

Julkaisu 88/2021



Maanläjitysalueiden vaikutukset vesiin sekä haittoja ehkäisevät kalataloudelliset kunnostukset

Loppuraportti

Anna-Liisa Kivimäki
Joonas Clergeaud
Oula Tolvanen



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Julkaisu 88/2021

Maanlajitusalueiden vaikutukset vesiin sekä haittoja ehkäisevät kalataloudelliset kunnostukset -
Loppuraportti

31.8.2021

Laatijat: Anna-Liisa Kivimäki, Joonas Clergeaud ja Oula Tolvanen

Tarkastaja: Saku Nurminen, Keski-Uudenmaan ympäristökeskus

Hyväksyjä: Anu Oksanen, Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry

Kannen valokuvat: Joonas Clergeaud, VHVSY ry

Julkaisu 88/2021

**Maanlajitysalueiden vaikutukset
vesiin sekä haittoja ehkäisevät
kalataloudelliset kunnostukset**
Loppuraportti

Anna-Liisa Kivimäki
Joonas Clergeaud
Oula Tolvanen



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry



Julkaisun nimi	Maanläjitysalueiden vaikutukset vesiin sekä haittoja ehkäisevät kalataloudelliset kunnostukset - Loppuraportti		
Tekijät	Anna-Liisa Kivimäki, Joonas Clergeaud ja Oula Tolvanen		
Sarja	Julkaisu 88/2021	ISBN 978-952-7019-20-7	129 sivua ja liitteet

Kiviainesmateriaalien kierrätyksen ja hyötykäytön lisääntyessä tarve pilaantumattomien ylijäämämaiden välivarastointialueille on suuri. Ne hienoainespitoiset ainekset, joita ei voida hyötykäyttää, joudutaan loppusijoittamaan maakaatopaikoille. Uudenaan alueella uusia maankaatopaikkoja suunnitellaan tyyppillisesti perustettavaksi kiviaineksen louhinta-alueille sen jälkeen, kun maa-aineksen ottolupien mukainen toiminta on päättynyt. Hankkeessamme selvitimme pilaantumattomien ylijäämämaiden läjitys-, käsittely- ja varastointialueiden vaikutuksia niiden ympäristön pintavesien ja pohjavesien laatuun. Lisäksi testasimme kalataloudellisia kunnostusmenetelmiä vaelluskalojen kutusoraikkoihin kerääntyvän kiintoaineksen vähentämiseksi. Vesien laadun seuranta useilla erilaisilla menetelmillä tehtiin vuosina 2019-2020 kolmessa kohteessa Vantaalla, Nurmijärvellä ja Riihimäellä. Samalla jaksolla mitattiin Tuusulanjoella sedimenttikeräimillä kiintoaineksen mukana kulkeutuvien haitallisten aineiden kertymistä soraikkoihin.

Ylijäämämaiden läjitystoiminnan ja mullanvalmistusalueiden vaikutusalueella todettiin ojaivesissä laadun muutoksia, joista kohonnutta sähkönjohtavuutta voidaan pitää toiminnan vaikutuksen yleisindikaattorina. Erityisesti mullanvalmistusalueiden vaikutusalueella ojaivesissä esiintyi kohonneita liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuuksia. Kaikissa seuranta-kohteissa esiintyi ojaivesissä taustapitoisuutta suurempia kloridi-, sulfaatti-, kupari- ja nikkelpitoisuuksia, ja osassa kohteita esiintyi kohonneita kadmium-, lyijy-, molybdeeni- ja sinkkipitoisuuksia. Kohonneet pitoisuudet olivat pääasiassa maltillisia, eikä merkittävää vaikutusta jokiveden laatuun läheisessä jokiuomassa todettu. Raudan ja mangaanin pitoisuudet seuranta-kohteiden ojaivesissä vaihtelivat suuresti. Rautaa ja mangaania kulkeutuu läjitysalueilta ojavesiin partikkelimaisena rautana, joka on saostunut ja sitoutunut kiintoainekseen, sekä liukoisena orgaanisena rautana, joka muodostaa humuksen kanssa rauta-humus-kompleksiyhdisteitä. Ojaivesissä esiintyi ajoittain öljyhiilivetyjä, jotka koostuivat pääasiassa raskaista jakeista C₂₁-C₄₀. Usean öljyhiilivetyhavainnon yhteydessä ojavesinäytteissä jäljitettiin myös pieniä pitoisuuksia PAH-yhdisteitä. Ojaivesien sameudessa esiintyi lyhytaikaisia piikkejä, liittyen rankkasateisiin, jotka huuhtoivat varastointikentiltä kiintoainesta ja partikkeleihin kiinnittyneenä orgaanista ainesta, raskasmetalleja sekä PAH-yhdisteitä. Heinäkuun 2020 havainnot osoittavat, että alivirtaamakautena, jolloin uomissa on niukasti laimentavia vesiä, voivat mm. raskasmetallipitoisuudet ja PAH-yhdisteiden pitoisuudet olla ojaavedessä hetkellisesti ekologisten vaikutusten kannalta haitallisen korkealla tasolla.

Myös läjitysalueiden pohjavesissä esiintyi taustapitoisuutta suurempia sähkönjohtavuuden arvoja. Pohjavesien laadussa näkyi myös liuenneen orgaanisen aineksen kuormitus, ja sen biohajoamisen välilliset vaikutukset. Hapettomissa olosuhteissa liuennutta rautaa esiintyi erittäin suurina pitoisuuksina, joskin pitoisuudet vaihtelivat suuresti eri näytteenottoajankohtina. Myös joidenkin raskasmetallien pitoisuuksissa todettiin taustapitoisuutta suurempia pitoisuuksia. Pohjaveden laadun viitearvoina käytettiin valtioneuvoston asetuksen 341/2009 ympäristölaatuunormeja sekä STM:n talousvesiasetuksen 1352/2015 kemiallisia laatuvaatimuksia ja -tavoitteita. Ympäristölaatuunormien ylityksiä esiintyi toistuvasti kobolttin, nikkelin ja sinkin osalta, erityisesti maankaatopaikan täyttöalueella. Suurimmat liuenneiden metalli-

ionien pitoisuudet havaittiin syys- ja marraskuun näytteenottokierroksilla. Syksyn sateiden aiheuttama huuhtouma sekä pohjavedenpintojen nousu edistivät liukoisten aineiden ja yhdisteiden kulkeutumista pohjavesikerrokseen. Hygieeninen laatu oli heikentynyt erityisesti maankaatopaikan täyttökerrokseen asennetussa pohjaveden havaintoputkessa, jossa esiintyi *E.coli*-bakteereita lähes jokaisella näytteenotokerralla. Öljyhiilivetyjakeita C₁₀-C₂₁ ja C₂₁-C₄₀ todettiin pohjavedessä ajoittain. Tyypillisesti niitä esiintyi pohjavedessä syksyn näytteenottokierroksilla, jolloin pohjavedenpinnat olivat ylimmillään. Myös merkkejä pienimolekyylisten ja helppoliukoisimpien PAH-yhdisteiden, esim. naftaleenin ja fluoreenin, kulkeutumisesta pohjaveteen havaittiin. Todetut PAH-yhdisteiden pitoisuudet olivat kuitenkin pieniä, eivätkä ne ylittäneet pohjaveden talousvesikelpoisuuden ja kemiallisen tilan arvioinnissa käytettäviä viitearvoja.

Puusuisteilla toteutetut kalataloudelliset kunnostukset onnistuivat hyvin. Hankkeessa kertyneen kokemuksen mukaan puusuisteiden rakentaminen on erittäin käyttökelpoinen menetelmä hiekan kertymisestä kärsivien yksittäisten kutusoraikkojen kunnostamiseen alueella, jossa kiintoainekuorma on suurta. Kunnostusmenetelmä soveltuu parhaiten kohteisiin, joissa on laaja-alaisia yhtenäisiä kutusoraikkoja, joissa virran kiihdyttäminen kivimateriaalin avulla olisi työlästä. Hankkeen aikana rakennettujen puusuisteiden ylläpitoa ja sähkökalastusseurantaa jatketaan, jotta saadaan tietoa niiden pitkäaikaistoimivuudesta.

Vesien laadun seurantalosten yhteenvedona voidaan todeta, että maanlajitysalueiden vaikutusalueella sekä ojavesissä että pohjavesissä todettiin taustapitoisuuksista poikkeavia laadun muutoksia. Pilaantumattomien ylijäämämaiden läjitys- ja loppusijoituspaikkojen vesien laadun velvoitetarkkailuissa analyysivalikoimaa olisi syytä laajentaa ja yhtenäistää. Lisäksi läjitystoimintaan pitää sisällyttää laadunvarmistuskäytäntö, jolla varmistetaan, että alueille kuljetettavat maa-ainekset on perusteltua luokitella pilaantumattomiksi. Pelkkä aistinvarainen havainnointi ei ole riittävän luotettava menetelmä.

Asiasanat

pilaantumattomat ylijäämämaat, maanlajitys, maankaatopaikka, veden laatu, kalataloudelliset kunnostukset, puusuisteet

Sisällysluettelo

Alkusanat	9
1 Johdanto	10
2 Hankkeen tavoitteet	11
3 Hankkeen esiselvitysvaihe	11
3.1 Läjitysalueiden kartoitus ja paikkatietoanalyysi.....	11
3.1.1 Läjitysalueiden kartoitus	11
3.1.2 Paikkatietoanalyysi.....	13
3.2 Vesien laatu toiminnassa olevilla läjitysalueilla	18
3.3 Seurantakohteiden valintakriteerit	19
3.4 Kalataloudellisten kunnostusten suunnittelu ja kunnostuskohteen valinta	19
4 Seurantakohteiden kuvaus	21
4.1 Nurmijärven kunnan Metsä-Tuomelan maankaatopaikka.....	21
4.2 Mustajoen Multajalosteen mullanvalmistusalue Riihimäellä	23
4.3 Myllykylänkosken-Solbackan alue.....	25
4.3.1 Tuusulanjoen virtaamat ja säännöstely	27
5 Seurantatutkimusten aineisto ja menetelmät	29
5.1 Tausta-aineisto	29
5.1.1 Sademäärätiedot.....	29
5.1.2 Maaperän taustapitoisuudet	29
5.1.3 Läjitettävät maa-ainekset ja niiden koostumus	31
5.2 Vesien laadun tarkkailu seurantakohteissa.....	34
5.2.1 Näytteenottoajankohdat ja havaintopaikat.....	34
5.2.2 Vesistövesinäytteenotto ja laboratoriomääritykset	35
5.2.3 Pohjavesinäytteenotto ja laboratoriomääritykset.....	36
5.2.4 Vesinäytteenotto passiivikeräimillä	37
5.2.5 Sedimenttikeräimet	40
5.2.6 Jatkuvatoiniset anturimittaukset	41
5.3 Kalataloudelliset kunnostukset ja kunnostusten seuranta	42
5.3.1 Kunnostusmenetelmä	42
5.3.2 Sähkökoekalastukset.....	45
5.3.3 Virtausnopeusmittaukset.....	45
5.3.4 Soraikkojen tiivysmittaukset	45
5.3.5 Soraikon sisäiset pitkäaikaisedimenttikeräimet	45
5.3.6 Muu seuranta.....	46
5.4 Seurantatulosten tilastollinen tarkastelu	47
5.4.1 Tilastolliset menetelmät.....	47
5.4.2 Tilastollisen tarkastelun epävarmuudet.....	47
5.4.3 Muut epävarmuustekijät.....	48
6 Seurantatutkimusten tulokset ja tulosten tarkastelu	49
6.1 Seurantakohteiden vesien laatu.....	49
6.1.1 Pintavesinäytteiden analyysitulokset.....	49
6.1.2 Pohjavesinäytteiden analyysitulokset.....	70

6.1.3	Passiivikeräimet ja sedimenttikeräimet.....	87
6.1.4	Jatkuvatoimiset anturimittaukset	97
6.2	Kalataloudellisten kunnostusten seuranta ja onnistumisen arviointi	102
6.2.1	Puusuisteiden rakentaminen ja korjaus.....	102
6.2.2	Sähkökoekalastukset.....	104
6.2.3	Virtausnopeusmittaukset.....	105
6.2.4	Soraikkojen tiiviysmittaukset	107
6.2.5	Soraikon sisäiset pitkäaikaisedimenttikeräimet	109
6.2.6	Muu seuranta.....	110
7	Paikkatietoanalyysin testaus – esimerkkitapahtuma Nurmijärven kunta	114
8	Yhteenveto ja johtopäätökset	122
8.1	Läjitäyttöalueiden vaikutukset pintavesien laatuun	122
8.2	Läjitäyttöalueiden vaikutukset pohjavesien laatuun.....	122
8.3	Haitta-aineiden kulkeutuminen.....	123
8.4	Kalataloudelliset kunnostukset	124
8.5	Tutkimusmenetelmien arviointi	125
8.5.1	Paikkatietoanalyysi.....	125
8.5.2	Vesien laadun seuranta tutkimusten menetelmät	125
8.5.3	Sedimenttikeräimet	126
8.6	Läjitäyttöalueiden tarkkailuissa huomioitavaa.....	126
	Viiteluettelo	128
	LIITTEET.....	131

LIITTEET

1 Määrittämissuunnitelmien mittausepävarmuudet ja määrittämissuunnitelmien

1-1 Metropolilab Oy:n vesinäytteiden määrittämissuunnitelmät

1-2 Metropolilab Oy:n sedimenttikeräinnäytteiden määrittämissuunnitelmät

1-3 Eurofins Environment Testing Finland passiivikeräinten määrittämissuunnitelmät

2 Yhteenvetotaulukot vesinäytteiden ja sedimenttikeräinnäytteiden määrittämissuunnitelmista

2-1 Pintavesinäytteiden määrittämissuunnitelmät

2-2 Pohjavesinäytteiden määrittämissuunnitelmät

2-3 Passiivikeräinten määrittämissuunnitelmät

2-4 Sedimenttikeräinnäytteiden määrittämissuunnitelmät

Alkusanat

Tämä julkaisu on hankkeen *Maanlajitysalueet Vantaanjoen valuma-alueella ja niiden vaikutukset vesiin sekä haittoja ehkäisevät kalataloudelliset kunnostukset* loppuraportti. Hanke toteutettiin vuosina 2018 – 2021. Esiselvitysvaiheessa kartoitettiin pilaantumattomien ylijäämämaiden käsittely-, varastointi- ja läjitysalueet Vantaanjoen valuma-alueella, tehtiin kartoitettujen alueiden herkkyden arviointi paikkatietoanalyysillä sekä koottiin pinta- ja pohjavesien laadun velvoitetarkkailutuloksia ympäristöluvanvaraisilta läjitysalueilta. Esiselvityksen tulosten perusteella käynnistettiin valikoiduissa seurantakohteissa tutkimukset syksyllä 2019. Pohjavesien sekä oja- ja jokivesien laadun tarkkailua tehtiin kolmessa seurantakohteessa Vantaalla, Nurmi-järvellä ja Riihimäellä vuosina 2019 – 2020. Vantaalla Tuusulanjoella selvitettiin lisäksi läjitysalueilta kulkeutuvan sedimenttikeräntien kertymistä lohikalojen kutusoraikkoihin sekä puusuisteilla tehtävän kunnostuksen soveltuvuutta soraikkoihin tapahtuvan lisäsedimentaation estämiseksi.

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry:ssä hankkeen koordinoinnista ja raportoinnista vastasi pohjavesiasiantuntija PhD Anna-Liisa Kivimäki. Hankkeen maastotöiden toteutuksesta vastasi suurelta osin suunnittelija FM Joonas Clergeaud, joka myös laati hankkeen esiselvityksen tuloksista pro gradu -opinnäytetyön Helsingin yliopiston Geotieteiden ja maantieteen osastolle. Kalataloudellisiin kunnostuksiin liittyvien tutkimusten toteutuksesta ja tulosten raportoinnista vastasivat jokitalkkari FM Oula Tolvanen, tutkimusavustaja FM Matias Hirsy sekä suunnittelija FM Joonas Clergeaud. Vesinäytteenottoon osallistuivat ympäristöasiantuntija MMM Asko Särkelä ja suunnittelija FM Vilma Lindgren. Paikkatietoanalyysin toteutuksesta vastasivat ympäristösuunnittelija YAMK Martti Kujansuu, jokitalkkari FM Oula Tolvanen, suunnittelija FM Joonas Clergeaud sekä FM Vilma Lindgren.

Hankkeen esiselvitysvaiheessa Keski-Uudenmaan ympäristökeskuksen Saku Nurminen, Espoon ympäristökeskuksen Maria Favorin, Riihimäen kaupungin Riina Lehtinen ja Elisa Lintukangas sekä Vantaan kaupungin ympäristökeskuksen Maarit Rantataro olivat suurena apuna aineiston kokoamisessa. Saku Nurminen kommentoi myös loppuraporttiluonnosta ja antoi hyviä täydennysehdotuksia. Seurankohteiden tutkimusten toteutuksessa tehtiin tiivistä yhteistyötä Nurmi-järven kunnan Aino Angervuoren sekä Mustajoen Multajaloste Oy:n Pasi Mustajoen kanssa. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen ja Vantaan kaupungin viranomaiset neuvovat tutkimusten toteutukseen liittyvissä lupahakemuksissa, ja myönsivät tarvittavat luvat. Tuusulanjoella Myllykylä-Solbacka välisellä alueella tutkimusten sujuvaan toteutukseen myötävaikuttivat jokivarren kiinteistöjen ja vesialueen omistajat, jotka antoivat luvan kunnostusmenetelmien testaukseen ja erilaisten mittausten tekemiseen jokiuomassa. Sedimenttikeräntien toteutus ja näytteiden esikäsittely suunniteltiin yhteistyössä Metropolilab Oy:n kanssa. Passiivikeräimillä tehdyn vesinäytteenoton suunnittelussa ja toteutuksessa suurena apuna oli Heidi Ahkola Suomen ympäristökeskuksesta. Jatkuvatomisten anturimittausten toteutus suunniteltiin yhteistyössä Luode Consulting Oy:n Mikko Kiirikin kanssa.

Hankkeen rahoittivat Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry, Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, ympäristöministeriö ja Maa- ja vesitekniikan tuki ry. Hanke edistää vesien- ja ympäristöhoidon toimenpiteiden toteutumista ja se on osa ympäristöministeriön vesiensuojelun tehostamisohjelmaa. Kiitämme lämpimästi rahoittajia ja kaikkia yhteistyötahoja, jotka ovat auttaneet hankkeen toteutuksessa.

1 Johdanto

Vantaanjoen valuma-alueella on suuri tarve lähellä taajamia ja kasvukeskuksia sijaitseville pilaantumattomien ylijäämämaiden läjitysalueille. Rakennushankkeiden yhteydessä muodostuu ylijäämämaita, joista osa on hyödyntämiskelpoisia, mutta mm. savipitoiset maat joudutaan yleensä loppusijoittamaan luvanvaraisille maankaatopaikoille. Uudenmaan alueella on parhaillaan käynnissä useita mittavia hankkeita, joissa tavoitteena on saada käyttöön ylijäämämaiden loppusijoituspaikka kohtuullisen kuljetusmatkan päähän keskeisistä rakentamis- ja kasvukohteista. Tyypillinen toimintamalli on, että ensin louhitaan kallion kiviaines hyödynnettäväksi, ja louhinnan päätyttyä aluetta käytetään ylijäämämaiden loppusijoituspaikkana.

Pilaantumattomalla maa-aineksella tarkoitetaan kaivettua maa-ainesta, joka on luonnontilaista tai joka ei sisällä haitallisia aineita siten, että siitä voi aiheutua ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa käyttö- tai sijoituspaikassa. Pilaantumattomaksi luokitellaan esimerkiksi maa-aines, jonka haitta-ainepitoisuudet alittavat valtioneuvoston asetuksen 214/2007 kynnyksarvot. Rakentamistoimien aikana kaivettu pilaantumaton maa-aines, joka hyödynnetään varmasti ja suunnitelmallisesti ilman merkittäviä muuntamistoimia, ei pääsääntöisesti ole jätettä eikä hyödyntämiseen tällöin liity myöskään ympäristönsuojelulain mukaisia hyväksymismenettelyitä (Ympäristöministeriö 20.3.2014). Kaivettujen maa-ainesten jäteluonteen arvioinnissa on pilaantumattomuuden ohella useita muita kriteereitä (jatkokäytön varmuus ja suunnitelmallisuus, jatkokäsittelytarve), mikä voi aiheuttaa epäselvyyttä jätelain säännösten tulkinnassa ja soveltamisessa.

Vaikka läjitettävät maa-ainekset olisivat pilaantumattomia, laadunvalvonnalla ns. puhtaiksi luokiteltuja, voi niistä kuitenkin liueta alueen taustapitoisuuksista poikkeavia alkuaineita ja yhdisteitä, jotka voivat karkearakeisessa maaperässä kulkeutua pohjavesikerrokseen asti (Sabel 2010; Tielaitos 1999). Muualta tuodusta aineksesta voi uuttua mm. alumiinia, rautaa, arseenia, raskasmetalleja, kloridia, sulfaattia, typpiyhdisteitä ja orgaanisia yhdisteitä (Rintala 2014). Hienoainesvaltaiset maalajit sisältävät yleensä raskasmetalleja merkittävästi enemmän kuin karkearakeiset ja vähän orgaanista ainesta sisältävät maalajit. Luontaisesti maaperässä esiintyvät metallit rikastuvat savifraktioon. Myös ihmistoiminnasta peräisin olevat epäorgaaniset ja orgaaniset haitta-aineet sitoutuvat tehokkaasti savimineraaleihin (Heikkinen 2000). Näin ollen läjitysalueelle muualta tuodut hienoainespitoiset maa-ainekset saattavat sisältää läjitysalueen taustapitoisuutta korkeampia pitoisuuksia mm. metalli-ioneja tai haitta-aineita, jotka voivat esim. pH:n muuttuessa huuhtoutua ja kulkeutua pinta- ja pohjavesiin. Huonosti vettä läpäisevien maamassojen sijoittaminen pohjavesialueelle voi muuttaa myös pohjavesiolosuhteita esim. happitilannetta huonontaan, jolloin maaperän luontaisten metallien liukoisuus lisääntyy.

Läjitysalueilta sade- ja sulamisvesien mukana paikallisiin pintavesiin kulkeutuva kiintoaine voi ilman haitta-aineitakin aiheuttaa ongelmia uhanalaisten vaelluskalojen lisääntymiselle. Virtavesikuituiset lohikalat, kuten meritaimen (*Salmo trutta L.*) ja lohi (*Salmo salar L.*), kutevat syksyisin koskialueiden sorapohjan sisälle, jossa mäti kehittyy talven yli. Mädin kehittyminen vaatii jatkuvan hapekkaan veden virtauksen soraikon läpi. Voimakas sedimenttikuorma tukkii soraikon huokaisen rakenteen, minkä seurauksena mätijyvät ja niistä kuoriutuvat ruskuaispussivaiheen poikaset tukehtuvat soraikon sisälle.

Suuren hapentarpeen lisäksi virtakutuisten lohikalojen alkionkehitys on erittäin herkkä veden kemiallisen laadun vaihteluille. Läjitysalueilta kulkeutuvan kiintoaineksen mukana soraikkoon

saattaa myös kertyä tavallista suurempia määriä haitallisia aineita, kuten raskasmetalleja, jotka voivat johtaa alkionkehityksen häiriöihin tai mädin kuolemiseen.

2 Hankkeen tavoitteet

Hankkeen ensimmäisenä tavoitteena oli selvittää pilaantumattomien ylijäämämaiden käsittely-, varastointi- ja läjitysalueiden mahdollisia vaikutuksia sijoitusalueiden pienvesien, virtavesien ja pohjavesien laatuun Vantaanjoen valuma-alueella. Hankkeen tulosten avulla voidaan arvioida läjitysalueiden haitta-ainekuormitusta vesiympäristöön ja suunnitella riskienhallintatoimenpiteitä kuormituksen rajoittamiseksi. Tavoitteena on ohjata läjitysalueet sellaisille alueille, joilla haitalliset vaikutukset alueen vesiin voidaan hallita.

Hankkeen toisena tavoitteena oli selvittää läjitysalueilta kulkeutuvan sedimenttikuorman kertymistä lohikalojen kutosoraikkoihin, ja puusuisteilla tehtävän kunnostuksen soveltuvuutta soraikkoihin tapahtuvan lisäsedimentaation estämiseksi. Puusuisteilla ehkäistään hienojakoisen maa-aineksen kertymistä soraikkoihin joko kiihdyttämällä virtausta soraikon kohdalla tai pidättämällä maa-aines soraikon yläpuolella.

3 Hankkeen esiselvitysvaihe

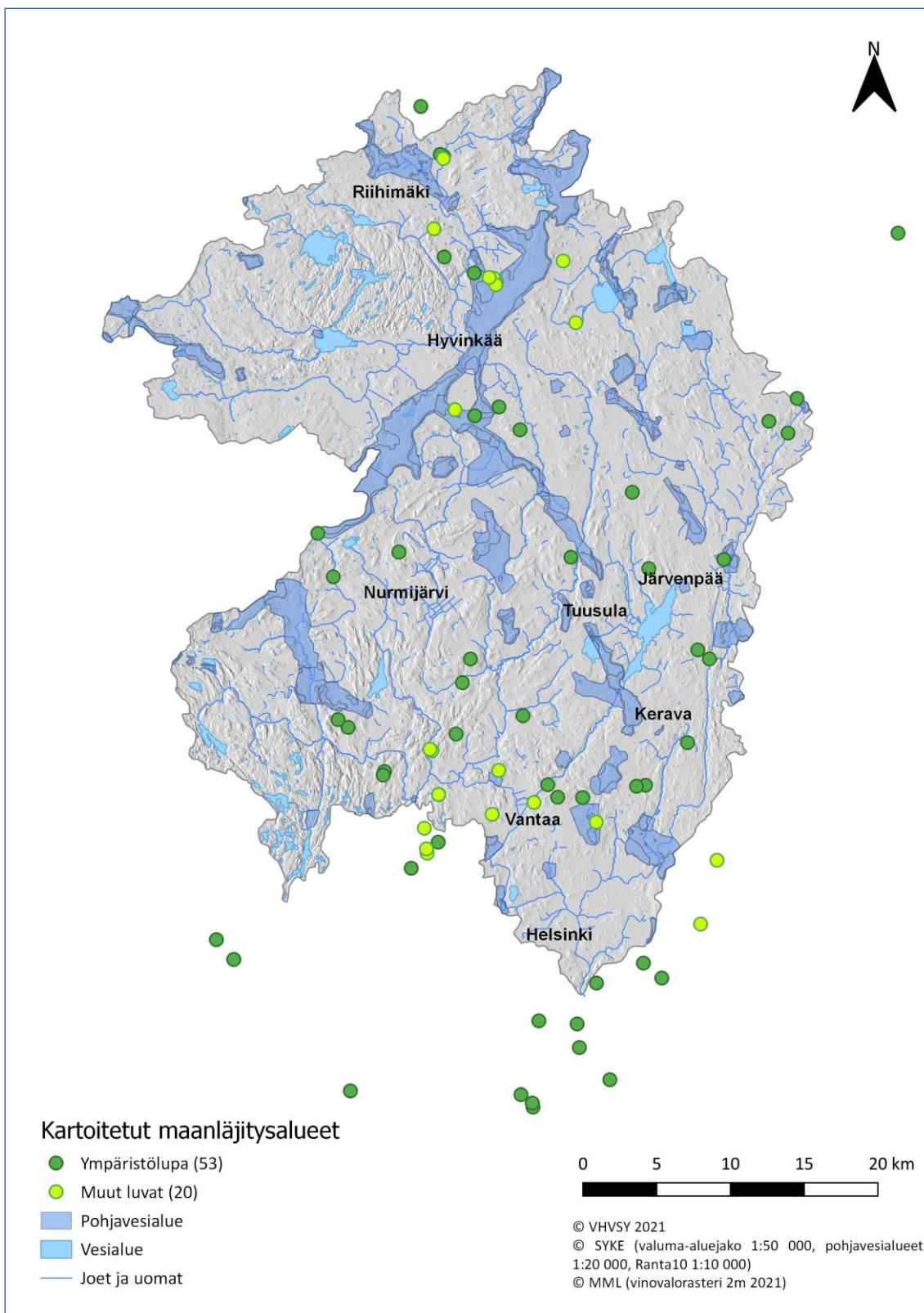
Hankkeen esiselvitys toteutettiin vuosina 2018 – 2019. Tässä luvussa esitetään tiivistelmä esiselvityksen vaiheista ja keskeisistä tuloksista. Esiselvityksen tuloksia käsitellään laajemmin Helsingin yliopiston Geotieteiden ja maantieteen osastolle laaditussa pro gradu -opinnäytetyössä sekä Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistyksen julkaisussa 83/2020 (Clergeaud 2020a ja 2020b).

3.1 Läjitysalueiden kartoitus ja paikkatietoanalyysi

3.1.1 Läjitysalueiden kartoitus

Esiselvityksen tavoitteena oli selvittää mahdollisimman kattavasti maanlajitystoiminnan laajuutta, sijoituspaikkoja ja läjitettäviä materiaaleja Vantaanjoen valuma-alueella. Aineiston keruussa keskityttiin pilaantumattomien ylijäämämaiden läjitys-, käsittely- ja varastointialueisiin sekä maankaatopaikkoihin. Kohteiden kartoitukseen ei sisällytetty jo valmiiksi rakennettuja puistorakentamiskohteita, meluvalleja jne. Keskeinen kriteeri oli se, että alueella on edelleen käynnissä läjitystoimintaa eli ylijäämämaita kuljetetaan alueelle sekä alueella on läjitettynä rae-kokokoostumukseltaan erilaisia maa-aineksia. Etenkin suurempien kaupunkien läjitysalueet keskittyvät usein jätehuoltoalueille, joilla vierekkäin ovat jätteenkäsittelylaitos, erilaisten materiaalien kierrätyslaitos ja maankaatopaikka. Näin ollen ympäristöluvanvaraisten läjitysalueiden kartoituksessa huomioitiin myös kierrätysalueet, joilla käsitellään ja varastoidaan pilaantumattomien ylijäämämaiden ohella myös haitallisia aineita sisältäviä maa-aineksia ja

purkumateriaaleja. Näissäkin kohteissa pilaantumattomat ylijäämämaat varastoidaan erillisillä alueilla, joskin voi olla vaikea erottaa eri massajakeiden vaikutukset ko. valuma-alueen vesiin.



Kuva 1. Kartoitetut maanlätjitysalueet jaoteltuina ympäristöluvanvaraisiin ja muilla luvilla toimiviin kohteisiin (mukaillen Clergeaud 2020a ja 2020b).

Ympäristöluvullisia läjitysalueita, joilla toiminta on käynnissä, suunnitteilla tai päättynyt, kartoitettiin yhteensä 53 (kuva 1). Suurimmalle osalle näistä kohteista ympäristölupa on haettu ja myönnetty toimintatypille pilaantumattomien ylijäämämateriaalien maankaatopaikka, mutta mukana on myös ylijäämämateriaalien varastointi- ja käsittelyalueita sekä välivarastointi- ja käsittelykenttiä. Loppusijoitukseen maankaatopaikalle ajetaan ainekset, jotka eivät mm. geoteknisten ominaisuuksiensa vuoksi ole hyödyntämiskelpoisia. Tällaisia jakeita ovat savi, moreeni ja louhe sekä humuspitoiset pintamaat. Ympäristöluvanvaraisten läjitysalueiden lisäksi kartoitettiin 20 muuta pilaantumattomien ylijäämämateriaalien läjitysalueita (kuva 1).

Osalla alueista toiminta perustuu toimenpidelupaan tai maisemätyölupaan, osalla toiminta on niin pienimuotoista ja sen luonteista, että sille ei ole vaadittu viranomaispäätöstä. Maankaatopaikka tai pilaantumattoman maa-ainejätteen muu käsittely kuin maankaatopaikka tarvitsee lähtökohtaisesti aina ympäristöluvan. Kunnan ympäristönsuojeluviranomainen käsittelee vuodessa alle 50 000 tonnia käsittävän läjitystoiminnan ympäristölupahakemuksen. Sitä laajempaa toiminnan ympäristölupien käsittelijä on valtion ympäristölupaviranomainen (aluehallintovirasto). Alle 50 000 tonnin vuotuiselle jätemäärälle mitoitettu maankaatopaikka ei edellytä ympäristövaikutusten arviointimenettelyä. Ylijäämämateriaaleilla myös täytetään ja maisemoidaan käytöstä poistettuja maa-aineksen ottoalueita tai rakennetaan varasto- tai harrastuskenttiä. Jatkuvampia toimintamuotoja ovat muun muassa mullanvalmistuskentät ja vaihtuvien massojen välivarastointikentät.

3.1.2 Paikkatietoanalyysi

Kartoitetuille maanlajitysalueille (kaikkiaan 73 kohdetta) tehtiin paikkatietoanalyysi, jonka avulla pyrittiin tunnistamaan ne kohteet, jotka sijaitsevat pohjavesi- ja pintavesivaikutusten sekä vaelluskalojen lisääntymisalueiden kannalta herkillä alueilla. Läjitystoimintaan liittyvät välivarastointialueet ja niillä varastoitavien aineiden määrät voivat muuttua lyhyenkin ajan sisällä. Paikkatietoanalyysi perustuu vuoden 2018 lopussa vallinneeseen tilanteeseen.

Paikkatietoanalyysit tehtiin Esri ArcGIS 10.2.2 –ohjelmalla, ja joiltain osin QGIS 2.18/3.40 ohjelmistolla. Kunkin maanlajitysalueen ulkorajoja arvioidessa käytettiin kriteereinä ortoilmakuvista näkyviä läjityskasojen sijaintia, metsähakkuiden rajoja, kiinteistökarttaa sekä muita vastaavia seikkoja. Paikannetut alueet piirrettiin polygoneina Shapefile-tiedostoksi.

Paikkatietoanalyysissä oli kuusi pisteytettävää kriteeriä (A-F), joista kolme (A-C) ovat keskeisiä pohjavesivaikutusten kannalta, kaksi (D-E) vesistövaikutusten ja yksi (F) kalastoon kohdistuvien vaikutusten kannalta:

- A. Sijainti suhteessa pohjavesialueeseen
- B. Maaperän vedenläpäisevyys (kiinteistön päämaalaji, ≥ 50 % pinta-alasta)
- C. Talousvesikaivot
- D. Luonnonpurot ja uomat (luonnonuomat, joiden leveys < 2 m, $2-5$ m ja ≥ 5 m)
- E. Kulkeutumispotentiaali (pintavaluntariski)
- F. Lohikalojen lisääntymisalueet

Jokaisessa kriteerissä oli kolme vaikutusten todennäköisyyteen vaikuttavaa vaihtoehtoa, jotka pisteytettiin pistemäärällä 1-3 ja pisteiden summa muodosti kokonaistuloksen. Mitä korkeampi kokonaistulos sitä suuremman riskin kohdealue muodostaa pohja- ja pintavesille.

Muuttuja A kuvaa sijaintia suhteessa pohjavesialueeseen. Pohjavesialueiden rajaukset olivat vuoden 2018 rajausten tarkistustilanteen mukaiset. Rajaukset haettiin Suomen ympäristökeskuksen Avoimet ympäristötietojärjestelmät Pohjavesitietojärjestelmästä.

Muuttuja A: Sijainti suhteessa pohjavesialueeseen	Pisteytys
Sijaitsee pohjavesialueella	3
Etäisyys pohjavesialueen ulkorajaan < 500 m, mutta ei pohjavesialueella	2
Etäisyys pohjavesialueen ulkorajaan \geq 500 m	1

Muuttuja B kuvaa maaperän vedenläpäisevyyttä. Maalajit jaoteltiin kolmeen vedenläpäisevyydeltään toisistaan poikkeavaan pääluokkaan, ja kiinteistön päämaalajiksi määräytyi se maalaji, jota Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkartoitusaineiston (1:20 000) perusteella on \geq 50 % kiinteistön pinta-alasta. Maalajitiedot haettiin Geologian tutkimuskeskuksen geo.fi-Rajapinta-palvelun kautta.

Muuttuja B: Maaperän vedenläpäisevyys (kiinteistön päämaalaji, \geq 50 % pinta-alasta)	Pisteytys
Sora, hiekka, soramoreeni, hiekkamoreeni	3
Karkea hieta, hieno hieta, hiesu, hienoainesmoreeni, täyttömaa	2
Savi, kalliomaata, turve	1

Muuttuja C huomioi maanläjitysalueiden läheisyydessä sijaitsevat talousvesikaivot. Vesihuoltolaitoksilta selvitettiin niiden toiminta-alueet. Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta otettiin omaksi aineistoksi asuinrakennukset (luokat 42110, 42111, ja 42112) ja lomarakennukset (42130, 42131 ja 42132). Näistä poistettiin sellaiset rakennukset, jotka sijaitsevat tunnetuilla vesihuoltolaitoksen tai vesiosuuskunnan toiminta-alueilla. Analyysissä oletettiin, että toiminta-alueen ulkopuolella olevilla asuinkiinteistöillä on käytössä yksityisiä talousvesikaivoja.

Muuttuja C: Talousvesikaivot	Pisteytys
< 100 m:n päässä yksityisiä talousvesikaivoja	3
101 – 499 m:n päässä yksityisiä talousvesikaivoja	2
Lähin yksityinen talousvesikaivo \geq 500 m:n päässä	1

Muuttuja D kuvaa luonnonpuroja ja -uomia. Maanmittauslaitoksen maastotietokannasta poimittiin purot ja -uomat, joiden leveydeksi oli määritelty ≥ 2 metriä. Muuttujaan D lisättiin myös < 2 metrin uomia, sillä alle 2 metrin virtavesiuomien aineisto Maastotietokannassa on puutteellinen, erityisesti pääkaupunkiseudulla. Lisääminen tehtiin käsin laserkeilausaineiston perusteella (vinovalovarjosteaineisto 2 m:n ruutukoolla), huomioiden uomat, joiden leveys on 1,5 – 2 m. Keinotekoisia ojia ei huomioitu.

Muuttuja D: Luonnonpurot ja uomat (luonnonuomat, joiden leveys < 2 m, 2-5 m ja ≥ 5 m)	Pisteytys
Etäisyys uomaan < 100 m	3
Etäisyys uomaan 101 – 299 m	2
Etäisyys uomaan ≥ 300 m	1

Muuttuja E kuvaa päästöjen kulkeutumispotentiaalia vesistöön joko suoraan tai oijen/purojen kautta (pintavaluntariski). Analyysissä huomioitiin Maanmittauslaitoksen maastotietokannan alle 2, 2 – 5 sekä yli 5 metrin levyiset ojat, purot ja joet. Tämän lisäksi huomioitiin Maanmittauslaitoksen 2 m korkeusmallista silmämääräisesti ja korkeusaineiston perusteella ojiksi tulkitut linjat. Maaston jyrkkyydet laskettiin vertaamalla läjitysalueen reunaa lähinnä olevan ojan, puron tai joen törmän yläreunan korkeutta suhteessa läjitysalueen reunaan tai kasan yläosaan nähden. Mittauksia tehtiin useammasta kohtaa läjitysalueella, jotta saataisiin kuva siitä, mikä on keskimääräinen jyrkkyys. Vesistöinä huomioitiin jokiuomien lisäksi järvet ja lammet, mutta ei keinotekoisia altaita. Jokiuomina huomioitiin Vantaan vesistöalueen 3. jakovaiheen uomat seuraavan luettelon mukaisesti: Vantaanjoki, Paalijoki, Viitastenoja, Koirajoki, Kupparoja, Mustajoki, Herajoki, Lepsämänjoki, Luhtajoki, Ylisjoki, Hirmunoja, Matkunoja, Vaaksinoja, Heinoja, Kyläjoki, Härkälänjoki, Hangasjoki, Lakistonjoki, Kytäjoki, Keihäsajoki, Lastuksenojanko, Petäysoja, Palojoki, Männistönoja, Tuusulanjoki, Vuohikkaanoja-Haukkalanoja, Sarsalanoja, Mäyränoja, Piilioja, Keravanjoki, Ohkolanjoki ja Rekolanoja.

Muuttuja E: Kulkeutumispotentiaali (pintavaluntariski)	Pisteytys
Jokiuoma tai muu vesistö < 300 m:n päässä ja keskimääräinen gradientti ≥ 5 %	3
Kaivettu oja tai luonnonpuro < 100 m:n päässä ja keskimääräinen gradientti ≥ 5 %	2
Kaivettu oja tai luonnonpuro ≥ 100 m:n päässä ja keskimääräinen gradientti < 5 %	1

Muuttuja F huomioi lohikalojen lisääntymisalueet. Analyysissä huomioitiin kaikki Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry:n Jokitalkkari-hankkeessa vuoteen 2018 mennessä inventoidut koski- ja virta-alueet. Virta-alueaineistossa on mukana myös alueita, joista vaelluskaloja ei koskaan ole havaittu. Inventoimattomien uomien osalta tausta-aineistona käytettiin ympäristöhallinnon sähkökoekalastusrekisteriin ilmoitetut koealoja, joilta on joskus ilmoitettu saaliiksi lohia tai taimenia, sekä Jokitalkkari-hankkeessa talven 2018 aikana koottua aineistoa valuma-alueella tehdyistä kalataloudellisista toimista.

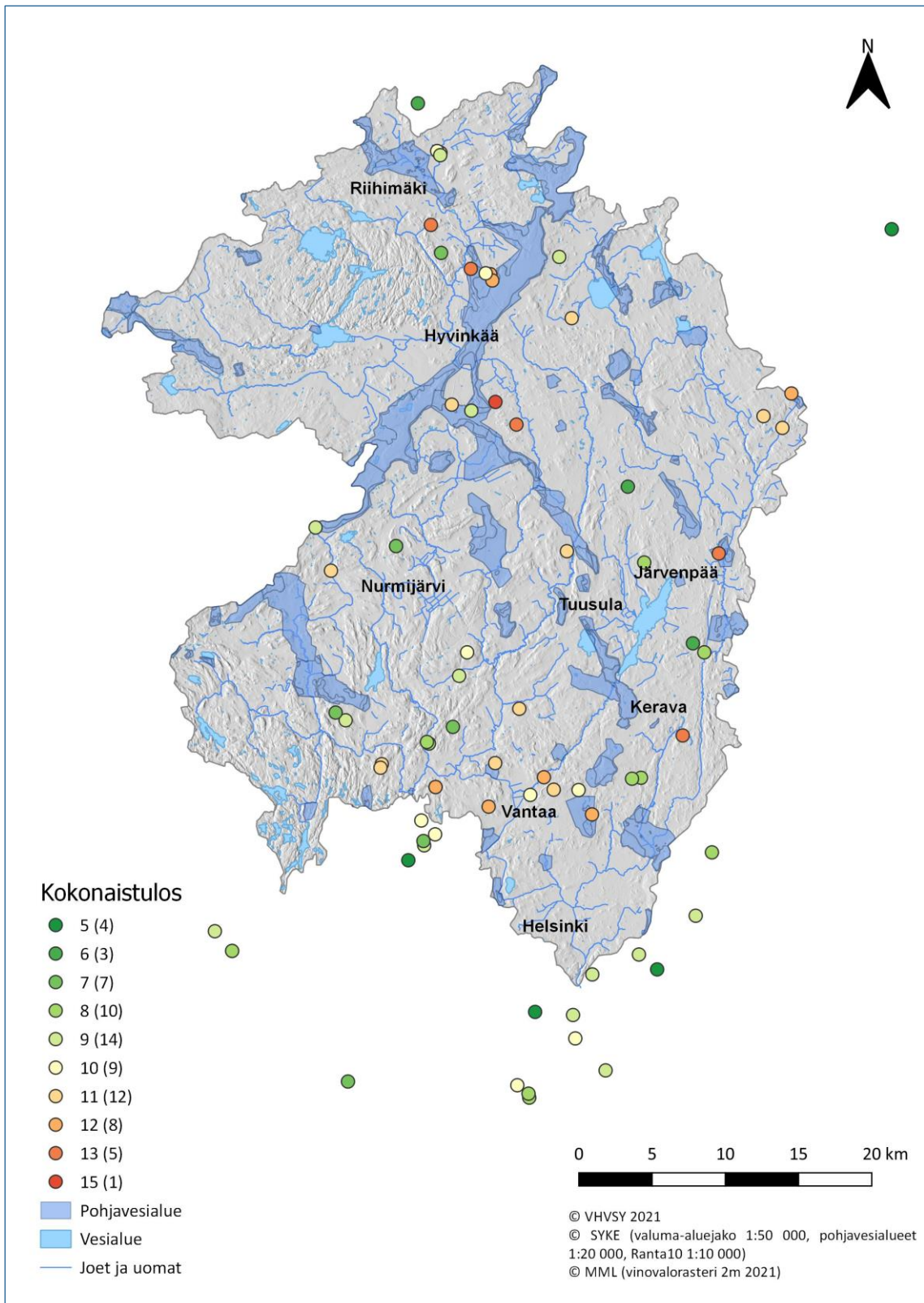
Aineisto sisältää ELY-keskuksilta saadut tiedot lohien ja taimenien kotiutumistutuksista (istutusrekisteriote), muuten tunnetuista lohikalajien lisääntymisalueista (Tolvanen, asiantuntijatieto) ja vapaaehtoisvoimin tehdyistä virtavesikunnostuksista (VIRHO ry:n toimintakertomukset ja tiedotteet).

Muuttujan F analyysi tehtiin muista kohdista poiketen käyttäen QGIS 2.18/3.40 ohjelmistoa. Uoma-aineistona (luonnonuomat ja kaivetut ojat) käytettiin kohdan E aineistoa. Uoma-aineistoa tarkennettiin käsin, jotta läjitysalueiden ja uomaverkoston leikkauspisteet määrittyivät todennukaisesti. Tarkistuksessa lisättiin uomavektoriaineistoon puuttuva uomayhteys läjitysalueelle käyttäen MML:n 2 m digitaalisesta korkeusmallista laskettua virtaussuunta rasteria (luotu SAGA→Hydrology→Fill Sinks (Wing ja Liu) funktiolla) ja maastokarttaa. Kaikilla alueilla ei ollut yhteyttä tunnettuihin lohikalakohteisiin, mutta tarkistuksessa uomayhteys lisättiin yhteensä 16 läjitysalueelle. Kulkeutumismatka läjitysalueelta tunnettuun lohikalajien lisääntymisalueeseen laskettiin käyttäen GRASS pakettin v.net.distance funktiota (GRASS→Vector→v.net.distance). Lähtöpisteinä käytettiin uoma-aineiston ja läjitysalueen reunaviivan leikkauspisteitä ja päätepisteinä alavirtaan sijaitsevaa lähintä vaelluskalakohdetta.

Muuttuja F: Lohikalajien lisääntymisalueet	Pisteytys
Kaivettu oja tai luonnonpuro kulkee läjitysalueen sisällä tai alueen rajalla ja kokonaisvirtausmatka inventoidulle lisääntymisalueelle < 1 km	3
Kaivettu oja tai luonnonpuro kulkee läjitysalueen sisällä tai alueen rajalla ja kokonaisvirtausmatka inventoidulle lisääntymisalueelle ≥ 1 - 5 km	2
Kaivettu oja tai luonnonpuro kulkee läjitysalueen sisällä tai alueen rajalla ja kokonaisvirtausmatka inventoidulle lisääntymisalueelle ≥ 5 km	1
Ei uomayhteyttä	0

Paikkatietoanalyysin kokonaistuloksen asteikko oli 5 - 18 ja tarkasteltujen alueiden kokonaistulokset vaihtelivat välillä 5 - 15 (kuva 2). Kokonaistulos jaoteltiin luokkiin erinomainen (5 – 6), hyvä (7 – 8), tyydyttävä (9 – 10), kohtalainen (11 – 12), välttävä (13 – 14) ja heikko (> 15). Kokonaistuloksen ≥ 11 sai 24 eri puolilla Vantaanjoen valuma-aluetta sijaitsevaa maanlajitysuuetta. Kokonaistuloksen pisteytys ≥ 11 kuvastaa jo lievästi kohonnutta riskiä pinta- ja pohjavesille.

Nämä kohteet sijoittuvat pääasiassa pohjavesialueille tai virtavesien välittömään läheisyyteen. Karttatarkastelussa havaitaan, että monilla korkeamman kokonaistuloksen saaneilla maanlajitysuueilla on suora yhteys tai välillinen yhteys pienemmän uoman kautta suurempaan jokiuomaan (kuva 2). Maankaatopaikoille ei pääsääntöisesti myönnetä ympäristölupia pohjavesialueille, mutta muilla luvilla toimivia kohteita ja väliaikaisia läjitysuueita voi sijaita myös pohjavesialueilla. Koko aineistosta tunnistettiin 11 pohjavesialueelle sijoittuvaa kiinteistöä, joilla on maanlajitystoimintaa (Clergeaud 2020a ja 2020b).



Kuva 2. Esiselvityksessä kartoitettujen läjitysalueiden kokonaistulos paikkatietoanalyysissä (mukaan Clergeaud 2020a ja 2020b).

Paikkatietoanalyysin kokonaistuloksia ja toiminnassa olevien maanlajitysalueiden veloitettarkkailutuloksia pintaveden ja pohjaveden laadusta analysoitiin tilastollisin menetelmin sekä verrattiin valuma-alueen luontaisiin taustapitoisuuksiin. Paikkatietoanalyysin mukainen

kokonaistulos ei suoraan osoittanut jo tapahtuneita läjitystoiminnan aiheuttamia muutoksia alueen vesien laadussa. Paikkatietoanalyysi arvioi riskiä ja toiminnan todennäköisiä vaikutuksia veden laatuun pitkällä aikavälillä ja myös etäämmällä maanlajitysalueista (Clergeaud 2020a ja 2020b).

3.2 Vesien laatu toiminnassa olevilla läjitysalueilla

Esiselvityksessä koottiin pohja- ja pintaveden laadun velvoitetarkkailutuloksia 11 maanlajitysalueelta (Clergeaud 2020a ja 2020b). Analyysituloksia saatiin suoraan toimijoilta, Uudenmaan ELY-keskukselta, Keski-Uudenmaan ympäristökeskukselta sekä kaupunkien ja kuntien valvontaviranomaisilta. Tavoitteena oli koota analyysituloksia mahdollisimman pitkältä ajanjaksolta mahdollisten veden laadun muutostrendien arvioimiseksi. Ensimmäiset velvoitetarkkailutulokset ovat 1990-luvulta ja viimeiset vuodelta 2019. Valtaosassa kohteista velvoitetarkkailutuloksia oli saatavilla vain muutaman vuoden ajanjaksolta.

Pintavesien ja pohjavesien laadun tarkkailuvelvoitteiden mukaiset analyysiohjelmat ympäristöluvanvaraisilla pilaantumattomien ylijäämämaiden läjitysalueilla vaihtelevat suuresti. Vesinäytteenottoa määrätään tyypillisesti suoritettavaksi kerran tai kaksi kertaa vuodessa, keväisin ja syksyisin ylivirtaamakausien aikaan. Pintavesinäytteistä oli saatavilla eniten tuloksia seuraavista laatumuuttujista: pH, sähkönjohtavuus, sulfaatti, kiintoaine, kokonaistyyppi, nitraatti-, nitriitti- ja ammoniumtyppi ja kokonaisfosfori. Orgaanisen aineksen määrää, raskasmetalleja (mm. lyijy, molybdeeni, sinkki) ja öljyhiilivetyjä C₁₀-C₄₀ määritetään harvemmin. Pohjavesinäytteistä analyysituloksia oli eniten seuraavista laatumuuttujista: pH, sähkönjohtavuus, kloridi, sulfaatti, väri, happi, alkaliteetti, kemiallinen hapenkulutus (COD_{Mn}) kokonaistyyppi, nitraatti-, nitriitti- ja ammoniumtyppi, rauta ja mangaani. Raskasmetallien pitoisuuksia pohjavedessä tutkitaan eniten arseenin, kadmiumin, koboltin, kromin, kuparin, lyijyn, nikkelin ja sinkin osalta. Öljyhiilivedyt C₁₀-C₄₀ määritetään harvemmin. Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC-yhdisteet) ja polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä (PAH-yhdisteet) ei maanlajitysalueiden vesitarkkailuissa juurikaan määritetä. Tarkkailuohjelmien epäyhtenäisyys rajoitti merkittävästi analyysitulosten tilastollista tarkastelua (Clergeaud 2020a ja 2020b).

Velvoitetarkkailutulosten tilastollisessa tarkastelussa mukana olevien maanlajitysalueiden pohjavesien laadussa oli enemmän vaihtelua kuin tausta-alueiden pohjavesissä, ja joidenkin laatumuuttujien pitoisuudet olivat korkeampia. Pohjavesien laadussa oli kuitenkin alueellisia eroja, joita selittivät osaltaan paikalliset tekijät, kuten kallioperän mineraalikoostumus ja läjitettävien/välivarastoitujen maa-ainesten geokemiallinen koostumus. Maanlajitysalueilla sekä pohjattä pintavesissä sulfaatin ja sähkönjohtavuuden mediaanipitoisuudet olivat korkeammat kuin taustapitoisuusalueilla. Lisäksi pohjavesien liukoisen raudan pitoisuudet olivat keskimäärin suuremmat läjitysalueilla kuin taustapitoisuusalueilla. Tulosten perusteella pilaantumattomien ylijäämämaiden maanlajitystoiminta ei vaikuttaisi pintavedessä olevaan liukoiseen rautaan, mutta voi nostaa liukoisen raudan pitoisuutta pohjavedessä. Liukoisen raudan pitoisuuden nousua pohjavedessä maankaatopaikalla selittää kaksi seikkaa. Läjitettävistä aineksista huuhtoutuu orgaanista ainesta, joka pohjavesikerroksessa hajotessaan kuluttaa happea. Lisäksi laajojen alueiden peittäminen savipitoisella aineksella muodostaa vettä läpäiseviä maakerroksia salpaavan kerroksen, jolloin pohjavesikerrokseen muodostuvat vastaavat vähähappiset olosuhteet kuin luonnontilaisten savikkojen peittämällä alueilla. Pelkistävissä olosuhteissa raudan ja mangaanin

esiintyminen liuenneessa muodossa lisääntyy. Pintavesissä korkeat rauta- ja alumiinipitoisuudet ovat yhteydessä kiintoainekseen, jota huuhtoutuu maanlajitysalueilta pintavalunnan mukana (Clergeaud 2020a ja 2020b).

Raskasmetallien pitoisuuksien analyysituloksia oli saatavilla liian vähän tilastollista tarkastelua varten. Yksittäisiä mediaanipitoisuuksia selvästi korkeampia metallipitoisuuksia on havaittu läjitysalueiden velvoitetarkkailuissa sekä pohja- että pintavesissä, esimerkiksi alumiinin, arseenin, koboltin, kromin, lyijyn, molybdeenin, nikkelin, sinkin osalta. Öljyhiilivety-yhdisteitä C_{10} - C_{40} on todettu satunnaisesti. Aineisto sisälsi vain yksittäisiä määräysrajan ylityksiä, mutta on huomiotava, että raskasmetalleja ja öljyhiilivetyjä myös määritetään velvoitetarkkailuissa harvemmin (Clergeaud 2020a ja 2020b).

3.3 Seurantakohteiden valintakriteerit

Seurantakohteiden valinnan pääkriteerinä oli alueen herkkyyttä kuvaavan paikkatietoanalyysin tulos (erityisen herkillä alueilla korkeimmat pistemäärät) ja olemassa olevan tutkimusaineiston hyödynnettävyys. Lisäksi huomioitiin kohteiden hydrogeologiset ja hydrologiset olosuhteet ja mahdollisuus edustaviin havaintopaikkoihin, joiden vesien laadun seurannan tulosten perusteella voitaisiin arvioida nimenomaan läjitystoiminnan mahdollisia vaikutuksia. Vaelluskalojen lisääntymisalueiden osalta huomioitiin uomayhteydet, koskipaikkojen sijainti, aikaisemmin toteutetut kalataloudelliset kunnostukset sekä sähkökoekalastusten tulosten ja muun relevantin tausta-aineiston riittävyys.

Seurantakohteiksi valittiin Metsä-Tuomelan maankaatopaikka Nurmijärvellä (kokonaispistemäärä 7), Mustajoen Multajalosteen mullanvalmistusalue Riihimäellä (kokonaispistemäärä 13) ja Helsinki-Vantaa lentokentän luoteispuolella Vantaan Kiilassa sijaitseva alue, jossa toimivat Pihamaa Oy:n mullanvalmistusalue (kokonaispistemäärä paikkatietoanalyysissä 12) ja Helsinki-Vantaan lentoaseman pohjoisreunalla sijaitseva Finavian maankaatopaikka (kokonaispistemäärä paikkatietoanalyysissä 11).

Kaikki alueet edustavat sekä toimintaympäristöltään että hydrogeologiaaltaan erilaisia olosuhteita. Tarkemmat seurantakohteiden kuvaukset ja perustelut niiden valinnasta kohdealueeksi on esitetty luvussa 4.

3.4 Kalataloudellisten kunnostusten suunnittelu ja kunnostuskohteen valinta

Hankkeen toisena tavoitteena oli selvittää läjitysalueilta kulkeutuvan sedimenttikuorman kertymistä lohikalojen kutosoraikkoihin, ja puusuisteilla tehtävän kunnostuksen soveltuvuutta soraikkoihin tapahtuvan lisäsedimentaation estämiseksi. Puusuisteilla ehkäistään hienojakoisen maa-aineksen kertymistä soraikkoihin joko kiihdyttämällä virtausta soraikon kohdalla, tai pidättämällä maa-aines soraikon yläpuolella. Maanlajitysalueilta tulevan mahdollisen lisäsedimentaation määrän ja sen torjumisen tutkimiseksi esiselvitysvaiheessa valittujen kohteiden vaikutuspiirissä oleville koskikohteille tehtiin maastokäyntejä kesällä 2019.

Maastokäyntien aikana etsittiin lohikalojen lisääntymiseen soveltuvia kutusoraikoita, jotka kärsivät hiekan ja muun sedimentin kertymisestä soran sisään, ja joiden arveltiin hyötyvän puurakenteilla tehtävästä virran muokkauksesta.

Riihimäellä Mustajoen Multajalosteen mullanvalmistusalueen mahdollisessa vaikutuspiirissä oleviksi kohteiksi tunnistettiin Virho ry:n kunnostamat alueet Paalijoessa Usminkallioiden alueella ja potentiaalisesti vaikutuskohteeksi Vantaanjoen Silmäkenevaan laskeva noro. Kumpikin alue todettiin kokonsa puolesta liian kapeaksi puusuisteiden rakentamista varten.

Nurmijärvellä Metsä-Tuomelan maankaatopaikalta lounaaseen virtaavan noron yhteys alavirran puolella olevaan Liimaniitunojaan tarkistettiin maastossa ja Liimaniitunoja inventoitiin osittain noron oletetusta liittymäkohdasta ylä- ja alavirran suuntaan. Maastotarkastelun perusteella Liimaniitunoja ei kokonsa ja virta-alueiden profiilin puolesta soveltunut puusuisteilla tehtävään kunnostukseen. Noron alaosassa sijaitsevan melko syvän lammen todettiin myös pidättävän maankaatopaikan suunnalta tulevia vesiä niin tehokkaasti, että alapuolinen noro oli kokonaan kuivunut.

Maastokäynti tehtiin myös Mäntsälän Ohkolassa sijaitsevalle Ohkolanjoen sivupurolle Hakkarinjoelle ja sen laskukohdalle Ohkolanjoessa. Hakkarinjoessa ja välittömästi sen laskukohdan yläpuolella todettiin olevan lohikalojen kutuun soveltuvia soraikkoja. Koska uomayhteys läjitysalueeseen oli epävarma ja kohde sijaitsi logistisesti vaikeassa paikassa, päätettiin lopulliseksi kunnostuskohteeksi valita Tuusulanjoen Kiilan ja Myllykylän alueelta kolme virtapaikkaa, joista kaikista löydettiin lohikalojen kutuun soveltuvia soraikkoja.

Tuusulanjoelle tehdyn maastokäynnin yhteydessä varmistettiin suisteiden rakentamiseen tarvittavan puumateriaalin löytyminen lähimaastosta ja joen pohja tarkistettiin vesikiikarilla vuollejokisimpukoiden esiintymisen varalta. Kaikkien koskien alueella havaittiin kartoituksen aikana simpukoita (kuva 3). Simpukat sijaitsivat pääsääntöisesti virran reunoissa ja hitaan virran alueilla. Kohteiden valinnan jälkeen kunnostustoimintaan, alueella liikkumiseen ja suisteiden rakentamiseen käytettävän puumateriaalin keräämiseen pyydettiin luvat alueen maanomistajilta ja Vantaan kaupungin metsänhoitajalta.

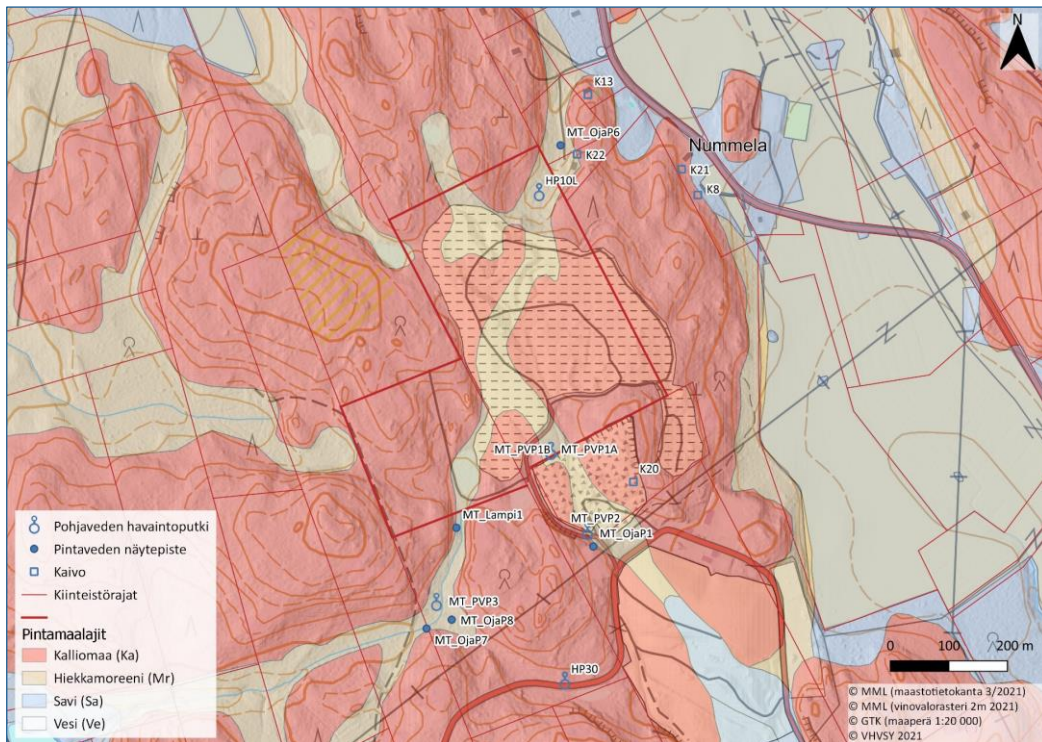


Kuva 3. Maastokartoituksen aikana heinäkuussa 2019 Tuusulanjoen seuranta-alueella havaittu vuollejokisimpukka (kuva Oula Tolvanen).

4 Seurantakohteiden kuvaus

4.1 Nurmijärven kunnan Metsä-Tuomelan maankaatopaikka

Metsä-Tuomelan maankaatopaikka sijaitsee Nurmijärven kunnan alueella Metsä-Tuomelan jäteaseman välittömässä läheisyydessä (kuva 4). Eteläreunalla maankaatopaikka rajautuu ASM Kiviaines-palvelun kiviaineksen louhinta- ja murskausalueeseen. Yhdyskuntajätteen kaatopaikka sijaitsee maankaatopaikan ja louhinta-alueen eteläpuolella. Etelä Suomen aluehallintoviraston ympäristölupapäätöksen 16.2.2018 mukaan maankaatopaikalle saa vastaanottaa ja loppusijoittaa pilaantumattomia maa- ja kiviaineksia 130 000 tn/v sekä käsitellä, kuten seuloa ja lajitella, alueelle vastaanotettuja maa-aineksia enintään 15 000 tn/v ja varastoida hyödynnettäväksi kelpaavia maa-aineksia kerrallaan enintään 45 000 tonnia. Nykyisellään maankaatopaikalle loppusijoitetaan ylijäämämaita vain Nurmijärven kunnan alueelta. Loppusijoitettavat maa-ainekset koostuvat pääasiassa savimaista.



Kuva 4. Metsä-Tuomelan maankaatopaikan maaperä, pohjaveden havaintoputket, näytekaiivot ja pintaveden havaintopaikat. Karttaan on merkitty myös maankaatopaikan veloitetarkkailussa mukana olevat talousvesikaiivot ja havaintoputki HP10L. Putket PVP1A, PVP1B, PVP2, PVP3 ja HP30 asennettiin syyskuussa 2019.

Vuonna 2018 Etelä-Suomen aluehallintovirasto myönsi ympäristöluvan maankaatopaikan laajentamiselle sen länsipuolella olevalle kiinteistölle. Alkuperäisen maankaatopaikan kokonaistäyttötilavuus on 640 000 m³rtr ja laajennusalueen 250 000 m³rtr (teoreettinen rakennetilavuus m³rtr kuvaa suunnitellun rakenteen tilavuutta tiivistettynä suunnitelmien mukaiseen tiiviyyteen). Ympäristölupapäätöksen kanssa samanaikaisesti ratkaistiin vesilain soveltamisen piiriin kuuluva

lupapäätös poiketa Lepolan puron luonnontilan vaarantamista koskevasta kiellosta. Laajennusalueen eteläpuolella ja sen mahdollisella vaikutusalueella sijaitseva Lepolan puro on luokiteltu Nurmijärven kirkonkylän osayleiskaava-alueen pienvesiselvityksessä vesilain 2 luvun 11 §:n mukaiseksi suojeltavaksi noroksi. Myös laajennusalueelle loppusijoitetaan Nurmijärven kunnan savipitoisia ylijäämämaita.

Ennen läjitystoiminnan aloittamista nykyisen maankaatopaikan alue oli kallioaluetta, jonka laella ei ollut irtomaakerroksia (kuva 4). Kalliokohoumien välisissä painanteissa esiintyy maakerroksia 0 – 8 m paksuudelta. Läjitysalueen keskiosassa kulkee kallioperän heikkousvyöhyke, jossa kallio on rikkonaista ja vettä johtavaa. Heikkousvyöhykkeen alueella kalliopainanteissa on < 10 m paksu moreenikerros, ja paikoitellen pinnalla on savi/silttikerros. Laajennusalueella on kalliomäkien ympäröimä kostea painanne.

Maankaatopaikan alueella tehtiin vuonna 2006 maaperäkairauksia, joiden yhteydessä asennettiin neljä pohjaveden havaintoputkea. Havaintoputkista tehtyjen pohjaveden pinnankorkeuden mittauksen perusteella pohjavesi virtaa maankaatopaikan keskiosassa pääasiassa etelään ja lounaaseen, kallioperän heikkousvyöhykkeitä myötäillen. Maankaatopaikan pohjoisosasta pohjavesi virtaa kohti koillista. Alueella on todettu myös paineellista pohjavettä (Manninen 22.10.2019).

Alueelle aikaisemmin asennetuista pohjaveden havaintoputkista vain yksi (HP10L) on säännöllisessä maankaatopaikan ympäristölupapäätöksen mukaisessa velvoitetarkkailussa. Muut havaintoputket ovat tuhoutuneet maankaatopaikan täytön edetessä. Koska putki HP10L todettiin huonokuntoiseksi ja sen edustavuus heikoksi, alueelle asennettiin syksyllä 2019 neljä uutta pohjaveden havaintoputkea hankkeessa tehtävää pohjavesien laadun tiheennettyä seurantaa ja maankaatopaikan pohjavesivaikutusten arviointia varten. Uusien havaintoputkien suunnittelussa huomioitiin arviot pohjaveden virtauskuvasta (Manninen 22.10.2019) ja geologiset tulkinnat kallioperän rikkonaisuusvyöhykkeistä. Kallion rakosteemiin varastoitunutta kalliopohjavettä virtaa heikkousvyöhykkeitä pitkin kohti kaakkoa ja lounasta, mahdollisesti myös kohti koillista. Yksi havaintoputki (MT-PVP1B) asennettiin maankaatopaikan täyttökerrokseen ja loput kolme (MT-PVP1A, MT-PVP2, MT-PVP3) ovat kalliopohjavesiputkia.

Metsä-Tuomelan maankaatopaikka sijaitsee vedenjakajalla, joka jakaa alueen kolmeen eri valuma-alueeseen. Alueen pohjoisosan pintavedet valuvat ojaa pitkin koilliseen. Alueen länsiosan pintavedet valuvat lounaaseen ja luoteeseen ja päätyvät Liimaniitunojaan, joka virtaa etelään. Laajennusalueen pintavedet kerääntyvät kiinteistöltä lounaaseen virtaavaan Lepolan puroon ja päätyvät sitä pitkin läheiseen lampeen. Lammesta vedet virtaavat Liimaniitunojaan ja sitä myöten Luhtajokeen. Alueen itäosan pintavedet valuvat pintavaluntana itäpuolisten peltojen ojiin ja sieltä edelleen etelään (Manninen 22.10.2019).

Metsä-Tuomelan maankaatopaikka edustaa tyypillistä kallioalueelle perustettua läjitysalueita, joka sijaitsee vedenjakajalla ja jossa mahdollinen yhteys pohjaveteen on nimenomaan kallioperän heikkousvyöhykkeissä esiintyvään kalliopohjaveteen. Usein samalla alueella tehdään myös kallion kiviaineksen louhintaa ja valmiiksi louhittujen alueiden täyttöä. Metsä-Tuomelan maankaatopaikka sai paikkatietoanalyysissä kokonaispistemääräksi 7 (maksimipistemäärän ollessa 18), koska se ei sijaitse tärkeän pohjavesimuodostuman alueella eikä siitä ole suoraa uomayhteyttä vaelluskalojen esiintymisalueelle. Lounaispuolella virtaava Lepolan noro (kuva 5) edustaa kuitenkin suojeltavaa noroa.



Kuva 5. Metsä-Tuomelan maankaatopaikan laajennusalueen eteläpuolella virtaava Lepolan noro (kuva A.-L. Kivimäki 23.5.2019).

4.2 Mustajoen Multajalosteen mullanvalmistusalue Riihimäellä

Riihimäellä sijaitsevalla Mustajoen Multajalosteen kiinteistöllä on jalostettu multaa 1980-luvulta lähtien. Mullanjalostustoiminta sisältää turpeen, mullan, hiekan ja hiesun kuljettamista alueelle, niiden aumaamista ja seulomista. Valmis tuote sisältää turpeen ja mineraaliaineksen lisäksi kalkkia ja lannoitetta. Kalkkituotteena käytetään hienojakoista Nordkalkin dolomiittikalkkia. Toiminta keskittyy sulan maan aikaan eli huhtikuusta marraskuuhun. Alueella on nostettu toiminnan alkuvaiheessa turvetta, minkä seurauksena alueelle on muodostunut kolme lammikkoa (kuva 6).

Nykyisin mullan valmistuksessa tarvittava turve tuodaan muualla sijaitsevilta turvetuotantoalueilta, mm. Hyvinkäältä. Kiinteistöllä on tehty toimenpideluvilla täyttöjä mullanvalmistuskentän laajentamiseksi. Täyttöihin on käytetty betonimursketta ja savimaita. Varsinaiselle mullanvalmistustoiminnalle ei edellytetä ympäristölupaa. Alueen toiminta perustuu Riihimäen kaupungin rakennusvalvontaviranomaisen myöntämiin maisematyö- ja toimenpidelupiin.



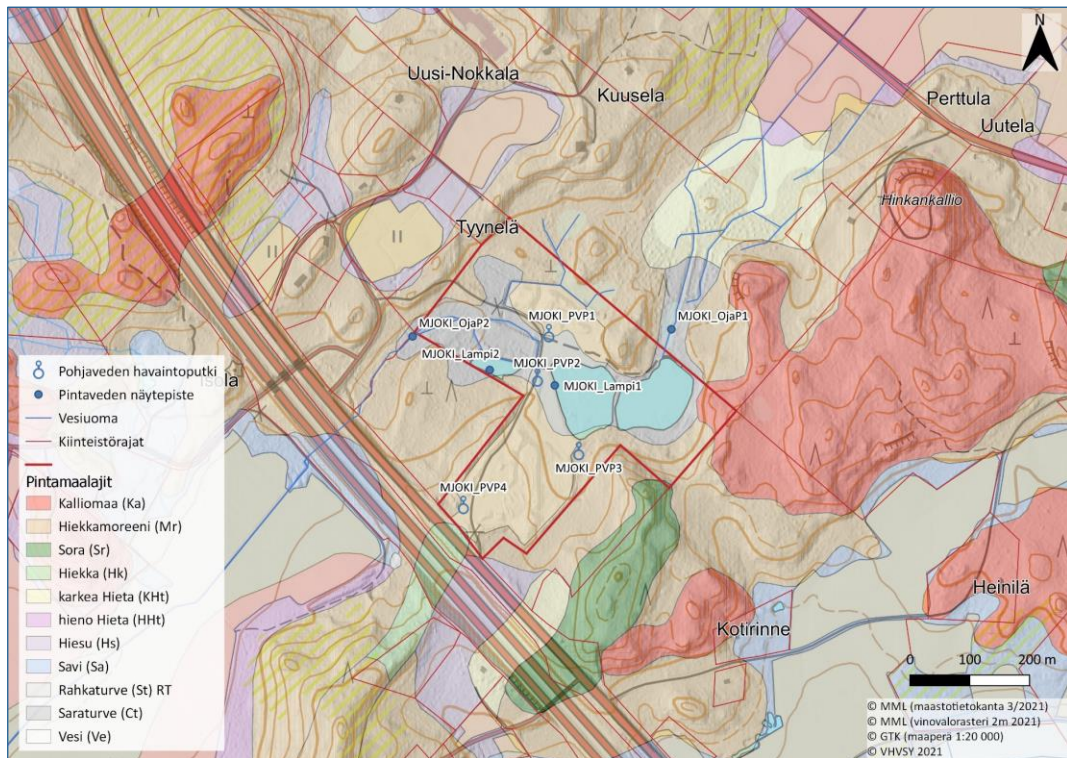
Kuva 6. Turpeennoston seurauksena muodostuneita lampia Mustajoen mullanvalmistusalueella (kuva Joonna Clergeaud 22.7.2019).

Mullanvalmistusalueelta virtaa ojia pitkin vesiä kahteen suuntaan (kuva 7). Kiinteistön luoteis- ja keskiosasta vedet virtaavat ojaa pitkin kohti lounasta, purkautuen Paalijokeen. Vesien johtamiseksi em. ojiin ojauomia on kiinteistön alueella paikoitellen ruopattu, ja mullanvalmistuskentältä valuvat vedet ohjataan pääasiassa Paalijokeen johtavaan ojaan. Turpeennostoalueelle muodostuneista lammikoista vedet virtaavat kohti pohjoiskoillista virtavaa ojaa, joka laskee Vantaanjokeen.

Pohjavesiolosuhteista kiinteistön alueella ei ole olemassa aikaisempaa tutkimustietoa. Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkartan (1:20 000) mukaan päämaalaji kiinteistön alueella on moreeni, joskin lounaisreunaa sivuaa hiekkamuodostuma (kuva 7). Alueen keskiosassa, josta on nostettu turvetta, maan pintaosassa maakerrokset koostuvat siltistä.

Mustajoen mullanvalmistusalueella ei ole pohjaveden laadun tarkkailuvelvoitetta, joten alueella ei ollut pohjaveden havaintoputkia. Alueelle asennettiin syksyllä 2019 neljä uutta pohjaveden havaintoputkea hankkeessa tehtävää pohjavesien laadun tiheennettyä seurantaa ja mullanvalmistuksessa käytettävien aineiden varastoinnin ja käsittelyn pohjavesivaikutusten arviointia varten. Putkien asennuksen yhteydessä tehtyjen havaintojen mukaan maakerrokset mullanvalmistus- ja varastointikentillä koostuvat kivisestä moreenista, jossa esiintyy paikoitellen silttisiä välikerroksia. Pohjaveden havaintoputket (MJOKI-PVP1, MJOKI-PVP2, MJOKI-PVP3) asennettiin kallionpintaan asti, ja putkista tehtyjen mittausten perusteella pohjavesikerroksen paksuus on 2,6 – 8,7 m.

Havaintoputken PVP4 asennuspaikkaa jouduttiin maanalaisten kaapeleiden vuoksi muuttamaan, ja se jouduttiin asentamaan hydrogeologisesti epäsuotuisalle alueelle. Havaintoputki PVP4 jäi kuivaksi, ilmeisesti kivisen maa-aineksen ja jyrkästi laskevan kallionpinnan vuoksi.



