



SAVONIA

Jatkuvatoiminen vedenlaaduntarkkailu turvetuotannossa

Heli Heikkinen

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Heli Heikkinen	
Työn nimi Jatkuvatoiminen vedenlaaduntarkkailu turvetuotannossa	
Päiväys 26.4.2012	Sivumäärä/Liitteet 43
Ohjaaja(t) Päätoiminen tuntiopettaja Teemu Räsänen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Turveruukki Oy	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää jatkuvatoimisen vedenlaaduntarkkailun soveltumista turvetuotannon päästötarkkailuun. Päästötarkkailussa käytetään jatkuvatoimista virtaamamittausta turvetuotantoalueilta lähteville vesille tyypillisten nopeiden virtaamamuutosten havaitsemiseen. Vedenlaaduntarkkailu perustuu puolestaan yleensä näytteenottoon, jolloin osa laadunvaihteluista jää havaitsematta.</p> <p>Tutkimuskohteena toimi Turveruukki Oy:n Järvinevan turvetuotantoalueen vuodesta 2002 käytössä ollut jatkuvatoiminen mittausasema, jossa on mitattu tuotantoalueelta lähtevän veden laatua pH-, kiintoaine- ja sameusantureilla, sekä virtaamaa ja säätilaa. Järvinevan mittausasemalta otetaan vesinäytteitä ympärivuotisesti päästötarkkailua varten. Jatkuvatoimisen vedenlaadunmittauksen luotettavuutta ja onnistumista tutkittiin vertaamalla vedenlaadudatasta puuttuvien mittaustulosten määrää virtaamamittauksesta puuttuvien mittaustulosten määrään, sekä tutkimalla onko jatkuvatoimisella mittauksella saatu näytteenottopäivinä samoja tuloksia kuin näytteiden laboratoriomäärityksissä. Havaittujen virheiden pohjalta koottiin Järvinevan jatkuvatoimisen vedenlaaduntarkkailun yleisimpiä virhelähteitä ja keinoja virheiden ehkäisemiseksi. Lisäksi tutkittiin jatkuvatoimisella vedenlaaduntarkkailulla saavutettavia hyötyjä vertaamalla jatkuvatoimisen mittauksen ja näytteenoton perusteella laskettavia kuormituksia käyttäen molemmissa samaa virtaamatietoa.</p> <p>Tutkimuksissa havaittiin, että kyseisellä mittausasemalla pH- ja kiintoaineanturit toimivat teknisesti hyvin ja niiden tuottama mittaustulos on ollut luotettavaa, jos anturien, mittakaivon, liittimien ja akun kunnosta, puhtaudesta ja kalibroinnista on huolehdittu riittävästi. Mittausaseman sameusmittaukseen perustuva kiintoainemittaus ei ole ollut luotettavaa johtuen virheellisestä muuntokaavasta. Tulosten luotettavuuden kannalta on välttämätöntä seurata saatua mittaustietoa säännöllisesti, tunnistaa virheelliset mittaustulokset ja huoltaa mittausasemaa havaittujen virheiden perusteella. Jatkuvatoiminen vedenlaaduntarkkailu ei voi vielä korvata perinteistä näytteenottoon perustuvaa tarkkailua, mutta sen avulla voidaan optimoida näytteenottoa ja vesiensuojelumenetelmien toimintaa, arvioida kuormitusta tarkemmin ja saada tietoa ravinteiden esiintymisestä.</p>	
Avainsanat turvetuotanto, vedenlaatu, jatkuvatoiminen mittaus, mittaus, näytteenotto, monitorointi	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Heli Heikkinen			
Title of Thesis Water Quality Monitoring in Peat Production			
Date	26 April 2012	Pages/Appendices	43
Supervisor(s) Mr Teemu Räsänen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Turveruukki Oy			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this bachelor’s thesis was to study the suitability of continuous water quality monitoring in peat production emission monitoring. In emission monitoring, continuous flow rate measuring is used to trace the typical fast variations in the flow from the peat production sites. The water quality is usually monitored through sampling, due to which, part of the quality shifts are left unregistered.</p> <p>The object of the study, the quality monitoring system station in Järvineva peat production site, owned by Turveruukki Oy, has been in use since 2002. It has been used to continuously measure pH, suspended solids, turbidity, flow rate and weather. Water samples are taken from the QMS station around the year for emission monitoring purposes. The credibility of measurements and the rate of successful measuring were studied by comparing the amount of missing quality measurement data to the amount of missing flow rate measurement data, and by comparing the data gathered from sensors to the analysis of the water samples. Based on the discovered errors, the most common causes and countermeasures for errors were compiled. Furthermore, the benefits of continuous water quality monitoring were assessed by comparing the calculated emissions based on continuous measurements and water sample measurements using the same flow rate data.</p> <p>It was discovered that the pH and suspended solid sensors worked well and the data they provided was accurate if the sensors, measuring well, plugs and the battery were properly maintained. The suspended solid rate measurements from the turbidity sensor were not accurate because of an incorrect conversion formula. To ensure accurate data it is necessary to frequently monitor the acquired data, identify the erroneous data and, when errors are detected, to maintain and fix the station. At the moment a continuous water quality monitoring system cannot replace the traditional, sampling based monitoring, but it can be used to improve the sampling and the water treatment technology, the accuracy of emission estimation and to gather information about the nutrition occurrence.</p>			
<p>Keywords Peat Production, Water Quality, Continuous Measuring, Measuring, Sampling, Monitoring</p>			

SISÄLTÖ

ALKUSANAT	7
1 JOHDANTO.....	8
2 TURVETUOTANTO SUOMESSA	9
3 TURVETUOTANNON PÄÄSTÖT	10
3.1 Melu ja pöly	10
3.2 Päästöt vesistöihin	10
4 TURVETUOTANNON PÄÄSTÖJEN VELVOITETARKKAILU	12
5 JATKUVATOIMISEN VEDENLAADUNMITTAUKSEN SOVELTUVUUS TURVETUOTANNON PÄÄSTÖTARKKAILUUN	14
5.1 Jatkuvatoinen vedenlaadunmittaaminen	14
5.2 Tekninen soveltuvuus turvetuotannon päästötarkkailuun.....	15
5.3 Kustannukset	16
5.4 Jatkuvatoinisella mittauksella saavutettavat hyödyt.....	18
6 KOHTEEN KUVAUS.....	19
7 MENETELMIEN KUVAUS.....	22
7.1 Mittaustulosten luotettavuuden tutkiminen.....	22
7.2 Ohjeen laadinta mittausvirheiden ehkäisemiseksi.....	23
7.3 Jatkuvatoinisen mittauksen ja laboratoriotulosten perusteella laskettujen kiintoainekuormitusten vertailu.....	23
8 TULOKSET.....	25
8.1 Mittausten luotettavuus.....	25
8.1.1 pH-mittauksen luotettavuus	25
8.1.2 Kiintoainemittauksen luotettavuus	27
8.1.3 8.12. – 11.6.2009 virhejakso kiintoaine- ja pH-mittauksissa	29
8.1.4 Sameusmittauksen luotettavuus	31
8.2 Yleisimmät virhelähteet ja niiden tunnistaminen ja ehkäisy.....	34
8.2.1 Sameusmittaukseen perustuva kiintoainepitoisuuden tarkkailu	34
8.2.2 pH-mittaus	35
8.2.3 Mittausaseman kunto	36
8.3 Kuormitus jatkuvatoinisen mittauksen ja näytteenoton perusteella	36
9 JOHTOPÄÄTÖKSET	39
LÄHTEET	41

ALKUSANAT

Haluan kiittää Turveruukki Oy:tä ja EHP-Tekniikka Oy:n Risto Hiljasta asiantuntevasta avusta ja mahdollisuudesta tehdä tämä työ. Kiitos myös Oulun Energialle työtiloista ja hyvästä työtoveruudesta. Kiitos perhe ja ystävät avustanne ja tuestanne opiskelujeni aikana.

Oulussa 26.4.2012 Heli Heikkinen

1 JOHDANTO

Viime aikoina mediassa on käyty keskustelua turvetuotannon aiheuttamista vesistöpäästöistä. Järvien rannoilla asuvat ja oleskelevat ihmiset syyttävät järvien liettymisestä ja vesikasvien lisääntymisestä turvetuotantoa. Nykyistä päästötarkkailua kritisoidaan siitä, että se ei onnistu havaitsemaan rankkasateiden aikaisia kuormitushuippuja, jolloin lyhyessä ajassa vesistöön huuhtoutuu suuri määrä kiintoainetta, humusta ja ravinteita. (MOT 2011). Tarkempi arvio virtaamavaihteluiden aiheuttamista kuormitushuipuista voitaisiin havaita tiheämmällä tarkkailuvälillä, kuten jatkuvatoimisilla mittalaitteilla. Tämän työn tavoitteena on selvittää miten jatkuvatoiminen vedenlaadunmittaus soveltuu turvetuotannon päästötarkkailuun ja mitä hyötyjä sen avulla voidaan saavuttaa.

Työn kohteena toimii Järvinevan turvetuotantoalueen vuodesta 2002 toiminnassa ollut jatkuvatoiminen mittausasema, jolla on mitattu ympärivuotisesti lähtevän veden kiintoainepitoisuutta, sameutta, pH:ta ja virtaamaa. Työssä selvitetään mittausten onnistumista vertaamalla saatua vedenlaadutietoa näytteiden analyysituloksiin ja virtaamamittaukseen, joka on käytössä jo useimmilla tarkkailusoilla, onnistumiseen. Tulosten pohjalta laaditaan ohje mittaustulosten laadunvarmistukseen. Lisäksi havainnollistetaan, miten jatkuvatoimisesta mittauksesta ja näytteenotoista lasketut kuormitukset eroavat käytettäessä samaa virtaamatietoa.

Työn tilaaja on Pohjois-Pohjanmaalla, Lapissa ja Ylä-Savossa toimiva energia-, kasvu- ja kuiviketurtuottaja Turveruukki Oy, joka työllistää noin 200 työntekijää ja aliurakoitsijaa.

2 TURVETUOTANTO SUOMESSA

Turve muodostuu osittain maaneista kasvosista hapettomissa ja erittäin kosteissa olosuhteissa suossa. Suomen maapinta-alasta 9,29 miljoonaa hehtaaria eli noin kolmasosa on turvemaata. Siitä 0,6 prosenttia eli 0,06 miljoonaa hehtaaria on turvetuotantokäytössä. (Energiateollisuus). Turvetta käytetään suurimmaksi osaksi polttoaineena voimalaitoksissa. Lisäksi sitä tuotetaan esimerkiksi eläinten kuivikkeeksi, kasvu- ja hoitoturpeeksi. Eri maatumisasteella tai eri kasvien osista koostuvia turpeita käytetään eri käyttötarkoituksiin. (Turveteollisuusliitto ry).

Energiaturvetta on viime vuosina käytetty 20–29 TWh vuodessa, joka on 5–7 % Suomen vuotuisesta energian kokonaiskulutuksesta. Turve on Suomessa määritelty hitaasti uusiutuvaksi biomassapolttoaineeksi. Ilmastopoliitikassa sitä käsitellään kuitenkin fossiilisena polttoaineena, eli sen katsotaan hitaan uusiutumisen vuoksi lisäävän hiilidioksidin pitoisuutta ilmakehässä, toisin kuin muut biopolttoaineet. Hiilidioksidin lisäksi turpeen poltossa syntyy rikkidioksidia, typen oksideja ja tuhkaa. (Energiateollisuus).

Turpeella on ilmastovaikutuksestaan huolimatta erityisesti aluepoliittista hyötyä. Se parantaa kotimaisena polttoaineena energiantuotannon huoltovarmuutta ja työllistää haja-asutusalueiden ihmisiä. Turpeen käytöllä korvataan erityisesti kivihiilen käyttöä, sillä useimmissa olemassa olevissa voimalaitoksissa ei ole mahdollista polttaa pelkkiä puupolttoaineita, vaan ne tarvitsevat seospolttoaineeseen laadultaan, saatavuudeltaan ja hinnaltaan tasaisempaa polttoainetta, kuten kivihiiltä tai turvetta. (Turveteollisuusliitto ry).

3 TURVETUOTANNON PÄÄSTÖT

Turpeen polton ja kuljetuksien lisäksi myös turpeen tuotannossa syntyy päästöjä, kuten melua, pölyä ja vesistöpäästöjä (Väyrynen ym. 2008).

3.1 Melu ja pöly

Turpeen tuotannossa käytetään kuivatukseen, keräämiseen ja aumaamiseen raskaita koneita, joista aiheutuu melua. Turvetta on tuotettava sään salliessa yötä päivää, jolloin melu on laadultaan jatkuvaa. Raskas kalusto nostattaa myös hienojakoisesta ja kuivasta turpeesta pölyä, joka voi tuulisella säällä levitä ympäristöön. Turpeen aiheuttamaa pöly- ja meluhaittaa pyritään minimoimaan sijoittamalla tuotantoalueet tarpeeksi kauas asutuksesta ja jos tämä ei ole mahdollista, keskeyttämällä työt tarvittaessa tuulen nopeuden ollessa suuri tai sen suunnan ollessa esimerkiksi asutukseen päin. Myös uudet turpeenostomenetelmät ja suojavaivohyökkeet tuotantoalueen ympärillä vähentävät pöly- ja meluhaittoja. (Väyrynen ym. 2008).

3.2 Päästöt vesistöihin

Turvetuotantoalueiden ojituksessa alueen vesien kulkureitit ja määrät muuttuvat. Turvetuotannossa olevan suon vedenpidätyskyky on pienempi, kuin luonnontilassa olevan tai metsäojitetun suon ja tästä johtuen vesien määrien vaihtelut ovat suurempia veden kulkeutuessa nopeasti suolta ojaan ja alapuoliseen vesistöön. Kuivalla säällä päästöt ovat vähäisiä, mutta suuren sademäärän aikana kiintoainetta ja ravinteita huuhtoutuu virtaamahuipun takia paljon. Vaihteluun vaikuttavat sadannan lisäksi oleellisesti myös turpeen laatu, vuodenaikat, tuotantojaksot ja käytetyt vesiensuojelumenetelmät. (Väyrynen ym. 2008). Turvesuolla suurimmat virtaamat ajoittuvat yleensä kevääseen ja syksyyn. Vähimmillään virtaama on kevättalvella ennen lumien sulamista (Kløve 2000).

