

Jatkuvatoimisen monitorointitiedon hyödyntäminen

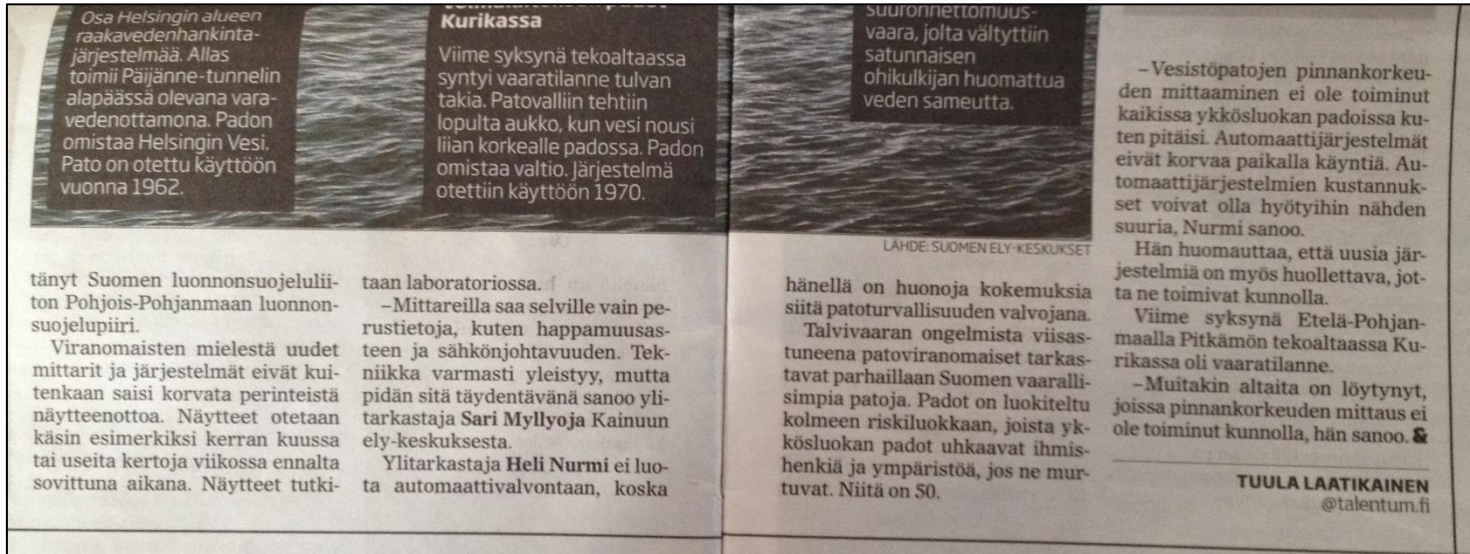
Teemu Räsänen

Savonia AMK – Ympäristöteknologia

25.4.2013

Vesihuollon riskien hallinta ja monitorointi -seminaari

Tekniikka & Talous 12.4.2013



”Ylitarkastaja ei luota automaattivalvontaan, koska hänellä on huonoja kokemuksia siitä patoturvallisuuden valvojana”

”Viranomaisten mielestä uudet mittarit eivät kuitenkaan saisi korvata perinteistä näytteenottoa”

”Tekniikka varmasti yleistyy mutta pidän sitä täydentävänä”

Jatkuvatoiminen ympäristön monitorointi

- Jatkuvatoimisilla kentällä tai verkostossa tapahtuvilla mittauksilla on mahdollista arvioida ja mitata erilaisten muuttujien vaihteluja
 - Ajalliset vaihtelut
 - Alueelliset vaihtelut jos mittapisteitä paljon
 - Syvyyssuuntaiset vaihtelut
- Jatkuvatoimisen mittaamisen tuomia etuja mm:
 - Suuri mittaustiheys
 - Tulosten lähes reaaliaikaisuus
 - Kattavien aikasarjojen syntyminen
 - Historiatietojen saatavuus

