

Niko Muurinen

ETÄMONITOROINTI VESISTÖN
TILAN SEURANNASSA
Mikkelin alapuolinen Saimaa

Opinnäytetyö
Ympäristötekniologia


Huhtikuu 2013




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU <small>Mikkeli University of Applied Sciences</small>	Opinnäytetyön päivämäärä 16.04.2013				
Tekijä(t) Niko Muurinen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ympäristötekniologia				
Nimeke Etämonitorointi vesistön tilan seurannassa					
Tiivistelmä Veden laadun online-seuranta on huomattavasti halvempaa, tehokkaampaa ja monipuolisempaa kuin manuaalinen seuranta, jossa näytteet käydään ottamassa henkilökohtaisesti paikan päältä. Online-monitorointiin liittyy kuitenkin omat haasteensa, kuten luotettavuus. Opinnäytetyössä Saimaalle rakennettiin veden laadun online-mittausasema, jonka luotettavuuden testaus kuului opinnäytetyöhön. Opinnäytetyö toteutettiin osana Mikkelin ammattikorkeakoulun OPEN-tietojärjestelmä hanketta. OPEN-tietojärjestelmä hankkeessa kehitetään etämonitorointi toimintaa, jonka avulla pystytään seuraamaan Mikkelin alueen ympäristöterveyteen vaikuttavia tekijöitä. Osana Opinnäytetyötä Saimaalle toteutettiin noin kuukauden mittainen seurantajakso, jonka perusteella toteutettiin luotettavuuden arviointi YSI 6920 V-2 -sensorille, joka ostettiin. Luotettavuuden arvioinnissa näytteenotto toteutettiin pienessä ryhmässä, joka myös teki laboratoriotyöt. Anturi todettiin suurimmaksi osaksi suhteellisen luotettavaksi. Lämpötilan mittauksissa erot olivat niin suuret, että luotettavuutta oli mahdotonta varmentaa. Hankkeen suunnittelun ja toteutuksen kannalta jäi paljon parantamisen varaa. Luotettavuuden arvioinnin osalta olisi mittauksia ja menetelmiä muuttamalla voitu saada erilaiset tulokset. Myös tutkimuksien laajentamisen avulla voitaisiin tehdä laajempia tulkintoja veden laatuun vaikuttavista tekijöistä, kuten sään vaikutuksista.					
Asiasanat (avainsanat) Online-seuranta, veden laatu, Etämonitorointi					
Sivumäärä	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 30%; border: none;">Kieli</td> <td style="border: none;">Suomi</td> <td style="width: 30%; border: none;">URN</td> <td style="border: none;"></td> </tr> </table>	Kieli	Suomi	URN	
Kieli	Suomi	URN			
Huomaus (huomautukset liitteistä) Saimaan YSI 6920- V2 anturin seuranta tulokset ajalta: 7.8-28.8.2012					
Ohjaavan opettajan nimi Martti Pouru	Opinnäytetyön toimeksiantaja Mikkelin ammattikorkeakoulu				

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 16.04.2013
Author(s) Niko Muurinen	Degree programme and option Environmental engineering	
Name of the bachelor's thesis Remote monitoring at tracking condition of water system		
Abstract Water quality online-monitoring is significantly cheaper, more efficient and more diverse than manual monitoring, where sampling is done personally. Online-monitoring includes also challenges like reliability. At this thesis the reliability of online-monitoring station was tested at lake Saimaa. Building of measurement station was also part of this thesis. The thesis was carried out as a part of OPEN-information system project of Mikkeli University of Applied Sciences. OPEN-information system is based on developing remote monitoring, which helps following factors that affect environment health. Part of thesis was to make about one month tracking period to research reliability of YSI 6920 V-2 sensor. Sampling was made on small groups, which also made lab works. Sensor was found quite reliable for most parts. At water temperature measures sensor was found unreliable because of big difference between measurements. Many improvements were found for the project. Reliability test should be improved to get better results for improving stations' reliability. With wider research it would be possible to get more information about water quality, for example how weather affects the water quality.		
Subject headings, (keywords) Online monitoring, remote monitoring, water quality.		
Pages	Language Finnish	URN
Remarks, notes on appendices Measurement data from lake Saimaa		
Tutor Martti Pouru	Bachelor's thesis assigned by Mikkeli University of applied science	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	1
2	YMPÄRISTÖNSUOJELU.....	1
2.1	Ympäristönsuojelulainsäädäntö	1
2.1.1	Vesiensuojeluun liittyvä lainsäädäntö.....	2
2.2	Ympäristönmonitorointi	3
2.3	Veden monitorointi	4
2.4	Online-monitorointi.....	5
2.4.1	Online-mittarin datan lähetys	6
2.5	Pilvipalvelu	6
2.6	OPEN-tietojärjestelmä	7
2.7	Esimerkkejä hankkeista joissa on käytetty online-seuranta	8
2.7.1	Säkylän Pyhäjoen etämonitorointiasema	8
2.7.2	Kyrönjoki	8
2.7.3	Smart Demonstration of online water quality monitoring on the River Lee	9
2.8	Etämonitoroinnin edut.....	11
2.9	Etämonitoroinnin haasteet.....	11
3	PARAMETRIT	12
3.1.1	Sameus.....	12
3.1.2	Kiintoaine	13
3.1.3	Happamuus (pH).....	13
3.1.4	Sähkönjohtavuus.....	14
3.1.5	Liuenneiden ionien kokonaiskonsentraatio (TDS)	14
3.1.6	Liennut happi.....	15
4	KOHDE.....	16
4.1	Saimaa	16
4.2	Mikkelin alapuolinen vesialue	16
4.3	Mikkelin alueen Saimaalle tehtyjä toimenpiteitä	17
4.4	JärviWiki	18
4.5	Veden laatuun vaikuttavia tekijöitä.....	19
5	MITTAUKSET JA MENETELMÄT	19
5.1	Kuvaus vedenlaadunseurantajärjestelmästä	19

5.1.1	YSI 6920 V2	20
5.2	Online-monitoroinnissa käytettäviä antureita	21
5.3	Kalibrointi	22
5.4	Laboratoriotöissä käytetyt standardit ja laitteet	23
5.4.1	Liennut happi	24
5.4.2	Sähkönjohtavuus.....	24
6	TULOKSET	25
6.1	Tulosten luotettavuuden tarkastelu	28
6.2	Korrelaatiot ja muuta merkittävää.....	31
7	TULOSTEN TARKASTELU	34
7.1	Johtopäätökset.....	34
8	POHDINTA	35
8.1	Parannusehdotukset.....	35
8.1.1	Luotettavuuden parantaminen	35
8.1.2	Säaseman tulokset vedenlaadunseurannan rinnalle	36
8.1.3	Näytteenottoajat	36
8.2	Korrelaatiot	37
	LIITE/LIITTEET	
	1 Saimaan etäseuranta-aseman tulokset seurantajaksolta	

1 JOHDANTO

Vesi on välttämätöntä ihmisen elämälle. Jatkuva väestön- ja teollisuudenkasvu on kasvattanut riskejä vedenlaadulle, niin sisä- kuin rannikkovesistöille. Onneksi nykytekniikka on mahdollistanut vedenlaadun jatkuvan seurannan ja näin riskit ovat paremmin hallittavissa. Manuaalinen seuranta vaatii runsaasti työvoimaa ja resursseja, jotta se on ylipäättään mahdollista ja lisäksi se on kallista ja jaksottaista. Manuaalisessa seurannassa kustannukset ovat suuret ja niitä muodostuu jatkuvasti. Jatkuvatoimisten laitteiden käyttö on selkeästi edullisempaa ja sen käytöstä syntyy pienet kustannukset. Suurin menoerä on itse laite, joka sekin on kerta investointi (Glasgow. 2004.)

Tämä opinnäytetyö on tehty osana Mikkelin ammattikorkeakoulun EU-rahoitteista OPEN-tietojärjestelmä hanketta. Opinnäytetyössä suunniteltiin ja rakennettiin Saimaalle online-monitorointi mittausasema, jonka lähettämiä tuloksia verrattiin laboratoriossa tehtyihin määrittäisiin. Opinnäytetyön ohjaajina toimivat ympäristötekniikan yliopettaja Pia Haahea ja lehtori Martti Pouru.

Saimaalle rakennetun vedenlaadun online-mittarilla on tarkoitus valvoa ja selvittää, kuinka tuleva jäteveden purkuputki vaikuttaa Saimaan luontaiseen tilaan paikallisesti Pappilanselän alueella. Online-monitoroinnin avulla pystytään havaitsemaan, mikäli purkuputkesta pääsee jätevesi päästöjä vesistöihin, mutta tämä on vasta seuraava vaihe projektille. Opinnäytetyöni keskittyy lähinnä laitteiden mittaustulosten luotettavuuden arviointiin manuaalisen seurannan perusteella, ympäristön- ja veden monitorointiin ja hivenen itse käytettävään laitteisiin.

2 YMPÄRISTÖNSUOJELU

2.1 Ympäristönsuojelulainsäädäntö

Ympäristönsuojelulainsäädännöllä pyritään tukemaan ympäristönsuojelun tavoitteita. Lakia on kehitettävä jatkuvasti, jotta pysytään tavoitteissa, sillä yhteiskunta ja ympäristö muuttuvat jatkuvasti. Suomen ympäristönsuojelulaki on vahvasti sidoksissa EY-lainsäädäntöön, johon pyrytään myös jatkuvasti vaikuttamaan. Ympäristönsuojelulain keskeisiä tavoitteita on (Suomen ympäristöhallinto, 2012 b.:

- Ehkäistä ympäristöpilaantumista, sekä ehkäistä ja poistaa pilaantumista aiheuttavia tekijöitä
- Terveellisen ja viihtyisän ympäristön turvaaminen, joka on myös kestävä luonnontaloudellisesti
- Jätteiden synnyn ehkäiseminen ja niiden haittavaikutusten poistaminen
- Parantaa kansalaisien vaikutus mahdollisuuksia ympäristöä koskevassa lainsäädännössä
- Luonnonvarojen kestävä käytön edistäminen
- Ilmaston muutoksen torjunta ja kestävä kehityksen tukeminen

(Ympäristönsuojelulaki 4.2.2000/86. 1.luku 1§.)

2.1.1 Vesiensuojeluun liittyvä lainsäädäntöä

Alkuperäinen vesilaki säädettiin 1.4.1962. Vaikka aivan alkuperäistä lakia muutettiin ajoittain paljonkin, niin säilyi siinä silti loppuun asti osuuksia alkuperäisestä laista. Alkuperäinen laki kumottiin 27.5.2011/587, joka astui voimaan 1.1.2012.

(Vesilaki 27.5.2011/587.)

Nopeasti esiteltynä vesilain luvut jakautuvat seuraavasti

- luku 2 yleiset oikeudelliset velvollisuudet ja rajoitukset,
- luku 3 luvanvaraiset vesitalous hankkeet
- luku 4 veden ottaminen
- luku 5 ojitus
- luku 6 keskiveden korkeuden pysyvä muuttaminen
- luku 7 säännöstely
- luku 8 vesivoiman hyödyntäminen
- luku 9 puutavaran uitto
- 10 luku vesiväylät ja vesiliikenne alueet
- luku 11 hallintomenettelyt
- luku 12 vesi oikeudellinen yhteisö
- luku 13 korvaukset
- luku 14 valvonta ja hallinto
- luku 15 muutoksenhaku ja täytäntöönpano
- luku 16 rangaistus säännökset

- luku 17 kiinteistöoikeudellisia säännöksiä
- luku 18 erinäisiä säädöksiä
- luku 19 voimaantulo

(Vesilaki 27.5.2011/587.)

2.2 Ympäristönmonitorointi

Ympäristömittauksilla ja -monitoroinnilla tuotetaan tietoa ympäristötilasta, elinolosuhteista sisällä ja ulkona, sekä ihmisen aiheuttamista päästöistä ja muutoksista (Ympäristöministeriö 2009.)

Ympäristön monitoroinnilla on Suomessa pitkät perinteet. Säätelmiötä on seurattu vuodesta 1839, veden pinnankorkeutta 1849 ja tärkeimpiä päästöjä joissa on tarkkailtu 1910 lähtien, jolloin julkaistiin ensimmäinen Hydrologinen vuosikirja. Ensimmäinen metsien inventointi toteutettiin Suomessa 1921–1924. Jätevesien seuranta aloitettiin 1950 luvulla, ja niiden seuranta juomavesissä 1960-luvulla. Kansallinen veden laadun monitorointi aloitettiin joissa vuonna 1962 ja järvissä vuonna 1965. Myöhemmin aloitettuja monitorointeja ovat kemikaaliseuranta (1960-luvulla), pohjavesi (1975), ilmanlaatu (1983) ja jätteiden 1980 luvulla. Nykyisin seurantaa tehdään hyvin pitkälti EU:n vaatimuksista direktiivejä varten (Niemi 2009.)

Säteilyturvakeskus eli STUK aloitti säteilyn seurannan Suomessa vuonna 1958. Aluksi seurattiin pelkästään sairaalanlaitteiden aiheuttamaa säteilyä. Laitteiden kehittyessä, myös seuranta laajeni. Valtakunnallinen säteilynvalvonta aloitettiin 1960 ja 1965 aloitettiin luonnon säteilyseuranta (STUK 2012.)

Viime vuosikymmeninä ympäristön monitoroinnin määrä on kasvanut merkittävästi. Esimerkkinä tästä: vuonna 2008 Suomen Ympäristökeskus seurasi vedenlaatua 64 000 kohteesta, joista saatiin 23,6 miljoonaa tulosta ja hydrologista seurantaa tehtiin yli 2500 kohteesta (n.23 miljoonaa tulosta). Tehdyt tutkimukset ja tulokset on julkaistuna tieteellisissä artikkeleissa, raporteissa ja yleisissä ilmoituksissa (Niemi 2009.)

