Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö
Anne Lehmijoki

TK1: *Upilanojan ferrisulfaattisaostus*

Tulokset 2013–2014

© Juha Paavola

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
Vipuvoimaa EU:lta 2007–2013
Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto
Euroopan sosiaalirahasto

Sisällysluettelo

1. Johdanto 1
2. Alueen kuvaus 1
2.1 Upilanojan valuma-alue 1
2.2 Upilanojan fosforipitoisuudet ennen kunnostusta 3
3. Allaskokonaisuuden toteutus Upilanojalla 4
4. Fosforisiepparin toimintaperiaate 5
5. Upilanojan vedenlaatu vuonna 2013 7
5.1 Ferrisulfaattikäsittelyn vaikutukset ravinnepitoisuuksiin 7
5.2 Sademäärän vaikutukset virtaamaan ja ravinnepitoisuuksiin 9
5.3 Ferrisulfaattikäsittelyn ympäristövaikutukset 10
6. Talvivauriot ja niiden korjaaminen keväällä 2014 13
7. Upilanojan vedenlaatu vuonna 2014 14
7.1 Ferrisulfaattikäsittelyn vaikutukset ravinnepitoisuuksiin 15
7.2 Sademäärän vaikutukset virtaamaan ja ravinnepitoisuuksiin 16
7.3 Ferrisulfaattikäsittelyn ympäristövaikutukset 17
7.4 Upilanojan sakka 19
8. Kunnostuksen ja seurannan kustannukset vuosina 2013–2014 19
9. Yhteenveto 20
10. Liitteet 21

1. Johdanto

Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiön toteuttamassa ja Hämeen ELY-keskuksen rahoittamassa MELLI-hankkeessa (*Mekaaniset ja kemialliset kunnostusmenetelmät järvien tilan parantamisessa*) on kokeiltu kemiallista menetelmää, jolla pyrittiin vähentämään Vesijärveen tulevaa fosforikuormitusta. Tämä on yksi hankkeen kolmesta työkokonaisuudesta.

Insinööritoimisto Saloy Oy on kehittänyt ojaan asennettavan fosforisiepparin, joka annostelee veteen ferrisulfaattia veden virtaaman mukaan. Kemikaalin rauta sitoutuu veden liukoiseen fosforin, joka estyy täten päätymästä järveen. Fosforisiepparia on kehitetty eteenpäin vaiheittain ja yksi aikaisempi versio on ollut kokeilussa TASO-hankkeessa (*Turvetuotannon ja metsätalouden vesiensuojelutason kehittäminen*) Jyväskylän seudulla.

Kokeiluun soveltuvan uoman valinnassa käytettiin lähtötietona Lahden seudun ympäristöpalveluiden keräämää vedenlaatuaineistoa ylivirtaamakausilta. Valinnassa haluttiin optimoida fosforisiepparin kyky sitoa liukoista fosforia. Aikaisempien kokemusten perusteella parhain pidätystulos saadaan uomissa, joissa fosforipitoisuus on korkea, mutta virtaama ei ylitä siepparin kapasiteettia, n. 100 l/s. Lisäksi kunnostettavan alueen valinnassa tärkeää oli maanomistajien myönteinen suhtautuminen kokeiluun.

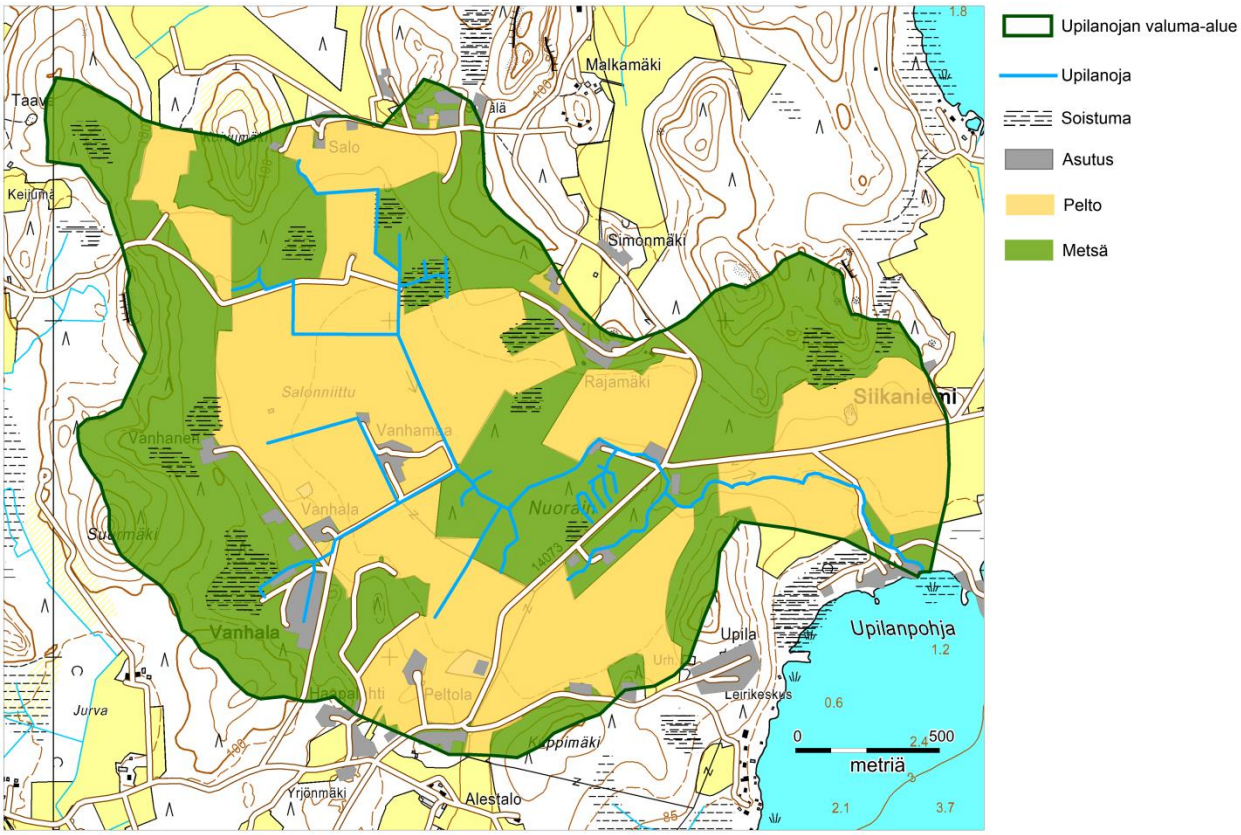
Upilanoja oli helppo valita toteutettavaksi kohteeksi myös siksi, että alueelle oli tehty valmis kosteikkosuunnitelma Suomen riistakeskuksen toimesta. Vaikka riistasuunnittelija Marko Muuttolan laatima alkuperäinen suunnitelma ei sellaisenaan toteutunutkaan, oli sillä kuitenkin tärkeä rooli kunnostuksen liikkeellesaamisessa.

Upilanojaan rakennettiin toukokuussa 2013 laskeutusaltaiden ketju. Fosforisieppari sijoitettiin ketjun keskelle niin, että vesi kulkee siepparin jälkeen vielä yhden altaan kautta. Ensimmäisten altaiden toivotaan laskeuttavan ojavedestä kiintoaineeseen sitoutunutta fosforia virtaaman hidastumisen vuoksi. Lisäksi paikalle toivotaan ilmestyvän kosteikkokasvillisuutta, joka pidättäisi vedestä liukoista fosforia myös niinä aikoina, kun ferrisulfaattia ei annostella veteen. Kemikaaliannostelu voisi tulevaisuudessa ajoittua vain ylivirtaamakausiin, eli siis kevääseen ja syksyyn, jolloin ojakuormitus pahiten rasittaa järviä.

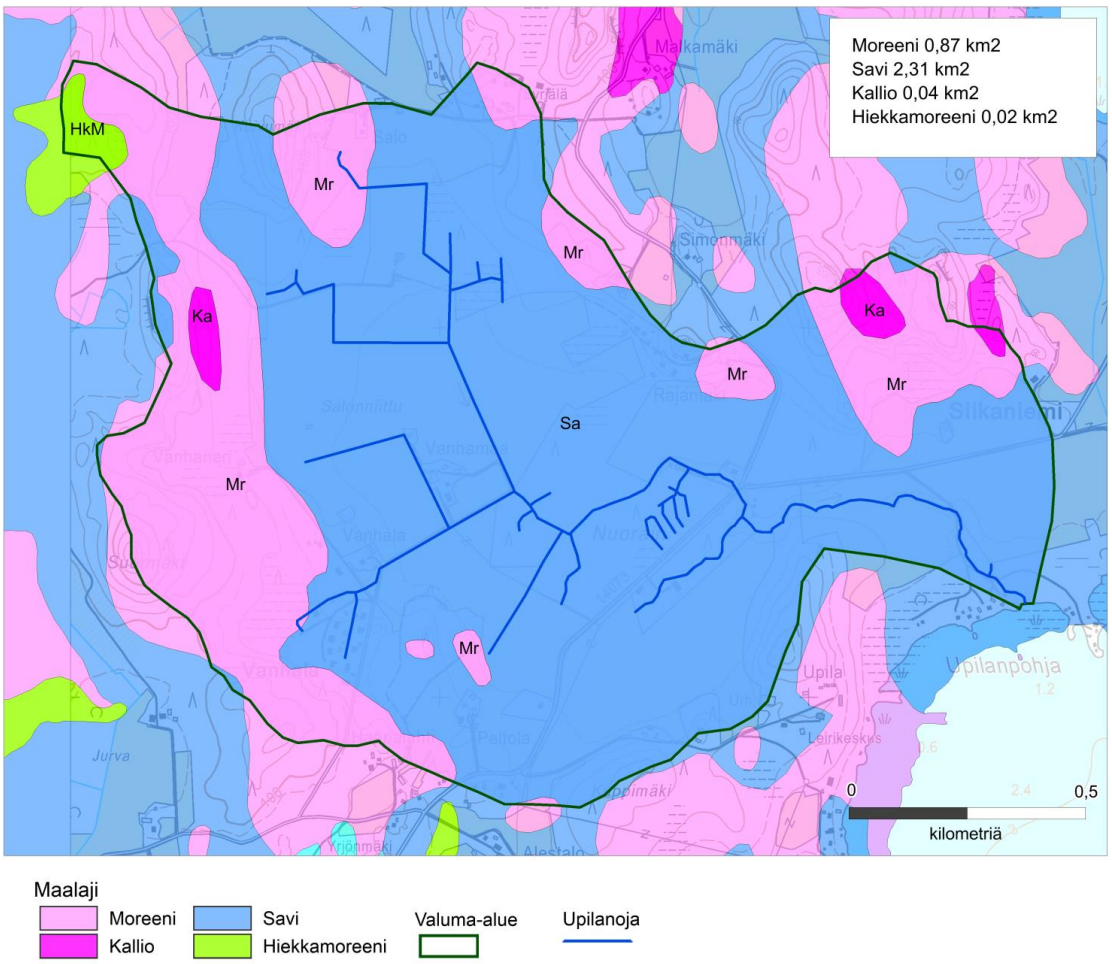
2. Alueen kuvaus

2.1 Upilanojan valuma-alue

Upilanoja on osa Kymijoen vesistöaluetta. Upilanoja sijaitsee Hollolassa, ja se laskee Vesijärven Upilanpohjaan (Liite 1). Upilanojan valuma-alue on pinta-alaltaan 3,3 km^2, mikä on vain 0,6 % Vesijärven valuma-alueesta. Upilanojan valuma-alueesta jopa 47 % on peltoa, mikä osaltaan vaikuttaa Upilanojan vedenlaatuun (Kuva 1). Alueen maaperä on suurimmaksi osaksi savea (Kuva 2). Savi peittää valuma-alueesta 71,8 % ja moreeni 26,4 %. Kallion ja hiekkamoreenin osuudet valuma-alueen pinta-alasta ovat hyvin pienet: vain 1,2 % ja 0,6 %. Maankäytön lisäksi myös maaperän laatu vaikuttaa ojien vedenlaatuun.



