



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

PFAS-metingen in rioolwaterzuiveringen

Een vergelijking tussen huishoudelijk en
industrieel afvalwater

PFAS-metingen in rioolwaterzuiveringen

Een vergelijking tussen huishoudelijk en industrieel afvalwater

RIVM-briefrapport 2025-0015

Colofon

© RIVM 2025

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2025-0015

E.W.M. Roex (auteur), RIVM

Contact:
Erwin Roex
Erwin.roex@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de Inspectie Leefomgeving en Transport in het kader van het project PFAS in zicht.

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

PFAS-metingen in rioolwaterzuiveringen

Een vergelijking tussen huishoudelijk en industrieel afvalwater

In Nederland komen mens en milieu op verschillende manieren in contact met PFAS. Langdurige blootstelling aan deze chemische stoffen kan schadelijk zijn voor de gezondheid van de mens en het milieu. Om deze blootstelling te kunnen verminderen is het belangrijk te weten welke bronnen deze stoffen uitstoten.

Bekend is dat PFAS via huishoudens in het rioolwater komen, bijvoorbeeld via schoonmaakmiddelen, cosmetische producten, het wassen van kleding, en het gebruik van drinkwater. Verder is bekend dat PFAS uit grote industriële bronnen kunnen komen, en zo via lozingen in rioolwater. Van kleinere bedrijven is dat niet goed bekend. Het RIVM onderzocht of metingen in rioolwater onbekende (industriële) bronnen zichtbaar kunnen maken. Dat blijkt zo te zijn. De metingen brengen industriële lozingen van PFAS naar het rioolwater in beeld. Deze informatie kan helpen bij het opsporen van bronnen.

Ongezuiverd afvalwater (influent) dat op een rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) binnenkomt is altijd een mengsel van huishoudelijk en industrieel afvalwater. Wel verschilt de verhouding van deze twee typen afvalwater per rwzi. Het RIVM onderzocht het influent van twee groepen rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) in Nederland. De eerste groep bestond uit 11 rwzi's die vooral afvalwater van huishoudens ontvangen en zuiveren. De tweede groep waren 6 rwzi's die relatief veel afvalwater van industrieën bevatten, met mogelijk onbekende bronnen van PFAS.

Bij de eerste groep rwzi's zaten in het influent dezelfde hoeveelheden van dezelfde PFAS-verbindingen. Dit 'patroon' is ook in drinkwater te zien. Dat betekent dat deze PFAS voor een deel via het gebruik van kraanwater in het rioolwater komen. Bij de analyses moet wel rekening worden gehouden met de bron van het drinkwater (oppervlaktewater, grondwater). In drinkwater dat van oppervlaktewater is gemaakt, zit namelijk meer PFAS dan in drinkwater van grondwater.

Het gevonden patroon aan PFAS-verbindingen was ook te zien bij de rwzi's die afvalwater van industrieën verwerken. Wel zat er bij sommige rwzi's meer PFAS in het influent dan was verwacht op basis van het aantal inwoners. Dit betekent dat er nog onbekende industriële bronnen van PFAS moeten zijn. Verder onderzoek is nodig om deze te achterhalen.

Kernwoorden: PFAS, rioolwaterzuivering, influent, bronnenonderzoek

Synopsis

PFAS measurements at wastewater treatment plants

A comparison between domestic and industrial wastewater

In the Netherlands, people and the environment come into contact with PFAS in various ways. Prolonged exposure to these chemicals can be harmful to health of people and the environment. To reduce this exposure, it is important to know the sources that release these substances.

We know that PFAS end up in wastewater through households, for example through cleaning agents, cosmetics and washing of clothing. On the other hand, we also know that PFAS may come from industrial sources and ultimately end up in wastewater through discharges. Not much is known about PFAS from smaller industrial sources. This was reason for RIVM to study whether measurements at wastewater treatment plants (WWTP) would provide insight into unknown industrial and other sources. This turns out to be the case. The measurements revealed sources that cannot be explained by PFAS in domestic wastewater.

