

Onderzoek naar mogelijkheden voor biologische aanpak van PFAS

Stand van zaken januari 2025

Marc Verheul

Nanne Hoekstra

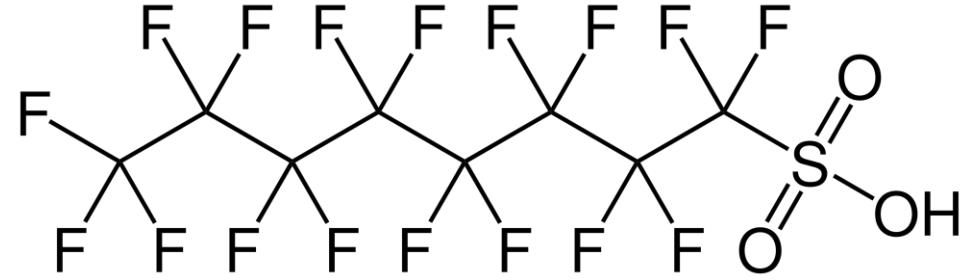
Tom Bosma

23-1-2025

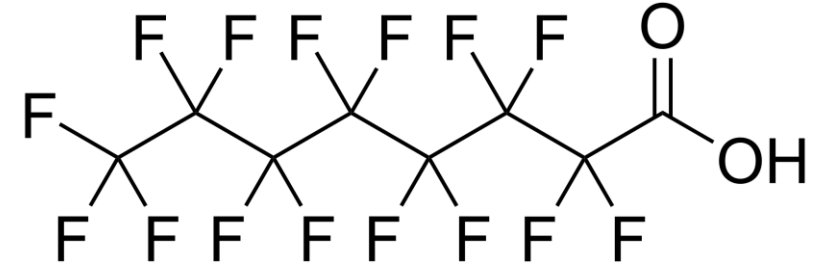
Overzicht

- EMK-terrein als voorbeeld
- Fytoremediatie
→ Nanne
- (gestimuleerde) microbiële afbraak
→ Tom
- Discussie / vragen

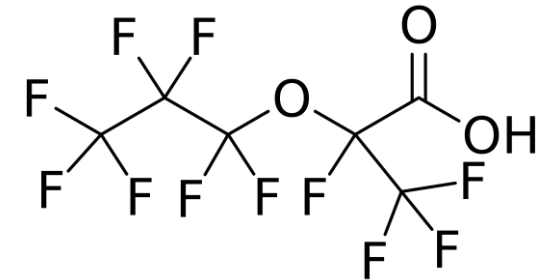
PFOS



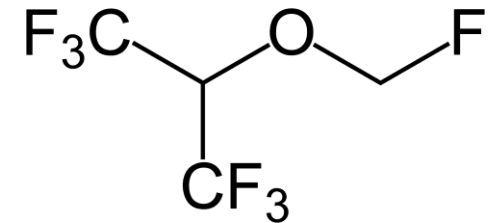
PFOA



GenX

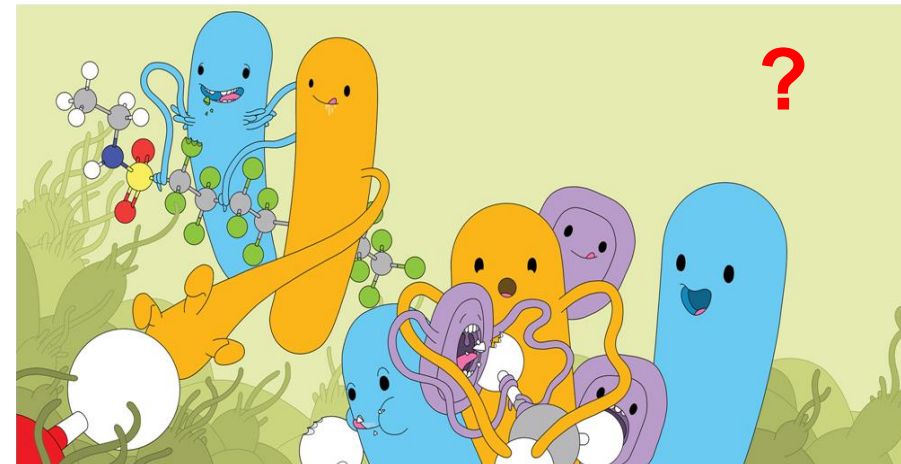
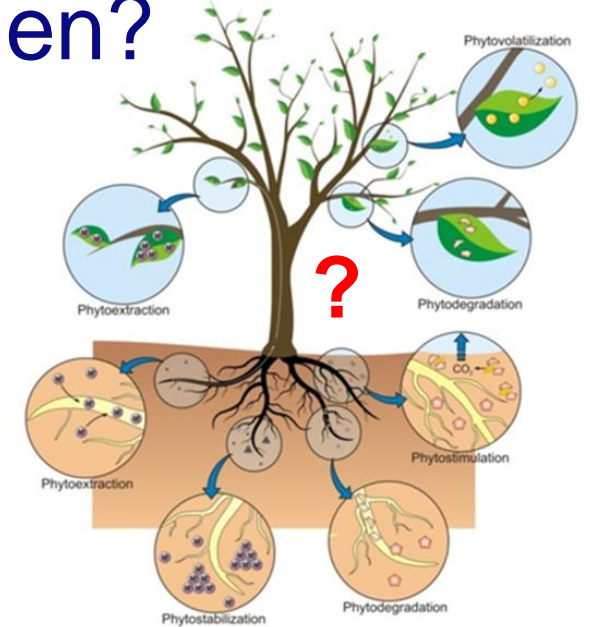