Kuva 7. Mustajoen multajalosteen mullanjalostusalueen maaperä, pohjaveden havaintoputket ja pintaveden havaintopaikat. Maalajit ©GTK Maaperä 1:20 000.

Mustajoen Multajalosteen mullanvalmistusalue sai paikkatietoanalyysissä kokonaispistemääräksi 13. Alueelta on uomayhteys vaelluskalojen lisääntymisalueelle, ja kiinteistön ympäristössä on useita talousvesikäytössä olevia yksityisiä porakaivoja. Vantaanjoen valuma-alueella on useita mullanvalmistusalueita, mutta niiden mahdollisista vaikutuksista veteen ei ole olemassa tarkkailutuloksia, koska toimintaan ei liity ympäristöluvan mukaisia tarkkailuvelvoitteita. Mustajoen Multajaloste edustaa pitkään toiminnassa ollutta ja aktiivisessa käytössä olevaa mullanvalmistusaluetta, joten se soveltuu hyvin mahdollisten pintavesi- ja pohjavesivaikutusten tarkkailuun.

4.3 Myllykylänkosken-Solbackan alue

Tuusulan ja Vantaan kuntarajan tuntumassa sijaitsevalla Myllykylän-Solbackan alueella sijaitsee useita toimintoja, joilta voi pintavalunnan mukana kulkeutua haitallisia aineita tai yhdisteitä (kiintoainekseen kiinnittyneenä tai veteen liuenneena) lähiojiin ja niiden kautta Tuusulanjokeen. Vantaan Kiilan alue ja Tuusulan Myllykylän alue ovat osittain vilkasta teollisuusaluetta, ja osittain rauhallista omakotitaloaluetta, jota halkoo vilkas raskas liikenne. Esiselvityksessä kartoitetuista maanlajityskohteista Myllykylänkosken-Solbackan alueella sijaitsevat Pihamaa Oy:n mullanvalmistusalue (kokonaispistemäärä paikkatietoanalyysissä 12) ja Helsinki-Vantaan lentoaseman pohjoisreunalla sijaitseva Finavian maankaatopaikka (kokonaispistemäärä paikkatietoanalyysissä 11).

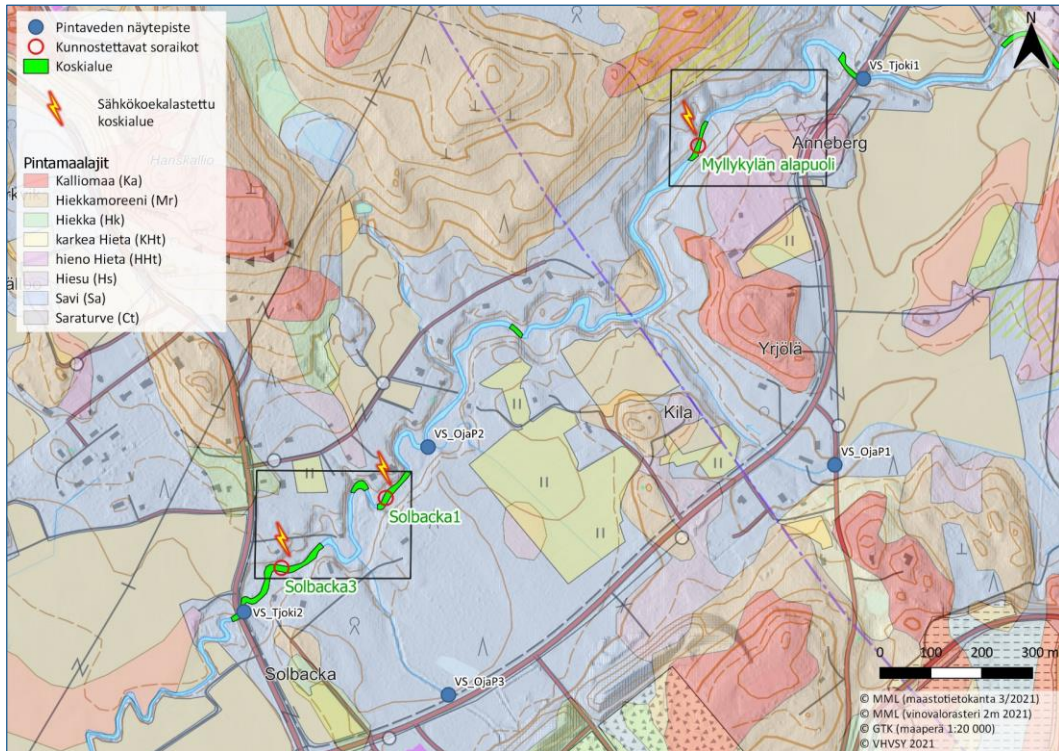
Em. toiminnanharjoittajien kanssa neuvoteltiin mahdollisuudesta tehdä pohja- ja pintavesien seurantaa läjitysalueilla. Alueiden vilkkaan toiminnan ja työturvallisuuteen liittyvien tiukkojen ohjeistusten vuoksi todettiin, että ulkopuolisen henkilöstön säännöllistä maastotyöskentelyä kiinteistöillä ei voida sallia. Tämän vuoksi läjitysalueilla ei tehty pohjavesien laadun seuranta, ja seurantatutkimuksissa keskityttiin oja- ja jokiveden laadun seurantaan sekä sedimenttien kerääntymisen selvittämiseen.

Tuusulanjoki Myllykylän ja Solbackan välisellä alueella valittiin kalataloudellisten kunnostusten kokeilualueeksi. Tuusulanjoen viereiset maanläjitys- ja mullanvalmistusalueet sijaitsevat koskipaikkoihin nähden eteläpuoleisella teollisuusalueella, josta Tuusulanjokeen laskee kolme pientä uomaa (kuva 8). Keskimmäisen uoman (VS-OjaP2) virtaama on vähäinen verrattuna kahteen muuhun ojaan (VS-OjaP1 ja VS-OjaP3)(taulukko 6). VHVS:n Jokitalkkarien tekemien virtavesi-inventointien perusteella alueella sijaitsevat Tuusulanjoen koskipaikat soveltuvat lohikalojen lisääntymiseen ja alueen koskissa on kutusoraikkoja (Sivonen ja Leinonen 2017a). Soraikkojen soveltuminen suunniteltuihin kunnostustoimiin varmistettiin erillisellä maastokäynnillä kesällä 2019. Tuusulanjoessa on aiemmin suoritettu sähkökoekalastuksia RKTL:n (nyk. Luonnonvarakeskus) ja VHVS:n toimesta vuosina 2004, 2008, 2016 ja 2017, mutta kunnostettavista alueista sähkökalastuksia oli aiemmin tehty vain Myllykylän alapuolisella koskipaikalla.

Kaksi muuta kunnostusten kokeilualueita sähkökalastettiin ensimmäisen kerran vuonna 2019 tässä hankkeessa. Aiemmissa sähkökalastuksissa taimenia oli esiintynyt vain Myllykylänkoskessa sekä sen viereisillä ylä- ja alavirran puoleisilla koskipaikoilla (Sivonen ja Leinonen 2017a; Saura 2009).

Kesällä 2019 tehdyn maastokäynnin ja aiempien luontokartoitusten perusteella (Valovirta ja Hietala 2015) Tuusulanjoella esiintyy vuollejokisimpukkaa, joka on määritelty erittäin uhanalaiseksi ja laji on suojeltu EU:n luontodirektiivin liitteessä IV (a). Uudenmaan ELY-keskuksen toimesta vuosina 2006 ja 2010 tehdyssä kartoituksessa Myllykylänkosken alapuolinen jokijakso todettiin hyväksi vuollejokisimpukan lisääntymisalueeksi, jonka lisäksi Tuusulanjoen ja Vantaanjoen yhtymäkohdassa on havaittu suuri kanta vuollejokisimpukkaa vuosina 2004–2007 suoritetussa Vantaanjoen vuollejokisimpukkainventoinnissa (Valovirta 2008; Valovirta ja Hietala 2015).

Vuollejokisimpukan suojelustatus huomioitiin kalataloudellisten kunnostusten suunnittelussa ja VHVS haki Uudenmaan ELY-keskukselta luvan poiketa lajirauhoitussäännöksistä kunnostuskohdeilla. Lajirauhoitusta koskevan poikkeusluvan lisäksi kunnostusten toteuttamisesta tehtiin ilmoitus vesilain valvontaviranomaiselle ja kalatalousvalvontaviranomaiselle Uudenmaan ELY-keskukseen.



Kuva 8. Vantaalla Tuusulanjoessa Myllykylä-Solbacka alueen virtapaikat, Tuusulanjokeen eteläpuolisilta läjitysalueilta laskevat ojat sekä pintaveden havaintopaikat. Maalajit ©GTK Maaperä 1:20 000.

4.3.1 Tuusulanjoen virtaamat ja säännöstely

Tuusulanjoki saa alkunsa Tuusulan ja Järvenpään alueella sijaitsevasta Tuusulanjärvestä, jonka pintaa säännöstellään Tuusulanjoen luusuassa Hyrylässä sijaitsevalla säännöstelypadolla (LSVEO 1989). Säännöstelystä vastaa Keski-Uudenmaan vesiensuojelun liikelaitoskuntayhtymä. Vuonna 2015 säännöstelypato uusittiin ja padon viereen rakennettiin kalatie Uudenmaan ELY-keskuksen toimesta. Uusimisen jälkeen säännöstely on toteutettu etähallinnalla.

Tuusulanjärven säännöstelyn ohjeraja on +/-30 cm keskiveden aikana (+37,6 - +37,8 m). Maalis- ja huhtikuussa vettä pitää laskea alemmas vähintään tasoon +37,6 ja alimmillaan tasoon +37,0 metriä. Säännöstelyohje koskee vain Tuusulanjärveä ja vaikka järven pinnan korkeuden vaihtelu pysyy pääasiassa 30 cm ohjerajassa, vaihtelee Tuusulanjoen virtaama suuresti. Vuosien 2000 ja 2020 välisenä aikana Tuusulanjoen keskimääräinen huippuvirtaama on ollut noin 5 m³/s ja keskimääräinen alin virtaama 0,07 m³/s. Suurin mitattu virtaama 2000–2020 aikana on 7,78 ja pienin 0,02 m³/s.

Tiedot virtaamista Tuusulanjoen luusuassa haettiin Suomen ympäristökeskuksen Avoin tietoympäristötietojärjestelmästä (https://www.syke.fi/fi-FI/Avoin_tieto/Ymparistotietojarjestelmat). Tuusulanjärven luusuassa on valtakunnallisen havaintoverkoston virtaamamittausasema, jossa virtaaman suuruutta havainnoidaan jatkuvatoimisesti.

Suuren vuosittaisvaihtelun lisäksi Tuusulanjoen virtaama vaihtelee voimakkaasti myös vuorokausitasolla. Näin tapahtuu etenkin syksyn sadekausina, jolloin vettä päästetään padon läpi suuria määriä, jotta veden pinta pysyy alle tason +37,8 m. Tämän seurauksena alapuolisen Tuusulanjoen virtaama kasvaa nopeasti. Kun patoluukut taas suljetaan järven pinnan laskettua, virtaama putoaa äkillisesti. Tämä havaittiin myös lokakuussa 2019 maastotöiden yhteydessä, jolloin joen virtaama laski 7 tunnin ajanjaksolla tasosta 1,89 m³/s tasoon 0,04 m³/s (kuva 9).



Kuva 9. Virtaaman vaihtelua Tuusulanjoen alaosalla Kiilassa ja yläosalla Hyrylässä 7.10.2019. Suomen ympäristökeskuksen Avoin tieto -ympäristötietojärjestelmään merkitty virtaama oli 6.10.2019 1,89 m³/s ja 8.10.2019 merkitty virtaama vain 0,04 m³/s.

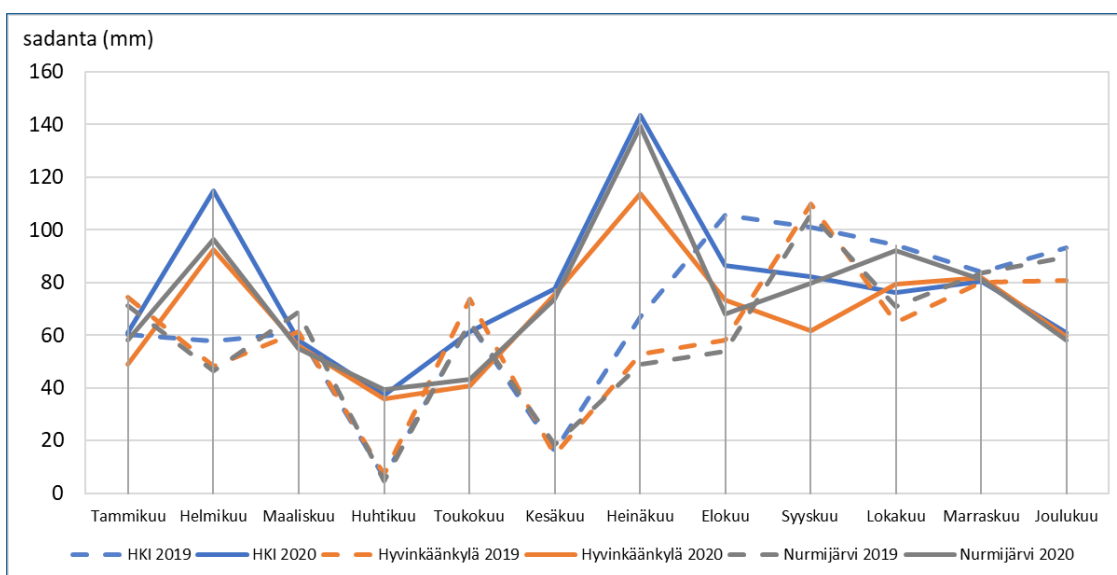
5 Seurantatutkimusten aineisto ja menetelmät

5.1 Tausta-aineisto

Tässä luvussa on kuvattu keskeinen tausta-aineisto, joka oli välttämätön seurantatutkimusten tulosten tulkinnassa.

5.1.1 Sademäärätiedot

Vuosina 2019 – 2020 toteutettujen seurantatutkimusten aikaisten sademäärien mittaustulokset poimittiin Ilmatieteen laitoksen tietoaisteistojen latauspalvelusta (<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/avoin-data-avattavat-aineistot>). Tiedot poimittiin kolmelta säähavaintoasemalta, jotka sijaitsevat lähimpänä seurantakohteita: Helsinki-Vantaan lentoaseman, Hyvinkäänkylän sekä Nurmijärven Röykän asemilta (kuva 10).

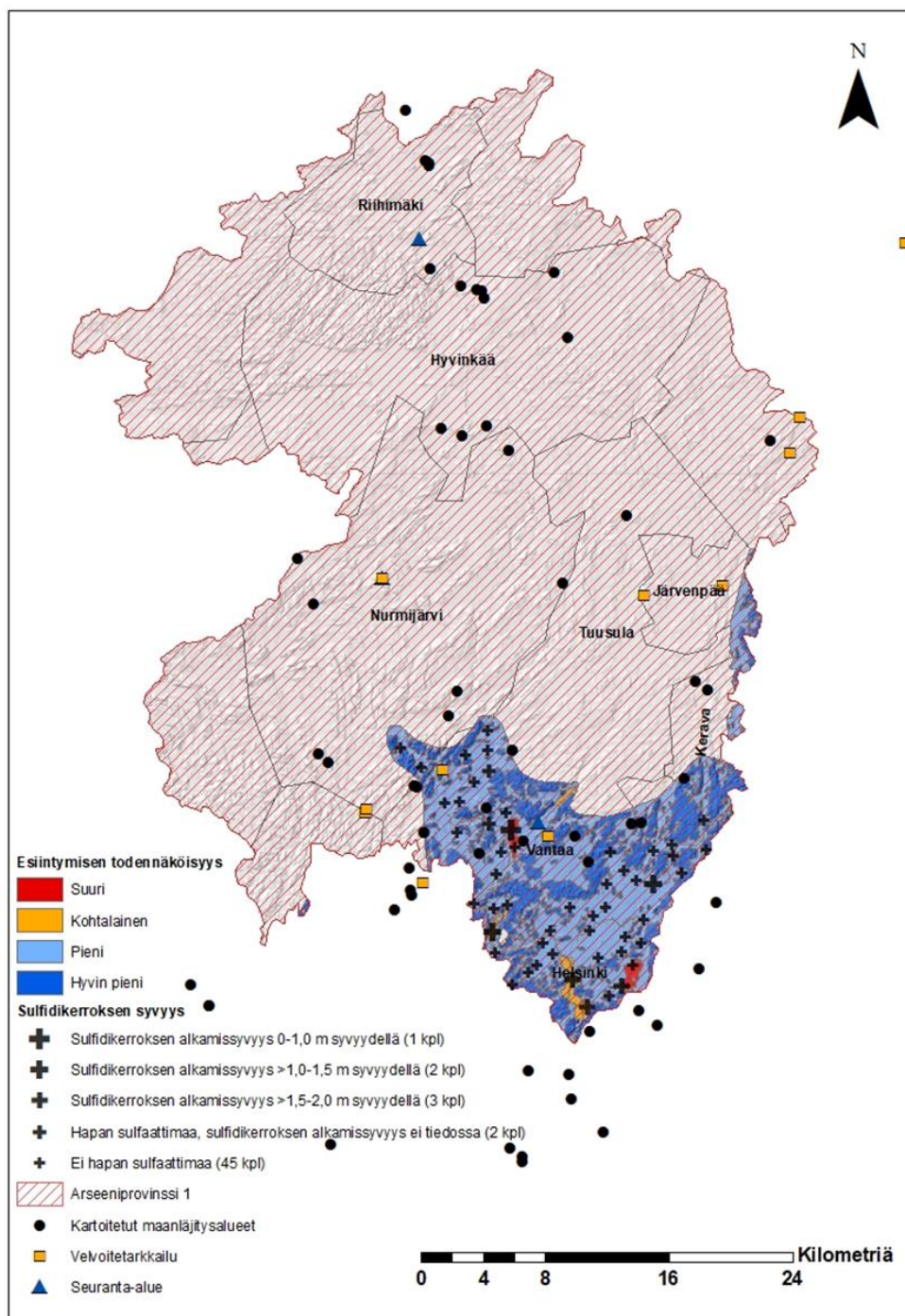


Kuva 10. Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemilla mitatut sademäärät vuosina 2019 – 2020 (Ilmatieteen laitos, Havaintojen lataus -palvelu).

5.1.2 Maaperän taustapitoisuudet

Maa-aineksen alkuainepitoisuuksiin vaikuttaa ihmistoiminnan ohella kallioperän kivilajikoostumus. Vantaanjoen valuma-alueen kallioperä on hyvin vaihtelevaa ja koostuu pääosin syväkivistä ja metamorfisista kivistä. Geokemiallisesti Vantaanjoen valuma-alue kuuluu Etelä-Suomen arseeniprovinssiin (kuva 11). Rannikoilla savimaiden arseenipitoisuudet selittyvät savikoiden synthyhistorialla. Entisen merenpohjan sedimentit sisältävät mm. arseenia, raskasmetalleja ja rikkiä (Hallanaro ja Loukola-Ruskeeniemi 2014). Sulfidisavia esiintyy rannikkoalueilla Perämeren

rannikolta aina itäiselle Uudellemaalle. Niitä esiintyy muinaisen Litorinameren peittämällä aluella. Kun sulfidisavea sisältäviä aineksia kaivetaan, mineraaliaines voi reagoida hapen kanssa muodostaen rikkihappoa. Tämän seurauksena mineraaliaineksesta liukenee maaperässä luontaisesti esiintyviä alkuaineita kuten alumiinia, kadmiumia, kobolttia, kuparia, mangaania, nikkeliä ja sinkkiä (MMM ja YM 2011).



Kuva 11. Etelä-Suomen arseeniprovinssin rajaus sekä happamien sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys ja sulfidikerroksen syvyys Vantaanjoen valuma-alueella. Valuma-aluejako 1:50 000 © SYKE. Rinnevarjostus 32 m © MML. Happamat sulfaattimaat 1:250 000 © GTK. Arseeniprovinssit 1:1 000 000 © GTK (kuva Clergeaud 2020a ja 2020b).

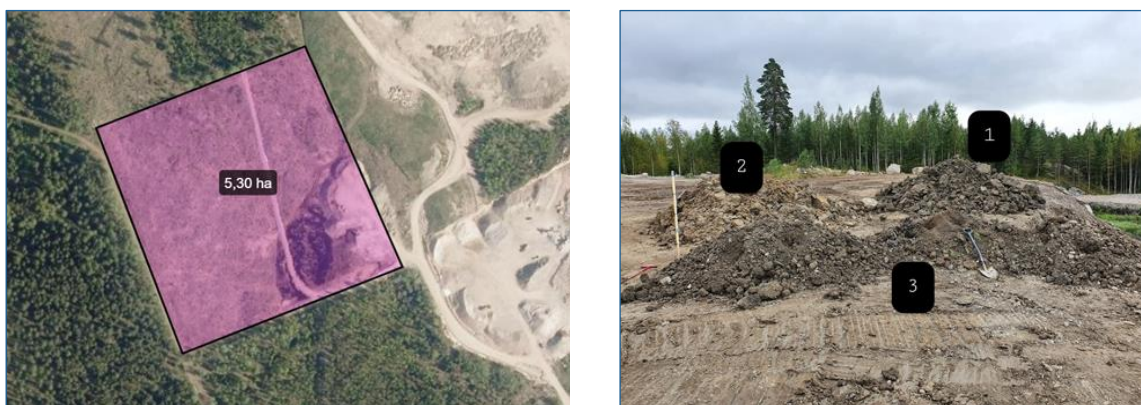
Tiedot edellä selostetuista maaperän taustapitoisuuksiin vaikuttavista geologisista tekijöistä koottiin Geologian tutkimuskeskuksen karttapalvelusta ja rajapintapalvelusta (<https://www.gtk.fi/palvelut/aineistot-ja-verkkopalvelut/>):

- Happamat sulfaattimaat
- Geokemialliset provinssit
- Maaperän taustapitoisuudet (TAPIR)

5.1.3 Läjitetävät maa-ainekset ja niiden koostumus

Metsä-Tuomelan maankaatopaikka

Metsä-Tuomelan maankaatopaikalle loppusijoitetaan Nurmijärven kunnan alueelta ylijäämämaita, jotka ovat pääasiassa savimaita. Läjitetävät ainekset pyritään levittämään heti, kun ne tuodaan alueelle. Tausta- ja vertailuaineistoksi otettiin maankaatopaikan laajennusalueelle tuoduista maa-aineksista kokoomanäytteitä syyskuussa 2020. Näytteenoton ajaksi kentälle jätettiin kolme kasaa, joista kustakin otettiin yksi kokoomanäyte (kuva 12). Kokoomanäytteet muodostuivat 25 – 44 massaltaan mahdollisimman identtisestä osanäytteestä. Näytteenotossa käytettiin lapiota ja Puerkhauer-näytteenotinta. Näytteet otettiin satunnaisotannalla. Osanäytteiden savipitoisuus vaikeutti jossain määrin kokoomanäytteen homogenisointia.



Kuva 12. Metsä-Tuomelan maankaatopaikan laajennusalue ja kolme kasaa, joista otettiin kokoomanäytteet 3.9.2020 (kuvat J. Clergeaud).

Kokoomanäytteistä määritettiin Metropolilab Oy:n analyysilaboratoriossa tilavuuspaino, kosteus, kuivapaino, raekokojakauma, orgaanisen hiilen kokonaismäärä, pH, sähkönjohtavuus, typpiyhdisteet (vesiliuk.), fosfaattifosfori (vesiliuk.), sulfaatti ja kloridi (vesiliuk.), koliformiset bakteerit ja *E.coli*, Ca, Mg, K, Na, Al, Sb, As, Ba, Be, Hg, P, Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Mn, Mo, Ni, Si, Fe, S, Se, Zn, Sr, Tl, Ti, U ja V (mg/kg ka), öljyhiilivedyt C₅-C₄₀ (mg/kg ka) sekä PAH-yhdisteet (24 yhdistettä, mg/kg ka). Yhteenveto Metsä-Tuomelan maankaatopaikan kokoomanäytteiden määrittystulokista on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Yhteenveto Metsä-Tuomelan maankaatopaikan kokoomanäytteiden (n=3) määrittystuloksista. Taulukosta on jätetty pois alle määrittysrajan olevat analyysitulokset.

	TOC	Koliform.	E.coli	pH	SO4	Cl	NH4-N	NO3NO2-N	PO4-P	Ca	Mg	K	Na	Al
	% ka	mpn/g	mpn/g		mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka
Max	1,9	32550	100	6,8	42	33	1,4	3,2	0,3	6100	14000	12000	940	45000
Min	0,3	200	5	5,8	14	5	0,5	0,7	0,1	4900	9100	6800	700	22000
Ka	1,3	12277	37	6,3	29	19	1,1	1,8	0,2	5667	12367	9933	837	35667
Med	1,8	4080	5	6,3	32	20	1,3	1,6	0,2	6000	14000	11000	870	40000
SD	0,9	17664	55	0,5	14	14	0,5	1,3	0,1	666	2829	2759	123	12097
	As	Ba	Be	Hg	P	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Mn	Ni	Si	Fe
	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka
Max	11	220	3,5	0,050	870	0,13	28	90	41	14	710	40	5200	54000
Min	5	120	1,6	0,025	580	0,11	15	50	25	6	400	24	4500	29000
Ka	8	187	2,7	0,042	733	0,12	23	75	33	11	590	34	4767	44333
Med	9	220	3,1	0,050	750	0,13	25	85	33	14	660	38	4600	50000
SD	3	58	1,0	0,014	146	0,01	7	22	8	5	166	9	379	13429
	S	Se	Zn	Sr	Tl	U	V	PAH kok	Fluoreeni	Pyreeni	Kryseeni			
	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka			
Max	290	1	130	94	32	4	120	2,20	0,98	1,00	0,25			
Min	65	1	73	73	12	3	64	1,70	0,73	0,79	0,19			
Ka	192	1	108	85	20	4	98	1,90	0,82	0,86	0,21			
Med	220	1	120	89	15	4	110	1,80	0,76	0,80	0,19			
SD	115	0	30	11	11	0,6	30	0,26	0,14	0,12	0,03			

Mustajoen Multajalosteen mullanvalmistusalue

Mustajoen mullanvalmistusalueen valmismullan koostumusta ei tutkita laboratoriomäärityksillä. Valmiin tuotteen laatu vaihtelee jonkin verran, mm. turpeen alkuperästä riippuen. Nordkalkin dolomiitti-kalkkituotteen pääalkuaineet ovat kalsium ja magnesium. Tuoteselosteen mukaan Nordkalk Aito Dolomitti -kalkkituote sisältää alla mainittuja metalleja:

- Arseni (As) < 15 mg/kg
- Elohopea (Hg) < 0,05 mg/kg
- Kadmium (Cd) < 0,5 mg/kg
- Kromi (Cr) < 30 mg/kg
- Kupari (Cu) < 30 mg/kg
- Lyijy (Pb) < 35 mg/kg
- Nikkeli (Ni) < 20 mg/kg
- Sinkki (Zn) < 250 mg/kg

Tausta- ja vertailuaineistoksi otettiin mullanvalmistusalueella valmiista multatuotteesta kokoomanäytteitä syyskuussa 2020. Näytteet otettiin seulotusta ja käsitellystä (lannoitettu ja kalkittu) valmismullasta. Valmismullaa varastoidaan ns. alakentällä yhdessä suuremmissa aumassa (kuva 13), josta otettiin kolme kokoomanäytettä. Jokainen kokoomanäyte muodostui 32 masaltaan mahdollisimman identtisestä osanäytteestä. Näytteenotossa käytettiin lapiota ja Puerkhauer-näytteenotinta. Näytteet otettiin satunnaisotannalla.



Kuva 13. Mustajoen Multajalosteen mullanvalmistusalueen alakenttä, jossa varastoitavasta valmis-
multa-aumasta otettiin kokoomanäytteet 4.9.2020 (kuvat J. Clergeaud).

Kokoomanäytteistä tehtiin Metropolilab Oy:n analyysilaboratoriossa samat määritykset kuin Metsä-Tuomelan maankaatopaikalta otetuista kokoomanäytteistä. Yhteenveto Mustajoen mullanvalmistusalueen kokoomanäytteiden määrittystuloksista on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Yhteenveto Mustajoen Multajalosteen mullanvalmistusalueen kokoomanäytteiden (n=3)
määrittystuloksista. Taulukosta on jätetty pois alle määrittysrajan olevat analyysitulokset.

	TOC	Koliform.	<i>E. coli</i>	pH	SO ₄	Cl	NH ₄ -N	NO ₃ NO ₂ -N	PO ₄ -P	Ca	Mg	K	Na	Al
	% ka	mpn/g	mpn/g		mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka
Max	7,7	20000	0	6,2	230	37	19,0	38,0	0,7	5500	3800	2400	390	12000
Min	6,7	100	0	5,6	110	26	9,5	25,0	0,5	3900	3500	2200	370	10000
Ka	7,2	6803	0	6,0	177	32	15,5	31,7	0,6	4967	3633	2300	383	11000
Med	7,2	310	0	6,1	190	33	18,0	32,0	0,6	5500	3600	2300	390	11000
SD	0,5	11429	0	0,3	61	6	5,2	6,5	0,1	924	153	100	12	1000
	As	Ba	Be	P	Co	Cr	Cu	Pb	Mn	Ni	Si	Fe	S	Zn
	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka
Max	4,0	47	0,8	480	7	18	13	11	250	9	2900	14000	540	30
Min	3,0	44	0,4	430	5	17	11	5	210	7	2400	13000	330	28
Ka	3,3	46	0,6	453	6	17	12	9	237	8	2600	13333	430	29
Med	3,0	47	0,5	450	6	17	12	10	250	7	2500	13000	420	28
SD	0,6	2	0,2	25	1	1	1	3	23	1	265	577	105	1
	Sr	U	V	PAH kok	Naftaleeni	Fluoreeni	Pyreeni	Kryseeni						
	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka						
Max	34	2	31	2,2	0,01	0,84	1,20	0,22						
Min	21	2	25	2,2	0,01	0,81	1,10	0,21						
Ka	26	2	28	2,2	0,01	0,83	1,13	0,21						
Med	22	2	28	2,2	0,01	0,83	1,10	0,21						
SD	7	0	3	0	0	0,02	0,06	0,01						

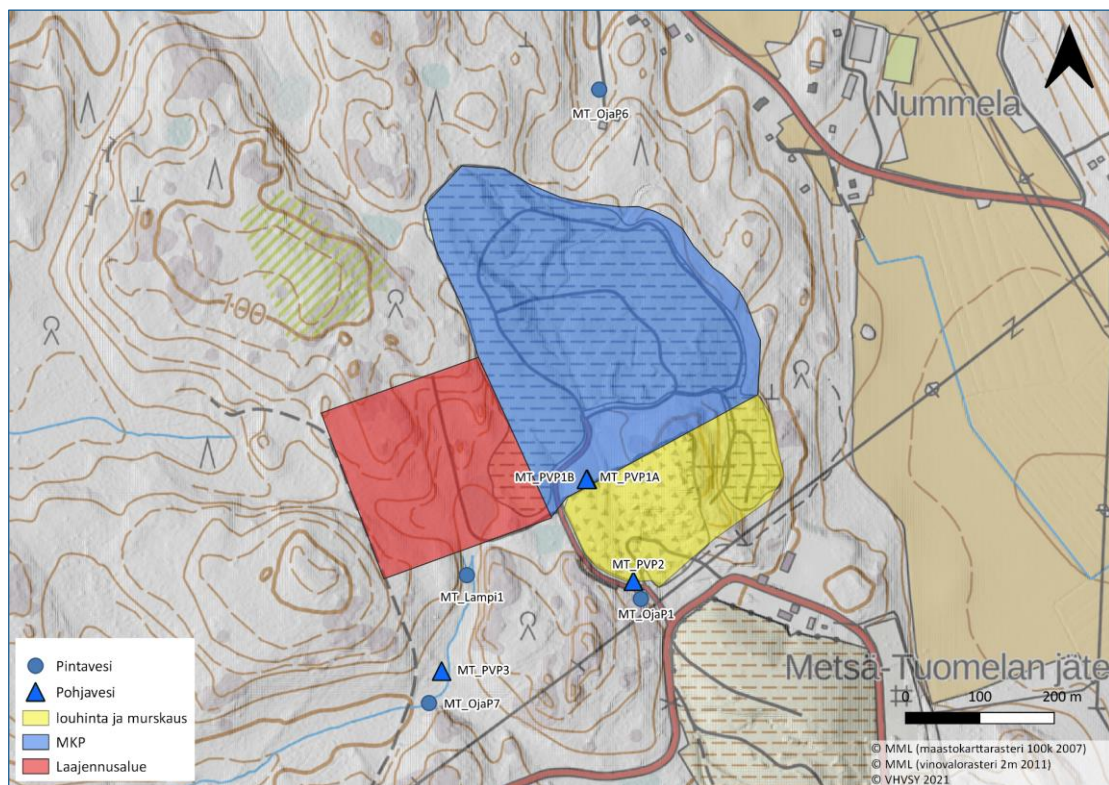
5.2 Vesien laadun tarkkailu seurantakohteissa

5.2.1 Näytteenottoajankohdat ja havaintopaikat

Perinteistä kertavesinäytteenottoa tehtiin seurantajakson aikana kuutena ajankohtana:

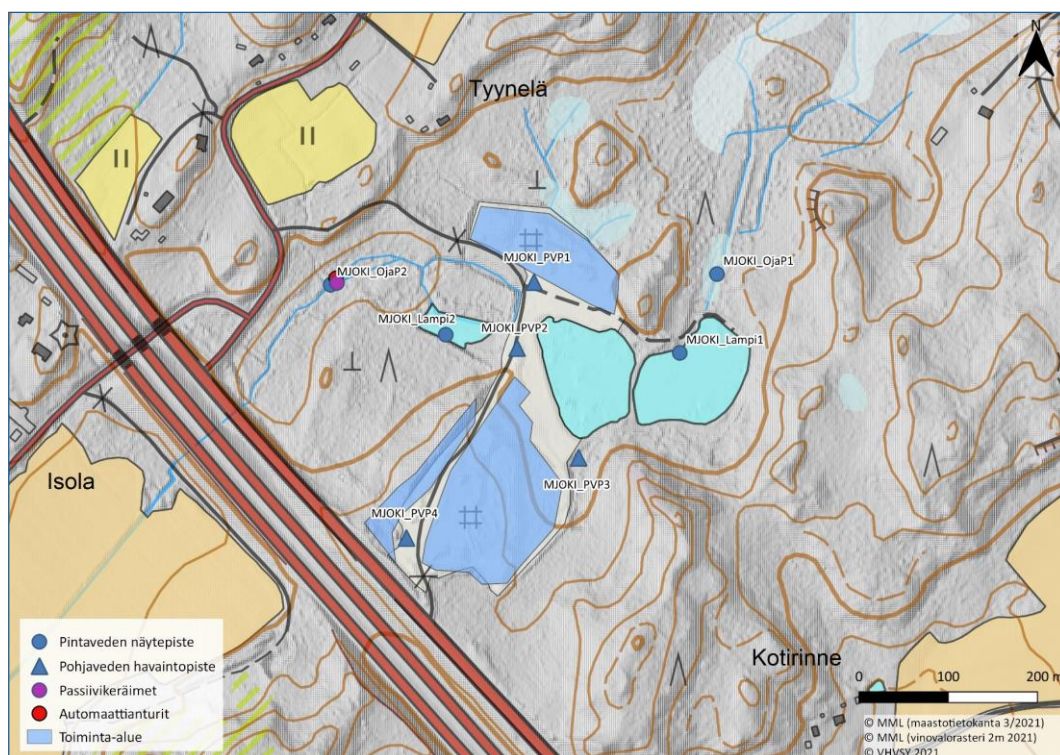
- 16.-19.9.2019
- 19.-28.11.2019
- 20.-23.4.2020
- 1.-2.7.2020
- 14.-15.9.2020
- 9.11.2020 ja 23.-24.11.2020

Näytteenottoajankohdat pyrittiin keskittämään ajankohtiin, jolloin syysateiden tai lumen sulamisvesien aiheuttama huuhtoutuminen on suurimmillaan. Lisäksi huomioitiin toiminnan aktiiviset jaksot (esim. mullanvalmistuksessa on tyypillisesti talvitauko ja sesonki alkaa keväällä). Vertailuksi otettiin näytteet heinäkuussa 2020 myös alivirtaamatilannetta edustavat näytteet. Marraskuussa 2020 otettiin pintavesinäytteet 9.11., mutta analyysilaboratoriossa tapahtuneen määritysvirheen vuoksi pintanäytteenotto jouduttiin uusimaan 23.11.



Kuva 14. Pohjaveden ja ojaveden havaintopaikat Metsä-Tuomen maankaatopaikan alueella. Sinisellä väriellä on korostettu maankaatopaikka, punaisella maankaatopaikan laajennusalue ja keltaisella kiviaineksen louhinta- ja murskausalue.

Pintavesinäytteiden havaintopaikat valittiin siten, että jokaisessa seurantakohteessa oli havaintopaikkoja läjitysalueilta kulkeutuvien valumavesien laadun tarkkailemiseksi mahdollisimman lähellä läjitysalueita sekä havaintopaikka taustapitoisuudelle. Pohjaveden havaintoputket asennettiin läjitysalueelle tai pohjaveden virtaussuunnassa sen alapuolelle sekä yksi havaintoputki taustapitoisuudelle. Ojaveden, jokiveden ja pohjaveden havaintopaikkojen sijainti seurantakohteissa on esitetty kuvissa 14-16. Nurmijärven kunnan Metsä-Tuomelan maankaatopaikan alueella vesinäytteitä otettiin ojavesistä ja pohjavedestä (kuva 14). Maanläjitys alkuperäisen maankaatopaikan länsipuolella sijaitsevalla laajennusalueella aloitettiin maaliskuussa 2020. Riihimäellä sijaitsevalla Mustajoen Multajaloste Oy:n mullanvalmistusalueella vesinäytteitä otettiin ojavesistä ja pohjavedestä (kuva 15). Mullanvalmistustoiminta keskittyy sulan maan aikaan eli huhtikuusta marraskuuhun. Tuusulanjoella Myllykylän-Solbackan alueella vesinäytteitä otettiin ojavesistä ja jokivedestä (kuva 16).



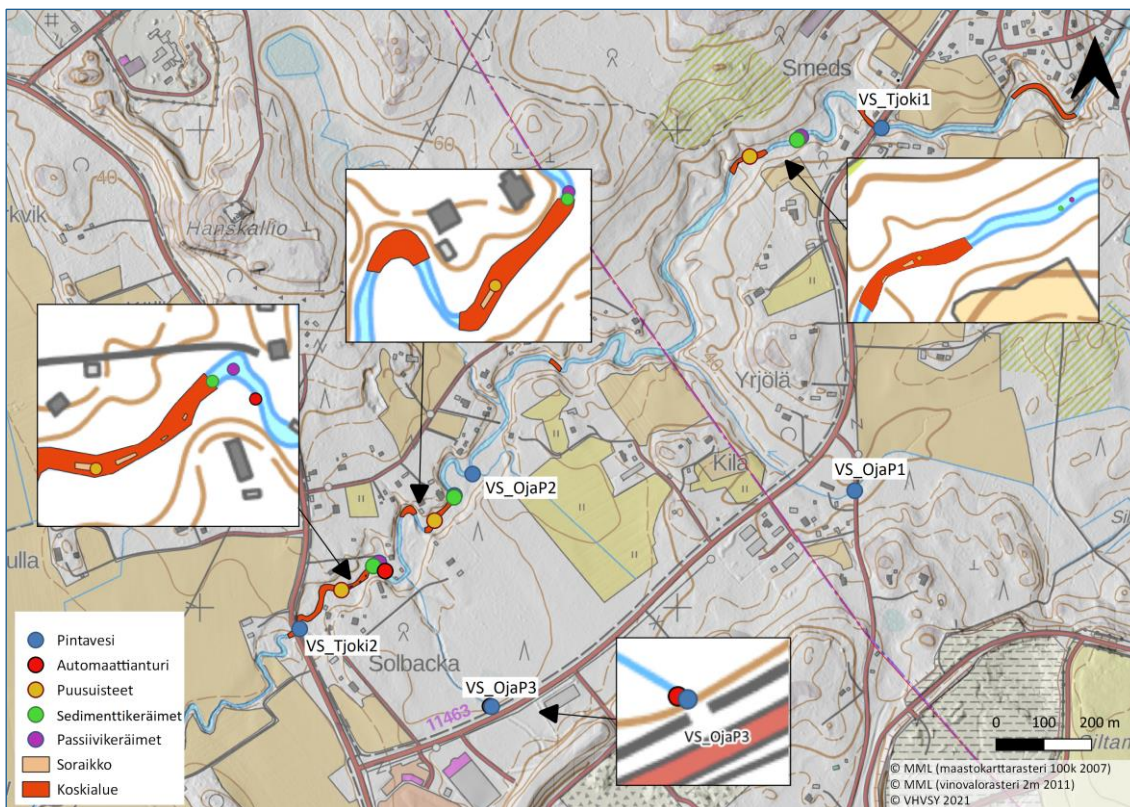
Kuva 15. Pohjaveden ja ojaveden havaintopaikat Mustajoen Multajaloste Oy:n mullanvalmistusalueella Riihimäellä. Sinisellä värillä on korostettu käsittely- ja varastointikentät.

5.2.2 Vesistövesinäytteenotto ja laboriometriärykset

Oja-, lampi- ja jokivesinäytteet otettiin noudattaen VHSVY:n menettelytapaohjetta Vesistövesinäytteenotto virtavesistä ja järvistä, joka perustuu julkaisuun Mäkelä ym. 1992: *Vesitutkimusten näytteenottomenetelmät*.

Vesistövesinäytteistä määritettiin Metropolilab Oy:n analyysilaboratoriossa pH, sameus, väri-luku, happipitoisuus, sähkönjohtavuus, kloridi, sulfaatti, alkaliteetti, COD_{Mn}, liuennot orgaaninen hiili (DOC), nitraatti-, nitriitti- ja ammoniumtyppi, alkuainepaketti (Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn), heterotrofinen

pesäkeluku, koliformiset bakteerit sekä orgaaniset haitta-aineet (VOC-yhdisteet, öljyhiilivedyt C₅-C₄₀, PAH-yhdisteet). Vesistövesinäytteistä alkuaineet määritettiin sekä suodattamattomista että 0,45 µm huokoskoon suodattimella suodatetuista näytteistä. Ensimmäisellä näytteenotto-kierroksella kaikissa määritetyissä vesinäytteissä kaikkien tutkittujen VOC-yhdisteiden pitoisuudet olivat alle yhdistekohtaisten määrittämissä raja-arvojen, joten VOC-yhdisteiden määrittäminen jätettiin pois analyysivalikoimasta. Kevään 2020 näytteenottokierroksesta alkaen analyysivalikoimaan lisättiin kokonaisfosfori, liukoinen kokonaisfosfori sekä liukoinen fosfaattifosfori.



Kuva 16. Ojaveden ja jokiveden havaintopaikat Tuusulanjoella Myllykylä-Solbacka alueella. Karttaan on merkitty myös passiivikeräinten ja sedimenttikeräinten altistuspaikat. Havaintopaikka VS-OjaP1 sijaitsee Finavian maankaatopaikan vaikutusalueella ja havaintopaikka VS-OjaP3 Pihamaa Oy:n mullanvalmistusalueen vaikutusalueella. Jälkimmäisen eteläpuolella sijaitsee myös kiviaineksen murskausasema.

5.2.3 Pohjavesinäytteenotto ja laboratoriomääritykset

Pohjavesinäytteet havaintoputkista otettiin noudattaen VHVS:n menettelytapaaohjetta *Pohjavesinäytteenotto*, joka perustuu pääosin standardiin SFS-ISO 5667-11:2009 *Guidance on sampling of groundwaters*.

Pohjavesinäytteistä määritettiin Metropolilab Oy:n analyysilaboratoriossa pH, sameus, väriluku, happipitoisuus, sähkönjohtavuus, kloridi, sulfaatti, alkaliteetti, COD_{Mn}, liuennut orgaaninen hiili (DOC), nitraatti-, nitriitti- ja ammoniumtyppi, alkuainepaketti (Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn), heterotrofinen pesäkeluku, koliformiset bakteerit sekä orgaaniset haitta-aineet (VOC-yhdisteet, öljyhiilivedyt C₅-C₄₀,

PAH-yhdisteet). Pohjavesinäytteistä alkuaineet määritettiin 0,45 µm huokoskoon suodattimella suodatetuista näytteistä. Ensimmäisellä näytteenottokierroksella kaikissa määritetyissä vesinäytteissä kaikkien tutkittujen VOC-yhdisteiden pitoisuudet olivat alle yhdistekohtaisten määrittäysrajojen, joten VOC-yhdisteiden määrittäminen jätettiin pois analyysivalikoimasta. Kevään 2020 näytteenottokierroksesta alkaen analyysivalikoimaan lisättiin kokonaisfosfori, liukoinen kokonaisfosfori sekä liukoinen fosfaattifosfori.

5.2.4 Vesinäytteenotto passiivikeräimillä

Passiivikeräimillä tehtiin vesinäytteenottoa kahtena ajankohtana; huhtikuussa ja syyskuussa 2020. Keräiminä käytettiin Eurofins Environment Testing Finland Oy:n SorbiCell™-keräimiä, joilla voidaan tutkia aineiden ja yhdisteiden keskiarvoisia pitoisuuksia tietyllä aikavälillä. Passiivikeräimet keräävät liuenneena kulkeutuvat haitalliset aineet, kuvastaen biosaatavaa osuutta (Ahkola 2020).

SorbiCell™-keräin on 75 mm pitkä ja halkaisijaltaan 11 mm ampullimainen keräin, joka asennetaan pohjaveden havaintoputkeen tai virtavesiuoman pohjaan vettä keräävään säiliöön kiinnitettynä (Eurofins 2019) (kuva 17). Keräin koostuu kolmesta osiosta, jotka ovat adsorbentti, merkkiaine (suola) sekä inertti täyttömateriaali. Veden virratessa keräimen läpi tutkittavat yhdisteet sitoutuvat adsorbenttiin. Samanaikaisesti merkkiaineena toimiva suola, jonka liukoisuus tunnetaan, liukenee läpivirtaavaan veteen. Poistuneen suolan massan perusteella pystytään arvioimaan keräimen läpi mennyt vesimäärä. Adsorbenttiin kerääntyneen haitta-aineen määrän ja keräimen läpi virranneen veden tilavuuden perusteella voidaan määrittää keskiarvopitoisuus (µg/l) altistusajanjaksolla. Erilaisten SorbiCell™-keräimien avulla voidaan tutkia mm. orgaanisia haitallisia yhdisteitä (PAH-, PCB- ja VOC-yhdisteitä), torjunta-aineita, metalleja ja ravinneyhdisteitä (Ahkola 2020).



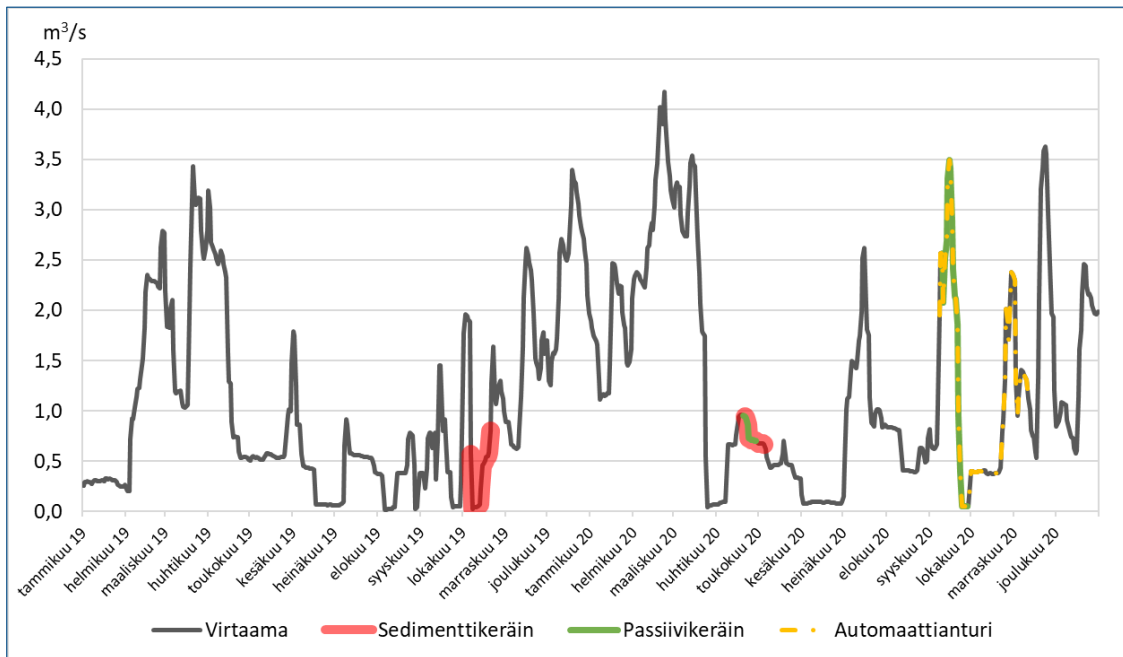
Kuva 17. Sorbicell-keräimen asennus vesisäiliöön kiinnitettynä pohjaveden havaintoputkeen (vasemmalla) ja jokiuoman pohjaan (oikealla) (kuvat Joonas Clergeaud).

Taulukko 3. Huhtikuussa (20.-29.4.2020) toteutetun passiivikeräinten altistusjakson asennuspaikat ja -syvyydet. Tjoki=Tuusulanjoki; MT=Metsä-Tuomelan maankaatoaikka; MJOKI=Mustajoen Multajaloste Oy. **=säiliö juuttui kalliopohjavesiputkeen, ei saatu näytettä.

Havaintopaikan nimi	Keräintyyppi	Vesisyvyys (m)/ *Pohjavedenpinta putken päästä (m)	Asennussyvyys (m)	Vesisäiliöön kertynyt vesimäärä (ml)
Jokivesi				
Tjoki Ylä 1	VOC	0,71	0,48	60
Tjoki Ylä 2	CAN	0,72	0,49	70
Tjoki Ylä 3	NiP	0,73	0,50	60
Tjoki Keski 1	VOC	0,85	0,62	80
Tjoki Keski 2	CAN	0,93	0,70	130
Tjoki Keski 3	NiP	0,93	0,70	60
Tjoki Ala 1	VOC	0,78	0,55	50
Tjoki Ala 2	CAN	0,82	0,59	50
Tjoki Ala 3	NiP	0,85	0,62	80
Pohjavesi				
MT-PVP1A	CAN	*8,72	9,50	**
MT-PVP1B	CAN	*6,13	7,25	220
MJOKI-PVP1	NiP	*2,37	3,20	500 (täynnä)
MJOKI-PVP2	CAN	*4,18	5,00	500 (täynnä)

Taulukko 4. Syyskuussa (10.-28.9.2020) toteutetun passiivikeräinten altistusjakson asennuspaikat ja -syvyydet. Tjoki=Tuusulanjoki; MT=Metsä-Tuomelan maankaatoaikka; MJ=Mustajoen Multajaloste Oy.

Havaintopaikan nimi	Keräintyyppi	Vesisyvyys (m)/ *Pohjavedenpinta putken päästä (m)	Asennussyvyys (m)	Vesisäiliöön kertynyt vesimäärä (ml)
Jokivesi				
Tjoki Ylä 1	VOC	0,96	0,73	45
Tjoki Ylä 2	CAN	0,90	0,67	50
Tjoki Ylä 3	NiP	0,93	0,70	35
Tjoki Ala 1	VOC	0,95	0,73	50
Tjoki Ala 2	CAN	0,95	0,73	35
Tjoki Ala 3	NiP	0,95	0,73	110
MJOKI-OjaP2-a	VOC	0,68	0,45	95
MJOKI-OjaP2-b	CAN	0,70	0,47	90
MJOKI-OjaP2-c	NiP	0,71	0,48	185
Pohjavesi				
MT-PVP1B	CAN	*6,21	7,21	85
MJOKI-PVP1	CAN	*2,52	3,52	125
MJOKI-PVP2	CAN	*4,47	5,47	390



Kuva 18. Vesien laadun seurantatutkimusten mittausjaksot ja virtaamat Tuusulanjoen luusuassa vuosina 2019 – 2020 (Suomen ympäristökeskus, Avoin tieto-ympäristötietojärjestelmä). Kuvaajaan on merkitty passiivikeräimien ja sedimenttikeräimien altistusjaksot sekä jatkuvatoimisten anturiasemien mittausjaksot.

Läjitysalueiden vaikutusalueella sijaitseviin seurantakohteisiin asennettiin valikoituihin pohjaveden havaintoputkiin ja Tuusulanjoelle Sorbicell VOC-, CAN- ja NiP-keräimiä ajanjaksoille 20.-29.4.2020 (taulukko 3 ja kuvat 14-16) ja 10.-28.9.2020 (taulukko 4).

Pohjaveden havaintoputkiin asennetut keräimet ja niistä tehtävä määrittelyt valittiin syys- ja marraskuun 2019 vesinäytteenottokierrosten analyysitulosten perusteella. Keväällä asennussyvyys oli 0,8 – 1,1 m pohjaveden pinnan alapuolella, syksyllä kaikki keräimet asennettiin syvyyteen 1,0 m pohjaveden pinnan alapuolelle. Tuusulanjoella passiivikeräimet asennettiin jokiuoman pohjalle kolmeen kohtaan sedimenttikeräinten läheisyyteen (kuva 16), kullekin vierekkäin kolme keräintä (VOC-, CAN- ja NiP-keräimet).

Ensimmäisen altistusjakson kokemusten perusteella syksyllä 2020 altistusjaksoa pidennettiin (kuva 18). Havaintopaikka Tjoki-Ylä toimi taustamittauspaikkana ylävirrassa, ennen läjitysalueilta laskevia ojaia. Havaintopaikka Tjoki-Keski sijaitsi kahden ojan (Tjoki-OjaP1 ja Tjoki-OjaP2) alapuolella. Havaintopaikka Tjoki-Ala sijaitsi kolmannen ojan (Tjoki-OjaP3) alapuolella.

Keräimet toimitettiin altistusjaksojen jälkeen laboratoriomäärittelyä varten Eurofins Environment Testing Finland Oy:n Lahden analyysilaboratorioon, mistä ne lähetettiin edelleen Eurofins Miljø A/S analyysilaboratorioon Tanskaan. VOC-keräimistä tehty laboratoriomääritys sisälsi 16 PAH-yhdistettä. CAN-keräimistä tehty laboratoriomääritys sisälsi seuraavat alkuaineet: Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Sr, Ti, U, V, Zn. Analyysilaboratoriossa tapahtuneen virheen vuoksi rauta (Fe) jäi määrittämättä. NiP-keräimistä määritettiin nitraattityppi $\text{NO}_3\text{-N}$, fosfaattifosfori $\text{PO}_4\text{-P}$ ja sulfaatti SO_4 .

Määrittämenetelmät, määrittärajat ja mittausepävarmuudet on esitetty liitteessä 1-3.

5.2.5 Sedimenttikeräimet

Kaikille kolmelle Tuusulanjoen alueelle asennettiin sedimenttikeräimiä veden mukana kulkeutuvan kiintoaineen ja siihen kiinnittyneiden haitallisten aineiden määrittämiseksi (kuva 16). Sedimenttikeräiminä käytettiin Whitlock-Vibert -mätirasioita, jotka täytettiin LEGO-palikoilla (kuvat 19 ja 20). Kuhunkin rasiaan asennettiin 40 kappaletta 2x4 (3,2x1,6x1,0 cm) kokoisia LEGO-palikoita. Vastaavaa menetelmää on käytetty esimerkiksi turvetuotantoalueiden kalataloudellisten tarkkailun yhteydessä (Väisänen 2018).

Sedimenttikeräimiä – kolme rinnakkaista keräintä jokaisessa havaintopaikassa – altistettiin kahden viikon ajan lokakuussa 2019 (7.-21.10.2019). Sedimenttikeräimet asennettiin uoman pohjalle virtaukseltaan mahdollisimman samankaltaisille paikoille koskialueiden yläpuolelle. Lisäksi yksi keräin asetettiin Tuusulan Jokipuiston alueelle lisävertailunäytteeksi. Keväällä 2020 sedimenttikeräinten altistus toistettiin myös kahden viikon pituisena (21.4.–5.5.2020) samoilla paikoilla, lukuun ottamatta ylimääräistä Jokipuiston keräintä. Sedimenttikeräimet asennettiin passiivikeräinten läheisyyteen.

Havaintopaikka Tjoki-Ylä toimi taustamittauspaikkana ylävirrassa, ennen läjitysalueilta laskevia oja. Havaintopaikka Tjoki-Keski sijaitsi kahden ojan (Tjoki-OjaP1 ja Tjoki-OjaP2) alapuolella. Havaintopaikka Tjoki-Ala sijaitsi kolmannen ojan (Tjoki-OjaP3) alapuolella.



Kuva 19. Sedimenttikeräimet ennen asennusta. Lego-palikoilla täytetyt mätirasiat on kiinnitetty painoina toimiviin tiiliskiviin (kuva Matias Hyrsky).



Kuva 20. Sedimenttikeräin altistusjakson jälkeen (vas.) ja kertyneen kiintoaineen siirtäminen näytepulloon (oik.)(kuva Oula Tolvanen).

Keruuajakson jälkeen LEGO-palikoihin kertynyt sedimentti huuhdottiin tislattulla vedellä ja ravisteltiin (30 sek, toistettiin 4 kertaa) näytteen saamiseksi laboratoriomääritystä varten. Ravistelun jälkeen vesi ja kiintoaine kaadettiin näytepulloon.

Näytteistä määritettiin MetropoliLab Oy:n analyysilaboratoriossa kiintoainemäärä (lasikuitusuo-datin GF/F 0,7 µm), orgaanisen aineen määrä (hehkutusjäännös, lasikuitusuo-datin GF/F 0,7 µm), suodattamattomasta näytteestä alkuainepaketti (Al, As, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn), suodattamattomasta näytteestä PAH-yhdisteet, kokonaisfosfori, liukoinen kokonaisfosfori (F6-suodatusmenetelmä, 0,4 µm NPC) ja liukoinen fosfaattifosfori (F6-suodatusmenetelmä, 0,4 µm NPC).

Alkuaineiden pitoisuus määritettiin siis kokonaispitoisuutena sekoittamalla hyvin sedimentistä ja vedestä koostuva näyte, ja sen jälkeen otettiin määrittämiseen menevä osanäyte, joka märk-poltettiin typpihapolla (5 ml HNO₃/20 ml näytettä).

5.2.6 Jatkuvatoimiset anturimittaukset

Veden laadun äkillisten laadun vaihteluiden jäljittämiseksi pintavesien laadun seurannassa tehtiin jatkuvatoimisia anturimittauksia OPUS- ja EXO-moniparametriantereilla (EXO3). Veden pintaa eli vesikerroksen syvyyttä mitattiin STS-paineanturilla. Likaantumisen ehkäisemiseksi EXO on varustettu antureiden keskelle sijoitetulla puhdistusharjalla ja OPUS mittauskyvetin pyyhkimellä. Anturiasemat asennettiin Mustajoen Multajalosteen mullanvalmistusalueelta lounaaseen laskevaan ojaomaan (MJOKI_OjaP2, kuva 15), Vantaalla Pihamaa Oy:n mullanvalmistusalueelta Tuusulanjokeen laskevaan ojaan (VS_OjaP3, kuva 16) sekä Tuusulanjokeen läjitysalueilta laskevien ojien alapuolelle (kuva 16). Tuusulanjoen ja havaintopaikan MJOKI_OjaP2 mittausasemilla mitattiin vedenpintaa, lämpötilaa, sähkönjohtokykyä, sameutta, nitraattitypeä (NO₃-N) ja liuennutta orgaanista hiiltä (DOC). Havaintopaikan VS_OjaP3 mittausasemalla

mitattiin vedenpintaa, lämpötilaa, sähkönjohtokykyä ja sameutta. Sensoreiden tekniset tiedot on esitetty taulukossa 5.

Mittausasemat mittasivat vesien laatua syksyn ylivirtaamakaudella 7.9.-11.11.2020. Laadunvarmistukseksi antureiden asennuspaikoilta otettiin vesinäytteitä myös laboratoriomäärittelyksiä varten. Laadunvarmistusnäytteitä otettiin viitenä ajankohtana (10.9., 28.9., 14.10., 27.10. ja 9.11.). Näytteistä määritettiin MetropoliLab Oy:n analyysilaboratoriossa sähkönjohtokyky, sameus, nitraattityppi, DOC ja TOC.

Taulukko 5. Anturimittausasemien sensoreiden mittausalue, resoluutio ja mittausepävarmuus (YSI.com/EXO, EXO Sonde Brochure E102-07).

Parametri	Mittausalue	Resoluutio	Mittausepävarmuus
Syvyys (veden pinta)	0-5 m	0,001 m	±0,05 %
Lämpötila	-5-+50 °C	0,001 °C	±0,2 °C
Sähkönjohtokyky	0-100 mS/cm	0,0001- 0,01 mS/cm	±1 % tai 2 µS/cm
Sameus	0-4000 FNU	0,01-0,1 FNU	±3% (0-999 FNU) ±5% (1000-4000 FNU)
Nitraattityppi	0-20 mg/l	0,01 mg/l	±0,05 mg/l
DOC	0-200 mg/l	0,01 mg/l	±0,5 mg/l

5.3 Kalataloudelliset kunnostukset ja kunnostusten seuranta

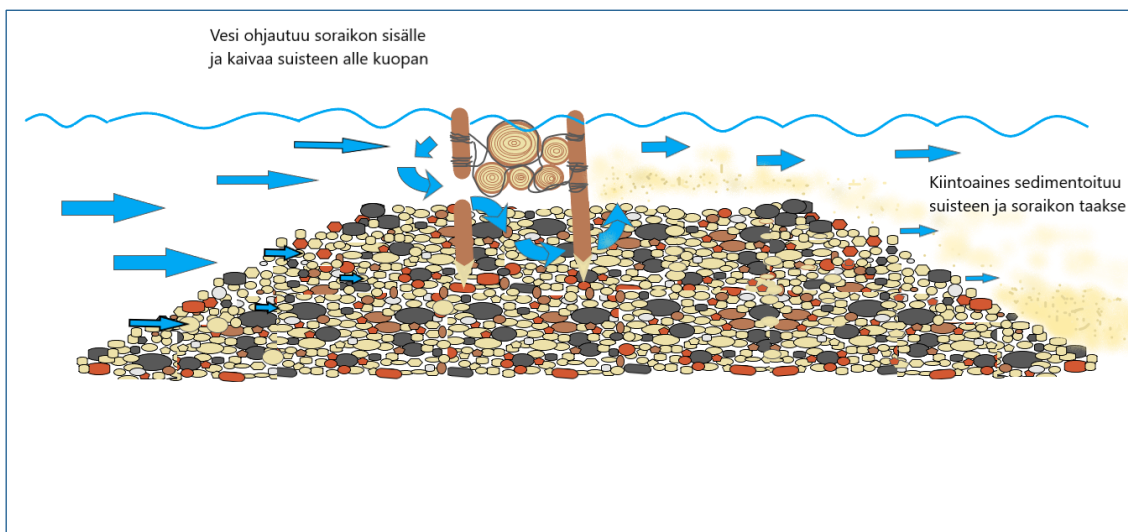
5.3.1 Kunnostusmenetelmä

Tuusulanjoen seurantakohteille rakennettiin syksyllä 2019 puisia virranohjaimia eli suisteita. Rakennusmateriaalina käytettiin Tuusulanjoen varressa sijaitsevalta Vantaan kaupungin metsäalueelta kerättyjä kaatuneita puita. Tuulen kaataman kuusikon lisäksi rakentamiseen käytettiin joen rannalta ja vedestä kerättyjä vedentuomia tukkeja. Puusuisteita varten joen pohjaan lyötiin ohuista rungoista katkaistut pystytolpat, joiden väliin isommat rungot kiilattiin. Tolppia kiinnittäessä tarkistettiin, ettei sijoituskohdalla tai puusuisteen alueella ollut vuollejokisimpukoita. Yhdenkään puusuisteen kohdalla ei jouduttu siirtämään simpukoita suisteiden rakentamisen aikana. Isommat rungot kiinnitettiin tolppiin sisälkötien sekä tarvittaessa naulojen ja ruuvien avulla. Myös päällekkäisten runkojen pysyminen paikoillaan pyrittiin varmistamaan nauloin. Sorat ja niiden lähiympäristö valokuvattiin ennen suisteiden asentamista ja sen jälkeen.

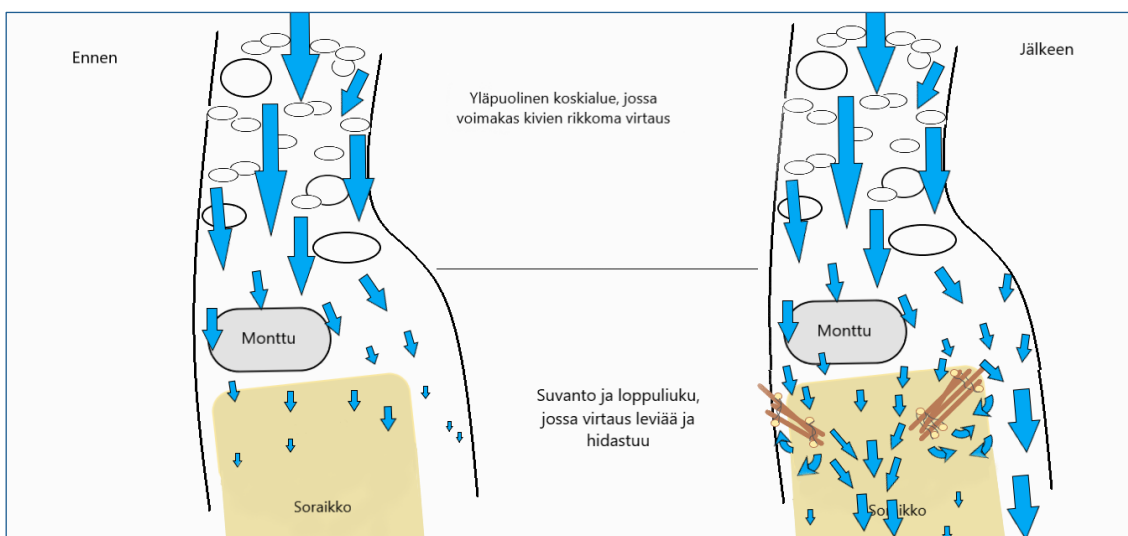
Rakennetut suisteet eivät muuttaneet vedenkorkeuksia, eivät sulkeneet uomaa mahdolliselta vesiliikenteeltä, eivätkä siksi vaatineet vesilain mukaista lupaa. Puusuisteita ei myöskään rakennettu pysyviksi, vaan ne voidaan tarvittaessa purkaa nopeasti. Käytetyt suistetyypit olivat alta-kaivajasuiste ja virtaa tiivistävä virranohjainsuiste (kuvat 21 ja 22).

Alta-kaivajasuisteen tehtävä on pakottaa veden virtaus suisteen alitse sorapohjan sisälle, jolloin veden virtaus nostaa soraikon sisällä olevan hienoaineksen ylös ja kantaa sen soraikon taakse, jonne se sedimentoituu uudestaan. Virranohjainsuisteen toiminta perustuu sen uomaa kaventavaan vaikutukseen, joka kiihdyttää veden virtausta suisteen kohdalla ja lyhyellä matkalla sen

takana. Virran kiihdyttämisen tarkoituksena on estää soraikkoon tapahtuvaa sedimentaatiota ja tehdä soraikosta houkuttelevampi kuteville emokaloille.



Kuva 21. Altakaivaja-tyyppisen puusuisteen toimintaperiaate (piirros O.Tolvanen).



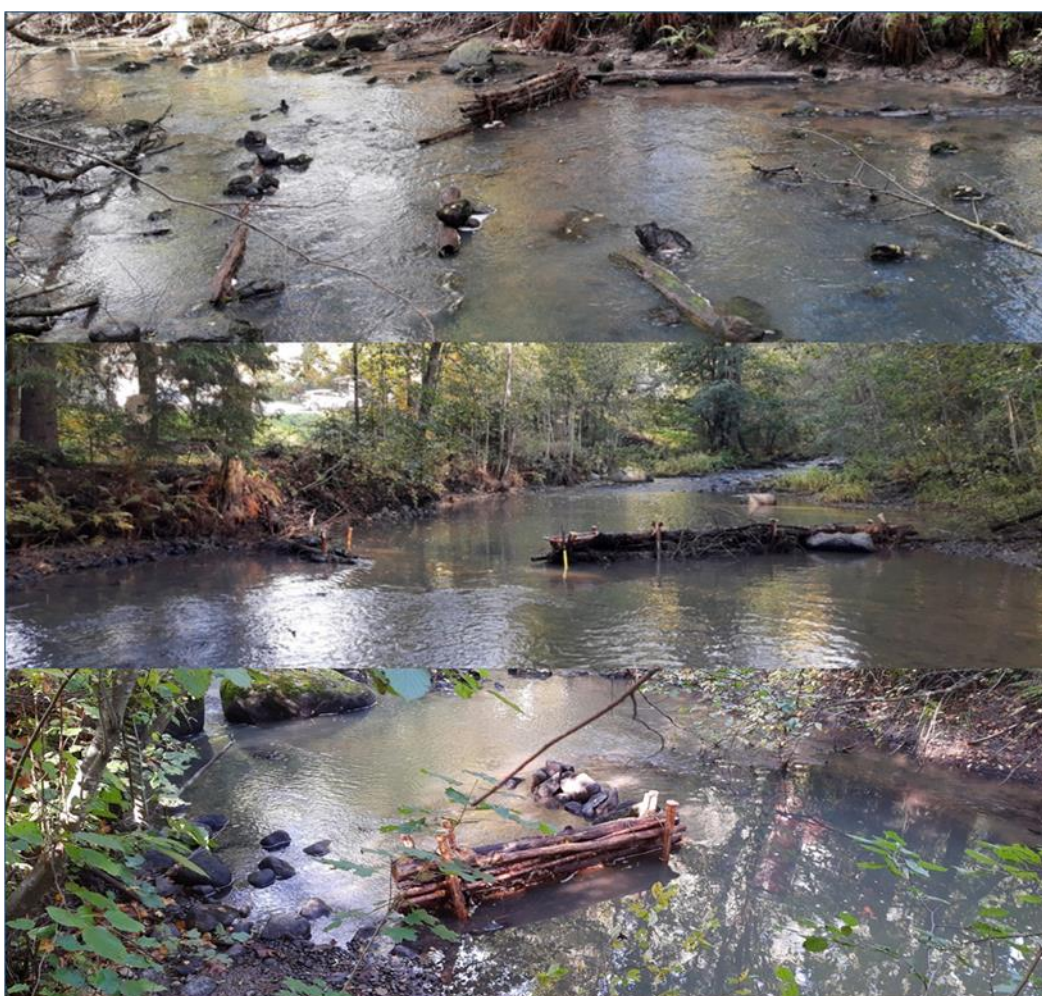
Kuva 22. Kaavakuva soraikkoon rakennetusta virranohjaimesta (piirros O.Tolvanen).

Suisteen rakentamisen lisäksi tiivistyneet soraikot pöyhittiin vuonna 2019 potkimalla soraikon kovettunut pinta auki kengillä ja syksyllä 2020 kääntämällä soraikkoa talikoilla. Ennen pöyhimisen aloittamista tarkistettiin, ettei pöyhittäväällä alueella ole vuollejokisimpukoita.

Kunnostettavista kohteista ylin (*Myllykylän alapuolinen koski*) sijaitsee joen koillispuolella sijaitsevilta läjitysalueilta tuleviin noroihin nähden ylävirran puolella ja toimii siten vertailualueena kahdelle muulle koskelle. Koski on melko loiva ja sen soraikot ovat erittäin hiekkaisia ja tiivistyneitä. Soraikoista potentiaalisin valittiin kunnostettavaksi. Kunnostusmenetelmäksi päätettiin virran kiihdyttäminen väliaikaisten ohjuripuiden avulla ja hiekan poistaminen ns. ”altakaivaja” suisteen avulla.

Keskimmäinen kohde (*Solbacka 1*) sijaitsee alavirtaan kahdesta läjitysalueiden suunnasta tulevasta ojasta ja siten se toimii osittaisena vaikutusalueena. Tässä kohteessa varsinainen koskialue on melko kiivasvirtainen, eikä siitä löydetty kutemiseen soveltuva sorapohjaa. Kunnostettavaksi soveltuva soraikko löytyi kuitenkin välittömästi koskialueen alapuolella sijaitsevasta suvanosta. Kunnostusmenetelmäksi päätettiin virtauksen tiivistäminen soraikon kummallekin puolelle asetettavien suisteiden avulla.

Kolmas ja samalla alin kohde (*Solbacka 3*) sijaitsee kaikkein kolmen läjitysalueiden suunnalta tulevan ojan alapuolella. Tutkimussoraikoksi valikoitui kosken niskalla sijaitseva, verrattain hyvin kutuun soveltuva laaja-alainen soraikko. Soraikossa oli jonkin verran hiekkaa, jonka poistamiseksi päätettiin rakentaa ns. ”altakaivaja”. Soraikko päätettiin jakaa kahtia kivien avulla ja soraikon toinen puoli päätettiin jättää käsittelemättä. Näin soraikolle saatiin muodostettua käsitelty/käsittelemätön vertailupari.



Kuva 23. Syksyllä 2019 rakennetut puusuisteet alavirtaamakautena. Ylimmässä kuvassa vertailualue *Myllykylän ap*, keskimmäisessä *Solbacka 1* ja alimmassa *Solbacka 3* (kuvat Oula Tolvanen).

5.3.2 Sähkökoekalastukset

Tuusulanjoen puusuisteilla kunnostettavaksi valittujen koskialueiden (*Myllykylä ap, Solbacka 1, Solbacka 3*) kalaston lähtötilanne ennen kunnostustoimien aloittamista selvitettiin sähkökoekalastamalla yksi koeala kustakin koskesta (kuvat 8 ja 23). Koekalastukset tehtiin 4.9.2019. Sähkökoekalastukset toistettiin kunnostetuilla alueilla 28.8.2020. Sähkökalastukset tehtiin noudattaen Eurooppalaista CEN-standardia (*Water quality - Sampling Fish with Electricity, SFS-EN 14011*).

5.3.3 Virtausnopeusmittaukset

Virtausnopeus jokiuomassa puusuisteiden rakentamiskohteissa mitattiin käyttäen SonTek FlowTracker-virtaamamittaria. Jokaisella mittauspaikalla tehtiin neljä mittausta 5 cm syvyydestä. Mittaukset toistettiin puusuisteiden rakentamisen jälkeen ja syksyllä 2020.

5.3.4 Soraikkojen tiiviysmittaukset

Ennen rakentamisen aloitusta kunkin soraikon kuohkeus, soran paksuus sekä etu- ja takareunan syvyys mitattiin ja kirjattiin ylös. Soraikkojen kuohkeus mitattiin painamalla Farmcomp Wile -maantiiviysmittaria soraikkoon kohtisuoraan alaspäin 250 PSI:n paineella. Kaikki mittaukset toistettiin syksyllä 2020.

5.3.5 Soraikon sisäiset pitkäaikaissedimenttikeräimet

Läjitysalueita kulkeutuvan sedimentin määrää ja kertymistä soraikkoon seurattiin soraikon sisälle asennettavien pitkän keruujakson sedimenttikeräimien avulla. Keräiminä käytettiin 0,75 litran pakasterasioita, jotka täytettiin samalta soraikolta nostetulla soralla, joka harjattiin puhtaaksi tiski- ja hammasharjalla (kuva 24). Lisäksi sora huuhdeltiin tarkasti, jotta keräimessä olisi mahdollisimman vähän kiintoainesta, kun se asetettiin soraikkoon. Keräimet upotettiin 6.11.2019 soraikkoihin siten, että rasiian reunat jäivät soraikon pinnan tasolle. Upotus tehtiin siten, että keräinrasioiden kannet olivat suljettuina ja kannet poistettiin vasta, kun keräin oli asetettu paikoilleen.