Turvetuotannossa olevalta suolta lähtevä vesi sisältää yleensä enemmän kiintoainetta, humusta, rautaa, fosforia ja typpeä, kuin luonnontilaiselta suolta lähtevä vesi. Kiintoaineen orgaaninen aine ja veteen liuennut orgaaninen aine lisäävät veden hapenkulutusta. Suosta liukeneva fosfori voi esiintyä liukoisena fosfaattifosforina ($\text{PO}_4\text{-P}$), liukoisena orgaanisena fosforina tai sitoutuneena kiintoaineeseen. Suosta liukeneva typpi esiintyy liukoisena ammonium- ($\text{NH}_4\text{-}$) tai

nitraattityyppenä ($\text{NO}_3\text{-N}$), liukoisena orgaanisena typpinä tai sitoutuneena kiintoaineeseen. Ravinteiden esiintyminen on riippuvaista suon hydrologisista oloista, kuten valumasta ja veden viipymästä suon eri kerroksissa ja uomissa. (Sallantaus 1983; Kløve 2000).

Turvetuotannon vesistö päästöjä vähennetään erilaisilla vesiensuojelumenetelmillä. Turvetuotantoalueelle valittujen vesiensuojelumenetelmien tulee olla parasta käyttökelpoista tekniikkaa (BAT) ottaen huomioon alueen erityispiirteet ja arvioidun jäljellä olevan tuotantoajan. Vesiensuojelumenetelmillä pyritään joko estämään kiintoaineen kulkeutumista veden mukana, kuten lietetaskuissa, lietteen pidättimissä ja laskeutusaltaissa; tasaamaan virtaaman vaihtelua, kuten virtaamansäätöpadoissa; tai sitomaan veden ravinteita maaperään, kasveihin tai poistettavaan lietteeseen, kuten pintavalutus kentissä, kasvillisuus kentissä, maaperäimeytyksessä, kosteikoissa tai kemiallisessa vesienkäsittelyssä. (Väyrynen ym. 2008).

4 TURVETUOTANNON PÄÄSTÖJEN VELVOITETARKKAILU

Yli 10 hehtaarin turvetuotantoalue tarvitsee aina ympäristöluvan. Ympäristöluvassa annetaan määräykset ympäristön pilaantumisen vaaraa ehkäisevistä toimenpiteistä, kuten vesiensuojelurakenteista ja niiden kunnossapidosta, työskentelyajoista ja -paikoista, toiminnasta häiriö- ja poikkeustapauksissa, tuotannon lopettamisesta ja alueen jälkikäytöstä; määräykset toiminnan ja sen vaikutusten tarkkailusta sekä määräykset toiminnan ympäristönsuojelun kehittämiseksi ja valvomiseksi, sekä määräykset mahdollisista korvausmaksuista, kuten kalatalousmaksuista. (Ympäristönsuojeluasetus 18.2.2000).

Ympäristöluvassa määrättyyn turvetuotannon velvoitetarkkailuun kuuluvat käyttö-, päästö- ja vaikutustarkkailu. Käyttötarkkailussa pidetään käyttöpäiväkirjaa, johon kirjataan kaikki vesiensuojelurakenteiden kunnossapitoon ja päästötarkkailuun liittyvät tehdyt toimenpiteet, poikkeustilanteet säässä tai muussa toiminnassa, sekä ympäristöhavainnot. Vaikutustarkkailussa tutkitaan tuotannon vaikutusta vesistöön ja kalakantaan, joten tarkkailu on toteutettava ennen kuntoonpanon aloittamista ja tuotannon aikana. Turvetuotannon päästötarkkailussa tarkkaillaan lähinnä päästöjä vesistöihin. Melu- ja pölypäästöjä ei yleensä mitata, mutta niiden vaikutuksia voidaan tarkkailla. (Turvetuotannon tarkkailutyöryhmä 2006).

Turvetuotantoalue on eristysojilla muusta alueesta eristetty. Alueelta poistuvat kuivatusvedet kulkevat vesiensuojelurakenteiden läpi yhteen purkupisteeseen. Vesistö päästöjen määrää ja laatua mitataan tästä pisteestä, jolloin saadaan tietoon alueelta lähtevät päästöt. Päästöistä vähennetään arvioitu tai ennen tuotantoalueen kuntoonpanoa mitattu taustahuuhtouma, jolloin saadaan erotettua tuotannon aiheuttamat päästöt. (Väyrynen ym. 2008). Vesipäästöt vaihtelevat paljon eri soiden, tuotantovaiheiden, vesiensuojelurakenteiden, vuosien ja vuodenaikojen välillä, joten turvetuotannosta aiheutuvista päästöistä ja niiden määrästä ei voida tehdä johtopäätöksiä ilman tuotantoaluekohtaisia mittauksia. Kaikkien soiden vesistö päästöjä ei kuitenkaan tarkkailla koko tuotannon ajan, vaan tuotantoalueet kuuluvat laajempaan tarkkailuohjelmaan, jossa jotkin soista ovat tarkkailussa ja muiden soiden päästökuormitus arvioidaan tarkkailusoiden päästöjen perusteella. (Turvetuotannon tarkkailutyöryhmä 2006).

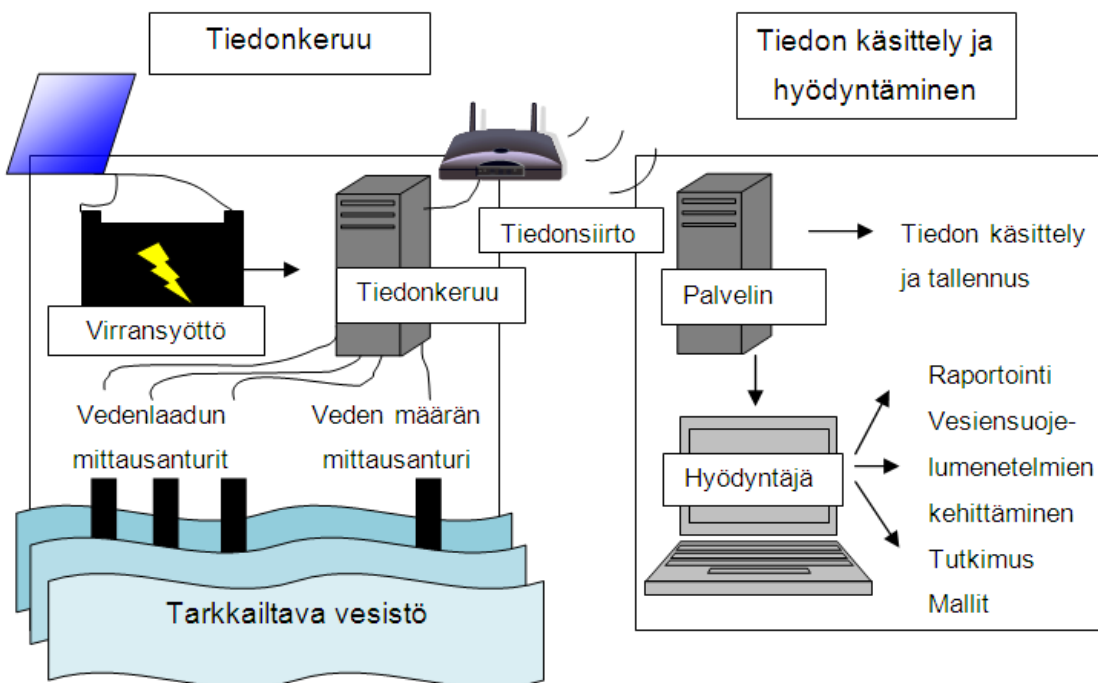
Turvetuotantoalueen päästötarkkailusta määrätään alueen ympäristöluvassa. Yleensä tuotantoalue on noin kymmenen vuotta kestäväällä lupakaudella tarkkailussa vähintään kahden vuoden ajan. Suuret tuotantoalueet voivat tämän lisäksi olla niin sanotussa suppeassa tarkkailussa muinakin vuosina. Turvetuotantoalueen tarkkailussa mitataan alueen purkupisteestä lähtevän veden määrää ja sen laatua tarkkaillaan säännöllisesti vesinäytteillä. Vesinäytteistä määritetään kiintoaine-, kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuudet, kemiallinen hapenkulutus (COD_{Mn}) ja pH. Suon tyyppistä riippuen näytteistä voidaan määrittää myös rauta ja liukoiset ravinteet NH_4-N , $NO_2 + NO_3-N$ ja PO_4-P . (Turvetuotannon tarkkailutyöryhmä 2006). Tarkkailussa olevalta turvetuotantoalueelta lähtevän veden tarkkailujakson pituus, määrän mittaustapa ja vesinäytteistä määritettävät suuret riippuvat siitä, minkälaisessa tarkkailussa suo on tarkkailuohjelmassa.

Turvetuotantoalueen päästöt raportoidaan yhdessä muiden soiden kanssa tarkkailuohjelman vuosiraportissa. Vuosiraporttiin lasketaan virtaama- ja pitoisuustietojen perusteella alueen ominaiskuormitus (g/ha d), jonka avulla arvioidaan kyseessä olevan tuotantoalueen ja muiden vesiensuojeluratkaisuiltaan samankaltaisten tuotantoalueiden kausi- ja vuosikuormitukset. (Turvetuotannon tarkkailutyöryhmä 2006).

5 JATKUVATOIMISEN VEDENLAADUNMITTAUKSEN SOVELTUVUUS TURVETUOTANNON PÄÄSTÖTARKKAILUUN

5.1 Jatkuva toiminen vedenlaadunmittaaminen

Jatkuva toimisella vedenlaadunmittausjärjestelmällä tarkoitetaan kokonaisuutta, joka mittaa ja kerää automatiikan avulla jatkuvatoimista tietoa veden muuttujista. Mittausjärjestelmällä voidaan kerätä tietoa esimerkiksi veden laadun muuttujista, kuten kiintoaineesta tai ravinteista; veden määrän muuttujista, kuten virtaamasta tai veden syvyydestä tai vesistövaikutuksista kertovista muuttujista, kuten veden a-klorofylli- tai happipitoisuudesta. Esimerkki automaattisesta vedenlaadun ja -määrän mittausjärjestelmästä on esitetty kuvassa 1.



KUVA 1. Esimerkki jatkuvatoimisesta vedenlaadun ja -määrän mittausjärjestelmästä. Kuva pohjautuu Juntura ym. 1997 kuvaan 1 Automaattinen veden laadun seurantajärjestelmä.

Tietoa voidaan joko kerätä dataloggeriin ja käydä hakemassa paikan päältä mittausasemalta, tai lähettää suoraan hyödyntäjälle, jolloin tieto on lähes reaaliaikaisesti käytettävissä. Tiedon reaaliaikainen seuranta mahdollistaa nopean reagoinnin vedenlaadun muutoksiin.

5.2 Tekninen soveltuvuus turvetuotannon päästötarkkailuun

Automaattisessa mittausjärjestelmässä antureiden ja tiedonsiirtolaitteiden toimiminen on tärkeää (Juntura ym. 1997; Huttula ym. 2009). Turvetuotantoalueet sijaitsevat yleensä kaukana asutuksesta, sekä sähkö- ja tiedonsiirtoverkoista. Muita haasteita laitteiden toimivuudelle tuovat sääolosuhteet, kuten kylmyys ja kosteus. Kokemukset jatkuvatoimisista mittalaitteista, kuten virtaamamittauksesta kuitenkin osoittavat, että nykyteknologialla jatkuvatoimisen mittausjärjestelmän virransyöttö, tiedonkeruu ja sen lähettäminen hyödyntäjän käyttöön saadaan toimimaan luotettavasti. (Juntura ym. 1997).

Turvetuotannossa erityishaasteita jatkuvatoimiselle mittausjärjestelmälle tuovat esimerkiksi soveltuvien antureiden puute. Luonnonvesiin sopivia saatavilla olevia vedenlaatuantureita on vielä varsin vähän. Turvetuotannon tarkkailtavista päästöistä luotettavat anturit löytyvät nykyään sameuden, kiintoainepitoisuuden ja pH:n mittaamiseen (Huttula ym. 2004; 2009). Myös muita antureita esimerkiksi liukoisten ravinteiden mittaamiseen on saatavilla ja niistä on myös käyttökokemusta Suomessa (Juntura ym. 1997). Jatkuvatoinen mittausjärjestelmä kannattaa järjestää niin, että mitataan ennemmin muutamia tarkkoja ja luotettavia mittauksia kuin monia, jotka ovat epäluotettavia, koska toiminta perustuu juuri järjestelmän luotettavuuteen (Asp 2009). Jatkuvatoinista vedenlaaduntarkkailujärjestelmää kehitettäessä tulisi miettiä tarkoin, mitä vedenlaatuantureita järjestelmään liitetään. Anturit on valittava käyttökohteen mukaan, jolloin asennuspaikan ja turvetuotannon olosuhteen on tunnettava hyvin (Huttula ym. 2009).