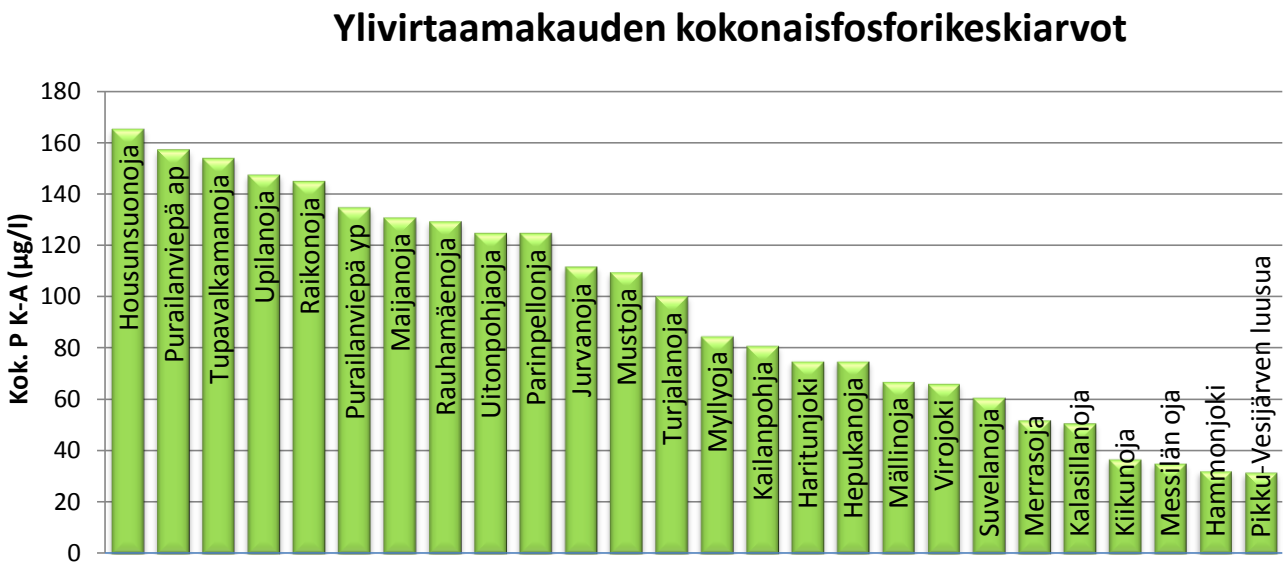
Kuva 1. Upilanojan valuma-alueesta lähes puolet on peltoa.



Kuva 2. Upilanojan valuma-alueen maaperä on pääasiassa savea.

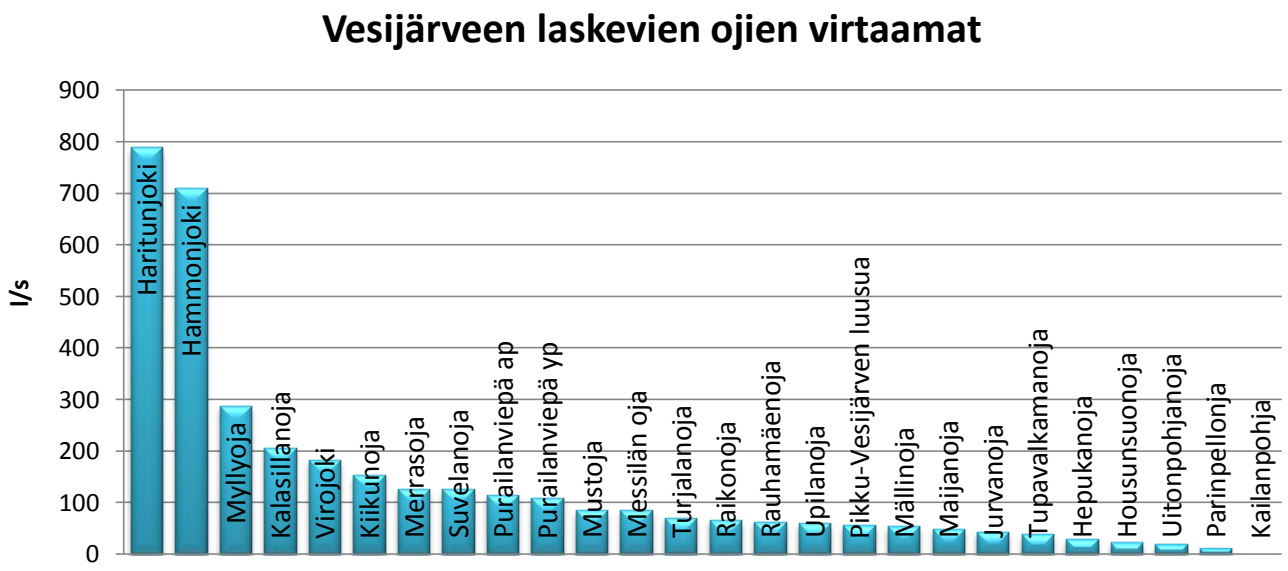
2.2 Upilanojan fosforipitoisuudet ennen kunnostusta

Upilanojalla suurin mitattu kokonaisfosforipitoisuus on 210 µg/l ja pienin 42 µg/l. Kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo oli seurantakaudella 2008–2012 148 µg/l (lisäksi yksi havainto vuodelta 2002). Liukoisen fosforin osuutta kokonaisfosforista ei ollut seurattu ennen kunnostuksen toteuttamista. Upilanojan keskivirtaama ylivirtaamakaudella oli 62 l/s, mutta vaihteluväli oli verrattain suuri: 0-390 l/s. Upilanojan kokonaisfosforipitoisuuksien keskiarvot olivat ennen kunnostusta neljänneksi suurimmat Vesijärven ojakuormitustarkkailussa (Tilanne vuoden 2012 lopussa, Kuva 3). Seurannan näytteet on kerätty aina keväisin ja syksyisin suurien virtaamien aikaan, jolloin järvien ojakuormitus on suurinta.

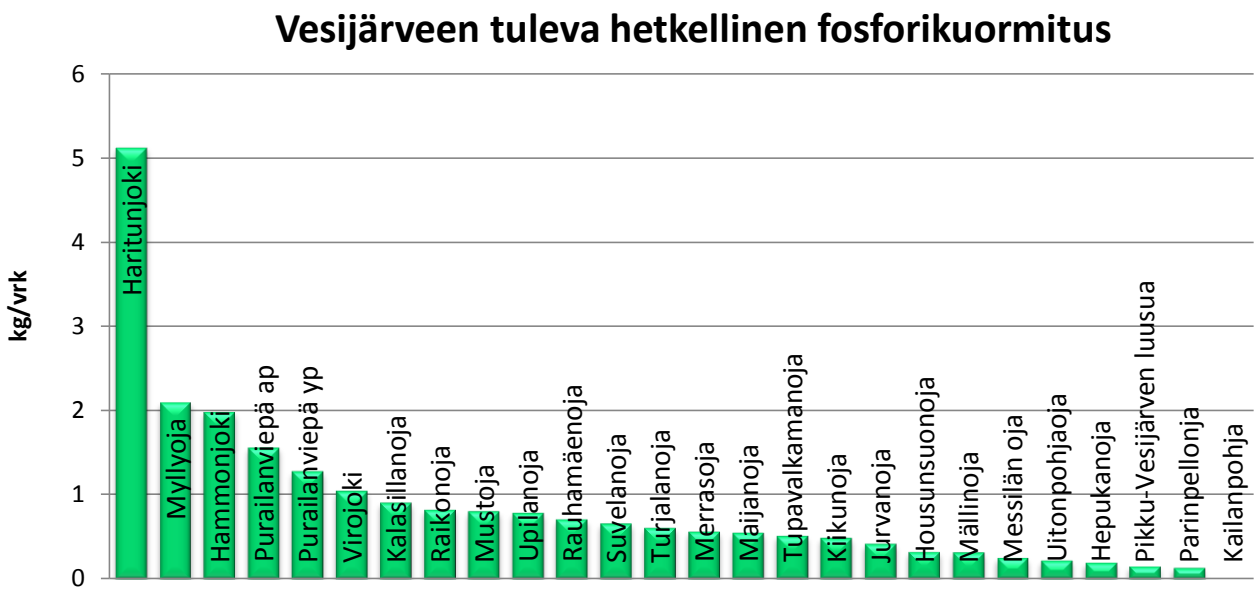


Kuva 3. Vesijärveen laskevien ojien kokonaisfosforin keskiarvoja (µg/l) ylivirtaamakaudella. Upilanoja sijoittuu vertailussa neljänneksi.

Ojien järveä kuormittava vaikutus riippuu ravinnepitoisuuksien lisäksi myös virtaamista: Myös matalat ravinnepitoisuudet kuormittavat järveä virtaamien lisääntyessä, ja toisaalta korkeatkaan ravinnepitoisuudet eivät vaikuta kokonaisuuteen merkittävästi, jos virtaamat ovat vähäisiä. Kunnostuskohteiden valinnassa ei kuitenkaan aina pystytä puuttumaan suurimpaan kuormittajaan. Monesti tätä voi estää kustannukset, maastonmuodot, maan- tai vesialueenomistajien kannat, tai kuten tällä kertaa ojan ominaisuudet, kuten virtaama. Vaikka tällainen kompromissien teko voi vaikuttaa joskus turhauttavalta, ei kuitenkaan ole järkevää lähteä toteuttamaan kunnostuksia, joiden edellytykset eivät ole hyvät. Fosforisiepparin käsittelykapasiteetti ei riitä suurilla virtaamilla, ja tästä syystä sitä ei ollut kannattavaa sijoittaa esimerkiksi Haritunjokeen, jonka kuormittavuus Vesijärveen on suurien virtaamien myötä Upilanojaa korkeampi (Kuvat 4 ja 5).



Kuva 4. Vesijärveen laskevien ojien keskivirtaamat (l/s) ylivirtaamakaudella. Upilanoja sijoittuu vertailussa puolivälin alle.



Kuva 5. Ylivirtaamakausina Upilanojan fosforikuormitus Vesijärveen on noin 0,79 kg vuorokaudessa.

3. Allaskokonaisuuden toteutus Upilanojalla

Kilpailutuksen Upilanojan kaivutöistä voitti Maanrakennus ja Sora Olavi Starck Ky. tarjouksellaan. Työ alkoi 6.5. ja valmistui 20.5. Työn etenemistä oli seuraamassa Vesijärven ystävät ry:n puheenjohtaja Risto Kauhala, jolla on kokemusta jo useampien altaiden rakentamisesta Vesijärven valuma-alueella. Lisäksi paikalla oli Tapio Salminen Insinööritoimisto Saloy Oy:stä ohjaamassa fosforisiepparin asennusta. Alueen rakennuksessa käytettiin seitsemää eri kokoa soraa ja mursketta, joita kului yhteensä 482,4 tonnia, ja altaat vuorattiin suodatinkankaalla eroosion ehkäisemiseksi (Kuva 6). Työtunteja altaiden rakentamiseen kertyi urakoitsijalta 93,5 kpl.

Kuva 6. Upilanojan laskeutusaltaat valmistuivat toukokuussa 2013 reilussa kahdessa viikossa. Altaiden pohjalle levitettiin suodatinkangas ehkäisemään eroosiota. Kuva Risto Kauhala.

4. Fosforisiepparin toimintaperiaate

Veden kokonaisfosforipitoisuus ilmaisee liukoisen fosforipitoisuuden lisäksi myös kiintoaineeseen sitoutuneen fosforipitoisuuden. Liukoinen fosfori on leville ja muille kasveille heti käytettävissä olevassa muodossa, toisin kuin kiintoaineeseen sitoutunut fosfori, ja täten sen vaikutus järvien rehevöittämisessa on ratkaiseva. Lisäksi liukoiselle fosforille ei ole löydetty merkittäviä valuma-alueella käytettäviä pidätysmenetelmiä. Kosteikoilla on pyritty hillitsemään liukoisen fosforin etenemistä järviin, mutta vain harvat kosteikot ovat valuma-alueen kokoon ja kuormitukseen nähden riittävän suuria ja tehokkaita. Lisäksi kosteikot voivat hoitamattomina jopa lisätä veden fosforipitoisuutta, mikäli sinne kertyvä orgaaninen aines alkaa hajota ja happea ei ole pohjalla riittävästi. Kiintoaineeseen sitoutunutta fosforia voidaan poistaa valumavesistä laskeutusaltaiden avulla ja se ei liukoisen fosforin tavoin rehevöitä järviä, sillä sitoutuneena fosfori ei ole kasveille käytettävissä olevassa muodossa. Tästä syystä juuri liukoisen fosforin pääsyn estäminen järviin olisi tärkeää, ja tähän tarvittaisiin uusia menetelmiä.