Sevofluraan
(narcosegas)



Natuurlijke oplossingen voor lokale bronnen?

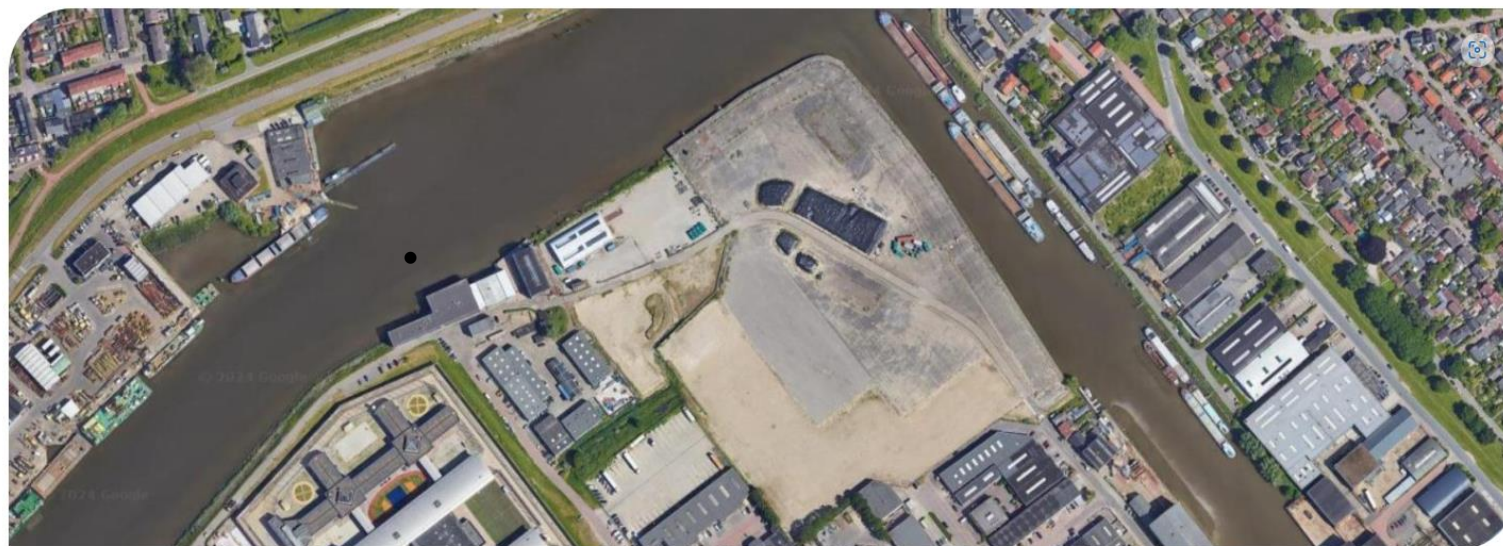
- Fytoremediatie
 - Planten als pump&treat / of hyperaccumulators
 - Afbraak met licht?
 - Interactie met sorptie microbiële afbraak in de bodem
 - Bodemgezondheid
- Microbiële afbraak
 - Gebruik specifieke bacteriën
 - Milieu-omstandigheden
 - Extra stoffen (b.v. toluëen)
 - Ondersteuning door elektrolyse
 - IJzerhoudende oppervlakken



EMK terrein

- Vanaf 1884 koolteerfabriek, vanaf 1970, Exploitatie Maatschappij Krimpen (EMK), 1980 failliet
- Hield zich bezig met het zich “milieuvriendelijk” ontdoen van chemisch (haven)afval
- Zwaar verontreinigd met: Fenolen-, PAK-, olie- en teerverontreinigingen
- Eind jaren '80 IBC-sanering
- Vanaf februari 2024 (in opdracht van ministerie I&W) hersanering, t.b.v. herinrichting terrein
- Nu ook PFAS aangetroffen

Deltares



 Dossier

Dossier Saneringsproject Stormpolderdijk (voormalig EMK-terrein)



EMK terrein


- Op het terrein is een tent gebouwd (deze wordt meerdere keren verplaatst)
 - Lucht wordt gezuiverd
 - Bodem wordt in luchtdichte containers afgevoerd
 - Grondwater wordt opgepompt gezuiverd
 - Biologische zuivering
 - Actieve kool zuivering voor het verwijderen van de PFAS

Zie voor meer info over de bodemsanering:
www.stormpolderdijk.nl


Het water wordt vanuit de biologische zuivering naar de opstelling geleid.