Ympäristöongelmien määrän lisääntyminen vaatii lisää tietämystä monilta tieteenaloilta. Seurantadatan keräämisen tulisi olla tehokasta, jotta sen avulla pystyttäisiin paremmin vastaamaan ympäristökysymyksiin. Seurantadatan samanaikaista käyttöä

tulisi rohkeammin käyttää ympäristöongelmien käsittelyssä (Niemi 2009). Aikaisemmin ympäristömittaukset ovat perustuneet näytteenottoon ja laboratorio analyysiin. Nykyisin ympäristömittaukset ja -monitorointi ovat siirtymässä reaaliaikaisiin kenttämittauksiin. Reaaliaikaiset kenttämittaukset vaativat kehittynyttä anturiteknologiaa ja online yhteyttä. Yhdellä anturilla tai muutaman anturin yhdistelmällä pystytään mittaamaan monia eri kemikaaleja ja monia muita muuttujia. Ympäristöpalvelut ja tiedonvälitys tulevat perustumaan tulevaisuudessa tietotekniikan luomiin mahdollisuuksiin (Ympäristöministeriö 2009.)

2.3 Veden monitorointi

Suomessa on seurattu veden laatua säännöllisesti 1960-luvulta alkaen. Tutkimusten tarkoituksena on ollut tuottaa tietoa veden laadun ajallisista ja paikallisista muutoksista. Näytteitä on otettu melko harvakseltaan, enintään kerran kuukaudessa, mutta yleisesti vain muutaman kerran vuodessa. Jatkuvasti toimivien mittareiden käyttö on välttämätöntä vesistön tilasta, ja kuormituksen aiheuttamista haitoista. Esimerkiksi mikäli näytteenotto ajoittuu vain sellaisille ajan jaksoille, jolloin kuormitus on suurimmillaan, ei saada kovinkaan oikeanlaista kuvaa vesistön tilasta. Yleensä näytteenotto suositellaan tehtäväksi tulvien aikaan, jolloin vesistökohtaiset päästöt ovat suurimmillaan fosforin ja kiintoaineen osalta. (Valkama ym. 2008.)

Järvien seurannan perustella voidaan arvioida järven kunnostuksen tarvetta. Hyvän seurannan perusteella kunnostustarpeista saadaan tietoa tarpeeksi ajoissa, jolloin kunnostus töiden tarve voidaan minimoida ja näin säästää kustannuksissa. Vesien käyttökelpoisuutta kuvataan erinomaisella, hyvällä, tyydyttävä, välttävä ja tai huono -arvosanoilla. Mikäli veden laatu on huono tai välttävä vaatii järvi kunnostustöitä (Teemu Ulvi 2005). Arvosteluasteikko perustuu vanhaan asteikkoon. Nykyinen luokittelu mittaa ekologista tilaa. Uusi asteikko oli käytössä ensimmäisen kerran vuonna 2008. Uusi asteikko laadittiin, sillä EU:n vesipolitiikan vesipuitedirektiivi ja sitä toteuttava suomenlainsäädäntö muuttivat pintavesien luokitteluperusteita. (Ympäristöhallinto 2012 vesipuitedirektiivi).

- Erinomainen
 - o Veden laatu on lähes luonnontilan mukainen, runsas happipitoisuus, karu, fosforipitoisuus alle 12 µg/l, humusta korkeintaan lievästi

- Hyvä
 - o Ei suuria muutoksia, ei voimakasta happivajasta, fosforipitoisuus välillä 12-30µg/l, pH aste välillä 6,5-7,5 humusleima korkeintaan kohtalainen.
- Tyydyttävä
 - o Selkeästi rehevöitymiseen viittaavia piirteitä, fosforipitoisuus yli 30 µmg/l, happivajaus selkeästi havaittavissa kerrostumisen lopulla, pH alle 6, runsaasti humusta.
- Välttävä
 - o Voimakasta rehevöitymistä, selkeä happikato, mataluus ja ruohottuminen, pH alle 5, sopii heikosti virkistymiskäyttöön.
- Huono
 - o Ei sovellu virkistymiskäyttöön (Kokemäenjoen vesisuojaus yhdistys ry.)

2.4 Online-monitorointi

Vedenlaadun heikentymiseen rinnastetaan jatkuva väestönkasvu ja teollisuuden paineet. Tämän takia veden laadun tehokkaasta seurannasta onkin tullut vesivarojen valvonnan yksi tärkeimmistä työkaluista. Ilman tarkkaa, intensiivistä ja pitkäaikaista seurantamateriaalia on vesistöjen tilaa mahdotonta valvoa ja arvioida. Ohjelmat, joiden avulla vesistöjen tila pystytään säilyttämään ja mahdollisesti parantamaan, eivät myöskään ole luotettavia ilman kunnollista materiaalia. (Glasgow 2004.)

Yleensä manuaalinen seuranta aloitetaan vasta, kun jotakin on jo tapahtunut. Esimerkiksi kalakuolemat, runsaat levät tai hapen ehtyminen voivat johtaa seurannan aloittamiseen. Tämänkaltaisissa tilanteissa seuranta ei ole riittävän intensiivistä, eli vesistön ominaistila jää kokonaan havainnoimatta, jolloin vahinkoa ehtii syntyä ennen eheystoiminnan aloittamista. Vedenlaadun jatkuvalla seurannalla pystytään ehkäisemään ja pienentämään, mahdollisesti syntyviä ympäristöriskejä. Ympäristöriskien ennaltaehkäisyssä on määritelty kriittiset parametrit, joiden äkillinen nousu tai lasku voi aiheuttaa riskin ja kun muutos havaitaan pystytään ehkäisevät toimet aloittaa heti, eikä vasta sitten kuin vahinko on jo havaittu. (Glasgow 2004.)

2.4.1 Online-mittarin datan lähetys

Online-mittari mittaa datan, jonka se tallentaa data-tiedontallentimeen (datalogger), josta se lähetetään määritetyllä aikavälillä eteenpäin. Tallennin on merkittävä laitteen toiminnan kannalta. Mikäli tallentimessa on koodivirheitä, antaa se aina väärän tuloksen, vaikka mittari olisikin laadukas. Tallentimen muistikapasiteetin on oltava riittävä datan tallentamiseen, sillä mikäli sen lähetys epäonnistuu, ei data saa kadota. Kovat pakkaset voivat aiheuttaa sen, että datan lähetys epäonnistuu, sillä kaikki modeemit eivät kestä pakkasta. Mikäli tallennin kuitenkin toimii, pystyy se tallentamaan tiedon, vaikka datan lähetys epäonnistuu, eikä mittaukseen pääse tulemaan näin aukkoja (Huttula ym. 2009.)

Huttulan ym. (2009) mukaan parhaiten datan lähetykseen sopii GPRS-palvelu, mikäli lähetetään suuria määriä dataa. GPRS (General Packet Radio Service) on langaton tiedonsiirtopalvelu, joka toimii GSM-verkossa. Pienempiin datan lähetyksiin sopii hyvin GSM-verkon avulla lähetettävä tekstiviesti.

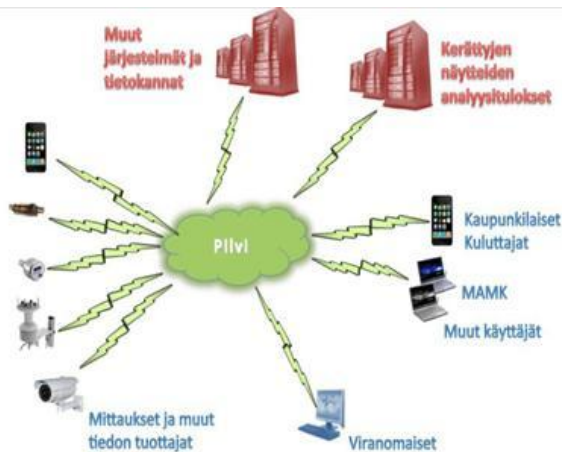
2.5 Pilvipalvelu

Pilvipalvelut ovat yksi merkittävimpiä kehityksiä IT-alalla viime vuosina. Se vastaa moniin ongelmiin, jotka tulivat vastaan datan määrän kasvussa. Ennen pilvipalvelun kehittämistä oli suuren työn takana säilyttää tai siirtää suurta määrää dataa. Dataa varten piti ostaa serverit, tietokanta ja itse tietokoneet. Enää ei tarvitse ostaa edellä mainittuja välineitä, vaan pilvipalvelun pystyy vuokraamaan niin pitkäksi aikaa, kun tarvetta on ja niin suurelle määrälle kun halutaan (EU Cordis 2012.)

Pilvipalvelu itsessään ei ole sidoksissa aikaan tai paikkaan, vaan tieto on käytettävissä missä ja milloin vain. Pilvipalvelun hienous on, että sen käyttämiseen tarvitaan ainoastaan Internet-yhteyden omaava laite. Palvelussa oleva tieto on haettavissa missä vain pelkällä selainohjelmalla. (Yrittäjä, 2012)

Kuvassa 1 on kuvattuna tässä hankkeessa käyttämän pilvipalvelun periaate. Pilvipalvelussa data käännetään selkokieliseksi kaikkien ymmärrettäväksi, sillä anturit eivät välttämättä lähetä tietoa suoraan tulkittavana, vaan pelkästään liuta numeroita. ”Pilvestä” saatu tieto on avointa tietoa, mutta avoimuus voidaan määritellä. Tietoa voi-

daan käyttää viranomaisvalvonnan tukena ja yksityiset ihmiset voivat seurata lähi-
vesistöjensä tilaa helposti. Lopuksi pilvipalvelusta saatu tieto voidaan tallentaa omaan
tietokantaan, jossa sitä pystytään analysoimaan ja käsittelemään tarpeen mukaan



KUVA 1 OPEN-tietojärjestelmä hankkeessa käytettävää pilvipalvelua (OPEN-Tietojärjestelmä 2012.)

2.6 OPEN-tietojärjestelmä

OPEN-tietojärjestelmä on Mikkelin ammattikorkeakoulun hallinnoima EU-rahoitteinen hanke. Hankkeessa kehitetään ympäristön etämonitorointia Mikkelin alueella. Mukana hankkeessa ovat Mikkelin ammattikorkeakoulun energia- ja ympäristötekniikan laitos, Etelä-Savon maakuntaliitto, Mikkelin kaupunki, Mikkelin Vesilaitos ja Metsäsairila Oy. Hankeen tietoliikenne ja integrointi palvelut ovat Observis Oy:n vastuulla. Hankkeessa seurataan säätä ja ilmanlaatua Mikkelin keskustassa sijaitsevan sääaseman avulla, veden laatua Pitkäjärvellä (sinilevä ja lämpötila) ja Saimaalla, sekä puhdistetun jäteveden laatua Metsäsairila Oy:n tiloissa. Hankkeessa saatua dataa on tarkoituksena käyttää osana kunnallisen suunnittelun ja tukena päätöksien teossa. Avoimen WWW-palvelun kautta pyritään tiedottamaan Mikkelin seudun asukkaita ympäristöriskeistä ja lisäämään tietoutta ympäristöasioista. Hanke tavoitteena on myös lisätä ympäristön monitorointia osan ympäristötekniikan koulutus ohjelmaa.

2.7 Esimerkkejä hankkeista joissa on käytetty online-seurantaa

2.7.1 Säkylän Pyhäjoen etämonitorointiasema

Säkylän Pyhäjoella ja Pyhäjärvellä on testattu ja käytetty etämonitorointilaitteita vedenlaadun seurannassa. Pyhäjärvellä testaus on perustunut siihen, että pyritään havainnoimaan, kuinka etämonitorointilaitteilla voidaan tarkkailla järven tilaa. Pyhäjärven mittauksissa on käytetty mittausasemaa ja veneettä. Veneessä laitetta on käytetty siten, että samalla kuin ajetaan, niin veden laatua mitataan. Pyhäjärven mitta-asema asennettiin 19.8.2008. Pyhäjärven mittausasemalla mittaukset tehtiin viidestä eri syvyydestä: 1,5 m, 5 m, 10 m, 15 m ja 20 m. Mitattavat partikkelit olivat vedenlämpötila (kaikista syvyyksistä) ja liuennut happi (5m,10m,15m,20m). Lisäksi mitattiin a-klorofylli-, sinilevä-, nitriitti- ja nitraattityppipitoisuus, sekä sameus, jotka mitattiin noin 1,5 metristä.(Lepistö ym. 2010.)

Seurantanäytteet lautalta otettiin vuonna 2008 viikon välein lautalta. Vuonna 2009 seurantanäytteenoton tiheyttä harvennettiin vuonna 2009, jolloin seurantanäytteet otettiin 1–2 kertaa kuukaudessa. Pyhäjärvellä seurantamittauksien perusteella laadittiin korjauskertoimet, joiden avulla tuloksista saatiin luotettavia. Pyhäjärven ja Pyhäjoen mittauksien avulla todettiin, että automaattisilla seurantalaitteilla pystytään saadaan luotettavia tuloksia, joita voidaan käyttää veden laadun seurantaan ja vesistön kunnan arvioimiseen. Osana Pyhäjärven CatchLake hanketta tehtiin myös kaukokartoitusta, jonka tavoitteena oli hahmottaa valuma-alueet (Lepistö ym. 2010.)

2.7.2 Kyrönjoki

Kyrönjoelle rakennetulla Hiirikosken mitta-asemalla on kehitetty vedenlaadun automaattista seurantaa vuodesta 1989. Jatkuvatoimista seurantaa Kyrönkoskella on tehty vuodesta 1997 lähtien. Kyrönjoelle on rakennettu kiinteitä mitta-asemia, joilla voidaan mitata veden lämpötilaa, sähkönjohtavuutta, pH:ta, sameutta, a-klorofyllia, virtaamaa ja kiintoainetta reaaliaikaisesti. Kyrönjoella on käytössään kaiken kaikkiaan viisi automaattista mittausasemaa, eikä kaikilla mittausasemilla ole samoja mittaus parametreja. Tiina Asp on laatinut Pro Gradu työn Jyväskylän yliopistolle, jossa tarkasteltiin automaattisten mittalaitteiden luotettavuutta ja luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä. Kyrönjoen seurannasta vastaa Länsi-Suomen ympäristökeskus, joka on tilannut seu-

rannassa käytetyt laitteet Labcotec Ab:lta. Kyrönjoella käytetään automaattista seuranta vesistöntilan kartoitukseen ja apuna pengerryspumppujen hallinnassa. Yhteydet Kyrönjoella on hoidettu käyttäen kiinteälinjaisia puhelinverkkoja, radiomodeemeja ja GSM-verkkoa. Kyrönjoen tiedonsiirto on kaksisuuntainen. Kaksisuuntainen tiedonsiirto tarkoittaa, että tietoa ei lähetetä pelkästään valvomoon, vaan valvomosta voidaan lähettää myös ohjausviestejä mittausasemille (Asp 2009.)