Insinööritoimisto Saloy Oy:n kehittämä fosforisieppari annostelee veteen ferrisulfaattia, FERIX-3, ojan virtaaman mukaan. Ferrisulfaatti on vaalea ja pienirakeinen kiinteä yhdiste, joka pölyää hieman käsiteltäessä. Kemikaali on myös ärsyttävä, ja tästä syystä sen käsittely vaatii asianmukaisen suojavarustuksen. Siepparin toiminta perustuu yksinomaan painovoimaan, joten mitään energianlähdettä ei tarvita. Menetelmällä on saatu hyviä tuloksia sekä fosforin että humuksen poistossa, ja kemikaalin annostelua voidaan säätää pidätystavoitteen mukaan.

Annostelijan suuri, pystysuora putki muodostaa kemikaalisäiliön, jossa on kalteva pohja. Säiliöstä kemikaali valuu pienempään pystyputkeen ja siinä kiinni olevaan annostelusukkaan, joka on valmistettu muoviverkosta. Annostelusukka on säädetty niin, että sen kärki yltää veteen. Kun virtaama ojassa kasvaa, kemikaalia liukenee sukasta enemmän, ja vastaavasti pienillä virtaamilla myös annostus laskee. Annostelua voidaan säätää halutunmukaiseksi kemikaalisäiliön viereisestä kaltevasta putkesta, joka muodostaa fosforisiepparin huoltotilan. Kemikaalilla käsitelty vesi johdetaan vaakasuoran putken kautta pystylaskeutuskaivoon, jossa vesi kulkee painovoiman avulla alas ja purkaa kaivon alaosassa olevien aukkojen kautta järjestelmän viimeiseen laskeutusaltaaseen.

Upilanojalla on havaittu ylivirtaamakausina välillä suuriakin virtaamia. Fosforisieppari ei pystyisi käsittelemään näin suuria vesimassoja lyhyessä ajassa, joten siepparin viereen tehtiin rakennusvaiheessa kynnys, josta vesi pääsee virtaamaan siepparin ohi silloin, kun virtaama ylittää siepparin kapasiteetin (Kuva 7). Kynnyksen yli virrannut vesi sekoittuu viimeisessä laskeutusaltaassa ferrisulfaatilla käsiteltyyn veteen, jossa reagoimaton kemikaali voi vielä sitoa vedestä liukoista fosforia.

Kuva 7. Suurilla virtaamilla vesi kulkee fosforisiepparin ohi kynnyksen yli viimeiseen laskeutusaltaaseen.

Ferrisulfaatin rauta sitoo vedestä liukoista fosforia sekä humusta ja reaktiotuotteena syntyy vaaleanruskeaa sakkaa (Kuva 8). Vettä painavampana muodostunut sakka painuu laskeutusaltaan pohjalle, josta se voidaan tarvittaessa poistaa uppopumpulla. Ferrisulfaatilla käsitelty vesi purkautuu laskeutusaltaan toisesta päästä altaan pinnan tasolta poistouomaa pitkin.

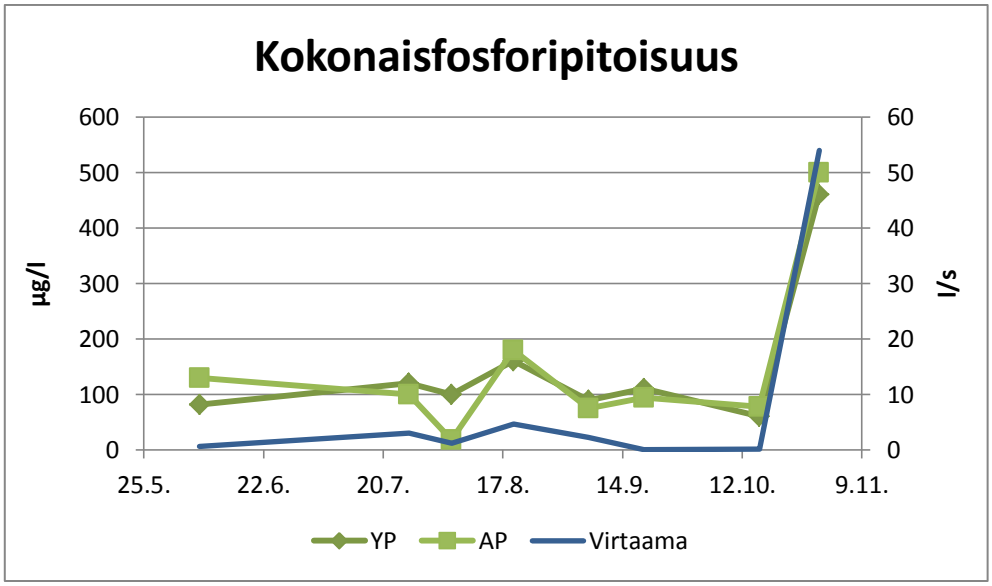
Kuva 8. Ferrisulfaatti sitoo vedestä liukoista fosforia ja muodostaa vettä painavamman sakan, joka painuu laskeutusaltaan pohjalle. Muodostunut sakka voidaan lopulta poistaa altaasta uppopumpulla.

5. Upilanojan vedenlaatu vuonna 2013

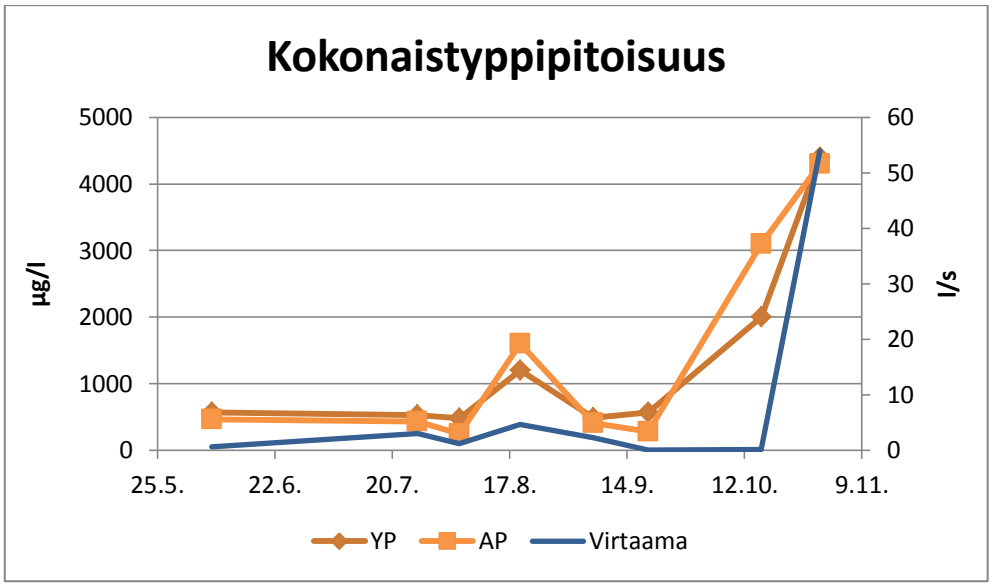
Upilanojan vedenlaatua seurattiin kunnostuksen jälkeen entistä tarkemmin ja näytteitä alettiin ottaa laskeutusallasketjun ylä- sekä alapuolelta, jotta fosforisiepparin ja allaskokonaisuuden vaikutusta vedenlaatuun voitiin arvioida. Ferrisulfaattiannostelu aloitettiin heinäkuun 2013 lopussa, mutta seurantanäytteenotossa käytiin jo kesäkuun alussa, kun altaiden vesi oli rakentamisen jälkeen ehtinyt hieman tasaantua. Ensimmäinen kemikaalierä loppui elokuun puolivälissä, ja näytteenotossa käytiin myös tällöin ennen uutta kemikaalitäydennystä. Annostelijaan lisättiin syyskyyn alussa kaksi säkkiä kemikaalia, ja tämä määrä riitti lokakuun loppuun. Loppusyksyn sateiden vaikutus näkyi selvästi monissa vedenlaatukuvaajissa.

5.1 Ferrisulfaattikäsittelyn vaikutukset ravinnepitoisuuksiin

Kokonaisfosforin ja –typen pitoisuudet nousivat lokakuun lopulla moninkertaisiksi aiempiin näytteenottoihin verrattuna, ja kuvaajat noudattivat hyvin tarkkaan veden virtaamassa tapahtunutta muutosta (Kuvat 7 ja 8). Kokonaistyppeen ferrisulfaattikäsittelyllä ei odoteta olevan vaikutuksia, mutta sitä seurattiin kokonaisfosforin ohella, sillä kuten kuvaajista huomataan, noudattavat nämä muuttujat hyvin samankaltaista trendiä. Viimeisen näytteenottokerran kokonaisfosforipitoisuudet olivat yli kaksinkertaisia aiempaan mitattuun maksimipitoisuuteen nähden, mutta seurantakauden keskiarvo asettui silti edellisten vuosien tasolle (148 µg/l). Korkeat ravinnepitoisuudet johtuivat syyssateista, jotka irrottivat maa-ainesta ja siihen sitoutuneita ravinteita. Allasketjun yläpuolella kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo oli käsittelyn aloittamisen jälkeen 157 µg/l ja alapuolella 149,29 µg/l.



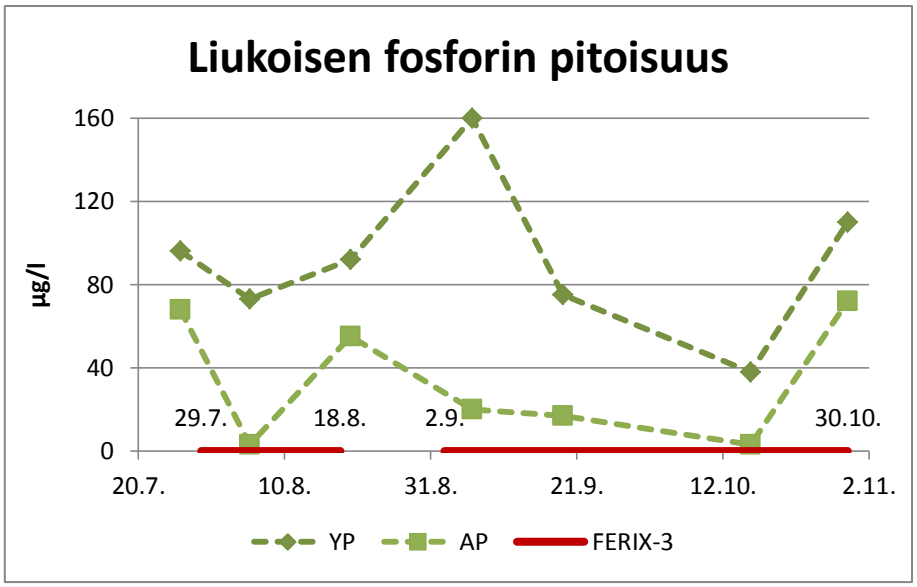
Kuva 9. Upilanojan kokonaisforipitoisuudet (µg/l) altaiden ylä- (YP) ja alapuolella (AP) sekä veden virtaama (l/s) kesäkuusta lokakuulle.



Kuva 10. Upilanojan kokonaistyppipitoisuudet (µg/l) altaiden ylä- (YP) ja alapuolella (AP) sekä veden virtaama (l/s) kesäkuusta lokakuulle.

Fosforisiepparin tyhjennettiin 1000 kg FERIX-3 –kemikaalia 29.7.2013. Viikon kuluttua tästä oli seuraava näytteenotto, jossa todettiin altaiden alapuolisen liukoisen fosforin pudonneen lähes nollaan (Kuva 11). Liukoisen fosforin pitoisuudet olivat läpi seurantakauden suuremmat altaiden yläpuolella verrattuna altaista lähtevään veteen. Vaikka kemikaalin loppuminen elokuun puolivälin tienoilla vähensi pidätetyn fosforin määrää, säilyi käsittelyn vaikutus vedessä tämän jälkeenkin. Kasvillisuutta ei ehtinyt vielä ensimmäisenä kesänä rakentamisen jälkeen kertyä altaisiin kovin paljon, mutta tulevaisuudessa sen toivotaan osaltaan vaikuttavan liukoisen fosforin pidättymiseen. Altaiden alapuolelta mitattu liukoisen fosforin pitoisuus oli kuitenkin jo ennen kemikaalilisäystä alhaisempi kuin ketjun yläpäästä mitattu arvo.

