta-alakohtaista valuman ($l/s/km^2$) ja sameuden välistä yhteyttä (kuva 12), voidaan havaita, että kaikkein eroosioherkin valuma-alue on Sipoonjoki. Mitä enemmän vettä valuma-alueelta virtaa pois, sitä suuremmaksi kasvaa veden sameus uomassa. Valuman ja sameuden välinen kulmakerroin Sipoonjoessa on yli kolme, Taasianjoessa noin 2,5 ja Lepsämänjoessa reilut yksi. Tämä tarkoittaa sitä, että sama vesimäärä huuhtoo suuremman määrän kiintoainetta Sipoonjoen, kuin Taasianjoen tai Lepsämänjoen valuma-alueilta. Mitä eroosioherkempi on valuma-alue, sitä jyrkempi on kulmakerroin. Kasvipeitteisyyden eroosiota vähentävä vaikutus näkyy Lepsämänjoen tuloksissa selvästi.



Kuva 12. Pinta-alaakohtaisen valuman ja veden sameuden suhde kertoo erikokoisten valuma-alueiden eroosioherkkyydestä.

Sipoonjoessa pH:n vaihteluväli mittausjakson aikana oli 6,8 – 9,0 ja keskiarvo 7,3 (kuva 13). Vastaavasti Taasianjoessa pH vaihteli välillä 6,4–8,8 keskiarvon ollessa 7,1. Kummassakaan joessa pH ei vaikuttaisi juurikaan muuttuvan virtaaman vaihteluista huolimatta, vaikkakin pH jonkin verran laskee korkeimpien virtaamahuippujen yhteydessä. Keskimäärin korkeimmillaan pH molemmissa joissa on kesäaikaan, jolloin rauhallisesti virtaavissa joissa biologinen tuotanto voi muuttaa veden happamuutta. Ilmiö on tuttu rehevissä järvissä, joissa runsas perustuotanto nostaa veden happamuustasoa. Lepsämänjoessa ei mitattu pH:ta sensoreilla, mutta yksittäisten näytteiden perusteella keskiarvo joessa oli 7,0 ($n = 6$).

Sipoonjoessa havaittiin mittausjakson korkein pH-piikki (9,0) huhtikuun 13. päivä 2018. Piikki sijoittuu kahden valuntatapahtuman väliin, joista ensimmäinen on tyypillinen kevätulannan aikainen ilman lämpötilan mukaisesti vaihteleva syklimäinen tapahtuma ja toinen vesisateen aiheuttama. Koska pH ei kuitenkaan muutu virtaaman vaihtelun mukaisesti, ja koska piikki on suhteellisen lyhytaikainen, on kyseessä todennäköisesti jostakin suhteellisen läheltä mittausasemaa tullut päästö. Kyseessä ei ole myöskään mittausvirhe, koska arvot lähtevät nousemaan tasaisesti ja laskevat samoin takaisin lähtötasolle. Tämä viittaa siihen, että jokeen on tullut jostain emäksistä huuhtoumaa. Toisen kerran selvästi perustasoa korkeampia pH-arvoja (maksimi 8,8) mitattiin Sipoonjoessa heinäkuun puolivälissä 2018. Tällöin kyseessä ei kuitenkaan ollut yksittäinen piikki, vaan hellejaksoon liittyvä voimakas perustuotannosta johtuva pH:n nousu. Taasianjoessa yksittäisiä korkean pH:n poikkeustilanteita ei havaittu.



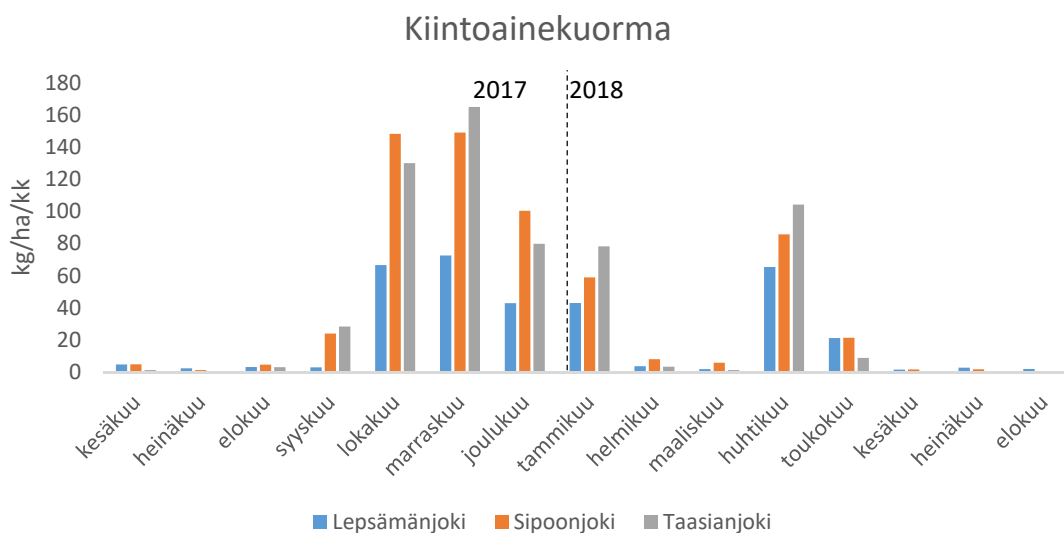
Kuva 13. Sipoonjoen ja Taasianjoen pH.

