

# OPEN-TIETOJÄRJESTELMÄ

**Etämonitoroinnin kehittäminen osana ympäristö-  
teknologian koulutusta ja innovaatiotoimintaa**

Arola Johanna, Aarniosalo Piia, Poutiainen Hannu,  
Hannus Esa, Isotalus Heikki



# OPEN-TIETOJÄRJESTELMÄ

Etämonitoroinnin kehittäminen osana  
ympäristöteknologian koulutusta  
ja innovaatiotoimintaa

Arola Johanna, Aarniosalo Piia, Poutiainen Hannu,  
Hannus Esa, Isotalus Heikki



ETELÄ-SAVON  
MAAKUNTALIITTO



Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa  
EU:lta  
2007–2013

MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

MIKKELI 2014

A: TUTKIMUKSIA JA RAPORTTEJA – RESEARCH REPORTS 88

© Tekijät ja Mikkelin ammattikorkeakoulu

Kannen kuva: Johanna Arola

Kannen ulkoasu: Mainostoimisto Nitro ID

Taitto- ja paino: Tammerprint Oy

ISBN: 978-951-588-423-7 (nid.)

ISBN: 978-951-588-424-4 (pdf)

ISSN: 1795-9438 (nid.)

[julkaisut@xamk.fi](mailto:julkaisut@xamk.fi)

# TIIVISTELMÄ

Ympäristömittaukset ovat nykyisillä menetelmillä aikaa vieviä vaatien paljon työtä. Online-monitorointijärjestelmän kehittäminen varteenotettavaksi tutkimus-, seuranta- ja valvontamenetelmäksi niin perustarkkailuun kuin valvontaan on useimmiten kustannustehokas vaihtoehto.

Mikkelin ammattikorkeakoulu hallinnoi Open-tietojärjestelmä – etämonitoroinnin kehittäminen osana ympäristötekniikan koulutusta ja innovaatio-toimintaa -hanketta. Hanke alkoi 1.1.2012 ja päättyi 30.6.2014. Hanketta rahoittivat Etelä-Savon Maakuntaliitto, Mikkelin kaupunki, Mikkelin Vesiliikelaitos, Metsäsairila Oy ja Mikkelin ammattikorkeakoulu Oy. Hanke oli EU-osarahoitteinen (EAKR) hanke. Hankkeen yhteistyökumppanina toimi mm. Observis Oy.

Hankkeen projektipäälliköinä toimivat ins. (YAMK) Johanna Arola, FT Hannu Poutiainen ja TkL Pia Haapea. Hankkeen projektiasiantuntijoina ovat toimineet ins. (AMK) Esa Hannus, FM Marjatta Lehesvaara, DI Martti Pouru ja ins. (AMK) Sari Seppäläinen. Hankkeen projektiassistentteina toimivat FM, ins. (AMK) Piia Aarniosalo, FM, ins. (AMK) Tuija Ranta-Korhonen, ins. (AMK) Tatu Hiltunen, sekä opiskelijat Harri Räsänen, Minna Kahilainen ja Dmitry Avkhimovich. Hankesihteereinä ovat toimineet Anna Dunderfelt ja Marika Nykänen. Lisäksi hankkeessa on toiminut useita Mikkelin ammattikorkeakoulun Energia- ja ympäristötekniikan laitoksen harjoittelijoita ja oppinäytetyöntekijöitä.

Open-hankkeessa vahvistettiin jatkuvatoimista ympäristömonitorointiin liittyvää osaamista, koulutusta ja TKI-toimintaa Mikkelin ammattikorkeakoulussa, sekä selvitettiin etämonitorointilaitteiden luotettavuutta (validointi ja verifointi) ja käytettävyyttä erilaisten ympäristökohteiden mittaamiseen ja

opetuskäyttöön. Hankkeen aikana testattiin vesistö- ja jätevesien tarkkailuun soveltuvia laitteita, jatkuvatoimista sää-asemaa havaintojen lisätietojen tuottajana sekä kaasu- ja meluanalysointilaitteita. Hankkeen aikana tuotettiin myös ympäristödatan tietokanta, Obshare-pilvipalvelu.

Hankkeen keskeisimmät tulokset osoittavat, että etämonitorointilaitteet soveltuvat erilaisten ympäristökohteiden mittaamiseen. Automaattimittauksilla voidaan puuttua esimerkiksi vesiensuojelullisiin ongelma-kohteisiin tuottamalla dataa jatkuvasti kustannustehokkaasti. Laitteiden huoltoon ja kalibrointiin tulee kuitenkin kiinnittää huomiota, jotta tulokset ovat asianmukaisia. Laitteet soveltuvat hyvin opetuskäyttöön mutta mittauskohteet on valittava huolella huomioiden huoltokäynnit ja opetusryhmien liikkuminen.

Ilmastonmuutoksen aiheuttamat ilmiöt vaativat aiempaa tehokkaampaa ympäristön tarkkailua sekä yhteistyötä eri tahojen kesken kustannusten hillitsemiseksi. Etämonitoroinnilla voidaan vastata tähän haasteeseen. Tulevaisuudessa on myös erittäin tärkeää, että kansalaiset pääsevät vaikuttamaan asioihin ja tuomaan omat havaintonsa ympäristön tilasta esille. Tämän mahdollistavat erilaiset pilviteknologiat, joihin voidaan tuoda tietoja ja havaintoja erilaisista kohteista ja, joiden tietoja ja havaintoja lukuisat eri tahot voivat hyödyntää. Tällä tavoin saadaan aikaan kustannustehokas kokonaisuus.

Asiasanat: ympäristömonitorointi, pilvipalvelu, paikkatieto

# ABSTRACT

Traditional methods of environmental monitoring have been time consuming and quite expensive. It is suggested that online monitoring would be a suitable and cost-effective method in the future.

Mikkeli University of Applied Sciences administered a project called Open – data system – development of remote monitoring as a part of education in environmental technology and innovation operations. The project started in January 2012 and ended in June 2014. The project was financed by the Regional Council of South Savo, City of Mikkeli, the water supply department of Mikkeli, the local waste management company Metsäsairila Oy and Mikkeli University of Applied sciences LTD. Observis Oy operated as a partner in cooperation.

Project managers in Open-project were MSc (Eng.) Johanna Arola, PhD Hannu Poutiainen and Lic.Sc. (Eng.) Pia Haapea. Project specialists were BSc (Eng.) Esa Hannus, MSc Marjatta Lehesvaara, MSc (Eng.) Martti Pouri and BSc (Tech) Sari Seppäläinen. Project assistants were MSc, BSc (Eng.) Piia Aarniosalo, MSc, BSc (Eng.) Tuija Ranta-Korhonen, BSc (Eng.) Tatu Hiltunen and students Harri Räsänen, Minna Kahilainen and Dmitry Avkhimovich. Project secretaries were Anna Dunderfelt and Marika Nykänen. Also several students and bachelors thesis workers of Mikkeli University of Applied Sciences, Department of Energy- and Environmental technology, participated to project.

This project strengthened the education, know-how and RDI of online monitoring in Mikkeli University of applied sciences. The project also involved clarifying the validation and verification of different measurement devices and their suitability for education and measuring different environmental targets.

Devices that are suitable for different waterway measurements were tested during the project. Online weather station produced additional data. Also gas analyzer and sound-level meter were tested. One of the concrete products established during the project was a cloud storage called Obshare.

The main results showed that online monitoring devices would be appropriate for measuring different environmental targets. The most significant property of online monitoring was their cost-effectiveness. To get reliable and proper results it would be important to pay attention to the maintenance and calibration of the devices. The devices under study were also suitable for education, but the sites to measure must be planned carefully, so that they would allow the maintenance of the measuring devices and students' access.

The phenomena caused by climate change require more observation of the environment but also cooperation between the various contractors. In the future it is important that citizens have an opportunity to influence matters in the environment. It is also important that observations made by the citizens are taken into account. Cloud service systems enable gathering information and observations from different sources that can be combined. This way, the conclusions can be made cost-effectively.

Key words: environmental monitoring, cloud storage, GIS

# ESIPUHE

Tänä päivänä kansalaiset ovat kiinnostuneita elinympäristöstä ja kiristyvä lainsäädäntö edellyttää ympäristön tilan tiukempaa valvontaa. Parhaimman kuvan ympäristön tilasta ja siinä mahdollisesti tapahtuvista muutoksista saa monitoroimalla sitä jatkuvatoimisilla mittauksilla. Monitoroidun tiedon tulee olla luotettavaa, saatavilla vaivattomasti ja esitettynä ymmärrettävissä olevassa muodossa. Tietotekniikka ja pilvipalvelut mahdollistavat monitoroidun tiedon jatkojalostamisen ja välittämisen uudella tavalla. Ympäristön jatkuvatoiminen monitorointi ja siihen liittyvien palveluiden kehittyminen on yksi nopeimmin kehittyvistä ympäristöliiketoiminnoista ja sen liittäminen osaksi ympäristötekniikan opetusta on myös ensiarvoisen tärkeää. Tässä julkaisussa esitetään ajankohtaisia tutkimustuloksia ja kokemuksia erilaisten jatkuvatoimisten mittalaitteiden käytöstä ympäristömonitoroinnissa, niiden luotettavuudesta, liittämisestä pilvipalveluun ja soveltumisesta opetuskäyttöön

Työssä tutkittiin perinteisten jatkuvatoimisten mittalaitteiden, erityisesti vesistömittauslaitteiden, käytettävyyttä erilaisissa ympäristöolosuhteissa sekä myös uusia ja mielenkiintoisia mittaamenetelmiä kuten vesistön keinomakuuaimen menetelmää ja sinilevän määrämittausta. Ympäristön tilan jatkuvatoimiseen monitorointiin liittyviä haasteita ovat mm. mittalaitteiden likaantuminen, säännöllinen mittalaitteiden huollon ja kalibroinnin tarve sekä tiedonsiirron reaaliaikaisuus. Myös tässä työssä kohdattiin näitä käytännön haasteita.

Julkaisu antaa ympäristönsuojeluviranomaisille, toiminnanharjoittajille ja oppilaitosten henkilöstölle hyödyllistä tietoa testattujen menetelmien soveltuvuudesta käytäntöön. Esitetyt tulokset ja käyttökokemukset auttavat jatkuvatoimisen ympäristömonitoroinnin ja siihen liittyvien palveluiden sekä opetusmenetelmien kehittämisessä.

Mikkeli 13.5.2014

Kati Manskinen

Tutkimusjohtaja, Materiaalit ja ympäristöturvallisuus, Mikkelin ammattikorkeakoulu

TkT, Prosessiteollisuuden ympäristötekniikka



# Sisältö

<b>TIIVISTELMÄ</b>	3
<b>ABSTRACT</b>	5
<b>ESIPUHE</b>	7
<b>I JOHDANTO</b>	10
1.1 Tausta ympäristömonitoroinnille	10
1.2 Open-tietojärjestelmät-hanke	12
1.3 Open-hankkeen tulosten hyödynnettävyys	13
<b>2 YMPÄRISTÖN MONITOROINTI JA AVOIMEN TIEDON VALLANKUMOUS</b>	14
2.1 Ympäristön etämonitorointi	15
2.2 Ympäristömonitorointia koskeva lainsäädäntö ja avoin data	16
2.3 Ympäristötietojen tuottaminen hallitusti ja kustannus- tehokkaasti kaikkien saataville	18
2.4 Etämonitoroinnilla saatavan tiedon luotettavuus	19
<b>3 BENCHMARKS – SENSORIVERKOSTOJEN HYÖDYNTÄMISTÄ JA TUTKIMUSTA</b>	21
3.1 Case Vapo Oy	21
3.2 Case Ravinnehuhtoutumien hallinta (RaHa), Uudenmaan ELY-keskus, Uudenmaan järjestöt, 2009-2014	22
3.3 Case Maasää – anturiverkosto Karjaanjoella, MTT 2007–2009	23
3.4 Case MMEA - Measurement, Monitoring and Environmental Efficiency Assessment	24
<b>4 PAIKKATIEDOT JA YMPÄRISTÖMONITOROINTI</b>	25
4.1 Paikkatieto ja paikkatietojärjestelmä – GIS	25
4.2 Paikkatietojen käyttö ja merkitys	27
4.3 Paikkatiedot ympäristöalalla	28
4.4 Paikkatiedot ympäristömonitoroinnissa	29
4.5 Esimerkkejä paikkatietoavusteisesta ympäristömonitoroinnista	30
4.6 GIS työkaluna	32

<b>5 YMPÄRISTÖN MONITOROINTI OSANA OPEN -HANKETTA</b>	33
5.1 Obshare – pilvipalvelu	33
5.2 Etämonitorointilaitteiden integroiminen	34
5.3 Monitorointikohteet	35
5.3.1 Vesistökohteet	35
5.3.2 Jätekeskus	40
5.3.3 Sääasema	42
5.4 Liikkuvat mittausasemat	42
5.5 Opetuksen ja TKI-toiminnan integroiminen	43
5.5.1 Opetuscase 1. Projektihässäkä 2013 ja Projektikevät 2014	43
5.5.2 Opetuscase 2. Hanhijoki	44
<b>6 HANKKEESSA SAADUT TULOKSET</b>	46
6.1 Etämonitorointilaitteiden integrointi	46
6.2 Monitorointikohteet	47
6.2.1 Vesistökohteet	48
6.2.2 Jätekeskus	54
6.2.3 Sääasema	55
6.2.4 Liikkuvat mittausasemat	56
6.3 Opetuksen ja TKI-toiminnan integroiminen	57
6.3.1 Opetuscase 1. Projektihässäkä 2013 ja Projektikevät 2014	57
6.3.2 Opetuscase 2. Hanhijoki	59
<b>7 YHTEENVETO JA TULOSTEN HYÖDYNTÄMINEN</b>	60
7.1 Rajoitteet	60
7.2 Automaattitarkkailun edut ja haitat	61
7.3 Ympäristömonitoroinnin opetuskäyttö ja sen vaatima maastotyöskentely	62
7.4 Tulevaisuuden näkymät	64

# I JOHDANTO

Ympäristöriskejä ja niiden lähteitä on lukemattomia (vesi, maa, ilma, ravinto, säteily, kulutustuotteet), ja niiden valvonta nykyisillä menetelmillä on aikaa vievää vaatien paljon manuaalista, työntensiivistä näytteenottoa ja laboratorioanalyysijä. Online-monitorointijärjestelmän kehittäminen yhdeksi tutkimus-, seuranta- ja valvontamenetelmistä niin perustarkkailuun ja valvontaan kuin kriisitilanteisiin on varteenotettava, useimmiten myös kustannustehokkain, vaihtoehto.

## I.1 Tausta ympäristömonitoroinnille

Ympäristön seuranta on lakisääteinen tehtävä, jonka tavoitteiden, strategioiden ja toteutumisen seurannasta vastaa ympäristöministeriö (YM) yhteistyössä muiden ministeriöiden kanssa. Ympäristön tilaa koskevaa tietoa tarvitaan viranomaisten, tutkimuksen, elinkeinoelämän ja kansalaisten tarpeisiin. Seurantatietoja käytetään mm. hallinnollisten toimenpiteiden valmistelussa, päätöksenteossa sekä säädösten vaikuttavuuden arvioinnissa paikallisella, kansallisella ja EU:n tasolla. (Ympäristöministeriö 2011.)

Ympäristömonitoroinnin piirissä toimivia eri valvontaviranomaistahoja on paljon. Ympäristöministeriön lisäksi esimerkiksi maa- ja metsätalousministeriö (MMM), kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM), sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö (STM) sekä sisäasiainministeriö (SM). Ministeriöiden alaiset keskuksellisen valvontaviranomaiset, kuten Elintarviketurvallisuusvirasto (Evira), Kuluttajavirasto, Sosiaali- ja terveydenhuollon tuotevalvontakeskus (STTV), Suomen ympäristökeskus (SYKE), Säteilyturvakeskus (STUK) ja Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto (Valvira) suunnittelevat, ohjaavat ja val-

ovat ympäristöterveydenhuoltoa valtakunnallisesti omilla toimialueillaan. Myös hätäkeskukset, pelastuslaitokset, aluehallinto- ja ELY-keskukset, Puolustusvoimat, Ilmatieteen laitos sekä kunnalliset ympäristö-, ympäristöterveys- ja työsuojeluviranomaiset vastaavat osaltaan valvonnasta. Myös yrityksille on asetettu entistä enemmän valvontavelvoitteita muun muassa ympäristöpäästöjen seuraamiseksi.

Työ- ja elinkeinoministeriön hallinnoima Cleantechin strateginen ohjelma käynnistettiin hallitusohjelman mukaisesti vuonna 2012. Ohjelma pyrkii kehittämään erityisesti vientiin suuntautuvan, ympäristöä säästävän ja uuden aikaisen, ”puhtaan teknologian” liikevaihtoa ja luomaan uusia työpaikkoja. Tavoitteena on kasvattaa liikevaihto 50 miljardiin euroon vuoteen 2020 mennessä. Vuonna 2012 Suomen Cleantech-liiketoiminta kasvoi 15 % ja se oli yksi voimakkaimmin kasvaneista aloista. Samanaikaisesti suomalaisen teollisuuden liikevaihto laski 0,6 %. (Pantsar-Kallio 2013.)

Työ- ja elinkeinoministeriössä uskotaan, että Cleantechin ja tietotekniikkaosaamisen yhdistäminen on yksi Suomen suurista mahdollisuuksista, erityisesti pienille yrityksille. Kehitettävät internetpohjaiset sovellukset sekä avoin data tehostavat sekä tiedon tuotantoa että kustannusten käyttöä yrityksissä ja koko yhteiskunnassa (Pantsar-Kallio 2013). Vientivetoisilla markkinoilla pääpaino on Kiinassa, Euroopassa ja Venäjällä, missä erityisesti energiatehokkuudelle on kysyntää. Vesihuolto ja jäteveden prosessointi on pääasiallinen kauppakohde 24 %:lle yrityksistä. (Finpro 2013.)

Teknologian odotetaan ratkaisevan useampia oleellisia haasteita niin energiatehokkuudessa kuin vesihuollossa ja ilmanlaadunkin osalta. Cleantech edustaa ajattelutapaa, jossa ympäristö on business-kumppani eikä vain raaka-aineväara. Ympäristöystävällisemmän tekniikan edistämisessä ja käyttöönotossa on osansa kuluttajilla yksilöinä, yleisellä mielipiteellä sekä halulla vaikuttaa nykyiseen ajattelutapaan sekä toimintaan. Tehdyistä tutkimuksista ja kokeista halutaan lisää tietoa, tieto halutaan jakaa ja ymmärtää, jolloin tieto konkretisoituu ja vaikuttaa enemmän yksilöihin. On huomattu, että poliittiset päätöksentekijät, business ja investoijat ennemmin seuraavat teknologian muutosta ja reagoivat siihen kuin ajavat muutosta aktiivisesti. (Hulkkonen & Timonen 2012.)

Nykyinen, näytteenottoon ja laboratoriossa tehtäviin analyyseihin perustuva seurantajärjestelmä on työvoimavaltaista ja kustannustehotonta. Pelkästään veden laadun valvontaa varten kerätään vuosittain lähes 70 000 vesinäytettä yli 10 000 paikasta ja näistä tehdään 600 000 erilaista määrittystä. Vaikka seuranta tehdään paljon, se ei nykyiselläänkään täytä EU-säädösten mukaisia ja laajempia kansainvälisiä velvoitteita. Viime aikoina onkin pyritty kehittämään menetelmiä (kaukokartoitus, matemaattiset mallit sekä automaattiset mittausturvit), joissa työntensiivisyyttä voidaan vähentää. Uudet menetel-

mät ovat toistaiseksi käytössä lähinnä tutkimushankkeissa, eikä niillä ole vielä riittävää kansallista eikä kansainvälistä hyväksyntää, mikä on esteenä aineiston laajamittaiselle hyödyntämiselle. Lisäksi kerätyn tiedon tallentamiseen liittyy vielä lukuisia teknisiä tietokantoihin liittyviä ongelmia. Tiedon hallinnan kehittämistyö on pitkäjänteistä ja vaatii paljon resursseja. Ympäristön seurannan ja raportoinnin kehittäminen onkin yksi valtion tuottavuusohjelman ympäristöhallinnon kehittämishankkeista.

Vaihtoehtoja erilaisille (etä)monitorointi- ja valvontajärjestelmille on lukuisia. Perinteisesti valvontajärjestelmään on kuulunut oma palvelin valvottavalla kohteella ja valvontaohjelmisto (server-client-ratkaisu). Tällainen ratkaisu on kuitenkin kallis ylläpitää, nopeasti vanhentuva, rajallisesti skaalautuva ja kankea, ja lisäksi toiminnallisuudet on sidottu pitkälti valvomoon. Nykyisin pystytään kuitenkin tuottamaan skaalautuva, kustannustehokas, joustava, luotettava ja vikasietoinen monitorointijärjestelmä pilvipalvelu-teknologian avulla. Laitepilvi palveluineen tarjoaa rajoittamattoman määrän sovellusmahdollisuuksia tämän päivän ja tulevaisuuden tarpeisiin. Laitteille ja järjestelmille helppo liitettävyys ja avoimet rajapinnat ovat ominaisuuksia, joita tarvitaan, kun uusia laitteita tulee markkinoille kiihtyvällä tahdilla. Jatkuvaan seurantaan perustuvat järjestelmät ovat sovellettavissa lähes kaikkien ympäristössä olevien epäpuhtauksien ja muidenkin osa-alueiden seurantaan suorilla tai epäsuorilla menetelmillä. Sovellusalueiden kirjo on valtava, ja markkinat vielä suurelta osin avaamatta.

## 1.2 Open-tietojärjestelmät-hanke

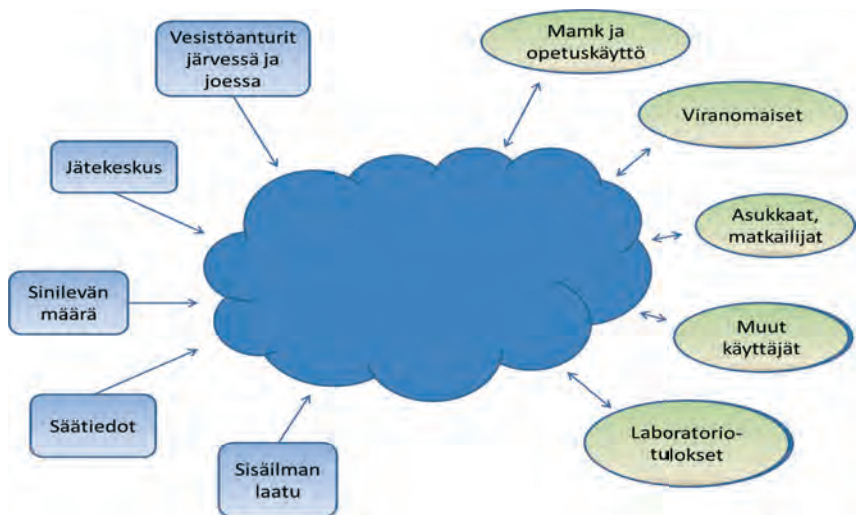
Mikkelin ammattikorkeakoulu on hallinnoinut Open-tietojärjestelmä – etämonitoroinnin kehittäminen osana ympäristöteknologian koulutusta ja innovaatiotoimintaa -hanketta (myöhemmin Open-hanke). Hanke on alkanut 1.1.2012 ja päättyneet 30.6.2014. Hanketta on rahoittanut Etelä-Savon Maakuntaliitto, Mikkelin kaupunki, Mikkelin Vesiliikelaitos Oy, Metsäsairila Oy ja Mikkelin ammattikorkeakoulu Oy. Hankkeessa on lisäksi ollut muita yhteistyökumppaneita, mm. Observis Oy, joka on vastannut mm. Obshare-pilvipalvelun luomisesta sekä avoimen mittalaitteiden integroimisesta pilvipalveluun.

Hankkeen päätavoitteena oli vahvistaa jatkuvatoimista ympäristömonitorointiin liittyvää osaamista, koulutusta ja TKI-toimintaa yhteistyössä yritysten ja viranomaisten kesken. Hankkeen tavoitteena oli myös todentaa ympäristömonitoroinnilla saatujen tulosten luotettavuus sekä löytää ympäristömonitoroinnille sovelluskohteita. Hankkeen tavoitteena oli lisäksi ympäristömonitorointiin liittyvän koulutustarjonnan laajentaminen ja kehittäminen Mikkelin ammattikorkeakoulussa osana tutkintoon johtavaa koulutusta sekä täydennyskoulutusta.

Mikkelin ammattikorkeakoulussa on opetettu ympäristöön liittyviä osaluueita jo yli 40 vuoden ajan ja ympäristöteknologian koulutusohjelma on valtakunnallisesti tunnettu ympäristöterveysalan perus-, aikuis- ja täydennyskouluttaja. Neljä vuotta kestäväns insinööri (AMK) -koulutuksen aikana opiskelijoista koulutetaan ympäristö- ja terveystekniikan ammattilaisia, jotka ymmärtävät terveellisen ja viihtyisän elinympäristön merkityksen ja tuntevat menetelmiä sekä mittaus- ja arviointitekniikoita sen ylläpitämiseksi ja kehittämiseksi kestäväns kehityksen periaatteiden mukaisesti. Open-hanke on tukenut hyvin ympäristöteknologian koulutuksen profilia, jonka tärkeimpiä osaluueita ovat sisäilma-, vesihygienia-, elintarvike-, kemikaali-, työ-, tuote- ja ympäristöturvallisuus. Hankkeen vaikutuksesta ympäristönsmonitorointiin ja mittaustekniikkaan liittyviä opintoja on lisätty koulutusohjelman tutkintoon johtavaan koulutukseen.

### 1.3 Open-hankkeen tulosten hyödynnettävyys

Ympäristöstä saatavaa mittaustietoa pystyvät hyödyntämään lukuisat eri käyttäjäkunnat, kuten viranomaiset, opettajat, opiskelijat tai kansalaiset yleensä. Eri käyttäjiä kiinnostaa erilainen tieto. Open-hankkeen laitteistolla voidaan kerätä ja tarjota niin viranomais- kuin kuluttajadataakin (kuva 1). Yhdistelemällä eri tietoja, esittämällä tieto selkeästi sekä tarjoamalla valintamahdollisuus esitettäviin tietoihin, saadaan uusia sovelluskohteita ja jokaiselle käyttäjälle räätälöityjä esitystapoja.



