



TERVEYDEN JA HYVINVOINNIN LAITOS

# Mikrobien ja kemikaalien riskinarviointi vesilaitoksissa

Päivi Meriläinen



# Sisältö

- Talousveden riskit
- Kvantitatiivinen mikrobiologinen riskinarviointi
- Mikrobiologiset terveysriskit
- Kemialliset terveysriskit
- Polaris: Talousveden mikrobiologiset riskit
  - Vesiopas – veden käsittelyvaihtoehtojen vertailu
- Polaris: Talousveden kemialliset riskit

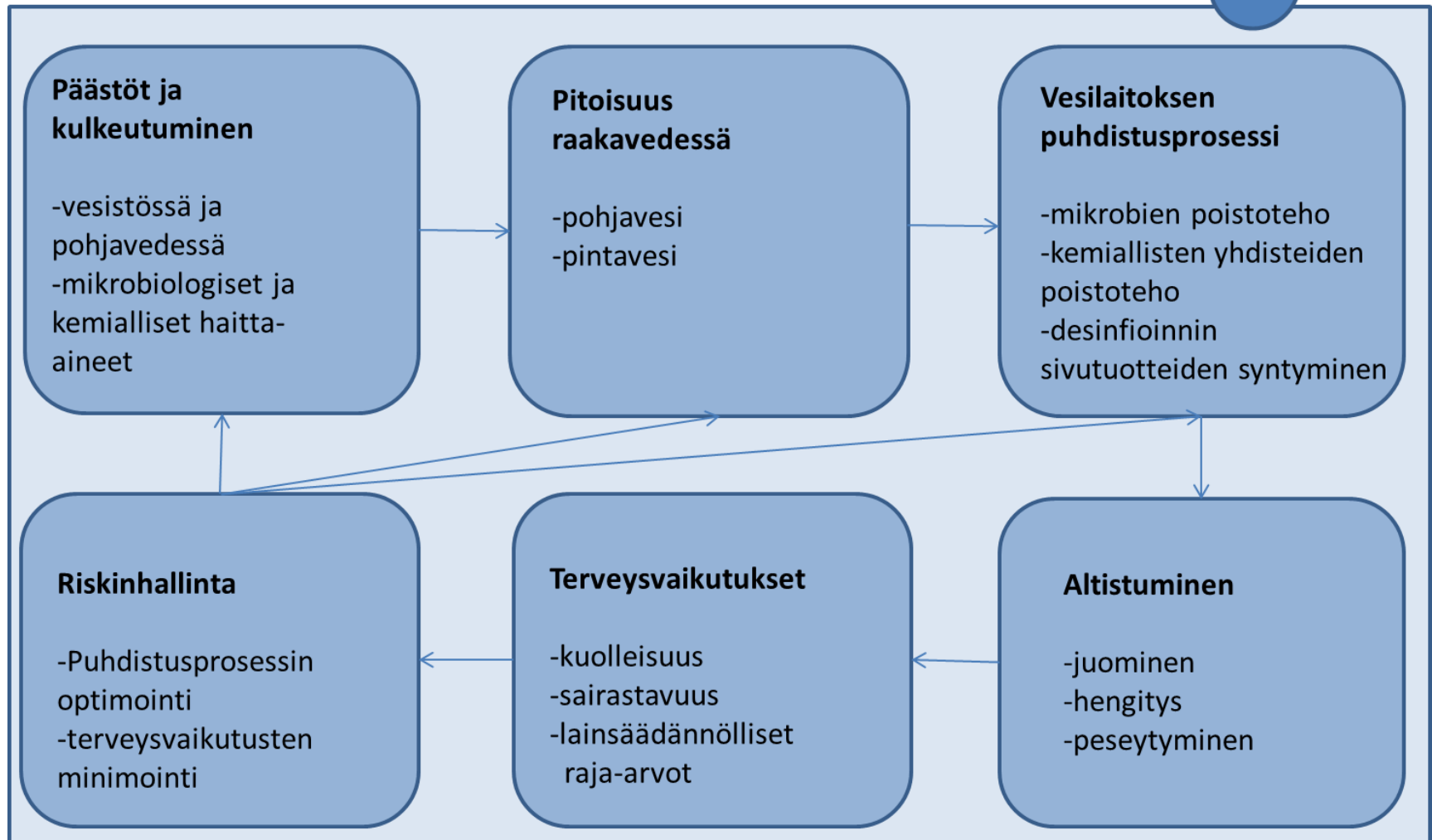


# Talousveden riskit

- Suomessa 1998-2010: 69 vesiepidemiaa, 27 500 sairastunutta (Zacheus ja Miettinen 2011)
  - 2-10 vesiepidemiaa/vuosi
  - Kunnalliset pohjavesilaitokset n. 80% vesiepidemioista
- Talousveden mikrobiologista laatu voivat uhata mm. jätevesi, huuhtoumat, puutteelliset suojaukset pohjavedenottamoilla, puhdistusprosessien tehottomuus, huono jakeluverkoston kunto
  - Kemiallinen saastuminen: Pesticidit, raskasmetallit, arseeni, nitraatti, kloorauksen sivutuotteet, kloorifenolit
  - Ilmastonmuutos
- Terveysriskeinä patogeenisten mikrobien aiheuttamat sairastapaukset (vatsatauti, suolistotulehdus, jälkitaudit) vs. kemikaalien aiheuttamat pitkäaikaiset haittavaikutukset
  - Haasteena riskinarvioinnin ja –hallinnan kehittäminen



