

➤ **PFAS in influent, effluent en zuiveringslib: resultaten van een meetcampagne op acht rwzi's**

Anja Derksen (AD eco advies) &  
Joop Baltussen  
(BACO adviesbureau BV)  
Webinar 29 oktober 2021

46

2021



# Inhoud

Wat zijn PFAS?

Motivatie en doel

Opzet studie

Resultaten en duiding

Conclusies en aanbevelingen

Hoe verder?



# **Wat zijn PFAS?**



# Wat zijn PFAS?

Per- en PolyFluorAlkyl Stoffen

Bekende voorbeelden:  
PFOA, PFOS en GenX

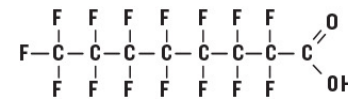
Kenmerkend:

gefluoreerde koolstofketen ('staart')  
en verschillende samenstelling  
van de 'kop'

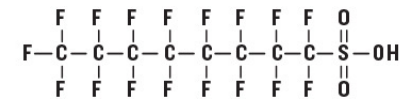
Per = volledig gefluoreerd = zeer stabiel

Poly = onvolledig gefluoreerd

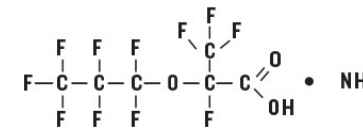
Soms aangeduid met lengte  
koolstofketen, bijvoorbeeld C8



PFOA



PFOS

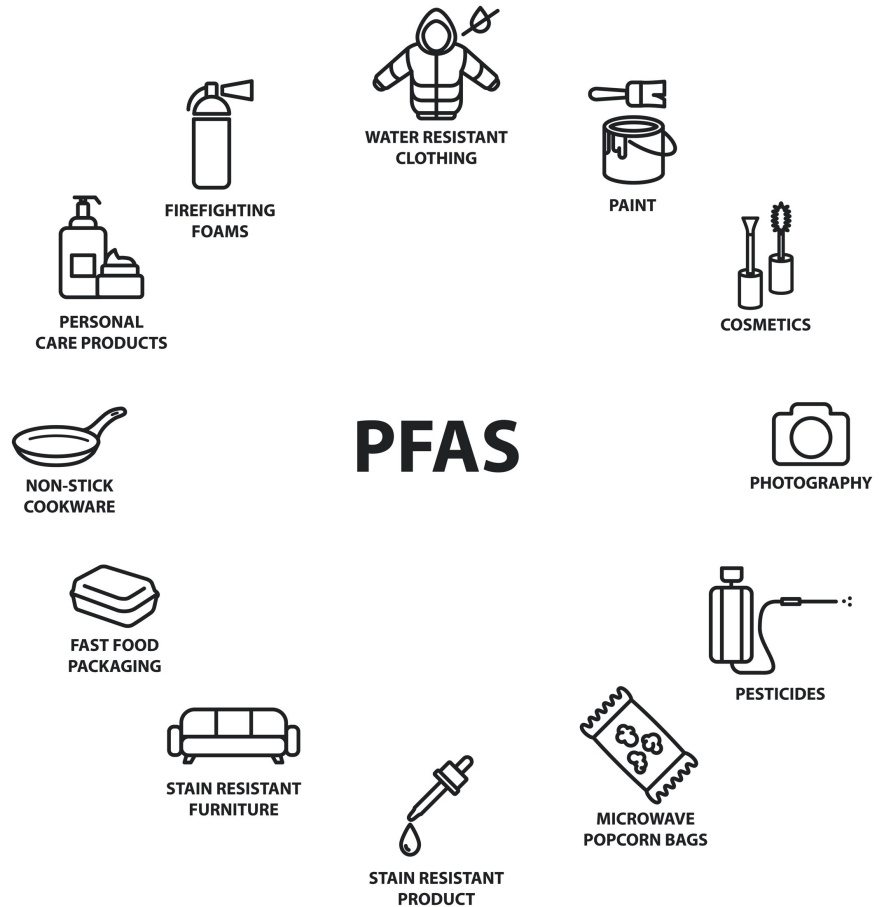


GenX

# Toepassingen van PFAS

Vuil-, vet- en waterafstotende eigenschappen

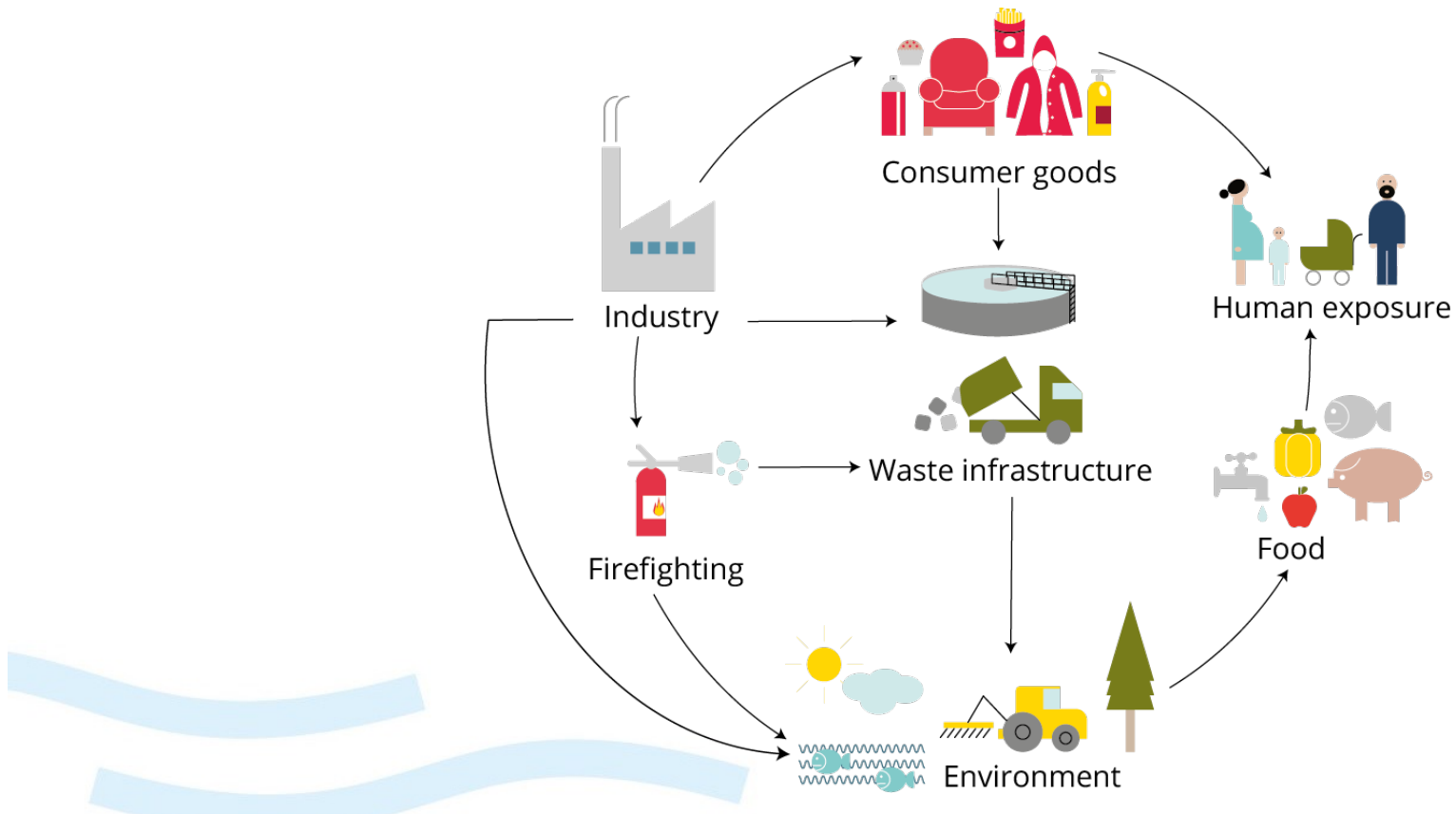
Zeer veel toepassingen (>200)!