Mikäli jatkuvatoimista mittausta halutaan käyttää havaitsemaan humusta, voitaisiin sitä tarkkailla mittaamalla esimerkiksi veden väriä, DOC:ia (liuennut orgaaninen hiili), tai veden absorbanssia (Leskelä ym. 2010). Myös TOC:ia (orgaanisen hiilen kokonaispitoisuuden) ja COD:ia (kemiallisen hapenkulutuksen) voidaan mitata jatkuvatoimisesti ja niiden mittaamisesta saadaan kokemusta muunmuassa parhaillaan meneillään olevassa Keski-Suomen ELY:n toteuttamassa TASO-hankkeessa (TASO-hanke). Kaikkien näiden mittausten onnistuminen vaatii paikkakohtaista kalibrointia, koska niihin vaikuttavat humuksen lisäksi myös muut veden ominaisuudet. Tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon veden muiden ominaisuuksien vaikutus. (Leskelä ym. 2010)

Mittausanturit perustuvat optiikkaan, joten ne täytyy varustaa toimivalla automaattisella puhdistuksella toimiakseen luonnonvesissä. (Huttula ym. 2009)

Turvetuotannosta aiheutuu monia vesistö päästöjä, joiden esiintyminen vaihtelee paljon alueen hydrologian, kuten sadannan ja viipymän suhteen. Esimerkiksi turvesuolta huuhtoutuva fosfori esiintyy sitoutuneena kiintoaineeseen, se voi esiintyä myös liukoisena fosfaattina tai liukoisena orgaanisena fosforina. Kiintoainepitoisuudesta ei siis voida suoraan päätellä liuenneen fosforin tai muiden ravinteiden pitoisuutta vedessä (Kløve 2000), mutta niiden ennustaminen voi olla mahdollista esimerkiksi säätilan ja virtaaman avulla laadituilla malleilla, jos ravinteiden huuhtoutumiseen vaikuttavat tekijät tunnetaan hyvin. Parhaassakin tapauksessa perinteisestä näytteenotosta ei voida luopua, sillä sitä tarvitaan automaattisten mittalaitteiden kalibrointiin, sekä tulosten ja mallien luotettavuuden tarkastamiseen. (Juntura ym. 1997).

5.3 Kustannukset

Taulukossa 1 sivulla 16 on kuvattu automaattisen mittausaseman investointi- ja käyttökustannukset. Mittausaseman kustannukset riippuvat paljolti siitä, mitä mittauksia asemalle hankitaan, millaisiin olosuhteisiin asema on sijoitettava ja millä tavalla tiedon halutaan olevan käytettävissä. Turvetuotantoalueiden syrjäinen sijainti asutuksesta vaikuttaa investointikustannuksista erityisesti virtalähteen investointikustannuksiin, sillä alueilla ei yleensä ole valmiiksi sähköverkkoa. Sähköverkon vetäminen alueelle on erittäin kallista, joten tarkkailujärjestelmä on suunniteltava niin energiatehokkaasti, että se voi toimia ilman verkkovirtaa esimerkiksi aurinkopaneelilla ja akuilla myös pohjoisissa olosuhteissa.

Turvetuotantoalueiden syrjäinen sijainti vaikuttaa erityisesti kaikkiin henkilötyökustannuksiin, sillä se lisää matkustamisesta aiheutuvia kustannuksia. Tästä syystä mittausasema tulisi suunnitella niin, että paikan päällä tarvitsee käydä mahdollisimman harvoin. Laitteiden tulee olla laadukkaita, jotta ne kestävät sään vaihteluja ja mittaustiedon tallennus ja siirto toimivat moitteettomasti. (Huttula ym. 2009). Laadukkailla anturit varustettuna puhdistuksella ja mittaustietojen seurantamahdollisuus palvelimelta tai tietokoneelta vähentää turhia mittaustiedon nouto- ja huoltokäyntejä mittausasemalla (Asp 2009).

TAULUKKO 1. Jatkuvatoinnisen mittausaseman kustannukset.

Investointikustannukset	Käyttökustannukset
Mittakaivon rakenteet <ul style="list-style-type: none"> • kaivo • mittapato • asennustelineet 	Energiamaksut
Virtalähde <ul style="list-style-type: none"> • sähköverkon vetäminen alueelle • akut, aurinkopaneelit 	Tiedonsiirtomaksut
Dataloggeri	Datapalvelumaksut
Mittakaivon asennus <ul style="list-style-type: none"> • Kaivinkonetyöt • Muut asennukset 	Huolto, kalibrointi ja puhdistus
Anturit	Laadunvalvonta
Anturien asennus ja kalibrointi	Laadunvarmistuksen näytteenotot ja näytteiden analysointi

Turvetuotantoalueille, joilla on tai joille suunnitellaan jatkuvatoimista virtaamamittausta, muutaman vedenlaatumuuttujan mittauksen lisääminen kasvattaa investointikuluja anturin hankinnasta, asennuksesta ja kalibroinnista tulevin kustannuksin. On kuitenkin huomattava, että vedenlaatuanturit ovat tällä hetkellä pH-anturia lukuun ottamatta hintaluokaltaan huomattavasti kalliimpia kuin virtaamanmittaukseen käytettävä paineanturi. Erityisesti optiset anturit ovat investointikustannuksiltaan kalliita. (Huttula ym. 2009) Lisäksi toiset anturit vaativat aina paikkakohtaista kalibrointia, jota varten on otettava useita näytteitä kohteen vedestä, kun taas toiset soveltuvat kalibroinnin jälkeen lähes mihin tahansa kohteeseen. Paikkakohtaista kalibrointia vaativat esimerkiksi tässä työssä käsitelty optinen sameusanturi, kun taas paine-, pH- tai lämpötila-anturit käyvät samalla kalibroinnilla eri kohteisiin.

Jatkuvatoinnisen mittausaseman käyttökustannukset lisääntyvät aina kun anturien ja saatavan mittauksien määrät lisääntyvät. Kustannuksia voidaan kuitenkin pienentää, jos käytetään vähän huoltoa vaativia, laadukkaita ja puhdistimella varustettuja antureita ja henkilötöitä vähentävää automaattista laadunvalvontaa, eri muuttujien laadunvalvonta tehdään yhtä aikaisesti ja anturien puhdistuksen suorittaa jo valmiiksi alueella työskentelevä turveurakoitsija. Anturien kalibrointiin ja laadunvarmistamiseen tarvittavat näytteiden analyysit voidaan tehdä yhtä aikaisesti päästötarkkailun näytteistä.

5.4 Jatkuvatoimisella mittauksella saavutettavat hyödyt

Jatkuvatoimisen mittauksen selkeä etu on se, että tuloksia saadaan moninkertainen määrä verrattuna näytteenottoon perustuvaan tarkkailuun. Esimerkiksi jos turvetuotantoalueella otetaan näytteitä tuotantoaikana toukokuusta elokuuhun kahden viikon välein, saadaan kerättyä 9 tulosta. Samalla ajalla puolen tunnin välein mittaava jatkuvatoiminen mittausjärjestelmä kerää 5904 tulosta. Vaikka turvetuotannon päästötarkkailua ei voida nykyteknologialla hoitaa kokonaan jatkuvatoimisesti, jo yhden vedenlaatuparametrin tarkkailu yhdessä virtaaman kanssa antaa näytteenottoa tarkempaa tietoa suon kuormituksesta ja sen esiintymisestä. (Juntura ym. 1997). Tiheällä mittauksella voidaan esimerkiksi havaita miten kiintoainekuormitus vaihtelee virtaaman vaihdellessa (Asp 2009).

Jatkuvatoimisen mittaus tuo mahdollisuuden reagoida nopeasti vedenlaadun muutoksiin. Mittausjärjestelmään voidaan liittää esimerkiksi automaattista laaduntarkkailua, joka hälyttää jos datassa esiintyy poikkeamia, kuten korkeita tai matalia pitoisuuksia, voimakasta hajontaa, nopeita muutoksia tai katkoksia. Hälytys voidaan lähettää tiedon tarvitsijan matkapuhelimeen tai vaikka näytteenottajalle, joka voi mennä ottamaan näytteen poikkeustilanteesta tai vähentää turhia käyntejä mittausasemalla nollavirtaamajaksojen aikana. Tiheän mittauksen avulla voidaan tutkia miten eri vesiensuojelumenetelmät toimivat eri tilanteissa ja tämän tiedon perusteella parantaa niiden toimintaa. Mittauksen avulla voidaan myös saada tarkempaa tietoa erilaisten menetelmien tehoista. Erilaisten päästö-, määrä- ja säätilamittausten avulla voidaan selvittää ravinteiden esiintymismuotojen riippuvuuksia esimerkiksi lämpötilasta, sadannasta, virtaamasta tai kiintoainepitoisuudesta. (Kløve 2000).

6 KOHTEEN KUVAUS

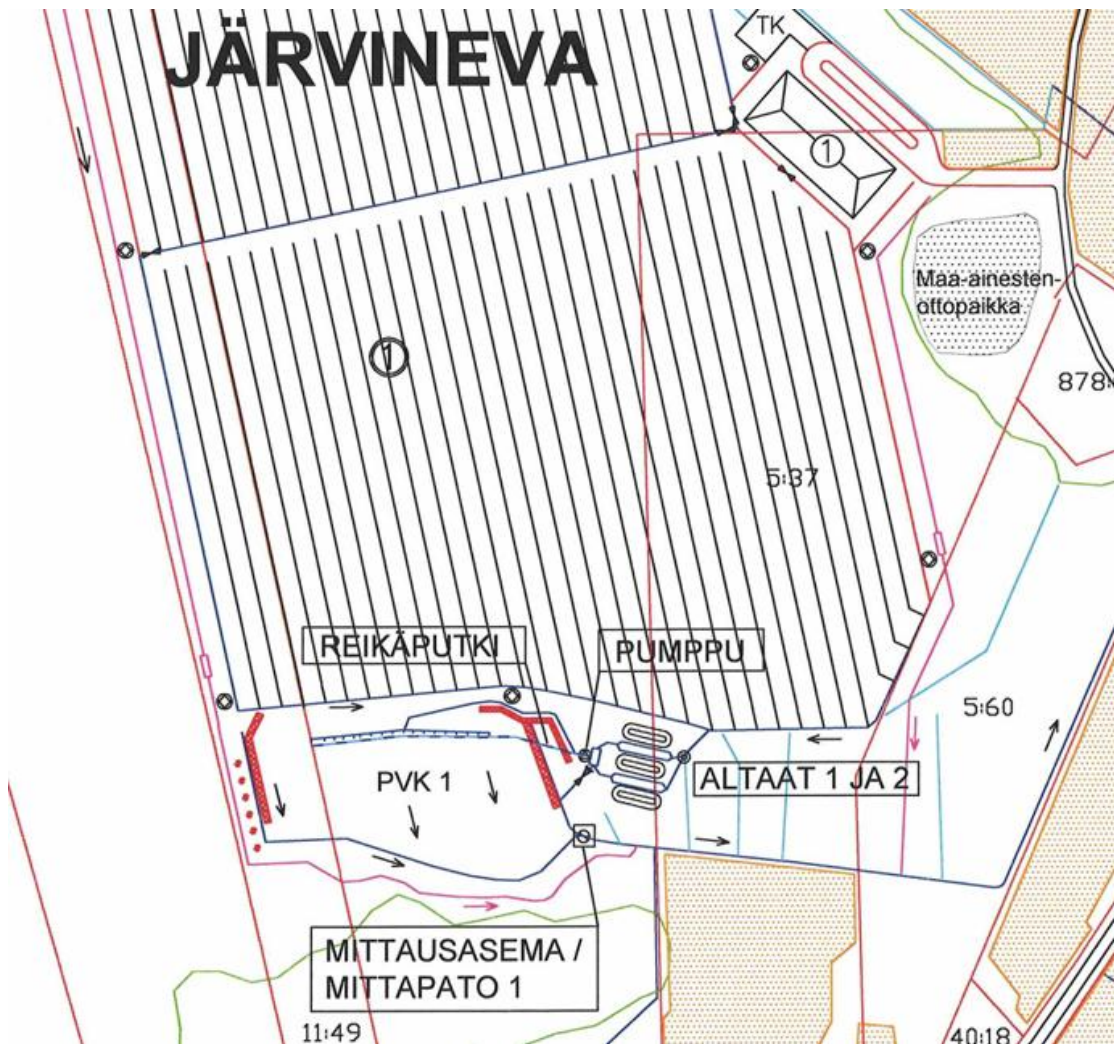
Tämän työn kohteena oleva ympärivuotinen vedenlaadun ja -määrän mittausasema on Turveruukki Oy:n turvetuotantosuoilla Järvinevalla, joka sijaitsee Siikajoen kunnassa, Paavolan taajamasta noin viisi kilometriä koilliseen. Järvinevalla tuotetaan kasvu- ja energiaturvetta. Alueen tuotantoala on yhteensä 56 ha ja vuotuinen tuotantotavoite on noin 25 000 MWh. Järvinevan peruskuivatus on tehty 1989 ja kunnostus turvetuotantoa varten on alkanut vuonna 2000. Tuotanto alueella on alkanut vuonna 2007. Järvinevan vesiensuojelumenetelmät ovat sarkaojien päissä olevat lietetaskut, päisteputket, laskeutusallas ja pintavalutuskenttä. Tuotantoalueen vedet on johdettu pintavalutuskentälle ympärivuotisesti pumppaamalla vuodesta 2011 lähtien. (Järvinevan tuotantoalueen ympäristölupa).

Järvinevalta lähtevä vesi on laadultaan hapanta, fosfori- ja humuspitoista, ja sen kemiallinen hapenkulutus on korkea. Veden happamuuteen, fosforipitoisuuteen ja kemialliseen hapenkulutukseen vaikuttavat alueen pohjamaan sisältämä rautafosfaatti. Järvineva kuuluu Pohjois-Pohjanmaan turvetuotantoalueiden tarkkailuohjelmaan yhtenä ympärivuotisista tarkkailukohteista. Järvinevalta lähtevää vesimäärää tarkkaillaan jatkuvatoimisella virtaamamittauksella ja vedestä otetaan näytteitä vedenlaadun määrittystä varten ympäri vuoden. (Anttila ym. 2010). Järvinevan näytteenotto-ohjelma on kuvattu taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Järvinevan näytteenotto-ohjelma (Anttila ym. 2010).