# Talousveden terveysriskien arviointi

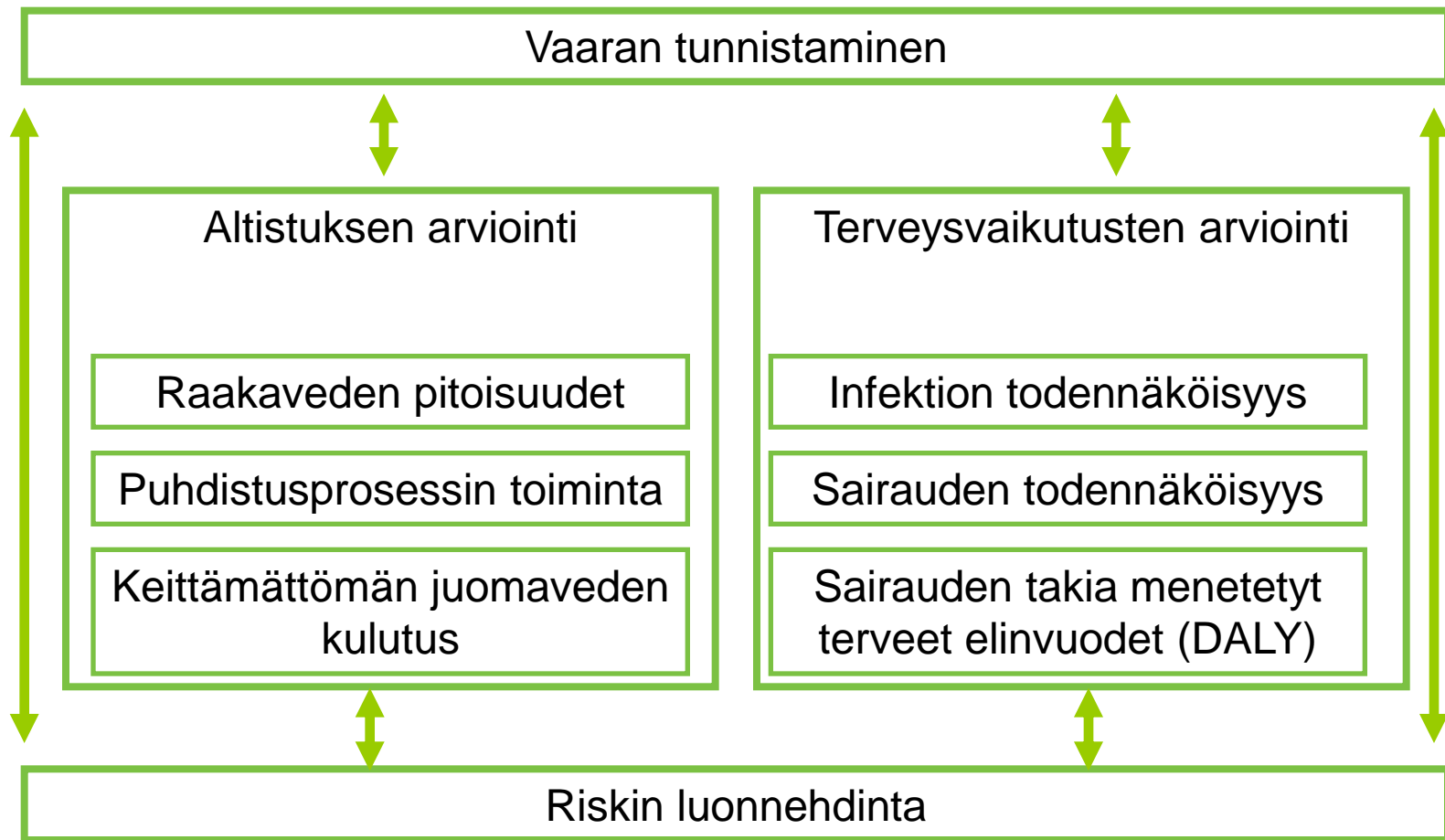


# Kvantitatiivinen mikrobiologinen riskinarviointi (QMRA)

- Kvantitatiivinen mikrobiologinen riskinarviointi (Quantitative microbial risk assessment, QMRA)
- Lopputuotos on arvio
  - veden kuluttajille koituvan terveyshaitan suuruudesta
  - vesiturvallisuudesta riskinhallinnan ja päätöksenteon tueksi

