



# Kansallinen PFAS- taustapitoisuuskartoitus

Jussi Reinikainen, Timo Tarvainen

MUTKU-päivät  
22.-23.3.2023 Porvoo



Suomen ympäristökeskus  
Finlands miljöcentral  
Finnish Environment Institute



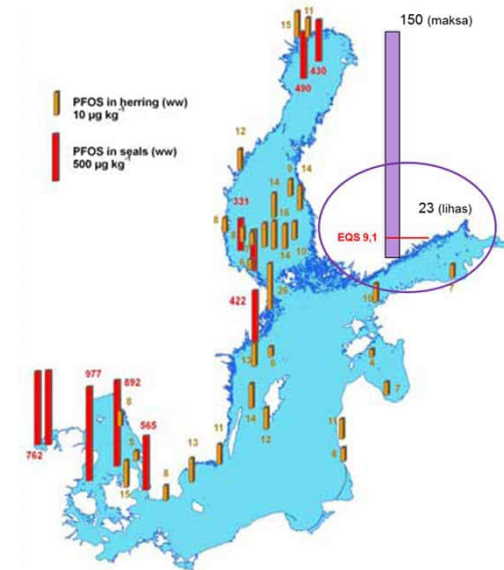
**GTK**

# Taustaa

- Per- ja polyfluoratut alkyyliryhdykset (PFAS) tuhansista yhdisteistä koostuva aineryhmä – "forever chemicals"
  - Pysyviä, biokertyviä, (kauko)kulkeutuvia, toksisia, vesiliukoisia...
  - Käytetty laajasti kymmeniä vuosia, esiintyy ympäristössä ja eliöstössä (ml. ihminen) kaikkialla
  - Rajoituksilla vähennetty tiettyjen yhdisteiden käyttöä (mm. PFOS ja PFOA), mutta näitäkin pitkään ympäristökierrossa; lisäksi käyttöä korvattu toisilla PFAS-yhdisteillä
  - Uudet ympäristö- ja terveysperusteiset viitearvot osin hyvin matalia (mm. EQS ja TDI)
- Suomessa tieto ympäristöpitoisuuksista osin puutteellisia
  - Pääosa tutkimustiedosta koskee jätevesiä, pintavesiä ja kaloja
  - Maaperästä tutkimustietoa lähinnä tietyistä riskikohteista (esim. paloharjoitusalueet)
- Tieto maaperän taustapitoisuuksista tärkeää mm. arvioitaessa pilaantuneisuutta ja kaivettujen maa-ainesten sijoitus-/hyödyntämiskelpoisuutta



<https://www.seacc.org/water-quality/pfas/>



HELCOM 2010, BSEP 120B

# Hanke

- Tavoite
  - Tuottaa tietoa PFAS-yhdisteiden taustapitoisuuksista Suomen maaperässä (pintamaa)
- Rahoitus
  - YM
- Toteutus
  - SYKE, GTK
  - Tulosten julkaisu GTK:n työraportti –sarjassa (12/2023 mennessä)
- PFAS-analytiikka
  - Kilpailutuksen kautta: Eurofins Environment Testing Finland Oy (11/2022)
  - Analyysit: Eurofinsin Linköpingin laboratorio (12/2022-1/2023)

# Näyteaineisto

- Geologian tutkimuskeskuksen taustapitoisuuskartoituksen arkistonäytteet (150 kpl)
  - Luonnonmaidan pitoisuudet moreenimaiden pintamaista Espoosta Kittilään (98 kpl)
  - Taajamien pitoisuudet kolmen kaupungin pintamaista (52 kpl); kaupungin laidalta keskustan läpi kulkeva poikkileikkaus

Näyteaineisto	Normaali-näytteet	Rinnakkais-näytteet	
Turku	16	1	
Oulu	17	1	
Lappeenranta	15	2	
Luonnon moreenimaat	95	3	
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>143</b>	<b>7</b>	<b>Yht. 150</b>

# Luonnon moreenimaiden näytteet



Valokuva: Tauno Valli, GTK

- Näytteet otettu yksittäisestä lapiolla kaivetusta kuopasta 0 – 25 syvyydeltä humuskerroksen alapuolelta
- Näyte edustaa lähinnä rikastumishorisonttia (B)
- Näytteet kuivattu alle 40°C:ssa ja seulottu alle 2 mm raekokolajitteeseen
- Varastointiaika 5 – 12 vuotta



