

Polaris

Vedenlaadun kokonaisjärjestelmän kehittäminen

Kohti vedenlaadun kokonaisjärjestelmää



TERVEYDEN JA
HYVINVOINNIN LAITOS




UNIVERSITY of OULU
OULUN YLIOPISTO



ITÄ-SUOMEN
YLIOPISTO



ILMATIETEEN LAITOS



Savonia
ammattikorkeakoulu

Lähtökohdat: lainsäädäntö

Water Safety Planning – WSP (Maailman terveysjärjestö, WHO, 2003)

- tavoitteena turvata talousveden laatu tuotannon eri vaiheissa
 - estää raakavesien saastuminen
 - vedenlaadun laadun huomioonottava vedenkäsittely
 - veden likaantumisen estäminen verkostoissa tai vesisäiliöissä
- HACCP-analyysi (Hazard Analysis and Critical Control Points), soveltaminen vedentuotantoon
 - kriittiset mittauspisteet
- STM valmistelee WSP:n käyttöönottoa lainsäädäntöön
 - Haaste suomalaisille vesilaitoksille

Lähtökohdat: Vesilaitokset

- Raakavesien kemialliset ja mikrobiologiset epäpuhtaudet
- Vedenottamoiden ja vesilaitosten haavoittuvuus
- Ilmastonmuutos ja sään ääreisilmiöt kuten rankkasateet
- Vedenlaatuanalyysien ajoitus, viive ja kilpailukyinen hinta
- Harvat mittaukset
 - Lyhytkestoisen likaantumisen havainnointi sattumanvaraista
- Epäherkät ja -selektiiviset mittaukset
 - ei tiedetä mitä pitäisi mitata
- Asiantuntijatiedon vajaakäyttö (knowledge based systems)
- Valtaosassa vesiepidemioista paljastuu vasta ensimmäisten sairastapausten tultua ilmi!

Water Safety Planning (WSP)

Valmistautuminen

- preliminary actions as assembling the WSP team



System Assessment

- Describe the water supply system
- Identify hazards and evaluate the risks
- Determine control measures, reassess and prioritise risks
- Develop, implement and maintain an improvement plan

Operational Monitoring

- Define monitoring of control measures
- Verification (Requirements – Capability)



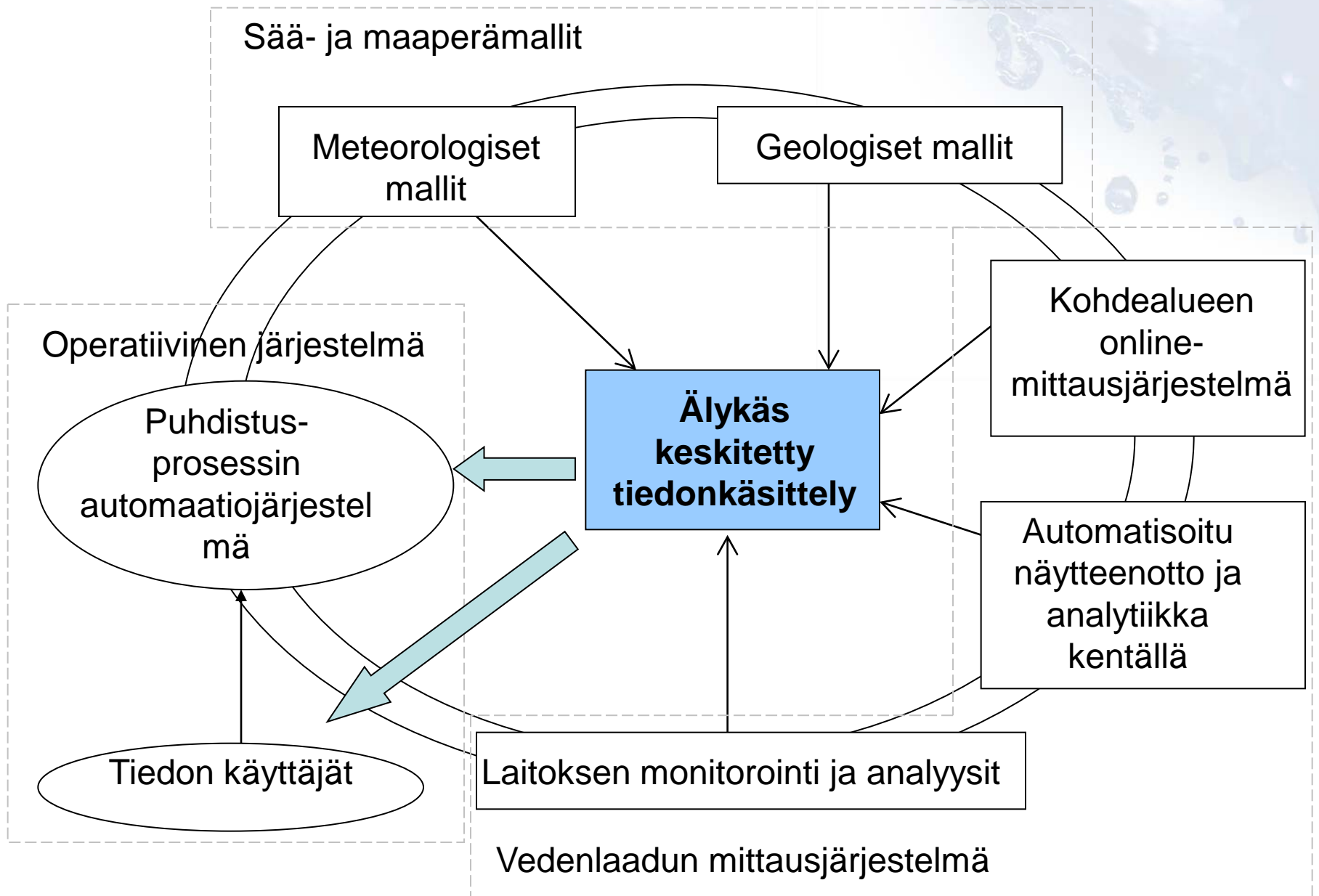
Management and Communication

- prepare management and procedures
- Develop supporting programs

1. Kokoa asiantuntijat
2. Tee nykytilanne- ja riskinarviot, määritä kriittiset mittauspisteet
3. Hanki mittausjärjestelmä ja opettele hyödyntämään sitä
4. Laadi ohjeistus poikkeamien varalle ja hanki kyvykkyysskorjaaviin toimenpiteisiin
5. Tiedotusjärjestelmä
6. Jatkuva parantaminen