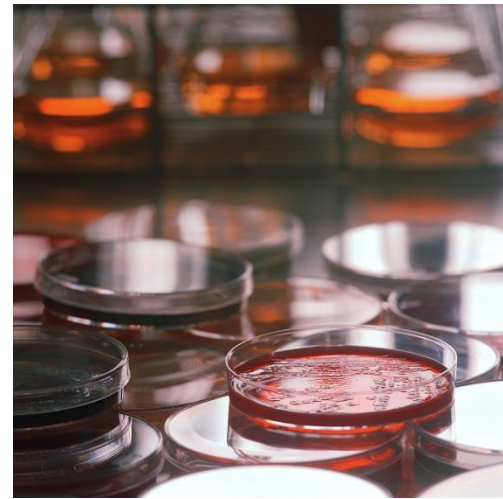


# Kvantitatiivinen mikrobiologinen riskinarviointi (QMRA)



# Talousveden mikrobiologiset riskit

- Bakteerit
    - Salmonella
    - Campylobacter
    - E.coli O157
  - Virukset
    - Rotavirus
    - Noroviruses
    - Adenovirus
  - Alkueläimet
    - Cryptosporidium
    - Giardia
- Oireet:
    - pahoinvoinnista vatsakramppeihin, ripuliin, reaktiivinen niveltulehdus.
    - Oireiden kesto voi vaihdella



# Talousveden kemialliset riskit

- Kloorauksen sivutuotteet: Syöpiä, lisääntymisvaikutuksia
- Vesijohtoverkoston materiaaleista veteen liukenevat aineet: Kupari
- Sinilevätoksiinit pinta-vedestä
- Kloorifenolit: Syöpiä, iho-oireita
- PAH-yhdisteet
- Raskasmetallit
- Polttoaineet, torjunta-aineet
- Lääkeaineet ja kuluttajakemikaalit, esim. hormonit





# Mikrobiologinen riskinarviointi Polariksessa

- Mikrobiologista dataa tarvitaan arvioimaan raakaveden laadun vaihtelua sekä puhdistusprosessien toimintaa
- Eri tyyppiset patogeenit käyttäytyvät eri tavoin puhdistusprosesseissa
- Polaris riskinarvioinnin tavoitteena oli luodavmatemaattinen malli, jota voidaan käyttää ennustavana työkaluna esim. talousveden riskinhallissa
  - Tuloksena terveysriskejä infektion todennäköisyys väestössä, infektiotapaukset per aikayksikkö, DALYs (disability adjusted life years)
  - Voidaan vertailla eri skenaarioita esim. Puhdistusprosessit, vikatilanteet, rankkasadejaksot, tulevaisuuden ilmastoskenaariot



# Polaris: Talousveden mikrobiologiset riskit

## Arvioinnin rajaus ja menetelmät

- Laskennallinen riskinarviointi: Väestön altistuminen talousveden mikrobeille kohdealueilla
  - Mikkelin Pursialan vesilaitos (pohjavesi)
  - Kirkkonummen Meikon vesilaitos (pintavesi)
- Mikrobialtistukseen liittyvät terveysriskit
  - Vatsatauti
- Altistuminen: Suun kautta nautittu kylmä talousvesi
- Koepaikkojen altistumisen mallinnus perustuen vesilaitoksilla ja lähiympäristöstä mitattuihin pitoisuuksiin:
  - Raakavesi
  - Talousvesi



# Mikrobien poistotehokkuuksien arvoja vedenpuhdistuksen yksikköprosesseissa

Yksikköprosessi	Bakteerit	Virukset	Alkueläimet
<i>Partikkelien poistoon perustuvat prosessit: poistotehokkuuden vaihtelu (<math>\log_{10}</math>-yksiköissä<sup>1</sup>)</i>			
Koagulaatio	0.6 – 3.7	0.2 – 4.3	0.0 – 3.8
Nopea hiekkasuodatus	0.1 – 1.5	0.1 – 3.8	0.0 – 6.5
Aktiivihiekkisuodatus	0.9 – 2.9	0.2 – 0.7	0.4 – 3.3
Hidas hiekkasuodatus	1.2 – 4.8	0.6 – 4.0	0.3 – yli 6.5
<i>Desinfointiprosessit: mikrobien inaktivaatiokertoimet, <math>k_e</math> (<math>L / mg \times min, 10^\circ C</math>)</i>			
Kloori	6.67 – 19.6	4.58	0.062
Klooridioksidi	16.4	0.47	0.0054 – 0.24
Otsoni	174	10.0	0.24 – 4.9
<i>Mikrobien poistoon tarvittava UV-säteilyteho (<math>mJ/cm^2</math>)</i>			
90 % poisto	3 – 9	5 – 56	2 – 3
99 % poisto	4 – 16	11 – 111	5 – 6
99.9 % poisto	7 – 23	17 – yli 167	11 – 12
99.99 % poisto	9 – 51	21 – yli 167	ei tiedossa

