



WaterPlus – Vesistöjen puhtautta uusin menetelmin

**PFAS-yhdisteiden pitoisuudet vesinäytteistä ja
passiivisella näytteenotolla**

Tutkimuswebinaari 22.11.2023

Projektitutkija Aki Mykkänen



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Haitallisten aineiden seuranta

- Hankkeessa tehtiin useassa työpaketissa haitallisten aineiden näytteenottoja
 - Etelä-Savo ja Mikkelin lähialue
- PFAS-yhdisteistä yhteensä kolme näytteenottoa
 - Vesinäytteitä sekä passiivinen näytteenotto

- Tarkemmin muista näytteenotoista on saatavilla hankkeen loppujulkaisussa.
 - Erityisen koholla olevia arvoja ei kuitenkaan havaittu muista tutkituista parametreistä



Per- ja polyfluoratut alkyylilyhdisteet (PFAS)

- Tuhansien synteettisten kemikaalien joukko, käytössä 1940- luvulta lähtien
 - Hylkivät vettä, likaa ja rasvaa
 - Muun muassa paistinpannut, vaatteet, kosmetiikka, elintarvikkeiden pakkausmateriaalit, maalit, elektroniikka, suksivoiteet
 - Tuotteiden koko elinkaaren aikana
 - Sammutusvaahdot (AFFF)
 - Paloharjoittelu- ja tulipaloalueet
 - **Kaukolaskeuma (vesisade)**
- Hiili-fluorisidos, joka on yksi kestävimmistä orgaanisen kemian sidoksista
 - Tämän myötä ne myös hajoavat ympäristössä äärimmäisen hitaasti (ns. ikuisuuskemikaali)



Per- ja polyfluoratut alkyylilyhdisteet (PFAS)

- Rikastuvat ravintoketjussa ja kertyvät veren proteiineihin, munuaisiin ja maksaan
 - Eivät poistu ulosteen tai virtsan mukana
- Ihmisiin pääasiallinen altistumisreitti ravinnon kautta
 - Pienempiä lähteitä huonepöly ja hengitysilma
- Terveysvaikutukset toistaiseksi vähän tutkittuja
 - Viitteitä muun muassa syöpäriskiin, hedelmällisyysongelmiin, lasten kehitysvaikeuksiin
- Myös ympäristöpitoisuuksia on tutkittu vasta vähän



PFAS-raja-arvoja

- Osa PFAS yhdisteistä on jo kiellettyjä aineita
 - Esimerkiksi PFOS (yleisin)
 - Lisää kieltoja ja tarkennuksia raja-arvoihin tulossa tulevaisuudessa
 - REACH-asetukseen ehdotetaan muutosta, yli 10 000 PFAS yhdisteen kielto EU:n alueelle
 - Ehdotus vuodelle 2025
- Pitoisuuksissa on suurta paikallsvaihtelua
 - Meri vs. sisävedet
 - Teolliset alueet vs. haja-asutusalueet
 - Pistelähteet kuten paloharjoittelualueet, lentokentät, kaatopaikat
- Koska tutkittavat ainemäärät ovat äärimmäisen pieniä (nanogrammoja), ovat näytteenoton ja analyysien luotettavuus avainasemassa!