Tavoitteet

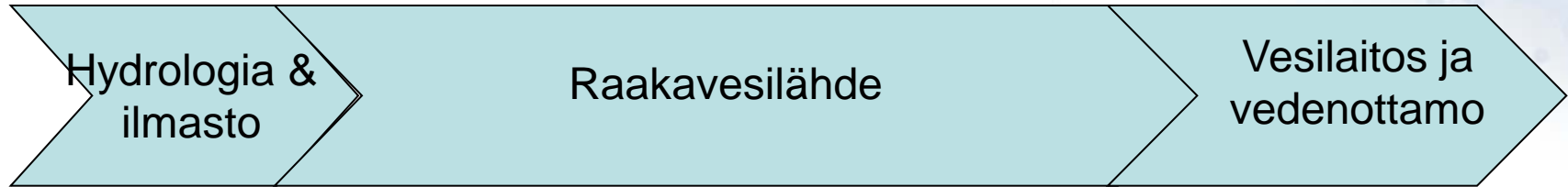
- Kehittää edellytykset vedenlaadun reaaliaikaiselle kokonaisjärjestelmälle vesilaitoksissa (raakavesilähteestä verkostoon)
- Kehittää uusia raakaveden kontaminaation on-line-/off-line -ennakointimenetelmiä
- Kehittää vedenpuhdistusprosessien poikkeustilanteiden hallintaa ja säädön optimointia (lyhyt ja pitkä aikaväli)
- Ennakoida lainsäädännön vaatimuksia vedenlaadun riskienhallintaan Water Safety Planning -konseptin mukaisesti
- Verkostoida kansalliset toimijat ja luoda edellytyksiä vedenlaatupalvelujen kehittämiseksi kansainväliseksi liiketoiminnoiksi



Toimijat- Polaris

- 1) Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, Ympäristöterveyden osasto
 - koordinaatio, vedenlaadun mittaukset, riskinarviointi
- 2) Geologian tutkimuskeskus
 - geologiset rakennetutkimukset, virtaus- ja kulkeutumismallinnus
- 3) Kuopion ja Oulun yliopistot
 - vedenlaadun optimointi, älykkäät menetelmät, järjestelmäkehitys
- 4) Ilmatieteenlaitos
 - sään ääreisilmiöt, ilmastonmuutos/-sopeutuminen, ennusteet
- 5) Savonia-AMK
 - pilot ym. testijärjestelmät
- 6) Vesilaitokset (tutkimuskohteet) ja yritykset (mm. mittausjärjestelmät)

POLARIS -projektin toiminnallisuus – platform (WP7)



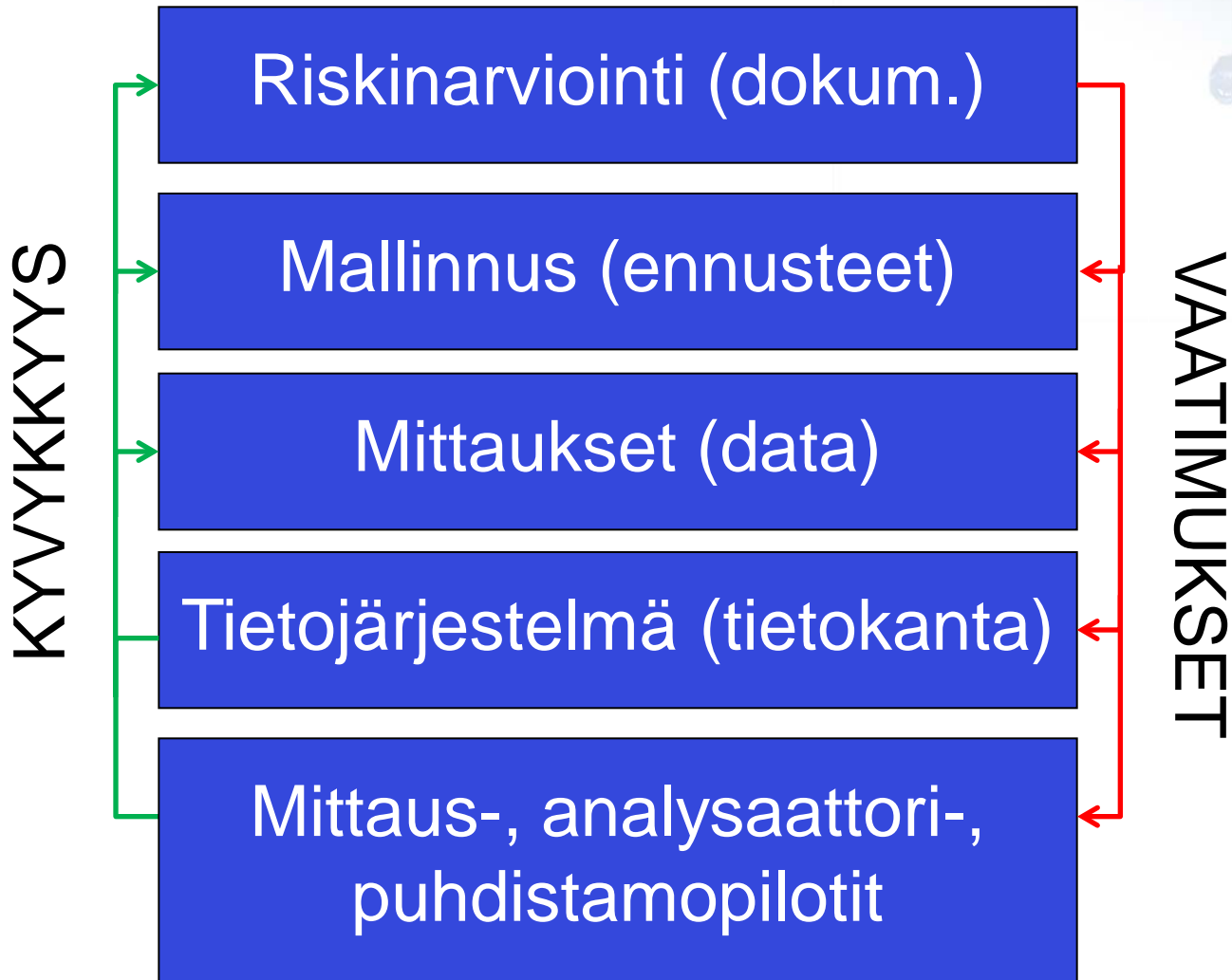
Kuluttajat ja suurasiaakkaat

WP4: Sään ääreisilmiöt & ennusteet (IL)	WP2: Kohteen riskimalli (GTK)		WP1: Vedenlaadun mittaukset (THL)	WP3: Puhdistus- prosessien optimointi ja ennusteet (UEF, OY)
	Rakenneselvitys & geofysiikka	Veden virtaus- & aineiden kulkeutumismallinnus	Kontaminaatio-tilanteet & tilannekuva	

WP5: Raakavesiketjun riskinarviointi (THL) & kokonaisjärjestelmäkehitys (UEF)

WP6: Vesilaitos- ja verkostolaboratorio (Savonia AMK)

Tutkimuksen kokonaisjärjestelmä



Vedenlaadun (mikrobi)poikkeamat

- Osataan varautua ennakkoon
 - Löytyy vedenlaadun mittauksia, joita seurataan
 - Havaittavat tapahtumat kuten putki- tai laiterikot, rankkasateet ja sähkökatkokset
- Varautuminen hankalaa
 - Ei ole vedenlaadun mittauksia /mittauksia ei seurata
 - Mittaukset eivät kuvaa varsinaista mikrobimuutosta (T,EC,Turb,pH,DO...)
 - Mikrobit leviävät pikkuhiljaa maaperään tai prosesseihin
 - Täysin poikkeuksellisissa tilanteissa, missä kaikki romahtavat yhtä aikaa