# Taajamien näytteet



- Näytteet otettu yhdestä kuopasta pintamaan ylimmästä 10 cm:stä mahdollisen nurmikon alapuolelta
- Mukana useita eri maalajeja, suuri osa näytteistä erilaisista täytöistä
- Näytteet kuivattu alle 40°C:ssa ja seulottu alle 2 mm raekokolajitteeseen
- Varastointiaika 3 – 5 vuotta

# Taustapitoisuuden määrittäminen

- Taustapitoisuuskartoituksen yhtenä tavoitteena määrittää maaperälle tavanomaisen taustapitoisuusjakauman yläraja eli suurin suositeltu taustapitoisuusarvo (SSTP)
  - TAPIR (GTK:n taustapitoisuusrekisteri)
  - Alueellisia SSTP-arvoja laskettu maalajeittain (lähinnä) maaperän alkuainepitoisuuksille
- Laskentaperusteena SFS-ISO-standardi 19258
  - Laatikko-jana-kuvaajan (box-whisker-plot) ylemmän whisker-janan yläraja (vähintään 30 näytettä)
  - $SSTP = P75 + 1,5 \times (P75 - P25)$ , jossa
    - SSTP = aineen suurin suositeltu taustapitoisuusarvo
    - P75 = aineen pitoisuusjakauman 75. persentiili
    - P25 = aineen pitoisuusjakauman 25. persentiili

# PFAS-analytiikka

- Analysoidut yhdisteet
  - 37 PFAS-yhdistettä (PFAA-yhdisteitä ja prekursoreita)
  - Määrittämiss raja (LOQ) yhdisteestä riippuen: 0,03-1 µg/kg ka
- (Mahdolliset) lisäanalyysit
  - Laajennettu analyysipaketti PFAS-yhdisteitä (mm. FTOH ja Gen-X)
  - TOP-analyysi (Total Oxidisable Precursor)