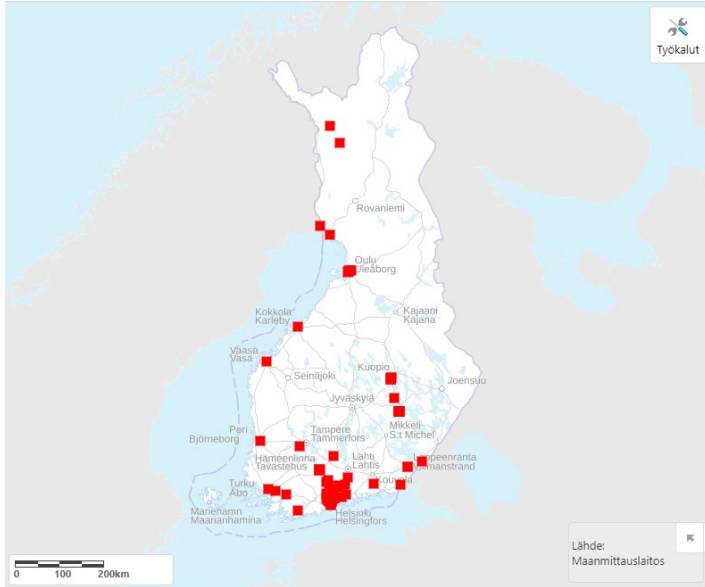
Kohde	Tarkennus	Raja-arvo	Lähde
Kala ahven sisämaan vedet silakka rannikkovedet	PFOS- ja sen johdannaiset EQS-eliöstö (ympäristölaatonormi)	9 100 ng/kg tuorepaino	Vesipuitedirektiivi (2013/39/EU)
Sisämaan pintavedet	PFOS- ja sen johdannaiset MAC-EQS Sallittu lyhytaikainen enimmäispitoisuus (ympäristölaatonormi)	36 000 ng/l	
Juomavesi	PFAS- yhdisteet yhteensä	500 ng/l	EU:n uusi juomavesidirektiivi (EU) 2020/2184
	Haitalliseksi todettujen PFAS-aineiden summa	100 ng/l	

1 ng = $1,0 \times 10^{-9}$ = 0,000000001 kg
1 ng/kg = 1 ng/l = 1 ppb (parts per billion, **biljoonasosaa**)



Tutkimustietoa PFAS-pitoisuuksista Suomessa – Hertta-tietojärjestelmä, vesinäytteet

Lähde: Hertta-tietojärjestelmä
SYKE, ELY-keskukset. Avoin data



- Toistaiseksi tehdyt näytteet painottuvat Uudellemaalle ja rannikolle (avoin tieto)
- Tarkempia tutkimuksia sisämaasta esimerkiksi paloharjoittelu- ja jätehuoltoalueilta
 - Korkeimmat pitoisuudet paloharjoittelualueilta

Esimerkkejä PFOS-pitoisuuksista vedessä Hertta-tietojärjestelmä (2014-2023)