Aspin (2009) tutkimuksessa arvioitiin automaattisenseurannan luotettavuutta, jossa käytetty automaattisen seurannantuloksia, joita verrattiin ympäristöhallinnon HERTTA-tietojärjestelmästä saatuihin tuloksiin. Vertailunäytteitä kyseisessä projektissa on otettu keskimäärin kaksi kertaa kuukaudessa 2003-2008. Vertailunäytteiden tulkitsemisessa käytettiin Suomen Standardiliiton määrittämiä standardeja. Tulosvertailussa todettiin, että pH mittauksien väliset erot olivat sen verran isot, ettei niitä voida pitää luotettavina. Sähkönjohtavuuden mittauksissa mittarit todettiin suhteellisen luotettaviksi. Lämpötila määrittämissä mittarit todettiin niin luotettaviksi, ettei tuloksia edes tarkisteltu erikseen. Kiintoaine vertailuissa erot olivat suuret. Klorofyllimittauksissa mittarit ovat toimineet ailahtelevasti, joten niitä ei todettu luotettaviksi.

Tiina Aspin työssä todettiin kalibrointien ja mittareiden pesun parantavan tuloksien luotettavuutta. Aspin mukaan olisi myös suotavaa, että sama henkilö tekisi kalibroinnit ja pesut saman päivän aikana. Saman henkilön tehdessä työt, kalibroinnit ovat yhtenevät. Huoltotöiden aikana tulosten siirto tulisi keskeyttää, jottei tulokset pääse vääristymään tietokannassa (Asp 2009.)

2.7.3 Smart Demonstration of online water quality monitoring on the River Lee

Irlannissa on toteutettu 2007-2013 merkittävää Smart City hanketta, joka perustuu kestävästä kehityksestä huolehtimiseen. Hanketta rahoittaa Irlannin valtio osana kansallista kehityssuunnitelmaa 2007-2013. Projektista käytetään nimeä Deploy (Smart Catchment Demonstration: Long-Term Deployment of Sensor Monitoring System). Hankkeessa dataa kerättiin reaaliajassa, näytteenottotiheys oli 10-15 minuuttia ja seurantaajaksonpituus 365 päivää. Deploy hankkeessa tutkittiin sähkönjohtavuutta($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH:ta, sameutta(FTU), liuennutta happea(mg/l), klorofylli-A ($\mu\text{g}/\text{l}$), lämpötilaa ($^{\circ}\text{C}$) ja syvyyttä. Hankkeen aikana kerättiin yli 2 miljoonaa eri näytettä, jolloin datan käsittely täytyi olla hyvin suunniteltua, jotta tulokset pysyivät hallinnassa (Reagan 2011.)

Deploy-hankkeessa antureina käytettiin:

- EC-3000, valmistaja Tyco-Greenspa, vedenlämpötilan ja sähkönjohtavuuden mittaamiseen (2 kpl)
- EC-250, valmistaja Tyco-Greenspan, vedenlämpötilan ja sähkönjohtavuuden mittaamiseen (3 kpl)
- D-opto, valmistaja Zebra technologies, liuennan hapen mittaamiseen (4 kpl)
- pH-100, valmistaja Tyco-Greenspan, pH:n mittaamiseen (3 kpl)
- Druckt PXT, valmistaja GE, painesensori veden syvyyden mittaamiseen (2kpl)
- UniLux/TriLux, valmistaja Chelsea Technologies, Klorofylli-A:n mittaamiseen (5 kpl) (Reagan 2011.)

Mitta-asetuksia oli yhteensä viisi Lee Maltings, Lee Road, Inniscarra pumphouse, Inniscarra Reservoir ja Gougane barra. Mittalaitteet oli jaoteltu sen perusteella mitkä partikkelit olivat missäkin tärkeitä seurata. Hankkeen anturit oltiin valittu aikaisempien positiivisten kokemusten perusteella ja hyvien arvioiden (Reagan 2011.)

Datan keräämisessä Deploy-hankkeella oli muutamia ongelmia, johtuen rikkoutuneista antureista, akkujen loppumisesta ja Internet-yhteyden käyttökatkokset. Suurin Datan hävikki tapahtui Gougane barra anturin rikkoutuessa, jolloin data jäi puuttumaan kolmelta viikolta. Jokaisella asemalla ilmeni käyttökatkoksia seurantajakson aikana (Reagan 2011.)

Deploy-hankkeessa toteutettiin myös validointia anturin huollon tarpeesta, jotta näytteenotto olisi mahdollisimman luotettavaa jatkuvasti. Laitetta käytiin huoltamassa säännöllisesti. Kesäkuukausina antureita käytiin huoltamassa useammin, sillä silloin vedet ovat likaisemmat kuin talvikuukausina. Toukokuusta syyskuuhun antureita käytiin huoltamassa kaksi kertaa kuukaudessa, loka- ja marraskuussa antureilla käytiin kerran. Joulukuun ja helmikuun välillä antureilla ei käyty ollenkaan ja Maaliskuussa antureita ruvettiin taas tarkkailemaan. (Reagan 2011.)

Antureiden luotettavuutta seurattiin kahdella käsensensorilla (YSI ProPlus ja EuTech CyberScan) Käsensensoreilla seuranta ei menty lähelle mitta-asetuksia, jotta

käynti siellä ei häiritsisi online-antureiden toimintaa. Taulukossa 1 on kuvattuna Deploy-hankkeen luotettavuuden arviointia. (Reagan 2011.)

Taulukko 1 DEPLOY-hankkeen online-antureiden ja YSI ProPlus anturin tuloksien vertaaminen(Reagan 2011.)

Partikkeli	DEPLOY	YSI ProPlus
Sähkönjohtavuus ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	34.88	40.42
pH	6.06	6.73
Lämpötila ($^{\circ}\text{C}$)	8,25	7,95

DEPLOY-hankkeessa tunnistettiin online-seurannantarve, jotta saataisiin kattavampaa tietoa vesien tilasta ja jotta uhkat olisivat nopeammin tunnistettavissa. Online-seurannan eduksi hankkeessa mainittiin tarkkuus, jatkuvuus ja hinta. Huomioitavia asioita olivat virrantarve, datan siirto ja kestävyys. (Reagan 2011)

2.8 Etämonitoroinnin edut

Online-monitoroinnin edut ovat ylivoimaisia. Automaattistenmittalaitteiden mittaus tiheyttä, sekä datanlähetystiheyttä voidaan säätää vastaamaan tarvetta, ilman kustannusten merkittävää nousua. Mittausten ollessa jatkuvia ja tiheitä, saadaan tietoa jatkuvasti yllättävistä tilanteista, kuten esimerkiksi rankkasateiden vaikutuksesta vesistöjen tilaan. Suuri etu on myös siinä, että saatu data on suoraan sähköisesti käytettävissä. Jatkuvatoimisten mittareiden avulla pystytään havaitsemaan selkeästi, milloin kuormitus piikki on suurimmillaan. Huttula ym. mukaan mittareiden avulla on pystytty havainnoimaan, että typen ja kiintoaineen vuosikuormituksesta saattaa kolmannes muodostua lyhyen kuormitusepisodin aikana (Huttula 2009.)

2.9 Etämonitoroinnin haasteet

Vaikka online-mittauksilla onkin kiistattomat edut verrattuna manuaaliseen seurantaan, niin ei sekään ole ongelmaton. Tyypilliset ongelmat reaaliaikaisessa seurannassa liittyvät antureihin. Ongelmia ovat esimerkiksi ryömintä, mittauksien hetkelliset piikit, kohina ja poikkeavat mittaukset (Aksela 2012). Oman ongelman synnyttää myös riittävän hyvän paikan valinta, jotta pystytään saamaan mahdollisimman kattavat ja realistiset tulokset(Asp 2009.)

Mittarit tulevat myös pitää puhtaana ja kalibroida riittävän usein, jotta tulokset ovat luotettavia. Mikäli mittari likaantuu niin voi tapahtua ryömintää, jolloin tulokset väärentyvät hitaasti, jolloin väärää tulosta ei välttämättä huomata. Lisäksi selkeästi poikkeavien tuloksien pitoisuus pitäisi aina tarkistaa, jotta tiedettäisiin, voidaanko niitä pitää luotettavina. Hetkittäiset runsaat pitoisuudet kuvaavat muutosta vain pienessä vesimäärässä. Mielenkiintoisempaa on selvittää pitkäkestoiset isot muutokset, jolloin muutos koskee suurempaa vesimäärää. (Aksela 2012.)

Ongelman online-seurantaan tuo myös verkkoyhteys. Välillä verkko voi olla toimintakyvyn pitkä ja mikäli silloin ei ole käytössä lähetintä, joka pystyy tallentamaan tiedot, mittausdata häviää. Ongelma muodostuu myös virransaannin jatkuvuudesta. Monet anturit käyttävät runsaasti energiaa etenkin talvella, jotta ne pystyvät pitämään toimintakykynsä, jolloin akkujen kestävyydestä tulee ongelma. (Reagan 2011.)

3 PARAMETRIIT

Seurattavat partikkelit valittiin silmällä pitäen jätevesipäästöjä Mikkelin alapuolisella Saimaalla ja saataisiin kuvaa vesistötilasta. Saimaalla oleva YSI-sensori on sijoitettu siten, että sen avulla pystytään havainnoimaan Metsäsairilan purkupuutkesta pääsevän käsitellyn jäteveden määrää ja vaikutusta vesistön tilaan. Kattavat tutkimukset veden tilasta ovat tärkeitä ennen purkupuutken tuloa, jotta sen vaikutukset veden laatuun saadaan selvitettyä mahdollisimman tarkasti ja luotettavasti.

3.1.1 Sameus

Vesien kirkkautta kuvataan sameudella, josta selviää kuinka paljon vedessä on valonläpäisyä ehkäiseviä hiukkasia. Vesien sameus johtuu siinä olevista pienistä hiukkaisista, kuten saviaineista ja levistä. Sameuden mitta yksikkönä käytetään FTU(Formalize Turbidity Unit)/NTU(Nephelometric Turbidity Units). Kirkkaan veden arvo on alle 1 FTU/NTU ja lievästi samean veden arvo on 1-5 FTU/NTU. Sameus riippuu liettyneen aineen pitoisuudesta ja hiukkaskoosta. Sameutta pystytään mittaamaan siihen tarkoituksella mittareilla. (Suomen Ympäristökeskus 2012 c)

Samea vesi aiheuttaa veden värin absorption lisääntymistä, jolloin veden pintaosa lämpenee voimakkaasti ja valo ei pääse syvempiin kerroksiin. Sameus aiheuttaa veden lämpenemistä, sillä tummempi vesi absorboi enemmän lämpöä. Veden lämpeneminen taas aiheuttaa liuennan hapen kulumista, sillä lämpimämpi vesi pystyy sisältämään vähemmän happea. Samea vesi aiheuttaa myös sen, että fotosynteesi vähenee, mikä myös aiheuttaa liuennan hapen vähenemistä, jolloin myös orgaanisen aineksen tuotanto vähenee. Pääsääntöisesti vesistöissä fotosynteesin tuottajia ovat levät, mutta myös kasvit tuottavat orgaanista ainesta. (EPA 2012 b.)

3.1.2 Kiintoaine

Kiintoainetta ovat liete, savihiukkaset, planktonit, levät, hienojakoiset orgaaniset ainekset ja muut hienojakoiset hiukkaset. Kiintoaine vaikuttaa vesiin hyvin samalla tavalla kuin sameus, tosin se myös aiheuttaa sitä. Orgaaniset kiintoaineet kuluttavat hajoitessaan veden happea, mikä samalla lisää veden likaantumista. Mikäli kiintoainepitoisuus on runsasta, niin se voi aiheuttaa pohjan leväkasvuston siirtymistä pintaa, sillä se peittää valon, jolloin levän toiminta ei ole mahdollista muuta kuin pinnassa. (Pohjois-Pohjanmaan ELY 2011.)

3.1.3 Happamuus (pH)

Vesistöjen happamoitumisella tarkoitetaan vesistöjen alentunutta kykyä vastustaa happamia yhdisteitä. Happamoituminen on helpommin ymmärrettävissä pH-arvon laskuna. Happamoituminen kasvoi Suomessa runsaasti 1950-luvulla, jolloin fossiilisten polttoaineiden kulutus kasvoi huomattavasti ja ilmaan vapautui runsaasti rikin- ja typen oksideja. 1970-luvun lopulla huomattiin fossiilisten polttoaineiden vaikutus happamoitumisen kannalta ja alettiin säätämään lakeja, jotta happamoitumista voitaisiin ehkäistä. 1980-luvulla Suomen järvet alkoivat toipua ja toipumiskehitys on ollut jatkuva. (Luonnontila 2010.)

Happamoitumiseen vaikuttavat pääosin sadanta, pohjavesien- ja jokien virtaukset sekä pintavalumat, joista varsinkin pintavalumalla on suuri vaikutus sisävesien happamoitumiseen, sillä veden mukana tulee kaikki maasta liuenneet ainesosat. Yksi tärkeimmistä happamoitumisen kannalta huomioitavia asioita on maaperän laatu (Vesiraken-

taminen 2009). Voimakas perustuotanto myös kasvattaa veden pH-arvoa, sillä se kuluttaa veden hiilihappoa (Oravainen 1999).

