



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

LASKEUTUSALTAIDEN VAIKUTUS VEDEN LAATUUN JA KIINTOAINEKSEN MÄÄRÄÄN PELTOVALTAISELLA VALUMA- ALUEELLA

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Ympäristötekniikka
Opinnäytetyö
Syksy 2013
Anastasia Kachulene

Lahden ammattikorkeakoulu
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

KACHULENE, ANASTASIA: Laskeutusaltaiden vaikutus veden laatuun ja kiintoaineiden määrään peltovaltaisella valuma-alueella

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 48 sivua, 7 liitesivua

Syksy 2013

TIIVISTELMÄ

Vuonna 1995 EU:iin liittymisen jälkeen Suomessa ryhdyttiin laajasti soveltamaan maatalouden ympäristötukiohjelmaa. Ympäristötukiohjelman päätavoitteena on vähentää maatalouden ympäristöhaittoja. Maataloudesta tulee veteen maan eroosion aineksia ja lantojen päästöjä. Sadeveden mukana pelloilta veteen tulee myös ravinteita.

Tutkittava alue on Lammin Pääjärvelle laskeutuva Koiransuolenoja. Koiransuolenoja sijaitsee peltovaltaisella valuma-alueella. Vuoden 2013 Koiransuolenojalle oli rakennettu kolme pohjapatoa ja yksi kivistä muodostettu pohjajärvi. Patosarjan päätarkoituksena on Pääjärveen rehevöitymistä aiheuttavan ravinnekuormituksen vähentäminen.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten Koiransuolenojan laskeutusaltaiden rakentaminen vaikuttaa peltomailta tulevan veden ravinnepitoisuuksiin, sameuteen ja kiintoaineiden määrään. Lisäksi testattiin käytössä olevan automaattisen mittauslaitteen toimivuutta ja sopivuutta Koiransuolenojassa. Työ on osa laajempaa tutkimusta, jossa arvioidaan muun muassa maankäytön ja ilmastomuutoksen vaikutusta valuma-alueilta tulevien ravinnehuuhtoumien määrään ja laatuun.

Työssä tutkittiin vesinäytteet, jotka otettiin Koiransuolenojasta kolme kertaa viikossa kahdesta kohdasta ennen patoja ja patojen jälkeen. Helsingin yliopiston Lammin biologisen aseman laboratoriossa analysoitiin kiintoaineiden määrä, sähkönjohtavuus, pH, sameus, kokonaistyppi, kokonaisfosfori ja liuenut orgaaninen hiili. Maastossa mitattiin veden virtaus ja lisäksi pinnankorkeus.

Saadut tulokset näyttivät, että Koiransuolenojan laskeutusaltaat vähentävät huomattavasti kiintoaineiden sekä sameuden määriä ja eivät vaikutta ravinnepitoisuuksiin. Työssä saatiin voimakkaat ja huomattavat korrelaatioarvot ja se tarkoittaa, että käytetyt S::can-mittauslaitteet tuottivat käyttökelpoista vedenlaatuaineistoa, joka soveltuu hyvin Koiransuolenojan veden laadulle.

Asiasanat: ravinteet, kiintoaine, rehevöityminen, valuma-alue, automaattinen mittauslaite

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Environmental Technology

KACHULENE ANASTASIA: Ecological impacts of reservoir dams on water quality and on solid concentrations

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering, 48 pages, 7 pages of appendices

Autumn 2013

ABSTRACT

In 1995, after joining the European Union, Finland began to apply the environmental aid program for agriculture. The primary aim of environmental aid programs is to reduce harmful effects from agriculture on the environment. Agricultural activity pollutes water through erosion and manure. Rainwater from the fields also brings nutrients to the water.

The research subject was the Koiransuolenoja ditch, which is situated in Lammi and flows down into Pääjärvi lake. The Koiransuolenoja ditch is situated in an agricultural catchment area. In February 2013 three reservoirs and one stone dam were built in the ditch. The main purpose of building was to stop eutrophication of Pääjärvi lake.

The aim of this Bachelor's thesis was to find out how much the reservoirs can reduce solid and nutrient concentrations. Another objective was to calibrate two UV-VIS spectrometers, optical water quality measurement devices, to the natural waters of the Koiransuolenoja ditch.

The water samples were collected from the Koiransuolenoja ditch, three times a week. The samples were taken from two different positions: before the reservoirs and after them. In the laboratory of the Helsinki University Lammi Biological Station, analysis was done on solid concentration, electrical conductivity, pH, turbidity (FTU), total phosphorus (Tot P), total nitrogen (Tot N) and dissolved organic carbon (DOC). The current and water level were measured on site.

The results show that the reservoirs can reduce solid concentrations an average of 41 % and do not have an influence on the nutrient concentration. There is strong and significant correlation between the measurement results of the UV-VIS spectrometers and the results made by standard methods, which means that the used UV-VIS spectrometers produced useful water quality data, which is well suited for the water quality of the Koiransuolenoja ditch.

Key words: nutrient emission, solid, eutrophication, catchment-area, automatic measuring device

ALKUSANAT

Kiitos professori Lauri Arvolalle ja Tiina Tuuloselle opinnäytetyömahdollisuudesta, mielenkiintoisesta aiheesta, opastuksesta ja neuvoista. Kiitos Mervi Pulkiselle neuvoista. Kiitos Riitta Ilolalle laboratoriomäärityksistä sekä Leena Vitielle näytteenottoavusta.

Lahdessa 7.11.2013

Anastasia Kachulene

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO | 1 |
| 2 | SUOMEN JÄRVIENTÄ REHEVÖITYMINEN | 2 |
| 3 | MAATALOUDEN VAIKUTUS VEDEN LAATUUN | 3 |
| 4 | AINEISTO JA MENETELMÄT | 4 |
| 4.1 | Tutkimusalue | 4 |
| 4.2 | Näytteenotto | 5 |
| 4.3 | Virtaamamittaus | 6 |
| 4.4 | Vesianalyysit | 8 |
| 4.4.1 | Kiintoaine | 8 |
| 4.4.2 | Kokonaisfosfori | 9 |
| 4.4.3 | Kokonaistyyppi | 10 |
| 4.4.4 | Nitraatti- ja nitriittityppi | 10 |
| 4.4.5 | Ammoniumtyppi | 11 |
| 4.4.6 | Liennut orgaaninen hiili | 12 |
| 4.4.7 | Sameus, pH ja sähkönjohtavuus | 12 |
| 4.5 | Automaattinen mittaus | 13 |
| 5 | TULOKSET | 16 |
| 5.1 | Sademäärä ja virtaama | 16 |
| 5.2 | Koiransuolenojan kiintoaineen määrä ja kuormitus | 17 |
| 5.3 | Veden laatu | 21 |
| 5.3.1 | Sameus | 21 |
| 5.3.2 | Sähkönjohtavuus ja pH | 21 |
| 5.3.3 | Ravinteet | 23 |
| 5.3.4 | Laboratorioanalyysin ja automaattisen mittauslaitteen vertailu | 26 |
| 6 | TULOSTEN TARKASTELU | 31 |
| 6.1 | Muutokset kiintoaineksen määrässä | 31 |
| 6.2 | Veden laadun muutokset | 31 |
| 7 | YHTEENVETO | 32 |
| | LÄHTEET | 33 |
| | LIITTEET | 36 |

1 JOHDANTO

Vuonna 1991 Lammin biologinen asema aloitti jatkuvaseurantaiset viikoittaiset maastomittaukset, ravinnenäytteidenotot ja niiden analysoinnin muutamista Lammin Pääjärveen laskevista joista ja ojista. Vuonna 2006 Lammin biologinen asema ja Vanajavesikeskus aloittivat yhteisprojektin: ”Maankäytön ja ilmastonmuutoksen vaikutus valuntaan ja ravinnehuuhtoumiin maaseutu- ja rakennetussa ympäristössä”. Tarkoituksena oli selvittää vesistöön purkautuvan valunnan ja ravinnekuormituksen määrän ja laadun riippuvuutta muun muassa valuma-alueen maaperästä, maankäytöstä ja sääolosuhteista. (Vanajavesikeskus 2013.)

Vuoden 2013 alussa Koiransuolenojalle rakennettiin kolme pohjapatoa ja yksi kivistä muodostettu pohjajarru. Patosarjan tarkoituksena on vähentää rehevöitymistä aiheuttavien aineiden päästöä Pääjärveen sekä tarjota elinympäristö linnuille, nisäkkäille ja hyönteisille (kuvio 1). (Vanajavesikeskus 2013.)



KUVIO 1. Linnut Koiransuolenojalla

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, miten Koiransuolenojan patoketjun rakentaminen vaikuttaa peltomailta tulevan veden ravinnepitoisuuksiin, saameuteen ja kiintoaineksen määrään sekä testata käytössä olevan automaattisen vedenlaatumittausaseman toimivuutta.

2 SUOMEN JÄRVIENTÄ REHEVÖITYMINEN

Nykyään Suomen järvistä noin 10 % rehevöitynyt. Suomen järvien rehevöitymisen mekanismi on erilainen kuin esimerkiksi Euroopan järvien. Eron aiheuttavat Suomen maaperän luontainen happamuus, Pohjoisen luonnon ominaisuudet ja järvien pieni tilavuus. Järvien rehevöityminen on ongelma, joka heikentää järvien yleistä tilaa ja siten haittaa järvien monipuolista käyttöä. Rehevöityminen ja sen aiheuttamat ongelmat ovat yleensä seurausta järven valuma-alueelta tulevan ravinnekuituksen kasvusta. (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 10.) Rehevöityminen tarkoittaa kasvillisuuden perustuotannon kasvua, mikä johtuu lisääntyneestä ravinteiden saatavuudesta (Ympäristöministeriö 2010). Tärkeimmät rehevöitymistä aiheuttavat ravinteet ovat typpi ja fosfori. Vesistön rehevöityminen johtaa veden samenessen, vesikasvien lisääntymiseen sekä planktonlevien ja ranta-alueiden rihmalevien kasvuun, talviseen happikatoon sekä kalaston ja muun eliöstön muutoksiin. Kirkasta ja hapekasta vettä suosivat kalalajit, esimerkiksi siika ja muikku, vähenevät. Made ja taimen väistyvät, mutta kuha hyötyy rehevöitymisestä. Särkikalat, kuore ja kiiski sietävät rehevöityneen järven huonoa veden laatua, ja särjet syövät vesikasveja ja sinilevämassoja. (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 12.)

Rehevöityneessä järvessä myös virkistysarvo heikkenee rantojen madaltumisen myötä. Vesien rehevöityminen määrittää kasviplanktonin tuotannon määrän avulla. Mitä suurempi tuotanto, sitä korkeampi rehevyystaso. Rehevyystaso arvioidaan myös kasviplankton- ja rihmaleväbiomassojen avulla tai veden ravinnepitoisuuksien määrän avulla. (Ympäristöministeriö 2010.) Järven tilan parantamista on tärkeää vähentää valuma-alueelta tulevat ulkoiset kuitukset (Sarvilinna & Sammalkorpi 2010, 11).

3 MAATALOUDEN VAIKUTUS VEDEN LAATUUN

Nykyään Suomessa merkittävin ravinnekuormituslähde on maatalous; sen osuus on 43 % fosforikuormasta ja 35 % typpikuormasta (Kaartokallio, Knuuttila, Pitkänen, Ekholm & Saloniemi 2012). Fosfori ja typpi pääsevät veteen pelloilta tulevien lannoitteiden mukana. Fosfori ja typpi ovat kaikkien mikro- ja makrolevien pääravinteita. Ravinteiden ylitarjonta johtaa vesistöjen rehevöitymiseen ja happamoitumiseen. (Ympäristöministeriö 2012 a.)

Erilaisia toimenpiteitä maatalouden kuormituksen vähentämiseksi on tehty, mutta toistaiseksi ne ovat olleet riittämättömiä ja maatalouden kuormitus on edelleen korkea Etelä- ja Länsi-Suomessa (Piipanoja 2011). Pelloilta vesistöihin kulkeutuvia ravinnepitoisuuksia on vaikea vähentää, koska niihin vaikuttavat lannoituksen ja muiden viljelytoimien lisäksi maaperän ominaisuudet, pellon kunto sekä merkittävästi sääolot (kuvio 2). (Piipanoja 2011.)



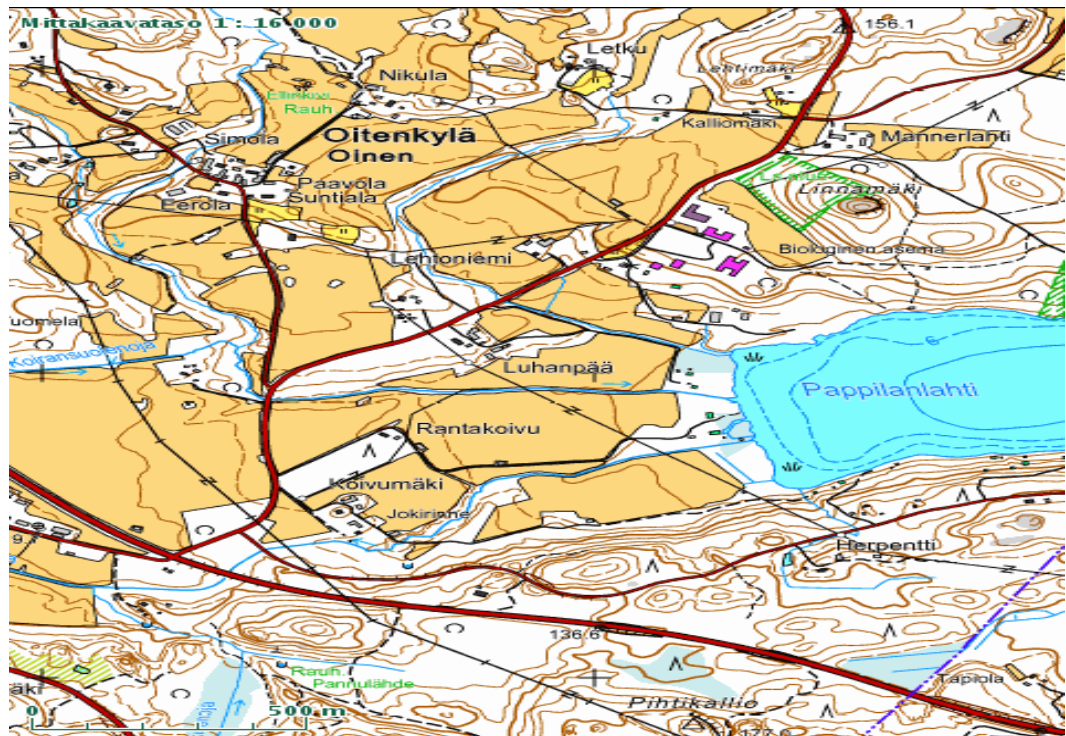
KUVIO 2. Pellolta ojaan tulee ravinteita ja kiintoaineita, huhtikuu 2013

Suurin osa pelloilta tulevasta kuormituksesta ei tapahdu kasvukauden aikana, vaan syksyllä ja keväällä (Piipanoja 2011). Tutkimuksissani on käynyt ilmi, että kuormitushuiput tapahtuvat keväällä roudan ja lumen sulamisen aikana ja kesällä sateiden seurauksena.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

