



Pursialan saha: kahden vuoden koetoimintajakson aikana saatuja kokemuksia

Mutku-päivät, Oulu, 15.3.2018

Arto Itkonen (Sitowise Oy), Juha Ovaskainen (Vapo Oy) & Jussi Virtanen (FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy)



- Käytetyt kunnostusmenetelmät
- Puhdistustulos
- Opetuksia

Käytetyt kunnostusmenetelmät

- Käytetyt kunnostusmenetelmät

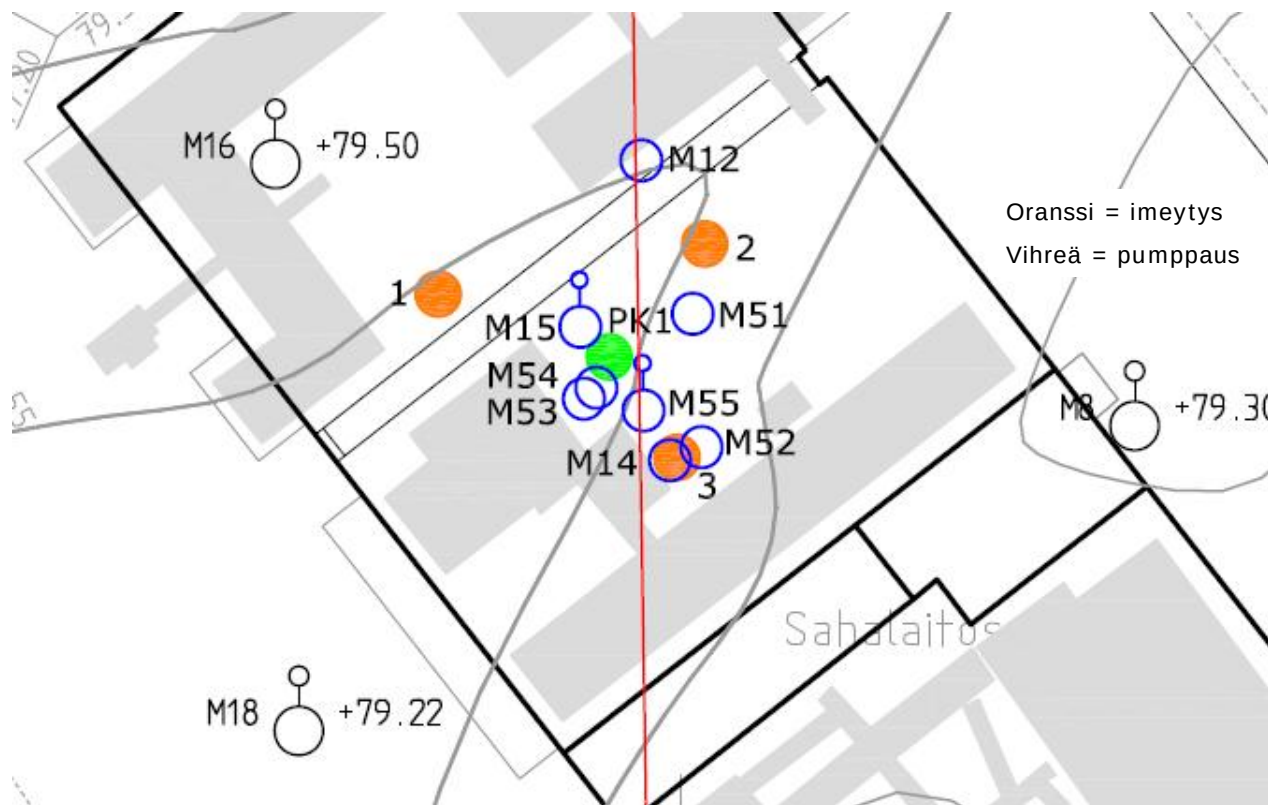


Pursialan sahan kunnostushanke

- Kunnostuksesta vastaa Vapo Oy, urakoitsijana Doranova Oy sekä konsultteina FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy ja Sitowise Oy.
- Kunnostus on jatkunut yli 2 vuotta.
- Toiminta on koetoiminnan luonteista ja tähdännyt riittävän tehokkaan menetelmän löytämiseen.
- Käytetty menetelmä on ollut puhdistuspumppaus yhdistettynä tehostettuun biologiseen puhdistukseen; kemiallista hapetusta ei ole arvioitu järkeväksi mm. sen suuremmaksi arvioitujen riskien vuoksi ja koska ENA toimii hyvin kohteessa.
- Kunnostusjärjestelyä on optimoitu useaan otteeseen. Suurin muutos oli pumppaus- ja injektointipisteiden vaihto 3/2017.
- Riskejä hallitaan tiheällä tarkkailulla ja varalla olevalla suoja-pumppausjärjestelmällä.
- Kunnostus jatkuu toistaiseksi ennallaan.