KUVA 1. Periaatekuva tietojärjestelmän rakenteesta

## 2 YMPÄRISTÖN MONITOROINTI JA AVOIMEN TIEDON VALLANKUMOUS

Ympäristöstä otetaan jatkuvasti lukuisa määrä näytteitä ja erilaisia mittauksia tehdään jatkuvasti. Yleensä saadut tulokset tulevat kuitenkin pienen käyttäjryhmän tietoon, ja koska tiedot ovat hajallaan eri tahoilla, on tietojen yhdistäminen ja vertailu hankalaa, jollei miltei mahdotonta. Voidaan todeta, että ympäristöstä näytteenotoilla tai automaattisilla mittalaitteilla kerättyjä seuranta-aineistoja käytetään nykyisin hyvin vähän suhteessa siihen, kuinka paljon tiedon tuottaminen on maksanut ja vienyt aikaa.

Teknologian kehitys on mahdollistanut sen, että mittaus voidaan nykypäivänä toteuttaa jatkuvatoimisesti ja myös tiedot saadaan siirrettyä lukuisten eri käyttäjien ulottuville. Erilaiset avoimet tietokannat mahdollistavat vastaisuudessa myös tietojen entistä laajemman käytön ja yhdistämisen. Tällä toiminnalla saadaan olemassa olevaa tietomäärää hyödynnettyä entistä enemmän ja toiminnasta tulee nykyistä kustannustehokkaampaa.

Seuraavassa on kuvattu ympäristömonitoroinnin kehitystä ja käyty läpi siihen vaikuttavaa lainsäädäntöä sekä paneuduttu myös siihen, millaisiin kohteisiin ympäristömonitoroinnin voidaan katsoa olevan vaihtoehto ja kuinka luotettavaa tietoa etämonitoroinnilla voidaan saada. Ympäristömonitoroinnissa, kuten missä tahansa mittaamisessa, täytyy myös huomioida lukuisa joukko asioita, jotta saadaan aikaan luotettavaa tietoa ja käyttökelpoisia johtopäätöksiä. Lähtökohtaisesti tiedon on oltava nykyisin helposti ja nopeasti löydettävissä ja näkökulman tulee olla käyttäjänsä mukainen ja tulosten mielekkäässä esitysmuodossa.

## 2.1 Ympäristön etämonitorointi

Pisimmät kokemukset automaattiseurannoista ympäristöhallinnossa on ns. perussuureista, kuten lämpötila, pH, happi ja sameus, jotka pystytään nykyään mittaamaan automaattisesti melko luotettavasti ja kustannustehokkaasti, mikäli antureita huolletaan käyttökohteen vaatimalla tavalla.

Automaattiantureiden mittaama data kerätään ensi vaiheessa laitteiston tiedon tallentimeen (datalogger) ja lähetetään sopivin väliajoin edelleen tietokantaan. Hyväkään anturi ei anna oikeita tuloksia, jos tallentimessa on ohjelmointivirheitä tai se kadottaa tietoja. Tallentimen on toimittava kaikissa sääolosuhteissa ja datan on säilyttävä, vaikka lähetys epäonnistuisikin esimerkiksi sääolojen vuoksi. Myös virransaanti on varmistettava.

Antureiden mittaus- ja lähetystiheyttä voidaan vapaasti säätää tarpeen mukaan kustannusten juurikaan muuttumatta. Näin saadaan riittävän tiheät datasarjat käyttöön kustannustehokkaasti, yleensä lähes reaaliajassa. Mittauksilla saadaan tietoa myös yllättävistä tapahtumista, esimerkiksi rankkasateiden aiheuttamista ravinnekuormitushuipuista, joita ei perinteisin menetelmin pystyttäisi havainnoimaan.

Automaattiset mittalaitteet tarkentavat huomattavasti muiden uusien menetelmien kehitystyötä. Reaaliaikainen data on korvaamatonta erityisesti matemaattisten mallien ja kaukokartoitusmenetelmien kehitystyössä. Toiminnan yhdistäminen tutkimuslaitosten ja toimijoiden kanssa tuottaa sekä lisää dataa että säästöjä kaikille. Lisäksi mittaamalla samasta paikasta montaa eri muutujaa, saadaan useimmiten datapaketti, joka on paljon arvokkaampi kuin yksittäiset mittaustulokset.

Säähavainnoilla, niiden pohjalta tehdyillä sääennusteilla ja ilmastotilastoilla on tärkeä sija sään, ilmaston ja ympäristön tutkimustoiminnassa sekä erilaisen palveluiden tuottamisessa. Säähavainnoita tarvitaan esimerkiksi liikenteen, matkailun, energiantuotannon, kunnossapidon, maa- ja metsätalouden sääpalveluissa sekä tiedon tuottamiseen kansalaisille. Ympäristöalan viranomaiset käyttävät säätietoja oman erityisalansa suunnittelu- ja raportointityön pohjana. Halutun aikajakson säätietoihin perehtymällä voidaan havaita yhteys mitatun ilmiön ja säätietojen välillä, jolloin saadaan tukea ja lisäselitystä esim. paikallisille kuormitusilmiölle ja paikallisten asukkaiden tekemille havainnoille.

Sisävesiseurannan suuri haaste tulevaisuudessa on, kuinka riittävän informaation kerääminen vesien tilasta ja sen muutoksista onnistuu vähemmillä resursseilla. Nykyinen, muutaman kerran vuodessa tapahtuva näytteenotto on työvoimavaltaista ja riittävä vain hitaiden muutosten havainnointiin. Esimerkiksi viime vuosien leutojen talvien tilanteessa, jolloin talvivalunnan ja ravinnehuuhtoumien osuus on merkitsevästi kasvanut, tarvitaan esimerkiksi



tunnin välein tehtäviä automaattimittauksia. (Huttula ym. 2009, 8.) Perinteisen kenttätyön tilalle on tuotu mm. kaukokartoitus, matemaattiset mallit sekä automaattiset, vesistöön sijoitettavat mittausturrit. Tällä hetkellä ei kuitenkaan ole olemassa kokonaisarviota siitä, kuinka paljon perinteistä seuranta-aineistoa voidaan korvata muilla menetelmillä riittävän tiedon saamiseksi. Käytännössä lähes kaikki automaattimittarein kerätty vedenlaatuaineisto liittyy tutkimushankkeisiin eikä aineisto ole kaikkien siitä kiinnostuneiden toimijoiden käytössä.

Euroopan unionin vesipolitiikan puitedirektiivi yhdistää ensi kertaa EU:n vesistöt suojelun piiriin ja säätää yhtäläisesti pinta- ja pohjavesien suojelusta. Tavoitteena on vesistöjen hyvä ekologinen tila, eli etteivät ne poikkea paljon luonnontilasta. Myös pohjaveden laadun säilyttäminen kuuluu tavoitteisiin. Veden laadun luokitteluperusteet muuttuvat siten, että luokittelussa painotetaan ekologisia vaikutuksia aiemmin käytössä olleen yleisen käyttökelpoisuusluokituksen sijaan.

Suomi on jaettu maantieteellisesti vesienhoitoalueisiin ja alueellisesti laadituilla toimenpideohjelmilla pyritään toteuttamaan vesienhoito-ohjelmaa. Tavoitteena on, että pystyttäisiin vähentämään rehevöitymisestä aiheuttavaa ravintakuormaa, haitallisista aineista aiheutuvia riskejä sekä vesistörakentamisesta ja säännöstelystä aiheutuvia haittoja. Lisäksi pyritään suojelemaan pohjavesiä ja vesiluonnon monimuotoisuutta sekä edistämään vesien kunnostusta. (Ympäristöministeriö 2005.)

## 2.2 Ympäristömonitorointia koskeva lainsäädäntö ja avoin data

Useat eri lainsäädännölliset ja tekijänoikeuksiin liittyvät kysymykset rajoittavat julkisen datan avautumista, vaikka periaatteessa ongelmat kohdat tunnustettu ja todettu ratkaistavissa oleviksi. Julkista dataa on viime vuosina avattu ilmaiseksi kaikkien käyttöön, esimerkiksi maanmittauslaitoksen maastotietoa-aineistot ja ympäristöhallinnon Oiva-tietokanta. Ilmaisilla tiedoilla on haluttu korostaa tiedon avoimuutta ja tarjota mahdollisuus julkisiin varoihin kerättyjen aineistojen laajemmalle käytölle esimerkiksi uusien palvelujen ja sovelluksien muodossa.

Tietokantoja avatessa on käyty keskustelua siitä, mitä hyötyä saavutetaan avoimilla aineistoilla, mutta esimerkiksi Maanmittauslaitoksella on todettu ilmaisten aineistojen lisännen moninkertaisesti toimitusmääriä lyhyen aikavälin sisällä (Mäkinen 2012). Jos omat taidot eivät riitä halutun aineiston tarkasteluun, maksullinen aineistojen tilauspalvelu on edelleen käytössä. Muutamia vuosia sitten avatut tiedot eivät tuota valtiolle tai kunnille suoraa rahallista hyötyä, mutta yhteiskunnan ja perinteisten toimintatapojen muut-

tuessa voivat avoimet aineistot olla oleellisessa osassa uusien toimintatapojen kehityksessä.

Yksi näkökulma avoimen datan taloudellisiin vaikutuksiin on ns. aikakustannus – toisin sanoen se, paljonko kansalaisilta ja virkamiehiltä kuluu aikaa informaation hankkimiseen ja kuinka moni potentiaalisesti hyödyllinen toiminto jää kokonaan tekemättä sen takia, että informaation hankkiminen on liian työlästä ja/tai kallista. Mikään laki tai direktiivi ei estä datan avaamista, mutta eräiden lakien ja direktiivien sisältö on hyvä tietää, jotta datan avaaminen tapahtuu hallitusti. (Poikola ym. 2010, 7.)

On oletettavissa, että avoimien data-aineistojen yleistyessä kansalaisten kiinnostus aineistojen päivittämiseen ja täydentämiseen lisääntyy. Jo nyt on käynnistetty data-aineistojen yhteistuotantokokeilu, jossa kerätään kansalaisten havaintoja julkishallinnon ylläpitämään aineistoon, esimerkiksi ympäristöhallinnon Järviwiki on tällainen palvelu. Yhteistuotantomallien kehittämisessä on mahdollista saavuttaa kansainvälisesti edelläkävijän asema, sillä maailmanlaajuisesti tietovarantojen avaamisessa pääpaino on toistaiseksi ollut datan saatavuuden parantamisessa.

Yleisnimityksellä **tietosuojalainsäädäntö** tarkoitetaan ainakin ensisijaisesti henkilötietolakia (523/1999) ja myös muita yksityisyyden suojaan liittyviä säädöksiä kuten rikoslain (24. luvun) pykälä yksityiselämän loukkaamisesta sekä lakia yksityisyyden suojasta työelämässä (2004/759). Viime aikoina erityisesti on puhuttanut sähköisen viestinnän tietosuojalaki (2004/516) ja sen Lex Nokiaksi ristitty uudistus (HE 48/2008).

Tietosuojalla tarkoitetaan tietoturvaa, joka suojaa järjestelmiä, dataa, palveluita ja tietoliikennettä niiltä osin, missä ihmisten perusoikeudet eivät ole uhattuina. Yleisen ja teknologianeutraalin tietoturvalain tarve nousee keskeiseksi pilvipalveluiden – eli internetin kautta tarjottavien palveluiden – yleistyessä. Kun yritykset ja yksittäiset ihmiset alkavat laajemmassa määrin tallentaa omia tiedostojaan internetiin ja käyttämään pilvipalveluita, hankkivat he palvelut mieluiten luotettavina pidetyiltä yrityksiltä.

**Julkisuuslailla** tarkoitetaan vuonna 1999 voimaantullutta lakia (1999/621) ja asetusta (1999/1030) viranomaisten toiminnan julkisuudesta. Esimerkiksi tietosuojalainsäädäntö menee julkisuuslain edelle ja anonyyminä pysyvien tietojen julkaiseminen on turvallisempaa kuin esimerkiksi yksityiseen henkilöön liittyvien tietojen, kuten omaisuuden arvon päättelyminen metsätietojen perusteella tai turvallisuuteen liittyvien tietojen julkaiseminen. Yksilöiden tietosuojaa on kunnioitettava ja jokaisella on oikeus saada tieto viranomaisten julkisista asiakirjoista. Tietosuojalla ei pyritä suojelemaan tietoa, vaan yksityisten henkilöiden oikeutta yksityisiin tietoihinsa.

Esimerkiksi harmittomalta tiedolta vaikuttavat rekisteröitymistiedot voivat jälkikäteen haitata esimerkiksi liikkumisvapautta, jolloin päädytään anonyymiin tietojen julkaisuun. Kiinteistötietojen kohdalla on oltava tarkkana yksityisyyden ja turvallisuuden vuoksi, jolloin henkilötiedot ja tarkat yksityiskohdat on suojattava suuren yleisön tarkastelulta. Pilvipalveluiden kohdalla on esitetty olevan tarvetta ns. ”teknologianeutraalille tietoturvalaille”, mutta vielä toistaiseksi tämä laki ei ole edennyt.

**Valtion maksuperustelain** (1992/150) mukaan julkishallinnon tuottamat suoritteet ovat maksullisia, ellei maksuttomuudelle ole hyvää perustelua. Tarkemmat säännökset maksuista tulevat ministeriöiltä. OECD:n suositus ja eurooppalainen PSI-direktiivi asettavat maksuperustelaille painetta muutokseen, koska tarkoituksena olisi, että julkisin varoin tuotettu tieto tulisi olla tekijänoikeuksiltaan helposti uudelleenhyödynnettävissä, mielellään maksutonta tai ainakin kohtuullista kustannuksiltaan.

**INSPIRE-direktiivi** (2007/2/EY) tähtää paikkatietojen käytön tehostamiseen, viranomaisten yhteistyön lisäämiseen ja monipuolisten kansalaispalvelujen syntymiseen. Suomessa direktiivin toteuttamisesta on säädetty laissa (421/2009) ja asetuksessa (725/2009). Lain mukaan paikkatietoaineistoja hallinnoivien viranomaisten tulee kuvailla aineistot metadatan avulla ja liittää ne hakupalveluun. Tämän lisäksi yhteiskäyttöön tarkoitettuja versioita aineistoista pitää asettaa katseltavaksi ja ladattavaksi internetiin. PSI (Public Sector Information) direktiivi (2003/98/EY) julkisen sektorin hallussa olevien tietojen uudelleenkäytöstä tähtää julkisen datan kaupallisen hyödyntämisen lisäämiseen.

Ympäristön tilan seurannan strategia 2020 -julkaisussa (Ympäristöministeriö 2011) todetaan, että EU:n uudet säännökset edellyttävät huomattavaa voimavarojen lisäystä ympäristön tilaa koskeviin seurantoihin, ellei toimintakäytäntöjä radikaalisti uudisteta. Nykyisillä ja EU-direktiivien edellyttämällä havainnoilla saadaan vasta noin puolet tarvittavasta aineistosta, ja vuosittain tarvittaisiin vähintään 1,5 M€ lisää rahoitusta, jotta vaatimukset tulisivat täytetyiksi.

## 2.3 Ympäristötietojen tuottaminen hallitusti ja kustannustehokkaasti kaikkien saataville

Ympäristöhallinnon strategisena tavoitteena on vuoteen 2020 mennessä ottaa käyttöön uutta teknologiaa ja menetelmiä. Käyttöön otettaessa kehitetään laadunvarmistusmenettelyitä ja selvitetään vertailtavuus entiseen käytettyyn menetelmään. Samalla hyödynnetään toiminnanharjoittajien tuottamia havaintoja ympäristön tilan seurantojen toteutuksessa ja organisoidaan ja hyödynnetään mahdollisuuksien mukaan vapaaehtoistyötä ja kansalaishavain-

nointia. Erityisesti tiedon hyödynnettävyydelle annetaan paljon painoarvoa, jolloin esimerkiksi eri tietojärjestelmien ja tiedon käyttötapojen linkitystä korostetaan. (Ympäristöministeriö 2011, 23.)

Seurantaohjelmien valmistelussa ja seurantojen toteutuksessa on suunnittelua ja yhteistyötä lisätty huomattavasti. Tästä huolimatta toiminnassa on puutteita, eikä toiminnanharjoittajien tekemää seurantaa edelleenkaan hyödynnetä täysimääräisesti seurantavelvoitteiden toteuttamisessa. Mm. kansainväliset velvoitteet ovat lisääntyneet paljon enemmän kuin strategiaa tehtäessä ennakointiin.

Päämäärät tietojen saatavuudesta ovat toteutuneet hyvin. Ympäristöhallinto on ensimmäisten joukossa avannut tietojärjestelmänsä kaikkien vapaaseen käyttöön. Suurinta huolta ympäristötarkkailun jatkosta Suomessa aiheuttavat resurssit. Useimmissa ELY-keskuksissa arvioitiin seurantaan käytettävien henkilötyövuosien vähenevän eläköitymisen, ostopalveluihin siirtymisen ja tuottavuusohjelman vuoksi. Huolta aiheutti erityisesti se, että seurantarajat ELY-keskuksissa supistuvat entisestään. Vaarassa ovat jo sovitujen seurantojen toteuttaminen sekä mahdollinen ristiriita seurantavelvoitteiden ja -tarpeiden sekä rahoituksen välillä. Seurantatiedon tuottamisessa eri osissa maata on eroja, johtuen mm. vesistöjen määrästä sekä pohjavesivaroista. (Ympäristöministeriö 2011.)

Uudet alihankkijat ja määrittäyslaboratoriot ovat jopa vaikeuttaneet velvoitetarkkailutiedon saamista viivytyksettä ja oikeassa muodossa tietojärjestelmiin, vaikka velvoitetarkkailut ovat ensiarvoisen tärkeitä tiedonlähteitä. Tietojärjestelmiä tulisi edelleen kehittää ja huolehtia tiedonsiirron sujuvuudesta sekä siihen liittyvien ongelmien ratkomisesta mahdollisimman nopeasti. (Ympäristöministeriö 2011, 19.)

## **2.4 Etämonitoroinnilla saatavan tiedon luotettavuus**

Validoinnilla tarkoitetaan uuden menetelmän käyttöönoton yhteydessä tehtävää vertailevaa tutkimusta menetelmän toimivuudesta. Tarkoituksena on todistaa menetelmän toimivuus ja varmistaa tulosten oikeellisuus laboratoriossa. Vaihtoehdoisen menetelmän validoinnissa selvitetään, antaako menetelmä yhtäpitäviä tai jopa parempia tuloksia vertailumenetelmään nähden. (Hallanvuo 2013.)

Toinen kehitystyöhön liittyvä varmistusmenetelmä on verifointi, jonka avulla tarkastetaan, että tehdään oikeita asioita ja täytetään tuotteelle tai palvelulle asetetut odotukset. Verifointi on kolmannen osapuolen suorittama prosessi tai mekanismi, jonka avulla tuotteen toiminta ja suorituskyky voidaan to-

dentaa tai vahvistaa. Validointi voidaan tiivistää automaattisia mittalaitteita käsitellessä kysymykseen ”käytetäänkö oikeita laitteita?” ja verifiointi ”käytetäänkö laitteita oikein?”. (Kettunen 2013.)

Verifiointin kohteena ovat hankkeelle teknisesti tärkeät laitteet ja pilvipalvelu. Pitkäaikaisissa seurannoissa luottamus tietoon syntyy vain laadukkaalla datalla. Seurantatiedon on siis sovittava ratkaistavaan ongelmaan, dataa on oltava riittävästi ja sen on oltava luotettavaa ja ymmärrettävää. Tuoreudella ja eri ilmiöiden informaation yhdisteltävyydellä on entistä suurempi merkitys. (Kettunen 2013.)

Tiedon käyttäjälle jää vastuu tiedon arvioinnista, analysoinnista ja johtopäätöksistä. Kaikki kerätty tieto ei myöskään voi olla laajan kiinnostuksen kohteena, vaikka se olisikin tärkeää seurannan kannalta. Paikkatieto mahdollistaa monitieteellisten aineistojen käytön yhteiskunnan eri toiminnoissa. Tulevaisuuden tavoitteena on käyttää kustannustehokasta tarkkailua sekä lisätä yhteistyötä eri laitosten ja koulutuksen välillä. (Ympäristöministeriö 2007, 24.)

Anturin mittaustuloksia tarkasteltaessa on syytä kiinnittää huomiota mm. arvojen yleisen järkevyyden lisäksi datan pysymiseen raja-arvojen sisällä, datan tyhjiin havaintoihin sekä toistuviin arvoihin. Kaikkia em. havaintoja varten voidaan tehdä automaattisia datan analysointiohjelmia, jotka ilmoittavat, jos ei-toivottuja mittaustuloksia ilmenee. Automaattista analysointia on syytä hyödyntää muutenkin, jos useita eri antureita on yhtä aikaa mittaamassa eri mittaussvälein eri asioita. Datan määrä vuorokaudessa voi olla niin suuri, ettei sen tarkasteluun riitä tarpeeksi aikaa. Lisäksi automaattisilla ilmoituksilla voidaan yhdistää ylimääräinen näytteenotto sopivaan ajankohtaan, esimerkiksi rankkasateen aiheuttamaan nopeaan, hetkelliseen muutokseen vedenlaadussa, joka voisi jäädä havainnoimatta tavallisessa näytteenotossa. Tätä voidaan luonnehtia datan automaattiseksi laadunvalvonnaksi.

# 3 BENCHMARKS – SENSORI- VERKOSTOJEN HYÖDYN- TÄMISTÄ JA TUTKIMUSTA

Automaattisia mittalaitteita ja mittausasemia on käytössä eri asiayhteyksissä eri tutkimuslaitoksissa. Seuraavassa on esitetty muutamia esimerkkikohteita, joissa etämonitorointia on hyödynnetty ympäristön monitoroinnissa.

## 3.1 Case Vapo Oy

Vapo Oy hyödyntää automaattisia mittalaitteita seuratessaan turvetuotannon vesistövaikutuksia sekä panostaessaan avoimeen, läpinäkyvään seurantaan. Vapo tekee vedenlaadun tarkkailussa yhteistyötä Metso Automationin kanssa, joka vastaa mittausasemista, niiden huollosta ja ylläpidosta sekä mittaus-tuloksien varmentamisesta. Vapo on perustanut ensimmäiset mittausasemat kesän 2013 aikana Alajärvellä, Kiteellä, Taipalsaarella, Ähtärissä ja Tammelassa sijaitseville tuotantoalueille. Vapolla on aikomus ottaa lisää mittausasemia käyttöön siten, että kesällä 2015 olisi käytössä kaikkiaan 30 jatkuvatoimista mittausasemaa. (Vapo 2014.)

Vapon tavoitteena on viedä ympäristövastuullisuus selvästi lain vaatimuksia korkeammalle tasolle. Kokonaisuus tuottaa entistä kattavamman, läpinäkyvämmän ja reaaliaikaisen ratkaisun perinteisen, käsinäytteenottoon perustuvan tarkkailun rinnalle. (Vapo 2014.)

Jatkuvatoimiset mittausasemat sijoitetaan eri puolille Suomea, eri-ikäisille ja erityyppisille turvetuotantoalueille, jotta mittaus-tuloksista saadaan mahdollisimman kattavaa ja läpinäkyvää reaaliaikaista vertailutietoa nykyiselle käsinäytteenottoon perustuvalla tarkkailutiedolla. Mittausasemat tuottavat virtaaman lisäksi tietoa vedessä olevan kiintoaineen sekä liuenneen orgaanisen

(DOC), kemiallisesti hapettuvan orgaanisen (COD, humus) ja kokonaisorgaanisen hiilen (TOC) pitoisuuksista ja kuormituksesta. (Vapo 2014.)

### **3.2 Case Ravinnehuuhtoutumien hallinta (RaHa), Uudenmaan ELY-keskus, Uudenmaan järjestöt, 2009–2014**

RaHa-hankkeen vedenlaatuosiossa on seurattu reaaliaikaisesti kahden valuma-alueen vedenlaatua. Valuma-alueista toisella on maataloutta ja toinen on luonnontilaista metsämaata. Automaattisilla mittaustiedoilla on haluttu havainnollistaa, miten esimerkiksi säässä tapahtuvat muutokset heijastuvat vedenlaatuun. Mittaustekniikan lisäksi on haluttu korostaa eri maankäyttömuotojen ja alueen eri toimijoiden omaa vaikutusta vedenlaatuun sekä antaa näille tekijöille mahdollisuus toimia huuhtoumia vähentävästi. Huuhtoutumien vähenemisestä hyötyvät sekä viljelijät että vesistöt. (Koppelmäki ym. 2012, 35–39.)

Veden laadun seurannalla haetaan tietoa peltovaltaisen ja luonnontilaisen seuranta-alueen eroista. Seurannalla saadaan myös tietoa vedenlaadun ja -määrän vaihtelusta yksittäisten sadetapahtumien yhteydessä sekä kuormituksen muodostumisesta keväällä ja syksyllä. Saatujen tulosten perusteella voidaan tarkentaa kuormitusten alueellisuutta ja esimerkiksi peltoalueelta tuleva kuormitus pystytään erottamaan muusta kuormasta. (Koppelmäki ym. 2012, 35–39.)

Molemmilla seuranta-alueilla mitataan veden virtaamaa, sameutta, nitraattityypen pitoisuutta ja lämpötilaa tunnin välein. Käytössä ovat SCANin sensorit mittapatojen yhteydessä. Ns. automaattisten sensorien lisäksi otetaan vesinäytteitä kalibrointiin ja automaattisen seurannan ulottumattomissa olevien muuttujien mittaamiseksi. Mittauksia on suoritettu kevään ja syksyn ylivirtaamakausina 2011–2013, havaintoja tukee myös oma sääasema. Tehtäessä selvitystä kuormituksen alueellisesta tarkentamisesta käytettiin mittauksissa kannettavaa YSI:n kenttämittaria. (Koppelmäki ym. 2012, 35–39.)

Automaattiseurannalla on saatu selville nopeat muutokset vedenlaadussa sekä todelliset maksimi- ja minimiarvot, jolloin kuormitusarvioita on saatu tarkentua huomattavasti laskennallisiin arvoihin verrattuna. Sää tiedoista saatu sademäärä paljastaa virtaamamuutokset, joiden seurauksena muutkin parametrit muuttuvat äkisti. Seurantajaksojen aikana havaittiin, että pelto-ojissa kuormitus oli hyvin pulssimaista ja oli kasvukaudella riippuvainen sademäärästä ja -kestosta. Hetkellisesti kuormitus saattoi pellolta johtavissa ojissa olla hyvin voimakasta, kun taas kuivempina aikoina veden laatu oli samankaltaista kuin luonnonhuuhtouma metsäpurossa. Peltoviljely ei kuormita vesistöjä ympäri vuoden, vaan eniten kasvukauden ulkopuolella lyhyinä, intensiivisinä

pulsseina; keväällä lumien sulaessa ja syksyllä maanmuokkauksen yhteydessä. (Koppelmäki ym. 2012, 35–39.)