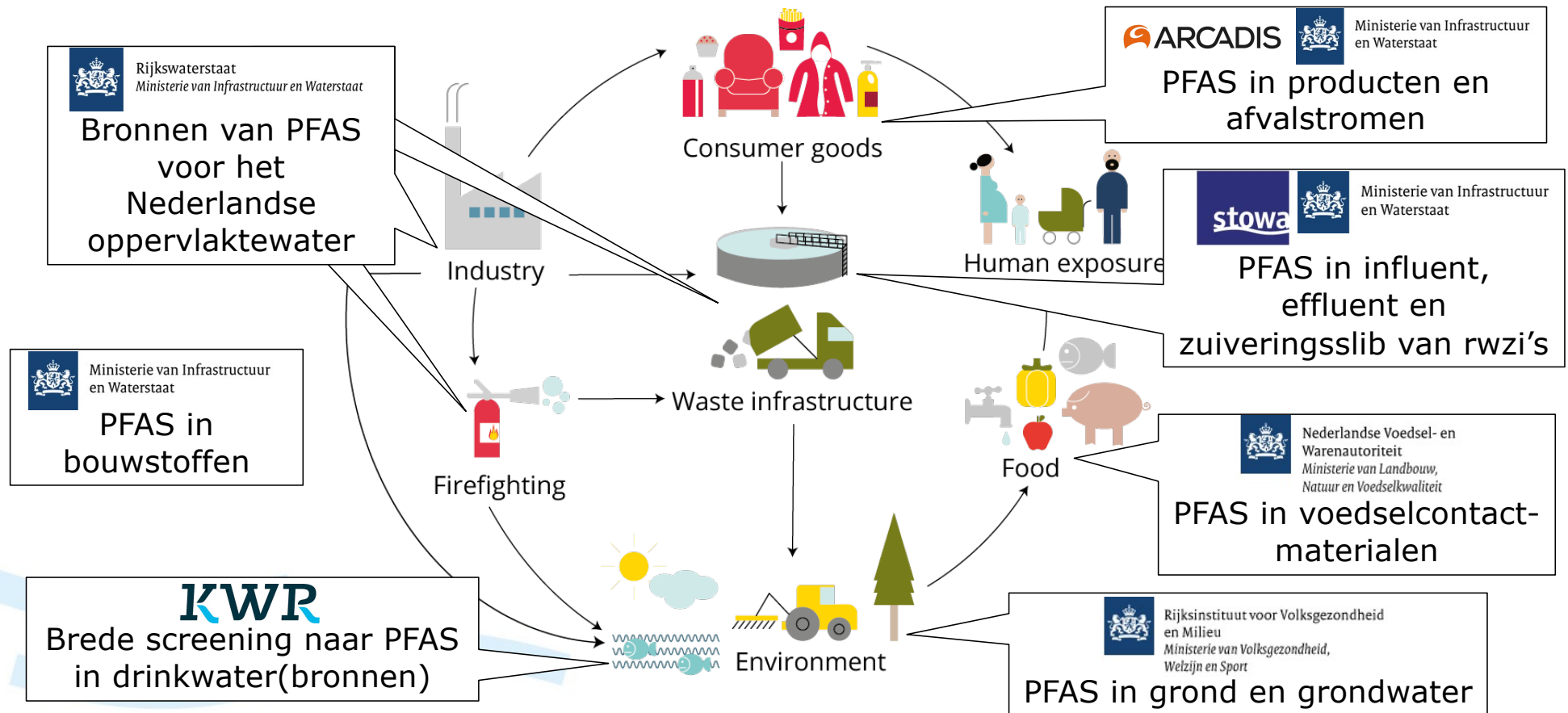
# Motivatie en doel



# Routes van PFAS naar het milieu



# PFAS-(bron)onderzoeken in Nederland



European Environment Agency: <https://www.eea.europa.eu/themes/human/chemicals/emerging-chemical-risks-in-europe>

Uit: presentatie 'PFAS: waar komt het vandaan en hoe gaan we ermee om?', Emissie Symposium Water 6 oktober 2020, Anne Jans (Rijkswaterstaat)



# Doel

Meer inzicht in:

- Binnenkomende en uitgaande concentraties in rwzi's
- Binnenkomende en uitgaande vrachten
- Zuiveringsrendement
- Bijdrage van huishoudens en andere (industriële) bronnen



# Opzet studie



## Selectie van rwzi's

1. Rwzi's waarvan bekend is dat die 'veel' PFAS ontvangen (hotspot rwzi's)
2. Rwzi's met (zo mogelijk) alleen huishoudelijk afvalwater
3. Rwzi moet zuiveringstechnisch goed functioneren
4. Rwzi moet een goede meet- en monstername infrastructuur hebben
5. Geen rwzi's met lopende verbouwingen of groot onderhoud
6. Zo mogelijk PRTR-rwzi's betrekken (zijn bekend met een dergelijk programma en eerder onderzocht op PFAS)



## Selectie van rwzi's

Rwzi Dordrecht  
grote rwzi  
verwerkt afvalwater  
Chemours en H  
bedrijfsafvalwater: 32%

**HOTSPOTS**

Rwzi  
grote rwzi  
verwerkt afvalwater van  
bedrijventerrein Moerdijk  
bedrijfsafvalwater: 44%

Rwzi Aarle  
zeer grote rwzi  
historisch ontreiniging  
winstum Powders  
afvalwater: 32%

