

Mikrobiologisen veden laadun online-seuranta

Anna-Maria Hokajärvi ja Tarja Pitkänen

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, Vesi- ja terveys-yksikkö

25.4.2013

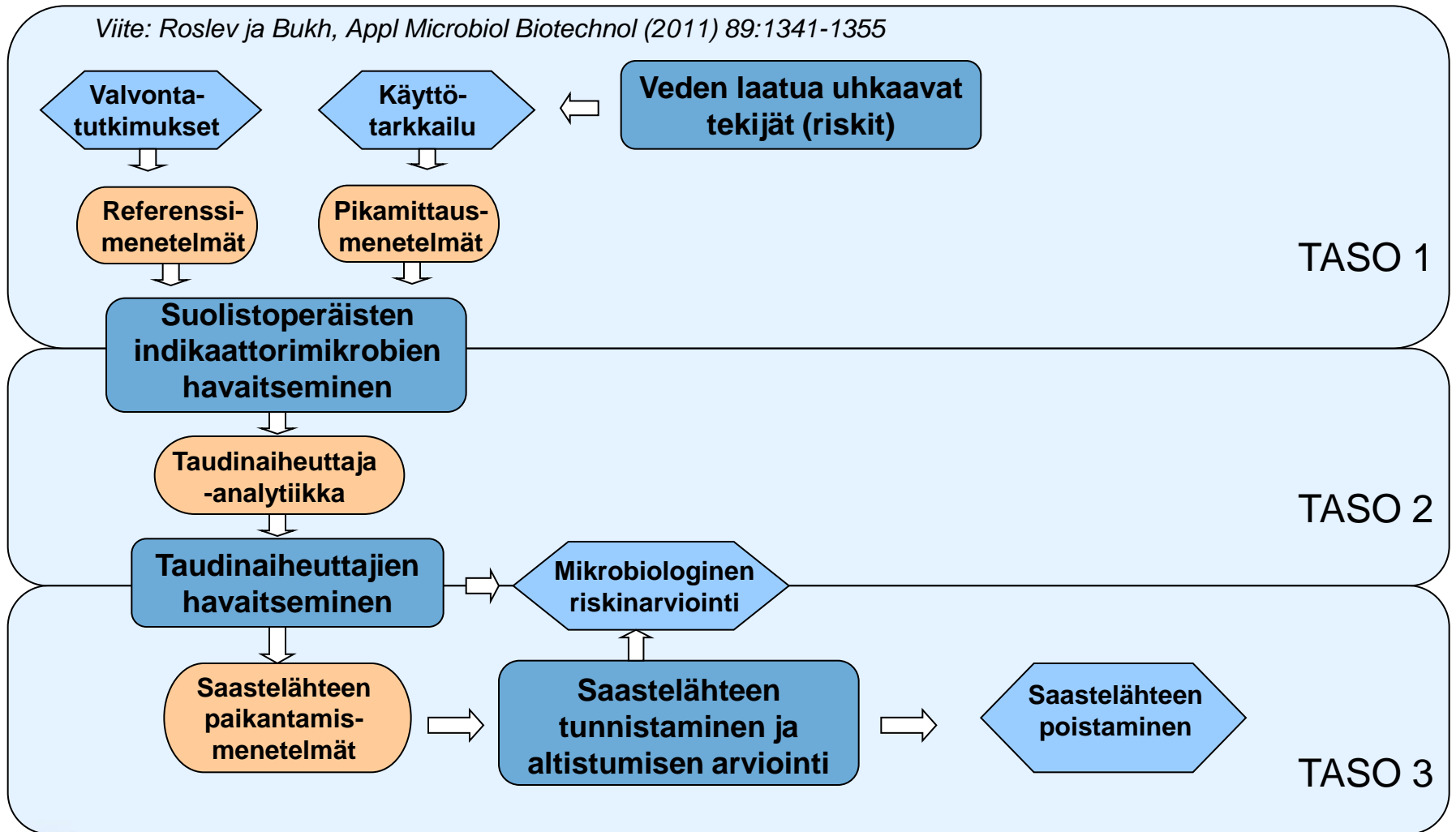


TERVEYDEN JA HYVINVOINNIN LAITOS



Veden laadun hallinta ja vesimikrobiologia

Viite: Roslev ja Bukh, *Appl Microbiol Biotechnol* (2011) 89:1341-1355

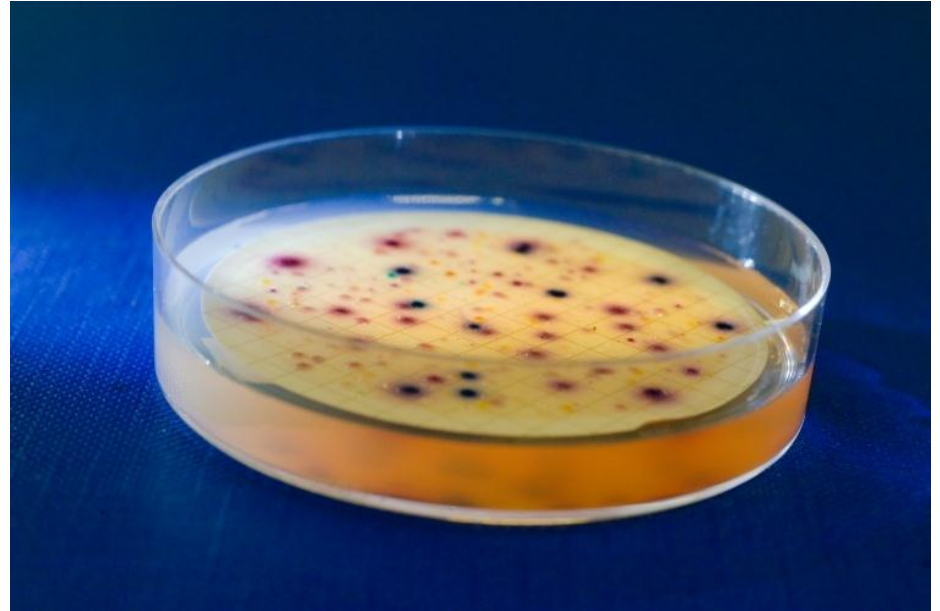


Suolistoperäiset indikaattorimikrobit

- *Escherichia coli* (*E. coli*)
- Suolistoperäiset enterokokit
- *Clostridium perfringens*
- F-spesifiset bakteriofagit

Muita mikrobi-indikaattoreita:

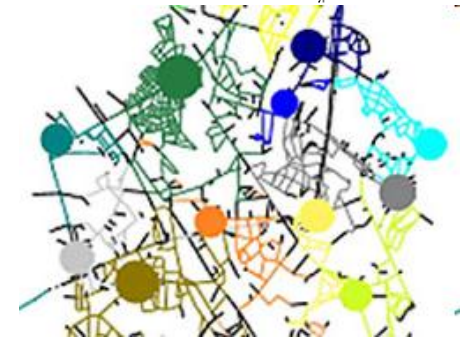
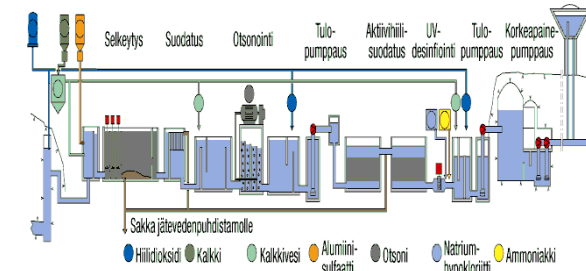
- Heterotrofinen pesäkelukumäärä
- Koliformiset bakteerit
- Somaattiset kolifaagit
- *Pseudomonas aeruginosa*



Kuva: Pentti Sormunen

Veden laadun uhat ja niiden hallinta

- Pohjavesilaitokset
 - Laatu yleensä hyvä, mutta useat vedenottamot haavoittuvia
 - Usein ei veden puhdistusta eikä desinfiointia
 - Mikrobiologisia/kemiallisia ongelmia
- Pintavesilaitokset
 - Raakavesissä alati uhkia
 - Tekniikka pystyy poistamaan raakavesien epäpuhtauksia
 - Desinfiointi
- Verkostojen turvallisuus
 - Valtaosa **epidemiaista** aiheutunut raakavesien, eikä verkoston likaantumisen takia
 - Potentiaalinen uhka olemassa (esim. Nokia, Vihti,..)
 - Ongelmien havaitseminen + puhdistustoimet ajoissa



Veden laadun mikrobimittausten haasteita

- Vesinäytteenoton ajoittaminen
 - Yksittäiset kerta­näytteet
 - Näyte­pisteiden valinta
 - Riittävä vesinäytetilavuus
 - Tilannekuva
 - Lisäanalytiikka päätökset puutteellisin tiedoin
- Viive ennen tulosten valmistumista
 - Näytteiden toimittaminen laboratorioon
 - Alustavia tuloksia vasta seuraavana päivänä näytteen saapumisesta
 - Varmistuneet tulokset päivien päästä



Miten havaita veden laadun heikkeneminen?