Kannettavien anturien avulla pystyttiin lisäksi paikallistamaan ns. hotspot-alueita, jotka pienestä alastaan huolimatta vastasivat suuremman alan kuormitusta fosforin osalta. Kuormituksen alueellisella tarkennuksella pystytään parantamaan kasvuolosuhteita paikallisesti, esim. maaperän rakennetta muokkaamalla, jolloin haitallisimmat pintavalunnat vähenevät. Hankkeen aikana pystyttiin myös vertailemaan erilaisten maanmuokkaustapojen vaikutusta vesistökuormitukseen reaaliajassa, yhdistettynä säätietoihin. Alueen viljelijöiden kanssa tehtiin myös yhteiskatselmuksia alueesta. Tällöin suoritettiin myös mittauksia paikan päällä esim. salaoja- ja purovesistä kenttämittarein ja typipiliuskoin. Samalla tarkasteltiin myös ympäristöhallinnon OIVA- ympäristö- ja paikkatietopalvelusta saatavia tietoja ja valuma-aluekarttoja. Paikan päällä tehdyillä havainnoilla saatiin viljelijät kiinnostumaan vesistökuormituksesta uusin tavoin. Lannoitteiden kalleus ja huoli vesistöjen rehevöitymisestä konkretisoitui kenttämittauksien tuloksissa. (Koppelmäki ym. 2012, 35–39.)

### **3.3 Case Maasää – anturiverkosto Karjaanjoella, MTT 2007–2009**

MTT kehitti ja toteutti pilottiverkon automaattisista tarkkailuasemista 2 000 km<sup>2</sup> valuma-alueelle. Alueen rajaus valuma-alueeksi oli ympäristötarkkailun kannalta mielekkäämpää kuin hallinnolliset rajat. Yleisesti anturiverkoissa halutaan yhdistää sää- ja ilmastotiedot esimerkiksi maatalouden tarpeisiin. Myös viljelyn ympäristövaikutukset kuten ravinnehuuhtoumat johtuvat sääoloista. Ravinnehuuhtoumiin vaikuttavat suuresti pelloilla tehtävät maanmuokkaukset. (Huitu 2009.)

Säätietoja, maankosteutta ja veden määrää ja tietoa sen ravinnepitoisuudesta kerättiin reaaliaikaisesti 70 automaattisella, muutettavissa olevalla havaintoasemalla. Tiheällä mittaussivallilla kerättyä dataa läpikäytiin asiantuntija arvioin ja automaattisella laadunvarmistuksella ennen tietojen julkaisemista internetissä. Hälytys aiheutui, mikäli tiedoissa oli puutteita, raja-arvojen ulkopuolisia havaintoja tai epäilyttäviä mittaustuloksia. Tällä tavoin saatiin havaintoja esimerkiksi, jos laitteesta oli loppunut virta, anturia häiritsi jokin roska tai biologinen likaaja tai jos anturi oli mennyt ”jumiin” ja mittasi jatkuvasti samaa arvoa. Tiheet mittaukset paljastivat mm. paikallisen ravinnehuuhtouman, joka oli automaattidatan perusteella huomattavan suuri koko vuoden ravinnepäästöjen mittakaavassa. Lisäksi anturiverkosto mahdollisti ravinnepulssin etenemisen seuraamisen virtavedessä. (Huitu 2009.)

Laadunvarmistustestien perusteella voitiin todeta, että anturiverkosto toimi luotettavasti ja häiriötilanteet olivat korjattavissa. Lisäksi sääasemien tuotta-



mien tietojen perusteella pystyttiin toteamaan ja ennustamaan muutamien kasvitautien esiintyminen, jolloin kasvinsuoja-aineiden ruiskutus pystyttiin ajoittamaan ja kohdistamaan oikein. (Huitu 2009.)

### **3.4 Case MMEA - Measurement, Monitoring and Environmental Efficiency Assessment**

MMEA kehittää uusia sovelluksia, jotka toimittavat relevanttia ympäristötietoa erilaisille loppukäyttäjille päätöksenteon tueksi. Lisäksi sovellukset mahdollistavat entistä tehokkaamman mittausdatan hyödyntämisen, energiantuotannon, teollisuuden prosessit, infrastruktuurin, turvallisuus- ja kriisinhallinnan ja kuluttajakäytön. MMEA on alusta ympäristötiedon ja -tarkkailun testaamiseen. MMEA-testialusta integroi dataa useista ympäristömittausverkostoista portaaliin, joka analysoi, mallintaa ja ohjaa saadut tiedot uusien ympäristöpalveluiden käyttöön. (MMEA 2014.)

Yksi MMEA-alustan sovelluksista on sisäilmanlaatu-pilotti, joka tarjoaa työkaluja sisäilman tarkkailuun sekä energiansäästöön mahdollistaen eri rakennusten keskinäisen vertailun ja energiankäytön optimoinnin. Palvelu perustuu alustaan, jossa datan säilytys, datalähteet, muutokset, laskelmat ja viestittelypalvelut yhdistyvät. Mittauslaitteiden toimittajat ja huoltajat voivat olla yhteydessä avoimen datan alustaan ja yhdistää saatua dataa tuottajille ja loppukäyttäjille. (MMEA 2014.)

## 4 PAIKKATIEDOT JA YMPÄRISTÖMONITOROINTI

Suurin osa maailman kaikesta tiedosta on tietoa, johon tavalla tai toisella liittyy jokin sijainti eli paikka. Tällaisia tietoja voidaan käyttää ja käsitellä paikkatietotekniikan keinoin, jolloin tietoihin saadaan uusia näkökulmia, niille syntyy lisäarvoa tai niistä saadaan muodostettua kokonaan uutta tietoa. Paikkatiedot ja niihin liittyvät tekniikat ovat sekä teknologisilta lähtökohdiltaan että käyttökohteiltaan monialaisia ja poikkitieteellisiä. Ympäristöala on yksi merkittävimmistä paikkatietojen tuottajista ja soveltajista. Myös ympäristön tilan seurannassa paikkatietoja ja paikkatietoteknologioita käytetään monin tavoin, eri näkökulmista ja eri laajuuksissa. Samalla kun kansalaisten tietoinen ja tiedostamaton paikkaan sidotun tiedon käyttö sekä tietoisuus paikkatiedoista kasvavat ja älykkäät päätelaitteet yleistyvät, kasvavat myös odotukset ja vaatimukset tällaisten palvelujen ja tietojen saatavuudesta. Tämä pätee myös tietoon ympäristön tilasta ja olosuhteista.

### 4.1 Paikkatieto ja paikkatietojärjestelmä – GIS

Karttojen ja maantieteen kautta paikkatiedoilla on pitkät, tuhansien vuosien perinteet. Tieto- ja informaatiotekniikan kehittyminen loi paikkatietojärjestelmät eri alojen asiantuntijoiden käyttöön 1960-luvulta alkaen. (Bolstad 2005, 1; Löytönen ym. 2003, 12–14; Fabritius ym. 2006, 4–13.) Viime aikoina jotkin paikkatiedon osa-alueet ovat arkipäiväistyneet esimerkiksi autonavigaattoreiden, internetin reitti ja karttapalveluiden ja paikantavien älypuhelimien muotoon. On myös syntynyt paikkatietoharrastuksia, kuten geokätköily ja OpenStreetMap kartanteko. Tällä hetkellä paikkatiedot integroituvat tavalliseksi tiedoksi ja kätkeytyvät osaksi muita palveluja (Mansikka 2010). Viimeksi mainituista käyvät esimerkeiksi erilaisten etukorttien käytön mukana tallentuvat tiedot ostopaikoista tai yleisesti käytettyjen verkkopal-

veluiden paikantavat ominaisuudet, joita on mm. Facebookissa, Twitterissä, Foursquaressa, Flickrissä, Panoramiossa ja Instagramissa.

Geoinformatiikan sanasto (TSK 42 2011, 21) määrittelee paikkatiedon olevan ”tietoa kohteista, joiden paikka Maan suhteen tunnetaan”. Määritelmää täydennetään tekstillä: ”Paikkatieto sisältää viittauksen tiettyyn paikkaan tai maantieteelliseen alueeseen. Paikkatieto voi kuvata kohteen sijaintia ja muita ominaisuuksia, kuten muotoa. Paikkatieto kuvaa usein luonnon tai rakennetun ympäristön kohteita, mutta voi kuvata mitä tahansa toimintaa tai ilmiötä, jonka sijainti tunnetaan.” (Mt.) ”Kohteiden ominaisuuksia ovat muun muassa tunnistet, mittaushavainnot, luokitukset ja kuvailut, paikkatieto voi kertoa esimerkiksi tietyn rakennuksen sijainnin lisäksi sen, että rakennus on punainen ja kolmikerroksinen” (TSK 30 2002, 12). Paikkatieto voi olla kaksi- tai kolmiulotteista (Löytönen ym. 2003, 106–107). Lisäksi paikkatietoon voi liittyä myös aika neljäntenä ulottuvuutena, ja tätä voi hyödyntää muun tietosisällön kanssa. (Bolstad 2005, 452–454.)

Paikkatiedoista on oleellista ymmärtää, että ne voivat olla mitä tahansa tietoa mistä tahansa kohteista tai asioista, joihin liittyy tai joihin pystytään liittämään viittaus sijaintiin. Sijainti, jossa jokin kohde on, voidaan puolestaan kertoa suoraan jossakin koordinaattijärjestelmässä ilmoitetuilla koordinaateilla, tai epäsuorasti paikantavan tunnuksen, osoitteen, hilarakenteen, muun yksikäsitteisen järjestelmän tai sijainniltaan jo tunnettuun kohteeseen viittamisen avulla (TSK 42, 12; TSK 30, 11). Edellä mainitut asiat tekevät lähes kaikesta tiedosta paikkatietoa.

Paikkatietojärjestelmä (GIS, *Geographic Information System*) on työkalu, jolla tuotetaan ja käytetään paikkaan sidottuja tietoja (Bolstad 2005, 1). GIS on laitteistoista, ohjelmistoista, paikkatietoaineistoista, käyttäjistä ja käytänteistä koostuva järjestelmä, jonka avulla tallennetaan, hallitaan, analysoidaan ja/tai esitetään paikkatietoa (TSK 42, 22). Yleensä paikkatietojärjestelmässä on toimintoja aineistojen syöttöön ja tuottamiseen, tietojen ja aineistojen muokkaamiseen, tietokyselyihin, analyysiin sekä tietojen esittämiseen (Bolstad 2005, 15; Löytönen ym. 2003, 57). Käyttötarkoituksen näkökulmasta katsottuna paikkatietojärjestelmät ovat joko tapahtuma- ja tiedonhallintapainotteisia tietojärjestelmiä tai analyysipainotteisia päätöksenteon tukijärjestelmiä (TSK 42, 22). Paikkatietojen käyttöön ei aina näytä liittyvän edellä kuvatun kaltaisen järjestelmän käyttöä. Näin voi olla etenkin loppukäyttäjän tai tavallisen kansalaisen näkökulmasta katsottuna, koska esimerkiksi karttapalvelun palvelimia ja niillä tapahtuvia tapahtumia ei tiedosteta. Järjestelmiä on myös erilaajuisia, ja käyttäjä tai hänen käyttämänsä välineet voivat suorittaa vain rajattuja osatehtäviä.

Lyhenne GIS voi tarkoittaa myös paikkatietoa tieteenalana (*Geographic Information Science*) (Bolstad 2005, 12–13). Suomessa tätä vastaa käsite geoinfor-

matiikka (TSK 42, 21). Lisäksi termiä GIS käytetään usein myös kaiken paikkatietoon liittyvän yleiskäsitteenä. Koska paikkatietojen käyttöön tarvitaan paikkatietojärjestelmän toimintoja, voi termin GIS tulkita usein tarkoittavan sanaparia ”paikkatieto ja paikkatietojärjestelmä”.

## 4.2 Paikkatietojen käyttö ja merkitys

Paikkatietoa ja paikkatietojärjestelmiä hyödynnetään muun muassa suunnittelussa, päätösten teossa ja erilaisissa tutkimuksissa. Niitä käyttämällä voidaan saada vastauksia hyvin erilaisiin kysymyksiin sekä selvittää kohteiden tai ilmiöiden syy- ja seuraus-suhteita – käyttömahdollisuuksia rajoittaa lähinnä kekseliäisyys. (Fabritius ym. 2006, 33, 37; Esri Finland 2012a.) Monissa tapauksissa GIS on ainoa keino ratkaista sijaintiperusteisia ongelmia (Bolstad 2005, 3). GIS:n avulla voi saada selville tietoa, jonka havaitseminen olisi muuten vaikeaa tai mahdotonta, tai ratkaista myös ongelmia, jotka eivät edes näytä liittyvän paikkatietoon (Esri Finland 2012a). Bolstad (2005, 3) maalailee, että ”viisaasti käytettynä GIS voi auttaa meitä elämään terveempää, varakkaampaa ja turvallisempaa elämää”. On syytä tiedostaa, että usein ensimmäisenä mieleen tuleva paikkatietojen käyttötapa – kohteiden sijainnin esittäminen kartan päällä – on yksinkertaisimpia asioita mitä GIS:n avulla voi tehdä.

Koska 60–80 % maailman kaikesta tiedosta on sidottavissa johonkin paikkaan, paikkatiedoille on luontaisesti monia sovellusaloja teollisuuden ja kaupan piirissä sekä yhteiskunta- ja ympäristötieteissä (Fabritius ym. 2006, 29). Paikkatietojärjestelmien monipuoliset ja ainutlaatuiset toiminnot lisäävät omalta osaltaan hyödyntämismahdollisuuksia. GIS onkin laajasti eri aloille ja erilaisiin tehtäviin levinnyt työkalu, jonka käyttösovellusten määrä kasvaa jatkuvasti (Löytönen ym. 2003, 18; Bolstad 2005, 3). Paikkatieto-ohjelmistoja myydään esimerkiksi seuraaville toimialoille: energia, kaivosala, kauppa, kunnat, kiinteistö, logistiikka, maanmittaus ja kartantuotanto, maatalous, media, metsä, opetus, pankki ja vakuutus, terveydenhuolto, tietoliikenne, turvallisuus sekä ympäristö (Esri Finland 2012b).

Paikkatietoja eli paikkatietoaineistoja syntyy eri sovellusalojen käyttöön pääasiassa sosioekonomisen tutkimuksen sekä topografisen kartoituksen ja ympäristön tilan kartoituksen kautta (Fabritius ym. 2006, 29), ja nykyään myös esimerkiksi kansalaisten toiminnan seurauksena. Yksi merkittävä tietolähde on kaukokartoitus, josta esimerkkinä voi mainita vaikkapa ympäristönseurantasatelliittien datasta tuotetut satelliittikuvat (Fabritius ym. 2006, 10–13). Satelliittien, lentokoneiden ja lennokkien sensorit voivat mitata näkyvän valon ohella tai sijasta monia muita elektromagneettisen säteilyn aallonpituuksia, minkä avulla voidaan havainnoida hyvin monenlaisia suureita (Löytönen ym. 2003, 84). Paikkatietona käytettävää dataa voidaan tuottaa myös reaaliajassa

tietoa havainnoivilla sensoreilla ja sensoriverkoilla. Open *Geospatial Consortium Inc.* (OGC) on yhtenä monista standardeistaan kehittänyt puitteet erilaisten sensorien kytkemiseksi internetin välityksellä mm. paikkatietojärjestelmiin (Johnson 2009, 241–242).

Paikkatietojen merkitystä kuvastaa esimerkiksi sen huomiointi julkishallinnossa. Euroopan Unioni (EU) on antanut laajan paikkatieto-direktiivin, Inspiren, sekä julkaissut tarkkoja komission asetuksia ja ohjeita määrittämään keinot ja aikataulun paikkatiedon infrastruktuurin toteuttamiseksi kaikissa EU-jäsenvaltioissa. Tämän seurauksena Suomessa on säädetty laki ja asetus paikkatietoinfrastruktuurista, jotka velvoittavat monia viranomaisia – myös ympäristösektorilla. Lisäksi paikkatietoon on jo kauan liittynyt lukuisia kansallisia JHS-suosituksia. (Tietoa Inspirestä 2014.)

Suomella on vuodesta 2005 alkaen ollut myös virallinen Kansallinen paikkatietostrategia, jonka viimeisin uudistustyö on valmistumassa 2014 (Paikkatietostrategia 2014). Paikkatietojen merkitys näkyy myös viime vuosina tapahtuneissa Suomen julkisen hallinnon tietoarkkitehtuurin kehityshankkeissa. Uuden tietohallintolain sekä valtiovarainministeriön tietojen ja tietojärjestelmien yhteentoimivuuteen tähtäävän kokonaisarkkitehtuurityön yhteydessä onkin aloitettu myös paikkatiedon viitearkkitehtuurityö (Viitearkkitehtuuri... 2014). Tässä yhteydessä on muun muassa kartoitettu julkisen hallinnon tietovarannot. Kartoituksen tuloksena mainitaan 61 kansallista tietovarantoa, joista Rainion (2012, 26) mukaan 60–80 % on paikkatietoa.

### 4.3 Paikkatiedot ympäristöalalla

Ympäristöala on hyödyntänyt paikkatietoja pitkään, ja esimerkiksi Suomen ympäristökeskus on merkittävä paikkatietojen tuottaja ja käyttäjä. Alun perin paikkatietojärjestelmiä alettiinkin kehittää nimenomaan ympäristötutkimuksen tarpeisiin. (Löytönen ym. 2003, 13–14, 112.) Ympäristöalan suhde paikkatietoihin näkyy esimerkiksi alan todennäköisesti tunnetuimman kaupallisen ohjelmistoyrityksen nimessä: Esri, *The Environmental Systems Research Institute*.

Esrillä on ympäristösektorille useita toimialakohtaisia verkkosivustoja, ja se julkaisee aiheista useita verkko- ja printtilehtiä, erilaisia esimerkkitapauksia ja kirjoja sekä tietomalleja ohjelmistoihinsa (Esri Inc. 2014). Pelkästään Esrin verkkosivuilta löytyy useita satoja esimerkkejä GIS:n käytöstä ja sovelluksista ympäristöalalla, liittyen muun muassa vesivaroihin, ilmastonmuutokseen, kestävään kehitykseen, maatalouden ja teollisuuden päästöjen estämiseen ja hallintaan, ilmanlaatuun, uudistuvaan energiaan sekä biodiversiteetin seuran-

taan (mt). Esimerkeissä GIS:n käyttötavat vaihtelevat visualisoinneista ja aineistojen kokoamisista monimutkaisiin analyyseihin ja simulointeihin.

GIS auttaa tunnistamaan ja osoittamaan ympäristöongelmia tuottamalla ratkaisevan tärkeää tietoa ongelmien esiintymispaikoista ja siitä keihin ne vaikuttavat. Sen avulla voi esimerkiksi selvittää haitallisen ympäristövaikutuksen lähteen, sijainnin ja vaikutusalueen sekä keksiä keinoja ympäristövahingon seurantaan, hallintaan ja lieventämiseen sekä tehdä erilaisia ennusteita ja mallinnuksia. GIS:ä onkin käytetty esimerkiksi uhanalaisten lajien suojeleluun, saastuttamisen vähentämiseen ja luonnon katastrofeista selviytymiseen. (Bolstad 2005, 3–12; Johnson 2009, v–xi, 1–7.) Useilla ympäristösektorin osa-alueilla GIS:ä käytetään monipuolisesti. Esimerkiksi vesivaroihin ja vesihuoltoon liittyvistä sovelluksista on kirjoitettu kokonaisia kirjoja, joissa esitellään useita erilaisia käyttökohteita liittyen muun muassa pinta- ja pohjavesien hydrologiaan, vedenjakeluun ja kasteluun, jäte- ja hulevesiin, vedenlaatuun ja monitorointiin. (Johnson 2009; Harju ym. 2004.)

#### 4.4 Paikkatiedot ympäristömonitoroinnissa

Ympäristön tilan ja erilaisten ympäristösuureiden seuranta eli monitorointi on yksi paikkatietojen ja paikkatietojärjestelmien sovelluskohde. GIS:n toiminnot ympäristömonitoroinnissa ovat samankaltaisia kuin muissa ympäristösovelluksissa, mutta Larsenin (2005, 999) mukaan painottuvat datan keräämiseen, esikäsittelyyn ja laadun kontrollointiin. GIS:llä on monitoroinnissa tärkeä rooli, koska se sopii ihanteellisesti esimerkiksi maastoon sijoitettujen mittausasemien datan esittämiseen. Sen avulla on esimerkiksi mahdollista yhdistää pistemäinen tieto koskemaan alueita erilaisin maantieteellistilastollisin keinoin sekä käsitellä ja järjestellä suuria tietomääriä, myös tarvittaessa tilastomatematisesti. (Larsen 2005, 1000.)

Monitorointi voi perustua yhtä tai useampaa suureta havainnoiviin yksittäisiin sensoreihin tai sensoriverkkoihin tai hyvinkin laajoja alueita tarkkaileviin kaukokartoitusperusteisiin menetelmiin. Monitorointi voi olla reaaliaikaista tai/ja jälkikäsittelynä tehtävää. Sensorit ja niistä muodostettavat verkot ovat varsin kalliita, ja siksi yksi keino on yhdistää mittausasemien data matemaattisiin malleihin GIS:n avulla. (Larsen 2005, 1001–1002.)

Sensorit tai kohteet voivat olla myös liikkuvia. Lisäksi usein tarkoituksena on kerätä tietoja ajan suhteen (Larsen 2005, 1000). Esimerkiksi Cheremisina ym. (2012) listaavat GIS-sovellusten pääalueiksi ympäristömonitoroinnissa aineistojen analyysit, hallinnan ja esittämisen. Analyyseilla viitataan maantieteellisen datan sijaintiperusteiseen arviointiin sekä prosessien ja tapahtumien mallintamiseen. Aineistojen hallinta käsittää suurten monitorointiaineistojen

järjestelyn ja tallennuksen sekä tietokantojen ja sovellettujen tietojärjestelmien kehittämisen. Esittämällä tarkoitetaan karttojen ja tieteellisten tulosten julkaisemista digitaalisesti tai paperitulosteina. (Mt.) Visualisointi ja tulosten esittäminen karttoina on yleensä kaikissa sovelluksissa tapahtuva käyttötapa.

GIS:n sovellustavat ja käyttömahdollisuudet sekä GIS:n käytöllä saavutettavat hyödyt riippuvat paljon edellä mainituista asioista sekä monitoroinnin tavoitteista. Esimerkiksi yksittäisen paikallaan pysyvän sensorin ollessa kyseessä GIS-tekniikoiden avulla voi lähinnä ainoastaan esittää sensorin sijainnin ja sen tuottamat tiedot kartan päällä, kenties arvon mukaan visualisoituna eri värein tai symbolein. Laajempi käyttö edellyttää aikasarjoja, sensoriverkkoja tai datayhteyksiä muihin tietolähteisiin, jolloin GIS:n avulla voidaan muuan muassa laskea ja vertailla tuloksia, ennustaa ilmiön esiintymistä sensorien välillä tai tilanteen muuttumista, tai löytää eri ilmiöiden välisiä korrelaatioita ja vuorovaikutuksia. Vuonna 2005 Larsen (2005, 1000–1002) toteaa, että useimmissa monitorointijärjestelmissä ei kuitenkaan käytetä GIS:n tarjoamia tietojen yhdistely- ja analyysitoimintoja, eikä tavanomainen GIS-ohjelmisto ei välttämättä tarjoa riittäviä työkalu- ja monitorointisovellusten aineistoanalyysiin (Larsen 2005, 1000–1001). Hän arvelee tuolloin tilanteen kuitenkin kehittyvän ja muuttuvan (Larsen 2005, 1006–1007). Näin on – ainakin osittain – tapahtunut.

Monissa monitorointitapauksissa seurataan laajojen alueiden tai jopa koko Maapallon tilaa. Nämä tapaukset perustuvat ympäristönseuranta- ja sääsatelliittien tuottamaan dataan, tai vähintään käyttävät sitä. Näillä kaukokartoitusmenetelmillä seurataan esimerkiksi vesialueiden tilaa levien ja pintalämpötilan suhteen, lumitilannetta, kasvillisuuden tilaa ja määrää, maaperän kosteutta sekä maankäytön muutoksia. (Löytönen ym. 2003, 67, 76, 83.)

## **4.5 Esimerkkejä paikkatietoavusteisesta ympäristömonitoroinnista**

Veden laatu ja saastuminen ovat usein keskeisiä seurantakohteita sekä pinta- että pohjavesien osalta. Monitorointiin tarvitaan monenlaisia aineistoja, ja niitä voi käyttää ja yhdistellä GIS:n avulla. Tunnetut mahdolliset saastumisen lähteet, jotka voivat olla pistemäisiä tai ei-pistemäisiä, yhdistetään vedenjakaja- ja valuma-alue tietoihin sekä muihin aineistoihin, kuten vesiin liittyvään ympäristö-, verkosto- ja hallinnolliseen dataan. Kaukokartoituksella tehtävällä monitoroinnilla voidaan seurata muun muassa levää, öljyä, vesikasvillisuutta, liuenneita orgaanisia aineksia ja sakkaa. GIS:n ja kaukokartoitusdatan avulla voidaan esimerkiksi havaita esiintymiskuvioita kartalla vaikkapa klorofyllin keräytymisestä, ja siten paikallistaa päästölähteitä. (Johnson 2009, 207–231.)

Toimenpiteiden tuloksena on esimerkiksi parempi tietoisuus mahdollisista ongelmista sekä nopeampi ja oikein kohdistettu reagointi ongelmatilanteissa.

Pintavesien monitorointiin liittyvissä hydrologissa analyyseissa GIS:llä selvitetään veden kulkeutumista maan pinnalla ja kerääntymistä uomiin (Löytönen ym. 2003, 100) ja lopulta vakavesiin. Yhdisteltävinä tietoina ovat muun muassa maanpinnan korkeussuhteet, vesistö-, maaperä- ja maankosteusaineistoja sekä sade- ja lumimääriä. Osa em. aineistoista myös tuotetaan monitoroinnilla ja/tai GIS:llä. (Johnson 2009, 77–108.)