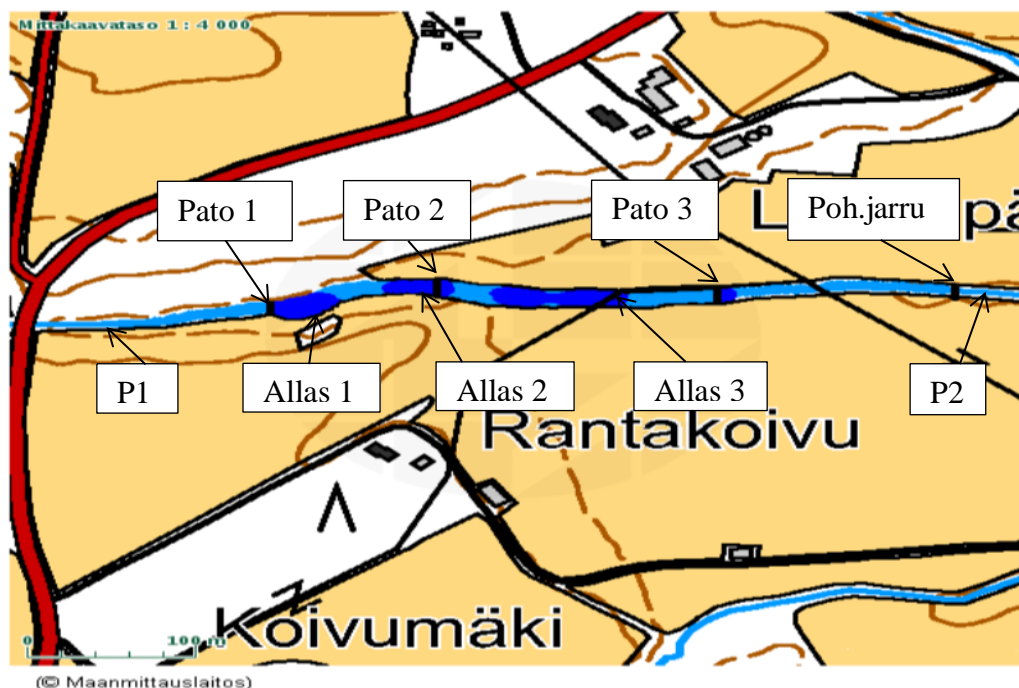
4.1 Tutkimusalue

Tutkimusalueena oli Pääjärveen laskeva Koiransuolenoja. Pääjärvi sijaitsee Korkemäenjoen vesistön latva-alueilla ja tarkemmin Vanajaveden valuma-alueella. Järveen laskee viisi jokea ja puroa, jotka muodostuvat sen osavaluma-alueet: Mustajoki, Haarajoki, Luhdanjoki, Koiransuolenoja ja Löyttynoja. Pääjärven koko valuma-alueen pinta-ala on noin 212 km². Kohde valittiin, koska Koiransuolenojan valuma-alueilla (koko valuma-alue on 6,2 km²) on peltöjä melko paljon muihin alueisiin verrattuna ja kohteen maanomistajalla oli halu ja toive parantaa Pääjärven veden tilaa (kuvio 3)(Stenberg 2007).



KUVIO 3. Koiransuolenoja. Yleiskartta (Helsingin yliopisto 2013 c)

Vuoden 2013 alussa Pääjärveen laskevalle Koiransuolenojalle oli rakennettu pohjapatosarja, jonka tarkoituksena on vähentää Pääjärven rehevöitymistä. Pohjapatosarjaan kuuluu kolme laskeutusallasta, kolme pohjapatoa ja yksi kivistä muodostettu pohjajarru (kuvio 4).



KUVIO 4. Laskeutusaltaiden ja pohjapatojen sijoittuminen kohteella (Helsingin yliopisto 2013 a)

Laskeutusaltaat on ojan tai puron yhteyteen kaivamalla tai patoamalla tehty allas. Laskeutusaltaat hidastavat padolta tulevaa virtausta. Laskeutusaltaiden avulla pyritään poistamaan pelloilta tulevaa kiintoainesta ja ravinteita. Laskeutusaltaissa vedessä oleva maa-aines laskeutuu altaan pohjalle. (Jaatinen 2012, 23.)

Koiransuolenojan koko patosarjan pituus on 550 m. Ensimmäisen ja kolmannen laskeutusaltaan tilavuus on noin 600 m³, toisen laskeutusaltaan tilavuus on kaksi kertaa vähemmän. Koiransuolenojan padot rakennettiin maa-aineksesta ja päällystettiin suodatinkankaalla ja kivetyksellä.

4.2 Näytteenotto

Vesinäytteitä kerättiin 17.4.2013–12.7.2013. Vesinäytteitä otettiin kolme kertaa viikossa, kahdesta kohteesta, laskeutusaltaita ennen (näytepiste P1) ja laskeutusaltaiden jälkeen (näytepiste P2), jokaisesta kolme rinnakkaista vesinäytettä (kuvio 4). Molemmille kohteille asennettiin S::can spectrolyser-mittauslaitteet sekä lämpötilaloggerit. Joka kerta, kun otettiin vesinäytteet, kirjoitettiin ylös tarkka kellon-

aika, jotta voidaan vertailla S::can spectrolaser-mittauslaitteiden mittausten kanssa.

4.3 Virtaamamittaus

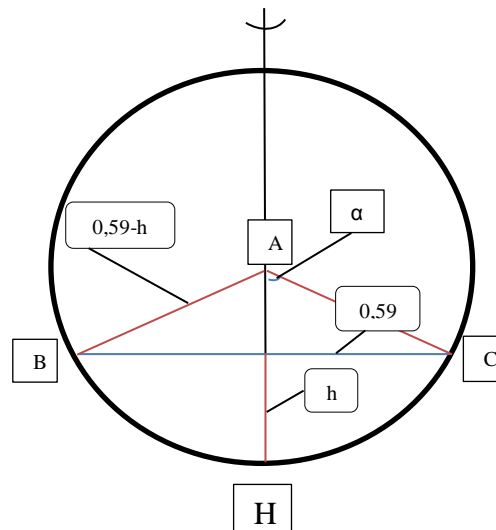
Joka näytteenottokerralla mitattiin veden virtaus näytepisteistä P1 ja P2 Schiltknecht Mini Air 20 -virtausmittarin avulla. Virtaus mitattiin samassa kohteessa neljässä eri pisteessä ja laskettiin virtauksen keskiarvo. Vedenpinnan korkeus mitattiin manuaalisesti mittausnauhalla, vesinäytepisteen P1 kohdalla, metallisen tangon avulla, joka asettuu putken sisällä (kuvio 5).



KUVIO 5. Koiransuolenojan vedenkorkeusmittausasema

Vesistön kuormituksen laskemiseen on selvitettävä ojassa kulkevan veden määrä. Veden määrä selvitetään virtausmittarilla tehtyjen virtausmittausten ja vedenpinnan korkeuden mittaamisen avulla. Korhosen (2007, 11) mukaan ”virtaama määritellään tietyn uoman poikkileikkauksen kautta virtaussuuntaan aikayksikössä kulkeutuvaksi vesimääräksi (m^3/s)”.

Virtausmittausten ja pinnankorkeustietojen perusteella saadaan lasketuksi vesimäärä, joka kulkee uoman poikkileikkauksen läpi tietyssä ajassa. Vesimäärän perusteella voidaan laskea, kuinka iso pidättävän kiintoaineen määrä on. Kohdassa P1 vesi kulkee putken läpi ja putken säteen pinta-alan avulla voidaan selvittää veden määrä (kuvio 6).



KUVIO 6. Uoman poikkileikkaus näytteenottopisteessä P1

Kuviossa 6 piirretty ympyrä tarkoittaa putken leikkausta, jonka kautta kulkee Koiransuolenoja. Ympyrälle piirretään jänne kahden pisteen B ja C kautta. Ympyrän keskipiste on A. Kolme pistettä A, B ja C yhdistetään ja saadaan tasakylkinen kolmio ABC. Segmentin pinta-ala S_{segm} on sektorin pinta-ala S_{sekt} vähennettynä kolmion pinta-ala S_{ABC} .

$$S_{\text{segm}} = S_{\text{sekt}} - S_{\text{ABC}}$$

$$S_{\text{sekt}} = \pi R^2 * \alpha / 360^\circ$$

Ympyrän halkaisija leikkaa tasakylkinen kolmion ABC kahdeksi tasakulmaiseksi kolmioksi BAH ja CAH.

Putken säde on 0,59 m ($R=0,59$ m).

Vedenpinnan korkeus on h (m).

$$\pi = 3,14$$

$$\cos \alpha = (0,59 - h) / 0,59$$

$$\alpha = \arccos((0,59-h)/0,59)$$

$$A = 2\arccos((0,59-h)/0,59)$$

$$S_{\text{sekt}} = 3,14 * 0,59^2 * 180^\circ / (360^\circ * 3,14) * 2\arccos((0,59-h)/0,59)$$

$$S_{\text{ABC}} = 2S_{\text{CAH}}$$

$$S_{\text{CAH}} = AH * HC / 2; AH = 0,59 - h; HC = (0,59^2 - (0,59 - h)^2)^{1/2}$$

$$S_{\text{ABC}} = 2S_{\text{CAH}} = 2 * ((0,59 - h) * (0,59^2 - (0,59 - h)^2)^{1/2}) / 2$$

$$S_{\text{segm}} = S_{\text{sekt}} - S_{\text{ABC}} = 3,14 * 0,59^2 * 180^\circ / (360^\circ * 3,14) * 2\arccos((0,59-h)/0,59) - 2 * ((0,59-h) * (0,59^2 - (0,59-h)^2)^{1/2}) / 2 =$$

$$0,3481 * \arccos((0,59-h)/0,59 - (0,59-h) * (h * (1,18-h))^{1/2})$$

Vesistöissä kulkevan veden määrä saadaan selville tietyn uomapoikkileikkauksen kautta virtaussuuntaan aikayksikössä kulkeutuvaksi vesimääräksi (m³/s).

Poikkileikkauksen keskinopeusmittauksia tehdään uoman eri pisteissä.

Kulkeva veden määrä (Q (m³/s)) saadaan selville tietyn uomapoikkileikkauksen pinta-alan (S_{segm} (m²)) ja poikkileikkauksen keskinopeuden (m/s) avulla.

$$Q = S_{\text{segm}} (m^2) * \text{Keskinopeus} (m/s)$$

4.4 Vesianalyysit

4.4.1 Kiintoaine

Kiintoaineen määrä kuvaa vedessä olevaa hiukasmaista ainesta (Oravainen 1999, 9). Kiintoaine on eloperäistä tai orgaanista materiaalia, esimerkiksi kuollut levä, kasvillisuus tai hiukasmaista, epäorgaanista materiaalia, kuten savi ja hiesu (Ympäristöministeriö 2011 b). Kiintoaines kerrostuu joen pohjalle, jolloin se muodostaa osan sedimentistä (Ympäristöministeriö 2011 c). Kiintoaineen mittaussikkö on mg/l. Puhtaan kirkkaan veden kiintoainepitoisuus on alle 1,0 mg/l. Joki- ja ojavesissä kiintoainepitoisuus vaihtelee voimakkaasti ja yleensä korkeimmat pitoisuudet ovat tulva-aikana. (Oravainen 1999, 9.)

Tässä työssä vesinäytteet suodatettiin kuuden tunnin kuluessa vesinäytteenoton jälkeen. Näytteet suodatettiin mikrokuitulasisuodattimen (GF/C 55 g/m²) läpi vaakuumin avulla (kuvio 7). Yleensä vesinäytettä suodatettiin 500 ml. Sen jälkeen

suodattimet kuivattiin petrimaljoissa 105 °C:n lämpötilassa yksi tunti standardin SFS-EN 872 mukaan ja suodattimelle jääneen jäännöksen massa punnittiin.



KUVIO 7. Vesinäytteiden suodatus

Määrittelyn tulos riippuu käytetystä suodatintyypistä, minkä vuoksi suodattintyyppi pitää spesifioida. Standardin SFS-EN 872 mukaisissa määrittelyissä käytetään borosilikaatti-lasikuitusuodattimia, joiden massa pinta-alayksikköä kohti pitää olla 50 - 100 g/m². (Ympäristöministeriö 2011 b.)

4.4.2 Kokonaisfosfori

Fosfori on kasveille välttämätön aine, ja sitä lisätään pelloille lannoitteena. Lannoitteiden mukana fosfori pääsee veteen, mutta lannoitteiden vesistöjä rehevöittävää vaikutusta hillitsee se, että fosfaattien niukkaliukoisuuden ansiosta ne huuhtoutuvat maaperästä hitaasti. Vesistöissä fosfaatit ovat yksi rehevöitymisen päätekijä. Levät pystyvät käyttämään osan fosfaateista suoraan ravinnokseen. Fosfaatit kuluvat myös vesistöissä nopeasti. Hiukkasmateriaalin mukana fosfaattia vajoaa sedimentteihin varsinkin hapettavissa olosuhteissa rautayhdisteinä, ferri-fosfaattina ja ferrihydroksidifosfaatti-kompleksina. Fosfaatin pitoisuudet riippuvat

voimakkaasti happiolosuhteista, sillä hapetus-pelkistyspotentiaalin laskiessa ferriyhdisteet pelkistyvät ferroyhdisteiksi ja niiden fosfaatit muuttuvat liukoiksi yhdisteiksi ja vapautuvat veteen. (Itämeriportaali 2013.)

Arvioitaessa vesistön rehevyystasoa ravinnepitoisuuksien perusteella käytetään ensisijaisesti kokonaisfosforipitoisuutta. Kokonaisfosforilla tarkoitetaan fosforin kokonaismäärää vedessä. Fosforia esiintyy yleisesti hyvin pieninä pitoisuuksina luonnonvesissä. Luonnonoloissa fosforia tulee veteen kivilajeista, jotka sisältävät fosforia ja joiden rapautuessa fosfori lähtee liikkeelle. Järvien rehevöitymisen kannalta huuhtoumia suurempana riskinä ovat ihmisten aiheuttamat fosforikuormat. (Oravainen 1999.)

Kokonaisfosforimääritykset tehtiin Lachat QuikChem 8000- ravinneanalysaattorilla. Analysoinnissa käytettiin standardia, SFS-EN ISO 6878. Fosforin määrittäminen tehtiin QuikChem 10 -115-01-1-Q -menetelmäohjeen mukaisesti.

4.4.3 Kokonaistyyppi

Typpi on fosforin jälkeen toinen tärkein ravinne järvien rehevöitymisen kannalta. Kokonaistyyppipitoisuus luonnonvesissä näytä kuinka korkea vesistön rehevyystaso on. Vesistöihin typpi tulee maa- ja metsätaloudesta, kotitalouksien jätevedestä sekä turvetuotannosta. Kokonaistypellä tarkoitetaan typen kokonaismäärää vedessä. Typpi voi esiintyä vedessä liuenneina, liukenemattomina tai kolloidisina orgaanisina yhdisteinä. Lisäksi typpi voi olla liuenneina epäorgaanisina yhdisteinä, kuten ammoniumina, ammoniakkina, nitraattina, nitriittinä tai vapaana typpenä. Nitraatin, nitriitin ja ammoniumin pitoisuudet mitataan tässä työssä erikseen. (Häkkinen 2013.)