**VOORMALIGE  
HOTSPOT**

Rwzi Lelystad  
grote rwzi  
bedrijfsafvalwater

**GROOT AANDEEL  
INDUSTRIEEL**

Rwzi H  
middelgrote rwzi  
bedrijfsafvalwater: 20%

Rwzi Asten  
middelgrote rwzi  
bedrijfsafvalwater

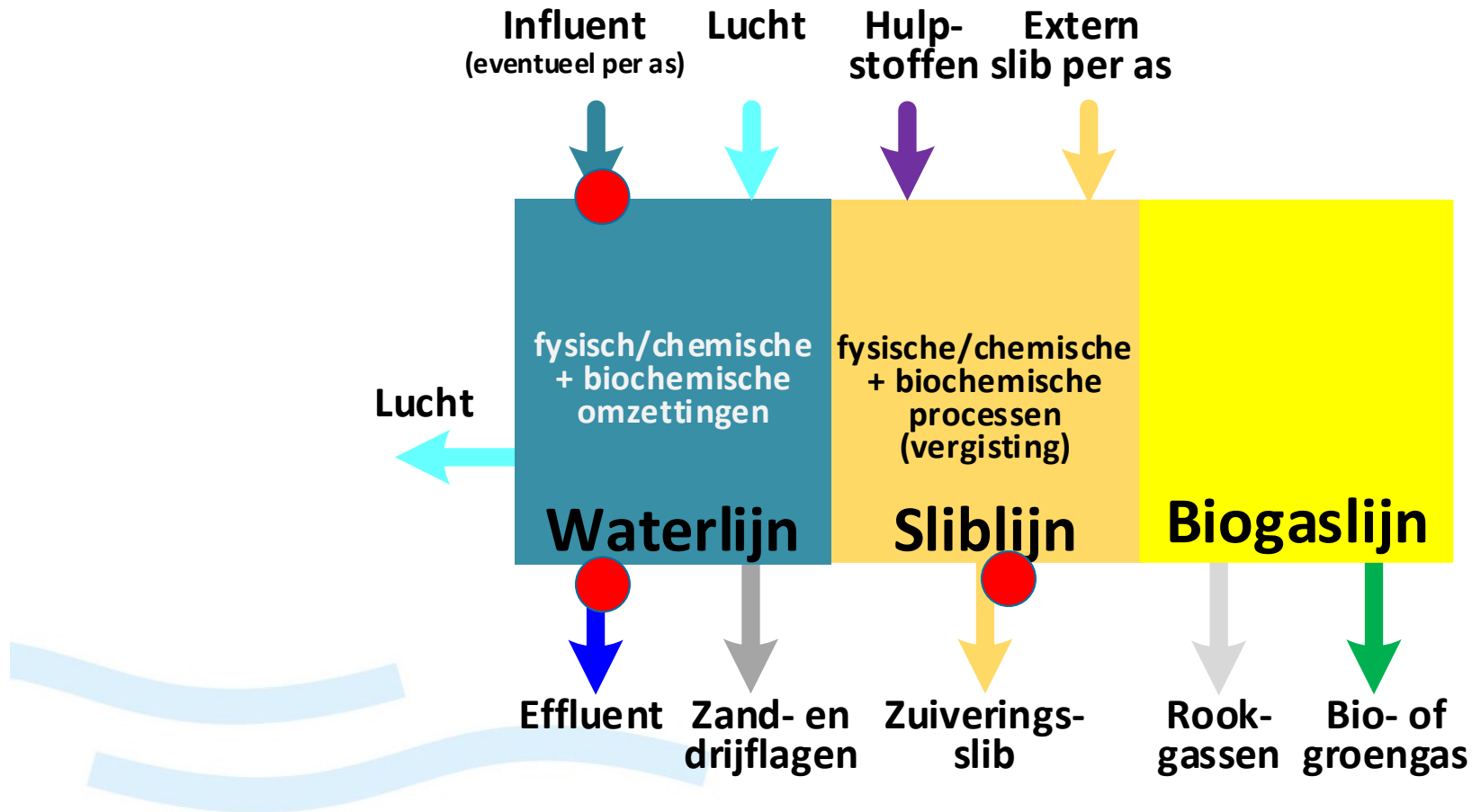
**VOORNAMELIJK  
HUISHOUELIJK**

Rwzi Har  
middelgrote rwzi  
bedrijfsafvalwater: ca 15%

Rwzi  
grote rwzi  
bedrijfsafvalwater: 8%

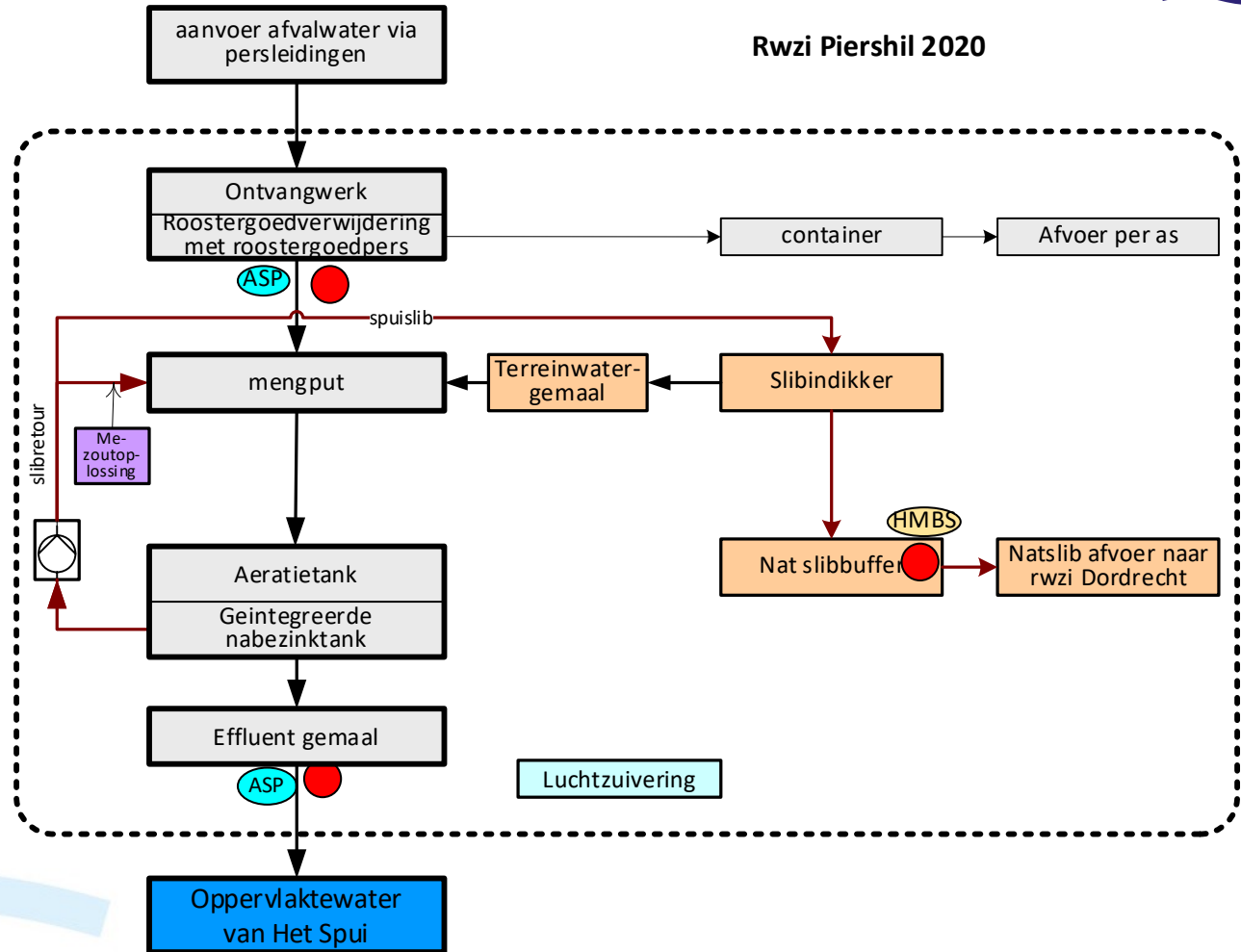


# Geen kloppende balans



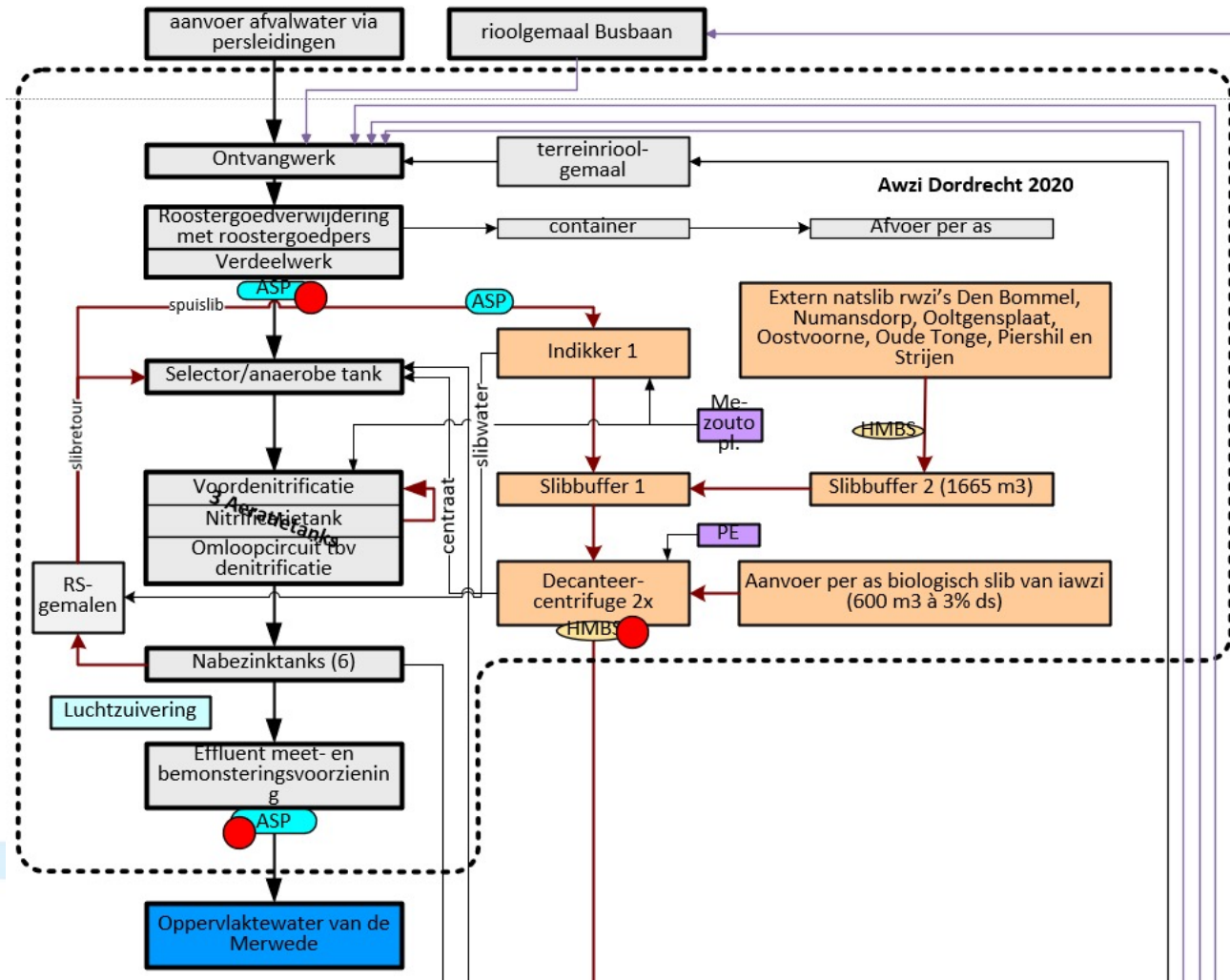
# Bemonstering

## Blokschema Piershil: monsterpunten



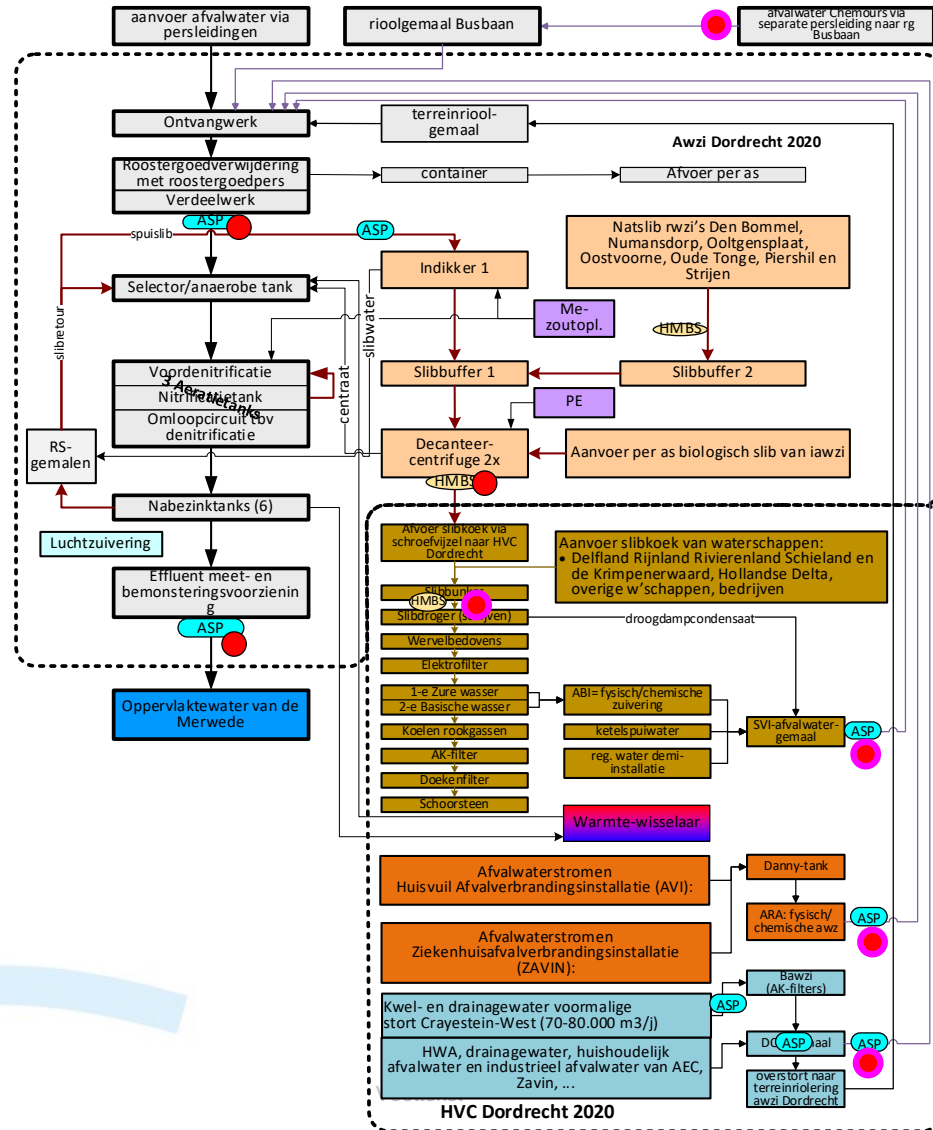
# Bemonstering

Blokschema  
 rwzi Dordrecht:  
 ook bijzondere  
 afvalwaterstromen



# Bemonstering

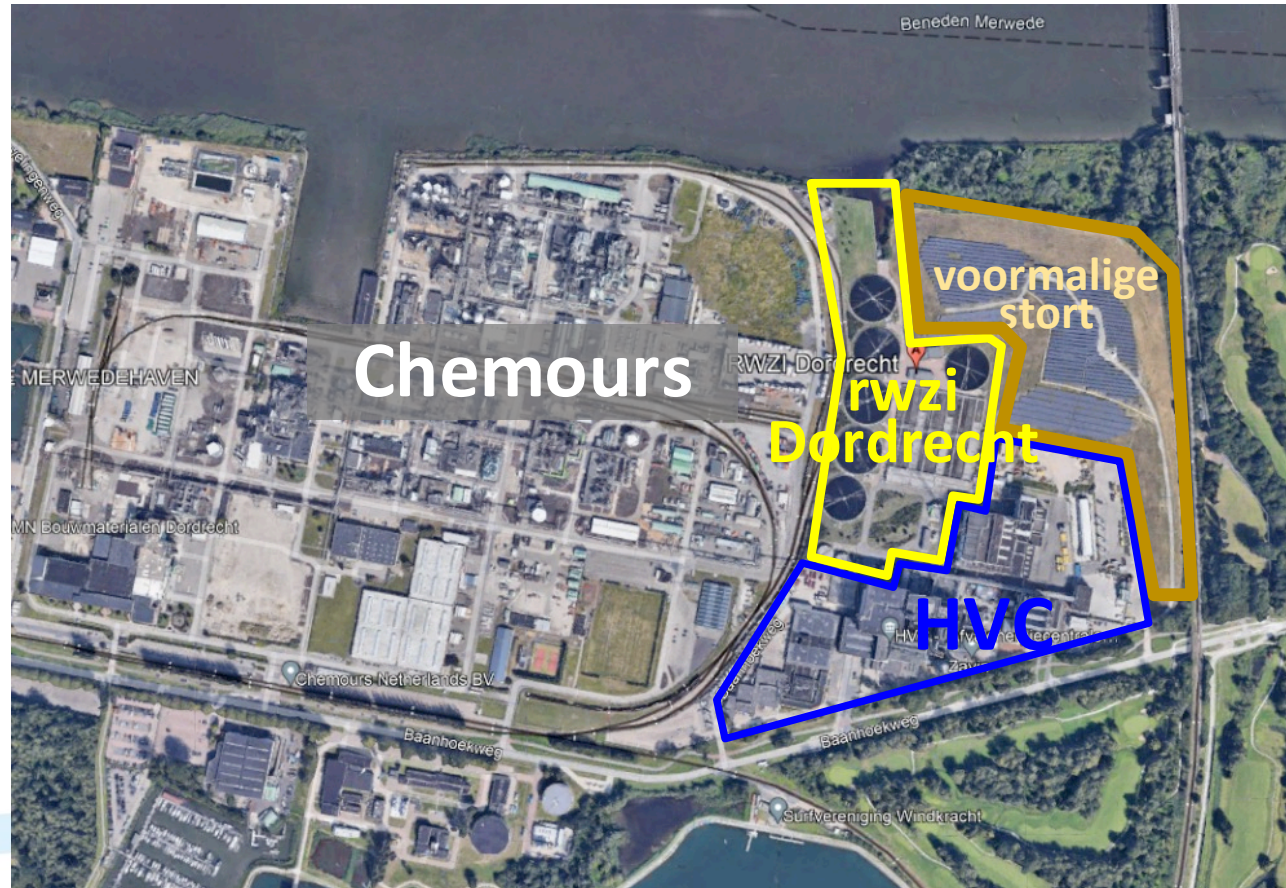
Blokschema  
 rwzi Dordrecht:  
 ook bijzondere  
 afvalwaterstromen





# Ligging rwzi Dordrecht

Rwzi Dordrecht ligt ingeklemd tussen Chemours en HVC



# Kwaliteitsborging bemonstering

- Schouw:
  - ❖ Controle op contaminatie
  - ❖ In kaart brengen meet- & monsternamen-  
infrastructuur + verbeterpunten