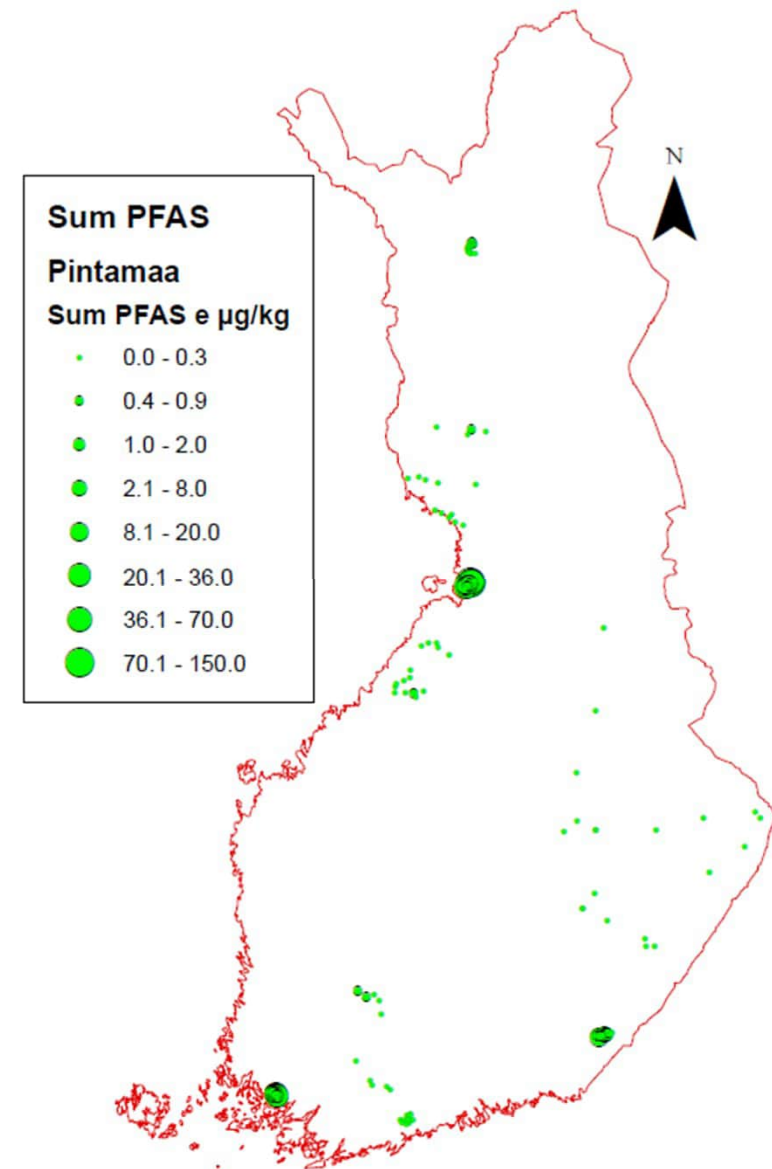
<https://www.euofins.de>

Compound	EF Code	MU	LOQ
PFBS (Perfluorobutanesulfonic acid)	PLWNO	23 %	0.03 µg/kg dry matter
PFHxS (Perfluorohexanesulfonic acid)	PLWNO	23 %	0.03 µg/kg dry matter
PFHxA (Perfluorohexanoic acid)	PLWNO	23 %	0.03 µg/kg dry matter
PFHpA (Perfluoroheptanoic acid)	PLWNO	23 %	0.03 µg/kg dry matter
PFOA (Perfluorooctanoic acid)	PLWNO	23 %	0.03 µg/kg dry matter
PFNA (Perfluorononanoic acid)	PLWNO	23 %	0.03 µg/kg dry matter
PFDA (Perfluorodecanoic acid)	PLWNO	23 %	0.1 µg/kg dry matter
PFOSA (Perfluorooctanesulfonamide)	PLWNO	23 %	0.1 µg/kg dry matter
PFUdA (Perfluoroundecanoic acid)	PLWNO	23 %	0.1 µg/kg dry matter
PFDoA (Perfluorododecanoic acid)	PLWNO	23 %	0.1 µg/kg dry matter
PFTeDA (Perfluorotetradecanoic acid)	PLWNO	23 %	0.03 µg/kg dry matter
P37DMOA (Perfluoro-3,7-dimethyloctanoic acid)	PLWNO	23 %	0.5 µg/kg dry matter
HPFHpA (7H-Perfluoroheptanoic acid)	PLWNO	23 %	0.1 µg/kg dry matter
6:2 FTS (Fluorotelomer sulfonate)	PLWNO	23 %	0.03 µg/kg dry matter
PFBA (Perfluorobutanoic acid)	PLWNO	23 %	0.1 µg/kg dry matter
PFPeA (Perfluoropentanoic acid)	PLWNO	23 %	0.03 µg/kg dry matter
PFHpS (Perfluoroheptanesulfonic acid)	PLWNO	23 %	0.03 µg/kg dry matter
PFOS (Perfluorooctanesulfonic acid)	PLWNO	23 %	0.03 µg/kg dry matter
8:2 FTS (Fluorotelomer sulfonate)	PLWNO	23 %	0.1 µg/kg dry matter
PFHxDA (Perfluorohexadecanoic acid)	PLWNO	23 %	0.03 µg/kg dry matter
4:2 FTS (Fluorotelomer sulfonate)	PLWNO	23 %	0.03 µg/kg dry matter
Sum of PFAS incl. ½ LOQ	PLWNO		
PFDS (Perfluorodecanesulfonic acid)	PLWNO	23 %	0.03 µg/kg dry matter
EfFOSAA(N-ethylperfluorooctanesulfonamid-HAc)	PLWNO	23 %	0.1 µg/kg dry matter
PFTrDA (Perfluorotridecanoic acid)	PLWNO	23 %	0.1 µg/kg dry matter
MeFOSA (N-methylperfluorooctanesulfonamide)	PLWNO	23 %	0.03 µg/kg dry matter
EfFOSA (N-ethylperfluorooctanesulfonamide)	PLWNO	23 %	0.2 µg/kg dry matter
MeFOSE(N-methylperfluorooctanesulfonamido-ethanol)	PLWNO	23 %	0.03 µg/kg dry matter
EfFOSE (N-ethylperfluorooctanesulfonamido-ethanol)	PLWNO	23 %	0.1 µg/kg dry matter
MeFOSAA (N-methylperfluorooctanesulfonamid-HAc)	PLWNO	23 %	0.03 µg/kg dry matter
FOSAA (Perfluorooctanesulfonamidoacetic acid)	PLWNO	23 %	0.1 µg/kg dry matter
Sum of PFAS excl. LOQ	PLWNO		
Dry matter	PLWNO	5 %	0.25%
PFPeS (Perfluoropentane sulfonic acid)	PLWNO	23 %	0.1 µg/kg dry matter
PFNS (Perfluorononane sulfonic acid)	PLWNO	23 %	0.2 µg/kg dry matter
PFDoS (Perfluorododecane sulfonic acid)	PLWNO	23 %	1 µg/kg dry matter
PFUnDS (Perfluoroundecane sulfonic acid)	PLWNO	23 %	1 µg/kg dry matter
PFTrDS (Perfluorotridecane sulfonic acid)	PLWNO	23 %	1 µg/kg dry matter
Sum of PFAS 4 excl. LOQ	PLWNO		
Sum of PFAS 4 incl. ½ LOQ	PLWNO		
10:2 FTS (Fluorotelomer sulfonate)	LW2BK	23 %	0.5 µg/kg dry matter
PFODA (Perfluorooctadecanoic acid)	no code	23 %	0.1 µg/kg dry matter
Calculation of branched PFAS in soil	LW1BX		0.03-0.1 µg/kg dry matter