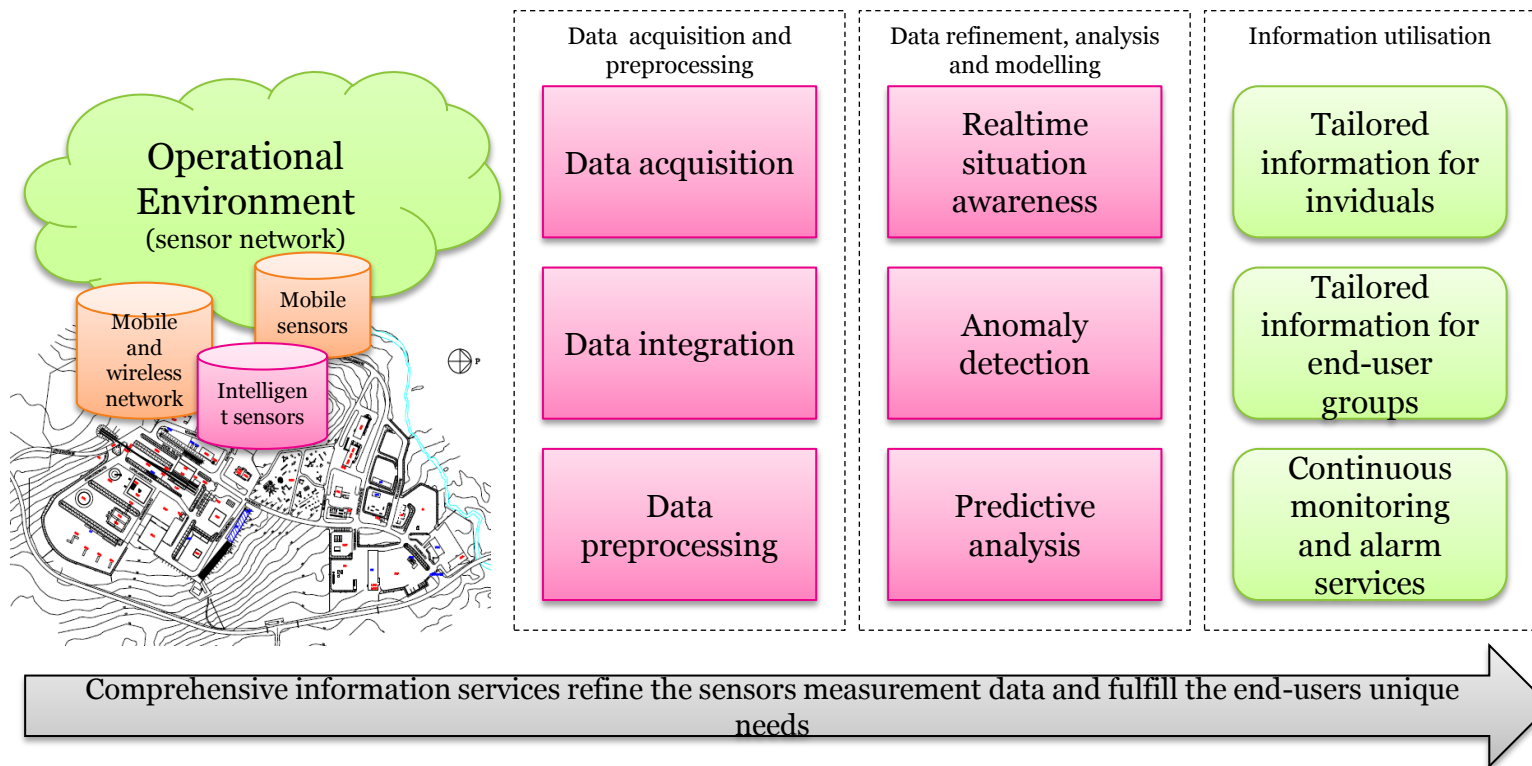
Jatkuvatoiminen ympäristön monitorointi

- Jatkuvatoimiset kenttämittaukset yhdistettynä näytteenottoon ja laboratorioanalyysiin mahdollistaa luotettavan ja entistä monipuolisemman ympäristöseurannan
- Nykyinen mittausteknologia, järjestelmät ja osaaminen mahdollistavat jo paljon jos niitä käytetään oikein
- Automaattisten mittausten laajamittainen käyttö (enemmän mittauskohteita) ja erityisesti mittaustietojen hyödyntäminen sekä sen automatisointi ovat jatkossa keskeisiä kehityskohteita