  - ❖ Werkwijze in detail vastleggen voor  
alle betrokkenen
- Bemonstering waterstromen:  
debietproportioneel, 24 uurs monsters, negen dagen opeenvolgend
- Steekbemonstering slibstromen: meestal 3 monsters  
Dagelijks niet nodig: slib is gemiddeld 2 - 3 weken op een rwzi  
en bij slibgistingen 4 - 6 weken



# Analyse

Uitgevoerd door de VU

Lage rapportagegrens (0,1 - 1 ng/l; 0,01 – 0,1 ug/kgds)

Analyse van 35 PFAS uit 7 verschillende groepen

Opm: dit is minder dan 1% van alle bekende PFAS

Stofnaam	Cn	Afkorting VU
<b>Perfluoroalkyl carboxylzuren (PFCA's)</b>		
Perfluorbutaanzuur	C4	PFBA
Perfluorpentaanzuur	C5	PFPeA
Perfluorhexaanzuur	C6	PFHxA
Perfluorheptaanzuur	C7	PFHpA

## Stabiele PFCA's (PFOA groep)

Perfluordecaanzuur	C10	PFDA
Perfluorundecaanzuur	C11	PFUnDA
Perfluordodecaanzuur	C12	PFDoA
Perfluortridecaanzuur	C13	PFTrDA
Perfluortetradecaanzuur	C14	PFTeDA
Perfluorhexadecaanzuur	C16	PFHxDA
Perfluoroctadecaanzuur	C18	PFODA

<b>Perfluoroalkyl sulfonuren (PFSA's)</b>		
Perfluorbutaansulfonaat	C4	PFBS
Perfluorpentaansulfonaat	C5	PFPeS