Todellisuus tällä hetkellä:

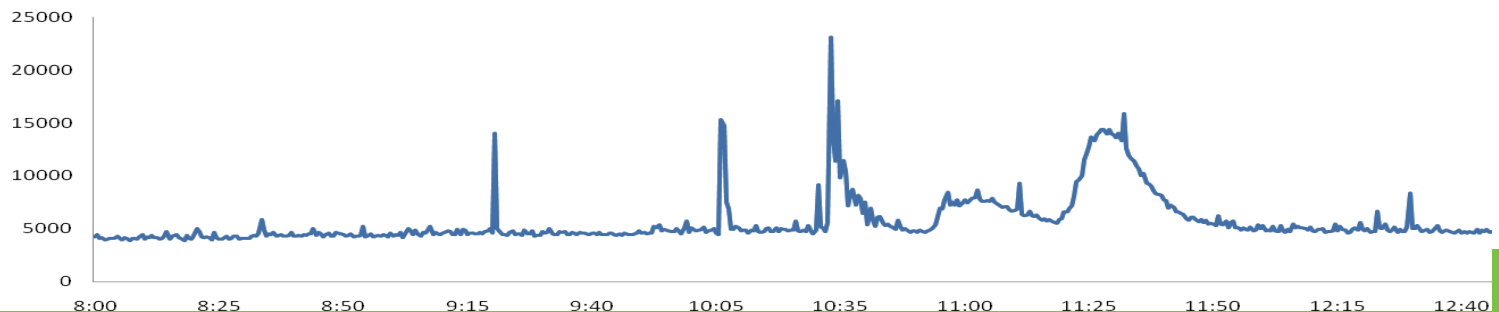
- Veden laadun seuranta ennalta sovittuna ajankohtana
 - Veden laadun nopeat muutokset voivat jäädä havaitsematta
- Näytteitä otetaan harvoin
- Viive tulosten saamisessa

→ POIKKEAMATILANNE VOI JÄÄDÄ HAVAITSEMATTA

(ellei jälkikäteen ilmene sairastapauksia)

Online-mittaukset veden laadun varmentajiksi

- Veden laadun seurannan automatisointi
 - Veden mikrobiologisen saastumisen yhteydessä ei vain mikrobeja, vaan myös muita muutoksia ja epäpuhtauksia
- Online-sensoreit kykenevät havaitsemaan **laatumuutoksen**
- Raakaveden laadun vaihtelut
 - Laitokselta lähtevän veden seuranta
 - Verkoston seuranta
- Tarkemmat selvitykset ja korjaavat toimenpiteet hälytysperusteisesti



Fysikaalis-kemiallisten muuttujien reaaliaikainen seuranta

- Lämpötila
- Virtaus
- Paine
- pH
- Sameus
- Sähkönjohtokyky
- UV-absorbanssi
- Partikkelien lukumäärä
- Partikkelien koko/muoto
- TOC
- Kloori



Nopeat veden mikrobiologisen laadun todentamismahdollisuudet

- Fysikaalis-kemialliset online-mittaukset
 - Parhaimmillaan saatavissa reaaliaikainen havainto MUUTOKSESTA veden laadussa
 - **Onko muutos haitallinen vedenkuluttajien terveydelle?**
- Hälytykseen perustuva näytteenotto → mikrobianalytiikka
 - Perinteiset laboratoriomenetelmät
 - Molekyylibiologian menetelmät
 - Kenttäkäyttöiset testausmenetelmät



www.colifast.no



www.mbOnline.at

Automaattiset näytteenottimet

- Haasteita:
 - Miten määritellä poikkeama
 - virrehälytykset, poikkeamaherkkyys
 - Riittävä näytetilavuus, vesinäytteen konsentrointimenetelmät
 - Mikrobiologisen näytteenoton erityisvaatimukset
 - Linjaston puhtaus vs. biofilmit
 - Miten saada automaattisesti otettu näyte säilytettyä kylmässä ja ajoissa mikrobiologiseen analyysiin?



www.predect.se



www.mbOnline.at

TERVEYDEN JA HYVINVOINNIN LAITOS

Kenttäkäyttöiset mikrobianaalysaattorit

- Mikrobianaalyysi alkaa välittömästi
- Tulos tunneissa laatupoikkeaman havaitsemisesta
- Langaton tiedonsiirto
 - Analyysin etäseuranta
 - GSM-hälytykset heti jos mikrobeita todetaan
- Näytteenottotavat:
 - Manuaalinen käynnistys
 - Ajastettu automaattinen näytteenotto
 - Hälytysperusteinen automaattinen näytteenotto