3.1.4 Sähkönjohtavuus

Sähkönjohtavuus on mitta, joka kuvaa veden kykyä johtaa sähkövirtaa. Sähkönjohtavuuteen vedessä vaikuttaa epäorgaanisten liukenemattomien aineiden läsnäolo, kuten esimerkiksi sulfidi-, nitraatti-, kloridi- ja fosfaatti anionit tai natrium-, magnesium-, kalsium-rauta- sekä alumiinikationit. Orgaaniset yhdisteet, kuten öljyt, alkoholit, fenolit ja sokerit, eivät johda sähköä hyvin. Mikäli vedessä on näitä yhdisteitä, on veden sähkönjohtavuus alhainen. Myös veden lämmöllä on vaikutus sähkönjohtavuuteen. Mitä lämpimämpää vesi on, sitä korkeampaa on sen sähkönjohtavuus. Tämän takia sähkönjohtavuus vesissä ilmoitetaan sähkönjohtavuus 25 celsiuksessa. (EPA 2012 b.)

Edellä kerrotun perusteella voidaan todeta, että suolaiset merivedet johtavat paremmin vettä kuin suolattomammat järvedet. Jätevesien suolapitoisuus on myös korkeampi, kuin järvidesillä, joten sähkönjohtavuuden mittaamista voidaan käyttää järvidesissä jätevesien kulkeutumisen analysoimisessa. Selvä ja voimakas sähkönjohtavuuden kasvu pohjan tuntumassa johtuu yleensä jätevesien kulkeutumisesta alusveteen. Sähkönjohtavuus nousee järvissä pohjaan mennessä, sillä liuenneet aineet ovat lähempänä pohjaa, koska pohjan lähellä tapahtuu ioneja vapauttavia hajoamisreaktioita. Talvisin sähkönjohtavuus nousee, sillä jätevedet laskevat lähemmäs pohjaa tultaessa. (Suomen Ympäristökeskus 2011.)

3.1.5 Liuenneiden ionien kokonaiskonsentraatio (TDS)

Liuenneiden ionien kokonaiskonsentraatio kuvaa veteen liuenneiden aineiden määrää, jotka ovat jotakin muuta kuin itse vettä, esimerkiksi suolat, metallit, anionit ja kationit kuuluvat kaikki tähän kategoriaan. Yleisesti ottaen liuenneiden ionien konsentraatio kuvaa kationien (positiivinen varaus) ja anionien (negatiivinen varaus) määrää. TDS-lähteitä vesille on monia. Osa tulee luonnollisista lähteistä, kuten lehdistä, maaperästä tai planktoneista ja osa tulee ihmisten vaikutusten kautta, kuten jätevesistä, tien suolauksesta, ylivuodoista kaupunkialueilta, lannoitteista, torjunta-aineista tai teollisuudenpäästöistä. (HM digital.)

TDS-anturit mittaavat johtokykyä ja laskevat ionipitoisuuden kertoimella, joka perustuu vesien tyypilliseen ionien suhteisiin. TDS ja sähkönjohtavuus siis ovat voimakkaasti riippuvaisia toisistaan. Yleensä TDS-arvoa seurataan lähinnä juomavesistä, sillä sen avulla voidaan havainnoida veden juomakelpoisuutta. TDS-arvolla kuvataan myös veden kovuuksia. Mikäli vesi on liian kovaa, vahingoittaa se vedenjakeluputkistoa, jolloin putkista voi irrota haitallisia aineita. TDS-arvolla, kuten sähkönjohtavuudellakin, voidaan seurata jätevesien kulkeutumista vesistöihin tai jätevedenpuhdistamolla sen avulla voidaan seurata puhdistamon tehokkuutta. (HM digital.)

3.1.6 Liuennut happi

Veteen liuennut happi on tärkeimpiä ainesosia, mitä vedessä on ja tärkein kaasu, joka on liuennut veteen. Veteen liuennut happi on elintärkeä vesistöjen eliöille, sillä kaikki eliöt tarvitsevat happea elääkseen. Liuennutta happea tarvitaan myös moniin kemiallisiin reaktioihin, jotka ovat välttämättömiä järven toiminnan kannalta. Liuennutta happea syntyy vesistöihin fotosynteesistä, virtauksista ja ilmasta. Koska fotosynteesi vaatii valoa, syntyy liuennutta happea vesistöihin vain valoisaan aikaan fotosynteesistä. Ilmasta veteen tulee eniten silloin kuin tuulee, sillä silloin muodostuu aaltoja, jotka kasvattavat pinta-alaa, jolloin pystyy tapahtumaan enemmän diffuusiota. Diffuusiota tapahtuu kuin ilma ja vesi kohtaavat, ilma sisältää 21% happea ja vesi sisältää murtoosan yhdestä prosentista. (Department of Ecology.)

Liuennutta happea myös kuluu vesistä. BOD-aineilla tarkoitetaan biologista happea kuluttavia aineita, jotka ovat merkittävin tekijä, johon ihmiset pystyvät vaikuttamaan. Kyseisiä aineita pääsee vesiin jätevedenpuhdistamoista, joilla tosin on tiukat vaatimukset siitä paljonko BOD-aineita saa päästää luontoon. Vaikka BOD pystytään puhdistamaan jätevesistä 90–99.9 %:sti, sisältää se silti runsaasti happea kuluttavia aineita puhdistamolta tulevan veden ollessa niin likaista. Suuret sademäärät vaikuttavat myös BOD:n kulkeutumiseen vesiin, sillä kaduilta ja pelloilta valuu aineita, jotka kuluttavat vesistöjen happea. (Suomen ympäristökeskus 2012 d.)

Suomessa liuenneen hapen pitoisuudet ovat alhaisimmillaan talvella, sillä silloin vesi ei saa happea jääpeitteen läpi, vaikka kylmä vesi pystyykin sisältämään enemmän happea kuin lämmin. Tämän takia järvet joutuvat tulemaan talven yli toimeen keräämien happivarastojen avulla. Kylmässä vedessä reaktionopeudet hidastuvat, mikä ai-

heuttaa sen, ettei happeakaan kulu niin paljoa. Tästä huolimatta, vaaikka talvella happea ei kulu niin paljoa kuin kesällä, on loppupalvi silti kriittisin vaihe järven happipitoisuudelle. Happipitoisuus lähtee kuitenkin saman tien nousemaan kun valumisvedet alkavat virrata. (Suomen ympäristökeskus 2012 d.)

Kesällä ja talvella hapen kylläisyysaste on 80–90 %, vaikka itse pitoisuuksissa onkin eroja. Talvella, jolloin päänlysveden lämpötila on 0,5-1 °C sisältää vesi happea n. 12–13 mg/l. Kesällä, jolloin päänlysveden lämpötila on 18–20 °C, on liuennutta happea vastaavasti noin 8-9 mg/l. Veden happipitoisuuden kyllästymisprosentti kuvaa sitä kuinka suuren prosentuaalisen osuuden vesi sisältää happea, veden tasapainopitoisuudesta ilman kanssa tietyn lämpöisessä vedessä. (Suomen ympäristökeskus 2012 d.)

4 KOHDE

4.1 Saimaa

Saimaa on Suomen suurin ja Euroopan neljänneksi suurin järvi. Saimaa on myös suurimman sisävesistömme Vuoksen keskusjärvi. Vuoksen vesi laskee Venäjän puolelle Laatokkaan. Keskimäärin Saimaasta purkautuu vettä Vuokseen 550 m³/s. Saimaa on pinta-alaltaan 4400 km² ja valuma-alueenala on 61 070 km². (Etelä-Savon ELY 2011.)

Vedenlaadultaan Saimaa on pääosin erinomaista tai hyvää, mutta laatu vaihtelee sijainnin mukaan. Veden paikoittaiseen laatuun vaikuttavat virtaukset, etäisyys suurista päästölähteistä ja paikoittaiset hajakuormittajat. Suurimmat päästölähteet Saimaalle ovat taajama-alueet, teollisuus, haja-asutusalueet, maanviljely ja metsänhoito. (Etelä-Savon ELY 2011.)

4.2 Mikkelin alapuolinen vesialue

Mikkelin alapuolinen vesialue on Saimaan osa-alue. Kyseinen osa-alue rajautuu Ristiinana Louhivedelle, joka on noin 50 km päässä Saimaan päävirtauksesta. Mikkelin alapuolinen Saimaa on kovin rikkonainen ja siinä on runsaasti niemialueita ja kapeita pitkiä salmia. Edellä mainitut rakenteelliset seikat tekevät sen, että vesi liikkuu kyseisessä osassa Saimaata kovin hitaasti, eikä ”laimennusvettä” tule riittävästi. Kuormitus-

paikalla vesialue säilyy pitkään saastuneena ja saastuttaa vähitellen myös lähialueet. (Etelä-Savon ympäristökeskus 2006.)

Mikkelin alapuolista vesialuetta valvotaan Mikkelin kaupungin velvoitetarkkailuohjelmassa mukana. Seurantakohteita on kaikkiaan 11, joten ohjelma kattaa koko alueen Mikkelin alapuolisessa Saimaassa. Ohjelman ansiosta Mikkelin alapuolisen Saimaan vedenlaatu tunnetaan erittäin hyvin. Yleisiä ongelmia kyseisen alueen vesistöissä ovat rehevöityminen ja alusveden happiongelmat. Mikkelin lähialueilla vesi on melko ruskeata (korkea humuspitoisuus), mutta aina kauemmas mentäessä, muuttuu veden väri asteittain kirkaammaksi. Louhiveden alueella vesi on enää hieman ruskeata, missä vesi on enää niukkahumuksista, kun muuten alueella vesi on runsashumuksista tai keskiumuksista. Mikkelin alapuolisella vesialueella rehevyystaso on rehevää, klorofyllipitoisuuksien mukaan. (Etelä-Savon ympäristökeskus 2006.)

Etelä-Savon ympäristökeskus nimeää pahimmiksi vedenalueen pilaajiksi Mikkelin alapuoliselle Saimaalle asumajätevedet, jätevedet, maatalouden ja valuma-alueet haja-asutusalueelta. Pitkäaikainen jätevesikuormitus ja kasvanut ja tehostunut maatalous ovat aiheuttaneet sen, että pohjasedimenttiin on sitoutunut runsaasti ravinteita. (Etelä-Savon ympäristökeskus 2006.)

Järvien luokitteluasteikon perusteella Mikkelin alapuolisen Saimaan kunto jakautui seuraavasti vuonna 2006 (perustuu vanhaan asteikkoon):

- Launialanselkä: lähinnä tyydyttävä
- Lamposaarenselkä: lähinnä tyydyttävä
- Annilanselkä: tyydyttävä
- Kyyhkylänselkä: tyydyttävä
- Ukonvesi: tyydyttävä
- Leppäselkä: tyydyttävä
- Päähkeenselkä: tyydyttävä
- Louhivesi: tyydyttävä (Etelä-Savon ympäristökeskus 2006)

4.3 Mikkelin alueen Saimaalle tehtyjä toimenpiteitä

Mikkelin alapuolisen Saimaan tilaa on kohennettu hapettamalla vuodesta 1985 lähtien. 1985 hapettaminen aloitettiin Annilanselällä ja Kyyhkylänselällä. Vuodesta 1995 ovat

hapettimet olleet myös Launialanselällä ja Lamposaarenselällä. Positiivisen kehityksen taustalla on nimenomaan käytetyt hapettimet sekä puhdistamoiden kuormituksen väheneminen. Muilla alueilla tilan kehitys on ollut hitaampaa ja kaupungin tuntumassa olevilla joillakin alueilla tila on jopa heikentynyt. Jatkossa veden laatua on tarkoitus kehittää paremmalla hulevesien hallinnalla. (Mikkelin kaupunki 2004.)

Pohjaeläimistöä on tutkittu 1973, 1987, 1994 ja 2000. Pohjaeläintutkimusten perusteella kehitys on ollut valoisaa ja pohjan tila on kohentunut joka kerta seurantaan tehdessä. Huonoimmat pohjat löytyivät Launialanselältä ja Lamposaarenselältä, jotka olivat kartoituksen mukaan huonossa kunnossa. Mikkelin alapuolisen Saimaan tila on kohentunut 1982-2002 varsinkin Launialanselän ja Annilanselän välisellä alueella. (Mikkelin kaupunki, 2004.)

4.4 JärviWiki

Järviwiki on Suomen järvien verkkopalvelu, jota rakennetaan ja julkaistaan käyttäjien yhteistyöllä. Järviwikissä on perustiedot kaikista yli hehtaarin järvistä sekä valmiit työkalut, joiden avulla käyttäjät voivat jakaa valokuvia ja havaintoja. Ensimmäinen versio Järviwikistä julkaistiin maaliskuussa 2011. (Järviwiki.)

Järviwikiin on perustanut Suomen ympäristökeskus, joka myös vastaa sen ylläpidosta. Sisältöä ovat SYKE:n lisäksi tuottaneet Riista- ja kalataloudentutkimuslaitos ja YLE:n elävä arkisto. Järviwiki on saanut rahoitusta EU:n Life+ rahoitusta osana GisBloom-hanketta ja Maa- ja vesitekniikan laitokselta apurahaa. (Järviwiki)

Järviwikiin jokainen voi perustaa oman havaintopaikan, tallentaa kohdekuvia ja lisätä tietoa tapahtumista. Kaikki käyttäjien tekemät muutokset julkaistaan heti ilman tarkistusta, jonka takia kannattaa huomioida, etteivät Järviwikissä olevat tiedot ole aina välttämättä paikkaansa pitäviä. SYKE ei ota vastuuta tietojen oikeellisuudesta. Lainmukaisuudesta on aina vastuussa itse sisällön tuottaja. (Järviwiki.)

Julkaisujärjestelmänä Järviwiki käyttää Mediawiki-ohjelmistoa Semantic Mediawiki-laajenuksella ja karttapalveluna toimii Google Maps. (Järviwiki).

4.5 Veden laatuun vaikuttavia tekijöitä

Erittäin oleellinen osa vedenlaadun tarkkailussa on seurata valuma-aluetta. Valuma-alue on vesistöalue, joka on vedenjakajan rajaama alue. Valuma-alue muodostuu alueen järivistä, joista ja lammista. Sadevesi itsessään on hapanta ja sisältää päästöjä, mutta enemmän vaikutusta on alueen maankäytöllä ja ominaisuuksilla. Savisen maan vesistöt ovat etenkin sateiden jälkeen harmaampia kuin muut, sillä se on äärimmäisen herkkä eroosiolle. Turvemailta vesistöihin vastaavasti liukenee humusta, joka värjää vesistöä ruskeaksi. (Suomen ympäristöhallinto 2010.)