Upilanojalle vietiin toinen ferrisulfaattia erä 2.9.2013 ja tuolloin 2000 kg kerralla. Viimeisen näytteenoton yhteydessä annostelijan todettiin olevan lähes tyhjä, joten kemikaalin vaikutus on todennäköisesti ollut jo tuolloin pienentynyt. Erot liukoisen fosforin pitoisuuksissa altaiden ylä- ja alapuolella olivat 35–140 µg/l.



Kuva 11. Liukoisen fosforin pitoisuudet (µg/l) altaiden ylä- (YP) ja alapuolella (AP) sekä ferrisulfaattiannostelun ajankohdat.

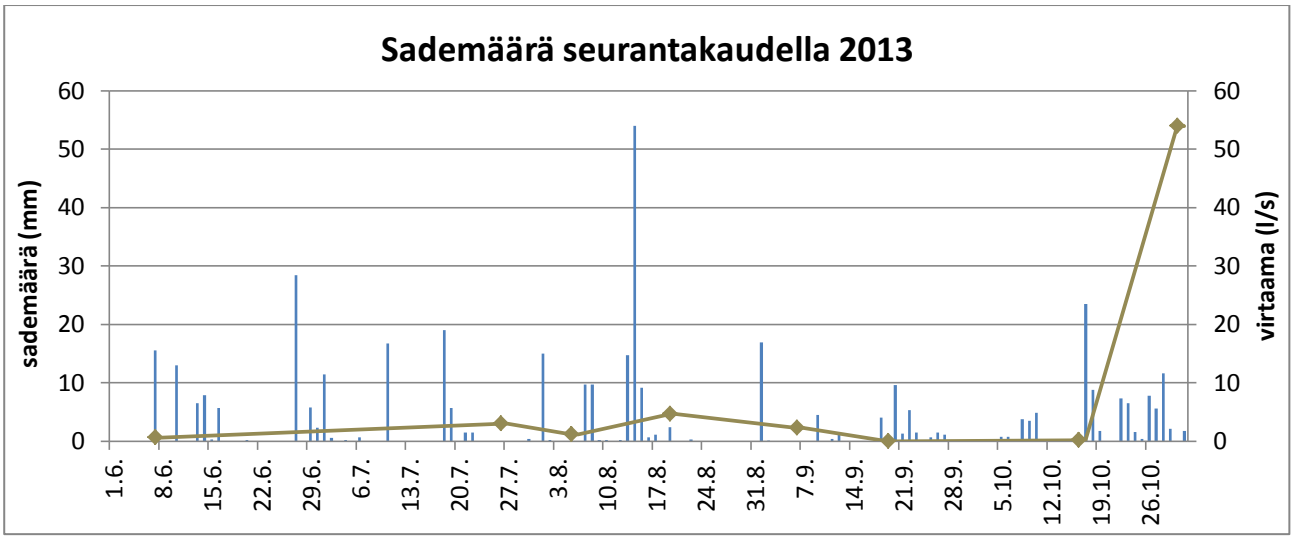
Seurantakauden aikana liukoisen fosforin määrä laski arviolta 3,2 kg ylemmän ja alemman näytteenottopisteen välillä. Koska muutos kokonaisfosforimäärässä oli tätä huomattavasti pienempi, on osa liukoisesta fosforista ilmeisesti sitoutunut kiintoaineeseen kemikaalikäsittelyn seurauksena. Seurantakauden 2013 aikana vedestä sitoutui arviolta 0,44 kg fosforia. Laskennallisesti Upilanojan fosforikuorma tuolta ajalta olisi ollut 8,92 kg, joten käsittelyllä saatiin pidätettyä arviolta 5 % kokonaisfosforista. Fosforimääriä on tarkasteltu myös liitteessä 2, jossa fosforimäärät on laskettu hetkellisistä fosforipitoisuuksista ja virtaamista.

5.2 Sademäärän vaikutukset virtaamaan ja ravinnepitoisuuksiin

Varsinaisia virtaamahuippuja ei Upilanojalla saatu kiinni seurantakaudella kuin yksi, joka jäi samalla myös kauden viimeiseksi näytteenottokerraksi. Mitattujen virtaamien keskiarvo oli 8,2 l/s. Virtaaman reaaliaikainen seuranta edellyttäisi sen automatisoimista, eikä se poistaisi tarvetta näytteenotolle. Tarkastelemalla sademäärätietoja seurantakaudelta voidaan kuitenkin arvioida virtaaman vaihteluita eri aikoina. Suurin vuorokaudessa satanut sademäärä Lahdessa oli 54 mm, joka mitattiin 14.8. (Kuva 12). Poikkeuksellisen runsaan sateen vaikutus virtaamaan havaittiin seuraavana päivänä, kun Upilanojalla vierailtiin Vesistökunnostusverkoston seminaarin osanottajien kesken. Vesi oli tuolloin korkealla altaissa ja fosforisiepparin sivusta kulkeva ohivirtaus oli suurta. Pian tämän jälkeen alueen asukkailta tuli tieto, että kemikaalisäiliö oli tyhjentynyt. Elokuun puolenvälin jälkeen alkoi kuivempi ajanjakso, mikä havaittiin myös

pieninä virtaamina. Vastaavasti lokakuun puolessavälissä alkoi yhtäjaksoinen sateisempi kausi, jonka jälkeen mitattiin seurantakauden suurin virtaama.

Kuten jo aiemmin todettiin, seurasivat niin ravinteiden kuin muidenkin suureiden pitoisuudet hyvin virtaaman vaihtelua. Monissa esitetyissä kuvaajissa erottuvatkin edellä mainitut ajankohdat, eli elokuun puoliväli ja lokakuun loppu korkeampien arvojen vuoksi.



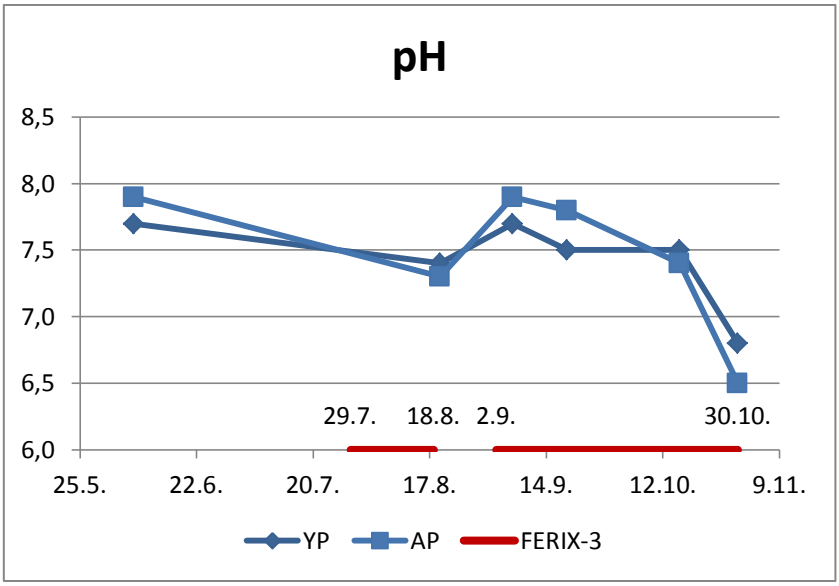
Kuva 12. Sademäärä Lahdessa (mm) ja Upilanojan virtaama (l/s) seurantakaudella 2013.

5.3 Ferrisulfaattikäsittelyn ympäristövaikutukset

Kemikaalikäsittelyihin liittyy aina ympäristöriskejä. Ferrisulfaatti muodostaa vedessä nopeasti liukenemattomia yhdisteitä, joten sillä ei oleteta olevan pitkäaikaisia vaikutuksia vesiympäristöön. Sen sijaan yhdiste on suurissa määrissä myrkyllistä vesieliöille, kuten vesikirpuille ja kaloille (Käyttöturvallisuustiedote Ferix-3, 2008). Eliöstölle myrkyllisiksi havaitut pitoisuudet ovat kuitenkin moninkertaisia verrattuna Upilanojan annosteluun.

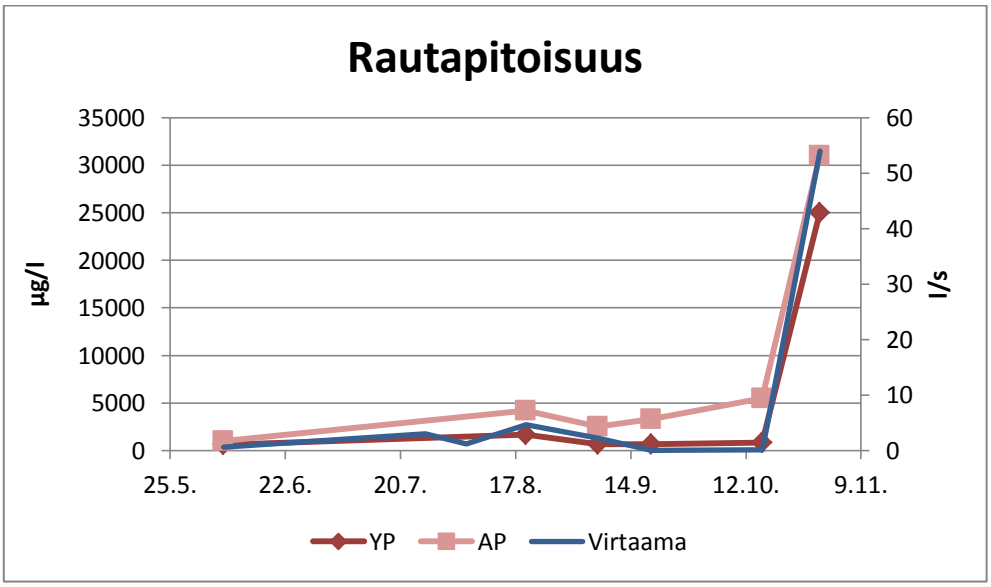
Upilanojan vedenlaatua tutkitaan saavutettujen tulosten toteamisen lisäksi myös kemikaalikäsittelyn ympäristövaikutusten selvittämiseksi. Ferrisulfaatti liukenee vedessä rauta- ja sulfaatti-ioneiksi, joista rautaionit sitoutuvat veden liukoiseen fosforiin. Sulfaatti-ionit sen sijaan sitovat vedestä vetyioneita, jolloin vetyionien pitoisuus vedessä laskee. Tämä voidaan havaita veden happamoitumisena eli pH-arvon laskuna. Veden liiallinen happamoituminen voi johtaa siihen, että eliöt hakeutuvat muihin vesiin tai pahimmillaan jopa kuolevat.

Upilanojan pH-arvo on pysynyt kemikaalikäsittelystä huolimatta hyvin neutraalin tuntumassa, lähellä seitsemää (Kuva 13). Verrattaessa altaiden ylä- ja alapuolisten näytteiden pH-arvoja huomataan myös, että pH on ollut ajoittain jopa korkeammalla alemmassa näytteenottopisteessä. Lisäksi erot näytteenottopisteiden välillä ovat hyvin pienet läpi koko seurantajakson. Tästä voidaan päätellä, että ferrisulfaattikäsittely ei ole olennaisesti muuttanut Upilanojan pH-arvoa eikä sillä täten pitäisi olla vaikutusta alueen eliöstölle.