Kausi	Aika	Näytteenottotiheys	Analysoitavat suureet
Talvi	marras-huhtikuu	Kerran kuukaudessa	Kiintoaine, COD _{Mn} , kokonaisfosfori, kokonaistyyppi, pH
Tuotantokausi	touko-lokakuu	Kerran kahdessa viikossa	Kiintoaine, COD _{Mn} , kokonaisfosfori, kokonaistyyppi, pH
		Lisäksi kerran kuukaudessa	Rauta, NO ₂ , NO ₃ , NH ₄ , PO ₄
Kevättulva	-	Kerran viikossa	Kiintoaine, COD _{Mn} , kokonaisfosfori, kokonaistyyppi, pH

Järvinevalla oleva mittausasema on asennettu 2002 ja otettu käyttöön HAMIKE-hankkeen yhteydessä. HAMIKE-hankkeen tarkoituksena oli kehittää ratkaisuja erilaisissa olosuhteissa toimiville hajakuormituksen maastomittauksille. (Hiljanen 2003). Mittausasema on kiinteästi asennettu kaivo Järvinevalta lähtevän veden purkupisteessä vesiensuojelurakenteiden jälkeen (katso kuva 2.). Kaivon kuuluvat kiinteänä kaivon sisällä työskentelytaso, V-mittapato, sekä antureiden, akun ja dataloggerin asennustelineet. Asema mittaa kaikkia muuttujia 15 minuutin välein. Mittausväliä voidaan myös muuttaa ja se on ollut Järvinevalla myös 30 minuuttia. Mittaustieto kerätään dataloggeriin ja lähetetään GPRS-modeemilla EHP-Tekniikan palvelimelle, josta se on Turveruukki Oy:n hyödynnettävissä Internetin kautta.



KUVA 2. Järvinevan vesiensuojelurakenteet ja mittausaseman sijainti. Kuva: Turveruukki Oy.

Järvinevan mittaukset on esitetty taulukossa 3. Kaikkia seurattavia muuttujia ei mitata suoraan, vaan ne lasketaan mittaustuloksista muuntokaavan avulla

palvelimessa. Purkupisteessä vesi purkautuu V-mittapadon yli, joten virtaama voidaan laskea pinnankorkeuden perusteella. Sameuden muuttamiseksi kiintoainetulokseksi Järvinevan näytteistä määritettiin vuoden 2009 aikana myös sameus. Sameus muutetaan kiintoainetulokseksi näiden tulosten lineaarisen korrelaatiokäyrän perusteella. Muuntokaavaa on tarkasteltu tarkemmin kohdassa 8.1.4.

TAULUKKO 3. Järvinevan mittapadon jatkuvatoimiset mittaukset.

Mitattava suure	Laskettava suure	Käytössä	Huomioita
Pinnankorkeus	Virtaama	2002 -	Paineanturi. Ei pesuria
pH		2002 -	Ei pesuria
Sameus	Kiintoaine	25.6.2009 -	Optinen anturi. Mekaaninen puhdistin eli pyyhkijä
Kiintoaine		2002 - 25.6.2009	Optinen anturi. Paineilmalla toimiva pesuri. Ennen 2007 kerätty data hävinnyt palvelimelta.
Johtokyky		2002 - 2007	Ei pesuria. Ei ole määritetty päästötarkkailun näytteistä eli vertailuaineisto puuttuu.
Tuulen suunta ja nopeus, ilman suhteellinen kosteus, sadanta		2002 -	Mitataan sääasemalla, joka sijaitsee mittauskaivon katolla.

7 MENETELMIEN KUVAUS

Työssä selvitettiin jatkuvatoimisen mittauksen luotettavuutta verrattuna vesinäytteistä laboratoriossa tehtyihin analyyseihin. Lisäksi tutkittiin, miten mittakaivolta lähtevän veden kiintoainekuormitus eroaa laskettaessa näytteiden analyysitulosten ja jatkuvatoimisen kiintoainemittauksen avulla käytettäessä samaa virtaamatietoa.

pH:n mittaustietoja on käytettävissä mittakaivon asentamisesta 8.6.2002 lähtien, mutta sen määrittäminen näytteistä on aloitettu vasta 15.9.2004. Kiintoainepitoisuutta on mitattu mittakaivossa myös sen asentamisesta lähtien, mutta mittaustietoja on käytössä enää vuodesta 2007 lähtien. Kiintoainepitoisuutta on mitattu ensin kiintoaineanturilla ja 25.6.2009 lähtien sameusanturilla. Kiintoainepitoisuudet on määritetty jokaisesta vesinäytteestä. Järvinevalla vuosina 2002–2007 mitattua johtokykyä ei ole tarkasteltu tässä työssä, sillä sitä ei ole määritetty päästötarkkailun näytteistä. Tässä työssä on käsitelty mittaustietoa vuoden 2010 loppuun saakka.

Työn edetessä huomattiin, että mittausasemaa ja sen antureita ei ole puhdistettu tarpeeksi mittaustulosten luotettavuuden kannalta. Tulosten käyttökelpoisuuden lisäämiseksi laadittiin ohje virhelähteiden tunnistamiseksi mittaustuloksista ja virheiden ehkäisystä.

7.1 Mittaustulosten luotettavuuden tutkiminen

Kiintoaineen, pH:n ja virtaaman jatkuvatoimisista mittauksista saatu mittaustieto noudettiin EHP-Tekniikka Oy:n palvelimelta ja koottiin vuosittaisiin taulukoihin Microsoft Excel -ohjelmaan. Taulukoista etsittiin ja koottiin taulukkoon puuttuvat mittaustulokset. Lisäksi tuloksista etsittiin ja hylättiin negatiiviset arvot, jotka ovat varmasti mahdottomia arvoja pH:lle ja kiintoainepitoisuudelle. Puuttuvista arvoista tarkasteltiin puuttuvatko ne yhdestä, muutamasta vai kaikista mittauksista. Tiedonkäsittelyä varten mittaustietoja täydennettiin puuttuvilla aikaleimoilla ja ylimääräiset, kalibrointien ja huoltojen aikana tihennetyistä mittausvälistä johtuvat tulokset poistettiin.

Kiintoaine- ja pH-mittausten luotettavuutta tutkittiin vertaamalla mittausten tulosten keskiarvoa ja vaihteluväliä näytteenottopäiviltä näytteistä määritettyihin

pH:hon ja kiintoainepitoisuuksiin. Tuloksia verrattiin näytteenottopäivän mittaustulosten vaihteluväliin, sillä tarkkoja näytteenottoaikoja ei ole enää tiedossa. Jatkuvatoimisen mittauksen ja laboratorioanalyysien yhteneväisyyksiä tutkittiin kuvaajien vertailun perusteella. Tulokset on esitetty kohdassa 8.1.

7.2 Ohjeen laadinta mittausvirheiden ehkäisemiseksi

Mittausten luotettavuuden tutkimisessa esille tulleiden virheiden syitä etsittiin huoltoraporttien, virtaamamittausten ja EHP-Tekniikka Oy:n kokemusten perusteella. Virheiden ehkäisemiseksi laadittiin ohje, johon on listattu Järvinevan mittausasemalla yleisimmät mittausvirheiden syyt, niiden tunnistamiskeinot mittaustiedon perusteella ja tarvittavat puhdistus- ja huoltotoimenpiteet, joilla virhetilanteet voidaan ennakoida ja välttää. Yleisimmät virhelähteet, niiden tunnistus ja ehkäisy on esitetty kohdassa 8.2.

7.3 Jatkuvatoimisen mittauksen ja laboratoriotulosten perusteella laskettujen kiintoainekuormitusten vertailu

Turvetuotannon päästötarkkailussa vesistöön kohdistuvaa kiintoainekuormitusta arvioidaan laskemalla tarkkailusuon mittapadon valuma-alueen hehtaarilta päivässä lähtevä kiintoainemäärä ja näitä niin sanottuja ominaiskuormituksia käytetään arvioidessa tarkkailun ulkopuolella olevien, olosuhteiltaan ja vesiensuojelurakenteiltaan samanlaisten turvesoiden kuormitusten arviointiin. Ominaiskuormitus lasketaan virtaamajaksoilta, jotka vaihtelevat vuosittain virtaaman muutosten ja näytteenoton ajankohtien mukaan. Jaksot joiden aikana virtaamaa ei ole, tai se on hetkellisesti suuri, erotetaan omiksi virtaamajaksoikseen. (Turvetuotannon tarkkailuryhmä 2006).

Kiintoaineen ominaiskuormitus lasketaan kaavasta (1)

$$\frac{c \cdot MQ}{A}, \text{ jossa} \tag{1}$$

c on veden kiintoainepitoisuus [mg/l],

MQ on virtaamajakson keskivirtaama [m^3/d] ja

A on mittapadon valuma-alueen pinta-ala [ha]. (Turvetuotannon tarkkailuryhmä 2006).

Jatkuvatoimisen mittaukseen ja näytteenottoon perustuvien kuormitusten vertailemiseksi ominaiskuormitus virtaamajaksoille laskettiin jatkuvatoimisen mittauksen mittausvälien mittaisissa 30 minuutin jaksoissa, jonka jälkeen jaksojen kuormitukset laskettiin yhteen. Kiintoainepitoisuuksina käytettiin jatkuvan mittauksen arvoja ja virtaamajaksolla päästöraportoinnissa käytettyjä arvoja.

Syitä kuormituslaskentojen eroavaisuuksiin etsittiin jaksojen kuvaajien avulla. Kuvaajien avulla voidaan nähdä miten näytteenotto on edustanut kyseisen hetken todellista tilaa. Kiintoainekuormituksen vertailujaksoksi valittiin sellainen jakso, jolloin anturi oli juuri puhdistettu ja mittaustulosten todettiin laboratoriotulosten perusteella olevan luotettavia. Tulokset on esitetty kohdassa 8.3.

8 TULOKSET

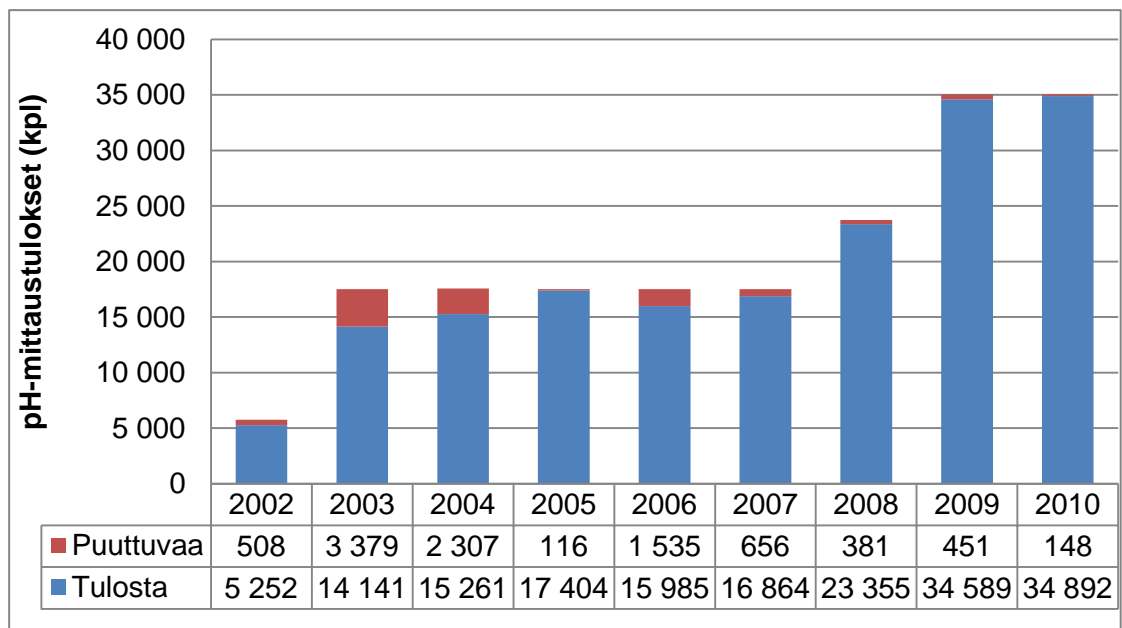
8.1 Mittausten luotettavuus

pH:ta on mitattu Järvinevan mittakaivolla sen asentamisesta 6.8.2002 alkaen. pH on kuitenkin määritetty päästötarkkailun näytteistä ensimmäisen kerran vasta 15.9.2004. Jokaisesta näytteestä pH on määritetty 3.5.2006 alkaen.

Kiintoainetta on mitattu mittakaivolla sen asentamisesta lähtien, mutta ensimmäiset vielä saatavilla olevat tulokset ovat vuodelta 2007. Kiintoaine on määritetty jokaisesta päästötarkkailun näytteestä päästötarkkailun alusta lähtien. Kiintoaineanturi on vaihdettu sameusanturiin 25.6.2009, jonka jälkeen kiintoainepitoisuus on määritetty sameuden perusteella. Kiintoainepitoisuus lasketaan sameuden mittaustuloksista datapalvelimessa.

8.1.1 pH-mittauksen luotettavuus

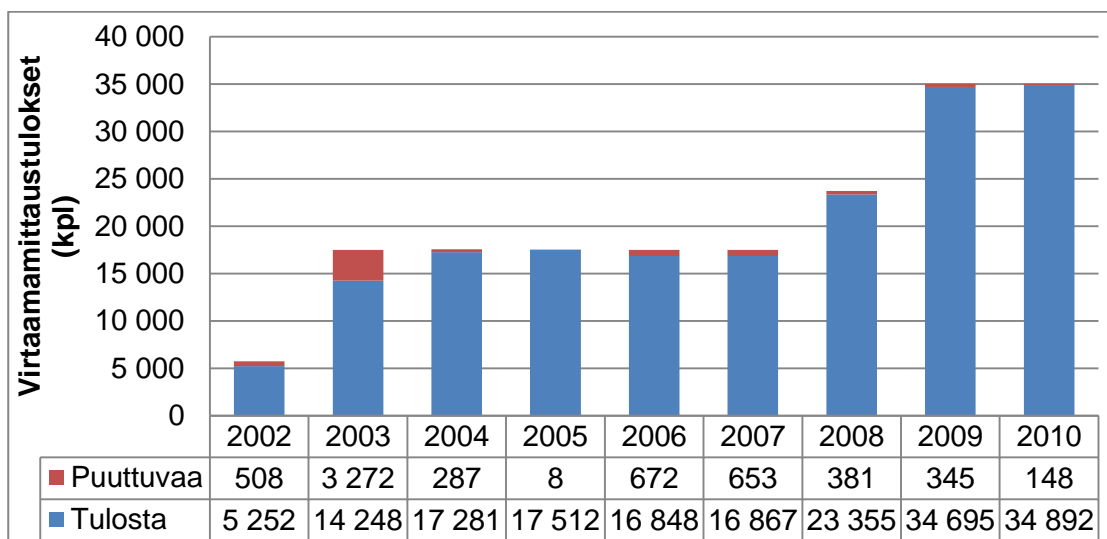
Kuviossa 1 on esitetty vuosina 2002–2010 tuotettujen ja puuttuvien tulosten määrät.