Maankäyttö voidaan jakaa kolmeen kategoriaan, jotka ovat asutus, pellot ja metsät. Hakkuualueet kuormittavat vesistöjä huomattavasti enemmän kuin nuori ja kasvava metsä. Hakkuiden jälkeen vesistöihin kulkeutuu varsinkin happamoivia humusaineita. Kaupungeista vesistöihin valuu teiltä ja parkkipaikoilta öljyä. Kaupunkien jätevedet aiheuttavat myös merkittävän kuormituksen vesistöille, vaikka ne johdetaankin sinne puhdistuksen jälkeen. Myös haja-asutuksen jätevedet aiheuttavat kuormitusta vesistöille. (Suomen Ympäristöhallinto 2010.)

5 MITTAUKSET JA MENETELMÄT

5.1 Kuvaus vedenlaadunseurantajärjestelmästä

Saimaalle rakennettu vedenlaadunseurantajärjestelmä suunniteltiin ympärivuotista käyttöä varten. Mittausaseman suunnitelman laati ympäristötekniikan opiskelija Harri Räsänen yhdessä DI Martti Pourun kanssa. Mittauksissa käytettiin YSI 6920 V2-sensoria, josta kerrotaan lisää luvussa 6.1.1.

Mittausasema itsessään koostuu poijusta, jonka sisään on kätkeytyneenä lähetin, ankkurista ja itse sensorista. Ankkurina toimii galvanoitu poijuankkuri, joka pitää sensorin paikan muuttumattomana. Itse sensori on asetettu noin 1,5 metrin syvyyteen, jolloin se on lähes puolessa välissä pinnan ja pohjan välillä. Mittausaseman asennus valmistettiin pitkälti ympäristölaboratoriossa, jotta veneessä tehtävät työt olisivat mahdollisimman vähäiset. Projektin veneenä käytettiin Hannu Oksmanin lainaamaa soutuvenettä, joka oli käytössä myös näytteenotossa. Asennuksessa ei tarvinnut muuta kuin

poistaa kalvot ja putkilot antureiden päältä, minkä jälkeen asetettiin ankkuri veteen ja tämän jälkeen poiju ja viimeiseksi sensori. Asennuksen suorittivat Dmitry Avkhimovits ja Niko Muurinen.

Sensorin toimitti Mikkelin ammattikorkeakoululle GMW Engineerin työntekijä Tero Piiparinen, joka opasti mittarin asennuksen, tarvittavien kalibrointien tekemisen sekä auttoi sensorin toimintavalmiiksi saamisessa. Kyseinen koulutus oli OPEN-tietojärjestelmähankkeen kannalta hyödyllinen, sillä hankkeella on käytössä myös toinen samanlainen anturi, joka sijoitettiin Metsäsairilan jäteasemalle.

5.1.1 YSI 6920 V2

6-sarjan YSI -sensorit ovat multiparametrisiä vedenlaadun mittalaitteita ja datakeräysjärjestelmiä. Kyseiset sensorit on tarkoitettu tutkimus-, arviointi- ja säätelykäyttöön. Sensorit ovat torpedon muotoisia ja niihin pystyy kiinnittämään useita antureita. Sensorit sijoitetaan veteen mittaamaan veden laatua. Jokaisessa anturissa voi olla yksi tai useampi mitattava parametri, kuten esimerkiksi sähkönjohtavuusanturi, joka mittaa sähkönjohtavuuden lisäksi vedenlämpötilaa. 6-sarjan YSI -sensorit pystyvät mittaamaan esimerkiksi kloridia, ammoniumtyyppiä, sinilevöpitoisuuksia, nitraattia, virtausta ja suolaisuutta. (YSI 2011.)



KUVA 2 Ysi 6920 V2 -anturi kalibrointivaiheessa (Muurinen 2012)

5.2 Online-monitoroinnissa käytettäviä antureita

Luminesenssi tarkoittaa tapahtumaa, jossa virittynyt atomi tai molekyyli purkautuu päästään ylimääräisen energian valona. ROX-mittarin luminesenssi mittauksen ensimmäisessä vaiheessa väläyttää sinisen valon päälle, joka aiheuttaa luminesenssin. Tämän jälkeen sensori laskee luminesenssin keston ja vertaa sitä referenssivaloon. Liunneen hapenpitoisuuden määrittämiseen käytetään kahta valoa, jolloin saadaan vakaa tulos. (YSI 2008.)

Konduktometriassa mitataan sähkönjohtokykyä. Mitä enemmän liuoksessa on ioneja, sitä paremmin se johtaa sähköä. Konduktometrisessä mittauksessa liuokseen laitetaan kaksi elektrodia, joiden välille kytketään sähkövirta. Mittari mittaa elektrodien välistä resistanssia, jonka perusteella saadaan sähkönjohtavuus. Resistanssin suuruuteen vaikuttaa elektrodien välissä oleva sähkönjohtavuus. (Opetushallitus)

Potentiometrinen mittalaite sisältää ioniselektiivisen elektrodin ja vertailuelektrodin muodostaman sähköparin. Elektrodit upotetaan näyteliuokseen, jossa mitataan niiden välistä jännitettä. Vertailuelektrodin potentiaali on vakio ja ioniselektiivisen elektro-

din potentiaaliin vaikuttaa mitattava ionilajin pitoisuus, jolloin jännite kertoo ionipitoisuuden. (Opetushallitus)

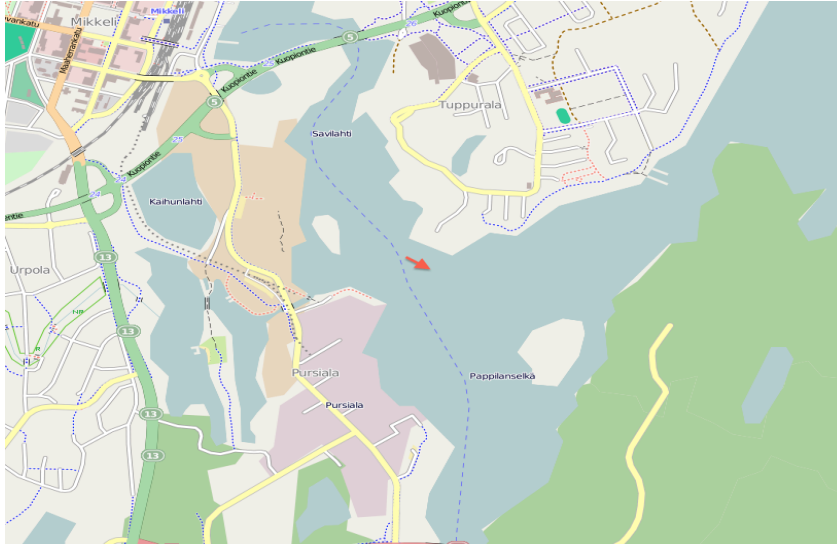
Taulukko 2. Online-monitoroinnissa käytetyt anturit ja niiden mittauseriaatteet

Anturi	Mittausparametri	Mittauseriaate
ROX™ Optical Dissolved Oxygen• mg/L	Liuenut happi	Luminesenssi-
Conductivity 6560 Sensor	Sähkönjohtavuus	Konduktometria
pH 6561 Sensor*	pH	Potentiometria
Turbidity• 6136 Sensor*	Sameus	Optiikka

5.3 Kalibrointi

Ennen sensorin asennusta, tulee sensori kalibroida mittalaitteen toimittajan ohjeistuksen mukaisesti. Kyseisen mittalaitteen mukana tulee kalibrointiohje ja sen mukana taulukot, johon jokaisen kalibrointikerran tulokset tulee kirjata. Kalibroinnin ja huollon määrä arvioidaan aina kohteen ja sen tarpeiden mukaan. Riittävän usein tehty kalibrointi ja huolto takaavat laitteen pitkäikäisen toiminnan ja luotettavat mittaustulokset. (YSI 2011)

Sähkönjohtavuuden kalibroinnissa käytettiin vain yhtä liuosta, jonka konsentraatio oli 10 mS/cm. Kalibroinnissa avuksi oli kuvassa 2 näkyvä kalibrointikuppi, johon liuokset pystyttiin kaatamaan. pH:n kalibroinnissa käytettiin kolmipistekalibrointimenetelmää, eli kalibrointiliuokset olivat 4,7 pH ja 10 pH. Jokaiselle pH-arvolle oli määritetty sallitut millivolttiulostulo, jotka kirjattiin ylös kalibroitaessa. Liuenneen hapen kalibroinnissa käytettiin menetelmää, jossa kalibrointikupin pohjalle laitettiin 2,5 cm vettä ja annettiin veden kyllästyä hapessa noin 15 minuuttia, jolloin pitoisuudeksi pitäisi tulla 100 %. Sameuden kalibroinnissa käytettiin yhdenpisteenkalibrointimenetelmää, 0,0 NTU. (YSI 2009)



KUVA 3. Karttakuva, jossa punaisella nuolella merkittynä sensorin paikka (OpenStreetMap)

Työssä toteutettiin myös manuaalinen seurantajakso, jotta laitteen toimivuus saatiin todettua. Tällöin näytteet käytiin hakemassa poijun vierestä soutuveneellä ja näytteet otettiin limnos-näytteenottimella. Näytteet otettiin samasta syvyydestä, josta anturi mittasi. Samalla, kun näytteet otettiin, tarkastettiin myös sensorin tila päällisin puolin.

5.4 Laboratoriotöissä käytetyt standardit ja laitteet

Laboratoriotyöt toteutettiin Suomen standardisointiliiton laatimien ohjeistuksien mukaan kuhunkin työhön sopivalla standardilla. Laboratoriotyöt suoritettiin 2-4 hengen ryhmissä ja ryhmät vaihtelivat eri kerroilla, vaikka samat henkilöt tekivät laboratoriotyöt.

Taulukko 3. Parametrien määrittämiseen käytetyt laitteet ja standardit

Parametri	Standardi	Käytetty laite
pH	-	pHM 210 Standard pH meter
Sameus	-	OAKTON Turbiditymeter T-100

Sähkönjohtavuus	SFS-EN 27888	WTW Tetracon 325
Liennut happi	SFS-EN 25813	-

5.4.1 Liennut happi

Liunneen hapen määrittämiseksi laboratoriossa käytimme jodometristä menetelmää standardin SFS-EN 25813 mukaan. Menetelmä on ns. ”Winkler-menetelmä”, joka ottaa huomioon mahdolliset häiriötekijät. Menetelmä soveltuu kaikentyyppisille vesille, joiden konsentraatio on yli 0,2 mg/l hapen kaksinkertaiseen kyllästeisyyteen asti, joka on n. 20 mg/l ja joissa ei ole häiritseviä aineita. Häiritseviä aineita ovat helposti hapettuvat orgaaniset aineet, kuten tanniinit, humushappo ja ligniinit sekä hapettuvat rikkiyhdisteet, kuten sulfidit, ja tiourea. Myös aktiivinen biologinen toiminta häiritsee määrittystä. Nitriitit eivät häiritse määrittystä, ellei konsentraatio ole yli 15 mg/l, sillä nitriitit hajoavat lisääntäessä natriumatsidia. Mikäli vesi sisältää hapettavia yhdisteitä, on työhön tehtävä standardin edellyttämät muutokset. (SFS-EN 25813)

Työn periaatteen mukaisesti happi reagoi saostuneen mangaanihydroksidin kanssa, jota on muodostunut, kun näytteeseen on lisätty mangaanisulfaatti. Tämän jälkeen näyte tehdään happamaksi ja jodidi hapetetaan muodostuneella mangaaniyhdisteellä, jossa mangaanilla on korkeampi hapetusaste. Samanaikaisesti näytteessä vapautuu ekvivalenttinen määrä jodia, jonka määrä määritetään titraamalla natriumtiosulfaatilla. (SFS-EN 25813.)

Näytteet haettiin samanaikaisesti, kuin muut näytteet Saimaan anturin vierestä. Näytteet otettiin erillisiin ”winkler-pulloihin” limnos-näytteenottimella. Kun vedet oli saatu pulloihin, lisättiin niihin alkalinen kaliumjodidiliuos ja mangaaniliuos. Alkalisen kaliumjodidilioksen ja mangaanilioksen lisäyksen jälkeen pullot sekoitettiin pullojen pohjalle kertyneen runsaan sakan vuoksi. Tämän jälkeen pullot toimitettiin laboratoriolle. Laboratoriossa winkler-pulloista liuotettiin sakka väkevällä rikkihappoliuoksella, minkä jälkeen suoritettiin näytteen titraus. Titrauksen jälkeen työ oli laskemista vailla valmis. (SFS-EN 25813.)

5.4.2 Sähkönjohtavuus

Sähkönjohtavuuden määrittäminen tehtiin laboratorioissa SFS-EN-27888 standardin mukaisesti. Sähkönjohtavuudella tarkoitetaan vedessä olevien ionien kuljettaman sähkövirran mittausta, joka on riippuvainen ionien luonteesta, ionien konsentraatiosta, liuoksen lämpötilasta ja liuoksen viskositeetista. Puhtaan veden sähkönjohtavuus +25 celsiusasteessa on 5,483 $\mu\text{S}/\text{m}$. (SFS-EN 27888)

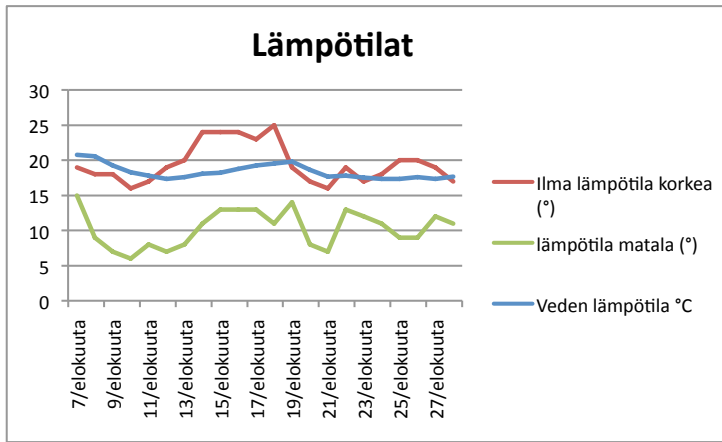
Työn toteutuksessa on tärkeää, että käytettävä mittalaite kalibroidaan huolellisesti ennen mittauksia. Kalibroinnissa käytettiin kaliumkloridia. Kaliumkloridin eri konsentraatioille on määritetty sähkönjohtavuudet + 25 celsiusasteessa. Sähkönjohtavuudelle on myös tehty erillinen lämpötilan korjaustaulukko, jotta mittaukset voidaan tehdä muutakin kuin + 25 celsiusasteiselle vedelle. (SFS-EN-27888.)