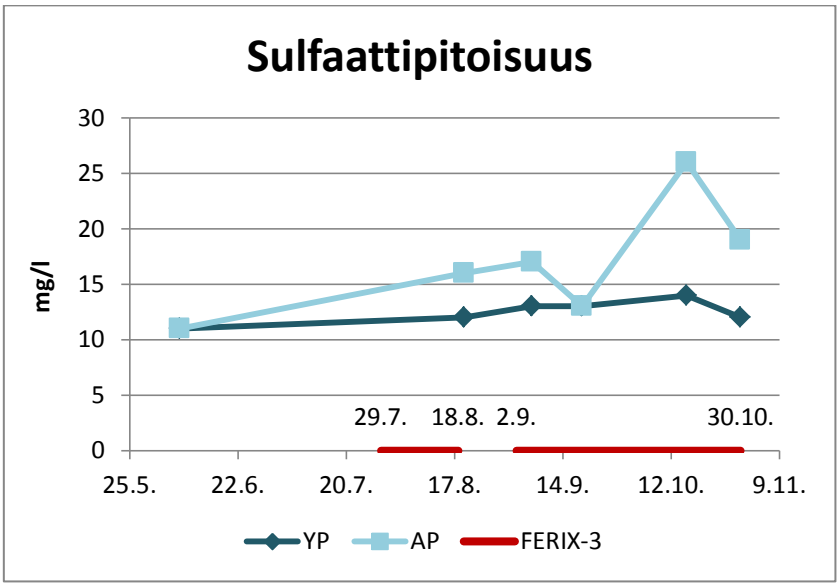
Kuva 13. Veden pH-arvo altaiden ylä- (YP) ja alapuolella (AP) sekä ferrisulfaattiannostelun ajankohdat.

Upilanojalla seurattiin pH-arvon lisäksi myös raudan ja sulfaatin pitoisuuksia. Veden rautapitoisuus on ollut käsittelystä johtuen korkeampi alapuolisessa näytteenottopisteessä verrattuna yläpuoliseen (Kuva 14). Kemikaalista johtuva rautapitoisuuden kasvu oli kuitenkin verrattain maltillista, kun sitä verrataan syyssateiden luonnostaan aikaansaamaan vaikutukseen. Kauden viimeisessä näytteenotossa myös käsittelemättömän veden rautapitoisuus oli monikymmenkertainen kesäisiin matalan virtaaman arvoihin verrattuna.



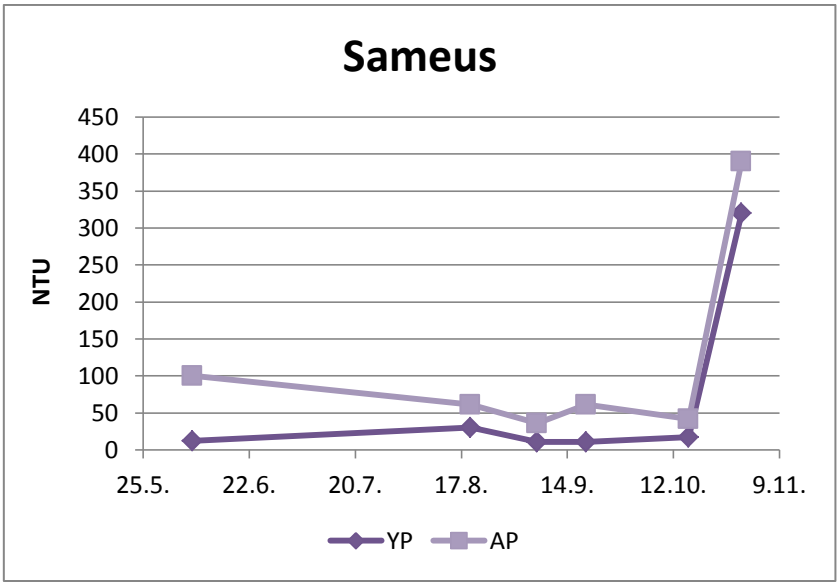
Kuva 14. Rautapitoisuudet (µg/l) altaiden ylä- (YP) ja alapuolella (AP) sekä veden virtaama (l/s) kesäkuusta lokakuulle.

Käsittelyn vaikutukset veden sulfaattipitoisuuksiin ovat myös olleet maltillisia (Kuva 15). Vaikka sulfaattipitoisuus nousi käsittelyn seurauksena lokakuun alkupuolella kaksinkertaiseksi, ei tulos anna vielä syytä huoleen. Kaupunkien hulevesissä sulfaattipitoisuudet voivat nousta lähelle 100 mg/l ja talousveden laatuvaatimukseksi on asetettu sulfaattipitoisuuden ylärajaksi 250 mg/l. Näin ollen Upilanojan sulfaattipitoisuus on pysynyt hyvällä tasolla.

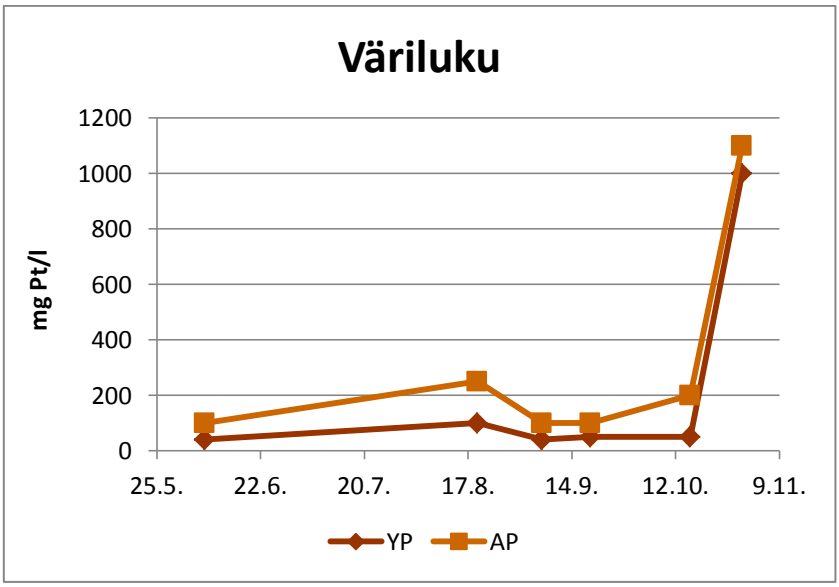


Kuva 15. Rautapitoisuudet (µg/l) altaiden ylä- (YP) ja alapuolella (AP) sekä ferrisulfaattiannostelun ajankohdat.

Ferrisulfaatin ja liukoisen fosforin muodostama sakka vaikuttaa veden sameuteen ja värilukuun. Alkukesästä veden sameuteen altaiden alapuolella vaikutti lisäksi vielä juuri valmistuneet kaivutyöt, sillä kemikaalikäsittelyä ei ollut näytteenottohetkellä 7.6. vielä aloitettu. Sen sijaan ferrisulfaattikäsittelyn vaikutukset sameuteen ja värilukuun jäivät pieniksi, mutta runsaat ja maata hakkaavat syyssateet vaikuttivat näihinkin muuttujiin paljon käsittelyä enemmän (Kuvat 16 ja 17).



Kuva 16. Veden sameus (NTU) Upilanojan altaiden ylä- (YP) ja alapuolella (AP).



Kuva 17. Veden väriluku (mg Pt/l) Upilanojan altaiden ylä- (YP) ja alapuolella (AP).

6. Talvivauriot ja niiden korjaaminen keväällä 2014

Runsaat syyssateet ja leuto alkutalvi aiheuttivat Upilanojan penkereeseen sortuman fosforisiepparin tyveen (Kuva 18). Annostelijan oli jätetty talvehtimaan tyhjillään, joten kemikaalin yliannostelusta ei ollut vaaraa, mutta pelkona oli, että sateet olisivat saattaneet irrottaa annostelijan penkereestä kokonaan. Tammikuussa vihdoin alkaneet pakkaset rauhoittivat tilannetta ja huhtikuussa maan jälleen sulaessa ryhdyttiin korjaustoimiin.

Kuva 18. Runsaat sateen kaiversivat uoman läpi Upilanojan penkereen.

Kilpailutuksen Upilanojan korjaustöistä voitti Tempotec Oy, joka aloitti työt 1.4.2014. Korjaustöihin osallistui myös Tapio Salminen Saloy Oy:stä. Työ katsottiin järkeväksi toteuttaa kuivakaivuna, jonka vuoksi altaat tyhjennettiin pumpuilla ja vesi ohjattiin kiertämään pellonpuolisen uoman kautta. Altaiden tyhjennyksessä oli aluksi ongelmia, jonka vuoksi työ hieman venyi, mutta valmistui lopulta 4.4.2014. Korjauksessa fosforisiepparin tuloputkea jatkettiin, jolloin penkereestä voitiin tehdä pitempi, jotta se kestäisi paremmin tuloveden paineen. Lisäksi penger vuorattiin suodatinkankaalla ja sitä loivennettiin veden tulosuunnassa.

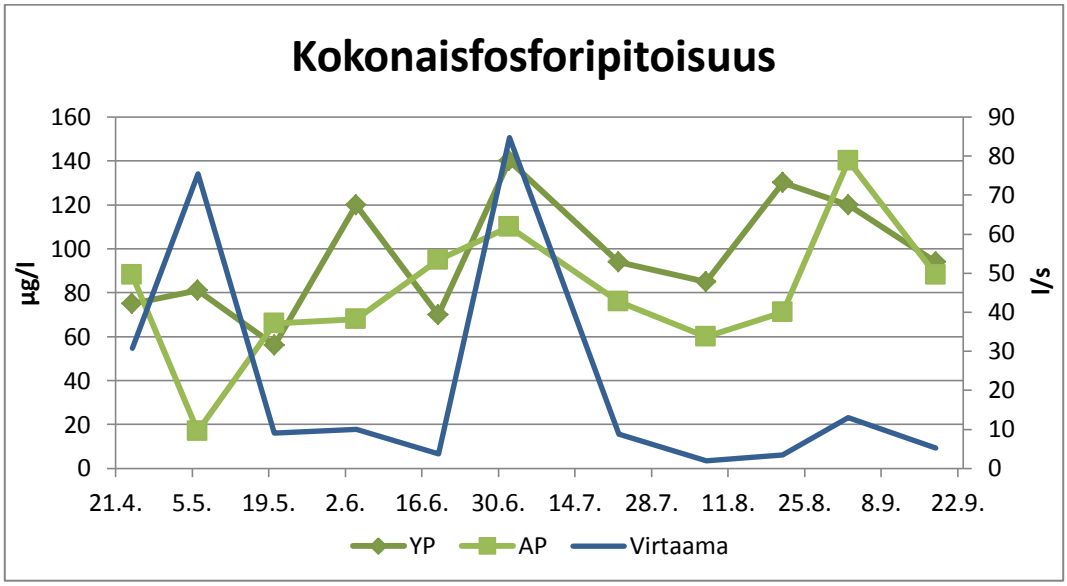
7. Upilanojan vedenlaatu vuonna 2014

Keväisten korjaustöiden jälkeen jäätiin odottamaan Upilanojan veden tasaantumista ennen näytteenoton aloittamista. Ensimmäiset vedenlaatunäytteet noudettiin 24.4. ja kemikaaliannostelu aloitettiin uudelleen 30.4., jolloin annostelijaan tyhjennettiin kaksi suursäkkiä ferrisulfaattia. Tämän jälkeen Upilanojan vedenlaatua on seurattu läpi kesän noin kahden viikon välein. Ferrisulfaatti kului säiliöstä edelliskesään poiketen hyvin tasaisesti eikä päässyt loppumaan kokonaan ollenkaan. Elokuun alussa luvattiin sateita kuivan ja lämpimän heinäkuun jälkeen, ja tuolloin annostelija täytettiin uudelleen, jotta kemikaalia olisi jälleen annostelijassa virtaamien kasvaessa. Tihennettyä vedenlaadun seurantaa jatkettiin hankkeen puitteissa syyskuun loppuun. Annostelijaa ei ole enää tarkoitus täyttää uudelleen ennen kevättä.

Seurantakauden virtaamien keskiarvo oli edellistä vuotta selkeästi suurempi, mutta toisaalta allasketjun rakentaminen keväällä 2013 saattoi vaikuttaa oleellisesti vedenlaatuun koko ensimmäisen seurantakauden ajan. Vaikka penkerettä korjattiin keväällä 2014, oli tämä toimenpide kuitenkin suuruusluokaltaan paljon edellistä pienempi eikä täten varmaan aiheuttanut vastaavanlaista kuormitusta. Lisäksi altaiden reunoille ehti muodostua ensimmäisen kesän aikana mukavasti kasvillisuutta, joka pääsi heti kasvuun seuraavana keväänä ja mahdollisesti osaltaan sitoi ravinteita.

