

# INNOVATIEPROGRAMMA MICROVERONTREINIGINGEN *UIT RWZI-AFVALWATER*

## Verwijdering PFAS

Resultaten standaard analyses  
en zeer korte ketens

Anja Derksen, AD eco advies



# Inhoud

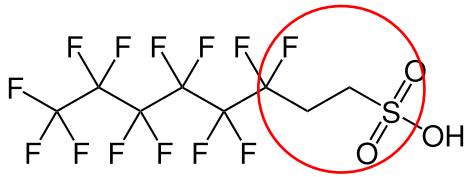
- Achtergrond en motivatie
- PFAS en PFAS precursors
- Doel
- Resultaten standaard analyses en zeer korte ketens
- Conclusies
- Hoe verder?

# Achtergrond en motivatie

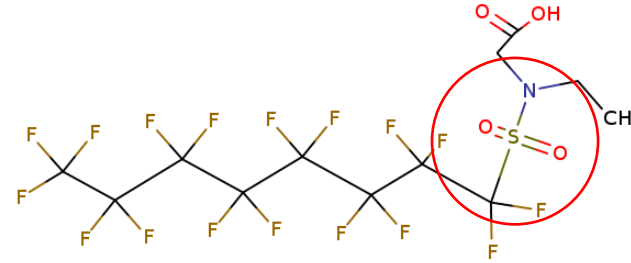
- Conclusies monitoringscampagne PFAS in rwzi's o.a. :
  - PFAS worden nauwelijks verwijderd
  - Schijnbare toename van PFAS in rwzi's:  
Niet geanalyseerde (onbekende) PFAS precursors in het influent worden in de rwzi omgezet naar geanalyseerde (bekende) precursors en stabiele PFAS met een korte ketenlengte (C4 – C8)
- In welke mate verwijderen vergaande zuiveringstechnieken PFAS uit effluent?
- Monsternamen pilots en demo's in parallel met onderzoek naar antibioticaresistentie



# Wat zijn PFAS en PFAS precursors?

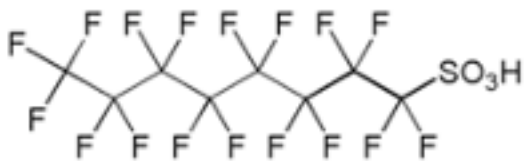


6:2 FTS



N-EtFOSAA

Precursors: (on)volledig gefluoreerde 'staart',  
verschillende 'kop', stikstof, sulfaat o.i.d. ingebouwd  
Daardoor afbreekbaar