Pohjavesien monitoroinnissa GIS:llä voidaan esimerkiksi ylläpitää tietoja esiintymistä ja arvioida saastumista sekä visualisoida tietoja (Cheremisina ym. 2012). Tämä tapahtuu muun muassa tunnetuilta näytepisteiltä kerättävän tiedon sekä erilaisten riskitekijätietojen yhdistämisellä. Satelliittien tuottamia aineistoja käytetään usein. Myös esimerkiksi geologisia aineistoja, tietoja pumppausasemista, rajoista ja omistussuhteista saatetaan tarvita. (Johnson 2009, 109–135.)

GIS:ä käytetään myös vesivaroihin liittyvien vaarojen monitorointiin, ennustamiseen ja varoitusjärjestelmiin. Näissä, esimerkiksi tulvavaroitusjärjestelmissä, tarvitaan paitsi useita edelläkin mainittuja tietolähteitä, kuten sädemäärän seurantaa ja valuma-aluemalleja, myös reaaliajassa sensoriverkoilla tuotettavaa dataa. (Johnson 2009, 233–255.)

Esimerkiksi tanskalaisessa patoluukulla säännöstellyssä vuonossa on seurattu sen herkän biotoopin takia veden suolaisuutta ja happipitoisuutta, jotka muuttuvat meriveden virtausmäärän mukaan. Seurantajärjestelmä toimii sekä varoitus- että dokumentointitarkoituksessa, ja se kerää tietoa virtausmäärästä, veden lämpötilasta, johtavuudesta ja happipitoisuudesta. Tiedot syötetään GIS-tietokantaan organisoitavaksi ja tallettavaksi. Pitoisuuskarttojen laadinta tapahtuu tietomäärän ja nopeusvaatimusten vuoksi vertaamalla sensoridataa etukäteen luotuihin ja tallennettuihin matemaattisiin malleihin. GIS:n avulla voidaan koska tahansa lähes reaaliajassa arvioida minkä tahansa tärkeän parametrin sen hetkinen tila. (Larsen 2005, 1002–1003.)

Monitorointi voi koskea myös paikallista ja tilapäistä tapahtumaa. EAGLE järjestelmällä monitoroitiin suureen rakennustyömaahan liittyvää meriekosysteemiä. Järjestelmällä seurattiin ekosysteemin sen hetkistä tilaa ja ennustettiin rakennustoimenpiteiden ympäristövaikutuksia, ja järjestelmä antoi myös hälytyksiä raja-arvojen ylittyessä. Järjestelmä oli rakennettu GIS:n päälle. (Larsen 2005, 1003–1006.)

Uraanissa ympäristössä monitorointikohteita ovat esimerkiksi ilmanlaatu ja melu sekä sisä- että ulkotiloissa. Paikkatietoalustan varaan voi rakentaa myös



ilmansaasteita monitoroivia järjestelmiä. Tällaisen järjestelmän tehtävänä voi olla esimerkiksi jatkuva ja automaattinen saasteiden seuranta, tietojen tarkastelun mahdollistaminen sekä datan analysointi. Sää tietoihin yhdistettynä järjestelmä voi paitsi tuottaa ensihavainnon saastumisen tapahtuessa myös tarjota perustan leviämismallien mallintamiseen ja ilmanlaadun hallintaan. Kiinassa useiden kaupunkien toteuttamissa ilmanlaadun hätätilannejärjestelmissä GIS:n hyötyjä käytetään täysimääräisesti. Myös ympäristön melun monitorointi ja ennustaminen onnistuisi GIS:n avulla. (Yang ym. 2014.) Järjestelmä, jossa integroidaan rakennusten tietomallinnus (BIM, *Building Information Modeling*), reaaliaikainen ilmanlaadun sensorointi ja GIS on lupaava mahdollisuus parempaan sisätilojen ilmanlaadun monitorointiin ja hallintaan, muun muassa visualisoimalla aikasidonnaista ilmalaadutietoa 3D animaatioina. (Na 2013.)

## 4.6 GIS työkaluna

GIS on moneen taipuva, monialainen työkalu – itsetarkoitus se ei ole. Paikkatiedoilla ja paikkatietojärjestelmillä on annettavaa paitsi ympäristöalalle yleensä myös ympäristömonitoroinnin toteutuksille. Se, kuinka GIS:ä sovelletaan, mitä käyttömahdollisuuksia sillä on ja mitä hyötyjä GIS:n käytöllä saavutetaan, on tapauskohtaista. Sen käytölle löytyy myös niin ulkoisia kuin sisäisiä rajoitteita, eikä sen kehitys ole aina ollut odotetun kaltaista. Se on kuitenkin vakiinnuttanut paikkansa monissa tehtävissä. Koska GIS:n käyttö leviää yhä uusille sovellusaloille lähinnä kekseliäisyyden rajoittaessa käyttömahdollisuuksia, voisiko näin olla myös ympäristömonitoroinnissa? Edeltävässä tekstissä käytettyjen lähteiden lisäksi esimerkiksi kirjassa *Environmental Monitoring – Vol II* käsitellään GIS:ä tai mainitaan se muutamassa artikkelissa (Inyang & Daniels 2009, 228, 240–262, 314–340).

# 5 YMPÄRISTÖN MONITOROINTI OSANA OPEN -HANKETTA

Hankkeen yhtenä tavoitteena oli selvittää laitteiden käytettävyys ympäristömonitoroinnissa. Lisäksi selvitettiin laitteiden luotettavuutta (validointi ja verifiointi) sekä soveltuvuutta opetuskäyttöön. Validointi toteutettiin selvittämällä, käytettiinkö hankkeessa oikeita laitteita. Verifiointissa selvitettiin, käytetäänkö laitteita oikein. Molemmissa osa-alueissa huomioitiin myös laitteiden soveltuvuus opetus- ja opiskelijakäyttöön.

Automatiikkaan perustuvat laitteet ovat kehittyneet paljon viime vuosina ja sopivat jo opetuskäyttöönkin. Samoilla laitteilla voidaan tuottaa myös asiantuntijoille ja valvontatehtävissä toimiville henkilöille sopivaa dataa luotettavasti. Hankkeen laitehankinnoissa pyrittiin löytämään sekä tavalliselle kansalaiselle sopivaa dataa ympäristöstä tuottavia laitteita sekä asiantuntijoita ja viranomaisia kiinnostavia laitteita. Kohteissa ei voitu kattaa kaikkia mittauskohteita, vaan keskityttiin vesistömittauksiin, joista haettiin kokemuksia sekä opetuskäytöstä että viranomaisten normaalista tarkkailutyöstä.

## 5.1 Obshare – pilvipalvelu

Obshare on tilannekuvapalvelu, jonka avulla organisaatio vastaa toimintaympäristönsä tarpeisiin tehokkaammin. Obshare kerää mittausdataa, havaintoja ja palautetta visualisoiduiksi tilannekuviksi, joiden avulla organisaatio voi hallinnoida toimintakenttäänsä tehokkaasti. Palvelun vuorovaikutteinen viestintäkanava mahdollistaa reaaliaikaisen viestinnän niin organisaation sisäisesti kuin ulkoisestikin.

Palvelun avulla tiedon hallinnointi sekä hyödyntäminen onnistuu uudella tavalla. Mittaukset ja havainnot tallentuvat suojatulle käyttäjätilille selkeästi visualisoituun muotoon. Tietoa voi hyödyntää organisaation sisäisiin tarkoituksiin, tai julkaista avoimeksi Obshare-palvelussa. Jakamalla tietoa voidaan tiivistää yhteistyötä sidosryhmien kanssa ja näin kehittää tuotteita ja palveluita entistä paremmiksi.

Tilannekuviin tiivistyy ensisijaisen tärkeää tietoa organisaation toimintaympäristöstä. Kansalaishavaintojen, keskustelun ja mittaustiedon avulla hahmotetaan toimintaympäristön kokonaiskuva ja tarpeet. Obsharen avulla voidaan tehostaa tiedon käsittelyä, päätöksentekoa, riskinhallintaa, projektijohtamista ja sidosryhmäviestintää. Open-tietojärjestelmä-hankkeessa Obshare-palvelun käyttö on pääasiassa rajoittunut mittaustiedon keräämiseen, käsittelyyn ja julkaisuun.

## 5.2 Etämonitorointilaitteiden integroiminen

Etämonitorointilaitteiden integroiminen järjestelmään voi tapahtua hyvin monella eri tavalla. Integrointimenetelmän valinnassa tulee ottaa huomioon mitattavat suureet, monitorointikohte, monitorointilaitteen ominaisuudet ja integrointiin käytettävissä olevat ajalliset ja taloudelliset resurssit. Mitattavat suureet määrittelevät laitteiden valintaa. Osalle suureista voidaan löytää hyvä ja edullinen, vähän virtaa kuluttava online-mittalaite ja toisille ei löydy edes kallista, verkkovirran avulla toimivaa luotettavaa laitetta.

Monitorointikohte määrittelee paljolti integrointitapoja ja laitevalintoja. Ympäristömittauksissa kohteelle ei monesti ole mahdollista saada verkkovirtaa, ja tällöin on mittalaitteiden, dataloggerin ja lähettimen valinnassa painotettava erityisen paljon vähäistä virrankulutusta ja akkujen lisäksi mahdollisesti muita virtalähteitä, kuten aurinkopaneeleita. Lisäksi on selvitettävä, millä tavoin tieto saadaan lähetettyä kohteelta luotettavasti järjestelmään. Yleensä gprs-yhteys on toimivin tapa lähettää mittaustieto järjestelmään, mutta kaikkialla se ei toimi. Katvealueissa voi radiolinkki tai satelliittipuhelin olla ratkaisu tiedon siirron haasteisiin.

Etämonitorointilaitteissa on paljon eroja sen suhteen, miten ne ovat liitettävissä kolmannen osapuolen järjestelmiin. Osa etämonitorointilaitteista on valmistajan toimesta paketoitu siten, että mittalaite, dataloggeri ja – lähetin tulevat samassa paketissa ja mittaustietojen integrointi onnistuu ainoastaan suoraan toimittajan avatessa ohjelmistollinen rajapinta järjestelmien välille tai esimerkiksi parsimalla loggerin lähettämät sähköpostiviestit. Teknisesti tämä on yleensä helppo integrointitapa. Jos valmistaja tai kolmas osapuoli ei tällaista paketointia ole tehnyt, niin joudutaan selvittämään mittalaitteen tarjoamat

ulostulorajapinnat ja ohjelmoidaan dataloggeri/lähetin sellaiseksi, että se pysyy tiedon vastaanottamaan ja lähettämään pilvipalveluun.

Resurssit myös määrittelevät omalta osaltaan integrointitapaa. Yleensä nopein tapa on pyrkiä löytämään etämonitorointilaitteisto, joka on mahdollisimman helposti integroitavissa, ja ostaa tarvittavat osat siten, että integrointityön osuus saadaan minimoitua. Jos on aikaa ja osaamista käytössä, niin on houkuttelevaa jättää monen tuhannen euron dataloggeri ostamatta ja valita joitain satoja euroja maksava ohjelmoitava gprs-dataloggeri tilalle.

## 5.3 Monitorointikohteet

Open-hankkeen monitorointikohteiksi vesistöistä valittiin Mikkelin alapuolisesta Saimaasta Pappilanselkä, Mikkelin Kalevankankaalta Pankajoki sekä Mikkelin ja Kangasniemen rajalla sijaitseva Läsäkoski. Toisena merkittävänä mittauskohteena toimi Metsäsairilan jätekeskus, jossa aloitettiin jatkuvatoiminen mittaus alueella syntyvästä suotovedestä. Lisäksi mittalaitteita testattiin Pitkäjärven yleisellä uimarannalla ja Saimaan Kattilanlahdella. Mikkelin keskustassa sijaitseva sääasema keräsi Obshare-järjestelmään kaikkien mittalaitteiden tuottamien tulosten tueksi säähavainnointia. Erityisesti sade- ja tuulihavainnoista oli apua muiden mittalaitteiden tulosten kuvaamisessa.

### 5.3.1 Vesistökohteet

#### Saimaa/Pankajoki – Ysi 6920-V2-mittalaite

Toiminnan tarkastelu aloitettiin järvessä, Saimaan Pappilaselällä, jonka tasaisissa olosuhteissa ensimmäisenä hankitun laitteen toimintaan pystyttiin perehtymään paremmin kuin laadultaan nopeammin muuttuvassa virtavedessä. Lisäksi pisin mittausjakso järvessä toteutettiin läpi talven, jotta saatiin tietoa myös datan kertymisestä ääriolosuhteiden aikana.

6-sarjan Ysi 6920 V2 -mittalaitteeseen pystyy kiinnittämään useita eri parametreja mittaavia antureita. Hankkeella käytössä olleista mittalaitteista monikäyttöisin, eri vesistökohteissa käytetty mittalaite mittaa taulukossa 1 esitettyjä suureita. Mittalaitteen antureista kaksi mittaa optisesti happea sekä sameutta, sähkönjohtavuus perustuu konduktometriaan ja pH potentiometriseen menetelmään.

## TAULUKKO 1. Ysi 6920-V2 -mittalaitteen parametrit

Parametri	Mittausalue / yksikkö
Lämpötila	°C
Paine	lb/m <sup>2</sup>
Sähkönjohtavuus	0-100 mS/m
Liuenneet aineet	TDS, mg/l
pH	0-14
Liennut happi	0-50 mg/l (O <sub>2</sub> )
Hapen kyllästysaste	0-120 % (O <sub>2</sub> )
Sameus	0-1000 FNU

Saimaan Pappilanselälle sijoitettu automaattinen vedenlauanturi oli käytössä syksystä 2012 lähtien, kunnes anturin toiminta otettiin kesällä 2013 tarkempaan tarkasteluun. Tätä ennen anturin mittaustuloksia oli tutkittu lyhyellä aikajaksolla opinnäytetyössä (Muurinen 2013). Anturi oli sijoitettuna n. 2 metrin syvyyteen, jotta pystyttiin tarkkailemaan anturin mittaaman datan laatua pintavedessä kesäkauden aikana. Tässä paikassa anturi oli sijainnut myös aiemmin ja anturia varten tehty poijurakennelma mahdollisti vain saman havaintosyvyyden käyttämisen ilman suuria rakennemuutoksia.

Vaihtoehtona olisi ollut sijoittaa anturi kesäaikaan vähähappisiksi tiedettyyn syvänteeseen, mutta uuden havaintopaikan perustaminen vesiliikennettä häiritsemättömäksi mittausasemaksi edustavaan paikkaan, vesialueen omistajan suostumuksella, oli hankkeen aikataulussa mahdotonta. Uusi sijoituspaikka toteutettiin Mikkelin vesiliikelaitoksen ja Mikkelin seudun ympäristöpalvelut pyynnöstä ja mittalaitte siirrettiin Pankajokeen (kuva 2) tarkkailemaan raakavedeksi imeytettävän veden laatua.



KUVA 2. Pankajoki on osa Hanhikankaan jokialuetta (kuva Piia Aarniosalo)

Osa kaupungin vesilaitoksen tarvitsemasta raakavedestä imeytyy Hanhikankaan pohjavesimuodostumaan. Kaupungin vesilaitos saa Hanhikankaan pohjavesimuodostumasta kolmasosan käyttämästään päivittäisestä raakaveden määrästä. Kaupungin taajama-alueella virtaava joki kuormittuu mm. rakennetun kaupunkiympäristön hulevesistä. Automaattisella vedenlaadun seurannalla voidaan tarkkailla vedenlaadun äkillisiä muutoksia ja tarvittaessa ottaa tilaa tarkentava vesinäyte laboratoriomääritykseen. Lisäksi anturin sijaintipaikka oli opetuksellisesti parempi kuin järviasema, sillä kohde oli opiskelijoiden paremmin tavoitettavissa.

#### Läsäkoski – Ysi 6920-V2 ja Liqum Oy:n mittalaitte

Läsäkoski (kuva 3) on Mikkelin ja Kangasniemen rajalla oleva koski, joka saa alkunsa Kyyvedestä ja laskee Puulaan. Koski virtaa sulana läpi vuoden. Koskea on ennallistettu vuonna 2005, jotta kosken kalataloudellinen arvo paranisi, ja nykyisin koskesta on jo havaittu taimenen kutupesä enemmän kuin aiemmin. Läsäkoskessa testattiin kahta mittalaitetta: Ysi 6920-V2 ja Liqum Oy:n toimittamaa mittalaitetta.



KUVA 3. Mittauspiste Läsäkoskessa (kuva Piia Aarniosalo)

Pankajoesta saadut kokemukset virtavesimittauksesta opettivat paljon mittauksen valinnasta ja varmistamisesta. Läsäkoskeen oli kevään 2014 ajan sijoitettuna kaksi mittalaitetta, joten periaatteessa oli mahdollista vertailla kahden eri laitteen antamia tuloksia. Läsäkoskessa Ysi- 6920 V2 -mittalaite tuli altistettua uudelle ääriolosuhteelle, koska matalassa koskessa laitteen koko runko ei ollut aina upotettuna veteen, virtaus pääsi heiluttamaan kiinnitysrakennetta ja nopeasti virtaava vesi tuotti sameusmittauksiin uuden näkökulman. Mittalaitteen sijoittaminen liian näkyvälle paikalle on aina riski varkaudelle, Pankajoella laite saatiin naamioitua helposti näkymättömiin. Läsäkosken mittapaikalla liikkui paikallisia asukkaita, jotka pitivät laitetta silmällä.

Ysi 6920 V2 -mittalaitteen lähetin lähetti dataa asetettujen aikamääreiden mukaisesti, data kertyi tietokannan lisäksi myös sähköpostiin. Lähettimen kiinnittämisessä oli huomioitava laitteen suojaaminen sääoloilta eli erityisesti kosteudelta ja piilotettava vilkkaammissa paikoissa laite ohikulkijoilta. Laite sinällään on yksinkertainen ilkvallalle ja varmimmassa turvassa vain järvi- ja järviseinillä.

Ysi 6920 V2 -mittalaitteen lisäksi Läsäkoskessa testattiin Liqum Oy:n kehittämää mittausjärjestelmää, jonka toiminta perustuu nesteiden sähkökemian mittaavaan teknologiaan, keinomakuaiistiin. Nesteessä tapahtuvat kemialliset muutokset aiheuttavat järjestelmän antureiden pinnassa sähkökemiallisen reaktion, jota tietojärjestelmä vertaa ihannetilään ja esittää muutoksen suuruuden.

Keinomakuaiistin avulla voidaan mm. optimoida prosessikemikaalien käyttöä. Teollisuuden prosessien toimivuus voidaan todeta esimerkiksi mittaamalla samoja kemikaaleja tehtaiden alapuolisista vesistöistä kuin itse prosessista, myös itse prosessin mittaaminen ja tiedon saaminen vallitsevasta tilanteesta reaaliajassa on mahdollista. Mittalaitteita voidaan sijoittaa myös meriin, järviin, laivaväylille ja kaupunkien vedenottamoihin. Tuote on suunnattu kokonaisvaltaiseen palveluliiketoimintaan, koska teknologia ja tietokannat ovat valmiina.

Liqumin toimittama, sähkökemiallisia ilmiöitä Läsäkoskesta mittaava monielektrodianturi lähestyy vesimonitorointia perinteisistä vesistösuureista poikkeavasta suunnasta. Yleisessä käytössä on suureet, jotka ovat seurausta jo tapahtuneista kemiallisista muutoksista, kun taas uudempina menetelmänä on havaita meneillään olevan kemialliset muutokset heti, sekä päätellä anturiverkoston avulla muutoksen aiheuttava lähde ja määrä. Anturin mittaama data vertautuu tietokannassa annettuihin vertailuarvoihin, joiden perusteella saatuja tuloksia verrataan indeksinä normaaleihin arvoihin. Poikkeaman ollessa määritetyn suuruinen antaa laite hälytyksen, jolloin meneillään olevia muutoksia voidaan tarkastella tarkemmin suuresta datamäärästä ja ottaa tarvittaessa vesinäyte laboratoriomäärityksiin. Laboratoriossa määritetään 40 eri alkuainetta, joiden pitoisuudet on määritetty µg/l.

Liqumin valmistama ja toimittama online-anturi asennettiin Läsäkoskeen vuoden 2013 alussa mittaamaan kalataloudelle tärkeän kosken vedenlaatua. Koskeen on istutettu lohikaloja ja sen ympäristössä on paljon kalastusturismia. Joen varrella on turvetuotantoa sekä maa- ja metsätaloutta, joiden aiheuttamaa kuormitusta halutaan tarkkailla ja kontrolloida. Veden virtaamaa ei mitata. Mittaus perustuu redox-muutoksien tarkkailuun, eri metallien muodostamien mittauspäiden toisistaan eroaviin hapetuspotentiaaleihin. Anturin havaitessa tietyn rajan ylittäviä muutoksia vesikemiassa se havaitaan mittaus-tuloksissa, minkä jälkeen mittauskohteessa käydään hakemassa vesinäyte ja analysoidaan se alkuainetasolle saakka.

Anturi on suunniteltu mekaanista kulutusta kestäväksi ja lähes huoltovapaaksi ja sen toimintaiäksi arvioidaan kolmesta kymmeneen vuotta. Kalibrointi tapahtuu anturin lähettämän datan ja laboratorioanalyysien tuloksien suhteen avulla. Lisäksi talvelle ja kesälle on erilliset vertailuarvot.

#### Pitkäjärvi – MicroFlu-blue-mittalaite

Sinilevän määrän pitkäkestoiseen online-mittaukseen suunniteltu MicroFlu-blue-mittalaite (kuva 4) mittaa syanobakteerien tuottaman fykosyaniinin pitoisuutta fluorometrisellä mittausanturilla. Lisäksi mittalaite mittaa veden lämpötilaa. Anturin mittausväli on 0..200 µg/l ja herkkyys 0.02 µg/l. Anturin tuottamaa mittaus tulosta voidaan epäsuorasti verrata sinilevän määrään analysoimalla vedestä a-klorofyllin määrä olettaen sinilevän olevan pääasiallinen a-klorofyllin tuottaja kukinta-aikana.



KUVA 4. MicroFlu-blue-sinileväanturi



Laite saa tarvittavan käyttöjännitteen aurinkopaneelien ja akkujen avulla myös talvella. Mittalaitteelle ei käyttöönottovaiheessa kokeiltu saatavilla olevaa kalibrointimenetelmää, vaan laitteen toiminnassa luotettiin siinä olleeseen tehdasasetukseen. Opetuskäyttöön laite soveltuu hyvin, koska erityisesti terveystarkastajan työssä tarvitaan uimavesien silmämääräisen levämäärän arviointikykyä, sekä muutamia aiheeseen liittyviä laboratoriomäärityksiä. Sama data hyödyttää opiskelijoiden lisäksi myös vastaavissa tehtävissä olevia viranomaisia ja mahdollisia asiakaspalvelutehtäviä, kenties myös mediaa. Laite oli kesäkaudet sijoitettuna pääsääntöisesti Pitkäjärven uimarannalla (kuva 5). Lisäksi laite oli sijoitettuna Pankalammen avantouintipaikkaan talvisäilytykseen sekä lyhyen jakson ajan Saimaan Kattilanlahdella.



KUVA 5. Sinileväanturi mittaa fluoresenssiin perustuen sinilevän määrää vesi-patsaassa (kuva Piia Aarniosalo)

### 5.3.2 Jätekeskus

Metsä-Sairilan jätekeskuksen kaatopaikka-alueelta pois johdettavien suotovesien (kuva 6) kemiallista laatua mitattiin Ysi-6820 V2 -mittalaitteella. Laite on samantyyppinen kuin vesistöikäytössä oleva Ysi-6920 V2 -laite, mutta on muutamilta ominaisuuksiltaan paremmin erittäin likaaviin ominaisuuksiin soveltuva mittalaite.



KUVA 6. Metsäsairilan jätekeskuksen suotovesiallas (kuva Piia Aarniosalo)

Suotovesien keräysaltaaseen kertyy kaikki jätekeskuksen alueelta tulevat suoto- ja valumavedet. Anturi asennettiin pumppukaivoon mittaamaan jätevedenpuhdistamolle pumpattavan veden laatua. Jätekeskuksen alueella sijaitsee kaatopaikkajätteen loppusijoitusalueita sekä muiden jätejakeiden käsittelypisteitä, kuten biohajoavan jätteen kompostointia ja pilaantuneiden maamassojen säilytystä. Metsäsairilan Ysi 6820 V2 -mittalaitte mittaa taulukossa 2 esitettyjä parametrejä. Laite on liitetty sähköverkkoon ja mitattu data siirretään Obshare-järjestelmään modeemin avulla.

## TAULUKKO 2. Ysi-6820 V2 -mittalaitteen mittaamat parametrit

Parametri	Mittausalue ja yksikkö
Lämpötila	°C
Paine	lb/m <sup>2</sup>
Sähkönjohtavuus	0-100 mS/m
Liuenneet aineet	TDS, mg/l
pH	0-14
ORP	-999 - +999 mV
Sameus	FNU, 0-1000 yksikköä

### 5.3.3 Sääasema

Vaisalán automaattinen sääasema WXT520 (kuva 7) asennettiin kaupungin virastotalon katolle Mikkelin keskustassa, ja se mittaa kuutta tärkeintä sääparametria (taulukko 3). Sääasemalla pystytään seuraamaan reaaliajassa säätilan muutoksia mittauspaikalla halutulla mittausaikavälillä. Tulokset siirtyvät suoraan Obshare-järjestelmään. Mittausvälinä pidettiin yhtä minuuttia.



KUVA 7. Sääasema WXT520

### TAULUKKO 3. Sääaseman mittausparametrit ja -yksiköt

Parametri	Mittausalue ja yksikkö
Tuulennopeus	0-60 m/s
Tuulensuunta	360°
Sademäärä	0-200 mm/h
Ilmanpaine	600-1100 hPa
Lämpötila	-52 - +60 °C
Suhteellinen kosteus	0-100 %

## 5.4 Liikkuvat mittausasemat

Kaksi pienempää hankkeelle ostettua laitetta ovat Geotech GA5000 -kaasu-analysattori sekä Pulsar Nova -melumittari. Pienlaitteet ovat osa ns. liikkuvaa mittausasemaa, eli laitteet ovat helposti siirrettävissä mittauspaikasta toiseen. Etämonitorointi onnistuu osittain näillä pienlaitteilla, ne voidaan jättää esimerkiksi yksin mittaamaan, mutta reaaliaikaisesti tarkasteltava tieto pilvipalvelun kautta ei tämän hintaluokan laitteilla onnistu.