Untreated wastewater (influent) entering a WWTP is always a mixture of domestic and industrial wastewater. The ratio of these two types of wastewater differs in each treatment. RIVM studied the influent of two groups of WWTPs in the Netherlands. The first group consisted of 11 that mainly treat domestic wastewater. The second group consisted of 6 WWTPs that treat a large amount of industrial wastewater, with possible, unknown sources of PFAS.

For the first group of WWTPs, the influent was found to contain the same quantities of the same PFAS compounds. This 'pattern' can also be found in drinking water, meaning that part of these PFAS end up in the wastewater through the use of tap water. These analyses must take into account the source of the drinking water (surface water, groundwater). This is because drinking water sourced from surface water contains more PFAS than drinking water sourced from groundwater.

The same pattern of PFAS compounds was also found at the WWTPs that treat industrial wastewater. However, more PFAS were found at some WWTPs than expected based on the number of local residents. This is an indication that industrial sources of PFAS yet unknown are present. Further research is needed to determine these sources.

Keywords: PFAS, wastewater treatment, influent, source research

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

2 Plan van aanpak — 15

2.1 Selectie rwzi's — 15

2.2 Bemonstering — 15

2.3 Selectie en analyse PFAS-verbindingen — 17

2.4 Van concentratie naar vrachten — 19

2.5 Emissie per inwoner — 19

2.6 Huishoudelijk versus industrieel afvalwater — 19

3 Resultaten — 21

3.1 Concentraties — 21

3.2 Vrachten — 22

3.3 Emissie per inwoner — 26

3.4 Huishoudelijk versus industrieel afvalwater — 26

4 Discussie — 33

5 Conclusies — 35

Dankbetuiging — 37

Literatuur — 39

Afkortingenlijst — 41

Bijlage 1 Analyseresultaten per monster (ng/L) — 43

Samenvatting

Vanwege hun veelzijdige eigenschappen zijn PFAS (per- en polyfluoralkylstoffen) aanwezig in veel producten, en daardoor ook in verschillende afvalstromen. In het milieu kunnen PFAS terechtkomen in de keten van voedsel- en drinkwaterproductie, en kunnen zo een negatief effect hebben op milieu en gezondheid.

Als voorbereiding op een mogelijk aankomend Europees verbod op de productie, het in de handel brengen en gebruik van PFAS wil de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) met het programma Zeer Zorgwekkende Stoffen vanuit het project 'PFAS in zicht' meer inzicht verkrijgen in met name de industriële emissies van PFAS. Uit inventariserend onderzoek blijkt dat met name de zogenaamde indirecte lozers niet volledig in beeld zijn. Naast het gebruik en de productie van PFAS in industriële toepassingen en processen, bevat huishoudelijk afvalwater door de vele verschillende huishoudelijke toepassingen ook PFAS. Daarnaast kunnen PFAS in het afvalwater terechtkomen door het gebruik van brandblusmiddelen die PFAS bevatten. Rioolwaterinstallaties (rwzi's) fungeren als verzamelpunt van al deze verschillende bronnen van PFAS.

Recent onderzoek heeft laten zien dat een aantal PFAS karakteristiek zijn voor huishoudelijk afvalwater. Daarnaast worden deze PFAS ook in een redelijk constante verhouding tot elkaar aangetroffen. Deze kenmerken van huishoudelijk afvalwater maken het mogelijk om op basis van gedetailleerde PFAS analyses een onderscheid te maken tussen huishoudelijk en industrieel afvalwater. Het herkennen van afwijkende PFAS patronen in het influent helpt bij het identificeren van onbekende PFAS-bronnen.