4.4.4 Nitraatti- ja nitriittityppi

Nitrattityppi ($\text{NO}_3\text{-N}$) on tärkeä ravinne vesien tuotannossa. Nitritityppi ($\text{NO}_2\text{-N}$) ei ole pysyvä yhdiste, joten pitoisuudet ovat yleensä hyvin pieniä. Maanviljelyssä käytettävät lannoitteet lisäävät merkittävästi vesistöjen nitraattipitoisuuksia. (Oravainen 1999.)

Tässä työssä nitraattimääritykset tehtiin laboratoriossa Lachat QuikChem 8000- ravinneanalysaattorilla. Analysoinnissa käytettiin standardia SFS-EN ISO 13395:

1997. Nitraatti- ja nitriittitypen sekä niiden summan määrittäminen tehtiin spektrometrisesti CFA- ja FIA-tekniikalla (ISO 13395:1996) QuikChem10-107-04-1-B -menetelmäohjeen mukaisesti.

Nitriittimääritykset tehtiin Lachat QuikChem 8500 -laitteistolla. Näyte syötetään jatkuvasti virtaavaan kantajaliuokseen, minkä jälkeen näytteeseen lisätään fosforihapporeagenssiliuosta. Nitriitti reagoi sulfaniilihapon kanssa muodostaen diatsoyhdisteen. Tämä reagoi vielä aromaattisen amiinin, N-(1-naftyyli)-etyleenidiamiinin, kanssa ja muodostuu atsoväriaine. Väriaineen absorbanssi mitataan kolorimetrisesti 540 nm:n aallonpituudella.

4.4.5 Ammoniumtyppi

Ammoniumtyppi ($\text{NH}_4\text{-N}$) on epäorgaaninen aine ja vesien tuotannon kannalta keskeinen ravinne. Ammoniumtyppi pääsee vesistöihin teollisuuden, asutuksen ja maanviljelyn jätevesien mukana. Maanviljelyssä ammoniumtyppi tulee käytetyistä lannoitteista. Yleensä luonnonvesissä ammoniumtyppeä esiintyy pieniä määriä muutamasta kymmenestä muutamaan sataan mikrogrammaan litrassa. Suuret ammoniumtyypen määrät ($>1000 \mu\text{g/l}$) ovat merkki jätevesipäästöistä. (Ympäristöministeriö 2011a.)

Hapellisissa olosuhteissa ammoniumtyppi hapettuu nitraatiksi, talvella hitaammin ja kesällä nopeammin. Hapettumisen seurauksena veden pH-arvo laskee ja vesistön happipitoisuus pienenee. Hapettomissa olosuhteissa ammoniumtyppeä saattaa esiintyä jopa useita milligrammoja litrassa. (Ympäristöministeriö 2011a.)

Ammoniumtyppi muuttuu myrkylliseksi ammoniakiksi veden pH-arvon noustessa. pH-arvon noustessa tasolle 8,5 tai korkeammalle vesistössä, joka sisältää runsaasti ammoniumtyppeä, niin veteen muodostuu niin paljon ammoniakkia, että vesistön kalat saattavat kuolla. Suomen luonnonvesissä pH-arvo on luontaisesti hapanta ja suuret ammoniakkipitoisuudet ovat erittäin harvinaisia. (Ympäristöministeriö 2011e.) Ravinteiden otto ja levien kasvu on nopeinta kesäaikaan, minkä vuoksi ammoniumtyppi on merkittävin lähde leville (Blomster 1996, 7). Ammoniumtyppimääritykset tehtiin laboratoriossa Lachat QuikChem 8000 -ravinneanalysatorilla QuikChem10-107-06-1-F-menetelmäohjeen mukaisesti.

4.4.6 Liuennut orgaaninen hiili

Liuennut orgaaninen hiili (DOC, Dissolved Organic Carbon) määritetään hiilianalysaattorilla ja sen avulla saadaan tarkka tieto veden humuspitoisuudesta. Hiili (C) on elollisen luonnon yleisin alkuaine. Orgaanisen aineen hajotuksessa, muun muassa hengityksessä, sitä vapautuu epäorgaanisena hiilidioksidina (CO_2) ilmakehään, josta se fotosynteesin kautta sitoutuu taas orgaaniseksi hiileksi. Hiiltä sitoutuu vesiin liukenemalla hiilidioksidina sekä myös veden pintakerroksen tuotajien yhteyttäessä. Hiiltä sitoutuu myös pohjasedimentteihin orgaanisen aineen hajotuksen seurauksena. (Hämäläinen 2011, 19.)

Liuennut orgaaninen hiilipitoisuus korreloi voimakkaasti vedessä olevan humuksen määrän kanssa. Humuksella on epäsuora ja suora kyky vaikuttaa vedenlaatuun. Humus vaikuttaa veden väriin ja sitä kautta sameuteen. Kun happamuus nousee, veden väri muuttuu ruskeaksi tai keltaiseksi. Kun veden väri muuttuu, se vaikuttaa veden lämpötilaan sekä valon kulkuun. Humusvedet onkin yksi EU:n luontodirektiiviin kuuluvista suojeltavista luontotyypeistä. Liuennut orgaaninen hiili eli DOC (Dissolved Organic Carbon) määritettiin laboratoriossa Shimadzu TOC-5000A- sekä Shimadzu ASI-5000A -laitteilla. (Vapoviesti 2013.)

4.4.7 Sameus, pH ja sähkönjohtavuus

Veden sameuden aiheuttavat pienet hiukkaset, kuten saviaines, rauta, kolloidiset yhdisteet ja levät. Sameuden voimakkuus riippuu liettyneen aineen pitoisuudesta ja hiukkaskoosta. Sameuden yksikkö on FTU (Formazin Turbidity Units), ja se mitataan laboratoriossa nefelometrilla. Kirkkaan veden sameus on pienempi kuin 1,0 FTU. Jokivedet ovat yleensä järvivesiä sameampia, koska eroosio on voimakkaampi. Vuoden aikoina joissa ja ojissa sameuden arvot vaihtelevat huomattavasti. Sameus nousee sadannan jälkeen, ja tavallisesti tulvan aikoina joessa sameus on korkein. (Ympäristöministeriö 2012b.)

Sähkönjohtavuus mittaa vedessä olevien liuenneiden suolojen määrää ja orgaanisen aineen. Mitä korkeampi sähkönjohtavuuden arvo on, sitä suurempi pitoisuus. (Häkkinen 2013, 25) Näin sillä voidaan selvittää jätevesien kulkeutumista vesistöissä, koska sähkönjohtavuus voi olla selvästi korkeammalla maatalouden vuoksi. Sisävesissä sähkönjohtavuutta lisäävät lähinnä natrium, kalium, kalsium, magne-

sium (kationeja) sekä kloridit ja sulfaatit (anioneja). Sähkönjohtavuus kohoaa luonnollisesti varsinkin talvella lievästi pohjalla. Sähkönjohtavuusarvojen vuodenaikaisvaihtelu on vähäistä, koska sähkönjohtavuus on vesistölle tyypillinen suure. Tässä työssä sähkönjohtavuus mitataan laboratorioissa johtokykymittarilla ja mittayksikkönä käytetään $\mu\text{S}/\text{cm}$ (mikrosiemensiä senttimetriä kohti). (Ympäristöministeriö 2011d.)

Luonnon veden normaali pH on lähellä neutraalia ($\text{pH} = 7,0$). Veden eläimet ja hiukkaset ovat sopeutuneet elämään pH-alueella 6,0 - 8,0. Suomen vesistöissä pH-arvot on yleensä vähän happamalla puolella. Tämä johtuu vesien luontaisesta humuskuormituksesta. Tavallisesti talvella pH on vähän alhaisempi kuin kesällä. Kesäaikana päällysvedellä levätuotantoa varten pH on hiukan korkeampi. Voimakas levätuotanto pystyy kohottamaan pH:n arvoihin 8 - 10. Tämä tapahtuu kun levät käyttävät loppuun hiilidioksidin ja bikarbonaatin, jolloin puskurisysteemi häiriintyy. Korkeat pH:t ovat tyypillisiä sinileväkukintojen aikana. (Ympäristöministeriö 2011d.)

4.5 Automaattinen mittaus

Työssä käytettiin kahta S::can spectrolyser -mittauslaitteita. S::can spectrolyser (kuvio 8) on akkukäyttöinen mittauslaite, joka toimii spektrometrisesti. Niillä mitataan neljä parametria: sameus (FTU), liennut orgaaninen hiili DOC (mg/l), orgaaninen kokonaishiili TOC (mg/l) ja nitraatti- nitriittityppi $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ (mg/l). (Luode Consulting 2013.) Laitevalmistajan mukaan mittausalueet molemmilla S::can-laitteilla ovat: sameus 0,1-100 FTU, nitraatti 0,1-100 mg/l, TOC ja DOC 0,1-50 mg/l. Sijoitettujen mittauslaitteiden valotie on 35 mm, ja ne soveltuvat parhaiten virtaavien vesien, järvien ja pohjavesien mittaamiseen. (Kaitaranta 2009, 21.) Molemmat mittauslaitteet mittaavat veden laadun parametreja 30 minuutin välein. Laite toimii asennettuna dataloggerilla. Dataloggeri ohjaa laitteen mittaus- ja paineilmapuhdistusta.

Mittausasemat on asennettu siten, että yhdeltä mittauslaitteelta mittaukset ladattiin manuaalisesti maastossa noin kaksi kertaa kuukaudessa tiedonsiirtokaapelin avulla keskusyksiköstä kannettavaan tietokoneeseen Ana:pro-ohjelman avulla. Ana:pro-ohjelma oli kehitetty erityisesti S::can spectrolyser-mittauslaittein toimin-

nan varten. Akun jännite sekä pullon paine ovat valvottavissa paikan päällä. Toiselle laiteelle on asennettu GPS-lähetysyksikkö. Lähetysyksikön avulla mitatut tulokset sekä akun varaus tulevat suoraan vastaanottavalle palvelimelle haluttuina aikoina.



KUVIO 8. Automaattinen S::can spectrolyser -mittauslaite

Tässä työssä oli käytettävissä kaksi S::can spektrolyser –mittauslaitetta, jotka oli sijoitettu Koiransuolenojalle kahdelle tutkimuskohdalle: patosarjaa ennen kohdalle P1 ja patosarjan jälkeen kohdalle P2 (kuvio 4).

Molemmat mittausasemat sisälsivät S::can spectrolyser -mittauslaitteet, akut ja paineilmapullot. Mittauslaitteen ojaan sijoittamista varten muutama vuosi sitten rakennettiin metalliputkista teline, johon mittauslaite oli mahdollista asettaa valotiessä oleva tasanne pystysuorassa. Teline asennettiin tiiliskiville siten, että mittauslaite oli noin 10 cm:n korkeudella uoman pohjasta. (Kaitaranta 2009, 21.)

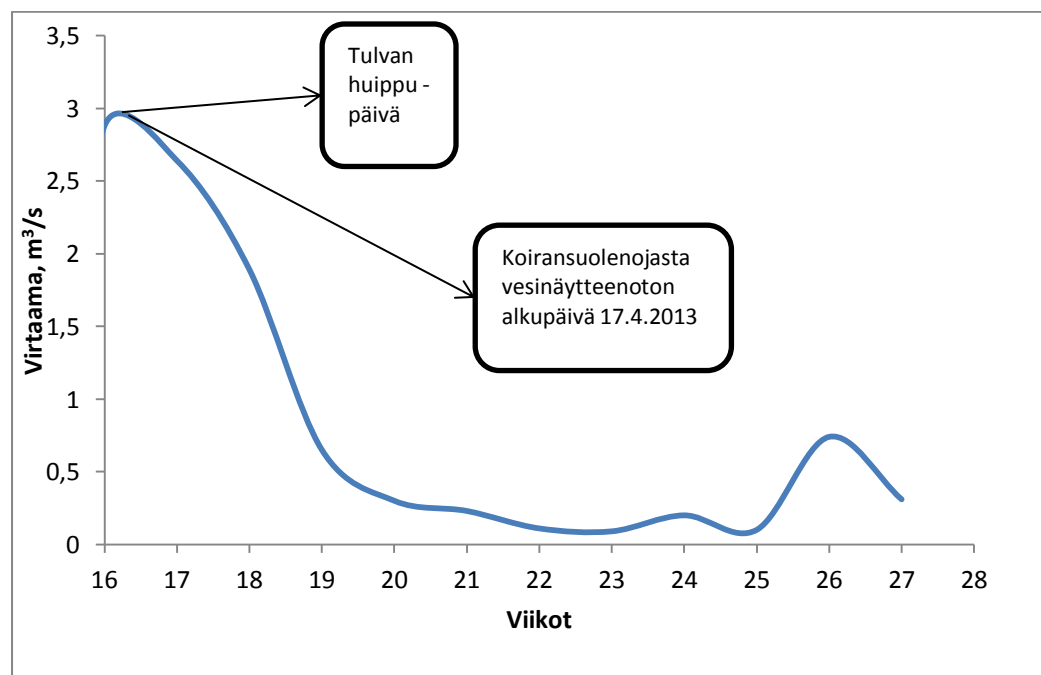
Optisen mittauslaitteen ongelma on laitteen optiikan likaantuminen orgaanisesta aineksesta, roskista ja levästä (Kaitaranta 2009, 23). Laitteiden valotien likaantumisen vuoksi molemmilla S::can spectrolyser -mittauslaitteilla on puhdistusjärjestelmä, joka toimii paineilmalla. Oman kokemukseni mukaan paineilmapullon huoltoväli on noin 1 kk. Automaattisen paineilmapuhdistuksen lisäksi kerran vii-

kossa S::can spektrolyser -mittauslaite täytyy puhdistaa manuaalisesti. Mittaikkunat on tehty kvartsi- ja safiirilasista, jotka täytyy puhdistaa pehmeällä materiaalilla ja laitevalmistajan puhdistusaineella. Laitteen virransyöttö toteutettiin akuilla. Akun huoltoväli on kolme viikkoa kesäaikana.