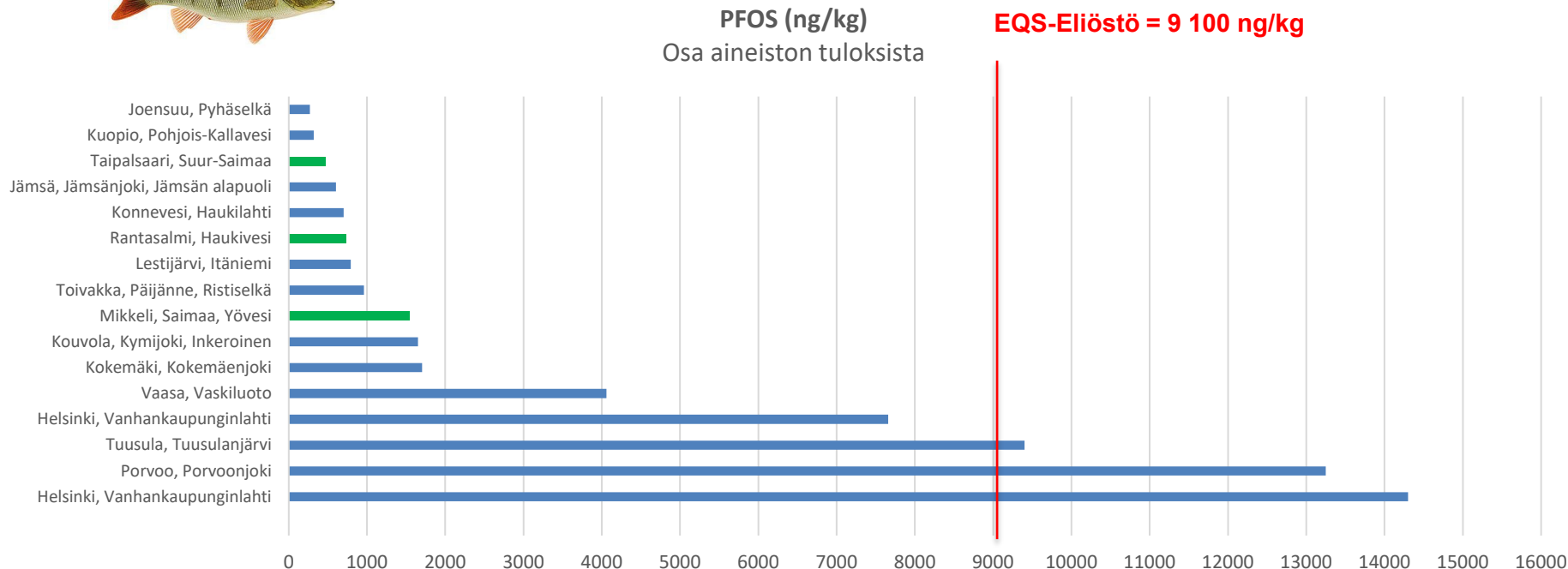
Alue	Näytemäärä N	Keskiarvo PFOS ng/l	Keskijajonta PFOS ng/l	Mediaani PFOS ng/l	Maksimi PFOS ng/l	Minimi PFOS ng/l	Huomioitavaa
Tornio	16	0,1	0,1	0,1	0,4	0,1	
Kemi	16	0,1	0,2	0,1	0,7	0,1	
Imatra	9	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	
Kotka	18	0,2	0,1	0,2	0,4	0,1	
Salo	9	0,3	0,2	0,3	0,6	0,1	
Paimio	10	0,3	0,2	0,3	0,6	0,1	
Raasepori	12	0,5	0,1	1,2	0,7	0,4	
Kaarina	20	0,6	0,5	0,5	1,9	0,2	
Mäntsälä	26	0,6	0,3	0,6	1,1	0,2	
Tuusula	11	0,7	0,6	0,3	2,2	0,2	
Ulvila	19	0,7	0,3	0,7	1,4	0,4	
Porvoo	24	1,0	0,7	0,7	3,4	0,1	
Nurmijärvi	18	1,6	0,7	1,5	4,0	0,6	
Oulu	28	1,9	3,5	0,1	11	0,1	
Riihimäki	12	1,9	2,2	1,2	5	0,1	
Järvenpää	9	6,0	2,2	6,2	9	2,8	
Helsinki	57	7,6	4,1	7,1	26	0,1	
Kerava	20	11	15	6	51	0	Suurimmat pitoisuudet jätehuoltoalue
Kuopio	9	17	19	8	64	1	Kaatopaikka/pelastusopiston harjoittelualue
Kittilä	6	73	118	0	270	0	Lentoasema
Vantaa	204	256	424	70	2700	0	Suurimmat pitoisuudet jätehuoltoalue
Pirkkala	2	1450	212	1450	1600	1300	Näytteet lentokentän läheisyydestä
Lappeenranta	2	8718	11147	8718	16600	836	Näytteet paloharjoittelualue
Joroinen	8	14227	26308	2	56900	0	Näytteet paloharjoittelualue

HUOM! Näytesteet ja kohteet ovat hyvin erilaisia.

Osa on järvivedestä otettuja pitoisuuksia, osa on esimerkiksi saastuneiden pienien lampien pitoisuuksia! Myös näytemäärissä suuria vaihteluita.