KUVIO 1. Tuotetut ja puuttuvat pH-arvot 2002 - 2010.

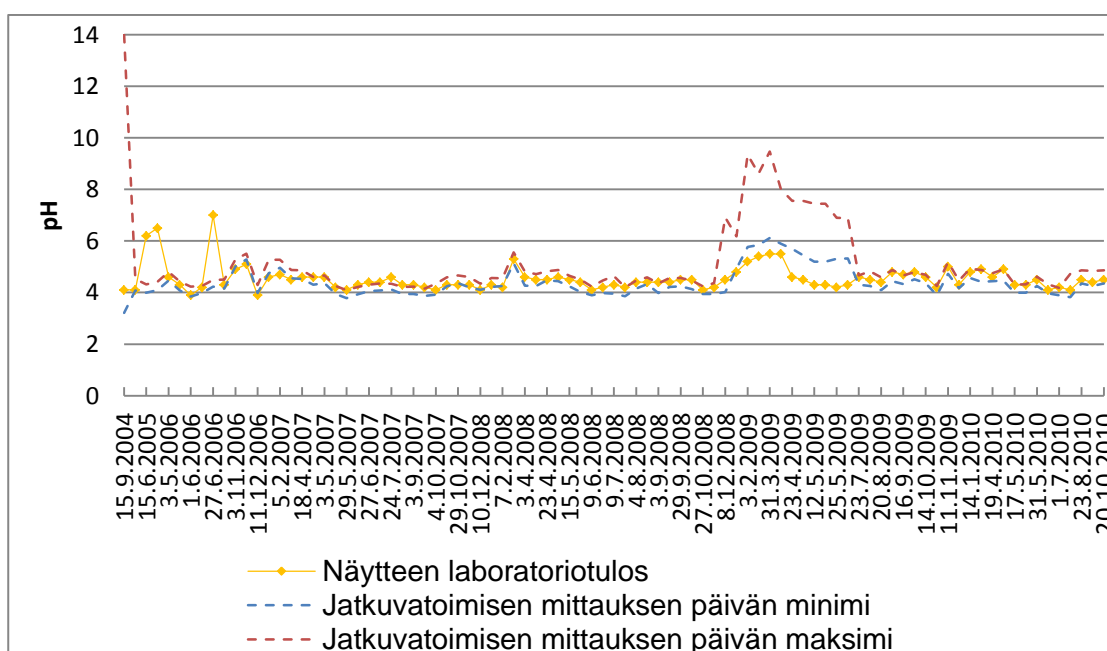
Verrattaessa pH-mittausten puuttuvia arvoja virtaamamittauksen puuttuviin arvoihin (KUVIO 2) voidaan havaita, että pH-mittaus on miltei samalla tasolla virtaamamittausten kanssa mittaustulosten keruun, tallentamisen ja lähetyksen luotettavuuden osalta. On myös huomattava, että puuttuva mittaustulos johtuu useimmiten dataloggerista, jolloin kaikista mittauksista puuttuu arvoja yhtä aikaa.

Vain yksittäisestä mittauksesta puuttuva arvo voi johtua esimerkiksi liittimen irtoamisesta, yksittäisen kanavan häiriöistä dataloggerissa tai muusta sellaisesta anturista riippumattomasta tekijästä.



KUVIO 2. Tuotetut ja puuttuvat virtaama-arvot 2002 - 2010.

Sivulla 25 olevaan kuvaajaan (KUVIO 3 sivulla 25) on koottu yhteen kaikki näytteiden pH-tulokset ja jatkuvatoimisen mittauksen tulokset niiltä päiviltä, jolloin molemmat ovat saatavilla. Näytteistä määritettyjä pH-arvoja on verrattu jatkuvatoimisen mittauksen näytteenottopäivän keskiarvoon ja vaihteluväliin. Kuvaajan perusteella pH-mittaus Järvinevalla on toiminut suurimman osan ajasta hyvin.



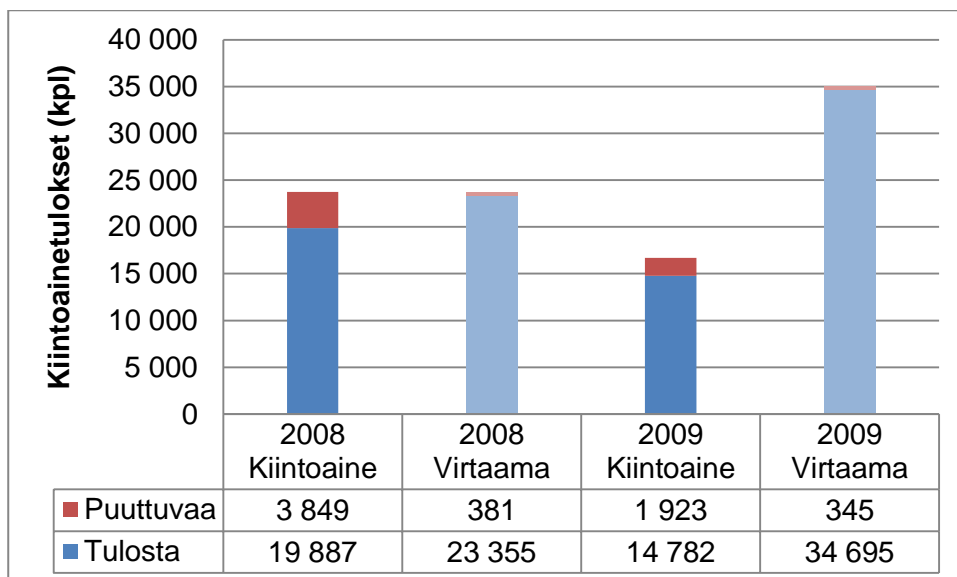
KUVIO 3. Jatkuvatoimisen pH-mittauksen täsmävyys laboratoriossa määritettyjen pH-arvojen kanssa näytteenottopäiviltä.

15.9.2004 pH-anturi on ollut rikki. 15.6. ja 10.8.2005 virheelliset tulokset saattavat johtua pH-elektrodin vanhentumisesta. Elektrodin vanhentuminen on havaittu 13.12.2005, jolloin anturi on näyttänyt oikeaa lukemaa pH 4 –liuoksessa, mutta virheellistä arvoa pH 6 –liuoksessa. Elektrodi on vaihdettu 31.1.2006, jonka jälkeen anturi on toiminut moitteettomasti.

Kuvaajasta voidaan myös huomata, että 15.6.2005, 10.8.2005 ja 27.6.2006 näytteistä laboratoriossa määritetyt pH-arvot ovat korkeampia kuin muista näytteistä määritetyt arvot. On siis mahdollista, että kyseisten näytteenottopäivien jatkuvatoimisessa mittauksessa ei ole virhettä, vaan näytteiden laboratoriotulosten pH-arvo on virheellinen. Sen sijaan 15.9.2009, sekä jaksolla 8.1.–11.6.2009 anturin antamat arvot ovat selvästi virheellisiä. 8.1.–11.6.2009 virhejakso on havaittavissa myös kiintoainemittauksessa. Virhejaksoa on tarkasteltu kohdassa 8.1.3.

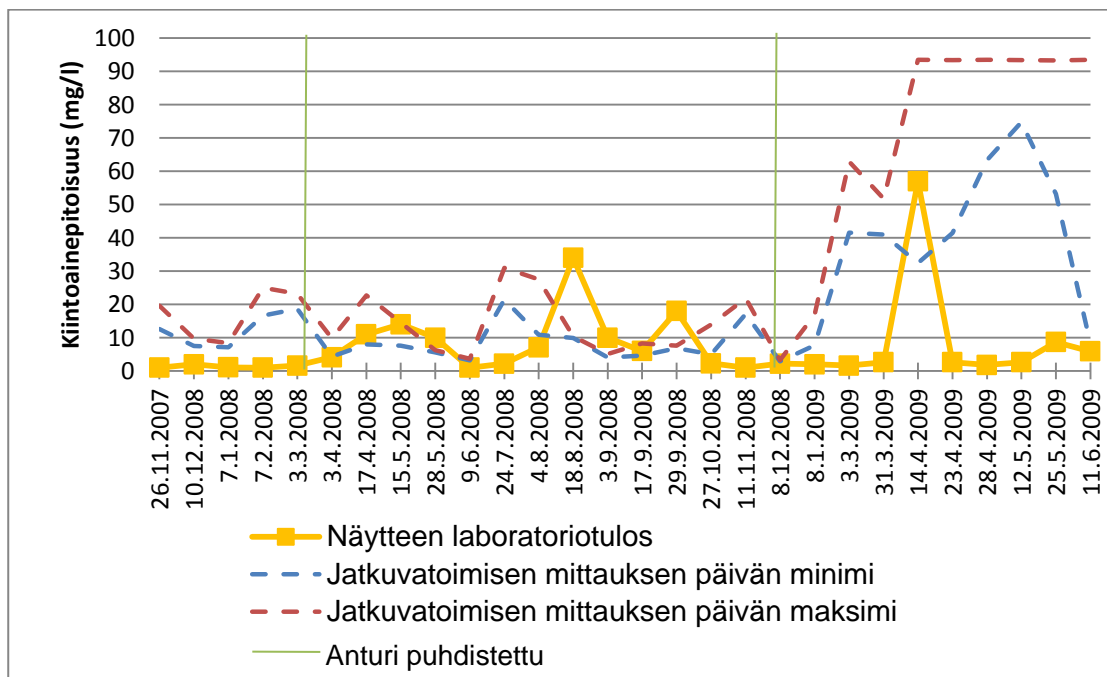
8.1.2 Kiintoainemittauksen luotettavuus

Kuvaajassa 4 on esitetty jatkuvatoimisesti tuotetut ja puuttuvat kiintoainepitoisuudet ja virtaamat. Kiintoainemittaus on lopetettu 25.6.2009, kun taas virtaamamittausta on jatkettu vuoden loppuun. Verrattaessa kiintoainemittausten puuttuvia arvoja virtaamamittauksen puuttuviin arvoihin voidaan havaita, ettei kiintoainemittaus ole yhtä luotettavaa kuin virtaamamittaus mittaustulosten keruun, tallentamisen ja lähetyksen osalta. On kuitenkin huomattava, että puuttuvat arvot eivät välttämättä johdu anturista, vaan ne voivat johtua esimerkiksi irronneesta liittimestä tai yksittäisen kanavan viasta dataloggerissa.



KUVIO 4. Tuotetut ja puuttuvat kiintoainepitoisuusarvot 2008 - 2009

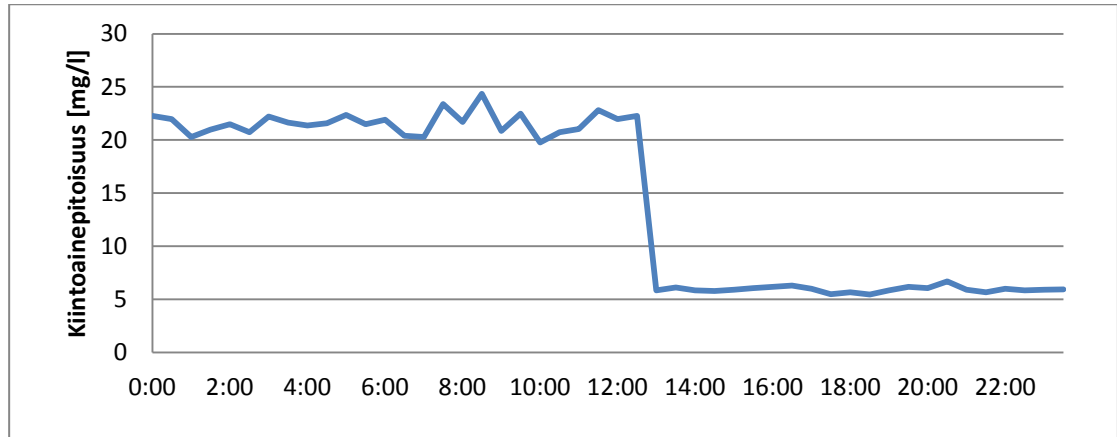
Sivulla 28 olevaan kuvaajaan (KUVIO 5 sivulla 27) on koottu yhteen kaikki näytteiden kiintoainepitoisuustulokset ja jatkuvatoimisen kiintoainepitoisuusmittauksen tulokset niiltä päiviltä, jolloin molemmat ovat saatavilla. Näytteistä määritettyjä kiintoainepitoisuuksia on verrattu jatkuvatoimisen mittauksen näytteenottopäivän vaihteluväliin.



KUVIO 5. Jatkuvatoimisen kiintoainemittauksen ja laboratoriotulosten täsmävyys näytteenottopäiviltä.

Kuvaajan (KUVIO 5) perusteella kiintoaineanturin mittaustuloksen täsmävyys laboratoriotulosten kanssa on ollut vaihtelevaa, eikä saatuja mittaustuloksia voida pitää luotettavina. Verrattaessa kuvaajaa huoltoraportteihin voidaan huomata, että anturi on toiminut hyvin puhdistusten (4.3.2008 ja 8.12.2008) jälkeen.