## Stabiele PFSA's (PFOS groep)

Perfluoroctaansulfonaat, vertakt	C8	br-PFOS
Perfluordecaansulfonaat	C10	PFDS

<b>Perfluoroether carboxylzuren (PFECAs)</b>		
--	--	--

## Twee groepen vervangers

9-chloorhexadecafluor-3-oxanonaan-1-sulfonaat		9Cl-PF3ONS
11-chlooreicosaanfluor-3-oxaundecaan-1-sulfonaat		11Cl-PF30UdS

<b>Fluortelomeer sulfonuren (precursors)</b>		
4:2 Fluortelomeer sulfonzuur		4:2 FTS
6:2 Fluortelomeer sulfonzuur		6:2 FTS
8:2 Fluortelomeer sulfonzuur		8:2 FTS

## Drie groepen precursors

<b>Perfluoralkaansulfonamides (precursors)</b>		
Perfluoroctaansulfonamide-(N-Methyl)acetaat		N-MeFOSAA
Perfluoroctaansulfonamide-(N-Ethyl)acetaat		N-EtFOSAA
Perfluoroctaansulfonamide		FOSA
Methylperfluoroctaansulfonamide		MeFOSA
Ethylperfluoroctaansulfonamide		EtFOSA

# Dataverwerking

## Statistieken

Water- en slibmonsters: circa 200

Waarnemingen: ca 7.000 waarvan 6.700 PFAS meetresultaten

	water	slib
Aantal waarnemingen	5.700	1.000
Waarnemingen hoger dan de rapportagegrens	24%	76%
Waarnemingen tussen detectie- en rapportagegrens	13%	1%
Waarnemingen lager dan de detectiegrens	63%	23%

# Dataverwerking

## Berekeningen gemiddelden en vrachten

- Zoveel mogelijk aansluiting bij de werkwijze van Z-info (landelijk data-systeem rwzi's)
- Dezelfde werkwijze als bij vierjaarlijks PRTR-onderzoek
- Berekeningen op basis van gewogen gemiddelden die bepaald zijn op basis van de negendaagse vracht (dus niet de individuele concentraties);  
→ Gebruikt voor balansen, verwijderingsrendementen en emissiefactoren

# Resultaten en duiding



# Concentraties influent en effluent

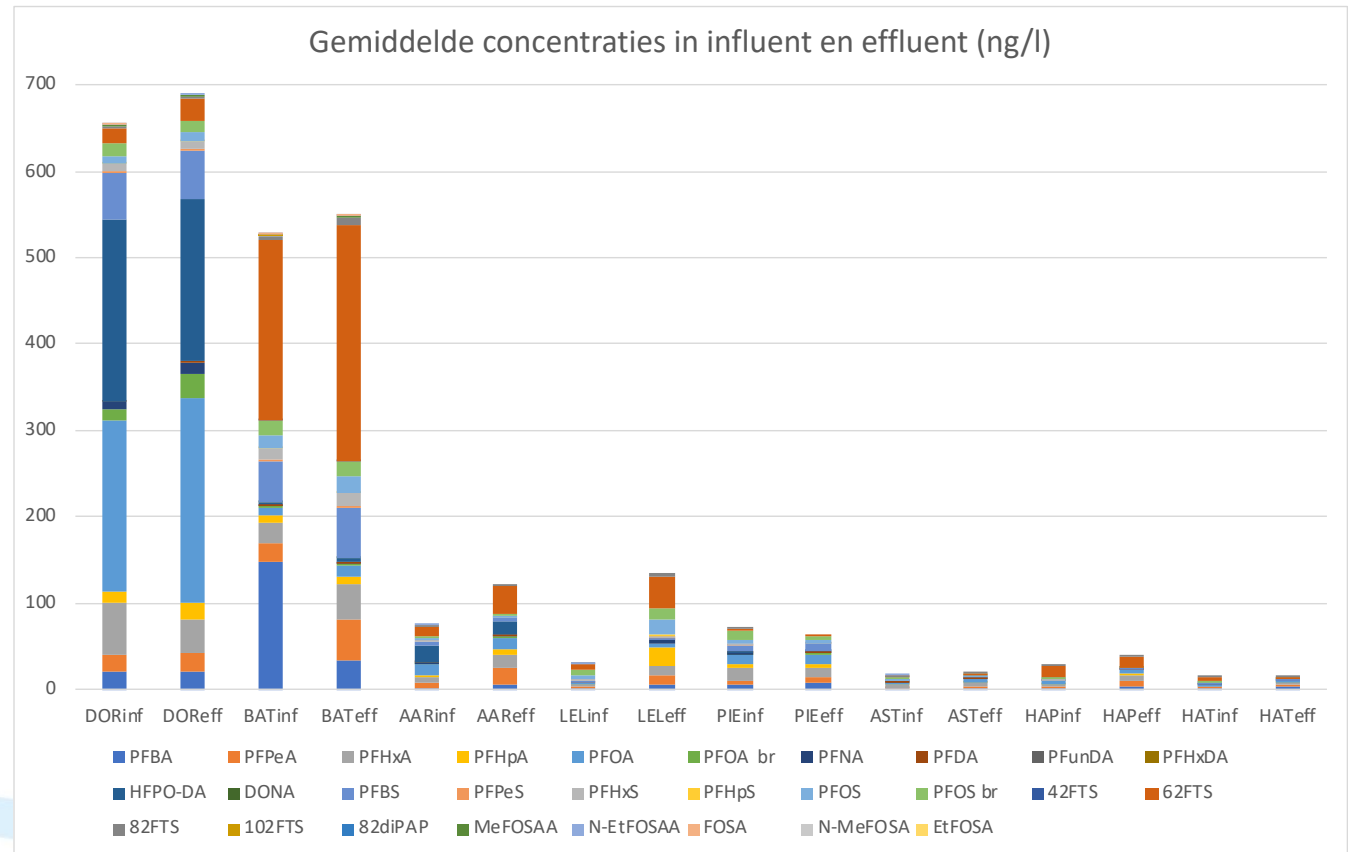
Concentraties

~ 10 – 1000 ng/l

Vnl. korte ketens ( $\leq C8$ )

Karakteristieke fingerprint per rwzi

PFAS wordt niet verwijderd!





# Duiding concentraties: vergelijking met normen

NB er zijn geen normen voor afvalwater

Vergelijking met **NL normen voor oppervlaktewater** (PFOA, HFPO-DA en PFOS) en **EU somnormen voor (bronnen voor) drinkwater** (som PFAS en PFAS totaal)

Stof(fen)	Norm (ng/l)	Matrix	DOR	DOR	BAT	BAT	AAR	AAR	LEL	LEL	PIE	PIE	AST	AST	HAP	HAP	HAT	HAT
			inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff
		mate van belasting met PFAS>	hoog	hoog	hoog	hoog	matig	matig	matig	matig	matig	matig	laag	laag	laag	laag	laag	laag
PFOA	48	OW	228	273	12	15	13	14	1,6	5,9	12,6	11,9	3,1	3,9	3,2	4,5	0,9	2,3
HFPO-DA	118	OW	194	179	2,4	2,9	16	15	0,0	0,0	0,9	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
PFOS	0.65	OW	24	23	33	34	6.0	3.2	10	30	7.9	16	3.0	2.7	2.6	1.3	2.6	1.3
som PFAS	100	OW/DW	457	477	368	263	43	73	22	94	61	72	13	17	15	26	10	13
PFAS totaal	500	OW/DW	676	687	617	555	70	120	31	134	64	75	16	18	27	38	13	17

NL norm PFOS overall overschreden, overige alleen bij Dordrecht;

Lokale situatie bepaalt of ook in oppervlaktewater sprake is van normoverschrijding

EU somnormen overschreden bij hotspots (Dordrecht en Bath)