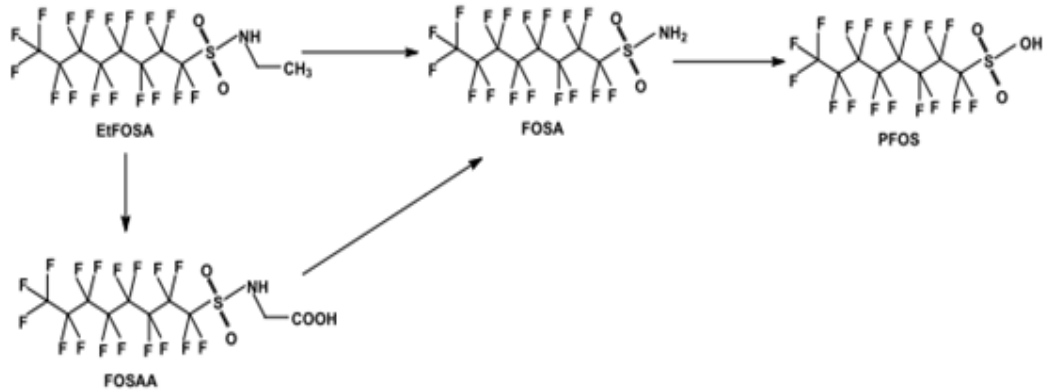
PFOS



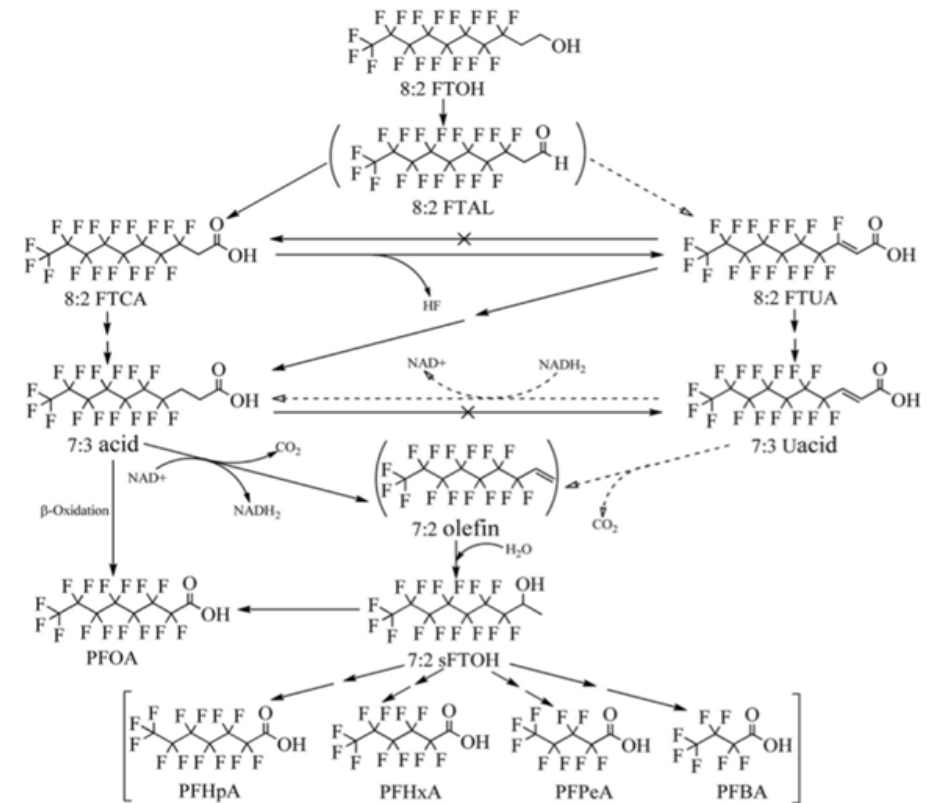
PFOA

Stabiele PFAS: volledig gefluoreerde 'staart', verschillende 'kop'  
Door volledige bezetting met fluor zeer slecht afbreekbaar

# Afbraak van precursors

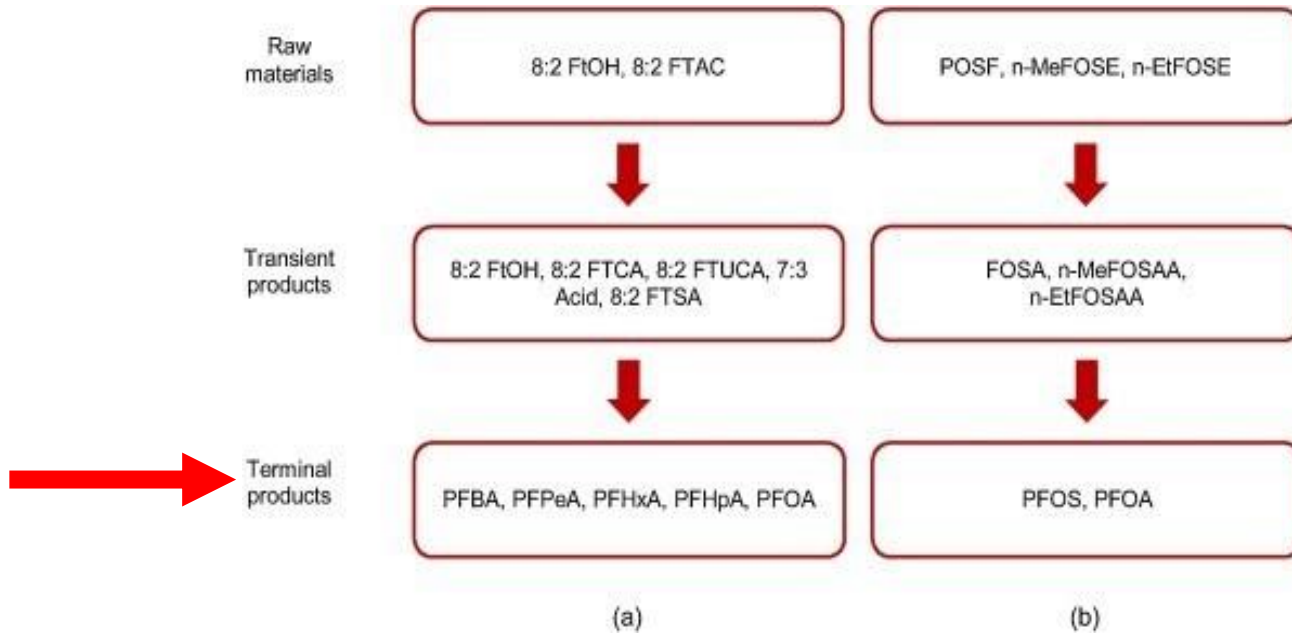


van simpel



tot erg complex

# Afbraak van precursors



In alle gevallen worden stabiele PFAS (C4 – C8) gevormd!

Hoe zit het met kortere ketens (<C4)?  
Nog nauwelijks onderzocht!

Alternatieve analytische methode om onbekende PFAS precursors te meten: TOP analyse

# Doel

- Kennis vergaren en verbreden kennis over:
  - De verwijdering van PFAS en PFAS precursors door vergaande zuivering
  - De aanwezigheid van PFAS en PFAS precursors in rwzi effluenten
  - De aanwezigheid van zeer korte keten (<C4) in rwzi effluenten (*nieuw*)
  - De toepasbaarheid van de Totaal Oxideerbare Precursors (TOP) analyses voor het monitoren van (on)bekende PFAS precursors (*nieuw*)