Tutkimustietoa PFAS-pitoisuuksista Suomessa, pitoisuuksia ahvenessa



Ahvenesta havaitut PFOS pitoisuudet µg/kg vuosina 2014-2016

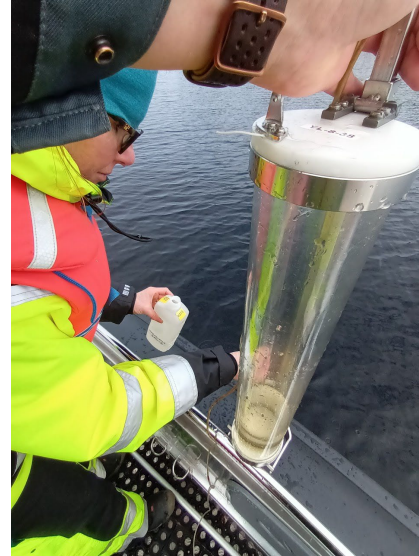
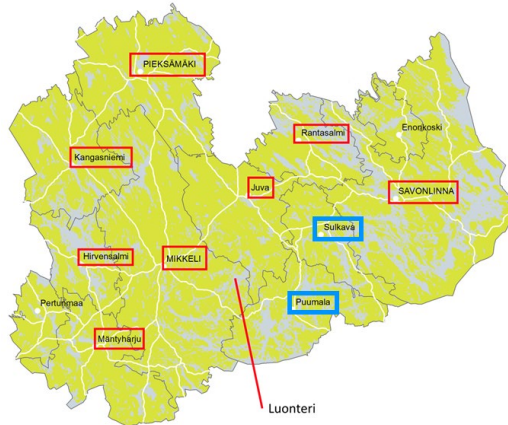
- Mikkeli, Rantasalmi ja Taipalsaari Etelä-Savon/Saimaan alueelta selvästi ympäristölaatonormin alapuolella

Lähde: Suomen ympäristökeskuksen raportteja 8/2019 –
Haitalliset aineet Suomen vesissä ja julkaisun aineisto
kalaalohopea_ja_pop-yhdisteet.xlsx



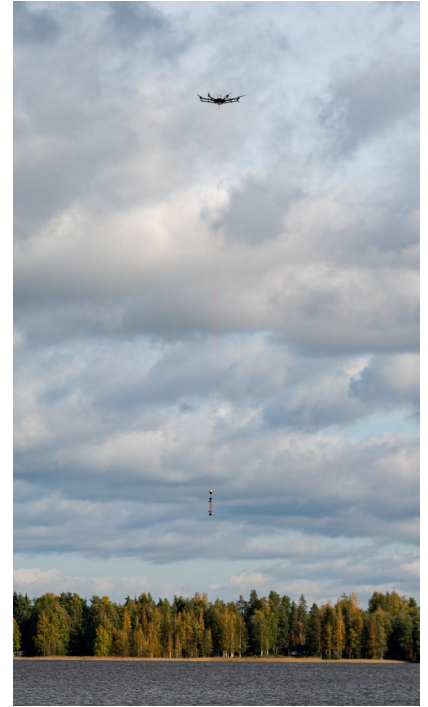
PFAS näytteenotto osana Etelä-Savon selvitystä, toukokuu 2022

- Kaikista kohdekunnista PFAS näytteet kolmen pisteen kokoomanäytteinä vuonna 2022
 - 16.5: Mäntyharju, Hirvensalmi, Mikkeli
 - 17.5: Pieksämäki, Kangasniemi
 - 18.5: Luonteri, Juva
 - 23.5: Rantasalmi, Savonlinna, Sulkava, Puumala
- Näytteenotto pintavedestä veneellä
 - Sulkava ja Puumala laitureilta ja silloilta