Om de hypothese dat huishoudelijke afvalwater is te onderscheiden van industrieel afvalwater te toetsen heeft het RIVM, in opdracht van de ILT, PFAS metingen aan influent (ongezuiverd afvalwater) van twee verschillende groepen van Nederlandse rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) laten uitvoeren. Voor de bemonsteringen werd gebruik gemaakt van de infrastructuur van de Nationale Rioolwatersurveillance (NRS). De eerste groep bevatte 11 rwzi's die voornamelijk huishoudelijk afvalwater zuiveren, de tweede groep bestond uit 6 rwzi's die relatief veel industrieel afvalwater ontvangen, met mogelijk additionele bronnen van PFAS. Het influent van de groep van voornamelijk huishoudelijk belaste rwzi's bevatte inderdaad een relatief vast patroon van PFAS, een zelfde patroon wat ook wordt aangetroffen in drinkwater. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het PFAS-patroon in huishoudelijk afvalwater gedeeltelijk wordt bepaald door de belasting vanuit drinkwater. Op een enkele uitzondering na bleek het patroon per rwzi ook vrij constant door de tijd heen. In de groep van rwzi's met relatief veel industrieel afvalwater konden een aantal rwzi's onderscheiden worden die hetzelfde PFAS patroon lieten zien als de 'huishoudelijke' rwzi's. Een vergelijkbaar PFAS patroon wijst erop dat het betreffende industriële afvalwater geen additioneel PFAS bevat. Dit betekent dat, gebaseerd op deze pilot, geen additionele bronnen van PFAS konden worden geïdentificeerd. De gebruikte methode is dermate gevoelig en specifiek dat een aantal rwzi's konden worden geïdentificeerd met een afwijkend patroon, ook in

de groep van 'huishoudelijke' rwzi's, deze resultaten duiden op de aanwezigheid van additionele bronnen van PFAS, en bieden aanleiding voor nader bronnenonderzoek.

1 Inleiding

PFAS (per- en polyfluoralkylstoffen) zijn een groep van chemische verbindingen die door de mens zijn gemaakt. Vanwege hun veelzijdige eigenschappen zijn ze aanwezig in veel verschillende producten, zoals smeermiddelen, brandblusmiddelen, voedselverpakkingsmaterialen, anti-aanbaklagen van pannen, kleding, textiel en cosmetische producten. Recent onderzoek heeft aangetoond dat zelfs toiletpapier een bron van PFAS kan zijn (Thompson et al., 2023). PFAS worden slecht afgebroken, zijn mobiel, bioaccumulerend en toxisch. Eenmaal in het milieu blijven ze daar aanwezig en kunnen zo terechtkomen in de keten van voedsel- en drinkwaterproductie. Recent zijn PFAS als groep aan de lijst van Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) toegevoegd.¹

Begin 2023 heeft Nederland, samen met vier andere lidstaten, een restrictievoorstel voor PFAS ingediend.² Dit moet leiden tot een verbod van productie, in de handel brengen en gebruiken van PFAS in Europa. Het is niet bekend welke bedrijven in Nederland PFAS produceren, verwerken of gebruiken. De Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) is mede daarom gestart met het inzichtelijk maken van PFAS-producenten, handelaren en gebruikers in Nederland. Van een aantal bedrijven gevestigd in Nederland is vanuit het traject van vergunningverlening bekend dat ze PFAS gebruiken en lozen, maar waarschijnlijk zijn er meer lozers, met name zogenaamde indirecte lozers op het rioolstelsel. De omvang van deze groep van indirecte lozers is op dit moment niet goed in beeld, zowel wat betreft het aantal bedrijven als de hoeveelheid geëmitteerde PFAS. Zo werd bij een pilot-onderzoek in opdracht van STOWA een relatief hoge concentratie aan PFOS in het effluent (gezuiverd afvalwater) van een rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) aangetroffen die niet werd verwacht (Derksen en Baltussen, 2021). Naar de herkomst van deze hoge concentratie wordt in opdracht van STOWA, het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Waterschap Zuiderzeeland en gemeente Lelystad aanvullend onderzoek gedaan.

Er worden door ILT verschillende sporen belopen om een beter beeld van de PFAS-emissies te verkrijgen, onder te verdelen in twee belangrijke sporen, namelijk het in beeld brengen van de belangrijkste PFAS-bronnen die i) achter de gemeten PFAS-emissies zitten (de keten 'omhoog') en ii) PFAS-houdende stoffen, mengsels en producten op de markt brengen (de keten naar 'beneden').