Keräimet nostettiin soraikoista 10.6.2020, yhteensä 217 vuorokauden altistusjakson jälkeen. Nosto tehtiin siten, että joen pohjalla ollut rasia suljettiin jälleen varovaisesti kannella, jonka jälkeen se nostettiin ylös sorasta. Noston jälkeen rasiian sisältö kaadettiin valkoiseen vatiin, jonka jälkeen rasiassa ollut sora huuhdeltiin tarkasti kivi kerrallaan. Huuhteluun käytettiin hanavettä ja huuhtelussa irronnut kiintoainesta ja huuhteluvesi ohjattiin suppilolla 2 litran näytepulloon (kuva 25). Huuhtelun myötä syntynyt vesinäyte toimitettiin MetropoliLab Oy:n analyysilaboratorioon, jossa näytteeseen kertyneen kiintoaineen (lasikuitusuodatin GF/F 0,7 µm) ja orgaanisen aineen määrä (hehkutusjäännös, lasikuitusuodatin GF/F 0,7 µm) määritettiin.



Kuva 24. Pitkäaikaisedimenttikeräimiin asetettu puhdistettu luonnonsora.



Kuva 25. Hienoaineksen huuhtelua irti sedimenttikeräimen sorasta.

5.3.6 Muu seuranta

Kvantitatiivisten mittausten lisäksi puusuisteiden säilyvyyttä ja toimivuutta eri virtaamaolosuhteissa arvioitiin kvalitatiivisesti syksyjen 2019 ja 2020 aikana tekemällä alueelle maastokäyntejä, joiden aikana suisteet valokuvattiin ja kerättiin havaintoja alueella kutevista meritaimenista.

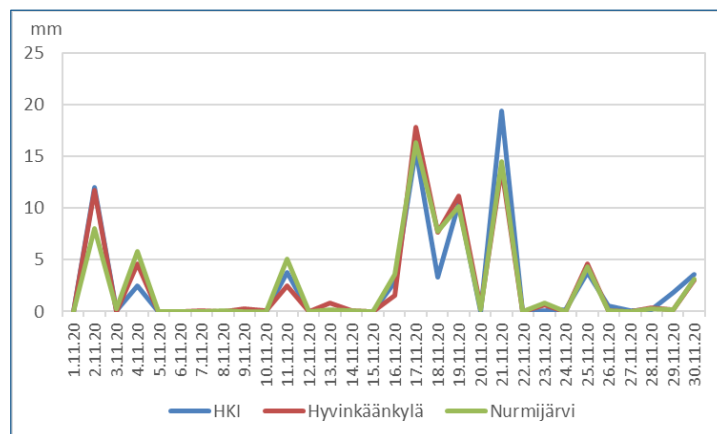
5.4 Seurantatulosten tilastollinen tarkastelu

5.4.1 Tilastolliset menetelmät

Analyysitulosten tilastollinen tarkastelu tehtiin TIBCO Statistica Desktop -ohjelmistolla (versio 14.0.0.15). Tarkasteltavien laatuparametrien tulosten jakaumat tarkistettiin P-P-plot -työkalulla, jolla selvitettiin, olivatko muuttujat normaalijakautuneita tai log-normaalijakautuneita. Hierarkista klusterointia (Wardin menetelmä, Euclidean etäisyys) käytettiin tunnistamaan vesinäytteiden analyysitulosten jakautumista toisistaan erottuviin vesityyppeihin. Klusteroinnin perusteella voitiin arvioida, oliko vesityyppeihin jakautuminen havaintopaikka- tai näyteajankohtariippuvainen. Vesien laatuun vaikuttavien tekijöiden merkitystä tutkittiin faktorinanalyysillä. Tilastolliset analyysit tehtiin erikseen pohjavesien ja pintavesien analyysituloksille. Muuttujien valinnassa rajattiin analyysin ulkopuolelle muuttujat, joiden pitoisuudet olivat pääasiassa alle määrittämissä rajat. Statistican grafiikka-työkalulla laadittiin tulosten yhteenvetoja boxplot-kuvaajina.

5.4.2 Tilastollisen tarkastelun epävarmuudet

Marraskuun 2020 vesinäytteenottokierroksella (9.11.) pintavesinäytteiden analyysivalikoimasta jäi osa määrittämissä tekemättä analyysilaboratoriossa tapahtuneen virheen vuoksi. Tämän vuoksi pintavesinäytteenotto uusittiin (23.11.), ja uusintanäytteistä tehtiin puuttuvat määrittämissä. Sademäärien ja virtaamien vaihtelu marraskuun aikana (kuva 26 ja taulukko 6) luonnollisesikin vaikutti huuhtoumiin ja siten pintavesien laatuun. Tilastollisia analyysyjä varten marraskuun 2020 näytteenottokierrosten tulokset kuitenkin yhdistettiin yhden ajankohdan tuloksiksi, jotta saatiin ehjä ja yhtenäinen aineisto.



Kuva 26. Vuorokausikohtaiset sademäärät (mm) Ilmatieteen laitoksen säähavaintoasemilla marraskuussa 2020 (Ilmatieteen laitoksen Havaintojen lataus -palvelu).

Taulukko 6. Virtaamat (litraa/sekunti) ojavesien havaintopaikoilla näytteenottoajankohtina.

Havaintopaikka	16.-19.9. 2019	19.-28.11. 2019	20.-23.4. 2020	1.-2.7. 2020	14.-15.9. 2020	9.11. 2020	23.-24.11. 2020
MJOKI-OjaP1	-	4	3	0	3-4	< 1	5
MJOKI-OjaP2	-	8	3	3	3-4	< 1	3
MT-OjaP1	-	1	0,1	ei vettä	ei vettä	ei vettä	ei vettä
MT-OjaP6	< 0,1	< 1	0,3	0,2	0,2	0,1	1
MT-OjaP7	-	3	1	2	4-5	1	3
VS-OjaP1	5	6	0,4	30	2-3	0,2	1
VS-OjaP2	< 1	< 1	0,05	5	0,5	0,1	0,5
VS-OjaP3	2	3	0,2	30	6-7	0,1	5

5.4.3 Muut epävarmuustekijät

Pintavesinäytteiden havaintopaikat valittiin siten, että jokaisessa seurantakohteessa oli havaintopaikkoja läjitysalueilta kulkeutuvien valumavesien laadun tarkkailemiseksi sekä havaintopaikka taustapitoisuudelle. Oja- ja jokivesien laatuun vaikuttaa luonnollisesti kuitenkin myös valuma-alueen muu kuormitus. Ojavesien havaintopaikat pyrittiin sijoittamaan mahdollisimman lähelle läjitysalueita, jotta tulokset edustaisivat nimenomaan läjitystoiminnan vaikutusalueita. Mikäli vesien laadussa havaittiin poikkeamia, selvästi tunnistettavat muut mahdolliset kuormituslähteet huomioitiin tulosten tarkastelussa.

Pohjavesien laadun seurantaan varten asennettiin uusia havaintoputkia Metsä-Tuomelan maankaatopaikalle ja Mustajoen mullanvalmistusalueelle. Molemmilla alueilla pohjaveden laatua tarkkailtiin myös havaintoputkesta, joka edustaa alueen taustapitoisuutta. Metsä-Tuomelassa yksi maankaatopaikan alapuolinen kalliopohjaveden havaintoputki sijaitsee kiviaineksen louhintaja- ja murskausalueella, ja sen toiminnot voivat osaltaan vaikuttaa kalliopohjaveden laatuun. Tämä huomioitiin tulosten tarkastelussa.

Ylijäämämaiden läjitysalueilla maa-ainesten alkuainekoostumus ja mahdolliset epäpuhtaudet luonnollisesti vaihtelevat, koska ylijäämämaita kuljetetaan rakennuskohteista eri puolilta kuntaa / maakuntaa. Läjitysalueilla hyötykäyttöä varten käsiteltävät mineraaliainekset myös vaihtelevat. Kiinteitä näytteitä läjitettävistä ja käsiteltävistä maa-aineksista otettiin vain yhtenä ajankohdantana, mutta niiden katsottiin kuitenkin edustavan tyypillistä alueilla läjitettävää ainesta, ja niiden kemiallista koostumusta. Metsä-Tuomelan maankaatopaikalle loppusijoitetaan savipitoisia maita Nurmijärven kunnan alueella toteutettavilta työmailta. Kokoomanäytteet otettiin tällaisista aineksista. Mustajoen mullanvalmistusalueen multatuote on koostumukseltaan melko tasainen, mutta turve-erien alkuainepitoisuuksissa voi olla eroja.

Tuusulanjoella tehdyissä passiivikeräin- ja sedimenttikeräintutkimuksissa epävarmuutta aiheuttivat Tuusulanjoen virtaaman ja jokiveden pinnan äkilliset voimakkaat vaihtelut, erityisesti keväällä 2020. Niiden seurauksena määräsyyvyyteen asennettujen passiivikeräinten vesisäiliöt täyttyivät joillakin havaintopaikoilla ennen kuin suunniteltu altistusjakso oli päättynyt.

6 Seurantatutkimusten tulokset ja tulosten tarkastelu

6.1 Seurantakohteiden vesien laatu

Tässä luvussa esitetään kuvaajina ja taulukkoina seurantakohteiden vesien laadun analyysituloksia, sekä tarkastellaan tuloksia tilastollisten analyysien avulla. Taulukkoyhteenvedot kaikista analyysituloksista on esitetty raportin liitteissä 2-1 —2-4.

Havaintopaikkojen sijainti on esitetty kuvissa 14 - 16. Havaintopaikkatunnuksissa on käytetty seuraavia lyhenteitä:

- MJOKI = Mustajoen Multajalosteen mullanvalmistusalue
- MT = Metsä-Tuomelan maankaatopaikka
- VS = Vantaa Solbacka
- Tjoki = Tuusulanjoki

Boxplot-kuvaajissa on esitetty kuuden näytteenottokierroksen analyysituloksista lasketut havaintopaikkakohtaiset minimi- ja maksimipitoisuudet (alin ja ylin poikkiviiva), mediaanipitoisuudet (laatikon sisällä oleva neliö), ala- ja yläkvartiilit (laatikon ala- ja yläreuna) Myös yksittäiset poikkeavat pitoisuushavainnot on esitetty. Metsä-Tuomelan ja Mustajoen alueilla sijaitsevista seisovavetisistä lammista ei otettu näytteitä kaikilla näytteenottokierroksilla, mutta niiden analyysitulokset on esitetty boxplot-kuvaajissa vertailuna ojavesissä todetuille pitoisuuksille.

Kaikki alkuainemääritykset, mukaan lukien pääionit ja metallit, tehtiin pintavesinäytteistä sekä suodattamattomista näytteistä että 0,45 µm huokoskoon suodattimella suodatetuista näytteistä (liuenneiden alkuaineiden pitoisuudet). Pohjavesinäytteistä määritettiin ainoastaan liuenneiden alkuaineiden pitoisuudet.

6.1.1 Pintavesinäytteiden analyysitulokset

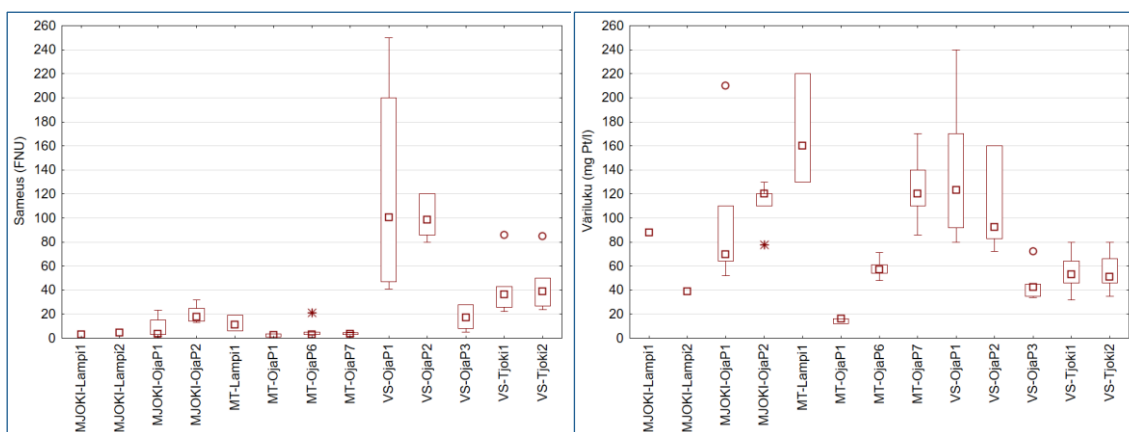
Sameus ja väri

Pintavesinäytteiden sameuksissa esiintyi poikkeuksellisen korkeita arvoja Vantaan Solbackan ojissa VS-OjaP1 ja VS-OjaP2, ja vaihtelu oli suurinta ojassa VS-OjaP1 (kuva 27). Heinäkuussa ojassa VS-OjaP3 havaittiin poikkeuksellisen korkea sameusarvo 650 FNU. VS-OjaP1 edustaa vesiä, jotka kerääntyvät Helsinki-Vantaan lentokentän maankaatopaikan suunnasta, ja VS-OjaP3 mullanvalmistusalueelta valuvia vesiä. Heinäkuun vesinäytteet otettiin 1.7.2020. Kesäkuu oli vähäsateiden, ja näytteenottopäivää edeltävänä päivänä säähavaintoasemilla mitattiin kesä-heinäkuun ajanjaksolla suurin vuorokauden sadesumma (34–41 mm). Tämä rankkasade huuhtoi ojaan läjityskentältä runsaasti kiintoainesta.

Seurantajakson alussa syksyllä 2019 ojan VS-OjaP1 valuma-alueella tehtiin maankaatopaikan laajennukseen liittyen puuston hakkuita, mikä osaltaan lisäsi ojaveden sameutta. Korkeimmat sameusarvot (200–250 FNU) ojassa VS-OjaP1 todettiin syys- ja marraskuussa 2019. Näytteenottopisteessä VS-OjaP2 sameusarvoa nostavat peltoalueelta kertyvät valumavedet. Tuusulanjoen näytteenottopisteessä VS-Tjoki2 sameus oli keskimäärin tasolla 40 FNU.

Vantaanjoen vesistöalueen jokivesien yhteistarkkailussa Tuusulanjoen näytteenottopiste on samassa kohdassa kuin VS-Tjoki2 (kuva 16). Yhteistarkkailussa tästä näytteenottopisteestä otetaan näytteet vain joka kolmantena vuotena (viitenä eri ajankohtana ko. vuoden aikana). Seurannassamme havaittu keskimääräinen sameus oli korkeampi kuin yhteistarkkailussa vuonna 2018 todettu mediaanipitoisuus (17 FTU) (Vahtera ja Männynsalo 28.5.2020). Sekä vuonna 2020 että yhteistarkkailussa vuonna 2018 jokiveden sameus oli suurimmillaan ylivirtaamakautena huhtikuussa.

Mustajoen mullanvalmistusalueella lounaaseen Paalijokeen johtavassa ojassa MJOKI-OjaP2 sameus oli korkeampi kuin koilliseen Vantaanjoen suuntaan laskevassa ojassa. Tämän selittää se, että mullanvalmistuskentältä valuvat vedet ohjataan pääasiassa Paalijokeen johtavaan ojaan. Metsä-Tuomelan ojavesissä sameusarvot olivat pieniä kaikkina näytteenottoajankohtina.



Kuva 27. Pintavesinäytteiden sameus- ja väriarvot. Skaalauksen selventämiseksi ojan VS-OjaP3 heinäkuun 2020 poikkeuksellinen sameusarvo 650 FNU on jätetty pois kuvaajasta.

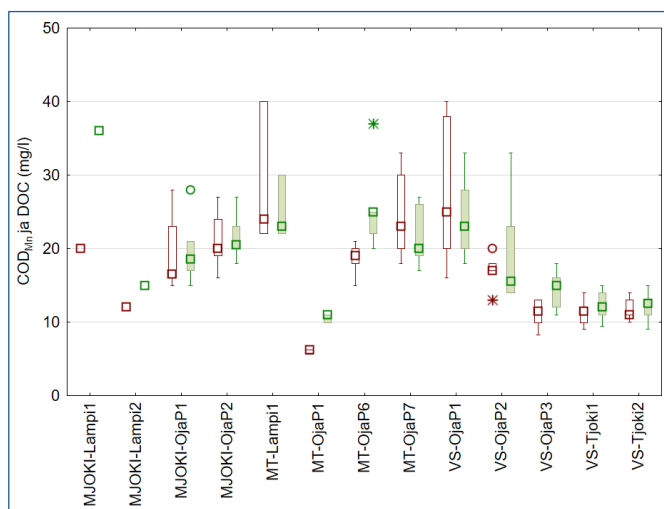
Väri-luvussa havaittiin korkeita arvoja pitkälti samoissa ojissa kuin sameudessa, ja väri-luvun vaihtelu oli suurta (kuva 27). Pintavesien väriin vaikuttavat liuenneen orgaanisen aineksen ja raudan esiintyminen ja niiden väliset reaktiot. Mustajoen mullanvalmistusalueella ojavesien MJOKI-OjaP1 ja MJOKI-OjaP2 väri-lukua nostavat alueen luontaiset soistumat ja turpeennostoalueelle muodostuneet lammet sekä turpeen käsittely mullanvalmistuskentällä. Myös Metsä-Tuomelassa näytteenottopisteissä MT-Lamp1 ja sen laskuojassa MT-OjaP7 näkyy luontainen humuskuormitus. Vantaan Solbackan seuranta-alueella väri-luku oli selvästi koholla ojissa VS-OjaP1 ja VS-OjaP2. Tuusulanjoen näytteenottopisteissä väri-luku oli taustapisteessä VS-Tjoki1 samalla tasolla kuin alajuoksun näytteenottopisteessä VS-Tjoki2.

COD_{Mn} ja DOC

Kemiallista hapen kulutusta (COD_{Mn}) ja liuenneen orgaanisen hiilen (DOC) määrää tarkastellaan tässä luvussa rinnakkain. Kemiallista hapen kulutusta käytetään kuvaamaan orgaanisen aineksen määrää, mutta kaikki orgaanisen aineksen sisältämät yhdisteet eivät hapetu määrittämisessä käytettävällä kaliumpermanganaatilla, ja toisaalta se pelkistää myös pelkistyneitä epäorgaanisia aineita (Valvira 6.10.2020). DOC-määrittäminen kuvaa luotettavammin liuenneen orgaanisen hiilen määrää.

Kohonneita liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuuksia esiintyi Mustajoen mullanvalmistusalueen molemmissa ojissa MJOKI-OjaP1 ja MJOKI-OjaP2, Metsä-Tuomelan ojissa MT-OjaP6 ja MT-OjaP7 sekä Vantaan Solbackan ojassa VS-OjaP1 (kuva 28). Vantaan ojassa VS-OjaP3 todettiin heinäkuussa 2020 poikkeuksellisen korkea COD_{Mn}-luku 71 mg/l, mutta vastaavaa poikkeamaa ei havaittu DOC-pitoisuudessa. COD_{Mn}-luvun vaihtelu oli suurempaa kuin DOC-pitoisuuden, mikä kuvastaa orgaanisen aineksen koostumuksen vaihteluja.

Vaikka Mustajoen mullanvalmistusalueella varastoitavassa multa-aineksessa orgaanisen hiilen kokonaismäärä (mediaani 7,2 % kuiva-aineesta) oli merkittävästi suurempi kuin Metsä-Tuomelan maankaatopaikan laajennusalueen ylijäämämaissa (mediaani 1,8 % kuiva-aineesta), ei oja-vesien liuenneen orgaanisen hiilen määrässä näkynyt vastaavaa eroa. On kuitenkin huomioitava, että alueilta otetut kokoomanäytteet (taulukot 1 ja 2) edustavat vain yhden ajankohdan läjitettävien aineiden koostumusta. Metsä-Tuomelan maankaatopaikalla ylijäämämaiden kemiallinen koostumus vaihtelee riippuen kaivutyömaan sijainnista.

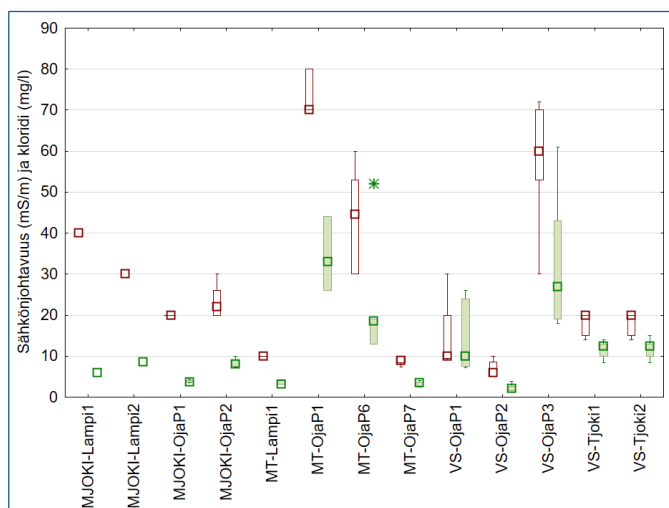


Kuva 28. Pintavesinäytteiden kemiallinen hapen kulutus (COD_{Mn}) ja liuenneen orgaanisen hiilen määrä (DOC). Punaisella on merkitty COD_{Mn} ja vihreällä DOC. Skaalauksen selventämiseksi ojan VS-OjaP3 heinäkuun 2020 poikkeuksellinen COD_{Mn}-arvo 71 mg/l on jätetty pois kuvaajasta.

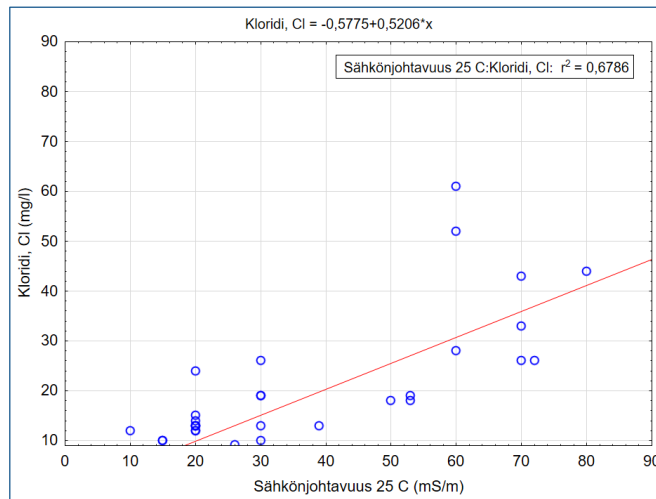
Sähkönjohtavuus ja kloridi

Kaikissa kolmessa seurantakohteessa todettiin läjitysalueiden vaikutusalueen ojavesissä kohonneita sähkönjohtavuusarvoja (kuva 29). Sähkönjohtavuuden tausta-arvo seurankohteissa oli < 10 mS/m, ja toiminnan vaikutusalueen ojissa mediaanipitoisuus oli 20 – 70 mS/m. Tuusulanjoen näytteenottopisteessä VS-Tjoki2 ojavesien vaikutus ei kuitenkaan näkynyt, molemmissa näytteenottopisteissä VS-Tjoki1 ja VS-Tjoki2 sähkönjohtavuuden mediaani oli 20 mS/m, ja vaihtelu melko vähäistä. Tuusulanjokeen laskee laimentavia vesiä jokiuoman pohjoispuolelta pitkin puroa, joka saa alkunsa kallio-moreeniylängöltä. Jokiuomaan voi puroa pitkin purkautua myös moreenikerroksiin varastoitunutta pohjavettä.

Sähkönjohtavuus kuvaa veden liuenneiden mineraalisuolojen kokonaismäärää (Valvira 6.10.2020), ja siihen vaikuttavat mm. mineraaliaineksesta luontaisesti kemiallisen rapautumisen seurauksena vapautuvat ionit. Sähkönjohtavuutta käytetään kuitenkin myös yleisenä ihmistoiminnan kuormitusta kuvaavana indikaattorina. Tuusulanjoessa sähkönjohtavuus on keskimäärin 18 mS/m ja Vantaanjoen Arolamminkoskessa 18 - 82 mS/m. Vantaanjoen yläjuoksua kuormittavat vaihtelevasti useat tekijät, mm. jätevedenpuhdistamot, joten jokivedessä sähkönjohtavuuden vaihtelu on suurta (Vahtera ja Männynsalo 28.5.2020).



Kuva 29. Pintavesinäytteiden sähkönjohtavuudet ja kloridipitoisuudet. Sähkönjohtavuus on merkitty punaisella, kloridipitoisuus vihreällä.

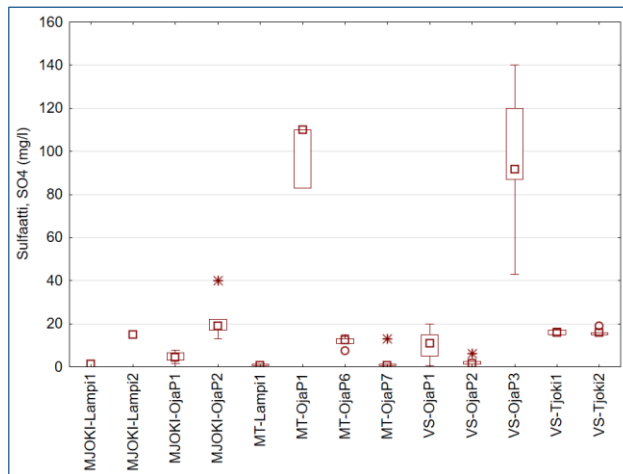


Kuva 30. Pintavesinäytteiden sähkönjohtavuuden ja kloridipitoisuuden vertailu.

Kohonneita kloridipitoisuuksia ja sähkönjohtavuuksia todettiin samoissa havaintopaikoissa. Kloridipitoisuudessa korostuivat kuitenkin selvemmin Metsä-Tuomelan oja MT-OjaP1 ja Vantaan Solbackan oja VS-OjaP3 (kuva 29). Kloridipitoisuudet eivät korreloineet sähkönjohtavuuden kanssa (kuva 30), mikä viittaa siihen, että sähkönjohtavuutta nostavat mineraaliaineksesta vapautuvat ionit. Vantaanjoen valuma-alueen yhteistarkkailussa kloridipitoisuus ei sisälly analyysiohjelmaan, joten tietoa keskimääräisistä kloridipitoisuuksista jokivesissä ei ole saatavilla.

Sulfaatti

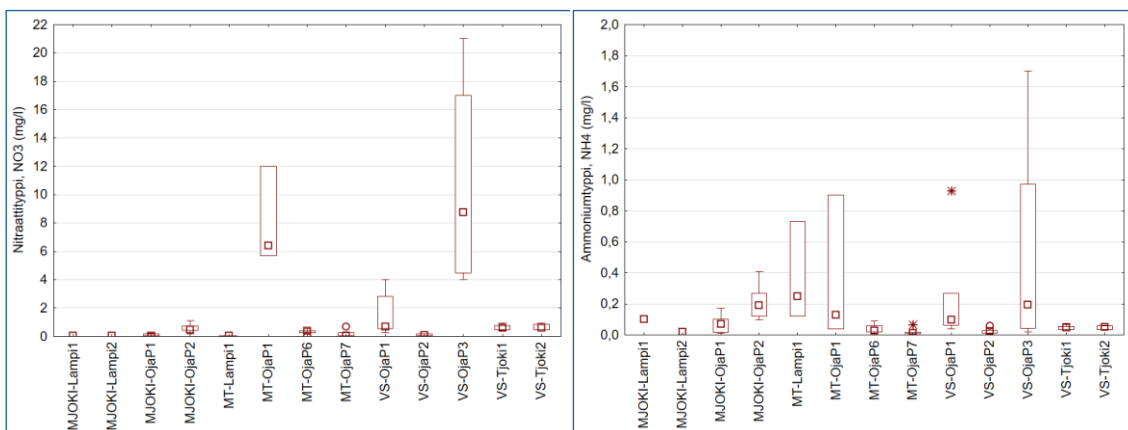
Kaikissa kolmessa seurantakohteessa todettiin läjitysalueiden vaikutusalueen ojaivesissä kohonneita sulfaattipitoisuuksia (kuva 31). Merkittävästi muita havaintopaikkoja korkeampia pitoisuuksia todettiin Metsä-Tuomelan ojassa MT-OjaP1, joka on läjitysalueen ja kiviaineksen louhintaluonnon alapuolella, ja Vantaan Solbackan ojassa VS-OjaP3, joka edustaa mullanvalmistusalueelta kertyviä pintavaluntavesiä. Vantaan Solbackan ojassa VS-OjaP3 pitoisuuksien vaihtelu oli suurta, ja pitoisuus oli suurimmillaan marraskuun näytteenottokierroksilla (vuonna 2019 pitoisuus oli 120 mg/l, ja vuonna 2020 pitoisuus oli 140 mg/l). Kuten sähkönjohtavuuden osalta, sulfaattikuormitus ei kuitenkaan näkynyt Tuusulanjoen näytteenottopisteellä asti. Muissa seurantakohteiden ojissa toiminnan vaikutus oli vähäisempää ja sulfaattipitoisuus oli tasolla 15 – 20 mg/l. Vantaanjoen valuma-alueen jokivesissä sulfaattipitoisuus on tyypillisesti alle 15 mg/l (Clergeaud 2020a ja 2020b).



Kuva 31. Pintavesinäytteiden sulfaattipitoisuudet.

Typpiyhdisteet

Typpiyhdisteiden pitoisuudet ojavesissä olivat pääasiassa pieniä. Typpikuormitusta ilmentäviä pitoisuuksia esiintyi Metsä-Tuomelan ojassa MT-OjaP1 sekä Vantaan Solbackan ojissa VS-OjaP1 ja VS-OjaP3 (kuva 32). Vaikka Mustajoen Multajalosteen multavalmisteen kokoomanäytteissä oli merkittävästi enemmän typpiyhdisteitä kuin Metsä-Tuomelan kokoomanäytteissä (taulukot 1 ja 2), ei typpeä vapautunut valumavesiin. Mustajoen multavalmiste on turvepohjaista, ja typpi sitoutuu turpeen sisältämiin orgaanisiin yhdisteisiin eikä vapaudu liukoiseen muotoon.



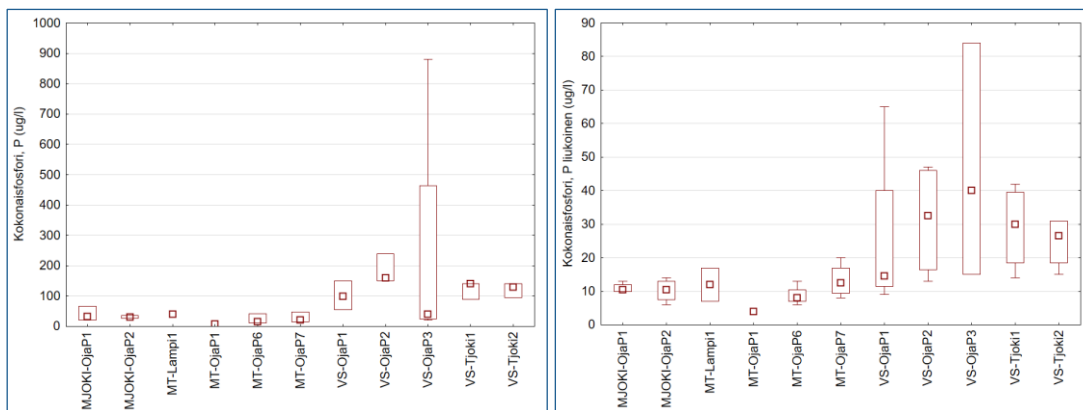
Kuva 32. Pintavesinäytteiden nitraatti- ja ammoniumtyppipitoisuudet.

Fosforiyhdisteet

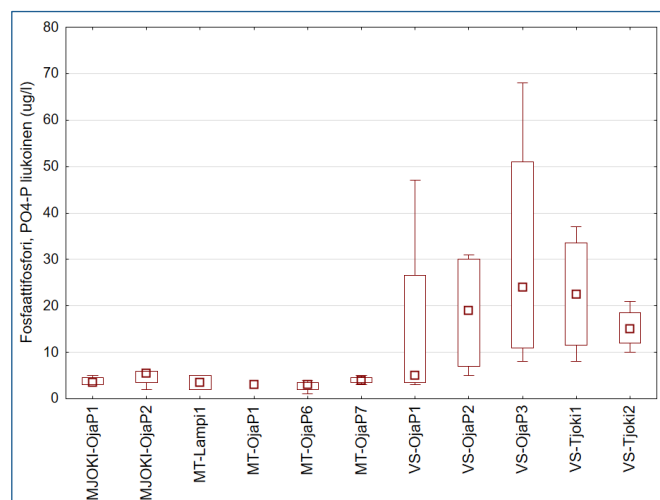
Mustajoen mullanvalmistusalueella ja Metsä-Tuomelan maankaatopaikalla fosforipitoisuudet ojavesissä olivat pieniä, eikä merkittäviä havaintopaikkakohtaisia poikkeamia havaittu. Vantaan Solbackan kohteessa fosforikuormitus oli suurempaa, mikä näkyi sekä ojavesissä että Tuusulanjoen vedessä (kuvat 33 ja 34). Vuoden 2018 yhteistarkkailutulosten mukaan Tuusulanjoen veden

fosforipitoisuudet olivat korkeita (33-130 µg/l), mutta liukoisen fosfaatin pitoisuudet enimmäkseen 18 µg/l ja kesällä ajoittain analyysin määrittämissä (Vahtera ja Männynsalo 28.5.2020). Seurantatutkimuksessamme sekä fosforipitoisuuden että liukoisen fosfaattifosforin pitoisuudet olivat samalla tasolla kuin yhteistarkkailussa. Liukoisten fosforyhdisteiden kuormituksessa korostuivat ojat VS-OjaP2 ja VS-OjaP3. Vaikka liukoista fosfaattifosforia kulkeutui Tuusulanjokeen ojista VS-OjaP1, VS-OjaP2 ja VS-OjaP3, olivat pitoisuudet niiden alapuolisessa Tuusulanjoen havaintopaikassa VS-Tjoki2 hieman pienempiä kuin tutkimuksen taustapisteessä VS-Tjoki1.

Oja pitkin tuleva fosfaattifosforikuormitus oli siinä määrin vähäistä, että jokiuomaan sekoittumisen jälkeen vaikutusta ei ollut havaittavissa jokivedessä. Fosforyhdisteiden pitoisuuksien vaihtelu oli suurinta havaintopaikassa VS-OjaP3, joka edustaa mullanvalmistusalueelta kertyviä pintavaluntavesiä. Mullanvalmistuksessa käytettävistä lannoitteista vapautuu fosforia, ja läjitettävien multatuotteiden määrä vaihtelee. Suurimmillaan fosforyhdisteiden pitoisuudet ojassa VS-OjaP3 olivat heinäkuun 2020 näytteenottokierroksella.



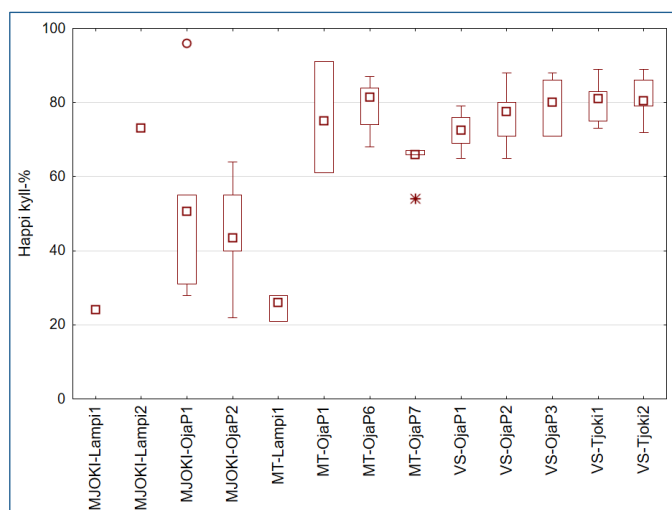
Kuva 33. Pintavesinäytteiden kokonaisfosfori- ja liukoinen kokonaisfosforipitoisuudet.



Kuva 34. Pintavesinäytteiden liukoisen fosfaattifosforin pitoisuudet.

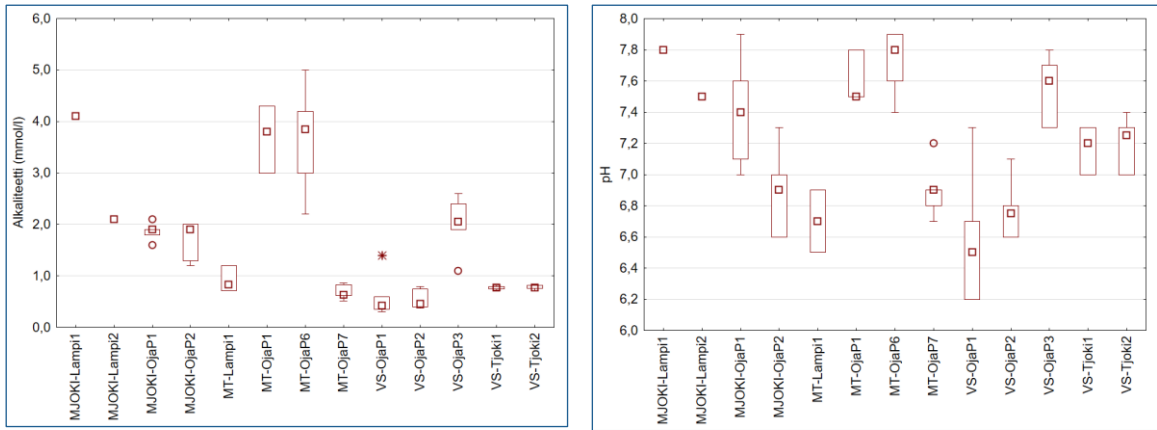
Happi, alkaliteetti ja pH

Happi tilanne seuranta-alueiden ojavesissä oli hyvä, lukuun ottamatta Mustajoen Multajalosteen oja MJOKI-OjaP1 ja MJOKI-OjaP2, joissa hapen kyllästysprosentti oli 20-65 %. Virtaama näissä on ajoittain vähäistä, mikä selittää happipitoisuuden aleneman. Ainoastaan huhtikuussa 2020 ylivirtaamakautena ojavedessä MJOKI-OjaP1 happipitoisuuden kyllästysprosentti oli lähes 100 % (kuva 35).



Kuva 35. Pintavesinäytteiden happipitoisuudet kyllästysasteena.

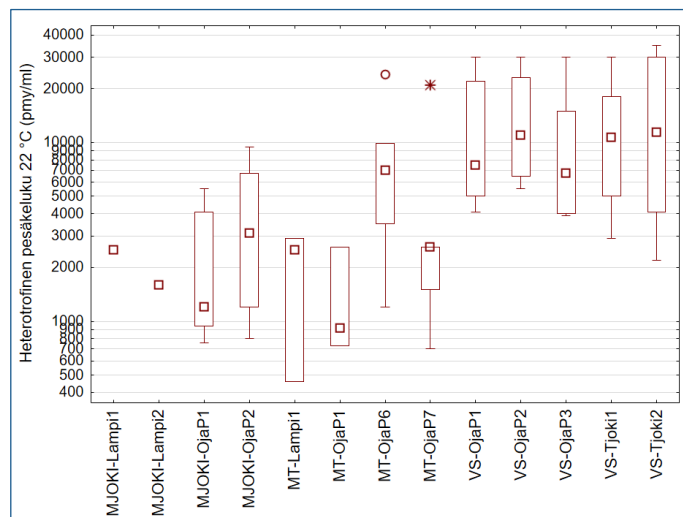
Alkaliteetissa esiintyi muita havaintopaikkoja korkeampia arvoja Metsä-Tuomelan ojissa MT-OjaP1 ja MT-OjaP2 (kuva 36). PH-alueella (pH 6,4 – 10,33) alkaliteetti aiheutuu lähinnä bikarbonaatista (HCO_3^-), ja edellä mainituissa ojissa pH oli 7,4 – 7,9. Bikarbonaattia voi muodostua silikaatti- ja karbonaattimineraalien kemiallisen rapautumisen yhteydessä tai orgaanisen aineksen biohajoamisen seurauksena. Metsä-Tuomelan maankaatopaikalle läjitetyt hienorakeiset ylijäämämaat nostavat molempien edellä mainittujen prosessien seurauksena ojavesien alkaliteettiarvoja. Vantaanjoen valuma-alueen yhteistarkkailussa ei määritetä jokivesinäytteistä alkaliteettia, joten vertailutuloksia alkaliteetin vaihteluista alueen virtavesissä ei ole käytettävissä. Yhteistarkkailussa tarkkaillaan Metsä-Tuomelan maankaatopaikan eteläpuolella sijaitsevan jäteaseman valumavesien laatua jäteaseman itäpuolisesta ojasta. Tässä ojassa veden pH-arvot ovat vaihdelleet välillä 6,8 – 8,6 (Vahtera ja Männynsalo 28.5.2020).



Kuva 36. Pintavesinäytteiden alkaliteetti- ja pH-arvot.

Bakteerit

Heterotrofisten mikro-organismien määrä seuranta-kohteiden oja- ja lampissa vaihteli suuresti (kuva 37). Heterotrofisen pesäkeluvun määrittämisessä arvioidaan vedessä olevien elävien aerobisten, hiilen lähteenä orgaanisia yhdisteitä käyttävien bakteerien sekä hiivojen ja homeiden lukumäärää (Valvira 6.10.2020). Orgaanisen aineksen hajotustoiminta oli seuranta-kohteiden mukaan tehokkainta Vantaan Solbackan havaintopaikoilla. Tällä Tuusulanjoen osuudella veden hygieeniseen laatuun vaikuttaa myös valuma-alueen muu kuormitus, mm. peltoalueet ja asumajätevedet, eikä läjitysalueiden vaikutus ollut erotettavissa.



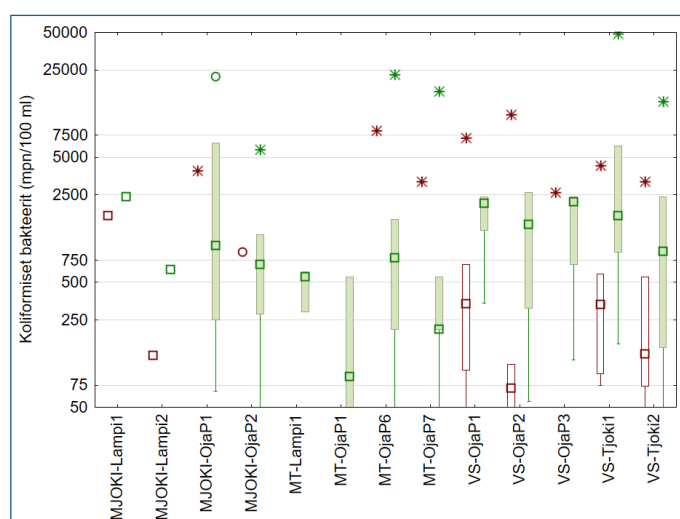
Kuva 37. Heterotrofisten mikro-organismien määrä pintavesinäytteissä (logaritminen asteikko).

Koliformiset bakteerit voivat olla peräisin ihmisten ja eläinten ulosteista, mutta myös kasveista ja maakerroksista. Koliformisten bakteerimäärän vaihtelu seuranta-kohteiden oja- ja lampissa oli suurta. Bakteerimäärät olivat suurimmillaan heinä- ja syyskuussa 2020. Kesän alivirtaamakauden vesinäytteet otettiin 1.7.2020. Kesäkuu oli vähäsateiden, ja näytteenottopäivää edeltävänä päivänä säähavaintoasemilla mitattiin kesä-heinäkuun ajanjaksolla suurin vuorokauden

sadesumma (34–41 mm). Kesäkuun kuivuuden seurauksena laimentavia vesiä oli ojissa niukasti, ja rankkasade huuhtoi runsaasti bakteereita valumavesiin. Myös *E.coli*-bakteereita esiintyi ojavesissä pääasiassa alivirtaamakautena.

Kaikissa havaintopaikoissa suurimmat *E.coli*-bakteerien määrät todettiin heinäkuussa 2020, jolloin bakteerikuormitus oli suurinta Metsä-Tuomelan ojassa MT-OjaP6 ja Vantaan Solbackan ojissa VS-OjaP1 ja VS-OjaP2 (kuva 38). *E.coli*-bakteereita todettiin myös Metsä-Tuomelan maankaatopaikalle kuljetetuista ylijäämämaista otetuissa kokoomanäytteissä (taulukko 1). Sen sijaan Mustajoen Multajalosteen maa-aineksissa niitä ei esiintynyt (taulukko 2).

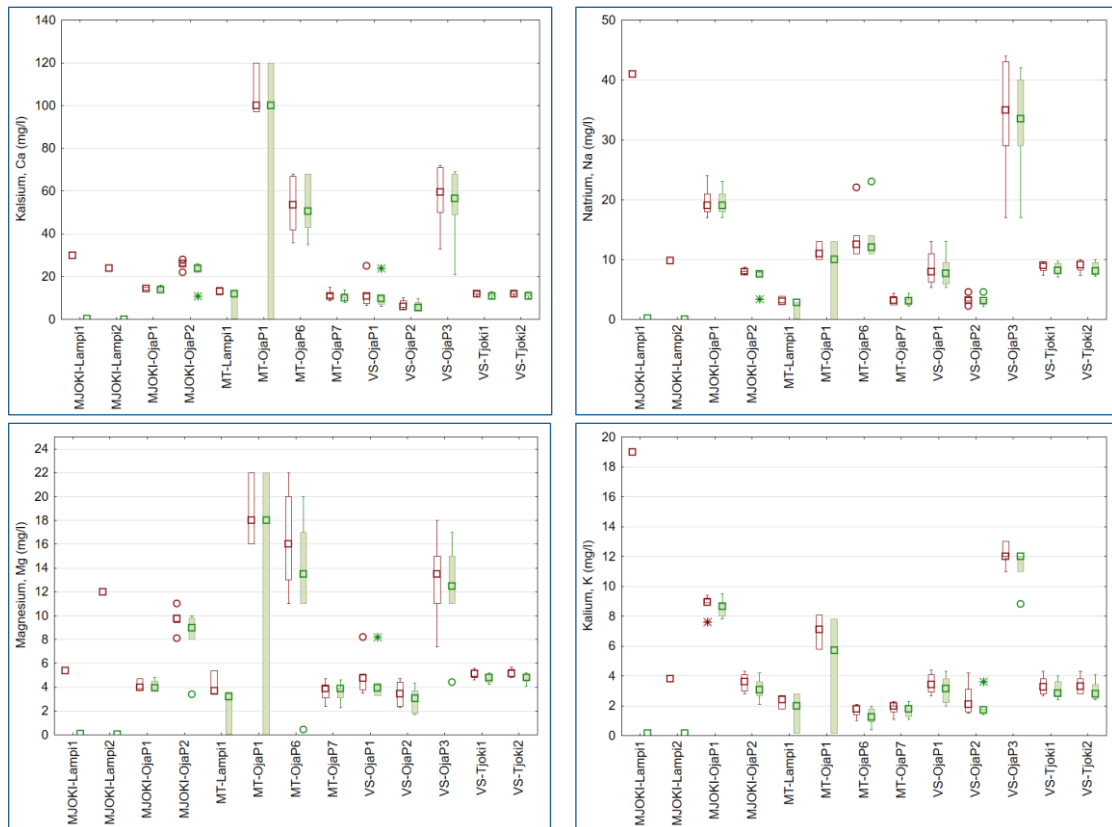
Myös Vantaanjoen valuma-alueen yhteistarkkailussa todettiin Metsä-Tuomelan jäteaseman ojan vedessä elo- ja lokakuussa 2019 erittäin korkeita ulosteindikaattoribakteereiden määriä (Vahtera ja Männynsalu 28.5.2020).



Kuva 38. Koliformisten bakteereiden ja *E.coli*-bakteereiden määrä pintavesinäytteissä (logaritminen asteikko). Punaisella on merkitty *E.coli*l, vihreällä koliformisten bakteereiden kokonaismäärä.

Pääkationit

Pääkationit (kalsium, magnesium, natrium, kalium) kuvastavat kiviaineksesta fysikaalisen ja kemiallisen rapautumisen tuloksena vapautuvia alkuaineita. Kaikkien edellä mainittujen pääkationien osalta erottui muita havaintopaikkoja merkittävästi suurempia pitoisuuksia Vantaan Solbackan ojassa VS-OjaP3. Pitoisuudet olivat korkeita sekä suodattamattomissa että suodatetuissa näytteissä, kuvastaen kemiallista rapautumista ja kationien liukenemistä mineraaliaineksestä (kuva 39). Ojan VS-OjaP3 valuma-alueella sijaitsevalla mullanvalmistusalueella varastoidaan ja käsitellään myös raekooltaan erilaisia murskeita ja kiviaineksia. Tämän tuotantoalueen välittömässä läheisyydessä, sen kaakkoispuolella sijaitsee laajalle ulottuva kiviaineksen murskaus-asema, josta myös voi kulkeutua kivipölystä vapautuneita kationeja. Muita havaintopaikkoja, joissa todettiin kohonneita pääkationipitoisuuksia, olivat Mustajoen Multajalosteen ojat MJOKI-OjaP1 ja MJOKI-OjaP2, sekä Metsä-Tuomelan ojat MT-OjaP1 ja MT-OjaP6. Ojan MT-OjaP1 veden pääionipitoisuuksiin vaikuttaa myös viereinen kallion kiviaineksen louhint- ja murskausalue.

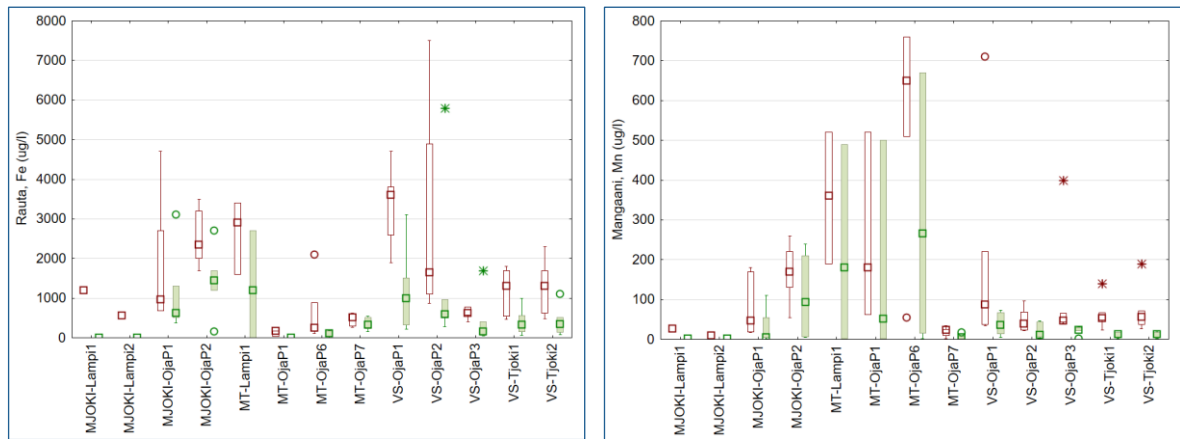


Kuva 39. Pääkationien pitoisuudet pintavesinäytteissä. Punaisella on merkitty suodattamattomien näytteiden pitoisuudet ja vihreällä suodatettujen näytteiden pitoisuudet (0,45 µm suodatus).

Rauta ja mangaani

Raudan kokonaispitoisuudessa (määritetty suodattamattomasta näytteestä) todettiin korkeita arvoja Mustajoen ojissa MJOKI-OjaP1 ja MJOKI-OjaP2 sekä Vantaan Solbackan ojissa VS-OjaP1 ja VS-OjaP2. Rautapitoisuuksien vaihtelu näissä ojissa oli suurta. Liukoisen raudan pitoisuudet olivat näissä samoissa näytteenottopisteissä koholla. Metsä-Tuomelan ojissa ei havaittu vastaavia rautapitoisuuksia (kuva 40). Rautaa kulkeutuu läjitysalueilta ojavesiin partikkelimaisena rautana, joka on saostunut ja sitoutunut kiintoainekseen, sekä liukoisena orgaanisena rautana, joka muodostaa humuksen kanssa rauta-humus-kompleksiyhdisteitä. Rautapitoinen humus sitoo myös fosfaattifosforia (Heikkinen 2000). Metsä-Tuomelan ojavesien sameus- ja väriarvot olivat muita ojavesiä pienempiä, mikä myös ilmensi rautayhdisteiden vähäisempää määrää.

Mangaania esiintyi kohonneita pitoisuuksia Mustajoen Multajalosteen ojassa MJOKI-OjaP2 sekä Metsä-Tuomelan ojissa MT-OjaP1 ja MT-OjaP6. Kuten raudan osalta, myös mangaanin pitoisuudet vaihtelivat suuresti. Poikkeavan korkeita pitoisuuksia todettiin Metsä-Tuomelan ojassa MT-OjaP6 (kuva 40).



Kuva 40. Pintavesinäytteiden rauta- ja mangaanipitoisuudet. Punaisella on merkitty suodattamattomien näytteiden pitoisuudet ja vihreällä liukoiset pitoisuudet (0,45 µm suodatus). Skaalauksen selventämiseksi ojan VS-OjaP3 heinäkuun 2020 poikkeuksellinen suodattamattoman näytteen rautapitoisuus 27000 µg/l on jätetty pois kuvaajasta.

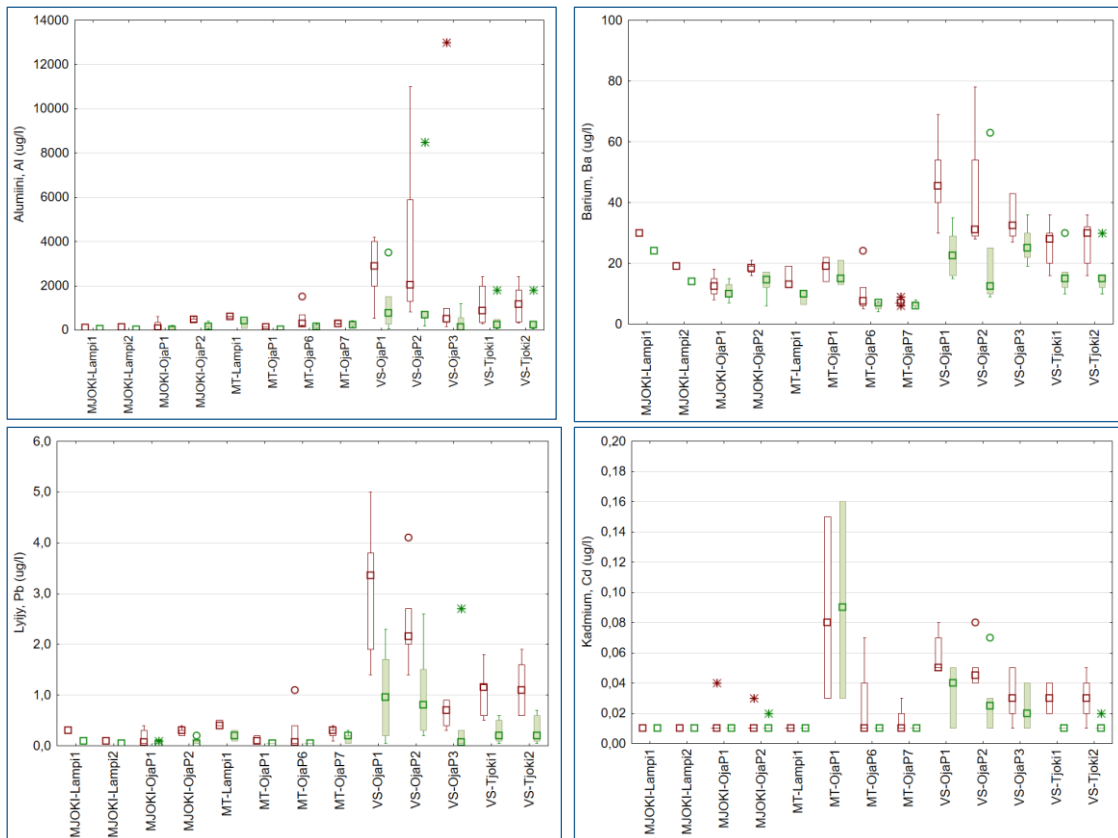
Muut metallit

Faktorianalyysillä seulottiin aineistosta ne alkuaineet, joiden pitoisuuksissa oli merkittäviä poikkeamia ja joiden perusteella havaintopaikkojen vesien laadussa on mahdollisesti havaittavissa tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia (taulukko 7). Faktorissa 1 erottuivat kiintoainesta (mineraaliainesta) kuvaavat muuttujat (sameus, alumiini, strontium) ja siihen kiinnittyneenä kulkeutuvat aineet; orgaaninen aines, fosfori, ja metallit (barium, kadmium, koboltti, kromi, kupari, lyijy, molybdeeni, nikkeli ja sinkki), ja lisäksi arseeni. Faktorin 2 muuttujia ovat kiviaineksen pääioneja ja niiden rapautumista kuvaavat muuttujat: kalsium, magnesium, sähkönjohtavuus, mangaani, strontium. Tässä luvussa esitetään box-plot -kuvaajia em. metallien ja puolimetallien pitoisuuksista havaintopaikoittain.

Taulukko 7. Seuranta-alueiden pintavesien laadun analyysitulosten faktorianalyysi, Varimax-normalisoidut pääkomponentit.

Variable	Factor Loadings (Varimax normalized) (Pintavesien seurantatulokset_20210430) Extraction: Principal components (Marked loadings are >,700000)				
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
Sulfaatti, SO4	0,072	0,411	0,827	0,224	0,069
Kloridi, Cl	0,181	0,753	0,350	0,242	-0,056
Väriluku	-0,027	-0,433	-0,218	-0,831	0,195
Ammoniumtyppi, NH4-N	0,890	0,136	0,052	-0,071	-0,151
Nitraattityppi, NO3-N	0,152	0,244	0,868	0,038	0,171
Nitriittityppi, NO2-N	0,667	0,085	0,613	0,088	0,088
Sameus	0,981	-0,036	0,025	0,044	0,105
pH	-0,063	0,599	0,216	0,516	-0,348
Sähkönjohtavuus 25 C	-0,035	0,831	0,492	0,183	-0,096
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	0,729	-0,139	-0,070	-0,627	-0,059
Liuenneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	-0,100	0,025	-0,294	-0,925	-0,034
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	0,672	-0,201	0,235	0,075	0,501
Kokonaisfosfori, P	0,967	-0,099	0,012	0,080	0,173
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	0,662	-0,274	0,184	-0,029	0,525
Kalsium, Ca	-0,057	0,885	0,375	0,087	-0,013
Magnesium, Mg	-0,090	0,955	0,174	0,039	-0,027
Kalium, K	0,322	-0,041	0,797	0,110	-0,217
Natrium, Na	0,114	0,274	0,702	0,219	-0,390
Alumiini, Al	0,773	-0,121	-0,009	-0,109	0,536
Arseeni, As	0,975	-0,035	0,112	0,026	-0,066
Barium, Ba	0,953	-0,049	0,109	0,013	0,234
Kadmium, Cd	0,984	0,026	0,080	0,016	0,062
Koboltti, Co	0,872	0,252	-0,114	-0,170	-0,012
Kromi, Cr	0,981	-0,038	0,030	0,010	0,122
Kupari, Cu	0,976	0,031	0,107	0,054	0,041
Lyijy, Pb	0,988	0,014	0,080	0,005	0,021
Mangaani, Mn	0,119	0,750	-0,338	-0,207	-0,121
Molybdeeni, Mo	-0,153	0,327	0,777	0,169	0,216
Nikkeli, Ni	0,902	0,297	0,173	0,011	0,140
Rauta, Fe	0,971	-0,024	0,035	-0,082	0,109
Sinkki, Zn	0,985	0,016	0,070	0,010	0,060
Strontium, Sr	-0,005	0,831	0,523	0,115	-0,057
Titaani, Ti	0,412	-0,133	-0,048	-0,112	0,750
Uraani, U	0,005	0,156	0,882	0,046	-0,002
Vanadiini, V	0,973	-0,070	0,041	0,063	0,131
Expl.Var	15,718	5,559	5,625	2,602	2,056
Prp.Totl	0,449	0,159	0,161	0,074	0,059

Value	Eigenvalues (Pintavesien seurantatulokset_20210430) Extraction: Principal components			
	Eigenvalue	% Total variance	Cumulative Eigenvalue	Cumulative %
1	16,38139	46,80398	16,38139	46,80398
2	8,96122	25,60347	25,34261	72,40746
3	3,01882	8,62521	28,36143	81,03267
4	1,85719	5,30625	30,21862	86,33892
5	1,34066	3,83047	31,55929	90,16939



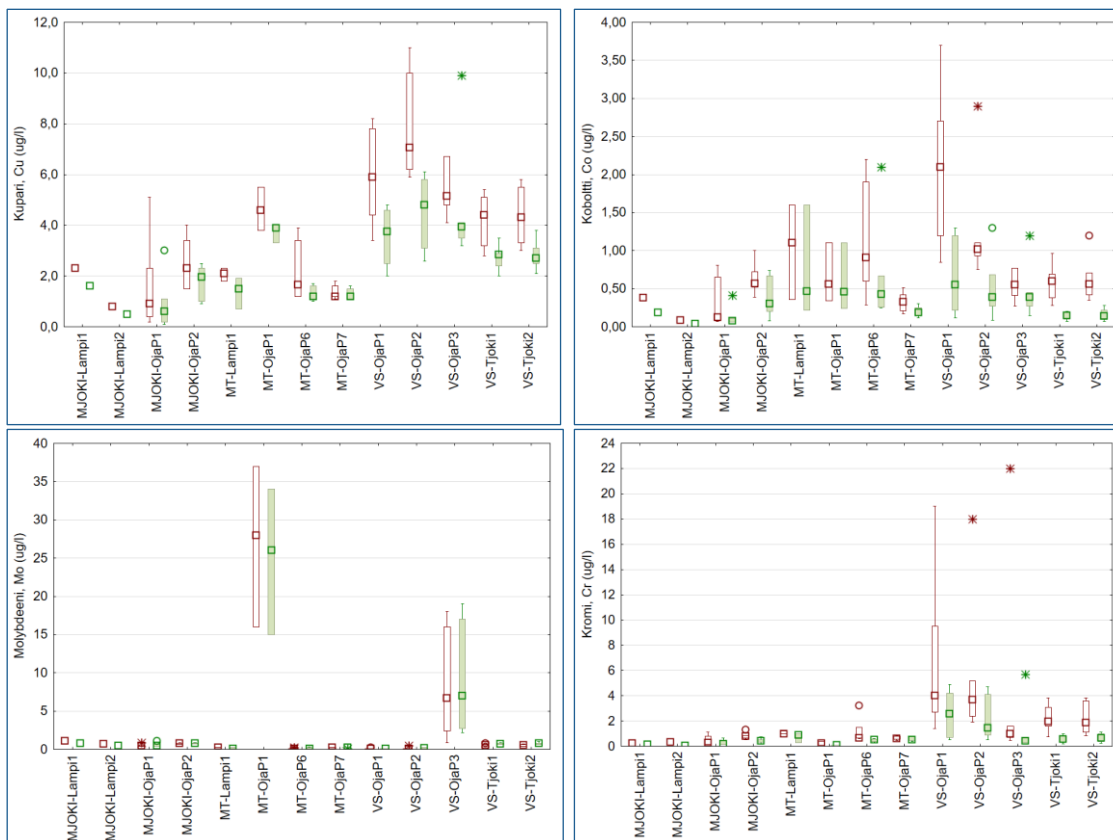
Kuva 41. Pintavesinäytteiden alumiini-, lyijy-, barium- ja kadmiumpitoisuudet. Punaisella on merkitty suodattamattomien näytteiden pitoisuudet ja vihreällä liukoiset pitoisuudet (0,45 µm suodatus). Skaalauksen selventämiseksi ojan VS-OjaP3 heinäkuun 2020 poikkeukselliset suodattamattoman näytteen bariumpitoisuus 220 µg/l, lyijypitoisuus 36 µg/l ja kadmiumpitoisuus 0,46 µg/l on jätetty pois kuvaajasta.

Alumiinin osalta havaittiin muita havaintopaikkoja korkeampia pitoisuuksia Vantaan Solbackan havaintopaikoissa VS-OjaP1 ja VS-OjaP2. Myös lyijyä esiintyi näissä havaintopaikoissa kohonneita pitoisuuksia, etenkin kiintoaineksessa (kuva 41). Näissä samoissa havaintopaikoissa näytteet olivat myös selvästi sameita (kuva 27). Alumiinin esiintyminen liittyy hienorakeisten alumiinisilikaattimineraalien suureen määrään.

Samoissa havaintopaikoissa bariumpitoisuudet olivat suurimmat. Bariumia esiintyy luontaisesti kiviaineksessa mm. kalkkikivissä. Kadmiumia esiintyi liukoisessa muodossa muita havaintopaikkoja enemmän Metsä-Tuomelan ojassa MT-OjaP1. Kadmiumia esiintyy erityisesti sulfidimineraaleissa ja sitä voi esiintyä luontaisesti turve- ja savimaissa (Reinikainen 2007). Kadmiumin taustapitoisuusarvo Nurmijärven alueen hienorakeisissa maalajeissa on keskimäärin 0,13 mg/kg, suurimman suositellun taustapitoisuusarvon ollessa 0,34 mg/kg (GTK:n Maaperän taustapitoisuudet (TAPIR) -karttapalvelu). Myös Metsä-Tuomelan läjitysmassoista otetuissa kokoomanäytteissä kadmiumpitoisuus oli keskimäärin 0,12 mg/kg ka, kun taas Mustajoen alueen kokoomanäytteissä kadmiumpitoisuus oli alle määrittäysrajan (määrittäysraja 0,10 mg/kg ka).

Vantaan Solbackan ojassa VS-OjaP3 todettiin heinäkuussa 2020 suodattamattomissa näytteissä muuhun aineistoon verrattuna poikkeuksellisen korkeita useiden raskasmetallien pitoisuuksia (kuvat 41 ja 42). Tämä kuvastaa sitä, miten läjitysalueita ympäröivissä ojaesissä voivat metallipitoisuudet olla hetkellisesti korkeat, rankkasateen huuhtoessa hienorakeista ainesta ojiin,

joissa alivirtaamakautena on niukasti laimentavia vesiä. Valtioneuvoston asetuksen 1022/2006 mukainen ympäristölaatu normi (AA-EQS vuosikeskiarvona ilmaistuna) liukoiselle kadmiumille sisämaan vähähumuksisissa jokivesissä on 0,1 µg/l ja sallittu enimmäispitoisuus (MAC-EQS) 0,45 µg/l. Näihin viitearvoihin verrattuna ojavesien kadmiumpitoisuudet olivat hyväksyttävällä tasolla. Kobolttin kokonaispitoisuudessa esiintyi vain lievästi kohonneita pitoisuuksia kaikkien seurantakohteiden ojavesissä. Liukoisen kobolttin pitoisuuksissa erot olivat vähäisiä.



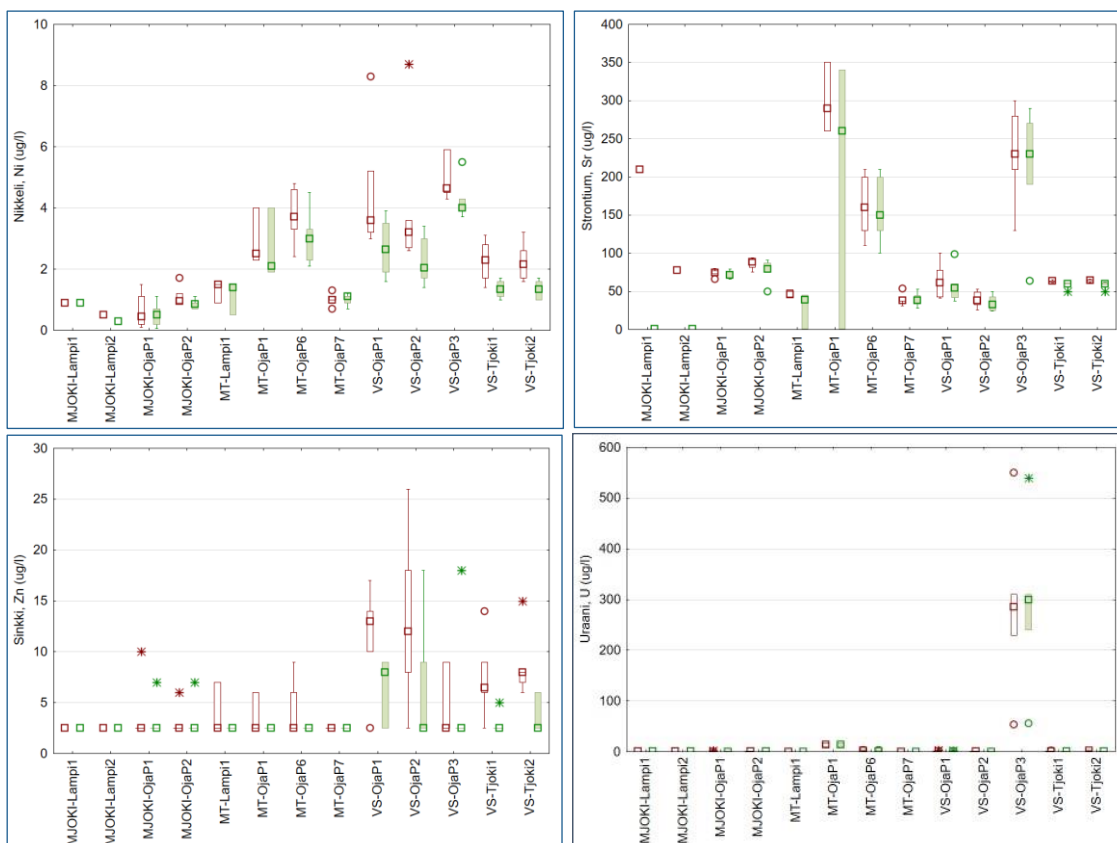
Kuva 42. Pintavesinäytteiden kupari-, molybdeeni-, koboltti- ja kromipitoisuudet. Punaisella on merkitty suodattamattomien näytteiden pitoisuudet ja vihreällä liukoiset pitoisuudet (0,45 µm suodatus). Skaalauksen selventämiseksi ojan VS-OjaP3 heinäkuun 2020 poikkeukselliset suodattamattoman näytteen kuparipitoisuus 78 µg/l ja kobolttipitoisuus 6,1 µg/l on jätetty pois kuvaajasta.

Kromipitoisuus oli koholla Vantaan Solbackan kaikissa ojissa ja pitoisuuksien vaihtelu oli suurta. Maksimipitoisuudet suodattamattomissa ojavesinäytteissä todettiin eri ajankohtina: ojassa VS-OjaP1 pitoisuus 19 µg/l marraskuussa 2020, ojassa VS-OjaP2 pitoisuus 18 µg/l marraskuussa 2020 ja ojassa VS-OjaP3 pitoisuus 22 µg/l heinäkuussa 2020.

Kaikkien seurantakohteiden ojavesissä todettiin taustapitoisuutta korkeampia pitoisuuksia kuparia ja nikkeliä, mutta selvimmin kokonaispitoisuudet olivat koholla Vantaan Solbackan ojissa VS-OjaP1, VS-OjaP2 ja VS-OjaP3 (kuvat 42 ja 43). Valtioneuvoston asetuksen 1022/2006 mukainen ympäristölaatu normi (AA-EQS vuosikeskiarvona ilmaistuna) liukoiselle nikkelille sisämaan vähähumuksisissa jokivesissä on 5 µg/l ja sallittu enimmäispitoisuus (MAC-EQS) 34 µg/l. Näihin

viitearvoihin verrattuna ojavesien liukoiset nikkelpitoisuudet olivat hyväksyttävällä tasolla. Molybdeenia esiintyi vain Metsä-Tuomelan ojassa MT-OjaP1 ja Vantaan Solbackan ojassa VS-OjaP3.

Metsä-Tuomelan läjitysmassoista otetuissa kokoomanäytteissä molybdeenipitoisuudet olivat kuitenkin alle määrittäysrajan (määrittäysraja 2 mg/kg ka). Sinkin kokonaispitoisuus oli ajoittain kolla Vantaan Solbackan ojassa VS-OjaP1, VS-OjaP2 ja VS-OjaP3.

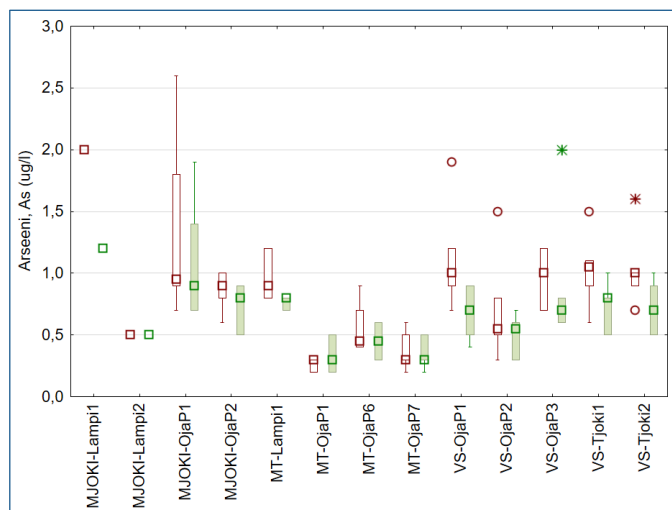


Kuva 43. Pintavesinäytteiden nikkeli-, sinkki-, strontium- ja uraanipitoisuudet. Punaisella on merkitty suodattamattomien näytteiden pitoisuudet ja vihreällä liukoiset pitoisuudet (0,45 µm suodatus). Skaalauksen selventämiseksi ojan VS-OjaP3 heinäkuun 2020 poikkeukselliset suodattamattoman näytteen nikkelpitoisuus 16 µg/l ja sinkkipitoisuus 220 µg/l on jätetty pois kuvaajasta. Huom: Ojanäytepisteen VS-OjaP3 liukoisen uraanin pitoisuustulos heinäkuussa 2020 (56 µg/l) on epävarma.

Strontiumia esiintyy luontaisesti runsaasti kiviaineksessa, joten sille ei ole määritelty suosituksia enimmäistaustapitoisuusarvoiksi. Sekä Metsä-Tuomelassa että Vantaan Solbackan ojassa VS-OjaP2 todettiin kohonneita strontiumipitoisuuksia, ja sitä esiintyi vallitsevasti liukoisessa muodossa (kuva 43). Kiviaineksen murskaus- ja varastointitoiminta näiden ojien valuma-alueella vaikuttavat osaltaan kohonneisiin strontiumipitoisuuksiin.

Uraania esiintyi poikkeuksellisen korkeina pitoisuuksina Vantaan Solbackan ojassa VS-OjaP3 (kuva 43). Uraanin liukoinen pitoisuus oli 56 – 540 µg/l, keskimääräinen pitoisuus tasolla 300 µg/l (analyysitulokset 56 µg/l on epävarma; on mahdollista, että pitoisuus oli 560 µg/l, mutta määrittäytulosta ei pystytty analyysilaboratoriossa tarkistamaan). Uraanille pintavesissä ei löydy viitearvoja, mutta STM:n talousvesiasetuksen 1352/2015 sallima enimmäispitoisuus

uraanipitoisuudelle talousvedessä on 30 µg/l. Uraania esiintyy yleisesti graniittisessa kallioperässä. Lannoitetuotannossa hyödynnettäviin kallioperän apatiittiesiintymiin liittyvät yleisesti apatiitti-uraanimuodostumat (Outokumpu Oy 1977) joten uraani voi olla peräisin mullanvalmistuksessa käytettävistä lannoitteista.



Kuva 44. Pintavesinäytteiden arseenipitoisuudet.

Mustajoen mullanvalmistusalueella ojavesien arseenipitoisuuksissa esiintyi muista havaintopaikoista poikkeavaa vaihtelua (kuva 44). Mullanvalmistuksessa käytettävä Nordkalk-tuote sisältää arseenia, ja myös alueen maaperänäytteiden määritystulokset ilmensivät kohonneita arseenipitoisuuksia (taulukko 2), mikä selittää ojavesien lievästi kohonneet arseenipitoisuudet.

Öljyhiilivedyt ja PAH-yhdisteet

Öljyhiilivetyjä C₁₀-C₄₀ esiintyi ajoittain kaikkien kolmen seurantakohteen kaikissa ojavesissä (taulukko 8). Öljyhiilivetyjä esiintyi ojavesissä kaikkina vuodenaikoina, mutta yleisimmin marraskuussa. Havaitut öljy-yhdisteet koostuivat pääasiassa raskaista jakeista C₂₁-C₄₀ (14 näytteessä), joiden pitoisuus oli 34 – 540 µg/l. Keskiraskaita jakeita C₁₀-C₂₁ esiintyi 10 näytteessä, pitoisuuksien ollessa 32 – 77 µg/l. Bensiinijakeita C₅-C₁₀ ei näytteissä esiintynyt.