# Alustavia tuloksia 1/2

- Useiden PFAS-yhdisteiden kaikki mitatut pitoisuudet < LOQ
- Luonnon moreeninäytteiden pitoisuudet pieniä
  - SSTP-arvo pystyttiin laskemaan vain neljän PFAS-yhdisteen (PFOS, PFOA, PFHxS, PFNA) summalle, josta määräysrajan alittavat pitoisuudet poistettu
    - Tästäkin pois 37/98 näytettä, joissa  $\sum$ PFAS4 < LOQ
    - PFAS4 -> yhdisteet, joille EFSA:n uusi terveysterveysteinen summaTDI-arvo
- Taajamanäytteissä paikoin selvästi suurempia pitoisuuksia
  - Merkittävin yhdiste PFOS (mediaani 0,52  $\mu$ g/kg; maksimi 110  $\mu$ g/kg)
    - 5 näytettä > 20  $\mu$ g/kg; 7 näytettä > 3  $\mu$ g/kg
    - Vaihtelu merkittävää pitoisuuksissa ja PFAS-jakaumissa
  - Isoimmat pitoisuudet multamaanäytteissä ja tietyissä täyttömaanäytteissä
    - Multanäytteissä todennäköisin (merkittävin) selittäjä puhdistamolietteiden käyttö, mutta myös muut taajamien päästölähteet mahdollisia
- Havaintoja PFOS:sta myös moreenimaiden < LOQ näytteissä
  - n. 40 näytteessä PFOS arviolta välillä 0,01 -0,03  $\mu$ g/kg (LOD –LOQ)



## Alustavia tuloksia 2/2

	Mediaani	SSTP	Maksimi
Taajamat	µg/kg ka	µg/kg ka	µg/kg ka
PFOA	0.155	1.34	3.5
PFOS	0.515	8.98	110
PFAS4 summa, LOQ poistettu	0.755	10.8	110
PFAS4 summa, mukana 1/2 LOQ	4	15.9	150
Luonnon moreenimaa			
PFAS4 summa, LOQ poistettu	0.07	0.28	0.31

SSTP-arvot laskettu muuttujille, joille näytemäärä > 30 ja 25. prosenttipiste suurempi kuin määrittäysraja

HUOM! Laskennallinen SSTP kaikille taajamanäytteille ei välttämättä edusta "todellista" ja yleispätevää taustaa (suoraviivainen laskenta huomioiden kaikkien kaupunkien ja maalaisten tulokset)