5 TULOKSET

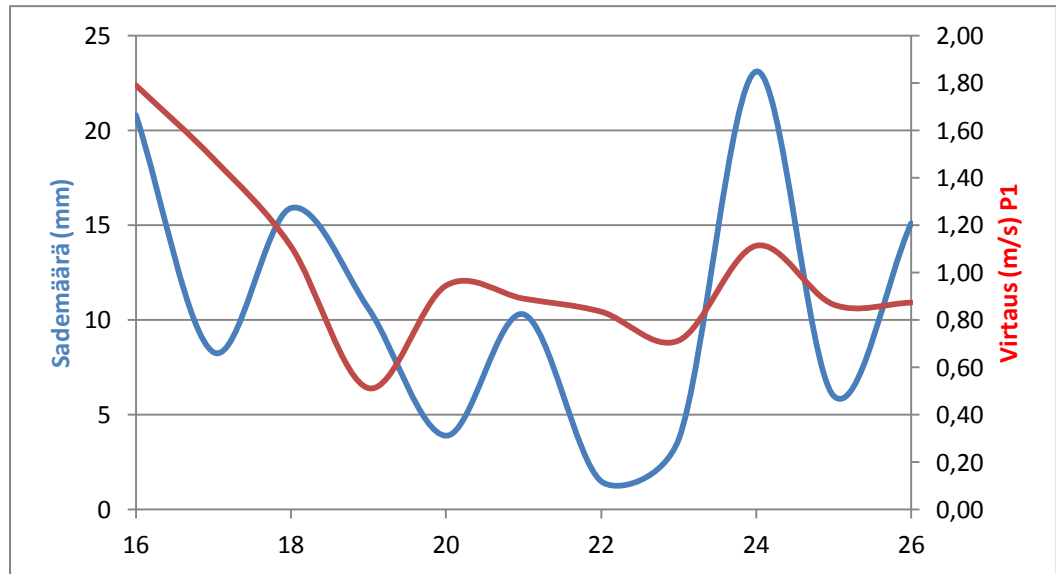
5.1 Sademäärä ja virtaama

Vedenkorkeudella ja virtaamalla on selvä vuodenaikainen vaihtelu, joka johtuu vuoden sademäärän vaihtelusta. Vuodenaikaisvaihtelussa on tavallisesti kaksi maksimia ja kaksi minimiä. Alkukevällä ennen lumien sulamista saavutetaan yleensä minimi. Keväällä lumien sulamisen aikoina vedenkorkeudet ja virtaamat lähtevät nousuun. Vedenkorkeuden ja virtaaman keväthuippu on useasti samalla myös vuoden maksimi. Tulvahuipun jälkeen vedenkorkeudet ja virtaamat lähtevät laskuun. (Korhonen 2007.) Tässä työssä aineiston keruu alkoi viikosta 16 lähtien, jolloin kevättulva oli maksimissaan, ja päättyi heinäkuussa viikolla 28, jolloin virtaamat olivat normaalia korkeammalla tasolla voimakkaiden sateiden jälkeen.



KUVIO 9. Pääjärveen laskevan Mustajoen virtaama tammi-heinäkuun välisenä aikana vuonna 2013 (Helsingin yliopisto 2013 b)

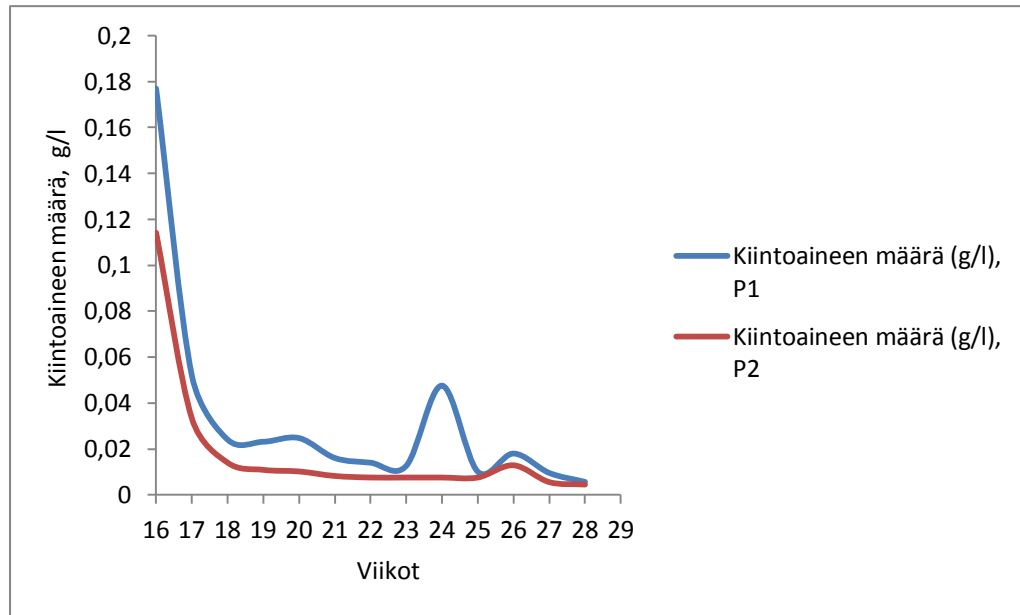
Kesällä valuma-alueella runsaiden sateiden jälkeen (kuvio 10) veden korkeus ja virtaama nousevat, mutta siitä huolimatta vedenkorkeuden ja virtaaman minimi on yleensä keskikesällä (Korhonen 2007).



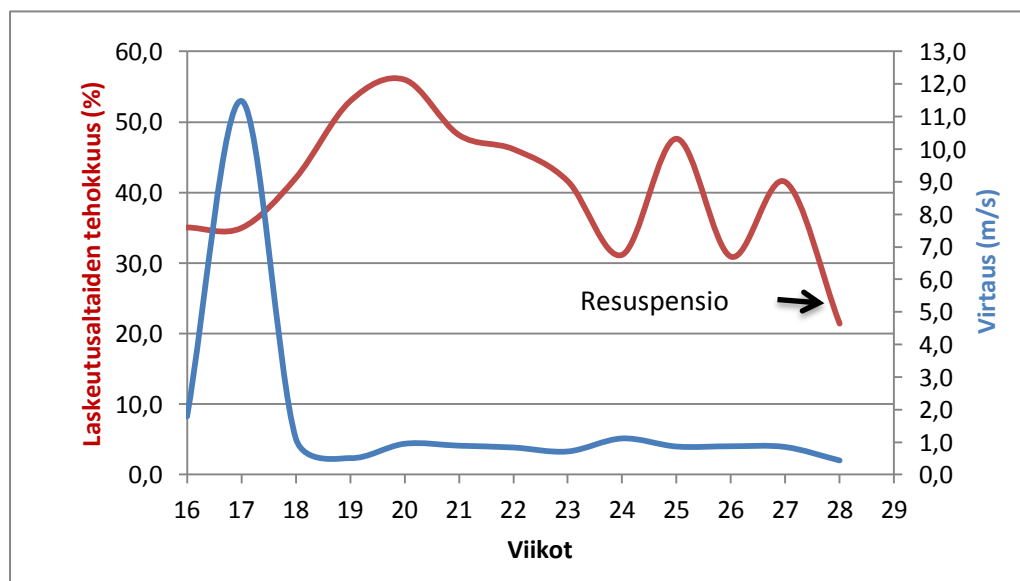
KUVIO 10. Sademäärä ja Koiransuolenojan virtaus huhti-heinäkuun välisenä aikana vuonna 2013

5.2 Koiransuolenojan kiintoaineen määrä ja kuormitus

Ojavesissä voi olla runsaasti kiintoainesta, jonka pidäytyminen laskeutusaltaissa on tehokkaampaa, sillä altaat hidastavat virtausta, jolloin kiintoaineet ehtivät laskeutua laskeutusaltaiden pohjalle (kuvio 11). Kiintoaineen laskeutumista vesistön pohjalle kutsutaan sedimentoitumiseksi. Laskeutumisen teho riippuu laskeutusaltaiden koosta, virtaamasta ja vedenpinnan korkeudesta, kiintoaineen määrästä ja sen ominaisuuksista. Jos ojan virtaama on nopea, kiintoaineet eivät ehdi laskeutumaan. Kesäaikana ojan kasvillisuus pidättää kiintoainetta, ja mitä hitaampi ojan virtaus on sitä tehokkaammin kasvillisuus toimii. Ylivirtaamatilanteissa, tai kun vedenpinnan korkeus on matala, on riski, että tapahtuu resuspensio eli kiintoaine lähtee pohjasta ylös uudelleen liikkeelle (kuvio 12). (Jaatinen 2012.)

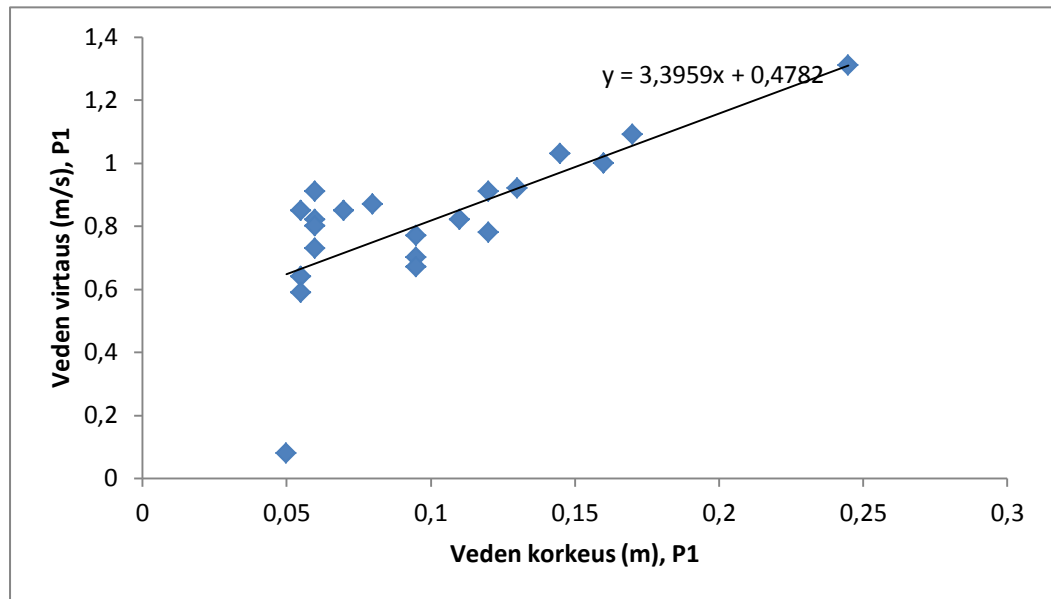


KUVIO 11. Kiintoaineen määrä näytepisteissä P1 ja P2



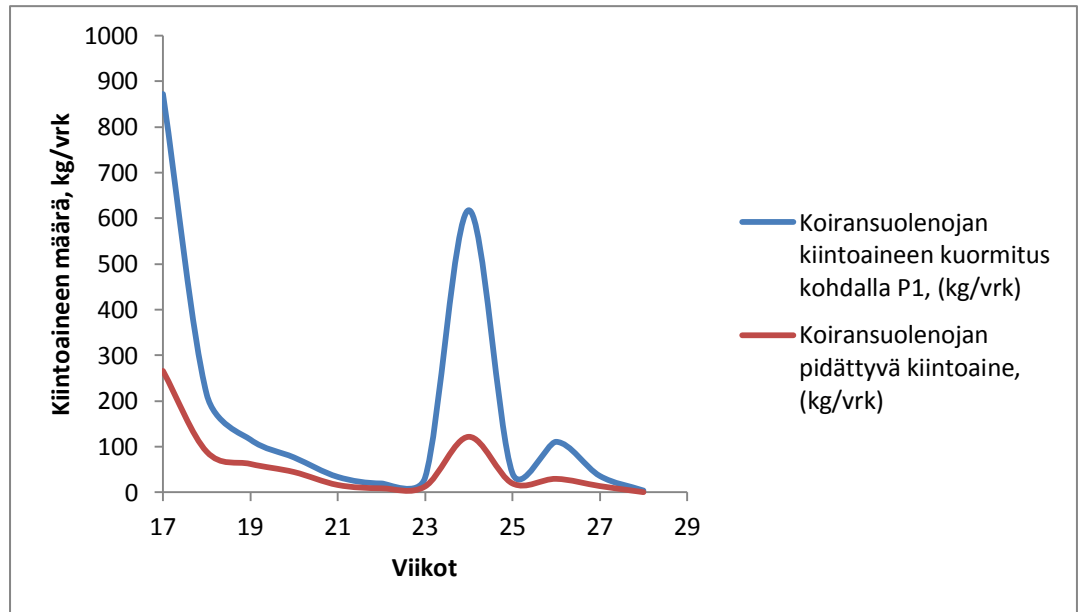
KUVIO 12. Laskeutusaltaiden tehokkuus

Tietyn virtaaman ja kiintoaineen pitoisuuden avulla voidaan laskea Koiransuolenojan tulevan ja pidättyvän kiintoaineen kuormitus (liite 1). Tässä työssä emme mitanneet Koiransuolenojan virtausta joka näytteenotokerralla, mutta tiettyjen mittausten avulla voimme laskea välipäivien virtaukset kaavan avulla (kuvio 13).



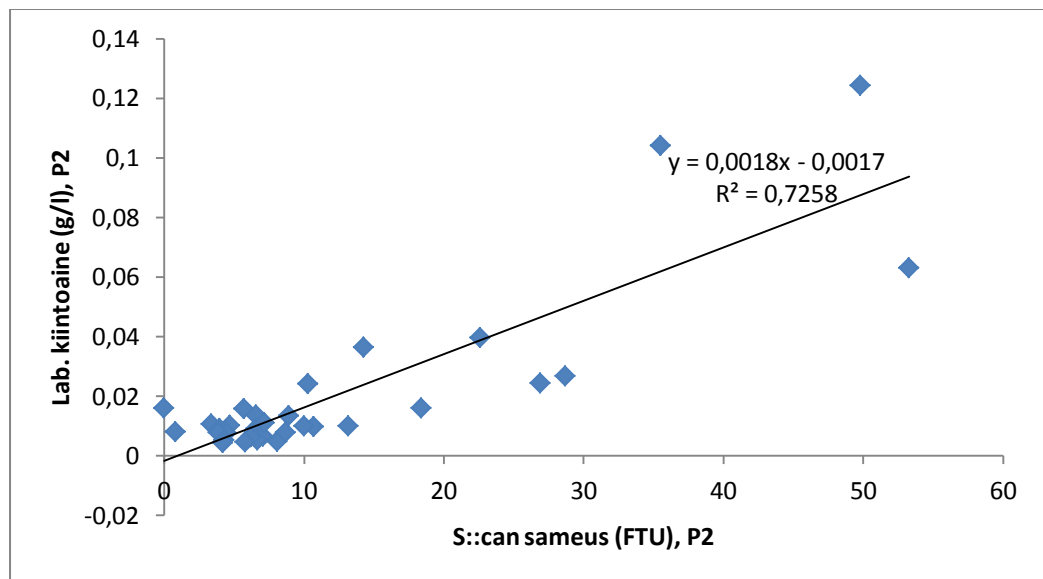
KUVIO 13. Lineaarinen riippuvuus Koiransuolenojan virtausten ja veden korkeuden välillä

Koiransuolenojan tulevan ja pidättyvän kiintoaineen määrän avulla voidaan laskea laskeutusaltaiden tehokkuus (kuvio 14). Tuloksissa käy ilmi, että suurin laskeutusaltaiden tehokkuus 63,26 % oli 17. toukokuuta ja pienin 7,02 % 8. heinäkuuta, kun Koiransuolenojan virtaus ja veden korkeus oli niin matala, että alkoi kiintoaineen resuspensio. Laskeutusaltaiden tehokkuus 17.4.2013 – 12.7.2013 oli keskimäärin 40,6 %.