Öljyhiilivetyjen C₁₀-C₄₀ määritystulosten arvioinnissa on huomioitava, että ko. määrittäminen ei pysty erottamaan raskaita öljyhiilivetyjakeita ja luonnon humusta. Usean öljyhiilivetyhavainnon yhteydessä vesinäytteissä jäljitettiin myös PAH-yhdisteitä, mikä vahvistaa sen, että näytteissä todetut yhdisteet olivat öljy-yhdisteitä. PAH-yhdisteitä jäljitettiin 11 ojavesinäytteessä. Pitoisuudet olivat kuitenkin pieniä, enimmillään 24 PAH-yhdisteen yhteenlaskettu pitoisuus oli 1,7 µg/l. Tämä havainto tehtiin Vantaan Solbackan ojassa VS-OjaP3 heinäkuussa 2020, jolloin monen muun laatumuuttujan osalta ojavedessä todettiin poikkeuksellisen korkeita pitoisuuksia. Kun vertaa tällöin havaittuja yksittäisten PAH-yhdisteiden pitoisuuksia valtioneuvoston asetuksen 1022/2006 MAC-EQS-arvoihin (antraseeni 0,042 µg/l / MAC-EQS 0,1 µg/l; **fluoranteeni 0,27 µg/l** / MAC-EQS 0,12 µg/l; **bentso(b)fluoranteeni 0,18 µg/l** / 0,017 µg/l; **bentso(k)fluoranteeni 0,14 µg/l** / MAC-EQS 0,017 µg/l; bentso(ghi)peryleeni 0,071 µg/l / MAC-EQS 8,2x10⁻³ µg/l) voidaan todeta, että viitearvot ylittyivät ojavedessä tässä ääritilanteessa

usean PAH-yhdisteen osalta. Laimenemisen ja kiintoaineksen sedimentoitumisen vuoksi PAH-yhdisteitä ei kuitenkaan havaittu alapuolisessa Tuusulanjoen havaintopaikassa VS-Tjoki2, lukuun ottamatta pyreeniä, jonka pitoisuus ojassa oli 0,36 µg/l, ja Tuusulanjoessa 0,014 µg/l (taulukko 8).

Taulukko 8. Pintavesinäytteissä havaitut öljyhiilivedyt C₁₀-C₄₀ ja PAH-yhdisteet. Pitoisuuksien yksikkö µg/l. PAH-yht = PAH-yhdisteet yhteensä; mr=määritysraja.

Havaintopaikka	Pvm	C10-C21	C21-C40	PAH yht.	Tunnistetut PAH-yhdisteet
MJOKI-OjaP1	9.11.2020	< 25	110	< 0,1	kaikki PAH-yhdisteet < mr
MJOKI-OjaP2	19.11.2019	42	123	< 0,1	Naftaleeni 0,021 Asenaftyleeni 0,023 Bentso(a)pyreeni 0,004 Bentso (ghi)peryleeni 0,002
MJOKI-OjaP2	1.7.2020	< 25	48	< 0,1	kaikki PAH-yhdisteet < mr
MJOKI-OjaP2	9.11.2020	41	99	< 0,1	kaikki PAH-yhdisteet < mr
MT-OjaP1	22.4.2020	38	< 25	< 0,1	kaikki PAH-yhdisteet < mr
MT-OjaP6	19.11.2019	< 25	< 25	0,2	Asenaftyleeni 0,013 Fluoranteeni 0,030 Pyreeni 0,027 Bentso(a)antraseeni 0,019 Kryseeni 0,011 Bentso(b)fluoranteeni 0,017 Bentso(k)fluoranteeni 0,019 Bentso(e)pyreeni 0,012 Indeno(1,2,3-cd)pyreeni 0,016
MT-OjaP6	9.11.2020	< 25	110	< 0,1	kaikki PAH-yhdisteet < mr
MT-OjaP7	22.4.2020	37	< 25	< 0,1	kaikki PAH-yhdisteet < mr
MT-OjaP7	1.7.2020	32	71	< 0,1	kaikki PAH-yhdisteet < mr
VS-OjaP1	1.7.2020	42	92	< 0,1	Pyreeni 0,011 Bentso(b)fluoranteeni 0,012 Bentso(k)fluoranteeni 0,0079 Bentso(a)pyreeni 0,003
VS-OjaP1	9.11.2020	37	78	< 0,1	kaikki PAH-yhdisteet < mr
VS-OjaP2	19.11.2019	< 25	< 25	< 0,1	Asenaftteeni 0,01
VS-OjaP2	23.4.2020	66	64	< 0,1	kaikki PAH-yhdisteet < mr
VS-OjaP3	19.11.2019	41	81	< 0,1	Asenaftyleeni 0,01 Asenaftteeni 0,01 2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni 0,01 Fluoreeni 0,01 Pyreeni 0,027 Bentso(a)antraseeni 0,01 Kryseeni 0,01 Bentso(b)fluoranteeni 0,0078 Bentso(k)fluoranteeni 0,0079 Bentso(e)pyreeni 0,01 Bentso(a)pyreeni 0,012

					Peryleeni 0,01 Dibentso(a,h)antraseeni 0,01 Bentso(ghi)peryleeni 0,007
VS-OjaP3	1.7.2020	77	540	1,7	2,6-Dimetyyliinaftaleeni 0,021 Asenaftyleeni 0,01 Asenaftteeni 0,01 2,3,5-Trimetyyliinaftaleeni 0,017 Fluoreeni 0,01 Fenantreeni 0,086 Antraseeni 0,042 1-Metyylifenantreeni 0,043 Fluoranteeni 0,27 Pyreeni 0,36 Bentso(a)antraseeni 0,18 Kryseeni 0,01 Bentso(b)fluoranteeni 0,18 Bentso(k)fluoranteeni 0,14 Bentso(e)pyreeni 0,085 Peryleeni 0,14 Indeno(1,2,3-cd)pyreeni 0,056 Dibentso(a,h)antraseeni 0,022 Bentso(ghi)peryleeni 0,071
VS-Tjoki1	19.11.2019	< 25	< 25	< 0,1	Asenaftteeni 0,014 Bentso(a)pyreeni 0,003
VS-Tjoki1	23.4.2020	< 25	34	< 0,1	kaikki PAH-yhdisteet < mr
VS-Tjoki1	1.7.2020	< 25	52	< 0,1	kaikki PAH-yhdisteet < mr
VS-Tjoki2	19.11.2019	< 25	< 25	< 0,1	Asenaftteeni 0,012 Bentso(a)pyreeni 0,002
VS-Tjoki2	1.7.2020	< 25	45	< 0,1	Pyreeni 0,014

Klusterianalyysi pintavesinäytteiden analyysituloksille

Pintavesinäytteiden analyysituloksille tehtiin hierarkkinen klusterianalyysi (Wardin menetelmä, Euclidean etäisyys), joka erotteli näytteet laadultaan samantyyppisiin ryhmiin (kuvat 45a ja 45b). Analyysillä saatiin arvioitua, poikkeako veden laatu läjitysalueen vaikutusalueella muista alueen virtavesien laadusta sekä jakautuivatko näytteet ryhmiin havaintopaikan vai näytteenottoajankohdan perusteella. Klusterianalyysi tehtiin erikseen ns. kriittisillä perusparametreillä (sulfaatti, kloridi, väriluku, sameus, sähkönjohtavuus, COD_{Mn}, DOC, typpiyhdisteet, liukoiset fosforiyhdisteet) ja alkuaineiden liukoisilla pitoisuuksilla (suodatetut näytteet). Koska fosforiyhdisteet määritettiin vain vuoden 2020 näytteenottokierroksilla, aineisto on ensimmäisen analyysin osalta suppeampi.

Kriittisillä perusparametreillä tehdyssä klusterianalyysissä (kuva 45a) erottuu kaikista muista näytteistä Vantaan Solbackan ojan VS-OjaP3 heinäkuun 2020 näyte, jonka laatu oli poikkeuksellinen rankkasateen aikaansaaman huuhtouman seurauksena. Useiden alkuaineiden pitoisuudet olivat tässä näytteessä merkittävästi korkeammat kuin muissa näytteissä.

Eri seurantakohteiden havaintopaikat jakautuivat pääasiassa omiksi ryhmikseen, mutta jonkin verran oli nähtävissä myös näytteenottoajankohdan vaikutus. Esimerkiksi Mustajoen oja MJOKI-OjaP1 muodosti muina näytteenottoajankohtina oman ryhmän, mutta heinäkuun 2020 näyte sijoittui samaan ryhmään ojan MJOKI-OjaP2 näytteiden kanssa, joissa näkyi selvemmin läjitys-toiminnan vaikutus. Tuusulanjoen havaintopaikkojen (VS-Tjoki1 ja VS-Tjoki2) näytteet olivat ryhmittyneet lähelle toisiaan, ja useilla näytekierroksilla oja VS-OjaP2 sijoittui myös lähelle jokinäytepisteitä.

Ojanäytteet VS-OjaP1 ja VS-OjaP3 poikkesivat selvästi Tuusulanjoen havaintopaikkojen näytteiden laadusta. Metsä-Tuomelan ojat MT-OjaP1, MT-OjaP6 ja MT-OjaP7 sijoittuivat kaikki eri ryhmiin, ilmentäen niiden laadun erilaisuutta. Oja MT-OjaP7 edusti seurannan alussa taustapitoisuttä, mutta seurannan aikana otettiin maankaatopaikan laajennusalue käyttöön, mikä on voinut seurannan jälkipuoliskolla vaikuttaa ojaveden laatuun. Ojanäytepisteessä MT-OjaP1 virtaama oli ajoittain niin pieni, että siitä ei saatu edustavaa näytettä, joten sen osalta aineisto on muita suppeampi.

Myös alkuaineiden liukoisilla pitoisuuksilla tehdyssä klusterianalyysissä (kuva 45b) Vantaan Solbackan oja VS-OjaP3 erottuu muista laadultaan poikkeavaksi omaksi ryhmäkseen. Samaan ryhmään sijoittuu Metsä-Tuomelan oja MT-OjaP1. Näissä ojissa näkyi selvimmin, että läjitysmas-soista liukenee alkuaineita aiheuttaen pitoisuuksia, jotka ovat korkeampia kuin taustapitoisuu-det. Mustajoen ojat MJOKI-OjaP1 ja MJOKI-OjaP2 ryhmittäyivät etäälle toisistaan, kuvastaen sitä, että ojaa MJOKI-OjaP1 pitkin virtaavat vedet alueen lammesta, ja ojassa MJOKI-OjaP2 on selvemmin havaittavissa toiminnan vaikutus. Molemmat Tuusulanjoen havaintopaikat sijoittuivat alkuaineiden osalta lähelle ojaa VS-OjaP3.

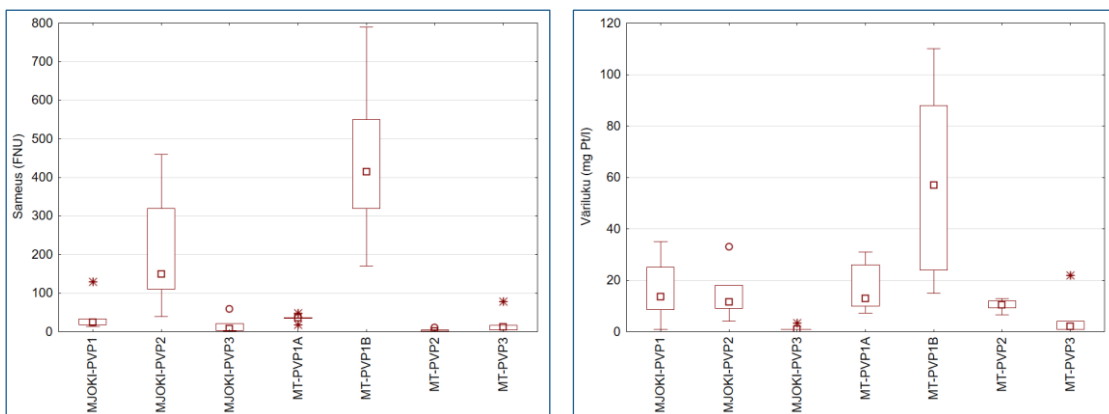
Laimenemisen vuoksi ojavesien laadun vaihtelut eivät näkyneet Tuusulanjoen veden laadussa alavirran havaintopaikalla, vaikka ojia pitkin laske ajoittain jokeen vesiä, joissa alkuainepitoisuu-det olivat merkittävästi koholla. Ojissa VS-OjaP1 ja VS-OjaP2 alkuaineiden liukoisissa pitoisuuksissa oli vaihtelua eri näytteenottoajankohtina, minkä vuoksi ne sijoittuivat hajanaisesti eri ryhmiin.

6.1.2 Pohjavesinäytteiden analyysitulokset

Pohjaveden laatua tarkkailtiin pohjaveden havaintoputkista, jotka asennettiin hankkeen yhteydessä syksyllä 2019 Metsä-Tuomelan maankaatopaikan alueelle ja Mustajoen Multajalosteen mullanvalmistusalueelle. Kumpaankin kohteeseen asennettiin taustapitoisuuden tarkkailemiseksi myös havaintoputki, jonka pohjaveden laatuun läjitettävät ja varastoitavat maa-ainekset eivät oletettavasti vaikuta. Metsä-Tuomelassa taustapitoisuutta edustaa kalliopohjaveden havaintoputki MT-PVP3, joka sijaitsee maankaatopaikan lounaispuoleisen metsäpuron varressa ja maankaatopaikan laajennusalueen eteläpuolella (kuva 4). Laajennusalueen mahdollista vaikutusta voidaan arvioida, koska pohjavesinäytteenottokierroksia tehtiin kolme ennen laajennusalueen käyttöönottoa maaliskuussa 2020. Mustajoen Multajalosteen alueella taustapitoisuutta edustaa havaintoputki MJOKI-PVP3. Tämä putki sijaitsee kiinteistön kaakkoisreunalla, jonne virtaa pohjavesiä varastointikentän ulkopuolelta (kuva 7).

Sameus ja väri

Pohjavesinäytteen edustavuus on sitä parempi, mitä kirkkaampi näyte saadaan. Mikäli maakerroksissa on hienorakeisia aineksia, ei havaintoputkesta saada kirkkaita näytteitä, esipumppauksesta ja pumppaustehon säätämisestä huolimatta. Poikkeuksellisen korkeita sameusarvoja todettiin Metsä-Tuomelan havaintoputkessa MT-PVP1B ja Mustajoen Multajalosteen havaintoputkessa MJOKI-PVP2 (kuva 46). Havaintoputki MT-PVP1B on asennettu maankaatopaikalle läjitettyihin savipitoisiin täyttökerroksiin, joiden alla on moreenia. Havaintoputki MJOKI-PVP2 puolestaan sijaitsee varastointikentällä, jonne on levitetty vuonna 2015 rakennekerrokseksi betonimursketta. Maakerrosten koostumus selittää poikkeukselliset sameusarvot.



Kuva 46. Pohjavesinäytteiden sameus ja väriluku.

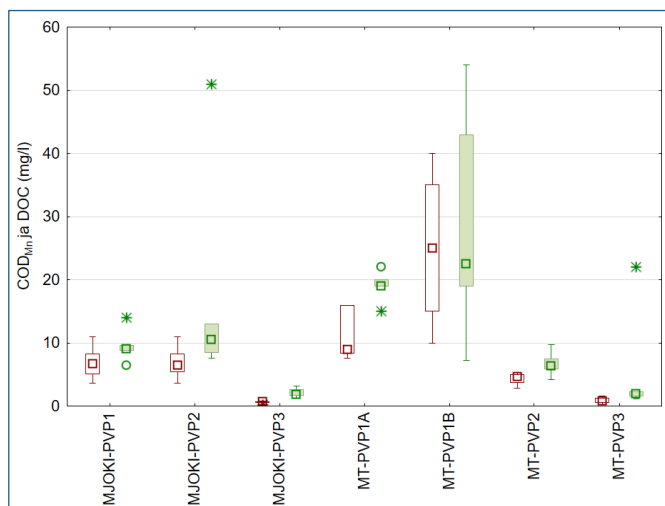
Kaikissa läjitys- ja varastointialueiden vaikutusalueella sijaitsevissa havaintoputkissa havaittiin taustapitoisuutta korkeampia väriluvun arvoja (kuva 46). Suurimpia värilukuja havaittiin pääasiassa syys- ja marraskuussa. Tätä selittävät syyskauden sateiden huuhtova vaikutus. Pohjaveden värilukua voivat nostaa sekä hienoainespartikkelit että aineksesta liukenevat humusyhdisteet. Humushappoja liukenee erityisesti mullanvalmistusalueella varastoitavista aineksista. Mustajoen Multajalosteen tarkkailuputkissa pohjaveden pinnankorkeuden putkikohtainen vaihtelu oli

0,7 – 0,9 m, ja Metsä-Tuomelan tarkkailuputkissa vaihtelu oli 0,4 – 2,2 m. Ylimmillään pohjaveden pinnat olivat huhtikuussa ja marraskuussa.

COD_{Mn} ja DOC

Kemiallisen hapenkulutuksen (COD_{Mn}) tausta-arvo seurantakohteiden pohjavedessä oli < 2 mg/l, ja liuenneen orgaanisen hiilen (DOC) pitoisuuden tausta-arvo oli < 3,2 mg/l. Molempien pohjaveden laadun seurantakohteiden tarkkailuputkissa todettiin tausta-arvoja korkeampia määriä orgaanista ainesta. COD_{Mn}-arvot ylittivät myös STM:n talousvesiasetuksen 1352/2015 laatutavoitteen (alle 5,0 mg/l). Merkittävästi kohonnut pitoisuus todettiin Metsä-Tuomelan havaintoputkessa MT-PVP1B, jossa pitoisuuksien vaihtelu oli suurta (kuva 47). Putkessa MT-PVP1A havaitut pitoisuudet osoittavat, että maankaatopaikan saviaineksista huuhtoutunutta liennuttua orgaanista ainesta on kulkeutunut myös kalliopohjavedeen. Kalliopohjaveden virtaussuunnassa alapuolella, samassa kallioperän ruhjeessa sijaitsevassa havaintoputkessa MT-PVP2 pitoisuudet olivat kuitenkin selvästi pienempiä, joko laimenemisen tai orgaanisen aineksen tehokkaan hajoamisen seurauksena.

Mustajoen Multajalosteen alueella orgaanisen aineksen määrä pohjavedessä oli samalla tasolla mullanvalmistuskentällä (MJOKI-PVP1) ja varastointikentällä (putki MJOKI-PVP2), ollen molemmissa lievästi taustapitoisuutta korkeampi (kuva 47). Poikkeuksena todettiin putkessa MJOKI-PVP2 marraskuussa 2020 merkittävästi korkeampi DOC-pitoisuus 51 mg/l. Pohjavedenpinta oli tällöin ylimmillään, putkessa MJOKI-PVP2 pinta oli 3 m maan pinnan alapuolella ja putkessa MJOKI-PVP1 vain 1,2 m maan pinnan alapuolella.

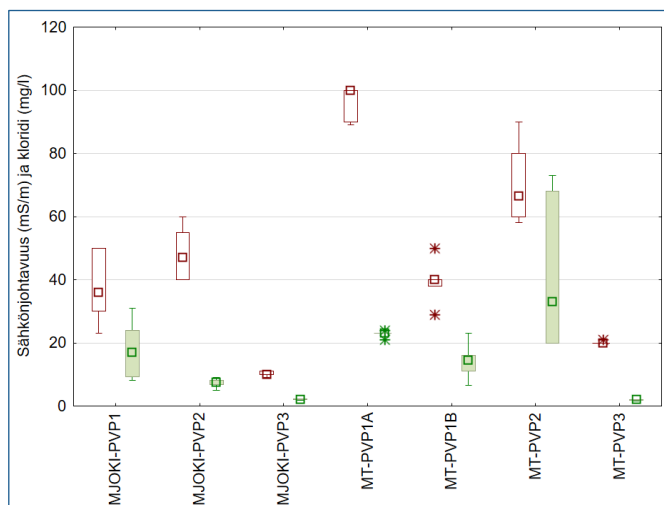


Kuva 47. Pohjavesinäytteiden kemiallinen hapen kulutus (COD_{Mn}) ja liuenneen orgaanisen hiilen määrä (DOC). Punaisella on merkitty COD_{Mn} ja vihreällä DOC.

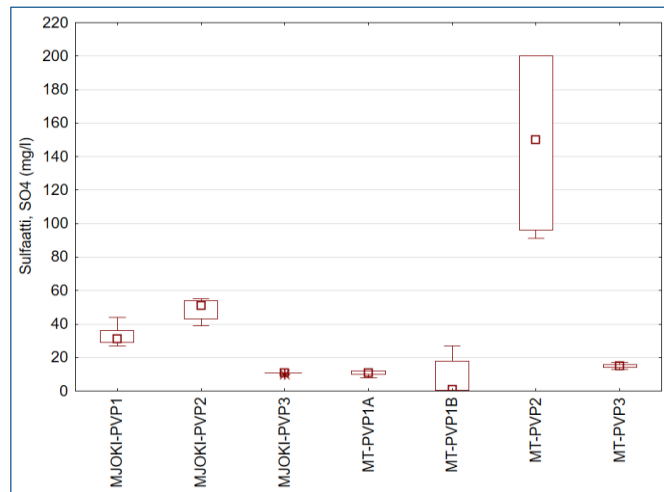
Sähkönjohtavuus ja kloridi

Molemmissa pohjaveden laadun seuranta-kohteissa toiminnan vaikutusalueella pohjavedessä esiintyi tausta-arvoa korkeampia sähkönjohtavuuden arvoja: Mustajoen mullanvalmistusalueella irtomaakerroksiin varastoituneessa pohjavedessä sähkönjohtavuus oli noin nelinkertainen verrattuna tausta-arvoon, Metsä-Tuomelan maankaatopaikan kalliopohjavedessä 3-5 -kertainen verrattuna tausta-arvoon (kuva 48). Havaitut kohonneet arvot eivät aiheuttaisi terveydellistä haittaa, mikäli pohjavettä käytettäisiin talousvetenä, mutta kohonnut sähkönjohtavuus lisää korroosiovaikutusta. STM:n talousvesiasetuksen 1352/2015 mukaan vesijohtomateriaalien syöpmisen ehkäisemiseksi tulisi kloridipitoisuuden olla alle 25 mg/l, sulfaattipitoisuuden alle 150 mg/l ja sähkönjohtavuuden alle 25 mS/m. Tämä sähkönjohtavuuden viitearvo ylittyi kaikissa toiminnan vaikutusalueen havaintoputkissa.

Kloridipitoisuudet olivat taustapitoisuutta suurempia Mustajoen mullanvalmistuskentän havaintoputkessa MJOKI-PVP1 ja Metsä-Tuomelan putkissa MT-PVP1B ja MT-PVP2 (kuva 48). Kuten pintavesinäytteissä, kloridipitoisuudet pohjavesinäytteissä eivät noudatelleet sähkönjohtavuuden vaihteluja. Sähkönjohtavuutta nostavat siis muut läjitettävistä aineksista liukenevat ionit. STM:n talousvesiasetuksen 1352/2015 kloridipitoisuuden tavoite (alle 250 mg/l) täyttyi kaikissa havaintoputkissa, mutta korroosiovaikutusten kannalta haitallisia pitoisuuksia esiintyi havaintoputkessa MT-PVP2. Kloridipitoisuus ylitti myös valtioneuvoston asetuksen 341/2009 ympäristölaatuunormin kloridille (25 mg/l).



Kuva 48. Pohjavesinäytteiden sähkönjohtavuus ja kloridipitoisuus. Sähkönjohtavuus on merkitty punaisella, kloridi vihreällä.



Kuva 49. Pohjavesinäytteiden sulfaattipitoisuus.

Sulfaatti

Sulfaattipitoisuus oli taustapitoisuutta suurempi havaintoputkissa Mustajoen mullanvalmistusalueen havaintoputkissa MJOKI-PVP1 ja MJOKI-PVP2 sekä Metsä-Tuomelan havaintoputkessa MT-PVP2 (kuva 49). Sulfaattipitoisuus oli putkessa MT-PVP2 suurimmillaan marraskuun näytteenottokierroksilla.

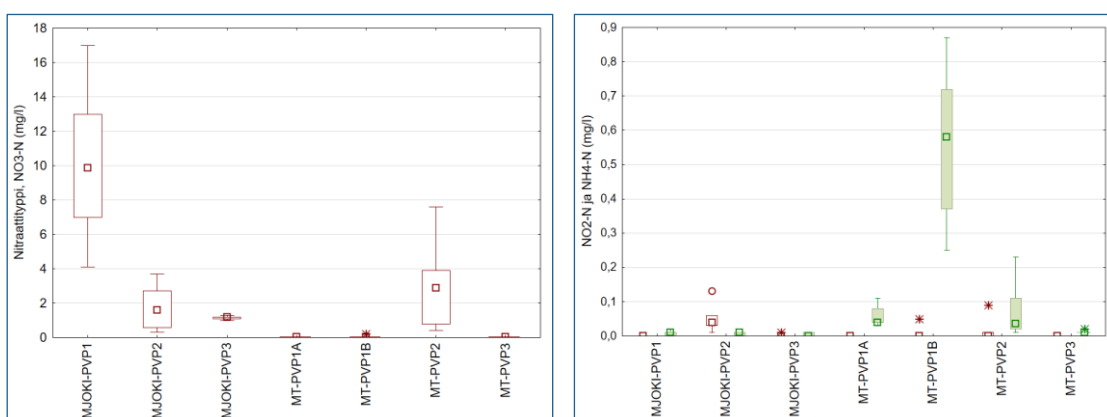
Mustajoen mullanvalmistusalueella sulfaattipitoisuus oli suurimmillaan varastointikentällä, jossa on käytetty rakennekerroksessa betonimurskettä. Betonin yhtenä pääraaka-aineena käytettävä sementti sisältää kalkkikiveä (CaCO_3) ja kipsiä (CaSO_4), josta vapautuu pohjaveteen sulfaattia. Kalkkikiven liuetaessa veteen muodostuu bikarbonaattia. Myös Mustajoen mullanvalmistusalueen aineksista otetuissa kokoomanäytteissä sulfaatti- ja rikkipitoisuudet olivat merkittävästi suurempia kuin Metsä-Tuomelan kokoomanäytteissä (taulukot 1 ja 2). Metsä-Tuomelan maankaatopaikalle läjitettävät saviainekset tuodaan Nurmijärven kunnan alueella sijaitsevilta työmailta.

Happamia sulfaattimaita voi Litorina-ajan mukaan esiintyä vain Nurmijärven kunnan eteläosassa, ja sielläkin niiden esiintymisen todennäköisyys on pieni (Geologian tutkimuskeskuksen Happamat sulfaattimaat -karttapalvelu). Saviaines sisältää kuitenkin luontaisesti sulfidimineraaleja, joista vapautuu rikkiä eri muodoissa, joten sulfaattia voi vapautua maankaatopaikan savi-kerroksista.

Todennäköinen syy sille, miksi Metsä-Tuomelan havaintoputkissa MT-PVP1A ja MT-PVP1B sulfaattipitoisuudet olivat pieniä, on se, että niissä vallitsevat hapettomat (kuva 49) ja pelkistävät olosuhteet, minkä seurauksena anoksiseen bakteeritoimintaan liittyvä sulfaatin pelkistys on kulluttanut suurimman osan sulfaatista.

Typpiyhdisteet

Nitraattitypen pitoisuus oli taustapitoisuutta suurempi Mustajoen mullanvalmistuskentällä ja varastointialueella (putket MJOKI-PVP1 ja MJOKI-PVP2) sekä Metsä-Tuomelan maankaatopaikan kalliopohjavesiputkessa MT-PVP2 (kuva 50). STM:n talousvesiasetuksen 1352/2015 kemiallisten laatuvaatimusten sallima enimmäispitoisuus nitraattitypelle on 11,3 mg/l. Tämä raja-arvo ylittyi vain putkessa MJOKI-PVP1. Vesienhoidon kemiallisen tilan luokittelussa pohjavesialue määritellään riskipohjavesialueeksi, mikäli pohjaveden nitraattipitoisuus ylittää 15 mg/l (nitraattityppinä 3,4 mg/l). Maa-aineksista vapautuvan orgaanisen aineksen hapettomien olosuhteiden biohajoamisen seurauksena nitraatti pelkistyy ammoniumtypeksi, mikä on havaittavissa Metsä-Tuomelan havaintoputkissa MT-PVP1A, MT-PVP1B ja MT-PVP2 (kuva 50). Ammoniumtypen raja-arvo talousvedessä (0,41 mg/l) ja ympäristölaatumormi 0,20 mg/l ylittyi merkittävästi kuitenkin vain Metsä-Tuomelan havaintoputkessa MT-PVP1B.

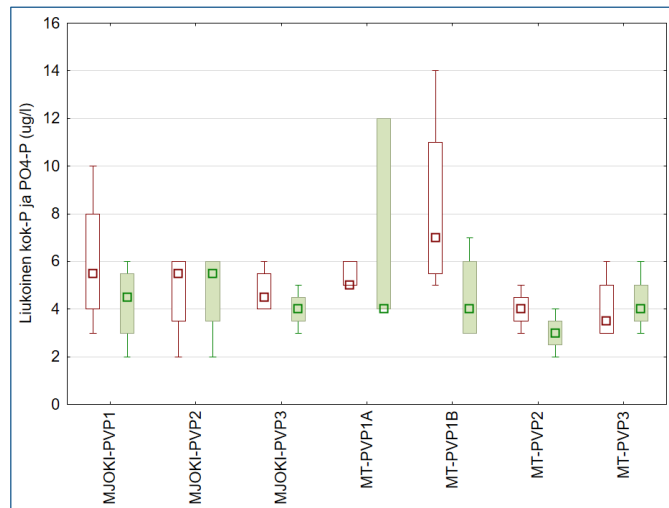


Kuva 50. Typpiyhdisteiden pitoisuudet pohjavesinäytteissä. Nitraatti- ja nitriittityppi (NO₃-N, NO₂-N) on merkitty punaisella, ammoniumtyppi (NH₄-N) vihreällä.

Fosforiyhdisteet

Fosforiyhdisteiden pitoisuudet olivat pieniä, eikä merkittäviä poikkeamia taustapitoisuuksista havaittu, lukuun ottamatta Metsä-Tuomelan havaintoputkea MT-PVP1B, jossa liukoinen kokonaisfosfori oli hieman koholla ja vaihtelu oli muita havaintopaikkoja suurempaa (kuva 51). Liukoksen fosfaattifosforin osuus liukoisesta fosforista vaihteli 50 %:sta 100 %:iin. Havaintoputkissa MJOKI-PVP2 ja MT-PVP1B, joissa pohjavesinäytteet olivat poikkeuksellisen sameita (kuva 46), pääosa fosforista esiintyi partikkeleihin kiinnittyneenä: havaintoputkessa MJOKI-PVP2 kokonaisfosforipitoisuus oli 220-770 µg/l, ja havaintoputkessa MT-PVP1B 170-310 µg/l. Näissä putkissa liukoksen fosforin osuus kokonaisfosforista oli keskimäärin vain 2–4 %, kun se muissa havaintoputkissa oli 22–57 %.

Maaperän fosforista esiintyy tyypillisesti vain vähäinen osuus liuenneina ioneina maavedessä. Pääosin se esiintyy pidättyneenä maahiukkasten pinnoille, saostuneena ja orgaaniseen ainekseen sitoutuneena (Servomaa ym. 2001).



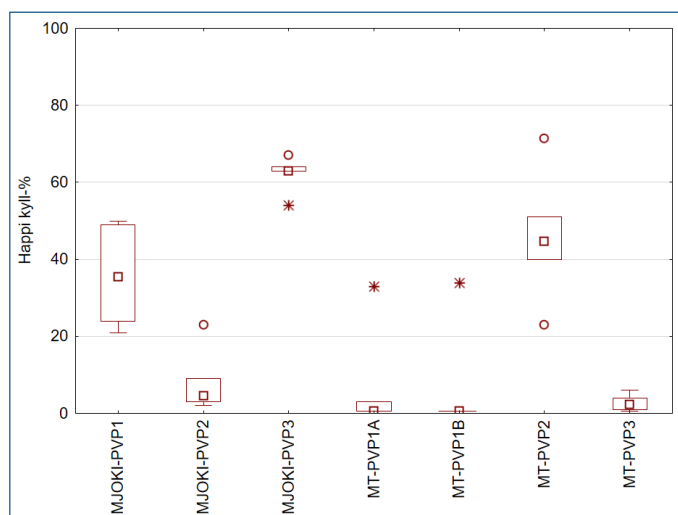
Kuva 51. Liukoisen kokonaisfosforin ja fosfaattifosforin pitoisuudet pohjavesinäytteissä. Liukoinen kokonaisfosfori on merkitty punaisella ja liukoinen fosfaattifosfori vihreällä.

Happi, alkaliteetti ja pH

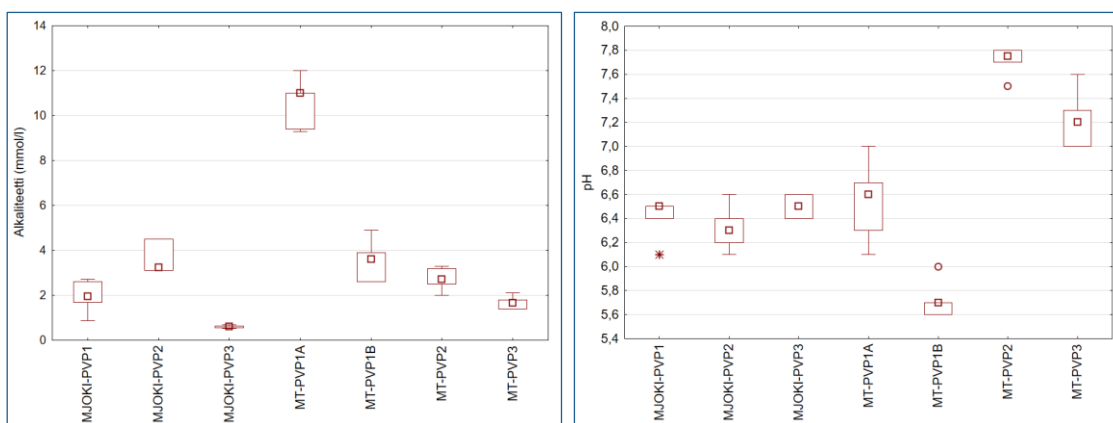
Mustajoen Multajalosteen mullanvalmistusalueella pohjaveden happitilanne oli hyvä taustaputkessa MJOKI-PVP3. Muissa havaintoputkissa näkyi orgaanisen aineksen kuormitus ja hapen kulutus orgaanisen aineksen biohajoamisen seurauksena. Metsä-Tuomelassa pohjavesi oli lähes hapetonta, lukuun ottamatta havaintoputkea MT-PVP2 (kuva 52). Tämä havainto tuki päätelmää sulfaatti- ja nitraattityyppipitoisuuksien havaintopaikkakohtaisista vaihteluista (kuvat 49 ja 50). Niissä havaintoputkissa, joissa happi on pohjavedestä kulunut loppuun, orgaanisen aineksen biohajoamista tapahtuu nitraattia ja sulfaattia pelkistävien bakteereiden aktiivisuuden seurauksena.

Alkaliteettiarvot olivat suuria kaikissa havaintoputkissa, lukuun ottamatta Mustajoen mullanvalmistusalueen taustaputkea MJOKI-PVP3. Poikkeuksellisen korkealla tasolla alkaliteetti oli Metsä-Tuomelan havaintoputkessa MT-PVP1A (kuva 53).

Kalkkikiven liueteessa veteen muodostuu bikarbonaattia, ja myös orgaanisen aineksen biohajoaminen tuottaa hiilidioksidia. Liuenneen hiilidioksidin vallitsevat esiintymismuodot (hiilihappo H_2CO_3 – bikarbonaatti HCO_3^- - karbonaatti CO_3^{2-}) vaihtelevat erilaisissa pH- ja hapetus-pelkistysolosuhteissa. Kun veden pH on yli 6,4, hiilidioksidi esiintyy bikarbonaattina (Hitchon ym. 1999). Bikarbonaatin osuuden nousu näkyy alkaliteetin nousuna. Havaintoputkessa MT-PVP1A bikarbonaattipitoisuutta (eli alkaliteettia) nostavat sekä mineraaliaineksen liukeneminen (vrt. sähkönjohtavuus kuva 48) että orgaanisen aineksen biohajoamiseen liittyvä hiilidioksidin tuotto.



Kuva 52. Pohjavesinäytteiden happipitoisuudet kyllästysasteena.

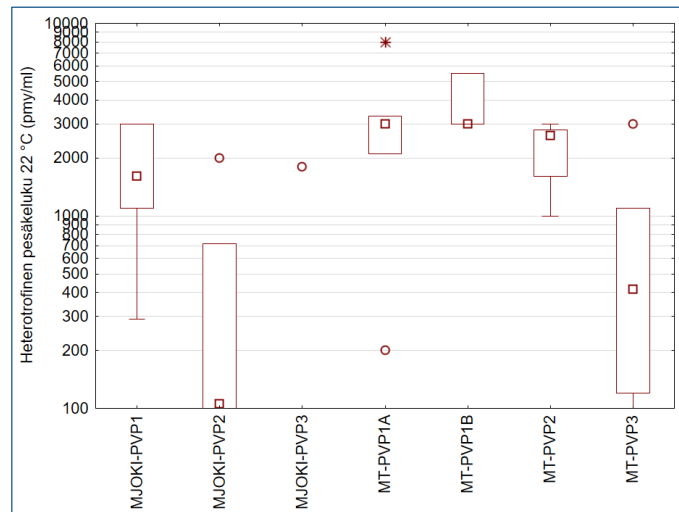


Kuva 53. Pohjavesinäytteiden alkalisuus ja pH.

Metsä-Tuomelan havaintoputkissa pH-arvo vaihteli merkittävästi havaintoputkittain (kuva 53). STM:n talousvesiasetuksessa 1352/2015 pH-arvon tavoitetaso on 6,5 – 9,5. Tämä tavoite alittui havaintoputkessa MT-PVP1B. Havaintoputken pohjavedessä oli korkea väriluku (kuva 46), joten humushapot ovat todennäköinen pH-arvoa alentava tekijä. Muissakin havaintoputkissa esiintyi pH-arvoja < 6,5, mutta alitukset olivat vähäisempiä. Myös luonnontilaisten pohjavesien pH on Suomessa yleensä lievästi hapan eli pH 6 – 7 (Valvira 6.10.2020).

Bakteerit

Heterotrofisten mikro-organismien määrä Mustajoen mullanvalmistusalueen taustaputkessa MJOKI-PVP3 oli 5 – 1800 pmy/ml ja Metsä-Tuomelassa taustaputkessa MT-PVP3 65 – 3000 pmy/ml. Heterotrofeja esiintyi taustaputkissa eniten syyskuussa ja heinäkuussa. Mustajoen havaintoputkessa MJOKI-PVP1 ja Metsä-Tuomelan maankaatopaikan kaikissa havaintoputkissa heterotrofeja esiintyi selvästi enemmän kuin taustaputkissa (kuva 54).



Kuva 54. Heterotrofisten mikro-organismien määrä pohjavesinäytteissä (logaritminen asteikko).

Koliformisia bakteereita esiintyi säännöllisesti havaintoputkissa MJOKI-PVP1 ja MT-PVP1B. Niiden määrä vaihteli suuresti. Mustajoen putkessa MJOKI-PVP1 koliformien määrä vaihteli välillä 37 – 24000 mpn/100 ml, ja maksimimäärä todettiin heinäkuussa 2020. Tuolloin pohjavedestä löytyi myös *E.coli*-bakteereita 190 mpn/100 ml.

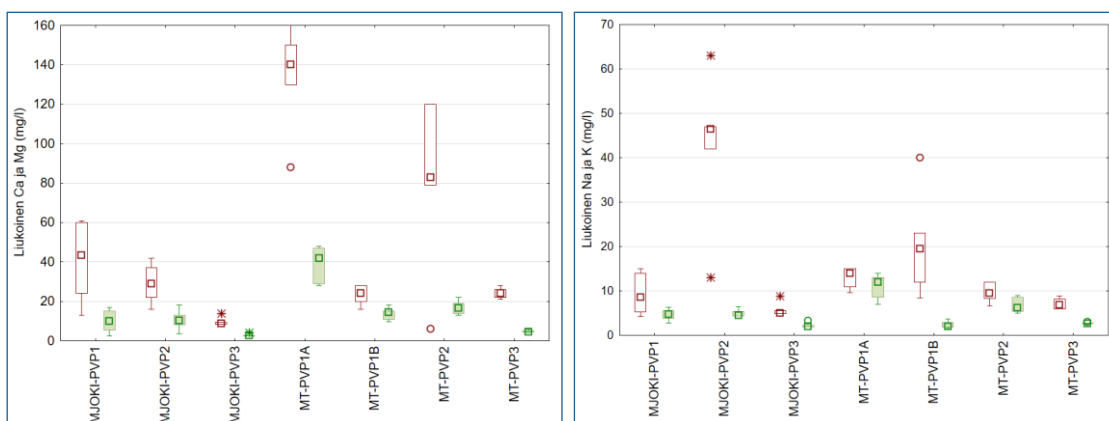
E. coli-bakteeri kuuluu lämpökestoisten koliformisten bakteerien ryhmään, se ilmentää tuoretta suolistoperäistä saastumista ja on peräisin lähes yksinomaan ihmisten tai taluslämpöisten eläinten ulosteesta. STM:n talusvesiasetuksen 1352/2015 laatuvaatimuksen mukaan talusvedessä ei saa esiintyä yhtään *E. coli* -bakteereita. Muut koliformiset bakteerit saattavat olla peräisin muualtakin kuin ihmisten ja taluslämpöisten eläinten ulosteista kuten esimerkiksi kasveista, maasta tai teollisuusjätevesistä, ja niidenkin osalta talusveden laatuvaatimus on 0 pmy/100 ml (Valvira 6.10.2020). Metsä-Tuomelan havaintoputkessa MT-PVP1B koliformien määrä vaihteli 10–44000 mpn/100 ml, maksimimäärä todettiin syyskuussa 2020. Tässä havaintoputkessa myös *E.coli*-bakteereita esiintyi lähes jokaisella näytteenotokerralla, niiden määrän ollessa 25–2000 mpn/100 ml. Maankaatopaikalle läjitetyissä maa-aineksissa voi olla jäämiä mm. jätevesivuo-doista.

Muissa havaintoputkissa koliformisia bakteereita esiintyi vain ajoittain, lähinnä syys- ja marras-kuussa, määrien vaihdellen 2 – 150 mpn/100 ml. *E.coli*-bakteereita ei esiintynyt, poikkeuksena Mustajoen putkessa MJOKI-PVP2 syyskuussa 2020 tehty havainto, jolloin koliformisten bakteeriden kokonaismäärä oli 10 mpn/100 ml ja *E.colien* 2 mpn/100 ml.

Pääkationit

Liunneen kalsiumin pitoisuus oli selvästi taustapitoisuutta suurempi molempien seurantakohteiden pohjavesissä. Merkittävämmän kalsiumpitoisuus oli koholla Metsä-Tuomelan maankaatopaikan vaikutusalueen kalliopohjavesiputkissa. Liunneen magnesiumin pitoisuudessa ei havaittu vastaavan suuruista poikkeamia (kuva 55), joten mullanvalmistuksessa käytettävän Nordkalkin dolomiitti-kalkkituotteen vaikutusta pohjaveden laatuun ei ollut selvästi havaittavissa.

Liuenneen natriumin pitoisuudessa poikkeuksellisen korkeita pitoisuuksia esiintyi Mustajoen havaintoputkessa MJOKI-PVP2 ja Metsä-Tuomelan havaintoputkessa MT-PVP1B (kuva 55). Natriumia on runsaasti kiviaineksen päämineraaleissa, ja kemiallisen rapautumisen seurauksena se esiintyy pelkästään liuenneena eikä muodosta saostumia. Edellä mainituissa havaintoputkissa oli runsaasti hienoainesta, josta vapautui natriumia liukoiseen muotoon.



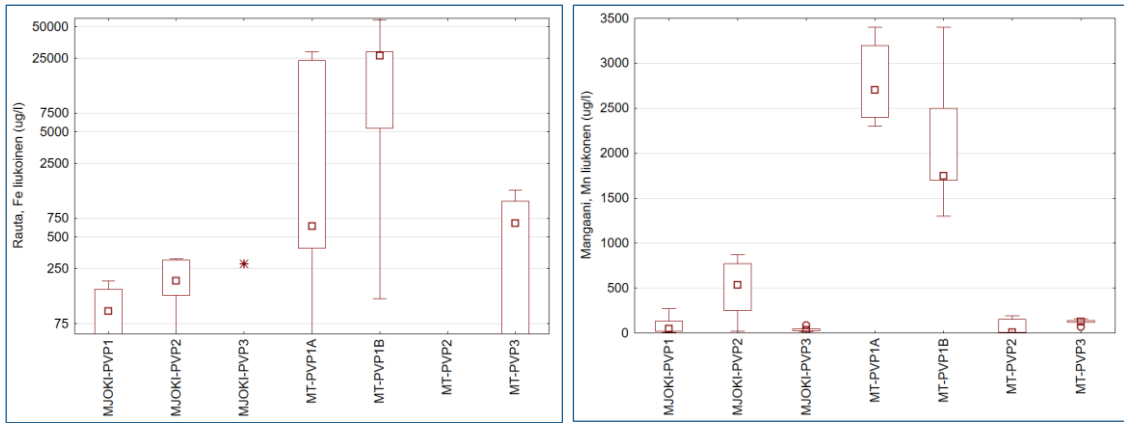
Kuva 55. Pääkationien liukoiset pitoisuudet (määritetty 0,45 µm huokoskoon suodattimella suodatetuista näytteistä). Punaisella on merkitty kalsium- ja natriumpitoisuudet, vihreällä magnesium- ja kaliumpitoisuudet.

Rauta ja mangaani

Liuenneen raudan ja mangaanin pitoisuudet olivat riippuvaisia pohjaveden happitilanteesta (kuva 52). Niissä havaintoputkissa (MJOKI-PVP1, MJOKI-PVP3 ja MT-PVP2), joissa pohjavedessä oli liennuttua happea, liuenneen raudan pitoisuudet olivat alle 300 µg/l. Hapettomissa olosuhteissa (MT-PVP1A, MT-PVP1B, MT-PVP3) liennuttua rautaa esiintyi erittäin suurina pitoisuuksina, joskin pitoisuudet vaihtelivat suuresti eri näytteenottoajankohtina (kuva 56). STM:n talousvesiasetuksessa 1352/2015 teknisten ja esteettisten haittojen perusteella rautapitoisuudelle on asetettu tavoitetasoksi alle 200 µg/l.

Maankaatopaikka on täytetty vettä huonosti läpäisevillä maa-aineksilla (savi ja hienoainesmoreeni), joiden vedenjohtavuus on vähäinen. Peitteisyyden vuoksi pohjavesikerroksessa, erityisesti kalliopohjavedessä, hapettavat olosuhteet muuttuvat pelkistäviksi. Pelkistävässä olosuhteissa raudan ja mangaanin esiintyminen liuenneessa muodossa lisääntyy. Liukoisen raudan pitoisuuden nousua pohjavedessä on havaittu myös aikaisemmin läjitysalueiden velvoitetarkkailuissa (Clergeaud 2020a ja 2020b).

Kohonneita liuenneen raudan pitoisuuksia todettiin myös Metsä-Tuomelan maankaatopaikan taustaputkessa heinäkuusta marraskuuhun 2020, jolloin pitoisuudet olivat 540 – 1100 µg/l. Maankaatopaikan laajennusalueen käyttöön otolla maaliskuusta 2020 alkaen voi osaltaan olla vaikutus rautapitoisuuteen, tosin muissa laatumuuttujissa vastaavaa muutosta ei ollut havaittavissa.



Kuva 56. Pohjavesinäytteiden liuennan raudan ja mangaanin pitoisuudet. Huomaa raudan osalta logaritminen asteikko.

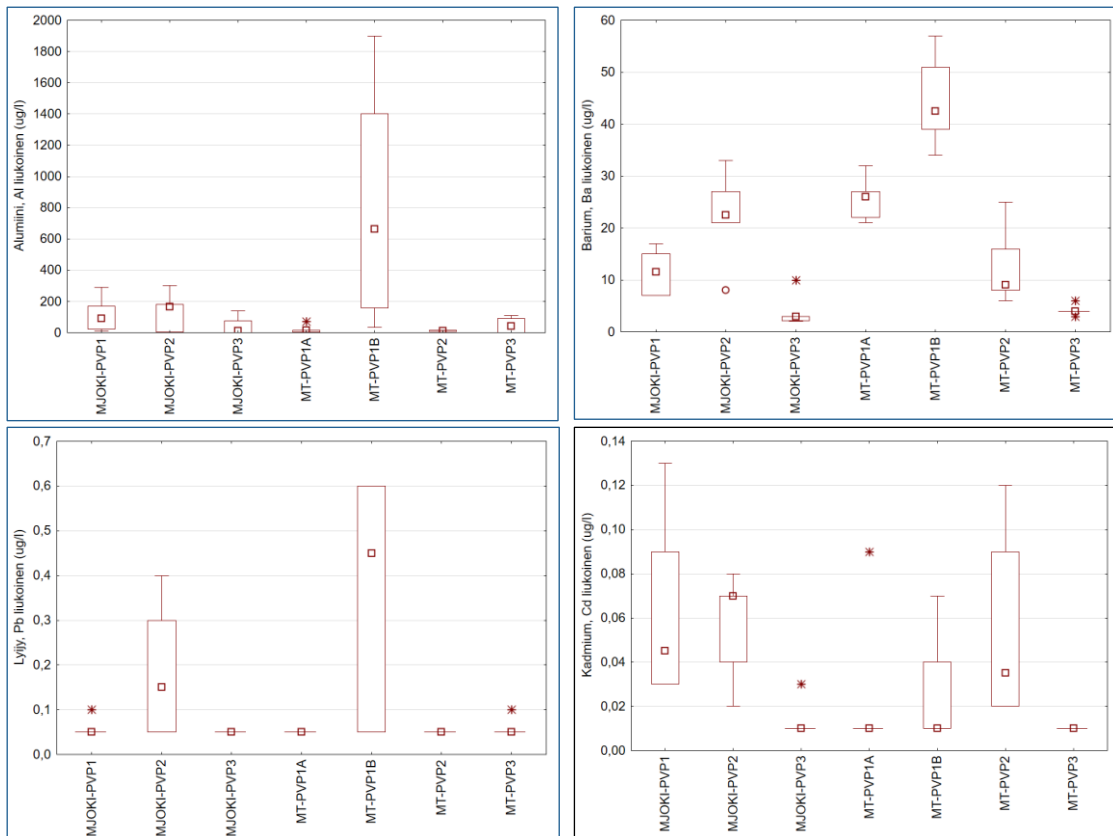
Liuennan mangaanin pitoisuus oli merkittävästi koholla Metsä-Tuomelan havaintoputkissa MT-PVP1A ja MT-PVP1B. Myös Mustajoen havaintoputkessa MJOKI-PVP2 keskimääräinen pitoisuustaso ylitti STM:n talousvesiasetuksen 1352/2015 laatutavoitteen (mangaanipitoisuus < 50 µg/l) (kuva 54). Edellä mainittu tavoitearvo on asetettu tekniisiin ja esteettisiin haittoihin perustuen, mutta korkeat mangaanipitoisuudet ovat myös terveydelle haitallisia. Joidenkin tutkimusten mukaan ≥ 100 µg/l mangaanipitoisuus voi aiheuttaa neurologisia oireita, ja Maailman terveysjärjestön (WHO) asettama terveysperusteinen enimmäisarvo on 400 µg/l (Valvira 6.10.2020).

Muut metallit

Liuennan alumiinin pitoisuus oli merkittävästi taustapitoisuutta suurempi Metsä-Tuomelan havaintoputkessa MT-PVP1B (kuva 57), mikä kuvastaa savisen aineksen päämineraaleista vapautuvaa alumiinia. Tässä havaintoputkessa alumiinipitoisuudet olivat merkittävästi suuremmat kuin STM:n talousvesiasetuksen 1352/2015 laatutavoite (alle 200 µg/l).

Liuennan bariumin pitoisuus oli koholla kaikissa läjitysalueiden havaintoputkissa sekä Mustajoen mullanvalmistusalueella että Metsä-Tuomelassa. Suurimmillaan pitoisuudet olivat samassa havaintoputkessa kuin korkeat alumiinipitoisuudet (kuva 57). Bariumpitoisuudelle pohjavedessä ei ole käytettävissä viitearvoja, mutta sen kohonneet pitoisuudet kuvastavat läjitettävien maainesten lievää vaikutusta alueen luontaisiin taustapitoisuuksiin.

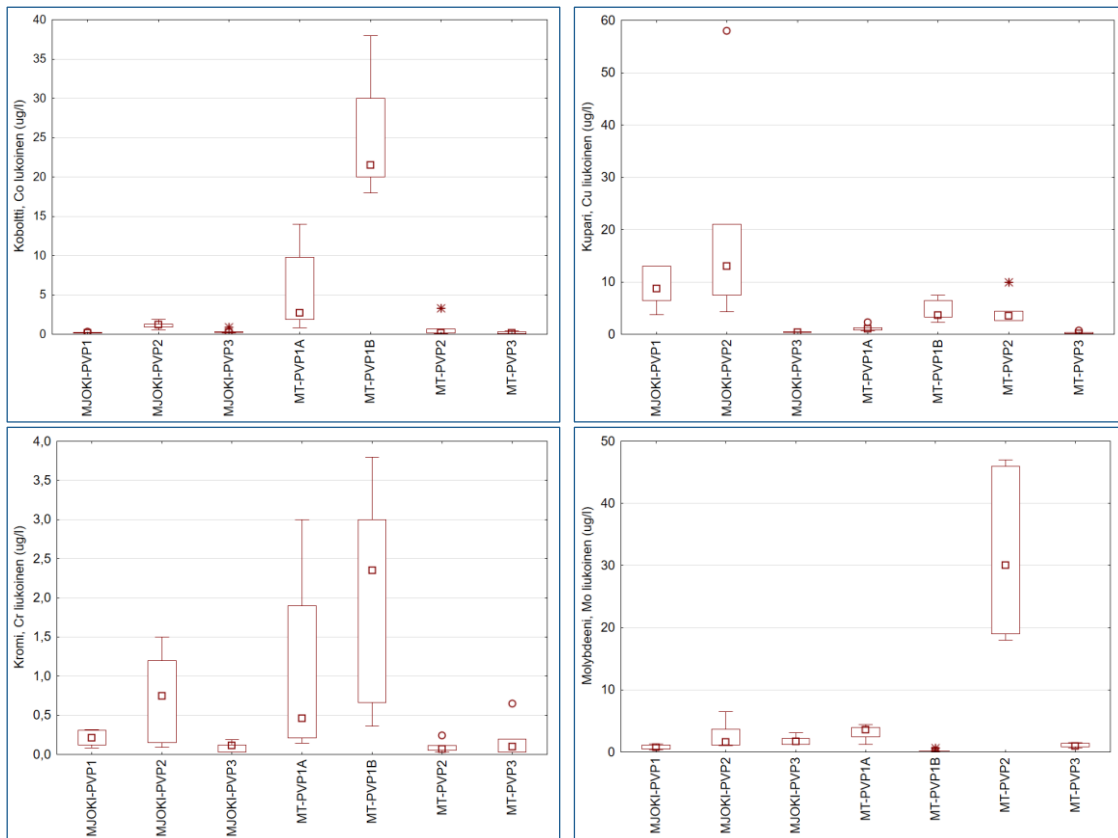
Liuennan lyijyn pitoisuus oli taustapitoisuutta suurempi Mustajoen havaintoputkessa MJOKI-PVP2 ja Metsä-Tuomelan havaintoputkessa MT-PVP1B (kuva 57). Kohonneet pitoisuudet (kaikki alle 1 µg/l) jäivät kuitenkin edelleen merkittävästi alle viitearvojen. STM:n talousvesiasetuksen kemiallisten laatuvaatimusten mukainen raja-arvo on 10 µg/l ja valtioneuvoston asetuksen 341/2009 ympäristölaatunormi on 5 µg/l.



Kuva 57. Pohjavesinäytteiden liuenteen alumiinin, lyijyn, bariumin ja kadmiumin pitoisuudet.

Liuenteen kadmiumin pitoisuuksissa oli taustapitoisuudesta poikkeavaa vaihtelua sekä Mustajoen että Metsä-Tuomelan läjitysalueiden havaintoputkissa (kuva 57). Pitoisuudet ylittivät myös Uudenmaan pohjavesien luontaisen kadmiumin taustapitoisuuden 0,03 µg/l (Ahokas ym. 2021). STM:n talousvesiasetuksen kemialliseen laatuvaatimukseen (alle 5,0 µg/l) ja valtioneuvoston asetuksen 341/2009 ympäristölaatunormiin (0,4 µg/l) verrattuna poikkeamat olivat kuitenkin vähäisiä.

Liuenteen kobolttin pitoisuus oli taustapitoisuutta korkeampi Metsä-Tuomelan havaintoputkissa MT-PVP1A ja MT-PVP1B (kuva 58). Putkessa MT-PVP1B kobolttipitoisuus oli suurimmillaan heinäkuussa 2020. Kobolttin kohonneita pitoisuuksia todettiin myös maankaatopaikalle läjitettävien ainesten kokoomanäytteissä (taulukko 1). Kobolttipitoisuudet ylittivät myös Uudenmaan pohjavesien luontaisen taustapitoisuuden 0,1 µg/l (Ahokas ym. 2021). STM:n talousvesiasetuksessa ei ole raja-arvoa koboltille, mutta asetuksen 341/2009 ympäristölaatunormi koboltille on 2 µg/l. Tämä ylittyi merkittävästi maankaatopaikan täyttökerrokseen asennetussa havaintoputkessa MT-PVP1B.



Kuva 58. Pohjavesinäytteiden liuennon kobolttin, kromin, kuparin ja molybdeenin pitoisuudet.

Mustajoen mullanvalmistusalueen varastointikentällä havaintoputkessa MJOKI-PVP2 esiintyi taustapitoisuutta suurempia pitoisuuksia liuennutta kromia ja kuparia (kuva 58). Poikkeuksellisen korkea kuparipitoisuus 58 µg/l todettiin marraskuussa 2020. Kromia ja kuparia voi liueta mullanvalmistuksessa käytettävästä Nordkalk-kalkkituotteesta. Uudenmaan pohjavesissä luontainen taustapitoisuus kromille on 1,38 µg/l ja kuparille 3,01 µg/l (Ahokas ym. 2021). Tätä taustapitoisuutta korkeampia pitoisuuksia kromia esiintyi ajoittain myös Metsä-Tuomelan havaintoputkissa MT-PVP1A ja MT-PVP1B.

Kaiken kaikkiaan todetut kromi- ja kuparipitoisuudet olivat kuitenkin varsin pieniä verrattuna STM:n talousvesiasetuksen 1352/2015 kemiallisten laatuvaatimusten sallimiin enimmäisarvoihin (kromi 50 µg/l ja kupari 2000 µg/l). Ympäristölaatu normi kromille on 10 µg/l ja kuparille 20 µg/l, joista jälkimmäinen ylittyi havaintoputkessa MJOKI-PVP2 kahtena näytteenottoajankohdantana.

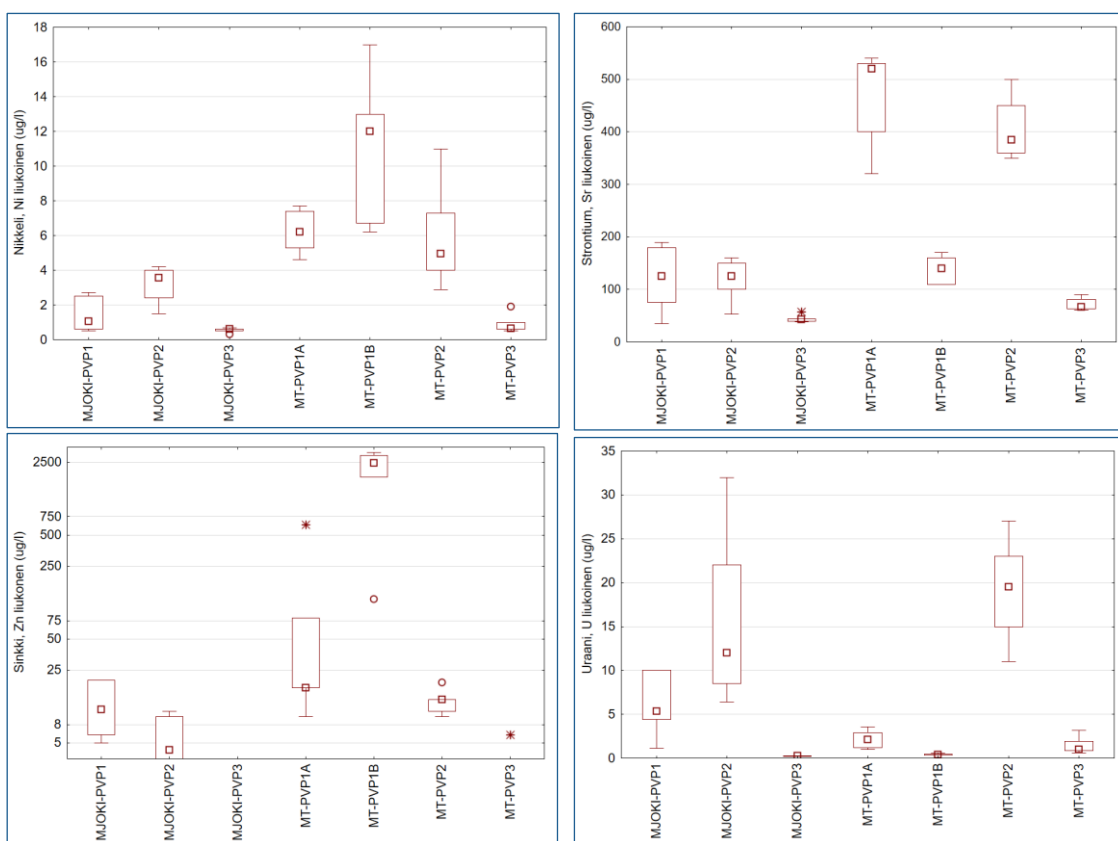
Liuennon molybdeenin pitoisuus oli poikkeuksellisen korkea Metsä-Tuomelan putkessa MJOKI-PVP2 (kuva 58). Molybdeenille ei ole käytettävissä viitearvoja. Metsä-Tuomelan alueelle läjitettävien ylijäämämaiden kokoomanäytteissä molybdeenipitoisuudet olivat alle määritysrajan (< 2 mg/kg ka). Kokoomanäytteet edustavat kuitenkin vain tietynä ajankohtana alueelle tuotujen massojen raskasmetallipitoisuuksia.

Liuennon nikkelin pitoisuudet olivat taustapitoisuutta suuremmat sekä Mustajoen että Metsä-Tuomelan läjitetyalueiden havaintoputkissa. Suurimmillaan nikkelpitoisuudet olivat Metsä-Tuomelan havaintoputkessa MT-PVP1B (kuva 59). Uudenmaan pohjavesien luonnollinen taustapitoisuus nikkeliä on 1,35 µg/l (Ahokas ym. 2021) eli samalla tasolla kuin seuranta-kohteiden

taustapitoisuudet. Nikkelin terveysterveysteinen sallittu enimmäisarvo talousvedessä on 20 µg/l, ja ympäristölaatu-normi nikkeli-ille on 10 µg/l. Talousveden raja-arvo ei ylittynyt, mutta Metsä-Tuomelan havaintoputkessa pitoisuus oli toistuvasti yli 10 µg/l.

Luontainen taustapitoisuus Uudenmaan alueen pohjavesien sinkkipitoisuudelle on 3,5 µg/l (Ahokas ym. 2021). Tämä pitoisuus ylittyi kaikissa seuranta-kohteiden havaintoputkissa, lukuun ottamatta taustapitoisuusputkia. Poikkeuksellisen korkeita pitoisuuksia (120 – 3100 µg/l, mediaani 2500 µg/l) todettiin Metsä-Tuomelan havaintoputkessa MT-PVP1B (kuva 59). STM:n talousvesiasetuksessa ei ole raja-arvoa sinkille, mutta valtioneuvoston asetuksen 341/2009 ympäristölaatu-normi sinkille on 60 µg/l. Tämä pitoisuus ylittyi merkittävästi putkessa MT-PVP1B, mutta ainoastaan kahtena näytteenottokertana sen vieressä sijaitsevassa kalliopohjavesiputkessa MT-PVP1A.

Korkeita sinkkipitoisuuksia todettiin myös maankaatopaikalle läjitettävien aineiden kokooma-näytteissä, mediaanin ollessa 120 mg/kg ka (taulukko 1). Sinkin taustapitoisuusarvo Nurmijärven alueen hienorakeisissa maalajeissa on keskimäärin 108 mg/kg, suurimman suositellun taustapi-toisuusarvon ollessa 180 mg/kg (GTK:n Maaperän taustapitoisuudet (TAPIR) -karttapalvelu).

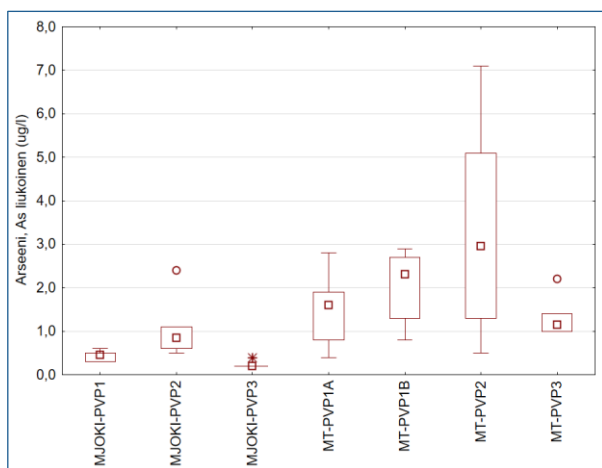


Kuva 59. Pohjavesinäytteiden liuennon nikkelin, sinkin, strontiumin ja uraanin pitoisuudet. Huomaa logaritminen asteikko sinkkipitoisuudessa.

Liuennon strontiumin pitoisuus oli koholla kaikissa seuranta-kohteiden läjitystoiminnan vaikutusalueella sijaitsevilla havaintoputkissa. Suurimmat pitoisuudet todettiin kalliopohjavesiputkissa MT-PVP1A ja MT-PVP2 (kuva 59). Strontiumia esiintyy runsaasti kallioperän kiviaineksessa,

eikä sen pitoisuudelle pohjavedessä ole käytettävissä viitearvoja. Sen kohonneet pitoisuudet kuvastavat kiviaineksen kemiallista rapautumista.

Liuenneen uraanin pitoisuudessa todettiin taustapitoisuutta suurempia pitoisuuksia havaintoputkissa MJOKI-PVP1, MJOKI-PVP2 ja MT-PVP2 (kuva 59). Uraania esiintyy luontaisesti erityisesti graniittisten kivilajien alueella kalliopohjavesissä. Mustajoen mullanvalmistusalueella uraani voi olla peräisin multatuotteiden valmistuksessa käytettävistä lannoitteista. Talousvedessä esiintyvän uraanin haitallisuus terveydelle perustuu sen kemialliseen toksisuuteen. STM:n talousvesiasetuksen kemiallisten laatuvaatimusten sallima enimmäisarvo uraanille on 30 µg/l. Tämä pitoisuus ylittyi vain kerran Mustajoen havaintoputkessa MJOKI-PVP2 (pitoisuus syyskuussa 2020 oli 32 µg/l).



Kuva 60. Pohjavesinäytteiden liuenneen arseenin pitoisuudet.

Liuenneen arseenin pitoisuus oli taustapitoisuutta korkeampi kaikissa Metsä-Tuomelan maankaatopaikan havaintoputkissa (kuva 60). Nurmijärvi on arseeniprovinssin aluetta, joten kunnan alueella hienoaineksessa on luontaisesti arseenipitoisuus koholla. Kohonneet arseenipitoisuudet näkyivät myös läjitettävistä aineksista otettujen kokoomanäytteiden pitoisuusmäärittämissä (taulukko 1). Uudenmaan alueen pohjavesissä arseenipitoisuuden luontainen taustapitoisuus on 0,71 µg/l (Ahokas ym. 2021). STM:n talousvesiasetuksen kemialliseen laatuvaatimukseen (alle 10 µg/l) ja valtioneuvoston asetuksen 341/2009 ympäristölaatunormiin (5 µg/l) verrattuna poikkeamat olivat kuitenkin vähäisiä. Ympäristölaatunormi ylittyi vain yhdessä Metsä-Tuomelan havaintoputkessa (MT-PVP2), ja siinäkin arseenipitoisuus täytti talousveden laatuvaatimuksen.

Öljyhiilivedyt ja PAH-yhdisteet

Muutamassa havaintoputkessa todettiin ajoittain öljyhiilivetyjä ja PAH-yhdisteitä. Eniten näiden orgaanisten haitallisten yhdisteiden havaintoja tehtiin Mustajoen havaintoputkessa MJOKI-PVP2 ja Metsä-Tuomelan havaintoputkissa MT-PVP1A ja MT-PVP1B, ja tyypillisesti niitä esiintyi pohjavedessä syksyn näytteenottokierroksilla (taulukko 9).

Taulukko 9. Pohjavesinäytteissä havaitut öljyhiilivedyt C₁₀-C₄₀ ja PAH-yhdisteet. Pitoisuuksien yksikkö µg/l. PAH-yht = PAH-yhdisteet yhteensä; mr=määritysraja.

Havaintoputki	Pvm	C10-C21	C21-C40	PAH yht.	Tunnistetut PAH-yhdisteet
MJOKI-PVP1	17.9.2019	< 25	< 25	< 0,1	Bentso(a)pyreeni 0,002
MJOKI-PVP2	14.9.2020	< 25	< 25	< 0,1	Fluoreeni 0,011
MJOKI-PVP2	23.11.2020	49	< 25	0,13	Naftaleeni 0,028 1-Metyyli-naftaleeni 0,046 2,6-Dimetyyli-naftal. 0,030 2,3,5-Trimetyyli-naftal. 0,017 Fluoreeni 0,013
MT-PVP1A	19.9.2019	< 25	< 25	< 0,1	2,3,5-Trimetyyli-naftal. 0,015 Fluoreeni 0,010
MT-PVP1A	15.9.2020	< 25	< 25	< 0,1	2-Metyyli-naftaleeni 0,020
MT-PVP1A	24.11.2020	< 25	< 25	< 0,1	Fluoreeni 0,012
MT-PVP1B	28.11.2019	51	32	< 0,1	kaikki PAH-yhdisteet < mr
MT-PVP1B	22.4.2020	42	< 25	< 0,1	kaikki PAH-yhdisteet < mr
MT-PVP1B	2.7.2020	< 25	< 25	< 0,1	2-Metyyli-naftaleeni 0,024 Fluoranteeni 0,025 Pyreeni 0,014 Bentso(b)fluoranteeni 0,012 Bentso(k)fluoranteeni 0,008
MT-PVP1B	15.9.2020	< 25	< 25	< 0,1	Bifenyylä 0,033
MT-PVP2	19.9.2019	< 25	< 25	< 0,1	Naftaleeni 0,030 2-Metyyli-naftaleeni 0,022 Fluoreeni 0,030
MT-PVP3	28.11.2019	< 25	50	< 0,1	kaikki PAH-yhdisteet < mr

Mustajoen havaintoputkesta MJOKI-PVP2 yhdellä näytteenottokierroksella (23.11.2020) jäljitetty öljyhiilivedyt 49 µg/l koostuivat keskiraskaista jakeista C₁₀-C₂₁. Pohjavedenpinta oli tuona ajankohtana ylimmillään. Myös Metsä-Tuomelan havaintoputkessa MT-PVP1B todettiin öljyhiilivetyä ajankohtana, jolloin pohjavedenpinta oli noussut maksimitasolle. Marraskuussa 2019 öljyhiilivedyt koostuivat keskiraskaista jakeista C₁₀-C₂₁ ja raskaista jakeista C₂₁-C₄₀, huhtikuussa 2020 pelkästään keskiraskaista jakeista C₁₀-C₂₁. Metsä-Tuomelan taustapitoisuusputkessa MT-PVP3 marraskuussa 2019 todetut yhdisteet olivat todennäköisesti luonnon humusyhdisteitä.

Seuranta-kohteiden pohjavesiin oli kulkeutunut pääasiassa pienimolekyylisiä PAH-yhdisteitä – naftaleenia ja fluoreenia (taulukko 9). Naftaleeni on rakenteeltaan yksinkertaisin PAH-yhdiste, joka muodostuu kahdesta bentseenirenkaasta. Luontaisesti naftaleenia esiintyy maaöljyssä ja kivihiiressä ja ympäristöön sitä päätyy erityisesti polttoaineiden ja muun orgaanisen aineksen palamisprosessissa. Naftaleenia valmistetaan ja käytetään myös teollisesti mm. polttonesteiden ja voiteluaineiden lisäaineena. Naftaleeni on PAH-yhdisteistä vesiliukoisin ja herkimmin haihtuva, ja sitä kulkeutuu muita PAH-yhdisteitä helpommin pohjavesikerrokseen asti (Reinikainen 2007). Fluoreenia käytetään mm. väriaineissa ja puunkyllästyskemikaaleissa.

Mustajoen havaintoputkessa MJOKI-PVP1 todettiin kerran bentso(a)pyreeniä 0,002 µg/l. Bentso(a)pyreeniä käytetään renkaiden täyteaineena, maalaustyössä (maalit, lakat ja vernissat

mm. laivojen valmistuksessa ja korjauksessa) sekä kemianteollisuuden raaka-aineena. Maaperässä bentso(a)pyreeni pysyy tavallisesti orgaaniseen ainekseen sitoutuneena eikä merkittävässä määrin haihdu ilmakehään tai kulkeudu pohjaveteen. Yhdisteen biologinen hajoavuus maaperässä on tutkimusten mukaan hidasta ja se voi kertyä biologisesti. Bentso(a)pyreeni on tunnetuista PAH-yhdisteistä herkimmin syöpää aiheuttava aine (Reinikainen 2007). Karsinogeenisuuden vuoksi bentso(a)pyreenille on annettu talousvesiasetuksessa 1352/2015 yhdistekohdainen raja-arvo 0,010 µg/l. Havaintoputkessa MJOKI-PVP1 jäljitetty pitoisuus oli merkittävästi alle tämän raja-arvon. Se oli myös alle valtioneuvoston asetuksessa 341/2009 annetun bentso(a)pyreenin ympäristölaatu normin 0,005 µg/l.

STM:n talousvesiasetuksen 1352/2015 kemiallisten laatuvaatimusten mukaan PAH-yhdisteiden summapitoisuuden on oltava alle 0,1 µg/l. Tämä raja-arvo koskee terveydelle erityisen haitalliseksi todettuja PAH-yhdisteitä bentso(b)fluoranteeni, bentso(k)fluoranteeni, bentso(ghi)peryleeni ja indeno-(1,2,3cd)-pyreeni. Ainoastaan havaintoputkessa MJOKI-PVP2 PAH-yhdisteiden summapitoisuus ylitti kerran arvon 0,1 µg/l, mutta yhdisteet koostuivat naftaleenyhdisteistä ja fluoreenista. Valtioneuvoston asetuksessa 341/2009 on annettu ympäristölaatu normi naftaleenille 1,3 µg/l. Tämä viitearvo ei ylittynyt yhdessäkään havaintoputkessa.