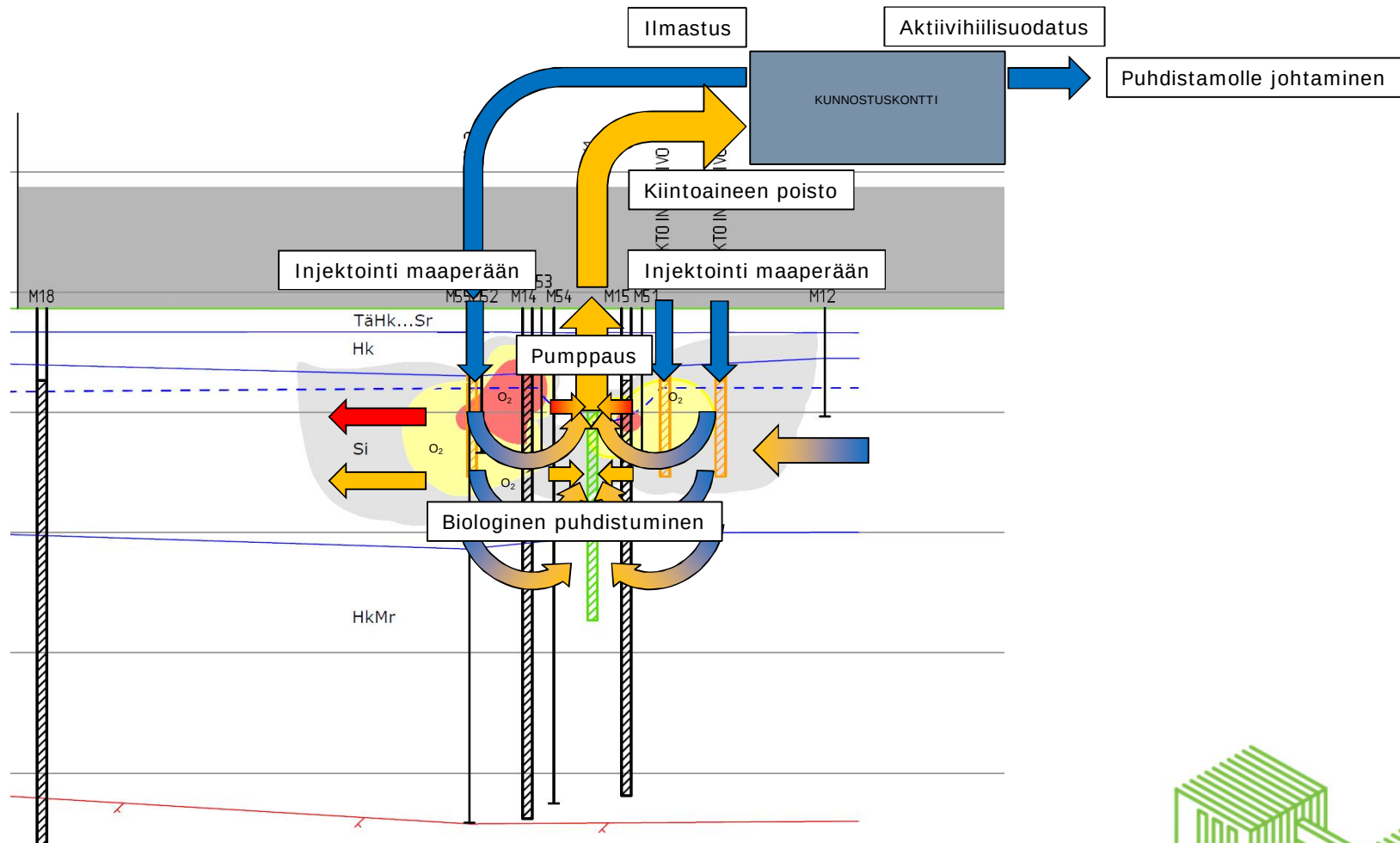


Kunnostusjärjestelyt 1/2016-2/2017



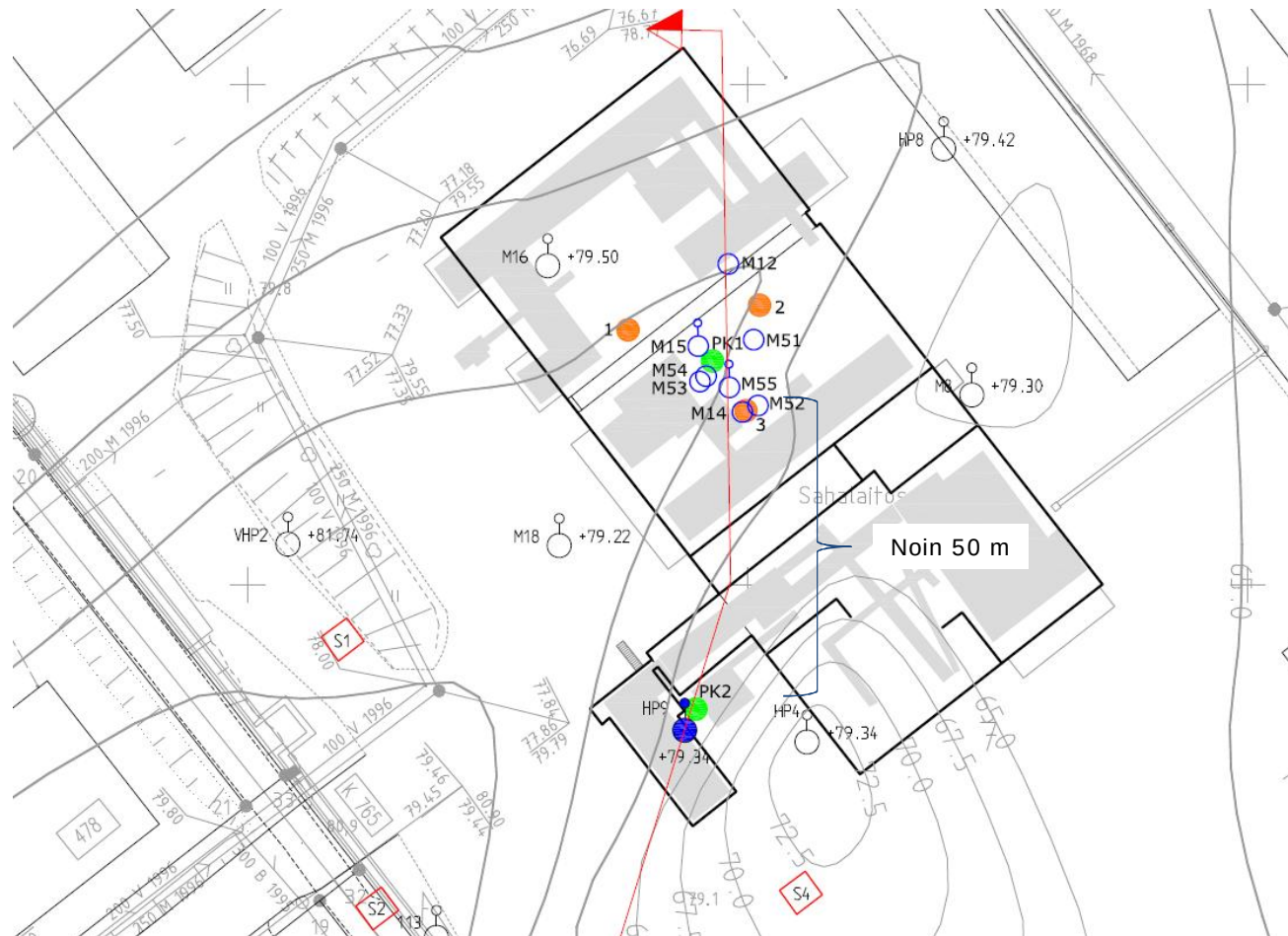
Kunnostusjärjestelyt 01/2016-02/2017

6



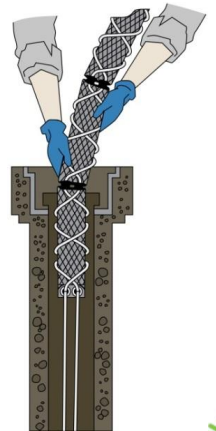
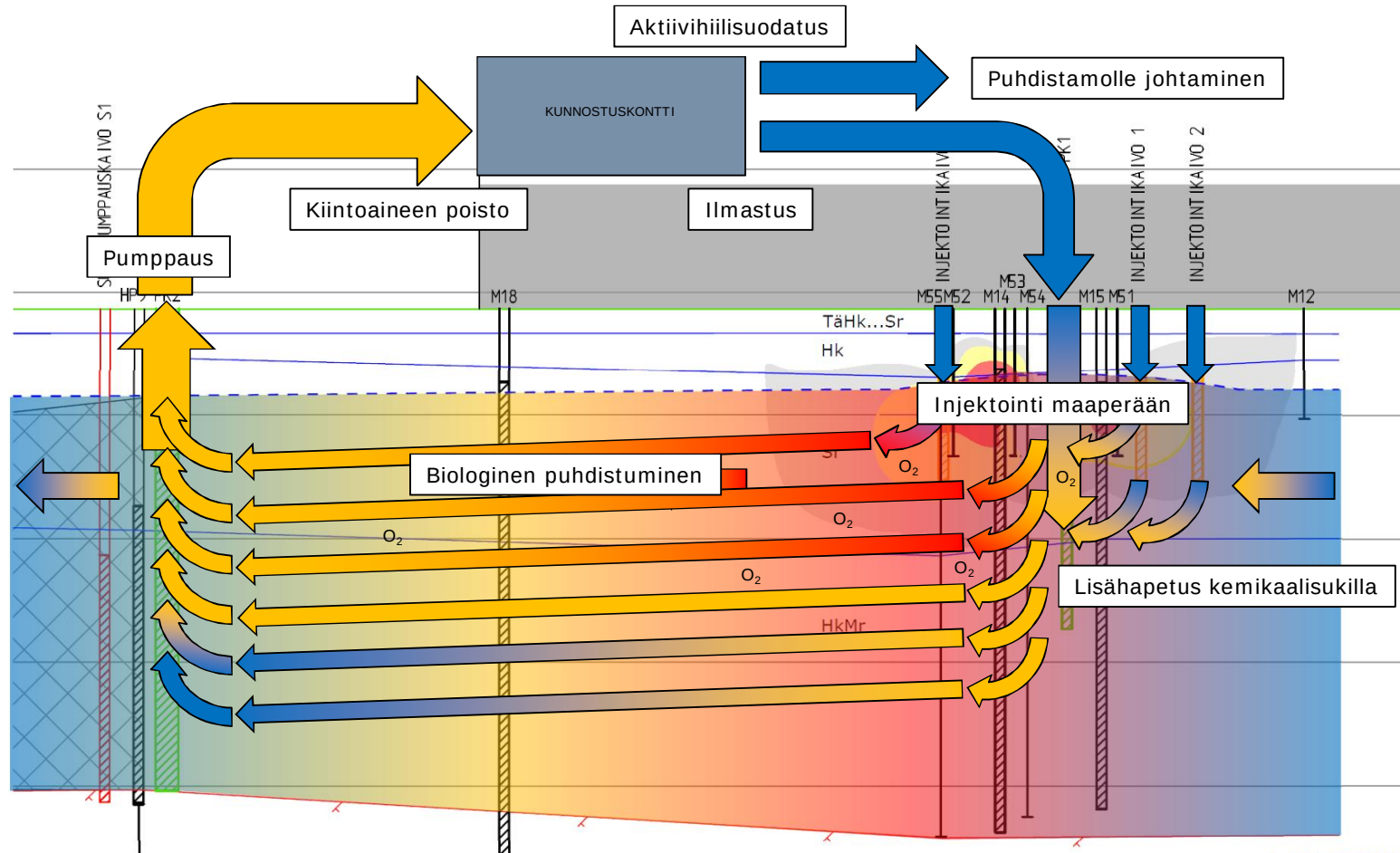
Kunnostusjärjestelyt 3/2017 -

7

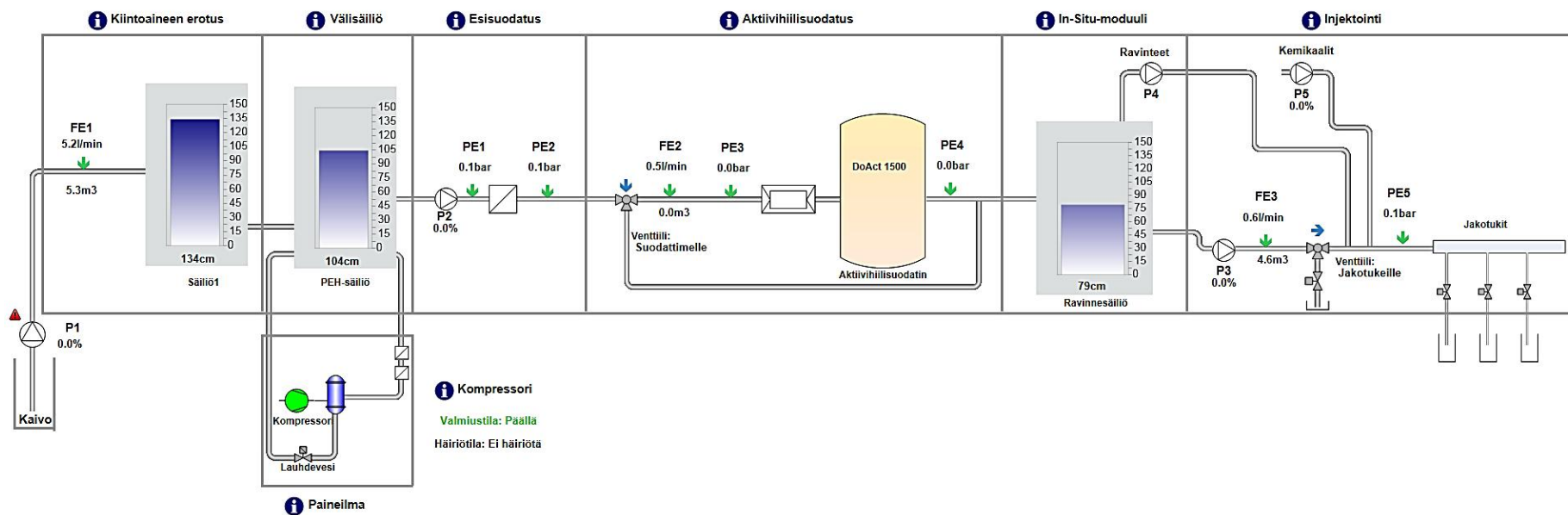


Kunnostusjärjestelyt 3/2017 -

8



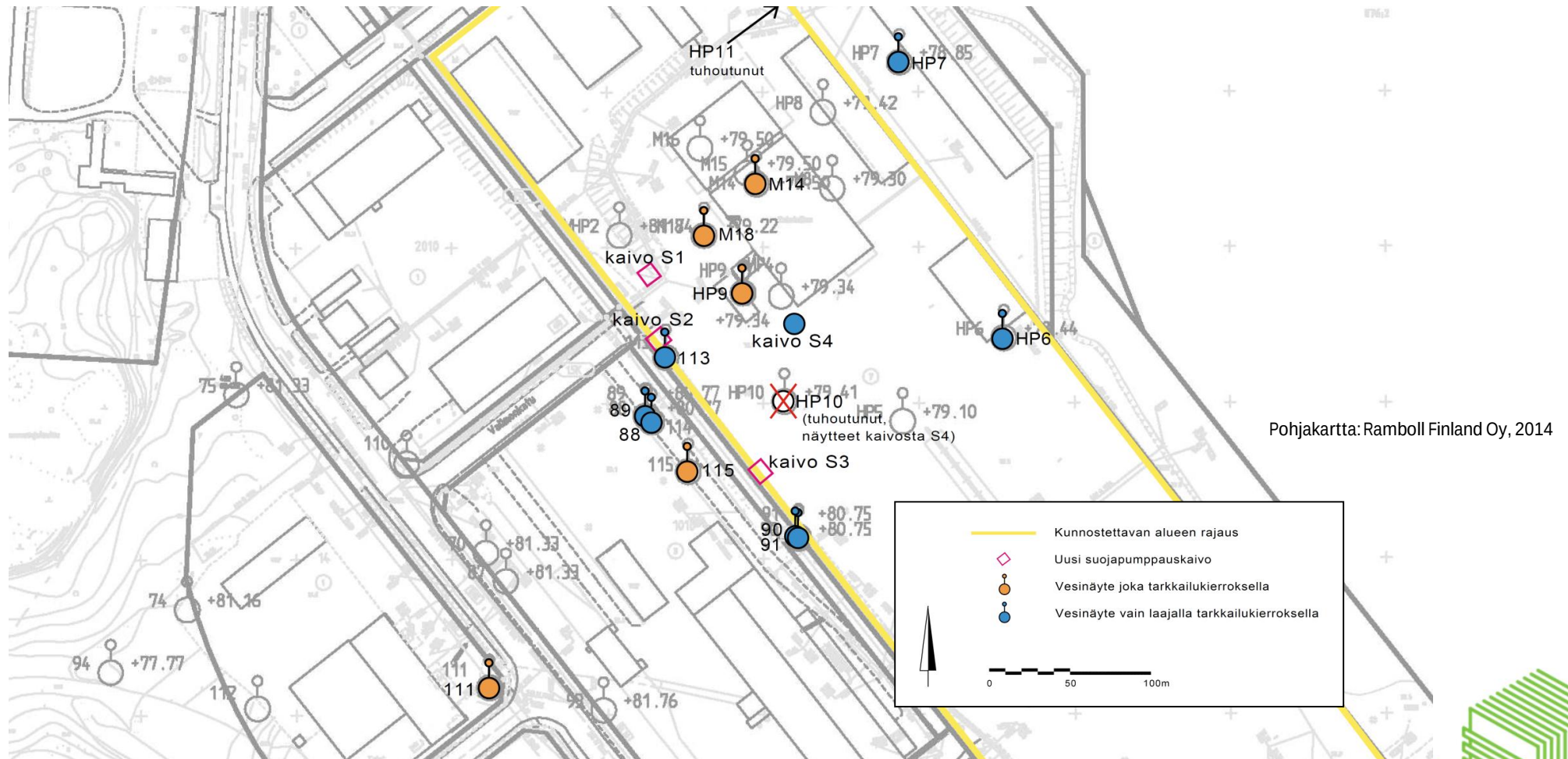
Prosessikaavio (Doranova Oy)