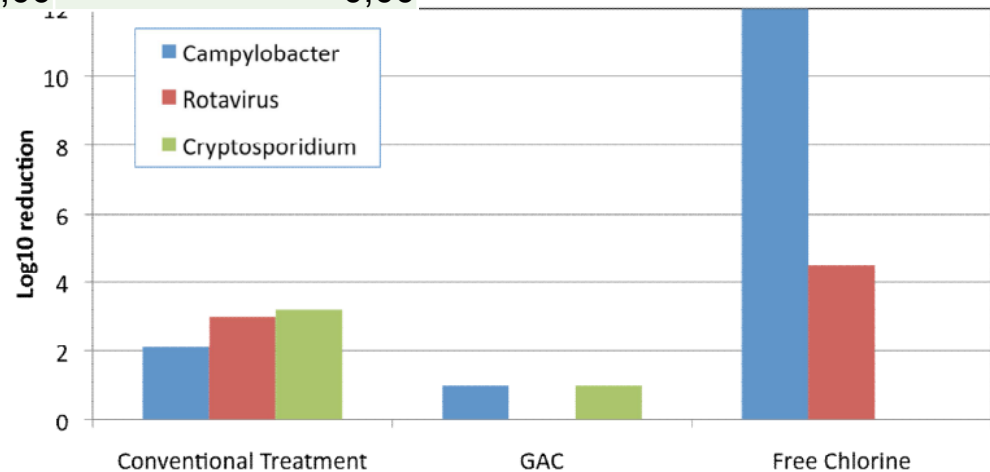
TERVEYDEN JA HYVINVOINNIN LAITOS

<sup>1</sup> $\log_{10}$ -yksiköissä arvo 1 vastaa 90 % poistoa, arvo 2 vastaa 99 % poistoa, arvo 3 vastaa 99.9 % poistoa, arvo 4 vastaa 99.99 % poistoa jne. (Lähde: Smeets et al., 2006).

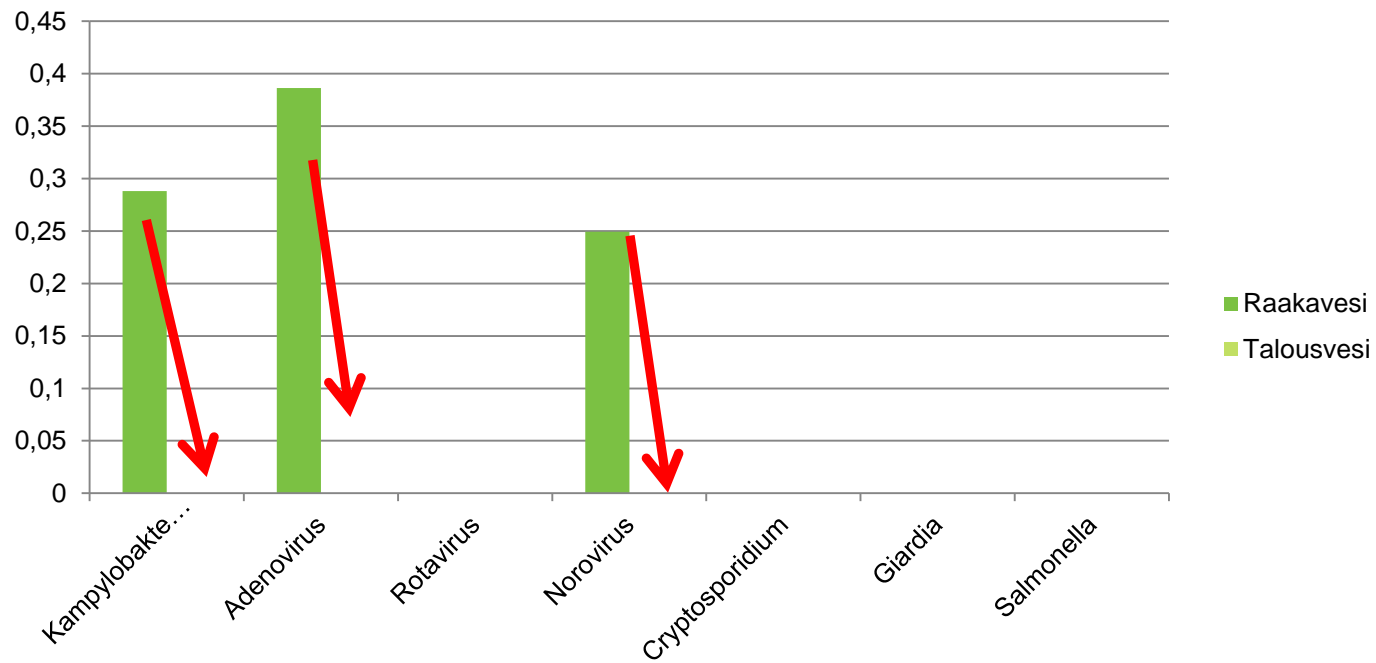


# Puhdistusmenetelmät: Mikrobinen logaritminen poistuma

Mikrobi	Pitoisuus Raakavedessä (mikrobia/l)	Pitoisuus talousvedessä (mikrobia/l)
Kampylobakteeri	0,17	0,00
Adenovirus	0,50	0,00
Rotavirus	0,00	0,00
Norovirus	286,71	0,00
Cryptosporidium	0,00	0,00
Giardia	0,00	0,00
Salmonella	0,00	0,00