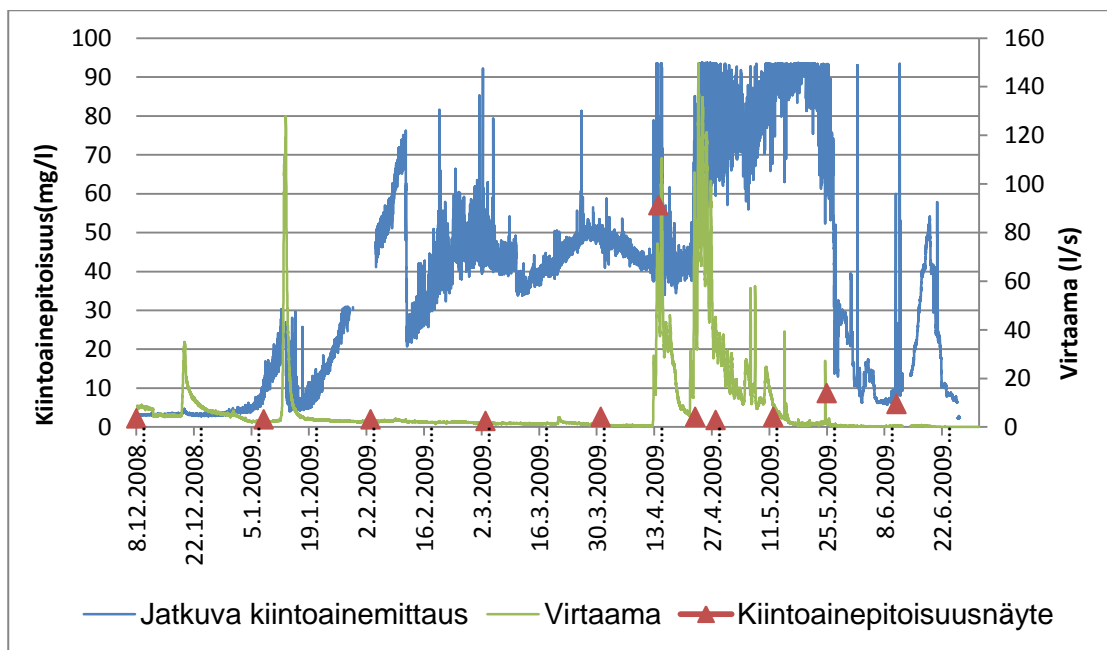
Puhdistamisen vaikutus voidaan nähdä esimerkiksi kuviossa 6, jossa on kuvattu 4.3.2008 kiintoainepitoisuuden muutos anturin puhdistamisen jälkeen. Anturi on puhdistettu 12:30 ja 13:00 välillä, jolloin pitoisuus on laskenut arvosta 22,26 mg/l arvoon 5,83 mg/l. 8.12. – 11.6.2009 virhejakso on havaittavissa myös pH-mittauksissa ja se on käsitelty kohdassa 8.1.3.



KUVIO 6. Kiintoaineanturin optisen pään puhdistamisen vaikutus mitattuun kiintoainepitoisuuteen.

8.1.3 8.12. – 11.6.2009 virhejakso kiintoaine- ja pH-mittauksissa

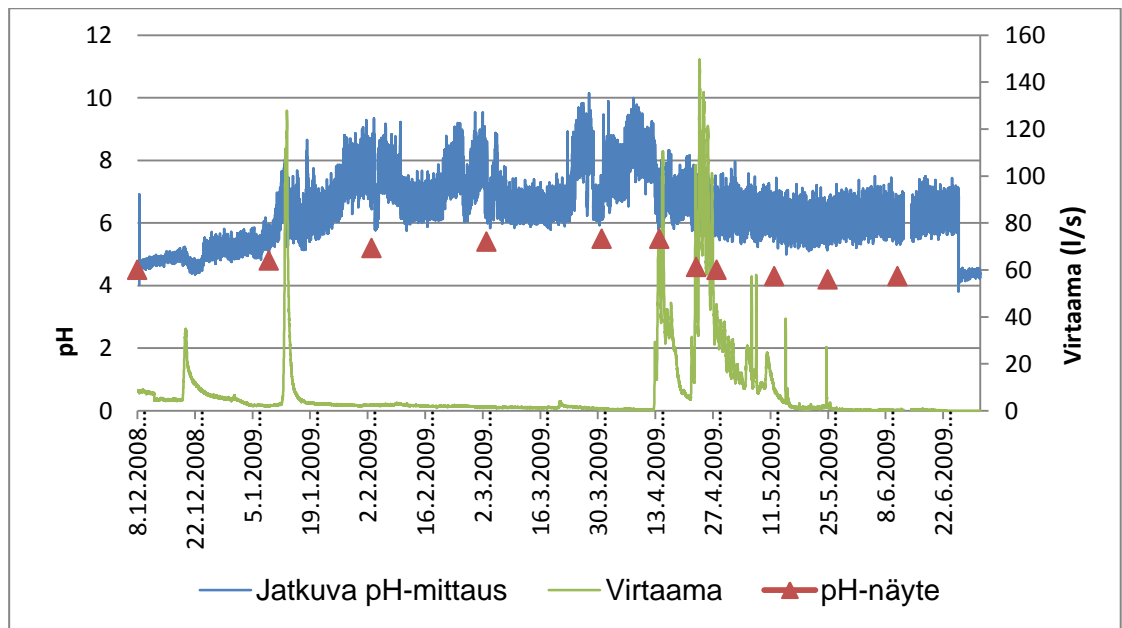
Kiintoainepitoisuus- ja pH-mittauksissa on havaittavissa virhejakso, jolla molempien mittausten tulokset ovat selvästi virheellisiä. Alla olevassa kuvaajassa (KUVIO 7) on kuvattu jakson kiintoaine- ja virtaamamittausten tulokset, sekä näytteistä määritetyt kiintoainepitoisuudet.



KUVIO 7. Kiintoainepitoisuusanturin likaantumisen näkyminen mittaustuloksissa.

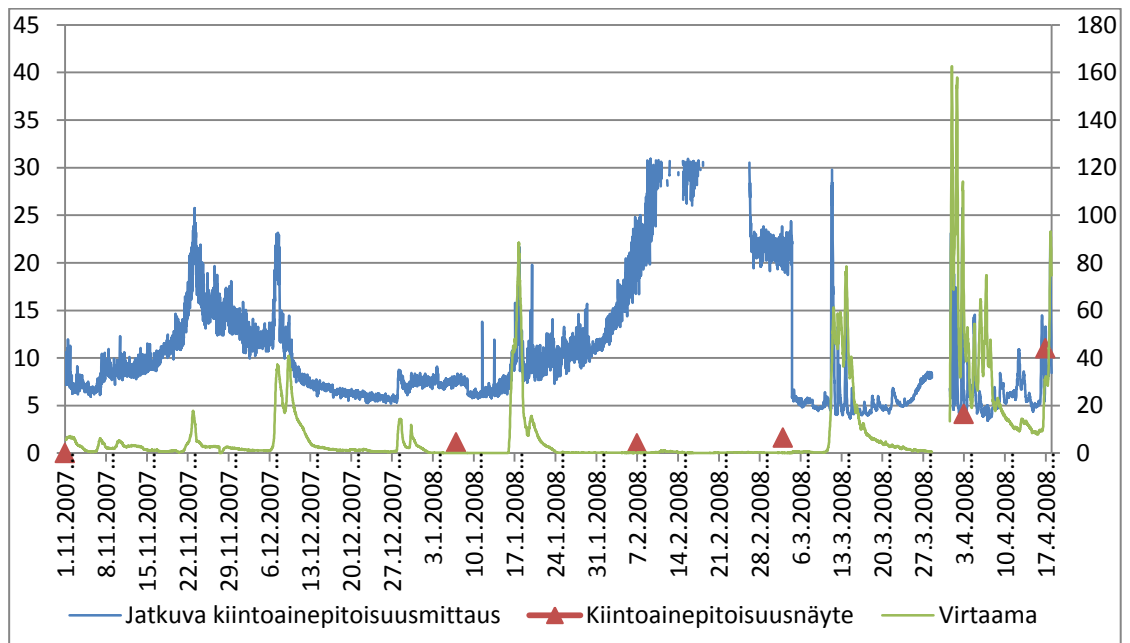
Kuvaajasta voidaan nähdä miten hyvin vähäisten virtaamien jaksoilla mitattu kiintoainepitoisuus on lähtenyt nousuun. Tämä voi johtua siitä, että virtaava vesi ei pääse huuhtomaan mittakaivoon kertyvää lietettä pois, jolloin kiintoainemittausanturi on mitannut kaivossa olevan lietepatjan kiintoainepitoisuutta. 5. - 19.1. välillä olleen virtaamapiikin jälkeen kaivo on puhdistunut ainakin osittain lietteestä, mutta täyttynyt taas pian uudelleen. Kiintoainepesurin teho ei ole ollut riittävä puhdistamaan anturin päätä pitkän nolavirtaamajakson jälkeen (13.4.), jolloin anturi on mennyt täysin tukkoon ja näyttänyt lähes pelkkää maksimiarvoaan huhti-toukokuussa.

Sama virhejakso on havaittavissa myös pH-mittauksissa (katso KUVIO 8 sivulla 29). pH-anturia ei ole varustettu pesurilla, joten se ei ole puhdistunut ensimmäisen virtaamapiikin jälkeen, vaan näyttänyt virheellistä tulosta ensimmäisestä vähäisen virtaaman jaksosta lähtien. Jakson pH-arvot ovat Järvinevan normaalia vaihteluväliä korkeampia ja niissä esiintyy voimakasta hajontaa. Anturi on puhdistettu ja kalibroitu 25.6., jonka jälkeen mittaustulokset ovat palanneet normaalille tasolle ja hajonta on vähentynyt.



KUVIO 8. pH-anturin likaantumisen näkyminen mittaustuloksissa.

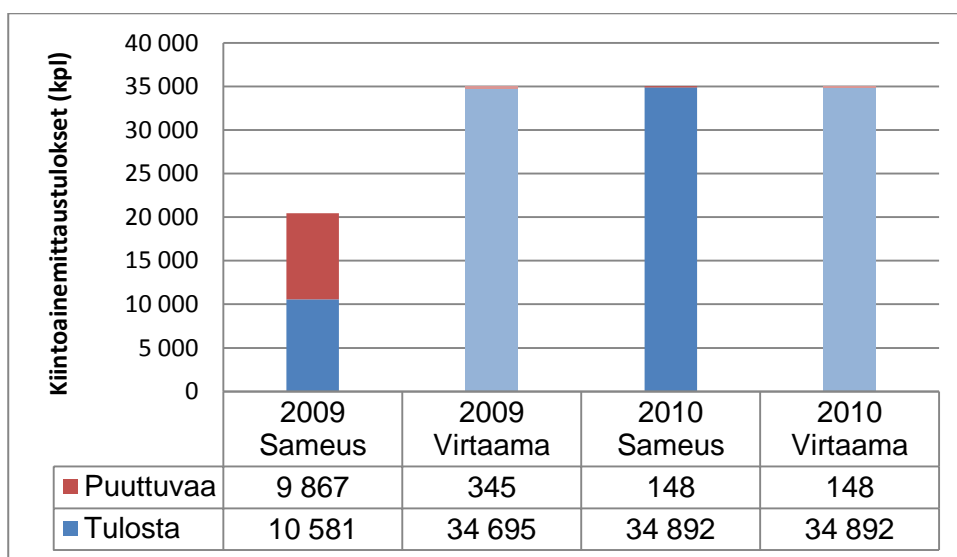
Lietteen kertyminen mittakaivoon on havaittavissa myös kevään 2008 kiintoainepitoisuuksista (katso KUVIO 9 sivulla 30). Mittakaivo on vähäisen virtaaman aikana täyttynyt lietteestä ja tyhjentynyt virtaamapiikkien aikana. Kiintoaine on puhdistettu ennen kevään virtaamahuippuja 4.3. Puhdistamisen jälkeen anturin tulokset ovat vastanneet hyvin laboratoriotuloksia.



KUVIO 9. Kiintoaineanturin likaantumisen ja puhdistamisen vaikutus mittaustuloksiin.

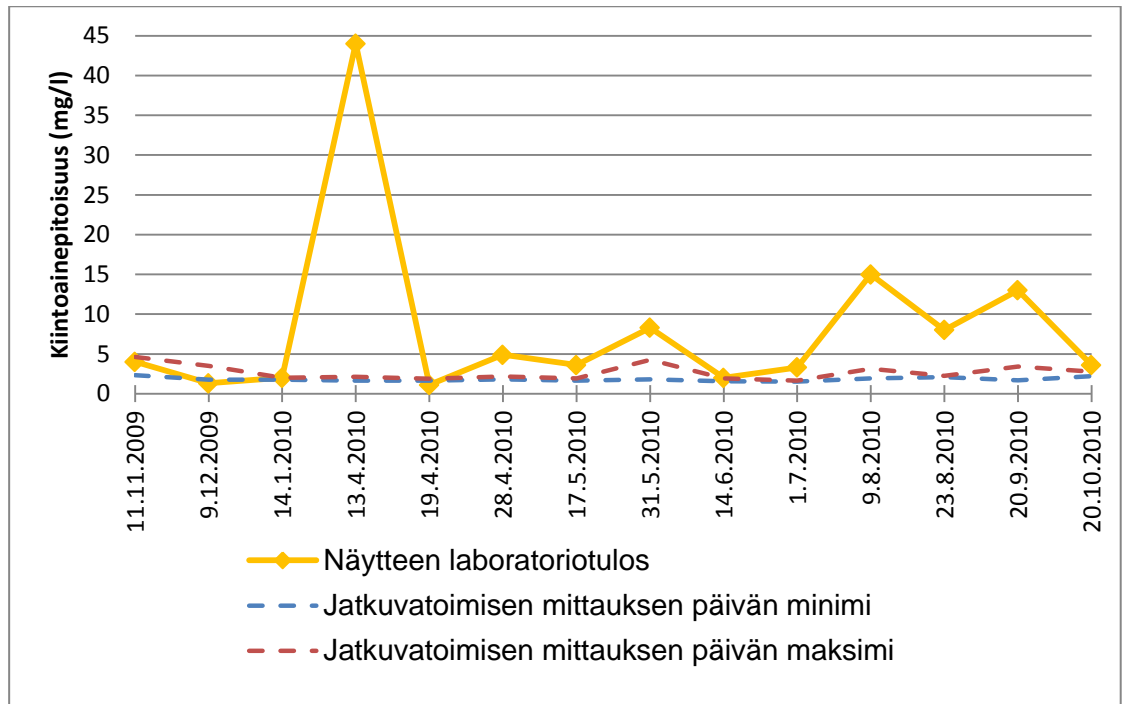
8.1.4 Sameusmittauksen luotettavuus

Kiintoaineanturi on vaihdettu sameusanturiin 25.6.2009, jonka jälkeen kiintoainepitoisuus on määritetty sameuden perusteella. Kuvaajassa 10 on esitetty sameusmittauksesta saadut puuttuvat ja tuotetut kiintoainepitoisuudet vuosilta 2009–2010. Verrattaessa sameusmittausten puuttuvia arvoja virtaamamittauksen puuttuviin arvoihin voidaan havaita, ettei kiintoainemittaus ole ollut luotettavaa ensimmäisenä vuonnaan, mutta toisena vuonna se on yhtä luotettavaa kuin virtaamamittaus mittaustulosten keruun, tallentamisen ja lähetyksen osalta.