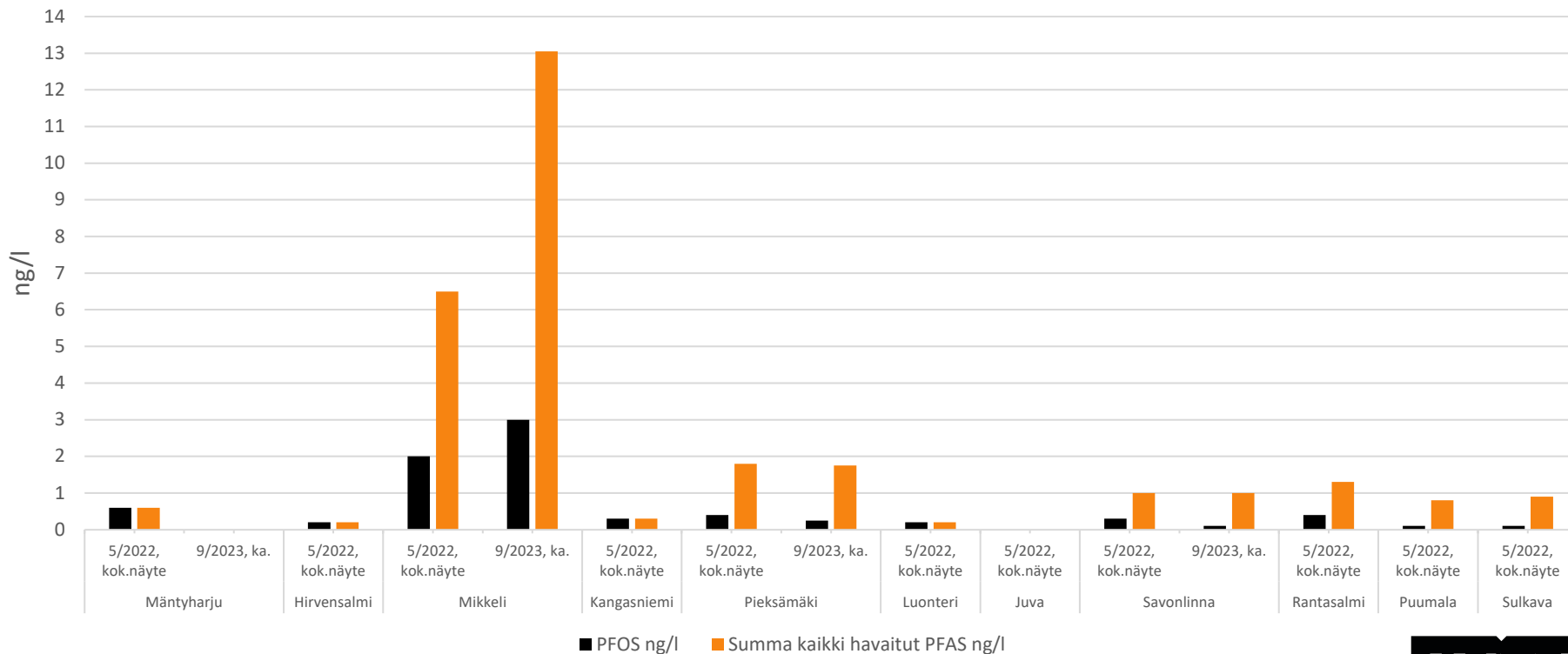
PFAS lisänäytteenotto dronella, syyskuu 2023

- Lisänä tehty PFAS-näytteenotto syyskuussa 2023 dronea (Syke) hyödyntäen
 - Mikkeli, Pieksämäki, Savonlinna ja Mäntyharju
- Kertänäytteet, 2 rinnakkaista/kohde
 - Näytteet samoilta alueilta kuin vuoden 2022 näytteet