Jatkuvatoiminen monitorointi ja vesiturvallisuus

- WSP:n mukainen käyttötarkkailu laitoksilla
 - Prosessien automatisointi ja toiminnan varmistus
 - Vedenlaadun seuranta
 - Täydentää riskien hallintaa ja minimointia
- Vesijohtoverkon monitorointi
 - Vedenlaatu
 - Hydraulinen ”tila”
- Raakavesilähteiden monitorointi
 - Laatu
 - Riittävyys
 - Muutokset

Jatkuvatoiminen monitorointi ja siihen perustuvat palvelut



Jatkuvatoimisen mittaustiedon hyödyntämisen avainasioita

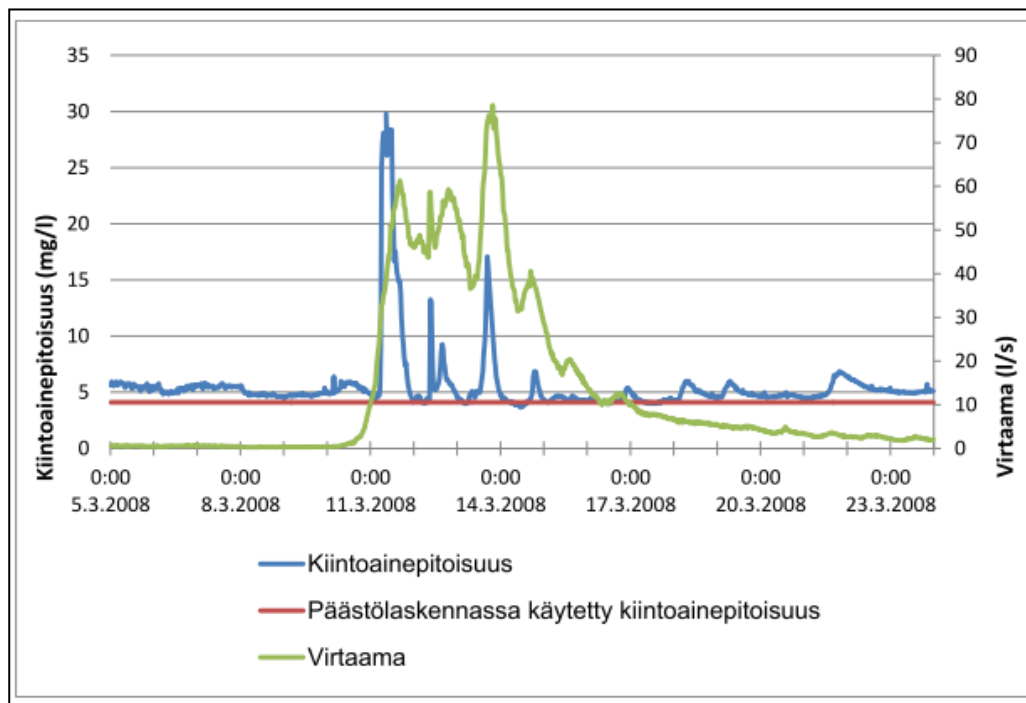
- Tapaukseen soveltuvat mittalaitteet
 - Mittalaitteiden luotettavuus
 - Mittausepävarmuus
 - Oikea mittauspaikka ja laitteiden asennus
- Mittalaitteiden säännöllinen huolto ja ylläpito
 - Kalibrointi, puhdistus, asennusten tarkastaminen, jne
 - Antureiden itsediagnostiikka
- Antureiden helppo liittäminen mittausjärjestelmään (plug and play)
 - Joustava fyysinen rajapinta mittalaitteiden liittämiseksi
 - Yleinen rajapinta mittaustiedon vastaanottamiseen
 - Tiedonsiirto mittaustietokantaan
- Mittaustietojärjestelmän kyky jalostaa dataa
 - Mittaustieto käyttäjälleen soveltuvaksi informaatioksi
 - Mahdollisuus räätälöityjen ”laskentojen” tekemiseen
 - Raportointien ja yhteenvetojen tekemisen mahdollisuus
- Mittausjärjestelmän kyky lähettää jalostettu tieto eteenpäin
 - Hälytykset, yhteenvedot, raportit, kuvaajat, jne
- Järjestelmän toiminnan läpinäkyvyys