DURAVERMEER > PROJECTEN > BODEMSANERING STORMPOLDERDIJK

Nederland dat een sanering zo wordt uitgevoerd.



Speciale werkwijze
Vanaf 2024 vindt de sanering plaats in een speciale hal.

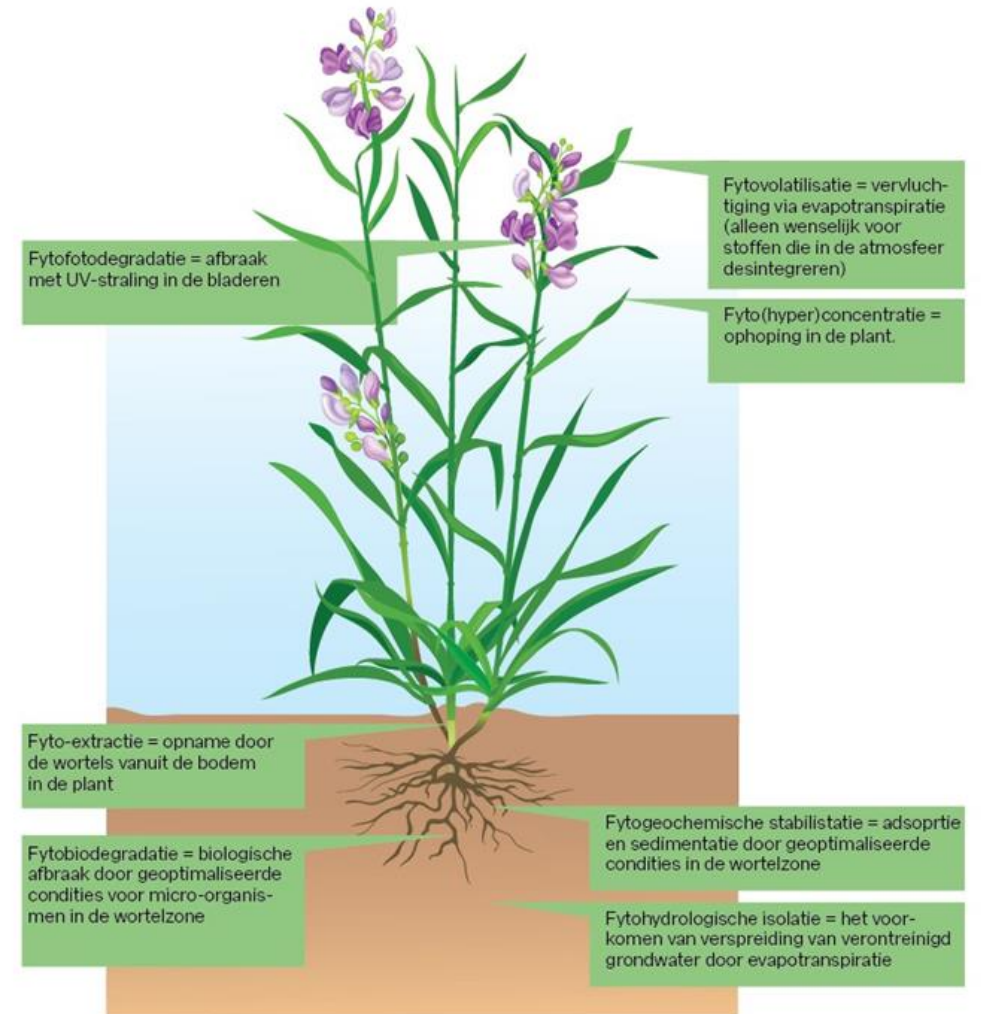


Custom made waterzuivering
Ook het water wordt gezuiverd.

Idee

- Fytoremediatie inzetten om PFAS te concentreren. Daarna nabehandeling, bijvoorbeeld op hoge temperatuur verbranden.
- Misschien PFAS-afbraak in bladeren door UV-licht.
- Mogelijk microbiële afbraak met ijzer
- Toepassen op effluent biologische zuiveringsstap, als alternatief voor huidige behandeling met actief kool.
- En naast de proeven met andere adsorbentia en biologische afbraak.
- Doel is te bekijken wat mogelijk is bij een grootschaliger toepassing, zowel op deze locatie als elders
- Aansluitend bij de wens de locatie te vergroenen.

Fytoremediatie = Gestimuleerde verwijdering of immobilisatie van bodemverontreinigende stoffen door:



Testen in plantenbakken

- 10 bakken met verschillende adsorbentia als preconcentratiestap,
- 2 m breed, 1 m lang en 50 cm hoog
- 5 compartimenten per bak met verschillende planten en waterstanden, ca 40 cm breed
- Beoogd debiet: $1 \text{ m}^3/\text{u} = 100 \text{ liter per bak} = 20 \text{ liter per compartiment}$.