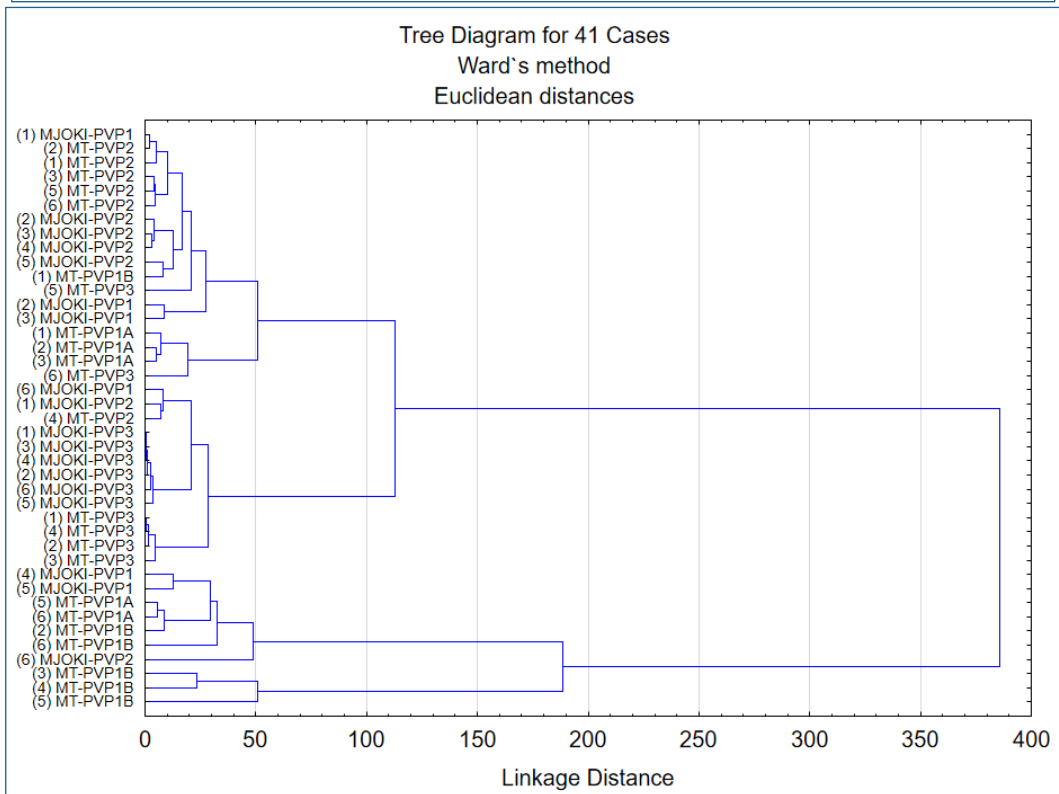
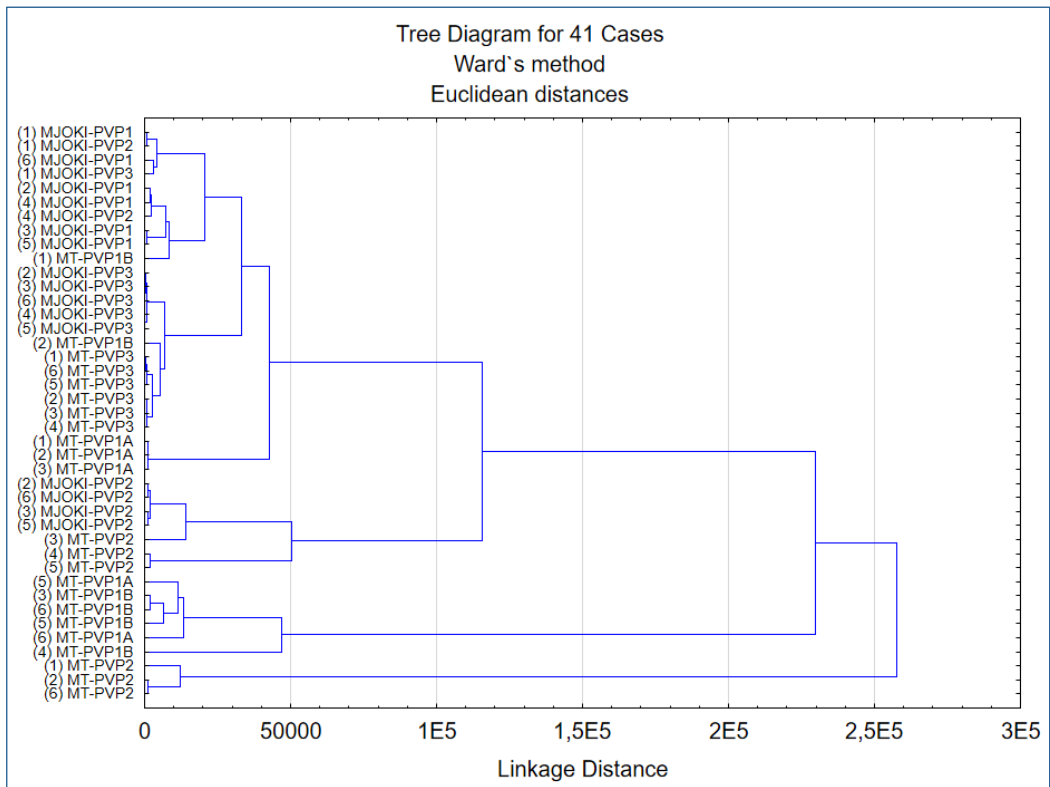
Yleisenä päätelmänä voidaan todeta, että läjitys- ja varastointialueilla havaittiin merkkejä helpoliukoisimpien PAH-yhdisteiden kulkeutumisesta pohjaveteen. Todetut pitoisuudet olivat kuitenkin pieniä, eivätkä ylittäneet pohjaveden talousvesikelpoisuuden ja kemiallisen tilan arvioinnissa käytettäviä viitearvoja.

Klusterianalyysi pohjavesinäytteiden analyysituloksille

Pohjavesinäytteiden analyysituloksille tehtiin hierarkkinen klusterianalyysi (Wardin menetelmä, Euclidean etäisyys), joka erotteli näytteet laadultaan samantyyppisiin ryhmiin (kuvat 61a ja 61b). Klusterianalyysi tehtiin erikseen mineraaliainesta kuvaavilla ja sen kemialliseen rapautumiseen liittyvillä muuttujilla (sulfaatti, kloridi, sameus, sähkönjohtavuus, alkuaineiden liukoiset pitoisuudet) sekä orgaanista ainesta ja sen biohajoamista kuvaavilla muuttujilla (väriluku, COD_{Mn}, DOC, alkaliteetti, pH, happi ja typpi yhdisteet).

Alkuaineiden ym. analyysituloksilla (kuva 61a) tehdyssä klusterianalyysissä Metsä-Tuomelan havaintoputken MT-PVP2 syksyllä otetut näytteet erottuivat omaksi pääryhmäkseen. Myös vuoden 2020 aikana otetut havaintoputken MT-PVP1B näytteet sijoittuivat omaksi alaryhmäkseen. Näissä havaintoputkissa pohjaveden laatu poikkesi liuenneiden alkuaineiden pitoisuuksien osalta merkittävästi muista havaintoputkista.

Täyttömaakerroksiin asennetun havaintoputken MT-PVP1B vieressä olevassa kalliopohjavesiputkessa pohjaveden laatu vaihteli eri näytteenottoajankohtina: syksyn 2020 näytteet sijoittuivat samaan ryhmään havaintoputken MT-PVP1B kanssa, mutta muiden ajankohtien näytteet muodostivat oman alaryhmän. Taustapitoisuutta edustavan havaintoputken MT-PVP3 näytteiden laatu oli tasainen, mitä osoittaa niiden ryhmittäminen omaksi alaryhmäkseen etäälle muista Metsä-Tuomelan seurantaputkista. Mustajoen havaintoputkien MJOKI-PVP1 ja MJOKI-PVP2 näytteet sijoittuivat eri alaryhmiin eri näytteenottoajankohtina, kuvastaen toiminnan sesonkiluonnetta ja vaihtelevaa pohjaveden laatua.



Kuva 61. Pohjavesinäytteiden analyysituloksille tehdyn klusterianalyysin tulokset: **a)** mineraaliainesta kuvaaviin analyysituloksiin perustuva dendrogrammi (ylempi kuva); **b)** orgaanista ainesta kuvaaviin pitosuuksiin perustuva dendrogrammi (alempi kuva).

Orgaanista ainesta kuvaavilla analyysituloksissa tehdystä klusterianalyysistä (kuva 61b) toiseen pääryhmään sijoittuivat yhtä näytteenottokierrosta lukuun ottamatta kaikki Metsä-Tuomelan

havaintoputken MT-PVP1B näytteet, ja Mustajoen havaintoputkien MJOKI-PVP1 ja MJOKI-PVP2 näytteitä kesältä ja syksyltä 2020. Tämä kuvastaa orgaanisen aineksen kuormitusta näiden havaintoputkien pohjavesiin. Molempien seurantakohteiden taustapitoisuusputkien MT-PVP3 ja MJOKI-PVP3 näytteet sijoittuivat omiin alaryhmiin lähelle toisiaan, kuvastaen orgaanisen aineksen osalta näytteiden samankaltaisuutta. Muilta osin ryhmittäminen oli vaihtelevaa, mikä ilmentää orgaanisen aineksen pitoisuuksissa ja biohajoamisessa esiintyvää vuodenaikaisvaihtelua. Siihen vaikuttaa osaltaan pohjaveden pinnankorkeuksien vaihtelu.

6.1.3 Passiivikeräimet ja sedimenttikeräimet

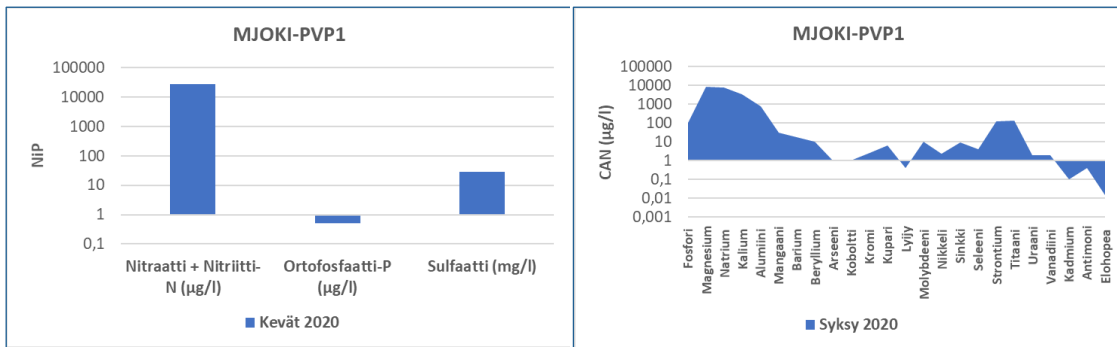
Passiivikeräinten altistusjaksot olivat 20.-29.4.2020 (yhdeksän vuorokautta) ja 10.-28.9.2020 (18 vuorokautta). Passiivikeräinten tulokset on esitetty alla olevissa kuvaajissa. Niiden alkuaineiden osalta, joiden pitoisuudet olivat alle määrittämissä, on pitoisuudeksi merkitty 0,5 x määrittämissä.

Vantaan Solbackan osalta passiivikeräinten ja sedimenttikeräinten tulokset on esitetty samoissa kuvaajissa, jotta voidaan verrata haitallisten aineiden kulkeutumista liuenneissa muodossa ja kiintoainekseen kiinnittyneinä. Näissä yhdistetyissä kuvaajissa sedimenttikeräinten osalta kuvaajissa on esitetty kolmesta rinnakkaisesta keräimestä määritettyjen analyysitulosten perusteella lasketut mediaanipitoisuudet. Kuvaajissa, joissa on vain sedimenttikeräinten tulokset, on esitetty kolmesta rinnakkaisesta keräimestä määritettyjen analyysitulosten perusteella lasketut keskiarvot ja keskihajonnat.

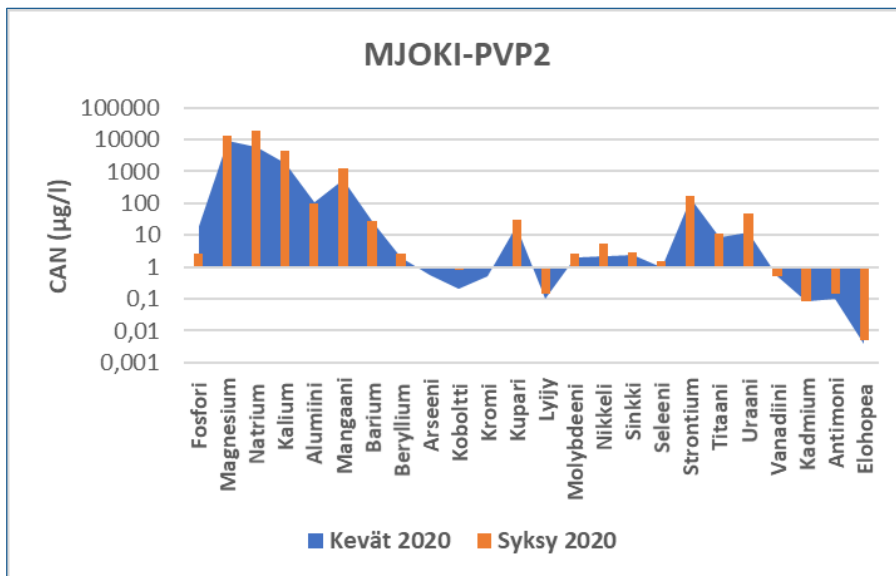
Mustajoen Multajalosteen passiivikeräinten tulokset

Mustajoen Multajalosteen mullanvalmistus- ja varastointikentillä sijaitseviin pohjaveden havaintoputkiin MJOKI-PVP1 ja MJOKI-PVP2 ja ojaan MJOKI-OjaP2 asennettiin passiivikeräimet ravinteiden ja alkuaineiden, erityisesti raskasmetallien, mahdollisen kuormituksen selvittämiseksi altistusjaksolla (kuvat 62-64).

Havaintoputkessa MJOKI-PVP1 keväällä 2020 toteutetulla yhdeksän vuorokauden altistusjaksolla sulfaattipitoisuus oli yhtenevä samana ajankohtana otetun yksittäisen pohjavesinäytteen sulfaattipitoisuuden kanssa (NiP-passiivikeräimessä 28 mg/l, yksittäisessä näytteessä 29 mg/l). Sen sijaan nitraatti- ja nitriittityypen pitoisuuksien summa oli yksittäisessä vesinäytteessä pienempi (17 mg/l) kuin passiivikeräimen määritystuloksissa (28 mg/l). Typpiyhdisteitä huuhtoutuu mullanvalmistuskentältä maakerrokseen ja edelleen pohjaveteen vaihtelevasti, mitä osoittaa myös pitoisuuksien suuri vaihtelu eri vuodenaikoina otetuissa pohjavesinäytteissä (kuva 50). Typpikuorman muutoksiin vaikuttaa toiminnan ja käsiteltävien maa-ainemäärien sesonkivaihtelu.



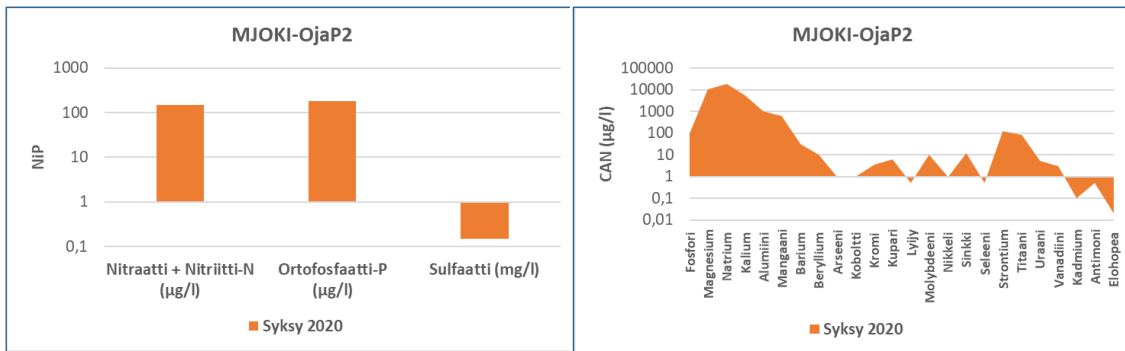
Kuva 62. Passiivikeräintulokset (NiP ja CAN) pohjaveden havaintoputkesta MJOKI-PVP1. Huomaa y-akselin logaritminen asteikko.



Kuva 63. Passiivikeräintulokset (CAN) pohjaveden havaintoputkesta MJOKI-PVP2. Huomaa y-akselin logaritminen asteikko.

Havaintoputkien MJOKI-PVP1 ja MJOKI-PVP2 CAN-passiivikeräinten tuloksia (alkuaineiden liukoiset pitoisuudet) syksyltä 2020 verrattiin toisiinsa. Useiden mineraaliaineksesta liukenevien pääionien pitoisuudet olivat hieman suurempia putkessa MJOKI-PVP1, mutta mm. mangaanin, kuparin ja uraanin pitoisuudet olivat suuremmat putkessa MJOKI-PVP2 (kuvat 62 ja 63). Tätä voi selittää se, että varastointikentällä varastoidaan pääasiassa valmista multatuotetta, eikä läjitetä hiekka- ja silttijakeita. Havaintoputken MJOKI-PVP2 kohdalla pohjaveden ionikoostumukseen voi vaikuttaa aikaisemmin ajettu täyttömaa ja betonimurske.

Havaintoputkessa MJOKI-PVP2 useiden alkuaineiden keskiarvopitoisuudet olivat syksyn altistusjaksolla suurempia kuin keväällä (kuva 63). Myös eri vuodenaikoina otettujen kertavesinäytteiden analyysitulosten mukaan suurimmat liuenneiden metalli-ionien pitoisuudet havaittiin syys- ja marraskuun näytteenottokierroksilla.



Kuva 64. Passiivikeräintulokset (NiP ja CAN) ojavesinäytestä MJOKI-OjaP2. Huomaa y-akselin logaritminen asteikko.

Ojauomaan MJOKI-OjaP2 asennetun ravinnekeräimen (NiP) tulokset poikkesivat merkittävästi kertavesinäytteenoton tuloksista. Keräimestä tehtyjen määritysten mukaan sulfaattipitoisuus oli < 0,3 mg/l, kun se samalla jaksolla otetussa vesinäytteessä oli 18 mg/l. Myös ravinnepitoisuuksissa oli eroja: keräinmääritysten mukaan nitraatti- ja nitriittityypen keskiarvopitoisuus altistusjaksolla oli 150 µg/l, kun sen kertavesinäytteessä oli 470 µg/l. Anturimittauksissa nitraattityypen pitoisuus ojavedessä vaihteli samalla jaksolla välillä 270 – 1200 µg/l (kuva 74). Ravinnekuormitus vaihteli sademääristä riippuen, mutta passiivikeräimen epäilyttävän pienestä sulfaattipitoisuudesta päätellen joku ominaisuus ojavedessä (esimerkiksi humusyhdisteiden suuri määrä) on voinut vääristää NiP-keräimen tuloksia, esimerkiksi aiheuttamalla keräimen tukkeutumista.

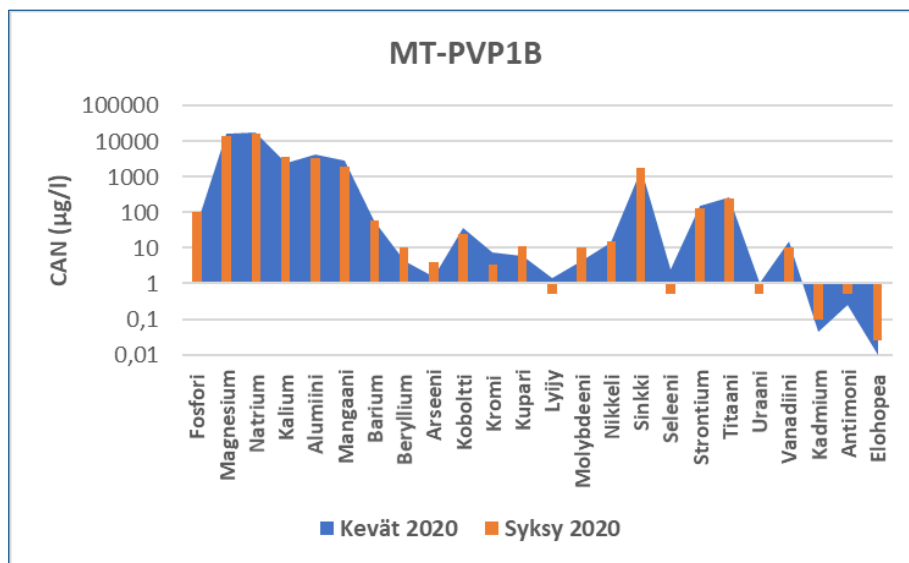
Verrattaessa ojaveden (MJOKI-OjaP2) ja pohjaveden (MJOKI-PVP1 ja MJOKI-PVP2) alkuainepitoisuuksia samalla altistusjaksolla syksyllä 2020 (kuvat 63 ja 64) voidaan havaita, että alkuainekoostumus oli pääpiirteissään yhteneväinen ojavedessä ja pohjaveden havaintoputkessa MJOKI-PVP1, mutta pohjaveden laatu havaintoputkessa MJOKI-PVP2 poikkesi useiden metallionien osalta. Alumiinin, molybdeenin, sinkin ja titaanin keskiarvoiset pitoisuudet olivat ojavedessä suurempia kuin pohjavedessä havaintoputkessa MJOKI-PVP2. Mangaani-, kupari- ja uraanipitoisuudet puolestaan olivat suurempia pohjavedessä. Näiden samojen alkuaineiden pitoisuuksissa havaittiin kohonneita arvoja myös kertavesinäytteenotossa (kuvat 56, 58 ja 59).

Kaikkien tutkittujen PAH-yhdisteiden pitoisuudet olivat ojauomaan MJOKI-OjaP2 asennetussa orgaanisten haitallisten aineiden (VOC/PAH) keräimessä alle määritysrajan. Tämä vahvistaa syyskuussa 2020 tehdyn kertavesinäytteenoton havainnon, että pienimolekyylisiä veteen liukenevia PAH-yhdisteitä ei kulkeutunut altistusjaksolla läjitysalueelta ympäröiviin ojiin.

Metsä-Tuomelan passiivikeräinten tulokset

Metsä-Tuomelan maankaatopaikan alueella sijaitseviin pohjavedenhavaintoputkiin MT-PVP1A ja MT-PVP1B asennettiin passiivikeräimet alkuaineiden, erityisesti raskasmetallien, mahdollisen kuormituksen selvittämiseksi. Huhtikuussa 2020 toteutetun altistusjakson aikana kalliopohjavesiputkeen MT-PVP1A asennettu vesisäiliö, johon passiivikeräin oli kiinnitetty, juuttui putkeen eikä keräintä saatu nostettua pois havaintoputkesta. Tämän vuoksi passiivikeräintä ei myöskään voitu asentaa kalliopohjavesiputkeen MT-PVP1A syksyn 2020 altistusjaksolla. Metsä-

Tuomelasta passiivikeräintuloksia saatiin siis vain maankaatopaikan täyttökerroksiin asennetusta havaintoputkesta MT-PVP1B.



Kuva 65. Passiivikeräintulokset pohjaveden havaintoputkesta MT-PVP1B. Huomaa y-akselin logaritminen asteikko.

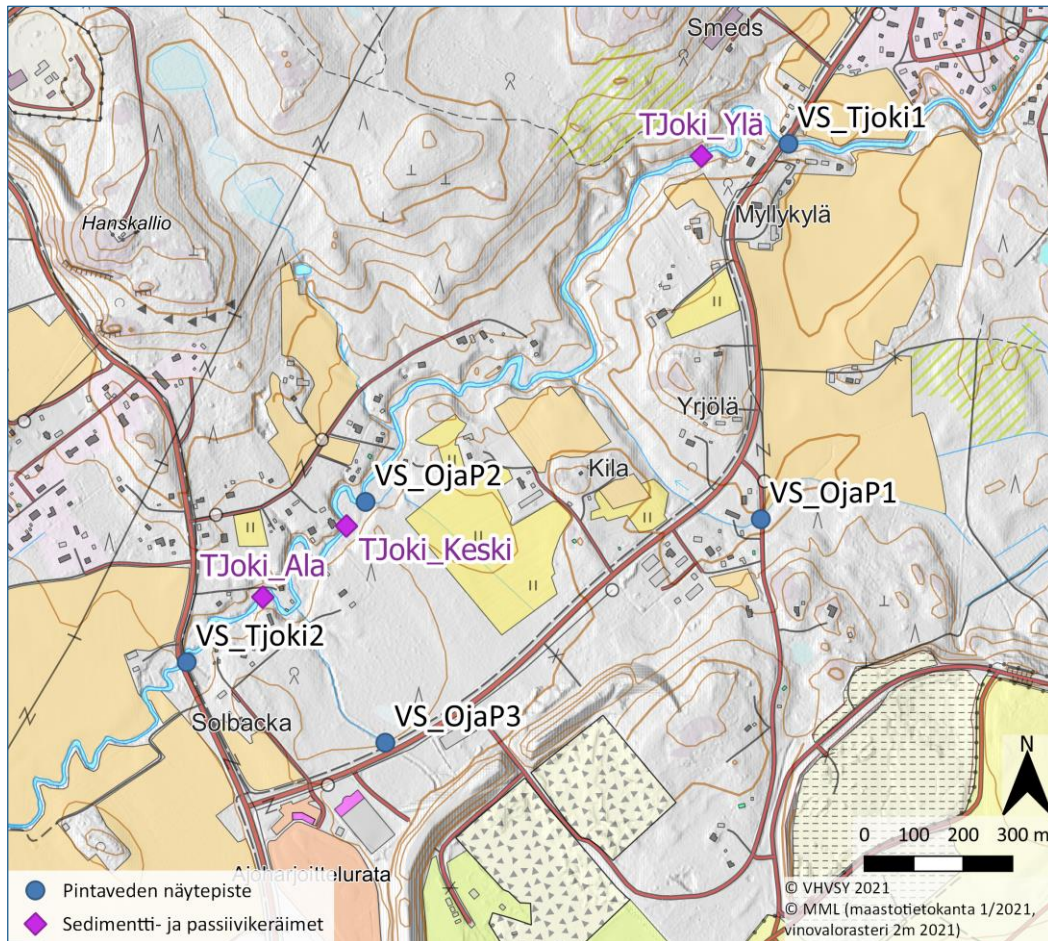
Useiden alkuaineiden, erityisesti metalli-ionien, osalta Metsä-Tuomelan maankaatopaikan täyttöalueen havaintoputkessa MT-PVP1B olivat keskiarvopitoisuudet molemmilla altistusjaksoilla selvästi suuremmat kuin Mustajoen mullanvalmistusalueen varastointikentän havaintoputkessa (kuvat 63 ja 65). Tämä osoittaa, että savisesta ylijäämäaineksesta liukenee useita raskasmetalleja. Pääionien osalta pitoisuudet olivat havaintoputkessa MT-PVP1B samalla tasolla kevään ja syksyn 2020 altistusjaksoilla, mutta arseeni-, kupari- ja molybdeenipitoisuudet olivat suurempia syksyllä.

Vantaan Solbackan passiivikeräinten ja sedimenttikeräinten tulokset

Vantaan Solbackan kohdealueella asennettiin Tuusulanjokeen kolmeen kohtaan sekä passiivikeräimet että sedimenttikeräimet (kuva 66). Keräimillä pyrittiin selvittämään läjitysalueilta kulkeutuvien liuenneiden ja kiintoainekseen kiinnittyneiden haitallisten aineiden kuormitusta Tuusulanjokeen. Pääpaino tulosten tarkastelussa on verrata eroja kolmen altistuspaikan (Tjoki-Ylä, Tjoki-Keski, Tjoki-Ala) välillä.

Sedimenttikeräinten altistusjaksot ajoitettiin syksyyn ja kevääseen, sillä tavoitteena oli selvittää ylivirtaamakauden huuhtoumaa (syksyn sadekausi ja keväällä lumien sulamiskausi). Sedimenttikeräinten altistusjaksoilla 7.-21.10.2019 ja 21.4.-5.5.2020 sademäärät ja Tuusulanjoen virtaamaolosuhteet olivat kuitenkin hyvin erilaiset (kuva 18). Syksyn 2019 altistusjaksolla oli useita sateisia päiviä ja altistusjakson keskellä rankkasade (vuorokauden sadesumma 27 mm), koko jakson sadesumman ollessa 68 mm. Kevään altistusjakso oli lähes sateeton, ja jakson sadesumma oli vain 10 mm. Sademäärät luonnollisesti vaikuttivat Tuusulanjoen virtaamiin.

Syksyn 2019 altistusjakson alussa virtaama oli jyrkässä laskusuunnassa tasolta 2 m³/s minivirtaamaan. Jakson lopussa virtaama jälleen nousi jyrkästi tasolle 1 m³/s. Kevään 2020 altistusjakso puolestaan sijoittui ajankohtaan, jolloin huippuvirtaamakausi (3,5 – 4 m³/s) oli ohitse ja virtaama pysytteli tasaisemmin tasolla 0,5 – 1 m³/s.



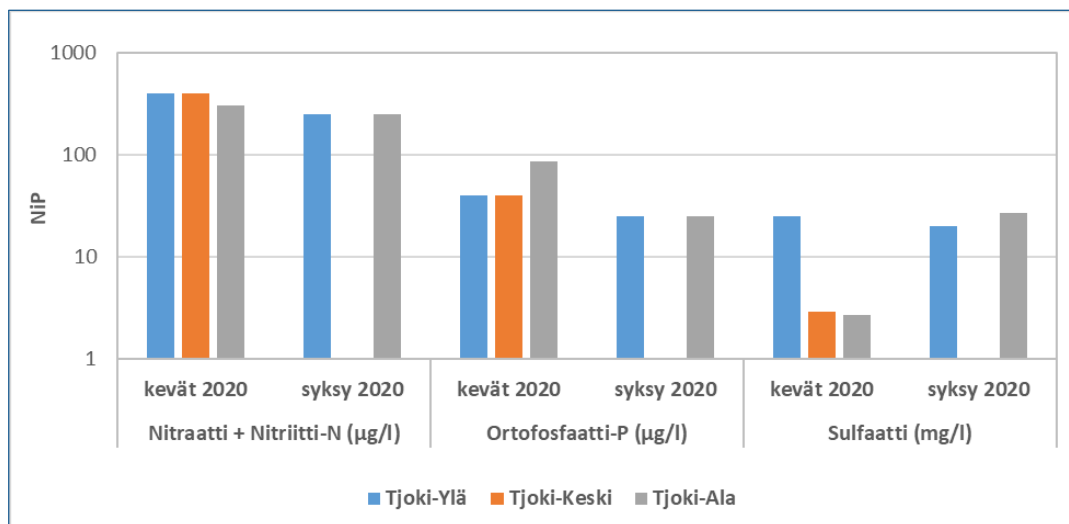
Kuva 66. Tuusulanjokeen asennettujen passiivikeräinten ja sedimenttikeräinten altistuspaikat sekä kertesinäytteenottoapaikat Vantaan Solbackan seuranta-kohteessa.

Ravinteet

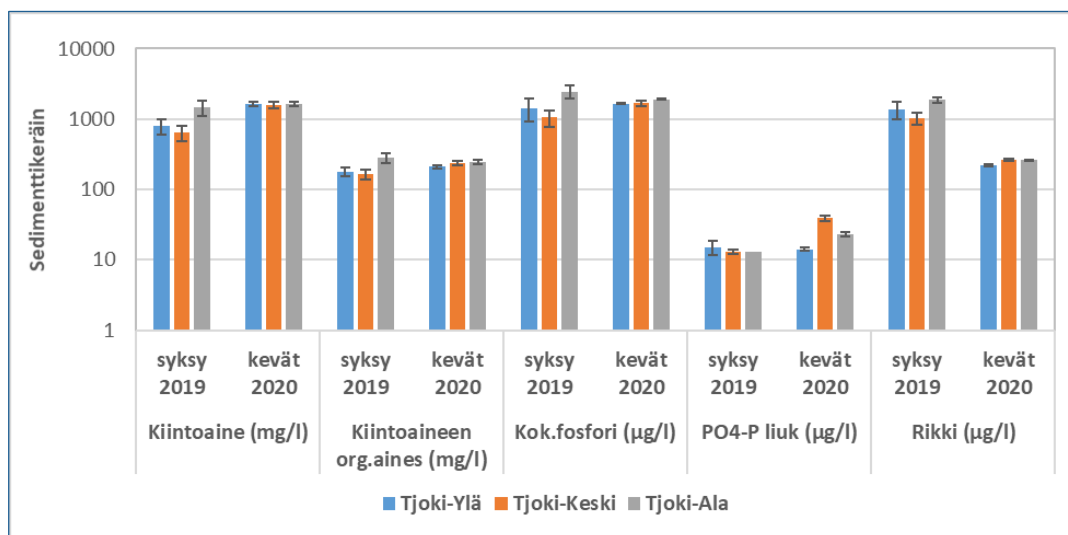
Passiivikeräinten määrittelytulosten mukaan kevään 2020 altistusjaksolla nitraatti- ja nitriittityypiyhdisteiden pitoisuudet olivat kaikilla havaintopaikoilla yhteneväisiä (kuva 67). Myöskään kertesinäytteenotossa ei huhtikuun 2020 näytteenottokierroksen analyysituloksissa ollut nitraatti- ja nitriittityypipitoisuuden osalta eroa, vaan pitoisuus oli sama (960 µg/l) havaintopaikoissa VS-Tjoki1 ja VS-Tjoki2.

Syksyn 2020 altistusjaksolla ei myöskään ollut havaittavissa eroa typpiyhdisteiden pitoisuudessa havaintopaikoilla Tjoki-Ylä ja Tjoki-Keski. Ortofosfaattimäärittelytulosten mukaan sen pitoisuus oli kevään 2020 altistusjaksolla alimmalla havaintopaikalla Tjoki-Ala kaksinkertainen verrattuna ylävirrassa sijaitseviin havaintopaikkoihin. Kertesinäytteenoton tulosten mukaan ojan VS-OjaP3 fosforikuormitus todettiin muita oja suuremmaksi ja fosforiyhdisteiden pitoisuuksien

vaihteluväli laajaksi (kuvat 33 ja 34). Syksyn 2020 altistusjaksolla ortofosfaatin keskiarvopitoisuus kummallakin havaintopaikalla (Tjoki-Ylä ja Tjoki-ala) oli alle määräysrajan 50 µg/l (merkitty kuvaan 67 pitoisuutena 0,5 x määräysraja). Sulfaattipitoisuudessa oli kevään 2020 altistusjaksolla poikkeama havaintopaikoilla Tjoki-Keski ja Tjoki-Ala (kuva 63). Tällaisella poikkeamalle ei löydy selitystä, joten on syytä epäillä mittausvirhettä.



Kuva 67. Passiivikeräntulokset (NiP) Tuusulanjoen altistuspaikoista Tjoki-Ylä, Tjoki-Keski ja Tjoki-Ala. Huomaa y-akselin logaritminen asteikko.



Kuva 68. Sedimenttikeräntulokset (kiintoaine, orgaaninen aines, fosforiyhdisteet ja rikki) kolmen rinnakkaisen mediaanin) Tuusulanjoen altistuspaikoista Tjoki-Ylä, Tjoki-Keski ja Tjoki-Ala. Huomaa y-akselin logaritminen asteikko.

Kevään 2020 altistusjaksolla nopeat vedenpinnan vaihtelut Tuusulanjoessa aiheuttivat virhettä passiivikeräinten läpi virranneen vesimäärän mittaamisessa, erityisesti havaintopaikoilla Tjoki-Keski ja Tjoki-Ala, mikä aiheutti epävarmuutta myös keskiarvopitoisuuden laskennassa. Syksyn 2020 altistusjaksolla sulfaattipitoisuus oli havaintopaikalla Tjoki-Ala 27 mg/l, ollen hieman

suurempi kuin havaintopaikalla Tjoki-Ylä mitattu sulfaattipitoisuus 20 mg/l. Ojassa VS-OjaP3 sulfaattipitoisuus oli merkittävästi korkeampi kuin muissa havaintopaikoissa (kuva 31), mikä selittää sulfaattipitoisuuden nousun alavirrassa.

Sedimenttikeräimissä oli havaittavissa eri havaintopaikkojen välisiä eroja syksyn 2019 altistusjaksolla. Kiintoaineen kokonaismäärän sekä kiintoaineen orgaanisen aineksen määrä olivat havaintopaikalla Tjoki-Ala suuremmat kuin ylemmissä havaintopaikoissa Tjoki-Ylä ja Tjoki-Keski. Myös kokonaisfosfori, kuvastaen kiintoainekseen kiinnittyneenä kulkeutuvaa fosforikuormitusta, oli havaintopaikalla Tjoki-Ala muita havaintopaikkoja suurempi. Kevään 2020 altistusjaksolla erot olivat vähäisiä, lukuun ottamatta sedimentistä irtoavan liukoisen fosfaattifosforin määrää, joka oli suurimmillaan havaintopaikassa Tjoki-Keski, ja myös havaintopaikassa Tjoki-Ala korkeammalla tasolla kuin ylimmässä havaintopaikassa Tjoki-Ylä (kuva 68). Sedimenttikeräinten tulokset kuvastavat liukoisen fosfaattifosforin vapautumista kiintoaineksestä. Yli-Hallan ja Hartikaisen (1996) mukaan alhainen veteen liuenneiden suolojen määrä lisää fosforin vapautumista eli partikkeleihin kiinnittyneen fosforin desorptiota liukoiseen reaktiiviseen muotoon.

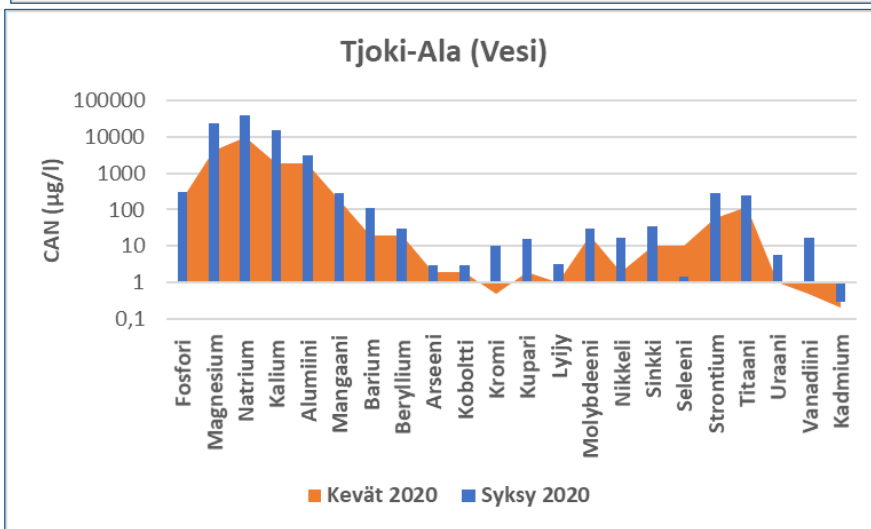
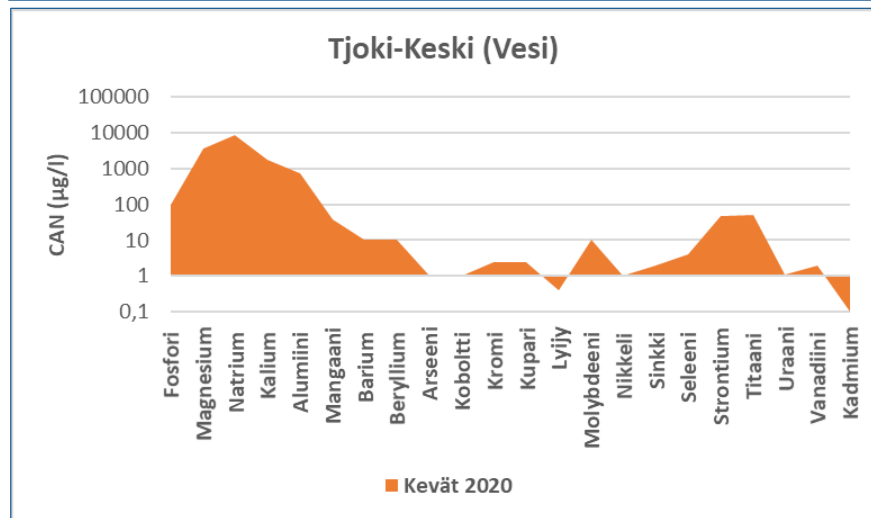
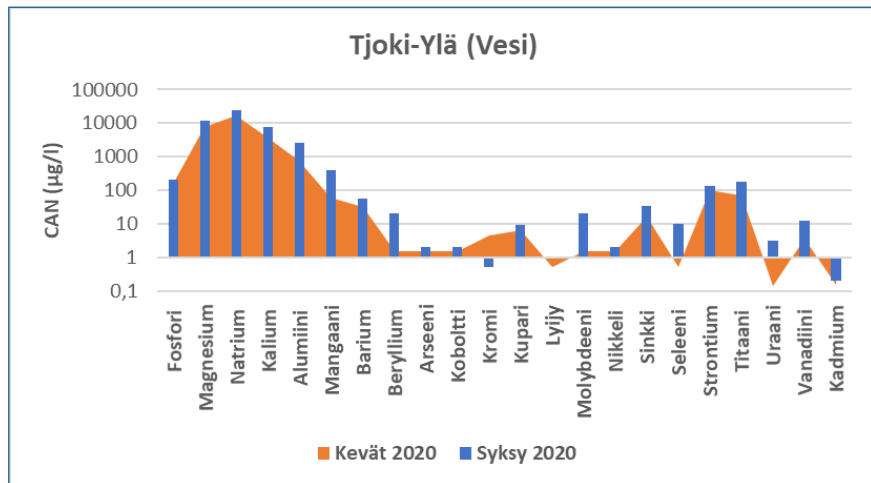
Alkuaineet

Passiivikeräinten määrittystulosten perusteella todettiin useiden metalli-ionien osalta havaintopaikalla Tjoki-Ala muita havaintopaikkoja suurempia pitoisuuksia (kuva 69). Kevään 2020 altistusjaksolla merkittävästi suurempia keskiarvopitoisuuksia havaittiin seuraavien alkuaineiden osalta: alumiini, mangaani, beryllium, molybdeeni, seleeni ja titaani. Syksyn 2020 altistusjaksolla korostuivat alumiini, barium, kromi, kupari, lyijy, nikkeli, strontium ja titaani.

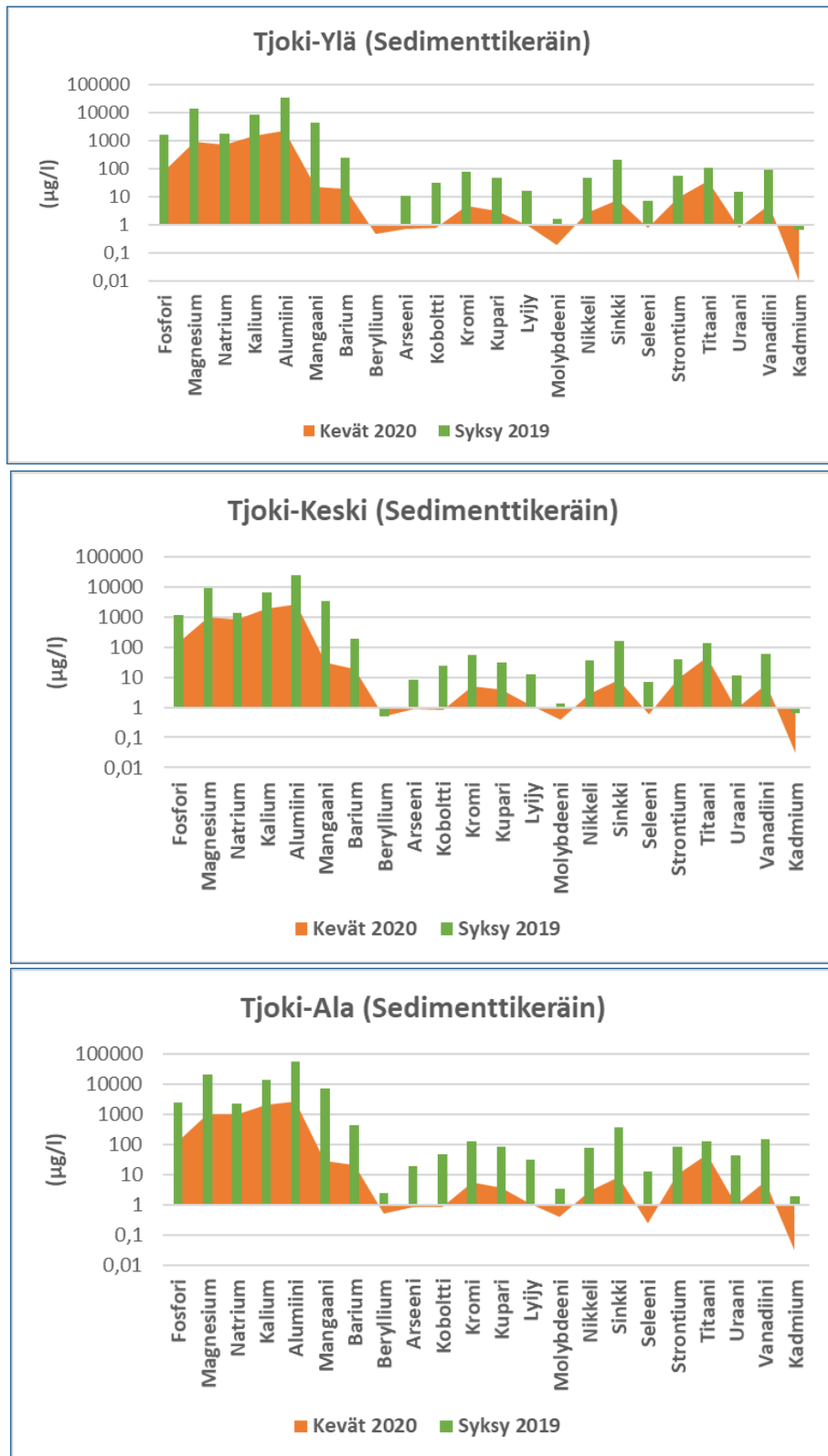
Verrattaessa passiivikeräinten kevään 2020 ja syksyn 2020 altistusjaksojen tuloksia, useimpien alkuaineiden keskiarvopitoisuudet olivat molemmilla havaintopaikoilla (Tjoki-Ylä ja Tjoki-Ala) suurempia syksyn altistusjaksolla (kuva 69). Kevään ja syksyn altistusjaksojen erot olivat suurempia havaintopaikalla Tjoki-Ala, missä mm. pääionien magnesium, natrium ja kalium keskiarvopitoisuuksien nousu kuvasti mineraaliaineksesta liukenevien ionien määrän kasvua.

Sedimenttikeräimissä syksyn 2019 altistusjaksolla olivat useimpien alkuaineiden pitoisuudet havaintopaikalla Tjoki-Keski hieman pienempiä kuin havaintopaikalla Tjoki-Ylä, mutta alimmalla havaintopaikalla Tjoki-Ala pitoisuudet olivat kuitenkin suurimmillaan. Keväällä 2020 alkuaineiden pitoisuuksissa eri havaintopaikoilla ei ollut tunnistettavissa merkittäviä eroja (kuva 70).

Myös sedimenttikeräimissä todettiin kaikilla havaintopaikoilla suuria eroja verrattaessa alkuainepitoisuuksia eri altistusjaksoilla eli syksyllä 2019 ja keväällä 2020. Syksyllä alkuaineiden määrittelytulokset olivat kaikilla havaintopaikoilla suurempia (kuva 70), vaikka kiintoaineen kertyminen oli syksyllä vähäisempää (kuva 68).



Kuva 69. Passiivikeräntulokset (CAN) Tuusulanjoen altistuspaikoista Tjoki-Ylä, Tjoki-Keski ja Tjoki-Ala. Huomaa y-akselin logaritminen asteikko.

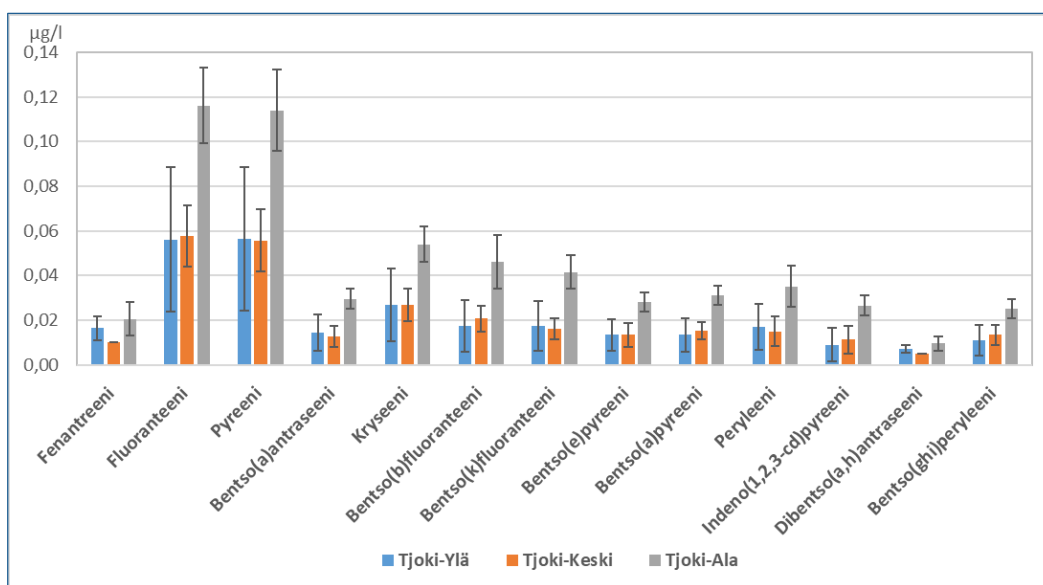


Kuva 70. Sedimenttikeräintulokset (alkuainemääritykset, kolmen rinnakkaisen mediaanin) Tuusulanjoen altistuspaikoista Tjoki-Ylä, Tjoki-Keski ja Tjoki-Ala. Huomaa y-akselin logaritminen asteikko.

PAH-yhdisteet

Passiivikeräimissä, joilla tutkittiin liuenneena kulkeutuvia PAH-yhdisteitä (VOC/PAH-keräimet), kaikkien tutkittujen yhdisteiden pitoisuudet olivat kaikissa Tuusulanjokeen asennetuissa altistuspaikoissa (Tjoki-Ylä, Tjoki-Keski, Tjoki-Ala) alle määritysrajan sekä keväällä että syksyllä 2020. Myös kertavesinäytteiden analyysitulosten mukaan PAH-yhdisteitä ei juurikaan havaittu jokivedessä, vaikka siihen laskevassa ojassa VS-OjaP3 esiintyi ajoittain lukuisia PAH-yhdisteitä (taulukko 8).

Sedimenttikeräimissä, joilla tutkittiin partikkeleihin kiinnittyneenä kulkeutuvia PAH-yhdisteitä, todettiin syksyn 2019 altistusjaksolla kaikissa altistuspaikoissa (Tjoki-Ylä, Tjoki-Keski, Tjoki-Ala) useita PAH-yhdisteitä (kuva 71). PAH-yhdisteiden pitoisuudet olivat samalla tasolla altistuspaikoissa Tjoki-Ylä ja Tjoki-Keski, mutta kaikkien yhdisteiden pitoisuudet olivat korkeampia altistuspaikassa Tjoki-Ala. Tästä voidaan päätellä, että ojauomaa VS-OjaP3 pitkin tulee kiintoainekuormitusta, jonka mukana kulkeutuu partikkeleihin kiinnittyneenä PAH-yhdisteitä.



Kuva 71. Sedimenttikeräintulokset syksyn 2019 altistusjaksolta (PAH-yhdisteet, kolmen rinnakkaisen keskiarvot ja keskihajonnat) Tuusulanjoen altistuspaikoista Tjoki-Ylä, Tjoki-Keski ja Tjoki-Ala. Huomaa y-akselin logaritminen asteikko.

Eniten Tuusulanjoen sedimenttikeräimissä todettiin fluoranteenia ja pyreeniä. Fluoranteeni on nelirenkainen PAH-yhdiste, jota esiintyy luontaisesti maaöljyssä ja kivihiilessä. Ympäristöön sitä päätyy mm. polttoaineiden ja muun orgaanisen aineksen palamisprosesseissa. Fluoranteeni on niukasti vesiliukoinen ja sen biologinen hajoaminen maaperässä on hidasta. Fluoranteeni on myrkyllistä vesieliöille (Reinikainen 2007).

Sedimenttikeräimissä esiintyi myös useita pyreeniyhdisteitä. Niistä haitallisin eliöille on bentso(a)pyreeni, jota käytetään myös PAH-yhdisteiden malliaineena terveysriskin arvioinnissa (Valvira 6.10.2020). Bentso(a)pyreeni on viisirenkainen PAH-yhdiste, jota on mm. maaöljystä jalostetuissa tuotteissa, kreosootissa, maalissa ja lakoissa. Maaperässä bentso(a)pyreeni pysyy tavallisesti orgaaniseen ainekseen sitoutuneena. Yhdisteen biologinen hajoavuus maaperässä on

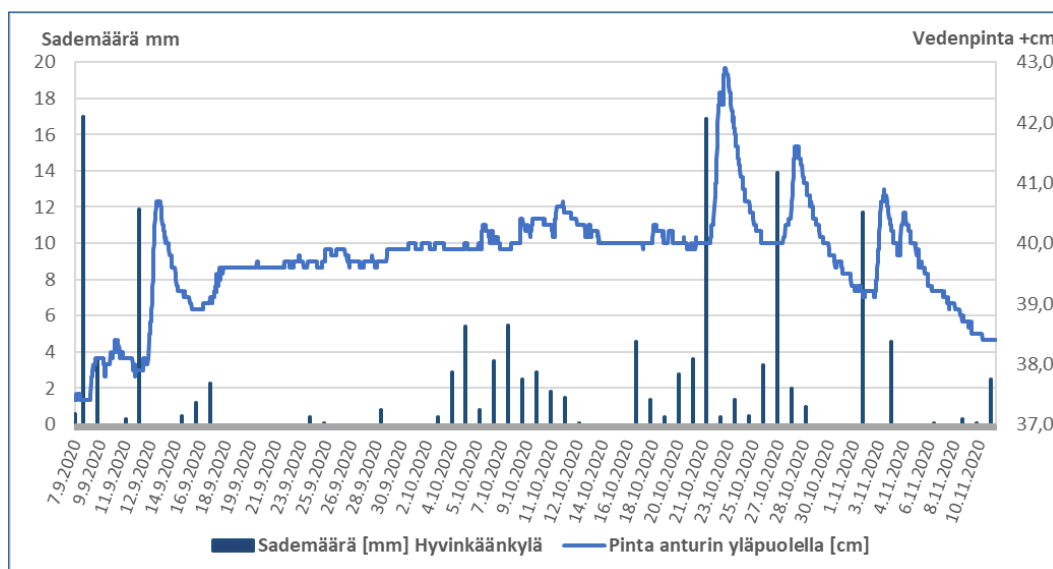
hidasta ja se voi kertyä biologisesti. Bentso(a)pyreeni on tunnetuista PAH-yhdisteistä herkimmin syöpää aiheuttava aine ja se on vesieliöille erittäin myrkyllistä (Reinikainen 2007).

Sedimenttikeräinten altistusjaksolla keväällä 2020 olivat PAH-yhdisteiden pitoisuudet alle yhdistekohtaisten määrittämissä rajojen, yhtä yksittäistä havaintoa lukuun ottamatta. Altistuspaikassa Tjoki-Ylä todettiin bentso(a)pyreeniä (sedimenttikeräimestä määritetty pitoisuus 0,003 µg/l, määrittämissä raja 0,002 µg/l).

6.1.4 Jatkuvat toimiset anturimittaukset

Mustajoen Multajalosteen ojan MJOKI-OjaP2 anturimittausten tulokset

Anturimittausjakso ajoitettiin syksyn 2020 ylivirtaamakaudelle. Anturimittausjakson vuorokautiset sademäärät ja vesipinnan vaihtelut ojassa MJOKI-OjaP2 on esitetty kuvassa 72. Mullanvalmistusalueen pintavaluntavedet ohjataan pääasiassa ojan MJOKI-OjaP2 kautta lounaaseen. Virtaama on tässä ojassa tyypillisesti vähäinen. Ojaa on muokattu kaivamalla, ja siihen on muodostunut syvemmän veden suvantoja. Valuma-alueella on myös turvekerroksia, jotka pidättävät vettä. Syyskuun 2020 alussa oli muutama sateinen päivä, mutta runsaammat sateet keskittyivät lokakuulle. Suurimmillaan virtaama oli lokakuun lopussa, jolloin ojaveden pinta oli 5,5 cm lähtötilannetta korkeammalla. Sadantahuippujen vaikutus näkyi ojassa veden pinnan nousuna siten, että pinta nousi maksimitasolle seuraavan vuorokauden aamupäivään mennessä.

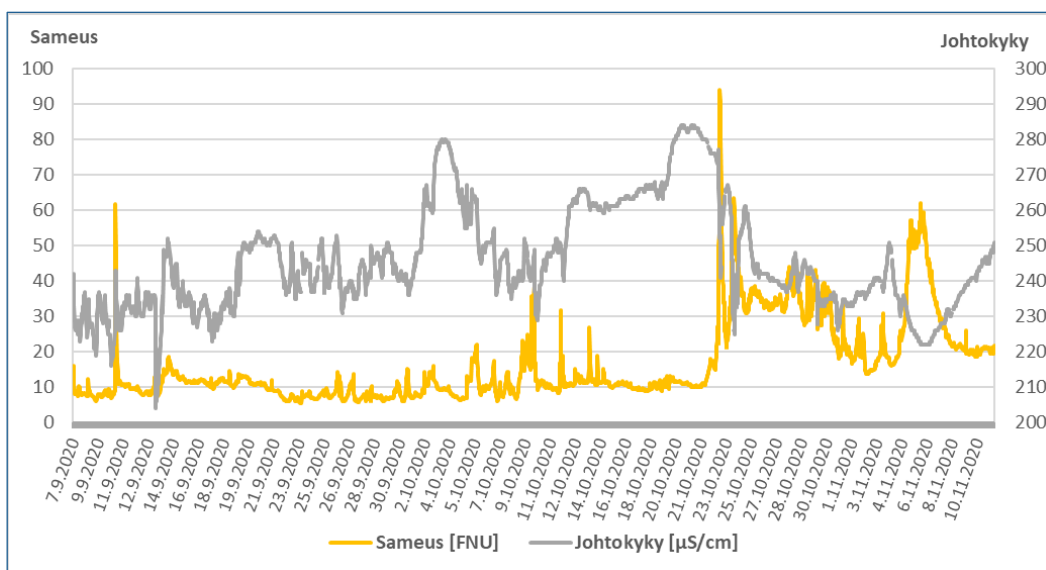


Kuva 72. Vuorokautiset sademäärät ja vedenpinnan vaihtelu ojassa MJOKI-OjaP2 anturimittausjaksolla 7.9.-11.11.2020.

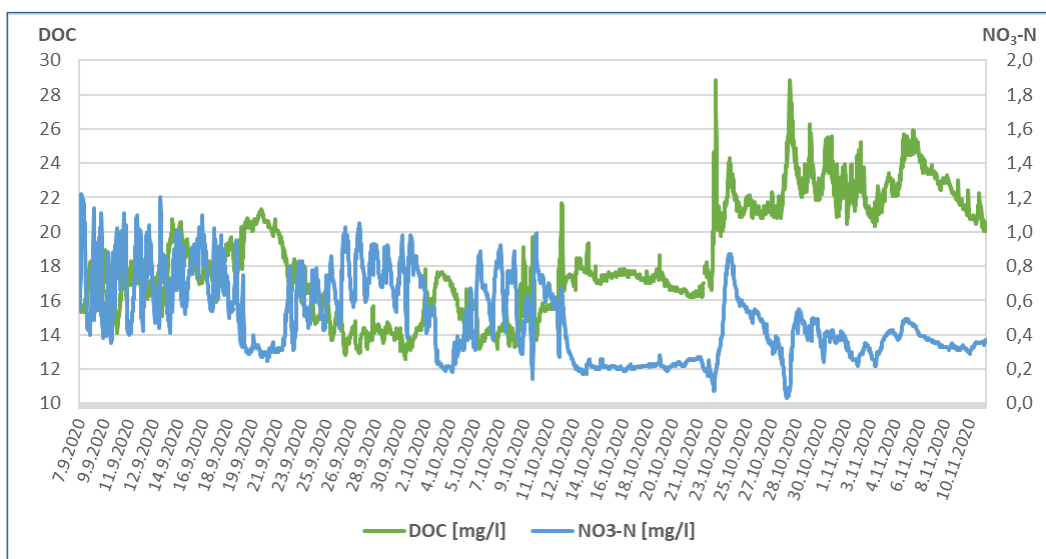
Analyysilaboratoriossa määritettyjen kalibrointinäytteiden tulosten perusteella laadunvarmennettu anturimittausaineisto Mustajoen Multajalosteen ojassa MJOKI-OjaP2 on esitetty kuvissa 73 - 74. Mittausjakson ensimmäinen merkittävä vedenpinnan nousu ojassa havaittiin 13.9.2020, jolloin myös ojaveden sameus nousi äkillisesti tasolta 10 FNU tasolle 60 FNU. Sameus laskeutui

kuitenkin nopeasti lähtötasolle. Seuraava merkittävä vedenpinnan nousu ojassa havaittiin 22.-23.10.2020. Tähän liittyen jälleen mitattiin sameuden äkillinen nousu tasolta 10 FNU tasolle 94 FNU. Vastaavat samanaikaiset piikit vedenpinnassa ja sameudessa havaittiin 3.-6.11.2020. Nämä piikit kuvastavat kiintoainepartikkeleiden voimakasta huuhtoutumista mullanvalmistuskentältä rankkasateiden myötä.

Sähkönjohtokyvyn vaihtelu ojavedessä oli vähäistä, vaihteluvälin ollessa 204 – 283 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (eli 20 – 28 mS/m). Tämä kuvastaa ojaveden liuenneiden ionien vähäisyyttä. Myös ojasta eri vuodenaikoina otettujen näytteiden analyysitulosten mukaan Mustajoen mullanvalmistusalueen ojassa sähkönjohtavuus oli hieman taustapitoisuutta korkeampi, mutta ei kuitenkaan merkittävästi (kuva 29).



Kuva 73. Sameus ja sähkönjohtokyky ojassa MJOKI-OjaP2 anturimittausjaksolla 7.9.-11.11.2020. Huomaa sähkönjohtokyvyn yksikkö: minimi 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ = 20 mS/m .



Kuva 74. DOC- ja $\text{NO}_3\text{-N}$ -pitoisuus ojassa MJOKI-OjaP2 anturimittausjaksolla 7.9.-11.11.2020.

Nitraattityypen pitoisuus ojassa MJOKI-OjaP2 oli pieni, ja pitoisuuden vaihtelu oli sahaavaa pitoisuuksien 0,1 – 1,2 mg/l välillä. Tämä vahvisti pintavesinäytteiden analyysitulosten mukaista päätelmää, että mullanvalmistusalueelta ei huuhtoudu ojiin merkittävää typpikuormaa (kuva 32). Anturimittausjakson aikana nitraattityppipitoisuuden keskimääräinen taso laski, lokakuun puolivälistä alkaen pitoisuus oli alkujaksoa alemmalla tasolla.

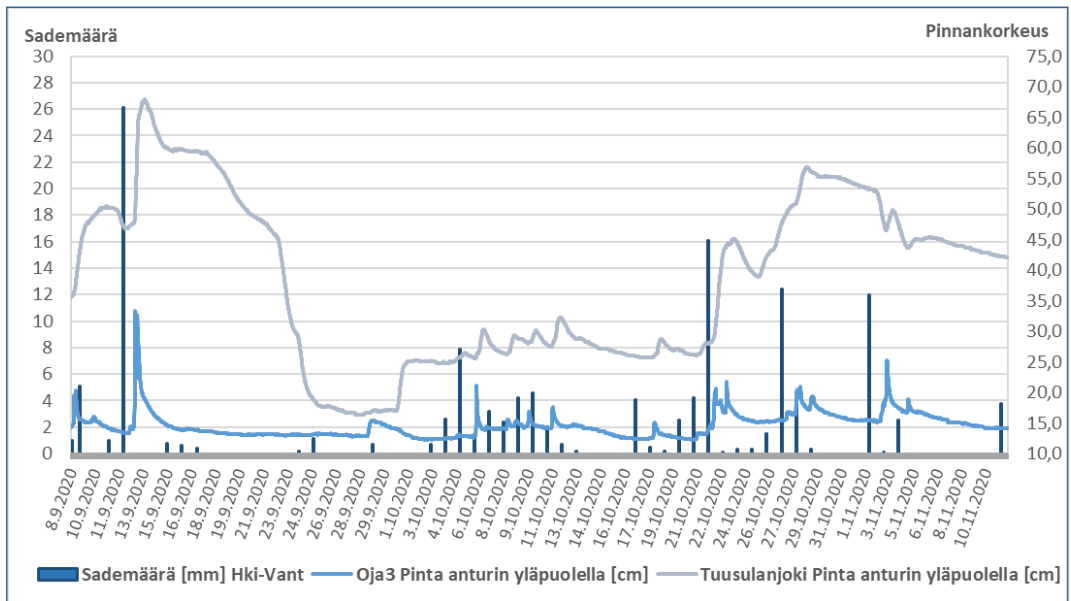
DOC-pitoisuuden muutokset olivat päinvastaisia kuin nitraattityypen pitoisuuksissa havaitut. Alkujaksolla DOC-pitoisuus oli tasolla 14–22 mg/l, mutta lokakuun puolivälistä alkaen se vähitellen nousi tasolle 20–29 mg/l. Sameus- ja DOC-mittaustulosten perusteella ojaan kulkeutui orgaanista ainesta sekä partikkelimuodossa että liuenneina humusyhdisteinä. Humuskuorman kasvu kohti anturimittausjakson loppua selittää multatuotteiden käsittelyn ja varastoinnin keskittyminen kesä- ja syyskaudelle. Tyypeä sitoutui orgaanisen aineksen partikkeleihin, mikä selittää liukaisen nitraattityypen vähenemisen.

Vantaan Solbackan ojan VS-OjaP3 ja Tuusulanjoen anturimittausten tulokset

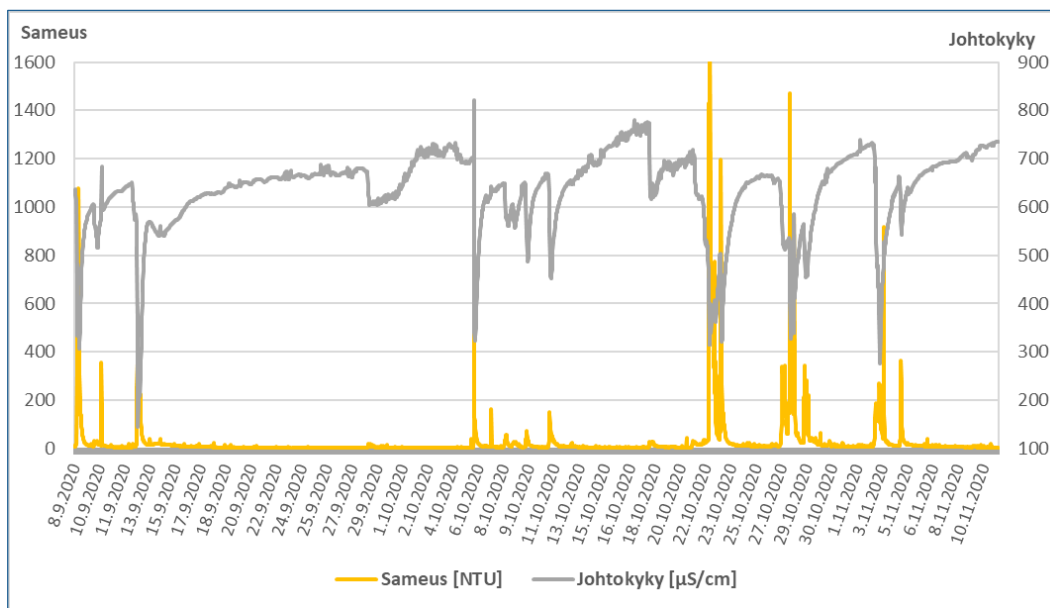
Vantaan Solbackan kohteessa anturimittausasema asennettiin ojaan VS-OjaP3, johon kertyy vettä mm. läheiseltä mullanvalmistusalueelta, sekä Tuusulanjokeen edellä mainitun laskuojan alapuolelle. Näiden anturimittausasemien laadunvarmennettu mittausaineisto on esitetty kuvissa 75 - 78.

Mittausjakson aikaiset sadekuurot ja etenkin rankkasateet näkyivät nopeasti ojassa VS-OjaP3 veden pinnan nousuna ja virtaaman kasvuna. Kun mittausjakson alussa 12.9.2020 mitattiin vuorokauden sademääräksi 26 mm, nousi vedenpinta ojassa saman päivän iltaan mennessä 20 cm. Vedenpinnan nopeita nousuja ja laskuja havaittiin ojassa koko mittausjakson ajan vastaavalla viiveellä, mutta vuorokauden sademäärien ollessa pienempiä vedenpinnan nousu oli vähäisempää. Myös Tuusulanjoessa mitattiin mittausjakson alussa rankkasateen seurauksena vastaava vedenpinnan nousu kuin ojassa, mutta pinta nousi maksimitasolle 12 tuntia myöhemmin, eli 13.9. aamupäivän aikana. Ojassa vedenpinta palautui nopeasti lähtötasolle, mutta Tuusulanjoessa pinta jäi ylemmälle tasolle tai laski vähitellen (kuva 68). Tuusulanjoen vedenpinnan vaihteluihin vaikutti merkittävästi Tuusulanjoen säännöstely Tuusulanjärven luusuassa (kuva 18).

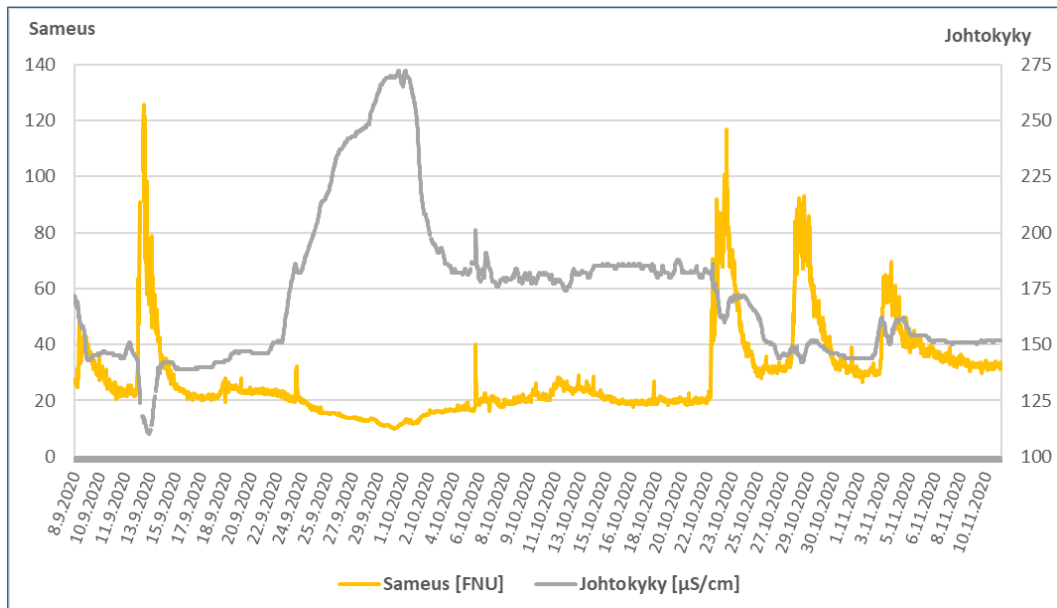
Sateiden seurauksena pintavaluntavedet huuhtoivat ojaan VS-OjaP3 runsaasti hienoainesta, mikä näkyi ojavedessä lyhytaikaisina sameuspiikkeinä. Samanaikaisesti sameuden äkillisesti noustessa sähkönjohtokyky laski, sadevesien laimentavan vaikutuksen seurauksena. Selvät sähkönjohtavuuden laskut ojavedessä mitattiin niinä ajankohtina, jolloin vuorokauden sademäärä ylitti 6 mm (kuva 71). Tästä voidaan päätellä, että vaikka ojiin huuhtoutui runsaasti kiintoainesta, ei liukoisessa muodossa esiintyvien ionien määrä lisääntynyt. Lukuun ottamatta lyhytaikaisia sateiden aiheuttamia laimenemisiä, ojaveden sähkönjohtavuus oli keskimäärin 60 – 70 mS/m. Myös eri vuodenaikoina otettujen ojavesinäytteiden keskimääräinen sähkönjohtavuusarvo oli 60 mS/m, joskin suurta vaihtelua oli havaittavissa (kuva 26). Suurimmat sähkönjohtavuudet eri vuodenaikoina otetuissa ojavesinäytteissä todettiin juuri marraskuun näytteenottokierroksilla eli ajanjaksolla, jolle anturimittauksetkin ajoittuivat.



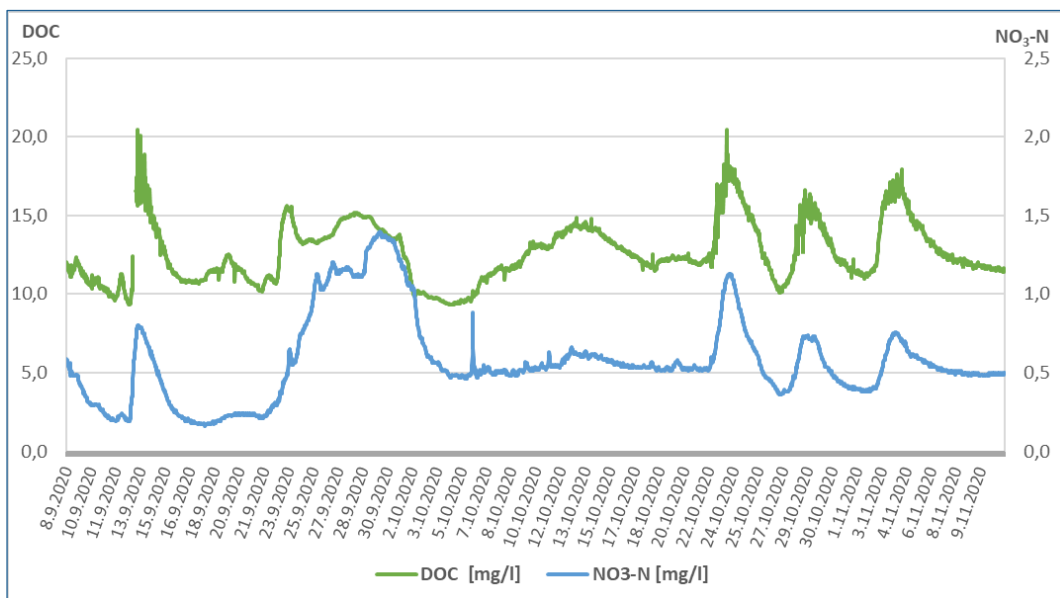
Kuva 75. Vuorokautiset sademäärät ja vedenpinnan vaihtelu ojassa VS-OjaP3 ja Tuusulanjoessa anturimittausjaksolla 7.9.-11.11.2020.



Kuva 76. Sameus ja sähkönjohtokyky ojassa VS-OjaP3 anturimittausjaksolla 7.9.-11.11.2020. Huomaa sähkönjohtokyvyn yksikkö: minimi 100 µS/cm = 10 mS/m.



Kuva 77. Sameus ja sähkönjohtokyky Tuusulanjoessa anturimittausjaksolla 7.9.-11.11.2020. Huomaa sähkönjohtokyvyn yksikkö: minimi 100 µS/cm = 10 mS/m.



Kuva 78. DOC- ja NO₃-N-pitoisuus Tuusulanjoessa anturimittausjaksolla 7.9.-11.11.2020.

Tuusulanjoen vedessä havaittiin selvät sameuspiikit neljänä ajankohtana, joina vuorokauden sademäärä oli 12 – 26 mm. Sameus nousi tällöin tasolta 20 FNU tasolle 70–125 FNU (kuva 77). Sameusmaksimi mitattiin Tuusulanjoessa 24 – 48 tunnin viiveellä sateisen vuorokauden jälkeen, ja 9,5–18,5 tuntia myöhemmin kuin ojassa VS-OjaP3. Eri vuodenaikoina otetuissa jokivesinäytteissä Tuusulanjoen näytteenottopisteessä VS-Tjoki2 sameus oli keskimäärin tasolla 40 FNU (kuva 27), sameuden ollessa pienimmillään (24–41 FNU) syys-marraskuussa, ja suurimmillaan (85 FNU) huhtikuun ylivirtaamakautena. Tuusulanjokeen sekoittuessaan ojavesien sameusarvot pienenevät laimenemisen seurauksena, mutta ojia pitkin huuhtoutunut kiintoaineskuorma näkyy myös jokiveden sameudessa.

Tuusulanjoen jokiveden sähkönjohtavuudessa oli havaittavissa pienet sähkönjohtavuuden alenemat samanaikaisesti sameuspiikkien kanssa. Merkittävin muutos sähkönjohtavuudessa liittyy kuitenkin Tuusulanjoen virtaaman muutoksiin säännöstelyn seurauksena (kuva 18). Jokiveden pinta laski 49 cm jaksolla 13.9.-25.9.2020, ja samalla jaksolla sähkönjohtavuus nousi tasolta 14 mS/m tasolle 24 mS/m. Kun Tuusulanjokeen ei johdettu laimentavia vesiä Tuusulanjärvestä, nousi jokiveden sähkönjohtavuus. Samanaikaisesti sähkönjohtavuuden kanssa nousi myös DOC-pitoisuus ja nitraattityypipitoisuus. DOC-pitoisuudessa ja nitraattityypipitoisuudessa havaittiin kuitenkin pitoisuuksien nousua myös samoina ajankohtina kuin sameudessa, kuvastaen orgaanisen aineksen ja ravinteiden kulkeutumista ojien kautta jokiin (kuva 78).