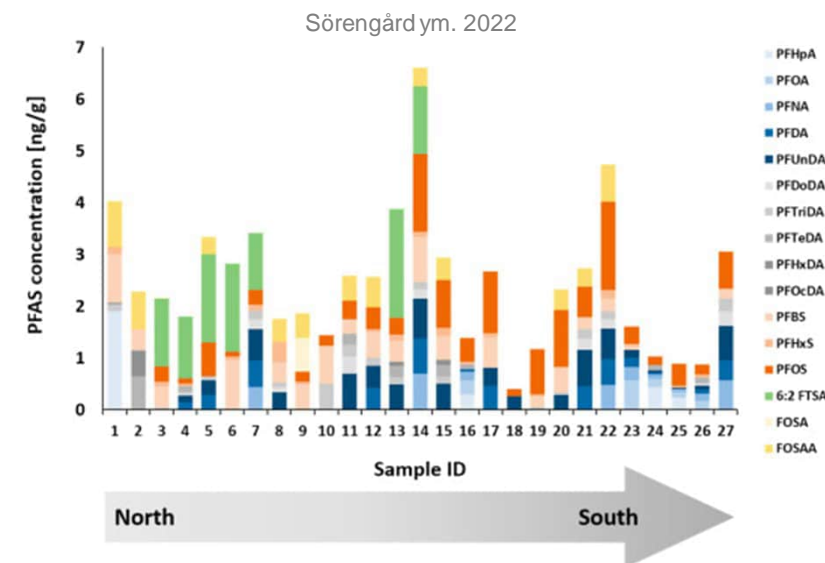
# Taustapitoisuudet muissa maissa

## • Vaihteluväli kirjallisuudessa laaja

- Brusseau ym. 2020: kansainvälinen metadata, 5700 maanäytettä (1400 kohdetta taajamista ja maaseudulta)
  - Analysoitujen PFAS-yhdisteiden määrä: 2-32 kpl (ka. 14 kpl)
  - $\Sigma$ PFAS: <0,001-237  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ; 0,003-162  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (PFOS); 0,01-124  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (PFOA)
  - Maksimipitoisuuksien mediaani PFOS:lle ja PFOA:lle 2,7  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ; 10  $\mu\text{g}/\text{kg}$  ylittyi vain 7 (PFOS) ja 8 (PFOA) kohteessa

## • Ruotsi

- Söregård ym. 2022: taustapitoisuus luonnon metsämaassa (humus 0-10 cm), 27 kohdetta (31 näytettä) koko Ruotsin alueella
  - Analysoitujen PFAS-yhdisteiden määrä: 28 kpl (3-16 yhdistettä > LOQ)
  - $\Sigma$ PFAS16: 0,46-6,6  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (mediaani  $\Sigma$ PFAS16: 2,3  $\pm$ 1,3  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ; mediaani PFOS: 0,39  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , mediaani PFOA: 0,38  $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
  - Maaperän ohjearvot: 3  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (herkkä maankäyttö), 20  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (epäherkkä maankäyttö)