Naast het gebruik en de productie van PFAS in industriële toepassingen en processen, bevat huishoudelijk afvalwater door de vele huishoudelijke toepassingen ook PFAS. Ook kunnen ze in het afvalwater terechtkomen door het gebruik van brandblusmiddelen die PFAS bevatten. Daarnaast bevat hemelwater PFAS afkomstig van atmosferische depositie en afspoeling van verhardingen. Wanneer hemelwater in het rioolstelsel belandt komt dit uiteindelijk in de rwzi. De rwzi is daarmee een verzamellocatie van verschillende soorten

¹ [PFAS op de lijst Zeer Zorgwekkende Stoffen \(ZZS\) | RIVM](#)

² [Voorstel PFAS-verbod formeel ingediend in Europa | RIVM](#)

stromen die potentieel PFAS bevatten; huishoudelijk afvalwater, industrieel afvalwater en hemelwater.

Naast het eerder genoemde STOWA-onderzoek zijn de afgelopen jaren meerdere onderzoeken uitgevoerd met betrekking tot PFAS in afvalwaterstromen. Zo heeft Rijkswaterstaat metingen verricht aan een aantal rwzi's en industriële afvalwaterstromen (Jans en Berbee, 2020; Jans en Rutten, 2021) en meten de waterschappen op projectmatige basis PFAS in het influent en effluent van rwzi's in hun beheergebied. Deze laatste data zijn grotendeels terug te vinden in de zuiveringsdatabase Z-info³ en in de Watson database, onderdeel van de EmissieRegistratie⁴. Alhoewel deze studies alle bijdragen aan het verkrijgen van een beeld over de verspreiding van PFAS in Nederland, zijn ze te fragmentarisch om een compleet beeld te schetsen van de mogelijke bronnen van PFAS, een conclusie die ook werd getrokken door Jonker (2024). Een essentieel aandachtspunt voor een goede vergelijking tussen de analyseresultaten van de verschillende studies is het gebruik van een vergelijkbare analysemethode en een vergelijkbaar analysepakket. Dit is bij de eerder genoemde onderzoeken vaak niet het geval of niet bekend, hetgeen goed te verklaren is door enerzijds de complexe omvang van de stofgroep PFAS die potentieel aanwezig kan zijn in het milieu en anderzijds de beperkte beschikbaarheid aan zuivere standaardstoffen van PFAS voor de chemische analyse. Verder is er een voortdurende verbetering van de analysemethoden voor PFAS.

Uit bovengenoemde onderzoeken en aanvullend literatuuronderzoek (STOWA, 2021) kunnen een aantal conclusies getrokken worden:

- Er kunnen grote verschillen optreden tussen PFAS-concentraties in rwzi-influent tussen locaties, zowel op basis van totaalvrachten, als in samenstelling van individuele PFAS-verbindingen.
- Een aantal PFAS verbindingen lijken in een redelijke constante verhouding tot elkaar voor te komen in huishoudelijk afvalwater, met name PFPeA, PFOA, PFHxS en PFOS. De concentraties van deze verbindingen kunnen tussen afzonderlijke rwzi's substantieel verschillen. De genoemde stoffen komen grotendeels overeen met een internationale studie naar PFAS-verbindingen in rwzi-influent (Joseph et al., 2023).
- Sommige PFAS-verbindingen komen in lage concentraties voor, met name in huishoudelijk afvalwater. Het vergt een gevoelige analysemethode om deze lage concentraties nauwkeurig te kunnen bepalen.
- Afhankelijk van het type industrie, zijn met name de verbindingen PFBA, 6:2 FTS en HFPO-DA (GenX) kenmerkend voor industrieel afvalwater in Nederland. Daarnaast worden hoge concentraties van met name PFOA ook in influenten van industriële afvalwaterzuiveringsinstallaties (awzi's) aangetroffen.
- De variatie van de emissie van PFAS door de tijd heen lijkt, met name voor influenten die relatief veel huishoudelijk afvalwater bevatten, beperkt. Voor influenten met een groot aandeel aan industrieel afvalwater lijkt de variatie groter te zijn.