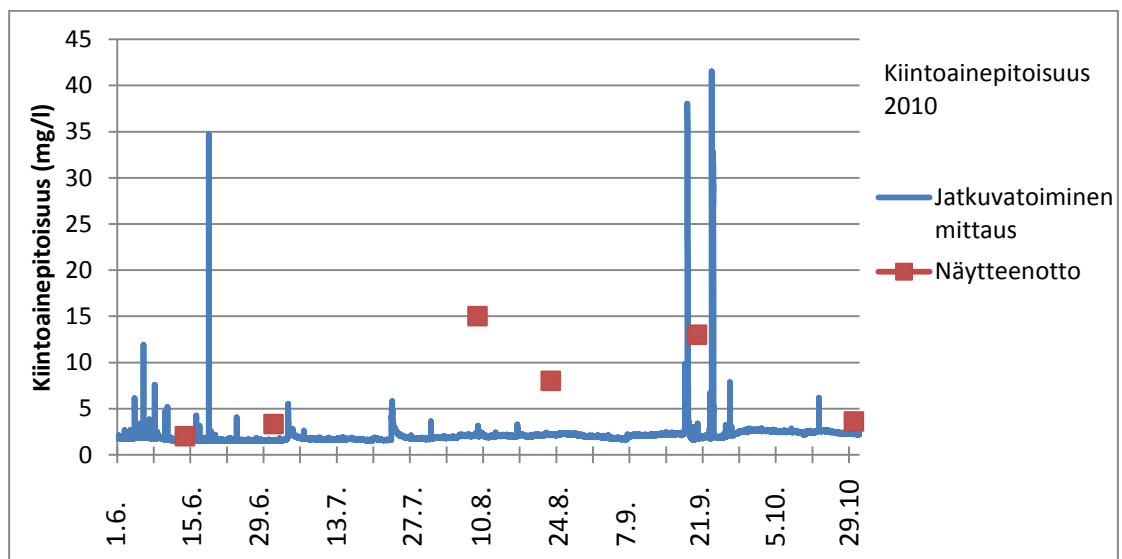
KUVIO 10. Tuotetut ja puuttuvat sameusmittauksen perusteella saadut kiintoainepitoisuusarvot 2009 - 2010.

Alla olevaan kuvaajaan (KUVIO 11 sivulla 31) on koottu yhteen kaikki näytteiden kiintoainepitoisuustulokset ja jatkuvatoimisen kiintoainepitoisuusmittauksen tulokset niiltä päiviltä, jolloin molemmat ovat saatavilla kaavan käyttöönoton jälkeen. Näytteistä määritettyjä kiintoainepitoisuuksia on verrattu jatkuvatoimisen mittauksen näytteenottopäivän vaihteluväliin.



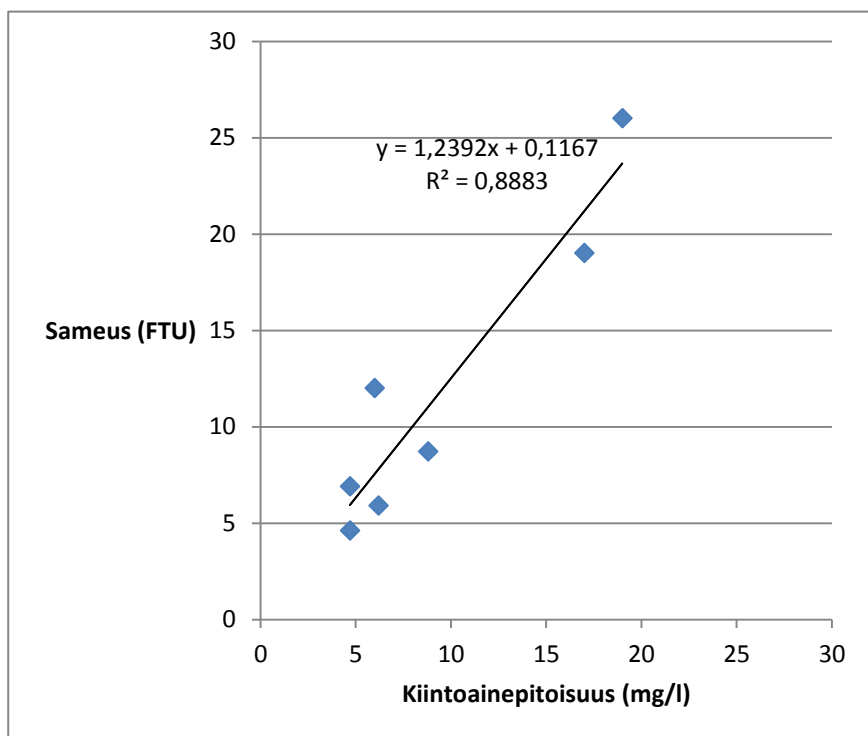
KUVIO 11. Jatkuvatoimisen sameusmittausten perusteella laskettujen kiintoainepitoisuuksien täsmävyys laboratoriotulosten kanssa näytteenottopäiviltä.

Kuvaajasta voidaan nähdä, että kiintoainemittaus on ollut luotettavaa pienillä pitoisuuksilla, mutta suurilla pitoisuuksilla mittaustuloksessa syntyy virhettä. Tämä voi kertoa joko mittauksen toimimattomuudesta tai kiintoainepitoisuuden laskemisessa käytetyn kaavan virheellisyydestä. Pitoisuuksien kasvaessa syntyvä virhe voidaan nähdä myös kuviosta 12.



KUVIO 12. Sameusmittauksen perusteella lasketuissa kiintoainepitoisuuksissa suurilla pitoisuuksilla tapahtuva virhe.

Kaavan laatimista varten Järvinevan vesinäytteistä määritettiin 25.5.–26.10.2009 kiintoainepitoisuuden lisäksi myös sameus. Vertailutulokset ja niiden välinen korrelaatio on esitetty kuviossa 13. Kaavan virheellisyyttä tukee se, että näytteistä saatu otos oli hyvin pieni käsittäen vain seitsemän arvoa. Otokseen ei ole myöskään osunut suuria pitoisuuksia, joten sen perusteella ei voida luotettavasti ennustaa riippuvuuden kehitystä suuremmilla arvoilla.



KUVIO 13. Kiintoainepitoisuuden laskemiseen käytettävä sameuden ja kiintoainepitoisuuden välinen riippuvuus.

8.2 Yleisimmät virhelähteet ja niiden tunnistaminen ja ehkäisy

Seuraavassa on kuvattu Järvinevan mittausasemalla havaitut yleisimmät virhelähteet, sekä niiden tunnistaminen ja ehkäisy sameusmittaukseen perustuvan kiintoainepitoisuuden tarkkailun ja pH:n tarkkailun osalta. Mittaustulosten laadunvalvonta ja anturien puhdistaminen ovat yksinkertaisia, eivätkä vaadi alan asiantuntemista. Laadunvalvontaa voidaan suorittaa suurelta osin myös tietokoneen avulla, jolloin tiedon hyödyntäjä saa tiedon poikkeavista tuloksista.

8.2.1 Sameusmittaukseen perustuva kiintoainepitoisuuden tarkkailu

Ennen kuin kiintoainepitoisuuksia kannattaa tarkkailla sameusmittauksen perusteella, tulisi Järvinevalta lähtevästä vedestä hankkia lisää rinnakkaismäärittämiä sameudesta

ja kiintoainepitoisuudesta. Otokseen tulisi saada mukaan myös suurempia pitoisuuksia ja tuloksia eri virtaamatilanteiden ajalta. Tulosten saamisen jälkeen kiintoainepitoisuuden määrittämiseksi käytettävä muuntokaava on laadittava uudelleen, sillä nykyinen muuntokaava antaa virheellisiä tuloksia erityisesti suurilla pitoisuuksilla.

Järvinevalla käytettävä sameusanturi on optinen anturi, kuten aiemmin käytetty kiintoaineanturikin, joten sen täytyy päästä mittaamaan mittakaivolta lähtevän veden oikeaa kiintoainepitoisuutta. Tämän takia on huolehdittava, että mittakaivo tyhjennetään sinne kertyneestä lietteestä ja anturi puhdistetaan tarpeen tullen.

Lietteen kertymisestä johtuvan virheen voi huomata mittaustuloksista tarkastelemalla mitatun kiintoainepitoisuuden tai sameuden kehitystä yhdessä virtaaman kanssa. Virtaaman laskiessa lietettä alkaa kertymään kaivoon, jolloin anturi mittaa kaivossa olevan lietteen kiintoainepitoisuutta tai sameutta. Kiintoainepitoisuuden nousu tai sameuden kasvaminen kaivossa eivät välttämättä näy kaivolta otetuista näytteistä, jos näytteet on otettu V-padolta purkautuvasta, vähemmän kiintoainetta sisältävästä vedestä. Mittaustietojen perusteella on suositeltavaa, että mittakaivo tyhjennetään sinne kertyneestä lietteestä ennen kevättulvaa ja myös muiden vähäisen virtaaman jaksojen aikana ennen virtaaman lisääntymistä. Lietteenpoistolla estetään myös kaivoon kertyneen kiintoaineen ja ravinteiden huuhtoutuminen alapuoliseen vesistöön. Lietteenpoiston jälkeen anturin optinen pää on puhdistettava.

Sameusanturin likaantuminen ja muut virheet mittauksissa voidaan huomata seuraamalla tuloksia virtaaman kanssa säännöllisesti. Jos mittaustuloksissa huomataan tasaisesti lisääntyvää kiintoainepitoisuuden nousua tai tuloksissa on voimakasta hajontaa ilman että virtaama samalla vaihtelee samassa tahdissa, on anturi puhdistuksen tarpeessa.

8.2.2 pH-mittaus

pH-mittauksen yleisimmät virhelähteet Järvinevalla ovat anturin likaantuminen ja kalibrointivirheet. Anturi likaantuu helposti, sillä siinä ei ole anturipään puhdistinta, kuten kiintoaine- ja sameusantureissa. pH-anturin likaantuminen on optisia antureita vaikeampaa havaita mittaustulosten perusteella, sillä anturi pystyy

mittaamaan pH:ta suhteellisen luotettavasti aina siihen asti, kunnes se menee kokonaan tukkoon kertyneestä liasta.

Kuten kiintoainemittauksessakin, myös pH-mittausten virheet voidaan minimoida mittaustulosten säännöllisellä tarkkailulla. Järvinevan pH on mittaustulosten perusteella vaihdellut välillä 3,5–5,5. Mittaustulosten välillä ei juuri ole päiväkohtaista hajontaa. Jos mittaustuloksissa huomataan voimakasta hajontaa tai pH ei ole vaihteluvälillä 3,5–5,5, tulee pH-anturi puhdistaa ja kalibrointi tarkastaa. Mitatussa pH-arvossa huomattava tasainen nousu voi kertoa elektrodin vanhentumisesta, jolloin kannattaa tarkistaa elektrodin vanhentumispäivämäärä.

8.2.3 Mittausaseman kunto

Anturien puhdistuksen, kalibroinnin ja huollon, sekä mittakaivon tyhjentämisen lisäksi mittausaseman kunto tulee tarkastaa säännöllisesti silmämääräisesti ja samalla ennakoida mahdolliset huoltotoimenpiteet. Mittausaseman kunnan tarkastamisessa tulee kiinnittää huomiota esimerkiksi liitinten ja johtojen kuntoon.

8.3 Kuormitus jatkuvatoimisen mittauksen ja näytteenoton perusteella

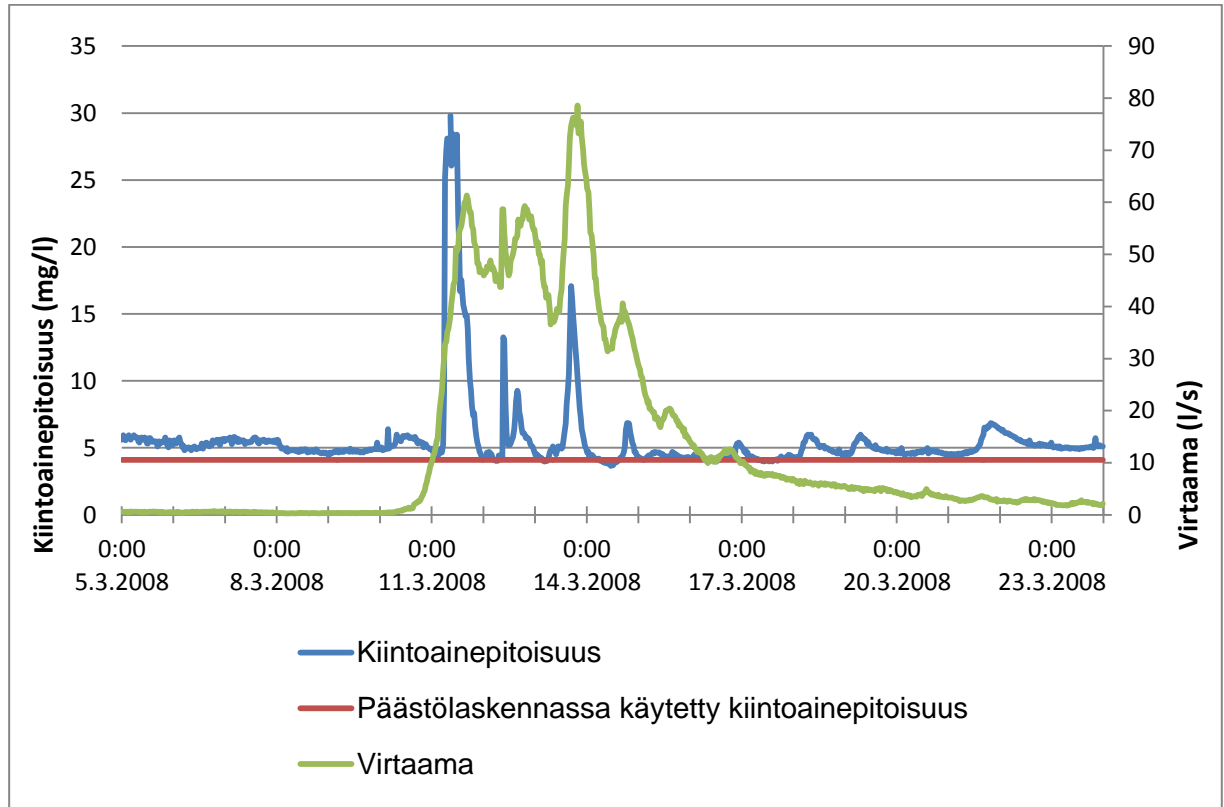
Eri kiintoainepitoisuustiedoilla lasketut kuormitukset laskettiin jaksosta 5.3.–25.3.2008, jolloin jatkuvatoimisen mittauksen ja näytteenoton tulokset vastaavat hyvin toisiaan, sillä kiintoaineanturi on puhdistettu 4.3.2008. Jakson kiintoainekuormituslaskelmassa on käytetty yhtä laboratoriotulosta joka on otettu 3.4. Laboratorioanalyysin ja jatkuvatoimisen mittauksen erot on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Jatkuvatoimisen kiintoainemittauksen luotettavuus laskentajaksolla.