Lähde: Doranova Oy, 2016



Suojapumppaus- ja tarkkailupisteet

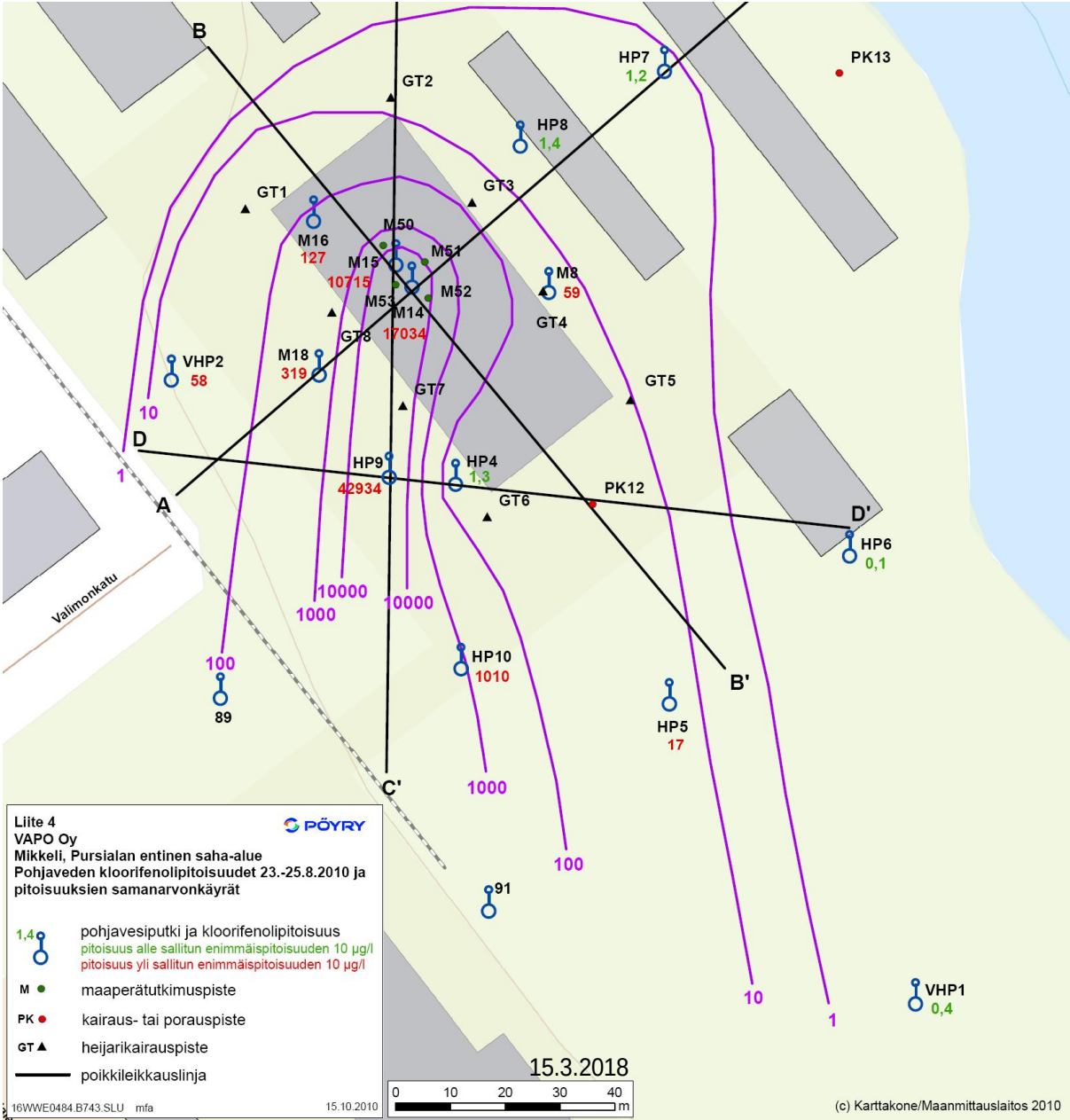


Ulkomailla

- Puhdistustulos



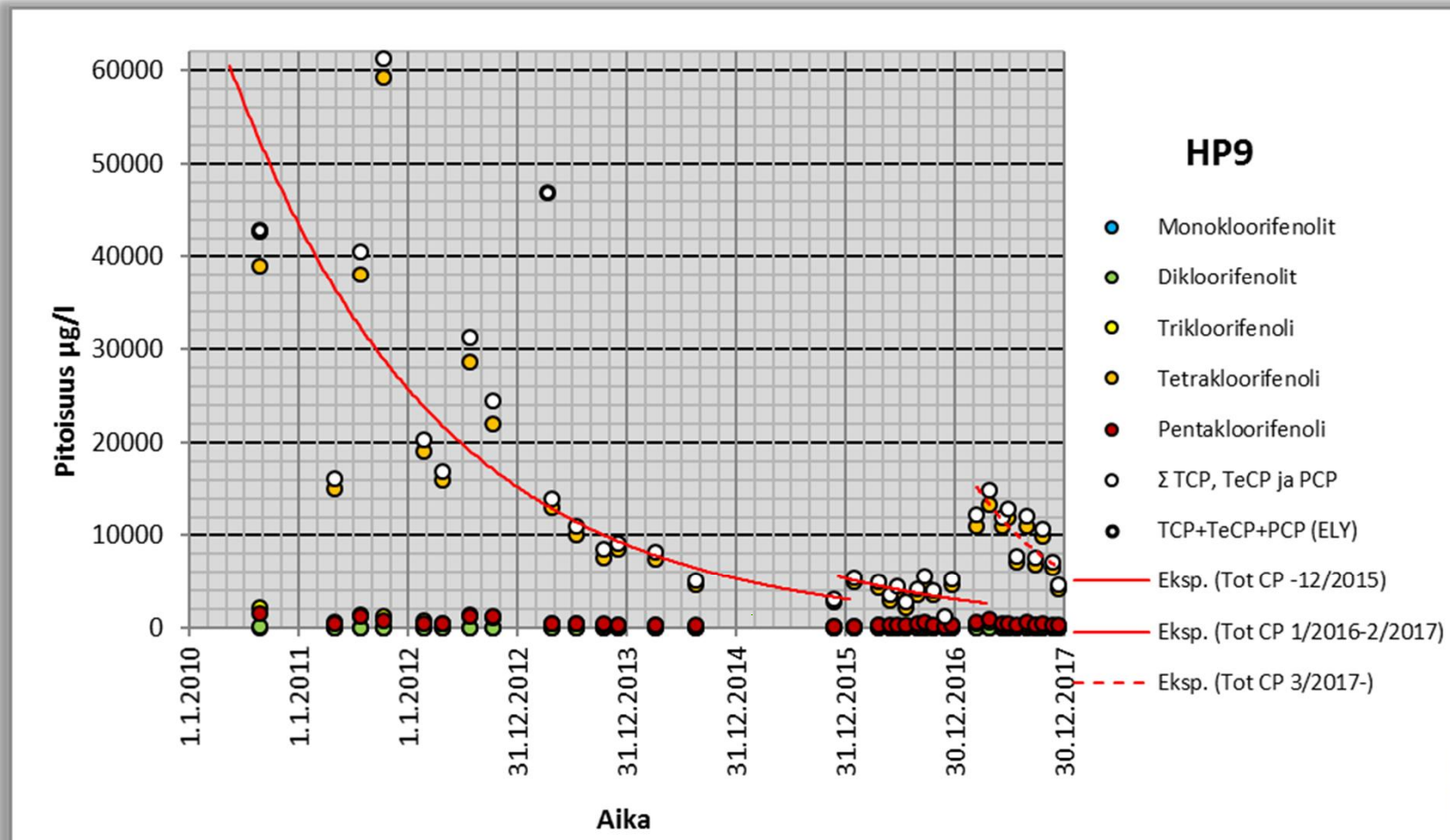
Lähtötilanne



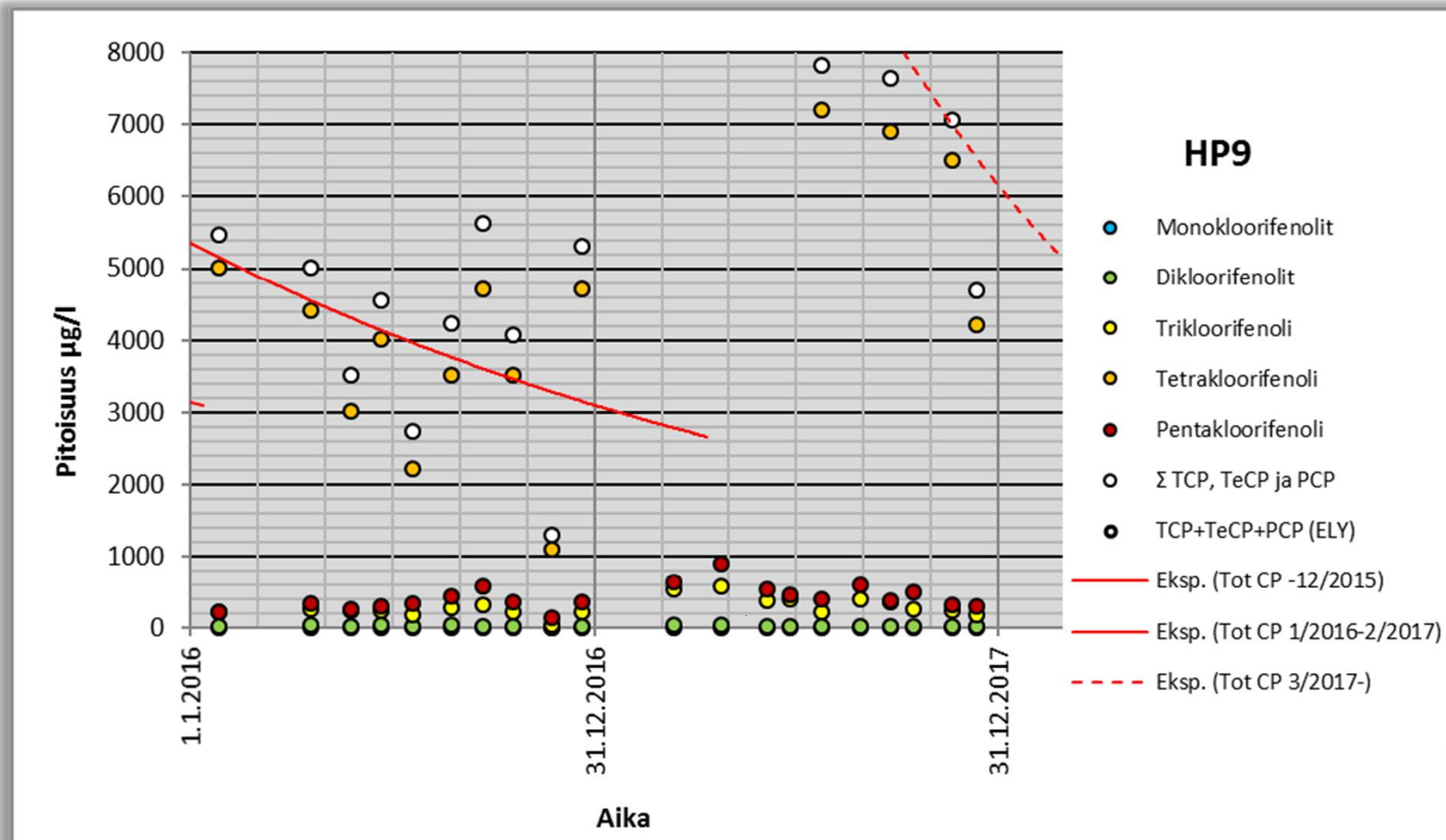
Kuva: Pöyry Environment Oy, 2010