Detailontwerp, uitvoering
en installatie:

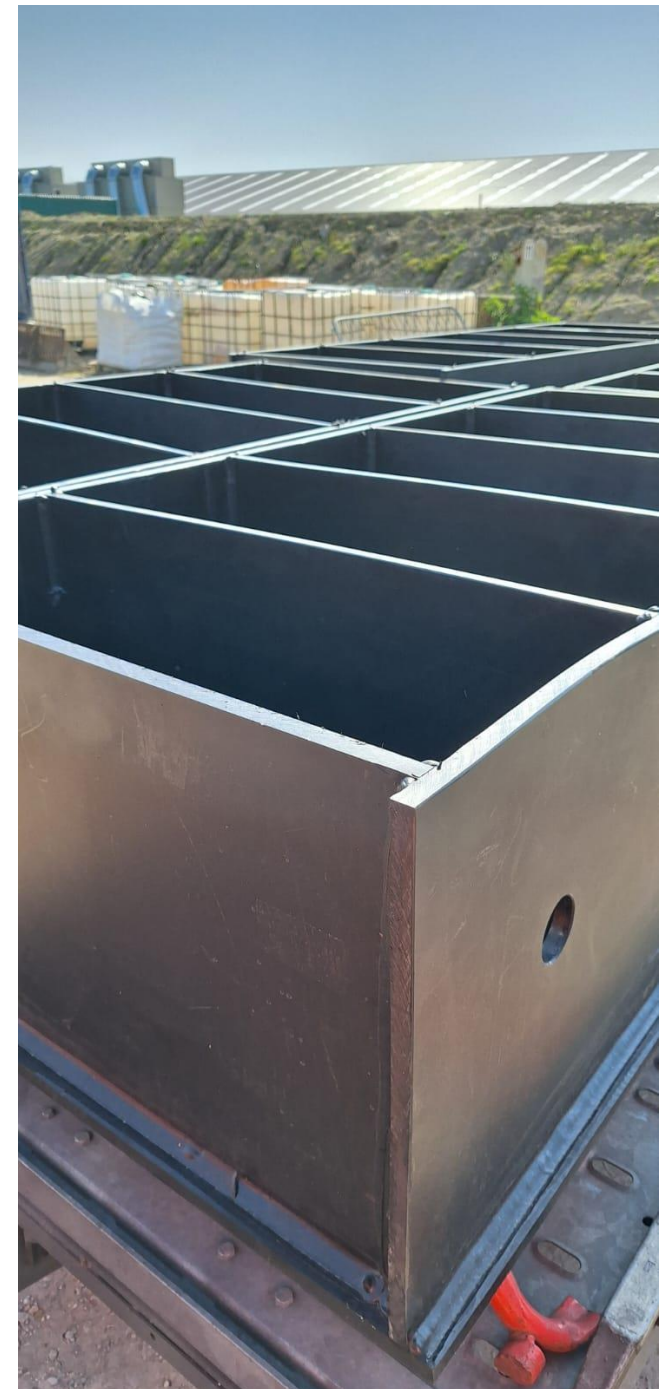
Metinco
Measure and Monitoring solutions