3.4 Ravinne- ja kiintoainehuuhtoumat valuma-alueilla

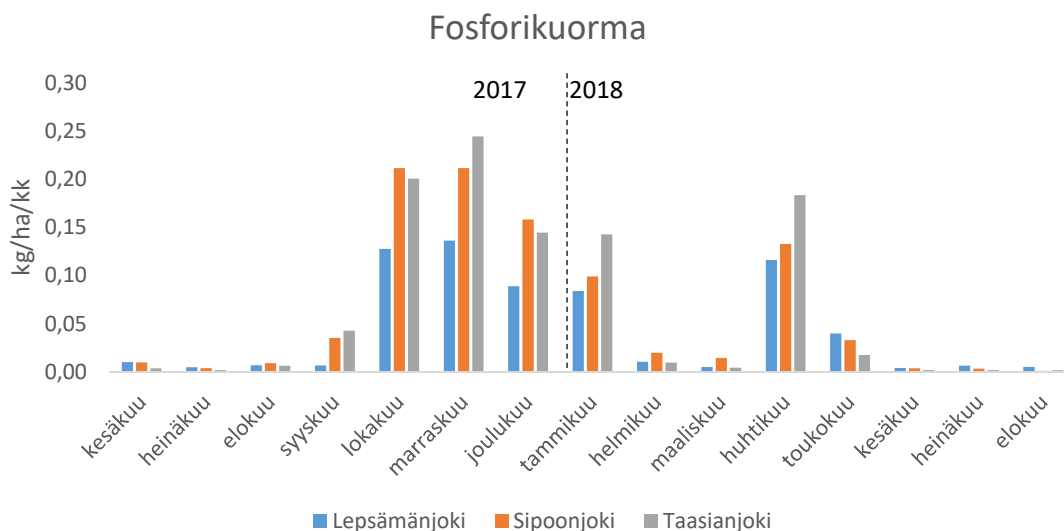
Lepsämänjoessa kulkeutui koko mittausjakson aikana 770 tonnia kiintoainetta (0,4 µm npc suodatus). Suurimmillaan vuorokauden aikana joessa kulkeutui yli 23 tonnia kiintoainetta. Kuorma oli suurimmillaan marraskuussa 2017, kun pitoisuus ja virtaama olivat suuret (kuva 14). Hehtaaria kohden kiintoainekuorma Lepsämänjoella oli tämän 15 kuukauden mittausjakson aikana 336 kg.

Sipoonjoessa kulkeutui toukokuun lopun 2017 ja syyskuun alun 2018 välisenä aikana 9 550 tonnia kiintoainetta. Tämä tekee 616 kg/ha koko jakson aikana. Lokakuun 11. päivä 2017 joessa kulkeutui 345 tonnia kiintoainetta. Kuukausikuorma kohosi Sipoonjoessa huippuunsa marraskuussa 2017. Pinta-alakohtainen kiintoainekuorma valuma-alueella oli 616 kg/ha.

Taasianjoen kiintoainekuorma oli pinta-alaa kohden laskettuna 604 kg/ha. Se tekee mittausjakson aikaiseksi kuormaksi lähes 26 000 tonnia kiintoainetta. Myös Taasianjoella marraskuun 2017 kuukausikuorma oli mittausjakson korkein ja vuorokausikohtainen huippu mitattiin 13. marraskuuta, jolloin joessa kulkeutui yli 1 300 tonnia kiintoainetta. Taasianjoki ja Sipoonjoki ovat eroosion suuruuden perusteella sangen samankaltaisia.



Kuva 14. Mittausalueiden hehtaarikohtaiset kiintoainekuormat kuukausittain esitettynä.