# Resultaten

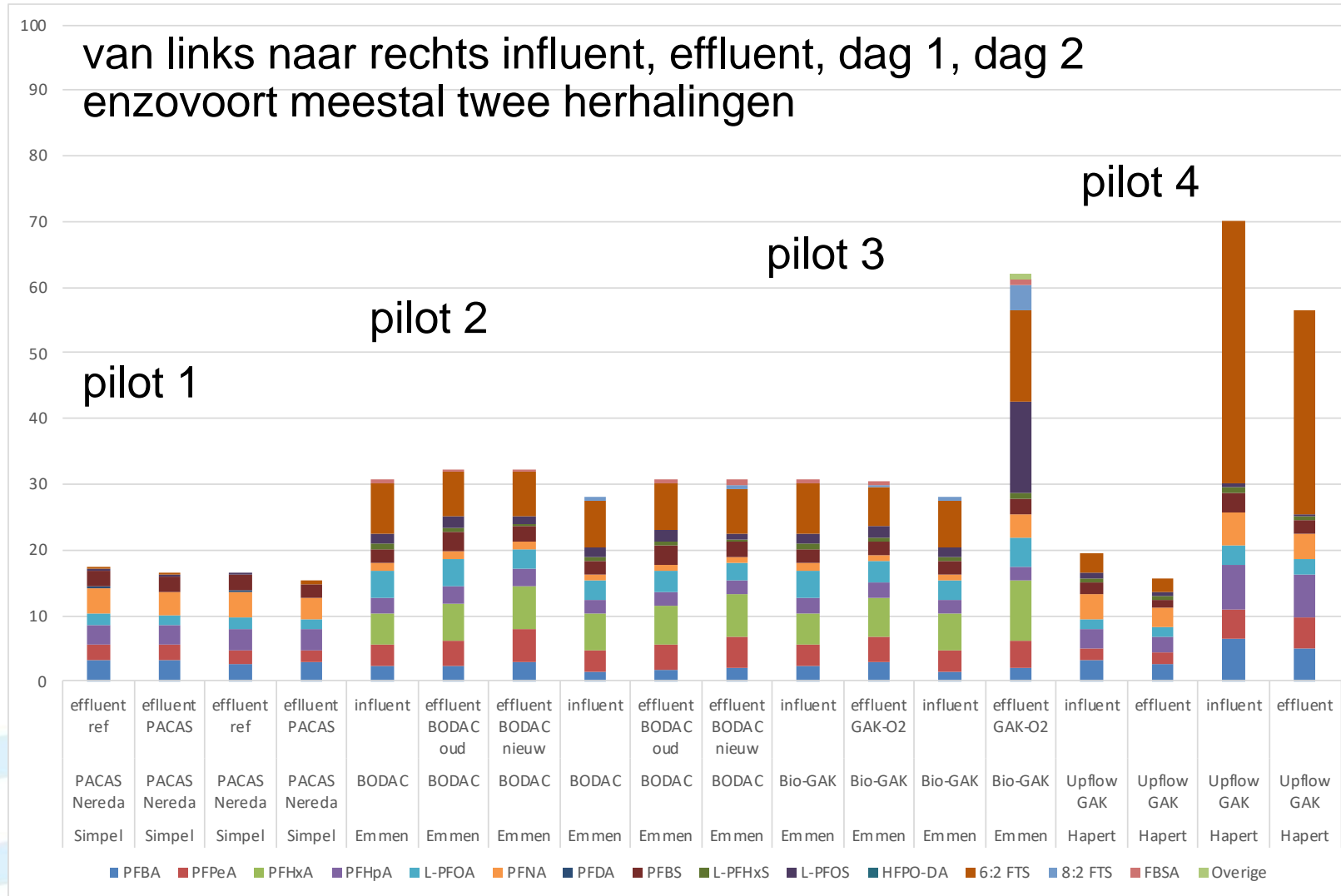
- 10 rwzi's, 15 technieken
- 12 pilots en 3 demo's
- Alleen resultaten standaardanalyses en zeer korte ketens
- Let op: conclusies zijn niet generiek:
  - Het aantal monsters en locaties is beperkt
  - De PFAS footprint verschilt per rwzi
  - Na ronde 1 vertakt PFOS en PFOA aan analysepakket toegevoegd



# Algemene opbouw grafieken concentraties

Schaal:  
0-100 ng/l

van links naar rechts influent, effluent, dag 1, dag 2  
enzovoort meestal twee herhalingen