# Infektioriski: Raakavesi vs. talousvesi

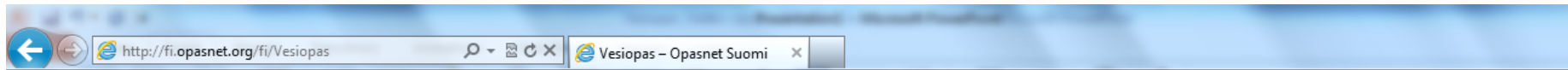


# Kohdekohtaisista arvioinneista riskinarvioinnin työkaluun: Vesiopas

- Työkalu juomaveden terveystriskien arviointiin
- Vesiopas = verkkopohjainen vaikutusarviointimalli, jolla voidaan suorittaa talousveden riskinarviointia
  - THL:n ylläpitämä yleiskäyttöinen verkkotyötila.
  - Nettisivusto ja laskentaympäristö yhtä aikaa.
  - Mahdollisuus rakentaa sisältöjä kuin legoista
- Työkalu, jolla **voidaan vertailla eri** raakavesilähteiden ja **puhdistusmenetelmien vaikutusta terveystriskeihin**
- Eli miten eri raakaveden patogeeneit poistuvat puhdistuksessa ja miten ne vaikuttavat ihmisten terveyteen



# http://fi.opasnet.org/fi/Vesiopas



Valikko

Etusivu  
Keskustelut  
Näytä kaikki sivut  
Tuoreet muutokset  
Tiedostoluettelo  
Ohje  
Ota yhteyttä

Työkalut

Luo uusia sivuja  
Taulukkomuunnin

Työkalut

Tänne viittaavat sivut  
Linkitettyjen sivujen muutokset  
Toimintosivut  
Tulostettava versio  
Ikiilinkki

Sivu Keskustelu

Lue Lähdekoodi Näytä historia

## Vesiopas

### Sisällysluettelo [piilota]

- 1 Vesiopas - Arviointi juomaveden laadun terveysvaikutuksista
  - 1.1 Vesiopasmalli
  - 1.2 Käyttöohjeet Vesiopas-mallille
  - 1.3 Tulosten tulkinta
  - 1.4 Rajaus
  - 1.5 Määritelmä
    - 1.5.1 Muuttujat
    - 1.5.2 Data
    - 1.5.3 Paikkakuntaakohtaiset tiedot
  - 1.6 Katso myös
  - 1.7 Viitteet
  - 1.8 Aiheeseen liittyviä tiedostoja

## Vesiopas - Arviointi juomaveden laadun terveysvaikutuksista

Arviointi laadun terveysvaikutuksista käsittelee juomaveden mahdollisen terveyshaittaa vesijohtovettä käyttäville ihmisille, sekä juomaveden mahdollinen terveysriski on tietyillä raakaveden mikrobeilla. Arviointi...

## Vesiopasmalli

+ Näytä koodi

## Raakavesi: Patogeenien pitoisuudet

Raakaveden luokitus:

Pohjavesi - Puhdas

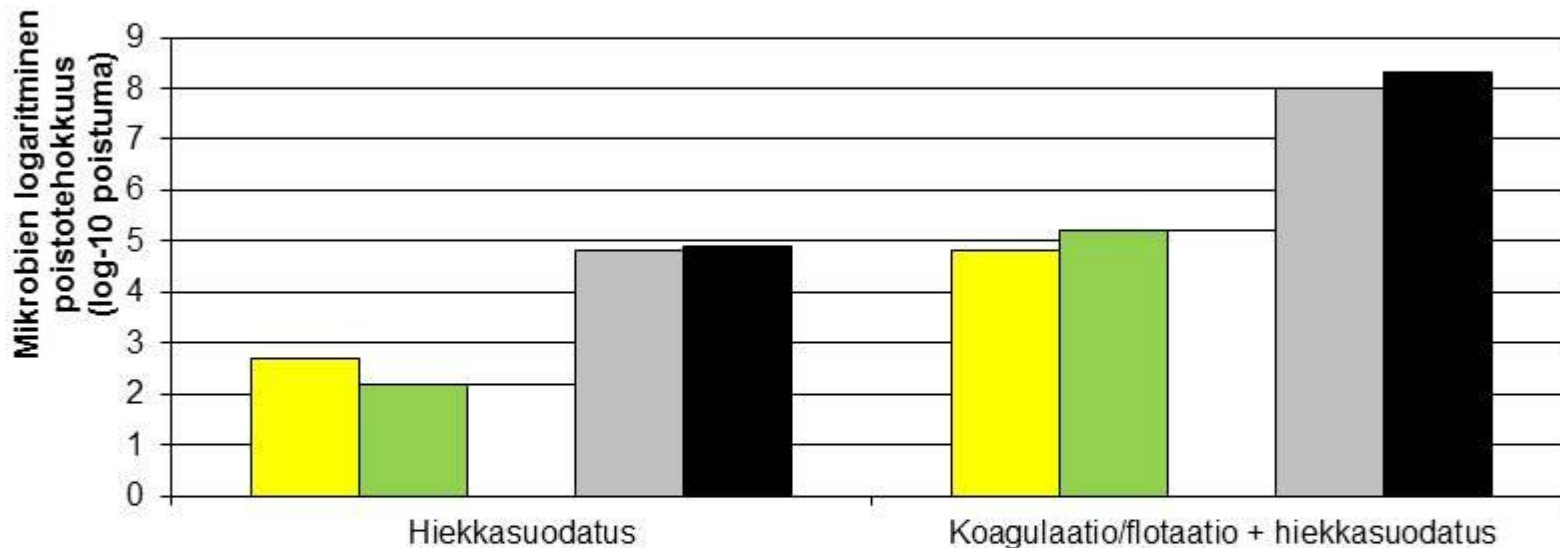
Vesioppaan tulokset ovat suoraan hyödynnettävissä päätöksenteossa ja niitä voi hyödyntää esim:

- erityistilanteiden ennakoinnissa ja
- infektioriskiä vähentävien toimenpiteiden optimoinnissa

riskien ja hallinta ja monitorointi -

# Mikrobien logaritminen poistotehokkuus

- Voidaan laskea eri puhdistusprosessien mikrobien logaritmisia poistotehokkuuksia eri mikrobeille  
→ riskinhallintavaihtoehtojen vertailu

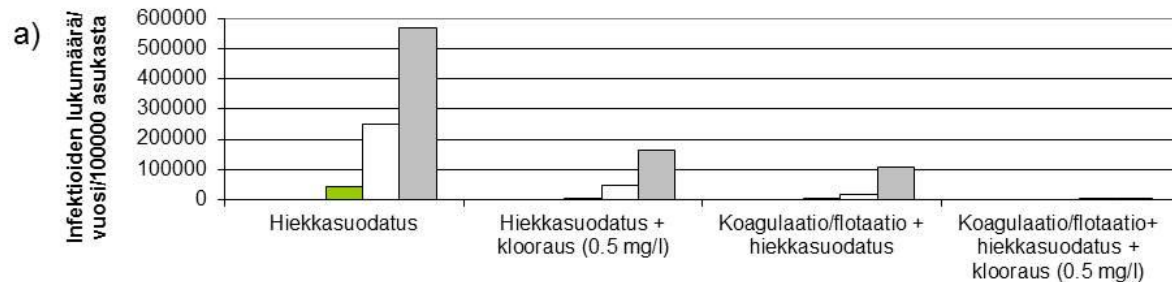


■ Kampylobakteeri ■ Rotavirus □ Norovirus ■ Cryptosporidium ■ Giardia



# Vesiopas: Raakavesikontaminaation terveysvaikutukset

## Infektioiden lukumäärä (Inf./vuosi/100000 asukasta)



- Vesiopas-mallilla voidaan vertailla vedenkäsittelyvaihtoehtojen vaikutusta infektoituneiden lukumäärään sekä tautitaakkaan erilaisilla raakaveden likaantumisvaihtoehdoilla