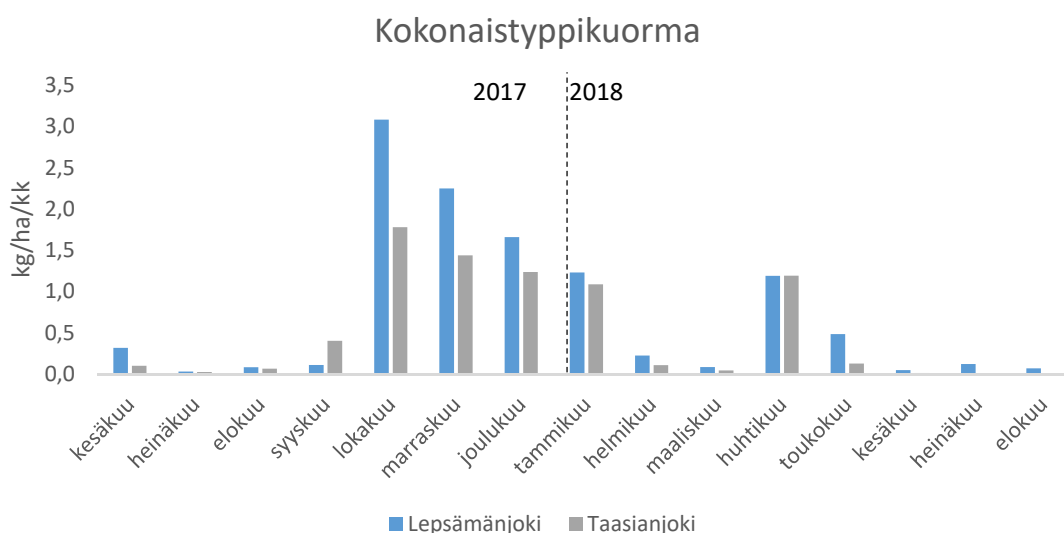


Kuva 15. Lepsämänjoen ja Taasianjoen kuukausittaiset fosforikuormat.

Verrattaessa kokonaisfosforin osalta seuranta-alueita havaitaan niiden noudattavan vastaavaa kuukausikohtaista vaihtelua kuin kiintoaineenkin osalta (kuva 15). Kokonaisfosforikuorma mittausjaksolla oli Lepsämänjoella 0,65 kg/ha, Sipoonjoella 1,01 ja Taasianjoella 0,94 kg/ha. Lepsämänjoella talviaikainen kasvipeitteisyys erityisesti suorakylvön muodossa on yleistä. Pelloista jopa ¾ osaa voidaan laskea kuuluvan talviaikaisen kasvipeitteisyyden piiriin. Sipoonjoen ja Taasianjoen osalta kasvipeitteisyydestä ei ole käytettävissä, mutta kiintoaine- ja fosforikuormien

perusteella voidaan olettaa eroosiolta suojaavan kasvipeitteisyyden olevan vähäisempää näillä alueilla tai niiden olevan muiden ominaisuuksiensa puolesta eroosioherkempää.

Typpikuorman osalta vertailua voitiin tehdä vain Lepsämänjoen ja Taasianjoen välillä. Lepsämänjoen kuorma kasvoi 1,4 kertaa suuremmaksi kuin Taasianjoen kuorma (kuva 16). Lepsämänjoella kokonaistyyppiä huuhtoutui mittausjakson aikana 11 kg/ha kun vastaavasti Taasianjoen valuma-alueelta tyyppiä huuhtoutui 7,6 kg/ha. Vaikka suorakylvön on aikaisemmissa tutkimuksissa todettu vähentävän myös typen huuhtoumaa, on lannoitustasoilla kuitenkin suurempi merkitys typen huuhtoumaan. Mineraalilannoitteiden suuremmista käyttömääristä Lepsämänjoella saattaa kertoa myös nitraatti+nitriittitypen suurempi suhteellinen osuus kokonaistyypestä. Lepsämänjoella suhde on 66 %, kun se Taasianjoella on 46 %. Lepsämänjoella on todettu nitraattitypen suhteellisen osuuden kokonaistyypestä kasvavan voimakkaasti tilanteissa, joissa kylvöjen jälkeinen vesisade huuhtelee lannoitetyyppiä mukaansa pelloilta. Taasianjoen valuma-alueella saattaa karjanlannan osuus lannoituksessa olla suurempi. Lepsämänjoella sitä ei juurikaan ole käytettävissä.