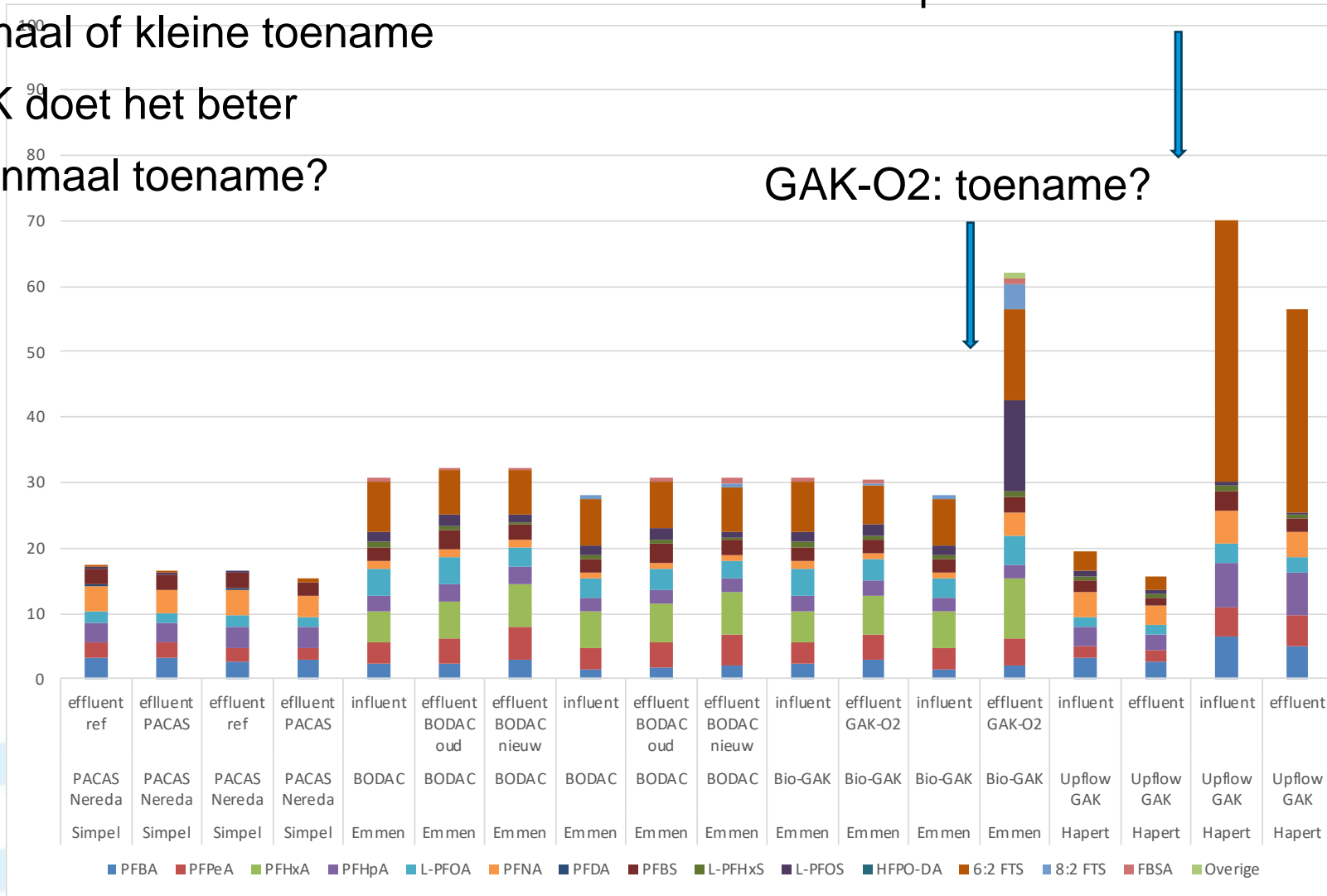
monsterpunt  
techniek  
rwzi  
welke PFAS

# Poeder Aktief Kool (PAK) en Granulair Aktief Kool (GAK)

- Effect minimaal of kleine toename
- Upflow GAK doet het beter
- GAK-O2 eenmaal toename?