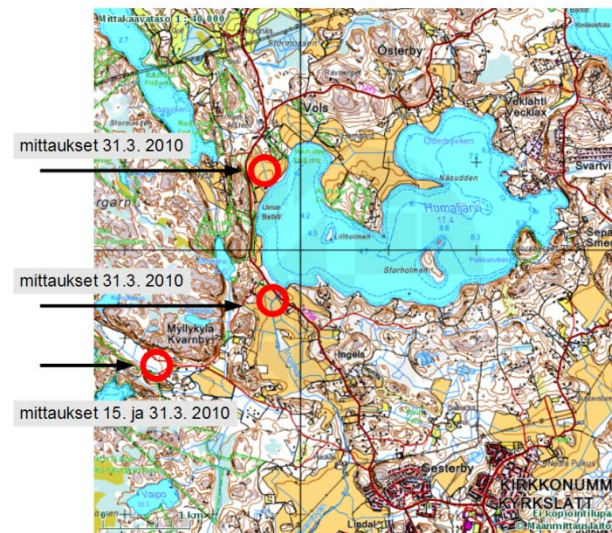
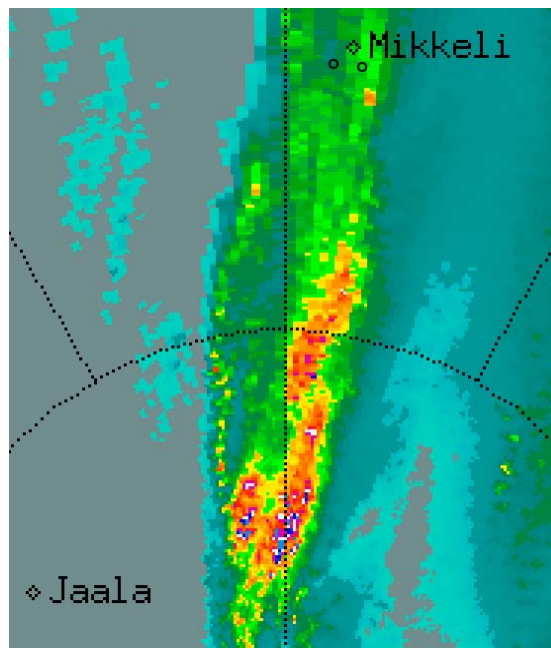
Riskien hallintajärjestelmät - tavoitteita

- Vedentuotannon eri vaiheiden arviointi
 - Uhkien tunnistus, uhkien merkitys ja todennäköisyys
 - Valittujen kohteiden riskinarviointi pohjautuen asiantuntijatietoon tai tutkimustuloksiin
- Kontaminaation havaiseminen
 - On-line mittaukset – muutosten merkityksen arviointi
 - On-line näytteenottimet/-analyysaattorit
- Mittaustulosten jalostaminen tilannekuvaksi
 - Virtaus-/Kulkeutumismallit: kontaminaation lähde ja laajuus
 - Data-analyysit, kokonaishallintajärjestelmän luominen

Sää- ja ilmastoriskien arviointi ja hallinta

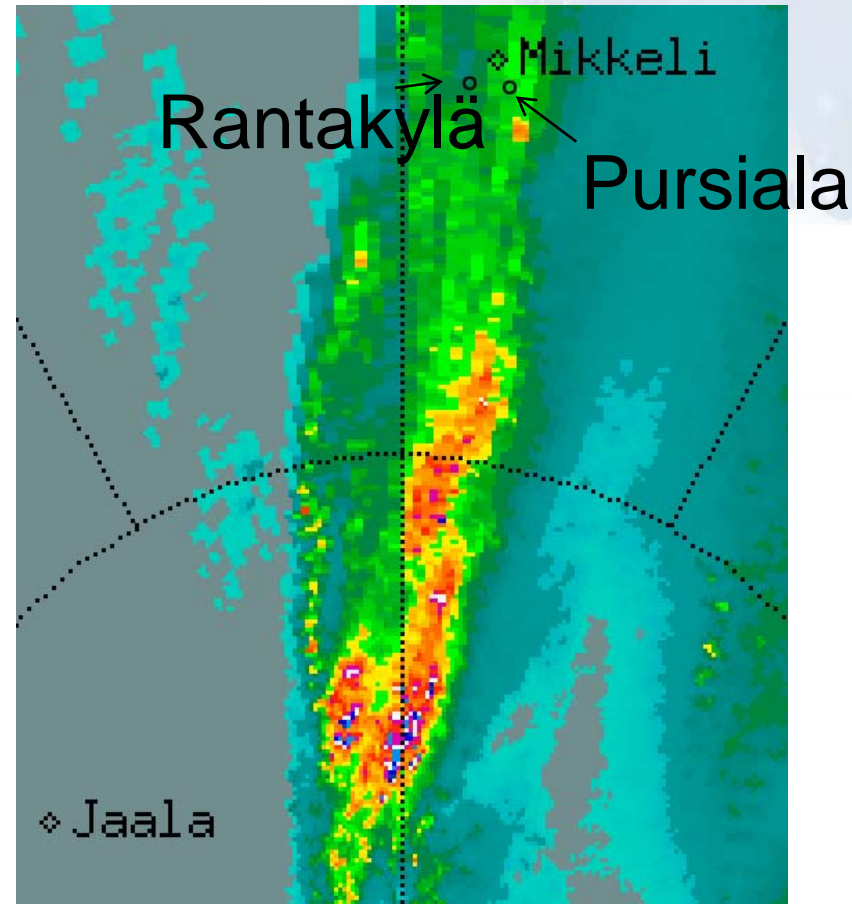
1. Mittaukset

- kohdealueilla automaattiset säähavaintoasemat
- kevättalvella lumimittauksia
- Ilmatieteen laitoksen pysyvät havaintoasemat
- sadetutkahavainnot



Esim. Rankkasade Mikkelissä 19.7.2011

- Sademäärät:
 - Mikkelin Rantakylä (IL:n mittari) vuorokauden sademäärä: 27,6 mm
 - Mikkelin kohteessa olevan mittarin sademäärä: 42,4 mm
 - tästä 37,8 mm tunnissa, joka poikkeuksellinen määrä
 - Tutka-arvio 7-15 mm selittyä vaimenemisella
 - Parhaan tuloksen antaa siis tässä tapauksessa kohteessa oleva mittari