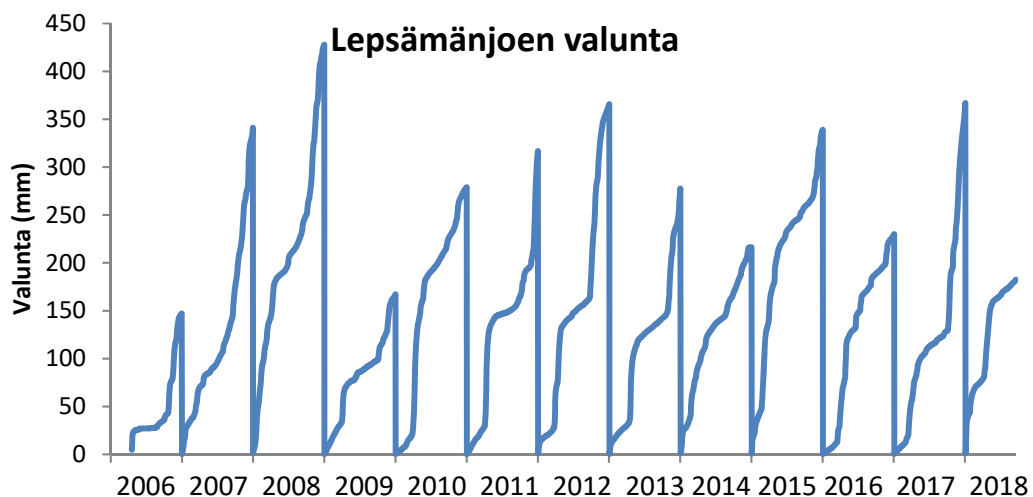
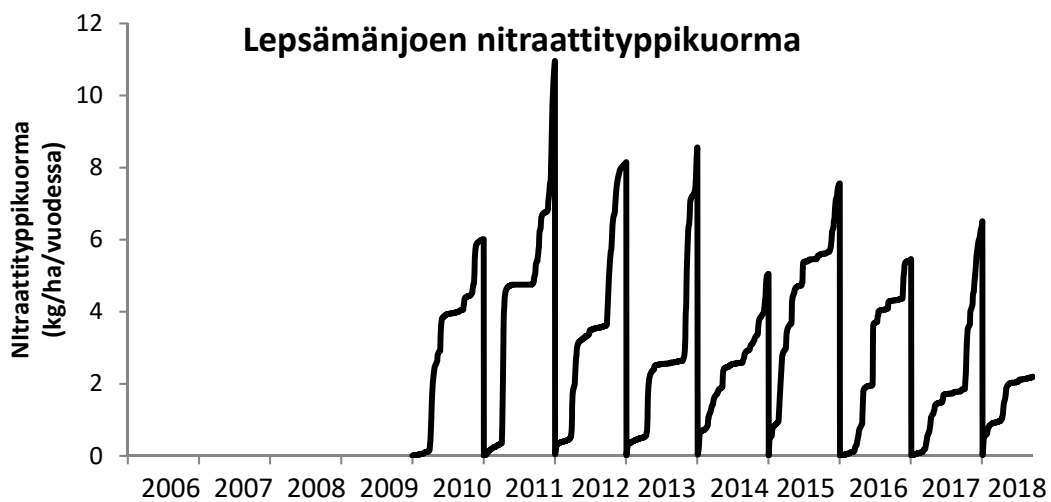
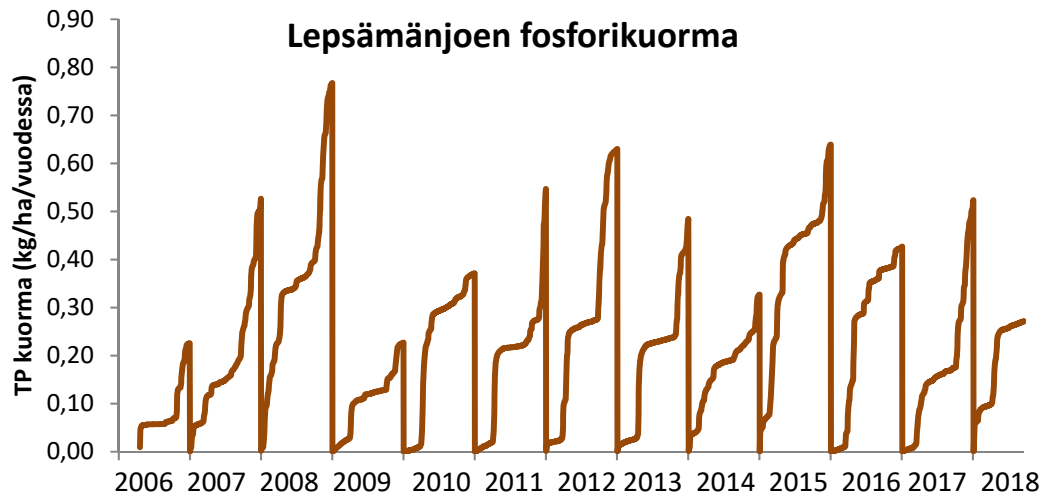
Kuva 16. Lepsämänjoen ja Taasianjoen kuukausittaiset kokonaistyyppikuormat.