KUVIO 14. Koiransuolenojan tulevan ja pidättyvän kiintoaineen määrä

S::can spekrolaser-mittauslaitteella näytepisteessä P2 oli mitattu Koiransuolenojan sameus puolen tunnin välein. Verrattiin S::can spectrolaser -mittauslaitteen sameustuloksia laboratorioanalyysin kiintoainetuloksiin. Vertailussa käytettiin samanaikaisesti sameusmittausta ja laboratorioanalyysin kiintoainetuloksia. Saatiin muunnoskaava, jossa regressiosuora oli $0,0018x - 0,0017$, jossa x = S::canin sameustulos. Tätä kaavaa voidaan käyttää kiintoaineen laskemisessa (kuvio 15).



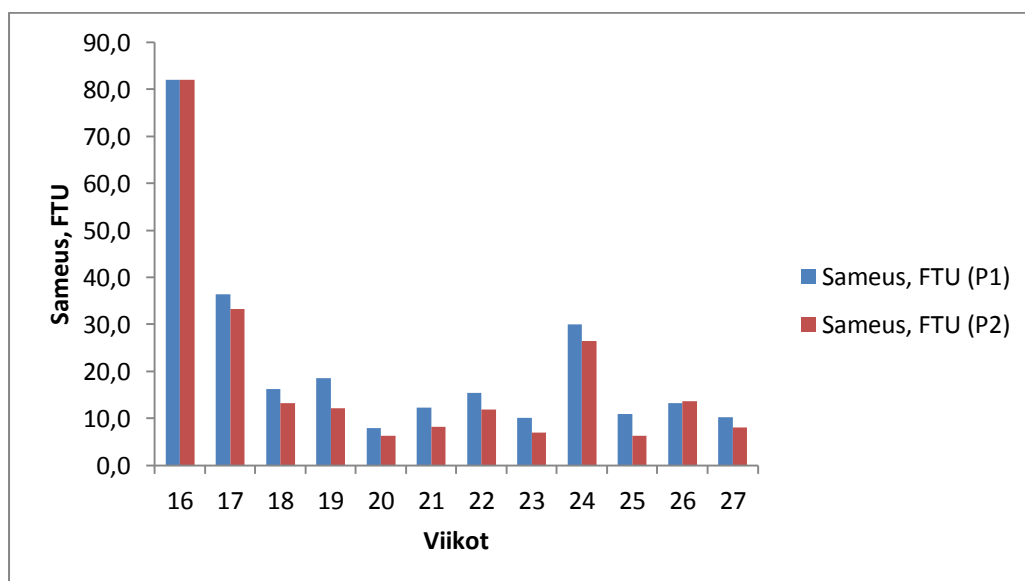
KUVIO 15. Koiransuolenojan S::can spectrolaser -mittauslaitteen sameustulosten ja laboratorionäytteiden kiintoaineen lineaarinen korrelaatio (Näytepiste P2)

5.3 Veden laatu

5.3.1 Sameus

Veden sameus johtuu raudasta, savesta, kolloidisista yhdisteistä tai runsaasta levä-
määrästä. Käyttökelpoisuusluokituksen mukaan veden sameuden ollessa yli 1,5
FTU voi sen luokka alentua erinomaisesta hyväksi. (Häkkinen 2013.)

Kuviossa 16 pylväsdiagrammeina on esitetty laskeutusaltaiden vaikutus sameuden
määrään. Kuvaajaan pylväät on aseteltu siten, että ensimmäisenä oleva sininen
pylväs kuvaa Koiransuolenojan sameuden määrää ennen patoja ja toinen punainen
– patojen jälkeen. Kuviossa on esitetty laboratoriossa saatuja tuloksia. Pylväsdi-
agrammat näyttävät, että laskeutusaltaat vähentävät sameuden määrää. Näytteenot-
toperiodissa korkeimmat sameuden arvot olivat tulvan huippu-aikana (liite 1).

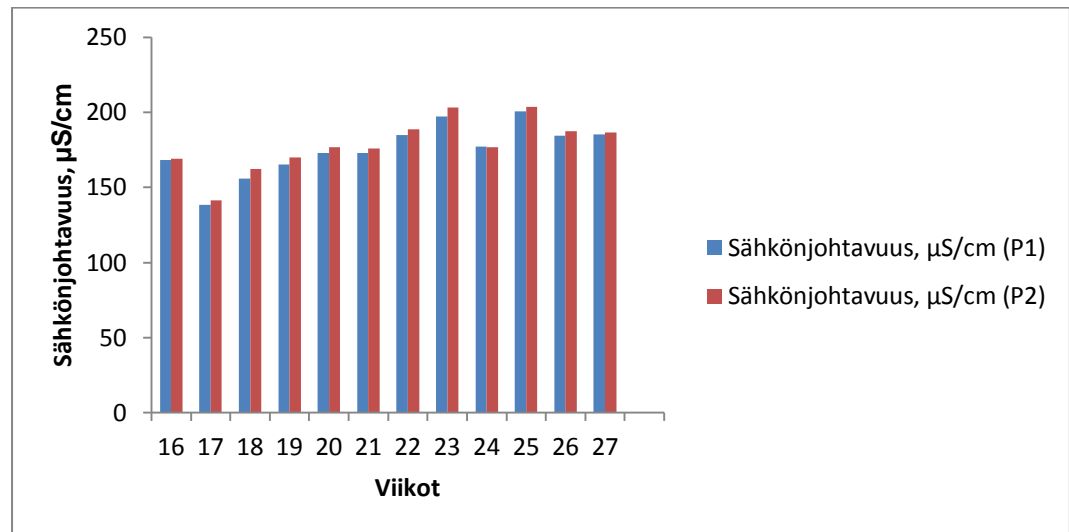


KUVIO 16: Laskeutusaltaiden vaikutus sameuteen määrään

5.3.2 Sähkönjohtavuus ja pH

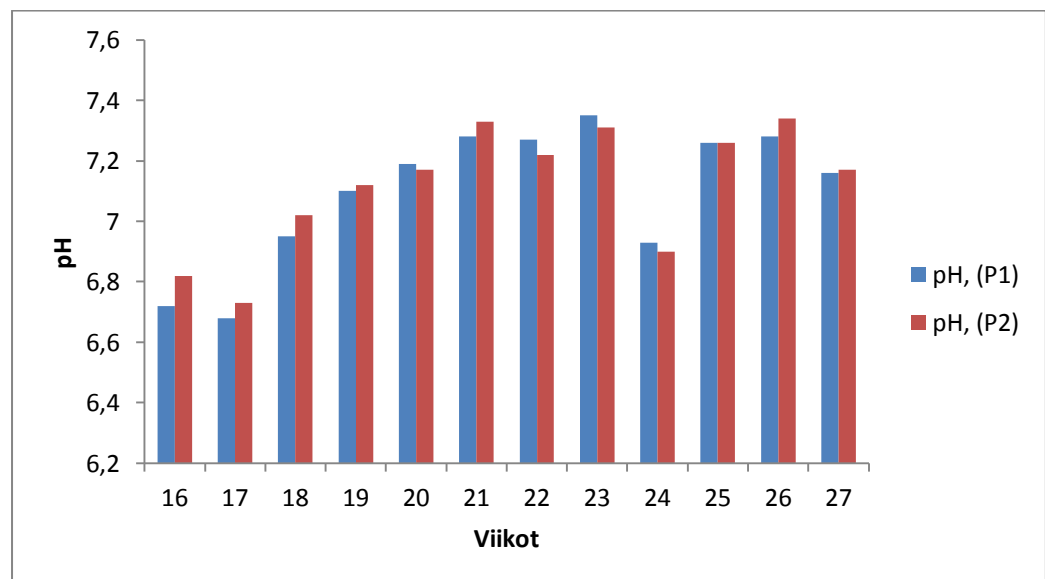
Kuviossa 17 pylväsdiagrammina on esitetty Koiransuolenojan laskeutusaltaiden
vaikutus sähkönjohtavuuden määrään. Siniset pylväät esittävät sähkönjohtavuuden
määrän laskeutusaltaiden tulevissa vedessä ja punaiset pylväät esittävät sähkön-
johtavuuden määrän laskeutusaltaiden lähtevissä vedessä. Kuvaajasta käy selvästi
ilmi, että laskeutusaltaat eivät vaikuttavat Koiransuolenojan sähkönjohtavuuteen.

Koiransuolenojan sähköjohtavuuden määrä molemmista näytteenottopisteistä on esitetty liitteenä 1.



KUVIO 17. Laskeutusaltaiden vaikutus sähkönjohtavuuden määrään

Kuviossa 18 pylväsdigrammina on esitetty laskeutusaltaiden vaikutus pH-määrään. Siniset pylväät esittävät pH-määrän näytteenottopisteessä P1 ja punaiset pylväät esittävät pH-määrää näytteenottopisteessä P2. Kuvaajasta tuli ilmi, että laskeutusaltaat eivät vaikutta Koiransuolenojan pH-määrään. Koiransuolenojan pH-arvot pysyvät samalla tasolla koko näytteenottoperiodin (liite 1).

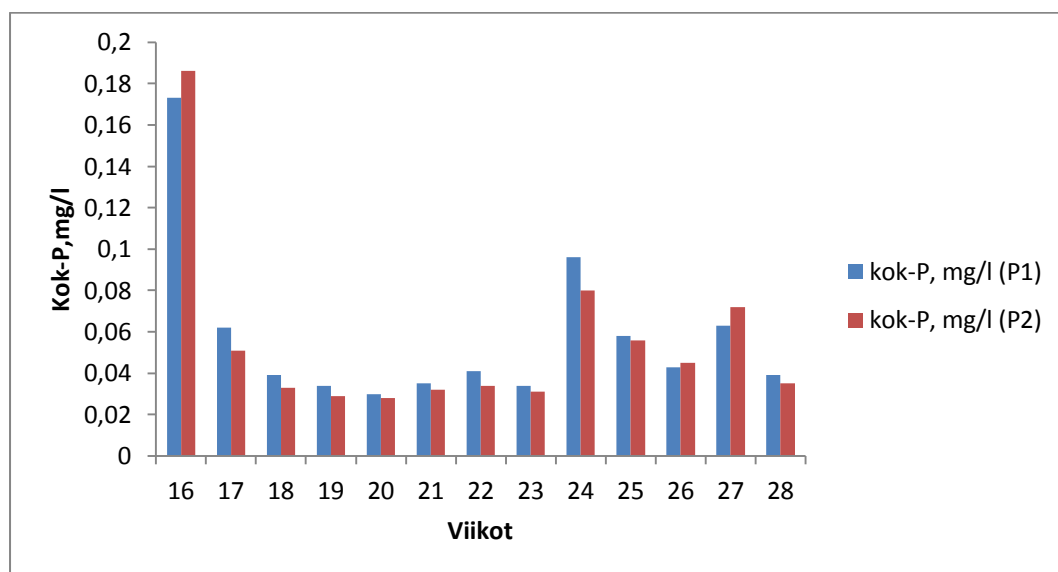


KUVIO 18. Laskeutusaltaiden vaikutus pH-määrään

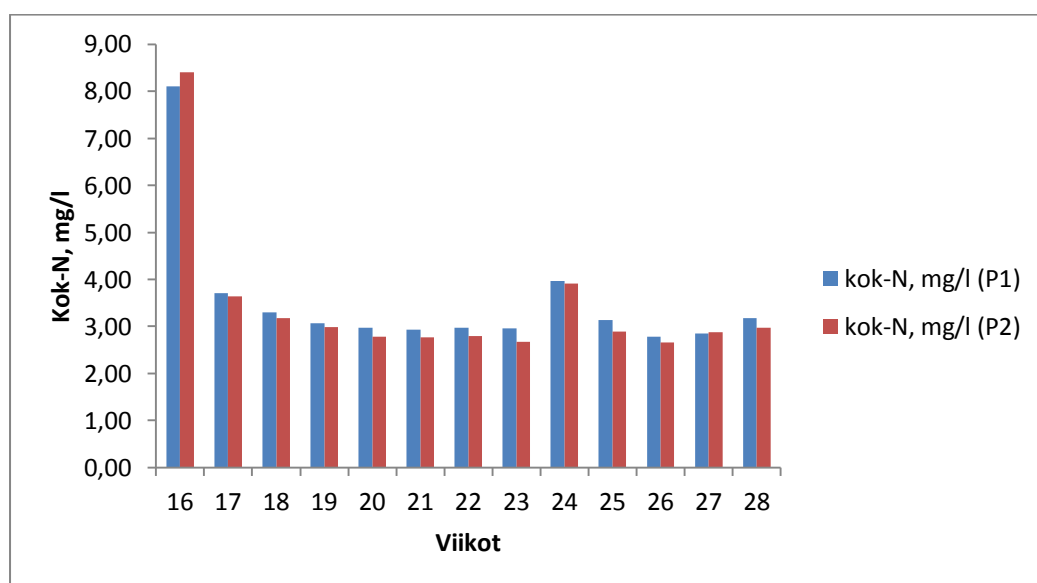
5.3.3 Ravinteet

Viikottaiset kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuuksien vaihtelut on esitetty kuvioissa 19 ja 20 pylväsdiagrammeina. Suurimmat kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuudet olivat tulvanhuipun aikoina, ja sitten ne nousivat huomattavasti kesäkuussa (liite 1). Voidaan olettaa, että kesäkuussa pelloille lisättiin lantaa.

Kuvioista 19 ja 20 käy ilmi, että laskeutusaltat eivät vaikuttaneet huomattavasti kokonaisfosforin tai kokonaistypen pitoisuuksiin.