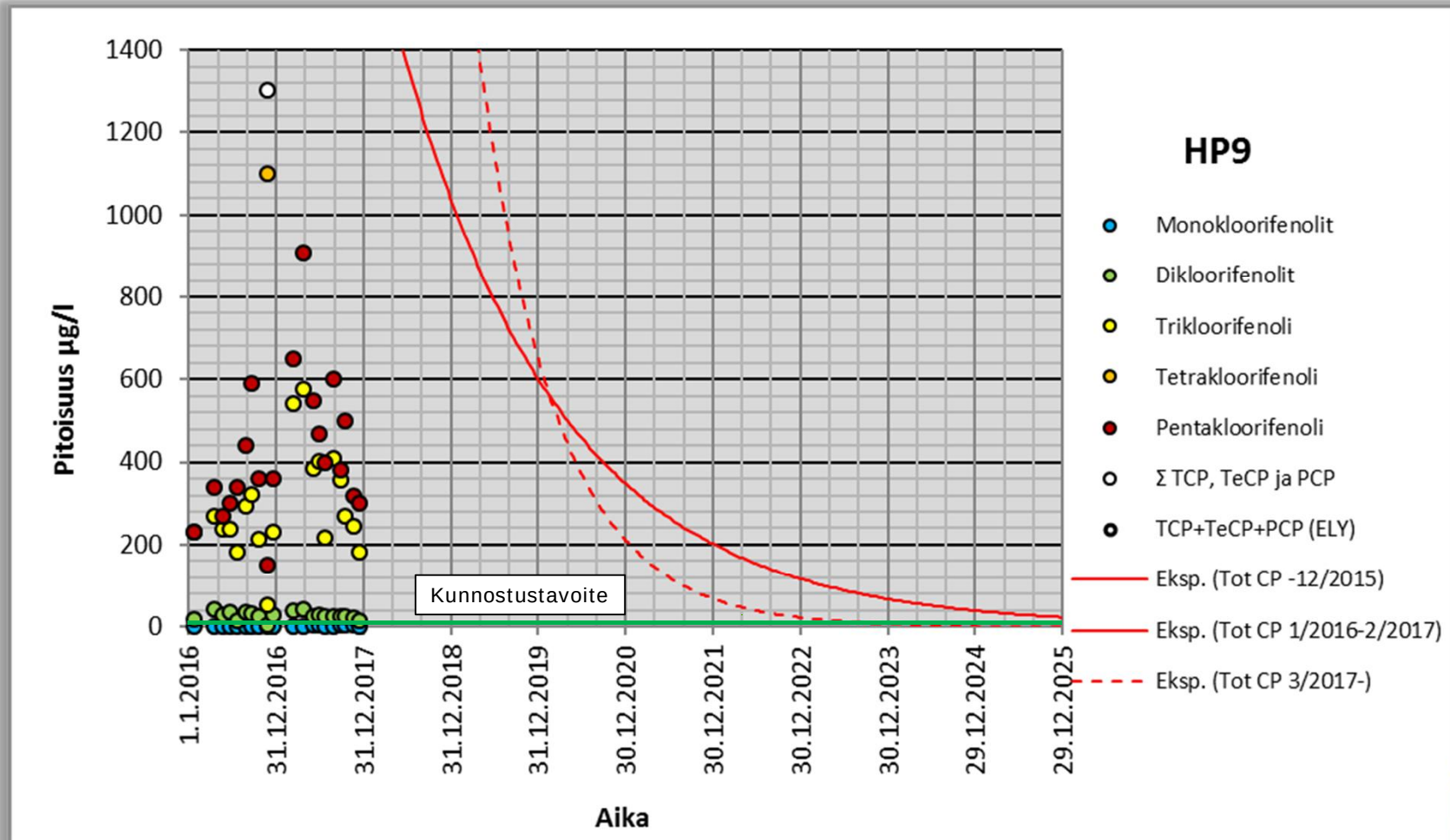
Pitoisuuksien kehitys: HP9



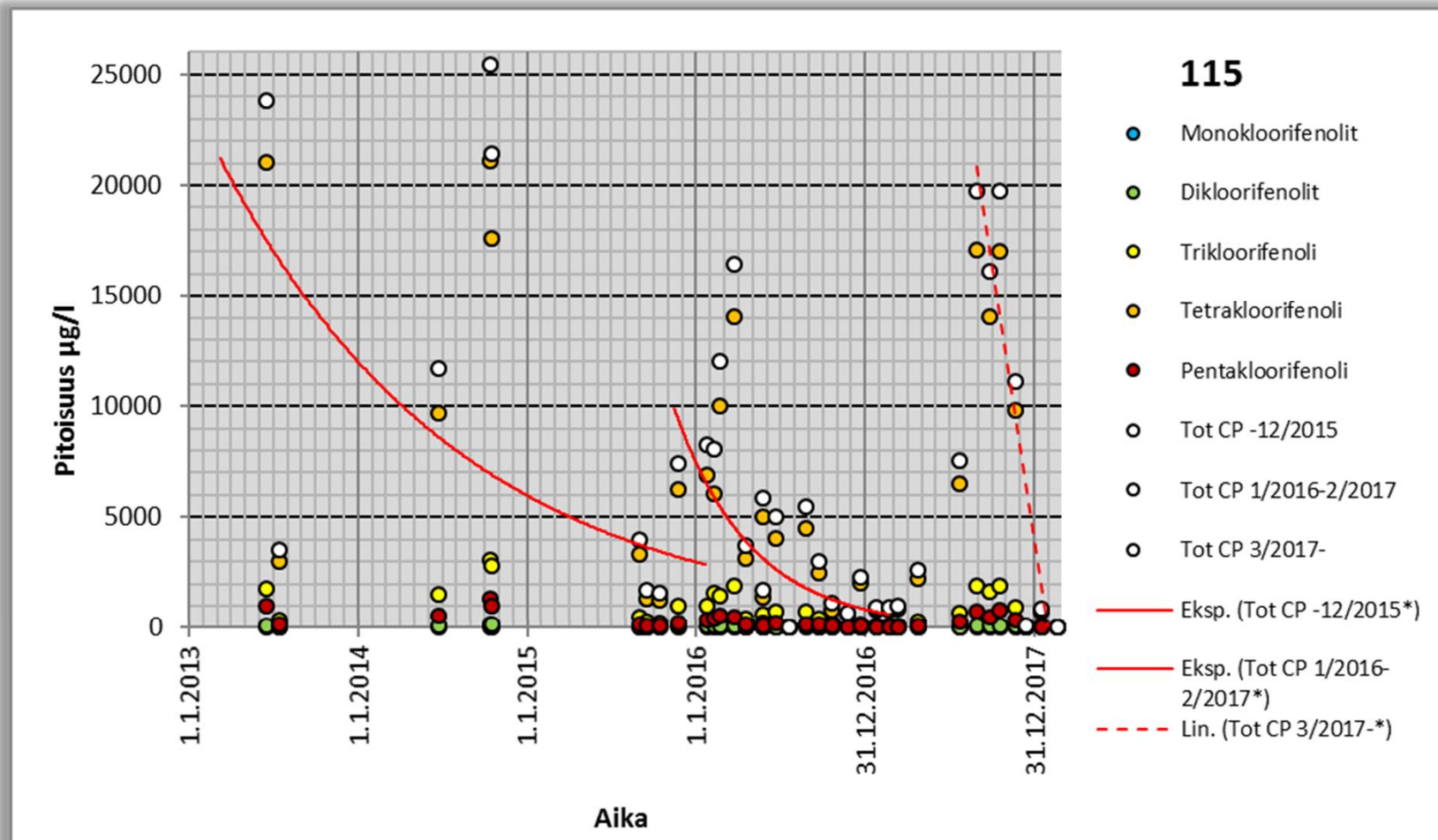
Pitoisuuksien kehitys: HP9



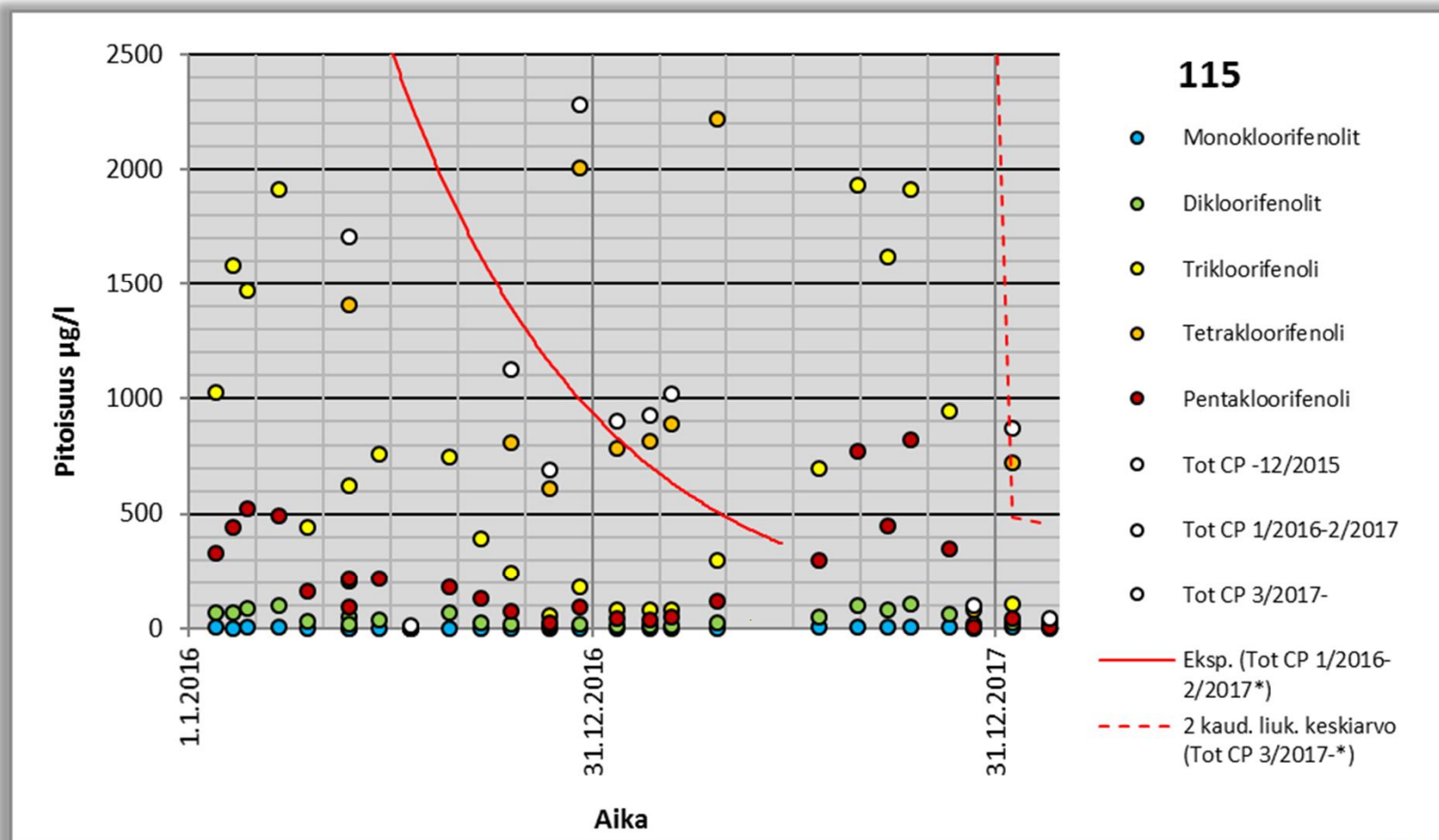
Pitoisuuksien kehitys: HP9



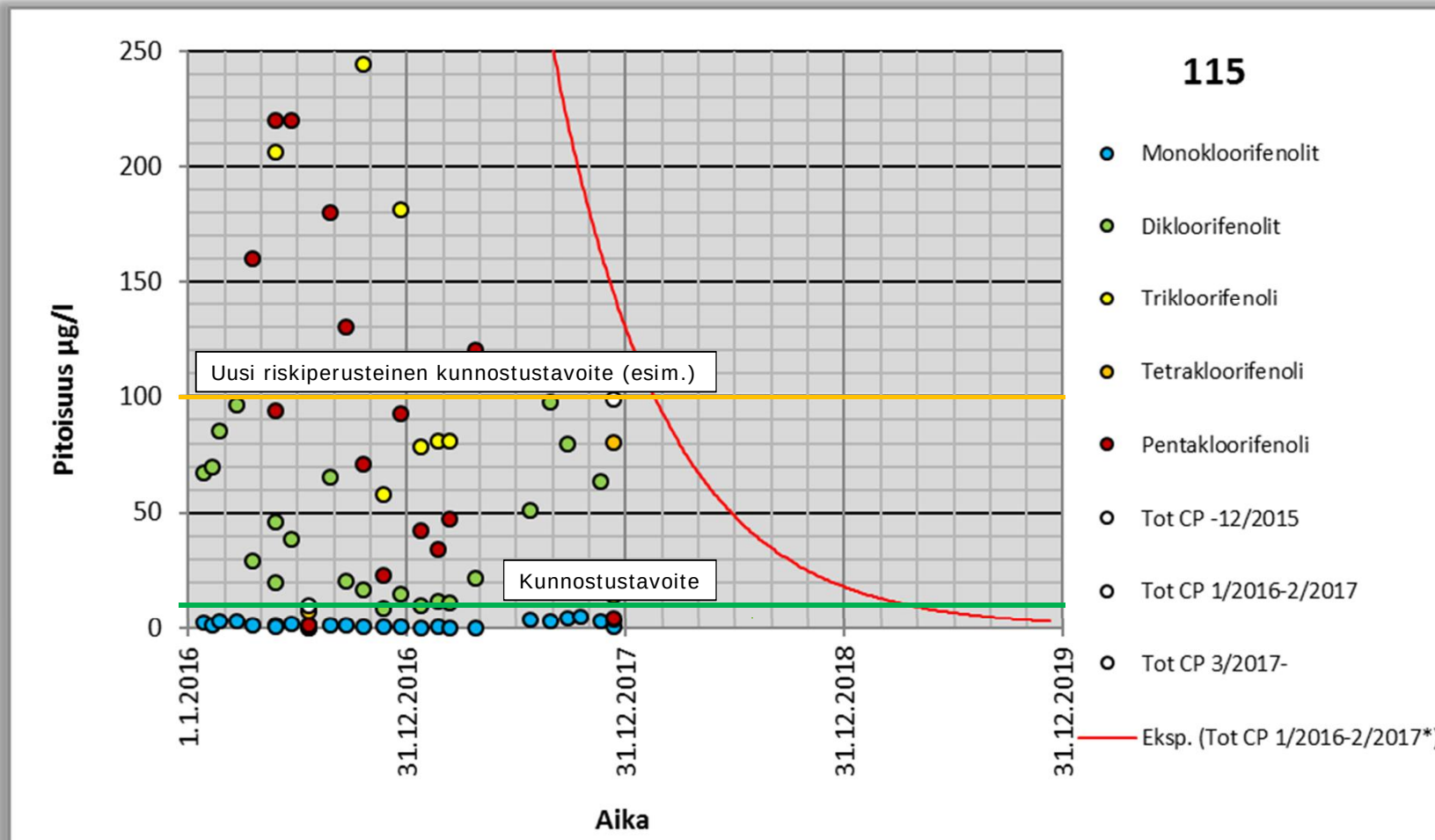
Pitoisuuksien kehitys: 115 (tontin raja)