Kaasuanalysointia ja melumittaria hankittaessa todettiin olevan käyttöä työsuojelussa tarvittavalle laitteille, joita myös opiskelijat pystyvät käyttämään. Lisäksi kaasuanalysointissa on mahdollisuus yhdistää paikkatieto ympäristötarkkailuun. Kaasuanalysointia käytettiin sekä kenttä- että laboratorioolosuhteissa. Laitetta käytettiin biokaasulaitoksen panoskokeiden käynnistymisen toteamisessa ja jätekeskuksen kaatopaikkakaasua keräävien putkistojen liitoskohtien sekä päätepuiteiden vuototilanteen varmistamiseen.

Melumittaria käytettiin muutamissa meluselvityksissä ja opetuskäytössä. Laitteen toimintaa tarkasteltiin ja testattiin sekä projektihenkilökunnan käytössä että opiskelijoiden projektioinnissa. Projekti- ja käyttökokeiluissa tuotettiin pyydettyä melutietoa kalliomurskauksen aikaisesta melusta Metsäsairilan jätekeskuksessa. Tuloksilla osoitettiin laitteen toimivuus, yhdistettiin tuloksia saatuihin säätietoihin ja raportoituihin yritykselle tuloksista.

## 5.5 Opetuksen ja TKI-toiminnan integroiminen

TKI-toiminnan ja opetuksen integroiminen on tärkeää, jotta opiskelijat saavat arvokasta kokemusta oikeista, työelämässä eteen tulevista ongelmista. Seuraavassa on esitetty muutama Open-hankkeessa toteutettu opetuksen ja TKI-toiminnan case-tapaus.

### 5.5.1 Opetuscase I. Projektihässäkkä 2013 ja Projektikevät 2014

Opetuksen ja TKI-toiminnan integrointia toteutettiin ns. työpohjaisen pedagogiikan mallilla, jossa opiskelijoita ”upotetaan” soveltavaan tutkimukseen yritysyritysteistyössä. Tätä metodia toteutettiin sekä 2012–2013 että 2013–2014 hieman eri nimillä, mutta periaatteessa saman prosessin kautta.

Prosessi toimi siten, että aina syksyn aikana Mikkelin alueen paikallisilta yrityksiltä tiedusteltiin noin 2 kuukauden laajuisia soveltavan tutkimuksen aiheita opiskelijoiden toteutettavaksi ryhmissä. Projekteihin osallistuvat opiskelijat olivat kolmannelta vuosikurssilta, jolloin heillä oli jo jonkin verran alan kokemusta. Projektien toteuttamiseen olivat käytettävissä Mikkelin ammattikorkeakoulun laboratoriot, laitteistot ja ohjelmistot, opiskelijoiden työpanos ja ohjaavan opettajan ohjaus. Hankkeen kautta yritykset saivat toteutettua tutkimuksia, joita ei ehkä muuten olisi toteutettu ja opiskelijat arvokkaan oppimiskokemuksen työelämäkontekstissa.

Kun hankeotsakkeet oli saatu yrityksiltä, opiskelijat jaettiin jokaiselle hankkeelle 2–5 opiskelijan ryhmä. Seuraavaksi järjestettiin aloitusseminaari, johon myös yritysedustajat oli kutsuttu paikalle. Nämä olivat avoimia keskustelevia tilaisuuksia, jolloin opiskelijoille tarjoutui mahdollisuus oppia myös muiden

ryhmien tutkimuksista. Seminaarissa käytiin läpi hankkeet ja niiden tavoitteet.

Usein tässä vaiheessa käytiin vierailmassa yrityksissä ohjaavan opettajan kanssa. Opiskelijaryhmät laativat lopulta kustakin hankkeesta tutkimussuunnitelman, joka hyväksyttiin sekä ohjaavalla opettajalla että asiakasyrityksellä. Tämän jälkeen seurasi noin kahden kuukauden konkreettinen työosuus, jonka aikana hankkeita toteutettiin. Selvityksestä riippuen työtä tehtiin yritysten tai Mikkelin ammattikorkeakoulun tiloissa tai molemmissa. Selvitysten pääosin valmistuttua järjestettiin esitysseminaari, jossa saadut tulokset esiteltiin. Lopuraportti toimitettiin arvioitavaksi sekä opettajalle että asiakasyritykselle sen jälkeen, kun kaikki tulokset oli saatu ja niiden merkitys arvioitu. Koko projektin läpivientiin opiskelijoilta kului aikaa noin neljä kuukautta kevätlukukaudesta. Lisäksi henkilökunnan työaikaa kului syksyn yritysmarkkinoinnin resurssi.

Hyväksytyjen hankkeiden työmäärä arvioitiin ja ne jaettiin projektikokonaisuuteen liitetyille opintojaksoille. Kokonaisuuteen sisältyivät seuraavat opintojaksot:

- Ympäristönsuojelutekniikan laboraatiot ja projektityö
- Rakennushygienian mittaustekniikka
- Ympäristöterveysvalvonnan projektityö
- Ympäristötekniikan projektityö
- Mittaustekniikka.

Vuoden 2014 projektiopinnoissa (Ympäristötekniikan ”Projektikevät 2014”) käytettiin kaasuanalysaattoria biokaasun muodostumista mittaavissa panoskokeissa. Projektin aikana toteutettiin laboratorioskokeet ja mädätyskokeet, mitattiin syntyvä kaasun määrä sekä metaanipitoisuus. Kaasuanalysaattori toimi ja antoi aiemmin puuttuneita tuloksia. Opiskelijat olivat mittauksien ajan laboratoriohenkilökunnan ohjauksessa.

Toinen käyttökohde kaasuanalysaattorille oli Metsäsairila Oy:n jätekeskuksessa suoritettavat uudet kaatopaikkakaasun keräilyputkistot ja putkiston mahdollisten vuotokohtien tarkkailu. Tuuliolosuhteet vaikuttivat avoimilla jätekentillä työskentelyyn, jolloin mittauksiin täytyi ottaa avuksi mm. saaveja, jotka asetettiin mittalaitteen päälle. Putkien sijainnista oli teknisistä piirustuksista huolimatta epävarmuutta jätetäytön vuoksi.

### 5.5.2 Opetuscase 2. Pankajoki

Mikkelin kaupungin ympäristöpalveluiden kanssa sovittu mittauspaikka sopi myös opetuskäyttöön. Mittauspaikkaa käytettiin syksyn 2013 aikana ympäristötekniikan opetuksen tukena ja samalla toteutettiin Open-hankkeen tavoite

tutkimuksen integroimisesta opetukseen. Käytännössä tämä tehtiin englanninkielisen Environmental Engineering -opetusohjelman opintojaksolla Environmental Monitoring (5 op). Opintojaksolla käytiin läpi eri ympäristön monitorointimenetelmiä luennoin ja käytännön harjoituksin. Näitä ovat mm. hydrologinen monitorointi, ilmansaasteiden mittaaminen, vedenlaatu, säteily, maaperän saasteet, biomonitorointi sekä ympäristön mittausmenetelmät. Opintojaksoon sisällytettiin myös selvityksiä jatkuvatoimisten sensorien käytöstä.

Opintojaksoon sisältyi vaihteleva määrä laboratorioharjoituksia. Yksi laboratorioharjoitus ja em. selvitys jatkuvatoimisten sensorien käytöstä yhdistettiin yhdeksi loogiseksi kokonaisuudeksi. Ensi vaiheessa opiskelijat jaettiin n. 4–5 hengen ryhmiksi (kuva 8). Luennoilla oli jo etukäteen kerrottu jatkuvatoimista ympäristösensoreista ja että Open-hankkeen laitteistoa tultaisiin käyttämään käytännön esimerkkinä.

Ryhmät ohjeistettiin hakemaan opettajan ohjauksessa näytteitä Pankajoen silta anturin sijaintipaikan vierestä, josta jokainen opiskelija otti oman näytteen. Laboratoriossa näytteistä analysoitiin pH, johtokyky, sameus ja liuennut happi. Seuraavilla opetuskerroilla käytiin yhdessä läpi, miten Obshare-tietokanta toimii sekä demonstroitiin, mistä löytyy aiemmin rekisteröimä data. Näin opiskelijat pystyivät löytämään vertailutuloksia laboratoriossa analysoimilleen näytteille.



Kuva 8. Opiskelijoiden näytteenottoa Pankajosta (kuva Hannu Poutiainen)

# 6 HANKKEESSA SAADUT TULOKSET

Seuraavassa on esitetty hankkeessa saatuja tuloksia. Tulososiossa käydään läpi laitteiden integrointiin sekä Obshare-järjestelmän perustamiseen liittyviä tekijöitä, esitetään keskeiset tulokset mittauskohteista eri mittalaitteiden osalta sekä esitetään tulokset opetuksen ja TKI-toiminnan integraatiosta.

## 6.1 Etämonitorointilaitteiden integrointi

Projektin aikana kaikki laitteet integroitiin Obshare-järjestelmään (taulukko 4). Kaikkien laitteiden integroinnit eivät onnistuneet ensimmäisellä kerralla helposti, mutta sitäkin enemmän tuli oppia siitä, mitä kaikkea tähän alueeseen liittyy.

**TAULUKKO 4. Laitteintegraatiot**

<b>Mittalaitte/ mittausasema</b>	<b>Virta- lähde</b>	<b>Tiedon- siirto</b>	<b>Integrointitapa</b>	<b>Huomiot</b>
Ysi 6920-V2	Akku	GPRS	Keller-lähetin + sähköpostointegraatio	Keller varmatoiminen integrointi toimii, varmistus sähköpostissa,
Liqum sensori	Akku	Radio + GPRS	Palvelimen raja-pinta, FTP	Integrointi teknisesti selkeää työtä
EHP-QMS: EHP-DL6, MicroFlu-blue, Pitkäjärvi	Aurinko- paneeli, akku	GPRS	EHP-DL6 ohjelmoitu toimittajan toimesta lähettämään tulokset suoraan Obshare-palveluun	Integrointi haasteellista, luotettavuuden arviointiin ei riittävästi tietoa.
Ysi 6820 Metsäsairila	Verkko- virta	GPRS	Ohjelmoitava modeemi, Sierra Wireless FXT009	Integroinnissa muutoskaavojen ja yksiköiden kanssa pitää olla tarkkana.
WXT 520 - sääasema	Verkko- virta	GPRS	Ohjelmoitava modeemi, Sierra Wireless FXT009	Integrointiä helpotti tuttu laite

Ysi 6920-V2 -sensori tuli Keller-lähettimen kanssa integroitavaksi. Lähetin toimi erittäin luotettavasti. Integrointi tehtiin parsimalla sähköpostiin lähetetyt tulokset. Tässä integroinnissa ei kohdattu suuria ongelmia.

Liqumin vedenlaadun mittaussindikaattorin integroiminen tapahtui avaamalla FTP-palvelinyhteys Liqumin palvelimien ja Obshare-palvelun välille. Liqumin mittaustieto luetaan sitten Obsharen tietokantaan. Teknisesti suora- viivainen integraatio. Ajallisesti viivettä aiheutti se, että tarvittavan yhteyden avaaminen kesti kauan ja rajapintakuvaus tuli viiveellä.

EHP-Tekniikan toimittama pintaveden laadun mittaamiseen tarkoitettu mittausasema-ratkaisu EHP-QMS koostuu EHP-DL6-dataloggerista, joka sisältää gsm/gprs-modeemin sekä MicroFlu-blue-mittalaitteesta, akusta ja aurinkopaneelista. Dataloggeri ohjelmoitiin lähettämään tiedot suoraan Obshare-palveluun. Integroinnin teki haasteelliseksi se, että dokumentaatio oli paikoin puutteellista, tai sitä ei ollut lainkaan. Dataloggeri piti kertaalleen vaihtaa ja uudelleen ohjelmoida toimittajan toimesta, jotta tiedot saatiin Obshareen. Tässä yhteydessä palvelun kaikki laskenta piti myös siirtää palvelimella tehtäväksi. Osittain harjoittelijoiden tekemä integrointi vei kaikkineen todella paljon aikaa. Virheitä tehtiin muunnoskaavojen ohjelmoinnissa ja tulosten tulkinnassa. Välillä tapahtuneet datan välittämisen ongelmat johtuivat kaatu- neesta palvelimesta ja välillä tyhjistä akusta.

Ysi 6820 -mittalaite asennettiin Metsäsairilaan suotovesikaivoon. Laite integroitiin Obshare-palveluun Sierra Wirelesin ohjelmoitavalla FXT009 modeemilla. Integraatio saatiin onnistuneesti toteutettua. Haasteita integraation toteuttamisessa oli tunnistaa sensorilta tulevasta datapaketesta eri mittasuureet ja niiden yksiköt oikeiksi. Käytännönläheisten manuaalien puuttuminen aiheutti sen, että niin ohjelmointipuolella, kuin laitteiden kalibroinnissakin, asioita opeteltiin kantapään kautta.

Vaisalan sääasema WXT520 integroitiin FXT009:n kautta Obshareen. Integrointi onnistui ongelmitta. Datan välityksessä on kuitenkin ollut joitain kertoja keskeytyksiä. Nämä on yleensä johtuneet modeemista ja pikaratkaisuna toiminut laitteen käyttäminen virroitta ja laittaminen takaisin päälle. Itse an- turissa haaste on ollut sademäärän mittauksen vikaantuminen. Kokemusperäi- sesti tiedetään, että sademäärän mittausta ei ole WXT 520:n parhaita ja tarkim- pia ominaisuuksia, mutta ympäristömittausten kannalta se on oleellinen tieto.

## 6.2 Monitorointikohteet

Hankkeen aikana mittaustaikat vaihtelivat hieman, sillä tavoitteena oli tes- tata laitteita erilaisissa ympäristöissä. Lisäksi pyrittiin ottamaan huomioon yritysiltä ja viranomaisilta tulleet pyynnöt mittaustaikoista. Kaikissa mitta-



uspaikoissa huomioitiin myös se seikka, että arvokkaiden mittalaitteiden tuli säästyä ilkvallalta ja mahdollisilta varkauksilta. Myös kulkuyhteyksien piti soveltua suurille opetusryhmille ja tarvittaville huoltokäynneille.

Mittalaitteita hankittaessa piti huomioida hankintabudjetti. Tämän vuoksi mittalaitteiden suhteen täytyi tehdä joitakin kompromisseja ja jättää joidenkin parametrien mittaushaasteisuudet pois antureiden korkean hankintahinnan vuoksi. Mittalaitteiden varustelutaso vaikutti siten osittain monitorointikohteiden valitsemiseen, eikä kaikkia suunnitteluvaiheessa ideoituja mittaushaasteisuuksia voitu toteuttaa.

## 6.2.1 Vesistökohteet

### Saimaa/Pankajoki

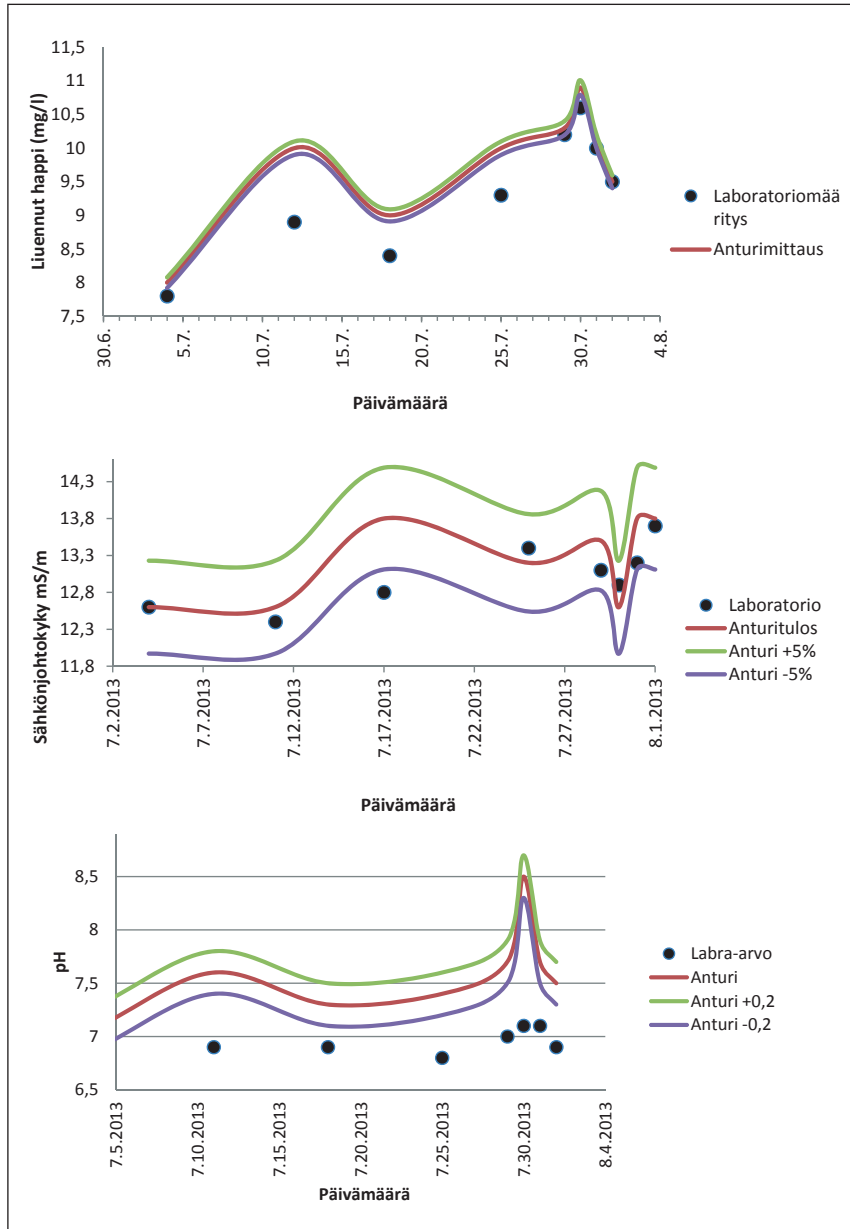
Amerikkalaisvalmisteinen Ysi 6920 V2 -vesistön mittalaite oli pisimpään sijoitettuna Mikkelin alapuolisessa Saimaassa, Pappilanselällä. Kesät 2012 ja 2013 laitteen toimintaa tarkasteltiin pysyvissä olosuhteissa järvestä, josta saatiin perustietoa laitteen soveltuvuudesta vesistötarkkailuun. Mittausjakso lähellä Mikkelin keskustaa sijaitsevan Pankalammen laskujoessa Kalevankankaalla oli ensimmäinen virtavesikokeilu. Talvikauden 2013–2014 mittausjakso talvimittauksissa Kangasniemen ja Mikkelin rajalla virtaavassa Läsäkoskessa altisti laitteen ääriolosuhteille ja toi paljon uutta tietoa laitteen toiminnasta. Samalla mittauskerralla oli tarkoitus vertailla YSI:n ja Liqumin mittalaitteita.

Kesäkaudella järvestä sijainnut Ysi 6920 V2 -mittalaite mittasi veden fysikaalis-kemiallisia parametreja kolmesti vuorokaudessa, 8 tunnin välein. Tällä havaintomäärällä pystyttiin tarkastelemaan vedessä vuorokauden sisällä tapahtuvia limnologisia muutoksia, kuten pH:n vuorokausivaihtelua, happipitoisuuden kehitystä rehevässä vedessä sekä sameuden oletettua kasvua kesän aikana.

Mittalaitteen toiminnan varmistus oli helpoimmin todettavissa kesällä 2013 tehtyjen mittausten perusteella. Myös syksyllä 2013 tehdyt opiskelijatyöt osoittivat laitteen sopivan opetuskäyttöön ja tuottavan opiskelijakäyttöön soveltuvaa tietoa. Laite mittasi juuri oikeita parametreja opiskelijoita ajatellen ja tuotti juuri sopivaa dataa, joka ei ole liian vaikeaa ymmärtää, mutta vaatii hie-man asiaan perehtymistä ja ajattelua. Myös viranomaiset pystyvät käyttämään samoja tuloksia omien havaintojensa ja näytteenottojensa lisänä.

Kuvassa 9 esitetään tulokset mittalaitteen antamista sekä vertailunäytteillä saaduista tuloksista kolmesta eri suureesta. Mitatuista parametreista optisesti mitattu sekä laboratoriossa määritetty liuenneen hapen määrä (mg/l), hapen kyllästysaste (liuenneen hapen johdannaissuure, O<sub>2</sub> %) sekä sähkönjohtoky-

ky (mS/m) noudattivat hyvin samaan aikaan anturin kanssa otettujen vesinäytteiden tuloksia. Ainoastaan sameuden (FNU) ja pH:n arvot mitatun ja määritetyn näytteen välillä erosivat toisistaan, vaikkakin tulokset noudattivat ajallisesti toisiaan muuttuvissa tilanteissa. Anturi- ja laboratoriomittausten tulokset erosivat toisistaan sameuden osalta noin -1 yksikön verran, pH-arvoissa erotus oli noin +0,5 yksikköä.



KUVA 9. Pappilanselkä, Saimaa. Havaintojakso kesältä 2013. Tulokset hapen määrästä, sähkönjohtavuudesta ja pH:sta

Näiden tulosten perusteella voidaan todeta, että johtokyky- ja happimääritykset eivät juuri tarvitse kesäkauden aikana kalibrointia tai huoltoa, mutta sameus ja pH-arvoihin tulee kiinnittää huomiota heti mittauskauden alusta alkaen ja tarvittaessa kalibroida anturit uudelleen. Tällä tavoin saadaan ns. määrittystaso selville ja voidaan todeta, onko virhe tuloksissa systemaattinen, jolloin voidaan määrittää virheen suuruus. Esimerkiksi pH-tuloksissa kuvassa 9 nähdään, että sekä anturin että laboratorion mittaustulokset noudattavat toisiaan, mutta mittaustulosten välissä on systemaattinen tasoero, joka on korjattavissa uudella kalibroinnilla. Muissa mittaustuloksissa huomataan, että esimerkiksi hapen määrän laboratoriomääritys riippuu tekijän kokemuksesta ja että näytteenoton on oltava täsmälleen samaan aikaan anturin kanssa, tai tulokset poikkeavat toisistaan (esim. sähkönjohtokyky 17.7.)

Ysi 6920 V2 -mittalaite oli Saimaan lisäksi sijoitettuna myös Pankajokeen. Viranomaiset tekevät Pankajoessa vesistön vedenhankintaan liittyvä tarkkailua. Tällä perinteisellä näytteenotolla ei voida havaita virtaavassa vedessä tapahtuvia äkillisiä tai hetkellisiä muutoksia, mutta etämonitoroinnilla saadaan mittaustuloksia vuorokauden ympäri halutulla tiheydellä, jolloin äkillisiin tai hetkellisiin muutoksiin veden laadussa päästään käsiksi. Kuvassa 10 on esitetty liuenneen hapen määrän vaihtelu Pankajoen mittauspisteessä viikon ajalta. Kuvaajasta nähdään, että hapen määrä voi vaihdella äkillisesti ja täysin ennalakoimattomasti. Saatuja mittaustuloksia voidaan myös täydentää säätiedoilla, jolloin voidaan tehdä päätelmiä jokea ympäröivän ympäristön vaikutuksesta vedenlaadun muutoksiin. Kuvassa 10 hapen määrä lähtee selvään nousuun noin 140 mittauskerran kohdalla, jolloin pitkä kuiva jakso päättyi ja vesisade valumainen nosti hapen määrää vedessä.



KUVA 10. Esimerkkidata Pankajoen liuenneen hapen määrästä (mg/l) mittauskertojen suhteen osoittaa, että tilanne voi vaihdella suuresti. Esimerkissä mittaus on tehty tunnin välein

Tulosten tarkastuksia ja tuloksissa olevien virheiden tunnistamista tehtiin koko hankkeen ajan ja niiden perusteella osattiin ratkoa uusia vastaan tulleita ongelmia sekä ennakoita tulevaa. Laitetta käytettäessä mm. havaittiin, että laiterikkojen tai -vikojen lisäksi myös jännitteen väheneminen alle 9 voltin voi aiheuttaa sen, ettei mittaus tuloksia kerry. Samoin, jos osa anturista on vedenpinnan yläpuolella, voi mittaukset epäonnistua etenkin pakkasessa.

Ysi 6920 V2 -laitteeseen kiinnitetty Keller-lähetin toimi kaikissa olosuhteissa ympäri vuoden ja mittausdata kertyi luotettavasti. Muutamat puuttuvat arvot voivat johtua joko mittalaitteen tai lähettimen toimintahäiriöstä, mutta pääasiassa data oli saatavissa aina tarvittaessa. Lähettimen lähettämä data integroitiin myös Obshare-palveluun. Jos tietokannassa oli teknisiä ongelmia, niin puuttuvat tiedot pystyi tarkastamaan joko puhelimesta tai sähköpostista, joihin mittausdata myös lähetettiin.

Mittausvirheiden toteaminen tehtiin laboratoriomäärittämiä apuna käyttäen, jolloin huomattiin, että laitteen mittaus tulos oli joissain tapauksissa tarkempi kuin tavallisella näytteenotolla saatava tulos. Esimerkkinä tästä voidaan mainita laboratoriomäärittämiset, joissa tulokset olivat riippuvaisia henkilön ammattitaidosta. Tämä korostui erityisesti tarkasteltaessa opiskelijoiden tuottamia analyysituloksia. Eri henkilöiden harjoitustöinään suorittamat analyysitulokset voivat vaihdella paljon ja oikean tuloksen varmistaminen vaatii paljon toistoja. Yleensä opiskelijatuloksia on vain yksi työryhmää/paria kohti, joten varmin tulos saadaan esimerkiksi kaikkien opiskelijaryhmien määritystulosten keskiarvosta.

Vastaisuudessa laitetta voisi testata erilaisissa ääriolosuhteissa. Esimerkiksi järven kohta, johon on muodostunut hapeton olosuhde, olisi hyvä ääriolosuhde. Rehevän veden happilykylläisessä tilassa tulosten on todettu olevan oikein.