Ravinne- ja kiintoainekuormitus kaikkien jokien osalta jakautui seurantajaksolla painottuen hyvin voimakkaasti syksyn 2017 sateiselle jaksolle ja toisaalta huhtikuulle 2018 lumen sulamisen aiheuttaman kevättulvan aikaan. Myös leuto tammikuu 2017 erottuu korkealla kuukausikuormalla. Ilmastonmuutoksen arvellaan vaikuttavan eteläisen Suomen sääoloihin niin, että kuormitusjakauma tulee siirtymään kohti talvikuukausia. Tämä johtuu siitä, että talvet muuttuvat leudommiksi ja sateisemmiksi. Jos lumipeite jää siten ohueksi tai puuttuu kokonaan, jäävät kevättulvat aiempaa pienemmiksi.

Erilaisten hydrologisten vuosien aikainen kuormituksen vaihtelu on havaittavissa kuvasta 17, johon on koottu Lepsämänjoen kumulatiiviset kokonaisfosfori- ja nitraattityypikuormat sekä valunta vuosilta 2006–2018. Automaattimittausarja alkaa huhtikuusta 2006 ja päättyy tässä tapauksessa syyskuuhun 2018. Fosforikuorma on Lepsämänjoessa ollut alimmillaan (0,23

kg/ha) kuivana ja vähäsateisena vuonna 2009 ja korkeimmillaan (0,78 kg/ha) vuoden 2008 saateisissa ja leudoissa olosuhteissa. Fosforikuorma onkin voimakkaasti riippuvainen valunnasta, joka Lepsämänjoella on vaihdellut noin 200 mm ja yli 400 mm välillä.

Eteläisessä Suomessa keskimäärin 40 % sateesta muuttuu valunnaksi riippuen sateen vuodenaikaisesta jakaumasta. Nitraattityppimittaukset alkoivat vuonna 2007, mutta yhtenäiset vuoden läpi jatkuneet mittaukset otettiin osaksi aseman mittauksia vuonna 2010. Suurimmillaan nitraattityppikuorma oli vuonna 2011 (11 kg/ha) ja pienimmillään vuonna 2014 (5 kg/ha).



Kuva 17. Lepsämänjoen vuosittaiset kumulatiiviset kokonaisfosfori- ja nitraattityppikuormat sekä valunta huhtikuusta 2006 syyskuuhun 2018.

4 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta automaattisen veden laadun seurannan olevan oikein toteutettuna varmatoimista ja mittaustulosten osalta sangen tarkkaa. Olennaista on mittausten laadunvarmennusketjun jokaisen osa-alueen toimiminen mittausta paikan valinnasta, mittausten kalibroinnista ja asennuksesta aina datan laadunvarmennukseen ja lopulliseen kalibrointiin asti. Asiallisesti laadunvarmennetusta aineistosta voi tutkija tai asiantuntija sitten tehdä tulkintoja ja johtopäätöksiä luotettavasti oman asiantuntijuutensa rajoissa. Kenttämittausten luotettavuutta pohdittaessa, tulee muistaa, että myös vesinäytteenottoon ja laboratorioanalyysien tekemiseen liittyy epävarmuustekijöitä, joiden johdosta tiettyjen analyysien kokonaisepävarmuus voi ylittää kenttämittausten epävarmuuden.

Tämän tutkimuksen ja VHVSY:n aikaisempien kokemusten perusteella suhteellisen helposti ja varmatoimisesti sensoreilla mitattavia suureita ovat ainakin sähkönjohtavuus, lämpötila, happipitoisuus, pH ja sameus sekä nitraattitypen pitoisuus. Myös veden pinnankorkeuden mittaamiseen on olemassa tarkkoja ja varmatoimisia laitteita. Tämä suure on avainasemassa virtaamanmittauksia ajatellen.