Deltares

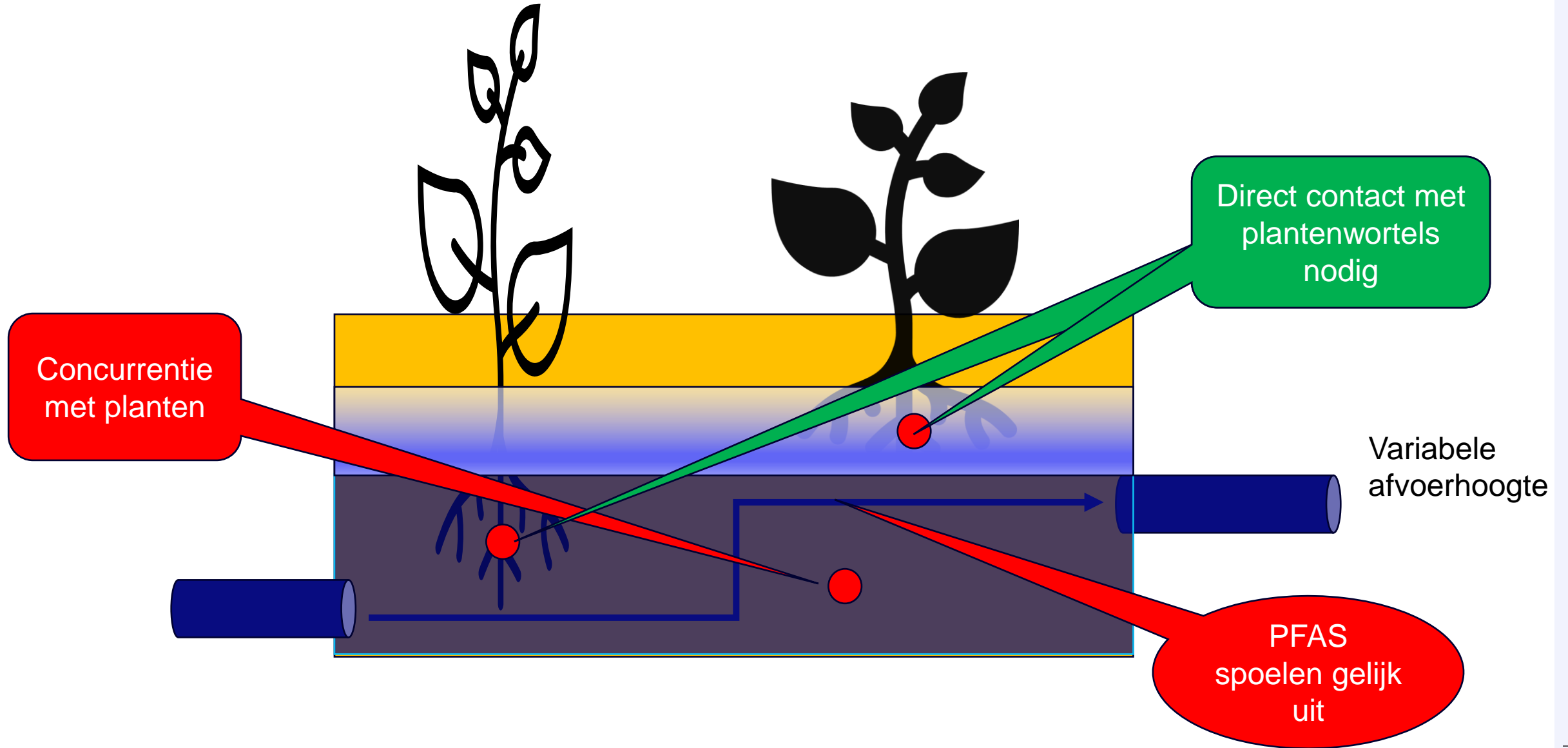
Testen per bak voor meest geschikte adsorbentia

Niet te krachtig want bedoeld voor vasthouden zonder concurrentie met planten:

1. Geen
2. Potgrond (veen/turfvrij)
3. Actieve kool
4. Biochar
5. Montmoriloniet
6. Zeoliet
7. Fe-zeoliet (i.s.m. Johan v Leeuwen KWR)
8. Magnetiet
9. Controle met regenwater op locatie, zonder toevoeging
10. Controle in Delft



Waar moeten de adsorbentia komen?



Selectie planten

- PFAS-opname
- Robuuste planten die tegen een hoog debiet kunnen
- Eutrofe soorten, want naar verwachting veel voedingsstoffen
- Drijvende of ondergedoken soorten zijn niet praktisch voor de proef
- Emergente soorten en soorten die van natte condities houden zijn juist wel aantrekkelijk, vanwege de grotere reactieve zone die kan worden benut
- Soorten die veel transpireren
- Gemakkelijk te oogsten
- Met een uitgebreid stelsel aan fijne wortels die voor zo veel mogelijk contact zorgen



Testplanten per compartiment

1. Riet
2. Wilg
3. Berk
4. Grote lisdodde
5. Zonnebloem
6. Later weegbree bij bomen



Mengen adsorbentia met zand en het vullen van de bakken



Aanbrengen folie tegen uitdamping

Bakken geplaatst op zonnige plek naast waterzuiveringshal binnen bodembeschermende voorziening

Planten planten



Deltares

Oogsten en monsters nemen



Deltares



Opvangen
bladeren

Groot verschil in
plantgroei tussen
nutriëntenrijk
afvalwater en
regenwater

Sectioneren plantendelen



Deltares



Nu analyses op grond-, grondwater- en plantmonsters.

Wordt vervolgd. Op Symposium Bodembreed?

Mogelijkheden voor microbiële afbraak van PFAS: batchproeven (opzet, nog geen resultaten)