Ysi-anturin ollessa sijoitettuna Saimaaseen, Pappilaselälle, noin kahden metrin syvyyteen suoritettiin heinä-elokuussa 2013 näytteenottosarja siten, että anturin mittaus tuloksia tukemaan otettiin vesinäytteet viikoittain. Lisäksi suoritettiin yksi mittaus sarja tihennetysti, ottaen vertailunäytteet neljä kertaa viikossa. Vesinäytteiden ja tulosten analysoinnin perusteella voitiin todeta, mitkä parametrit olivat luotettavia ja mitkä tarvitsivat huoltoa ja kalibrointia sillä hetkellä. Näytteenotolla saatiin selville myös kalibrointitarve ja huolto-aikataulu, joita voidaan hyödyntää arvioitaessa uusia mittauskohteita ja niiden vedenlaadun vaikutusta anturin toimintaan. Toisin sanoen voidaan sovittaa sopiva tarkkailu- ja huolto-ohjelma uusiin mittauskohteisiin luotettavammin ja optimoida vaadittava työmäärä.

Anturien kalibroinnissa ja huollossa käytettiin perustana laitevalmistajien ja –toimittajien ohjeita sekä viitteellisiä aikatauluja. Tämän lisäksi laitteiden käyttökokemuksista saatiin tietoa kalibrointitarpeen ja -määrän arvioimiseen.

Eräät anturitoimittajat ovat omissa kohteissaan havainneet kalibroinnin olevan tarpeellista jopa viikon välein olosuhteista riippuen. Ysi 6920 V2 -mittalaitteen käyttökokemusten perusteella voidaan todeta, että sameuskalibraatio on vaikein suorittaa, koska käytetty laite näyttää helposti 0-pisteessäkin kalibrintinesteen likaantumisen vuoksi todellisuutta suurempia arvoja, jonka seurauksena mittaustulos ympäristöstä voi olla negatiivinen.

Mittalaitteen sijoittamisessa järveen tulee ottaa huomioon laitteen kiinnitys. Nyt käytetyllä poijulla mittalaitteen syvyyden muuttaminen kesken mittausjakson on vaativaa johtuen mittalaitteen kiinnitystavasta. Mittalaitteen sijoittamisessa on lisäksi huomioitava mahdollinen ilkivalta sekä kulkuyhteydet laitteelle, sillä hyvät kulkuyhteydet laitteelle helpottavat huoltoa ja vievät vähemmän työaikaa. Sääolojen suhteen on mietittävä, kuinka monta henkilöä kenttäkäynti vaatii, sillä esimerkiksi tuulisella järvenselällä mittalaitteen huoltaminen yksin voi olla mahdotonta.

### Läsäkoski

Liqum Oy:n keinotekoiseen makuaiistiin perustuva vesistöanturi on yhteydessä laitevalmistajan omaan tietokantaan, jossa mittaustulosta verrataan ennalta määritettyyn normaalitasoon ja tulos muodostuu tämän vertailun perusteella. Kyseessä on siis pitkälle viety palveluliiketoiminta, joka antaa mittaajalle rajallisen mahdollisuuden perehtyä oman laitteensa mittaustuloksiin. Kokonaisvaltainen palvelu vaikuttaa opetusmahdollisuuksiin siten, että opiskelijalle jää liian vähän opittavaa asiasta, koska tulokset ovat niin pitkälle vietyjä. Sen sijaan asiantuntijalle laite tarjoaa mahdollisuuden entistä tarkempiin ympäristömittauksiin, jolloin voidaan tarkemmin etsiä merkkejä tietyistä ympäristölle haitallisista aineista.

Aihe on tieteellisestä näkökulmasta uusi, eikä perustutkimusta ole vielä tehty. Eri ympäristöjen ”kemiallisen normaalitilan” selvittäminen ja muutosten suuruuden ja frekvenssin vaikutus ekosysteemiin on vielä tuntematon. Mahdollisuus tutustua laitteen toimintaan tarkemmin olisi soveltavan tutkimuksen näkökulmasta luontevinta aloittaa jäljittelemällä luonnon oloja laboratorio-mittakaavassa sekä verrata näitä muutoksia vesistötarkkailussa perinteisesti käytettyihin suureisiin.

Läsäkosken virtavedessä testattiin myös Ysi 6920 V2 -laitetta. Laitteen sameusmittaus oli voimakkaasti virtaavassa vedessä todennäköisesti ääriarajoilla. Matala ja pyörteinen vesi voi sisältää ilmakehän, jotka voivat vääristää mittaustulosta. Sen sijaan optinen happimääritys oli oikeassa suuruusluokassa ja myös muut määritykset olivat onnistuneita. Samaan mittausjaksoon osuneet tietokantaongelmat johtivat siihen, että tietoa kertyi vain sähköpostiin, josta havainnot ei ehditty manuaalisesti poimimaan tarkempaan tarkasteluun. Samalla tieto epäonnistuneesta kalibroinnista häikäsi tuloksia ja korjausker-

toimen määrittäminen oli liian työlästä, joten talven mittausjaksossa oli tyydyttävä vähäarvoiseen dataan.

Normaaliolosuhteissa Ysi 6920 V2 -mittalaite on luotettava, vikasietoinen ja käytettävissä lyhyen perehtymisen jälkeen. Laite sopii opiskelijan käytettäväksi esimerkiksi projekti- tai opinnäytetöissä. Huollossa on joko käytettävä ulkopuolista asiantuntijaa tai henkilöä, jolla on pidempi käyttökokemus laitteesta, ettei kokemattomuus aiheuta vahingossa laiterikkoja. Ajan mukana saattaa ilmetä uusia ongelmia eikä laitteen käyttöikää voida vielä päätellä. Runkoon on saatavilla uusia osia ja muutamat laboratoriomääritykset mittaustuloksien lisäksi riittävät osoittamaan, onko tarkkuustaso kohdallaan. Laitteen käytössä on muistettava epävarmuutta aiheuttavat tekijät ja mittaustulosta voidaan pitää absoluuttisena totuutena vain, jos kaikki virheen aiheuttajat tunnetaan tarkasti. Laitteen antamilla tuloksilla saadaan suuntaviivat tapahtumille, joiden tueksi vaaditaan perinteinen näytteenotto. Näytteenottotiheys ja näytteestä tehtävät määritykset on harkittava tapauskohtaisesti, jotta kustannustehokkuus säilyy.

### Pitkäjärvi

MicroFlu-blue-sinileväanturin toimintaa tarkasteltiin tekemällä kesällä 2013 tuloksia tukevaa klorofyllinäytteenottoa sekä seuraamalla silmämääräisesti veden levätilannetta. Näitä tuloksia oli tarkoitus verrata laitteesta saatuun dataan. Dataa ei kuitenkaan saatu vertailuun johtuen ilmeisesti tiedonsiirto-ongelmista juuri sinilevä määrään osalta. Lämpötilatieto kertyi tietokantaan ilman ongelmia koko mittausjakson ajan.

Ääriolosuhteita sinileväanturille oli vaikea määrittää. Validointi-näkökulmasta voidaan todeta, että laite todennäköisesti täyttää vaatimukset, kunhan se saadaan toimimaan luotettavasti. Ns. rasiustestaus voidaan tehdä vasta onnistuneen integroinnin jälkeen, jolloin tarkastellaan suorituskykyä, luotettavuutta, vikasietoisuutta sekä turvallisuutta. Tämän kaltaisen tarkastelun voisi suorittaa sekä normaalioloissa että ääriolosuhteissa. Ajan kuluessa paljastuvia virheitä ja puutteita on vaikea arvioida hankkeen loppuvaiheessa, koska jo laitteen normaalitoiminta on vaikeasti saavutettavissa. Joka tapauksessa laitteen antamia tuloksia tarkastellessa on muistettava, että sinileväesiintymien monitorointi on monien eri asioiden summa ja kaikki sinilevän viherhiukkas-eivät anna vastetta optiselle mittalaitteelle.

Sinileväanturi ei yksinään anna juurikaan tietoa levämäärästä, ellei paikasta ole olemassa edellisten vuosien luotettavia sinilevä määriä. Virallisen sinilevä määrän konkreettinen tulos vaatii toistaiseksi kokeneen ammattilaisen mikroskoopilla tekemää laskentaa ja tämänkaltaista dataa ei ole saatavilla kuin hyvin harvoista paikoista. Viranomaiskäytössä oleva sinilevän määrää vedessä arvi-oiva kvantitatiivinen asteikko 0–3 (yksikötön) on subjektiivinen ja mahdo-

ton siirtää ilman laboratoriossa suoritettavia kasviplanktonlaskentoja anturin käyttämään mg/l-asteikkoon. Kasviplanktonin mikroskooppilla suoritettava laskenta taas vaatii syvää asiantuntemusta ja riittävän hyviä välineitä. Lisäksi hidas laskentamenetelmä vaatii lukuisia näytteitä ja nostaa käyttöönnotokustannuksia.

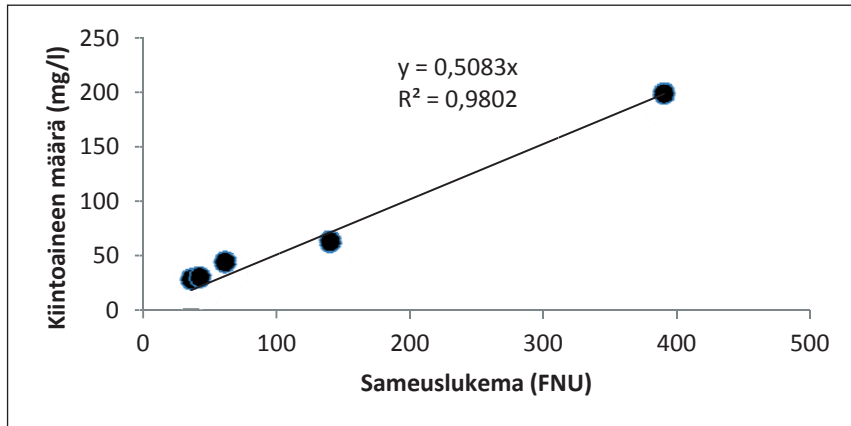
Automaattianturit toimivat verkostoina, esim. veden laadun yleistä kehitystä kuvaavina kokonaisuuksina, mutta yksittäisinä kappaleina niiden käyttö jää lähinnä varoitusjärjestelmiksi, joiden perusteella voidaan antaa paikallisia levävaroituksia. On huomioitava, että kaikki sinilevä ei reagoi fluoresenssiin ja klorofyllivertailunäytteillä voidaan täydentää ja varmistaa tulosta vain osittain. Lisätulokseksi voidaan vaatia esimerkiksi fykosyaanin fluoresenssia, kuten Lahden Vesijärvellä v. 2010 tehdyt tutkimukset osoittivat. (Vakkilainen ym. 2011, 18.)

## 6.2.2 Jätekeskus

Ysi 6820 -mittalaitteen sijoituspaikka jätekeskuksen suotoveden pumppukaivossa vaihteli olosuhteiltaan paljon, lähinnä virtauksen ja esim. veden vaahtavuuden suhteen, mutta toisaalta kaivossa ei ollut vaaraa jäätymisestä kovillakaan pakkasilla. Tietokanta- ja koodausongelmat hidastivat tulosten saatavuutta, koska mitattu data menee suoraan pilvipalveluun eikä tuloksia voinut tarkastella etänä toista kautta, paikanpäällä tietokoneen avulla kylläkin. Lisäksi yksiköiden saaminen samaksi sekä mittauksissa että laboratoriostandardeissa oli huomioitava tarkasti, laiteasetuksissa voi mennä eurooppalaiset ja amerikkalaiset yksiköt sekaisin.

Osalla mittalaitteista huolto- ja kalibrointiväli voi olla laitetoimittajan mukaan hyvin tiheä, joten mittausasema voi vaatia jopa viikoittaisia huoltotoimenpiteitä. Toisaalta taas kenttäkokeiden aikana huomattiin, että esimerkiksi Ysi 6820 -mittalaitteen pH-anturi toimi luotettavasti jopa kuukauden ilman puhdistusta tai muuta huoltoa. Sähkönjohtavuus osoitti suureista ensimmäisenä puhdistuksen tarpeen ja olikin luotettavin osoitus huoltotarpeesta ja siksi huolto oli syytä tehdä 2–4 viikon välein riippuen siitä, oliko oletettavissa suuria muutoksia veden laadussa, esim. sääoloista johtuen. Toisin sanoen mikäli on tarpeen saada varmasti laadukasta dataa, niin huolto on syytä suorittaa tiheämmin ja jos kyseessä on ns. ylimenokausi eivätkä tulokset ole suurennuslasin alla, voi huoltokäyntejä harventaa. Laitteen käyttöiän kannalta säännölliset huollot ja kalibroinnit ovat kuitenkin oleellisia.

Sameuslukema ei ole pitoisuusarvo. Tästä syystä onkin erittäin mielekästä käyttää sameutta sijaisuuttujana joillekin ainepitoisuuksille, kuten esimerkiksi kiintoaineelle tai kokonaisfosforille. Sameus ei ole täydellinen sijaisuuttuja kiintoainepitoisuudelle tai fosforille, mutta tällä hetkellä saatavilla



KUVA 11. Sameusarvo ja kiintoaineen määrä korreloivat tehtyjen määritysten perusteella erittäin voimakkaasti

olevasta nykYTEKNIKASTA se on osoittautunut varsin käyttökelpoiseksi menetelmäksi (Arola 2012). Sameusmittaukseen perustuen voidaan tehdä kiintoaineen määrittäminen laboratoriotekniikalla noudattaen standardia SFS-EN 872:1996. Saatu tulosten perusteella on jätekeskuksen suotovedestä määritetty yhtälö, jonka avulla kiintoaineen määrä voidaan jatkossa selvittää laskemalla sameus-arvon lukeman mukaan. Kuvassa 11 on esitetty, kuinka sameusarvo korreloi kiinto-ainepitoisuuden kanssa ( $R^2=0,98$ ). Kokonaisfosforin määrän korrelointia sameusarvon kanssa ei tutkittu hankkeen aikana.

Mittalaite täytti mittausjakson aikana toiminnan kannalta asetetut vaatimukset, vaikka täydelliseen toimintaan ja kaikkien parametrien hyödyntämiseen ei hankkeen aikana päästykään. Laite toimii ns. ääriolosuhteissa ja samanlaisena laitteena vesistömittauksissa käytetyn, toisen Ysi 6920 V2 -mittalaitteen kanssa osoittaa, että laite on toimiva ja soveltuu myös opetuskäyttöön. Laitteen käyttöä oletetaan olevan lyhyempi kuin toisen Ysi-anturin johtuen voimakkaasti liikaavista ja kuluttavista käyttöolosuhteista. Laite sietää oletettua paremmin vikoja ja on luotettava ja suorituskykyinen myös suotovedessä. Ilman verkkovirtaa laite tuskin toimisi yhtä luotettavasti. Pidemmän käyttöajan jälkeen voitaisiin todennäköisesti raportoida tarkemmin vioista ja puutteista sekä todeta tarve perusteelliselle huollolle ja uusille varaosille.

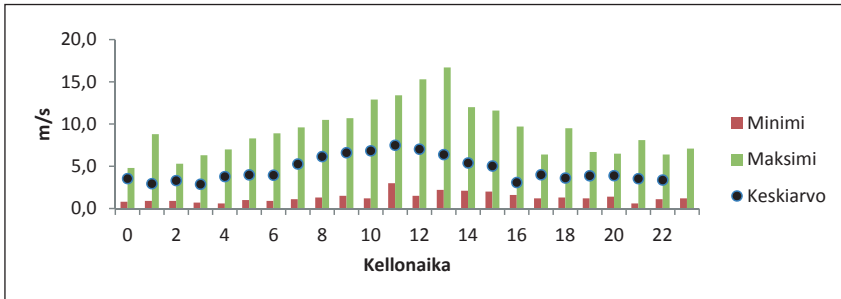
### 6.2.3 Säasema

Säasema mittalaitteena toimi moitteettomasti. Säaseman kohdalla esiin tulleet ongelmatkohtat johtuivat pääasiassa tietokannassa ja koodauksessa olevista ongelmista. Ongelmia oli etenkin muiden mittaustulosten kannalta hyödyllisimmän sadetiedon saamisessa. Laitevalmistaja Vaisala oli ongelmatilanteiden selvittämisessä suureksi avuksi.



Keskeneräisen tietokannan ongelmat rajoittivat datan kertymistä, seuranta ja käyttöä. Kertyneen säädatan käyttökohteita olivat olleet mm. meluselvitysten taustatiedot, kuten tuulen nopeus ja suunta eri hetkinä. Esimerkkidatassa kuvassa 12 kuvataan sääaseman minuutin välein keräämää tuulidataa marraskuussa 2014 olleesta Eino-myrskystä.

Useat opettajat koko oppilaitoksessa sekä opinnäytetyöntekijät olivat kiinnostuneita saamaan dataa käyttöönsä ja työnsä tueksi. Vesistömittauksien tueksi suunniteltua säädattaa ei saatu käyttöön ja tuloksissa täytyi osittain tukeutua Ilmatieteenlaitoksen havaintoihin. Tarkoituksena oli saada Ilmatieteenlaitoksen avoin säädatta tietokannan yhteyteen referenssipisteeksi, mutta paikallisesti hieman eri paikassa olevat sääasemat sekä osittain eri mittaushaarat eivät ole suoraan verrannollisia, vaikkakin tosiaan tukevia havaintoja.



KUVA 12. Eino-myrskyn aikainen tuulennopeus (m/s) Mikkelin kaupungin virasto-talon katolla vuorokauden eri aikoina

#### 6.2.4 Liikkuvat mittausasemat

Melumittarin toimintaan ja käyttökelpoisuuteen opetus- ja tutkimuskäytössä perhdyttiin jätekeskuksen alueella kalliomurskauksiin liittyvien melumittauksen aikana. Pulsar Novan automaattisesti tuottamat yhteenvedotiedot sekä äänen tallentaminen mahdollistavat syvällisemmän perehtymisen mittauskertaan. Opetus- ja tutkimuskäytössä huomattiin, että laite oli helppokäyttöinen, tulosten saaminen valmiina esityksenä helpotti opiskelijoiden oppimista ja laitteessa olevat lisätoiminnot aiempiin kenttäkäyttöisiin laitteisiin verrattuna olivat tarpeellisia. Tuloksiin ei siis sisälly ns. tulkintavaraa, vaan ne ovat varmasti oikein.

Laitteen tulosten vertailu toisiin mittareihin oli teknisesti vaikea toteuttaa, vaikka periaatteessa mahdollista. Laitteen käyttöön ääriolosuhteissa ja ns. kriittisten ominaisuuksien kokeilemiseen ei ollut vielä mahdollisuuksia, mutta peruskäyttöön ja ympäristölupaehdojen mukaisiin mittauksiin, viranomaisen suostumuksella, laite soveltui hyvin. Ajan kuluessa laitteesta ja sen käytöstä paljastuvia virheitä ja puutteita ei ehditty hankkeen aikana toteamaan tai kor-

jaamaan. Mittalaite tulee jatkossa olemaan kiinteä osa opetusta ja tutkimusta jatkossa juuri helppokäyttöisyytensä ja luotettavuutensa vuoksi.

Kaasuanalysaattori Geotech GA5000 testattiin sekä kenttä- että laboratorio-olosuhteissa. Kenttäkokeissa yritettiin selvittää, onko jätekeskuksen kaatopaikkakaasujen kerääjäputkistoissa vuotokohtia tai onko jätetäytössä muita vuotokohtia. Tämän lisäksi kaasuanalysaattoria käytettiin laboratoriossa biokaasukokeiden mädätysreaktion käynnistymisen toteamiseen kaasukromatografian lisänä. Näiden kokeiden perusteella voidaan todeta, että laitteen erotuskyky ei välttämättä riitä kenttäkokeisiin (0,1 % pitoisuus) varsinkaan ”liikkuviin kokeisiin”, joissa mittauspaikka vaihtelee jatkuvasti. Sen sijaan laboratorioskäytössä laite antoi tietoa, joka olisi jäänyt saamatta kaasukromatografian teknisten ongelmien vuoksi.

Kenttäolosuhteita voidaan pitää laitteelle ääriolosuhteena, koska oletettavasti mitattavien kaasujen pitoisuudet eivät tule olemaan korkeita ja laite ei pysty ilman mittauskammioita erottamaan pieniä pitoisuuksia. Sen sijaan laboratorio-oloja voidaan ajatella ns. normaaliolosuhteiksi ja niissä laite on toiminut moitteetta. Toisaalta käyttökokemusta laitteesta on vielä niin vähän, ettei mahdollisia käyttäjäperäisiä virheitä voida vielä todeta.

Laite on otettavissa helposti opetuskäyttöön ja vaatii vain vähän perehtymistä. Lisäksi Mamkin tulevaisuudessa entistä pidemmälle vietyihin ympäristömonitorointitehtäviin helppokäyttöinen laite tulee olemaan hyvä lisä. Lisäksi laite tulee saamaan tukea tuloksilleen toisista laitteista.

## **6.3 Opetuksen ja TKI-toiminnan integroiminen**

Seuraavassa on esitetty tuloksia opintojaksoista ”Projektihässäkkä 2013” ja ”Projekti-kevät 2014”, joissa opetus ja TKI-toiminta ovat tehneet yhteistyötä. Lisäksi esitetään tulokset Open-hankkeen aikana toteutetusta opetuscasesta.

### **6.3.1 Opetuscase I. Projektihässäkkä 2013 ja Projektikevät 2014**

”Projektihässäkkä 2013” opintokokonaisuudessa tehtiin 2012 syksyllä ja 2013 keväällä yhteensä 444 TKI-integroitua opintopistettä. Projektikevään 2014 osalta oltaneen samassa suuruusluokassa (kokonaisuus on vielä käynnissä). Projektihässäkkä 2013 palaute sekä opiskelijoilta että osallistuneilta yrityksiltä oli erittäin positiivinen. Opiskelijat totesivat mm. että suoritustapa vahvisti oma-aloitteisuutta, suunnittelutaitoa sekä kykyä selviytyä itse ongelmista. Lisäksi tuotiin esille, että oikea tekeminen opetti enemmän kuin luennoilla istuminen ja toi myös erikoisosaamista.

Vaikka joissain kommenteissa todettiin, että asiat eivät aina mene suunnitellusti, tämäkin otettiin opettavaisena kokemuksena. Taulukkoon 5 on koottu joitakin tehtyjen soveltavien tutkimushankkeiden otsakkeita molemmilta vuosilta antamaan yleiskuvaa käsitellyistä aiheista.

Taulukosta 5 selviää, että aiheet kattoivat laajasti eri ympäristötekniikkaan, ympäristöterveyteen ja ympäristömittauksiin liittyviä kysymyksiä. Useat aiheet johtivat myös opinnäytetöihin, kun työtä myöhemmin jatkettiin ja laajennettiin.

### **TAULUKKO 5. ”Projektihässäkkä 2013” ja ”Projektikevät 2014” valikoituja tutkimusaiheita.**

Projektihässäkkä 2013	Ympäristötiedon hallinta
	Sisäilmaselvitys, useita rakennuksia
	Melukartoituksia
	Tikkalan vanha kaatopaikka, useita kysymyksenasetteluja
	Puhdistamolietteen ravinteiden liukeneminen
	Kaatopaikkakaasujen maastomittaus
	Teollisuuskaasujen mittauksista
	Saneerauksen pölyongelmat
Projektikevät 2014	Vanhan turvetuotantoalueen vesistövaikutukset
	Ilmanlaatu opetustiloissa
	Pohjapadon vaikutus vedenlaatuun
	Biokaasun tuotantopotentiaalit jätejakeista
	Jätteiden käsittelysuunnitelma vähittäiskaupalle
	Elintarvikkeiden säilyvyystutkimus
	Tuotantotilan energiahäviöt
	Uimahalliin soveltuvat pintapuhtaus menetelmät
	Jätealueen suotoveden laatu
	Bioenergian tuotannon ympäristövaikutukset, pienpoltto
	VOC-anturin testaus ja käyttö
	Taajama- ja haja-asutusaluejätteiden kosteuspitoisuus
	Jätekeskuksen toiminnoista aiheutuva melu

Kun Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan koulutusohjelman opetussuunnitelmaa uudistettiin kevään 2014 aikana (2015 alkava koulutus), suunniteltiin yritysyritysten ja hanketoiminnan integroimista opetukseen rutiininomaisesti. Nyt ”Projektihässäkkä 2013” ja ”Projektikevät 2014” -kokonaisuuksissa hankitut kontaktit ja maine auttavat jatkossakin laadukkaasti yritystutkimusyhteistyön toteuttamista opiskelijoiden parhaaksi.

### 6.3.2 Opetuscase 2. Pankajoki

Opiskelijat tekivät ryhmittäin raportin näytteenotoista, analyyseista, Obshare-järjestelmästä ja datavertailuista. Pankajoesta tehdyt määrittelyt vertautuivat kohtuullisesti automaattisesti mitattuihin arvoihin. On huomioitava, että vaikka näytteet otetaan ja analysoidaan opettajaohjauksessa, on opiskelijatyössä aina epävarmuuksia verrattuna koulutetun laborantin työskentelyyn.

Työ opetti käytännössä opiskelijoille, miten näytteenotto ja laboratorioanalyysit suoritetaan perinteisin menetelmin ja kuinka vaihtoehtoinen käytäntö automatisoidulla jatkuvatoimisella mittausjärjestelmällä toimii. Luennolla oli käsitelty ympäristömittausten virhelähteitä ja mitä erityisesti on huomioitava, kun arvioidaan jatkuvatoimisen mittarin datan oikeellisuutta.

Opiskelijat olivat hyvin motivoituneita tutustumaan Obshare-järjestelmään ja sen eri ominaisuuksiin. Tämä myös onnistui käytännössä erinomaisesti. Kun järjestelmää keväällä 2014 demonstroitiin uudelle opiskelijaryhmälle osana ympäristömonitorointi ja -mittaustekniikat -opintojaksoa kävi ilmi, että pilvipalvelun asiakasrajapinta oli uudistettu ja vanhat tunnukset eivät enää toimineet. Sopivat linkit ja tunnukset saatiin seuraavalle tunnille ja myös tarvittava data löytyi järjestelmästä. Kesän ja syksyn 2013 mittauksia ei kuitenkaan enää löytynyt. Tämä voidaan varmasti ottaa havaintona yhdestä sekä ohjelmistojen jatkuvan kehittymisen että palvelujen ulkoistamisen keskeisestä riskistä, jossa palveluntoimittaja voi tehdä muutoksia huomioimatta asiakkaan tarpeita.

Jatkona Pankajoen esimerkille opiskelijoita pyydettiin raportoimaan edistyksestä ympäristömonitoroinnin ratkaisuksista, joissa on käytetty jatkuvatoimisia sensoreita. Näitä löytyi kattavasti eri puolilta maapalloa. Tätä tehtävää tullaan jatkamaan myös seuraavilla opintojaksoilla. Näin koulutus pysyy ajan tasalla sen suhteen, missä maailmalla mennään ympäristömittausten soveltamisessa.