Koska kaikkia tärkeitä muuttujia ei kuitenkaan voida mitata automaattisesti suoraan vesistöissä, tarvitaan laboratorioanalyysien tuomaa täydentävää tietoa. Antureiden toiminnan ja mittaus-tarkkuuden seurannassa laboratorioanalyysit ovat välttämättömiä. Automaattimittaukset saattavat lisätä ainakin mittausten alkuvaiheessa näytteenoton tarvetta, kun antureiden mittausta paikkakohtaista toimintaa varmennetaan ja kerätään kattavaa kalibrointiaineistoa. Toisaalta tämä näytteenotto voidaan sijoittaa osaksi normaalia vesistökohtaista seurantaohjelmaa. Ylimääräisille näytteenotoille voi tulla lisätarvetta, jos jatkuvatoimiset mittaukset paljastavat poikkeus-tilanteita, joiden alkuperä täytyy selvittää.

Tässä tutkimuksessa vertailtiin pinta-alaltaan erilaisten valuma-alueiden veden laatua ja kuormitusta. Erilaisista pinta-aloista huolimatta valuma-alueet muistuttavat maankäytöltään toisiaan. Lisäksi ne kaikki sijaitsevat Suomen etelärannikolla suhteellisen lähellä toisiaan ja ovat siten ilmasto-olosuhteiltaan myös yhteneviä. Kaikista yhteneväisyyksistä huolimatta veden laadussa ja kuormituksessa havaittiin eroja. Peltoalueilla tehty eroosiontorjunta näyttää vähentävän Lepsämänjoen kiintoaine- ja fosforikuormaa merkittävästi verrattuna Sipoonjoen ja Taasianjoen valuma-alueisiin. Sen sijaan typpikuorma vaikuttaisi muodostuvan korkeammaksi Lepsämänjoella kuin Taasianjoella. Sipoonjoella typpimittauksia ei tehty.

Yleisesti voidaan sanoa, että Sipoonjoen veden laatu oli happipitoisuuden, johtokyvyn ja sameuden perusteella joukon huonoin. Happipitoisuuden ja veden sameuden perusteella Taasianjoen veden laatu oli seurannan joista toiseksi paras ja Lepsämänjoen paras. Lepsämänjoen veden laatu parantaa erityisesti sen pelloilla tehdyt aktiiviset vesiensuojelutoimet, joista talviaikainen kasvipeitteisyys vähentää eroosiota ja fosforihuuhtoumaa selvästi. Peltoalueiden vähentynyt eroosio vähentää myös todennäköisesti orgaanisen aineksen huuhtoutumista, jolla voi olla positiivinen vaikutus esimerkiksi joen happipitoisuuteen.

Ilman tiheällä mittausvälillä tehtyjä automaattimittauksia olisivat seurantakohteiden veden laadullisten muuttujien ääriarvot jääneet hyvin todennäköisesti havaitsematta. Laadun ja määrän vaihtelu virtavesissä on niin nopeaa, että esimerkiksi sameuden ja kiintoainepitoisuuden osalta

valuntatapahtumien yhteydessä esiintyvät piikit edustavat aikasarjassa ajallisesti hyvin pientä osaa havainnoista.

Kaikilla tämän tutkimuksen kohteina olleilla joilla veden laadun ja määrän vaihtelu oli seuranta-aikana hyvin voimakasta. Ilman automaattiseurantaa ei esimerkiksi Sipoonjoen happipitoisuuden voimakasta vaihtelua ja toisaalta hyvin pieniä pitoisuuksia olisi havaittu. Samoin Sipoonjoen lyhytaikainen pH-piikki tai Taasianjoen huippukorkeat sameusarvot olisivat jääneet havaitsematta. Koska tällaisilla havainnoilla on merkitystä jokiluonnon kannalta ja toisaalta myös esimerkiksi oikean kuormitustiedon saamiseksi, tulisi näiden rannikojokien seurantaa tehdä jatkossakin automaattiantureita hyödyntäen. Tätä tarkempaa tietoa voitaisiin hyödyntää jatkossa myös vesien suojeletoimien suunnittelussa ja vesistöjen luokittelutyössä.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu tiheällä mittausvälillä toteutetulla automaattiseurannalla saatavan huomattavasti tarkempia arvioita jokien ja pienten virtavesien kuljettamasta ainevirtaamasta. Koska lyhytaikaiset kuormituspiikit jäävät hyvin todennäköisesti yksittäisillä vesinäytteillä havaitsematta, johtaa tämä useimmiten todellisuutta pienempiin kuormitusarvioihin. Kuormitusarvioiden ja esimerkiksi kuormituksessa tapahtuvien muutosten havaitsemiseksi on ensiarvoisen tärkeää, että myös veden määrää mitataan samalla taajuudella kuin laatuakin. Veden laadun seurantaa voidaan kehittää edelleen kohti automaattimittausten laajempaa hyödyntämistä. Automaattimittauksilla saatavasta aineistosta on niin paljon hyötyä esimerkiksi purojen ja jokien kuormituslaskelmissa, että yksittäisiin näytteisiin perustuviin arvioihin tulee nykytiedon perusteella suhtautua aina hyvin suurella varauksella.