Jatkuvatoiminen monitorointi Savonian opinnäytetöissä

- Pintavesiin kohdistuvan kuormituksen selvittäminen
 - Turvetuotannon vesistökuormitus (Heikkinen, 2012)
 - Maatalouden vesistökuormitus ja virtaamamittauksen mittausepävarmuuden tarkastelu (Kröger, 2013)
- Pohjavesivarantojen seuranta
 - Pohjaveden riittävyys (Kuossari, 2013)
 - Pohjavesialueen hydraulisen gradientin määrittäminen
- Vesihuoltolaitosten automaatiojärjestelmät
 - Rajapinnat ja kaukovalvonnan nykytila vesihuoltolaitoksilla (Niskanen, 2013)

Julkaisut löytyvät Theseus - järjestelmästä

Turvetuotannon vesistökuormitus



Heikkinen H, 2012

Mittaukset → Ainevirtaama → Ominaiskuormitus → Vuosipäästöt → toimitus VAHTIIN

Turvetuotannon vesistökuormitus

- Jatkuvatoimisen mittauksen data tallentuu tietokantaan
 - Mm. virtaama, kiintoaine, sameus, lämpötila, jne
 - Palvelut: nettikäyttöliittymän avulla voidaan hakea aikasarja ja kuvaaja halutulta ajanjaksolta
- Konsultti tai turpeen tuotantoyritys räätälöi raportin ja kuormituslaskelmat
- Laskelmat voitaisiin tehdä kuitenkin jo pääosin automaattisesti (esimerkiksi tunti tai vuorokausitasolla)
 - Ainevirtaama, ominaiskuormitus, vuosipäästöt, jne
 - Rajapinta VAHTI-järjestelmään (viranomaisen hyväksyntä)

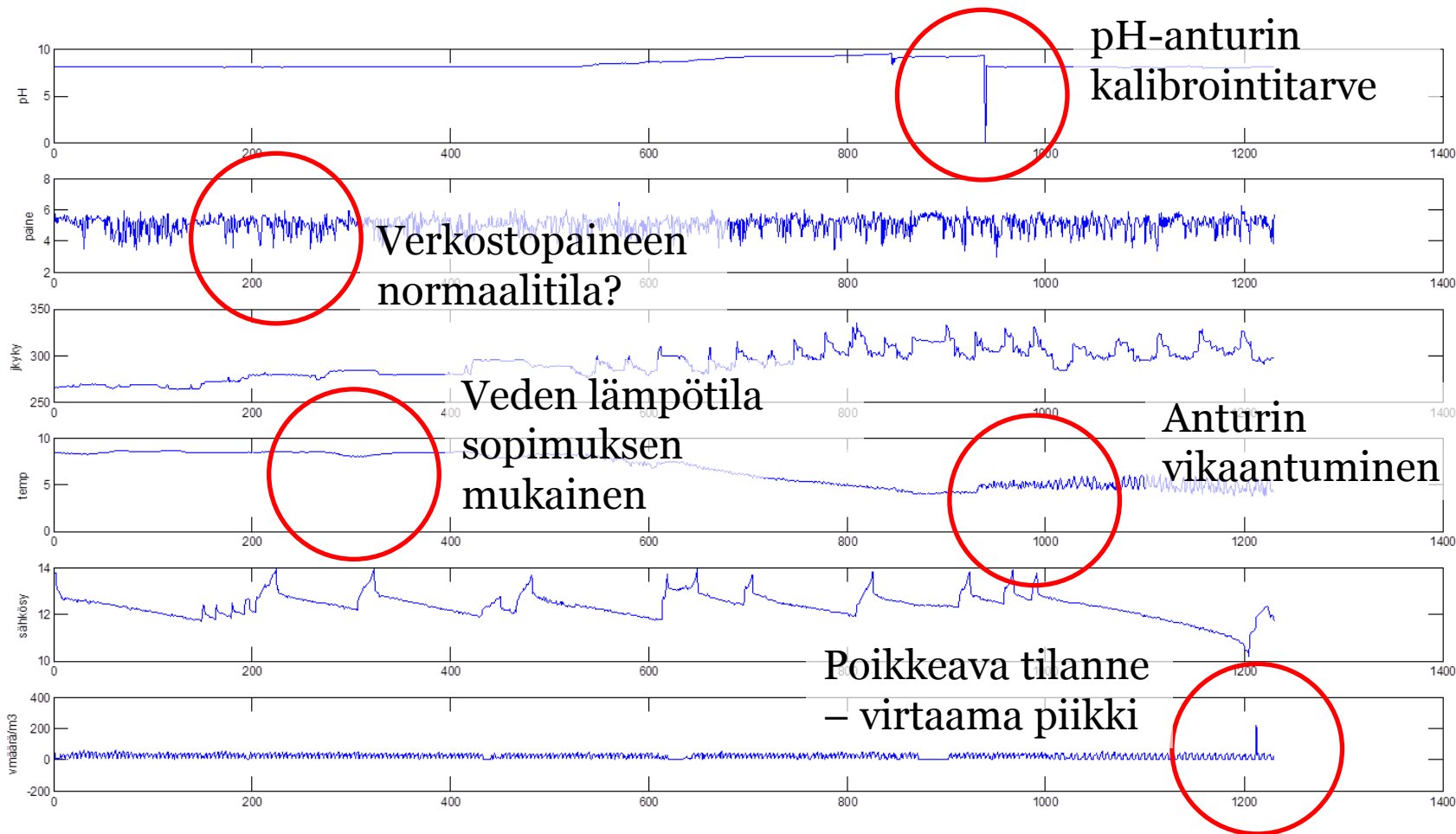
Opinnäytetöissä käytettyjen järjestelmien ominaisuuksia