³ <https://www.hetwaterschapshuis.nl/zuiveringsdata-om-van-te-leren-z-info>

⁴ <https://data.emissieregistratie.nl/watson>

- Uit de zogeheten TOP-assay blijkt dat influent veel precursors van PFAS-verbindingen bevat. Door het toepassen van deze methode kunnen vaak meer en hogere concentraties PFAS-verbindingen worden aangetoond. Overigens geeft deze TOP-assay volgens de meest recente inzichten een onvolledig beeld van de hoeveelheid precursors, aangezien niet alle precursors blijken te worden omgezet in de TOP-assay⁵.
- Precursors blijven vaak ongemeten, terwijl ze uiteindelijk een significant deel van de totale PFAS-vracht kunnen bedragen. Uit internationaal onderzoek komt een aantal specifieke precursors vaak naar voren. Een deel hiervan is ook in de STOWA-studie meegenomen, een deel niet. De aanbeveling in het STOWA-rapport was daarom om bij analyses van PFAS de stoffenlijst uit te breiden met meer precursors, namelijk: 6:2, 8:2 en 10:2 FTOH, 6:2 FTMAC, 6:2 diPAP en PFDPA. Daarnaast worden de stoffen N-MeFOSAA en N-EtFOSAA veel in het zuiveringsslib gevonden. Uit de literatuur is bekend dat POSF (Perfluorooctaansulfonylfluoride), N-MeFOSE en N-EtFOSE als precursors voor deze stoffen kunnen dienen. Daarom was het advies in het STOWA-rapport om ook het voorkomen van deze drie precursors beter in beeld te brengen. Met name deze precursors kunnen van belang zijn bij het vaststellen van een patroon, en het vervolgens identificeren van additionele industriële lozingen.
- In de hierboven genoemde onderzoeken is geen rekening gehouden met hemelwater. Dit kan de meetresultaten beïnvloeden, aangezien hemelwater enerzijds ook PFAS kan bevatten, en anderzijds zorgt voor een behoorlijke verdunning van het afvalwater.

Naast de bevindingen uit de genoemde onderzoeken, blijkt dat een aantal gewasbeschermingsmiddelen die organofluorverbindingen bevatten, uiteindelijk afgebroken kunnen worden tot kortketenige PFAS-verbindingen als TFA (trifluorazijnzuur). Hierbij gaat het in Nederland om 25 toegelaten werkzame stoffen.⁶ De belangrijkste route voor deze middelen naar het milieu is via drift, drainage en afspoeling van landbouwgronden. Via consumptie van levensmiddelen, waar residuen van deze middelen zich op kunnen bevinden, kunnen deze middelen en hun afbraakproducten mogelijk ook in het afvalwater terechtkomen. Een meetcampagne in opdracht van STOWA (2020) heeft laten zien dat deze gewasbeschermingsmiddelen niet worden aangetroffen in rwzi-influent.

Het feit dat een aantal PFAS-verbindingen kenmerkend zijn voor met name huishoudelijk afvalwater, zou het mogelijk moeten maken om een onderscheid te maken tussen huishoudelijk en industrieel afvalwater. Hierbij betreft het niet alleen de concentratie van de afzonderlijke of het totaal aan PFAS-verbindingen, maar ook om de verhouding van de aangetroffen afzonderlijke verbindingen, het patroon. Zo komt PFOA bijvoorbeeld zowel in huishoudelijk als in industrieel afvalwater voor, maar duiden hoge PFOA concentraties in het influent op de aanwezigheid van industriële bronnen.

⁵ B. Berendsen, WFSR, persoonlijke mededeling

⁶ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/ah-tk-20232024-1052.html>

De hypothese is dat huishoudelijk belast afvalwater een constant patroon aan PFAS bevat. Dit gegeven zou het vervolgens mogelijk moeten maken om op basis van metingen aan individuele PFAS-verbindingen de aanwezigheid van additionele (industriële) PFAS-bronnen in het influent vast te kunnen stellen.