6.2 Kalataloudellisten kunnostusten seuranta ja onnistumisen arviointi

6.2.1 Puusuisteiden rakentaminen ja korjaus

Puusuisteiden rakentaminen Tuusulanjoella syyskuussa 2019 onnistui suunnitelmien mukaisesti. Suisteita rakennettiin yhteensä neljänä päivänä 11.9., 12.9., 16.9. ja 26.9.2019. Ensimmäisenä ja toisena päivänä kerättiin tarvittava puutavara maastosta ja rakennettiin keskimmaiselle kohteelle (*Solbacka 1*) itärannan puoleinen suiste. Keskimmaisen kohteen suisteen ei kuitenkaan katsottu olevan yksinään riittävä virrannopeuden kasvattamiseksi, minkä vuoksi kolmantena kunnostuspäivänä alueen länsirannan puolelle rakennettiin toinen lyhyempi suiste. Kolmantena kunnostuspäivänä rakennettiin myös alimman alueen (*Solbacka 3*) altakaivajasuiste. Viimeisenä päivänä rakennettiin ylimmän alueen (*Myllykylän alapuolinen koski*) altakaivajasuiste. Rakentamisen jälkeisen silmämääräisen tarkastelun perusteella jokainen suiste vaikutti selkeästi veden virtaukseen kohdesoraikoillaan, poistaen niistä hiekkaa ja kiintoainesta tai kiihdyttäen veden virtausta. Lisäksi keskimmaisen alueen suiste keräsi molempien puolien suisteiden taakse ja varsinkin itärannan puolelle runsaasti kiintoainesta.

Puusuisteiden rakentamista helpotti sopivan puutavaran löytyminen tutkimusalueen viereiseltä Vantaan kaupungin omistamalta metsäpalstalta ja uomasta. Painavampien uppotukkien käyttö suisteissa auttoi niitä pysymään paremmin paikoillaan ylivirtaamakaudella. Tuoreen kelluvan puun käyttäminen olisi voinut johtaa suisteiden nopeaan hajoamiseen veden pinnan noustessa. Suisteiden kunto tarkastettiin useaan otteeseen rakentamisen jälkeen. Kaikki suisteet pyrittiin naamioimaan työntämällä suistepuiden väleihin runsaasti risuja ja oksia, jotta alueella liikkuvat eläimet eivät vierastaisi niitä.

Suisteiden rakentamista vaikeutti Tuusulanjärven luusuassa sijaitsevan säännöstelypadon käyttö kesän ja syksyn 2019 aikana. Padon äkinäinen säännöstely nosti ja laski Tuusulanjoen virtaamaa voimakkaasti, jopa niin, että muutos oli silminnähtävissä yhden maastokäynnin aikana. Voimakas virtaaman vaihtelu näkyi selkeästi myös Suomen ympäristökeskuksen virtaamahavaintoaineistossa (kuva 18). VHVS oli yhteydessä säännöstelystä vastaavaan tahoon, jonka jälkeen säännöstely muuttui vähemmän ääreväksi. Korkeammalla virtaamalla puusuisteiden teko oli haastavaa, ja nopeasti kasvaneen virtaaman takia virtausnopeusmittaukset ennen suisteen rakentamista ja suisteen valmistumisen jälkeen eivät ole täysin vertailtavissa.

Korkean virtaaman myötä Tuusulanjoen vesi myös sameni huomattavasti, mikä vaikeutti huomattavasti vuollejokisimpukoiden etsimistä vesikiikarilla syksyn 2019 rakennustöiden yhteydessä. Huonon näkyvyyden vuoksi soraikkoja ei ryhdytty kuohkeuttamaan talikoilla, koska simpukoiden etsintää ei pystytty toteuttamaan suurelle alueelle ja kuohkeutuksen arveltiin olevan simpukoille erityisen vahingollista. Kuohkeuttamisen sijaan soraikon pinta rikottiin pieneltä alueelta kengän kärjellä, toivoen, että veden virtaus poistaa ajan myötä soraikkoon kertyneen hiekan.

Välittömästi rakentamisen jälkeen molemmat altakaivajasuisteet näyttivät ohjaavan virtausta soraikkojen sisälle ja nostavan niistä hiekkaa. Hiekka kuitenkin näytti laskeutuvan pian suisteen alapuolelle, mikä ei ollut toivottavaa. Selvä silminnähtävä vaikutus ulottui vain rajalliselle alueelle heti suisteen alapuolelle. Alimman altakaivajasuisteen vierestä havaittiin useampi taimenen kutupesä 11.10.2019 tehdyllä tarkistuskäynnillä, mutta suisteen takaa pesät näyttivät puuttuvan. Tämä herätti epäilyksen suisteen jopa haittaavan taimenen kutua kyseisellä soraikolla. Heikon toimivuuden ja mahdollisesti jopa taimenen kutua häiritsevän vaikutuksen vuoksi molemmat altakaivajat päätettiin purkaa ennen seuraavaa syksyä.

Kaikki suisteet kestivät syksyn 2019 korkeat virtaamat, mutta alin altakaivajasuiste irtosi talven aikana jättäen vain jälkeensä osan tukitolpista. Keskimmäisen suisteen länsipuoleinen osa vääntyi hieman, mutta pysyi suurelta osin ehjänä, kun taas ylin suisteista vaikutti pysyneen täysin ennallaan. Ylimmän alueen kevyistä väliaikaisista ohjuripuista osa ei oletetusti kestänyt suuria virtaamia ja irtosivat ylivirtaamien aikana.

Elokuussa 2020 toteutetun suisteiden korjauksen aikana virtaamaolosuhteet olivat työskentelyn kannalta otolliset ja simpukoiden etsintä vesikiikarilla onnistui hyvin. Simpukoita ei kuitenkaan havaittu yhdelläkään kunnostetulla soraikolla.

Korjauksen yhteydessä ylin altakaivajasuiste muutettiin virtaa kiihdyttäväksi virranohjainsuisteeksi ja alapuolinen soraikko kuohkeutettiin talikolla. Kuohkeutuksen yhteydessä havaittiin, että syvällä soraikon sisällä oli runsaasti suuria 20–60 cm levyisiä kiviä, joiden arveltiin olevan syynä, miksi suisteen synnyttämä virtaus ei kyennyt tunkeutumaan riittävästi soraikon sisälle. Kivet poistettiin ja asetettiin soraikon takareunalle, estämään soraikon huuhtoutumista alavirtaan tulva-aikana. Alinta talven aikana hajonnutta altakaivajasuistetta ei korjattu ja loputkin soraikolle asetetut kivet ja jäljellejääneet pystytolpat poistettiin.

Korjauksen aikana elokuussa 2020 myös keskimmäinen vääntynyt virranohjaussuiste suoristettiin ja suisteeseen lisättiin puita. Länsirannan puoleista suistetta myös lyhennettiin noin 1,5 metriä, koska syksyllä 2019 tehtyjen havaintojen mukaan valtaosa taimenten kutupesistä sijoittui suisteen synnyttämän virran reunoille, eikä keskellä ollut juurikaan merkkejä kudusta. Syynä virran reunojen suosimiseksi kutupaikkoina arveltiin olevan suisteen aiheuttaman virran jopa tarpeettoman suuri nopeus. Lyhentämisen myötä virran paine jakautuu jatkossa laajemmalle alueelle, vähentäen virrannopeutta keskellä soraikkoa. Suisteen takana oleva soraikko myös puhdistettiin hiekasta talikoiden avulla.

6.2.2 Sähkökoekalastukset

Kunnostuskohteiden koekalastukset tehtiin 4.9.2019 ja kalastus uusittiin samoilla koealoilla 28.8.2020. Kaikki koealat sisälsivät rakennetut puusuisteet.

Läjitysalueiden vaikutuksen yläpuolella sijaitsevan Myllykylän alapuolisen kosken vuoden 2019 koekalastuksessa koskesta saaliiksi saatiin kuusi taimenen kesänvanhaa (0+) poikasta sekä runsaasti kivisimppuja ja töröjä, kaksi haukea ja särkiä. Lisäksi saaliiksi saatiin yksi täplärapu. Laskennallinen taimentiheys jäi kuitenkin melko matalaksi (5,2 yksilö/100 m²). Kunnostuksen jälkeen syksyllä 2020 uusitusessa sähkökalastuksessa havaittu lajisto oli sama kuin edeltävänä vuonna, mutta taimentiheydet kasvoivat hieman, 7,6 yksilöön aarilla.

Keskimmäisestä Finavian maankaatopaikan vaikutuspiirissä olevasta tutkimusalueesta (*Solbacka 1*) kalastettiin kumpanakin vuonna kosken kiivasvirtainen koskialue sekä osa sen alapuolisesta hitaampivirtaisesta suvantoalueesta, jossa kunnostettavaksi valittu kutusoraikko sijaitsi. Kunnostusta edeltäneellä 2019 kalastuksella saaliiksi saatiin taimenen kesänvanhoja 0+ poikasia, yksi sukukypsä taimen, runsaasti kivisimppuja sekä muutama salakka ja törö. Taimenen 0+ poikaset saatiin varsinaiselta koskialueelta ja sukukypsä 33 cm naarastaimen suvannossa sijainneen soraikon yläpuolisesta montusta saaliiksi.

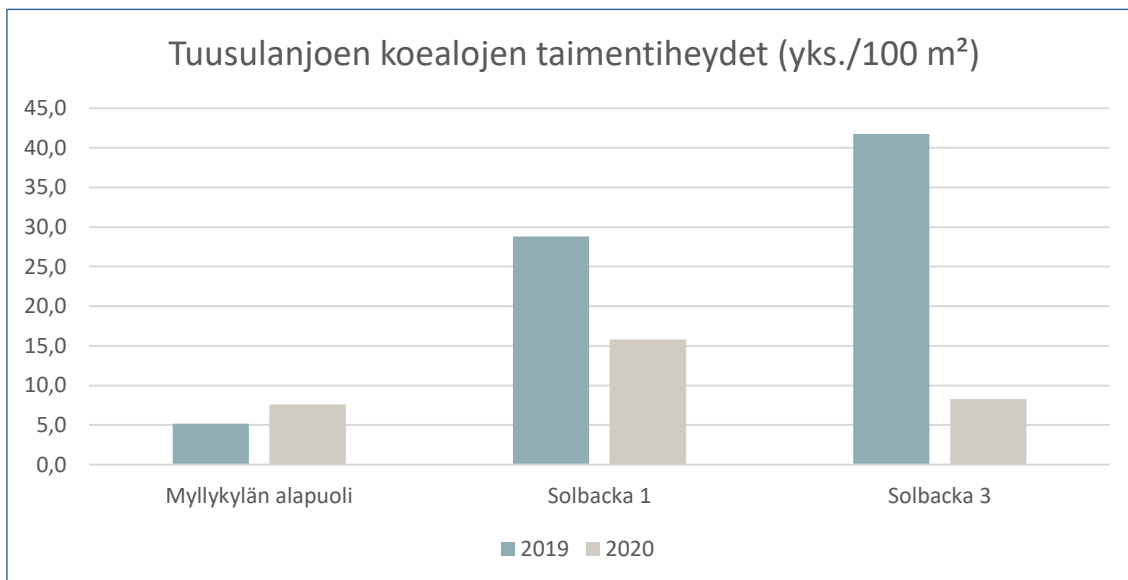
Vuoden 2020 saaliiksi saatu lajisto oli hyvin samankaltainen kuin vuonna 2019, mutta taimenen poikastiheys laski selvästi vuoden 2019 28,8 poikasesta vuoden 2020 15,8 poikaseen per aari. Vuoden 2019 tapaan kunnostetun soraikon yläpuolisesta montusta saatiin saaliiksi kookas sukukypsä taimen.



Kuva 79. Sobacka 1-koealalta saatiin saaliiksi 42 cm taimenkoiras.

Alin, Finavian maankaatopaikan ja Pihamaa Oy:n mullanjalostusalueen vaikutuspiirissä oleva koskialue (*Solbacka 3*) on ylempää aluetta kapeampi eikä sisältänyt samanlaista suvantomaista aluetta. Koealalta saatiin vuonna 2019 saaliiksi runsaasti taimenen kesänvanhoja (0+) poikasia sekä yksi yli kolmekymmentä senttinen vanhempi taimen. Kalasto oli samanlainen kuin ylempässä koskessa, yhtä kiiskeä lukuun ottamatta. Kivisimppuja saatiin saaliiksi hieman vähemmän, mutta salakoita ja töröjä vastaavasti enemmän.

Vuonna 2020 lajisto oli samanlainen kuin ylemmässä koskessa, mutta kaikkien lajien kappalemäärät laskivat jonkin verran. Taimenen 0+ poikasten määrä koealalla suorastaan romahti 40 yksilöstä 8 yksilöön. Vanhempia taimenia saatiin kumpanakin vuonna 1 kappale. Vuoden 2020 pyynnin aikana havaittiin, että noin kymmenen 0+ poikasta ja muutama vanhempi taimen pääsi karkaamaan ohi haavin.



Kuva 80. Tuusulanjoen koealojen taimentiheydet vuosina 2019 ja 2020 tehdyissä sähkökoealastuksissa.

6.2.3 Virtausnopeusmittaukset

Veden virtausnopeudet mitattiin neljästä pisteestä 5 cm:n syvyydestä kaikilta kunnostetuilta soraikoilta ennen puusuisteiden rakentamista ja rakentamisen jälkeen. Eri päivinä tehdyt mittaukset eivät ole keskenään vertailukelpoisia, koska Tuusulanjoen virtaama muuttui päivien välillä. Syksyn 2019 Tuusulanjoen äärevän säännöstelyn takia virtaama muuttui myös saman päivän aikana siten, että samana päivänä tehdyt mittaukset eivät myöskään ole täysin vertailukelpoisia. Tulosten huonon vertailtavuuden vuoksi virranopeuksia tarkastellaan prosentuaalisina muutoksina ennen ja jälkeen suisteiden rakentamisen.

Lähtöoletuksena suisteiden rakentamisessa oli, että altakaivajatyypiset suisteet hidastavat veden virtausta suisteen takana, kun taas virranohjainsuisteet kasvattavat sitä. Virranohjainsuisteen synnyttämän virtausnopeuden kasvun toivottiin nostavan eniten minimivirranopeutta ja keskimääräistä virranopeutta soraikolla, maksimivirranopeuden noustessa vähiten. Tämän vuoksi virtausnopeuden muutokset ovat ilmoitettu muutoksina neljän mittauksen keskiarvossa sekä pienimmässä ja suurimmassa mitatussa arvossa.

Ylimmällä tutkimusalueella Myllykylän alapuolisessa koskessa altakaivajasuiste hidasti virranopeutta keskimäärin 0,35 metristä sekunnissa 0,31 metriin sekunnissa, eli noin 10,7 %. Soraikon hitain virranopeus laski 0,10 cm/s ja nopein virranopeus kasvoi 0,02 m/s.

Taulukko 10. Virrannopeuden muutos (ennen ja jälkeen suisteiden rakentamisen) Myllykylän alapuoliossa koskessa.

Alue	Ka	Min	Maks
Myllykylän ap. (26.9.2019)	-10.7 %	-34.5 %	5.1 %

Keskimmäisen alueen virranohjainsuisteet rakennettiin kahdessa osassa, minkä vuoksi virrannopeus mitattiin kahdesti kahtena eri päivänä. Ensimmäisenä päivänä tapahtunut virtausnopeuden muutos johtui itärannan puoleisen suisteen rakentamisesta ja osittain Tuusulanjoen virtaaman kasvusta. Toisena päivänä mitattu muutos johtui länsirannan puolelle rakennetusta suisteesta. Tuusulanjoen virtaaman muutokset huomioon ottaen virran nopeus soraikon kohdalla kasvoi keskimäärin enintään 40,8 %, josta itärannan suisteen ja rakentamisen aikana tapahtuneen pinnan nousun vaikutus oli noin 42 % ja länsirannan suisteen vaikutus 58 %. Silmämääräisesti tarkasteltuna länsirannan suisteen rakentamisen jälkeen virrannopeus soraikolla oli kiihtynyt ja liki optimaalinen taimenen kutuun.

Taulukko 11. Virrannopeuden muutos (ennen ja jälkeen suisteiden rakentamisen) keskimmaisessä koskessa *Solbacka 1*.

Alue	Ka	Min	Maks
Solbacka 1 (11.9.2019)	17.3 %	29.8 %	19.0 %
Solbacka 1 (26.9.2019)	23.5 %	23.1 %	28.6 %
Solbacka 1 kokonaismuutos %	40.8 %	52.9 %	47.5 %

Alimmalla kunnostuskohteella (*Solbacka 3*) tutkimussoraikko jaettiin kahteen osaan vertailu-vaikutusparin muodostamiseksi (kuva 81). Tällä soraikolla virrannopeusmittauksen ennen lukema on mitattu vertailuosalta ja jälkeen lukema vaikutusosalta. Virrannopeus erosi jaetun soraikon eri osissa jo ennen altakaivajasuisteen rakentamista, minkä vuoksi virtausnopeus mitattiin kummaltakin puolelta ennen suisteen asennusta ja asennuksen jälkeen. Tarkasteltavaksi muuttujaksi valittiin virtausnopeuksien erotus ennen ja jälkeen suisteen asennuksen. Kasvava erotus tarkoittaa suisteen hidastavan virtaa vaikutuspuolella ja nopeuttavan vertailupuolella ja siten kasvattavan nopeuksien välistä erotusta. Mittausten perusteella virtausnopeuksien erotus soraikon eri puolien välillä kasvoi suisteen rakentamisen myötä 29,3–39,4 % lähtötilanteesta.

Taulukko 12. Virrannopeuden muutos (ennen ja jälkeen suisteiden rakentamisen) alimmassa koskessa *Solbacka 3*.

Virtausnopeuden erotus	Ka	Min	Maks
12.9.2019 ennen suistetta	-25.4 %	-39.3 %	-15.3 %
26.9.2019 suisteen jälkeen	-54.7 %	-75.7 %	-54.7 %
Muutos	29.3 %	36.4 %	39.4 %



Kuva 81. *Solbacka 3*:n tutkimussoraikko jaettuna vertailu- ja vaikutuspariksi ennen (vas.) ja jälkeen (oik.) altakaivajasuisteen asennusta

6.2.4 Soraikkojen tiiviysmittaukset

Soraikkojen kuohkeus (cm) mitattiin painamalla Farmcomp Wile -maantiiviysmittaria soraikkoon kohtisuoraan alaspäin 250 PSI:n paineella ennen suisteiden rakentamista syksyllä 2019 ja vuosi suisteiden rakentamisen jälkeen syksyllä 2020. Mittauksia tehtiin 5-7 pisteestä, jotta soraikon kuohkeudesta sen eri osissa saatiin edustava kuva. Raportoitavaksi muuttujaksi valittiin muutos soraikon keskimääräisessä, pienimmässä ja suurimassa kuohkeusarvossa.

Taulukko 13. Puusuisteilla kunnostetuilta soraikoilta mitatut minimi, maksimi ja keskimääräiset kuohkeudet ennen kunnostamista.

Lähtötilanne 26.9.2020	<i>Myllykylän ap</i>	<i>Solbacka 1</i>	<i>Solbacka 3</i> (vaik)	<i>Solbacka 3</i> (vert.)
min	0	5	2	7,5
ka	3	7,5	3,5	12,75
maks	6	10	5	18

Altakaivajasuisteiden takaiset soraikot olivat lähtötilanteessaan hyvin tiiviitä, kuohkeuden ollessa 0–5 cm (taulukko 13). *Solbacka 3* -soraikon vertailupuoli oli puolestaan melko kuohkea

kuohkeuden ollessa 7,5–18 cm. Virranohjainsuisteella kunnostettu *Solbacka 1* -alueen soraikko oli kuohkeudeltaan kohtalainen 5–10 cm. VHVS:n virtavesi-inventoinneissa tehdyissä mittauksissa suurimmat kuohkeusarvot ovat suurimmillaan 40–60 cm.

Vuosi kunnostuksen jälkeen tehdyissä mittauksissa kaikkien soraikkojen läpäisevyys, eli kuohkeus kasvoi. Suurinta muutos oli *Solbacka 3* -alueen soraikon kunnostetulla puolella ja pienintä vertailupuolella (taulukko 14).

Taulukko 14. Puusuisteilla kunnostetuilta soraikoilta mitatut minimi, maksimi ja keskimääräiset kuohkeudet 258 päivää kunnostuksen jälkeen. Suluissa muutos lähtötilanteesta.

258 päivää kunnostuksen jälkeen 10.6.2020	<i>Myllykylän ap</i>	<i>Solbacka 1</i>	<i>Solbacka 3 (vaik)</i>	<i>Solbacka 3 (vert.)</i>
min	2 (2)	7 (2)	7 (5)	8 (0,5)
ka	4,5 (1,5)	9 (1,5)	7,5 (4)	15 (2,25)
maks	7,5 (1,5)	13,5 (3,5)	15 (10)	17 (-1)

Kunnostetuista soraikoista kaksi uudelleenkuohkeutettiin talikoilla elokuussa 2020, jolloin virtaamaolosuhteet olivat syksyä 2019 otollisemmat vuollejokisimpukoiden etsinnöille. Talikko-kuohkeutuksen myötä tapahtuneet kuohkeuden muutokset ovat esitettyinä taulukossa 15. Erittäisesti Myllykylän alapuolisen koskialueen kunnostussoraikosta mitatut kuohkeuslukemat kasvovat, sillä soraikosta nostettiin useita huomattavan suuria kiviä, jotka olivat estäneet veden tunkeutumisen soraikkoon.

Taulukko 15. Elokuussa 2020 tehdyn kuohkeutuksen jälkeen mitatut kuohkeudet.

Muutos	<i>Solbacka 1</i>	<i>Myllykylän ap</i>
min	-1	4
ka	3,1	16,5
maks	7,5	10

6.2.5 Soraikon sisäiset pitkäaikaisedimenttikeräimet

Alimmalle alueelle (*Solbacka 3*) asennettiin marraskuussa 2019 yhteensä kuusi pitkäaikaisedimenttikeräintä, kolme sekä käsiteltyyn että käsittelemättömään soraikkoon. Keräimet nostettiin soraikoista 10.6.2020, yhteensä 217 vuorokauden altistusjakson jälkeen. Nosto tehtiin siten, että joen pohjalla ollut rasia suljettiin jälleen varovaisesti kannella, jonka jälkeen se nostettiin ylös sorasta. Noston jälkeen rasian sisältö kaadettiin valkoiseen vatiin, jonka jälkeen rasiassa ollut sora huuhdettiin tarkasti kivi kerrallaan. Huuhtelun jälkeen syntynyt vesinäyte vietiin Metropolilab Oy:n laboratorioon kiintoainesanalyysejä varten.



Kuva 82. Pitkäaikaisedimenttikeräinten asennusta ja kutupesien etsintää Tuusulanjoessa marraskuussa 2019. Keräinten sijainnit merkittyinä punaisilla ympyröillä.

Keräimien noston aikana Tuusulanjoen virtaamaolosuhteet olivat otolliset keräinten etsintään ja yhteensä kuusi kahdestatoista keräimestä onnistuttiin löytämään. Myllykylän alapuolisen koskialueen tutkimussoraikosta löydettiin 2/3 keräintä ja keskimmäisestä *Solbacka 1* -tutkimussoraikosta ei löydetty yhtäkään keräintä. Alimmalta *Solbacka 3* -tutkimussoraikosta löydettiin kaikki kolme suisteen taakse asetettua keräintä, mutta vain yksi keräin ilman suistetta olleelta vertailupuolelta.

Keräimien onnistuneesta nostosta huolimatta sedimenttikeräimillä toteutettu seuranta epäonnistui, koska laboratorioon toimitetut näytteet käsiteltiin virheellisesti, eivätkä keräinten väliset tulokset ole vertailukelpoisia. Näytteiden kiintoainemäärät oli virheellisesti määritetty pitoisuutena (mg/l), vaikka laboratorioon toimitetut näytteet olivat vesitilavuudeltaan eri suuruisia. Näytteistä olisi pitänyt määrittää kiintoaineen kokonaismäärä, eikä pitoisuutta leijuvasta ja-keesta. Tämän vuoksi tuloksista ei voi päätellä keräimiin kertyneen kiintoaineen todellista määrää.



Kuva 83. Pitkäaikaisedimenttikeräimen nostoa kesäkuussa 2020.

6.2.6 Muu seuranta

Puusuisteilla tehdyn kunnostuksen onnistumista arvioitiin sähkökalastusten ja soraikoilla tehtyjen mittausten lisäksi laadullisesti tarkkailemalla suisteiden vaikutuksia kohdesoraikkoihinsa. Välittömästi suisteiden rakentamisen jälkeen niiden todettiin selkeästi muuttavan veden virtausta suisteiden takana.

Lokakuussa 2019 suisteiden rakentamisen aikana tulleen tulvapiikin jälkeen etenkin *Solbacka 3* -soraikolle rakennetun altakaivajan huomattiin kaivaneen odotetulla tavalla kuopan suisteiden alle, ja nostaneen siitä soraa ja hiekkaa suisteiden taakse. Suiste hajosi talven 2019–2020 aikana, mutta sen vaikutus kohdesoraikkoon oli hyvin nähtävissä kesäkuussa 2020 (kuva 84). Välittömästi suisteiden takana oleva sora oli myös erittäin kuohkeaa, mikä näkyi myös tiiveysmittauksissa.

Myös Myllykylän alapuoliselle koskipaikalle rakennetun altakaivajasuisteiden havaittiin kaivavan suisteiden alapuolelle kuopan, mutta kuoppa jäi pieneksi, eikä soraikko ollut silmämääräisesti vähemmän hiekkainen kuin ennen suisteiden rakentamista.



Kuva 84. Solbacka 3 alatakaivajasuisteella kunnostettu soraikko lokakuussa 2019 (alla) ja kesäkuussa 2020 (yllä). Suisteen nostama sora ulottui kesäkuussa 2020 veden pinnan yläpuolelle, vaikka vedenpinta oli korkeammalla kuin lokakuussa 2019 otetussa kuvassa.

Solbacka 1 virta-alueelle rakennettu suiste vaikutti silmämääräisesti toimivan hyvin. Hieman yllättäen suisteen kohdesoraikon lisäksi veden virtaus kiihtyi huomattavasti myös suisteen ja joen itärannan välillä. Tämän seurauksena itärannan rantavedestä paljastui runsaasti uutta kutusoraa. Lisäksi suisteen kummankin osan etu- ja takapuolelle kertyi runsaasti kiintoainesta, mikä osaltaan tuki suistetta. Jos kiintoaineen kertyminen jatkuu usean vuoden ajan, voi suisteen vaikutus soraikkoon jäädä pysyväksi.



Kuva 85. *Solbacka 1* -alueelle rakennettu suiste puhdisti joen pohjaa kiintoaineksesta myös suisteen ja itärannan väliltä.



Kuva 86. *Solbacka 1* -alueen suisteen etu – ja takapuolelle kertyi runsaasti kiintoainesta.

Veden virtauksen muutosten lisäksi kunnostetuilla alueilla tehtiin kuduntarkkailua syksyjen 2019 ja 2020 aikana. Tuusulanjoen äärevä säännöstely vaikeutti kuduntarkkailua, eikä tarkkailua kyetty tekemään olleenkaan vuonna 2020. Vuonna 2019 tarkkailu onnistui yhtenä päivänä

(11.10.2019), jolloin kaikkien kunnostussuisteiden läheisyydessä havaittiin kutevia meritaimenia tai kutupesiä. Havainto varmisti sen, että tutkimusalueen valinta oli onnistunut.

Kutua ei havaittu altakaivajasuisteiden alapuolella, mikä oli osin odotettavissa, sillä suiste hidasti veden virtausta soraikolla huomattavasti. Kutupesiä havaittiin kuitenkin Solbacka 3 -altakaivajasuisteen vieressä. Meritaimenia ja kutupesiä havaittiin myös Myllykylän alapuolisen koskialueen yläosassa ja Solbacka 2 -virta-alueella.



Kuva 87. Meritaimen-naaras kaivamassa kutupesää Tuusulanjoen alaosalla lokakuussa 2019.

Solbacka 1 -alueelle rakennettu virtausta kiihdyttävä suiste vaikutti onnistuneen erittäin hyvin, ja suisteen takana muodostuneessa nopeammassa virrassa havaittiin useita kutevia taimenia. Marraskuun 2019 alussa pitkän altistusjakson sedimenttikeräinten asennuksen yhteydessä tehdyllä maastokäynnillä suisteen takana arvioitiin olevan yli 10 kutevien meritaimenten jättämää kaivuujälkeä, joista ainakin osan arveltiin olevan kutupesiä. Pesien sisältöä ei kuitenkaan tarkistettu, eikä kaikkia pesiä lähdetty etsimään, sillä turhaa kahlaamista soraikolla pyrittiin välttämään. Kaikki pesät näyttivät olevan virran reunoissa tai hitaan virran alueella, mikä viittaisi siihen, että virtaus oli tulva-aikaan liian kova suisteen keskellä. Tämän vuoksi suistetta lyhennettiin syksyksi 2020, jotta veden virtaus ei kiihdy liialliseksi.

Kutupesähavainto varmistui osittain elokuussa 2020, kun soraikon kuohkeutuksen yhteydessä havaittiin, että soraikon sisältä nousi kuolleita mätijyviä, jotka kokonsa puolesta olivat todennäköisesti meritaimenen.

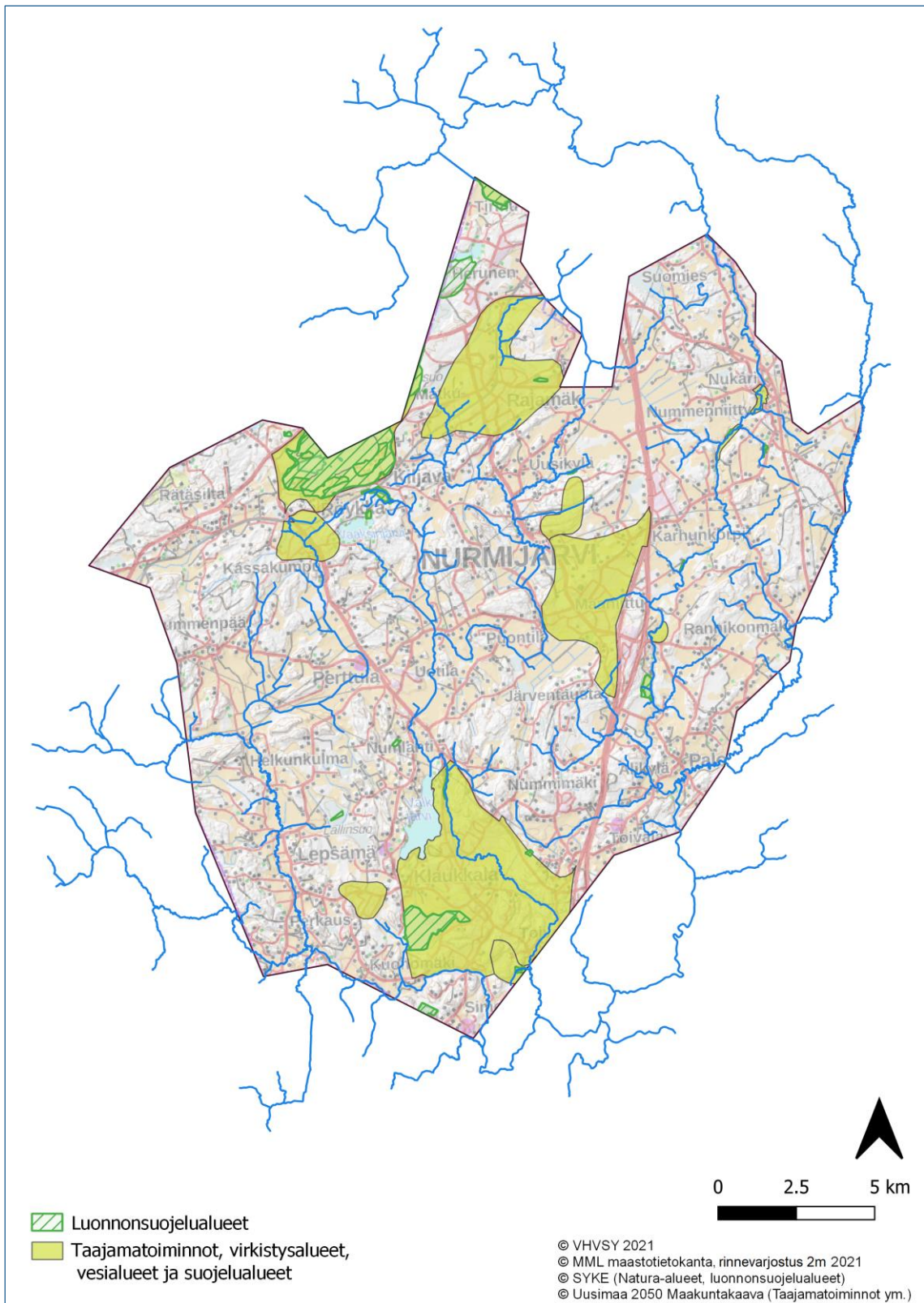
7 Paikkatietoanalyysin testaus – esimerkkikohteena Nurmijärven kunta

Hankkeen loppuvaiheessa kokeiltiin tarkemmin esiselvitysvaiheessa laadittua paikkatietoanalyysiä yhden kunnan alueella. Paikkatietoanalyysiä sovellettiin siten, että kriteeristön avulla pyrittiin etsimään sellaisia alueita, joihin sijoitettavilla ylijäämämaiden läjitysalueilla olisi mahdollisimman vähäisiä haitallisia vaikutuksia pinta- ja pohjavesien laatuun sekä vaelluskalojen lisääntymisalueisiin. Tarkastelualueeksi valittiin Nurmijärven kunta. Analyysi tehtiin käyttäen QGIS 3.10. ohjelmistoa. Tarkastelua varten Nurmijärven kunnan maapinta-alaan lisättiin 5 km:n puskurivyöhyke, jotta kuntarajan yli ulottuvat vaikutukset voitaisiin myös huomioida. Puskurivyöhykkeet luotiin Buffer-työkalun avulla.

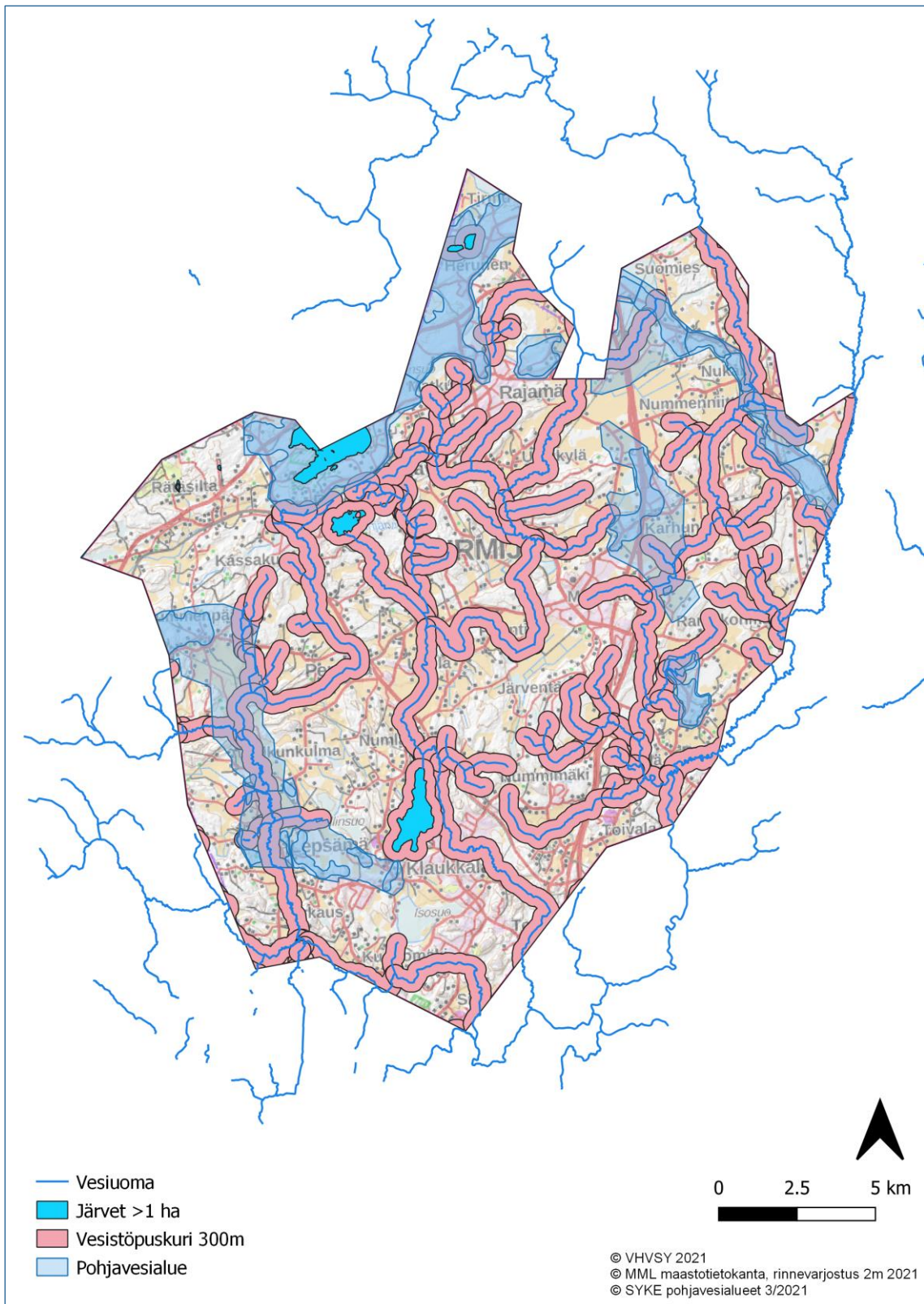
Paikkatietoanalyysiä varten paikkatietoprojektiin koottiin seuraavat aineistot:

- Nurmijärven kunnan aluetta koskeva maakuntakaava ja oikeusvaikutteiset voimassa olevat osayleiskaavat (Nurmijärven kunta).
- Vesihuollon toiminta-alueet (Nurmijärven kunta).
- Luonnonsuojelualueet (Suomen ympäristökeskus).
- Luokitellut pohjavesialueet (Suomen ympäristökeskus, päivitetty pohjavesialueiden rajaukset).
- Uoma-aineisto (Suomen ympäristökeskus Ranta10 + VHVSY tarkistukset).
- Uomien lähivaluma-alueet (Suomen ympäristökeskus).
- Järvet (Suomen ympäristökeskus).
- Tulvakartoitetut vesistöt (Suomen ympäristökeskus).
- Maaperä 1:20 000 (Geologian tutkimuskeskus), jonka maalajitietojen avulla arvioitiin maaperän keskimääräinen vedenläpäisevyys.
- Taajamat ja asuinrakennukset (Maastotietokanta).
- POSKI-luokitellut geologiset muodostumat ja pohjavesialueet Uudellamaalla ja Itä-Uudellamaalla (Uudenmaan ympäristökeskus 2006).
- Inventoidut virta-alueet, taimenhavainnot ja lisääntymisalueet (VHVSY, Koekalastusrekisteri).
- Maanlajitysalueet-hankkeen esiselvitysvaiheessa kartoitetut maanlajitysalueet (VHVSY, Clergeaud 2020a ja 2020b).

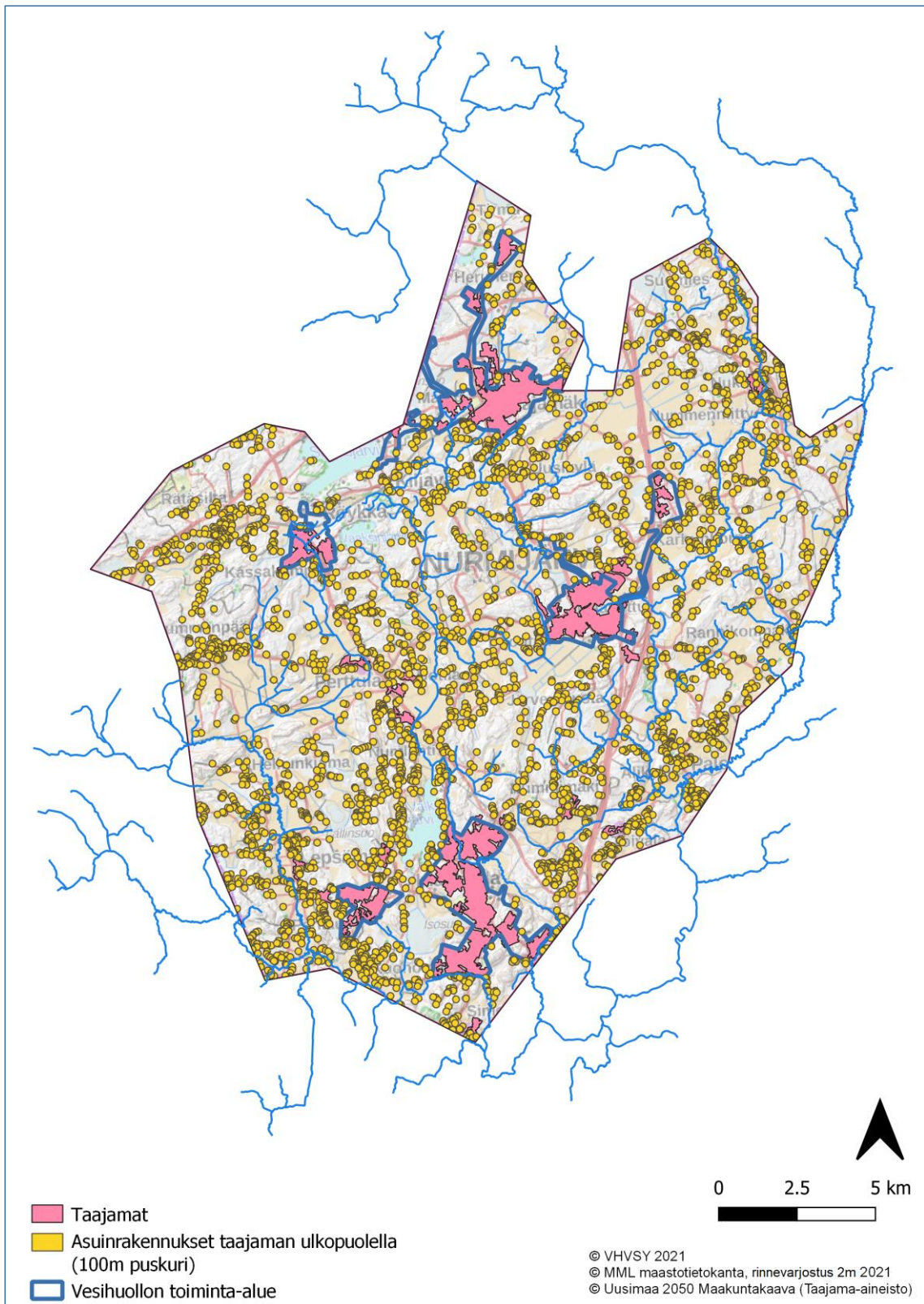
Paikkatietoanalyysissä rajattiin Nurmijärven kunnan alueesta vaiheittain pois läjitysalueiksi soveltumattomia alueita eri kriteereiden perusteella, kunnes lopulta jäljelle jäivät vain pinta- ja pohjavesivaikutusten ja vaelluskaloihin kohdistuvien vaikutusten kannalta vähemmän herkät alueet. Ensimmäisenä rajattiin Suomen ympäristökeskuksen suojelualueaineiston mukaiset Natura2000 -alueet sekä yksityiset ja valtiolliset luonnonsuojelualueet. Lisäksi Nurmijärven kunnan alueelta rajattiin pois alueet, joihin maanlajitysalueiden perustaminen ei ole mahdollista voimassa olevaan maakuntakaavaan kirjatun kiellon tai suojelualuepäätöksen vuoksi. Tällaisia alueita olivat Uusimaa 2050 maakuntakaava-aineiston mukaiset aluevaraukset taajamatoiminoille, virkistysalueille, vesialueille ja suojelualueille (kuva 88).



Kuva 88. Paikkatietoanalyysin ensimmäinen vaihe: rajattu pois luonnonsuojelualueet ja voimassa olevan maankuntakaavan aluevaraukset taajamatoiminnoille, virkistysalueille, vesialueille ja suojelualueille.



Kuva 89. Paikkatietoanalyysin toinen vaihe: rajattu pois luokitellut pohjavesialueet sekä pintavesistöt (järvet ja Vantaanjoen vesistöalueen 3. jakovaiheen jokiuomat) käyttämällä 300 m:n puskuria pintavesistöjen ympärillä.



Kuva 90. Paikkatietoanalyysin kolmas vaihe: rajattu pois taajamat ja vesihuoltolaitoksen toiminta-alueen ulkopuolella sijaitsevat asuinrakennukset, joilla oletettiin olevan käytössä talousvesikaivo. Oletettujen talousvesikaivojen ympärillä käytettiin 100 m:n puskuria.

Toisessa vaiheessa Nurmijärven kunnan alueesta rajattiin pois luokitellut pohjavesialueet sekä pintavesistöt (järvet ja Vantaanjoen vesistöalueen 3. jakovaiheen jokiuomat), joiden ympärille rajattiin 300 metrin puskurivyöhykkeet (kuva 89).

Tämän jälkeen jäljelle jääneestä Nurmijärven kunnan alueesta rajattiin pois taajama-alueet (Maastotietokanta 2017 taajama-alueet). Lisäksi rajattiin pois alueet, jotka sijaitsevat ≤ 100 metrin päässä yksityisistä talousvesikaivoista. Talousvesikaivojen sijaintien estimaattina käytettiin taajamien ja vesihuoltolaitoksen toiminta-alueen ulkopuolisia asuinrakennuksia, joiden ympärille muodostettiin 100 metrin puskurivyöhyke (kuva 90).

Pohjavesien suojelun ja kiviaineshuollon yhteensovittaminen -projektissa tehty POSKI-luokittelu Uudenmaan geologisille muodostumille (Kinnunen ym. 2006) huomioitiin rajaamalla pois maa-ainesten ottoon soveltumattomat kiviainesalueet. POSKI-luokittelussa maa-ainestenottoon soveltumattomat alueet ovat alueita, joilla maa-ainesten otosta voi aiheutua maa-aineslain 3§:ssä mainittuja seurauksia, ja lisäksi ko. luokkaan kuuluvat mm. luonnonsuojelulain mukaisesti perustetut suojelualueet, suojeluohjelmiin kuuluvat alueet, vesilain tarkoittamat luonnontilaiset uomat ja lähteet, erityisesti suojeltavien lajien ja niiden elinympäristöjen esiintymispaikat, metsälain mukaiset erityisen tärkeät elinympäristöt sekä muinaismuistolain mukaisesti rauhoitetut muinaisjäänneet ja niiden esiintymispaikat.

Edellä kuvattujen vaiheiden jälkeen jäljellä olevat alueet vastasivat paikkatietoanalyysin muuttujan A pistemääriä 1 tai 2; muuttujan C pistemäärää 1 tai 2, ja muuttujan D pistemäärää 1:

- Muuttuja A kuvaa sijaintia suhteessa luokiteltuun pohjavesialueeseen, ja siinä rajattiin pois luokitellut pohjavesialueet, tarkistettuun pohjavesialuerajaukseen perustuen.
- Muuttuja C kuvaa etäisyyttä talousvesikaivoihin. Analyysissä edellytettiin, että läjitysalueen etäisyys yksityiseen talousvesikaivoon on oltava vähintään 100 m. Viitteenä tähän käytettiin ympäristöministeriön muistioloonnosta ns. MASA-asetusehdotukseen liittyen (28.11.2018). Asetusehdotuksen mukaan ylijäämämaiden varastointipaikan suojaetäisyyden talousvesikäyttöön tarkoitettuun kaivoon tulisi olla vähintään 100 metriä.
- Muuttuja D kuvaa etäisyyttä luonnonpuroihin ja -uomiin. Suojaetäisyydeksi määriteltiin 300 m, huomioiden myös pölyn leviämisen ja huuhtoutumisen pintavalunnan mukana. Viitteenä tähän liittyen käytettiin valtioneuvoston asetusta 800/2010 kivenlouhimojen, muun kivenlouhinnan ja kivenmurskaamojen ympäristönsuojelusta, jonka mukaan kivenlouhimo, muu kivenlouhinta ja kivenmurskaamo on sijoitettava siten, että melua tai pölyä aiheuttavan toiminnon etäisyys häiriölle alttiiseen kohteeseen on vähintään 300 metriä.

Jäljelle jääneille alueille tehtiin tarkennettu tarkastelu maaperän läpäisevyyden (muuttuja B) ja vaelluskalojen kutualueisiin lasketun valuntamatkan pituuden (muuttuja F) perusteella. Maaperän läpäisevyyttä koskevat maalajiryhmittelyt on esitetty alla. Paikkatietoanalyysi ei huomioi kallioperän ruhevyöhykkeitä, eikä niiden hydraulisia yhteyksiä. Maaperän läpäisevyyden osalta mahdolliseksi läjitysalueiksi hyväksyttiin pisteytyksen 1 tai 2 saavat maalajit, eli rajattiin pois hyvin vettä läpäisevät maalajit sora, hiekka ja hiekkamoreeni.

Pisteytys 1: Savi, kalliomaa, turve

- kalliomaa
- rapakallio (ei esiinny Nurmijärvellä)
- savi
- liejusavi
- lieju
- rahkaturve
- saraturve
- turvetuotantoalue (ei esiinny Nurmijärvellä)

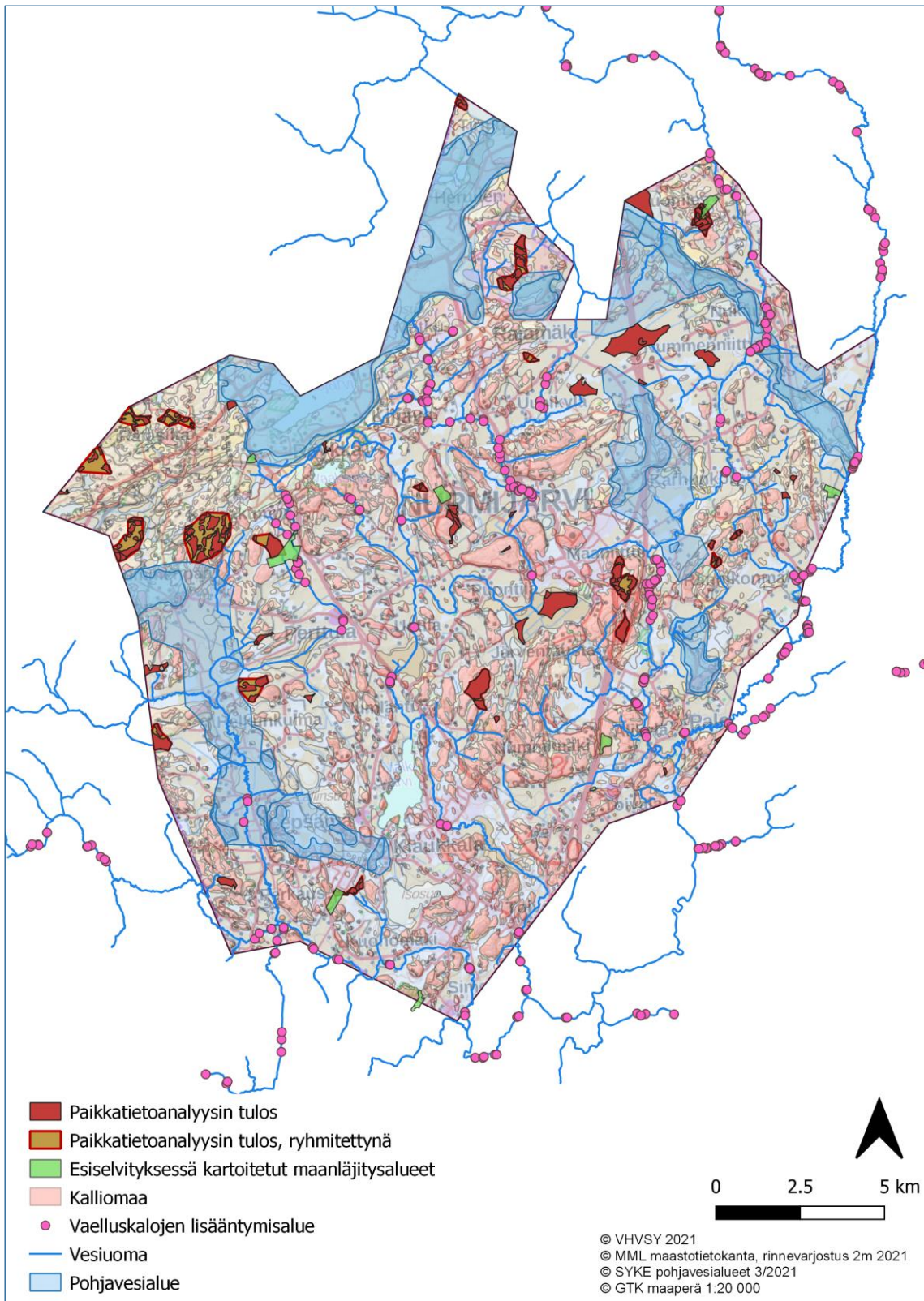
Pisteytys 2: Karkea hieta, hieno hieta, hiesu, hienoainesmoreeni, täyttömaa

- hienoainesmoreeni (ei esiinny Nurmijärvellä)
- karkea hieta
- liejuinen hieta (karkea)
- hieno hieta
- liejuinen hieno hieta (ei esiinny Nurmijärvellä)
- hiesu
- liejuhiesu (ei esiinny Nurmijärvellä)
- täyttemaa

Pisteytys 3: Sora, hiekka, soramoreeni, hiekkamoreeni

- sora
- hiekka
- soramoreeni (ei esiinny Nurmijärvellä)
- hiekkamoreeni
- liejuinen hiekka (ei esiinny Nurmijärvellä)

Vaelluskalojen lisääntymisalueiksi määriteltiin VHVS:n inventoimat koski- ja virta-alueet sekä sähkökoekalastusrekisteriin vuoden 2020 loppuun mennessä ilmoitetut taimenhavainnot. Vantaanjoen vesistöalueen ulkopuolelle jäävien alueiden osalta tarkastelussa hyödynnettiin sähkökoekalastusrekisterin tietoja ja maastokarttaa. Etäisyystiedon perusteella valikoitiin mahdollisiksi maanlajitysalueiksi kohteet, jotka sijaitsivat yli 1 kilometrin päässä tunnetusta vaelluskalojen lisääntymisalueesta eli pisteytyksen 1 tai 2 saavat kohteet.



Kuva 91. Paikkatietoanalyysin tulos. Ruosteenvärisillä on merkityt alueet, joilla paikkatietoanalyysin perusteella pilaantumattomien ylijäämämaiden läjitystoiminnalla ei ole merkittäviä haitallisia vaikutuksia pohja- tai pintaveden laatuun tai vaelluskalojen lisääntymisalueisiin. Pohjakarttana maastotietokannan lisäksi maaperä 1:20 000 (GTK) ja vinovalvarjoste 2 m (MML). Kallioalueet (irtomaita < 1 m) on merkitty punaisella värillä.

Alueet, joilla paikkatietoanalyysin perusteella voitaisiin läjittää pilaantumattomia ylijäämämaita ilman merkittäviä haitallisia vaikutuksia pohja- tai pintaveden laatuun tai vaelluskalojen lisääntymisalueisiin, on esitetty kuvassa 91. Pinta-alaltaan alle 1 ha:n alueita ei huomioitu. Mikäli analyysin avulla erottui useita lähekkäin sijaitsevia läjitykseen soveltuvia alueita, jotka maaperän pinta- ja pohjamaalajien pienipiirteisten vaihteluiden vuoksi rajautuivat erillisiksi alueiksi, ne ryhmiteltiin yhdeksi alueeksi, huomioiden maaperän läpäisevyyttä koskevat maalajiryhmittelyt.

Paikkatietoanalyysin perusteella erottui useita kallioalueita läjitystoimintaan soveltuviksi. Näillä alueilla irtomaakerroksen paksuus on alle 1 m, ja ainoastaan kalliopainanteisiin on kerrostunut ohuelti irtomaakerroksia, pääasiassa moreenia. Uudenmaan alueella tyypillinen toimintatapa onkin perustaa läjitysalue kallion kiviaineksen ottoalueelle louhinnan päätyttyä, joten paikkatietoanalyysin tulos on näiltä osin realistinen. Paikkatietoanalyysin tulosten realismia osoittaa myös se, että kallioalueelle, jolla Nurmijärven kunnan Metsä-Tuomelan jäteasema ja maankaatopaikka ovat toiminnassa, valikoitui myös paikkatietoanalyysissä läjitystoiminnalle soveltuvia alueita. Lepolan noron vuoksi nykyinen Metsä-Tuomelan maankaatopaikan laajennusalue rajautui paikkatietoanalyysissä pois, mutta ympäristölupaprosessissa laajennusalueen sijoittaminen hyväksyttiin (Vaasan hallinto-oikeus 29.3.2019), tarkempien selvitysten perusteella. POSKI-luokittelussa eteläinen osa Metsä-Tuomelan läheisestä kallioalueesta on luokiteltu maa-ainesten ottoon soveltumattomaksi kallioperän kiviainesalueeksi (Kinnunen ym. 2006). Myös Nurmijärven kunnan Lintumetsän maankaatopaikan pohjoisosa ja pohjoispäätä sivuva savipeitteinen alue, välittömästi taajaman itäpuolella, valikoitui paikkatietoanalyysissä läjitystoiminnalle soveltuvaksi alueeksi.

Paikkatietoanalyysin tuloksia tarkistettiin vertaamalla niitä Nurmijärven voimassa oleviin oikeusvaikutteisiin osayleiskaavoihin: Klaukkalan, Perttulan, Lepsämän, Vantaanjoen ja Valkjärven osayleiskaavoihin. Niiltä osin, kun paikkatietoanalyysin avulla alustavasti rajatut alueet sijoittuivat näiden osayleiskaavojen alueelle, ne sijaitsivat pääasiassa maa- ja metsätalousvaltaiseksi alueeksi merkityillä osa-alueilla. Potentiaalisen läjitysalueen rajausta tarkistettiin, mikäli osayleiskaavan kaavamerkinnoissä ja -määräyksissä mainittiin alueella olevan erityistä merkitystä maiseman tai kyläkuvan kannalta, sen mainittiin olevan virkistysaluetta tai luonnonsuojellisesti arvokas tai alueesta oli välitön yhteys luontoarvoiltaan tärkeälle alueelle.

Paikkatietoanalyysin perusteella alustavasti maanläjitysalueiksi soveltuviksi valikoitujen alueiden osuus Nurmijärven kunnan pinta-alasta on 2,65 %. Ne sijaitsevat hajanaisesti kunnan pohjois- ja keskiosassa, mutta eteläosassa läjitystoiminnalle soveltuvia alueita löytyi niukasti. Nurmijärven kunnan suurimmat taajama-alueet ovat Klaukkala, Kirkonkylä ja Rajamäki. Suurin osa kunnan pinta-alasta on väljästi rakennettua, paljon peltoalueita, metsäisiä kallioalueita ja kallioharjanteita (mm. Routasuo ja Lammi 25.10.2018). Taajamien laajenemisen myötä sekä hyödynnettävien ylijäämämaiden välivarastointialueiden että maankaatopaikkojen tarve kasvaa, ja alueiden valinnassa keskeinen kriteeri on hyvä saavutettavuus.

Korostettakoon, että kuvassa 91 esitetty maanläjitykseen soveltuvien alueiden alustava **rajaus ei huomioi** muita läjitysalueen sijoittamiseen vaikuttavia kriteereitä, kuten maanomistusolosuhteita, suunnitteilla olevia tienlinjauksia, kuljetusetäisyyksiä merkittäviin rakennuskohteisiin, vaikutuksia liikennemääriin ja liikenneturvallisuuteen, melu- ja pölyvaikutuksia. Ympäristövaikutusten tarkastelun osalta paikkatietoanalyysi keskittyy vesiympäristöön, ja mm. kaikkia paikallisesti

merkittäviä luontoarvoja ei ole huomioitu. Lopullinen alueiden soveltavuuden arviointi edellyttää yksityiskohtaisempia kohdekohtaisia selvityksiä.

8 Yhteenveto ja johtopäätökset

8.1 Läjitysalueiden vaikutukset pintavesien laatuun

Ylijäämämaiden läjitystoiminnan ja mullanvalmistusalueiden vaikutusalueella ojavesissä todettiin laadun muutoksia, joista kohonnutta sähkönjohtavuutta voidaan pitää toiminnan vaikutuksen yleisindikaattorina. Erityisesti mullanvalmistusalueiden vaikutusalueella ojavesissä esiintyi kohonneita liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuuksia. Kaikissa seurantakohteissa esiintyi ojavesissä taustapitoisuutta suurempia kloridi-, sulfaatti-, kupari- ja nikkelipitoisuuksia, ja osassa kohteita esiintyi kohonneita kadmium-, lyijy-, molybdeeni- ja sinkkipitoisuuksia. Kohonneet pitoisuudet olivat pääasiassa maltillisia ja ääripitoisuudet lyhytaikaisia, eikä merkittävää vaikutusta jokiveden laatuun läheisessä jokiuomassa todettu.

Ravinnekuormitukseen eli typpi- ja fosforiyhdisteiden pitoisuuksiin läjitystoiminnalla ei näyttänyt olevan merkittävää vaikutusta. Yhden mullanvalmistusalueen ojavedessä esiintyi selvästi kohonneita liuenneen uraanin pitoisuuksia. Lannoitetuotannossa hyödynnettäviin kallioperän apatiittiesiintymiin liittyvät yleisesti apatiitti-uraanimuodostumat, joten uraani voi olla peräisin mullanvalmistuksessa käytettävistä lannoitteista. Raudan ja mangaanin pitoisuudet seurantakohteiden ojavesissä vaihtelivat suuresti. Rautaa ja mangaania kulkeutuu läjitysalueilta ojavesiin partikkelimaisena rautana, joka on saostunut ja sitoutunut kiintoainekseen, sekä liukoisena orgaanisena rautana, joka muodostaa humuksen kanssa rauta-humus-kompleksiyhdisteitä.

Öljyhiilivetyjä C₁₀-C₄₀ esiintyi ajoittain kaikkien kolmen seurantakohteen ojavesissä. Niitä havaittiin ojavesissä kaikkina vuodenaikoina, mutta yleisimmin marraskuussa. Havaitut öljy-yhdisteet koostuivat pääasiassa raskaista jakeista C₂₁-C₄₀. Raskaat jakeet voivat olla osittain myös luonnon humusta, koska määrittäminen ei pysty erottamaan suurimolekyyllisiä öljy-yhdisteitä ja humusyhdisteitä. Bensiinijakeita C₅-C₁₀ ei ojavesinäytteissä esiintynyt. Usean öljyhiilivetyhavainnon yhteydessä ojavesinäytteissä jäljitettiin myös PAH-yhdisteitä, joita esiintyy luontaisesti maa-öljyssä, ja niitä on mm. polttoaineissa ja voiteluaineissa. Pitoisuudet olivat kuitenkin pääasiassa pieniä, enimmillään 24 PAH-yhdisteen yhteenlaskettu pitoisuus ojavedessä oli 1,7 µg/l. Tämä havainto tehtiin heinäkuussa 2020 alivirtaamakaudella. Kuivan kauden jälkeen tullut rankkasade huuhto ojaan runsaasti kiintoaineista, ja siihen kiinnittyneenä PAH-yhdisteitä ja raskasmetalleja. Koska ojissa ei ollut laimentavia vesiä, mainittuna ajankohtana haitallisten aineiden pitoisuudet ojavedessä ylittivät ekologisten haittavaikutusten arvioinnissa käytettävät viitearvot.

8.2 Läjitysalueiden vaikutukset pohjavesien laatuun

Myös läjitysalueiden pohjavesissä esiintyi taustapitoisuutta suurempia sähkönjohtavuuden arvoja. Pohjavesien laadussa näkyi myös liuenneen orgaanisen aineksen kuormitus, ja sen biohajoamisen välilliset vaikutukset. Pohjaveden happipitoisuus oli läjitysalueilla tyypillisesti

alentunut, ja niissä havaintopaikoissa, joissa happi oli pohjavedestä kulunut loppuun, orgaanisen aineksen biohajoamista tapahtui myös anaerobisesti, nitraattia ja sulfaattia pelkistävien mikro-organismien aktiivisuuden seurauksena. Lisääntynyt bakteeritoiminta näkyi myös aerobisten heterotrofisten mikro-organismien määrän kasvuna läjitysalueiden pohjavesissä. Hygieeninen laatu oli heikentynyt erityisesti maankaatopaikan täyttökerrokseen asennetussa pohjaveden havaintoputkessa, jossa esiintyi *E.coli*-bakteereita lähes jokaisella näytteenotokerralla, niiden määrän ollessa 25 – 2000 mpn/100 ml. *E. coli*-bakteeri kuuluu lämpökestoisten koliformisten bakteerien ryhmään, ja se ilmentää ulosteperäistä saastumista. Maankaatopaikalle läjityksissä maa-aineksissa voi olla jäämiä mm. jätevesivuodoista.

Niissä havaintoputkissa, joissa pohjavedessä oli liuennutta happea, liuenneen raudan pitoisuudet olivat < 300 µg/l. Hapettomissa olosuhteissa liuennutta rautaa esiintyi erittäin suurina pitoisuuksina, joskin pitoisuudet vaihtelivat suuresti eri näytteenottoajankohtina. Maankaatopaikalla täyttökerrokset koostuvat vettä huonosti läpäisevistä maa-aineksista (savi ja hienoainesmoreeni). Peitteisyyden vuoksi pohjavesikerroksessa, erityisesti kalliopohjavedessä, hapettavat olosuhteet muuttuivat pelkistäviksi. Pelkistävissä olosuhteissa raudan ja mangaanin esiintymisen liuenneessa muodossa lisääntyy. Maankaatopaikan alueella liuenneen raudan ja mangaanin pitoisuudet sekä täyttömaakerroksissa että kalliopohjavedessä ylittivät merkittävästi STM:n talousvesiasetuksen 1352/2015 laatutavoitteiden mukaiset raja-arvot.

Läjitysalueiden pohjavesissä havaittiin useiden raskasmetallien osalta taustapitoisuutta suurempia pitoisuuksia. Viitearvoina kohonneiden pitoisuuksien arvioinnissa käytettiin STM:n talousvesiasetuksen 1352/2015 kemiallisia laatuvaatimuksia ja -tavoitteita, sekä valtioneuvoston asetuksen 341/2009 ympäristölaatonormeja. Taustapitoisuutta suurempia pitoisuuksia todettiin liuenneen arseenin, kadmiumin, koboltin, kromin, kuparin, lyijyn, nikkelin, sinkin ja strontiumin pitoisuuksissa. Ympäristölaatonormien ylityksiä esiintyi toistuvasti koboltin, nikkelin ja sinkin osalta, erityisesti maankaatopaikan täyttöalueella.

Orgaanisia haitallisia aineita eli öljyhiilivetyjä ja PAH-yhdisteitä esiintyi ajoittain molemmissa pohjaveden laadun seurantakohteissa. Niitä todettiin tyypillisesti syksyn näytteenotokierroksilla, jolloin pohjavedenpinnat olivat ylimmillään. Pohjavesinäytteissä jäljitettiin sekä keskiras-kaita öljyhiilivetyjakeita C₁₀-C₂₁ että raskaita jakeita C₂₁-C₄₀, mutta bensiinijakeita C₅-C₁₀ pohjavesissä ei esiintynyt. Läjitys- ja varastointialueilla havaittiin merkkejä pienimolekyylisten ja helppo-liukoisimpien PAH-yhdisteiden, esim. naftaleenin ja fluoreenin, kulkeutumisesta pohjaveteen. Todetut pitoisuudet olivat kuitenkin pieniä, eivätkä ne ylittäneet pohjaveden talousvesikelpoisuuden ja kemiallisen tilan arvioinnissa käytettäviä viitearvoja. PAH-yhdisteet, etenkin raskaamat PAH-jakeet, ovat niukasti veteen liukenevia ja ne sitoutuvat herkästi maaperän orgaaniseen ainekseen, mikä rajoittaa niiden kulkeutumista pohjavesikerrokseen.

8.3 Haitta-aineiden kulkeutuminen

Erilaisia vesien laadun tarkkailumenetelmiä käyttäen pyrittiin selvittämään kulkeutuvatko haitalliset aineet läjitysalueilta pääasiassa veteen liuenneena vai hienoainepartikkeleihin kiinnittyneenä.

Tulosten mukaan metallien kulkeutumista läjitysalueen läheisiin ojiin tapahtuu sekä liuenneessa muodossa että kiintoainepartikkeleihin kiinnittyneenä. Sen sijaan PAH-yhdisteet ja fosfori kulkeutuvat pääasiassa partikkeleihin kiinnittyneenä. Ojavesien sameudessa esiintyi lyhytaikaisia piikkejä, liittyen rankkasateisiin, jotka huuhtoivat varastointikentiltä kiintoainesta ja partikkeleihin kiinnittyneenä orgaanista ainesta, raskasmetalleja sekä PAH-yhdisteitä. Heinäkuun 2020 havainnot osoittavat, että alivirtaamakautena, jolloin uomissa on niukasti laimentavia vesiä, voivat mm. raskasmetallipitoisuudet ja PAH-yhdisteiden pitoisuudet olla ojavedessä hetkellisesti ekologisten vaikutusten kannalta haitallisen korkealla tasolla.

Pohjavesissä suurimmat liuenneiden metalli-ionien pitoisuudet havaittiin syys- ja marraskuun näytteenottokierroksilla. Myös öljyhiilivetyjä C₁₀-C₄₀ ja PAH-yhdisteitä esiintyi pohjavedessä tyyppillisesti syksyn näytteenottokierroksilla. Syksyn sateet huuhtoivat maa-aineksista irtoavia haitallisia aineita. Huuhtouma sekä pohjavedenpintojen nousu edistivät liukoisten aineiden ja yhdisteiden kulkeutumista pohjavesikerrokseen.

8.4 Kalataloudelliset kunnostukset

Puusuisteilla toteutetut kunnostukset onnistuivat hyvin ja tulokset olivat odotusten mukaisia. Mitatut virrannopeudet muuttuivat odotetulla tavalla ja soraikkojen kuohkeudet kasvoivat eniten *Solbacka 3* -altakaivajasuisteen takana, ja vähiten viereisellä käsittelemättömällä vertailualalla, vaikka vertailualan virrannopeus oli lähtökohtaisesti suurempi.

Sähkökalastuksissa Tuusulanjoen alaosan Solbackan koealoilla taimentiheydet laskivat vuonna 2020 selvästi vuoden 2019 tasosta. Molemmilta koealoilta saatiin kuitenkin sekä kesänvanhoja (0+) että vanhempia taimenia. Poikastihyden laskulle ei ole selkää vedenlaadullista syytä ja poikasten vähyyys saattaa johtua vain normaalista kannan vaihtelusta. Yksi mahdollinen selitys *Solbacka 1*-alueen poikasten vähyyteen voi olla, että kosken niskalle asetettu altakaivajasuiste vaikeutti kalojen lisääntymistä koealan välittömässä läheisyydessä.

Hankkeessa kertyneen kokemuksen mukaan puusuisteiden rakentaminen on erittäin käyttökelpoinen menetelmä hiekan kertymisestä kärsivien yksittäisten kutusoraikkojen kunnostamiseen alueella, jossa kiintoainekuorma on suurta. Yksittäisen suisteen rakentaminen sellaiseksi, että se säilyy myös tulvaolosuhteissa on Tuusulanjoen kokoisessa uomassa verrattain työlästä, minkä vuoksi se soveltuu parhaiten kohteisiin, joissa on laaja-alaisia yhtenäisiä kutusoraikkoja, joissa virran kiihdyttäminen kivimateriaalin avulla olisi tarpeettoman työlästä. Pienempien soraikkojen ehostamisessa virranohjauksessa kannattaa suosia kivimateriaalia. Suisteiden naamioiminen luonnollisemman näköiseksi oli myös helppoa.

Hankkeessa rakennettujen *Solbacka 1* ja *Myllskylän alapuolisen* koskialueiden puusuisteiden ylläpitoa ja sähkökalastusseurantaa tullaan jatkamaan osana VHVS:n jokitalokkariitoimintaa.

8.5 Tutkimusmenetelmien arviointi

8.5.1 Paikkatietoanalyysi

Paikkatietoanalyysin avulla saadaan seulottua alustavasti alueet, jotka ympäristövaikutusten ja erityisesti vesiin kohdistuvien vaikutusten rajoittamiseksi olisivat soveltuvia pilaantumattomien ylijäämämaiden välivarastointiin tai loppusijoitukseen eli läjitykseen maankaatopaikalle. Telemällä koko kunnan kattava tarkastelu saadaan rajattua potentiaaliset läjitysalueet, joihin voidaan keskittää alueen soveltuvuuden arvioinnissa tarvittavat tarkemmat selvitykset. Paikkatietoanalyysissä tarvittava aineisto on pääasiassa saatavilla ilmaiseksi eri organisaatioiden paikkatietopalvelujen rajapintojen kautta. Joiltakin osin paikkatietoaineistoa piti täydentää, esim. kaikkien kuntien sivustoilta ei ole saatavilla paikkatietoina osayleiskaavakarttoja ja vesihuollon toiminta-alueiden rajauksia. Verrattaessa esiselvitysvaiheessa kartoitettuja läjitysalueita paikkatietoanalyysin tuloksiin, voitiin todeta, että moni toiminnassa oleva maankaatopaikka ja läjitysalue sijoittuu paikkatietoanalyysin perusteella tunnistetuille, läjitysalueiksi soveltuville alueille. Paikkatietoanalyysin pisteytyksessä saatavia kokonaistuloksia ei ole syytä sellaisenaan käyttää alueen soveltuvuutta arvioitaessa, mutta paikkatietoanalyysiä voi käyttää työkaluna alustavassa suunnitteluvaiheessa, kun vertaillaan vaihtoehtoisia sijoituspaikkoja, ja päätetään miltä osin tehtävä tarkempia selvityksiä.

8.5.2 Vesien laadun seurantatutkimusten menetelmät

Perinteisellä kertavesinäytteenotolla on mahdoton jäljittää nopeita vesien laadun muutoksia. Läjitysalueilta huuhtoutuu ympäröiviin ojiin sadekuurojen myötä kiintoainesta, minkä seurauksena mm. ojavesien sameudessa, sähkönjohtavuudessa ja orgaanisen aineen määrässä tapahtuu nopeita muutoksia. Äkillisiä huippupitoisuuksia ei jäljitetä kertavesinäytteenotolla, joten jatkuvatoimiset anturimittaukset, ja esimerkiksi sähkönjohtavuuden mittaustulokset yleisenä veden laadun indikaattorina, antoivat lisätietoa veden laadun vaihteluvälistä.

Passiivikeräinten tulokset ja kertavesinäytteenoton tulokset täydensivät toisiaan, mutta passiivikeräinten pitoisuudet poikkesivat joiltain osin merkittävästi analyysilaboratoriossa tehtyjen määritysten tuloksista. On aihetta epäillä, että oja- ja jokivesien sameus aiheutti paikoitellen passiivikeräinten tukkeutumista, ja siten vääristi tuloksia. Tuusulanjoella epävarmuutta passiivikeräintuloksiin aiheuttivat lisäksi vedenpinnan äärevät vaihtelut. Keräinten vesisäiliöiden asennussyvyys suunniteltiin huolella, mutta vedenpinnan äkillinen nousu jokiuomassa aiheutti vesisäiliöiden ennen aikaisen täyttymisen. Passiivikeräinten lopullisissa lasketuissa pitoisuustuloksissa on siten epävarmuutta. Tuusulanjoen seurantatutkimuksissa passiivikeräintuloksia voitiin kuitenkin käyttää, kun arvioitiin jokiveden laadun eroja eri havaintopaikoissa, eli ylävirtaan ja alavirtaan läjitysalueiden laskuojien purkupaikoilta.

Hankkeen aikana saadut kokemukset passiivikeräimistä auttavat paremmin määrittämään niiden käyttöön soveltuvat virtavesiuomat. Pohjavesien havaintoputkiin asennetut passiivikeräimet toimivat luotettavasti, ja tukivat kerranäytteiden analyysitulosten perusteella arvioituja päätelmiä läjitystoiminnan vaikutuksesta pohjaveden laatuun. Havaintoputken liitoskohtien

tiiviyys ja kalliopohjavesiputken kairausreiän ehjyys on varmistettava ennen passiivikeräimen ja sen vesisäiliön asennusta. Vesisäiliö, johon passiivikeräin kiinnitetään ja joka lasketaan havaintoputkeen haluttuun näytesyvyyteen, on halkaisijaltaan ja pituudeltaan sellainen, että vaurio havaintoputkessa tai pieni tukkeuma kairausreiässä voi aiheuttaa säiliön juuttumisen putkeen.