	Heikkinen	Kuossari	Kröger
Tarve	Turvetuotannon vesistökuormitus	Pohjavesiesiintymän riittävyys ja seuranta (pinnankorkeus havaintoputkissa)	Maatalouden vesistökuormitus
Mittaukset	mm. virtaama, sameus, pH, lämpötila	Havaintoputken pinnankorkeus (paine)	V-pato ja paineanturi (jatkuvatoiminen virtaama)
Tiedontallennus	Tietokanta palvelimella	Tiedosto	Tiedosto
Tiedonsiirtotapa	GPRS	”Jalakapatikka”	”Jalakapatikka”
Tiedon jakaminen	Web-käyttöliittymä	?	?

Vesijohtoverkkojen monitorointi

- Suuret vesihuoltolaitokset
 - Pitkälti automatisoitu räätälöidyillä järjestelmillä
- Pienet vesihuoltolaitokset ja osuuskunnat
 - Pumppaamojen ja verkostojen seurannan automatisointi lähtenyt käyntiin
 - Jatkuvatoimisen mittauksen yleistymisen odotettavissa
 - Järjestelmissä vielä paljon kehitettävää

Vesijohtoverkon monitorointi



Vesijohtoverkon monitorointi - Veden käyttäjä (yksittäinen kuluttaja, teollisuuslaitos, elintarviketuotanto)

- Jatkuvatoimisen mittaustiedon hyödyntäminen (online)
 - Veden laadun muutokset (lämpötila, johtokyky, sameus, jne) (**laatuvahti**)
 - Vuodon havaitseminen (virtaama, paine) (**vuotovahti**)
 - Kulutuksen seuranta (vesimäärä) (**kulutusvahti**)
- Historiatiedon hyödyntäminen
 - putkirikkojen/vikatilanteiden havaitseminen ja jälkitarkastus
 - adaptiiviset hälytysrajat (poikkeukset vesijohtoverkon normaalitilasta)
 - kulutushistoria ja raportointi

Vesijohtoverkon monitorointi - Vesiosuuskunta (tai pieni kunnallinen vesihuoltolaitos)