www.endetec.com



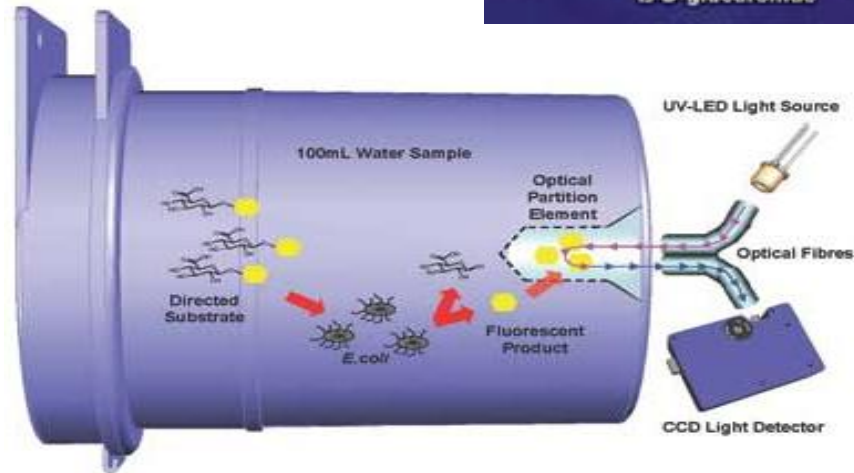
www.samlion.fi

E. coli -bakteerin havaitsemistekniikka

Idexx/Colilert



Endetec/Tecta



Kehitystyö koliformisten bakteerien ja *E. coli* –bakteerin havaitsemiseksi vesinäytteistä

- Osana POLARIS –projektia
- PMEU → PMEU Coliline
 - 100 ml näytetilavuus
 - Keltaisen värin detektori → Koliformiset bakteerit
 - Fluoresenssidetektori → *E. coli*
 - Automaattinen näytteenotto (UVAS-hälytys) ja analyysin aloitus ohjelmoidusti
 - Kasvatuksen etäseuranta
 - Hälytykset, mikäli bakteereja todetaan



Finnoflag Oy

Samplion Oy

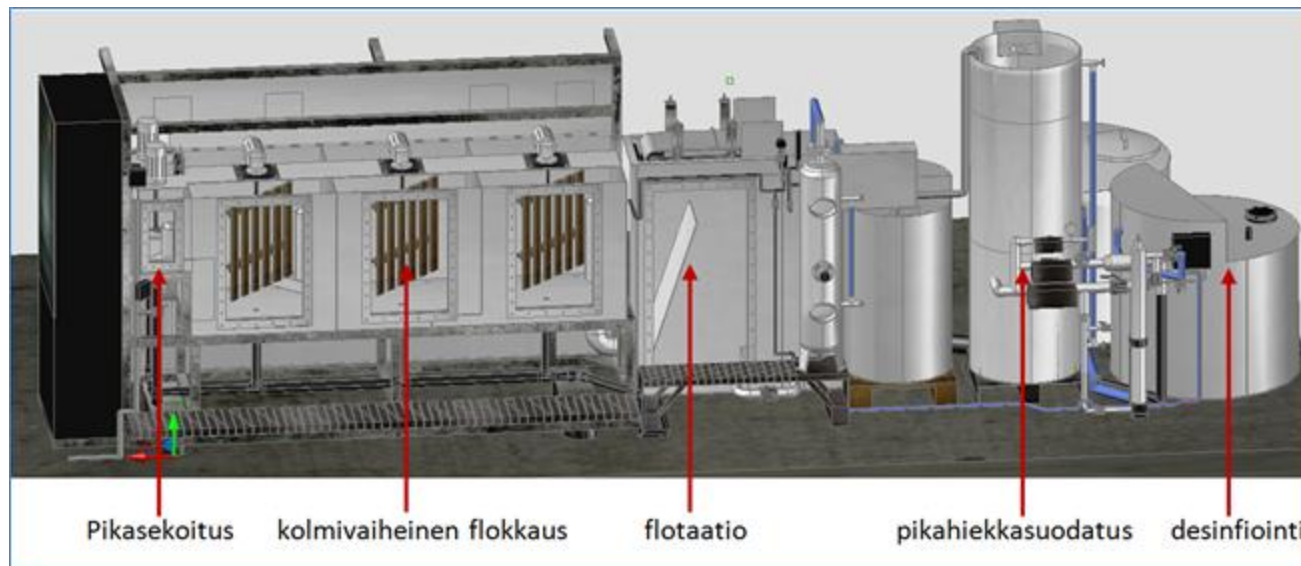
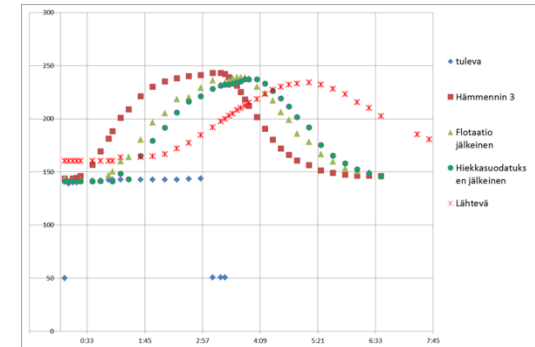
Berner Oy