Tutkakuva 19.7. klo 22

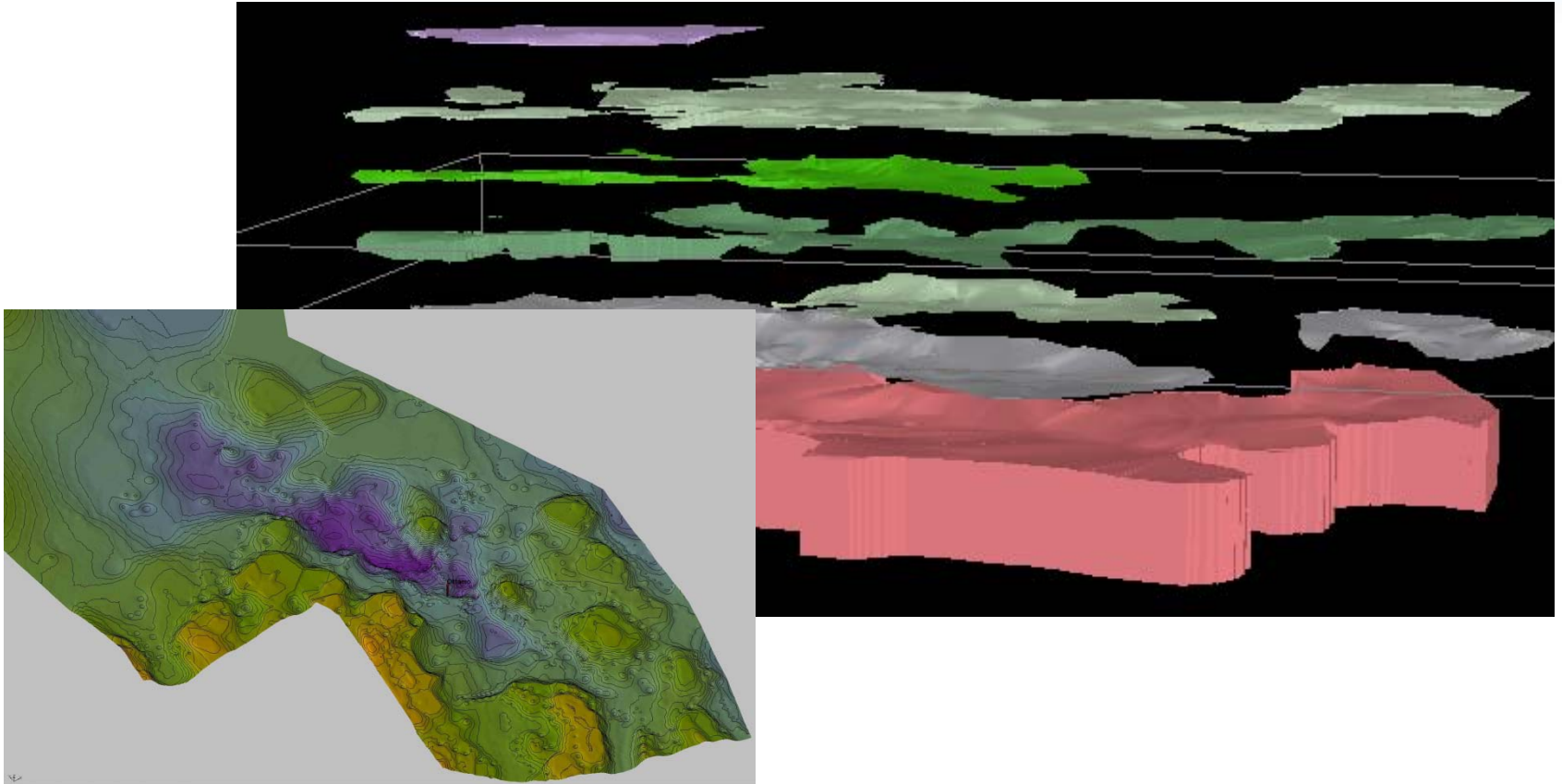
19-20.7. yö, Mikkelin keskusta

Mikrobien kulkeutumismallinnus (GTK)

- Tavoite
 - Malliskenaariot mikrobien kulkeutumisesta:
 - kulkeutuminen imeytysalueella (tekopohjaveden muodostuminen) tuotantokaivoille
 - Ulkopuolisen saastutuslähteen vaikutus: mikrobien kulkeutuminen esim. viemäputkirikon seurauksena pohjaveteen
 - Tuloksen hyödyntäminen riskinarvioinnissa



"Yksinkertaistetumpi maaperämalli"



Pohjavesikohteiden veden laadun mittaukset (THL)

Tulosten käyttö:

- Tieto mikrobien esiintymisestä pohjavedessä
- Mikrobien kulkeutuminen pohjavedessä → uhan arviointi
- Olosuhteiden mm. sadannan vaikutus pohjavesien laatuun
- Kulkeutumismallien luominen (vertailudata)
- Kaksi seurantajakso vuosina 2010 ja 2011: huhtikuu-elokuu
- Näytteenotot kuukausittain vedenmuodostumisalueelta
 - Poikkeusnäytteet esim. sadejaksojen jälkeen
- Mikrobit
 - Suolistopatogeenit, indikaattorit, kokonaislukumäärä
- Ravinteet: AOC, MAP, ja kokonaisfosfori
- Fysikaalis-kemialliset mittaukset: TOC, HPSEC, pH, sähkönjohtavuus, sameus, absorbanssi (254 nm), rauta, alumiini, ...

Tulokset pohja/tekopohjavesien mikrobiologisesta tilasta (THL)

- Vähän patogeenisia mikrobeja tutkituissa vesissä (virukset-bakteerit-alkueläimet)
- Pohjavesikohteet
 - Heterotrofinen pesäkelukumäärä vaihtelee
 - Satunnaiset koliformi-bakteerilöydökset
 - Rankkasade-episodi (11.7.2011)
 - Kolifaageja kaivovesissä muutaman vuorokauden viiveellä
- Tekopohjavesi-kohde
 - Mikrobiluvun vähenemä imeytymisen edistyessä
 - Haitallisten mikrobien nopea poistuminen imeytymisen aikana
 - Yksittäiset indikaattoribakteerit imeytymisen alkuvaiheessa olevissa havaintopisteissä

VESIOPAS – verkkopohjainen riskinarvioinnin työväline (THL)

- Työväline vesilaitoksien riskinarvioinnin toteuttamiseksi.
- Juomaveden mikrobiologiset (ja kemialliset) terveysriskit.
 - terveysriski tietyillä mikrobeille.

<http://fi.opasnet.org/fi/Vesiopas>

Arviointi juomaveden laadun terveysvaikutuksista - Opasnet Suomi - Mozilla Firefox

fi.opasnet.org/fi/Arviointi_juomaveden_laadun_terveysvaikutuksista

Ikilinkki

Raakavesi: Patogeenien pitoisuudet

Raakaveden luokitus:
Pintavesi - Suuri kuormitus

Kampylobakteeri-pitoisuus arvio (mikrobia/l):
"Luokituksen mukainen"

E. coli O157:H7 -pitoisuus arvio (mikrobia/l):
"Luokituksen mukainen"

Rotavirus-pitoisuus arvio (mikrobia/l):
"Luokituksen mukainen"

Norovirus-pitoisuus arvio (mikrobia/l):
"Luokituksen mukainen"

Cryptosporidium-pitoisuus arvio (mikrobia/l):
"Luokituksen mukainen"

Giardia-pitoisuus arvio (mikrobia/l):
"Luokituksen mukainen"

Vedenpuhdistus: Puhdistusprosessi ja klooraus

Käytössä olevat puhdistusmenetelmät:

- Koagulaatio/flotaatio
- Koagulaatio toimii hyvin
- Koagulaatio on tehostettu
- Hiekkasuodatus
- Kalkkikviesuodatus
- Aktiivihiili
- UV