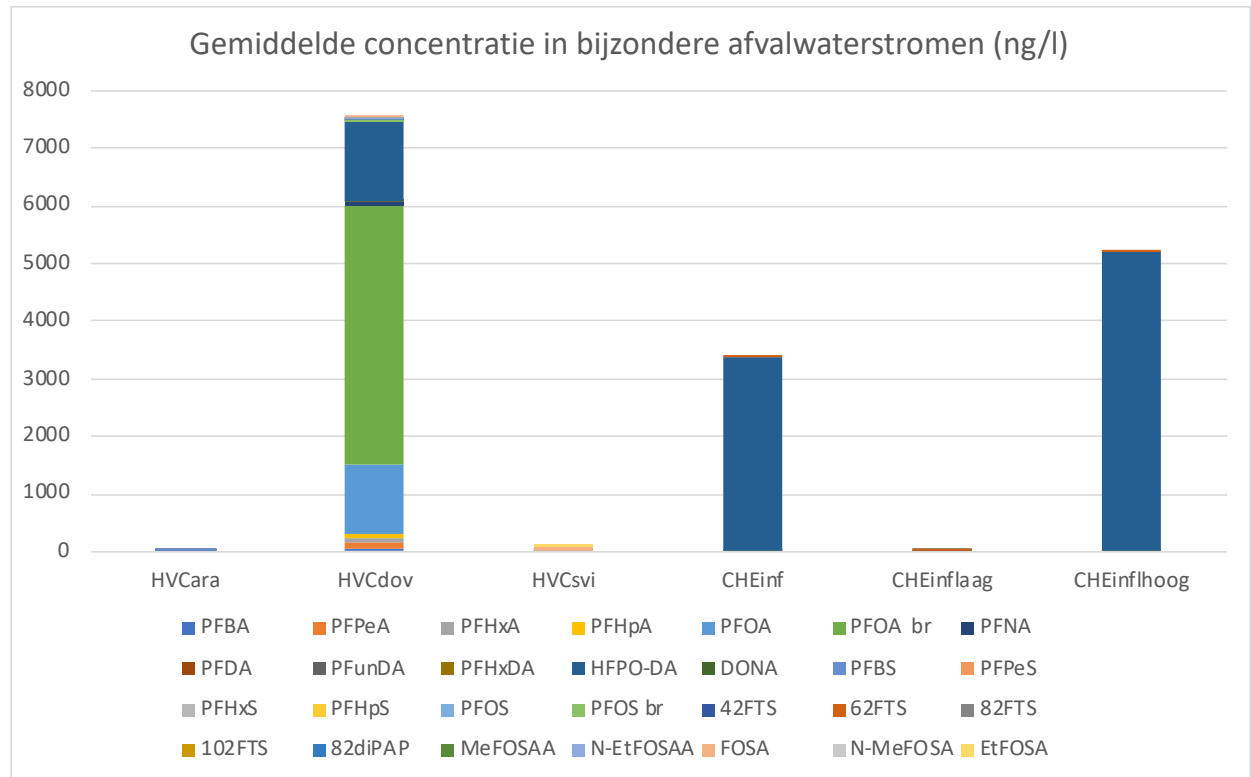
# Concentraties bijzondere afvalwaterstromen

Lage concentraties bij afvalwater verbranding slib (svi) en huishoudelijk afval (ara)

Hoge concentraties bij drainagewater vuilstort (dov)

Wisselende concentraties bij Chemours, vrijwel alleen HFPO-DA ('GenX')

>Samenhang met batchproductie  
>Gemiddeld over 2,5 jaar 754 ng/l



# Concentraties zuiveringslib

Concentraties

~ 10 – 100 µg/kgds

Bijna alle gemeten PFAS  
aangetroffen

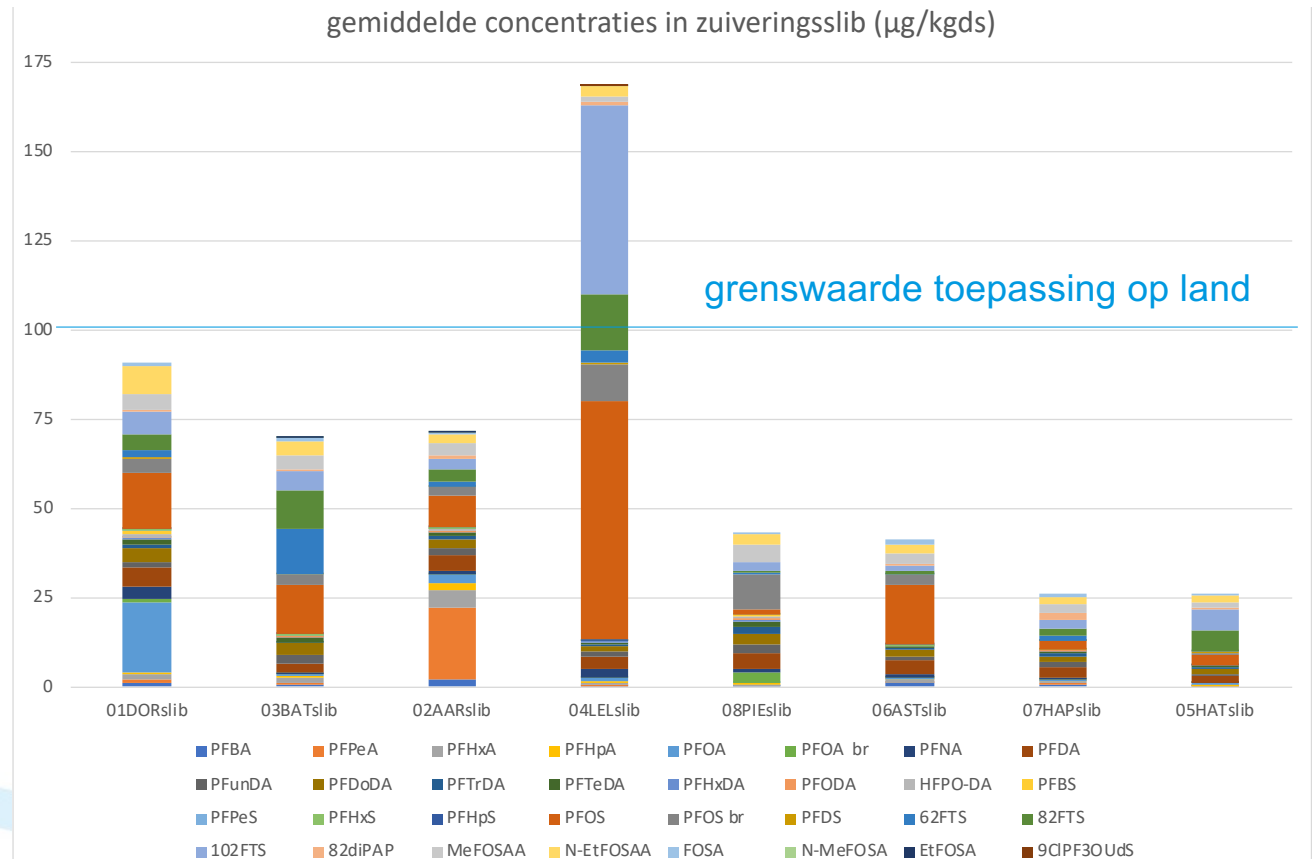
Karakteristieke fingerprint  
per rwzi

(Voorgestelde)

grenswaarden voor  
toepassing op land (N, DL)

slechts incidenteel  
overschreden

(opm: in NL geen praktijk)



# PFAS-vrachten en emissiefactoren

		Dordrecht	Bath	Aarle Rixtel	Lelystad	Piershil	Asten	Hapert	Hattem
mate van belasting met PFAS(35)		hoog	hoog	matig	matig	matig	laag	laag	laag
belasting peiljaar 2020	IE150	230.750	509.246	317.886	116.193	7.003	73.553	56.179	60.334
<i>jaarvrachten PFAS(35)</i>									
influent	g/j	11.945	20.035	1.452	148	44	40	68	47
effluent	g/j	12.542	20.840	2.379	647	38	65	95	56
slib	g/j	463	585	474	312	3,3	46	30	20
zeefgoed	g/j			3,5					
<i>emissiefactoren PFAS(35)</i>									
influent	mg/IE150 per jaar	51,8	39,3	4,6	1,3	6,3	0,54	1,2	0,78
effluent	mg/IE150 per jaar	54,4	40,9	7,5	5,6	5,4	0,88	1,7	0,92
slib	mg/IE150 per jaar	2,0	1,1	1,5	2,7	0,47	0,62	0,54	0,33
<i>aandeel via slib</i>		3,5%	2,6%	17%	33%	8,0%	41%	24%	26%



Rwzi's zijn gerangschikt naar hoge emissiefactor !!

# PFAS-vrachten en emissiefactoren

Aandeel bedrijfsafvalwater geen goed indicator voor PFAS-vracht in influent

Emissiefactoren zijn (grofweg) in te delen in drie klassen:

1. hotspots: 50 mg PFAS(35) per IE150 per jaar
2. matig belast: 5 mg PFAS(35) per IE150 per jaar
3. laag belast: 1 mg PFAS(35) per IE150 per jaar



## Schatting emissie PFAS(35) voor heel NL

Totaal wordt ca 30 miljoen IE150 behandeld

Aanname: hotspots zijn uniek

Onzekerheid: hoeveel rwzi's zijn laag belast en hoeveel matig belast?