Tarkasta tiheän mittausvälin seurannasta huolimatta tulisi valuma-alueiden ominaisuudet tuntee mahdollisimman hyvin, jotta kaikissa veden laadun muuttujissa havaitut muutokset voitaisiin selittää. Kun automaattimittareilla saadaan tarkkaa tietoa veden laadusta, voi laatuun vaikuttavien tekijöiden ja jopa kuormituksen alkuperän havaitseminen olla mahdollista. Esimerkiksi tässä tutkimuksessa toteutetun yksinkertaisen hysteresis-analyysin perusteella saatiin suuntaa antavaa tietoa valuma-alueiden mahdollisista kiintoaineen ja fosforin lähtöalueista syystulvalanteissa.

Jos automaattimittauksia ei ole mahdollista ottaa osaksi pysyvää, ympärivuotista seurantaa, voidaan miettiä lyhyempien mittauskampanjoiden säännöllistä toteuttamista sen mukaan, mitä halutaan selvittää. Kesällä alivirtaamakaudella sattuneet satunnaispäästöt ovat vesiekosysteemille kova koettelemus, ja niiden vaikutusten ja keston seuraaminen automaattiantureilla tuo varmasti uutta, tärkeää tietoa. Myös vesistön virkistyskäyttäjiä ja mahdollisia kasteluvedenottajia voidaan varoittaa tällaisen tapauksen sattuessa. Lyhyillä kampanjoilla voidaan myös todeta mahdollinen veden laadun tasaisuus tai virtaama/pitoisuus-riippuvuus, jolloin voidaan käyttää virtaaman avulla määritettyä pitoisuutta ja päästä näin ehkä tarkempaan kuormitusarvioon. Jos näytteenottoa ei resurssien puutteen vuoksi voida lisätä, tulisi selvittää edes automaattisten virtaamamittausten lisäämistä.

Sipoonjoen ja Taasianjoen korkeat sameudet kertovat valuma-alueella tapahtuvasta suuresta eroosiomäärästä. Veden sameus koetaan helposti epämieluisaksi ominaisuudeksi virtavesissä. Samea vesi Sipoonjoessa ja Taasianjoessa tarkoittaa kuitenkin myös suuria kiintoainehuuhtoumia ja mahdollista uhkaa vaelluskalojen lisääntymisalueiden liettymiselle. Kiintoaineen mukana kulkeutuu myös ravinteita, kasvisuojeluaineita ja muita haitta-aineita. Lepsämänjoen esimerkki osoittaa kuitenkin sen, että tällaisten peltovaltaisten valuma-alueiden veden laatuun ja

kuormitukseen on mahdollista vaikuttaa merkittävästi oikeanlaisilla laajoille peltopinta-aloille kohdennetuilla vesiensuojelutoimilla. Sipoonjoen ja Taasianjoen alueilla olisi varmasti kysyntää alueen viljelijöiden ympäristötietoutta lisääville maatalouden vesiensuojeluhankkeille. Jos kasvipeitteisyyden lisääminen nopealla aikataululla on näillä alueilla haastavaa, voidaan väliaikaisina ensiapukeinoina harkita kipsin, rakennekalkin tai ravinnekuittujen hyödyntämistä ravinnehuuhtoumien vähentämisessä.

LIITE 1. Vesinäytteiden analyysitulokset

Sipoonjoki

| Pvm ja klo | Sameus | pH | johtokyky | Happipitoisuus |
|------------------|--------|-----|-----------|----------------|
| | FNU | | mS/m | mg/l |
| 27.6.2017 13:00 | 49 | 7,4 | 26,6 | 7,2 |
| 21.8.2017 12:00 | 90 | 7,2 | 26,4 | 4,6 |
| 29.9.2017 11:00 | 120 | 7,1 | 26,2 | 5,0 |
| 19.12.2017 13:00 | 98 | 7,1 | 11,3 | 11 |
| 1.2.2018 14:00 | 65 | 7,1 | 12,7 | 13 |
| 18.4.2018 16:00 | 230 | - | - | - |
| 16.5.2018 11:00 | 130 | 7,2 | 21,1 | 6,6 |
| 12.6.2018 13:00 | 19 | 7,7 | 31,8 | 9,0 |
| 7.9.2018 5:00 | 26 | 7,3 | 30,4 | 4,9 |