Klooriannos (mg/l):
0.001

Viipymäaika (h):
12

Sivutuotteiden muodostumisaika (h):
18

Ph:
8

Lämpötila:
15

Bromidipitoisuus (mg/l):
1300

DOC (mg/l):
7

Kaupungin oletusarvot:
Käytä yllä määriteltyjä arvoja

Verkosto ja kuluttajat

veden kulutus (ml):
1153

Aitistuvan väestön koko:
30000

Aja koodi

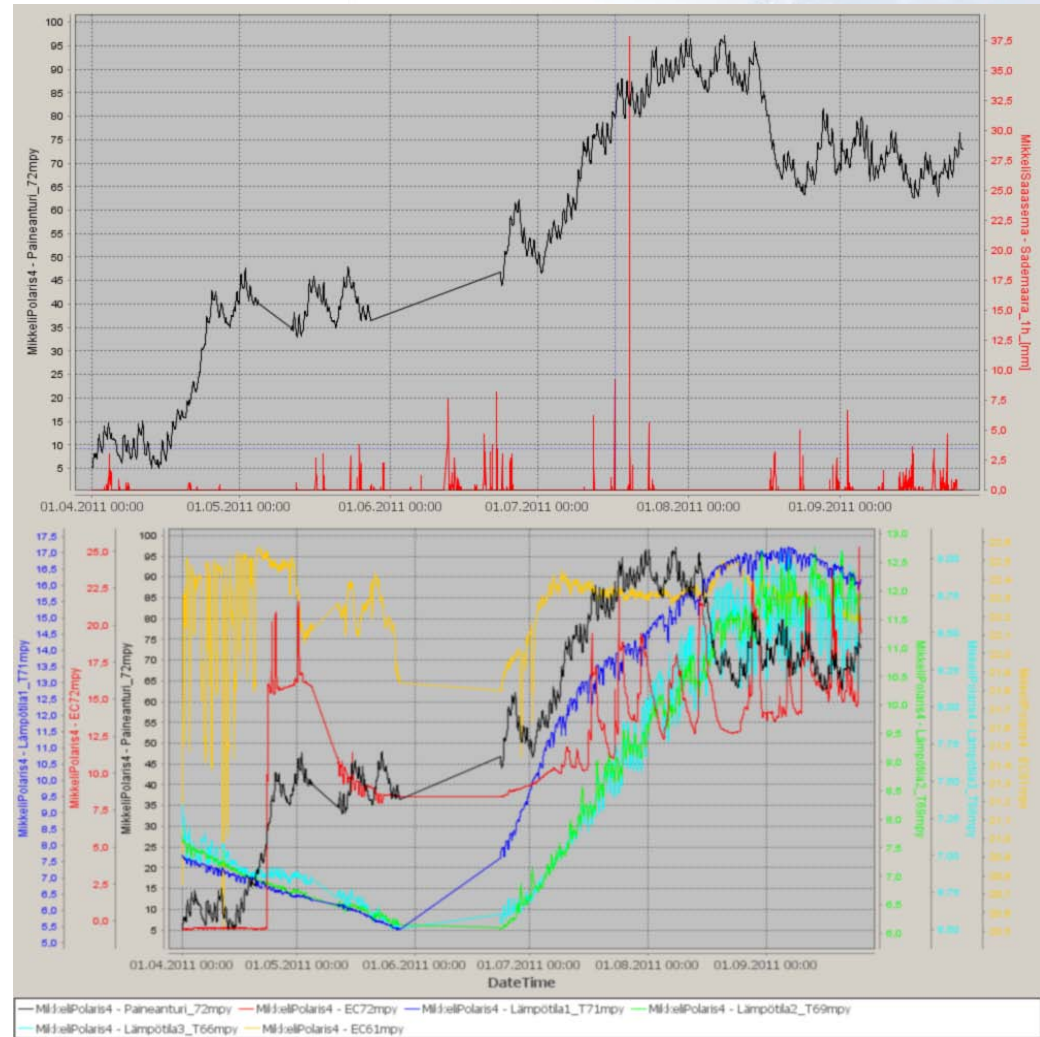
Malli on käännetty Analyticasta, R:lle. Alkuperäinen malli löytyy täältä: Tiedosto:Vesiopas.ANA. Mikäli "Patogeenipitoisuus arvio" -kenttä jätetään tekstimuotoiseksi, ladataan raakaveden luokituksen mukainen arvo tietokannasta.

Find: vesi

Start | Windows E... | Inbox - Micros... | 2 Firefox | Vesiopas -- An... | Polaris -- Analy... | Kloorifenolipito... | Kloorifenoli_hla... | Microsoft Powe... | Polaris_alustav... | Skype™ - paivi... | 13:19

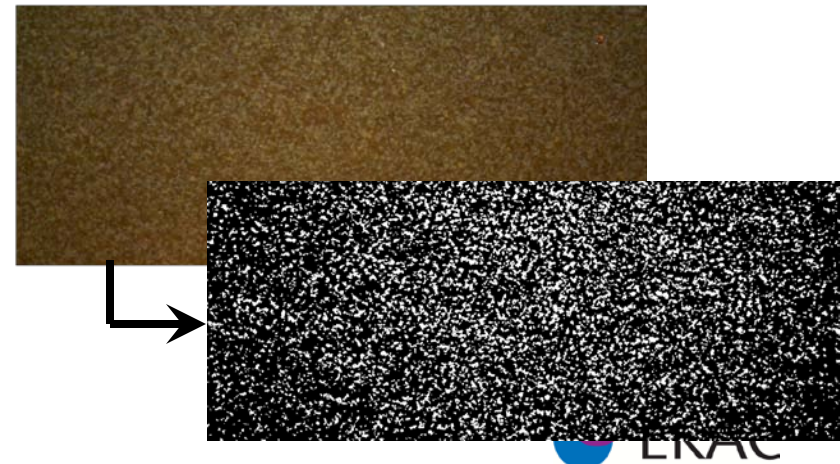
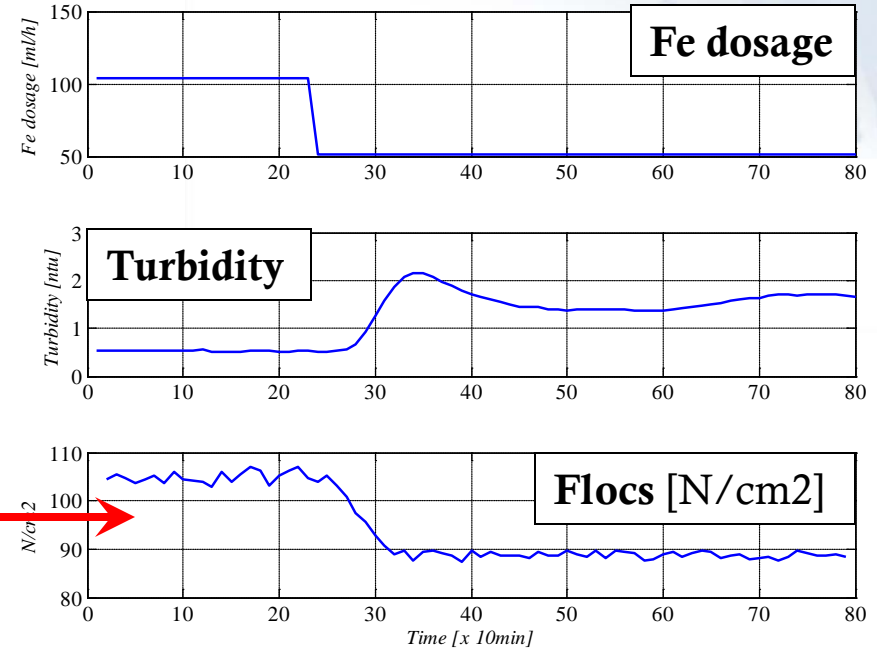
Online-vedenlaadun mittaaminen (UEF)