Kuin laite oli kalibroitu, laitettiin sensori näytteeseen, jolloin laite antoi näytteen sähkönjohtavuuden. Tärkeää oli myös huomioida lämpötila mahdollisia korjauslaskelmia varten. Tässä tapauksessa lämpötilaa ei erikseen tarvinnut mitata laitteen antaessa sen suoraan. (SFS-EN-27888)

6 TULOKSET

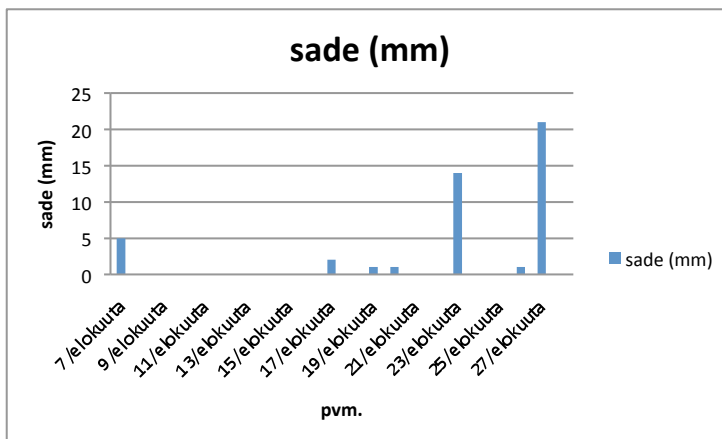
Tässä luvussa 6 verrataan etämonitoroinnilla saatuja seurantatuloksia manuaaliseen seurantaan. Manuaalinen seuranta perustui näytteenottoperiaatteeseen, jonka mukaan näytteenotto välinä oli noin yksi viikko. Näytteenotto suoritettiin samasta paikasta, jossa sensori sijaitsi ja näytteet otettiin soutuveneestä limnos-näytteenottimella. Näytteenotto-tilanteissa paikalla oli kaksi tai kolme henkilöä, jotka tekivät yhteistyötä näytteenotossa. Jokaiselta kerralta näytevevettä myös pakastettiin, mikäli tuloksia olisi haluttu tarkastella tulevaisuudessa.

Veden lämpötilaa seurattiin, koska sillä on merkittävästi vaikutusta tuloksiin ja kuten jo teoria osuudessa todettiin, vaikuttaa veden lämpötila sähkönjohtavuuteen ja liuenneeseen happeen määrään.

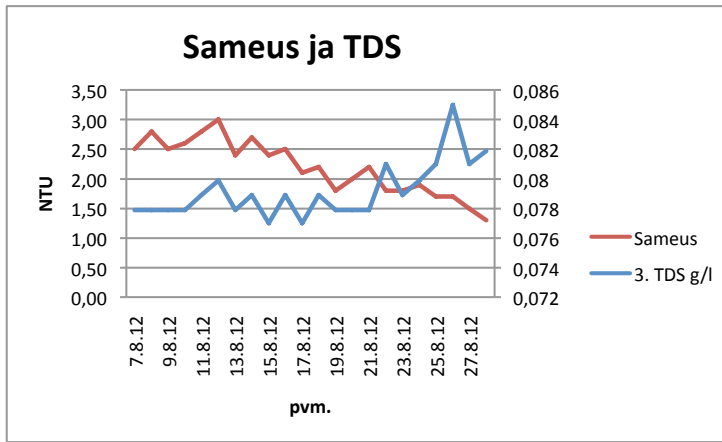


KUVA 4, Veden lämpötila sekä ilman ala- ja ylälämpötila

Kuvasta 4 käy ilmi veden ja ilman lämpötilan muutokset seuranta-ajanjaksolla. Kuvaaajan perusteella pystytään toteamaan, että ilman korkeammalla lämpötilalla ei ole niin suurta vaikutusta vedenlämpötilaa, kuin matalalla lämpötilalla. Veden lämpötila lähtee nousemaan vasta, kuin ilman lämpötila muuttuu lämpoisemmäksi. Kuvassa 4 ilmoitettu veden lämpötila on sensorin mittaama. Sää tiedot on saatu AccuWeatherin.comin kautta.

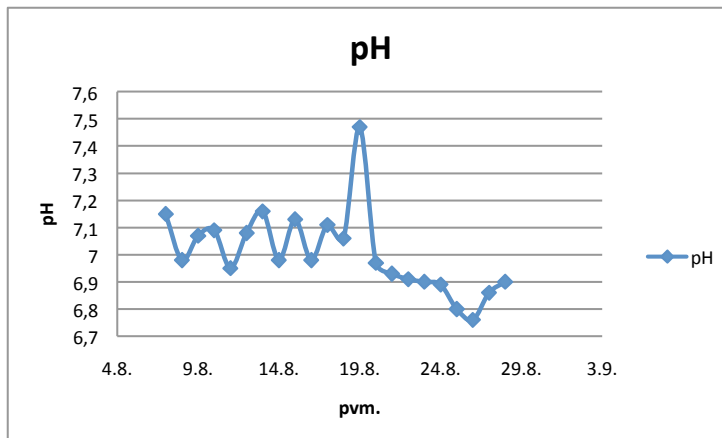


KUVA 5. Sademäärät seurantaajaksolla (AccuWeather.com)



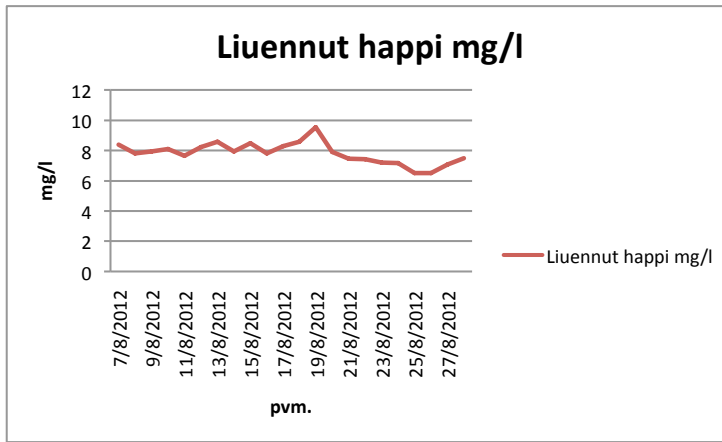
KUVA 6. Sensorin mitaamat TDS ja sameus

Sademäärien lisääntyessä veden kiintoainepitoisuus kasvaa (Valkama 2008). Kuvia 5 ja 6 rinnakkain tarkasteltaessa voidaan todeta, että syksyyn päin mentäessä vedet kirkahtavat ja sademäärät vaikuttavat siihen, että vesiin huuhtoutuu enemmän aineita, jotka ovat sähköisesti varautuvia, sillä TDS pitoisuus nousee.



KUVA 7 Sensorin mitaama pH seurantajaksolla

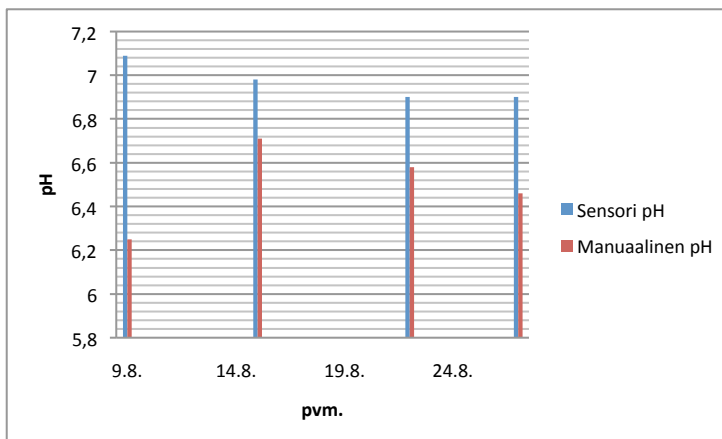
Sensorin mittauksien perusteella pystytään toteamaan, että pH-arvo laskee ja vesi happamoituu sademäärien lisääntyessä ja syksyn lähestyessä.



KUVA 8. YSI anturin mitaamat liuenneen hapen pitoisuus

Kuvista 7 ja 8, joissa tarkastellaan pH:ta ja liennuttua happea, on havaittavissa selkeää yhteneväisyyttä käyrien perusteella ja molemmissa kuvaajissa osuu selkeä kohoama 19.8.2012 päivämäärän kohdalle. Tämän jälkeen molempien arvot kääntyvät selkeään laskuun. Liuenneen hapen ja pH-arvon välisestä yhteydestä lisää luvussa 7.2.

6.1 Tulosten luotettavuuden tarkastelu



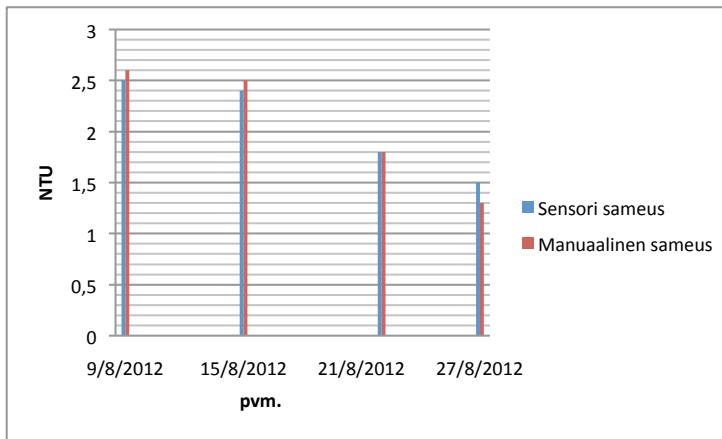
KUVA 9. Saimaan YSI anturi ja laboratoriomäärityksien tuloksien keskinäinen vertailu pH:n mittauksissa.

Saimaalla sijainneen YSI-anturin ja laboratoriossa tehtyjen määrityksen tuloksien välillä erot olivat selkeät. YSI-anturille on annettu 0,2 pH yksiköntarkkuus (YSI cor-

Malla 24.4.13 12:54

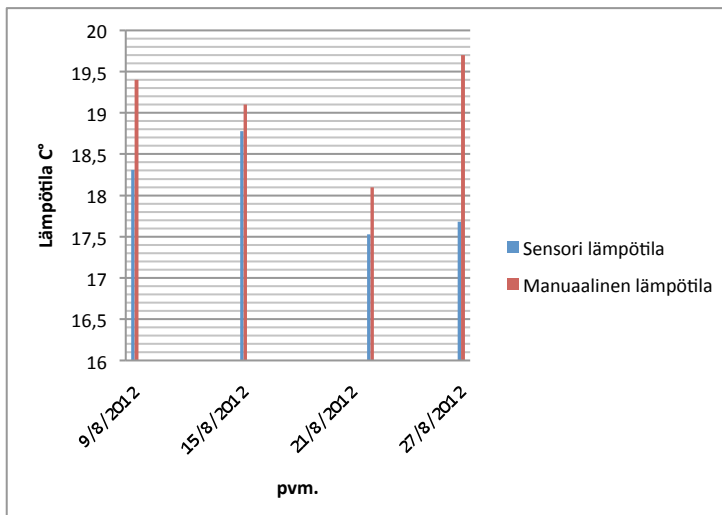
Comment: ei väliä

poration 2009). Vaikka mittausvirheen huomioidaan, ei tuloksia voi silti pitää varmoina, sillä pH-arvoissa oli selkeät erot jokaisella mittauksella lukuun ottamatta toista kertaa, jolloin ero oli lähes virhemarginaalin sisällä.



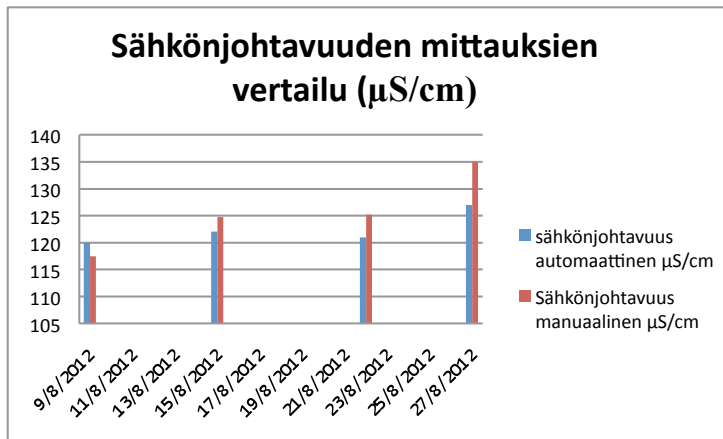
KUVA 10. Saimaan YSI-anturin sameus verrattuna laboratoriossa tehtyihin määrittelyihin.

Sameuden mittaukset olivat todella yhteneviä kuten, kuvasta 9 pystytään havaitsemaan. YSI -anturille on annettuna virherajaksi 0,3 NTU. Sameuden osalta tuloksia voidaan pitää luotettavana kyseisten mittauksien perusteella.