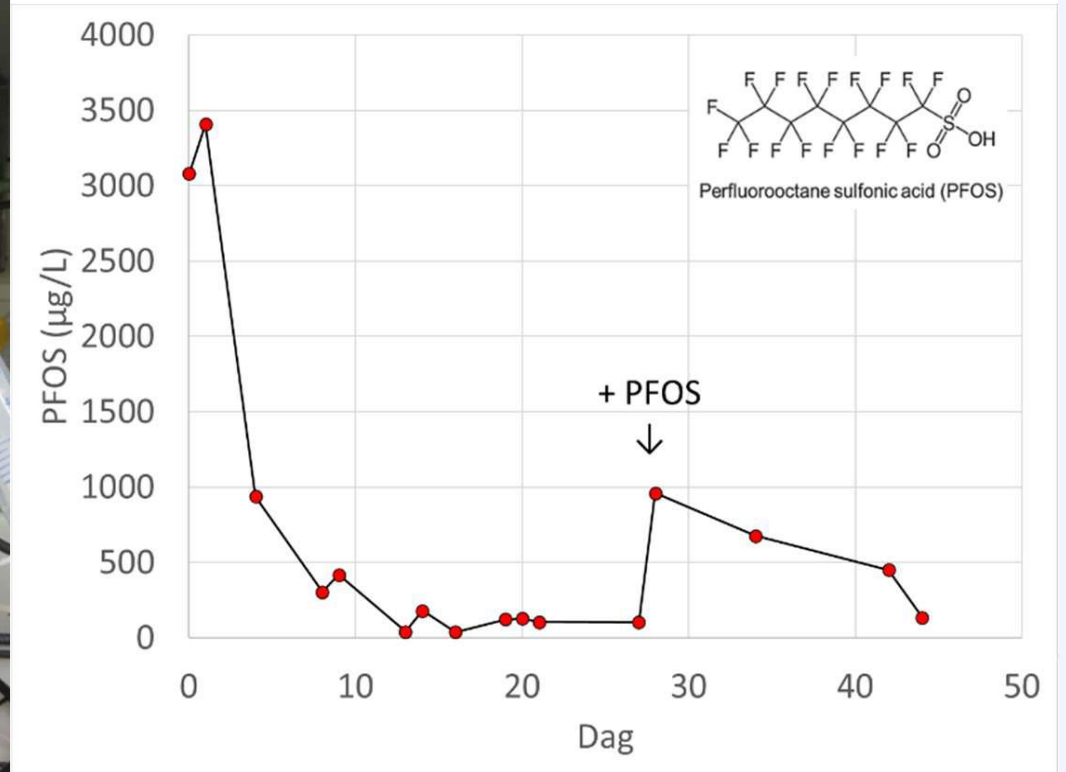
Conditie	Koolstofbron	Toevoeging
Dehalogenering (anaeroob)	lactaat	EMK-water / <i>Desulfitobacterium</i> medium / PFAS*
FeAmmox (anaeroob) <i>Acidimicrobium</i>	n.v.t.	EMK-water / FeAmmox medium / <i>Acidimicrobium</i> / PFAS*
Cometabolisch (aeroob)	tolueen	EMK-water / Brunner medium / PFAS*
Controles	opmerking	Toevoeging
Anaeroob	Levende controle	EMK-water / PFAS*
Anaeroob / gesteriliseerd	Steriele controle	EMK-water / PFAS*
Aeroob	Levende controle	EMK-water / PFAS*
Aeroob / gesteriliseerd	Steriele controle	EMK-water / PFAS*

* PFOS, PFOA, PFBS en PFBA; 0,2 mM elk (?)

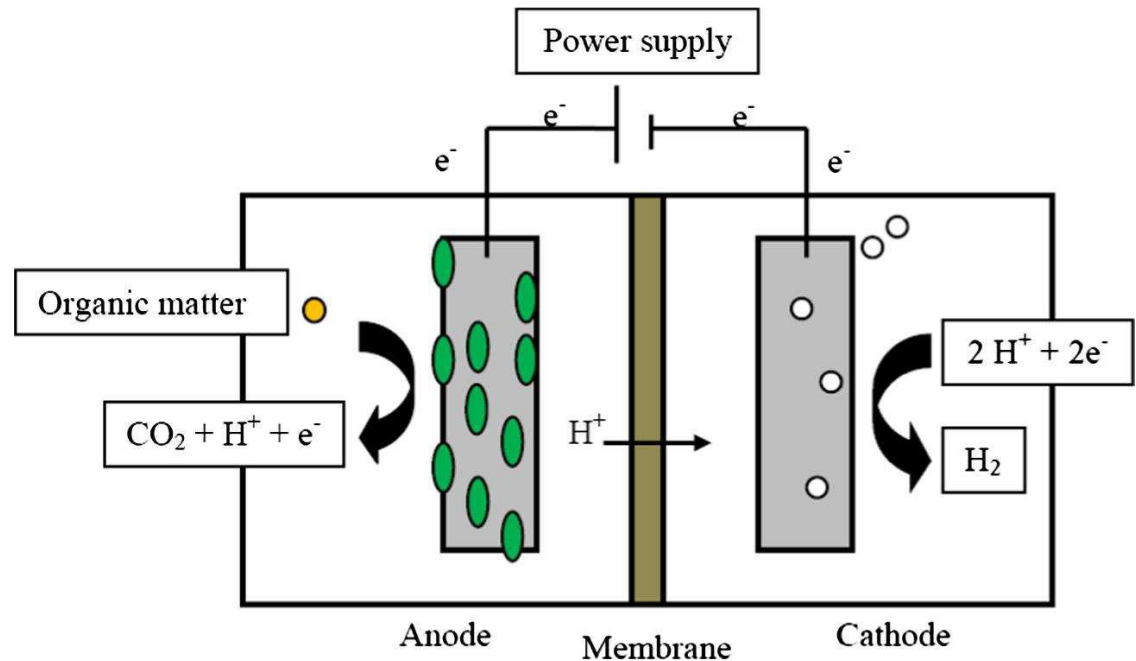
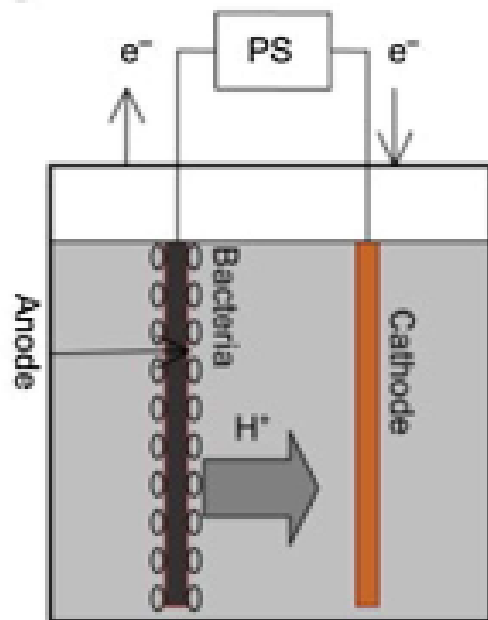
Aerobe afbraak in bioreactoren met tolueen