Näytteenottopäivämäärä	Näytteen tulos (mg/l)	Jatkuvatoimisen mittauksen vaihteluväli näytteenottopäivältä	Absoluuttinen minimivirhe	Suhteellinen minimivirhe
3.4.2008	4,1	4,31 – 9,83	0,21	5,12 %

Kuviossa 14 voidaan nähdä miten kiintoainepitoisuus on todellisuudessa vaihdellut vedessä ja miten käytettäessä vain yhtä arvoa virtaaman kasvun aiheuttama kiintoainehuuhtouma on jäänyt huomioimatta päästölaskennassa.

Jakson kesto on 21 päivää ja sen aikana päästölaskentaan on käytetty yhtä pitoisuutta 4,1 mg/l. Jatkuvatoiminen mittari on tuottanut samalla jaksolla 1008 tulosta vaihteluvälillä 3,64 – 29,79 mg/l. Kuvaajasta voidaan huomata myös miten kiintoainepitoisuuden nousu on esiintynyt virtaaman kasvun yhteydessä, jolloin hetkellinen kuormitus on noussut suureksi.



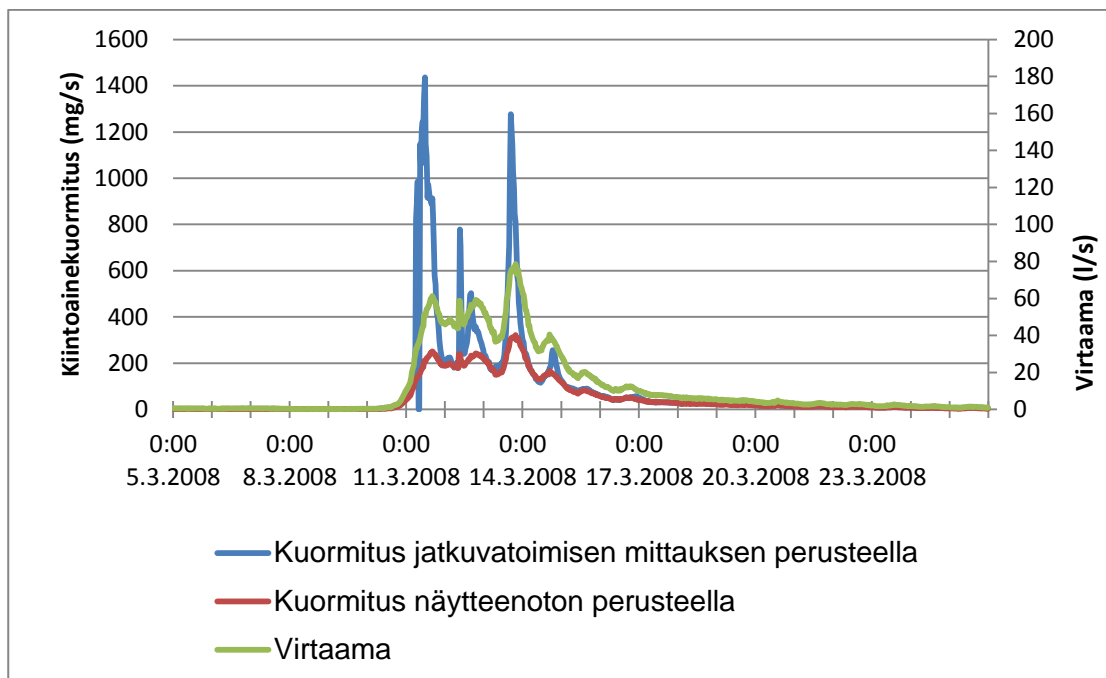
KUVIO 14. Jatkuvatoimisen mittauksen ja näytteenoton avulla määritettyjen kiintoainepitoisuuden ero ja virtaamaan muutokset laskentajaksolla.

Taulukossa 5 nähdään eri mittaustavoilla lasketut kuormitukset. Laskentajaksolla näytteenottoon perustuvassa laskennassa on saatu huomattavasti todellisen kuormituksen alittava kuormitus. Jos näytteenottohetki olisi osunut esimerkiksi kiintoainepitoisuushuipun kohdalle, olisi laskettu kuormitus ollut suurempi kuin todellinen kuormitus.

TAULUKKO 5. Kiintoainekuormitukset laskettuna jatkuvatoimisen mittauksen ja näytteiden perusteella.

Kiintoainekuorma [kg]		Kiintoainekuormitus [g/ha]		Ominaiskuormitus [g/ha d]	
Jatkuva	Näyte	Jatkuva	Näyte	Jatkuva	Näyte
76,9	45,3	1165,9	686,1	50,7	29,8

Kiintoainekuormitusten erot eri päivinä voidaan nähdä kuviosta 15. Näytteenoton perusteella laskettu kuormitus seuraa hetkellistä virtaamaa, kun taas jatkuvatoimisen mittauksen perusteella laskettu kuormitus vaihtelee virtaaman ja kiintoainepitoisuuden mukaan.



KUVIO 15. Jatkuvatoimisen mittauksen ja näytteenoton perusteella laskettujen kuormitusten eroavaisuus laskentajaksolla.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Järvinevan jatkuvatoimisen mittausaseman pH-mittaus on ollut yhtä luotettavaa, kuin virtaamamittaus, jota käytetään jo nyt päästötarkkailun raportoinnissa. Käytetty pH-anturi soveltuu hyvin turvetuotannon valumavesien tarkkailuun, kunhan sen puhdistamisesta ja kalibroinnista huolehditaan. Järvinevan kiintoainemittaus olisi käytettävissä olevan tiedon mukaan voinut olla luotettavaa, mikäli anturin puhtaudesta ja mittakaivon tyhjentämisestä olisi huolehdittu tarpeeksi. Käytetty kiintoaineanturi vaati tiheää puhdistusta, sillä sen pesuri ei ollut riittävän tehokas pitämään anturin optista päätä puhtaana kiintoaine- ja humuspitoisessa vedessä. Käytettyä kiintoaineanturia ei voida siis pitää puhdistuksen puutteiden takia soveltuvana anturina turvetuotannon valumavesien tarkkailuun. Sameusmittauksen perusteella määritetyn kiintoainepitoisuuden luotettavuus ei ole ollut Järvinevalla hyvä. Virhe johtuu todennäköisesti muuntokaavasta, joka on tehty liian pienellä vertailuaineistolla. Ennen kuin käytetyn sameusanturin luotettavuudesta voidaan tehdä johtopäätöksiä, tulisi hankkia enemmän tietoa Järvinevalta lähtevän veden kiintoainepitoisuuden ja sameuden välisestä riippuvuudesta suuremmalla näytemäärällä.

Turvetuotantoalueiden jatkuvatoimisen vesipäästötarkkailun toimivuuden kannalta on ensisijaisen tärkeää seurata mittauksien tietoa säännöllisesti, tunnistaa ja ennakoida virheet, sekä poistaa virhelähteet huoltamalla, puhdistamalla ja kalibroimalla laitteita tarpeeksi usein. Virheiden tunnistaminen mittauksista on helppoa ja sen apuna voidaan käyttää esimerkiksi automaattisia hälytyksiä, jotka tunnistavat mittausdatasta raja-arvojen ulkopuolelle menevät arvot tai voimakkaan hajonnan ja hälyttävät siitä tiedon hyödyntäjälle. Anturien puhdistamiseen ei tarvita erityisiä laitteita tai asiantuntemusta, kunhan työntekijä on saanut riittävät ohjeet puhdistukseen anturit varovaisesti vaurioittamatta niitä.

Jatkuvatoiminen järjestelmä tarvitsee tuekseen perinteistä näytteenottoa, jolla voidaan varmistua mittauksen luotettavuudesta ja määrittää useampia vedenlaadun muuttujia, kuin on kannattavaa nykyisin saatavilla olevilla antureilla. Kaikkia mahdollisia muuttujia ei kannata mitata, vaan on syytä keskittyä mieluummin muutamaan luotettavaan mittaukseen, joilla saadaan tietoa erityisesti tuotantoalueen päästöjen tai vesistönsuojelurakenteiden toiminnan kannalta hyödyllisistä muuttujista manuaalista näytteenottoa huomattavasti kattavammin. Esimerkiksi pH:n jatkuvatoimisella mittauksella voidaan saada tietoa happamuusongelman vähentämiseksi tehtyjen toimenpiteiden tehosta. Kiintoainepitoisuuden mittauksella

voidaan saada tarkempaa tietoa turvetuotannon päästöjen esiintymisestä. Yhdessä virtaaman kanssa tutkittaessa kiintoainepitoisuuden avulla voidaan parantaa vesiensuojelumenetelmien toimivuutta ja näytteenoton edustavuutta.

LÄHTEET

Anttila, E-L., Maikkula, P. & Nikula, A. 2010. *Siikajoen turvetuotantoalueiden käyttö-, päästö- ja vesistötarkkailu v. 2010*. Oulu: Pöyry Finland Oy. Water and Environment.

Asp, T. 2009. *Automaattisen vedenlaadun seurantajärjestelmän luotettavuus ja toimivuus Kyrönjoella*. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. Bio- ja ympäristötieteiden laitos. Hydrobiologia ja limnologia.

Energiateollisuusliiton www-sivusto. Energia ja ympäristö. Energialähteet. Turve [Viitattu 8.2.2012]. Saatavissa: <http://www.energia.fi>.

Hiljanen, R. 2003. *HAMIKE-projekti: Loppuraportti*. Oulu: Nortech Oulu.

Huttula T., Bilaletdin E., Härmä P., Kallio K., Linjama J., Lehtinen K., Luotonen H., Malve O., Vehviläinen B. & Villa L. 2009. *Ympäristön seurannan menetelmien kehittäminen. Automatisointi ja muut uudet mahdollisuudet*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 13/2009. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Huttula T., Lindfors A. & Kiirikki M. 2004. *Vedenlaadun seuranta automatisoituu*. *Vesitalous* 5/2004, 29–32.

Juntura E., Aarnio, E., Kerätär K., Nenonen O., Väisänen T., Savolainen M., Hellsten S., Virtanen M., Koponen J., Inkala A. & Ylinen H. 1997. *Jatkuvatoiminen mittausjärjestelmä veden laadun ja ainetaseiden seurantaan*. VTT Tiedotteita 1848.

Järvinevan turvetuotantoalueen ympäristölupa Dnro Psy-2008-y-226. 2008. Oulu: Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto.

Kløve, B. 2000. *Turvetuotannon vesistökuormituksen synty – Virtaaman säädön käyttö ja soveltaminen vesiensuojeluun*. Jordforsk raportti 64/2000.

Leskelä, A.; Pienimäki, M. & Pekkala M. 2010. *Selvitys turvetuotannon humuspäästöistä ja humuksen merkityksestä vesistöissä*. [Verkojulkaisu. Viitattu 12.4.2012]. Vapo Oy, Turveruukki Oy. Saatavissa: http://www.vapo.fi/filebank/5036-humusselvitys_080610.pdf.

MOT. 2011. *MOT: Turve pilasi järveni!* [televisio-ohjelman käsikirjoitus, viitattu 12.4.2012]. Yle. Saatavissa:

http://ohjelmat.yle.fi/mot/arkisto/mot_turve_pilasi_jarveni/kasikirjoitus.

Sallantaus, T. 1983. *Turvetuotannon vesistökuormitus*. Helsinki: Kauppa- ja teollisuusministeriön energiaosasto.

TASO-hankkeen www-sivusto. [viitattu 17.4.2012]. Saatavissa:

www.ymparisto.fi/ksu/taso.

Turveteollisuus ry. Turveinfo [Viitattu 15.3.2012]. Saatavissa: <http://www.turveinfo.fi>.

Turvetuotannon tarkkailutyöryhmä. 2006. *Turvetuotannon tarkkailuopas*. Oulu: Ympäristöministeriö [viitattu 19.3.2012]. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=51169&lan=fi>.

Väyrynen, T., Aaltonen, R., Haavikko, H., Juntunen, M., Kalliokoski, K., Niskala, A-L. & Tukiainen, O. 2008. *Turvetuotannon ympäristönsuojeluopas*. Helsinki: Edita Prima Oy.

Ympäristönsuojeluasetus A 18.2.2000/169. Finlex. Lainsäädäntö [viitattu 26.3.2012].

Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2000/20000169>.