7.1 Ferrisulfaattikäsittelyn vaikutukset ravinnepitoisuuksiin

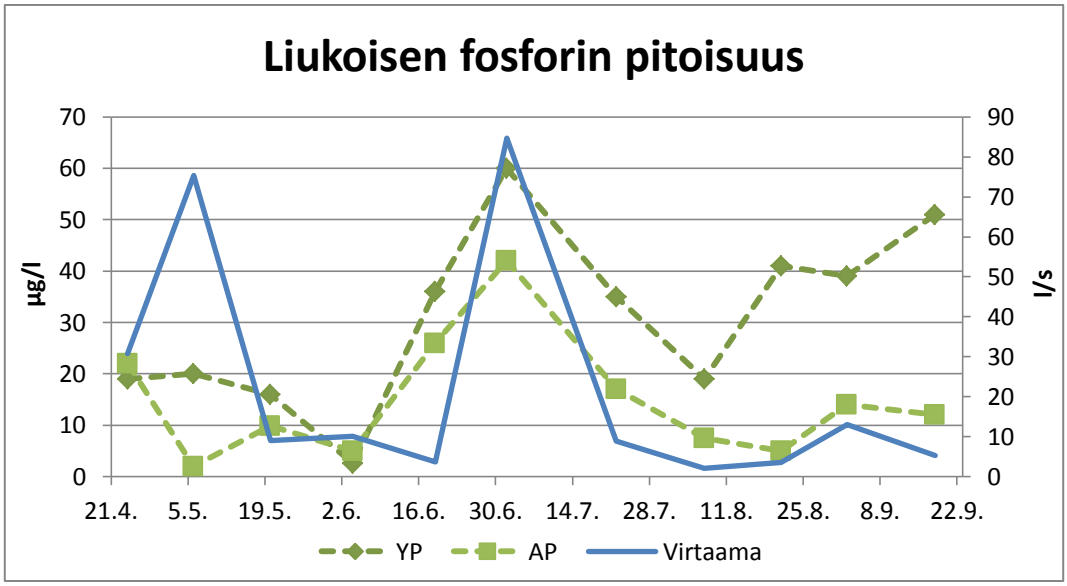
Havaitut kokonaisfosforin pitoisuudet olivat altaiden yläpuolella alapuolisia korkeampia muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta (Kuva 19). Seurantakauden kokonaisfosforin keskiarvot jäivät edellistä vuotta selkeästi matalammiksi. Tämä johtunee seurantakauden aikaisemmasta päättymisestä syksyllä, jolloin runsaammat syyssateet saattoivat vielä olla edessä. Allasketjun yläpuolella kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo oli käsittelyn aloittamisen jälkeen 99 µg/l ja alapuolella 79,1 µg/l. Ero edelliseen vuoteen verrattuna oli yläpuolella -58 µg/l ja alapuolella jopa -70,19 µg/l. Matalammista lähtöpitoisuuksista huolimatta pitoisuudet laskivat käsittelyn vaikutuksesta edellisvuotta enemmän, sillä pitoisuuksien lasku oli keskimäärin jopa 19,9 µg/l, kun se ensimmäisellä seurantakaudella oli vain 7,7 µg/l.



Kuva 19. Upilanojan kokonaisforipitoisuudet (µg/l) altaiden ylä- (YP) ja alapuolella (AP) sekä veden virtaama (l/s) seurantakaudella.

Myös liukoisen fosforin pitoisuudet olivat jo lähtötasoltaan ensimmäistä seurantakautta huomattavasti matalampia. Kemikaalikäsittelyn aloittamisen jälkeen allasketjun alapuolella havaitut liukoisen fosforin pitoisuudet olivat lähtötasoja pienempiä kesäkuun ensimmäistä näytteenottokertaa lukuun ottamatta. Tällöin kuitenkin yläpuolinen taso oli jo erittäin pieni, vain 2 µg/l, ja altaista lähteväkin vain 5 µg/l (Kuva 20). Seurantakaudella liukoisen fosforin pitoisuudet olivat altaiden yläpuolella keskimäärin 31,96 µg/l ja alapuolella 14,04 µg/l. Ensimmäisellä seurantakaudella vastaavat pitoisuudet olivat 92 µg/l ja 34 µg/l.

Seurantakauden 2014 aikana vedestä sitoutui laskennallisesti 5,26 kg fosforia. Tämä arvio on erittäin korkea, ja se johtuu monen tekijän muutoksesta edelliseen vuoteen verrattuna: suurempi lasku kokonaisfosforin pitoisuuksissa, suurempi keskivirtaama seurantakaudella sekä huomattavasti pidempi käsittelyaika. Laskennallisesti Upilanojan fosforikuorma tuolta ajalta olisi ollut 26,16 kg, joten käsittelyllä saatiin pidätettyä arviolta 20 % kokonaisfosforista. Fosforimääriä on tarkasteltu myös liitteessä 3, jossa fosforimäärät on laskettu hetkellisistä fosforipitoisuuksista ja virtaamista.

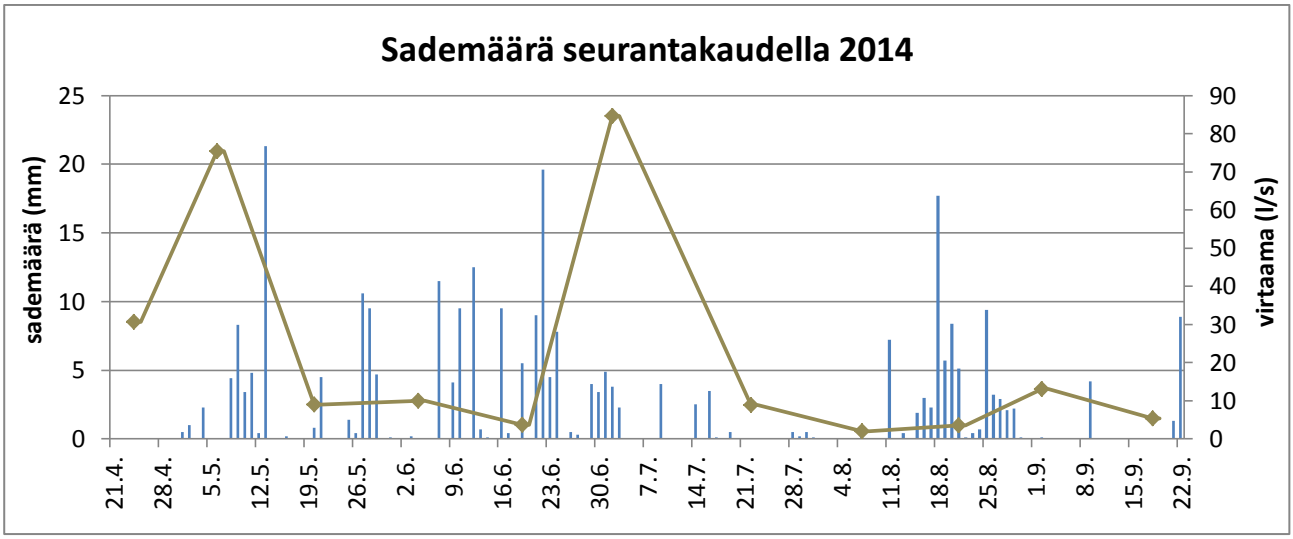


Kuva 20. Upilanojan liukoisen fosforin pitoisuudet (µg/l) altaiden ylä- (YP) ja alapuolella (AP) sekä veden virtaama (l/s) seurantakaudella.

7.2 Sademäärän vaikutukset virtaamaan ja ravinnepitoisuuksiin

Seurantakauden 2014 sadekertymä oli hieman alle 300 mm, kun se edellisellä kaudella oli yli 400 mm. Seurantakaudet olivat kestoiltaan lähes yhtä pitkiä, mutta ensimmäisenä kautena seuranta sijoittui runsasta kuukautta myöhemmäksi. Ensimmäisellä seurantakaudella saatiin siis myöhäisempiä havaintoja syyssateista, mutta toisaalta toisella seurantakaudella tietoa kerättiin jo kevään sateista ja virtaamista.

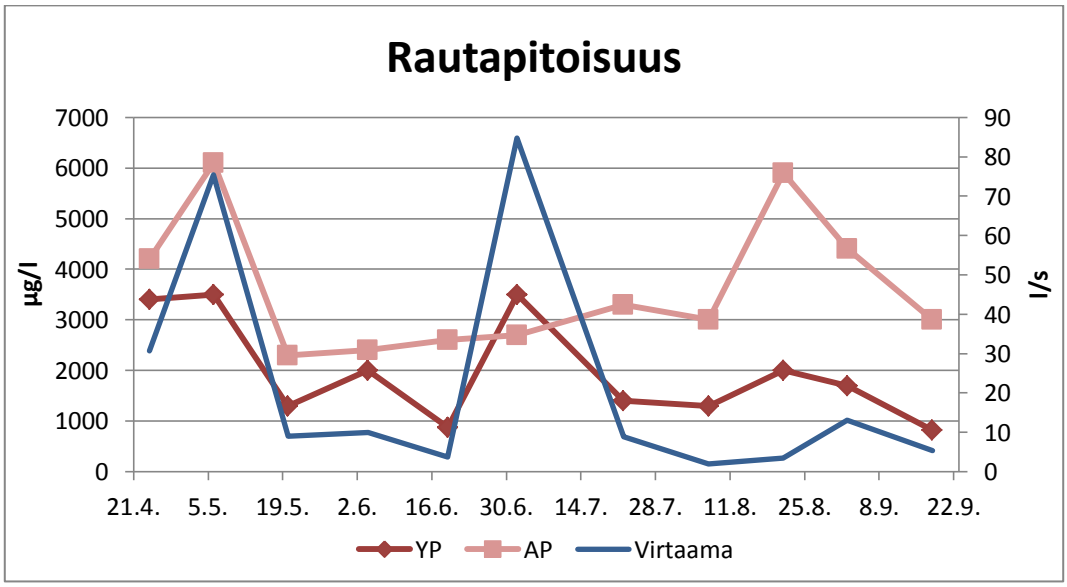
Seurantakauden 2014 alussa havaittiin ensimmäinen nousu virtaamassa, mutta ajankohdan sademäärä Lahdessa oli tuolloin pieni. Fosforipitoisuuksissa ei nähty selkeää nousua vielä tällöin (Kuvat 19 ja 20). Tämän jälkeen alkoi sateisempi jakso, jolloin virtaama ja fosforipitoisuus kuitenkin pysyivät pieninä, mutta nousivat huippuunsa heinäkuun alkuun. Heinäkuu ja elokuun alku oli kuivaa ja lisäksi hyvin helteistä, mikä saattoi vaikuttaa siihen, että elokuun loppupuolella tulleet sateet eivät näkyneet Upilanojan virtaamassa (Kuva 21). Fosforipitoisuuksissa nähtiin kuitenkin selvää nousua elokuun alusta alkaen. Sademäärän vaihtelu näkyy Upilanojan virtaamissa viiveellä ja sadekertymän virtaamaan aiheuttamien muutosten suuruutta on vaikea arvioida. Edelliseen seurantakauteen verrattuna sateita tuli vuonna 2014 paljon tasaisemmin ja huiput jäivät pienemmiksi.



Kuva 21. Sademäärä Lahdessa (mm) ja Upilanojan virtaama (l/s) seurantakaudella 2014.