- **Jatkuvatoimisen mittaustiedon hyödyntäminen (online)**
 - Laskuttamattoman veden määrä (vuositaso, reaaliaikainen seuranta)
 - Viemäriverkoston menevän veden määrä ja vuotoveden määrän seuranta
 - Pumppujen käynnin seuranta (pumpun huoltotarve ja energian säästö)
 - Ostoveden laadun tarkkailu (tulisi olla laadultaan sopimuksen mukaista)
 - Nopeat viestipalvelut asiakkaille hälytys- tai ongelmatilanteissa
 - Riskien hallinta toimenpiteet (WSP - käyttötarkkailu)
- **Historiatiedon hyödyntäminen**
 - adaptiiviset hälytysrajat (poikkeukset vesijohtoverkon normaalitilasta)
 - putkirikkojen/vikatilanteiden havaitseminen ja jälkitarkastus
 - viranomaisille raportoitavat tiedot (liittyjätiedot, verkostotiedot, hälytykset, veden laatu)
 - käyttöomaisuudenhallinta (liittyjätiedot, verkostotiedot, laitekanta)
 - veden laadun sopimuksen mukaisuuden seuranta (sakkoja jos poikkeamia)

Järjestelmän läpinäkyvyys

- Mittausepävarmuus näkyville
 - Anturit
 - Laskennalliset suureet
 - Näytteenotto ja laboratorioanalyysit
- Mittaustiedon esikäsittely ja muokkaus
 - yhdistely, muunnokset, suodatus, jne
- Laskentakaavat ja mallit näkyville
 - Kaavat ja laskennalliset suureet
 - Mallinnuksen ideologia ja kuvaukset
 - Mahdollisuus nähdä myös kooditasolla

Esimerkkejä mittausepävarmuudesta jatkuvatoimisissa mittauksissa

- Sameusanturi
 - Mittausalue 0-400 NTU
 - Mittausepävarmuus 1% mittausarvosta
 - Kiintoaineen mittaus sameuteen perustuen 1%
- Paineanturi pinnankorkeuden mittaamiseen
 - Mittausalue 0..1 m
 - Mittausepävarmuus 0,25 % mittausalueesta eli 2,5 mm
- V-pato virtaaman mittauksessa
 - Mittausalue n. 3...1000 l/min
 - Mittausepävarmuus 3-5 % mittausarvosta

Esimerkkejä mittausepävarmuudesta

- Laskennalliset suureet – Kiintoaineen ainevirtaama

Esim. Kiintoaineen ainevirtaama L lasketaan kaavalla

$$L(\text{mg} / \text{s}) = c(\text{mg} / \text{l}) * Q(\text{l} / \text{s}),$$

$c = 4,54 \text{ mg/l}$ (kiintoaineen pitoisuus vedessä mittausajanhetkellä)

$Q = 100,53 \text{ l/s}$ (virtaama mittausajanhetkellä)

Ainevirtaamaksi L saadaan $= 456,41 \text{ mg/s}$.

Ainevirtaaman kokonaisvirhe saadaan laskettua kunkin termin virheen summana.

Virhekaavaksi saadaan siis:

$$\left| \frac{\Delta L}{L} \right| \leq \left| \frac{\Delta c}{c} \right| + \left| \frac{\Delta Q}{Q} \right| = 0,01 + 0,03 = 0,04 = 4\%$$

Tästä edelleen $\Delta L = 0,04 \cdot L \approx 18,2564 \text{ mg/s}$ ja lopputulos: $L = (456 \pm 18) \text{ mg/s}$.