Pitoisuuksien kehitys: 115

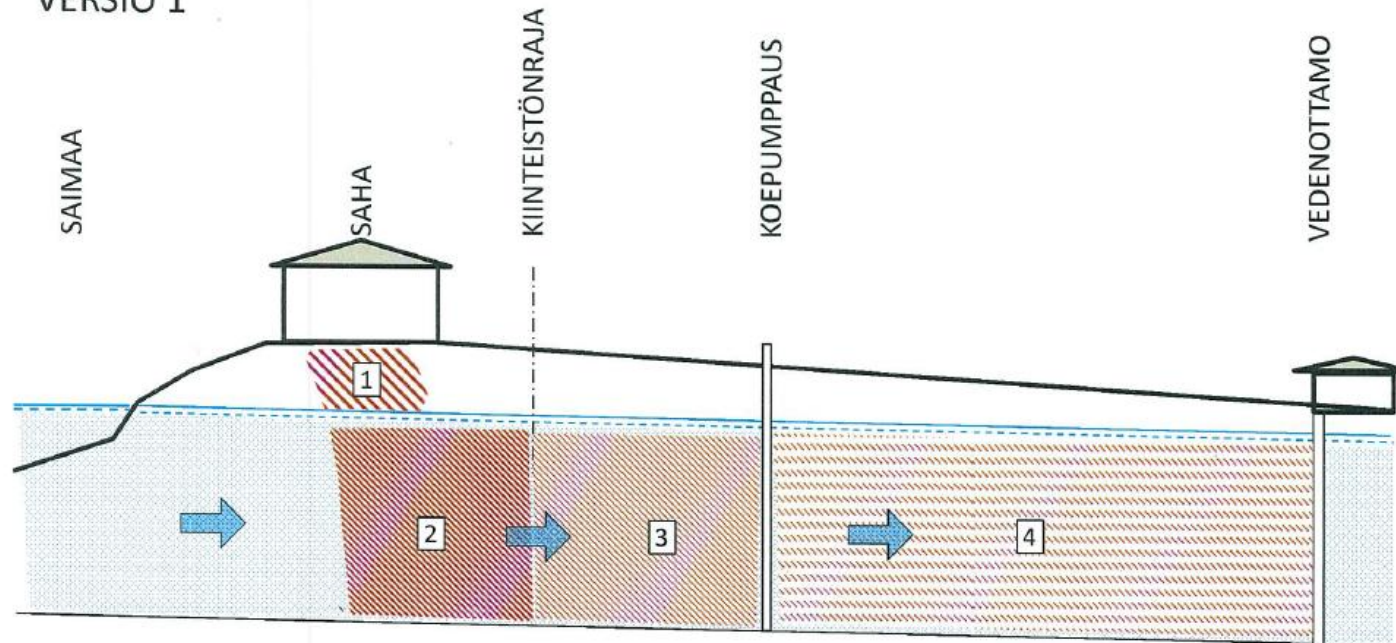


Pitoisuuksien kehitys: 115



Massataselaskelma 1

VERSIO 1

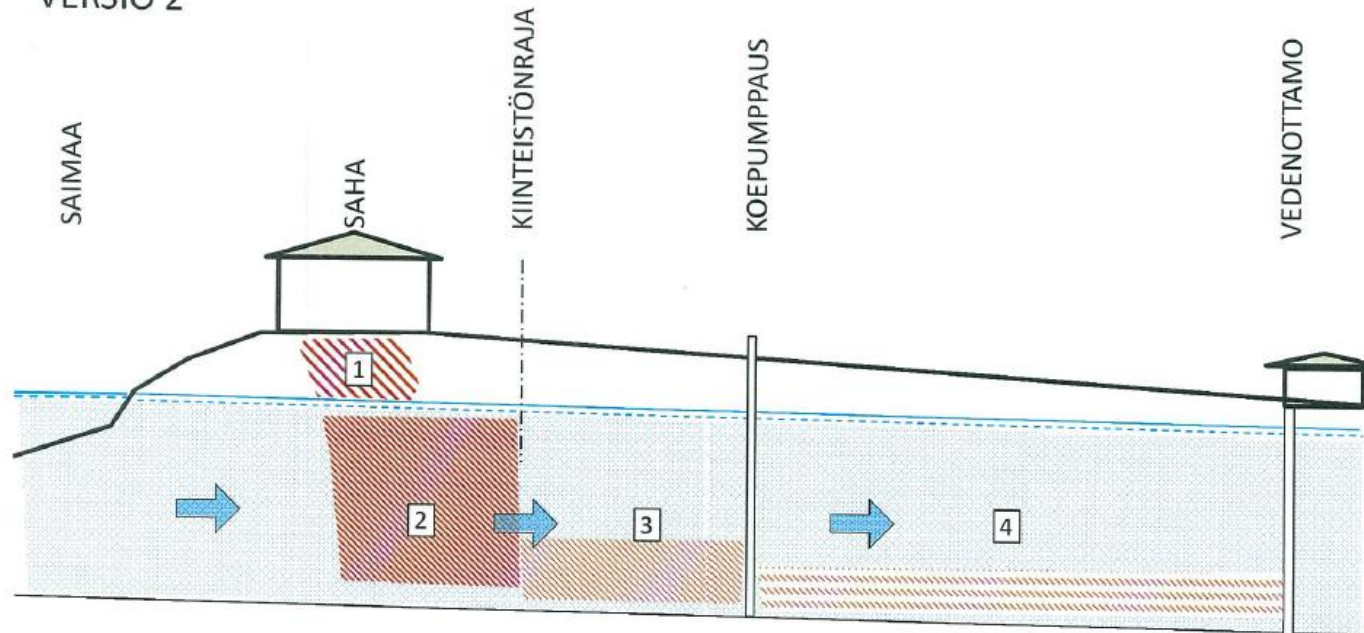


osa-alue	pituus	leveys	syvyys	tilavuus	tiheys/ huokoisuus	massamäärä	CP-pitoisuus	CP-määrä	CP-%
1	20 m	20 m	4 m	1 600 m ³	1,8	2 880 t	20 mg/kg	58 kg	9
2	50 m	200 m	12 m	120 000 m ³	0,3	36 000 t	7 000 ug/l	252 kg	40
3	200 m	150 m	15 m	450 000 m ³	0,3	135 000 t	1 250 ug/l	169 kg	27
4	300 m	150 m	20 m	900 000 m ³	0,3	270 000 t	550 ug/l	149 kg	24
yhteensä								627 kg	



Massataselaskelma 2

VERSIO 2



osa-alue	pituus	leveys	syvyys	tilavuus	tiheys/ huokoisuus	massamäärä	CP-pitoisuus	CP-määrä	CP-%
1	20 m	20 m	4 m	1 600 m ³	1,8	2 880 t	20 mg/kg	58 kg	8
2	50 m	50 m	12 m	30 000 m ³	0,3	9 000 t	55 000 ug/l	495 kg	72
3	200 m	50 m	5 m	50 000 m ³	0,3	15 000 t	7 000 ug/l	105 kg	15
4	300 m	50 m	5 m	75 000 m ³	0,3	22 500 t	1 500 ug/l	34 kg	5
yhteensä								691 kg	



Vettä kierrättämällä poistettu haitta-ainemäärä

- Pilaantumasta on poistettu vettä 8 776 m³ 11.3.2018 mennessä.
- Keskipitoisuudella 4 438 µg/l kloorifenolia on poistettu pumppaamalla noin 39 kg. Maaperään palautettavassa vedessä on vain vähäisiä kloorifenolipitoisuuksia.
- Lisäksi on tapahtunut biohajoamista maaperässä. Biohajoamisen määräksi on karkeasti arvioitu 40-70 kg.
- Yhteensä tämä (79-109 kg) on arviolta 14-35 % alueiden 1 ja 2 laskennallisesta kokonais-CP –määrästä (310-553 kg).



Ulkomailla

- Saatuja opetuksia



Biologisen puhdistumisen todentaminen

- Mikrobiologisista menetelmistä tiedetään että maaperässä runsas kloorifenolia hajottava bakteerikanta.
- Biologisen puhdistumisen todentaminen on kuitenkin osoittautunut vaikeaksi:
 - Aineenvaihduntakaasuja ei ole juurikaan havaittu (metaania hieman).
 - Happipitoisuus maaperässä ei juurikaan kohoa (rauta- ja mangaaniyhdisteiden hapettuminen käyttää lähes kaiken lisähapen).
 - Kloridipitoisuuksia ei voi käyttää (nousu vähäinen, hukkuu tiesuolan vaikutukseen).
 - Hajoamistuotteita ei ole todettu lainkaan (selitys: kloorifenolijakeet hajoavat bakteerisolujen sisällä, hajoamistuotteita ei pitäisikään tulla).
- Jäljelle jäävät osoittamismenetelmistä ainoastaan:
 - Kloorifenoleiden kokonaispitoisuuden väheneminen (joka voi johtua myös laimenemisesta / lähdealueen "ehtymisestä" kulkeutumisesta ja puhdistuspumppauksesta johtuen).
 - Kloorifenolijakeiden osuuksien vaihtelut.
 - Stabiilit isotoopit (ei testattu).



Jyväskylän yliopiston tuloksia

- Biohajoamisen myötä tapahtuvat muutokset eri kloorifenolien suhteellisissa osuuksissa ovat ilmeiset: Ky5:n pääkomponentti 2,3,4,6-tetrakloorifenoli katoaa täysin kun taas pentakloorifenolin ja 3,4-dikloorifenolin suhteellinen osuus kasvaa (joskin molemmat myös hajoavat). Näitä muutoksia suhteellisissa pitoisuuksissa voidaan käyttää biohajoamisen indikaattoreina kohteessa silloinkin kun totaalipitoisuuksissa on virtauseroista johtuvaa vaihtelua.
- Metaboliitit: *Sphingomonas*-bakteerien tunnetun kloorifenolihajotusreitin välituotteet 2,3,6-trikloorifenoli ja 2,6-dikloorifenoli eivät rikastu, eli solu eri eritä näitä metaboliitteja ulos vaan jatkaa käsittelyä - mikä onkin sen energiatalouden kannalta edullisinta. Myös 2,3,5,6-tetrakloorifenolia näkyy analyyseissä väliaikaisesti kun hajoaminen ei vielä ole täydellistä.