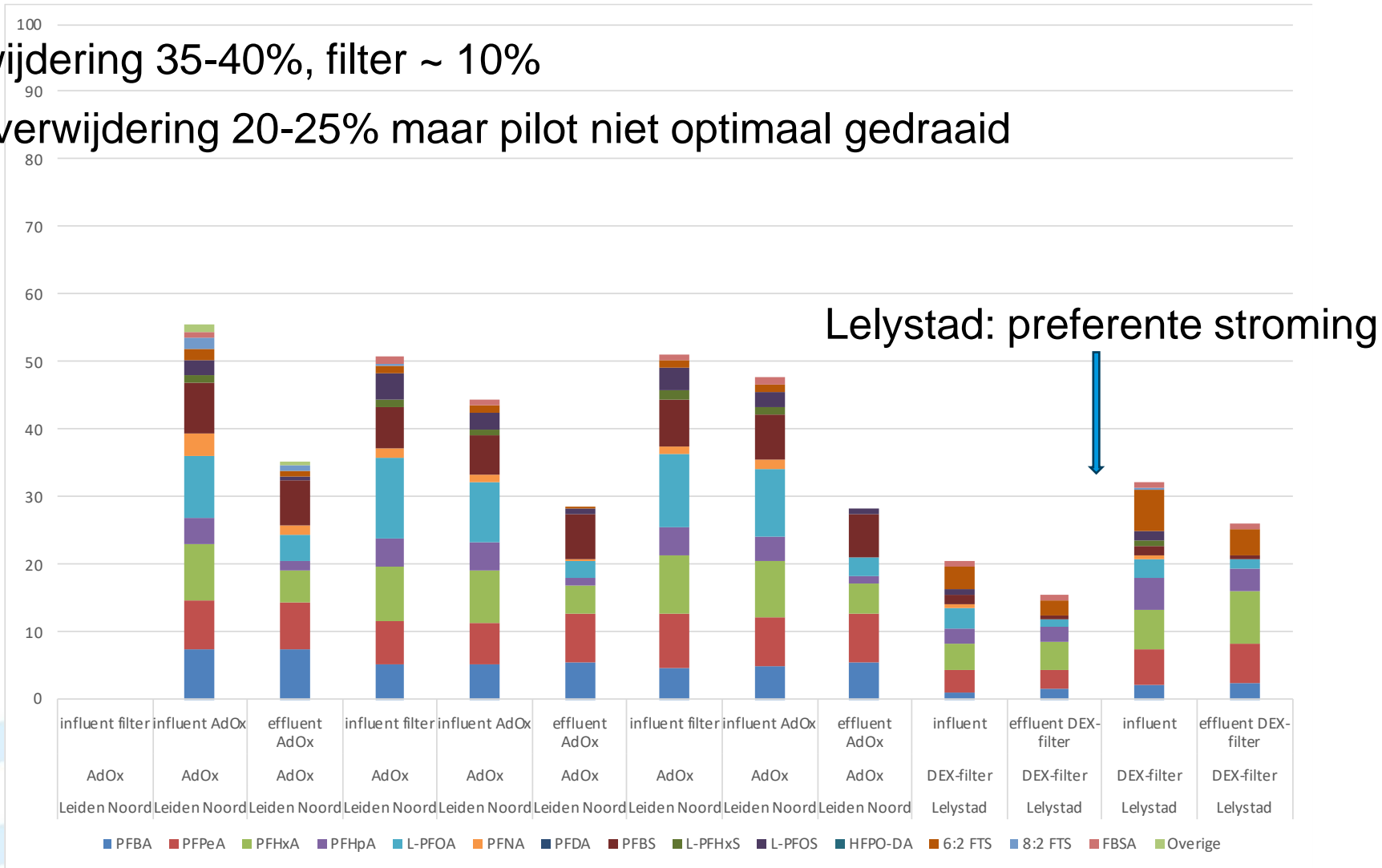
Hapert: variatie influent conc

GAK-O2: toename?



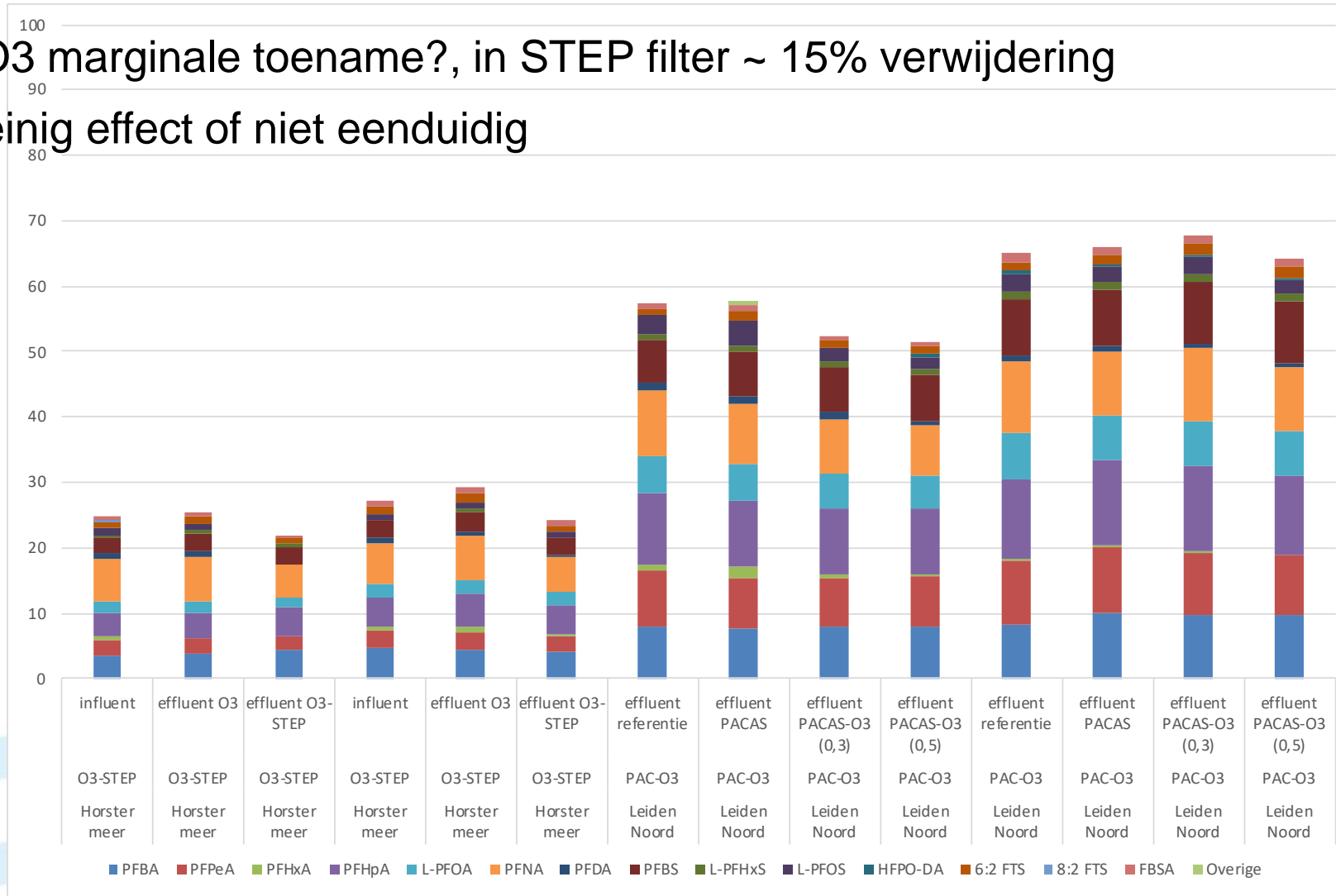
# Adsorptie overige

- AdOx: verwijdering 35-40%, filter ~ 10%
- DEX-filter: verwijdering 20-25% maar pilot niet optimaal gedraaid