Hotspot rwzi's: 33 kg PFAS per jaar

100% matig belast: 150 kg PFAS per jaar

100% laag belast: 30 kg PFAS per jaar

Bandbreedte: 65 – 180 kg PFAS per jaar

Zuiveringsslib (vergelijkbare berekening): 15 – 45 kg per jaar

## Vergelijking vrachten met andere bronnen en routes

Geschatte vrachten via verschillende bronnen en routes samengebracht in tabel

Schattingen effluent en zuiveringsslib in zelfde range als andere schattingen

Relevante routes van PFAS naar milieu (per locatie tot enkele kg/jaar):

rwzi's, awzi's, afvalwater van bepaalde bedrijven, afvalwater van stortplaatsen waar PFAS-houdend afval is gestort en papierindustrie (vermoedelijk vooral papierrecycling)

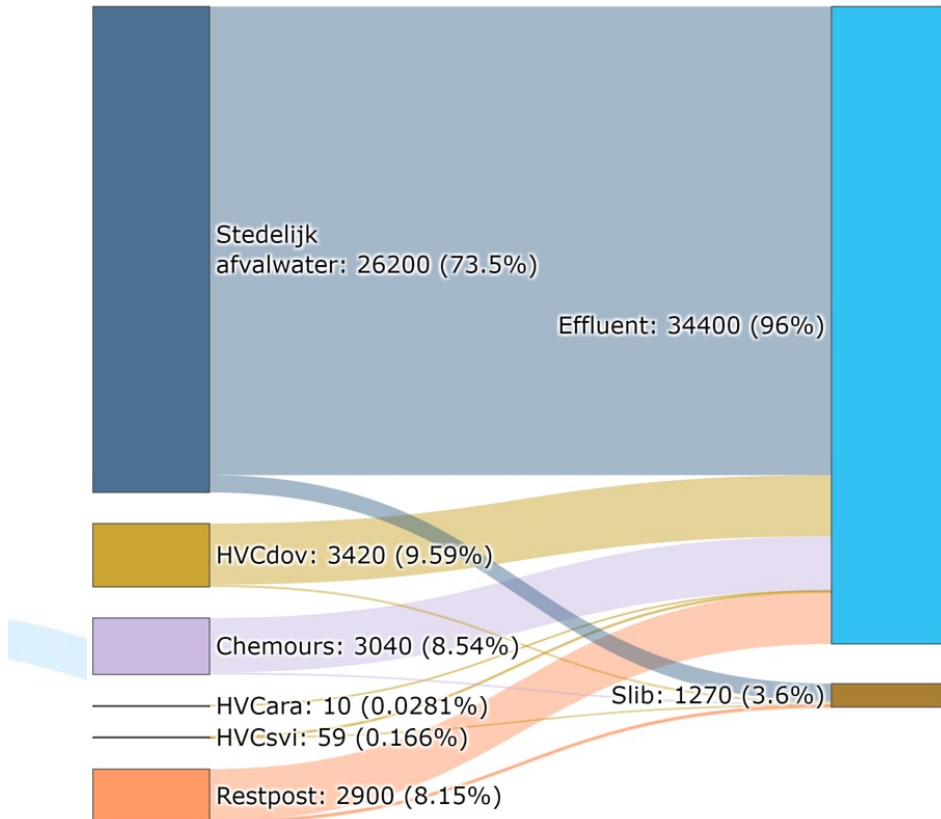
Ook via grote rivieren komt PFAS het land binnen

Historische belasting kan langdurig voor verhoogde gehalten zorgen (o.a. rwzi Dordrecht en rwzi Aarle-Rixtel)

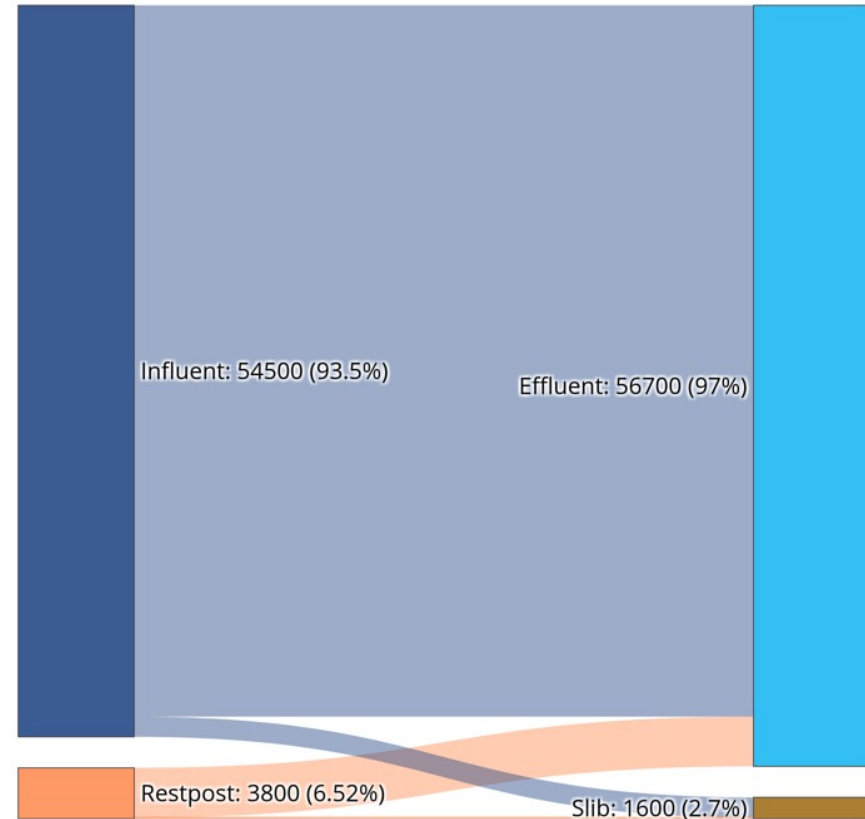


# Vrachten en balans voor enkele rwzi's

Rwzi Dordrecht (vracht in mq/d)

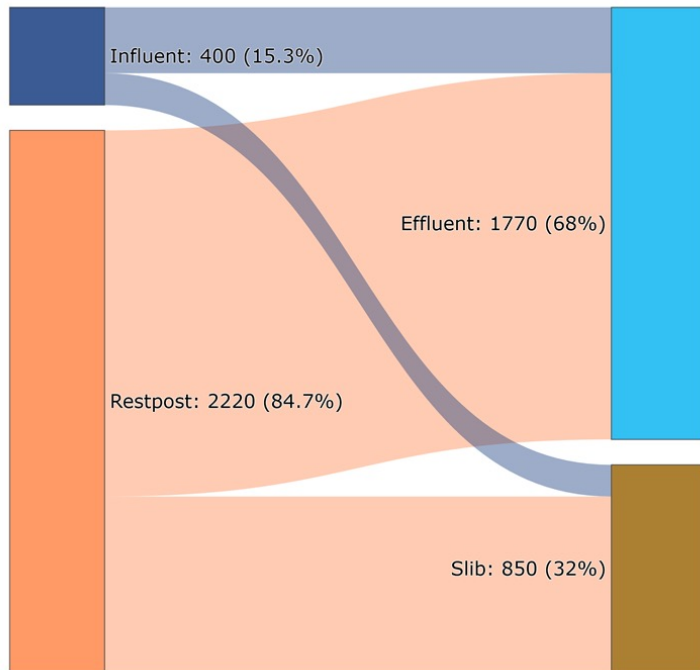


Rwzi Bath (vracht in mq/d)



# Vrachten en balans voor enkele rwzi's

RWZI Lelystad PFAS(35) | Vrucht (mg/d)



Conclusie:

- De balansen zijn niet sluitend
- Vrucht effluent + slib is groter dan influent!



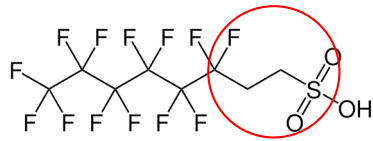
# Rol van PFAS precursors

Binnen rwzi toename waargenomen van:

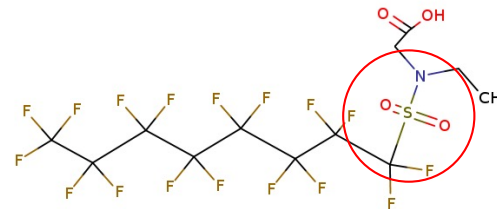
- Stabiele PFAS met korte ketens (zoals PFOS en PFOA)
- Precursors

Rwzi		Precursors (12)		Stabiele PFAS (PFCA's en PFSA's)	
		toename	afname	toename	afname
Dordrecht	mg/d	734	-	3.225	-
Bath	mg/d	8.011	-	-	4.267
Aarle Rixtel	mg/d	1.522	-	2.500	-
Lelystad	mg/d	819	-	1.405	-
Piershil	mg/d	3	-	-	11
Asten	mg/d	15	-	180	-
Hapert	mg/d	40	-	119	-
Hatter	mg/d	40	-	38	-

# Wat zijn PFAS precursors? (1)

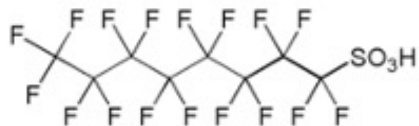


6:2 FTS

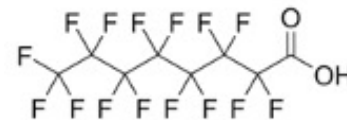


N-EtFOSAA

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

## Wat zijn PFAS precursors? (2)

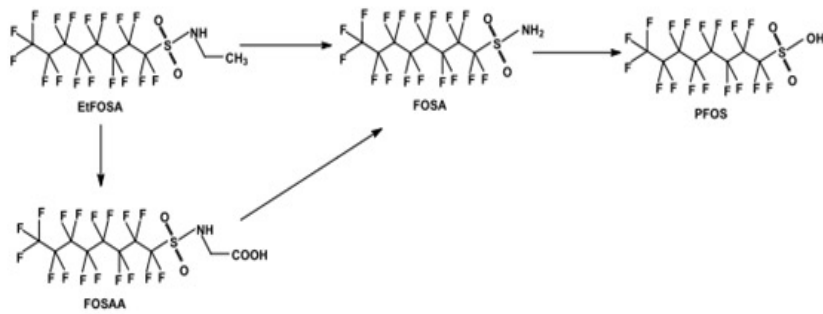
Zeer diverse fluorhoudende stoffen

Toepassing in:

- PFAS houdend brandblusschuim (o.a. 6:2 FTS)
- Voedselverpakkingsmateriaal
- Papier
- Tapijt?
- Insecticide
- ...?