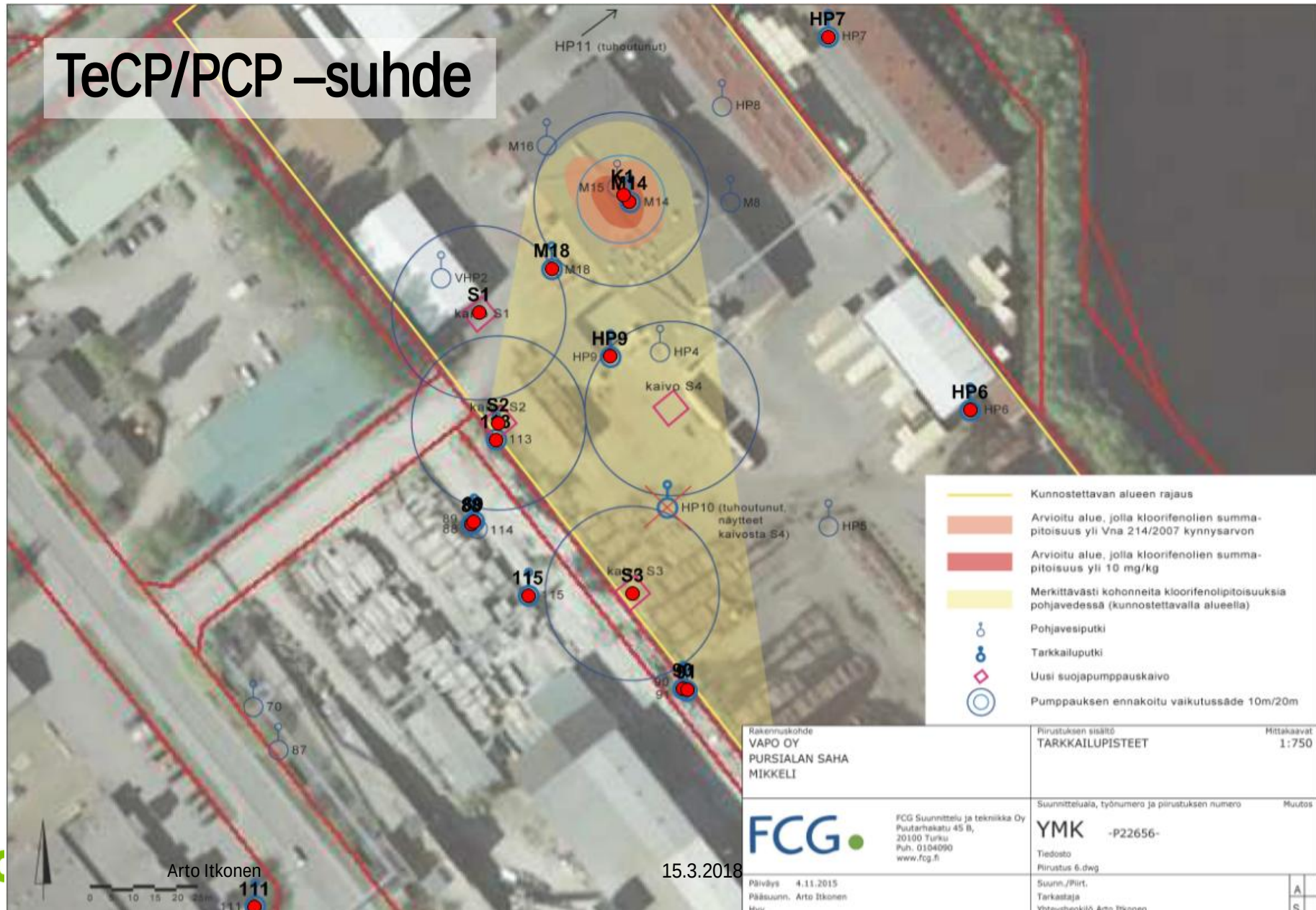


		alkuperäiset			tapetut (AgNO ₃)			matalahko happi			keskihappi			happisaturoitunut		
		t0 lo happi-	t0 lo orig	t0 lo happi+	lo k a	lo k b	lo k c	lo 0 a	lo 0 b	lo 0 c	lo 10 a	lo 10 b	lo 10 c	lo 100 a	lo 100 b	lo 100 c
2-kloorifenoli	%	0,0	0,0	0,0												
3-kloorifenoli	%	0,0	0,0	0,0												
4-kloorifenoli	%	0,0	0,0	0,0												
2,6-Dikloorifenoli	%															
2,4+2,5-Dikloorifenoli	%	0,4	0,5	0,4	0,6	0,7	0,6	0,4		0,7						
3,5-Dikloorifenoli	%	0,0	0,0	0,0		0,0										
2,3-Dikloorifenoli	%	0,0	0,0	0,0												
3,4-Dikloorifenoli	%	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,9	5,8	1,9	10,9	17,9	18,6	42,4	20,0	33,3
2,4,6-Trikloorifenoli	%	3,4	3,9	3,7	3,8	4,6	2,5	0,5								
2,3,6-Trikloorifenoli	%	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2									
2,3,5-Trikloorifenoli	%	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2								
2,4,5-Trikloorifenoli	%	3,9	4,4	4,5	4,7	5,6	5,4	1,8	2,2	1,7						
2,3,4-Trikloorifenoli	%	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4	0,6								
3,4,5-Trikloorifenoli	%	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2								
2,3,5,6-Tetrakloorifenoli	%							0,7	2,2	1,3	3,9					
2,3,4,6-Tetrakloorifenoli	%	83,8	81,8	81,4	85,2	82,5	86,1	4,3	1,9	0,4	13,2					
2,3,4,5-Tetrakloorifenoli	%	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	2,2	1,4	1,2						
Pentakloorifenoli	%	7,5	8,2	9,0	4,3	4,9	3,8	88,3	86,5	92,7	72,1	82,1	81,4	57,6	80,0	66,7
Sum		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
% loss																
O ₂ loss (mg/l)																
DIC (mg/l)																
		alkuperäiset			tapetut (AgNO ₃)			matalahko happi			keskihappi			happisaturoitunut		
		t0 hi happi-	t0 hi orig	t0 hi happi+	hi k a	hi k b	hi k c	hi 0 a	hi 0 b	hi 0 c	hi 10 a	hi 10 b	hi 10 c	hi 100 a	hi 100 b	hi 100 c
2-kloorifenoli	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
3-kloorifenoli	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0									
4-kloorifenoli	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0									
2,6-Dikloorifenoli	%	0,0	0,0	0,0												
2,4+2,5-Dikloorifenoli	%	0,4	0,4	0,4	1,7	1,5	1,4	0,6	0,9	1,0						
3,5-Dikloorifenoli	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
2,3-Dikloorifenoli	%	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0			0,0						
3,4-Dikloorifenoli	%	0,4	0,4	0,4	2,0	1,9	1,8	0,9	1,7	2,6	2,1	1,4	1,9	1,3	1,4	1,2
2,4,6-Trikloorifenoli	%	3,6	3,5	3,4	8,8	8,1	10,4									
2,3,6-Trikloorifenoli	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						
2,3,5-Trikloorifenoli	%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0						
2,4,5-Trikloorifenoli	%	1,4	1,3	1,4	4,9	4,7	4,0	2,5	3,3	4,1						
2,3,4-Trikloorifenoli	%	0,2	0,2	0,2	0,8	0,7	0,7	0,5	0,8	1,2	0,6	0,7	0,7	1,0	1,0	0,9
3,4,5-Trikloorifenoli	%	0,0	0,1	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4
2,3,5,6-Tetrakloorifenoli	%										0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
2,3,4,6-Tetrakloorifenoli	%	85,2	86,1	85,9	79,9	72,7	79,9	77,8	60,0	28,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2,3,4,5-Tetrakloorifenoli	%	0,2	0,2	0,2	0,5	0,6	0,4	0,4	0,7	1,2	2,3	1,8	1,9	1,9	2,3	2,3
Pentakloorifenoli	%	8,5	7,7	8,1	1,0	1,0	1,1	17,1	32,4	60,5	94,1	95,3	94,8	95,2	94,6	94,9
Sum		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
% loss																
O ₂ loss (mg/l)																
DIC (mg/l)																