Testaukset vesilaitosympäristössä / POLARIS

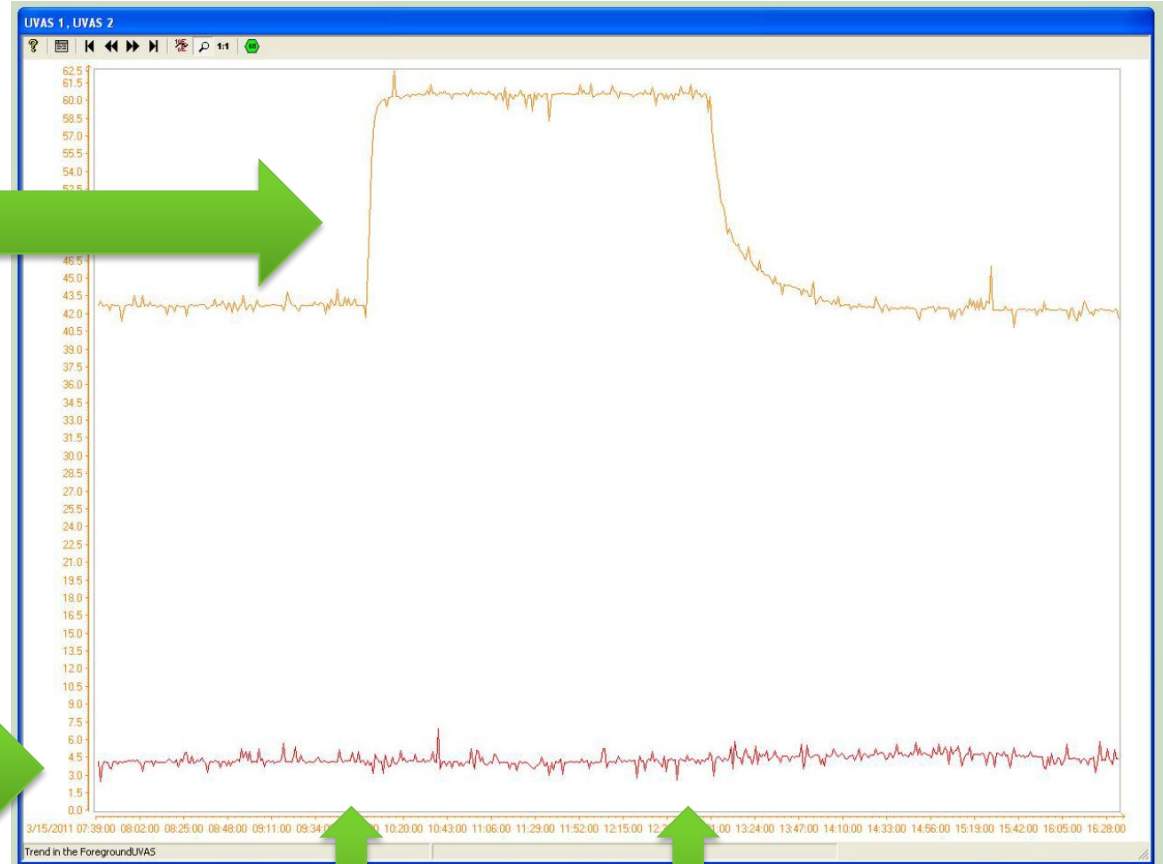
- Alkutestaukset laboratorio-olosuhteissa
- Testaukset Polaris-kohteissa
 - Raakavesi, havaintoputket, pohjavesikaivot
 - Laitokselta lähtevä vesi
 - Referenssianalyysit laboratoriossa
 - Pyrittiin huomioimaan sameuden / absorbanssin muutoksen aiheuttama hälytys
- Pilot-vesilaitoskokeet
 - Raakaveden UVAS hälytykseen perustuva näytteenotto
 - Ohjelmoidusti hiekkasuodatuksen jälkeen

PILOT-koeasetelma

- Poikkeamatilanteiden simulointi
- Raakavetenä 3 h humusvesi + mikrobiympppi
- UVAS-mittaus: tuleva vesi, hiekkasuodatuksen jälkeen
- Automaattinen *E. coli* -näytteenotto UVAS-piikistä