# Oxidatie en actief kool

- O3-STEP: O3 marginale toename?, in STEP filter ~ 15% verwijdering
- PAC-O3: weinig effect of niet eenduidig



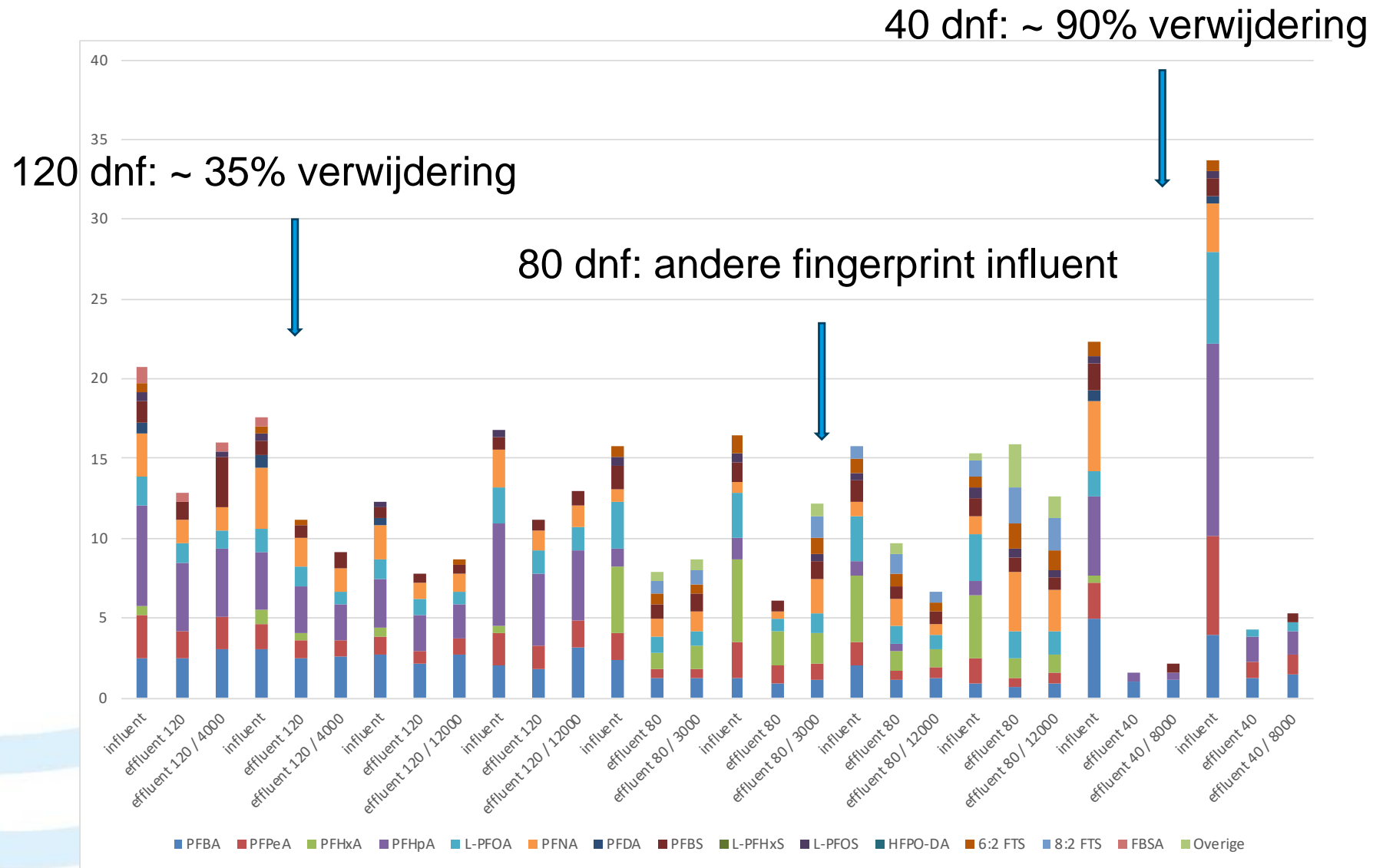
# Oxidatie en biologische afbraak

- Microforce (Walcheren) en B-O3 (Horstermeer)
- Effect nog niet duidelijk, lijkt beperkt