De ILT heeft het RIVM daarom gevraagd om met behulp van een pilot te onderzoeken of het mogelijk is om op basis van metingen van PFAS in het influent van rwzi's, vast te stellen of er sprake is van additionele PFAS emissies van onbekende indirecte lozers op het riool. Naast alle andere bronnen van informatie kunnen de resultaten van dit onderzoek bijdragen aan het verkrijgen van een completer beeld van industriële indirecte lozers van PFAS op het riool.

2 Plan van aanpak

Om te kunnen testen of het mogelijk is om via metingen industriële bronnen van PFAS in rwzi-influent te kunnen identificeren is van een aantal rwzi's het patroon van aanwezige PFAS-verbindingen in het influent vastgesteld. Om te onderzoeken of het mogelijk is om door middel van deze patronen een onderscheid te maken tussen huishoudelijk afvalwater en industrieel gedomineerd afvalwater is gefocust op twee groepen van rwzi's: één groep rwzi's die voornamelijk huishoudelijk afvalwater ontvangt en één groep die een relatief groot aandeel industrieel afvalwater bevat, met mogelijk bronnen van PFAS.

2.1 Selectie rwzi's

Voor 172 van de 313 rwzi's in Nederland (55%) is via het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) informatie beschikbaar over het percentage huishoudelijk afvalwater en daaruit volgend ook het percentage industrieel afvalwater bij droogweerafvoer (DWA), gebaseerd op het aantal opgegeven vervuilingseenheden (v.e.). Dit is de eenheid waarin de vervuiling van zowel huishoudelijk als industrieel afvalwater wordt gemeten en waarmee in Nederland de verontreinigingsheffing en zuiveringsheffing worden vastgesteld. Wanneer het gaat over specifiek huishoudelijk afvalwater wordt ook wel gesproken over inwonerequivalenten (i.e.) in plaats van v.e. Beide parameters zijn vergelijkbaar.

In totaal zijn 11 voornamelijk huishoudelijk belaste en 6 rwzi's met relatief veel industrieel afvalwater geselecteerd. Bij de selectie van de rwzi's met voornamelijk huishoudelijk afvalwater is gebruik gemaakt van de informatie van het CBS. Hierbij betreft het locaties die minimaal 80% aan huishoudelijk afvalwater bevatten en maximaal 20% aan industrieel afvalwater. Voor de met relatief veel industrieel afvalwater belaste rwzi's is naast de informatie van het CBS gebruik gemaakt van de kennis aanwezig bij de ILT en het RIVM. De totale selectie is vervolgens voorgelegd aan de betrokken waterbeheerders, waarna nog enige wijzigingen hebben plaatsgevonden. Zo kan het voorkomen dat het percentage huishoudelijk afvalwater ook in deze groep soms relatief hoog is, maar dat vanwege het voorkomen van een specifiek industrie(tak) toch deze rwzi is meegenomen. De uiteindelijke selectie is weergegeven in tabel 1.

2.2 Bemonstering

De 17 rwzi's zijn gedurende 4 achtereenvolgende weken éénmaal per week bemonsterd. De periode van 4 weken is aangehouden om de variatie door de tijd heen te kunnen vaststellen. Uit eerder onderzoek blijkt dat de variatie in PFAS-concentratie in de tijd voor met name huishoudelijk afvalwater beperkt is (Derksen en Baltussen, 2021). Daarentegen kunnen incidentele lozingen, zoals PFAS-bevattend blusschuim of periodieke industriële lozingen een effect hebben op het patroon.

Voor de bemonsteringen is gebruik gemaakt van de infrastructuur van de Nationale Rioolwatersurveillance (NRS), een samenwerkingsverband tussen het RIVM, de Unie van Waterschappen, alle 21 waterschappen,

en het Ministerie van VWS als opdrachtgever. De NRS is opgezet tijdens de Covid-19 pandemie met als doel om zicht te houden op het coronavirus via rioolwatermetingen. Meer informatie over de NRS is te vinden op de website van het RIVM⁷.