PILOT-testit: Raakaveden laadun muutos/UVAS



Tuleva vesi UVAS1
43 → 60

Hiekkasuodatuksen jälkeen

UVAS2

n. 4

klo 10

klo 13



TERVEYDEN JA HYVINVOINNIN LAITOS

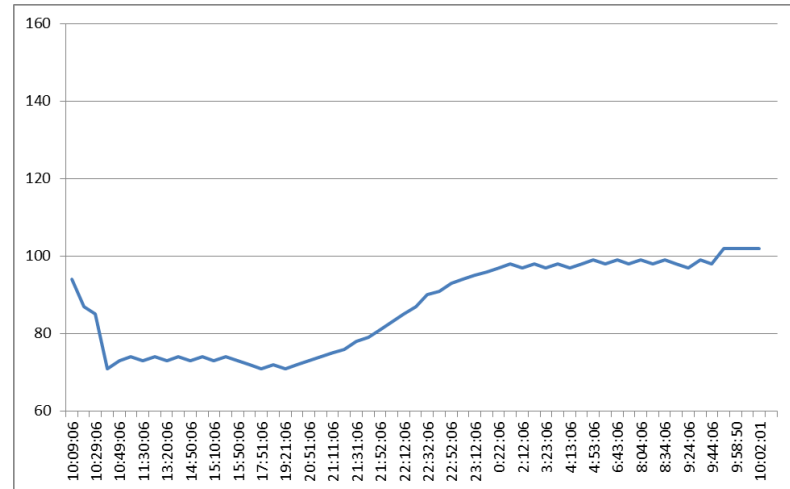
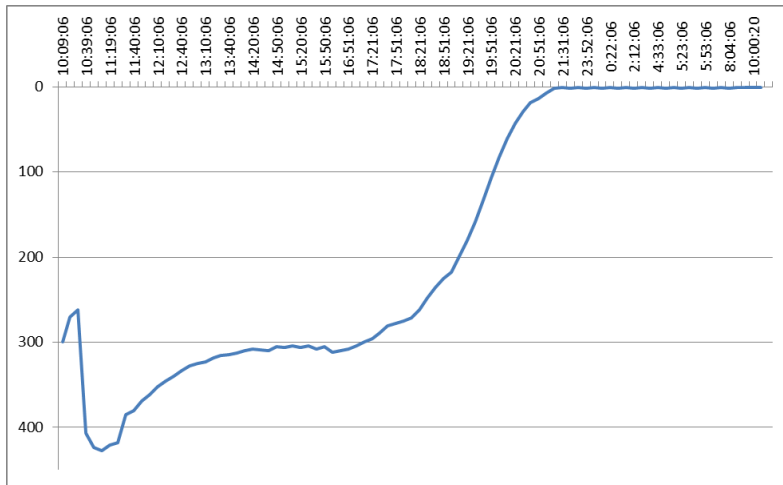
Automatisoitu näytteenotto ja analyysin aloitus

- Näytepisteessä jatkuva sivuvirta laitteen läpi
- Mikrobianalysointori kytketty online-sensoriin
- Näytteenotto käynnistyy online-sensorin hälytysrajan ylityksestä
- Analyysi alkaa välittömästi näytteenoton jälkeen
 - Analysointori lämpenee mikrobin kasvatuslämpötilaan
 - Detektorit alkavat mitata mikrobikasvua