# 7 YHTEENVETO JA TULOSTEN HYÖDYNTÄMINEN

Tähän lukuun on koottu muutamia tulevaisuuden näkymiä ympäristömonitoroinnista sekä hankkeen aikana vastaan tulleita rajoituksia ja käytännön ongelmia korjausehdotuksineen. Luvussa pohditaan myös saatujen tulosten hyödyntämistä jatkossa.

## 7.1 Rajoitteet

Tavallista kuluttajaa ja asiantuntijaa kiinnostavat ympäristön mittauksessa eri suureet. Paremmiin varustellut fysikaalis-kemiallisia muuttujia mittaavat mittalaitteet maksavat yli 10 000 €, kun taas kuluttajalle voi kärjistetysti riittää lämpötilan mittaaminen perusmittarilla. Näiden tavoitteiden yhteensovittaminen ja saadun tiedon esittäminen eri tahoja kiinnostavalla tavalla vaatii vielä paljon työtä. Perinteisesti havainnot on esitetty asiantuntijoiden suosimilla aikasarjoilla, kun taas kuluttajia kiinnostaa eniten nykyhetki. Eri parametrit ovat mitattavissa eri tavoin ja kaikkia kiinnostavia tekijöitä ei voi vielä mitata on-line, joten tarvitaan ns. sijaismuuttujia ja apusuureita. Tutkimusta aiheesta on tehty jonkin verran ja kokemus on paljastanut ja ratkaissut ensimmäiset ongelmat. Osa antureista on liian kalliita, teknisesti epävarmoja tai eivät lainkaan käytössä laboratorioiden ulkopuolella, liian vaativissa tai liikaa vaihtuvia tekijöitä sisältävässä ympäristössä.

Suomen neljä vuodenaikaa ja hankkeessa painotetut vesistömittaukset rajaavat saavutettuja kokemuksia. Vesistöissä opetuksen kannalta tietyt, hyvin tiedossa olevat ilmiöt osuvat opetuksen kannalta hiljaisiin vuodenaikoihin. Keskikesällä vesistöt ovat aktiivisimmillaan kaikin tavoin, mutta opetuksessa on lomajakso. Esimerkiksi juuri sinilevän määrää mittaavan mittalaitteen toiminnan täsmällinen tarkastelu onnistuu sinileväesiintymien ajoituksen vuoksi

vain ja ainoastaan lähinnä heinäkuussa, joten vuosittainen työaika jää lyhyeksi ja vaatii täydellistä onnistumista, jotta kaikki tulokset ja sovelluskehittely eivät siirry vuodella eteenpäin.

Hankkeen edetessä huomattiin, että luotettavasti toimivat ja jo referenssikoh- teita saaneet mittalaitteet olivat maineensa veroisia, vaikka markkinoilla on tarjolla myös uusia yrittäjiä. Varsinkin ravinteiden mittaus olisi kiinnostavaa, mutta toistaiseksi vain typen automaattinen mittaaminen on kustannusteho- kasta ja osoitetusti luotettavaa (esim. Maasää-hanke). Sen sijaan kemiallisen hapenkulutuksen, fosforin ja hiilen määrät ovat automaattisilla mittauksilla vielä teknisesti mahdottomia tai liian kalliita toteuttaa saatuaan hyötyyn näh- den. Myös virtaamien mittaaminen automaattisesti esimerkiksi jätevesistä vaatii siihen soveltuvan kohtuullisen arvokkaan laitteen ja voi vaatia teknisiä ja yllättävän suuria rakenteellisia muutoksia mittauspaikkaan.

## 7.2 Automaattitarkkailun edut ja haitat

Ilmastonmuutoksen lisäämää sateisuutta, hajakuormitusta ja talvivaluntaa oli- si hyvä seurata tarkemmin, jotta vesienhoidolliset toimenpiteet pystyttäisiin helpommin kohdentamaan kustannustehokkaasti. Automaattinen vesistömit- taus on jo tuonut merkittävää lisätietoa ja muutoksia vuotuisiin, arvioituihin kuormitusmääriin esimerkkeinä toimineissa vertailukohteissa. Automaattises- ti tuotettu data yhdistettynä säätietojen seurantaan ja matemaattisiin mallin- nuksiin on todennäköisesti kustannustehokkain ja tulevaisuudessa yleistyvä tapa aiemmin esitetyissä, soveltuviissa kohteissa.

Automaattiset mittalaitteet ovat vaikeasti korvattavia virtavesitarkkailussa, jol- loin saadaan hetkellisistä, pulssimaisista muutoksista kiinni nopeasti, eikä ti- lanne ehdi mennä ohi, kuten tavallisessa näytteenotossa usein on mahdollista käydä. Virtavesien kohdalla jo nyt liian harvoin toteutettu tarkkailu on vaa- rassa vähentyä entisestään. Tähän ongelmaan automaattimittauksilla voidaan puuttua tuottamalla dataa kaikkina vuorokauden aikoina, jolloin myös tihen- netyinkin perinteisen mittausohjelman tutkimatta jääneet ajankohdat saadaan mitattua. Toisaalta laitteiston toimimattomuus juuri kriittisimmän kuormi- tuksen aikana voi hävittää ison osan oleellisesta datasta, siksi antureiden toi- mintavarmuuteen ja luotettavuuteen on syytä panostaa jo laitetta hankittaessa sekä huolehtimalla niiden huolloista. Sen sijaan seisovissa järvivesissä tilanne pysyttelee limnologian perussääntöjen mukaan hyvinkin pitkään samana ja tavanomainen näytteenotto on riittävä, ellei olla kiinnostuneita jostain tie- tystä, hyvin määritellystä ongelmasta, joka pystytään mittamaan ilman suuria laiteinvestointeja.

Parhaiten ns. automaattiset mittalaitteet toimivat verkostoina. Yksittäiset an- turit eivät välttämättä anna ympäristön tarkkailun kannalta uutta tietoa kuin

niukasti. Lisäksi hankkeen aikana korostui mittalaitteiden hyödyllisyys hetkellisten ilmiöiden tarkkailussa, jossa ne ovat lähestulkoon ainoita luotettavaa tietoa antavia laitteita. Lisäksi mittalaitteiden avulla on helpohkoa kerätä pitkiä aikasarjoja, mutta silloin on huolehdittava ja varmistettava sopivat huolto- ja kalibrointivälit. Ennen mittalaitteiden hankintaa on myös syytä varmistaa, että hankittava laite pystyy tuottamaan haluttua dataa.

Etämonitoroinnin etuna on se, että dataa saadaan jatkuvasti ja sille voidaan asettaa hälytysarvot, jolloin asetettujen raja-arvojen ylityksessä tai alittuessa muutoksesta saadaan ilmoitus esimerkiksi tekstiviestinä. Tällöin havainnon tueksi voidaan tarvittaessa ottaa vesinäyte tai varautua ennalta vedenpuhdistusprosessin muutoksiin. Toki muutokset voivat johtua myös mittalaitteen toimintahäiriöstä, jolloin voidaan esimerkiksi kasvattaa anturin mittaustiheyttä ja seurata mahdollisia häiriötilanteita. Mittausdatasta voidaan myös melko nopeastikin päätellä, milloin mittalaitteen antureiden kalibrointi tai huolto on tarpeellista suorittaa.

Sinilevän automaattitarkkailussa olisi hyvä olla joko pelkkä klorofyllianturi tai sinileväanturi sekä sen toimintaa tukeva klorofyllianturi. On syytä miettiä, saavutettaisiinko uimarantojen automaattisella mittauksella sellaista tietoa, jolla voitaisiin palvella kansalaisia entistä paremmin. Sinilevän määrää mittaavia mittalaitteita on suositeltu käytettävän esimerkiksi ennakkovaroitusjärjestelminä, jolloin voidaan ennakoida mahdollinen, tulossa oleva sinilevän massaesiintymä veden kasvavana biomassana. Lisäksi voidaan ajatella, että ennakkovaroitusjärjestelmä kertoisi esimerkiksi mobiilisovelluksena, onko vesi uimakelpoista. Rannoille nykyisin vietävät terveysvalvonnan ilmoitukset eivät välttämättä ole tehokas viestintätapa. Ne voivat jäädä huomaamatta, eivätkä elä kustannussyistä muuttuvan tilanteen mukana.

### **7.3 Ympäristömonitoroinnin opetuskäyttö ja sen vaatima maastotyöskentely**

Automaattinen mittaustekniikka sekä siihen yhdistyvät tietotekniset mahdollisuudet ovat luonteva osa opintoja, koska on oletettavaa, että tulevaisuudessa suuret datamäärät ja tarkat ”täsmämittaukset” tulevat tarpeellisiksi ympäristön nopeiden muutosten havaitsemiseksi. Automaation lisäksi mallinnukset ja paikkatieto lisäävät tietotekniikkaa havainnointiin.

Automaattiset mittalaitteet ovat soveltuvia opetusvälineitä korkeakouluopiskelijoille. Niiden perustoiminta on tehty helpoksi, mutta haastavuudellaan ne opettavat jatkuvasti jotain uutta. Laitteet ovat parhaimmillaan esimerkiksi projektiopinnoissa, työharjoittelussa tai opinnäytetyön tekemisessä, jolloin niihin on mahdollista perehtyä syvällisemmin.

Kesä on mittauksellisesti kiinnostava ajanjakso, mutta opetuksen kannalta ongelmallinen. Vesistöissä kevään ja syksyn ilmiöt sekä talvella jääpeitteen alla tapahtuvat mittaukset sopivat opetusaikatauluun, mutta vaativat niin opiskelijalta kuin muultakin henkilökunnalta pitkää sitoutumista tarkkailuun tai vaihtoehtoisesti tarkkailumenetelmien olisi oltava mahdollisimman valmiita. Esimerkiksi happipitoisuuden mittaaminen voi tarjota mielenkiintoisia tuloksia ympäri vuoden, jos laite on sijoitettu oikein. Opiskelijoiden käyttäminen hankkeen eri aikoina vaihtelevissa tehtävissä antaa opiskelijalle laajemman kuvan hanketoiminnasta ja eri tehtävien vuorottelusta kuin lyhyempi harjoittelujakso. Varsinkin kesäaikaan tehtävät ovat usein sellaisia, että opiskelija voi osallistua maastotöihin ja laitehuoltoon (kuva 13).

Maastotyöskentely vaatii myös automaattisten mittalaitteiden kanssa aikaa, osaamista, fyysistä kuntoa, epämukavuuden sietoa ja järjestelykykyä. Kartalla ja toimistossa helpolta vaikuttava paikka voi muuttua suuria organisointeja ja paljon aikaa vaativiksi matkoiksi. On myös hyvä muistaa, että automaattinen tiedonsiirto vaatii teknistä osaamista.



KUVA 13. Opiskelija näytteenotossa (kuva Piia Aarniosalo)



## 7.4 Tulevaisuuden näkymät

Verkkoon on kertynyt vuosien aikana runsaasti aineistoja, jotka ovat täynnä yhdisteltävää. Nykyisin näiden tietojen käyttö on todella vähäistä verrattuna siihen, kuinka paljon tietojen tuottaminen on aiheuttanut kuluja. Reaaliaikaisuus lisää tietojen käyttökelpoisuutta, eikä hetkellisen näytteenoton ja tulosten välille pääsisi enää muodostumaan jopa muutamien viikkojen viivettä. Digitaalisuus voisi toimia eräänlaisena tarkentavana ja täydentävänä työkaluna muun havainnoinnin lisäksi. Paikkatiedon hyödyntäminen helpottaa tietojen yhdistämistä. Eri sovellukset muokkaavat saatavilla olevasta datasta käyttäjilleen sopivaa tietoa. Uusi sensoritekniikka mahdollistaa havaintojen tarkastelun reaaliajassa sekä tiedonsiirron kehittyminen mahdollistaa nopeamman ja hallinnollisesti keveämmän rakenteen ympäristöhavainnoinnin kaikissa vaiheissa.

Teknologian uudenlainen hyödyntäminen vaatii myös uusia toimintamalleja ja -tapoja. Mobiilit laitealustat ja teknologiat, mittausteknologia, yritysyhteistyö, kansalaisten aktivointi ja motivointi on kaikki otettava huomioon ja nähtävä mahdollisuutena tiedon keräämiseen, eikä vain mahdollisena epävarmuutena, epävirallisena tietona. Laadunvarmennus ei oletettavasti ole tulevaisuudessa ensisijaista, tärkeintä on ensin saada tietoa ja tarkentaa havaintoja tilanteen kehittyessä perinteisin menetelmin, jolloin resurssit voidaan kohdentaa eri tavoin kuin nykyisin, painottaen havainnoissa epävarmuuden hallintaa. Kansalaisten kannalta muuttuvassa yhteiskunnassa avoimessa datassa on iso suomalainen mahdollisuus.

Vertailukohteena olleista hankkeista nousi esille muutamia havaintopisteitä sisältävän havaintoverkoston luominen. Esimerkkinä mikkeliäisestä verkostosta voisi toimia Seitsemän-nimisen joen vedenlaadun mittalaitteet, joiden data olisi myös yhteydessä Saimaalla olevaan anturiin. Mikkelin kaupunki käyttää Pankajoesta imeytynyttä raakavettä, joka on yksi osa Seitsemän-jokea. Vesilaitoksen velvoitetarkkailussa ei ole todettu vesinäytteissä mitään hälyttävää, mutta jokeen tulee myös hulevesiä ja voidaan olettaa, että varsinkin ukkoskuurojen tai pitkien sadejaksojen aikaan vedenlaatu heikentyy hetkellisesti. Tavanomaisella näytteenotolla näistä hetkellisistä huononemisista ei välttämättä saada todisteita, mutta automaattisilla mittalaitteilla mitattuna voidaan saada hyvinkin tarkkaa tietoa ja ajoittaa puuttuvien mitattavien parametrien lisänäytteenotto samaan aikaan huonomman vedenlaadun kanssa. Sama mittauslaitetekoonpano olisi myös siirrettävissä toiseen paikkaan, jolloin samoilla laitteilla voisi mitata useampiakin oletettuja ongelmapaikkoja. Saatu datamäärä ylittäisi määrällään moninkertaisesti muutaman kerran vuodessa kertyvät perinteiset näytteenottotiedot ja velvoitetarkkailut.

Ympäristöhallinnon strategia 2020 -julkaisussa on esitetty ympäristöseurantojen pääteemat uusista teknologioista, menetelmistä sekä niiden käyttöön-

otosta. Automaatiikan lisäksi on haluttu painottaa mahdollisuuksien mukaan käytettävää vapaaehtoistyötä ja kansalaishavainnointia.

Tärkeää olisi parantaa tiedon hyödynnettävyyttä. Tällöin seurannat linkitetään saumattomasti tietojärjestelmiin ja tiedon erilaisiin käyttötapoihin, jolloin myös hyödynnettävyys tutkimus-, suunnittelu-, asiantuntija- ja innovaatio-toiminnassa kasvaa. Seurantatietoa halutaan käyttää enemmän myös kuntien ja kansalaisten käytössä eri seuranta- ja tila-katsauksissa sekä kasvatuksessa.

Uusien menetelmien hyödyntäminen tulisi toteuttaa siten, että valitaan tarjolla olevista menetelmistä kustannustehokkaimmat ratkaisut. Tämä tapahtuu hyödyntämällä täysimääräisesti uusia teknologioita. Alueellista kattavuutta, ajallista edustavuutta ja reaali-aikaisuutta parannetaan ottamalla käyttöön mallintamis- ja kaukokartoitusmenetelmiä sekä mahdollisuuksien mukaan automaattisia mittalaitteita. Siirryttäessä käyttämään uusia seurantamenetelmiä tai -tekniikoita on tuotettuja tuloksia verrattava aiemmin käytetyn menetelmän tuloksiin ja todettava tilastollisesti luotettavalla tavalla tulosten vertailtavuus. (Ympäristöministeriö 2011, 23.)

Automaattimittauksia on käytetty pidempään teollisuuden tai vesilaitosten prosesseissa, jolloin tietoa saadaan reaaliajassa vallitsevasta tilanteesta. Tällöin on varmistettava anturien luotettava toiminta, kalibrointi- ja huoltovälit sekä osaava henkilökunta, jotta data on luotettavaa. Vesistöjen jatkuvasti muuttuvissa olosuhteissa, joissa ”normaalitila” voi olla täysin erilainen eri vesistöjen välillä, on haastava alue tutkia ja monitoroida. Siksi olisi hyvä näin automaattisten ympäristömittausten alkuvaiheessa tukeutua ns. perussuureisiin, joista on saatavilla eniten vertailukohtia ja aikaisempia havaintoja. Jos taas halutaan tarkastella jonkin tietyn kemikaalin tai yhdisteen esiintyvyyttä, on mittausperiaatetta tarkennettava ja sekin on nykytekniikalla jo mahdollista.

Loppuyhteenvedona voidaan todeta, että ns. automaattiset, etämonitorointiin tarkoitetut mittalaitteet soveltuvat lukuisten erilaisten ympäristökohteiden mittaamiseen. Parhaimmillaan ne antavat tietoa ympäristötilan muutoksista ja juuri muutosten havaitseminen on asia, johon niitä on kustannustehokasta hyödyntää. Täysin tarkkojen arvojen saaminen voidaan edelleen toteuttaa laboratoriossa analysoitavien näytteiden avulla, joita voidaan ottaa silloin, kun mittalaitte havaitsee ympäristön tilassa selvän poikkeaman. Vaikka etämonitorointiin tarkoitetuista mittalaitteista näkee hyvin usein käytettävän sanaa automaattinen, eivät ne täysin automaattisia kuitenkaan ole, vaan huoltoon ja kalibrointiin täytyy varata resursseja. Erilaisten mittausdatojen muuttuessa en-tistä avoimemmaksi luo eri tavoin saatujen datojen yhdistäminen paljon uusia mahdollisuuksia ja tällä tavoin ympäristön tilasta voidaan saada tietoa paljon nykyistä enemmän. Tulevaisuudessa on myös erittäin tärkeää, että kansalaiset pääsevät vaikuttamaan asioihin ja tuomaan omat havaintonsa ympäristön tilasta esille. Tämän mahdollistavat erilaiset pilviteknologiat,

joihin voidaan tuoda tietoa ja havaintoja erilaisista kohteista ja joiden tietoja ja havaintoja lukuisat eri tahot voivat hyödyntää. Näin pystytään toimimaan kustannustehokkaasti ja jokainen mittaustieto ja havainto voidaan hyödyntää.

## LÄHTEET

Arola, H. (toim.). 2012. Jatkuvatoiminen sameusmittaus. Hyvät mittauskäytännöt ja aineistonkäsitely. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2012.

Bolstad, Paul 2005. GIS Fundamentals: A First Text on Geographic Information Systems, 2nd edition. White Bear Lake: Eider Press.

Bruun, Niklas. 2009. Aineistojen avoimuus – tutkijan oikeudet vs. institution oikeudet. Valtakunnallisten eettisten toimikuntien seminaari, säätytalo 24.9.2009. IPR University Center, Helsingin yliopisto.

Cheremisina, Evgenia, Tokareva, Nadezhda & Rische, Naphtali 2012. Application of advance GIS technologies to environmental monitoring. Industry/University Cooperative Research Centers, Program Evaluation Project, Directors Conference. Tammikuu 2012. Esitelmä. PDF-dokumentti. [http://www.ncsu.edu/iucrc/Jan'12/Supplemental%20Funding\\_CAKE\\_Dubna\\_Jan%2012\\_\(Rische\).pdf](http://www.ncsu.edu/iucrc/Jan'12/Supplemental%20Funding_CAKE_Dubna_Jan%2012_(Rische).pdf). Luettu 7.4.2014

Direktiivi Euroopan paikkatietoinfrastruktuurin (INSPIRE) perustamisesta. (2007/2/EY). <http://eur-lex.europa.eu>. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoa. Luet-tu 28.4.2014.

Direktiivi julkisen sektorin hallussa olevien tietojen uudelleenkäytöstä (PSI, Public Sector Information). (2003/98/EY). <http://eur-lex.europa.eu>. WWW-dokumentti. Ei päivitys-tietoa. Luettu 28.4.2014.

Esri Finland Oy. 2012a. Esri - Mitä ovat paikkatieto ja GIS? WWW-dokumentti. [http://www.esri.fi/referenssit/mita\\_paikkatieto\\_on/](http://www.esri.fi/referenssit/mita_paikkatieto_on/). Päivitetty 4.12.2012. Luettu 5.4.2014.

Esri Finland Oy. 2012b. Esri – toimialat: paikkatietoratkaisut eri toimialoille. WWW-dokumentti. <http://www.esri.fi/toimialat/>. Päivitetty 6.9.2012. Luettu 4.4.2014.

Esri Inc. 2014. GIS for Natural Resources. WWW-sivusto. Ei päivitystietoa. Luettu 2.4.2014.

Fabritius, Heidi, Kenno, Pirkko, Nowak, Anu & Ruth, Christina 2006. Luki-on maantiede 4, aluetutkimus. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Finpro 2013. Cleantech industry in Finland 2013. WWW-dokumentti. <http://www.finpro.fi/lehdistotiedotteet>. Ei päivitystietoja. Luettu 23.5.2013.

Hallanvuo, Saija. 2010. Validointi – mikrobiologiset menetelmät. WWW-dokumentti. [http://www.evira.fi/files/attachments/fi/evira/esittely\\_toiminta\\_valvonta/laboratoriotointa/koulutus/saija\\_hallanvuo\\_validointialustus\\_13102010.pdf](http://www.evira.fi/files/attachments/fi/evira/esittely_toiminta_valvonta/laboratoriotointa/koulutus/saija_hallanvuo_validointialustus_13102010.pdf). Ei päivitystietoja. Luettu 10.2.2014.

Hannus, Esa 2007. Hajautettu paikkatietojärjestelmä oppilaitoskäytössä – Internet-GIS. Mikkelin ammattikorkeakoulu. B, Artikkeleita, opinnäytetöitä, tiedotteita 137.

Harju, Kaisu, Etelämäki, Lauri, Lapinlampi, Toivo, Oinonen, Kari & Santala, Erkki 2004. Paikkatiedot vesihuollossa. Suomen ympäristökeskus. Ympäristöopas 112.

Huitu, Hanna (toim.). 2009. Automatisoidun mittausverkon kehittäminen ympäristön seurantaan. MTT.

Hulkkonen, S. & Timonen, J. 2012. The future of cleantech. Results from global online brainstorming 10/2011-1/2012. Cleantech Finland.

Huttula, Timo, Bilaletdin, Emir, Härmä, Pekka, Kallio, Kari, Linjama, Jarmo, Lehtinen, Kari, Luotonen, Hannu, Malve, Olli, Vehviläinen, Bertel ja Villa, Leena. 2009. Ympäristön seurannan menetelmien kehittäminen. Automatisointi ja muut uudet mahdollisuudet. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 13/2009.

Inyang, Hilary I. & Daniels, John L. (toim.) 2009. Environmental monitoring – Vol. II. Paris: UNESCO-EOLSS. PDF-dokumentti. [http://www.eolss.net/ebooklib/ViewEbook-Detail\\_1.aspx?catid=9&fileid=E6-38A](http://www.eolss.net/ebooklib/ViewEbook-Detail_1.aspx?catid=9&fileid=E6-38A). Luettu 1.4.2014.

Johnson, Lynn E. 2009. Geographic Information Systems in Water Resources Engineering. IWA Publishing.

Julkisuuslaki (1999/621) ja asetus (1999/1030). WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoa. Luettu 28.4.2014.

Kettunen, J. 2013. Monitor –ohjelma muuttaa seuranta-ajattelua. Vesitalous 2/2013.

Koppelmäki, Kari, Valkama, Pasi, Vahtera, Heli, Lahti, Kirsti & Ahtela, Irmeeli. Mitä tietoa viljelijä tarvitsee vesiensuojelutoimenpiteidensä tueksi? Vesitalous 4/2012.

Laki paikkatietoinfrastruktuurista (421/2009) ja asetus (725/2009). WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoa. Luettu 28.4.2014.

Laki yksityisyyden suojasta työelämässä (2004/759). WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoa. Luettu 28.4.2014.

Larsen, L. 2005. GIS in environmental monitoring and assessment. Teoksessa Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (toim.) Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications, 2nd Edition, Abridged. Hoboken: Wiley . PDF-dokumentti. [http://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/gis\\_book\\_abridged/files/ch71.pdf](http://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/gis_book_abridged/files/ch71.pdf). Luettu 2.4.2014.

Li, Na, Hannus, Esa & Haapea, Pia 2013. Indoor air quality (IAQ) – using temporal data and GIS to visualize IAQ in campus buildings. Teoksessa Hanne Soininen & Kari Dufva (toim.) Materiaalit ja ympäristöturvallisuus, Soveltavaa tutkimusta ja tuotekehitystä. Mikkelin ammattikorkeakoulu. D: Vapaa muotoisia julkaisuja – Free-form Publications 23, 28–32. PDF-dokumentti. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-588-400-8>. Luettu 2.4.2014.

Löytönen, Markku, Toivonen, Tuuli & Kankaanrinta, Ilta-Kanerva 2003. Globus GIS. Helsinki: WSOY.

Mansikka, Antti 2010. Paikkatiedon laajenevat mahdollisuudet tavikselle ja gurulle. Tie-to virtaamaan ja menetelmät tehokäyttöön - paikkatieto kaupungin toimintaa tukemassa. ProGIS ry:n seminaari 13.4.2010. Esitelmä. PDF-dokumentti. [http://files.kotisivukone.com/ullantesti.kotisivukone.com/tiedotdot/ks2010\\_mansikka\\_anant.pdf](http://files.kotisivukone.com/ullantesti.kotisivukone.com/tiedotdot/ks2010_mansikka_anant.pdf). Luettu 8.4.2014.

MMEA. Ympäristön mittaus ja monitorointi, Measurement, Monitoring and Environmental Assessment (MMEA) –tutkimusohjelma. WWW-dokumentti. <http://cleen.fi/mmea>. Ei päivitystietoja. Luettu 29.4.2014.

Mäkinen, K. 2012. Vilskettä verkossa. Maastotiedot auki. WWW-dokumentti. <http://maastotiedotauki.blogspot.fi/2012/09/vilsketta-verkossa.html>. Ei päivitystietoja. Luettu 22.4.2014.