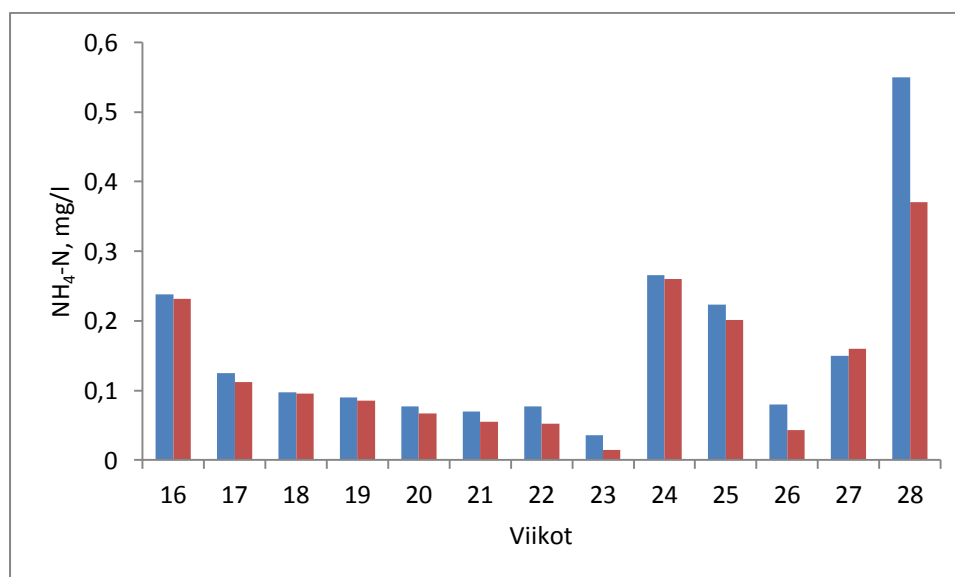


KUVIO 19. Laskeutusaltaiden vaikutus kokonaisfosforin määrään



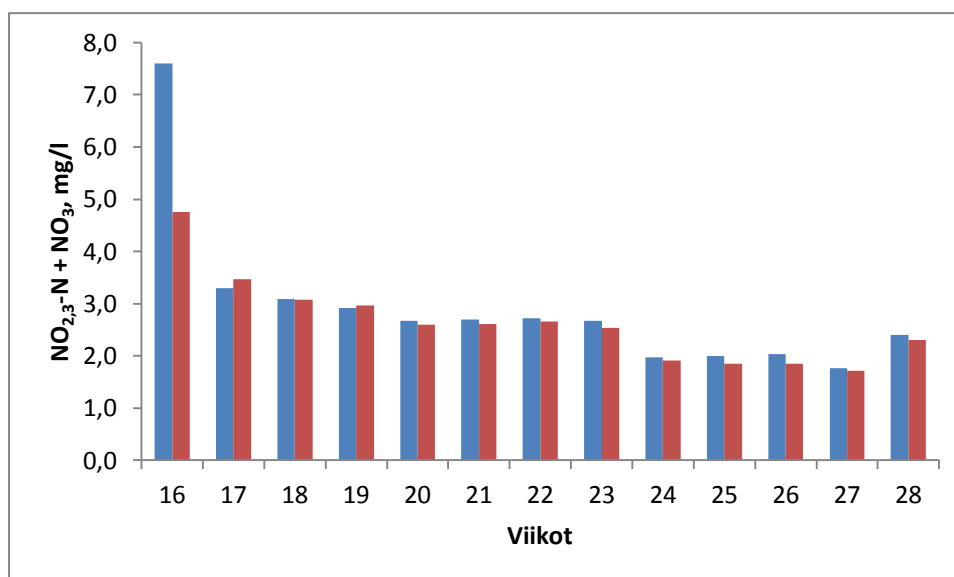
KUVIO 20. Laskeutusaltaiden vaikutus kokonaistypen määrään

Viikottaiset ammoniumtypen pitoisuuksien vaihtelu esitetty kuviossa 21 pylväsdiagrammina. Kuvaajaan pylväät on aseteltu siten, että ensimmäisenä oleva sininen pylväs kuvaa Koiransuolenojan ammoniumtypen pitoisuusmäärän ennen patoja ja toinen punainen – patojen jälkeen. Havaittavissa on muutamia ammoniumtypen pitoisuuspiikkejä tulvahuipun aikoina ja sitten kesäkuussa ja heinäkuussa. Kuvio 21 käy ilmi, että laskeutusaltaat eivät vaikuttaneet huomattavasti ammoniumtypen pitoisuuksien määrään. Ammoniumtypen pitoisuuksien vaihtelut näytteenottopisteessä P1 ja näytteenottopisteessä P2 on esitetty liitteenä 1.



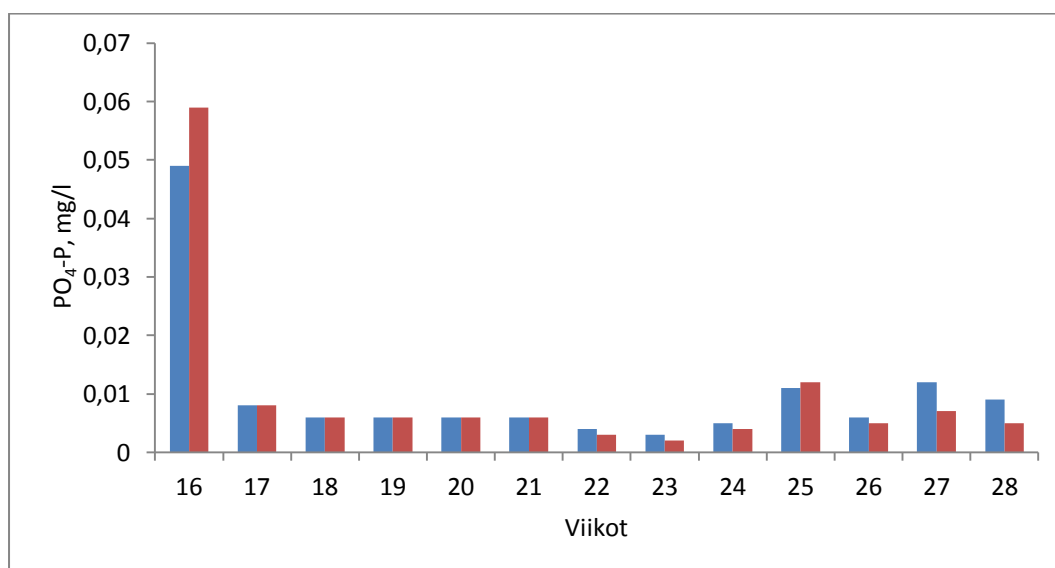
KUVIO 21. Laskeutusaltaiden vaikutus ammoniumtypen määrään

Viikottaiset nitraatin ja nitriitin vaihtelut on esitetty kuviossa 22 pylväsdiagrammina. Siniset pylväät esittävät nitraatin ja nitriitin pitoisuudet näytteenottopisteessä P1 ja punaiset pylväät esittävät nitraatin ja nitriitin pitoisuudet näytteenottopisteessä P2. Suurimmat pitoisuudet on havaittavissa tulvan huipun aikoina. Muina näytteenottoaikoina nitraatin ja nitriitin pitoisuudet pysyvät noin samalla tasolla. Kuvio 22 esittää, että laskeutusaltaiden vaikutus nitraatin ja nitriitin pitoisuuksien määrään on merkityksetön. Nitraatin ja nitriitin vaihtelut on esitetty liitteenä 1.



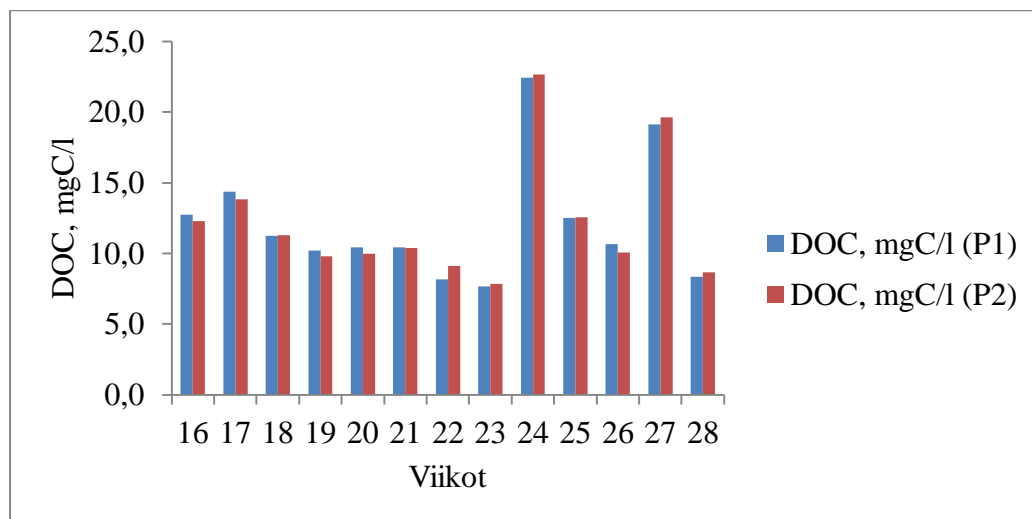
KUVIO 22. Laskeutusaltaiden vaikutus nitraatin ja nitriitin määrään

Kuviossa 23 pylväsdigrammina on esitetty Koiransuolenojan laskeutusaltaiden vaikutus fosfaatin pitoisuuden määrään. Siniset pylväät esittävät fosfaatin pitoisuudet näytteenottopisteessä P1 ja punaiset pylväät esittävät fosfaatin pitoisuudet näytteenottopisteessä P2. Kuvaajasta käy selvemmin ilmi, että laskeutusaltaat eivät vaikutta huomattavasti Koiransuolenojan fosfaatin pitoisuuteen määrään. Koiransuolenojan fosfaatin pitoisuudet molemmista näytteenottopisteistä on esitetty liitteenä1.



KUVIO 23. Laskeutusaltaiden vaikutus fosfaatin määrään

Kuviossa 24 on esitetty Koiransuolenojan liuennan orgaanisen hiilen (DOC) pitoisuuksien vaihtelu. Kuvaajasta käy selvemmin ilmi, että laskeutusaltaat eivät vaikutta huomattavasti Koiransuolenojan liuennan orgaanisen hiilen pitoisuuteen määrään. Koiransuolenojan liuennan orgaanisen hiilen pitoisuudet molemmista näytteenottopisteistä on esitetty liitteenä 1.



KUVIO 24. Laskeutusaltaiden vaikutus liuennan orgaanisen hiilen määrään

5.3.4 Laboratorioanalyysin ja automaattisen mittauslaitteen vertailu

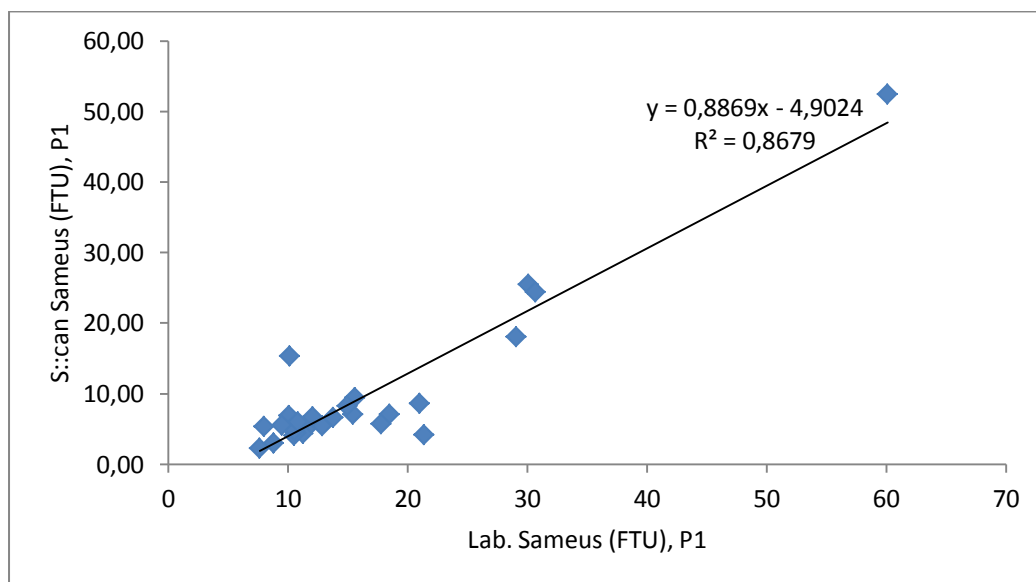
Molemmat S::can -mittauslaitteella mitatut tulokset käsiteltiin Excel- taulukkolaskentaohjelman avulla ja tuloksia tarkasteltiin lineaarisen korrelaatioanalyysin avulla. S::can -mittauslaitteen ja standardimenetelmien tuloksien välinen suhde kuvattiin graafisesti. Korrelaatio on käsite, joka kuvaa kahden muuttujan välistä riippuvuutta. Korrelaatio mitataan korrelaatiokertoimella r avulla. (Mäkinen, Sivonen & Rahikka 1994, 53, 55.)

Korrelaatiokerroin r tarkoittaa kahden muuttujan lineaarista riippuvuutta r :n arvon vaihdellessa välillä $-1 \dots +1$ (Hämäläinen 2011). Miten enemmän korrelaatiokerroin poikkeaa nolasta, sitä voimakkaampaa muuttujien välinen riippuvuus on. Arvo 1 tarkoittaa, että muuttujien välillä on täydellinen lineaarinen riippuvuus. Arvo -1 tarkoittaa täydellistä negatiivista lineaarista riippuvuutta. (Wuolijoki & Norlamo 1996, 108.)

Korrelaatio on voimakas, kun korrelaatiokerroin on välillä 0,8 - 1. Korrelaatio on huomattava, kun korrelaatiokerroin on välillä 0,6 - 0,8. Kun muuttujien välillä on olemassa lineaarinen korrelaatio, se voidaan esittää yhtälön $y = a + bx$, avulla, jossa x on selittävä muuttuja ja y selitettävä muuttuja. Selitettävän muuttujan arvo pystytään ennustamaan suoran x-arvon perusteella. (Mäkinen ym. 1994, 53,55.)

Kuvioissa 25 - 29 on esitetty molempien S::can -mittauslaitteiden sekä molempien näytteenottopaikkojen standardimenetelmillä saadut mittaustulokset. Laboratorion tulokset on merkitty x-akselille ja S::can-mittauslaitteen mittaukset on esitetty y-akselilla. Laboratoriossa ja S::can-mittauslaitteen avulla saadut vedenlaatutulokset näytteenottopisteessä P1 on esitetty liitteessä 2, näytteenottopisteessä P2 liitteessä 3.

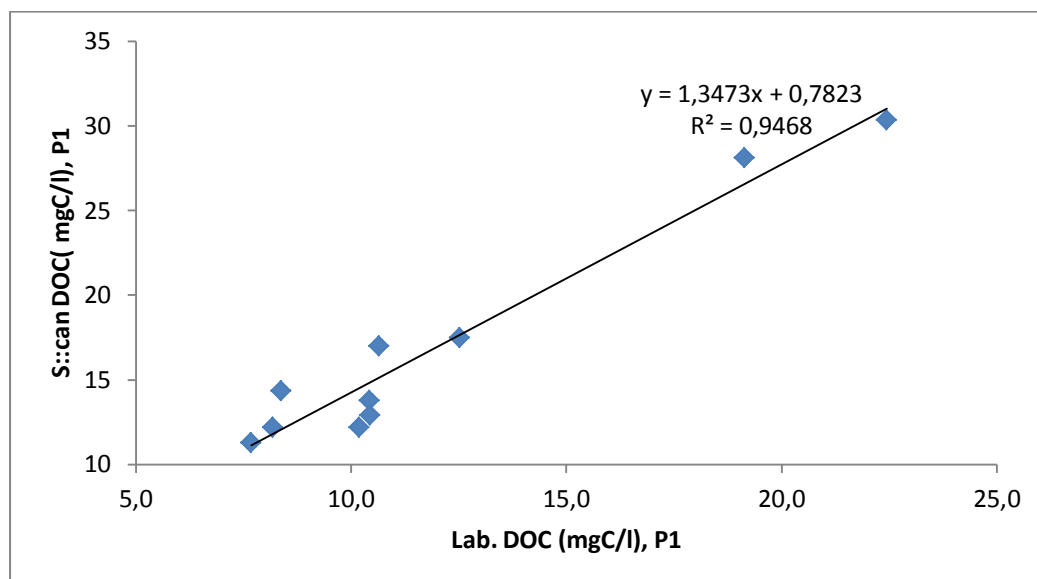
Kuviossa 25 on esitetty näytteenottopisteessä P1 S::can-mittauslaitteella saadut sameuksien tulokset ja niiden korrelaatiot standardimenetelmällä saatuihin tuloksiin verrattuna. Korrelaatiokertoimeksi saatiin 0,8679, mikä selittää tulosten vastaavuuden noin 90 %:lla.