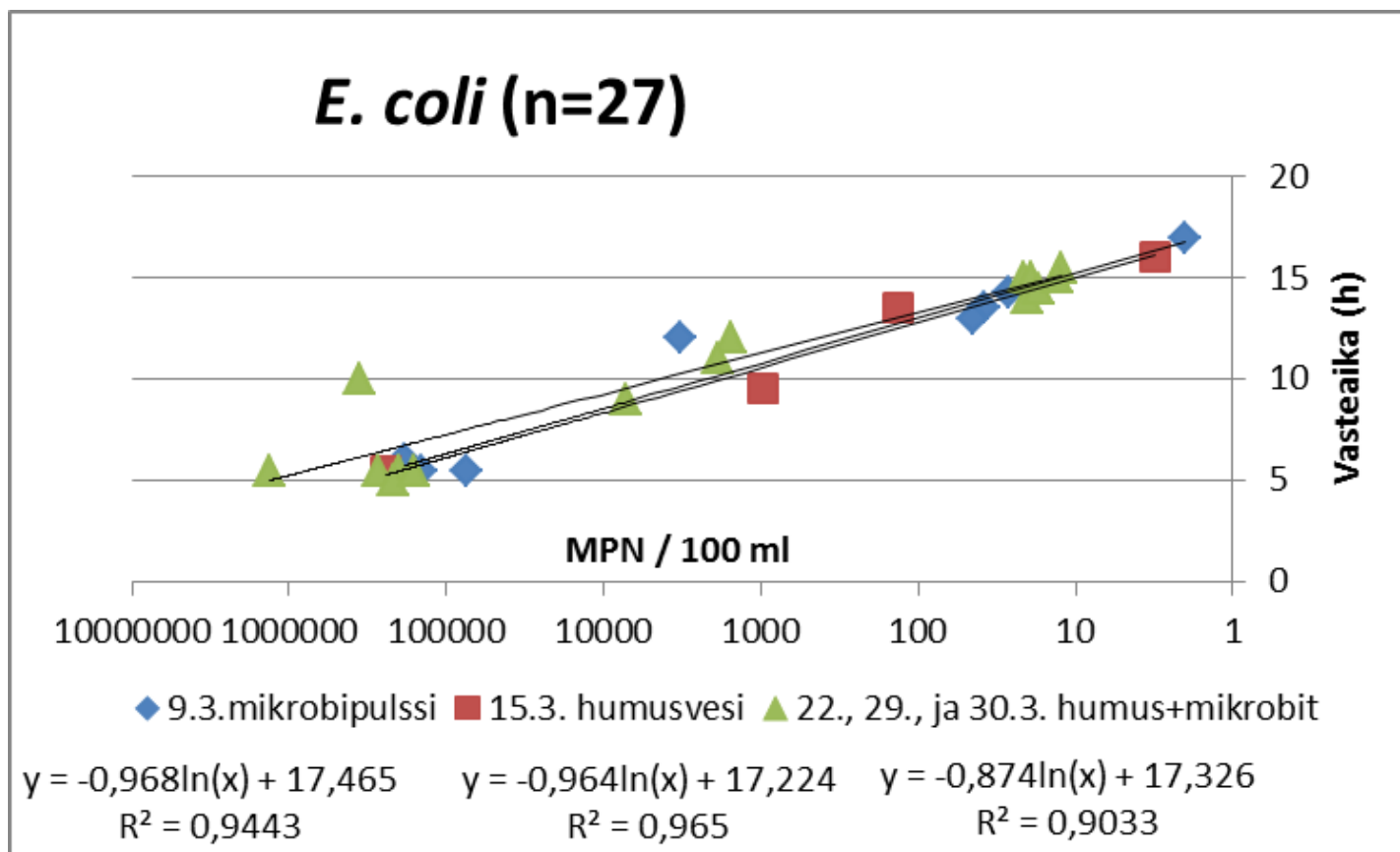


Automaattinen havaitseminen

- Detektoreille voidaan asentaa hälytysraja
 - ylityksestä GSM-hälytys
- Mikrobianalysaattoria voi ohjata ja mikrobikasvua seurata etänä
 - Datat siirto ja tallennus GSM-verkon välityksellä



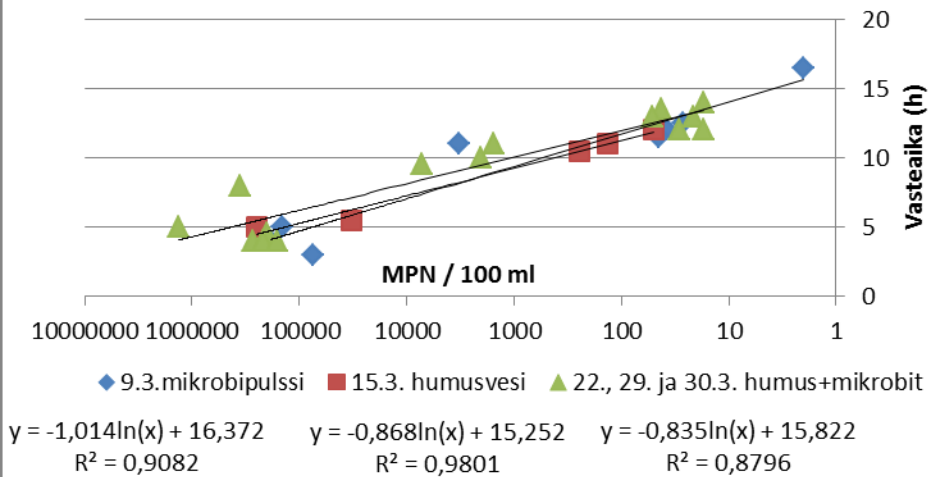
Vasteajat PILOT-ajoissa



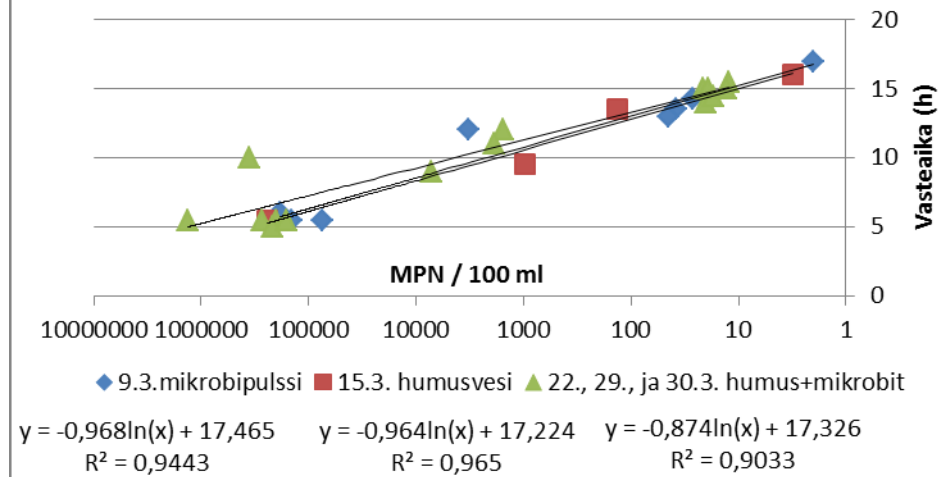
Vasteajat PILOT-ajoissa

- 1-10 MPN / 100 ml: 15-18 h
- 10-100 MPN / 100 ml: 13-14 h
- 100-1 000 MPN / 100 ml: 10-12 h
- 1 000-10 000 MPN / 100 ml: alle 10 h