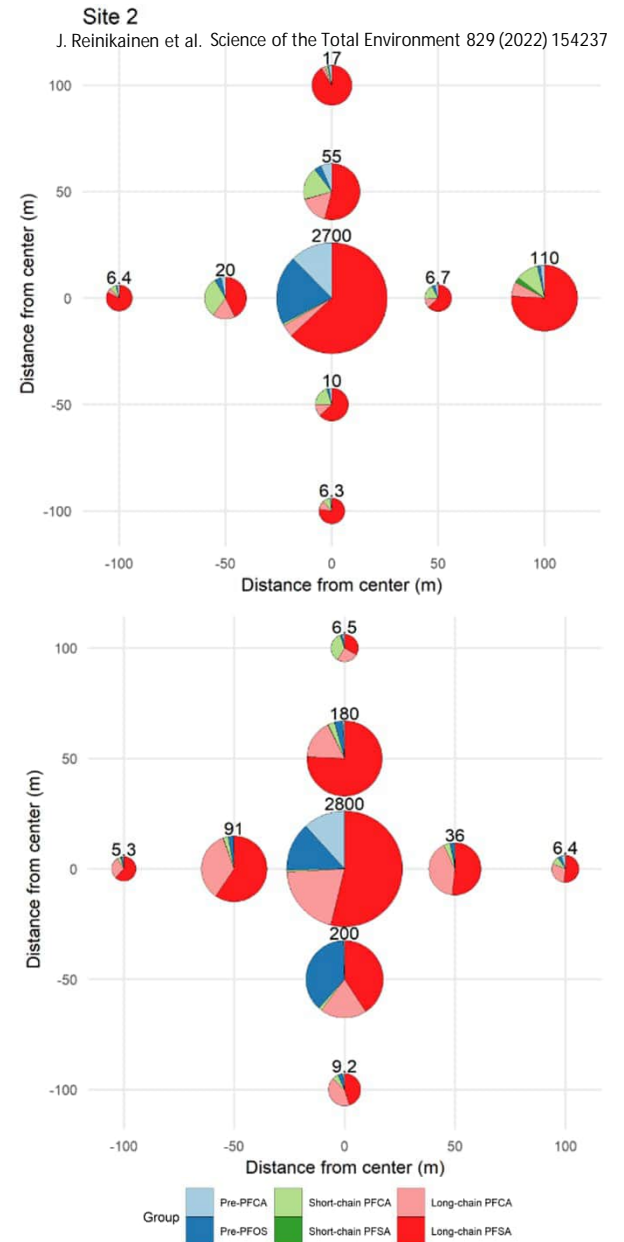
# Suunnitellut lisäanalyysit

- Tulosten varmistus pitkään varastoiduista luonnon moreeninäytteistä
  - Muutama uusi kokoomanäyte samoilta, valikoiduilta alueilta loppukeväästä/alkukesästä (sama analyysipaketti)
- Pitoisuudet luonnonmaidien orgaanisesta pintamaasta (humuskerros; 0-10 cm)
  - Uudet näytteet samoilta näytealueilta kuin luonnonmoreenin ”varmistusnäytteet” (sama tai laajempi analyysipaketti)
- TOP-analyysi
  - GTK:n analysoiduista varastonäytteistä, joissa suurimmat pitoisuudet (esim. Oulun multanäytteet)



# Alustavat johtopäätökset 1/2

- Luonnon (mineraali)maiden taustapitoisuus todennäköisesti hyvin pieni
  - Orgaanisen pintakerroksen pitoisuudet oletettavasti jonkin verran korkeampia (vrt. Ruotsi) -> varmistus lisäanalyseillä
  - ”Pilaantuneilla” alueilla (esim. paloharjoitusalueet) pitoisuudet useita kertaluokkia suurempia
- Taajamissa pintamaan pitoisuudet voivat olla merkittävästi suurempia
  - Jätevesilietteenkäyttö todennäköisesti merkittävä tekijä (orgaaniset pintamaat) -> asiaa selvitettävä lisää huomioiden myös lietteiden maatalouskäyttö ja kaupalliset kasvualustat
  - Myös muut paikalliset/alueelliset päästölähteet (ml. laskeuma) mahdollisia ja otettava huomioon



# Alustavat johtopäätökset 2/2

- PFOS ja PFOA edelleen (ja pitkään) merkittävimpiä yhdisteitä
  - Pitoisuudet, pysyvyys ja toksisuus
  - Kuitenkin myös muut aineet (ml. prekursorit) huomioitava (ja suhteessa mahdollisiin päästölähteisiin)
- Systemaattinen, kansallinen PFAS-kartoitus ja -koordinaatio tarpeen
  - Riskipriorisointi huomioiden eri matriisit ja kohteet (maaperä, lietteet, juomavesi, pohjavesi, elintarvikkeet...)
  - Riittävän laajaa kenttätutkimusta ja seurantaa
  - Yhteistyö eri viranomaisten ja muiden toimijoiden kesken tärkeää -> koordinointi, rahoitus, hankkeistaminen jne.
- PIMA-kohteissa tulee soveltaa tapauskohtaista riskinarviointia
  - Haasteet EFSA:n uuden TDI-arvon (PFAS4 = 0,63 ng/kg/d) käytössä...
  - Kaupunkikohtaiset taustapitoisuudet...?
  - Kynnysarvo PIMA-asetukseen...!?

Kiitos!



Suomen ympäristökeskus  
Finlands miljöcentral  
Finnish Environment Institute



**GTK**