KUVA 11. Veden lämpötila

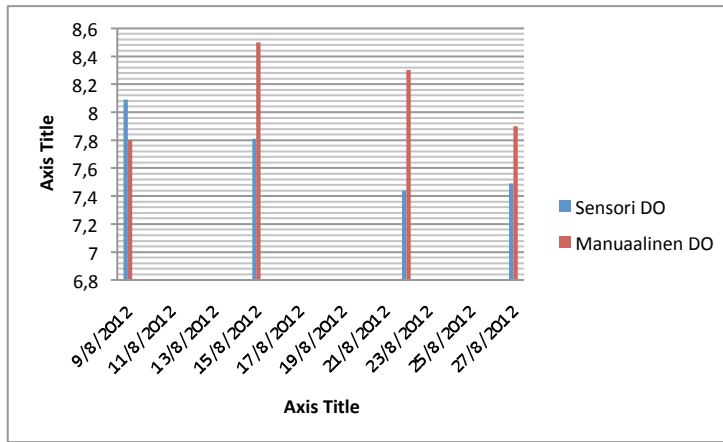
Tarkasteltaessa manuaalisen ja etäseurannan tuloksia, ei lämpötilan mittauksia voida pitää luotettavina. Manuaaliset mittaukset suoritettiin näytteenottohetkellä limnosnäytteenottimessa olevalla veden lämpötilanmittarilla. YSI-anturi antaa lämpötilan tarkkuudeksi 0,15 °C. Vaikka virhemarginaali huomioitaisiin kaikissa mittauksissa, jäisi ero silti merkittäväksi jokaisella mittauskerralla. Lämpötila on niin stabiili arvo, että siinä ei tapahdu merkittäviä heittäilyitä edes päivien välillä, joten jossakin vaiheessa tapahtuu virhe.



KUVA 12. sähkönjohtavuuden mittausten vertaus. Sininen käyrä kuvaa YSI-anturin mittaustuloksia ja punainen käyrä kuvaa manuaalisia mittauksia.

Saimaan YSI-anturin mittaamia sähkönjohtavuuden tuloksia voidaan pitää suuntaa antavina, mikäli niitä verrataan manuaaliseen seurantaan. Vaikka vertailun tulokset eivät itsessään ole täysin yhtenevät, voidaan niitä pitää silti suhteellisen luotettavina tuloksien ollessa lähellä toisiaan.

Mittavirheitä sähkönjohtavuuden mittauksissa mahdollisti muun muassa se, että lähes joka kerta eri henkilö teki sähkönjohtavuuden määrittämisen laboratoriossa sekä se, että näytteenottoajankohta ja sensorin mittauksen ajankohtien välillä oli 2–4 tunnin eroavaisuus, tällöin näytteen lämpötila on mahdollisesti voinut muuttua. Näiden syiden vuoksi on mahdotonta lausua väitettä, että YSI-sensorin sähkönjohtavuuden mittaukset eivät olisi luotettavia. YSI-anturin virhemarginaaliksi on annettu 0,001 mS/cm, joka muuntuu 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



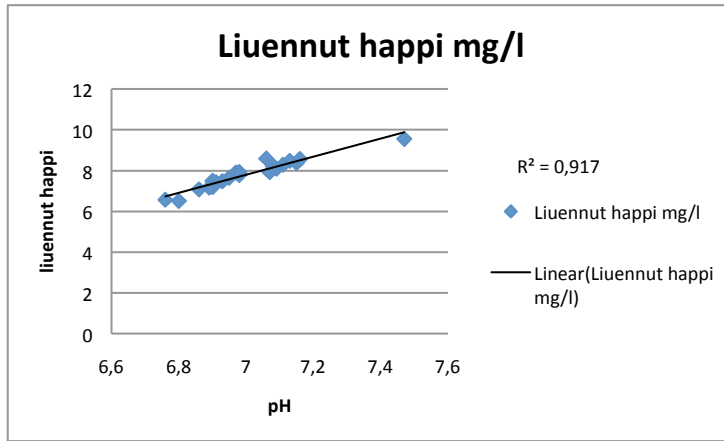
KUVA 13. Liuenneen hapen pitoisuus (mg/l) mittaukset. Punaisella palkilla on manuaalisen seurannan tulokset ja sinisellä anturin tulokset.

Liuenneen hapen osalta anturin tulokset olivat luotettavat. Tarkastellessa kuvaajaa ei ole havaittavissa suuria eroavaisuuksia käyrien välillä. Punainen käyrä kuvastaa manuaalisen seurannan tuloksia ja sininen käyrä on anturin ottamaa näytekäyrää. YSI-anturi antaa virhemarginaalin 0,2 mg/l alle 20 mg/l pitoisuudelle.

Vaikka samat henkilöt suorittivat käytännössä jokaisen liuenneen hapen määrittämisen, niin vaihtoivat hekin välillä osia työn eri vaiheissa. Lisäksi veneessä toimimisessa syntyy mahdollisia virheitä, sillä veneessä näytteenottopulloihin piti lisätä mangaani-sulfaatti ja jodidi pipettiä käyttäen.

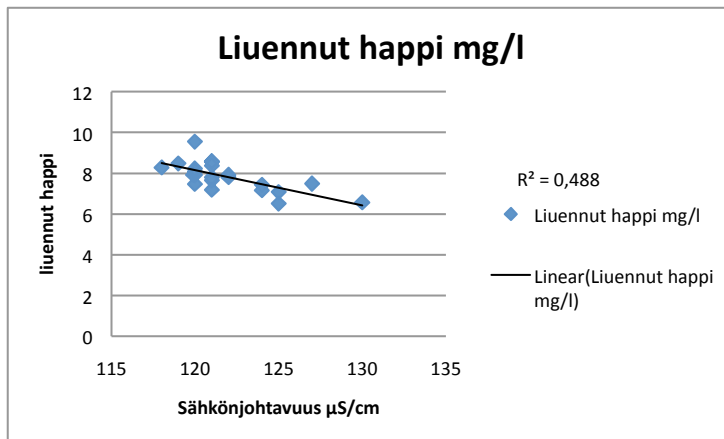
6.2 Korrelaatiot ja muuta merkittävää

Korrelaatiolla kuvataan muuttujien välistä riippuvuutta. Korrelaation tarkastelun perusteella voidaan myös arvioida Saimaalla sijaitsevan sensorin antureiden luotettavuutta, sillä tiettyjen partikkeleiden välillä tulisi olla korrelaatio.

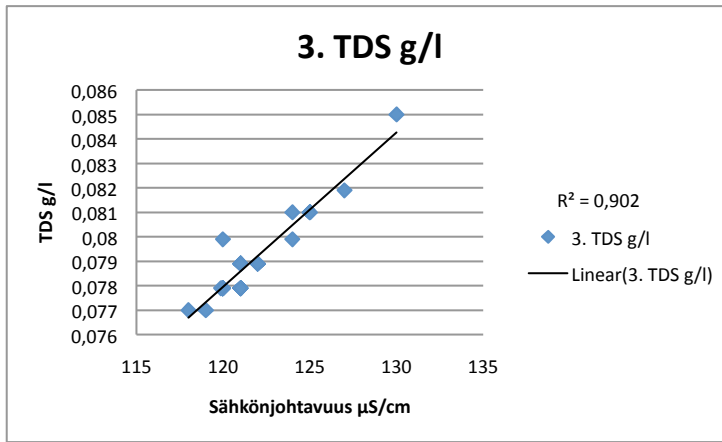


KUVA 14. Liuenneen hapen ja pH:n välinen korrelaatio

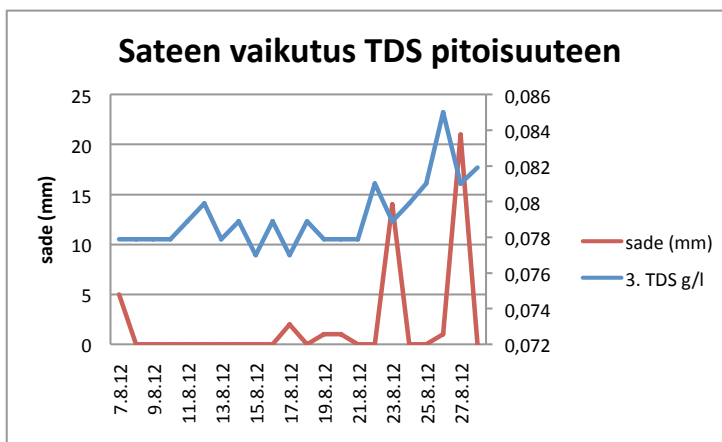
Liuenneen hapen ja pH:n välillä on voimakas riippuvuus, sillä korrelaatiokerroin on yli 0,9. Kuvasta 15 voi havaita riippuvuutta liuenneen hapen ja sähkönjohtavuuden väliltä, joka ei kovin voimakas, mutta lievä riippuvuus on havaittavissa korrelaatiokerroimen ollessa yli 0,3.



KUVA 15. Liuenneen hapen ja sähkönjohtavuuden välinen korrelaatio

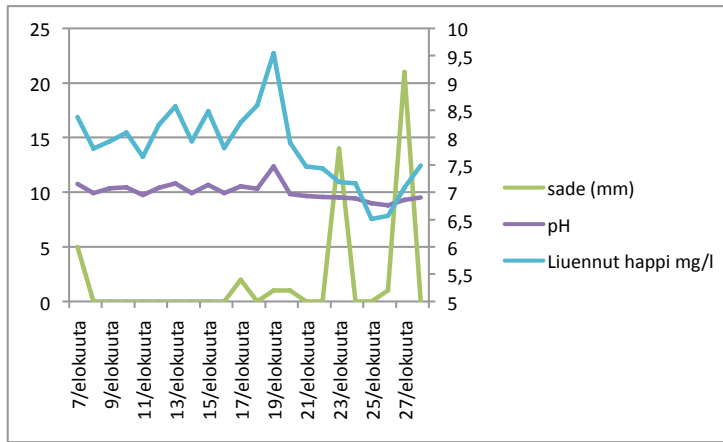


KUVA 16. TDS (g/l) ja sähkönjohtavuuden välinen korrelaatio



KUVA 17. Sateiden vaikutus TDS pitoisuuteen. Oikealla akselilla TDS pitoisuudet (g/l)

Kuva 17 selventää tilannetta, kuinka sateiden aiheuttamat valumat vaikuttavat TDS-pitoisuuteen. Sademäärien kasvaessa myös TDS-pitoisuus kasvaa, sillä valumat kasvattavat vesistöjen TDS-pitoisuutta.



KUVA 8. 19.8 päivän piikin tarkastelu

Päivä 19.8. aiheutti selkeän piikin pH-arvon ja liuenneen hapen pitoisuudessa, minkä takia kyseistä päivämäärää on tarkasteltu erillisenä tuloksena. Aluksi mahdolliseksi syyksi epäiltiin mahdollisia sateita, mutta kuten kuvasta 18 voi todeta, ei kyseisenä viikonloppuna ollut merkittäviä sademääriä. 19.8.2012 oli sunnuntai.

7 TULOSTEN TARKASTELU

7.1 Johtopäätökset

Sensorin voidaan olettaa toimivan niin kuin sen oli odotettu toimivan. Tulokset ovat tarkkoja, eikä laitteessa havaittu mittausajanjakson toimintahäiriöitä. Anturista saapui tekstiviesti jokaisena aamuna samaan aikaan aina, jossa oli ilmoitettu mittauksien tulokset.

Täysin varmaksi laitteen luotettavuus voidaan todeta sameuden mittauksissa, joissa tulokset olivat lähestulkoon identtiset. Sameuden mittauksissa on kuitenkin selkeä ero muihin parametreihin, sillä siinä ei tapahdu kriittisiä muutoksia hetkessä. Kuvaajasta 4 pystytään myös toteamaan, ettei sameus muutu päivänkään aikana merkittävästi, vaan muutosnopeus on suhteellisen hidas.

Liuenneen hapen ja sähkönjohtavuuden osalta anturia voidaan myös pitää melko luotettavana, sillä tuloksien välillä oli suhteellisen pienet erot ja kyseinen eroavaisuus voi

syntyä hetkittäisistä virtauksista. Liuenneen hapen osalta virhe voi myös syntyä laboratoriomäärittelyssä. Näytteitä otettiin jokaisella kerralla vähintään neljä pulloa ja näytteiden väliset erot olivat selkeät. Liuenneen hapen määrittely oli laboratoriotöistä selkeästi haastavin. Mittausepävarmuutta lisäsi se, että näytteisiin piti lisätä liuoksia veneessä. Tässä tilanteessa voi mittaria pitää luotettavampana kuin laboratoriomäärittelyä.

Myös pH-mittaukset lukeutuvat samaan sarjaan, vaikka kahdella mittauskerralla erot olivat melko suuret. Kaikki laboratoriotöissä käytetyt laitteet (sähkönjohtavuus, sameus ja pH) kalibroitiin aina ennen mittauksien tekemistä, jolloin kyseisten laitteiden tuloksia voi pitää luotettavina. Laboratoriossa saatuihin tuloksiin virheen voi muodostaa näytteen lämpötila, sillä kuten jo korrelaatiot kohdassa havaittiin ja teoriassa todettiin, vaikuttaa lämpötila partikkeleiden arvoihin ja pitoisuuksiin.

Lämpötilan mittauksista voi todeta, että joko näytteenottimen lämpötilan mittari oli väärässä tai sitten sensorin lämpötilamittaus oli epäluotettava. Lämpötilamittaus on kuitenkin sen verran yksinkertainen, että siinä ole syytä olettaa syntyvän mittavirheitä. Tämän johdosta voidaan todeta, että YSI-sensorin antama lämpötila ei ollut oikeassa tai että limnos-näytteenottimen lämpömittari näytti väärin.

8 POHDINTA

Tässä luvussa 8 käydään läpi projektin aikana tulleita asioita, käydään läpi parannusehdotuksia ja syvennytään korrelaatioiden välisiin yhteyksiin.

8.1 Parannusehdotukset

8.1.1 Luotettavuuden parantaminen

Luotettavuusarvioinnin mittauksen ehdottomasti suurin ongelma oli siinä, että sensorin mittausajalla ja näytteenoton ajankohdalla oli liian iso aikaero. Saimaan sensorin lähettämä tieto oli mitattuna edelliseltä päivältä klo 14.00, jonka se lähetti seuraavana aamuna klo 08.00. Näytteenottoajankohta kohdistuivat yleensä aamupäivään klo 10.00 ja 12.00 välille. Syynä näytteenoton ajoittamiseen oli se, että loppupäivä oli varattuna

laboratoriotöille ja näytteiden analysoinille. Laboratoriotyöt tuli olla tehtynä klo 16.00 mennessä, jolloin laboratorion piti poistua.