- 3G-langaton mittausjärjestelmä
- T,EC, pH, UVAS, sameus, pohjaveden pinnankorkeus
- Yli 10 asemayksikköä



UEF: WaterCam – flokin monitorointijärjestelmä (UEF)

- Järjestelmä mahdollistaa flokin ominaisuuksien (määrä, koko, muoto, väri) reaaliaikaisen, automaattisen seurannan
- Digitaalista kuvaa käsitellään laskennallisesti, jolloin voidaan tunnistaa yksittäiset partikkelit ja tuottaa niistä haluttu informaatio
- Etuja mm. reaaliaikaisuus, kustannustehokkuus, automaattisuus, huoltovapaus
- Testijaksossa muutettiin saostuskemikaalin annostelua vedenpuhdistuksen pilot-prosessissa; alimmassa kuvassa WaterCamilla mitattu partikkelikonsentraation muutos



Ohjelmistoalusta prosessimittausten monitorointiin (UEF)

Analyzing System

Info

Raakavesi ja pikasekoitus

EC_pikasekoitus	Virtaama_raakavesi	pH_pikasekoitus	T_Raakavesi	T_pikasekoitus
174,16	1,35	5,85	11,02	11,14

Flotaatio

T2_flotaatio	EC_flotaatio	T_flotaatio	Sameus_flotaatio	pH_flotaatio	UVAS_flotaatio
13,1	190,91	12,97	2,06	4,93	10,19

Hiekkasuodatus ja lähtävä vesi

EC_lähtävä	pH_lähtävä	T2_hiekkasuodatus	T_lähtävä	EC_hiekkasuodatus	T_hiekkasuodatus	Sameus_hiekkasuodatus	pH_hiekkasuodatus
123	8,91	14,56	14,54	139,46	12,77	0,82	4,79

Valitse esitettävät muuttujat

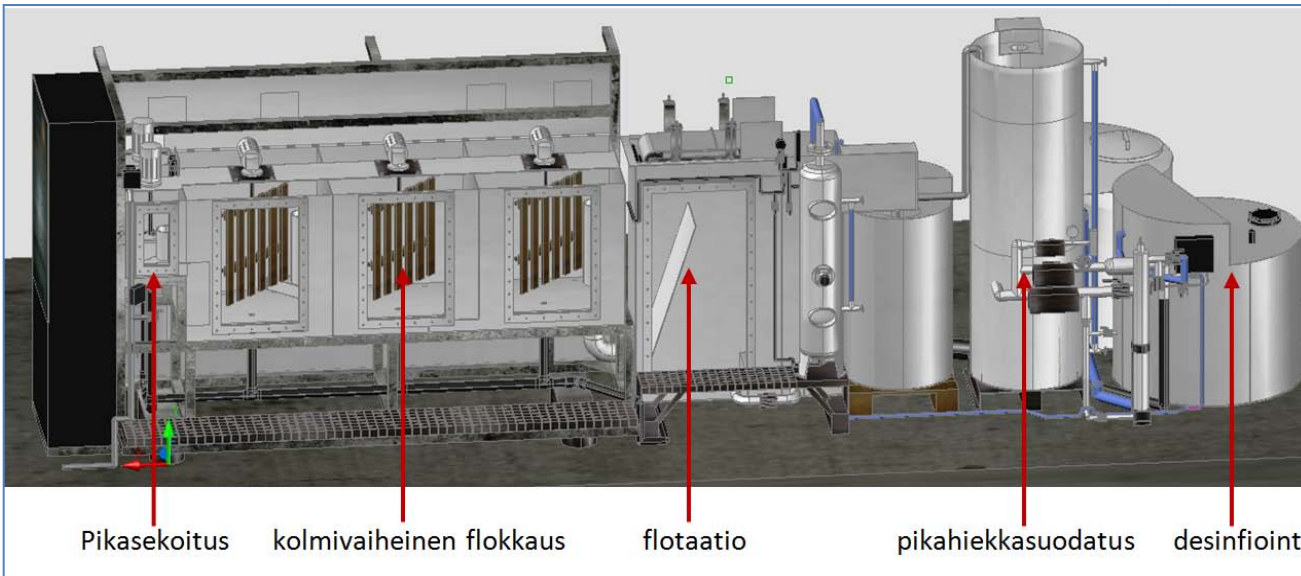
- EC_pikasekoitus
- Virtaama_raakavesi
- pH_pikasekoitus
- T_Raakavesi
- T_pikasekoitus
- T2_flotaatio
- EC_flotaatio
- T_flotaatio
- Sameus_flotaatio
- pH_flotaatio
- UVAS_flotaatio

Add **Delete**

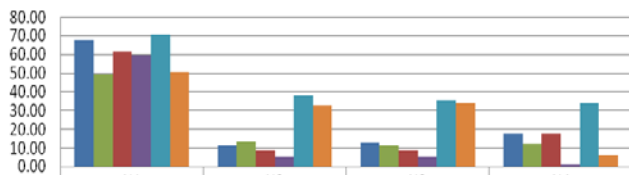
15.09.2011 09:38

- Prosessin tilan online-monitorointi
- Veden laadun hallinta
- Laatuongelmien nopeampi havaitseminen
- Ongelmatilanteiden diagnostiikka

Vesilaitoskokeet 2010-2011 Savoniassa

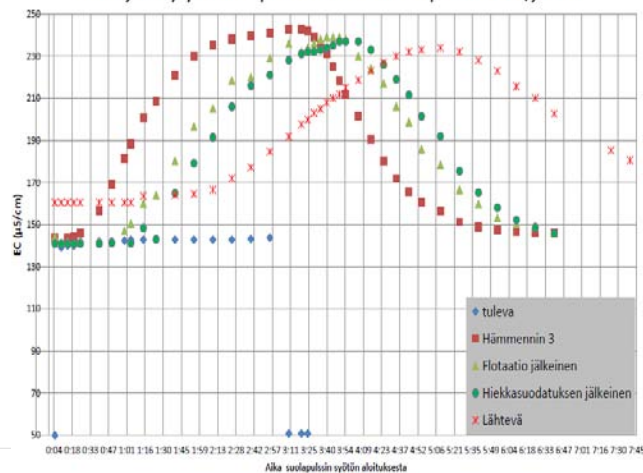


KMnO4-luku



	N1	N2	N3	N4
Humus	67.41	11.38	12.64	17.70
Normaali	49.30	13.43	11.22	12.48
Humus+Pacs	61.52	8.85	8.85	17.70
Mikrobit	59.41	5.06	5.06	1.26
Väärä pH	70.78	37.92	35.39	34.13
Väärä pH+Humus	50.56	32.86	34.13	6.32

Sähkönjohtokyvyn muutos pilot-laitoksessa 3h suolapulsin aikana/jälkeen



PMEU Coliline kehitystyö *E. coli* –bakteerin ja koliformisten bakteerien havaitsemiseksi vesinäytteistä

- PMEU Spektrion → PMEU Coliline
 - Ei kuplitusta
 - Suuremmat näytetilavuudet (50 ml → 100 ml)
 - Fluoresenssidetektor
 - Automaattinen näytteenotto (UVAS-hälytys) ja analyysin aloitus ohjelmoidusti
 - Kasvatuksen etäseuranta
 - Hälytykset, mikäli bakteereja todetaan