Esimerkkejä mittaus- epävarmuus- desta

Laboratorioanalyysit

Sameus: > 1 FNU 16%

Kiintoaine: 1-10 mg/l 24%

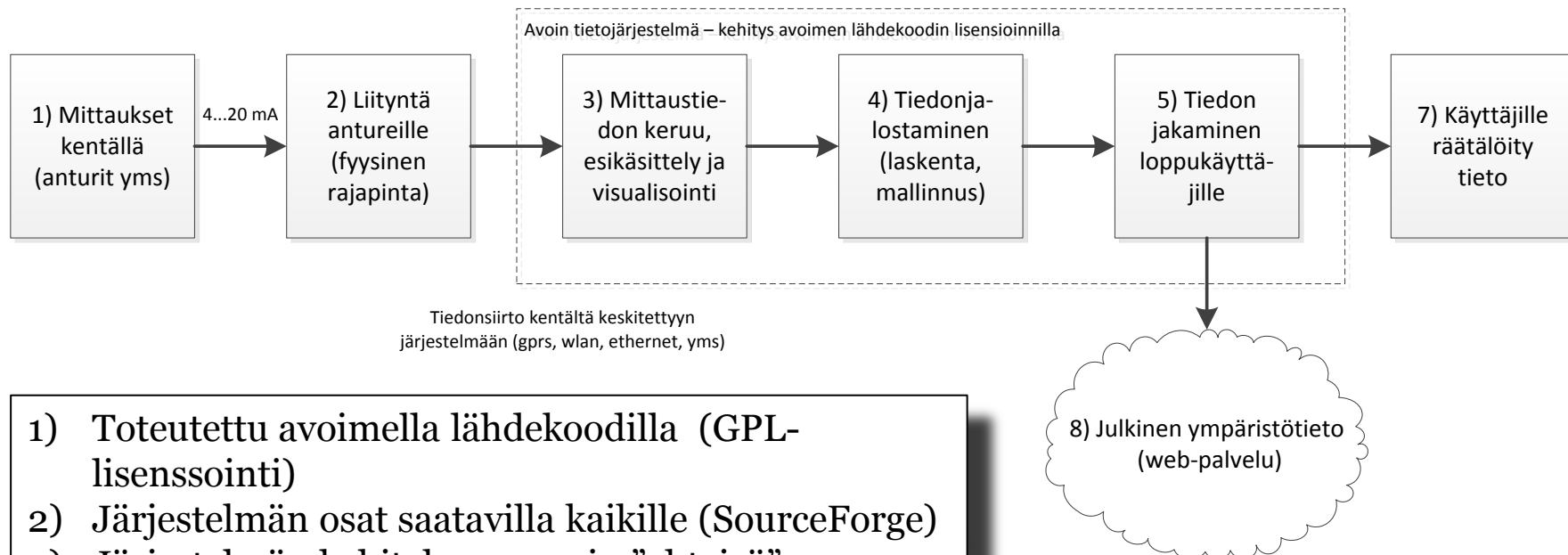
AKKREDITOIDUT MENETELMÄT

Määrittäminen	Menetelmä	Menetelmän määrittämiss raja	Mittausepävarmuus
*Alkaliteetti	Sisäinen menetelmä MENE2 (Standard methods for the examination of water and wastewater, 13th edit.1971)	0,02 mmol/l	0,020 – 0,040 mmol/l ± 0,006 mmol/l 0,041 – 0,20 mmol/l ± 15 % > 0,20 mmol/l ± 10 %
*Ammoniumtyyppi luonnonvedet	SFS 3032:1976	4 ug/l	4 – 15 ug/l ± 2,5 ug/l 15 – 50 ug/l ± 17 % 50 – 100 ug/l ± 15 % 100 – 500 ug/l ± 11 % > 500 ug/l ± 8 %
*Ammoniumtyyppi jätevedet	SFS 5505:1988 muunneltu, Kjeldahl-menetelmä	2 mg/l	2 – 3 mg/l 0,5 mg/l 3 – 5 mg/l ± 16 % 5 – 10 mg/l ± 15 % > 10 mg/l ± 8 %
*BOD ₇ *BOD ₇ ATU *BOD ₇ ATU (suod. GFA)	SFS-EN 1899-1:1988	1,5 mg/l	1,5 – 5 mg/l ± 1,4 mg/l 5 – 100 mg/l ± 27 % > 100 mg/l ± 20 %
*Fosfori: kokonaispitoisuus ja liukoinen *Fosfori, kokonaispitoisuus (suod. Nuclepore) *Fosfori, kokonaispitoisuus (suod. GFA)	Sisäinen menetelmä MENE8 (perustuu kumottuun standardiin SFS 3026:1986)	5 ug/l	5 – 20 ug/l ± 3 ug/l 21 – 50 ug/l ± 17 % 51 – 100 ug/l ± 15 % > 100 ug/l ± 8 %
*Sameus	SFS-EN ISO 7027:2000	0,2 FNU	0,2 – 0,5 FNU ± 0,09 FNU 0,5 – 1,0 FNU ± 18 % > 1,0 FNU ± 16 %
Kiintoaine GF/A Kiintoaine GF/C Kiintoaine GF/F	Sisäinen menetelmä MENE16 (perustuu kumottuun standardiin SFS 3037:1976)	1,0 mg/l	1,0 – 10 mg/l ± 24 % 11 – 1000 mg/l ± 15 % > 1000 mg/l ± 5 % lietteet < 1000 mg/l ± 8 %