Jotta laitteen luotettavuus voitaisiin todeta täydellisesti, tulisi näytteenotto ajoittaa samaan aikaan, jolloin mittari lukee tulokset. Ratkaisuksi tähän sopisi Saimaan mittausaseman mittausajan muuttaminen aikaisempaan ajankohtaan.

8.1.2 Sääaseman tulokset vedenlaadunseurannan rinnalle

Tieteellisen tutkimuksen kannalta olisi hyödyllistä saada yhdistettyä sääaseman ja Saimaan mittausasemantiedot. Sääasemalta saatavat tiedot ovat lämpötila, tuulennopeus ja -suunta, ilmankosteus sekä sademäärät. Näiden tietojen perusteella pystyisi toteamaan sen, kuinka sääilmiöt vaikuttavat veden laatuun, esimerkiksi kuinka rankkasateet todellisuudessa vaikuttavat veden tilaan ja onko kuormitus akuutti vai vaikuttaako se pidempikestoisesti. Toisena esimerkkinä voisi käyttää sitä, että vaikuttaako tietystä ilmansuunnasta tuleva voimakas tuuli enemmän kuin tuulet muista ilmansuunnista. Sademäärien seurannan avulla pystyttäisiin kartoittamaan valumien synnyttämiä haittoja ja selittämään hetkittäisiä suurempia pitoisuuksia esimerkiksi sähköjohtavuudelle tai pH:lle.

Mikäli sää tietoina käytetään julkisen palvelun sää tietoja, on ongelmana sääaseman sijainti, sillä lähin sääasema Mikkelissä sijaitsee Mikkelin lentokentällä, joka on noin 3 km päässä Saimaan mittauspisteestä. Oma sääasemamme sijaitsee huomattavasti lähempänä virastotalon katolla Mikkelin keskustassa.

8.1.3 Näytteenottoajat

Anturin käytössä varsinkin luotettavuutta arvioitaessa olisi voinut olla hyödyllisempää käyttää tiiviimpää näytteenottoväliä, sillä tällöin saataisiin paremmin hahmoteltua se, kuinka nopeasti veden tila muuttuu anturin läheisyydessä. Näytteenottoajanjaksolla anturi mittasi kerran päivän aikana, mikä ei anna kattavaa kuvaa siitä, kuinka veden laatu vaihtelee päivän aikana. Voisi olla myös mielenkiintoista saada tietoa siitä, kuinka veden laatu muuttuu yöllä, jolloin aurinko ei paista ja yhteyttäminen on pienempää. Tätä pystyttäisiin arvioimaan pH:n, sähköjohtavuuden ja liuenneen hapen pitoisuuden kautta.

8.2 Korrelaatiot

Voimakkaat korrelaatiot muodosti pelkästään liennut happi ja pH (0,917). Heikot korrelaatiot syntyivät sähkönjohtavuuden ja liuenneen hapen kanssa (0,488).

Liuenneen hapen ja pH:n voimakkaan korrelaation voi arvioida johtuvan yhteyttämisestä. Yhteyttäminen sitoo vedestä hiilidioksidia, jolloin pH laskee ja samalla liuenneen hapen pitoisuus laskee. Yhteyttäminen tapahtuminen kuvastaa jonkin asteista rehevöitymistä. Sähkönjohtavuuden ja liuenneen hapen korrelaatio myös kertoo yhteyttämisestä, sillä happea vapautuessa myös sähkönjohtavuus alenee.

LÄHTEET

Aksela Kia, 2012. Vesijohtoverkoston reaaliaikainen hallinta. Loppuraportti. Aalto-yliopisto 8.12.2012.

Asp Tiina, 2009. Automaattisen vedenlaadun seurantajärjestelmän luotettavuus ja toimivuus Kyrönjoella. Pro gradu-tutkielma. Jyväskylän yliopisto. 24.11.2009.

Department of Ecology, 2012. State of Washington. A citizens guide to understand and monitoring of lakes and streams. WWW-dokumentti.
<http://www.ecy.wa.gov/programs/wq/plants/management/joysmanual/dissolvedoxygen.html> Luettu 11.10.2012. Ei päivitys tietoja.

EPA , 2012 a. United states environmental protection agency. Water & monitoring: conductivity. WWW-dokumentti. Päivitetty 6.3.2012. luettu 11.10.2012

EPA, 2012 b. Water monitoring and assesment: Turbidity WWW-dokumentti.
<http://water.epa.gov/type/rsl/monitoring/vms55.cfm> päivitetty 6.3.2012. Luettu 11.10.2012.

Etelä-Savon ympäristökeskus, 2006. Mikkelin alapuolinen vesialue. WWW-dokumentti <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=8720&lan=fi> päivitetty 18.4.2006. Luettu 25.10.2012

Etelä-Savon ELY, 2011. Saimaa. WWW-dokumentti.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=117975> Päivitetty 7.2.2011. Luettu 11.10.2012

Finlex, 2000. Ympäristönsuojelulaki 4.2.2000/86. 1.luku 1§. Yleiset säädökset.

Finlex, 2011. Vesilaki 27.5.2011/587

HM Digital. <http://www.tdsmeter.com/what-is>. ei päivitys tietoja. WWW-dokumentti Luettu 19.4.2013.

Glasgow Howard B, Burkholdera JoAnn M, Reeda Robert E, Lewitusb Alan J, Kleinmana Joseph E, 2004. Real-time remote monitoring of water quality: a review of current applications, and advancements in sensor, telemetry, and computing technologies. Journal of Experimental marine biology and ecology. 2004

Huttula Timo, Bilaletdin Emir, Härmä Pekka, Kallio Kari, Linjama Jarmo, Lehtinen Kari, Luotonen Hannu, Malve Olli, Vehviläinen Bertel, Villa Leena, 2009. Ympäristön seurannan menetelmien kehittäminen. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 13.2009

Juntura Esa, Aarni Esa, Kerätär Kaisa, Nenonen Olli, Väisänen Tero, Savolainen Mira, Hellsten Seppo, Virtanen Markku, Koponen Jorma, Inkala Arto, Ylinen Hannu 1997. Jatkuvatoinen mittausjärjestelmä veden laadun ja ainetaseiden seurantaan. . VTT tiedotteita.

Kokemäenjoen vesisuojele yhdistys ry. WWW-dokumentti http://www.kvvy.fi/cgi-bin/tietosivu_tampere.pl?sivu=laatuluokitus.html. Luettu 18.10.12

Lepistö Ahti, Huttula Timo, Granlund Kirsi, Kallio Kari, Kiirikka Mikko, Kirkkala Teija, Koponen Sampsa, Koskiahho Jari, Liukko Ninni, Malve Olli, Pyhälähti Timo, Rasmus Kai ja Tattari Sirkka, 2010. Uudet menetelmät ympäristöntutkimuksessa ja seurannassa – pilottina Säskylän Pyhäjärvi. Suomen Ympäristökeskus. 09.2010

Luonnontila 2009. WWW-dokumentti
<http://www.luonnontila.fi/fi/indikaattorit/sisavedet/sv4-happamoituminen> päivitetty 5.1.2010. Luettu 8.9.2012

Mikkelin kaupunki, 2004. Mikkelin kaupungin ympäristöpalvelut 3.2004. Mikkelin Seutu 21 ohjelman 2. Seurantaraportti 2004. Mikkelin kaupungin julkaisuja 3/2004.

Niemi Jorma, 2009. Environmental monitoring in Finland 2009-2012. Finnish Environment Institute. 12-2009.

Nikula Juha, Mikkonen Piritta, Nikula Jussi, Hiltunen Jari, 2008. Ympäristömittaukset ja –monitorointi arvoketjujen tuotteistaminen. Gaia Consulting Oy

OpenStreetMap, WWW-dokumentti. <http://www.openstreetmap.org>

Opetushallitus. Laboratorioanalyysit. Konduktometria. www-dokumentti. Ei päivitys tietoja.

Oravainen R, 1999. Vesistöjen tulosten tulkinta havainto esimerkein varustettuna. MMM. 11.11.1999.

Penttinen Kari, Niinimäki Juhani, 2006. Vesiensuojelun perusteet ja vesistöjen kunnostus. Opetushallitus. 2006

Reagan Fiona, Lawlor Antoin, O'Flynn Brendan, Wallace John. 2011. DEPLOY: Smart Demonstration of Online Water Quality Monitoring on the River Lee, Cork, Ireland. Environmental Protection Agency. 2011.

Suomen Ympäristökeskus, 2010. Valuma-alue. WWW-dokumentti.
<http://www.ymparisto.fi> päivitetty 1.7.2010.

Suomen Ympäristökeskus 2011. Sähköjohtavuus. WWW dokumentti.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12883&lan=fi> päivitetty 17.6.2011. Luettu 11.10.2011.

Suomen Ympäristökeskus, 2012a . Mitä ympäristö seuranta tarkoittaa? WWW-dokumentti <http://www.ymparisto.fi> päivitetty 27.8.2012 luettu 10.10.2012

Suomen Ympäristökeskus, 2012 b. Ympäristönsuojelu lainsäädäntö. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=254&lan=fi> päivitetty 6.8.2012. luettu 11.10.2012.

Suomen Ympäristökeskus 2012 c. Sameus veden laatua kuvaavana muuttujana. WWW dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=17452&lan=fi> päivitetty. 7.9.2012. luettu 11.10.2012

Suomen Ympäristökeskus 2012 d. Happi vedenlaatua kuvaavana muuttujana. WWW dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=17447&lan=fi> päivitetty 7.9.2012. Luettu 11.10.2012

Suomen Ympäristöhallinto 2012. www-dokumentti. Päivitetty 18.6.2012. luettu 11.1.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=413991&lan=FI>

Säteilyturvakeskus 2012. www-dokumentti. http://www.stuk.fi/stuk/fi_FI/historia/ Päivitetty 22.5.2012. Luettu 8.1.2013

Valkama Pasi, Lahti Kirsi, Särkelä Asko. Jatkuva toiminen veden laadun seuranta hajakuormituksen arvioinnissa. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojelu yhdistys ry. 2008

Pohjois-Pohjanmaan ELY 2011. Kiintoaine. WWW dokumentti. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=17452&lan=fi> Päivitetty 17.6.2011. Luettu 11.10.2012

Ulvi Teemu, Laakso Esko 2005. Järvien kunnostus, Edita, Suomen ympäristökeskus.

Ympäristöministeriö 2009. Ympäristöinnovaatiopaneeli. Ympäristönsuojeluosasto. 16.9.2009.

YSI 2008. ROX, Optival Dissolved oxygen sensor. www-dokumentti. <http://www.yxi.com/media/pdfs/E32-6150-ROX-DO-Sensor.pdf> . Ei päivitys tietoja.

YSI 6-sarjan sondit ja sensorit. Kalibrointiohje. 26.1.2009.

YSI 6 2011. Series User manual. YSI incorporated. Julkaistu 10.2011

Vesirakentaminen. WWW-dokumentti. <http://vesirakentaminen.wetpaint.com/page/Rehevöityminen+ja+happamoituminen+v+esistöissä>. Luettu. 31.10.2012. Päivitetty 14.4.2009

WellCare 2007. www-dokumentti. Luettu 26.3.2013. http://www.watersystemscouncil.org/VAiWebDocs/WSCDocs/2010920TDS_FINAL.pdf

LIITE 1.

Yksisivuinen liite

Saimaan anturin tulokset seurantajaksolta

pvm.	Lämpötila °C	sähkönjohtavuus µS/cm	3. TDS g/l	4. Pressu- re psi lb/neliö	pH	Turbidity	Liennut happi %	Liuennut happi mg/l
7.8.2012	20,76	121	0,0779	16,501	7,15	2,50	93,6	8,38
8.8.2012	20,59	121	0,0779	16,433	6,98	2,8	87,1	7,8
9.8.2012	19,23	119,88	0,0779	16,699	7,07	2,5	85,899	7,93
10.8.2012	18,309	119,99	0,0779	16,816	7,09	2,6	86	8,09
11.8.2012	17,799	121	0,0789	16,84	6,95	2,8	80,5	7,6499
12.8.2012	17,349	119,99	0,0799	16,844	7,0799	3	85,799	8,2299
13.8.2012	17,609	121	0,0779	16,9	7,1599	2,4	89,8	8,57
14.8.2012	18,12	122	0,0789	16,89	6,98	2,7	83,899	7,93
15.8.2012	18,22	119	0,077	16,814	7,13	2,4	89,9	8,4799
16.8.2012	18,78	122	0,0789	16,795	6,98	2,5	83,8	7,81
17.8.2012	19,26	118	0,077	16,781	7,11	2,1	89,8	8,2799
18.8.2012	19,51	121	0,0789	16,77	7,0599	2,2	93,6	8,5899
19.8.2012	19,84	119,99	0,0779	16,69	7,47	1,8	104,69	9,55
20.8.2012	18,61	119,99	0,0779	16,801	6,97	2	84,599	7,91
21.8.2012	17,69	119,99	0,0779	16,863	6,93	2,2	78,4	7,47
22.8.2012	17,83	123,99	0,081	16,676	6,91	1,8	78,4	7,44
23.8.2012	17,529	121	0,0789	16,465	6,9	1,8	75,199	7,1899
24.8.2012	17,449	123,99	0,0799	16,57	6,89	1,9	75,8	7,1599
25.8.2012	17,39	125	0,081	16,643	6,8	1,7	68	6,51
26.8.2012	17,6	130	0,085	16,676	6,76	1,7	68,8	6,57
27.8.2012	17,49	125	0,081	16,636	6,8599	1,5	74	7,0799
28.8.2012	17,68	127	0,0819	16,685	6,9	1,3	78,6	7,49

LIITE 2(1).
Monisivuinen liite

LIITE 2(2).
Monisivuinen liite

LIITE 2(3).
Monisivuinen liite