## Oxidatie en filtratie

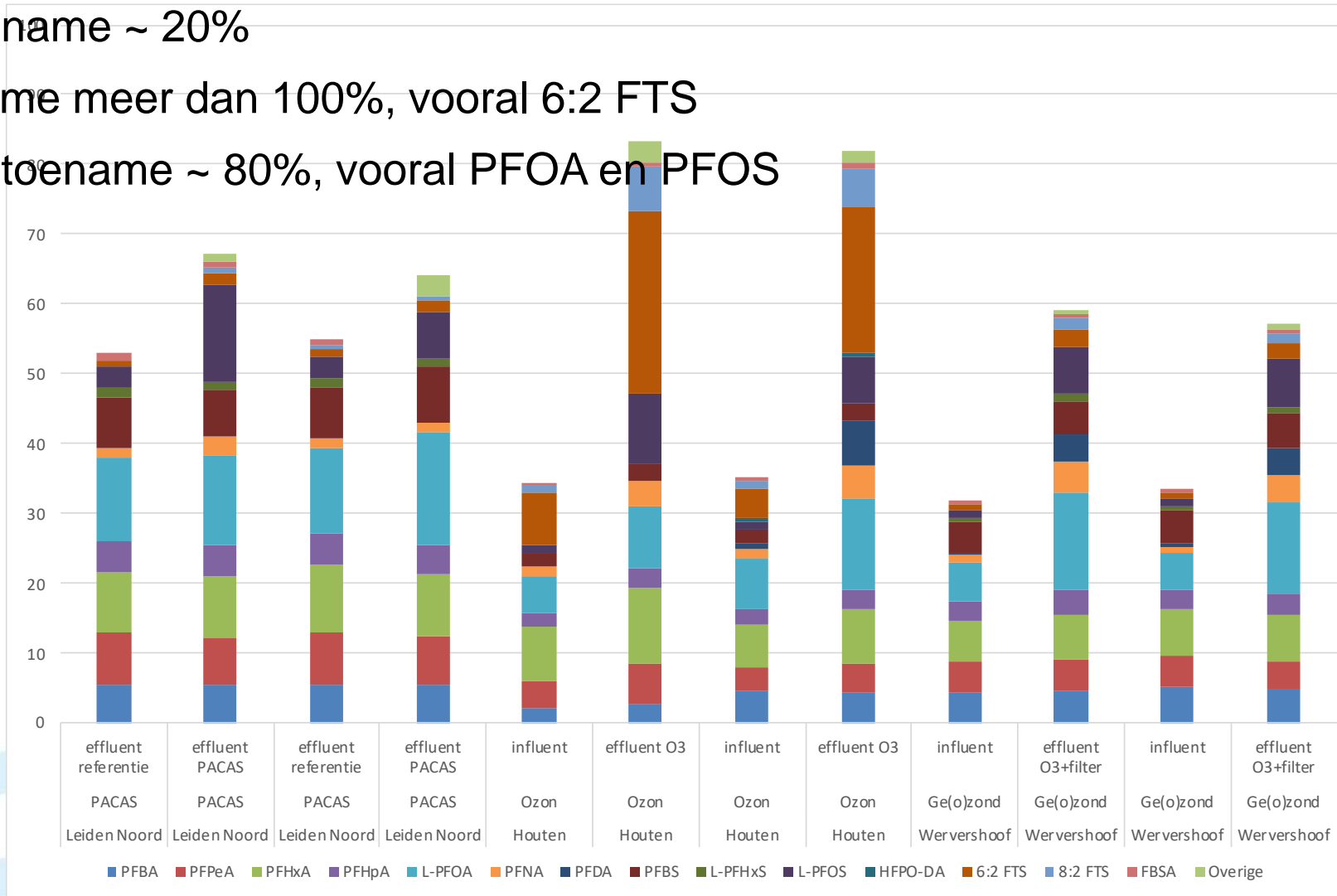
- Ge(o)zond (Wervershoof): lichte toename na O3, met name 6:2 FTS
- Nanofiltratie + UV/H2O2 (Asten):
  - Porigroottes 120 dnf, 80 dnf en 40 dnf: betere verwijdering bij kleinere poriegrootte, echter 80 dnf geen eenduidige resultaten
  - UV/H2O2: effect niet eenduidig (zowel toename als afname)

# Oxidatie en filtratie: Asten



# Demo's PACAS, ozon en oxidatie en filtratie

- PACAS: toename ~ 20%
- ozon: toename meer dan 100%, vooral 6:2 FTS
- Ge(o)zond: toename ~ 80%, vooral PFOA en PFOS



# Verwachting prestatie technieken

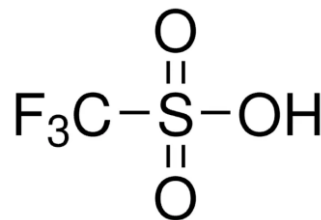
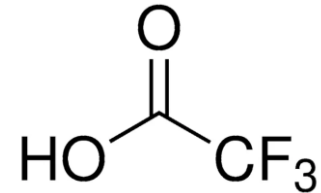
- Aktief kool: vooral effectief voor langere ketenlengtes  
PFCA's <C8 en PFSA's <C6 slecht verwijderd, precursors?
- Adsorptie GAK: waarschijnlijk weinig effect
- Adsorptie AdOx en DEX-filter: verwijdering verwacht
- Ozon: valt dubbele koolstofverbinding aan...?  
Afbraak precursors verwacht. Mogelijke toename van andere precursors en PFAS met kortere ketens
- Combinaties ozon / oxidatie met adsorptie of afbraak: mogelijk toename
- Nanofiltratie: membraan <90 Da zal meeste PFAS verwijderen  
(stabiele PFAS hebben een molecuulgrootte van circa 200-500 Da)