KUVIO 25. S::can-mittauslaitteella saadut sameuksien tulokset näytteenottopisteessä P1

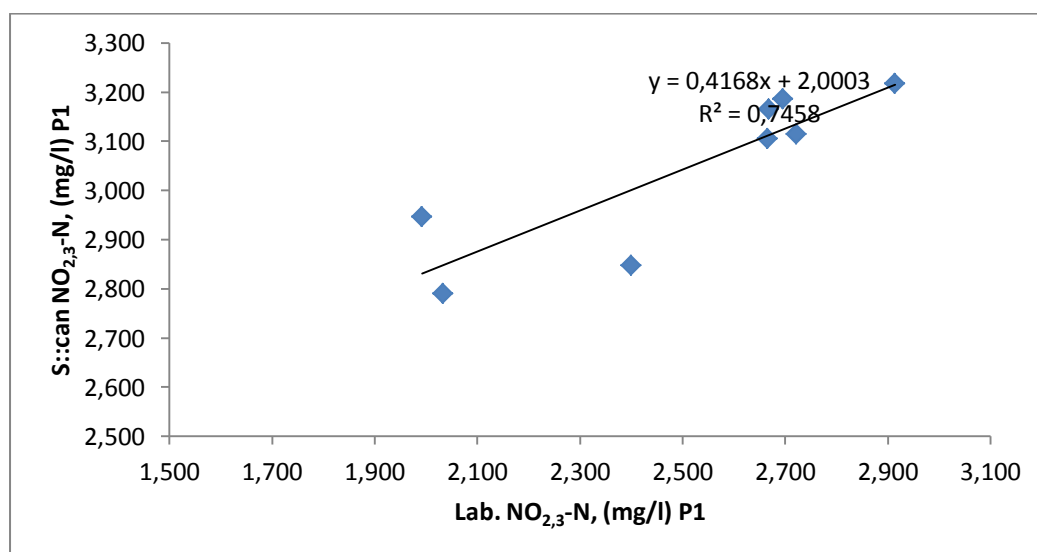
Kuviossa 26 on esitetty näytteenottopisteessä P1 S::can-mittauslaitteella saadut DOC-tulokset ja niiden korrelaatiot ravinneanalysaattorilla saatuihin tuloksiin

verrattuna. Korrelaatiokertoimeksi saatiin 0,9468, mikä selittää tulosten vastaavuuden noin 95 %:lla.



KUVIO 26. S::can-mittauslaitteella saadut DOC-tulokset näytteenottopisteessä P1

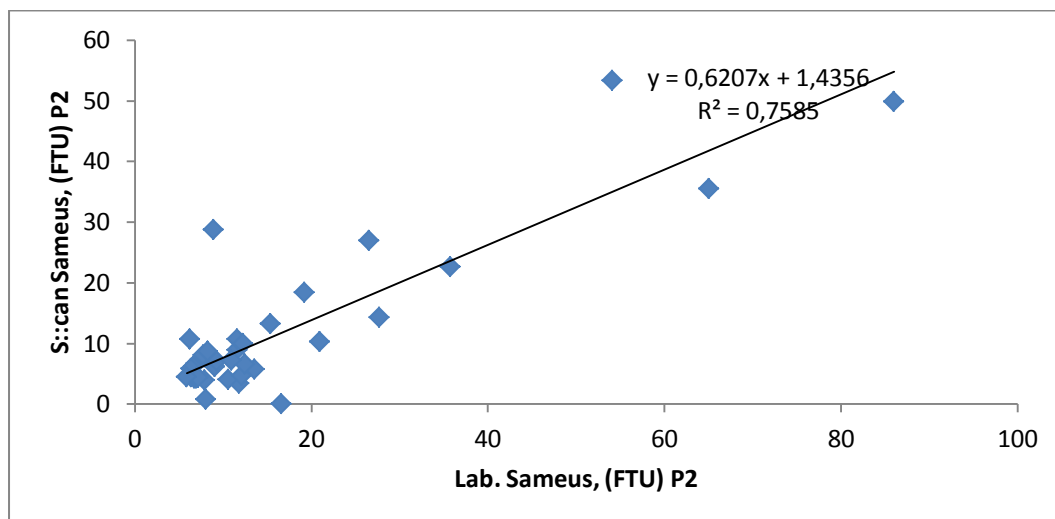
Näytteenottopisteessä P1 saatuja $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ -tuloksia on esitetty kuviossa 27. Kuviossa on esitetty S::can-mittauslaitteella saadut tulokset ja niiden korrelaatiot laboratorion ravinneanalysaattorilla saatujen tuloksiin verrattuna. S::can-mittauslaitteella tulokseksi saatiin huomattava korrelaatio. Korrelaatiokertoimeksi saatiin 0,7458, mikä selittää tulosten vastaavuuden noin 75 %:lla



KUVIO 27. S::can mittauslaitteella saadut $\text{NO}_{2,3}\text{-N}$ - tulokset näytteenottopisteessä P1.

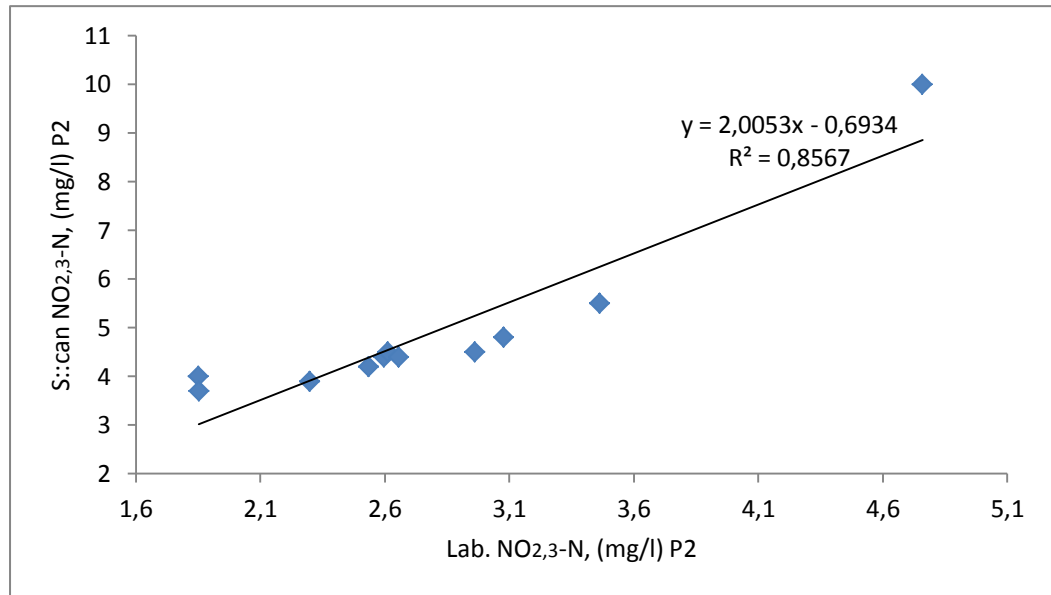
Laboratoriossa ja S::can-mittauslaitteen avulla saadut vedenlaatutulokset näytteenottopisteessä P1 on esitetty liitteenä 2.

Kuviossa 28 on esitetty näytteenottopisteessä P2 S::can-mittauslaitteella saadut sameuksien tulokset ja niiden korrelaatiot standardimenetelmällä saatuihin tuloksiin verrattuna. Korrelaatiokertoimeksi saatiin 0,7585, mikä selittää tulosten vastaavuuden noin 76 %.



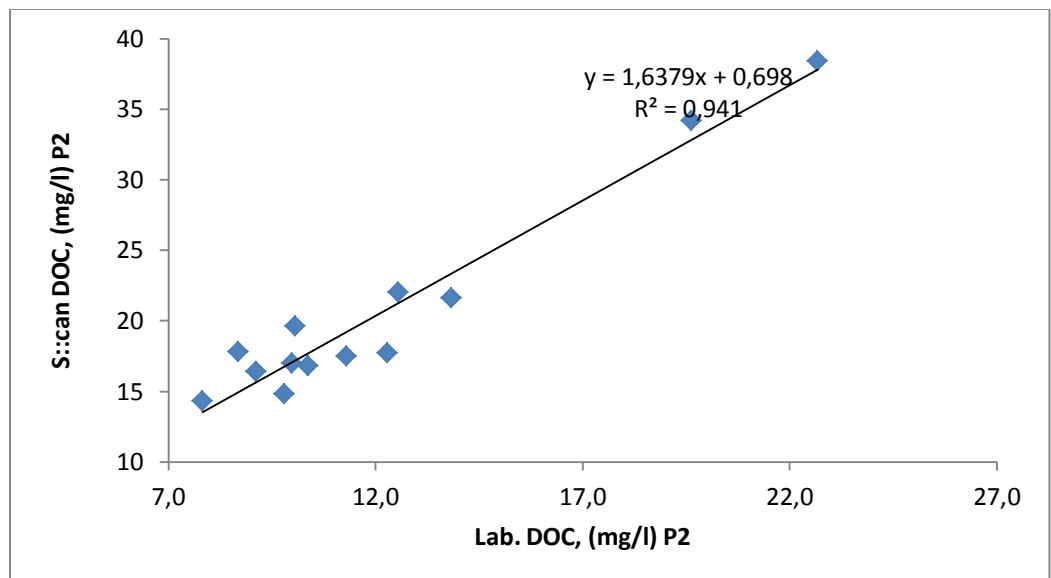
KUVIO 28. S::can-mittauslaitteella saadut sameuksien tulokset näytteenottopisteessä P2

Saadut NO_{2,3}-N-tulokset on esitetty kuviossa 29. Kuviossa on esitetty näytteenottopisteessä P2 S::can-mittauslaitteella saadut tulokset ja niiden korrelaatiot laboratorion ravinneanalysaattorilla saatujen tuloksiin verrattuna. S::can-mittauslaitteella tulokseksi saatiin voimakas korrelaatio. Korrelaatiokertoimeksi saatiin 0,8567, mikä selittää tulosten vastaavuuden noin 86 %:lla.



KUVIO 29. S::can-mittauslaitteella saadut NO_{2,3}-N-tulokset näytteenottopisteessä P2

Kuviossa 30 on esitetty näytteenottopisteessä P2 S::can-mittauslaitteella saadut DOC-tulokset ja niiden korrelaatiot standardimenetelmällä saatuihin tuloksiin verrattuna. S::can-mittauslaitteella tulokseksi saatiin voimakas korrelaatio 0,94 %.



KUVIO 30. S::can-mittauslaitteella saadut DOC-tulokset

Laboratoriossa ja S::can-mittauslaitteen avulla saadut vedenlaatutulokset näytteenottopisteessä P2 on esitetty liitteenä 3.

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Muutokset kiintoaineksen määrässä

Saadut tulokset näyttävät, että Koiransuolenojan laskeutusaltaat toimivat hyvin kiintoaineen poistajana. Laskeutusaltaat vähentävät keskimäärin kiintoaineksen pitoisuutta 41 %. Suurin laskeutusaltaiden tehokkuus 63 % määritettiin touku-
kuussa ja pienin 7 % heinäkuussa.

Koiransuolenojan S::can-mittauslaitteen sameustulosten ja laboratorionäytteiden kiintoainetulosten vertailussa saatiin lineaarinen regressio (kuvio 15) ja niiden korrelaatio on 0,73, mikä on huomattava. Lineaarisen regression ja S::can-mittauslaitteen sameustulosten avulla voidaan edelleen saada laskeutusaltaista lähtevän kiintoaineksen pitoisuudet haluttuun aikaan.

6.2 Veden laadun muutokset

Sameuden määrään laskeutusaltaat vaikuttavat huomattavasti ja keskimäärin vähentävät sameutta noin 26,6 %. Ravinnepitoisuuksien tuloksien saamisen jälkeen tuli ilmi, että laskeutuslaitteiden rakentaminen ei vähentänyt huomattavasti ravinteiden päästöjä sekä pH:n ja sähkönjohtavuuden määriä.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten Koiransuolenojan laskeutusaltaat vaikuttavat peltomailta tulevan veden ravinnepitoisuuksiin, sameuteen ja kiintoaineksen määrään. Kolmen kuukauden aikana kerättiin vesinäytteitä Koiransuolenojan laskeutusaltaita ennen ja niiden jälkeen. Laadukkaiden tuloksien saamiseksi molemmista näytteenottopisteistä otettiin kolme rinnakkaista vesinäytettä ja ne analysoitiin Lammin biologisen aseman laboratoriossa.

Saadut tulokset näyttivät, että Koiransuolenojan laskeutusaltaat vähentävät huomattavasti kiintoaineksen sekä sameuden määriä. Ravinnepitoisuudet eivät vaihdelleet huomattavasti laskeutusaltaiden tulevassa ja lähtevässä vedessä. Tuloksien analysointi näytti, että laskeutumisen teho riippui laskeutusaltaiden koosta, virtaamasta, vedenpinnan korkeudesta, kiintoaineen määrästä ja sen ominaisuuksista.

Työn tarkoituksena oli myös kalibroida käytössä olevat molemmat S::can-mittauslaitteet Koiransuolenojan vesille nitraatin ($\text{NO}_{2,3}\text{-N}$), liuenneen orgaanisen hiilen (DOC) sekä sameuden (FTU) suhteen. Kalibroinnin tarkoituksena oli testata S::can-mittauslaitteiden toimivuutta ja sopivuutta Koiransuolenojassa. Työssä saatiin voimakkaat ja huomattavat korrelaatioarvot, ja se tarkoittaa, että käytetyt S::can-mittauslaitteet tuottivat käyttökelpoista vedenlaatuaineistoa, joka soveltuu hyvin Koiransuolenojan veden laadulle.

LAHTEET

Blomster, J. 1996. Ravinnekuormituksen vaikutus rantavyöhykkeen leväyhteisöihin ja vaikutusten arvioinnissa käytetyt menetelmät. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Edita.

Helsingin yliopisto. 2013a. Lammin biologisen aseman sisäiset työmateriaalit. Laskeutusaltaiden ja pohjapatojen sijoittuminen kohteella. Yleiskartta.

Helsingin yliopisto. 2013b. Lammin biologisen aseman sisäiset työmateriaalit. Pääjärven laskevan Mustajoen virtama tammi-heinäkuun välisenä aikana vuonna 2013. Oiva Ympäristötietokanta.

Helsingin yliopisto. 2013c. Lammin biologisen aseman sisäiset työmateriaalit. Vesinäytteenottokohdat. Yleiskartta.