- *Pseudomonas putida* stam F1
 - Afname PFOS ca 97%
 - 0,6 mol fluoride / mol PFOS (17 mol bij volledige afbraak)
 - Vergelijkbare afname PFHxS
 - Massabalans is nog probleem

- Alternatieven voor tolueen?
- Afbraakproducten?
- Nieuwe proef met EMK-water



Afbraak in microbiële elektrolysecellen

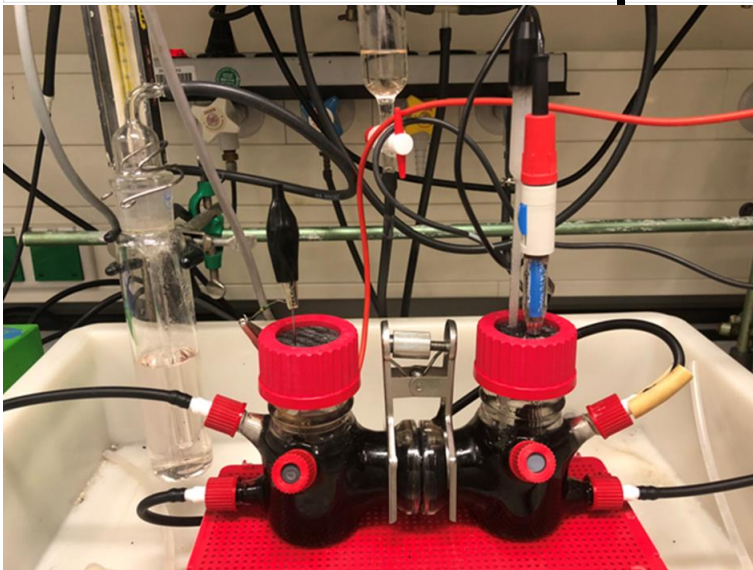
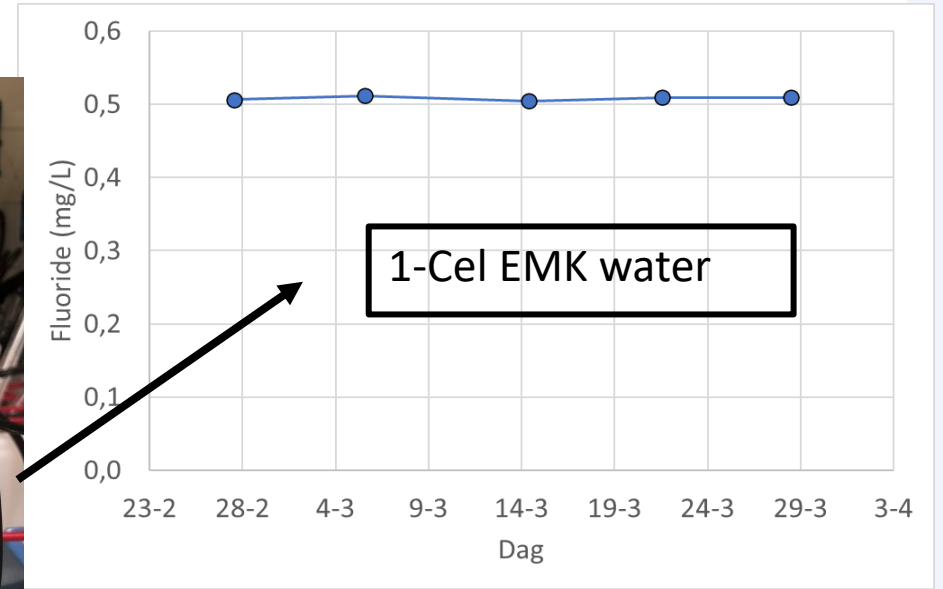
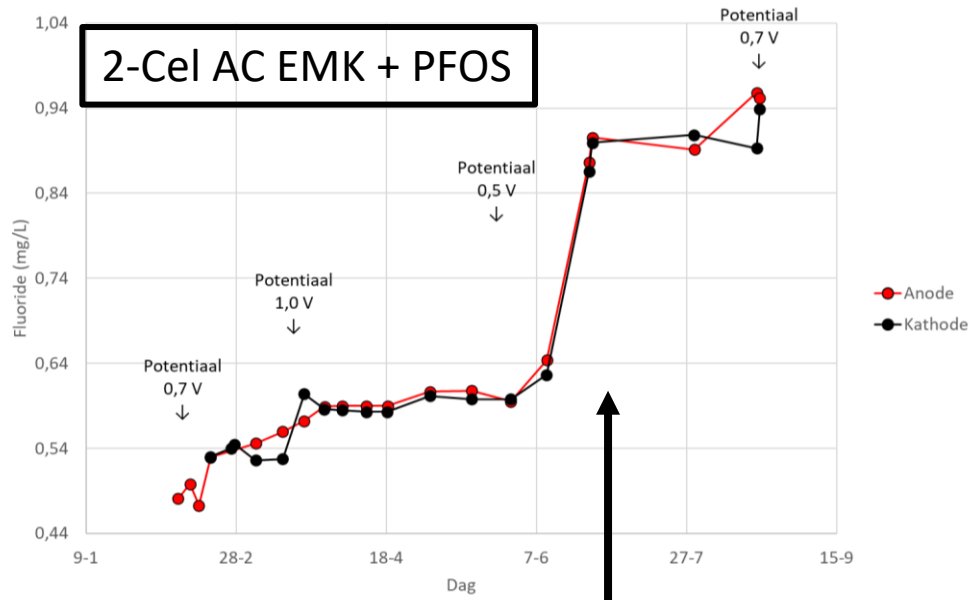