8.5.3 Sedimenttikeräimet

Sedimenttikeräimistä määritettyjä aineiden ja yhdisteiden pitoisuustuloksia ei määritysmenetelmässä käytettyjen esikäsittelyvaiheiden vuoksi voi suoraan verrata pintavesinäytteistä analyysilaboratoriossa tehtyjen määritysten tuloksiin eikä pintavesissä sovellettaviin viitearvoihin. Sedimenttikeräinten tulokset ja niiden vertaaminen passiivikeräinten ja kertavesinäytteiden tuloksiin auttoi kuitenkin arvioimaan haitallisten aineiden kulkeutumista eri olo- ja ympäristöolosuhteissa, eli veden liuenneena ja kiintoainekseen kiinnittyneenä. Sedimenttikeräinten tuloksia voitiin käyttää, kun arvioitiin haitallisten aineiden kulkeutumista läjitysalueilta ojien kautta jokiuomaan, ja kiintoaineksen kertymistä soraikkojen pohjalle. Sedimenttikeräimillä toteutettu tutkimus oli ensimmäinen laatuaan VHVSY:lle ja tutkimuksesta saatiin arvokasta kokemusta tulevaisuutta varten. Menetelmää tullaan mahdollisesti hyödyntämään myös tulevaisuudessa.

8.6 Läjitysalueiden tarkkailuissa huomioitavaa

Hankkeen esiselvityksen (Clergeaud 2020a ja 2020b) tulosten mukaan maanläjitysalueiden ja maankaatopaikkojen vesien laadun velvoitetarkkailujen sisältö eri kohteissa vaihtelee suuresti. Joissakin tapauksissa pintavesien ja pohjavesien laadun tarkkailun näytteitä otetaan liian harvoin ja analyysivalikoima on liian suppea, jotta toiminnan vaikutuksia vesiin voitaisiin luotettavasti arvioida.

Pintaveden havaintopaikkojen suunnittelussa tulisi huomioida kulkeutumisreitit eri ojia pitkin vesistöihin, virtaaman vaihtelut ja vaikutusalueella mahdollisesti sijaitsevat vaelluskalojen lisääntymisalueet. Esimerkiksi PAH-yhdisteet, joita todettiin kulkeutuvan läjitysalueilta pintavesiin kiintoainekseen kiinnittyneenä, ovat tyypillisesti myrkyllisiä vesieliöille, joten niiden kulkeutuminen vaikutusalueen virtavesiin voi olla haitallista vaelluskalojen lisääntymisen kannalta.

Pohjaveden osalta on tarkkailusuunnitelmaa laadittaessa arvioitava, onko tarpeen tarkkailla sekä irtomaakerroksiin varastoituneen pohjaveden että rikkonaiseen kallioperään varastoituneen kalliopohjaveden laatua. Pohjaveden paikalliset virtaussuunnat huomioiden olisi tarkkailukohteessa oltava yksi havaintoputki taustapitoisuuden tarkkailuun, ja useampia havaintoputkia mahdollisella vaikutusalueella. Tarkkailutulosten raportoinnin yhteydessä pitää esittää havaintoputkien putkikortit, ja kuvaus mitä pohjavesikerrosta näytteet edustavat. Yksityisten talousvesikaivojen sisällyttäminen velvoitetarkkailuun on perusteltua sikäli, että voidaan varmistaa, että toiminta ei heikennä pohjaveden käyttökelpoisuutta talousvetenä. Toiminnan yleisten pohjavesivaikutusten arvioinnin kannalta yksityiset kaivot eivät kuitenkaan ole ideaali ratkaisu, koska vedenottomäärät ja kaivojen kunto kiinteistöillä voivat vaihdella, aiheuttaen myös pohjavedenpinnan ja kaivoveden laadun poikkeamia.

Hankkeen seuranta tutkimusten tulosten mukaan monien haitallisten aineiden ja yhdisteiden pitoisuudet sekä pintavesissä että pohjavesissä olivat suurimmillaan syyskaudella. Tähän vaikuttanee sekä toiminnan keskittyminen tiettyihin kuukausiin että syyskauden sateiden huuhtova vaikutus ja pohjaveden pintojen nousu. Toisaalta, alivirtaamakautena pitkän kuivan jakson jälkeisen rankkasateen yhteydessä todettiin ojavedessä poikkeuksellisen korkeita haitallisten aineiden pitoisuuksia, koska ojissa ei ollut laimentavia vesiä. Ojavesien näytteenottoajankohtia suunniteltaessa on pyrittävä varmistamaan, että näytteitä otetaan vähintään ajankohtina, jolloin huuhtoutumista läjitysalueilta tapahtuu eniten. Pohjavesinäytteitä on syytä ottaa vähintään kaksi kertaa vuodessa, syksyllä ja keväällä.

Pilaantumattomien ylijäämämaiden läjitysalueiden vesien laadun veloitettarkkailuissa analyysivalikoimaa olisi syytä laajentaa ja yhtenäistää. Sekä pintavesi- että pohjavesinäytteistä on tarpeen määrittää vähintään: kiintoaine (pintavesinäytteet), sameus (pohjavesinäytteet), pH, COD_{Mn}, DOC, väriluku, sähkönjohtavuus, kloridi, sulfaatti, happipitoisuus, metallit (rauta, mangaani, arseeni, kadmium, koboltti, kromi, kupari, nikkeli, kadmium, molybdeeni, sinkki, strontium), öljyhiilivedyt C₁₀-C₄₀ sekä PAH-yhdisteet. Metallien pitoisuudet määritetään pohjavesistä 0,45 µm huokoskoolla suodatetuista näytteistä, mutta pintavesistä metallipitoisuudet ehdotetaan määritettäväksi sekä suodattamattomista että suodatetuista näytteistä. Mullanvalmistus ja -varastointialueilla pintavesinäytteiden analyysivalikoimaan on syytä lisätä typpi- ja fosforiyhdisteet sekä liukoinen uraani. Pohjavesinäytteiden analyysiohjelmaan ehdotetaan sisällytettäväksi myös nitraatti-, nitriitti- ja ammoniumtyppi sekä koliformiset bakteerit ja *E.coli*.

Pinta- ja pohjavesien laadun seurantatulokset osoittivat, että pilaantumattomiksi oletettujen ylijäämämaiden käsittely- ja varastointialueiden vaikutusalueella pinta- ja pohjavesien laatu poikkeaa useiden laatumuuttujien osalta taustapitoisuudesta. Myös hygieenisen laadun heikkene mistä havaittiin. Ajoittain pinta- ja pohjavesissä havaittiin myös haitallisia aineita, kuten öljyhiilivetyjä ja PAH-yhdisteitä sekä vesieliöiden kannalta haitallisen korkeita pitoisuuksia raskasmetalleja.

Pilaantumattomien ylijäämämaiden läjitys- ja loppusijoituspaikkojen toimintaan pitää sisällyttää laadunvarmistuskäytäntö, jolla varmistetaan, että alueille kuljetettavat maa-ainekset on perusteltua luokitella pilaantumattomiksi. Pelkkä aistinvarainen havainnointi ei ole riittävän luotettava menetelmä.

Vaikka hankkeessa otettiin käsiteltävistä maa-aineksista kokoomanäytteitä laboratoriomäärittä varten vain yhtenä ajankohtana, havaittiin niissä kohonneita pitoisuuksia samojen haitta-aineiden osalta, joita jäljitettiin seurannan aikana pinta- ja pohjavesissä. Läjitysalueille kuljetettavista aineksista olisi otettava kokoomanäytteitä, joista määritetään kaivukohteiden tietojen perusteella tunnistettujen kriittisten haitallisten aineiden pitoisuudet. Laboratoriomääritysten ohella on suositeltavaa hyödyntää kenttätestejä ja -mittareita, joilla saadaan nopeasti tuloksia haitallisten aineiden pitoisuuksista ylijäämämaissa.

Viiteluettelo

Ahkola, H. 2020. Passiivinäytteenotto pilaantuneiden pohjavesialueiden tutkimisessa ja seurannassa. PASSIIVI-hankkeen -loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 24-2020. 32 s. + liitteet.

Ahokas, T., Nylander, E., Olin, S., Vähä-Vahe, A. ja Mäntykoski, A. (toim.). 2021. Ehdotus Uudenmaan vesienhoidon toimenpideohjelmaksi vuosille 2022–2027. 116 s. + liitteet.

Clergeaud, J. 2020a. Maanlajitysalueiden vaikutukset pinta- ja pohjavesiin Vantaanjoen valuma-alueella. Pro gradu-tutkielma, Helsingin yliopisto, Geotieteiden ja maantieteen osasto. 103 s. + liitteet.

Clergeaud, J. 2020b. Maanlajitysalueiden vaikutukset pinta- ja pohjavesiin Vantaanjoen valuma-alueella. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry:n Julkaisu 83/2020. 90 s. + liitteet.

Eurofins. 2019. <https://www.eurofins.com/30th-anniversary/30-years-of-scientific-innovation/examples-of-our-scientific-innovations/a-passive-revolution-in-water-sampling/>.

Hallanaro, E.-L. ja Loukola-Ruskeeniemi, K. 2014. Arsenia kalliossa!: ja mitä siitä sitten seuraa....English Abstract: Arsenic in Bedrock!: and Then What Happens... . Geologian tutkimuskeskus, Erikoisjulkaisut. 107 s.

Heikkinen, P. 2000. Haitta-aineiden sitoutuminen ja kulkeutuminen maaperässä. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 150. 74 s. + liitteet.

Hitchon, B., Perkins, E.H., Gunter, W.D. 1999. Introduction to Ground Water Geochemistry. Geoscience Publishing Ltd. Sherwood Park, Alberta, Canada. 310 p.

Karvonen, A., Taina, T., Gustafsson, J., Mannio, J., Mehtonen, J., Nystén, T., Ruoppa, M., Sai-nio, P., Siimes, K., Silvo, K., Tuominen, S., Verta, M., Vuori, K.-M. ja Äystö, L. Vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annettujen säädösten soveltaminen - Kuvaus hyvistä me-nettelyta-voista. Ympäristöministeriön raportteja 15/2012. 100 s. + liitteet.

Kinnunen, T. (toim.), Valpola, S., Autiola, M., Kärkkäinen, T., Vaitomaa, K., Ahonen, I., Sipilä, P., Vuokko, J., Sivula, K., Lyytikäinen, A., Husa, J., Teeriaho, J. ja Britschgi, R. 2006. Pohjavesien suojelun ja kiviaineshuollon yhteensovittaminen - Uudenmaan ja Itä-Uudenmaan loppuraportti. Uudenmaan ympäristökeskus, raportti 400. 170 s. + liitteet.

Maa- ja metsätalousministeriö ja Ympäristöministeriö. 2011. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivat vuoteen 2020. Maa- ja metsätalousministeriö 2/2011. 26 s.

Manninen, M. 22.10.2019. Vesien tarkkailuohjelma Metsä-Tuomelan maankaatopaikka, Nurmi-järvi. Sitowise. 10 s. + liitteet.

Mäkelä A., Antikainen, S., Mäkinen, I., Kivinen, J. ja Leppänen, T. 1992. Vesitutkimusten näytteenottomenetelmät. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja -sarja B 10. 69 s. + liitteet.

Outokumpu Oy. 1977. Teollisuusmineraalit ja kivet. Esiintymärekisteri 28.2.1977. 24 s.

Reinikainen, J. 2007. Maaperän kynnys- ja ohjearvojen määrittämisperusteet. Suomen ympäristö 23/2007. 90 s. + liitteet.

Rintala J. ja Suokko T. 2008. Pohjavesinäytteenotto, nykytila ja kehitystarpeet. Suomen ympäristökeskuksen Suomen ympäristö -sarja 48/2008. 56 s. + liitteet.

Rintala, J. 2014. Pohjaveden laadun muutokset soranottoalueilla 1985 – 2013. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 20/2014. 146 s. + liitteet.

Routasuo, P. ja Lammi, E. 25.10.2018. Kirkonkylän selvitysalueen luontoselvitys. Enviro. 64 s. + liitteet.

Sabel, J. 2010. Jyväskylän maanlajitusalueiden sijainnit tulevaisuudessa. Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto. 109 s. + liitteet.

Saura, A. 2009. Tuusulanjoen kalastotarkkailu vuonna 2008. RKTL:n Kala- ja Riistaraportteja. 17 s.

Servomaa, K., Tuomainen, A., Ahokas, A., Sojakka, P., Breilin, O. ja Kangas, J. 2001. Torjunta-aineiden ja ravinteiden kulkeutuminen kasvihuoneista maaperään ja pohjaveteen. EU-projekti SMT CT96-2048. 59 s. + liitteet.

Sivonen, O. ja Leinonen, V. 2017a. Lohikalojen lisääntymisalueiden inventointi Vuohikkaanojalla ja Tuusulanjoella 2017. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. Raportti 19/2017, 21 s.

Sivonen, O. ja Leinonen, V. 2017b. Lohikalojen lisääntymisalueiden inventointi Vantaanjoella, Lepsämänjoella, Keravanjoella ja Ohkolanjoella 2017. Raportti 21/2017. 62 s.

Tielaitos. 1999. Läjitysalueen suunnittelu. Läjitysalueohje. 34 s. + liitteet.

Vahtera, H. ja Männynsalo, J. 28.5.2020. Vantaanjoen vesistön vedenlaatu ja kuormitus – Yhteistarkkailuraportti 2017-2019. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry:n Julkaisu 82/2020. 103 s. + liitteet.

Valovirta, I. 2008. Vantaanjoen Natura-alueen vuollejokisimpukkainventointi 2004–2007. Luonnontieteellinen keskusmuseo, Eläinmuseo ja Maailman Luonnon Säätö (Suomen WWF). Helsinki. ISBN 978-952-5242-17-1. 48 s.

Valovirta, I. ja Hietala, J. 2015. Tuusulanjoen kunnostuksen vaikutukset vuollejokisimpukkaan. Simpukkamäärien muutokset vuosina 2005–2012. Luonnontieteellinen keskusmuseo ja Keski-Uudenmaan vesiensuojelun lky. 33 s.

Valvira. 6.10.2020. Talusvesiasetuksen soveltamisohje, Osa III, Enimmäisarvojen perusteet. Ohje 5/2020. Dnro V/33102/2020. 54 s.

Väisänen A. 2018. Siikaisten alueen turvetuotantoalueiden kalataloudellinen yhteistarkkailu vuonna 2017. KVVY Tutkimus Oy. Tutkimusraportti nro 774/18. 28 s. + liitteet.

Yli-Halla, M. ja Hartikainen, H. 1996. Release of soil phosphorus during runoff as affected by ionic strength and temperature. *Agricultural and Food Science in Finland*. Vol. 5 (1996): 193-202.

Ympäristöministeriö. 20.3.2014. Maa-ainesten hyödyntäminen. Opas kaivettujen maa-ainesten luokittelusta jätteeksi ja hyödyntämiskelpoisuuden arvioinnista. 32 s. + liitteet.

Ympäristöministeriö. 28.11.2018. Ehdotus valtioneuvoston asetukseksi maa-ainesjätteen hyödyntämisestä maarakentamisessa. Muistiolounnos. 21 s.

LIITTEET

1 Määrittymenetelmien mittausepävarmuudet ja määrittymrajat

- 1-1 MetropoliLab Oy:n vesinäytteiden määrittymenetelmät
- 1-2 MetropoliLab Oy:n sedimenttikeräinnäytteiden määrittymenetelmät
- 1-3 Eurofins Environment Testing Finland passiivikeräinten määrittymenetelmät

2 Yhteenvetotaulukot vesinäytteiden ja sedimenttikeräinnäytteiden määrittymtuloksista

- 2-1 Pintavesinäytteiden määrittymtulokset
- 2-2 Pohjavesinäytteiden määrittymtulokset
- 2-3 Passiivikeräinten määrittymtulokset
- 2-4 Sedimenttikeräinnäytteiden määrittymtulokset

Liite 1-1. Metropolilab Oy:n vesinäytteiden määrittämenetelmät

Analyyysi	Yksikkö	Määrittärajaja	Epävarmuus-%	Menetelmä
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	pmy/ml			SFS-EN ISO 6222:1999
Kolimuotoiset bakteerit	mpn/ 100 ml	0		SFS-EN ISO 9308-2:2014
<i>Escherichia coli</i>	mpn/ 100 ml	0		SFS-EN ISO 9308-2:2014
Sulfaatti, SO ₄	mg/l	0,5	10	Sis.menet, DA
Kloridi, Cl	mg/l	0,5	10	Sis.menet, DA
Väriluku	mg Pt/l	2	10	SFS-EN ISO 7887:2011 menetelmä C
Ammoniumtyppi, NH ₄ -N	mg/l	0,008	15	ISO 7150: 1984, DA
Nitraattityppi, NO ₃ -N	mg/l	0,1	15	Sis. menet. DA
Nitriittityppi, NO ₂ -N	mg/l	0,002	15	SFS 3029 DA
Sameus	FNU	0,2	15	SFS-EN ISO 7027
pH			3	SFS 3021:1979
Sähkönjohtavuus 25 C	mS/m	0,1	5	SFS-EN 27888:1994
Alkaliteetti	mmol/l		10	SFS-EN ISO 9963-1:1996 muunn.
Hapen kyllästysaste	%	1		SFS-EN 25813:1996
Happi	mg/l	0,2	5	SFS-EN 25813:1993
COD _{Mn} -arvo, kemiallinen hapenkulutus	mg/l	0,5	15	SFS 3036:1981
Fosfaattifosfori, PO ₄ -P, liukoinen (NPC)	µg/l	2	15	SFS-EN ISO 6878: 2004
Kokonaisfosfori, P	µg/l	3	15	SFS 3026 mod. DA
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	µg/l	3	15	SFS 3026 mod. DA
Liuenneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	mg/l	0,5	15	SFS-EN 1484:1997
Kalsium, Ca	mg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Magnesium, Mg	mg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Kalium, K	mg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Natrium, Na	mg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Alumiini, Al	µg/l	3	20	SFS-EN ISO 11885:2009
Antimoni, Sb	µg/l	1	20	SFS-EN ISO 17294-2:2016
Arseeni, As	µg/l	0,1	20	SFS-EN ISO 17294-2:2016
Barium, Ba	µg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Beryllium, Be	µg/l	1	20	SFS-EN ISO 11885:2009
Boori, B	µg/l	30	20	SFS-EN ISO 11885:2009
Elohopea, Hg	µg/l	0,03	20	SFS-EN ISO 17294-2:2016
Fosfori, P	µg/l	50	20	SFS-EN ISO 11885:2009
Kadmium, Cd	µg/l	0,03	20	SFS-EN ISO 17294-2:2016
Koboltti, Co	µg/l		15	SFS-EN ISO 17294-2:2016
Kromi, Cr	µg/l	0,05	20	SFS-EN ISO 17294-2:2016
Kupari, Cu	µg/l	0,2	20	SFS-EN ISO 17294-2:2016
Lyijy, Pb	µg/l	0,1	20	SFS-EN ISO 17294-2:2016
Mangaani, Mn	µg/l	0,5	20	SFS-EN ISO 11885:2009
Molybdeeni, Mo	µg/l	0,1	15	SFS-EN ISO 17294-2:2016
Nikkeli, Ni	µg/l	0,1	20	SFS-EN ISO 17294-2:2016
Pii, Si	µg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Rauta, Fe	µg/l	3	20	SFS-EN ISO 11885:2009
Rikki, S	µg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Seleeni, Se	µg/l	0,5	25	SFS-EN ISO 17294-2:2016
Sinkki, Zn	µg/l	5	20	SFS-EN ISO 11885:2009
Strontium, Sr	µg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009

Tallium, Tl	µg/l	1	20	SFS-EN ISO 17294-2:2016
Titaani, Ti	µg/l	1	20	SFS-EN ISO 11885:2009
Uraani, U	µg/l		15	SFS-EN ISO 17294-2:2016
Vanadiini, V	µg/l	0,5	20	SFS-EN ISO 17294-2:2016
Bensiinijakeet C5-C10	µg/l	20	30	SFS-EN ISO 15680:2004
Öljyhiilivedyt C10-C40	µg/l	50	40	SFS-EN ISO 9377-2:2001 mod.
<i>PAH-määrittäminen</i>				
PAH-yhdisteet yhteensä	µg/l	0,002-0,02	30	ISO/TS 28581:2012
Naftaleeni	µg/l	0,02	30	
2-Metyyli-naftaleeni	µg/l	0,02	30	
1-Metyyli-naftaleeni	µg/l	0,02	40	
Bifenyylit	µg/l	0,02	30	
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	µg/l	0,02	30	
Asenaftyleeni	µg/l	0,01	30	
Asenafteni	µg/l	0,01	30	
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	µg/l	0,01	30	
Fluoreeni	µg/l	0,01	40	
Fenantreeni	µg/l	0,02	30	
Antraseeni	µg/l	0,02	30	
1-Metyylifenantreeni	µg/l	0,02	30	
Fluoranteeni	µg/l	0,02	30	
Pyreeni	µg/l	0,01	30	
Bentso(a)antraseeni	µg/l	0,01	30	
Kryseeni	µg/l	0,01	30	
Bentso(b)fluoranteeni	µg/l	0,0075	30	
Bentso(k)fluoranteeni	µg/l	0,0075	30	
Bentso(e)pyreeni	µg/l	0,01	30	
Bentso(a)pyreeni	µg/l	0,002	30	
Peryleeni	µg/l	0,01	30	
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	µg/l	0,0075	30	
Dibentso(a,h)antraseeni	µg/l	0,01	30	
Bentso(ghi)peryleeni	µg/l	0,002	30	
Veden lämpötilä	°C			kenttämittaus

Liite 1-2. MetropoliLab Oy:n sedimenttikeräinnäytteiden määrittämenetelmät

Analyyysi	Yksikkö	Määrittärajat	Epävarmuus-%	Menetelmä
Kiintoaine	-		-	-
- GF/F	mg/l		10	SFS-EN 872:2005
Kiintoaineen	-		-	-
- orgaaninen aines	mg/l		10	SFS-EN 872:2005
Fosfaattifosfori, PO ₄ -P, liukoinen (NPC)	µg/l		15	SFS-EN ISO 6878: 2004
Kokonaisfosfori, P	µg/l		15	SFS 3026 mod. DA
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	µg/l		15	SFS 3026 mod. DA
Kalsium, Ca	mg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Magnesium, Mg	mg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Kalium, K	mg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Natrium, Na	mg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Alumiini, Al	mg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Arseeni, As	µg/l		20	SFS-EN ISO 17294-2:201 6
Barium, Ba	µg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Beryllium, Be	µg/l	1	20	SFS-EN ISO 11885:2009
Boori, B	µg/l	30	20	SFS-EN ISO 11885:2009
Elohopea, Hg	µg/l	0,1	20	SFS-EN ISO 17294-2:201 6
Fosfori, P	mg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Kadmium, Cd	µg/l	0,02	15	SFS-EN ISO 17294-2:201 6
Koboltti, Co	µg/l		15	SFS-EN ISO 17294-2:201 6
Kromi, Cr	µg/l		15	SFS-EN ISO 17294-2:201 6
Kupari, Cu	µg/l		20	SFS-EN ISO 17294-2:201 6
Lyijy, Pb	µg/l		20	SFS-EN ISO 17294-2:201 6
Mangaani, Mn	µg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Molybdeeni, Mo	µg/l		15	SFS-EN ISO 17294-2:201 6
Nikkeli, Ni	µg/l		25	SFS-EN ISO 17294-2:201 6
Pii, Si	µg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Rauta, Fe	µg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Rikki, S	µg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Seleeni, Se	µg/l	0,5	25	SFS-EN ISO 17294-2:201 6
Sinkki, Zn	µg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Strontium, Sr	µg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Tallium, Tl	µg/l	1	20	SFS-EN ISO 17294-2:201 6
Tina, Sn	µg/l	1	20	SFS-EN ISO 17294-2:201 6
Titaani, Ti	µg/l		20	SFS-EN ISO 11885:2009
Uraani, U	µg/l		15	SFS-EN ISO 17294-2:201 6
Vanadiini, V	µg/l		20	SFS-EN ISO 17294-2:201 6
<i>PAH-määrittäminen</i>				ISO/TS 28581:2012
- PAH-yhdisteet yhteensä	µg/l			
- Naftaleeni	µg/l	0,02	30	
- 2-Metyylnaftaleeni	µg/l	0,02	30	
- 1-Metyylnaftaleeni	µg/l	0,02	40	
- Bifenyylit	µg/l	0,02	30	
- 2,6-Dimetyylnaftaleeni	µg/l	0,02	30	
- Asenaftaleeni	µg/l	0,01	30	
- Asenaftaleeni	µg/l	0,01	30	
- 2,3,5-Trimetyylnaftaleeni	µg/l	0,01	30	

- Fluoreeni	µg/l	0,01	40	
- Fenantreeni	µg/l	0,02	30	
- Antraseeni	µg/l	0,02	30	
- 1-Metyylifenantreeni	µg/l	0,02	30	
- Fluoranteeni	µg/l		30	
- Pyreeni	µg/l		30	
- Bentso(a)antraseeni	µg/l	0,01	30	
- Kryseeni	µg/l	0,01	30	
- Bentso(b)fluoranteeni	µg/l	0,01	30	
- Bentso(k)fluoranteeni	µg/l	0,01	30	
- Bentso(e)pyreeni	µg/l	0,01	30	
- Bentso(a)pyreeni	µg/l	0,01	30	
- Peryleeni	µg/l	0,01	30	
- Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	µg/l	0,0075	30	
- Dibentso(a,h)antraseeni	µg/l	0,01	30	
- Bentso(ghi)peryleeni	µg/l		30	

Liite 1-3. Eurofins Environment Testing Finland passiivikeräinten määrittymenetelmät-

Analyyssi	Yksikkö	Määrittys- raja	Epävar- muus-%	Menetelmä
Naftaleeni	µg/keräin	0,005	30	M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Naftaleeni	µg/l			M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Asenaftteeni	µg/keräin	0,005	30	M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Asenaftteeni	µg/l			M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Asenaftyleeni	µg/keräin	0,005	30	M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Asenaftyleeni	µg/l			M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Fluoreeni	µg/keräin	0,005	30	M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Fluoreeni	µg/l			M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Fenantreeni	µg/keräin	0,005	30	M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Fenantreeni	µg/l			M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Antraseeni	µg/keräin	0,005	30	M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Antraseeni	µg/l			M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Fluoranteeni	µg/keräin	0,005	30	M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Fluoranteeni	µg/l			M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Pyreeni	µg/keräin	0,005	30	M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Pyreeni	µg/l			M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Bentso(a)ant- raseeni	µg/keräin	0,005	30	M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Bentso(a)ant- raseeni	µg/l			M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Kryseeni/Trife- nyleeni	µg/keräin	0,005	30	M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Kryseeni/Trife- nyleeni	µg/l			M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Bentso[b+j+k]fluo- ranteeni	µg/keräin	0,005	30	M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Bentso[b+j+k]fluo- ranteeni	µg/l			M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Bentso(a)pyreeni	µg/keräin	0,005	30	M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Bentso(a)pyreeni	µg/l			M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Indeno(1,2,3- cd)pyreeni	µg/keräin	0,005	30	M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Indeno(1,2,3- cd)pyreeni	µg/l			M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Dibentso(a,h)an- traseeni	µg/keräin	0,005	30	M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Dibentso(a,h)an- traseeni	µg/l			M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Bentso-(ghi)-Pe- ryleeni	µg/keräin	0,005	30	M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Bentso-(ghi)-Pe- ryleeni	µg/l			M 0345 (Zone 1,2; separated) GC-MS
Kokonaisfosfori	µg/keräin	20		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Fosfori	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Alumiini	µg/keräin	2		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Alumiini	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Antimoni	µg/keräin	0,1		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS

Antimoni	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Arseeni	µg/keräin	0,2		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Arseeni	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Barium	µg/keräin	2		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Barium	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Beryllium	µg/keräin	2		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Beryllium	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Lyijy	µg/keräin	0,1		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Lyijy	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Kadmium	µg/keräin	0,02		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Kadmium	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Kromi	µg/keräin	0,6		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Kromi	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Koboltti	µg/keräin	0,2		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Koboltti	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Kalium	µg/keräin	50		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Kalium	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Kupari	µg/keräin	0,2		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Kupari	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Elohopea	µg/keräin	0,004		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Elohopea	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Magnesium	µg/keräin	50		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Magnesium	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Mangaani	µg/keräin	0,5		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Mangaani	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Molybdeeni	µg/keräin	2		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Molybdeeni	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Natrium	µg/keräin	50		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS

Natrium	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Nikkeli	µg/keräin	0,2		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Nikkeli	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Seleen	µg/keräin	1		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Seleen	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Strontium	µg/keräin	1		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Strontium	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Titaani	µg/keräin	1		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Titaani	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Uraani	µg/keräin	0,1		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Uraani	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Vanadiini	µg/keräin	0,5		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Vanadiini	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Sinkki	µg/keräin	0,5		DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Sinkki	µg/l			DS 259:2003, DS/EN ISO 17294m:2016 (Zone 1,2; sep) ICP-MS
Nitriitti+nitraatti-N	µg/sample	50	15	Internal
Nitriitti+nitraatti-N	µg/l			Internal
Ortofosfaatti (PO4-P)	µg/sample	5	15	Internal
Ortofosfaatti (PO4-P)	µg/l			Internal
Sulfaatti	µg/keräin	50	15	Internal
Sulfaatti	µg/l			Internal

Liite 2-1. Pintavesinäytteiden määrittystulokset. *Mikäli pitoisuus oli alle määrittysrajan, yhteenvetotaulukossa pitoisuus on merkitty 0,5 x määrittysraja.*

Variable	Havaintopaikka=MJOKI-Lampi1 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	1	2500,00	2500,00	2500,00	
Koliformiset bakteerit	1	2400,00	2400,00	2400,00	
Escherichia coli	1	1700,00	1700,00	1700,00	
Sulfaatti, SO4	1	1,10	1,10	1,10	
Kloridi, Cl	1	5,90	5,90	5,90	
Väriluku	1	88,00	88,00	88,00	
Ammoniumtyppi, NH4-N	1	0,10	0,10	0,10	
Nitraattityppi, NO3-N	1	0,05	0,05	0,05	
Nitriittityppi, NO2-N	1	0,00	0,00	0,00	
Sameus	1	3,20	3,20	3,20	
pH	1	7,80	7,80	7,80	
Alkaliteetti	1	4,10	4,10	4,10	
Sähkönjohtavuus 25 C	1	40,00	40,00	40,00	
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	1	20,00	20,00	20,00	
Hapen kyllästysaste	1	24,00	24,00	24,00	
Happi	1	2,80	2,80	2,80	
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	1	36,00	36,00	36,00	
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	0				
Kokonaisfosfori, P	0				
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	0				
Kalsium, Ca	1	30,00	30,00	30,00	
Kalsium, Ca, liukoinen	1	0,29	0,29	0,29	
Magnesium, Mg	1	5,40	5,40	5,40	
Magnesium, Mg, liukoinen	1	0,12	0,12	0,12	
Kalium, K	1	19,00	19,00	19,00	
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	1	0,15	0,15	0,15	
Natrium, Na	1	41,00	41,00	41,00	
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	1	0,21	0,21	0,21	
Alumiini, Al	1	110,00	110,00	110,00	
Alumiini, Al, liukoinen	1	56,00	56,00	56,00	
Antimoni, Sb	1	0,50	0,50	0,50	
Antimoni, Sb, liukoinen	1	0,50	0,50	0,50	
Arseeni, As	1	2,00	2,00	2,00	
Arseeni, As, liukoinen	1	1,20	1,20	1,20	
Barium, Ba	1	30,00	30,00	30,00	
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	1	24,00	24,00	24,00	
Beryllium, Be	1	0,50	0,50	0,50	
Beryllium, Be, liukoinen	1	0,50	0,50	0,50	
Boori, B	1	15,00	15,00	15,00	
Boori, B, liukoinen	1	15,00	15,00	15,00	
Elohopea, Hg	1	0,02	0,02	0,02	
Elohopea, Hg, liukoinen	1	0,02	0,02	0,02	
Fosfori, P	1	25,00	25,00	25,00	
Fosfori, P, liukoinen	1	25,00	25,00	25,00	
Kadmium, Cd	1	0,01	0,01	0,01	
Kadmium, Cd, liukoinen	1	0,01	0,01	0,01	
Koboltti, Co	1	0,38	0,38	0,38	
Koboltti, Co, liukoinen	1	0,19	0,19	0,19	
Kromi, Cr	1	0,24	0,24	0,24	
Kromi, Cr, liukoinen	1	0,13	0,13	0,13	

Variable	Havaintopaikka=MJOKI-Lampi1 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Kupari, Cu	1	2,30	2,30	2,30	
Kupari, Cu, liukoinen	1	1,60	1,60	1,60	
Lyijy, Pb	1	0,30	0,30	0,30	
Lyijy, Pb, liukoinen	1	0,10	0,10	0,10	
Mangaani, Mn	1	27,00	27,00	27,00	
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	1	1,50	1,50	1,50	
Molybdeeni, Mo	1	1,10	1,10	1,10	
Molybdeeni, Mo, liukoinen	1	0,80	0,80	0,80	
Nikkeli, Ni	1	0,90	0,90	0,90	
Nikkeli, Ni, liukoinen	1	0,90	0,90	0,90	
Pii, Si	1	870,00	870,00	870,00	
Pii, Si, liukoinen	1	25,00	25,00	25,00	
Rauta, Fe	1	1200,00	1200,00	1200,00	
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	1	0,55	0,55	0,55	
Rikki, S	1	1500,00	1500,00	1500,00	
Rikki, S, liukoinen	1	35,00	35,00	35,00	
Seleeni, Se	1	0,70	0,70	0,70	
Seleeni, Se, liukoinen	1	0,25	0,25	0,25	
Sinkki, Zn	1	2,50	2,50	2,50	
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	1	2,50	2,50	2,50	
Strontium, Sr	1	210,00	210,00	210,00	
Strontium, Sr, liukoinen	1	1,00	1,00	1,00	
Tallium, Tl	1	0,50	0,50	0,50	
Tallium, Tl, liukoinen	1	0,50	0,50	0,50	
Titaani, Ti	1	3,00	3,00	3,00	
Titaani, Ti, liukoinen	1	2,00	2,00	2,00	
Uraani, U	1	1,40	1,40	1,40	
Uraani, U, liukoinen	1	1,40	1,40	1,40	
Vanadiini, V	1	0,60	0,60	0,60	
Vanadiini, V, liukoinen	1	0,25	0,25	0,25	
Kevyet hiilivedyt C5-C10	1	10,00	10,00	10,00	
Keskiraskaat C10-C21	1	12,50	12,50	12,50	
Raskaat C21-C40	1	12,50	12,50	12,50	
PAH-yhdisteet yhteensä	1	0,05	0,05	0,05	
Naftaleeni	1	0,01	0,01	0,01	
2-Metyyli-naftaleeni	1	0,01	0,01	0,01	
1-Metyyli-naftaleeni	1	0,01	0,01	0,01	
Bifenyylit	1	0,01	0,01	0,01	
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	1	0,01	0,01	0,01	
Asenaftyleeni	1	0,01	0,01	0,01	
Asenafteeni	1	0,01	0,01	0,01	
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	1	0,01	0,01	0,01	
Fluoreeni	1	0,01	0,01	0,01	
Fenantreeni	1	0,01	0,01	0,01	
Antraseeni	1	0,01	0,01	0,01	
1-Metyylifenantreeni	1	0,01	0,01	0,01	
Fluoranteeni	1	0,01	0,01	0,01	
Pyreeni	1	0,01	0,01	0,01	
Bentso(a)antraseeni	1	0,01	0,01	0,01	
Kryseeni	1	0,01	0,01	0,01	

		Havaintopaikka=MJOKI-Lampi1 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)			
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Bentso(b)fluoranteeni	1	0,00	0,00	0,00	
Bentso(k)fluoranteeni	1	0,00	0,00	0,00	
Bentso(e)pyreeni	1	0,01	0,01	0,01	
Bentso(a)pyreeni	1	0,00	0,00	0,00	
Peryleeni	1	0,01	0,01	0,01	
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	1	0,00	0,00	0,00	
Dibentso(a,h)antraseeni	1	0,01	0,01	0,01	
Bentso(ghi)peryleeni	1	0,00	0,00	0,00	

Variable	Havaintopaikka=MJOKI-Lampi2 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	1	1600,00	1600,00	1600,00	
Koliiformiset bakteerit	1	630,00	630,00	630,00	
Escherichia coli	1	130,00	130,00	130,00	
Sulfaatti, SO4	1	15,00	15,00	15,00	
Kloridi, Cl	1	8,50	8,50	8,50	
Väriluku	1	39,00	39,00	39,00	
Ammoniumtyppi, NH4-N	1	0,02	0,02	0,02	
Nitraattityppi, NO3-N	1	0,05	0,05	0,05	
Nitriittityppi, NO2-N	1	0,00	0,00	0,00	
Sameus	1	4,50	4,50	4,50	
pH	1	7,50	7,50	7,50	
Alkaliteetti	1	2,10	2,10	2,10	
Sähkönjohtavuus 25 C	1	30,00	30,00	30,00	
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	1	12,00	12,00	12,00	
Hapen kyllästysaste	1	73,00	73,00	73,00	
Happi	1	8,40	8,40	8,40	
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	1	15,00	15,00	15,00	
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	0				
Kokonaisfosfori, P	0				
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	0				
Kalsium, Ca	1	24,00	24,00	24,00	
Kalsium, Ca, liukoinen	1	0,09	0,09	0,09	
Magnesium, Mg	1	12,00	12,00	12,00	
Magnesium, Mg, liukoinen	1	0,03	0,03	0,03	
Kalium, K	1	3,80	3,80	3,80	
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	1	0,15	0,15	0,15	
Natrium, Na	1	9,80	9,80	9,80	
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	1	0,04	0,04	0,04	
Alumiini, Al	1	140,00	140,00	140,00	
Alumiini, Al, liukoinen	1	28,00	28,00	28,00	
Antimoni, Sb	1	0,50	0,50	0,50	
Antimoni, Sb, liukoinen	1	0,50	0,50	0,50	
Arseeni, As	1	0,50	0,50	0,50	
Arseeni, As, liukoinen	1	0,50	0,50	0,50	
Barium, Ba	1	19,00	19,00	19,00	
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	1	14,00	14,00	14,00	
Beryllium, Be	1	0,50	0,50	0,50	
Beryllium, Be, liukoinen	1	0,50	0,50	0,50	
Boori, B	1	15,00	15,00	15,00	
Boori, B, liukoinen	1	15,00	15,00	15,00	
Elohopea, Hg	1	0,02	0,02	0,02	
Elohopea, Hg, liukoinen	1	0,02	0,02	0,02	
Fosfori, P	1	25,00	25,00	25,00	
Fosfori, P, liukoinen	1	25,00	25,00	25,00	
Kadmium, Cd	1	0,01	0,01	0,01	
Kadmium, Cd, liukoinen	1	0,01	0,01	0,01	
Koboltti, Co	1	0,09	0,09	0,09	
Koboltti, Co, liukoinen	1	0,04	0,04	0,04	
Kromi, Cr	1	0,32	0,32	0,32	
Kromi, Cr, liukoinen	1	0,05	0,05	0,05	

Variable	Havaintopaikka=MJOKI-Lampi2 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Kupari, Cu	1	0,80	0,80	0,80	
Kupari, Cu, liukoinen	1	0,50	0,50	0,50	
Lyijy, Pb	1	0,10	0,10	0,10	
Lyijy, Pb, liukoinen	1	0,05	0,05	0,05	
Mangaani, Mn	1	9,00	9,00	9,00	
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	1	1,50	1,50	1,50	
Molybdeeni, Mo	1	0,70	0,70	0,70	
Molybdeeni, Mo, liukoinen	1	0,50	0,50	0,50	
Nikkeli, Ni	1	0,50	0,50	0,50	
Nikkeli, Ni, liukoinen	1	0,30	0,30	0,30	
Pii, Si	1	1500,00	1500,00	1500,00	
Pii, Si, liukoinen	1	25,00	25,00	25,00	
Rauta, Fe	1	560,00	560,00	560,00	
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	1	0,55	0,55	0,55	
Rikki, S	1	5000,00	5000,00	5000,00	
Rikki, S, liukoinen	1	35,00	35,00	35,00	
Seleeni, Se	1	0,25	0,25	0,25	
Seleeni, Se, liukoinen	1	0,25	0,25	0,25	
Sinkki, Zn	1	2,50	2,50	2,50	
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	1	2,50	2,50	2,50	
Strontium, Sr	1	78,00	78,00	78,00	
Strontium, Sr, liukoinen	1	0,50	0,50	0,50	
Tallium, Tl	1	0,50	0,50	0,50	
Tallium, Tl, liukoinen	1	0,50	0,50	0,50	
Titaani, Ti	1	16,00	16,00	16,00	
Titaani, Ti, liukoinen	1	0,50	0,50	0,50	
Uraani, U	1	0,67	0,67	0,67	
Uraani, U, liukoinen	1	0,67	0,67	0,67	
Vanadiini, V	1	0,70	0,70	0,70	
Vanadiini, V, liukoinen	1	0,25	0,25	0,25	
Kevyet hiilivedyt C5-C10	1	10,00	10,00	10,00	
Keskiraskaat C10-C21	1	12,50	12,50	12,50	
Raskaat C21-C40	1	12,50	12,50	12,50	
PAH-yhdisteet yhteensä	1	0,05	0,05	0,05	
Naftaleeni	1	0,01	0,01	0,01	
2-Metyyli-naftaleeni	1	0,01	0,01	0,01	
1-Metyyli-naftaleeni	1	0,01	0,01	0,01	
Bifenyylit	1	0,01	0,01	0,01	
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	1	0,01	0,01	0,01	
Asenaftyleeni	1	0,01	0,01	0,01	
Asenafteeni	1	0,01	0,01	0,01	
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	1	0,01	0,01	0,01	
Fluoreeni	1	0,01	0,01	0,01	
Fenantreeni	1	0,01	0,01	0,01	
Antraseeni	1	0,01	0,01	0,01	
1-Metyylifenantreeni	1	0,01	0,01	0,01	
Fluoranteeni	1	0,01	0,01	0,01	
Pyreeni	1	0,01	0,01	0,01	
Bentso(a)antraseeni	1	0,01	0,01	0,01	
Kryseeni	1	0,01	0,01	0,01	

Havaintopaikka=MJOKI-Lampi2					
Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)					
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Bentso(b)fluoranteeni	1	0,00	0,00	0,00	
Bentso(k)fluoranteeni	1	0,00	0,00	0,00	
Bentso(e)pyreeni	1	0,01	0,01	0,01	
Bentso(a)pyreeni	1	0,00	0,00	0,00	
Peryleeni	1	0,01	0,01	0,01	
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	1	0,00	0,00	0,00	
Dibentso(a,h)antraseeni	1	0,01	0,01	0,01	
Bentso(ghi)peryleeni	1	0,00	0,00	0,00	

Variable	Havaintopaikka=MJOKI-OjaP1 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	6	2283,33	760,00	5500,00	2006,96
Koliformiset bakteerit	6	5129,50	67,00	22000,00	8606,59
Escherichia coli	6	660,83	0,00	3900,00	1586,95
Sulfaatti, SO4	6	4,60	1,60	7,90	2,29
Kloridi, Cl	6	3,78	3,50	4,30	0,33
Väriluku	6	95,83	52,00	210,00	59,32
Ammoniumtyppi, NH4-N	6	0,07	0,01	0,17	0,06
Nitraattityppi, NO3-N	6	0,09	0,01	0,23	0,09
Nitriittityppi, NO2-N	6	0,00	0,00	0,01	0,00
Sameus	6	8,20	1,30	23,00	8,78
pH	6	7,40	7,00	7,90	0,33
Alkaliteetti	6	1,87	1,60	2,10	0,16
Sähkönjohtavuus 25 C	6	20,00	20,00	20,00	0,00
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	6	19,17	15,00	28,00	5,19
Hapen kyllästysaste	6	51,83	28,00	96,00	24,38
Happi	6	5,90	3,40	10,80	2,73
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	6	19,67	15,00	28,00	4,55
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	4	3,75	3,00	5,00	0,96
Kokonaisfosfori, P	3	39,67	21,00	66,00	23,46
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	4	11,00	10,00	13,00	1,41
Kalsium, Ca	6	14,50	14,00	15,00	0,55
Kalsium, Ca, liukoinen	6	14,17	13,00	16,00	1,17
Magnesium, Mg	6	4,20	3,90	4,70	0,39
Magnesium, Mg, liukoinen	6	4,12	3,70	4,80	0,44
Kalium, K	6	8,83	7,60	9,40	0,63
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	6	8,57	7,80	9,50	0,61
Natrium, Na	6	19,67	17,00	24,00	2,50
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	6	19,50	17,00	23,00	2,17
Alumiini, Al	6	198,50	28,00	610,00	234,25
Alumiini, Al, liukoinen	6	72,17	11,00	210,00	83,18
Antimoni, Sb	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Antimoni, Sb, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Arseeni, As	6	1,32	0,70	2,60	0,74
Arseeni, As, liukoinen	6	1,08	0,70	1,90	0,48
Barium, Ba	6	12,67	8,00	18,00	3,67
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	6	10,67	7,00	15,00	2,88
Beryllium, Be	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Beryllium, Be, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Boori, B	6	15,00	15,00	15,00	0,00
Boori, B, liukoinen	6	15,00	15,00	15,00	0,00
Elohopea, Hg	6	0,02	0,02	0,02	0,00
Elohopea, Hg, liukoinen	6	0,02	0,02	0,02	0,00
Fosfori, P	6	35,08	2,50	69,00	25,90
Fosfori, P, liukoinen	6	29,25	2,50	73,00	23,25
Kadmium, Cd	6	0,02	0,01	0,04	0,01
Kadmium, Cd, liukoinen	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Koboltti, Co	6	0,31	0,07	0,81	0,33
Koboltti, Co, liukoinen	6	0,13	0,06	0,41	0,14
Kromi, Cr	6	0,45	0,13	1,10	0,41
Kromi, Cr, liukoinen	6	0,29	0,12	0,66	0,23

Variable	Havaintopaikka=MJOKI-OjaP1 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Kupari, Cu	6	1,63	0,20	5,10	1,86
Kupari, Cu, liukoinen	6	0,93	0,10	3,00	1,08
Lyijy, Pb	6	0,16	0,05	0,40	0,15
Lyijy, Pb, liukoinen	6	0,06	0,05	0,10	0,02
Mangaani, Mn	6	79,83	17,00	180,00	76,22
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	6	29,92	1,50	110,00	44,08
Molybdeeni, Mo	6	0,53	0,40	0,90	0,19
Molybdeeni, Mo, liukoinen	6	0,58	0,40	1,10	0,26
Nikkeli, Ni	6	0,63	0,10	1,50	0,56
Nikkeli, Ni, liukoinen	6	0,51	0,05	1,10	0,37
Pii, Si	6	1955,00	730,00	4900,00	1559,54
Pii, Si, liukoinen	6	1861,67	720,00	4900,00	1570,10
Rauta, Fe	6	1781,67	680,00	4700,00	1626,76
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	6	1085,00	370,00	3100,00	1039,36
Rikki, S	6	2000,00	1300,00	3200,00	721,11
Rikki, S, liukoinen	6	2016,67	1300,00	3200,00	733,26
Seleeni, Se	6	0,31	0,25	0,60	0,14
Seleeni, Se, liukoinen	6	0,25	0,25	0,25	0,00
Sinkki, Zn	6	3,75	2,50	10,00	3,06
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	6	3,25	2,50	7,00	1,84
Strontium, Sr	6	74,17	66,00	80,00	4,71
Strontium, Sr, liukoinen	6	71,83	66,00	79,00	5,04
Tallium, Tl	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Tallium, Tl, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Titaani, Ti	6	11,50	1,00	32,00	12,32
Titaani, Ti, liukoinen	6	4,08	0,50	14,00	5,47
Uraani, U	6	0,69	0,26	2,00	0,66
Uraani, U, liukoinen	6	0,53	0,22	1,20	0,37
Vanadiini, V	6	1,01	0,25	2,50	0,96
Vanadiini, V, liukoinen	6	0,59	0,25	1,10	0,42
Kevyet hiilivedyt C5-C10	6	10,00	10,00	10,00	0,00
Keskiraskaat C10-C21	6	12,08	10,00	12,50	1,02
Raskaat C21-C40	6	28,75	12,50	110,00	39,80
PAH-yhdisteet yhteensä	6	0,05	0,05	0,05	0,00
Naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bifenyylit	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,02	0,00
Asenaftyleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenafteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyylifenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoranteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Kryseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00

Havaintopaikka=MJOKI-OjaP1 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)					
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Bentso(b)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(k)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(e)pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Peryleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Dibentso(a,h)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(ghi)peryleeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00

Variable	Havaintopaikka=MJOKI-OjaP2 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	6	4050,00	800,00	9400,00	3398,68
Koliformiset bakteerit	6	1451,17	37,00	5800,00	2182,59
Escherichia coli	6	197,00	0,00	870,00	342,01
Sulfaatti, SO4	6	21,67	13,00	40,00	9,48
Kloridi, Cl	6	8,37	7,40	10,00	1,07
Väriluku	6	113,00	78,00	130,00	18,28
Ammoniumtyppi, NH4-N	6	0,21	0,10	0,41	0,12
Nitraattityppi, NO3-N	6	0,57	0,19	1,10	0,31
Nitriittityppi, NO2-N	6	0,01	0,00	0,02	0,01
Sameus	6	19,83	13,00	32,00	7,36
pH	6	6,88	6,60	7,30	0,26
Alkaliteetti	6	1,72	1,20	2,00	0,37
Sähkönjohtavuus 25 C	6	23,33	20,00	30,00	4,13
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	6	21,00	16,00	27,00	3,95
Hapen kyllästysaste	6	44,67	22,00	64,00	14,31
Happi	6	5,30	2,90	7,00	1,43
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	6	21,50	18,00	27,00	3,15
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	4	4,75	2,00	6,00	1,89
Kokonaisfosfori, P	3	31,00	27,00	36,00	4,58
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	4	10,25	6,00	14,00	3,50
Kalsium, Ca	6	25,50	22,00	28,00	1,97
Kalsium, Ca, liukoinen	6	22,00	11,00	26,00	5,55
Magnesium, Mg	6	9,67	8,10	11,00	0,95
Magnesium, Mg, liukoinen	6	8,20	3,40	10,00	2,46
Kalium, K	6	3,57	2,80	4,30	0,62
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	6	3,12	2,10	4,20	0,73
Natrium, Na	6	8,02	7,60	8,70	0,39
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	6	6,95	3,40	8,00	1,77
Alumiini, Al	6	463,33	340,00	600,00	95,22
Alumiini, Al, liukoinen	6	203,50	51,00	410,00	132,38
Antimoni, Sb	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Antimoni, Sb, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Arseeni, As	6	0,87	0,60	1,00	0,15
Arseeni, As, liukoinen	6	0,73	0,50	0,90	0,19
Barium, Ba	6	18,33	16,00	21,00	1,75
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	6	13,50	6,00	17,00	4,23
Beryllium, Be	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Beryllium, Be, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Boori, B	6	15,00	15,00	15,00	0,00
Boori, B, liukoinen	6	15,00	15,00	15,00	0,00
Elohopea, Hg	6	0,02	0,02	0,02	0,00
Elohopea, Hg, liukoinen	6	0,02	0,02	0,02	0,00
Fosfori, P	6	33,00	25,00	73,00	19,60
Fosfori, P, liukoinen	6	21,25	2,50	25,00	9,19
Kadmium, Cd	6	0,01	0,01	0,03	0,01
Kadmium, Cd, liukoinen	6	0,01	0,01	0,02	0,00
Koboltti, Co	6	0,63	0,39	1,00	0,21
Koboltti, Co, liukoinen	6	0,38	0,08	0,74	0,27
Kromi, Cr	6	0,82	0,54	1,30	0,26
Kromi, Cr, liukoinen	6	0,44	0,18	0,76	0,20

Variable	Havaintopaikka=MJOKI-OjaP2 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Kupari, Cu	6	2,50	1,50	4,00	1,02
Kupari, Cu, liukoinen	6	1,77	0,90	2,50	0,69
Lyijy, Pb	6	0,28	0,20	0,40	0,08
Lyijy, Pb, liukoinen	6	0,08	0,05	0,20	0,06
Mangaani, Mn	6	167,33	54,00	260,00	72,68
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	6	107,67	5,00	240,00	99,43
Molybdeeni, Mo	6	0,73	0,60	0,90	0,12
Molybdeeni, Mo, liukoinen	6	0,77	0,70	0,90	0,08
Nikkeli, Ni	6	1,10	0,90	1,70	0,32
Nikkeli, Ni, liukoinen	6	0,85	0,70	1,10	0,15
Pii, Si	6	7866,67	4100,00	9600,00	2149,11
Pii, Si, liukoinen	6	7450,00	3800,00	9400,00	2288,89
Rauta, Fe	6	2516,67	1700,00	3500,00	713,91
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	6	1441,67	150,00	2700,00	836,91
Rikki, S	6	6750,00	4200,00	12000,00	2724,52
Rikki, S, liukoinen	6	7233,33	4100,00	12000,00	2644,74
Seleeni, Se	6	0,25	0,25	0,25	0,00
Seleeni, Se, liukoinen	6	0,25	0,25	0,25	0,00
Sinkki, Zn	6	3,08	2,50	6,00	1,43
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	6	3,25	2,50	7,00	1,84
Strontium, Sr	6	86,83	75,00	94,00	7,19
Strontium, Sr, liukoinen	6	77,00	50,00	91,00	14,44
Tallium, Tl	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Tallium, Tl, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Titaani, Ti	6	24,00	16,00	31,00	5,22
Titaani, Ti, liukoinen	6	9,50	2,00	20,00	7,48
Uraani, U	6	1,45	1,10	1,60	0,21
Uraani, U, liukoinen	6	1,27	1,00	1,50	0,18
Vanadiini, V	6	1,82	1,30	2,50	0,42
Vanadiini, V, liukoinen	6	0,91	0,25	1,40	0,37
Kevyet hiilivedyt C5-C10	6	10,00	10,00	10,00	0,00
Keskiraskaat C10-C21	6	22,17	12,50	42,00	14,98
Raskaat C21-C40	6	51,25	12,50	123,00	48,87
PAH-yhdisteet yhteensä	6	0,05	0,05	0,05	0,00
Naftaleeni	6	0,01	0,01	0,02	0,00
2-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bifenyyl	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftyleeni	6	0,01	0,01	0,02	0,01
Asenaftteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyylifenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoranteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Kryseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00

Havaintopaikka=MJOKI-OjaP2 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)					
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Bentso(b)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(k)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(e)pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Peryleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Dibentso(a,h)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(ghi)peryleeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00

Variable	Havaintopaikka=MT-Lampi1 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	3	1953,33	460,00	2900,00	1308,64
Koliformiset bakteerit	3	483,33	290,00	610,00	170,10
Escherichia coli	3	26,33	0,00	79,00	45,61
Sulfaatti, SO4	3	0,70	0,50	1,10	0,35
Kloridi, Cl	3	3,40	3,10	4,00	0,52
Väriluku	3	170,00	130,00	220,00	45,83
Ammoniumtyppi, NH4-N	3	0,37	0,12	0,73	0,32
Nitraattityppi, NO3-N	3	0,05	0,05	0,05	0,00
Nitriittityppi, NO2-N	3	0,00	0,00	0,00	0,00
Sameus	3	11,97	5,90	19,00	6,60
pH	3	6,70	6,50	6,90	0,20
Alkaliteetti	3	0,91	0,71	1,20	0,26
Sähkönjohtavuus 25 C	3	9,70	9,10	10,00	0,52
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	3	28,67	22,00	40,00	9,87
Hapen kyllästysaste	3	25,00	21,00	28,00	3,61
Happi	3	2,97	2,40	3,40	0,51
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	3	25,00	22,00	30,00	4,36
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	2	3,50	2,00	5,00	2,12
Kokonaisfosfori, P	1	40,00	40,00	40,00	
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	2	12,00	7,00	17,00	7,07
Kalsium, Ca	3	13,33	12,00	15,00	1,53
Kalsium, Ca, liukoinen	3	8,39	0,17	13,00	7,14
Magnesium, Mg	3	4,17	3,40	5,40	1,08
Magnesium, Mg, liukoinen	3	2,29	0,06	3,60	1,94
Kalium, K	3	2,30	1,80	2,70	0,46
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	3	1,65	0,15	2,80	1,36
Natrium, Na	3	3,23	2,80	3,90	0,59
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	3	1,91	0,13	2,80	1,54
Alumiini, Al	3	606,67	560,00	650,00	45,09
Alumiini, Al, liukoinen	3	323,67	71,00	470,00	219,73
Antimoni, Sb	3	0,50	0,50	0,50	0,00
Antimoni, Sb, liukoinen	3	0,50	0,50	0,50	0,00
Arseeni, As	3	0,97	0,80	1,20	0,21
Arseeni, As, liukoinen	3	0,77	0,70	0,80	0,06
Barium, Ba	3	14,67	12,00	19,00	3,79
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	3	9,17	6,50	11,00	2,36
Beryllium, Be	3	0,50	0,50	0,50	0,00
Beryllium, Be, liukoinen	3	0,50	0,50	0,50	0,00
Boori, B	3	15,00	15,00	15,00	0,00
Boori, B, liukoinen	3	15,00	15,00	15,00	0,00
Elohopea, Hg	3	0,02	0,02	0,02	0,00
Elohopea, Hg, liukoinen	3	0,02	0,02	0,02	0,00
Fosfori, P	3	63,67	25,00	86,00	33,62
Fosfori, P, liukoinen	3	36,17	2,50	81,00	40,42
Kadmium, Cd	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Kadmium, Cd, liukoinen	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Koboltti, Co	3	1,02	0,36	1,60	0,62
Koboltti, Co, liukoinen	3	0,76	0,22	1,60	0,74
Kromi, Cr	3	1,07	1,00	1,20	0,12
Kromi, Cr, liukoinen	3	0,73	0,30	1,00	0,38

Variable	Havaintopaikka=MT-Lampi1 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Kupari, Cu	3	2,07	1,80	2,30	0,25
Kupari, Cu, liukoinen	3	1,37	0,70	1,90	0,61
Lyijy, Pb	3	0,43	0,40	0,50	0,06
Lyijy, Pb, liukoinen	3	0,20	0,10	0,30	0,10
Mangaani, Mn	3	356,67	190,00	520,00	165,03
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	3	223,83	1,50	490,00	247,18
Molybdeeni, Mo	3	0,15	0,05	0,20	0,09
Molybdeeni, Mo, liukoinen	3	0,12	0,05	0,20	0,08
Nikkeli, Ni	3	1,30	0,90	1,50	0,35
Nikkeli, Ni, liukoinen	3	1,13	0,50	1,50	0,55
Pii, Si	3	5500,00	5000,00	6200,00	624,50
Pii, Si, liukoinen	3	3597,33	92,00	5900,00	3085,13
Rauta, Fe	3	2633,33	1600,00	3400,00	929,16
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	3	1300,18	0,55	2700,00	1352,51
Rikki, S	3	1833,33	1500,00	2300,00	416,33
Rikki, S, liukoinen	3	1900,00	1700,00	2300,00	346,41
Seleeni, Se	3	0,25	0,25	0,25	0,00
Seleeni, Se, liukoinen	3	0,25	0,25	0,25	0,00
Sinkki, Zn	3	4,00	2,50	7,00	2,60
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	3	2,50	2,50	2,50	0,00
Strontium, Sr	3	47,00	43,00	52,00	4,58
Strontium, Sr, liukoinen	3	28,17	0,50	45,00	24,15
Tallium, Tl	3	0,50	0,50	0,50	0,00
Tallium, Tl, liukoinen	3	0,50	0,50	0,50	0,00
Titaani, Ti	3	24,00	18,00	29,00	5,57
Titaani, Ti, liukoinen	3	10,67	5,00	14,00	4,93
Uraani, U	3	0,29	0,22	0,37	0,08
Uraani, U, liukoinen	3	0,23	0,15	0,30	0,08
Vanadiini, V	3	1,73	1,00	2,80	0,95
Vanadiini, V, liukoinen	3	0,90	0,80	1,10	0,17
Kevyet hiilivedyt C5-C10	3	10,00	10,00	10,00	0,00
Keskiraskaat C10-C21	3	12,50	12,50	12,50	0,00
Raskaat C21-C40	3	12,50	12,50	12,50	0,00
PAH-yhdisteet yhteensä	3	0,05	0,05	0,05	0,00
Naftaleeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
2-Metyyli-naftaleeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyyli-naftaleeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Bifenyylit	3	0,01	0,01	0,01	0,00
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftyleeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftteeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoreeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Fenantreeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Antraseeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyylifenantreeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoranteeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Pyreeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)antraseeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Kryseeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00

		Havaintopaikka=MT-Lampi1 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)			
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Bentso(b)fluoranteeni	3	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(k)fluoranteeni	3	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(e)pyreeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)pyreeni	3	0,00	0,00	0,00	0,00
Peryleeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	3	0,00	0,00	0,00	0,00
Dibentso(a,h)antraseeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(ghi)peryleeni	3	0,00	0,00	0,00	0,00

Variable	Havaintopaikka=MT-OjaP1 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	3	1413,33	730,00	2600,00	1031,62
Koliformiset bakteerit	3	222,67	30,00	550,00	284,96
Escherichia coli	3	43,67	0,00	130,00	74,77
Sulfaatti, SO4	3	101,00	83,00	110,00	15,59
Kloridi, Cl	3	34,33	26,00	44,00	9,07
Väriluku	3	14,67	12,00	16,00	2,31
Ammoniumtyppi, NH4-N	3	0,36	0,04	0,90	0,47
Nitraattityppi, NO3-N	3	8,03	5,70	12,00	3,45
Nitriittityppi, NO2-N	3	0,05	0,02	0,09	0,04
Sameus	3	2,37	1,10	3,60	1,25
pH	3	7,60	7,50	7,80	0,17
Alkaliteetti	3	3,70	3,00	4,30	0,66
Sähkönjohtavuus 25 C	3	73,33	70,00	80,00	5,77
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	3	6,00	5,60	6,20	0,35
Hapen kyllästysaste	3	75,67	61,00	91,00	15,01
Happi	3	8,57	7,30	10,30	1,55
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	3	10,63	9,90	11,00	0,64
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	1	3,00	3,00	3,00	
Kokonaisfosfori, P	1	7,00	7,00	7,00	
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	1	4,00	4,00	4,00	
Kalsium, Ca	3	105,67	97,00	120,00	12,50
Kalsium, Ca, liukoinen	3	73,34	0,02	120,00	64,28
Magnesium, Mg	3	18,67	16,00	22,00	3,06
Magnesium, Mg, liukoinen	3	13,34	0,01	22,00	11,71
Kalium, K	3	7,00	5,80	8,10	1,15
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	3	4,55	0,15	7,80	3,95
Natrium, Na	3	11,33	10,00	13,00	1,53
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	3	7,68	0,04	13,00	6,78
Alumiini, Al	3	108,33	45,00	140,00	54,85
Alumiini, Al, liukoinen	3	18,00	16,00	19,00	1,73
Antimoni, Sb	3	0,50	0,50	0,50	0,00
Antimoni, Sb, liukoinen	3	0,50	0,50	0,50	0,00
Arseeni, As	3	0,27	0,20	0,30	0,06
Arseeni, As, liukoinen	3	0,33	0,20	0,50	0,15
Barium, Ba	3	18,33	14,00	22,00	4,04
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	3	16,33	13,00	21,00	4,16
Beryllium, Be	3	0,50	0,50	0,50	0,00
Beryllium, Be, liukoinen	3	0,50	0,50	0,50	0,00
Boori, B	3	15,00	15,00	15,00	0,00
Boori, B, liukoinen	3	15,00	15,00	15,00	0,00
Elohopea, Hg	3	0,02	0,02	0,02	0,00
Elohopea, Hg, liukoinen	3	0,02	0,02	0,02	0,00
Fosfori, P	3	25,00	25,00	25,00	0,00
Fosfori, P, liukoinen	3	25,00	25,00	25,00	0,00
Kadmium, Cd	3	0,09	0,03	0,15	0,06
Kadmium, Cd, liukoinen	3	0,09	0,03	0,16	0,07
Koboltti, Co	3	0,67	0,34	1,10	0,39
Koboltti, Co, liukoinen	3	0,60	0,24	1,10	0,45
Kromi, Cr	3	0,25	0,11	0,40	0,15
Kromi, Cr, liukoinen	3	0,09	0,07	0,11	0,02

Variable	Havaintopaikka=MT-OjaP1 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Kupari, Cu	3	4,63	3,80	5,50	0,85
Kupari, Cu, liukoinen	3	3,73	3,30	4,00	0,38
Lyijy, Pb	3	0,12	0,05	0,20	0,08
Lyijy, Pb, liukoinen	3	0,05	0,05	0,05	0,00
Mangaani, Mn	3	254,33	63,00	520,00	237,39
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	3	184,50	1,50	500,00	274,40
Molybdeeni, Mo	3	27,00	16,00	37,00	10,54
Molybdeeni, Mo, liukoinen	3	25,00	15,00	34,00	9,54
Nikkeli, Ni	3	2,93	2,30	4,00	0,93
Nikkeli, Ni, liukoinen	3	2,67	1,90	4,00	1,16
Pii, Si	3	5833,33	5200,00	6600,00	709,46
Pii, Si, liukoinen	3	4008,33	25,00	6400,00	3472,78
Rauta, Fe	3	131,00	33,00	180,00	84,87
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	3	0,55	0,55	0,55	0,00
Rikki, S	3	35333,33	31000,00	39000,00	4041,45
Rikki, S, liukoinen	3	22678,33	35,00	36000,00	19711,43
Seleeni, Se	3	0,90	0,70	1,30	0,35
Seleeni, Se, liukoinen	3	0,83	0,70	1,10	0,23
Sinkki, Zn	3	3,67	2,50	6,00	2,02
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	3	2,50	2,50	2,50	0,00
Strontium, Sr	3	300,00	260,00	350,00	45,83
Strontium, Sr, liukoinen	3	200,17	0,50	340,00	177,48
Tallium, Tl	3	0,50	0,50	0,50	0,00
Tallium, Tl, liukoinen	3	0,50	0,50	0,50	0,00
Titaani, Ti	3	17,67	2,00	34,00	16,01
Titaani, Ti, liukoinen	3	7,67	0,50	22,00	12,41
Uraani, U	3	13,57	9,70	17,00	3,67
Uraani, U, liukoinen	3	13,60	9,80	17,00	3,62
Vanadiini, V	3	0,67	0,60	0,70	0,06
Vanadiini, V, liukoinen	3	0,37	0,25	0,60	0,20
Kevyet hiilivedyt C5-C10	3	10,00	10,00	10,00	0,00
Keskiraskaat C10-C21	3	21,00	12,50	38,00	14,72
Raskaat C21-C40	3	12,50	12,50	12,50	0,00
PAH-yhdisteet yhteensä	3	0,05	0,05	0,05	0,00
Naftaleeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
2-Metyyli-naftaleeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyyli-naftaleeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Bifenyylit	3	0,01	0,01	0,01	0,00
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftyleeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftteeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoreeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Fenantreeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Antraseeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyylifenantreeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoranteeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Pyreeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)antraseeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Kryseeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00

		Havaintopaikka=MT-OjaP1 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)			
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Bentso(b)fluoranteeni	3	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(k)fluoranteeni	3	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(e)pyreeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)pyreeni	3	0,00	0,00	0,00	0,00
Peryleeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	3	0,00	0,00	0,00	0,00
Dibentso(a,h)antraseeni	3	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(ghi)peryleeni	3	0,00	0,00	0,00	0,00

Variable	Havaintopaikka=MT-OjaP6 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	6	8766,67	1200,00	24000,00	8105,47
Koliformiset bakteerit	6	4395,50	3,00	23000,00	9132,12
Escherichia coli	6	1383,00	1,00	8200,00	3339,72
Sulfaatti, SO4	6	11,90	7,40	15,00	2,57
Kloridi, Cl	6	22,33	13,00	52,00	14,80
Väriluku	6	58,00	48,00	71,00	7,72
Ammoniumtyppi, NH4-N	6	0,04	0,01	0,09	0,03
Nitraattityppi, NO3-N	6	0,33	0,05	0,54	0,16
Nitriittityppi, NO2-N	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Sameus	6	6,45	2,80	21,00	7,17
pH	6	7,73	7,40	7,90	0,20
Alkaliteetti	6	3,68	2,20	5,00	1,00
Sähkönjohtavuus 25 C	6	43,67	30,00	60,00	12,56
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	6	18,67	15,00	21,00	2,07
Hapen kyllästysaste	6	79,33	68,00	87,00	7,09
Happi	6	9,25	7,00	10,20	1,16
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	6	25,67	20,00	37,00	5,92
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	4	2,75	1,00	4,00	1,26
Kokonaisfosfori, P	3	23,00	11,00	42,00	16,64
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	4	8,75	6,00	13,00	2,99
Kalsium, Ca	6	53,33	36,00	68,00	13,35
Kalsium, Ca, liukoinen	6	52,50	35,00	68,00	13,92
Magnesium, Mg	6	16,33	11,00	22,00	4,18
Magnesium, Mg, liukoinen	6	12,57	0,43	20,00	6,74
Kalium, K	6	1,68	1,00	2,10	0,42
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	6	1,27	0,40	2,00	0,58
Natrium, Na	6	13,83	11,00	22,00	4,17
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	6	13,83	11,00	23,00	4,62
Alumiini, Al	6	533,33	190,00	1500,00	510,52
Alumiini, Al, liukoinen	6	157,00	37,00	270,00	82,46
Antimoni, Sb	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Antimoni, Sb, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Arseeni, As	6	0,55	0,40	0,90	0,21
Arseeni, As, liukoinen	6	0,45	0,30	0,60	0,14
Barium, Ba	6	10,33	5,00	24,00	7,12
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	6	6,22	4,00	7,30	1,37
Beryllium, Be	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Beryllium, Be, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Boori, B	6	15,00	15,00	15,00	0,00
Boori, B, liukoinen	6	15,00	15,00	15,00	0,00
Elohopea, Hg	6	0,02	0,02	0,02	0,00
Elohopea, Hg, liukoinen	6	0,02	0,02	0,02	0,00
Fosfori, P	6	21,25	2,50	25,00	9,19
Fosfori, P, liukoinen	6	26,75	2,50	58,00	17,76
Kadmium, Cd	6	0,03	0,01	0,07	0,03
Kadmium, Cd, liukoinen	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Koboltti, Co	6	1,14	0,29	2,20	0,75
Koboltti, Co, liukoinen	6	0,69	0,25	2,10	0,71
Kromi, Cr	6	1,22	0,61	3,20	1,03
Kromi, Cr, liukoinen	6	0,48	0,28	0,59	0,12

Variable	Havaintopaikka=MT-OjaP6 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Kupari, Cu	6	2,17	1,20	3,90	1,18
Kupari, Cu, liukoinen	6	1,30	1,00	1,70	0,28
Lyijy, Pb	6	0,29	0,05	1,10	0,42
Lyijy, Pb, liukoinen	6	0,05	0,05	0,05	0,00
Mangaani, Mn	6	770,83	55,00	2000,00	651,28
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	6	536,08	1,50	2000,00	769,12
Molybdeeni, Mo	6	0,11	0,05	0,20	0,05
Molybdeeni, Mo, liukoinen	6	0,13	0,05	0,30	0,10
Nikkeli, Ni	6	3,75	2,40	4,80	0,89
Nikkeli, Ni, liukoinen	6	3,03	2,10	4,50	0,85
Pii, Si	6	7133,33	6400,00	8200,00	847,74
Pii, Si, liukoinen	6	6816,67	5900,00	8200,00	806,02
Rauta, Fe	6	626,67	110,00	2100,00	773,97
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	6	100,93	0,55	190,00	74,16
Rikki, S	6	3750,00	2700,00	4700,00	644,20
Rikki, S, liukoinen	6	3833,33	2600,00	4600,00	671,32
Seleeni, Se	6	0,25	0,25	0,25	0,00
Seleeni, Se, liukoinen	6	0,33	0,25	0,70	0,18
Sinkki, Zn	6	4,17	2,50	9,00	2,75
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	6	2,50	2,50	2,50	0,00
Strontium, Sr	6	161,67	110,00	210,00	40,70
Strontium, Sr, liukoinen	6	156,67	100,00	210,00	43,67
Tallium, Tl	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Tallium, Tl, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Titaani, Ti	6	29,67	9,00	77,00	25,87
Titaani, Ti, liukoinen	6	11,58	0,50	27,00	9,53
Uraani, U	6	1,84	0,86	3,20	0,79
Uraani, U, liukoinen	6	1,79	0,86	3,20	0,78
Vanadiini, V	6	1,43	0,50	4,30	1,50
Vanadiini, V, liukoinen	6	0,42	0,25	0,80	0,26
Kevyet hiilivedyt C5-C10	6	10,00	10,00	10,00	0,00
Keskiraskaat C10-C21	6	12,50	12,50	12,50	0,00
Raskaat C21-C40	6	28,75	12,50	110,00	39,80
PAH-yhdisteet yhteensä	6	0,08	0,05	0,20	0,06
Naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bifenyylit	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftyleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyylifenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoranteeni	6	0,01	0,01	0,03	0,01
Pyreeni	6	0,01	0,01	0,03	0,01
Bentso(a)antraseeni	6	0,01	0,01	0,02	0,01
Kryseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00

Havaintopaikka=MT-OjaP6 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)					
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Bentso(b)fluoranteeni	6	0,01	0,00	0,02	0,01
Bentso(k)fluoranteeni	6	0,01	0,00	0,02	0,01
Bentso(e)pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)pyreeni	6	0,01	0,00	0,03	0,01
Peryleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	6	0,01	0,00	0,02	0,01
Dibentso(a,h)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(ghi)peryleeni	6	0,00	0,00	0,01	0,00

Variable	Havaintopaikka=MT-OjaP7 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	5	5680,00	700,00	21000,00	8601,57
Koliformiset bakteerit	5	3595,80	9,00	17000,00	7495,70
Escherichia coli	5	648,20	1,00	3200,00	1426,52
Sulfaatti, SO4	5	3,12	0,50	13,00	5,53
Kloridi, Cl	5	3,26	2,40	4,00	0,68
Väriluku	5	125,20	86,00	170,00	31,70
Ammoniumtyppi, NH4-N	5	0,02	0,00	0,07	0,03
Nitraattityppi, NO3-N	5	0,21	0,05	0,67	0,27
Nitriittityppi, NO2-N	5	0,00	0,00	0,01	0,00
Sameus	5	3,48	1,30	5,10	1,46
pH	5	6,90	6,70	7,20	0,19
Alkaliteetti	5	0,69	0,51	0,86	0,15
Sähkönjohtavuus 25 C	5	8,94	7,30	10,00	1,14
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	5	24,80	18,00	33,00	6,46
Hapen kyllästysaste	5	64,00	54,00	67,00	5,61
Happi	5	7,68	5,50	8,80	1,34
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	5	21,80	17,00	27,00	4,44
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	4	4,00	3,00	5,00	0,82
Kokonaisfosfori, P	3	28,00	15,00	48,00	17,58
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	4	13,25	8,00	20,00	5,12
Kalsium, Ca	5	11,36	8,80	15,00	2,36
Kalsium, Ca, liukoinen	5	10,80	8,00	14,00	2,28
Magnesium, Mg	5	3,64	2,40	4,70	0,90
Magnesium, Mg, liukoinen	5	3,56	2,30	4,60	0,88
Kalium, K	5	1,80	1,10	2,30	0,46
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	5	1,70	1,10	2,30	0,49
Natrium, Na	5	3,20	2,40	4,40	0,85
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	5	3,10	2,20	4,40	0,88
Alumiini, Al	5	344,00	260,00	450,00	85,03
Alumiini, Al, liukoinen	5	270,00	130,00	430,00	117,69
Antimoni, Sb	5	0,50	0,50	0,50	0,00
Antimoni, Sb, liukoinen	5	0,50	0,50	0,50	0,00
Arseeni, As	5	0,38	0,20	0,60	0,16
Arseeni, As, liukoinen	5	0,36	0,20	0,50	0,13
Barium, Ba	5	7,20	6,00	9,00	1,10
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	5	6,40	5,00	8,00	1,14
Beryllium, Be	5	0,50	0,50	0,50	0,00
Beryllium, Be, liukoinen	5	0,50	0,50	0,50	0,00
Boori, B	5	15,00	15,00	15,00	0,00
Boori, B, liukoinen	5	15,00	15,00	15,00	0,00
Elohopea, Hg	5	0,02	0,02	0,02	0,00
Elohopea, Hg, liukoinen	5	0,02	0,02	0,02	0,00
Fosfori, P	5	38,40	25,00	67,00	19,31
Fosfori, P, liukoinen	5	20,50	2,50	25,00	10,06
Kadmium, Cd	5	0,02	0,01	0,03	0,01
Kadmium, Cd, liukoinen	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Koboltti, Co	5	0,33	0,17	0,51	0,14
Koboltti, Co, liukoinen	5	0,20	0,12	0,30	0,07
Kromi, Cr	5	0,65	0,45	0,83	0,16
Kromi, Cr, liukoinen	5	0,59	0,38	0,79	0,18