7.3 Ferrisulfaattikäsittelyn ympäristövaikutukset

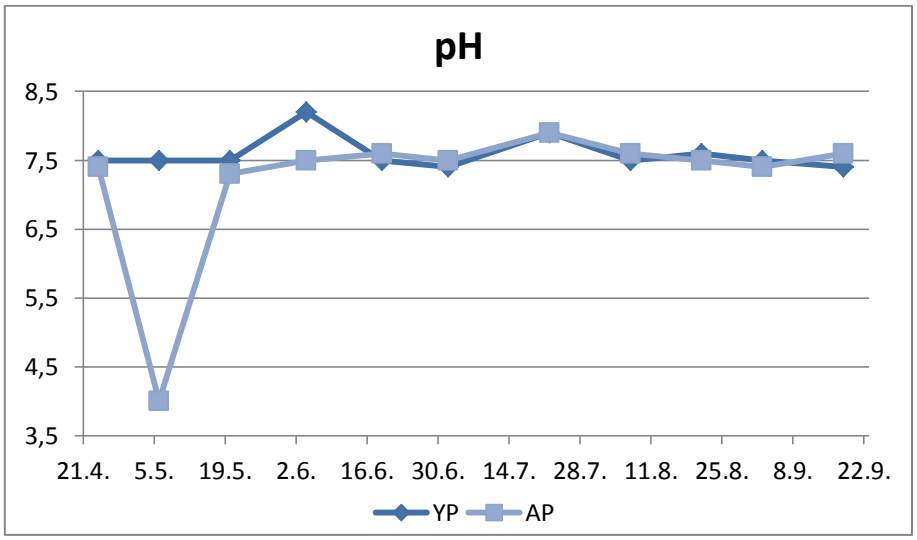
Upilanojalla toteutetun ferrisulfaattikäsittelyn lisäksi veden rautapitoisuuteen vaikuttavat myös sateiden aiheuttamat luonnonhuuhtoumat. Toukokuussa havaittu virtaamapiikki aiheutti piikin myös ferrisulfaatin annostukseen, joka havaitaan altaiden alapuolella kohonneena rautapitoisuutena (Kuva 22). Seuraava kasvu virtaamassa havaittiin kesä-heinäkuun vaihteessa, mutta rautapitoisuuksissa vaikutus näkyy nousuna altaisiin tulevassa vedessä, mutta ei niinkään sieltä lähtevästä. Tällä seurantakaudella korkeimmat havaitut rautapitoisuudet altaista lähtevässä vedessä olivat luokkaa 6 000 µg/l, joka jää huomattavasti pienemmäksi kuin edellisen syksyn sateiden aiheuttamat pitoisuudet (Kuva 15).



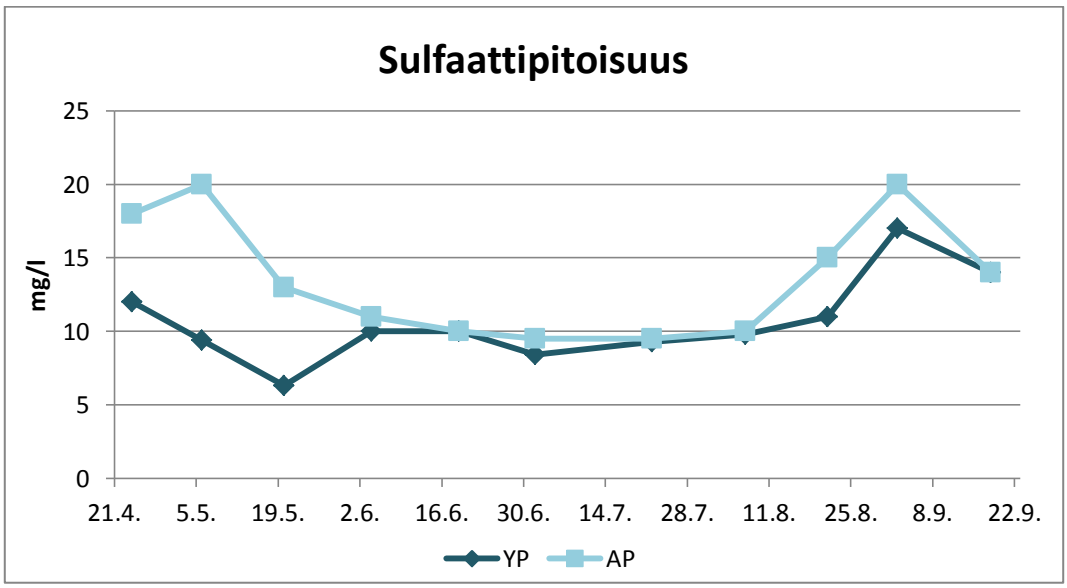
Kuva 22. Upilanojan rautapitoisuudet (µg/l) altaiden ylä- (YP) ja alapuolella (AP) sekä veden virtaama (l/s) seurantakaudella.

Toukokuussa tapahtunut annostelun lisääntyminen näkyi valitettavasti myös rajuna pH-arvon laskuna (Kuva 23). Alimmillaan altaiden alapuolinen pH oli vain 4, mikä on liian hapanta monille eliöille. Upilanojan alempi näytteenottopiste sijaitsee allaskokonaisuuden purkuojassa, johon kuitenkin liittyy pellonpuoleinen oja ennen ojarumpua ja lopullista purkua Vesijärveen. Koska pellonpuoleisen ojan vesi on käsittelemätöntä, on se neutralisoinut altaista tullutta liian hapanta vettä. Toukokuun rajun pudotuksen jälkeen Upilanojan pH-arvo nousi jälleen neutraaliin ja säilyi sellaisena seurantakauden loppuun.

Sulfaattipitoisuuksien osalta Upilanojan vedenlaadussa ei havaittu mitään huolestuttavaa vuonna 2014 (Kuva 24). Kesäkuukausina altaiden ylä- ja alapuolella havaitut arvot eivät juurikaan eronneet toisistaan ja keväällä ja syksyllä havaitut kemikaaliannostelusta johtuneet nousut jäivät hillityiksi.



Kuva 23. Upilanojan pH-arvo altaiden ylä- (YP) ja alapuolella (AP).



Kuva 24. Upilanojan sulfaattipitoisuudet (µg/l) altaiden ylä- (YP) ja alapuolella (AP).

7.4 Upilanojan sakka

Ferrisulfaattiannostelun seurauksena syntyvästä sakasta otettiin näyte viimeisen laskeutusaltaan pohjalta kesällä 2014. Näytteenotto tehtiin kanootista, jotta altaaseen päästiin keskelle, ja näyte lähetettiin laboratorioon analysoitavaksi. Raudasta ja liukoisesta fosforista muodostuva rusehtava sakka on vettä painavampaa ja painuu altaan pohjalle, mutta se on kuitenkin hyvin hienojakoista ja siksi helposti virran vietävissä (Kuva 25). Tutkitun näytteen kokonaisfosforipitoisuus oli 210 µg/l ja kokonaisrautapitoisuus 17 000 µg/l. Mikäli laskeutusallasta suunnitellaan tyhjennettäväksi sakasta, tulee se tehdä uppopumpulla altaan pohjalta sakan hienojakoisuuden vuoksi.

Kuva 25. Ferrisulfaatin rauta sitoo vedestä liukoista fosforia ja muodostaa rusehtavaa sakkaa altaan pohjalle.

8. Kunnostuksen ja seurannan kustannukset vuosina 2013–2014

Upilanojan altaiden rakentamisen kokonaiskustannukseksi tuli 13 822,83 €, josta maa-aineskustannukset muodostivat 5 544,28 €. Insinööritoimisto Saloy Oy veloitti fosforisiepparista ja sen asennuksesta 15 128 €. Ferrisulfaattia FERIX-3 tilattiin Bang & Bonsomer Group Oy:ltä viisi tuhannen kilogramman säkkiä hintaan 1 550 €, jolloin yhden säkin hinnaksi rahteineen tuli 310 €. Vesinäytteitä otettiin seurantakaudella kahdeksan kertaa, ja analyysit teetettiin Ramboll Finland Oy:ssä. Vedenlaadun seuraamiseksi kehitettiin osana kokeilua sopivaa analyysivalikoimaa, joka tarjoaisi riittävästi tietoa käsittelyn vaikutuksista, mutta ei tulisi liian kalliiksi toteuttaa tarvittavan usein. Vedenlaatuanalyyseihin kului ensimmäisellä seurantakaudella yhteensä 2 219,20 €.

Kevään 2014 korjaustyöt maksoivat 6650,11 €, jonka lisäksi kuluja tuli fosforisiepparin tuloputken jatkamisesta 327,66 €. Paras tarjous ferrisulfaatista saatiin jälleen Bang & Bonsomer Group Oy:ltä, josta tilattiin toistamiseen viisi suursäkkiä FERIX-3:ta. Kemikaalin hinta oli hieman noussut edellisestä vuodesta ollen nyt 1624,40 €, jolloin yhden säkin hinnaksi rahteineen tuli 324,88 €. Vesinäytteitä otettiin toisella

seurantakaudella 11 kertaa, ja niihin kului yhteensä 2 364,80 €. Sakan tutkimisesta aiheutuneet näytteenotto- ja analyysikulut jäivät pieniksi, sillä se toteutettiin osana muita selvityksiä. Kokonaisuudessaan tutkimus maksoi arviolta runsaat 100 euroa. Kaikki mainitut hinnat sisältävät arvonlisäveron 24 %.

9. Yhteenveto

Menetelmän kustannustehokkuutta on vaikea arvioida. Tämä johtuu varsinkin siitä, että siepparin läpi virtaaman veden määrää ei tarkkaan tiedetä. Asiaa on tutkittu myös Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksessa fosforin eri pitoisuuksilla. Näissä tutkimuksissa ilmeni, että menetelmän kustannustehokkuus kasvaa vedessä olevan liukoisen fosforin pitoisuuden kasvaessa. Mitä alhaisempi liukoisen fosforin pitoisuus on lähtötilanteessa, sitä kalliimmaksi sen poistaminen tulee yhtä massayksikköä kohti. Kuitenkin Upilanojalla saatiin erittäin hyvin tuloksia jälkimmäisellä seurantakaudella, vaikka tulevan veden fosforipitoisuus oli edellistä vuotta matalampi.

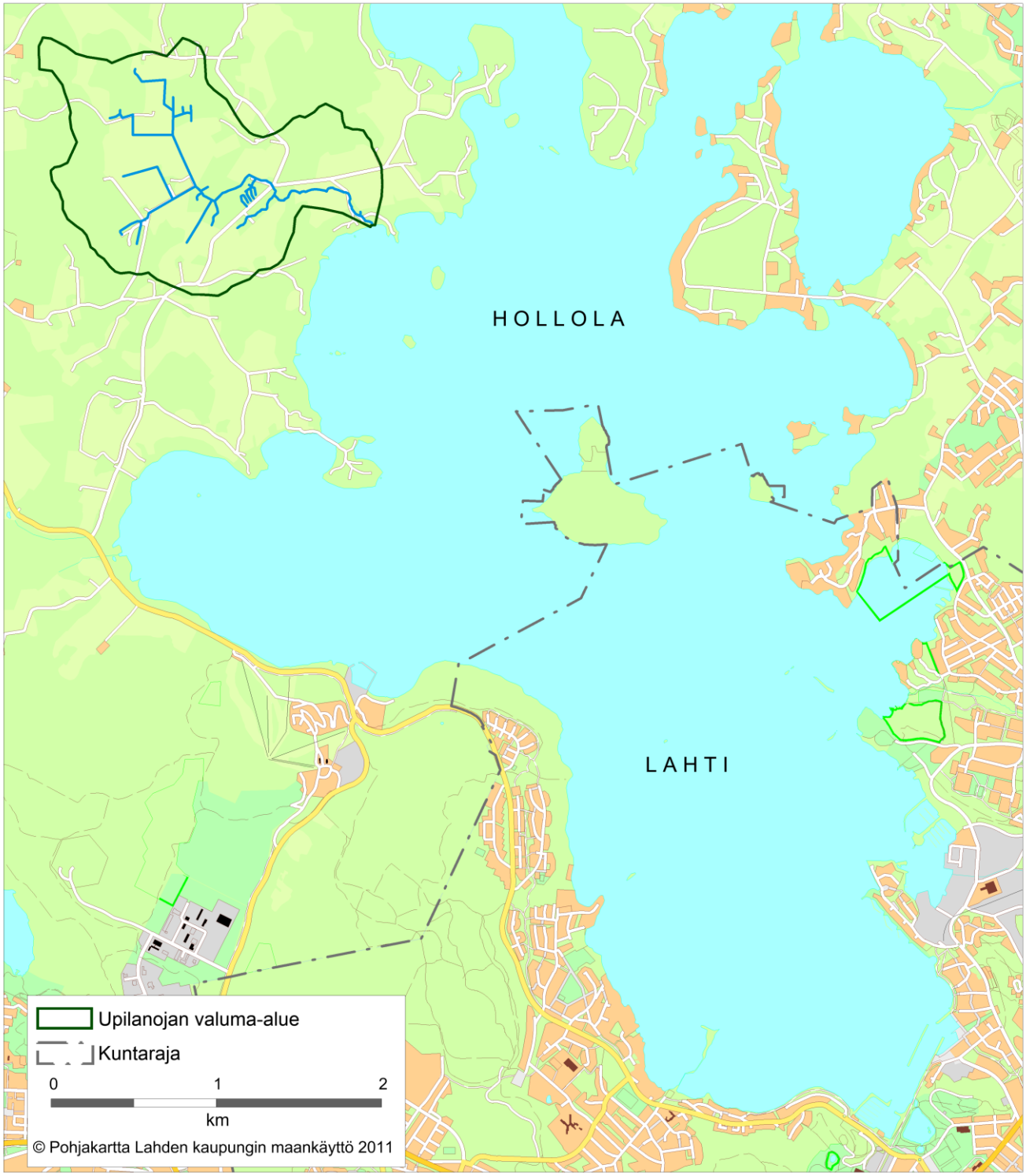
Mikäli kustannustehokkuutta arvioidaan Upilanojalla mitatun keskivirtaaman ja kokonaisfosforipitoisuuden laskun perusteella, tulee yhdelle pidätetylle kokonaisfosforikilogrammalle kemikaalikustannukseksi noin 2 125 euroa vuoden 2013 tilaston perusteella. Vuoden 2014 tilasto puolestaan antaa vastaavaksi summaksi vain 247 euroa. Arviot ovat melko hyvin linjassa Suomen Ympäristökeskuksen laatiman vertailun kanssa, jossa kemiallisen käsittelyn keskimääräiseksi kustannustehokkuudeksi saatiin 1 300 €/P kg minimin ollessa 670 €/P kg ja maksimin 2 000 €/P kg. Vertailussa parhaita kustannustehokkuuksia maatalouden parissa saatiin kosteikoilla, joissa keskimääräinen kustannustehokkuus oli 110–300 €/P kg kosteikon koosta riippuen.