Paikkatietostrategia – Paikkatietoikkuna. 2014. WWW-dokumentti. <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/inspire-verkosto/paikkatietostrategia>. Ei päivitystietoa. Luettu 7.4.2014.

Pantsar-Kallio, Mari. 2013. Cleantechin strateginen ohjelma. Ympäristömonitoroinnin 8. kansallinen miniseminaari. WWW-dokumentti. [http://www.greenetfinland.fi/fi/images/1/1a/Seminaarin\\_avaus.pdf](http://www.greenetfinland.fi/fi/images/1/1a/Seminaarin_avaus.pdf). Ei päivitystietoja. Luettu 23.5.2013.

Poikola, A, Kola, P, Hintikka K.A. 2010. Julkinen data. Johdatus tietovarantojen avaamiseen. Liikenne- ja viestintäministeriö. PDF-dokumentti. [http://www.lvm.fi/c/document\\_library/get\\_file?folderId=964902&name=DLFE-10617.pdf&title=Julkinen%20d](http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=964902&name=DLFE-10617.pdf&title=Julkinen%20d). Luettu 17.4.2014.

Rainio, Antti 2012. Julkisen hallinnon paikkatiedon viitearkkitehtuuri. Paikkatiedon JHS-seminaari 18.4.2012. Esitelmä. PDF-dokumentti. <http://www.paikkatietoikkuna.fi/documents/108478/818e9a6d-63df-479a-b95e-fe752560c852>. Luettu 5.4.2014.

SFS-EN 872:1996. Veden laatu. Kiintoaineen määrittely. Suodatus lasikuitusuodattimella. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Vahvistettu ja julkaistu englanninkielisenä.

Standardit ja suosikset – Paikkatietoikkuna. 2014. WWW-dokumentti. <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/standardit-ja-suositukset;jsessionid=3E33C177D2CC295C5110CA3D3287FDBF>. Ei päivitystietoa. Luettu 7.4.2014.

Sähköisen viestinnän tietosuojalaki (2004/516). WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoa. Luettu 28.4.2014.

Sähköisen viestinnän tietosuojalain uudistus, Lex Nokia, (HE 48/2008). WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoa. Luettu 28.4.2014. Tietoa Inspirestä – Paikkatietoikkuna. 2014. WWW-dokumentti. <http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/tietoa-inspiresta>. Ei päivitystietoa. Luettu 7.4.2014.

Tietosuojalaki (523/1999). WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoa. Luettu 28.4.2014.

TSK 30. 2002. Geoinformatiikan sanasto. Helsinki: Tekniikan Sanastokeskus ry. PDF-dokumentti. <http://www.tsk.fi/tiedostot/pdf/paikannussanasto.pdf>. Luettu 7.4.2014.

TSK 42. 2011. Geoinformatiikan sanasto. Helsinki: Sanastokeskus TSK ry. PDF-dokumentti. <http://www.tsk.fi/tiedostot/pdf/GeoinformatiikanSanasto.pdf>. Luettu 7.4.2014.

Työ- ja elinkeinoministeriö. Cleantechin strateginen ohjelma. WWW-dokumentti. [http://www.tem.fi/ajankohtaista/vireilla/strategiset\\_ohjelmat\\_ja\\_hankkeet/cleantechin\\_strateginen\\_ohjelma/suomen\\_cleantech-liiketoiminta\\_kasvoi\\_15\\_vuonna\\_2012.110362.news](http://www.tem.fi/ajankohtaista/vireilla/strategiset_ohjelmat_ja_hankkeet/cleantechin_strateginen_ohjelma/suomen_cleantech-liiketoiminta_kasvoi_15_vuonna_2012.110362.news). Luettu 23.5.2013.

Vakkilainen, K., Nykänen, M. & Kairesalo, T. 2011. Vesijärven automaattiasemien vertailunäytteenotto. Kalibroitiraportti mittauskaudelta 2010. JVP-hanke, raportti Vesijärvi-säätiölle. WWW-dokumentti. <http://www.jvp-hanke.fi/Kalibroitiraportti2010.pdf>. Ei päivitystietoja. Luettu 23.5.2013.

Valtion maksuperustelaki (1992/150). WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoja. Luettu 28.4.2014.

Vapo Oy. 2014. Turvetuotantoa vastuullisesti/ajankohtaista – Vapo ostaa Metsolta jat-kuvatoimisen vedenlaadun mittauspalvelun. WWW-dokumentti. [http://www.vapo.fi/turvetuotantoavastuullisesti/ajankohtaista-2/1944/vapo\\_ostaa\\_metsolta\\_jatkuvatoimisen\\_vedenlaadun\\_mittauspalvelun](http://www.vapo.fi/turvetuotantoavastuullisesti/ajankohtaista-2/1944/vapo_ostaa_metsolta_jatkuvatoimisen_vedenlaadun_mittauspalvelun). Ei päivitystietoja. Luettu 14.4.2014.

Viitearkkitehtuuri – Paikkatietoikkuna. 2014. WWW-dokumentti. <https://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/viitearkkitehtuuri>. Ei päivitystietoja. Luettu 7.4.2014.

Yang, Fan, Liang, Fahong & Shi, Jianping. 2014. Applications of GIS in Environment Monitoring. <http://www.seiofbluemountain.com/upload/product/201105/2011fzjz31.pdf> Luettu 2.4.2014.

Ympäristöministeriö. 2005. Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015 – Valtioneuvoston periaatepäätös. Suomen ympäristö 10/2007.

Ympäristöministeriö. 2007. Vesiensuojelun suuntaviivat. Valtioneuvoston periaatepäätös. Suomen ympäristö 10/2007.

Ympäristöministeriö. 2011. Ympäristön tilan seurannan strategia 2020. Ympäristöministeriön raportteja 23/2011.



MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU  
MIKKELI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES. MIKKELI. FIN-  
LAND

PL 181, SF-50101 Mikkeli, Finland. Puh.vaihde (tel.vx.) 0153 5561

Julkaisujen myynti: Tähtijulkaisut verkkokirjakauppa, [www.tahtijulkaisut.net](http://www.tahtijulkaisut.net).  
Julkaisutoiminta: Kirjasto- ja oppimisteknologiapalvelut, Kampuskirjasto,  
Patteristonkatu 2, 50100 Mikkeli, puh. 040 868 6450 tai email: [julkaisut@xamk.fi](mailto:julkaisut@xamk.fi)

#### MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULUN JULKAISUSARJA

A: Tutkimuksia ja raportteja ISSN 1795-9438  
Mikkeli University of Applied Sciences, Publication series

A: Tutkimuksia ja raportteja – Research reports

- A:1 Kyllikki Klemm: Maalla on somaa. Sosiaalinen hyvinvointi maaseudulla. 2005. 41 s.
- A:2 Anneli Jaroma – Tuija Vanttinen – Inkeri Nousiainen (toim.) Ammattikorkeakoulujen hyvinvointiala alueellisen kehittämisen lähtökohtia Etelä-Savossa. 2005. 17 s. + liitt. 12 s.
- A:3 Pirjo Käyhkö: Oppimisen kokemuksia hoitotyön kädentaitojen harjoittelusta sairaanhoitaja- ja terveydenhoitajaopiskelijoiden kuvaamina. 2005. 103 s. + liitt. 6 s.
- A:4 Jaana Lähtenmaa: "AVARTTI" as Experienced by Youth. A Qualitative Case Study. 2006. 34 s.
- A:5 Heikki Malinen (toim.) Ammattikorkeakoulujen valtakunnalliset tutkimus- ja kehitystoiminnan päivät Mikkelissä 8. – 9.2.2006. 2006. 72 s.
- A:6 Hanne Orava – Pirjo Kivijärvi – Riitta Lahtinen – Anne Matilainen – Anne Tillanen – Hannu Kuopanportti: Hajoavan katteen kehittäminen riviviljelykasveille. 2006. 52 s. + liitt. 2 s.
- A:7 Sari Järn – Susanna Kokkinen – Osmo Palonen (toim.): ElkaD – Puheenvuoroja sähköiseen arkistointiin. 2006. 77 s.

- A:8 Katja Komonen (toim.): Työpajatoimintaa kehittämässä - Työpajojen kehittäminen Etelä-Savossa -hankkeen kokemukset. 2006. 183 s. (nid.) 180 s. (pdf)
- A:9 Reetaleena Rissanen – Mikko Selenius – Hannu Kuopanportti – Reijo Lappalainen: Puutislepinoitusmenetelmän kehittäminen. 2006. 57 s. + liitt. 2 s.
- A:10 Paula Kärmeniemi – Kristiina Lehtola – Pirjo Vuoskoski: Arvioinnin kehittäminen PBL-opetus suunnitelmassa – kaksi tapausesimerkkiä fyysioterapeuttikoulutuksesta. 2006. 146 s.
- A:11 Eero Jäppinen – Jussi Heinimö – Hanne Orava – Leena Mäkelä: Metsäpolttoaineen saatavuus, tuotanto ja laivakuljetusmahdollisuudet Saimaan alueella. 2006. 128 s. + liitt. 8 s.
- A:12 Pasi Pakkala – Jukka Mäntylä: ”Kiva tulla aamulla...” - johtaminen ja työhyvinvointi metsänhoitoyhdistyksissä. 2006. 40 s. + liitt. 7 s.
- A:13 Marja Lehtonen – Pia Ahoranta – Sirkka Erämaa – Elise Kosonen – Jaakko Pitkänen (toim.): Hyvinvointia ja kuntoa kulttuurista. HAK-KU-projektin loppuraportti. 2006. 101 s. + liitt. 5 s.
- A:14 Mervi Naakka – Pia Ahoranta: Palveluketjusta turvaverkoksi -projekti: Osaaminen ja joustavuus edellytyksenä toimivalle vanhus-palveluverkostolle. 2007. 34 s. + liitt. 6 s.
- A:15 Paula Anttila – Tuomo Linnanto – Iiro Kiukas – Hannu Kuopanportti: Lujitemuovijätteen poltto, esikäsittely ja uusiotuotteiden valmistaminen. 2007. 87 s.
- A:16 Mervi Louhivaara (toim.): Elintarvikeyrittäjän opas Venäjän markkinoille. 2007. 23 s. + liitt. 7 s.
- A:17 Päivi Tikkanen: Fysioterapian kehittämishanke Mikkelin seudulla. 2007. 18 s. + liitt. 70 s.
- A:18 Aila Puttonen: International activities in Mikkelin University of Applied Sciences. Developing by benchmarking. 2007. 95 s. + liitt. 42 s.
- A:19 Iiro Kiukas – Hanne Soininen – Leena Mäkelä – Martti Pouru: Puun lämpökäsittelyssä muodostuvien hajukaasujen puhdistaminen biosuotimella. 2007. 80 s. + liitt. 3 s.

- A:20 Johanna Heikkilä, Susanna Hytönen – Tero Janatuinen – Ulla Keto – Outi Kinttula – Jari Lahti – Heikki Malinen – Hanna Mylly – Marjo Eerikäinen: Itsearviointityökalun kehittäminen korkeakouluille. 2007. 48 s. + liitt. (94 s. CD-ROM)
- A:21 Katja Komonen: Puhuttu paikka. Nuorten työpajatoiminnan rakentuminen työpajakerronnassa. 2007. 207 s. + liitt. 3 s. (nid.) 207 s. + liitt. 3 s. (pdf)
- A:22 Teija Taskinen: Ammattikeittiöiden ruokatuotantoprosessit. 2007. 54 s.
- A:23 Teija Taskinen: Ammattikeittiöt Suomessa 2015 – vaihtoehtoisia tulevaisuudennäkymiä. 2007. 77 s. + liitt. 5 s. (nid.) 77 s. + liitt. 5 s. (pdf)
- A:24 Hanne Soininen, Iiro Kiukas, Leena Mäkelä: Biokaasusta bioenergiaa eteläsavolaisille maaseutuyrityksille. 2007. 78 s. + liitt. 2 s. (nid.)
- A:25 Marjaana Julkunen – Panu Väänänen (toim.): RAJALLA – aikuiskasvatus suuntaa verkkoon. 2007. 198 s.
- A:26 Samuli Heikkonen – Katri Luostarinen – Kimmo Piispa: Kiln drying of Siberian Larch (*Larix sibirica*) timber. 2007. 78 p. + app. 4 p.
- A:27 Rauni Väättä – Arja Tiippana – Sonja Pyykkönen – Riitta Pylvänäinen – Voitto Helander: Hyvän elämän keskus. ”Ikä-keskus”, hyvinvointia, terveyttä ja toimintakykyä ikääntyville –hankkeen loppuraportti. 2007. 162 s
- A:28 Hanne Soininen – Leena Mäkelä – Saana Oksa: Etelä-Savon maaseutuyritysten ympäristö- ja elintarviketurvallisuuden kehittäminen. 2007. 224 s. + liitt. 55 s.
- A:29 Katja Komonen (toim.): UUDISTUVAT OPPIMISYMPÄRISTÖT – puheenvuoroja ja esimerkkejä. 2007. 231 s. (nid.) 221 s. (pdf)
- A:30 Johanna Logrén: Venäjän elintarviketurvallisuus, elintarvikelainsäädäntö ja -valvonta. 2007. 163 s.
- A:31 Hanne Soininen – Iiro Kiukas – Leena Mäkelä – Timo Nordman – Hannu Kuopanportti: Jätepolttoaineiden lentotuhkat. 2007. 102 s.
- A:32 Hannele Luostarinen – Erja Ruotsalainen: Opiskelijoiden oppimisen ja osaamisen arviointikriteerit Mikkelin ammattikorkeakoulun opiskelijarviointiin. 2007. 29 s. + liitt. 25 s.

- A:33 Leena Mäkelä – Hanne Soininen – Saana Oksa: Ympäristöriskien hallinta. 2008. 142 s.
- A:34 Rauni Väättäimöinen – Merja Tolvanen – Pekka Valkola: Laatu arvioiden. Mikkelin ammattikorkeakoulun ja Savonia-ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystyön benchmarking. 2008. 46 s. + liitt. 22 s. (nid.) 46 s. +liitt. 22 s. (pdf)
- A:35 Jari Kortelainen – Yrjö Tolonen: Vuosiluston kierresyisyys sahatavaran pinnoilla. 2008. 23 s. (pdf)
- A:36 Anneli Jaroma (toim.): Virtaa verkostosta. Tutkimus- ja kehitystyö osana ammattikorkeakoulujen tehtävää, AMKtutka, kehittämisverkosto yhteisellä asialla. 2008. 180 s. (nid.) 189 s. (pdf)
- A:37 Johanna Logrén: Food safety legislation and control in the Russian federation. Practical experiences. 2008. 52 p. (pdf)
- A:38 Teija Taskinen: Sähköisten järjestelmien hyödyntäminen ammattikeittäiden omavalvonnassa. 2008. 28 s. + liitt. 2 s. (nid.) 38 s. +liitt. 2 s. (pdf)
- A:39 Kimmo Kainulainen – Pia Puntanen – Heli Metsäpelto: Etelä-Savon luovien alojen tutkimus- ja kehittämissuunnitelma. 2008. 68 s. + liitt. 17 s. (nid.) 76 s. +liitt. 17 s. (pdf)
- A:40 Nicolai van der Woert – Salla Seppänen – Paul van Keeken (eds.): Neuroblend - Competence based blended learning framework for life-long vocational learning of neuroscience nurses. 2008. 166 p. + app. 5 p. (nid.)
- A:41 Nina Rinkinen – Virpi Leskinen – Päivi Liukkonen: Selvitys matkailuyritysten kehittämistarpeista 2007–2013 Savonlinnan ja Mikkelin seuduilla sekä Heinävedellä. 2008. 41 s. (pdf)
- A:42 Virpi Leskinen – Nina Rinkinen: Katsaus matkailutoimialaan Etelä-Savossa. 2008. 28 s. (pdf)
- A:43 Kati Kontinen: Maaperän vahvistusratkaisut huonosti kantavien maiden puunkorjuussa. 2009. 34 s. + liitt. 2 s.
- A:44 Ulla Keto – Marjo Nykänen – Rauni Väättäimöinen: Laadun vuoksi. Mikkelin ammattikorkeakoulu laadunvarmistuksen kehittäjänä. 2009. 76 s. + liitt. 11 s.

- A:45 Laura Hokkanen (toim.): Vaikuttavaa! Nuoret kansalaisvaikuttamisen kentillä. 2009. 159 s. (nid.) 152 s. (pdf)
- A:46 Eliisa Kotro (ed.): Future challenges in professional kitchens II. 2009. 65 s. (pdf)
- A:47 Anneli Jaroma (toim.): Virtaa verkostosta II. AMKtutka, kehitysimpulsseja ammattikorkeakoulujen T&K&I -toimintaan. 2009. 207 s. (nid.) 204 s. (pdf)
- A:48 Tuula Okkonen (toim.): Oppimisvaikeuksien ja erilaisten opiskelijoiden tukeminen MAMKissa 2008–2009. 2009. 30 s. + liitt. 26 s. (nid.) 30 s. + liitt. 26 s. (pdf)
- A:49 Soile Laitinen (toim.): Uudistuva aikuiskoulutus. Eurooppalaisia kokemuksia ja suomalaisia mahdollisuuksia. 2010. 154 s. (nid.) 145 s. (pdf)
- A:50 Kati Kontinen: Kumimatot maaperän vahvistusratkaisuna puunkorjuussa. 2010. 37 s. + liitt. 2 s. (nid.)
- A:51 Laura Hokkanen – Veli Liikanen: Vaikutusvaltaa! Kohti kansalaisvaikuttamisen uusia areenoja. 2010. 159 s. + liitt. 17 s. (nid.) 159 s. + liitt. 17 s. (pdf)
- A:52 Salla Seppänen – Niina Kaukonen – Sirpa Luukkainen: Potilashotelli Etelä-Savoon. Selvityshankkeen 1.4.–31.8.2009 loppuraportti. 2010. 16 s. + liitt. 65 s. (pdf)
- A:53 Minna-Mari Mentula: Huomisen opetusravintola. Ravintola Tallin kehittäminen. 2010. 103 s. (nid.) 103 s. (pdf)
- A:54 Kirsi Pohjola. Nuorisotyö koulussa. Nuorisotyö osana monialaista oppilashuoltoa. 2010. 40 s (pdf).
- A:55 Sinikka Pöllänen – Leena Uosukainen. Oppimisverkosto voimaannuttajana ja hyvinvoinnin edistäjänä. Savonlinnan osaverkoston toiminnan esittely Tykes -hankkeessa vuosina 2006–2009. 2010. 60 s. + liitt. 2 s. (nid.) 61 s. liitt. 2 s. (pdf)
- A: 56 Anna Kapanen (toim.). Uusia avauksia tekemällä oppimiseen. Työpajojen ja ammattiopistojen välisen yhteistyön kehittyminen Etelä- ja Pohjois-Savossa. 2010. 144 s. (nid.) 136 s. (pdf)

- A:57 Hanne Soininen – Leena Mäkelä – Veikko Äikäs – Anni Laitinen. Ympäristöasiat osana hevostallien kannattavuutta. 2010. 108 s. + liitt. 11 s. (nid.) 105 s. + liitt. 11 s. (pdf)
- A:58 Anu Haapala – Kalevi Niemi (toim.) Tulevaisuustietoinen kehittäminen. Hyvinvoinnin ja kulttuurin ammattikorkeakoulutuksen suunta-  
viivoja etsimässä. 2010. 155 s + liitt. 26 s. (nid.) 143 s. + liitt. 26 s. (pdf)
- A:59 Hanne Soininen – Leena Mäkelä – Anni Kyyhkynen – Elina Muukkonen. Biopolttoaineita käyttävien energiantuotantolaitosten tuhkien hyötykäyttö- ja logistiikkavirrat Itä-Suomessa. 2010. 111 s. (nid.) 111 s. (pdf)
- A:60 Soile Eronen. Yhdessä paremmin. Aivohalvauskuntoutuksen tehostaminen moniammatillisuudella. 2011. 111 s + liitt. 10 s. (nid.)
- A:61 Pirjo Hartikainen (toim.). Hyviä käytänteitä sosiaali- ja terveysalan hyvinvointipalveluissa. Tuloksia HYVOPA-hankkeesta. 2011. 64 s. (pdf)
- A:62 Sirpa Luukkainen – Simo Ojala – Antti Kaipainen. Mobiilihoiva turvallisen kotihoidon tukena -hanke 1.5.2008–30.6.2010. EAKR toimintalinja 4, kokeiluosio. Loppuraportti. 2011. 78 s. + liitt. 19 s. (pdf)
- A:63 Sari Toijonen-Kunnari (toim.). Toiminnallinen kehittäjäkumppanuus. MAMKin liiketalouden koulutus Etelä-Savon innovaatioympäristössä. 2011. 164 s. (nid.) 150 s. (pdf)
- A:64 Tuula Siljanen – Ulla Keto. Mikkeli muutoksessa. Muutosohjelman arviointi. 2011. 42 s. (pdf)
- A:65 Päivi Lifflander – Pirjo Hartikainen. Savonlinnan seudun palveluseteliselvitys. 2011. 59 s. + liitt. 6 s. (pdf)
- A:66 Mari Pennanen – Eva-Maria Hakola. Selvitys matkailun luontoaktiiviteettien, Kulttuurin ja luovien alojen Yhteistyön kehittämismahdollisuuksista ja -tarpeista Etelä-Savossa. Hankeraportti. 2011. 29 s. + liitt. 18 s. (pdf)
- A:67 Osmo Palonen (toim.). Muistilla on kolme ulottuvuutta. Kulttuuriperinnön digitaalinen tuottaminen ja tallentaminen. 2011. 136 s. (nid.) 128 s. (pdf)
- A:68 Tuija Vääntinen – Marjo Nykänen (toim.). Osaamisen palapeli. Mikkelin ammattikorkeakoulun opetussuunnitelmien kehittäminen. 2011. 137 s.+ liitt. 8 s. (nid.) 131 s. + liitt. 8 s. (pdf)

- A:69 Petri Pajunen – Pasi Pakkala. Prosessiorganisaatio metsänhoitoyhdistyksen organisaatiomallina. 2012. 48 s. + liitt. 6 s. (nid.)
- A:70 Tero Karttunen – Kari Dufva – Antti Ylhäinen – Martti Kemppinen. Väsyttävästi kuormitettujen liimaliitosten testimenetelmän kehitys. 2012. 45 s. (nid.)
- A:71 Minna Malankin. Venäläiset matkailun asiakkaina. 2012. 114 s. + liitt. 7 s. (nid.) 114 s. + liitt. 7 s. (pdf)
- A:72 María del Mar Márquez – Jukka Mäntylä. Metsätalouden laitoksen opetussuunnitelman uudistamisprosessi. 2012. 107 s. + liitt. 17 s. (nid.)
- A:73 Marjaana Kivelä (toim.). Yksin hyvä – yhdessä parempi. 2012. 115 s. (nid.) 111 s. (pdf)
- A:74 Pekka Hartikainen – Kati Kontinen – Timo Antero Leinonen. Metsätiensuunnitteluopas – metsä- ja piennartiet. 2012. 44 s. + liitt. 20 s. (nid.) 44 s. + liitt. 20 s. (pdf)
- A:75 Sami Luste – Hanne Soininen – Tuija Ranta-Korhonen – Sari Seppäläinen – Anni Laitinen – Mari Tervo. Biokaasulaitos osana energiaomavaraista maatilaa. 2012. 68 s. (nid.) 68 s. (pdf)
- A:76 Marja-Liisa Kakkonen (toim.). Näkökulmia yrittäjyyteen ja yritysyhteistyötoimintaan. 2012. 113 s. (nid.) 106 s. (pdf)
- A:77 Matti Meriläinen – Anu Haapala – Tuija Vääntinen. Opiskelijoiden hyvinvointi ja siihen yhteydessä olevia tekijöitä. Lähtökohtia ja tutkittua tietoa ohjauksen ja pedagogiikan kehittämiseen. 2013. 92 s. (nid.) 92 s. (pdf)
- A:78 Jussi Ronkainen – Marika Punamäki (toim.). Nuoret ja syrjäytyminen Itä-Suomessa. 2013. 151 s. (nid.) 151 s. (pdf)
- A:79 Anna Kähkönen (toim.). Ulkomaalaiset opiskelijat Etelä-Savon voimavaraksi. Kokemuksia ja esimerkkejä. 2013. 127 s. (nid.) 127 s. (pdf)
- A:80 Risto Laukas – Pasi Pakkala. Suomen suurimpien kaupunkien metsätaloustoimintojen kehittäminen. 2013. 55 s. + liitt. 8 s. (nid.)
- A:81 Pekka Penttinen – Jussi Ronkainen (toim.). Itä-Suomen nuorisopuntari. Katsaus nuorten hyvinvointiin Itä-Suomen maakunnissa 2010–2012. 2013. 147 s. + liitt. 15 s. (nid.) 147 s. + liitt. 15 s. (nid.)

- A:82 Marja-Liisa Kakkonen (ed.). Bridging entrepreneurship education between Russia and Finland. Conference proceedings 2013. 2013. 91 s (nid.) 91 s. (pdf)
- A:83 Tero Karttunen - Kari Dufva. The determination of the mode II fatigue threshold with a cast iron ENF specimen. 2013. 24 s. (nid.)
- A:84 Outi Pyöriä (toim.). Vesi liikuttaa ja kuntouttaa - hyviä käytänteitä vesiliikuntapalveluissa. Tuloksia VESKU-hankkeesta. 2013. 63 s. (nid.) 63 s. (pdf)
- A:85 Laura Hokkanen - Johanna Pirinen - Hanna Kuitunen. Vapaaehtoistyö, kansalaisjärjestöt ja hyvinvointipalvelujen kehittäminen Etelä-Savossa – esiselvitys. 2014. 114 s. (nid.) 114 s. (pdf)
- A:86 Johanna Hirvonen. Luontolähtöisen toiminnan hyvinvointivaikutukset ja niiden arviointi. Asiakasvaikutusten arviointi Luontohoiva-hankkeessa. 2014. 70 s. (nid.) 70 s. (pdf)
- A:87 Pasi Pakkala. Liiketoimintaa ja edunvalvontaa – Näkökulmia työhyvinvointiin metsähoitoyhdistyksissä. 2014. 52 s. (nid.)
- A:88 Johanna Arola - Piia Aarniosalo - Hannu Poutiainen - Esa Hannus – Heikki Isotalus. Open-tietojärjestelmä. Etämonitoroinnin kehittäminen osana ympäristötekniikan koulutusta ja innovaatiotoimintaa. 2014. 71 s. (nid.) 71 s. (pdf)







MAMK

University of Applied Sciences