Koliformiset bakteerit (n=28)



E. coli (n=27)



Online-mittausten haasteita

- Sensorien valinta
 - valinta, lukumäärä ja sijoittelu riippuu erityisesti käytettävissä olevista resursseista
- Hälytysrajat ja toimenpiteiden ennakointi
- Reaaliaikaisuuden hyödyntäminen, datan käsittely
 - Mittaustulosten seuraamisesta huolehdittava
 - varattava aikaa, nimettävä vastuuhenkilöt
- Mittareiden huolto ja kalibrointi (referenssimittaukset)
 - Luotettavat mittaukset edellyttävät että mittareita huolletaan
 - Hyvät on-line mittaukset edellyttävät käytännössä liki samaa kuin laboratoriomittalaitteista huolehtiminen

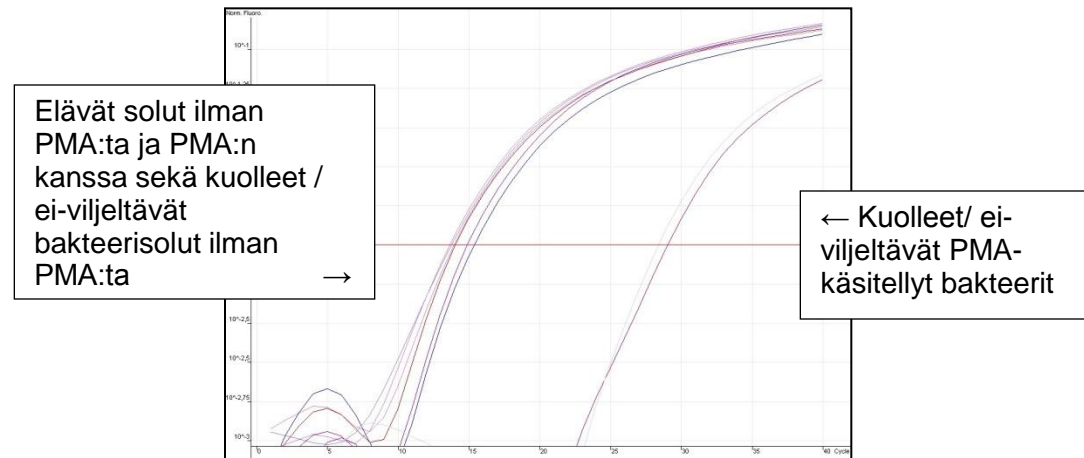


Muita monitorointimenetelmiä

- Online-mikrobianalysaattori kokonaisbakteereille
 - BactiQuant
- Molekyylibiologiset menetelmät
 - Realtime (RT) –PCR
 - Elävyyssmittaukset: PMA-esikäsittely, NASBA
 - Laboratorioanalyysijä manuaalisen tai automaattisen näytteenoton jälkeen



www.mycometer.com



Matka jatkuu kohti automatisoitua mikrobimääritystä!

- Tulokset lupaavia – tulosten saamisen nopeus yllätti positiivisesti
 - Referenssimittaukset laboratoriossa vastasivat kentällä laitteella saatuja tuloksia
 - Mahdollisuus kvantitointiin tulevaisuudessa?
- Käyttösovelluksessa parannettavaa vielä
 - Hälytykseen perustuvassa näytteenotossa vielä optimoitavaa
 - Veden laadun online-sensorien hälytysrajat ja toimintavarmuus
 - Suuren tilavuuden näytteenotto osaksi kokonaisuutta

Yhteistyötahot

- Menetelmäkehitystyötä POLARIS-tutkimusprojektissa:
 - TEKES / Vesiohjelma
 - Kohdelaitokset ja niiden henkilökunta
 - Sosiaali- ja terveysministeriö
 - Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto
- Työhön osallistuivat:
 - THL: Tarja Pitkänen, Anna-Maria Hokajärvi, Jenni Ikonen, Janne Kankkunen, Ilkka Miettinen, Pia Räsänen, Sara Kovanen
 - Yritykset: Kari Rissanen, Anneli Heitto, Elias Hakalehto, Aimo Savolainen, Kevin King, Maarit Miskala, Teuvo Kekko, Juha Jokelainen
 - Savonia-AMK: Tero Kuhmonen, Ville Matikka, Eero Antikainen
 - Itä-Suomen yliopisto: Petri Juntunen, Jouni Huhtinen