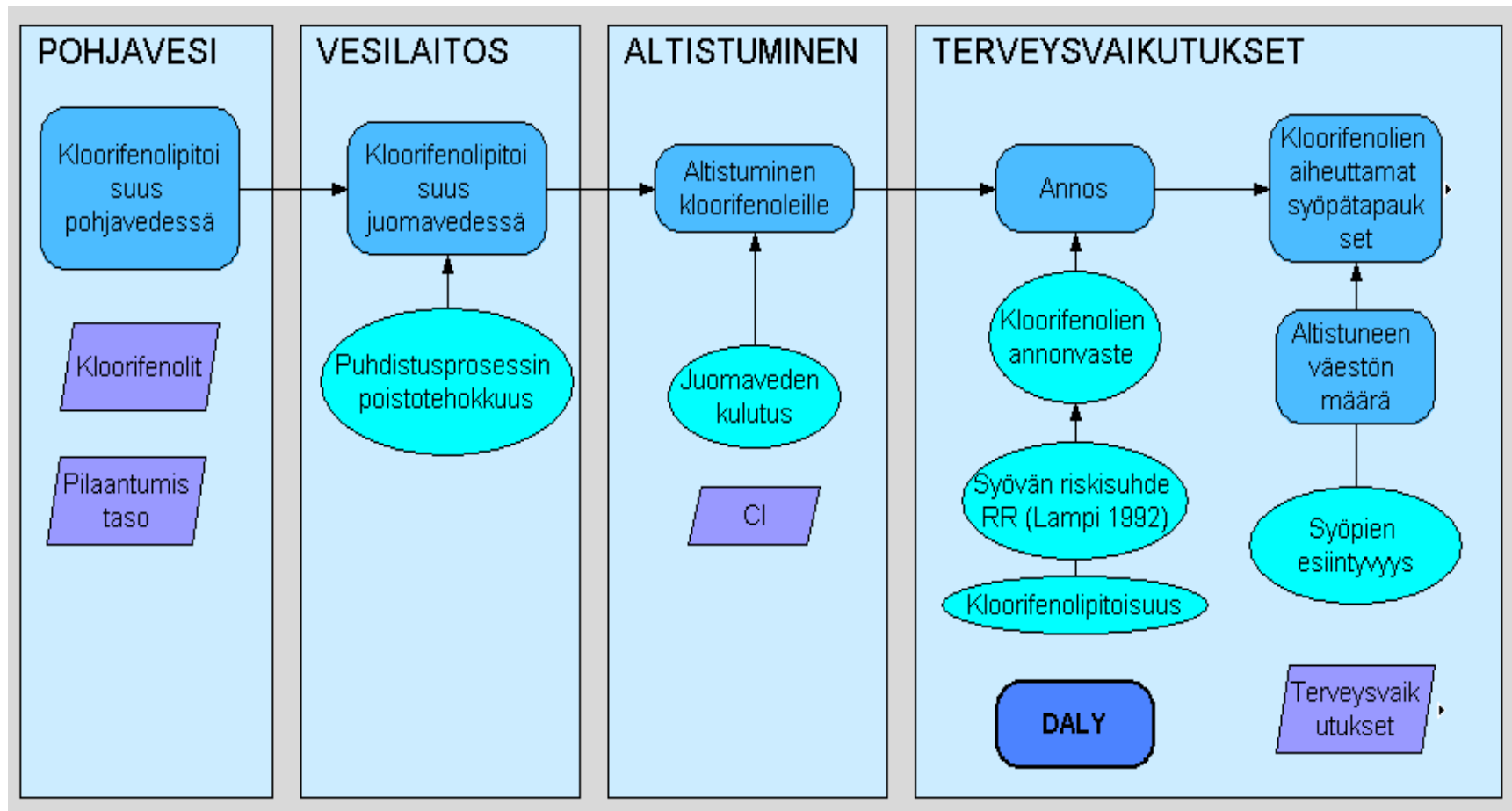
# Polaris: Talousveden mikrobiologiset riskit

## Päätelmät

- Mikrobiologiset riskit normaalitilanteessa pienet
- Erikoistilanteet uhkana
  - Raakaveden laadun muuttuminen: Rankkasateet, kuivuus, tulvat
  - Toimintahäiriöt vesilaitoksella
- Mitatut pitoisuudet pieniä, joten laitoskohtaisten mikrobien poistotehojen määrittäminen ei onnistunut, vaan turvauduttiin kirjallisuustietoihin
- Jatkossa indikaattorimikrobien avulla tapahtuva riskinarvioinnin kehitys
- Polariksen riskinarviointimallin pohjalta kehitetty Vesiopas, jota päivitetään uusimpien tutkimustulosten perusteella