Syitä suureen eroon kustannustehokkuudessa vuosien välillä on varmasti monia. Ensimmäisellä seurantakaudella käsittelyvuorokausia tuli vain 80, kun niitä seuraavana vuonna oli 142. Lisäksi ensimmäisenä kesänä ferrisulfaatti kului runsaiden sateiden vuoksi nopeasti loppuun, mutta koska kesän 2014 sateet tulivat tasaisemmin, kului kemikaalikin vähitellen. Kesän 2014 aikana virtaamat olivat keskimäärin suurempia, josta seuraa, että arvio käsitellystä vesimäärästä nousee. Lisäksi kokonaisfosforipitoisuuden lasku oli selkeästi suurempi vuonna 2014. On oletettavaa, että itse allasketju toimi paremmin jälkimmäisenä vuotena, kun maankaivutöitä tehtiin vain pienessä mittakaavassa ja alueelle oli ehtinyt muodostua kasvillisuutta altaiden reunoille. Niinpä arvioidut kustannustehokkuudet kuvaavatkin ferrisulfaattikäsittelyn ja allasketjun yhteisvaikutusta.

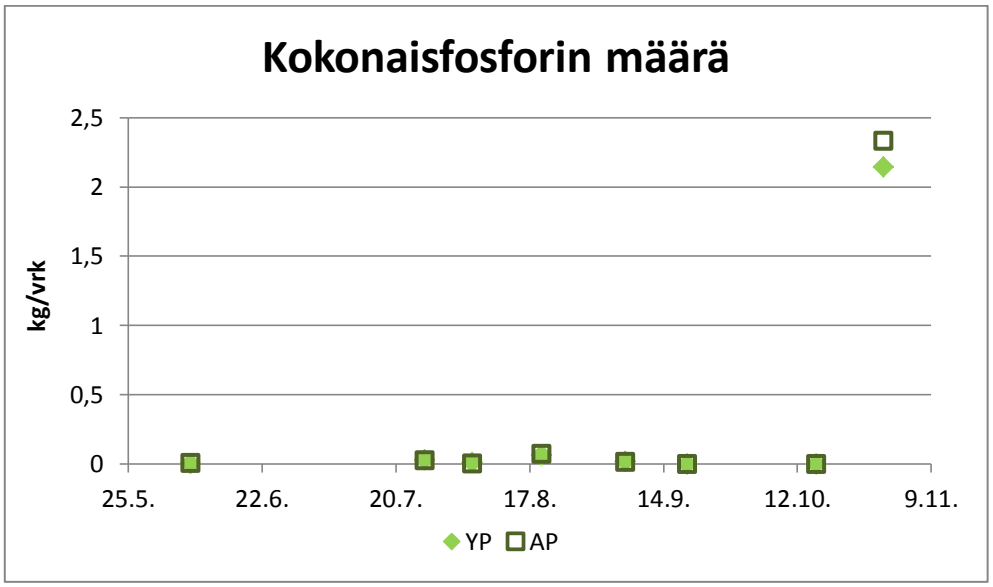
Ferrisulfaatti paakkuuntuu kosteassa, ja tästä syystä säiliön tulisi antaa tyhjentyä talveksi. Säiliöön jätetty kemikaali voi tukkia annostelijan tai lähteä liikkeelle paakkuina, jolloin se saattaa alentaa veden pH:ta jopa vaarallisen paljon. Upilanojan vedenlaatua tulee seurata säännöllisesti myös jatkossa, mikäli ferrisulfaattikäsittelyä halutaan jatkaa. Toisaalta olisi mielenkiintoista kerätä aineistoa myös yhdeltä kesältä ilman kemikaaliannostelua, jolloin voitaisiin konkreettisemmin tarkastella altaiden ja kemikaalikäsittelyn vaikutuksia erikseen.

Menetelmää ei voi suositella käytettäväksi ilman vedenlaadun tarkkailua, ja tästä syystä se ei ehkä sovellu laajaan käyttöön. Ferrisulfaatista koituneet kustannukset jäivät hankeaikana pieniksi verrattuna vedenlaadun tarkkailusta aiheutuneisiin kuluihin.

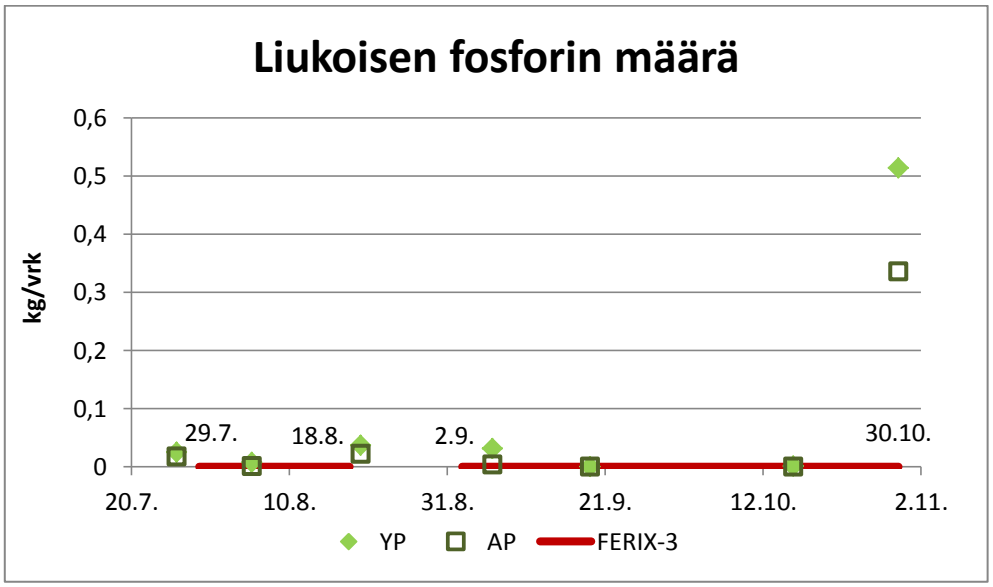
10. Liitteet



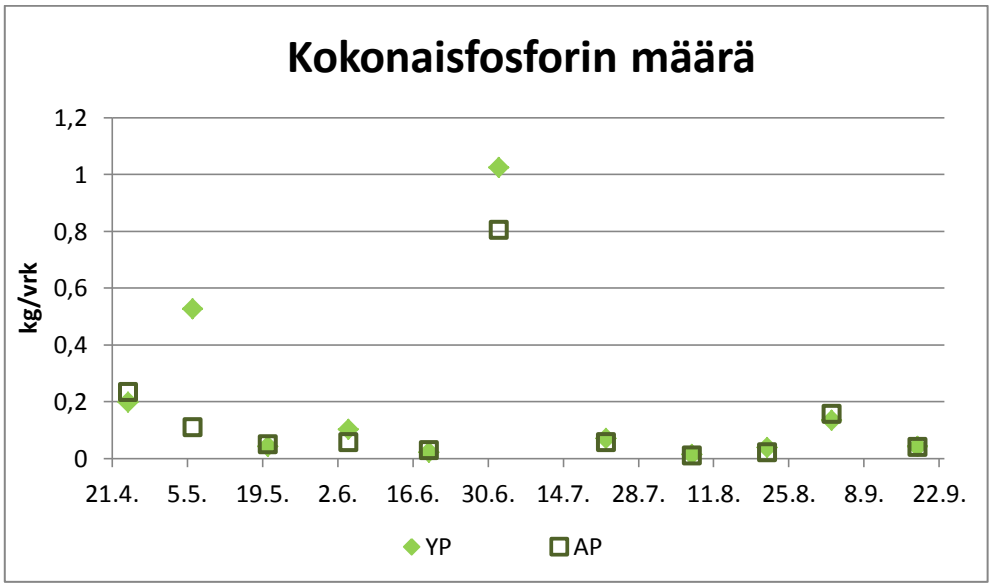
Kuva 26. Upilanoja laskee Vesijärven Upilanpohjaan.



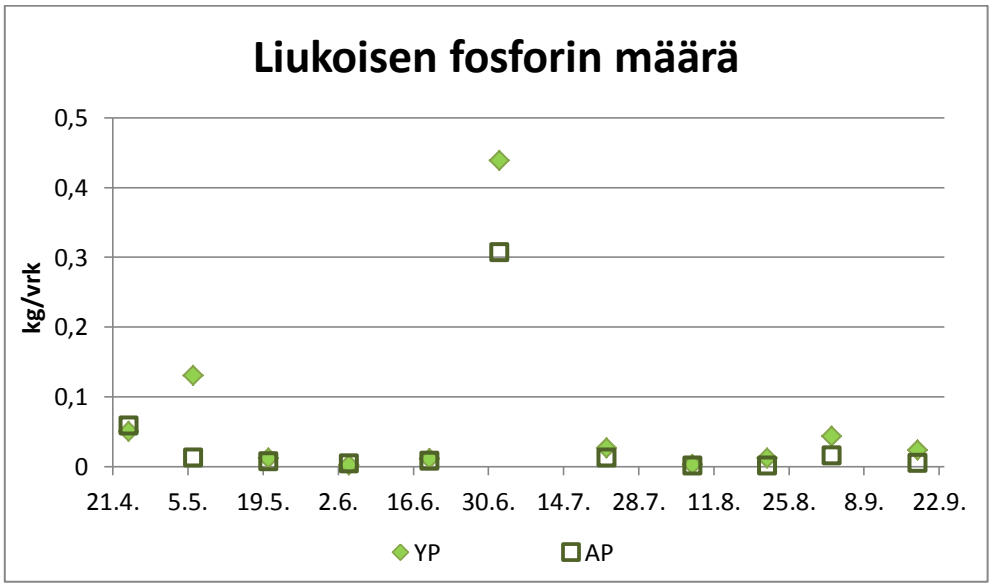
Kuva 27. Upilanojan kokonaisfosforimäärä (kg/vrk) seurantakaudella 2013 laskettuna virtaaman avulla.



Kuva 28. Upilanojan liukoisen fosforin määrä (kg/vrk) seurantakaudella 2013 laskettuna virtaaman avulla sekä ferrisulfaattiannostelun ajankohdat.



Kuva 29. Upilanojan kokonaisfosforimäärä (kg/vrk) seurantakaudella 2014 laskettuna virtaaman avulla.



Kuva 30. Upilanojan liukoisen fosforin määrä (kg/vrk) seurantakaudella 2014 laskettuna virtaaman avulla.