Finnoflag Oy

Samplion Oy

Berner Oy

Esimerkki varautumisesta - Vedenpuhdistuskontti

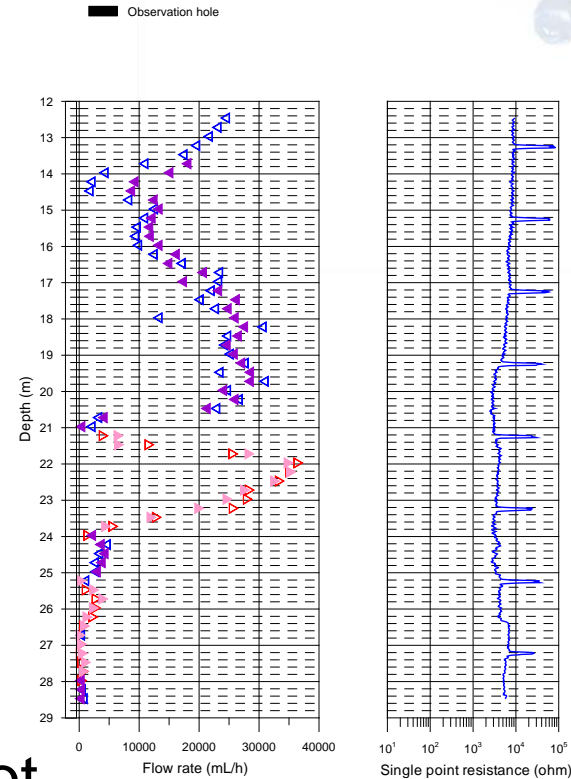
- Pac-Solution Oy:n testilaitteisto
- konttiin rakennettu raakavedenpuhdistamo (2m³/h)
- pikasekoitus, hämmennys, flotaatio, suodatus, jälkikemikalointi
- kemikaalinsyötön tarkka ohjaus teollisen automaatiojärjestelmän avulla, etäkäytettävyys
- kustannustehokas, ei kiinteitä rakenteita
- Testaus ja viimeistely Savonia-AMK:n vesilaboratoriossa => ylösajo vuorokaudessa
- Polaris-hankkeen pilot-laitteistona 6/2012 Ristiinassa