De PFAS-monsters betreffen 24 uur deelmonsters van het influent die qua hoeveelheid evenredig zijn met het debiet van dat moment (24-uurs debiet-proportionele monsters). Deze monsters worden gekoeld opgeslagen in een bemonsteringskast. Na 24 uur wordt er een verzamelmonster gemaakt uit de verzamelde watermonsters, wat een afspiegeling is van de influent-samenstelling van die dag. Om de invloed van regenwater op de metingen zoveel mogelijk te beperken, zijn rwzi's gekozen die in het kader van de NRS twee maal per week worden bemonsterd. Wanneer het eerste monster in een regenperiode valt, kan gedurende dezelfde week nog een reservemonster worden genomen.

Tabel 1 Geselecteerde rwzi's. De cursief gedrukte locaties behoren tot de relatief hoog industrieel belaste rwzi's

rwzi	Aantal aangesloten inwoners	Aangesloten hoeveelheid v.e. conform heffingen	% huishoudens
Gieten	31 720	41 244	95,0%
Stadskanaal	32 132	37 936	95,0%
Ter Apel	13 513	22 695	95,0%
Bellingwolde	6 545	5 366	95,0%
Veendam	39 510	60 463	90,0%
Assen	75 876	96 386	90,0%
Bennekom	16 248	19 900	89,0%
Kralingseveer	272 977	318 365	84,7%
Steenwijk	37 821	48 012	81,4%
Wieringen	8 554	10 571	86,4%
Wieringermeer	12 459	15 360	90,6%
<i>Nijverdal</i>	<i>32 768</i>	<i>116 400</i>	<i>27,9%</i>
<i>Genemuiden</i>	<i>24 085</i>	<i>27 345</i>	<i>81,1%</i>
<i>Enschede</i>	<i>149 148</i>	<i>330 000</i>	<i>44,3%</i>
<i>Nijmegen</i>	<i>245 595</i>	<i>400 000</i>	<i>niet bekend</i>
<i>Amersfoort</i>	<i>214 671</i>	<i>303 700</i>	<i>75,3%</i>
<i>Bath</i>	<i>250 972</i>	<i>435 404</i>	<i>57,9%</i>

Bron: CBS

De bemonsteringen voor de PFAS-analyses zijn uitgevoerd door dezelfde monsternemende partijen, die ook de reguliere bemonsteringen binnen de NRS uitvoeren. Alle partijen waren deskundig met bemonsteringen bestemd voor PFAS-analyses en waren getraind met de specifieke maatregelen en het gebruik van materialen en middelen om PFAS-contaminatie zoveel mogelijk te voorkomen. Na bemonstering van de rwzi-influenten zijn de watermonsters eerst verzameld en gekoeld (4°C)

⁷ [Rioolwateronderzoek | RIVM](#)

bewaard op het RIVM, waarna ze gezamenlijk voor analyse naar het laboratorium zijn vervoerd.

2.3 Selectie en analyse PFAS-verbindingen

Gebaseerd op de eerdergenoemde literatuur is een analyse gemaakt van de meest relevante PFAS-verbindingen en daarbij horende concentratierange die in rwzi-influent worden aangetroffen. Besloten is om de TOP-assay niet mee te nemen in de analyses, omdat in deze pilot in eerste instantie alleen wordt gekeken naar de mogelijkheid om op basis van originele stoffen aanwezig in het influent na te gaan of er mogelijke additionele bronnen van PFAS in het influent aanwezig zijn. Na een eerste marktverkenning zijn uiteindelijk twee laboratoria benaderd om offerte uit te brengen voor de benodigde analyses. Op basis van de te verwachten PFAS-verbindingen en de uitgebrachte offertes is uiteindelijk besloten om de analyses te laten uitvoeren bij de afdeling *Environment and Health* van de Vrije Universiteit. Doorslaggevend bij deze keuze was het feit dat zowel PFBA als 6:2 FTS bij deze partij in het analysepakket aanwezig waren. Daarnaast konden van de lijst van aanbevolen precursors, genoemd in hoofdstuk 1, N-MeFOSAA en N-EtFOSAA in de analyses meegenomen worden. Voor de andere precursors is bij beide partijen geen standaard analysemethode beschikbaar, evenals voor TFA. In tabel 2 zijn de geanalyseerde verbindingen en de daarbij horende rapportagegrenzen weergegeven.