- Kathode: microbiële reductie
- Anode: microbiële oxidatie

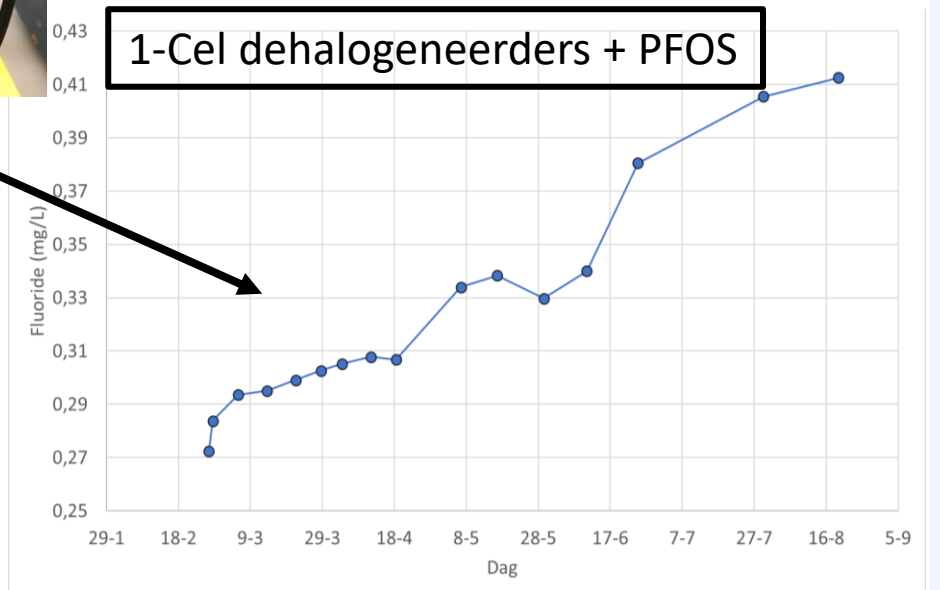
Controle zonder biomassa → geen reductieve dechlorering van PER bij 0,7 Volt

Controle met biomassa → reductieve dechlorering van PER bij 0,7 Volt

Microbiële elektrolyse van PFOS



- Gedeeltelijke verwijdering van PFOS
- Toename in de tijd
- Fluoride enkele % van verwacht
- Werk aan de winkel



Voorlopige conclusies en vervolgonderzoek

- Verwijdering van PFOS en PFHxS in aerobe reactor met toluen
 - Vervolgproef met EMK-water
- Fluoride uit PFOS en PFOA in eenkamer MECs met dechloreerders
 - Gevormd fluoride hooguit enkele procenten van maximaal mogelijke
- Batchproeven verder analyseren en vervolgen
- Rol van aromatische co-verontreinigingen



Deltares

PFAS Adventures



8 April 2024