✓ bevestigd



# Zeer korte ketens

- Alleen TFA (trifluorazijnzuur) en TFMS/F3-MSA aangetroffen  
TFA: 420 – 2500 ng/, TFMS/F3-MSA: <4 – 46 ng/l
- Resultaten erg vergelijkbaar met standaardanalyses
- TFA is de nieuwe opkomende PFAS:
  - Nog weinig onderzocht maar blijkt overal voor te komen in hoge concentraties (<RG – enkele µg/l)
  - Erg mobiel, persistent en moeilijk te verwijderen
  - Afbraakproduct van PFAS precursors? Natuurlijk voorkomen?
  - Risico's?
- TFMS/F3-MSA: nog erg weinig over bekend

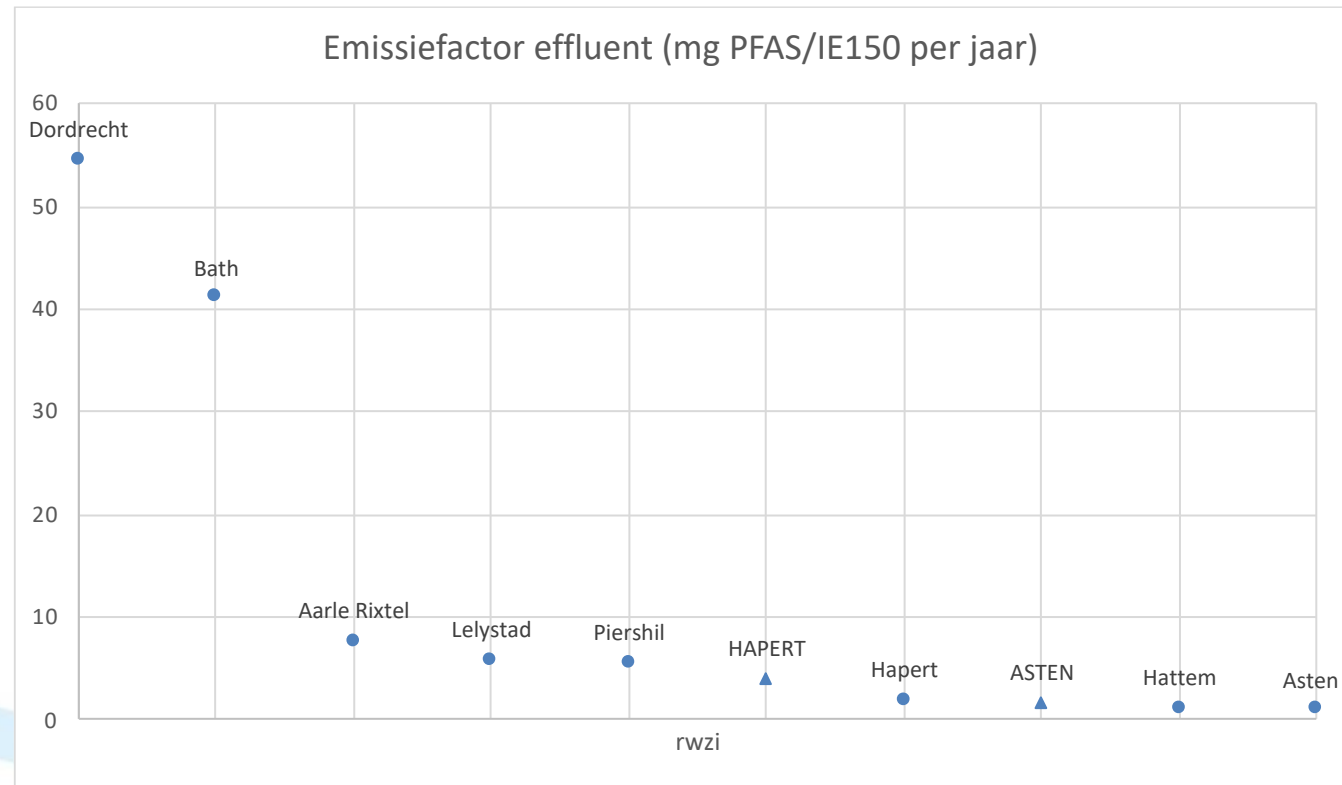


# Conclusies

- Concentraties effluent 12 – 96 ng PFAS totaal/l (laag tot matig belast)
- Concentraties variëren tussen rwzi's en in de tijd binnen rwzi
- De meeste vergaande zuiveringstechnieken verwijderen geen PFAS
- Bij sommige technieken nemen de concentraties zelfs toe, vooral als PFAS precursors in het reguliere effluent aanwezig zijn
- Filtertechnieken (nanofiltratie, AdOx en DEX-filter) lijken PFAS in enige mate te verwijderen, nanofiltratie met fijne membranen is het meest veelbelovend
- Vertakt PFOA en PFOS lijkt zich anders te gedragen
- Twee PFAS met zeer korte keten in het effluent gevonden: TFA (~ µg/l) en TFMS/ F3-MSA (tot ~ 40 ng/l)

# Hoe verder?

- Verder uitwerken data, o.a. TOP-analyses en vertakte ketens
- Rwzi's ranken op basis van PFAS emissiefactoren (mg PFAS/IE150/jaar)
- Rapportage in Q2 2024





**Bedankt voor je aandacht**

**Anja Derksen, AD eco advies  
anja.derksen@adecoadvies.nl**



**stowa**

**InnovatieProgramma MicroVerontreinigingen uit Afvalwater (IPMV)**



Ministerie van Infrastructuur  
en Waterstaat