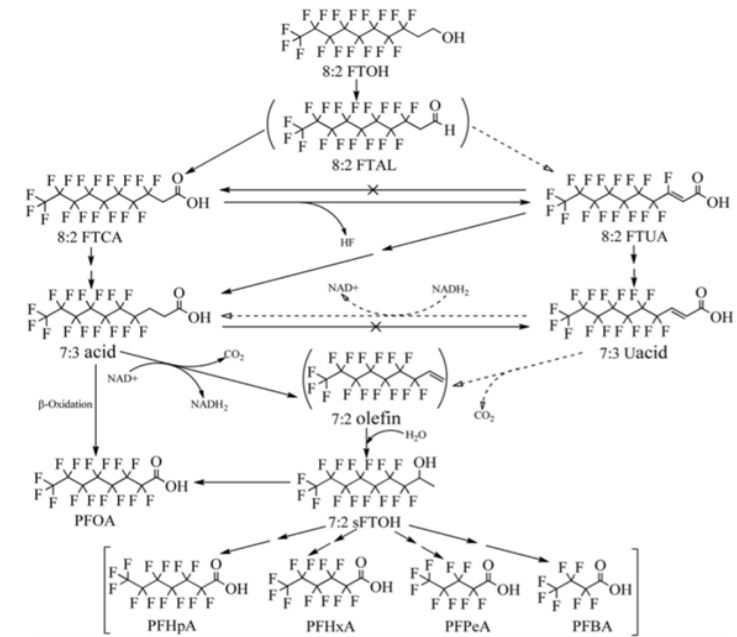


# Afbraak van precursors

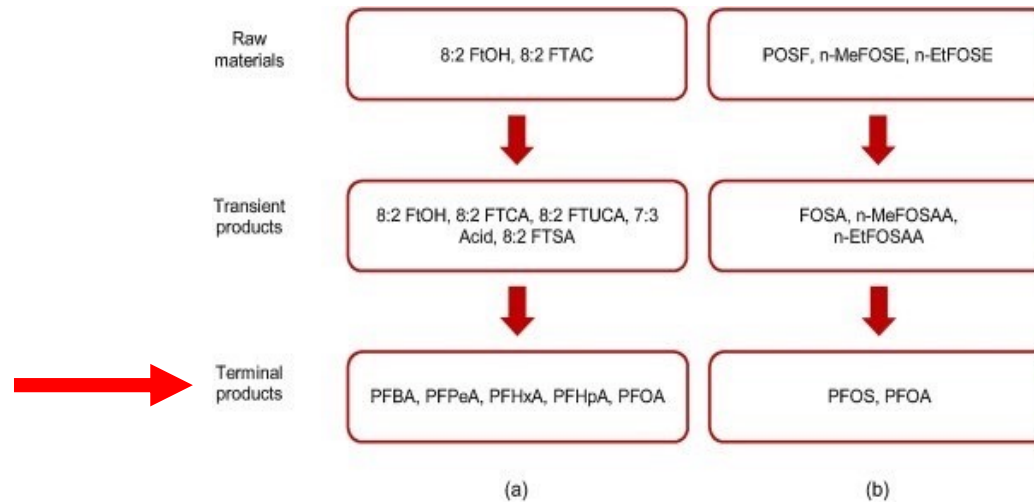


van simpel

tot erg complex



# Afbraak van precursors



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



# Conclusies en aanbevelingen



## Conclusies

- De studie bevestigt resultaten van onderzoeken in binnen- en buitenland
- Aandeel industrieel afvalwater is niet altijd een goede voorspeller van de mate van PFAS belasting
- Het aantal potentiële bronnen is groot en niet alle bronnen zijn goed in beeld
- PFAS worden niet of nauwelijks verwijderd met een regulier zuivering
- In de meeste gevallen is er sprake van een toename van precursors en/of stabiele PFAS met een korte ketenlengte (C4 – C8)
- Rwzi's zijn een relevante route van PFAS naar het milieu; de geschatte emissie via het effluent is 65 – 180 kg/jaar, via het zuiveringslib 15 – 45 kg/kaar
- Concentraties in effluent overschrijding normen voor oppervlaktewater; het hangt van de lokale situatie af of dit tot normoverschrijding in het oppervlaktewater leidt

# Aanbevelingen

- Aansluiten bij lopende (inter)nationale initiatieven
- Bronnen beter in beeld brengen; hiervoor is samenwerking tussen gemeenten, provincies, omgevingsdiensten en waterschappen noodzakelijk
- Onderzoek naar de aard, omvang en bronnen van precursors; zonder emissiereductie van precursors wordt emissiereductie van PFOS en PFOA lastig
- Verwijderingsrendement bij aanvullende zuiveringstechnieken onderzoeken
- Aandacht voor PFAS met kortere ketens (C2-C3) wenselijk





# Hoe verder?

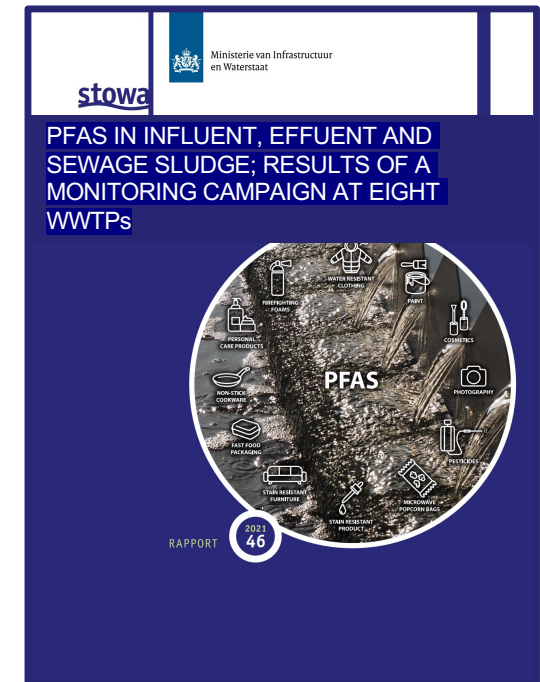


## Lopende (inter)nationale initiatieven

- The EU heeft een aantal PFAS aangewezen als prioritair gevaarlijke stoffen en Zeer Zorgwekkende Stoffen
- Nederland werkt met vier andere EU landen aan een Europese restrictie voor alle PFAS
- MinlenW werkt samen met de industrie en andere partijen binnen het PFAS actie programma aan de vermindering van de blootstelling van mens en milieu aan PFAS
- STOWA-rapport 2021-47: Literatuuronderzoek naar bronnen en gedrag van PFAS in afvalwater (met speciale aandacht voor precursors)

# Plannen

- Onderzoek naar aard, omvang en bronnen van precursors in voorbereiding:
  - Toepassing TOP analyse
  - Meting in influent en riool bij rwzi Lelystad
  - In opdracht van MinlenW, STOWA, waterschap Zuiderzeeland e.a?
- Diverse waterschappen monitoren PFAS bij rwzi's of hebben plannen daartoe
- Het rapport wordt vertaald naar het Engels





Meer informatie:

Cora Uijterlinde (STOWA) +31 6 55 751083; [uijterlinde@stowa.nl](mailto:uijterlinde@stowa.nl)

Anja Derksen (AD eco advies) +31 6 44751979; [anja.derksen@adecoadvies.nl](mailto:anja.derksen@adecoadvies.nl)

Joop Baltussen (BACO adviesbureau BV) +31 6 26148041; [j.baltussen@baco.nl](mailto:j.baltussen@baco.nl)