# Polaris: Talousveden kemialliset riskit - Kloorifenolien riskinarviointi

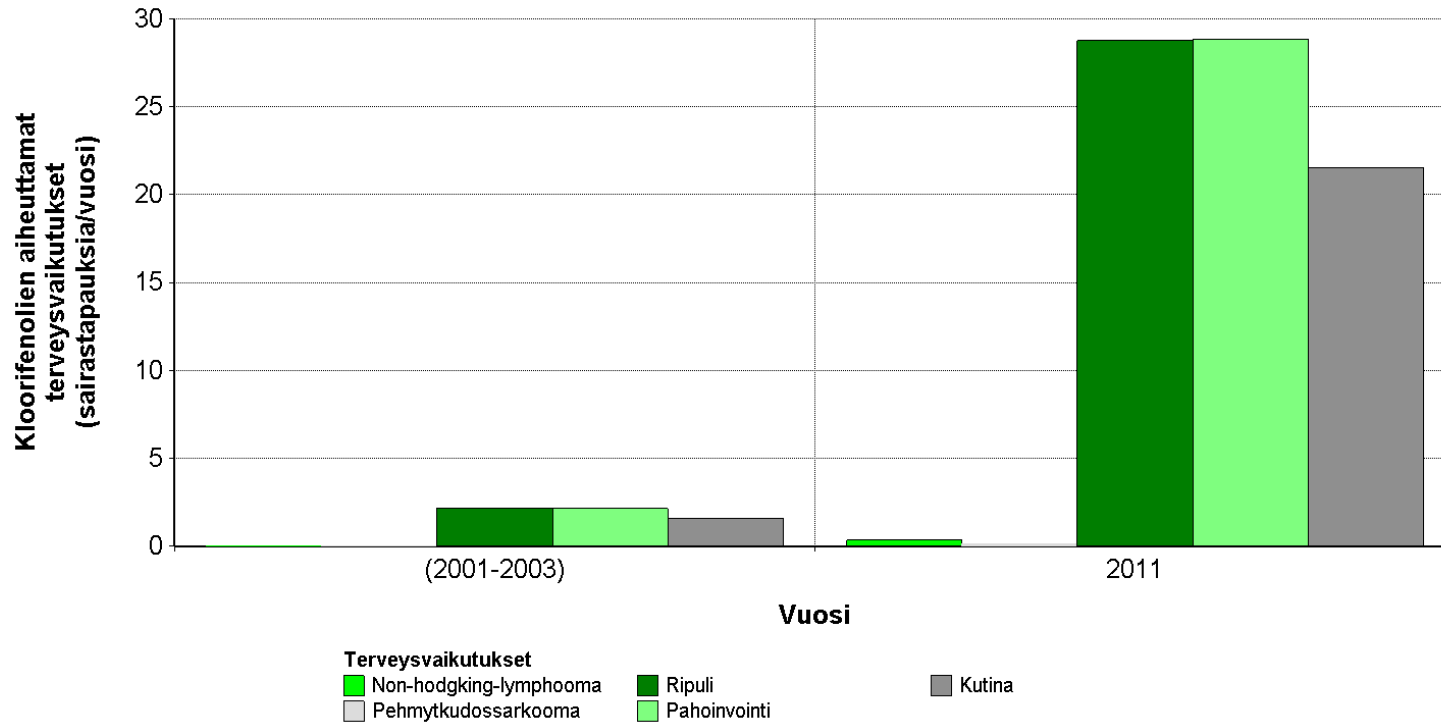


# Kloorifenolien riskinarviointi – Arvioinnin rajaus ja menetelmät

- Tarkastellaan kloorifenoleilla saastuneen juomaveden terveystaakkaa Mikkelin Pursialan alueella
- Arvioinnissa käytetään alueelta mitattuja kokonaiskloorifenolipitoisuuksia
  - $< 4 \text{ ug/l}$  talousvedessä
  - Vaadittu taso  $< 10 \text{ ug/l}$
- Terveystaakaksi ovat Non-hodgkin-lymfooma sekä pehmytkudossarkooma.
- Lisäksi tarkastellaan iho-oireita ja pahoinvointia
- Altistuminen huomioitu vain juodun talousveden kautta



# Esimerkki: Kloorifenolien riskinarviointi



Terveysvaikutus	(2001-2003)	2011	Total
Non-hodgking-lymphooma	0	0	0
Pehmytkudossarkooma	0	0	0
Ripuli	2	2	2
Pahoinvointi	2	29	31
Kutina	2	2	2



# Esimerkki: Kloorifenolien riskinarviointi - Johtopäätökset

- kloorifenolit voivat kulkeutua maaperästä pohja- ja edelleen talousveteen ja todennäköisesti aiheuttaa terveysvaikutuksia.
- Altistuminen kloorifenoleille vuosikymmenien ajan voi aiheuttaa syöpätapauksia väestössä, mutta Mikkelissä havaituilla pitoisuuksilla syöpäriski on hyvin pieni (<1 tapausta vuodessa)
- Kloorifenolien riskit on muistettava kunnissa, joissa on vanhoja sahanpohjamaita.



# Yhteenveto

- Suomessakin talousveden laadun aiheuttamia terveysriskejä → tarvetta riskinarvioinnille
  - Kemialliset, mikrobiologiset
  - Erikoistilanteet ja niihin nopea reagoiminen vedenpuhdistuksen haaste → tarvetta kokonaisjärjestelmälle
  - WSP vastaa tähän haasteeseen osittain
- Riskinarviointi antaa mahdollisuuden
  - 1) tarkastella mahdollisia riskejä ja
  - 2) varautua niihin
- QMRA ja Vesiopas työkaluina vastaamassa kysymyksiin ”Miten suuri riski voi olla?”
  - Säästää rahaa ja jopa ihmishenkiä



# Lisätietoja

- Meriläinen, 2011. Vesiopas. Opasnet.  
<http://fi.opasnet.org/fi/Vesiopas>

Yhteystiedot:

Päivi Meriläinen, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, PL  
95, 70701 Kuopio

[paivi.merilainen@thl.fi](mailto:paivi.merilainen@thl.fi)