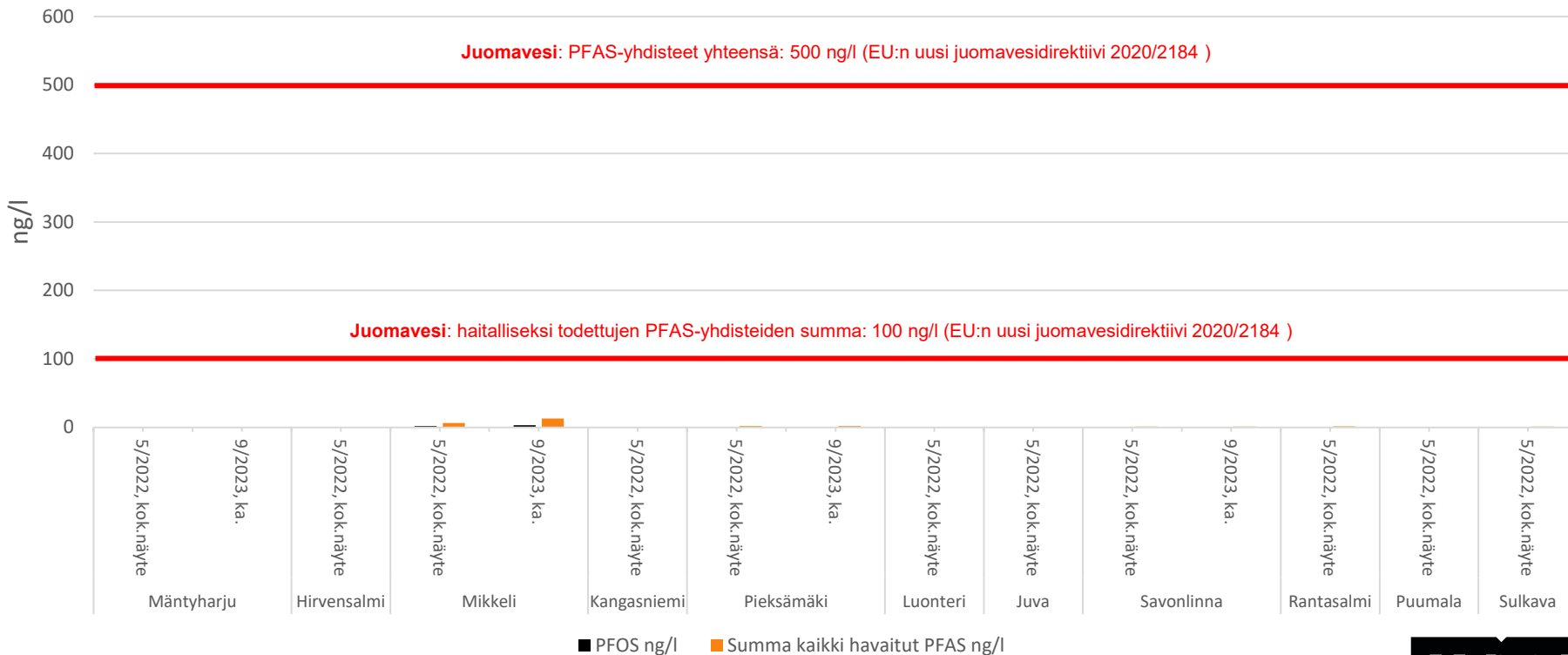
PFAS-tulokset Etelä-Savo

WaterPlus-hankkeen vesinäytteistä havaitut PFAS-yhdisteet 5/2022 ja 9/2023



PFAS-tulokset

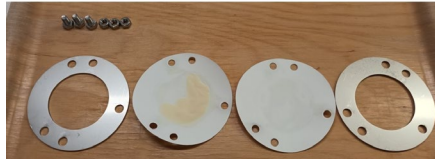
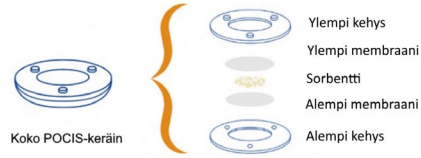
WaterPlus-hankkeen vesinäytteistä havaitut PFAS-yhdisteet 5/2022 ja 9/2023



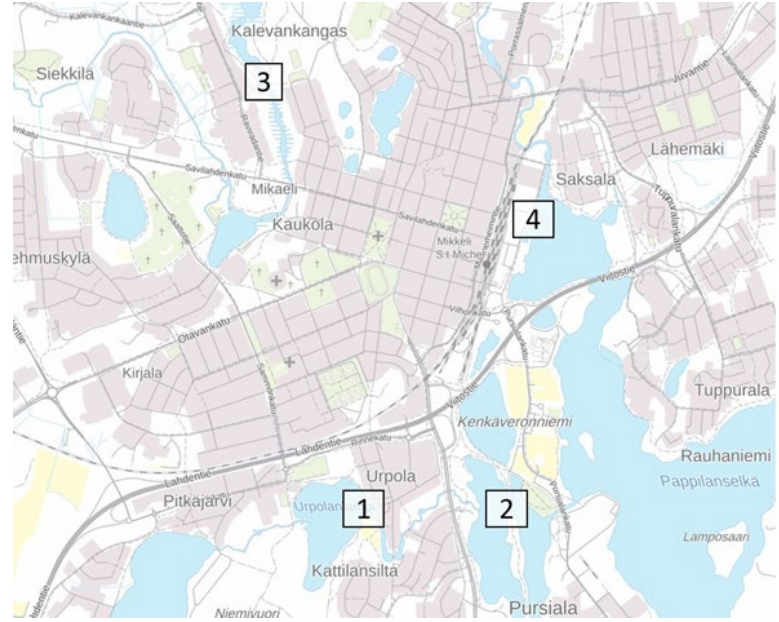
WaterPlus
Korkein havaittu kaikkien PFAS-tulosten summa: 28.9.2023 **13 ng/l**