Jatkuvatoimiset mittausjärjestelmät

- Kaupallisia järjestelmiä löytyy jo paljon
- Usein räätälöityjä tiettyyn tarpeeseen
- Teollisuuden automaatiojärjestelmät pohjana
- Suljettuja ja ”vaikeasti” muokattavissa
 - Rahalla saa kyllä räätälöintiä
- Mittalaitteiden liitettävyyys voi olla rajoittunutta
- Yritysten kehitysresurssit joskus vähäisiä

Avoim monitorointijärjestelmä

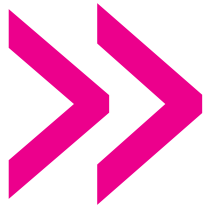


- 1) Toteutettu avoimella lähdekoodilla (GPL-lisensiointi)
- 2) Järjestelmän osat saatavilla kaikille (SourceForge)
- 3) Järjestelmän kehitykseen avoin ”yhteisö”
 - Esimerkiksi ympäristöalan yleiset laskennalliset suureet ”ohjelmistokirjastoksi”
 - Samoin rajapinnat, mallit ja muut laskennan ”työkalut”
- 4) Avoimen järjestelmän käyttö mahdollista myös suljetuissa tai kaupallisissa sovelluksissa

Avoimen monitorointijärjestelmän avulla voidaan:

- todentaa sopimuksen (esimerkiksi veden toimitussopimus, ympäristölupa) mukainen toiminta kaikissa tilanteissa sekä valvoa kohteen toimintaa
- tallentaa ja hyödyntää mittaustietoa monipuolisesti
- rakentaa mittaustietoon pohjautuvia automatisoituja laskentoja esimerkiksi ympäristökuormituksen selvittämiseksi
- tunnistaa järjestelmän (esimerkiksi vesijohtoverkko tai prosessi) normaalitilasta poikkeavat tilat ja hälyttää asiasta sovituille tahoille
- halutessa välittää ympäristömittaustietoa julkiseen tietokantaan sekä julkaista tietoa näyttävästi internetissä

Lisäksi järjestelmä tarjoaa laitetoimittajille joustavan rajapinnan, johon voidaan liittää helposti erilaisia mittalaitteita. Tukemalla tätä rajapintaa laitetoimittaja on osa tulevaisuuden yleisiä järjestelmiä.



”Kaikille avoin ja julkisesti saatavilla oleva ympäristömonitorointijärjestelmä mahdollistaisi jatkuvatoimisen seurannan myös pienille toimijoille”

Palvelumuotoilun esimerkki

- Sports-Tracker on suomalainen palvelu liikkujille ja urheilijoille
- Mobiililaitteen (älypuhelin) avulla tapahtuva liikkujan seuranta
 - Vauhti, matka, korkeuserot, reitti
- Yli 8 miljoonaa käyttäjää maailmalla, 40000 käyttäjää Suomessa
- Ilmainen käyttäjälleen
 - Toimii Apple, Android, Windows puhelimissa
 - Sykevyö lisätoimintona n. 70 euroa
- Olisiko tässä toimintamalli ympäristön monitorointiin?



”Meillä on käytössämme jo yli 2000 automaattista vesistöjen ja pohjaveden seurantapistettä. Jatkuvatoimiseen mittaukseen perustuvien ennakoititoimien avulla on saatu ehkäistyä jo useita vesiepidemioita ja muita kansalaisten terveydelle vaarallisia tilanteita. Tiesittekö muuten että Suomeen kehitettyä avointa ympäristömonitorointijärjestelmää asennetaan jo Ruotsiin ja moniin muihin maihin.” toteaa Ely-keskuksen ylitarkastaja samalla kun silmäilee kesämökillään älypuhelimien karttakäyttöliittymältä Itä-Suomen vesistöjen reaaliaikaista tilaa

Tekniikka & Talous 25.4.2020

Kiitos

Teemu Räsänen
Savonia AMK, Ympäristöteknologia
teemu.rasanen@savonia.fi
p. 044-785 6219