Hämäläinen, T. 2011. S::can optisen vedenlaadun mittalaitteen soveltuvuus vesistön monitoroinnissa – laitteen kalibrointi. Opinnäytetyö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Lahden ammattikorkeakoulu [viitattu 30.8.2013]. Saatavissa: http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/37797/Hamalainen_Taru.pdf?sequence=1

Itämeriportaali. Fosforin kierto [viitattu 29.8.2013]. Saatavissa: http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/uhat/rehevoityminen/fi_FI/fosforin_kierto/

Jaatinen, M. 2012. Pyhäjärven ulkoisen kuormituksen vähentämiskeinot valuma-alueilla-CASE:Fosfili-suodatin Huhkossa. Opinnäytetyö. Lahden ammattikorkeakoulu. Tekniikan ala. Ympäristötekniikka. Ympäristötekniikka [viitattu 18.8.2013]. Saatavissa: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/39856/Jaatinen_Matias.pdf?sequence=2

Kaartokallio, H., Knuuttila, S., Pitkänen H., Ekholm, P. & Saloniemi, A. 2012. Rehevoityminen. Itämeriportaali. SYKE [viitattu 18.7.2013]. Saatavissa: <http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/uhat/rehevoityminen/>

Kaitaranta, J. 2009. Nopeat vedenlaadun muutokset maatalousvaikutteisessa purossa – automaattinen vedenlaadun mittaus pitoisuuksien ja kuormituksen arvioinnissa. Pro gradu -työ. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Helsinki: Helsingin yliopisto.

Korhonen, J. 2007. Suomen vesistöjen virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelut. Suomen ympäristökeskus. Helsinki: Yliopistopaino.

Mäkinen, K., Sivonen, H. & Rahikka, M. 1994. Lukion lyhyt matematiikka. Helsinki: Otava.

Oravainen R. 1999. Kvvy. Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi [viitattu 30.7.2013]. Saatavissa: <http://www.kvvy.fi/opasvihkonen.pdf>

Perttilä, M. 2012. Rehevoityminen. Typen kierto. Itämeriportaali. SYKE [viitattu 30.7.2013]. Saatavissa: http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/uhat/rehevoityminen/fi_FI/typen_kierto/

Piipanoja, J. 2011. Virtaaman sekä kiintoaine – ja ravinnekuormituksen mittaaminen virtaavissa vesissä jatkuvatoimisilla mittalaitteilla. Opinnäytetyö. Kala- ja ympäristölaiteiden koulutusohjelma. Turku. Turun ammattikorkeakoulu [viitattu 19.6.2013]. Saatavissa: <http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27163/OpinnaytetyoJP.pdf?sequence=1>

Stenberg, L. 2007. Lammin Pääjärven ja Lahden Vesijärven vesitase: maankäytön vaikutus valuntaan ja haihduntaan. Diplomityö. Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto. Espoo: Teknillinen korkeakoulu.

Sarvilinna, A. & Sammalkorpi, I. 2010 Rehevoityneen järven kunnostus ja hoito. Ympäristö opas. SYKE [viitattu 28.6.2013]. Saatavissa: <http://ysy-fi-bin.directo.fi/@Bin/7f6a8a2b2dbbaf26f72fe6763793fed2/1372404049/application/pdf/129814/Rehev%C3%B6ityneen%20j%C3%A4rven%20kunnostaminen.pdf>

Vanajavesikeskus .2013.Valmistuneet kohteet. [viitattu 3.5.2013]. Saatavissa: <http://www.vanajavesi.fi/pohjapatosarja-valmistui-paajarven-koiransuolenojalla>

Vapoviesti. 2013. Vapo-konsernin asiakaslehti. [viitattu 30.8.2013]. Saatavissa: <http://www.vapoviesti.fi/index.php?id=1197&articleId=413&type=5>

Ympäristöministeriö. 2010. Rehevöityminen Suomessa. Sisävedet [viitattu 27.6.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1826&lan=fi>

Ympäristöministeriö. 2011a. Ammoniumtyppi [viitattu 28.8.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12883&lan=fi>

Ympäristöministeriö. 2011b. Kiintoaine. [viitattu 30.7.2013] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=11842&lan=fi>

Ympäristöministeriö. 2011c. Kiintoaine [viitattu 30.7.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12873&lan=fi>

Ympäristöministeriö. 2011d. pH [viitattu 23.8.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=141251>

Ympäristöministeriö. 2012a. Maatalous [viitattu 24.6.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=192&lan=fi>.

Ympäristöministeriö. 2012b. Sameus vedenlaatua kuvaavana muuttujana [viitattu 29.7.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=17452&lan=fi>

Wuolijoki, H. & Norlamo, P. 1996. Tutkivaa matematiikkaa 9, Lyhyen matematiikan kertaus. Espoo: Weilin+Göös.

LIITTEET

LIITE 1. Koiransuolenojan laboratorion vedenlaadun tulokset

LIITE 2. Laboratoriossa ja S::can-mittauslaitteen avulla saadut vedenlaatutulokset
näytteenottopisteessä P1

LIITE 3. Laboratoriossa ja S::can-mittauslaitteen avulla saadut vedenlaatutulokset
näytteenottopisteessä P2

LIITE 1. Koiransuolenojan laboratorion vedenlaadun tulokset

[illegible]

LIITE 1. (jatkuu)

| viikot | Kok-P, mg/l (P1) | Kok-P, mg/l (P2) | Kok-N, mg/l (P1) | Kok-N, mg/l (P2) | DOC, mgC/l (P1) | DOC, mgC/l (P2) |
|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 16 | 0,173 | 0,186 | 8,10 | 8,40 | 12,7 | 12,3 |
| 17 | 0,062 | 0,051 | 3,71 | 3,64 | 14,4 | 13,8 |
| 18 | 0,039 | 0,033 | 3,30 | 3,17 | 11,3 | 11,3 |
| 19 | 0,034 | 0,029 | 3,07 | 2,99 | 10,2 | 9,8 |
| 20 | 0,03 | 0,028 | 2,97 | 2,78 | 10,4 | 10,0 |
| 21 | 0,035 | 0,032 | 2,94 | 2,77 | 10,4 | 10,4 |
| 22 | 0,041 | 0,034 | 2,97 | 2,80 | 8,2 | 9,1 |
| 23 | 0,034 | 0,031 | 2,96 | 2,67 | 7,7 | 7,8 |
| 24 | 0,096 | 0,08 | 3,96 | 3,91 | 22,5 | 22,7 |
| 25 | 0,058 | 0,056 | 3,14 | 2,89 | 12,5 | 12,6 |
| 26 | 0,043 | 0,045 | 2,78 | 2,66 | 10,7 | 10,1 |
| 27 | 0,063 | 0,072 | 2,84 | 2,88 | 19,1 | 19,6 |
| 28 | 0,039 | 0,035 | 3,18 | 2,97 | 8,4 | 8,7 |

LIITE 1. (jatkuu)

| viikot | pH, (P1) | pH, (P2) | Sähkönjohtavuus, $\mu\text{S/cm}$ (P1) | Sähkönjohtavuus, $\mu\text{S/cm}$ (P2) | Sameus, FTU (P1) | Sameus, FTU (P2) |
|--------|----------|----------|--|--|------------------|------------------|
| 16 | 6,72 | 6,82 | 168,2 | 168,9 | 82,0 | 82,0 |
| 17 | 6,68 | 6,73 | 138,3 | 141,3 | 36,4 | 33,3 |
| 18 | 6,95 | 7,02 | 155,8 | 162,3 | 16,3 | 13,2 |
| 19 | 7,10 | 7,12 | 165,3 | 170,0 | 18,5 | 12,1 |
| 20 | 7,19 | 7,17 | 173,1 | 176,7 | 7,9 | 6,3 |
| 21 | 7,28 | 7,33 | 172,8 | 176,0 | 12,3 | 8,2 |
| 22 | 7,27 | 7,22 | 184,9 | 188,7 | 15,4 | 11,9 |
| 23 | 7,35 | 7,31 | 197,2 | 203,1 | 10,1 | 7,0 |
| 24 | 6,93 | 6,90 | 177,4 | 176,7 | 30,0 | 26,5 |
| 25 | 7,26 | 7,26 | 200,7 | 203,7 | 10,9 | 6,3 |
| 26 | 7,28 | 7,34 | 184,4 | 187,4 | 13,2 | 13,7 |
| 27 | 7,16 | 7,17 | 185,3 | 186,7 | 10,2 | 8,0 |

LIITE 2. Laboratoriossa ja S::can-mittauslaitteen avulla saadut vedenlaatutulokset
näytteenottopisteessä P1

| pvm ja klo | Lab. Sameus P1 (FTU) | S::can sameus P1 (FTU) |
|-----------------|----------------------|------------------------|
| 8.5.2013 11:30 | 18,5 | 7,09 |
| 10.5.2013 9:30 | 17,8 | 5,65 |
| 13.5.2013 9:30 | 21,4 | 4,11 |
| 15.5.2013 11:30 | 8,02 | 5,35 |
| 17.5.2013 9:30 | 21,02 | 8,58 |
| 20.5.2013 9:00 | 15,43 | 7,10 |
| 22.5.2013 11:30 | 11,93 | 5,63 |
| 24.5.2013 9:30 | 10,88 | 5,02 |
| 27.5.2013 9:30 | 10,5 | 4,03 |
| 29.5.2013 11:30 | 15,6 | 9,38 |
| 31.5.2013 9:30 | 11,29 | 4,32 |
| 3.6.2013 11:30 | 12,86 | 5,44 |
| 5.6.2013 11:30 | 10,1 | 6,88 |
| 7.6.2013 9:30 | 14,98 | 8,26 |
| 11.6.2013 9:30 | 60,11 | 52,48 |
| 12.6.2013 11:30 | 30,13 | 25,47 |
| 14.6.2013 9:30 | 30,69 | 24,42 |
| 17.6.2013 9:30 | 12,07 | 6,71 |
| 19.6.2013 11:30 | 10,67 | 4,46 |
| 24.6.2013 9:30 | 10,59 | 4,76 |
| 26.6.2013 11:30 | 13,79 | 6,57 |
| 28.6.2013 9:30 | 29,09 | 18,07 |
| 1.7.2013 13:00 | 10,84 | 5,93 |
| 3.7.2013 11:30 | 10,12 | 15,32 |
| 5.7.2013 11:30 | 8,79 | 2,98 |
| 8.7.2013 | 7,62 | 2,22 |
| 10.7.2013 | 9,5 | 5,49 |

LIITE 2. (jatkuu)

| pvm | klo | Lab. DOC (mgC/l), P1 | S:ran DOC (mgC/l), P1 | Lab. NO _{2,3} -N, mg/l P1 | S:ran NO _{2,3} -N, mg/l P1 |
|-----------|-------|----------------------|-----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 8.5.2013 | 11:30 | 10,2 | 12,2 | 2,914 | 3,218 |
| 15.5.2013 | 11:30 | 10,4 | 13,8 | 2,669 | 3,166 |
| 22.5.2013 | 11:30 | 10,4 | 12,9 | 2,696 | 3,187 |
| 29.5.2013 | 11:30 | 8,2 | 12,2 | 2,722 | 3,115 |
| 5.6.2013 | 11:30 | 7,7 | 11,3 | 2,666 | 3,106 |
| 12.6.2013 | 11:30 | 22,5 | 30,3 | | |
| 19.6.2013 | 11:30 | 12,5 | 17,5 | 1,992 | 2,947 |
| 26.6.2013 | 11:30 | 10,7 | 17,0 | 2,034 | 2,791 |
| 3.7.2013 | 11:30 | 19,1 | 28,1 | | |
| 10.7.2013 | 11:30 | 8,4 | 14,3 | 2,400 | 2,848 |

LIITE 3. Laboratoriossa ja S::can-mittauslaitteen avulla saadut vedenlaatutulokset
näytteenottopisteessä P2

| Pvm ja klo | Lab. Sameus P2, (FTU) | S::can sameus P2 (FTU) |
|-----------------|-----------------------|------------------------|
| 17.4.2013 11:30 | 86 | 49,8 |
| 19.4.2013 9:00 | 65,1 | 35,5 |
| 22.4.2013 9:30 | 27,7 | 14,3 |
| 24.4.2013 13:00 | 35,8 | 22,6 |
| 26.4.2013 9:30 | 21 | 10,3 |
| 29.4.2013 9:30 | 16,6 | 0 |
| 2.5.2013 11:30 | 13,6 | 5,7 |
| 3.5.2013 9:30 | 11,8 | 3,4 |
| 6.5.2013 9:30 | 10,6 | 4 |
| 8.5.2013 11:30 | 12,1 | 4,7 |
| 10.5.2013 9:30 | 12,5 | 6,6 |
| 13.5.2013 9:30 | 11,6 | 8,9 |
| 15.5.2013 11:30 | 6,37 | 4,5 |
| 17.5.2013 9:30 | 11,65 | 10,7 |
| 20.5.2013 9:00 | 8,96 | 6,6 |
| 22.5.2013 11:30 | 8,08 | 0,8 |
| 24.5.2013 9:30 | 7,92 | 3,9 |
| 27.5.2013 9:30 | 6,74 | 4,3 |
| 29.5.2013 11:30 | 12,27 | 10 |
| 31.5.2013 9:30 | 9,05 | 6,1 |
| 3.6.2013 11:30 | 9,28 | 7,1 |
| 5.6.2013 11:30 | 6,95 | 6,7 |
| 7.6.2013 9:30 | 10,94 | 7,2 |
| 11.6.2013 9:30 | 54,1 | 53,3 |
| 12.6.2013 11:30 | 8,9 | 28,7 |
| 14.6.2013 9:30 | 19,22 | 18,4 |
| 17.6.2013 9:30 | 6,7 | 6,2 |
| 19.6.2013 11:30 | 6,42 | 5,8 |
| 24.6.2013 9:30 | 6,98 | 4,2 |
| 26.6.2013 11:30 | 15,36 | 13,2 |
| 28.6.2013 9:30 | 26,54 | 26,9 |
| 1.7.2013 13:00 | 7,77 | 8,1 |
| 3.7.2013 11:30 | 8,26 | 8,7 |
| 5.7.2013 11:30 | 7,14 | 4,5 |
| 8.7.2013 | 7,16 | 4,4 |
| 10.7.2013 | 5,91 | 4,5 |
| 12.7.2013 9:30 | 6,23 | 10,7 |

LIITE 3. (jatkuu)

| Pvm | klo | Lab.DOC, P2 (mg/l) | Scan.DOC, P2 (mg/l) | Lab.NO _{2,3} -N, (mg/l) P2 | Scan.NO _{2,3} , (mg/l) P2 |
|-----------|-------|--------------------|---------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 17.4.2013 | 11:30 | 12,3 | 17,7 | 4,8 | 10 |
| 24.4.2013 | 11:30 | 13,8 | 21,6 | 3,5 | 5,5 |
| 2.5.2013 | 11:30 | 11,3 | 17,5 | 3,1 | 4,8 |
| 8.5.2013 | 11:30 | 9,8 | 14,8 | 3,0 | 4,5 |
| 15.5.2013 | 11:30 | 10,0 | 17 | 2,6 | 4,4 |
| 22.5.2013 | 11:30 | 10,4 | 16,8 | 2,6 | 4,5 |
| 29.5.2013 | 11:30 | 9,1 | 16,4 | 2,7 | 4,4 |
| 5.6.2013 | 11:30 | 7,8 | 14,3 | 2,5 | 4,2 |
| 12.6.2013 | 11:30 | 22,7 | 38,4 | | |
| 19.6.2013 | 11:30 | 12,6 | 22 | 1,9 | 4 |
| 26.6.2013 | 11:30 | 10,1 | 19,6 | 1,9 | 3,7 |
| 3.7.2013 | 11:30 | 19,6 | 34,2 | | |
| 10.7.2013 | 11:30 | 8,7 | 17,8 | 2,3 | 3,9 |