PFAS- Passiivinen näytteenotto



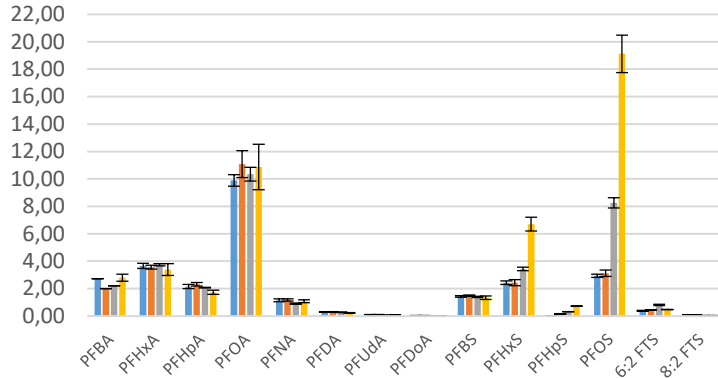
- Passiivisessa näytteenotossa kohteeseen asennetaan keräin, johon tutkittavat aineet kerääntyvät tutkimuksen ajan
 - Aineet voidaan uutaa keräimistä ja analysoida
- Mikkelissä kokeiltiin POCIS-keräimiä PFAS-yhdisteiden passiiviseen näytteenottoon
 - Neljä kohdetta, jokaiseen kolme rinnakkaista keräintä + kenttänoilat
 - Yhteensä 12 PFAS-POCIS- keräintä ja 4 nollaa
- Altistusaika 14 vuorokautta kesäkuun puolessa välissä 2023



1. Urpolanlammen kävelysilta
2. Kaihunharjun kävelysilta
3. Kalevankankaan kävelysilta
4. Satama venelaituri

PFAS-passiivinen näytteenotto

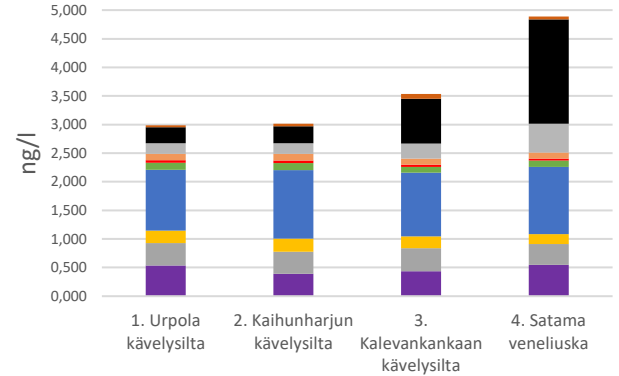
”Raakatulokset”
ng/g uutetun absorbentin massa



- 1 Urpola kävelysilta ka.
- 2 Kaihunarju kävelysilta ka.
- 3 Kalevankangas kävelysilta ka.
- 4 Satama veneliuska ka.