Taasianjoki

| Pvm ja klo | Sameus | pH | johtokyky | Happipitoisuus | NO ₂₊₃ -N | TN | Kokonaisfosfori |
|------------------|--------|-----|-----------|----------------|----------------------|------|-----------------|
| | FNU | | mS/m | mg/l | mg/l | mg/l | µg/l |
| 31.5.2017 8:00 | 37 | 7,8 | 16,6 | 11,2 | 0,040 | 0,94 | 93 |
| 27.6.2017 12:00 | 23 | 7,7 | 21,1 | 10,2 | 2,600 | 3,80 | 85 |
| 21.8.2017 10:00 | 130 | 7,0 | 12,8 | 5,1 | 0,550 | 1,90 | 220 |
| 29.9.2017 9:00 | 94 | 7,0 | 15,2 | 7,8 | 0,910 | 2,10 | 170 |
| 15.11.2017 12:00 | 210 | 6,6 | 7,9 | 10,8 | 0,800 | 2,10 | 240 |
| 19.12.2017 11:00 | 66 | 6,9 | 8,8 | 11,4 | 0,410 | 1,20 | 110 |
| 1.2.2018 11:00 | 76 | 6,8 | 9,3 | 13,6 | 0,870 | 1,40 | 110 |
| 18.4.2018 14:00 | 230 | - | - | - | 0,930 | 2,00 | 240 |
| 16.5.2018 10:00 | 97 | 7,0 | 12,1 | 7,5 | 0,440 | 1,10 | 140 |
| 12.6.2018 13:00 | 14 | 7,7 | 17,7 | 9,1 | 0,006 | 0,65 | 73 |
| 16.7.2018 12:00 | 5,4 | 7,6 | 22,1 | 7,3 | 0,002 | 0,47 | 38 |
| 7.9.2018 7:00 | 4,9 | 7,5 | 23,8 | 7,3 | 0,003 | 0,44 | 37 |

Lepsämänjoki

| Pvm ja klo | Sameus | pH | johtokyky | Happipitoisuus | NO ₂₊₃ -N | TN | NH ₄ -N | Kokonaisfosfori | liuk. Kokonaisfosfori | PO ₄ -P | Kiintoaine (GF/C) | Kiintoaine (npc) | COD _{Mn} |
|-----------------|--------|-----|-----------|----------------|----------------------|------|--------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| | FNU | | mS/m | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | µg/l | µg/l | µg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| 15.2.2018 10:30 | 19 | 7,2 | 14,8 | 12,8 | 0,86 | 1,1 | 0,027 | 45 | 21 | 18 | 6,8 | 16 | 11 |
| 8.3.2018 11:30 | 14 | 7,2 | 17,7 | 12,4 | 1 | 1,1 | 0,048 | 29 | 15 | 14 | 6,8 | 9,2 | 5,9 |
| 28.3.2018 13:30 | 21 | 7,2 | 18 | 11,9 | 0,96 | 1,3 | 0,06 | 46 | 22 | 17 | - | 20 | 8,1 |
| 10.4.2018 13:30 | 76 | 6,8 | 9,1 | 11,7 | 1,2 | 2,1 | 0,06 | 160 | 47 | 33 | 44 | 74 | 13 |
| 12.4.2018 14:30 | 82 | 6,8 | 11,3 | 11,9 | 1,3 | 2,2 | 0,05 | 140 | 28 | 19 | 45 | 61 | 14 |
| 26.4.2018 15:30 | 63 | 7 | 11,9 | 11,6 | 0,73 | 1,5 | 0,02 | 110 | 19 | 12 | 33 | 57 | 15 |



Lepsämänjoen, Sipoonjoen ja Taasianjoen automaattiseuranta 2017–2018

Automaattisen veden laadun seurannan avulla virtavesien tilasta ja ravinnekuormituksesta saadaan tarkkaa tietoa. Automaattimittausten laadunvarmennusketjuun tulee kuitenkin kiinnittää huomiota luotettavan mittausaineiston saamiseksi. Tähän raporttiin on koottu Lepsämänjoen, Sipoonjoen ja Taasianjoen vuosien 2017–2018 aikana tehtyjen automaattimittausten tulokset keskittyen tarkastelemaan antureiden toimintaa suhteessa laboratorioanalyysiin. Automaattimittauksia käytettiin valuma-alueiden kiintoaine- ja ravinnekuormien sekä eri veden laadun muuttujien vertailuun. Lepsämänjoen vesi oli lähes kaikkien muuttujien osalta laadultaan parhaassa kunnossa.



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry

Ratamestarinkatu 7 B, 00520 Helsinki

p. (09) 272 7270, vhvsy@vesiensuojelu.fi

www.vantaanjoki.fi