Pohjaveden virtausmittauksen laitekehitys

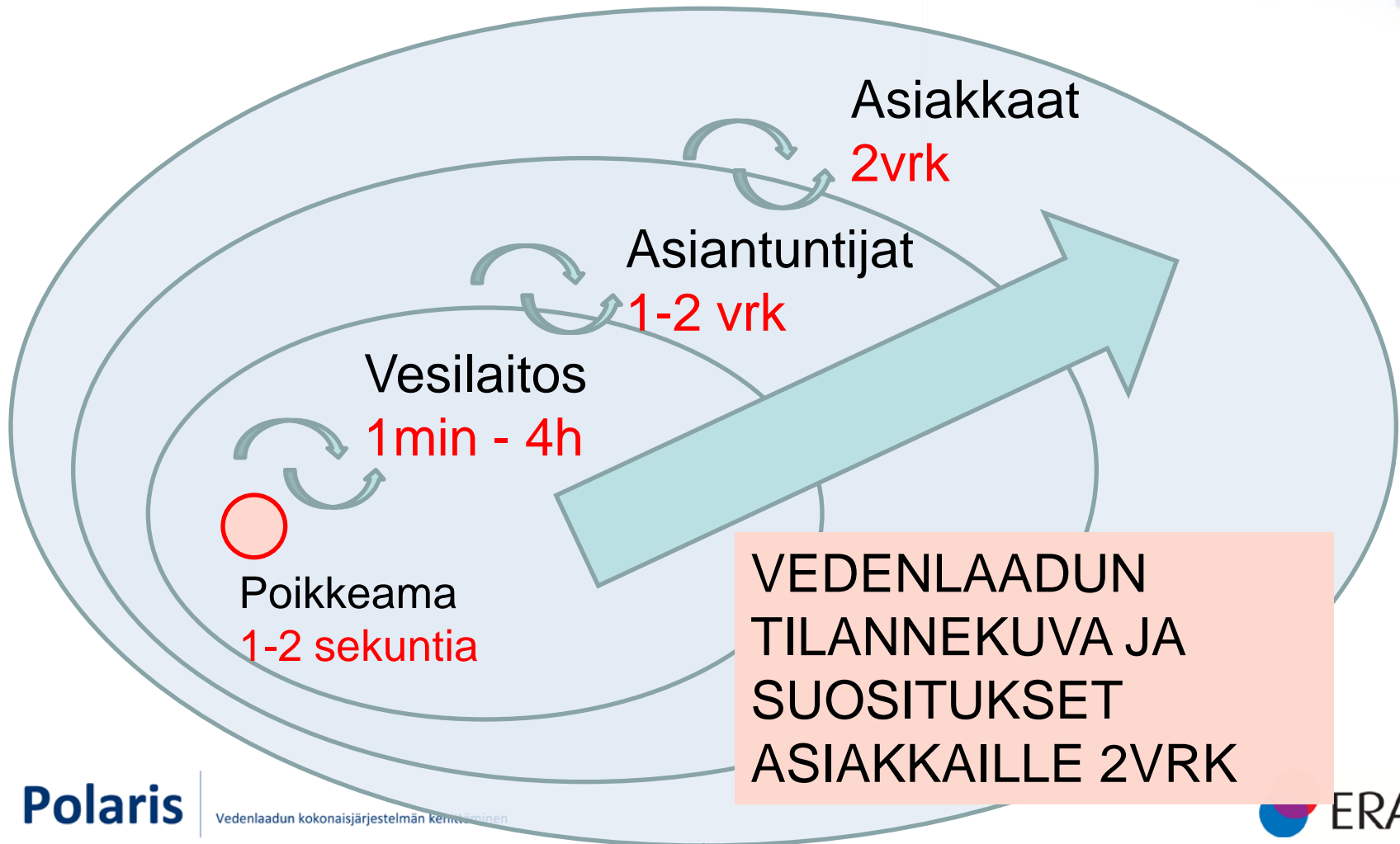


Pursiala, observation hole Polariss4
Flow rate and single point resistance

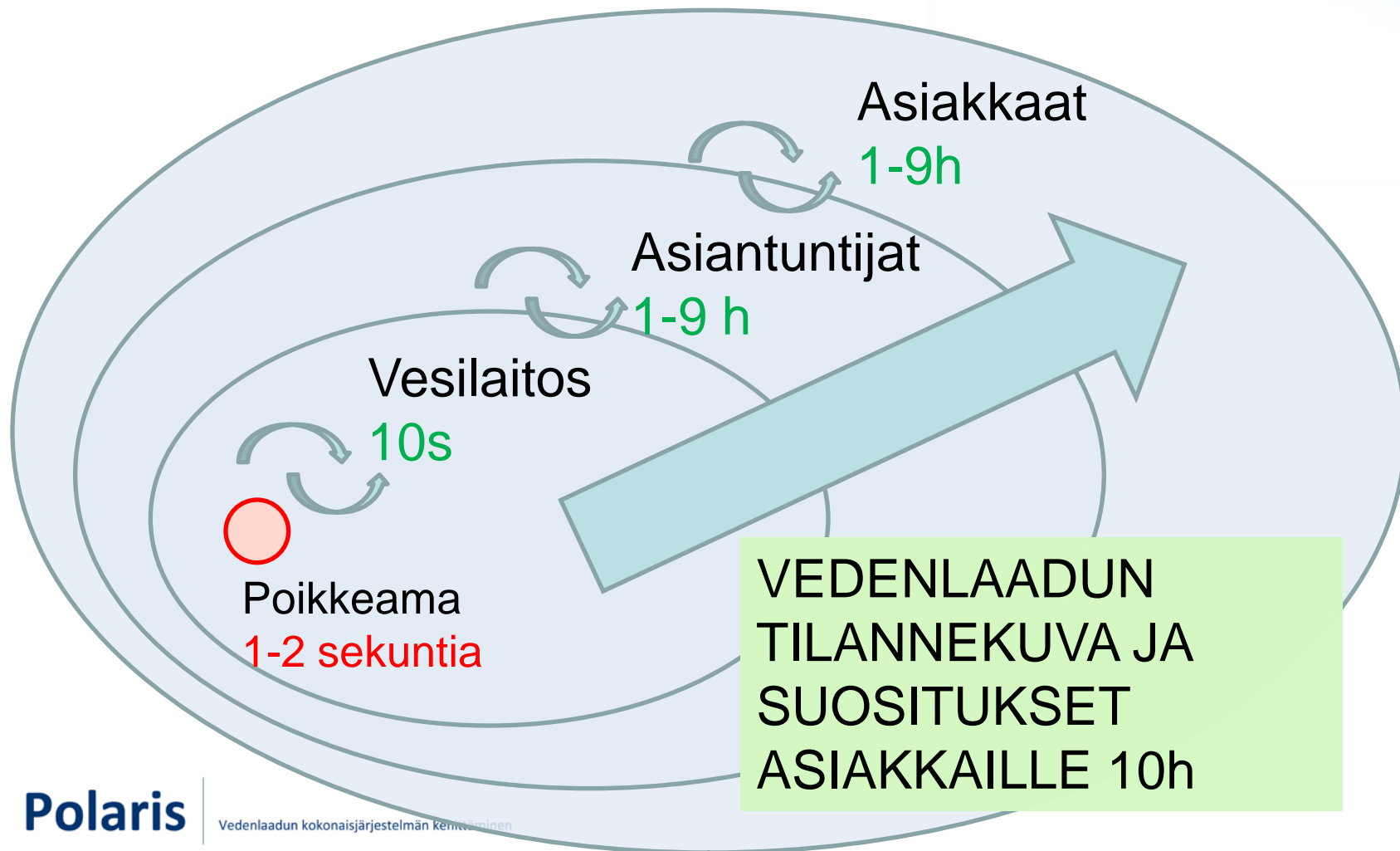


- Pöyryn virtausmittauslaitteistot
- Veden virtauksen selvittäminen
- Virtausmallien kehittäminen → tiedot kulkeutumismallin

Vesilaitoksen kokonaisjärjestelmä



Vesilaitoksen kokonaisjärjestelmä



Missä onnistuttiin?

- Mittaukset
 - Koottiin koko paletti yhteen sadannasta aina lähtevään veteen saakka
 - Uusia mittausinnovaatioita
- Vesilaitoksen valvomo, vasteaika 10s
 - Uusi käyttöliittymä vedenlaadun prosessitilojen luokitteluun, mm. vedenlaadun vuodenaikaisvaihtelun aikasarja opetusdatana
- Laboratoriotyön automatisointi pikadiagnostiikan avulla, vasteaika 9h
 - Uusi automaattinen mikrobi-inkubaattori vesilaitoksen tarpeisiin, jossa reaaliaikainen E.Coli -mittaus
- Ensiapua laitoksiin, vasteaika 1-3vrk
 - Tapahtuma 1: Pintavesilaitoksen pääpuhdistusprosessit ajettu alas, voidaanko vettä edelleen käyttää? Miten prosessi saadaan toimimaan?
 - Riskinarviointin perusteella vettä voitiin käyttää (THL:n arviointi)
 - Tutkimustiimi tuki prosessin uudelleen käynnistämistä pilot-kokeiden tulosten perusteella (OY, Savonia-AMK)
 - Tapahtuma 2: Pohjavesilaitoksen lähtevän veden heterotrofit korkealla tasolla, voidaanko vettä käyttää? Milloin poikkeamatila on ohi?
 - Poikkeaman seurantaan ColiLine, päivittäiset varmistusnäytteet 1 viikon ajan

Missä onnistuttiin? (2)

- Riskinarvioinnit kohdelaitoksiin
 - Dokumentoidaan poikkeamat ja analysoidaan ne kausittain
 - Kohdeaineistot kuten kartat ja mallit kootusti tietojärjestelmässä

Jatkotoimenpiteet

- **Mittaukset**
 - Kustannustehokkaiden ja luotettavien sensoriverkkojen hyödyntäminen raakavesilähteissä ja vesilaitoksissa
 - Soft-sensor konseptin kehittäminen
- **Vesilaitoksen valvomo**
 - Kaikkien osajärjestelmien vedenlaatu- ja tilannetieto koottuna yhdelle näytölle
 - Vaatimukset osajärjestelmien avoimesta rajapinnasta, jotta tietoa saadaan vedenlaadun analysointiin, seurantaan ja arviointeihin
 - Vedenlaadun esim. tekstiviesti- tai nettipohjainen asiakastiedotusjärjestelmä
- **Laboratoriotyön automatisointi pikadiagnostiikan avulla**
 - Hälytysrajojen määrittäminen/mallintaminen kohdekohtaisesti, käyttöönotto
- **Ensiapua laitoksiin, "alueellinen vasteyksikkö"**
 - Alueellisen valmiustason kehittäminen yhteistyönä
 - Konsulttien tukipalvelut
- **Riskinarvioinnit**
 - Riskinarvioiden päivittäminen 3-5 vuoden päästä, vuosittainen johdon katselmus
 - Käytetään investointien vaatimusten määrittelyissä, kustannukset vs. riskit

Kokonaisjärjestelmä?

Näkymä	Taso 1	Taso 2	Taso 3
Organisaatio	Etäohjattu pieni vedenottamo	Keskisuuri vesilaitos	Suurlaitos ja alueellinen taso
Data	Mittaustieto	Mallit	Arvioinnit
Vedentuotanto	Operatiivinen järjestelmä	Varajärjestelmät	Keskitetty varautumisjärjestelmä
Vedenlaatu-analyysit	Kausittainen	Prosessitilaan perustuva	Online-diagnostiikka
Laatujärjestelmä	Toiminta	Ennakointi	Varautuminen
Prosessin valvonta	Hälytys	Jaettu tilannetieto	Online-tiedottaminen
Tekninen järjestelmä	Laitekohtaiset erilliset järjestelmät	Automaatiojärjestelmä	Osajärjestelmät yhdistävä valvomo-käyttöliittymä



Kiitos!



Janne Kankkunen, koordinaattori
Geologian tutkimuskeskus | PL 1237 (Neulamäentie 5)

70211 KUOPIO
GSM +358 44 3099322
janne.kankkunen@gtk.fi