$$C_{vesi} = \frac{C_{POCIS} M_{POCIS}}{R_{St}}$$

Aikapainotettu keskiarvo ng/l



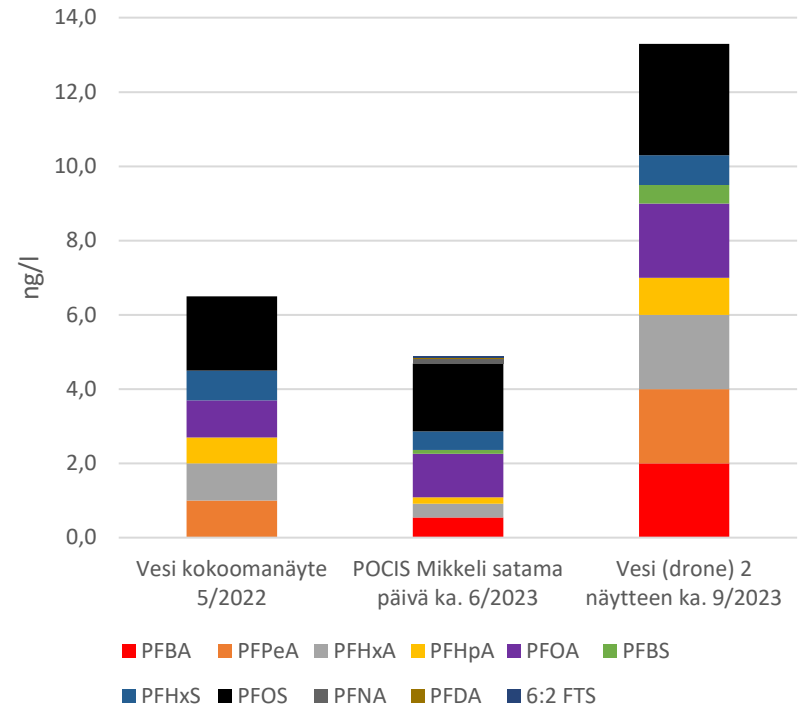
- PFBA
- PFHxA
- PFHpA
- PFOA
- PFNA
- PFDA
- PFBS
- PFHxS
- PFOS
- 6:2 FTS

- Kaikissa pisteissä kolmen rinnakkaisten keräinten tulokset yhtenäisiä.
 - Nollakeräimet eivät anna viitteitä kontaminaatiosta (vähennetty tuloksista)
- Satamassa ja Kalevankankaalla suurimmat pitoisuudet.
 - Kaikissa havaittu yli 3 ng/l PFAS-summapitoisuus.
 - PFOS (yleisin) kasvaa eniten
- Sataman tulokset samanlaisia vesinäytteiden tuloksiin (seuraava dia)

PFAS-passiivinen näytteenotto

- Vertaillaessa Mikkelistä otettujen vesinäytteiden kanssa pitoisuudet ovat hyvin samanlaisia.
 - Erityisesti yleisin PFOS (kuvaajassa musta)
- Kolme eri havaintoa kahden vuoden ajalta
 - Vaikuttaisi siltä, että Mikkelin sataman / Pappilanselän alueelle kohdistuu PFAS-kuormaa

Mikkelin vesinäytteiden ja passiivisen
näytteenoton tulokset sataman alueelta



Yhteenveto WaterPlus-hankkeen PFAS-tuloksista

- PFAS-yhdisteissä ei havaittu raja-arvot ylittäviä pitoisuuksia Etelä-Savon alueelta
 - Yleisesti pitoisuudet matalia (< 2 ng/l)
- Mikkelissä selvästi korkeimmat pitoisuudet
 - Summapitoisuus vaihteli 7-13 ng/l
- Mikkelin sataman alueelle vaikuttaisi tulevan PFAS-yhdistekuormaa
 - Vain 3 näytteenottoa
 - Vaatii tarkempaa selvitystä tarkempien pitoisuustasojen ja mahdollisen lähteen selvittämiseksi
- PFAS-yhdisteiden ympäristöpitoisuuksista vielä vähän tutkimustietoa
 - Passiivinen näytteenotto vaikuttaisi olevan hyvä keino PFAS-yhdisteiden seurantaan



- Tutkimusta yhdisteiden olisi hyvä jatkaa koko Suomessa
 - Raja-arvot todennäköisesti tulevat tarkentumaan ja tiukentumaan tulevaisuudessa
- Selvää, että PFAS-yhdisteet eivät luontoon kuulu ja niiden päätyminen ympäristöön tulisi estää

Kiitos!

Lisätietoja

Aki Mykkänen
Projektitutkija
aki.mykkanen@xamk.fi