Lähde: Anu Mikkonen

TeCP/PCP –suhde

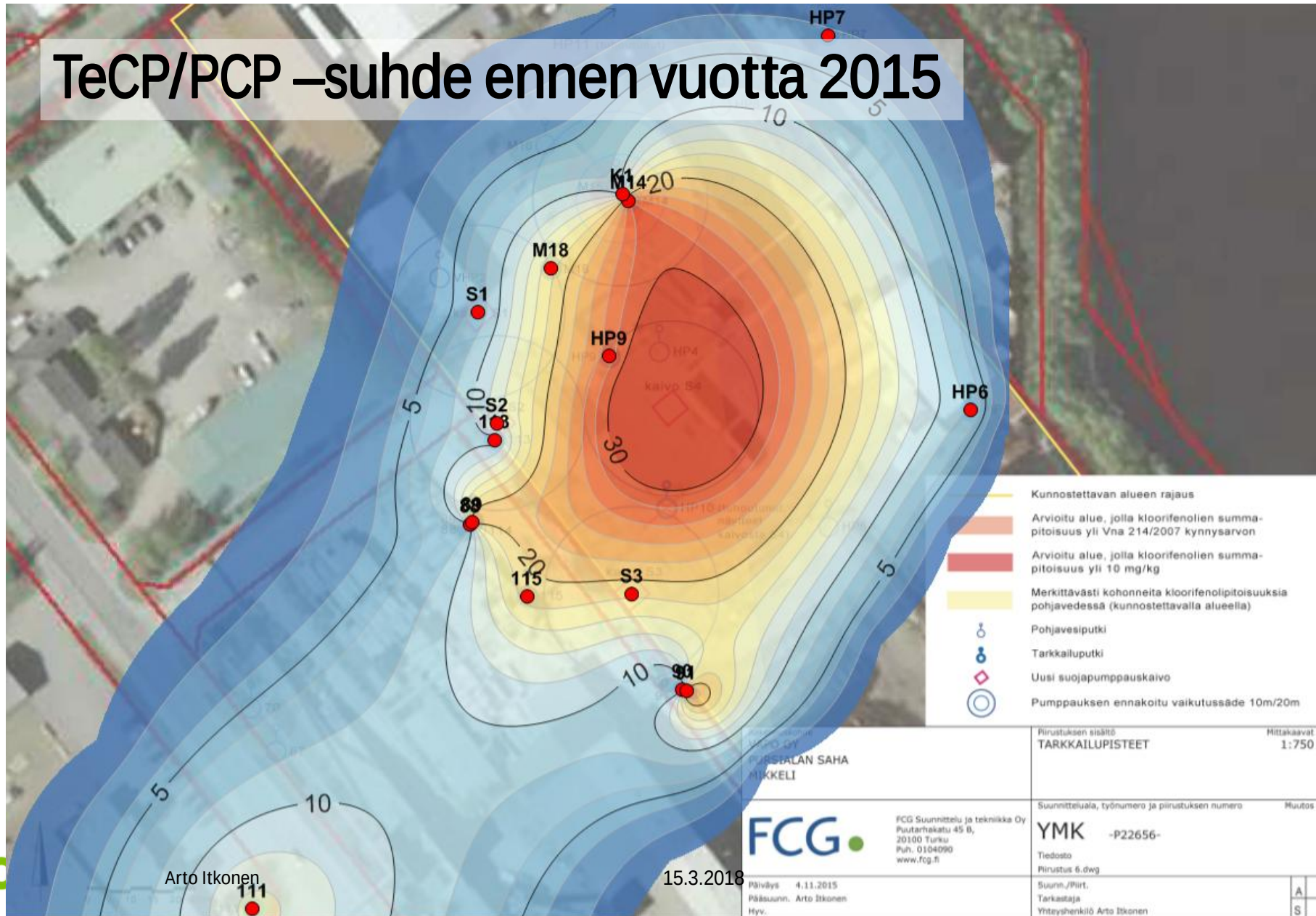
26



SITO

TeCP/PCP –suhde ennen vuotta 2015

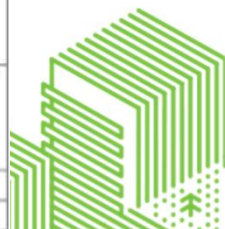
27



SITC

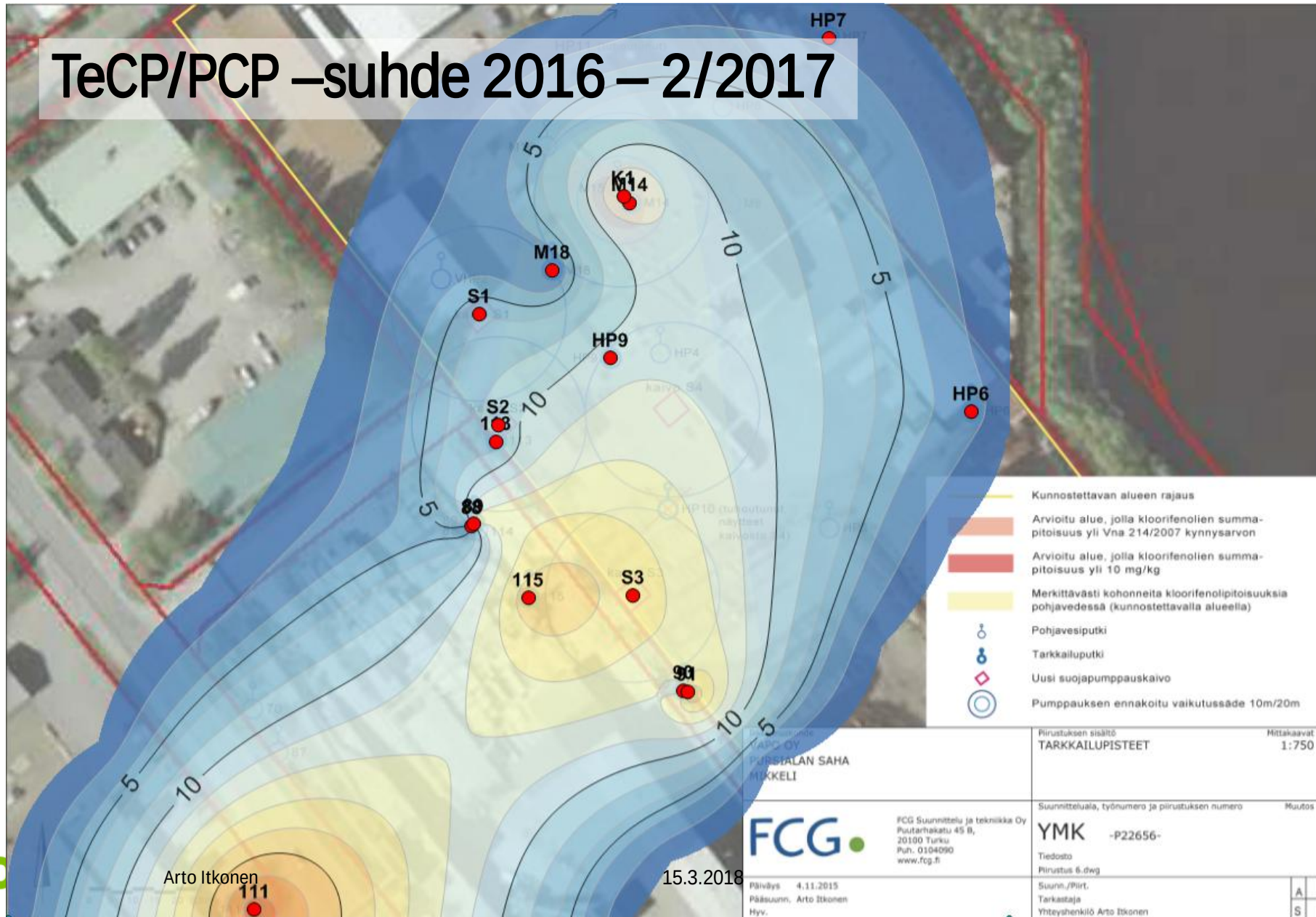
Arto Itkonen

15.3.2018



TeCP/PCP –suhde 2016 – 2/2017

28

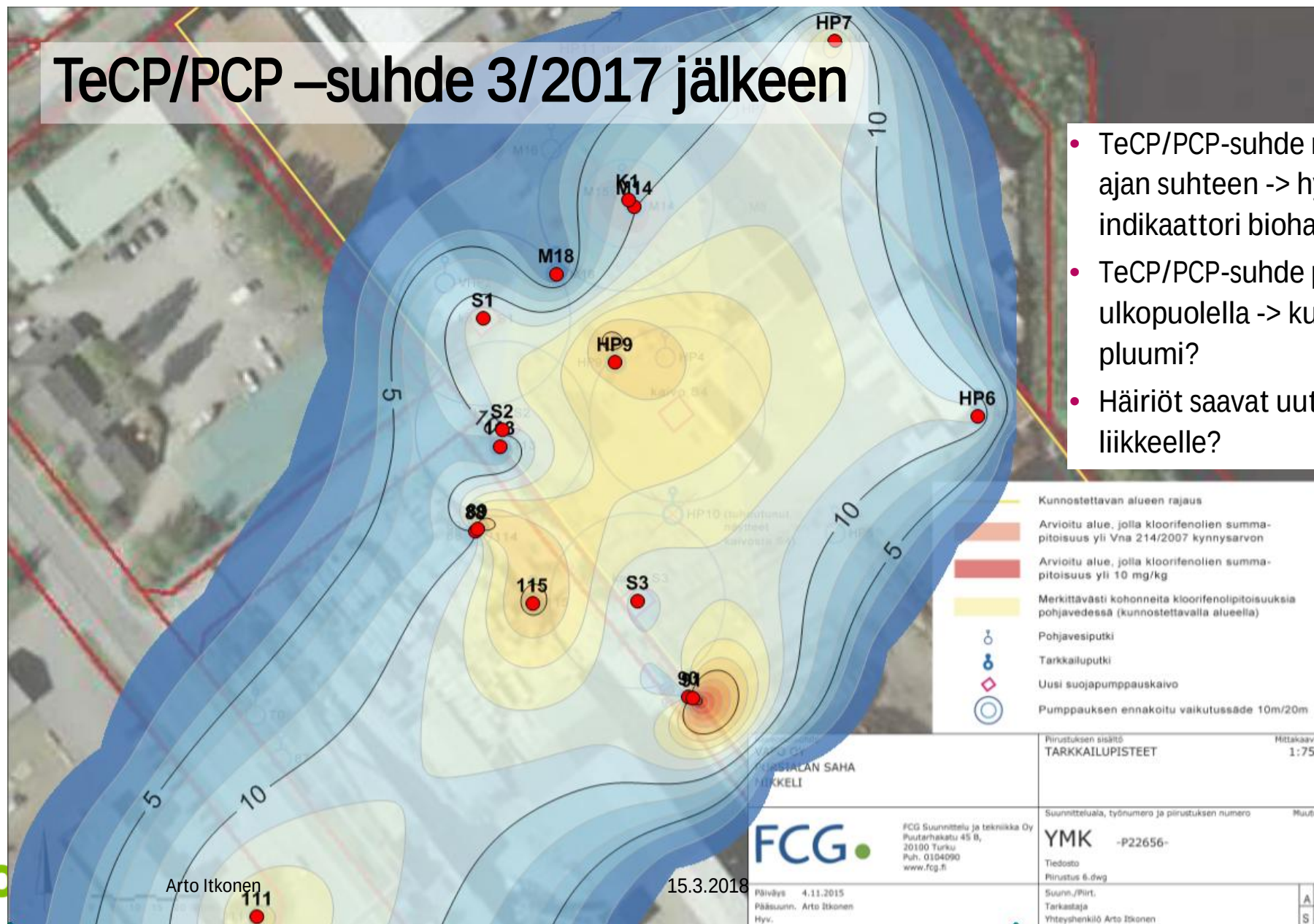


SITO

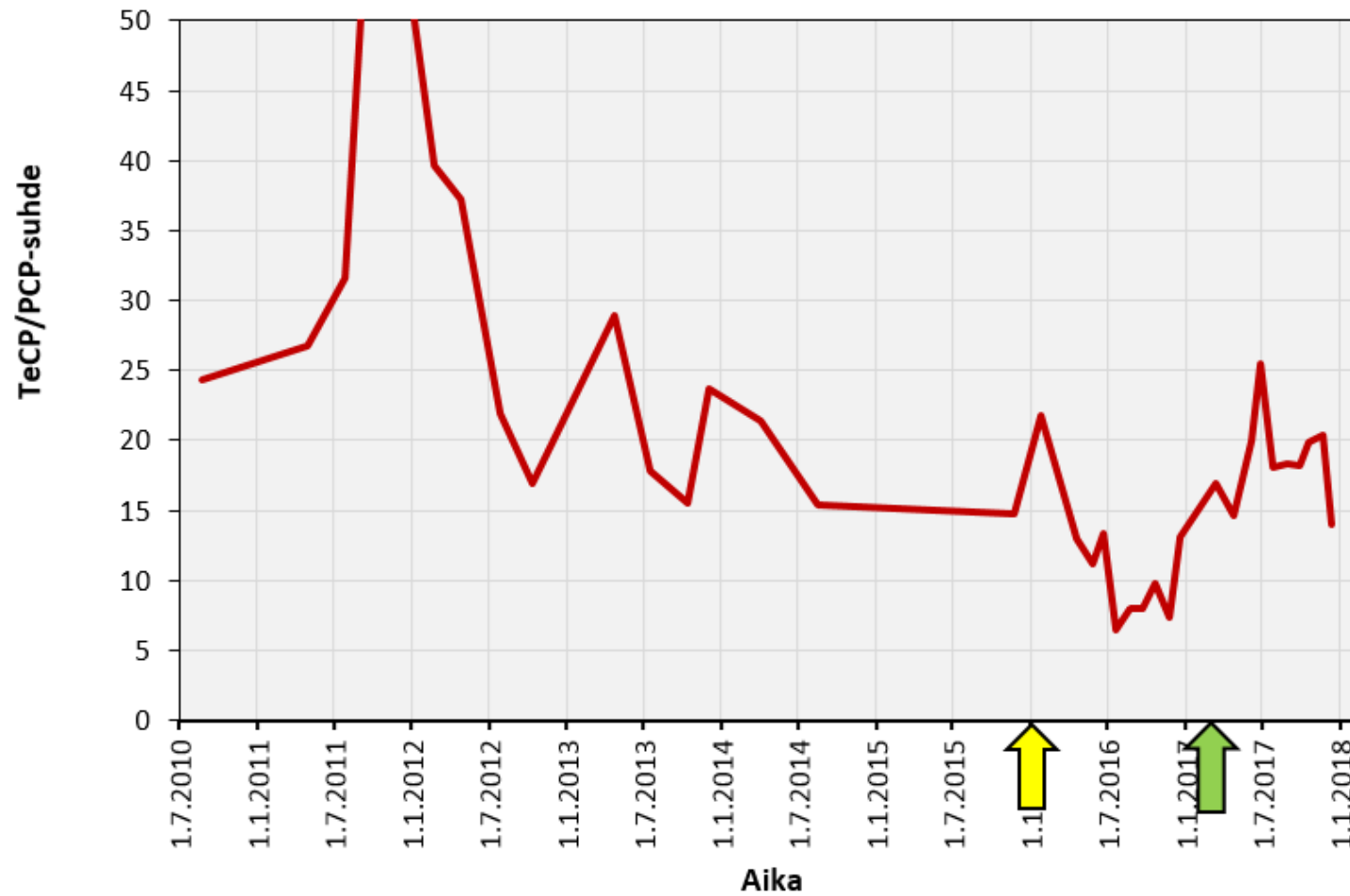


TeCP/PCP –suhde 3/2017 jälkeen

- TeCP/PCP-suhde muuttunut ajan suhteen -> hyvä indikaattori biohajoamisesta?
- TeCP/PCP-suhde pieni ulkopuolella -> kutistuva pluumi?
- Häiriöt saavat uutta TeCP:tä liikkeelle?