Variable	Havaintopaikka=MT-OjaP7 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Kupari, Cu	5	1,38	1,10	1,80	0,30
Kupari, Cu, liukoinen	5	1,30	1,10	1,60	0,23
Lyijy, Pb	5	0,26	0,10	0,40	0,11
Lyijy, Pb, liukoinen	5	0,16	0,05	0,30	0,11
Mangaani, Mn	5	18,90	1,50	35,00	13,18
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	5	6,60	1,50	18,00	6,90
Molybdeeni, Mo	5	0,15	0,05	0,20	0,07
Molybdeeni, Mo, liukoinen	5	0,18	0,10	0,20	0,04
Nikkeli, Ni	5	1,02	0,70	1,30	0,22
Nikkeli, Ni, liukoinen	5	1,00	0,70	1,20	0,20
Pii, Si	5	5320,00	4900,00	6000,00	502,00
Pii, Si, liukoinen	5	5240,00	4600,00	6000,00	585,66
Rauta, Fe	5	462,00	260,00	630,00	171,52
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	5	354,00	150,00	550,00	172,13
Rikki, S	5	2360,00	1600,00	3800,00	864,87
Rikki, S, liukoinen	5	2420,00	1600,00	3900,00	892,75
Seleeni, Se	5	0,25	0,25	0,25	0,00
Seleeni, Se, liukoinen	5	0,25	0,25	0,25	0,00
Sinkki, Zn	5	2,50	2,50	2,50	0,00
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	5	2,50	2,50	2,50	0,00
Strontium, Sr	5	40,60	31,00	54,00	8,62
Strontium, Sr, liukoinen	5	39,60	28,00	53,00	9,45
Tallium, Tl	5	0,50	0,50	0,50	0,00
Tallium, Tl, liukoinen	5	0,50	0,50	0,50	0,00
Titaani, Ti	5	11,40	6,00	14,00	3,13
Titaani, Ti, liukoinen	5	8,00	2,00	12,00	4,64
Uraani, U	5	0,12	0,08	0,18	0,04
Uraani, U, liukoinen	5	0,14	0,08	0,29	0,09
Vanadiini, V	5	0,86	0,60	1,20	0,24
Vanadiini, V, liukoinen	5	0,71	0,25	1,00	0,29
Kevyet hiilivedyt C5-C10	5	10,00	10,00	10,00	0,00
Keskiraskaat C10-C21	5	21,30	12,50	37,00	12,18
Raskaat C21-C40	5	24,20	12,50	71,00	26,16
PAH-yhdisteet yhteensä	5	0,05	0,05	0,05	0,00
Naftaleeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
2-Metyyli-naftaleeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyyli-naftaleeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Bifenyylit	5	0,01	0,01	0,01	0,00
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftyleeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftteeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoreeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Fenantreeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Antraseeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyylifenantreeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoranteeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Pyreeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)antraseeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Kryseeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00

		Havaintopaikka=MT-OjaP7 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)			
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Bentso(b)fluoranteeni	5	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(k)fluoranteeni	5	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(e)pyreeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)pyreeni	5	0,00	0,00	0,00	0,00
Peryleeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	5	0,00	0,00	0,00	0,00
Dibentso(a,h)antraseeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(ghi)peryleeni	5	0,00	0,00	0,00	0,00

Variable	Havaintopaikka=VS-OjaP1 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	6	12666,67	4100,00	30000,00	10715,91
Koliiformiset bakteerit	6	41390,00	340,00	240000,00	97301,66
Escherichia coli	6	1445,50	14,00	7200,00	2829,13
Sulfaatti, SO4	6	10,33	0,50	20,00	7,24
Kloridi, Cl	6	14,12	7,20	26,00	8,63
Väriluku	6	138,00	80,00	240,00	61,34
Ammoniumtyppi, NH4-N	6	0,25	0,04	0,93	0,34
Nitraattityppi, NO3-N	6	1,50	0,26	4,00	1,53
Nitriittityppi, NO2-N	6	0,00	0,00	0,01	0,00
Sameus	6	123,17	41,00	250,00	84,56
pH	6	6,57	6,20	7,30	0,41
Alkaliteetti	6	0,58	0,30	1,40	0,41
Sähkönjohtavuus 25 C	6	14,75	9,10	30,00	8,55
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	6	27,33	16,00	40,00	10,17
Hapen kyllästysaste	6	72,33	65,00	79,00	5,05
Happi	6	8,45	6,80	9,90	1,44
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	6	24,17	18,00	33,00	5,64
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	4	15,00	3,00	47,00	21,37
Kokonaisfosfori, P	3	101,67	56,00	150,00	47,06
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	4	25,75	9,00	65,00	26,30
Kalsium, Ca	6	12,10	6,50	25,00	6,72
Kalsium, Ca, liukoinen	6	11,30	6,10	24,00	6,48
Magnesium, Mg	6	5,02	3,50	8,20	1,68
Magnesium, Mg, liukoinen	6	4,50	3,30	8,20	1,86
Kalium, K	6	3,48	2,70	4,40	0,71
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	6	3,10	2,00	4,30	0,93
Natrium, Na	6	8,57	5,30	13,00	3,12
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	6	8,17	5,30	13,00	2,98
Alumiini, Al	6	2755,00	530,00	4200,00	1369,73
Alumiini, Al, liukoinen	6	1145,17	61,00	3500,00	1274,00
Antimoni, Sb	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Antimoni, Sb, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Arseeni, As	6	1,12	0,70	1,90	0,42
Arseeni, As, liukoinen	6	0,68	0,40	0,90	0,24
Barium, Ba	6	47,33	30,00	69,00	13,26
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	6	23,33	15,00	35,00	8,16
Beryllium, Be	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Beryllium, Be, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Boori, B	6	15,00	15,00	15,00	0,00
Boori, B, liukoinen	6	15,00	15,00	15,00	0,00
Elohopea, Hg	6	0,02	0,02	0,02	0,00
Elohopea, Hg, liukoinen	6	0,02	0,02	0,02	0,00
Fosfori, P	6	104,50	25,00	160,00	48,96
Fosfori, P, liukoinen	6	67,17	25,00	110,00	34,56
Kadmium, Cd	6	0,06	0,05	0,08	0,01
Kadmium, Cd, liukoinen	6	0,03	0,01	0,05	0,02
Koboltti, Co	6	2,11	0,85	3,70	1,03
Koboltti, Co, liukoinen	6	0,66	0,12	1,30	0,52
Kromi, Cr	6	6,77	1,40	19,00	6,62
Kromi, Cr, liukoinen	6	2,58	0,54	4,90	1,97

Variable	Havaintopaikka=VS-OjaP1 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Kupari, Cu	6	5,93	3,40	8,20	1,88
Kupari, Cu, liukoinen	6	3,57	2,00	4,80	1,12
Lyijy, Pb	6	3,13	1,40	5,00	1,33
Lyijy, Pb, liukoinen	6	1,03	0,05	2,30	0,89
Mangaani, Mn	6	195,67	34,00	710,00	260,89
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	6	38,33	4,00	73,00	30,62
Molybdeeni, Mo	6	0,08	0,05	0,20	0,06
Molybdeeni, Mo, liukoinen	6	0,07	0,05	0,10	0,03
Nikkeli, Ni	6	4,48	3,00	8,30	2,04
Nikkeli, Ni, liukoinen	6	2,70	1,60	3,90	1,01
Pii, Si	6	9500,00	6100,00	13000,00	2909,30
Pii, Si, liukoinen	6	7566,67	5800,00	12000,00	2262,45
Rauta, Fe	6	3366,67	1900,00	4700,00	983,19
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	6	1186,67	220,00	3100,00	1082,42
Rikki, S	6	3816,67	2300,00	6400,00	1549,73
Rikki, S, liukoinen	6	3766,67	2400,00	6500,00	1568,01
Seleeni, Se	6	0,41	0,25	0,70	0,19
Seleeni, Se, liukoinen	6	0,25	0,25	0,25	0,00
Sinkki, Zn	6	11,58	2,50	17,00	4,98
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	6	6,50	2,50	9,00	3,13
Strontium, Sr	6	64,17	41,00	100,00	22,25
Strontium, Sr, liukoinen	6	57,83	37,00	99,00	22,05
Tallium, Tl	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Tallium, Tl, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Titaani, Ti	6	88,33	14,00	190,00	79,46
Titaani, Ti, liukoinen	6	48,67	3,00	160,00	58,04
Uraani, U	6	1,32	0,69	3,20	0,94
Uraani, U, liukoinen	6	0,78	0,26	2,00	0,62
Vanadiini, V	6	8,28	2,00	19,00	6,51
Vanadiini, V, liukoinen	6	3,13	0,25	5,70	2,20
Kevyet hiilivedyt C5-C10	6	10,00	10,00	10,00	0,00
Keskiraskaat C10-C21	6	21,50	12,50	42,00	14,03
Raskaat C21-C40	6	36,67	12,50	92,00	37,70
PAH-yhdisteet yhteensä	6	0,05	0,05	0,05	0,00
Naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bifenyylit	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftyleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyylifenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoranteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Kryseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00

		Havaintopaikka=VS-OjaP1 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)			
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Bentso(b)fluoranteeni	6	0,01	0,00	0,01	0,00
Bentso(k)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,01	0,00
Bentso(e)pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Peryleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Dibentso(a,h)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(ghi)peryleeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00

Variable	Havaintopaikka=VS-OjaP2 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	6	14483,33	5500,00	30000,00	10153,90
Koliformiset bakteerit	6	40977,67	56,00	240000,00	97505,17
Escherichia coli	6	1875,83	0,00	11000,00	4470,11
Sulfaatti, SO4	6	2,40	1,30	6,20	1,91
Kloridi, Cl	6	2,32	1,60	3,90	0,89
Väriluku	6	110,00	72,00	160,00	39,74
Ammoniumtyppi, NH4-N	6	0,03	0,01	0,06	0,02
Nitraattityppi, NO3-N	6	0,10	0,05	0,16	0,05
Nitriittityppi, NO2-N	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Sameus	6	100,50	80,00	120,00	18,24
pH	6	6,77	6,60	7,10	0,19
Alkaliteetti	6	0,54	0,37	0,79	0,19
Sähkönjohtavuus 25 C	6	6,75	5,00	10,00	2,07
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	6	17,00	13,00	20,00	2,28
Hapen kyllästysaste	6	76,50	65,00	88,00	7,87
Happi	6	9,17	7,20	11,60	1,74
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	6	19,17	14,00	33,00	7,57
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	4	18,50	5,00	31,00	13,40
Kokonaisfosfori, P	3	183,33	150,00	240,00	49,33
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	4	31,25	13,00	47,00	17,29
Kalsium, Ca	6	6,87	4,60	10,00	2,04
Kalsium, Ca, liukoinen	6	6,28	4,40	9,80	2,18
Magnesium, Mg	6	3,45	2,30	4,70	1,07
Magnesium, Mg, liukoinen	6	2,93	1,70	4,30	1,09
Kalium, K	6	2,43	1,50	4,20	1,05
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	6	1,95	1,40	3,60	0,82
Natrium, Na	6	3,33	2,20	4,60	0,78
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	6	3,15	2,10	4,60	0,83
Alumiini, Al	6	3853,33	820,00	11000,00	3946,98
Alumiini, Al, liukoinen	6	1908,33	180,00	8500,00	3237,30
Antimoni, Sb	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Antimoni, Sb, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Arseeni, As	6	0,70	0,30	1,50	0,42
Arseeni, As, liukoinen	6	0,50	0,30	0,70	0,17
Barium, Ba	6	41,83	28,00	78,00	20,27
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	6	22,00	9,00	63,00	20,90
Beryllium, Be	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Beryllium, Be, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Boori, B	6	15,00	15,00	15,00	0,00
Boori, B, liukoinen	6	15,00	15,00	15,00	0,00
Elohopea, Hg	6	0,02	0,02	0,03	0,01
Elohopea, Hg, liukoinen	6	0,02	0,02	0,02	0,00
Fosfori, P	6	106,17	25,00	200,00	70,63
Fosfori, P, liukoinen	6	81,67	25,00	130,00	41,16
Kadmium, Cd	6	0,05	0,04	0,08	0,02
Kadmium, Cd, liukoinen	6	0,03	0,01	0,07	0,02
Koboltti, Co	6	1,29	0,75	2,90	0,80
Koboltti, Co, liukoinen	6	0,52	0,09	1,30	0,43
Kromi, Cr	6	5,82	1,90	18,00	6,08
Kromi, Cr, liukoinen	6	2,18	0,51	4,70	1,77

Variable	Havaintopaikka=VS-OjaP2 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Kupari, Cu	6	7,87	5,90	11,00	2,12
Kupari, Cu, liukoinen	6	4,53	2,60	6,10	1,42
Lyijy, Pb	6	2,42	1,40	4,10	0,93
Lyijy, Pb, liukoinen	6	1,03	0,20	2,60	0,90
Mangaani, Mn	6	48,00	22,00	97,00	29,10
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	6	19,75	1,50	46,00	19,85
Molybdeeni, Mo	6	0,14	0,05	0,50	0,18
Molybdeeni, Mo, liukoinen	6	0,13	0,05	0,20	0,08
Nikkeli, Ni	6	4,00	2,60	8,70	2,33
Nikkeli, Ni, liukoinen	6	2,27	1,40	3,40	0,79
Pii, Si	6	10150,00	3800,00	24000,00	7831,92
Pii, Si, liukoinen	6	7350,00	3300,00	19000,00	5812,66
Rauta, Fe	6	2945,00	870,00	7500,00	2684,73
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	6	1456,67	280,00	5800,00	2138,94
Rikki, S	6	1450,00	1100,00	2000,00	339,12
Rikki, S, liukoinen	6	1450,00	1000,00	2200,00	427,78
Seleeni, Se	6	0,25	0,25	0,25	0,00
Seleeni, Se, liukoinen	6	0,25	0,25	0,25	0,00
Sinkki, Zn	6	13,08	2,50	26,00	8,16
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	6	6,17	2,50	18,00	6,35
Strontium, Sr	6	39,50	26,00	53,00	10,19
Strontium, Sr, liukoinen	6	34,67	24,00	50,00	10,65
Tallium, Tl	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Tallium, Tl, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Titaani, Ti	6	175,33	14,00	610,00	237,77
Titaani, Ti, liukoinen	6	102,17	16,00	460,00	175,80
Uraani, U	6	0,94	0,61	1,50	0,33
Uraani, U, liukoinen	6	0,57	0,30	0,79	0,18
Vanadiini, V	6	6,78	3,00	18,00	5,58
Vanadiini, V, liukoinen	6	2,77	0,80	5,40	1,87
Kevyet hiilivedyt C5-C10	6	10,00	10,00	10,00	0,00
Keskiraskaat C10-C21	6	21,42	12,50	66,00	21,84
Raskaat C21-C40	6	21,08	12,50	64,00	21,02
PAH-yhdisteet yhteensä	6	0,05	0,05	0,05	0,00
Naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bifenyylit	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftyleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenafteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyylifenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoranteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Kryseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00

Havaintopaikka=VS-OjaP2 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)					
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Bentso(b)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(k)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(e)pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Peryleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Dibentso(a,h)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(ghi)peryleeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00

Variable	Havaintopaikka=VS-OjaP3 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	6	11066,67	3900,00	30000,00	10146,07
Koliformiset bakteerit	6	41268,33	120,00	240000,00	97362,78
Escherichia coli	6	453,50	0,00	2600,00	1051,89
Sulfaatti, SO4	6	95,50	43,00	140,00	33,00
Kloridi, Cl	6	32,50	18,00	61,00	16,60
Väriluku	6	45,17	34,00	72,00	13,88
Ammoniumtyppi, NH4-N	6	0,52	0,02	1,70	0,68
Nitraattityppi, NO3-N	6	10,67	4,00	21,00	7,18
Nitriittityppi, NO2-N	6	0,09	0,00	0,24	0,08
Sameus	6	120,87	5,30	650,00	259,35
pH	6	7,55	7,30	7,80	0,21
Alkaliteetti	6	2,02	1,10	2,60	0,53
Sähkönjohtavuus 25 C	6	57,50	30,00	72,00	15,20
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	6	20,87	8,30	71,00	24,61
Hapen kyllästysaste	6	79,33	71,00	88,00	8,14
Happi	6	9,32	7,10	10,90	1,44
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	6	14,50	11,00	18,00	2,59
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	4	31,00	8,00	68,00	27,06
Kokonaisfosfori, P	4	245,00	21,00	880,00	423,49
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	3	46,33	15,00	84,00	34,93
Kalsium, Ca	6	57,50	33,00	72,00	14,71
Kalsium, Ca, liukoinen	6	53,33	21,00	69,00	18,05
Magnesium, Mg	6	13,07	7,40	18,00	3,61
Magnesium, Mg, liukoinen	6	12,07	4,40	17,00	4,42
Kalium, K	6	12,17	11,00	13,00	0,75
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	6	11,30	8,80	12,00	1,29
Natrium, Na	6	33,83	17,00	44,00	10,67
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	6	32,50	17,00	42,00	9,40
Alumiini, Al	6	2585,00	170,00	13000,00	5109,55
Alumiini, Al, liukoinen	6	347,33	32,00	1200,00	463,71
Antimoni, Sb	6	0,83	0,50	2,00	0,61
Antimoni, Sb, liukoinen	6	0,83	0,50	2,00	0,61
Arseeni, As	6	2,28	0,70	9,10	3,35
Arseeni, As, liukoinen	6	0,90	0,60	2,00	0,54
Barium, Ba	6	64,00	27,00	220,00	76,63
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	6	26,17	19,00	36,00	6,05
Beryllium, Be	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Beryllium, Be, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Boori, B	6	56,00	32,00	89,00	26,22
Boori, B, liukoinen	6	52,67	15,00	92,00	32,52
Elohopea, Hg	6	0,02	0,02	0,04	0,01
Elohopea, Hg, liukoinen	6	0,02	0,02	0,03	0,01
Fosfori, P	6	910,83	25,00	5100,00	2052,46
Fosfori, P, liukoinen	6	96,83	25,00	340,00	121,19
Kadmium, Cd	6	0,10	0,01	0,46	0,18
Kadmium, Cd, liukoinen	6	0,02	0,01	0,04	0,01
Koboltti, Co	6	1,44	0,27	6,10	2,29
Koboltti, Co, liukoinen	6	0,47	0,15	1,20	0,37
Kromi, Cr	6	4,46	0,48	22,00	8,60
Kromi, Cr, liukoinen	6	1,30	0,29	5,70	2,16

Variable	Havaintopaikka=VS-OjaP3 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Kupari, Cu	6	17,32	4,10	78,00	29,74
Kupari, Cu, liukoinen	6	4,77	3,20	9,90	2,54
Lyijy, Pb	6	6,50	0,30	36,00	14,45
Lyijy, Pb, liukoinen	6	0,54	0,05	2,70	1,06
Mangaani, Mn	6	107,17	40,00	400,00	143,76
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	6	21,58	1,50	31,00	10,52
Molybdeeni, Mo	6	8,43	0,90	18,00	7,29
Molybdeeni, Mo, liukoinen	6	9,15	2,20	19,00	7,43
Nikkeli, Ni	6	6,67	4,30	16,00	4,61
Nikkeli, Ni, liukoinen	6	4,23	3,70	5,50	0,65
Pii, Si	6	6533,33	2400,00	11000,00	2769,60
Pii, Si, liukoinen	6	4766,67	2200,00	6100,00	1647,62
Rauta, Fe	6	5003,33	400,00	27000,00	10776,82
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	6	419,83	40,00	1700,00	641,62
Rikki, S	6	31166,67	12000,00	43000,00	10684,88
Rikki, S, liukoinen	6	30833,33	12000,00	46000,00	11496,38
Seleeni, Se	6	0,51	0,25	1,10	0,34
Seleeni, Se, liukoinen	6	0,50	0,25	0,90	0,24
Sinkki, Zn	6	39,83	2,50	220,00	88,30
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	6	5,08	2,50	18,00	6,33
Strontium, Sr	6	230,00	130,00	300,00	60,00
Strontium, Sr, liukoinen	6	212,33	64,00	290,00	81,59
Tallium, Tl	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Tallium, Tl, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Titaani, Ti	6	72,00	20,00	280,00	102,36
Titaani, Ti, liukoinen	6	20,83	3,00	49,00	15,99
Uraani, U	6	285,67	54,00	550,00	159,55
Uraani, U, liukoinen	6	291,00	56,00	540,00	155,15
Vanadiini, V	6	6,10	1,10	27,00	10,26
Vanadiini, V, liukoinen	6	2,23	0,80	7,20	2,46
Kevyet hiilivedyt C5-C10	6	10,00	10,00	10,00	0,00
Keskiraskaat C10-C21	6	28,00	12,50	77,00	26,57
Raskaat C21-C40	6	111,83	12,50	540,00	211,54
PAH-yhdisteet yhteensä	6	0,33	0,05	1,70	0,67
Naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bifenyylit	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,02	0,00
Asenaftyleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,02	0,00
Fluoreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fenantreeni	6	0,02	0,01	0,09	0,03
Antraseeni	6	0,02	0,01	0,04	0,01
1-Metyylifenantreeni	6	0,02	0,01	0,04	0,01
Fluoranteeni	6	0,05	0,01	0,27	0,11
Pyreeni	6	0,07	0,01	0,36	0,14
Bentso(a)antraseeni	6	0,03	0,01	0,18	0,07
Kryseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00

Havaintopaikka=VS-OjaP3					
Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)					
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Bentso(b)fluoranteeni	6	0,03	0,00	0,18	0,07
Bentso(k)fluoranteeni	6	0,03	0,00	0,14	0,06
Bentso(e)pyreeni	6	0,02	0,01	0,09	0,03
Bentso(a)pyreeni	6	0,00	0,00	0,01	0,00
Peryleeni	6	0,03	0,01	0,14	0,05
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	6	0,01	0,00	0,06	0,02
Dibentso(a,h)antraseeni	6	0,01	0,01	0,02	0,01
Bentso(ghi)peryleeni	6	0,01	0,00	0,07	0,03

Variable	Havaintopaikka=VS-Tjoki1 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	6	12883,33	2900,00	30000,00	10456,47
Koliformiset bakteerit	6	9938,33	160,00	49000,00	19258,04
Escherichia coli	6	951,33	75,00	4300,00	1656,81
Sulfaatti, SO4	6	16,17	15,00	18,00	1,17
Kloridi, Cl	6	11,73	8,40	14,00	2,12
Väriluku	6	54,67	32,00	80,00	16,32
Ammoniumtyppi, NH4-N	6	0,05	0,03	0,07	0,02
Nitraattityppi, NO3-N	6	0,64	0,43	0,96	0,20
Nitriittityppi, NO2-N	6	0,01	0,00	0,02	0,01
Sameus	6	41,67	22,00	86,00	23,04
pH	6	7,17	7,00	7,30	0,14
Alkaliteetti	6	0,77	0,72	0,82	0,03
Sähkönjohtavuus 25 C	6	18,17	14,00	20,00	2,86
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	6	11,32	9,00	14,00	1,77
Hapen kyllästysaste	6	80,33	73,00	89,00	5,75
Happi	6	9,27	7,10	10,70	1,49
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	6	12,23	9,40	15,00	2,02
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	4	22,50	8,00	37,00	13,33
Kokonaisfosfori, P	3	123,33	90,00	140,00	28,87
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	4	29,00	14,00	42,00	12,83
Kalsium, Ca	6	12,17	11,00	13,00	0,75
Kalsium, Ca, liukoinen	6	11,30	9,80	13,00	1,09
Magnesium, Mg	6	5,12	4,60	5,60	0,38
Magnesium, Mg, liukoinen	6	4,75	4,20	5,20	0,41
Kalium, K	6	3,35	2,70	4,30	0,65
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	6	3,05	2,40	4,00	0,64
Natrium, Na	6	8,73	7,40	9,40	0,78
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	6	8,35	7,10	9,70	1,00
Alumiini, Al	6	1130,00	290,00	2400,00	877,82
Alumiini, Al, liukoinen	6	488,33	60,00	1800,00	661,50
Antimoni, Sb	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Antimoni, Sb, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Arseeni, As	6	1,03	0,60	1,50	0,29
Arseeni, As, liukoinen	6	0,73	0,50	1,00	0,20
Barium, Ba	6	26,33	16,00	36,00	7,31
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	6	16,50	10,00	30,00	7,06
Beryllium, Be	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Beryllium, Be, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Boori, B	6	20,83	15,00	34,00	9,09
Boori, B, liukoinen	6	17,83	15,00	32,00	6,94
Elohopea, Hg	6	0,02	0,02	0,02	0,00
Elohopea, Hg, liukoinen	6	0,02	0,02	0,02	0,00
Fosfori, P	6	80,50	54,00	100,00	19,88
Fosfori, P, liukoinen	6	48,33	25,00	95,00	28,69
Kadmium, Cd	6	0,03	0,02	0,04	0,01
Kadmium, Cd, liukoinen	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Koboltti, Co	6	0,59	0,28	0,96	0,24
Koboltti, Co, liukoinen	6	0,14	0,07	0,20	0,05
Kromi, Cr	6	2,19	0,74	3,80	1,09
Kromi, Cr, liukoinen	6	0,57	0,19	0,99	0,31

Variable	Havaintopaikka=VS-Tjoki1 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Kupari, Cu	6	4,22	2,80	5,40	1,03
Kupari, Cu, liukoinen	6	2,75	2,00	3,50	0,51
Lyijy, Pb	6	1,07	0,50	1,80	0,47
Lyijy, Pb, liukoinen	6	0,28	0,05	0,60	0,23
Mangaani, Mn	6	63,83	23,00	140,00	39,97
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	6	11,25	1,50	18,00	7,08
Molybdeeni, Mo	6	0,55	0,30	0,80	0,16
Molybdeeni, Mo, liukoinen	6	0,72	0,60	0,90	0,12
Nikkeli, Ni	6	2,27	1,40	3,10	0,65
Nikkeli, Ni, liukoinen	6	1,35	1,00	1,70	0,27
Pii, Si	6	4533,33	1900,00	7800,00	2323,50
Pii, Si, liukoinen	6	3566,67	1500,00	6300,00	1708,41
Rauta, Fe	6	1185,00	460,00	1800,00	596,45
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	6	406,50	69,00	1000,00	346,70
Rikki, S	6	4900,00	4500,00	5500,00	374,17
Rikki, S, liukoinen	6	4816,67	4400,00	5400,00	348,81
Seleeni, Se	6	0,25	0,25	0,25	0,00
Seleeni, Se, liukoinen	6	0,25	0,25	0,25	0,00
Sinkki, Zn	6	7,42	2,50	14,00	3,85
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	6	2,92	2,50	5,00	1,02
Strontium, Sr	6	63,33	61,00	65,00	1,51
Strontium, Sr, liukoinen	6	58,67	50,00	61,00	4,27
Tallium, Tl	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Tallium, Tl, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Titaani, Ti	6	58,00	16,00	100,00	35,05
Titaani, Ti, liukoinen	6	22,33	2,00	70,00	24,48
Uraani, U	6	1,50	1,20	2,20	0,37
Uraani, U, liukoinen	6	0,95	0,78	1,20	0,15
Vanadiini, V	6	3,47	1,70	4,90	1,32
Vanadiini, V, liukoinen	6	1,40	0,80	1,90	0,46
Kevyet hiilivedyt C5-C10	6	10,00	10,00	10,00	0,00
Keskiraskaat C10-C21	6	12,50	12,50	12,50	0,00
Raskaat C21-C40	6	22,67	12,50	52,00	16,75
PAH-yhdisteet yhteensä	6	0,05	0,05	0,05	0,00
Naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bifenyylit	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftyleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyylifenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoranteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Kryseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00

		Havaintopaikka=VS-Tjoki1 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)			
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Bentso(b)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(k)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(e)pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Peryleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Dibentso(a,h)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(ghi)peryleeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00

Variable	Havaintopaikka=VS-Tjoki2 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	6	15683,33	2200,00	35000,00	14096,02
Koliformiset bakteerit	6	3053,33	0,00	14000,00	5430,25
Escherichia coli	6	681,83	0,00	3200,00	1249,05
Sulfaatti, SO4	6	16,17	15,00	19,00	1,47
Kloridi, Cl	6	11,90	8,40	15,00	2,36
Väriluku	6	54,83	35,00	80,00	15,98
Ammoniumtyppi, NH4-N	6	0,05	0,03	0,06	0,01
Nitraattityppi, NO3-N	6	0,66	0,46	0,96	0,21
Nitriittityppi, NO2-N	6	0,01	0,00	0,02	0,01
Sameus	6	44,00	24,00	85,00	22,20
pH	6	7,20	7,00	7,40	0,17
Alkaliteetti	6	0,78	0,71	0,83	0,04
Sähkönjohtavuus 25 C	6	18,17	14,00	20,00	2,86
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	6	11,67	10,00	14,00	1,51
Hapen kyllästysaste	6	81,17	72,00	89,00	5,91
Happi	6	9,40	7,70	11,70	1,41
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	6	12,17	9,00	15,00	2,04
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	4	15,25	10,00	21,00	4,57
Kokonaisfosfori, P	3	121,67	95,00	140,00	23,63
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	4	24,75	15,00	31,00	7,76
Kalsium, Ca	6	12,17	11,00	13,00	0,75
Kalsium, Ca, liukoinen	6	11,45	9,70	13,00	1,30
Magnesium, Mg	6	5,20	4,80	5,70	0,38
Magnesium, Mg, liukoinen	6	4,77	4,10	5,20	0,41
Kalium, K	6	3,38	2,80	4,30	0,64
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	6	3,00	2,40	4,10	0,65
Natrium, Na	6	8,93	7,40	10,00	0,95
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	6	8,43	7,20	10,00	1,11
Alumiini, Al	6	1208,33	330,00	2400,00	850,37
Alumiini, Al, liukoinen	6	472,50	55,00	1800,00	663,34
Antimoni, Sb	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Antimoni, Sb, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Arseeni, As	6	1,03	0,70	1,60	0,30
Arseeni, As, liukoinen	6	0,72	0,50	1,00	0,21
Barium, Ba	6	27,33	16,00	36,00	7,69
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	6	16,33	10,00	30,00	7,06
Beryllium, Be	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Beryllium, Be, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Boori, B	6	18,17	15,00	34,00	7,76
Boori, B, liukoinen	6	18,83	15,00	38,00	9,39
Elohopea, Hg	6	0,02	0,02	0,02	0,00
Elohopea, Hg, liukoinen	6	0,02	0,02	0,02	0,00
Fosfori, P	6	89,83	66,00	110,00	19,70
Fosfori, P, liukoinen	6	53,67	25,00	110,00	36,58
Kadmium, Cd	6	0,03	0,01	0,05	0,01
Kadmium, Cd, liukoinen	6	0,01	0,01	0,02	0,00
Koboltti, Co	6	0,63	0,35	1,20	0,31
Koboltti, Co, liukoinen	6	0,16	0,07	0,28	0,08
Kromi, Cr	6	2,18	0,85	3,80	1,25
Kromi, Cr, liukoinen	6	0,67	0,23	1,10	0,37

Variable	Havaintopaikka=VS-Tjoki2 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Kupari, Cu	6	4,37	3,00	5,80	1,13
Kupari, Cu, liukoinen	6	2,82	2,10	3,80	0,58
Lyijy, Pb	6	1,15	0,60	1,90	0,53
Lyijy, Pb, liukoinen	6	0,31	0,05	0,70	0,28
Mangaani, Mn	6	72,83	27,00	190,00	59,55
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	6	11,25	1,50	20,00	7,25
Molybdeeni, Mo	6	0,53	0,40	0,70	0,12
Molybdeeni, Mo, liukoinen	6	0,75	0,60	1,00	0,15
Nikkeli, Ni	6	2,23	1,60	3,20	0,62
Nikkeli, Ni, liukoinen	6	1,33	1,00	1,70	0,29
Pii, Si	6	4683,33	2000,00	7700,00	2164,64
Pii, Si, liukoinen	6	3566,67	1600,00	6500,00	1789,60
Rauta, Fe	6	1285,00	490,00	2300,00	686,61
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	6	419,00	74,00	1100,00	381,66
Rikki, S	6	4933,33	4600,00	5700,00	417,93
Rikki, S, liukoinen	6	4883,33	4300,00	5500,00	386,87
Seleeni, Se	6	0,25	0,25	0,25	0,00
Seleeni, Se, liukoinen	6	0,25	0,25	0,25	0,00
Sinkki, Zn	6	8,67	6,00	15,00	3,20
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	6	3,67	2,50	6,00	1,81
Strontium, Sr	6	64,00	61,00	66,00	1,79
Strontium, Sr, liukoinen	6	58,67	50,00	62,00	4,41
Tallium, Tl	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Tallium, Tl, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Titaani, Ti	6	52,17	10,00	100,00	40,97
Titaani, Ti, liukoinen	6	20,67	1,00	70,00	25,38
Uraani, U	6	1,87	1,40	2,50	0,39
Uraani, U, liukoinen	6	1,21	0,85	1,70	0,32
Vanadiini, V	6	3,55	1,80	5,80	1,55
Vanadiini, V, liukoinen	6	1,42	0,60	2,10	0,64
Kevyet hiilivedyt C5-C10	6	10,00	10,00	10,00	0,00
Keskiraskaat C10-C21	6	12,92	12,50	15,00	1,02
Raskaat C21-C40	6	17,92	12,50	45,00	13,27
PAH-yhdisteet yhteensä	6	0,05	0,05	0,05	0,00
Naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bifenyylit	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftyleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenafteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyylifenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoranteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Kryseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00

		Havaintopaikka=VS-Tjoki2 Descriptive Statistics (Pintavesien seurantatulokset 20210430)			
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Bentso(b)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(k)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(e)pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Peryleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Dibentso(a,h)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(ghi)peryleeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00

Liite 2-2 Pohjavesinäytteiden määritystulokset. *Mikäli pitoisuus oli alle määritysrajan, yhteenvetotaulukossa pitoisuus on merkitty 0,5 x määritysraja.*

Variable	Havaintopaikka=MJOKI-PVP1 Descriptive Statistics (Pohjavesien seurantatulokset 20210506)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	6	1765,00	290,00	3000,00	1115,59
Koliiformiset bakteerit	6	4669,33	37,00	24000,00	9515,19
Escherichia coli	6	45,00	0,00	190,00	77,71
Sulfaatti, SO4	6	33,00	27,00	44,00	6,20
Kloridi, Cl	6	17,75	8,10	31,00	9,06
Väriluku	6	16,12	1,00	35,00	12,14
Ammoniumtyppi, NH4-N	6	0,01	0,00	0,02	0,01
Nitraattityppi, NO3-N	6	10,13	4,10	17,00	4,71
Nitriittityppi, NO2-N	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Sameus	6	40,50	14,00	130,00	44,39
pH	6	6,42	6,10	6,50	0,16
Sähkönjohtavuus 25 C	6	37,50	23,00	50,00	11,10
Alkaliteetti	6	1,96	0,86	2,70	0,68
Happi mg/l	6	4,08	2,40	6,00	1,53
Happi kyll-%	6	35,83	21,00	50,00	13,01
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	6	6,88	3,60	11,00	2,57
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	6	9,48	6,50	14,00	2,46
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	4	4,25	2,00	6,00	1,71
Kokonaisfosfori, P	3	49,00	22,00	80,00	29,21
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	4	6,00	3,00	10,00	2,94
Liuk.kok.P/Kok.fosfori	4	18,67	7,50	22,73	7,45
Kalsium, Ca, liukoinen	6	40,83	13,00	61,00	19,65
Magnesium, Mg, liukoinen	6	9,95	2,50	17,00	5,65
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	6	4,70	2,80	6,30	1,24
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	6	9,28	4,20	15,00	4,46
Alumiini, Al, liukoinen	6	112,83	11,00	290,00	112,60
Antimoni, Sb, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Arseeni, As, liukoinen	6	0,43	0,30	0,60	0,12
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	6	11,50	7,00	17,00	4,09
Beryllium, Be, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Boori, B, liukoinen	6	12,58	1,50	41,00	15,41
Elohopea, Hg, liukoinen	6	0,02	0,02	0,02	0,00
Fosfori, P, liukoinen	6	26,42	2,50	56,00	17,06
Kadmium, Cd, liukoinen	6	0,06	0,03	0,13	0,04
Koboltti, Co, liukoinen	6	0,19	0,14	0,33	0,07
Kromi, Cr, liukoinen	6	0,21	0,08	0,32	0,10
Kupari, Cu, liukoinen	6	8,93	3,70	13,00	3,72
Lyijy, Pb, liukoinen	6	0,06	0,05	0,10	0,02
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	6	88,00	7,00	270,00	99,19
Molybdeeni, Mo, liukoinen	6	0,80	0,40	1,30	0,36
Nikkeli, Ni, liukoinen	6	1,40	0,50	2,70	0,97
Pii, Si, liukoinen	6	7316,67	2500,00	10000,00	2908,21
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	6	91,18	0,55	190,00	78,77
Rikki, S, liukoinen	6	9700,00	7100,00	13000,00	2053,29
Seleeni, Se, liukoinen	6	0,48	0,25	0,80	0,27
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	6	12,00	5,00	20,00	6,78
Strontium, Sr, liukoinen	6	121,83	35,00	190,00	61,55
Tallium, Tl, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Titaani, Ti, liukoinen	6	7,92	0,50	21,00	8,97
Uraani, U, liukoinen	6	6,03	1,10	10,00	3,46

Variable	Havaintopaikka=MJOKI-PVP1 Descriptive Statistics (Pohjavesien seurantatulokset 20210506)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Vanadiini, V, liukoinen	6	0,52	0,25	0,80	0,23
Kevyet hiilivedyt C5-C10	6	10,00	10,00	10,00	0,00
Keskiraskaat C10-C21	6	12,50	12,50	12,50	0,00
Raskaat C21-C40	6	12,50	12,50	12,50	0,00
PAH-yhdisteet yhteensä	6	0,05	0,05	0,05	0,00
Naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bifenyylit	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftyleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyylifenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoranteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Kryseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(b)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(k)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(e)pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Peryleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Dibentso(a,h)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(ghi)peryleeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00

Variable	Havaintopaikka=MJOKI-PVP2 Descriptive Statistics (Pohjavesien seurantatulokset 20210506)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	6	510,67	39,000	2000,00	772,834
Koliiformiset bakteerit	6	7,33	0,000	19,00	7,257
Escherichia coli	6	0,42	0,000	2,50	1,021
Sulfaatti, SO4	6	48,83	39,000	55,00	6,676
Kloridi, Cl	6	7,33	4,900	9,10	1,473
Väriluku	6	14,50	4,000	33,00	10,134
Ammoniumtyppi, NH4-N	6	0,01	0,000	0,01	0,005
Nitraattityppi, NO3-N	6	1,74	0,320	3,70	1,358
Nitriittityppi, NO2-N	6	0,05	0,010	0,13	0,042
Sameus	6	205,00	40,000	460,00	157,321
pH	6	6,32	6,100	6,60	0,172
Sähkönjohtavuus 25 C	6	48,17	40,000	60,00	8,256
Alkaliteetti	6	3,62	3,100	4,50	0,688
Happi mg/l	6	0,90	0,200	2,70	0,940
Happi kyll-%	6	7,67	2,000	23,00	7,941
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	6	6,85	3,600	11,00	2,584
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	6	16,85	7,600	51,00	16,837
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	4	4,75	2,000	6,00	1,893
Kokonaisfosfori, P	3	423,33	220,000	770,00	301,717
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	4	4,75	2,000	6,00	1,893
Liuk.kok.P/Kok.fosfori	4	1,92	0,649	2,73	0,888
Kalsium, Ca, liukoinen	6	29,17	16,000	42,00	9,517
Magnesium, Mg, liukoinen	6	10,60	3,600	18,00	4,818
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	6	4,92	4,300	6,50	0,875
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	6	43,00	13,000	63,00	16,383
Alumiini, Al, liukoinen	6	137,00	6,000	300,00	113,805
Antimoni, Sb, liukoinen	6	0,50	0,500	0,50	0,000
Arseeni, As, liukoinen	6	1,05	0,500	2,40	0,695
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	6	22,33	8,000	33,00	8,287
Beryllium, Be, liukoinen	6	0,50	0,500	0,50	0,000
Boori, B, liukoinen	6	13,75	1,500	32,00	14,713
Elohopea, Hg, liukoinen	6	0,02	0,020	0,02	0,000
Fosfori, P, liukoinen	6	21,25	2,500	25,00	9,186
Kadmium, Cd, liukoinen	6	0,06	0,020	0,08	0,023
Koboltti, Co, liukoinen	6	1,18	0,560	1,90	0,452
Kromi, Cr, liukoinen	6	0,74	0,090	1,50	0,559
Kupari, Cu, liukoinen	6	19,47	4,300	58,00	19,759
Lyijy, Pb, liukoinen	6	0,18	0,050	0,40	0,144
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	6	496,83	21,000	870,00	317,673
Molybdeeni, Mo, liukoinen	6	2,58	1,000	6,50	2,178
Nikkeli, Ni, liukoinen	6	3,20	1,500	4,20	1,064
Pii, Si, liukoinen	6	10200,00	3200,000	12000,00	3464,102
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	6	191,83	21,000	310,00	107,462
Rikki, S, liukoinen	6	14533,33	7200,000	18000,00	4160,128
Seleeni, Se, liukoinen	6	0,42	0,250	0,80	0,260
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	6	5,42	2,500	10,00	3,456
Strontium, Sr, liukoinen	6	118,83	53,000	160,00	38,680
Tallium, Tl, liukoinen	6	0,50	0,500	0,50	0,000
Titaani, Ti, liukoinen	6	17,67	0,500	39,00	15,052
Uraani, U, liukoinen	6	15,48	6,400	32,00	9,786

Variable	Havaintopaikka=MJOKI-PVP2 Descriptive Statistics (Pohjavesien seurantatulokset 20210506)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Vanadiini, V, liukoinen	6	1,53	0,600	2,70	0,745
Kevyet hiilivedyt C5-C10	6	10,00	10,000	10,00	0,000
Keskiraskaat C10-C21	6	18,58	12,500	49,00	14,901
Raskaat C21-C40	6	12,50	12,500	12,50	0,000
PAH-yhdisteet yhteensä	6	0,06	0,050	0,13	0,033
Naftaleeni	6	0,01	0,010	0,03	0,007
2-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,010	0,01	0,000
1-Metyyli-naftaleeni	6	0,02	0,010	0,05	0,015
Bifenyylit	6	0,01	0,010	0,01	0,000
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,010	0,03	0,008
Asenaftyleeni	6	0,01	0,005	0,01	0,000
Asenaftteeni	6	0,01	0,005	0,01	0,000
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,005	0,02	0,005
Fluoreeni	6	0,01	0,005	0,01	0,004
Fenantreeni	6	0,01	0,010	0,01	0,000
Antraseeni	6	0,01	0,010	0,01	0,000
1-Metyylifenantreeni	6	0,01	0,010	0,01	0,000
Fluoranteeni	6	0,01	0,010	0,01	0,000
Pyreeni	6	0,01	0,005	0,01	0,000
Bentso(a)antraseeni	6	0,01	0,005	0,01	0,000
Kryseeni	6	0,01	0,005	0,01	0,000
Bentso(b)fluoranteeni	6	0,00	0,004	0,00	0,000
Bentso(k)fluoranteeni	6	0,00	0,004	0,00	0,000
Bentso(e)pyreeni	6	0,01	0,005	0,01	0,000
Bentso(a)pyreeni	6	0,00	0,001	0,00	0,000
Peryleeni	6	0,01	0,005	0,01	0,000
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	6	0,00	0,004	0,00	0,000
Dibentso(a,h)antraseeni	6	0,01	0,005	0,01	0,000
Bentso(ghi)peryleeni	6	0,00	0,001	0,00	0,000

Variable	Havaintopaikka=MJOKI-PVP3 Descriptive Statistics (Pohjavesien seurantatulokset 20210506)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	6	432,67	5,00	1800,00	704,29
Koliiformiset bakteerit	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Escherichia coli	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulfaatti, SO4	6	10,83	10,00	11,00	0,41
Kloridi, Cl	6	2,07	1,80	2,30	0,18
Väriluku	6	1,42	1,00	3,50	1,02
Ammoniumtyppi, NH4-N	6	0,00	0,00	0,01	0,01
Nitraattityppi, NO3-N	6	1,17	1,00	1,30	0,10
Nitriittityppi, NO2-N	6	0,00	0,00	0,01	0,00
Sameus	6	16,88	2,00	59,00	21,75
pH	6	6,50	6,40	6,60	0,09
Sähkönjohtavuus 25 C	6	10,17	9,00	11,00	0,75
Alkaliteetti	6	0,61	0,52	0,70	0,06
Happi mg/l	6	7,68	6,70	8,20	0,52
Happi kyll-%	6	62,33	54,00	67,00	4,37
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	6	0,63	0,25	0,80	0,19
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	6	2,07	1,30	3,20	0,70
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	4	4,00	3,00	5,00	0,82
Kokonaisfosfori, P	3	17,67	6,00	33,00	13,87
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	4	4,75	4,00	6,00	0,96
Liuk.kok.P/Kok.fosfori	4	45,89	12,12	100,00	37,75
Kalsium, Ca, liukoinen	6	9,68	8,40	14,00	2,16
Magnesium, Mg, liukoinen	6	2,82	2,40	4,10	0,65
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	6	2,25	1,90	3,30	0,54
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	6	5,72	4,90	8,80	1,53
Alumiini, Al, liukoinen	6	40,67	1,50	140,00	56,40
Antimoni, Sb, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Arseeni, As, liukoinen	6	0,23	0,20	0,40	0,08
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	6	3,87	2,00	10,00	3,04
Beryllium, Be, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Boori, B, liukoinen	6	6,00	1,50	15,00	6,97
Elohopea, Hg, liukoinen	6	0,02	0,02	0,02	0,00
Fosfori, P, liukoinen	6	32,08	2,50	90,00	29,77
Kadmium, Cd, liukoinen	6	0,01	0,01	0,03	0,01
Koboltti, Co, liukoinen	6	0,36	0,17	0,93	0,28
Kromi, Cr, liukoinen	6	0,10	0,03	0,19	0,06
Kupari, Cu, liukoinen	6	0,40	0,30	0,50	0,09
Lyijy, Pb, liukoinen	6	0,05	0,05	0,05	0,00
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	6	40,83	15,00	86,00	24,13
Molybdeeni, Mo, liukoinen	6	1,85	1,20	3,10	0,72
Nikkeli, Ni, liukoinen	6	0,55	0,30	0,70	0,14
Pii, Si, liukoinen	6	8066,67	5400,00	8900,00	1324,64
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	6	52,86	0,55	280,00	111,78
Rikki, S, liukoinen	6	3916,67	3500,00	5600,00	825,63
Seleeni, Se, liukoinen	6	0,25	0,25	0,25	0,00
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	6	2,50	2,50	2,50	0,00
Strontium, Sr, liukoinen	6	44,17	38,00	58,00	7,11
Tallium, Tl, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Titaani, Ti, liukoinen	6	3,00	0,50	11,00	4,31
Uraani, U, liukoinen	6	0,25	0,20	0,30	0,05

Variable	Havaintopaikka=MJOKI-PVP3 Descriptive Statistics (Pohjavesien seurantatulokset 20210506)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Vanadiini, V, liukoinen	6	0,65	0,50	0,90	0,14
Kevyet hiilivedyt C5-C10	6	10,00	10,00	10,00	0,00
Keskiraskaat C10-C21	6	12,50	12,50	12,50	0,00
Raskaat C21-C40	6	12,50	12,50	12,50	0,00
PAH-yhdisteet yhteensä	6	0,05	0,05	0,05	0,00
Naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bifenyylit	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftyleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyylifenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoranteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Kryseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(b)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(k)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(e)pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Peryleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Dibentso(a,h)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(ghi)peryleeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00

Variable	Havaintopaikka=MT-PVP1A Descriptive Statistics (Pohjavesien seurantatulokset 20210506)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	5	3320,00	200,00	8000,00	2882,19
Koliiformiset bakteerit	5	30,40	0,00	150,00	66,86
Escherichia coli	5	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulfaatti, SO4	5	10,60	8,00	12,00	1,67
Kloridi, Cl	5	22,80	21,00	24,00	1,10
Väriluku	5	17,44	7,20	31,00	10,45
Ammoniumtyppi, NH4-N	5	0,06	0,03	0,11	0,03
Nitraattityppi, NO3-N	5	0,05	0,05	0,05	0,00
Nitriittityppi, NO2-N	5	0,00	0,00	0,00	0,00
Sameus	5	35,20	18,00	49,00	11,10
pH	5	6,54	6,10	7,00	0,35
Sähkönjohtavuus 25 C	5	95,80	89,00	100,00	5,76
Alkaliteetti	5	10,54	9,30	12,00	1,16
Happi mg/l	5	0,98	0,10	4,00	1,70
Happi kyll-%	5	7,50	0,50	33,00	14,30
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	5	11,38	7,60	16,00	4,24
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	5	19,00	15,00	22,00	2,55
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	3	6,67	4,00	12,00	4,62
Kokonaisfosfori, P	2	14,00	11,00	17,00	4,24
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	3	5,33	5,00	6,00	0,58
Liuk.kok.P/Kok.fosfori	3	40,37	35,29	45,45	5,08
Kalsium, Ca, liukoinen	5	133,60	88,00	160,00	27,84
Magnesium, Mg, liukoinen	5	38,80	28,00	48,00	9,68
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	5	10,92	7,00	14,00	2,99
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	5	12,92	9,60	15,00	2,48
Alumiini, Al, liukoinen	5	21,40	4,00	70,00	27,58
Antimoni, Sb, liukoinen	5	0,50	0,50	0,50	0,00
Arseeni, As, liukoinen	5	1,50	0,40	2,80	0,94
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	5	25,60	21,00	32,00	4,39
Beryllium, Be, liukoinen	5	0,50	0,50	0,50	0,00
Boori, B, liukoinen	5	27,10	1,50	45,00	18,64
Elohopea, Hg, liukoinen	5	0,02	0,02	0,02	0,00
Fosfori, P, liukoinen	5	25,00	25,00	25,00	0,00
Kadmium, Cd, liukoinen	5	0,03	0,01	0,09	0,04
Koboltti, Co, liukoinen	5	5,85	0,87	14,00	5,75
Kromi, Cr, liukoinen	5	1,14	0,14	3,00	1,26
Kupari, Cu, liukoinen	5	1,22	0,70	2,30	0,65
Lyijy, Pb, liukoinen	5	0,05	0,05	0,05	0,00
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	5	2800,00	2300,00	3400,00	484,77
Molybdeeni, Mo, liukoinen	5	3,14	1,20	4,40	1,30
Nikkeli, Ni, liukoinen	5	6,24	4,60	7,70	1,33
Pii, Si, liukoinen	5	17400,00	17000,00	18000,00	547,72
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	5	10813,20	46,00	29000,00	14430,22
Rikki, S, liukoinen	5	3600,00	2800,00	4200,00	612,37
Seleeni, Se, liukoinen	5	0,49	0,25	1,10	0,37
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	5	150,60	9,00	630,00	269,52
Strontium, Sr, liukoinen	5	462,00	320,00	540,00	97,57
Tallium, Tl, liukoinen	5	0,50	0,50	0,50	0,00
Titaani, Ti, liukoinen	5	11,20	0,50	31,00	12,47
Uraani, U, liukoinen	5	2,16	1,00	3,60	1,11

Variable	Havaintopaikka=MT-PVP1A Descriptive Statistics (Pohjavesien seurantatulokset 20210506)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Vanadiini, V, liukoinen	5	1,28	1,00	2,10	0,47
Kevyet hiilivedyt C5-C10	5	10,00	10,00	10,00	0,00
Keskiraskaat C10-C21	5	12,50	12,50	12,50	0,00
Raskaat C21-C40	5	12,50	12,50	12,50	0,00
PAH-yhdisteet yhteensä	5	0,05	0,05	0,05	0,00
Naftaleeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
2-Metyyli-naftaleeni	5	0,01	0,01	0,02	0,00
1-Metyyli-naftaleeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Bifenyylit	5	0,01	0,01	0,01	0,00
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftyleeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftteeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	5	0,01	0,01	0,02	0,00
Fluoreeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Fenantreeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Antraseeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyylifenantreeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoranteeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Pyreeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)antraseeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Kryseeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(b)fluoranteeni	5	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(k)fluoranteeni	5	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(e)pyreeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)pyreeni	5	0,00	0,00	0,00	0,00
Peryleeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	5	0,00	0,00	0,00	0,00
Dibentso(a,h)antraseeni	5	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(ghi)peryleeni	5	0,00	0,00	0,00	0,00

Variable	Havaintopaikka=MT-PVP1B Descriptive Statistics (Pohjavesien seurantatulokset 20210506)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	6	5750,00	3000,00	17000,00	5601,34
Koliiformiset bakteerit	6	10701,67	10,00	44000,00	16941,82
Escherichia coli	6	448,00	0,00	2000,00	774,85
Sulfaatti, SO4	6	7,95	0,50	27,00	11,63
Kloridi, Cl	6	14,27	6,60	23,00	5,47
Väriluku	6	58,50	15,00	110,00	37,02
Ammoniumtyppi, NH4-N	6	0,56	0,25	0,87	0,23
Nitraattityppi, NO3-N	6	0,08	0,05	0,22	0,07
Nitriittityppi, NO2-N	6	0,01	0,00	0,05	0,02
Sameus	6	443,33	170,00	790,00	216,49
pH	6	5,72	5,60	6,00	0,15
Sähkönjohtavuus 25 C	6	39,50	29,00	50,00	6,69
Alkaliteetti	6	3,53	2,60	4,90	0,88
Happi mg/l	6	0,77	0,10	4,10	1,63
Happi kyll-%	6	6,08	0,50	34,00	13,68
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	6	25,00	10,00	40,00	11,47
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	6	28,03	7,20	54,00	17,18
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	4	4,50	3,00	7,00	1,91
Kokonaisfosfori, P	3	220,00	170,00	310,00	78,10
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	4	8,25	5,00	14,00	4,03
Liuk.kok.P/Kok.fosfori	4	4,76	1,94	8,24	2,60
Kalsium, Ca, liukoinen	6	23,33	16,00	28,00	4,72
Magnesium, Mg, liukoinen	6	13,77	9,60	18,00	3,03
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	6	2,32	1,60	3,70	0,82
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	6	20,40	8,40	40,00	11,02
Alumiini, Al, liukoinen	6	804,00	34,00	1900,00	722,66
Antimoni, Sb, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Arseeni, As, liukoinen	6	2,05	0,80	2,90	0,85
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	6	44,33	34,00	57,00	8,33
Beryllium, Be, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Boori, B, liukoinen	6	8,25	1,50	15,00	7,39
Elohopea, Hg, liukoinen	6	0,02	0,02	0,02	0,00
Fosfori, P, liukoinen	6	33,17	25,00	74,00	20,00
Kadmium, Cd, liukoinen	6	0,03	0,01	0,07	0,03
Koboltti, Co, liukoinen	6	24,83	18,00	38,00	7,65
Kromi, Cr, liukoinen	6	2,09	0,36	3,80	1,35
Kupari, Cu, liukoinen	6	4,47	2,30	7,50	2,05
Lyijy, Pb, liukoinen	6	0,37	0,05	0,60	0,26
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	6	2066,67	1300,00	3400,00	760,70
Molybdeeni, Mo, liukoinen	6	0,27	0,10	0,70	0,22
Nikkeli, Ni, liukoinen	6	11,15	6,20	17,00	4,08
Pii, Si, liukoinen	6	8883,33	7300,00	10000,00	1154,84
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	6	24255,00	130,00	58000,00	20597,80
Rikki, S, liukoinen	6	3295,00	370,00	9000,00	3347,68
Seleeni, Se, liukoinen	6	1,84	0,25	8,50	3,28
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	6	2136,67	120,00	3100,00	1085,57
Strontium, Sr, liukoinen	6	138,33	110,00	170,00	25,63
Tallium, Tl, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Titaani, Ti, liukoinen	6	40,00	1,00	95,00	38,65
Uraani, U, liukoinen	6	0,43	0,32	0,59	0,09

Variable	Havaintopaikka=MT-PVP1B Descriptive Statistics (Pohjavesien seurantatulokset 20210506)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Vanadiini, V, liukoinen	6	4,10	0,60	8,20	2,91
Kevyet hiilivedyt C5-C10	6	10,00	10,00	10,00	0,00
Keskiraskaat C10-C21	6	23,83	12,50	51,00	17,79
Raskaat C21-C40	6	15,75	12,50	32,00	7,96
PAH-yhdisteet yhteensä	6	0,05	0,05	0,05	0,00
Naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,02	0,01
1-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bifenyylit	6	0,01	0,01	0,03	0,01
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftyleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyylifenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoranteeni	6	0,01	0,01	0,03	0,01
Pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Kryseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(b)fluoranteeni	6	0,01	0,00	0,01	0,00
Bentso(k)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,01	0,00
Bentso(e)pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Peryleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Dibentso(a,h)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(ghi)peryleeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00

Variable	Havaintopaikka=MT-PVP2 Descriptive Statistics (Pohjavesien seurantatulokset 20210506)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	6	2266,67	1000,00	3000,00	789,09
Koliiformiset bakteerit	6	15,33	0,00	36,00	13,91
Escherichia coli	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulfaatti, SO4	6	147,83	91,00	200,00	51,32
Kloridi, Cl	6	41,17	20,00	73,00	23,81
Väriluku	6	10,28	6,50	13,00	2,30
Ammoniumtyppi, NH4-N	6	0,07	0,01	0,23	0,09
Nitraattityppi, NO3-N	6	3,09	0,41	7,60	2,60
Nitriittityppi, NO2-N	6	0,02	0,00	0,09	0,04
Sameus	6	3,47	0,71	10,00	3,39
pH	6	7,72	7,50	7,80	0,12
Sähkönjohtavuus 25 C	6	70,17	58,00	90,00	12,59
Alkaliteetti	6	2,73	2,00	3,30	0,48
Happi mg/l	6	5,42	2,60	8,40	1,89
Happi kyll-%	6	45,78	23,00	71,40	15,92
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	6	4,37	2,90	5,30	0,90
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	6	6,67	4,20	9,70	1,84
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	4	3,00	2,00	4,00	0,82
Kokonaisfosfori, P	3	7,00	5,00	9,00	2,00
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	4	4,00	3,00	5,00	0,82
Liuk.kok.P/Kok.fosfori	4	57,94	42,86	100,00	28,05
Kalsium, Ca, liukoinen	6	81,82	5,90	120,00	41,73
Magnesium, Mg, liukoinen	6	16,83	13,00	22,00	3,43
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	6	6,72	5,00	9,00	1,70
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	6	9,67	6,60	12,00	2,13
Alumiini, Al, liukoinen	6	12,33	7,00	16,00	3,88
Antimoni, Sb, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Arseeni, As, liukoinen	6	3,32	0,50	7,10	2,58
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	6	12,17	6,00	25,00	7,17
Beryllium, Be, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Boori, B, liukoinen	6	29,25	1,50	44,00	17,10
Elohopea, Hg, liukoinen	6	0,02	0,02	0,02	0,00
Fosfori, P, liukoinen	6	21,25	2,50	25,00	9,19
Kadmium, Cd, liukoinen	6	0,05	0,02	0,12	0,04
Koboltti, Co, liukoinen	6	0,78	0,12	3,30	1,25
Kromi, Cr, liukoinen	6	0,10	0,03	0,24	0,08
Kupari, Cu, liukoinen	6	4,42	2,60	9,90	2,77
Lyijy, Pb, liukoinen	6	0,05	0,05	0,05	0,00
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	6	60,58	1,50	190,00	85,76
Molybdeeni, Mo, liukoinen	6	31,67	18,00	47,00	12,60
Nikkeli, Ni, liukoinen	6	5,85	2,90	11,00	2,92
Pii, Si, liukoinen	6	5750,00	5100,00	6500,00	554,08
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	6	13,03	0,55	59,00	23,46
Rikki, S, liukoinen	6	49000,00	25000,00	68000,00	17810,11
Seleeni, Se, liukoinen	6	0,63	0,25	1,30	0,47
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	6	12,83	9,00	19,00	3,49
Strontium, Sr, liukoinen	6	405,00	350,00	500,00	58,22
Tallium, Tl, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Titaani, Ti, liukoinen	6	8,00	0,50	25,00	11,69
Uraani, U, liukoinen	6	19,17	11,00	27,00	5,67

Variable	Havaintopaikka=MT-PVP2 Descriptive Statistics (Pohjavesien seurantatulokset 20210506)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Vanadiini, V, liukoinen	6	1,14	0,25	1,40	0,45
Kevyet hiilivedyt C5-C10	6	10,00	10,00	10,00	0,00
Keskiraskaat C10-C21	6	12,50	12,50	12,50	0,00
Raskaat C21-C40	6	12,50	12,50	12,50	0,00
PAH-yhdisteet yhteensä	6	0,05	0,05	0,05	0,00
Naftaleeni	6	0,01	0,01	0,03	0,01
2-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,02	0,00
1-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bifenyylit	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftyleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoreeni	6	0,01	0,01	0,03	0,01
Fenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyylifenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoranteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Kryseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(b)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(k)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(e)pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Peryleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Dibentso(a,h)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(ghi)peryleeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00

Variable	Havaintopaikka=MT-PVP3 Descriptive Statistics (Pohjavesien seurantatulokset 20210506)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Heterotrofinen pesäkeluku 22 °C	6	852,50	65,00	3000,00	1122,94
Koliiformiset bakteerit	6	1,50	0,00	7,00	2,81
Escherichia coli	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Sulfaatti, SO4	6	15,00	13,00	17,00	1,41
Kloridi, Cl	6	1,88	1,60	2,00	0,16
Väriluku	6	5,38	1,00	22,00	8,25
Ammoniumtyppi, NH4-N	6	0,01	0,01	0,02	0,00
Nitraattityppi, NO3-N	6	0,05	0,05	0,05	0,00
Nitriittityppi, NO2-N	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Sameus	6	21,23	4,60	78,00	28,29
pH	6	7,22	7,00	7,60	0,22
Sähkönjohtavuus 25 C	6	20,17	20,00	21,00	0,41
Alkaliteetti	6	1,67	1,40	2,10	0,27
Happi mg/l	6	0,33	0,10	0,70	0,24
Happi kyll-%	6	2,67	0,50	6,00	2,09
CODMn-arvo, kemiallinen hapenkulutus	6	0,89	0,25	1,60	0,47
Liunneen orgaanisen hiilen määrä, DOC	6	5,13	1,10	22,00	8,27
Fosfaattifosfori, PO4-P, liukoinen (NPC)	4	4,25	3,00	6,00	1,26
Kokonaisfosfori, P	3	9,33	7,00	13,00	3,21
Kokonaisfosfori, P, liukoinen (NPC)	4	4,00	3,00	6,00	1,41
Liuk.kok.P/Kok.fosfori	4	53,09	23,08	75,00	21,71
Kalsium, Ca, liukoinen	6	24,17	21,00	28,00	2,86
Magnesium, Mg, liukoinen	6	4,80	4,30	5,70	0,55
Kalium, K, liukoinen (0,45µm)	6	2,72	2,50	3,10	0,21
Natrium, Na, liukoinen (0,45µm)	6	7,10	5,90	8,80	1,26
Alumiini, Al, liukoinen	6	47,50	1,50	110,00	49,96
Antimoni, Sb, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Arseeni, As, liukoinen	6	1,32	1,00	2,20	0,46
Barium, Ba, liukoinen (0,45µm)	6	4,17	3,00	6,00	0,98
Beryllium, Be, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Boori, B, liukoinen	6	6,00	1,50	15,00	6,97
Elohopea, Hg, liukoinen	6	0,02	0,02	0,02	0,00
Fosfori, P, liukoinen	6	21,25	2,50	25,00	9,19
Kadmium, Cd, liukoinen	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Koboltti, Co, liukoinen	6	0,19	0,07	0,43	0,14
Kromi, Cr, liukoinen	6	0,19	0,03	0,65	0,24
Kupari, Cu, liukoinen	6	0,23	0,10	0,70	0,24
Lyijy, Pb, liukoinen	6	0,06	0,05	0,10	0,02
Mangaani, Mn, liukoinen (0,45µm)	6	123,17	69,00	160,00	30,47
Molybdeeni, Mo, liukoinen	6	1,07	0,70	1,50	0,31
Nikkeli, Ni, liukoinen	6	0,88	0,50	1,90	0,53
Pii, Si, liukoinen	6	8600,00	7800,00	9200,00	540,37
Rauta, Fe, liukoinen (0,45µm)	6	641,85	0,55	1400,00	573,74
Rikki, S, liukoinen	6	5016,67	4600,00	5300,00	306,05
Seleeni, Se, liukoinen	6	0,25	0,25	0,25	0,00
Sinkki, Zn, liukoinen (0,45µm)	6	3,08	2,50	6,00	1,43
Strontium, Sr, liukoinen	6	71,33	61,00	90,00	11,74
Tallium, Tl, liukoinen	6	0,50	0,50	0,50	0,00
Titaani, Ti, liukoinen	6	6,42	0,50	17,00	6,97
Uraani, U, liukoinen	6	1,41	0,59	3,20	0,99

Variable	Havaintopaikka=MT-PVP3 Descriptive Statistics (Pohjavesien seurantatulokset 20210506)				
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
Vanadiini, V, liukoinen	6	0,40	0,25	0,90	0,26
Kevyet hiilivedyt C5-C10	6	10,00	10,00	10,00	0,00
Keskiraskaat C10-C21	6	12,50	12,50	12,50	0,00
Raskaat C21-C40	6	18,75	12,50	50,00	15,31
PAH-yhdisteet yhteensä	6	0,05	0,05	0,05	0,00
Naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bifenyylit	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,6-Dimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftyleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Asenaftteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
2,3,5-Trimetyyli-naftaleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
1-Metyylifenantreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Fluoranteeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Kryseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(b)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(k)fluoranteeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Bentso(e)pyreeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(a)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Peryleeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00
Dibentso(a,h)antraseeni	6	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentso(ghi)peryleeni	6	0,00	0,00	0,00	0,00

Liite 2-3 Passiivikeräinten määrittystulokset

Asennus	Nosto	Keräintyyppi (VOC)	Havaintopaikka	Nafaleeni	Asemafteeni	Asemafteeni	Fluoreeni	Fenantreeni	Antraseeni	Fluorantseeni	Pyreeni	Bentso(a)nt-raseeni	Kryseeni/Trifenylee-ni	Bentso(b+h-k)fluorantseeni	Bentso(e)pyreeni	Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	Dibentso(a,h)antraseeni	Bentso(ghi)-Peryleeni
21.4.2020	29.4.2020		Jokivesi	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08	<0,08
21.4.2020	29.4.2020		Tjoki Ylä 1	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
21.4.2020	29.4.2020		Tjoki Keski 1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
10.9.2020	28.9.2020		Tjoki Ala 1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
10.9.2020	28.9.2020		Ml_oja1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
10.9.2020	28.9.2020		Tjoki Ylä 1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
10.9.2020	28.9.2020		Tjoki Ala 1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
		Keräintyyppi (CAN)	Havaintopaikka	Fosfori	Alumiini	Antimoni	Arseeni	Barium	Beryllium	Lyijy	Kadmium	Kromi	Koboltti	Kalium	Kupari	Eioloopoa	Magnesium	Mangaani
21.4.2020	29.4.2020		Jokivesi	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300
21.4.2020	29.4.2020		Tjoki Ylä 2	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200
21.4.2020	29.4.2020		Tjoki Keski 2	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400
21.4.2020	29.4.2020		Tjoki Ala 2	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400
22.4.2020	29.4.2020		Pohjavesi	<90	<90	<90	<90	<90	<90	<90	<90	<90	<90	<90	<90	<90	<90	<90
20.4.2020	27.4.2020		MT-PVP1B	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
20.4.2020	27.4.2020		MJ-PVP2	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
10.9.2020	28.9.2020		Jokivesi	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400
10.9.2020	28.9.2020		Tjoki Ylä 2	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200
10.9.2020	28.9.2020		Ml_Oja2	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600
10.9.2020	28.9.2020		Tjoki Ala 2	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600
15.9.2020	28.9.2020		Pohjavesi	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200
14.9.2020	28.9.2020		MT-PVP1B	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200
14.9.2020	28.9.2020		MJ-PVP1	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
14.9.2020	28.9.2020		MJ-PVP2	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
		Keräintyyppi (CAN)	Havaintopaikka	Molybdeeni	Natrium	Nikkeli	Seleeni	Strontium	Titaani	Uraani	Vanadiini	Sinkki						
21.4.2020	29.4.2020		Jokivesi	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9
21.4.2020	29.4.2020		Tjoki Ylä 2	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30
21.4.2020	29.4.2020		Tjoki Keski 2	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
21.4.2020	29.4.2020		Tjoki Ala 2	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
22.4.2020	29.4.2020		Pohjavesi	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9
20.4.2020	27.4.2020		MT-PVP1B	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
20.4.2020	27.4.2020		MJ-PVP2	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
10.9.2020	28.9.2020		Jokivesi	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40	<40
10.9.2020	28.9.2020		Tjoki Ylä 2	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
10.9.2020	28.9.2020		Ml_Oja2	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60
10.9.2020	28.9.2020		Tjoki Ala 2	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60	<60
15.9.2020	28.9.2020		Pohjavesi	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
14.9.2020	28.9.2020		MT-PVP1B	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
14.9.2020	28.9.2020		MJ-PVP1	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
14.9.2020	28.9.2020		MJ-PVP2	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
		Keräintyyppi (NIP)	Havaintopaikka	Nitriitti + Nitraatti-N	Ortofosfaatti	Sulfaatti												
21.4.2020	29.4.2020		Jokivesi	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800
21.4.2020	29.4.2020		Tjoki Ylä 3	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800
21.4.2020	29.4.2020		Tjoki Keski 3	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800	<800
21.4.2020	29.4.2020		Tjoki Ala 3	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600	<600
20.4.2020	27.4.2020		Pohjavesi	<28000	<28000	<28000	<28000	<28000	<28000	<28000	<28000	<28000	<28000	<28000	<28000	<28000	<28000	<28000
20.4.2020	27.4.2020		MJ-PVP1	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
20.4.2020	27.4.2020		MJ-PVP2	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
10.9.2020	28.9.2020		Jokivesi	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500
10.9.2020	28.9.2020		Tjoki Ylä 3	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300
10.9.2020	28.9.2020		Ml_Oja3	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300
10.9.2020	28.9.2020		Tjoki Ala 3	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500

Liite 2.4 Sedimenttikeräinnäytteiden määrittystulokset

Laboratorio- määrittys	Syksy 2019 VERTAILU	Syksy 2019 YLÄ	Syksy 2019 KESKI	Syksy 2019 ALA	Kevät 2020 YLÄ	Kevät 2020 KESKI	Kevät 2020 ALA
Kiintoaine (mg/l)	85	787±397	647±322	1470±750	1633±252	1567±321	1633±208
Org. aines (mg/l)	43	180±53	163±51	285±92	210±26	237±40	243±31
PO4-P liuk. (µg/l)	10	15±7	13±2	13±0	14±2	39±8	23±3
Kok-P (µg/l)	210	1437±1002	1050±579	2450±1061	1633±58	1667±321	1900±100
Kok-P liuk. (µg/l)	20	22±7	20±3	20±1	28±1	58±12	34±3
Kalsium (mg/l)	1,2	7,7±4,5	5,9±2,3	12,0±2,8	1,3±0,1	1,4±0,2	1,5±0,1
Magnesium (mg/l)	1,6	13,5±8,8	10,5±5,0	21,5±4,9	0,9±0,05	0,9±0,1	1,1±0,1
Kalium (mg/l)	1,4	8,7±5,4	6,9±2,9	14,0±2,8	1,6±0,1	1,7±0,2	2,1±0,3
Natrium (mg/l)	0,6	1,7±0,7	1,4±0,4	2,3±0,4	0,7±0,02	0,8±0,05	1,0±0,1
Alumiini (mg/l)	4,1	34±22	28±12	55±13	2,4±0,2	2,5±0,4	2,7±0,3
Arseeni (µg/l)	1,1	10,57±5,66	8,80±2,95	18,5±3,54	0,67±0,06	0,90±0	0,83±0,06
Barium (µg/l)	34	246±156	197±86	415±92	18±1	19±3	20±2
Beryllium (µg/l)	< 1	1,2±0,8	1,0±0,9	2,5±0,7	< 1	< 1	< 1
Boori (µg/l)	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30	35±6	72±25
Elohopea (µg/l)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1±0	< 0,1	0,037±0,055	0,070±0,113
Kadmium (µg/l)	< 0,02	0,62±0,41	0,59±0,21	1,90±1,13	0,02±0,01	0,03±0,02	0,03±0,01
Koboltti (µg/l)	2,30	29,7±19,6	25,7±11,6	48,0±9,9	0,82±0,04	0,76±0,15	0,90±0,09
Kromi (µg/l)	8,70	74,7±47,7	61,0±28,2	130±28,3	4,77±0,40	4,87±0,87	5,33±0,45
Kupari (µg/l)	15,0	45,3±28,7	34,7±14,8	80±21,2	3,30±0,17	3,47±0,58	3,73±0,15
Lyijy (µg/l)	2,10	14,40±8,51	12,20±3,70	30±8,49	1,03±0,06	1,07±0,15	1,13±0,15
Mangaani (mg/l)	0,30	4,33±2,90	3,83±1,79	7,30±1,27	0,02±0,001	0,03±0,01	0,03±0,004
Molybdeeni (µg/l)	0,20	1,50±0,92	1,20±0,36	3,35±0,92	0,23±0,06	0,37±0,06	0,57±0,29
Nikkeli (µg/l)	5,1	44,3±30,1	37,3±15,0	74,5±17,7	2,60±0,10	2,77±0,42	3,07±0,29
Pii (µg/l)	8400	39333±19553	34000±11136	57000±11314	6000±300	6100±985	6600±529
Rauta (mg/l)	4,6	44,3±29,5	35,3±16,9	74±18,4	2,0±0,1	2,0±0,3	2,3±0,3
Rikki (µg/l)	290	1380±787	1037±415	1850±354	223±15	263±12	263±6
Seleeni (µg/l)	2,8	6,1±3,7	7,6±3,1	12,0±2,8	0,6±0,3	0,5±0,2	< 0,5
Sinkki (µg/l)	41	218±143	183±87	360±85	8,0±1,0	8,7±1,2	9,0±1,7
Strontium (µg/l)	9,0	54±31	42±16	86±19	9,0±0,6	9,0±1,0	10±0,6
Tallium (µg/l)	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
Tina (µg/l)	1,0	5,0±3,0	4,0±1,0	7,0±1,4	< 1	< 1	< 1
Titaani (µg/l)	46	110±10	113±38	125±7	36±7	43±5	54±14
Uraani (µg/l)	1,6	13,2±7,9	10,5±2,8	44±11,3	0,77±0,05	0,81±0,12	0,97±0,03
Vanadiini (µg/l)	10,0	86±56	70±36	145±35	5,5±0,5	5,7±1,0	6,3±0,6
PAH-yhdisteet yht. (µg/l)	< 0,1	0,25±0,34	0,25±0,16	0,58±0,24	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Maanlajitysalueiden vaikutukset vesiin sekä haittoja ehkäisevät kalataloudelliset kunnostukset Loppuraportti

Vantaanjoen valuma-alueella on suuri tarve lähellä taajamia ja kasvukeskuksia sijaitseville pilaantumattomien ylijäämämaiden läjitysalueille. Tämän hankkeen tavoitteena oli selvittää ylijäämämaiden käsittely- ja läjitysalueiden vaikutuksia vesien laatuun. Oja- ja jokivesien laadun sekä pohjavesien laadun seuranta erilaisten menetelmillä tehtiin kolmessa seurantakohteessa Vantaalla, Nurmijärvellä ja Riihimäellä vuosina 2019 – 2020. Vaelluskaloihin liittyvää tutkimusta tehtiin Tuusulanjoella. Tässä loppuraportissa esitetään seurantatutkimusten tulokset, sekä arvioidaan hankkeessa kehitetyn paikkatietoanalyysin soveltuvuutta läjitysalueiden suunnittelun työkaluksi.



Vantaanjoen ja Helsingin seudun
vesiensuojeluyhdistys ry

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry
Ratamestarinkatu 7 b, 00520 Helsinki
vhvsy@vantaanjoki.fi
www.vantaanjoki.fi