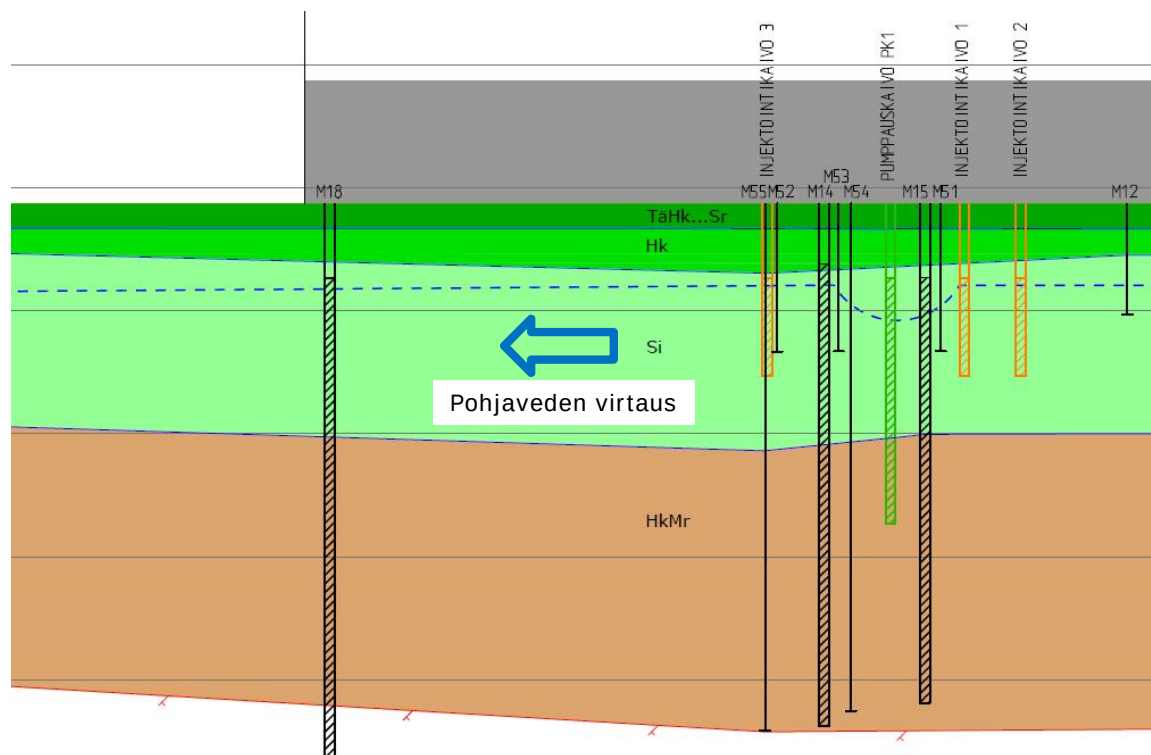
HP 9 tetra-CP/penta-CP -suhde



- Häiriöt saavat uutta TeCP:tä liikkeelle?



Maaperän stratigrafia ja pilaantuneisuus



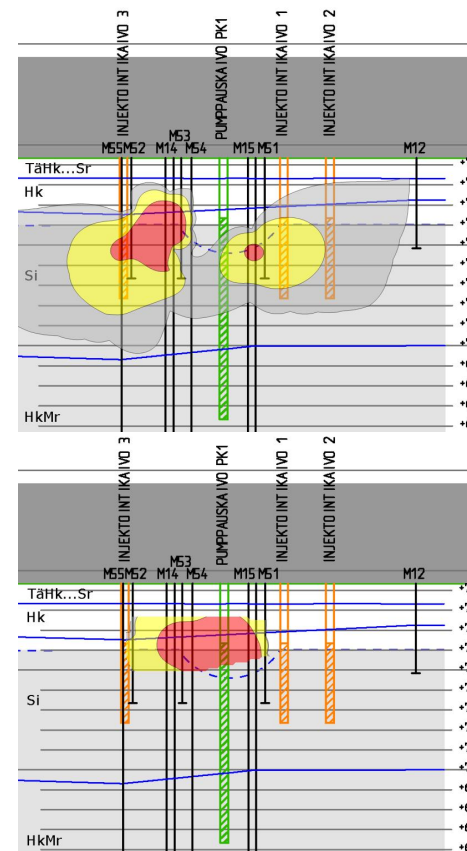
Rakennus

Täyttöhiekka

Hiekka

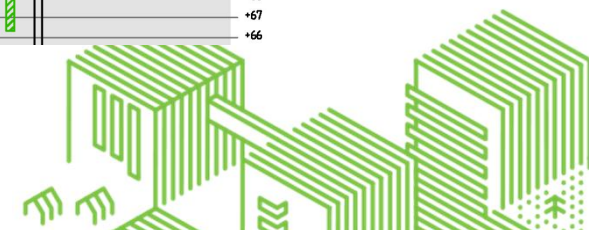
Siltti

Hiekkamoreeni



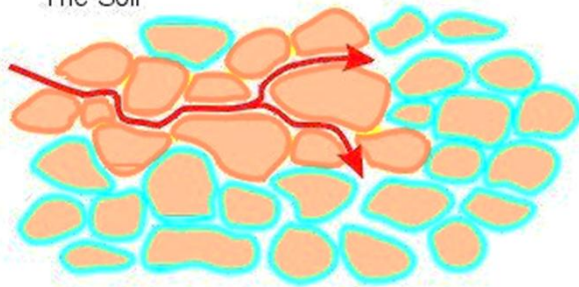
Kloorifenoli

PCDD/F

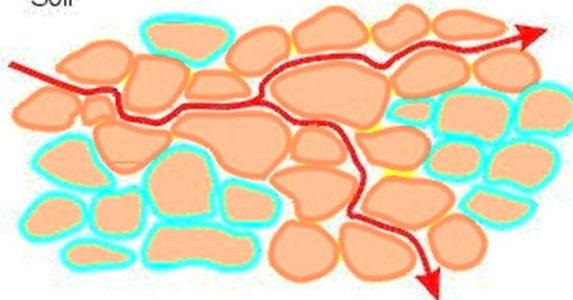


Veden kanavoituminen ja erillisfaasin jäännöspitoisuudet

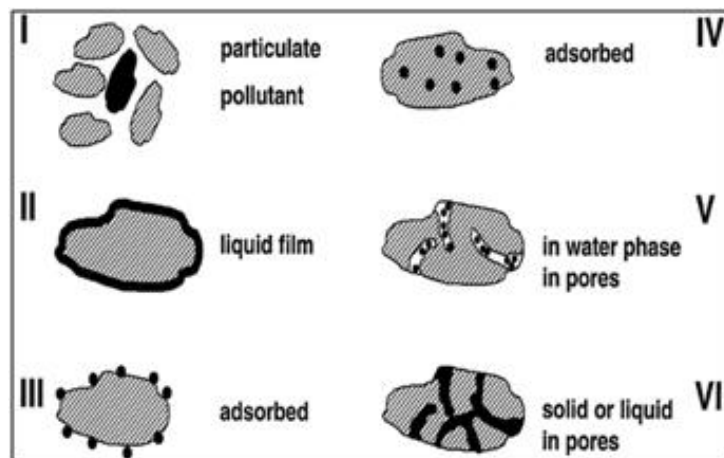
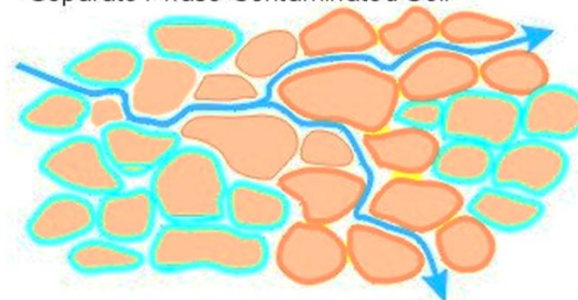
Gasoline, as a Separate Phase, Contaminating The Soil



Gasoline, as a Separate Phase, Contaminated Soil



Flushing (Exhaustion) of Contaminants from Separate Phase Contaminated Soil



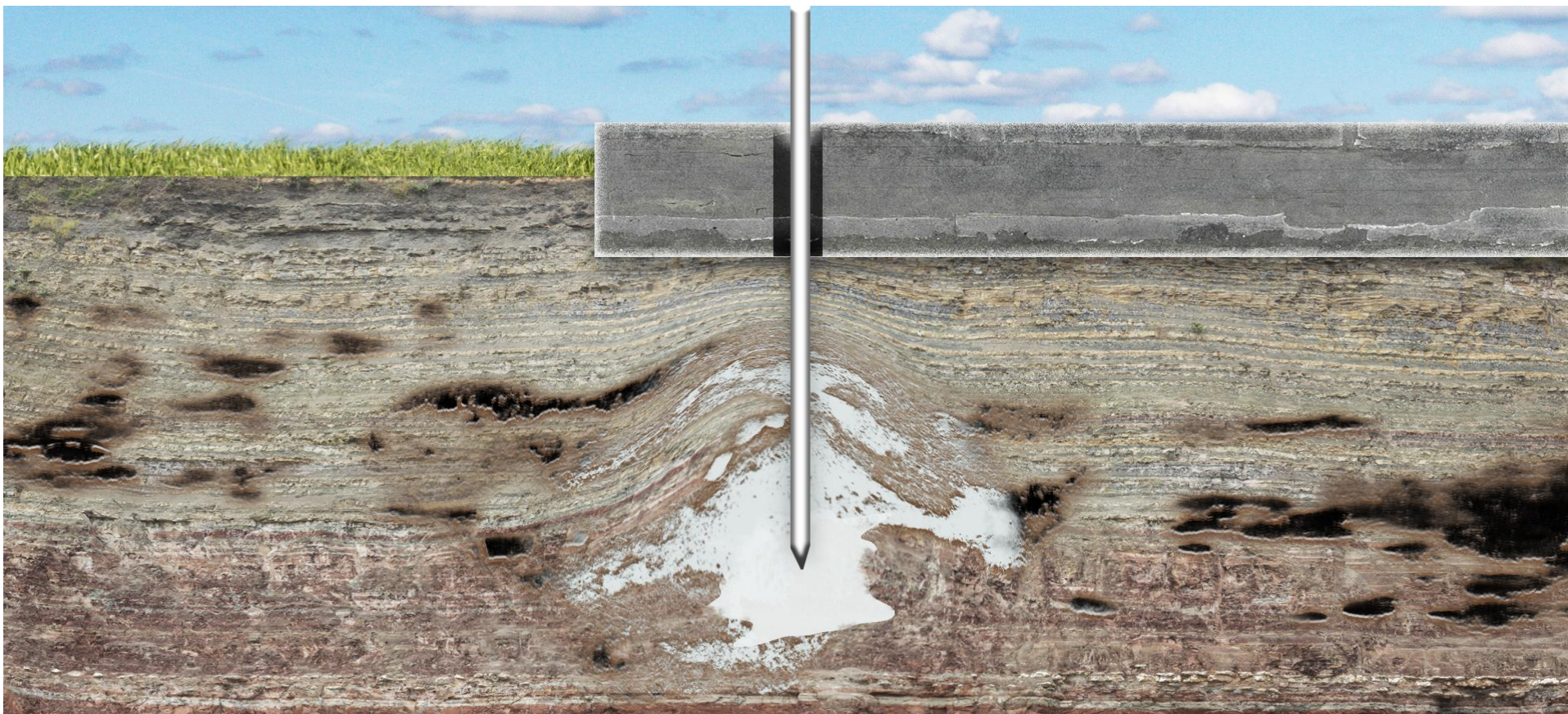
- Ongelmana on pääsy kontaktiin haitta-aineen jäännösfaasin kanssa.
- Veden kanavoituminen voi estää tämän.
- Vaikeuttaa kohteen saamista täysin puhtaaksi ja hapen kuljettamista hajottajabakteereille.
- Ratkaisuna käsittelypisteen siirto tai uusien kulkeutumisreittien luominen.

Lähteet: <http://www.earthdrx.org/produsolsanddissolvedphase.html>

<http://www.openaccessjournals.siftdesk.org/articles/full-text/An-Overview-on-the-Organic-Contaminants.html>



Injektointi voi luoda uusia kulkeutumisreittejä maaperään



- Puhdistumisen kannalta hyvä mutta riskien kannalta huono asia.

Lähde: http://neckystone.com/?page_id=64



SITOWISE

Kiitos!