De watermonsters zijn geanalyseerd volgens ISO 21675:2019 'Waterkwaliteit – bepaling van perfluoralkyl- en polyfluoralkylstoffen (PFAS) in water'. Hiervoor worden de monsters eerst geëxtraheerd via Solid Phase Extraction (SPE). Vóór de extractie wordt een isotopisch gelabelde interne standaard aan het watermonster toegevoegd en gecentrifugeerd om verstopping van de SPE-cartridges te voorkomen. De doelverbindingen worden geïsoleerd door het watermonster op een zwakke anionenuitwisselings-SPE-sorbent (Oasis WAX, Waters) te laden. Voorafgaand aan het elueren van de geadsorbeerde PFAS-verbindingen in de SPE-cartridge met alkalisch methanol werden de cartridges na de SPE van het watermonster gewassen met aangezuurd water en een mengsel van tetrahydrofuran en methanol. Het opgevangen eluaat met de te analyseren PFAS werd ingedampt en het residu werd opnieuw opgelost in een mengsel van water en methanol tot meetextracten.

De extracten werden geanalyseerd op een LC (Exion, Sciex) gekoppeld aan een *electrospray-ionisation* bron (ESI), werkend in de negatieve ionenmodus, voorafgaand aan massa-selectieve detectie met een triple quadrupool (6500+, Sciex). De verbindingen werden gescheiden op een RP18-kolom (Xbridge, 100 x 2,1 mm, 2,6 µm, Waters) door een gradiënt van 10 mM ammoniumacetaat en methanol toe te passen.

Tabel 2 Geselecteerde geanalyseerde PFAS verbindingen

Parameter	CAS nummer	Afkorting	RG*(ng/l)
Perfluorbutaanzuur	375-22-4	PFBA	0.5 - 1
Perfluorpentaanzuur	2706-90-3	PFPeA	0.1 - 1
Perfluorhexaanzuur	307-24-4	PFHxA	0.1 - 0.5
Perfluorheptaanzuur	375-85-9	PFHpA	0.1 - 0.5
Perfluoroctaanzuur vertakt		br-PFOA	0.1 - 0.5
Perfluoroctaanzuur lineair	335-67-1	l-PFOA	0.2 - 0.5
Perfluornonaanzuur	375-95-1	PFNA	0.05 - 0.5
Perfluordecaanzuur	335-76-2	PFDA	0.05 - 0.5
Perfluorundecaanzuur	2058-94-8	PFUnDA	0.05 - 0.5
Perfluordodecaanzuur	307-55-1	PFDoDA	0.05 - 0.5
Perfluortridecaanzuur	72629-94-8	PFTriDA	0.1 - 0.5
Perfluortetradecaanzuur	376-06-7	PFTeDA	0.1 - 0.5
Tetrafluoro-2 (heptafluorpropoxy) propaanzuur	13252-13-6	HFPO-DA	0.05 - 0.1
Dodecafluor-3H-4,8-dioxanonoaat	958445-44-8	DONA	0.05 - 0.1
8:2 Fluortelomeer onverzadigd carbonzuur	70887-84-2	8:2 FTUCA	0.1 - 1
Perfluorbutylsulfonaat, lineair	375-73-5	PFBS	0.05 - 0.5
Perfluorpentylsulfonaat, lineair	2706-91-4	PFPeS	0.05 - 0.5
Perfluorhexylsulfonaat, vertakt		br-PFHxS	0.05 - 0.5
Perfluorhexylsulfonaat, lineair	355-46-4	l-PFHxS	0.05 - 0.5
Perfluorheptylsulfonaat, lineair	375-92-8	PFHpS	0.05 - 0.5
Perfluoroctaansulfonaat vertakt		br-PFOS	0.05 - 0.5
Perfluoroctaansulfonaat lineair	1763-23-1	l-PFOS	0.05 - 0.5
Perfluornonylsulfonaat, lineair	68259-12-1	PFNS	0.05 - 0.5
Perfluordecylsulfonaat, lineair	335-77-3	PFDS	0.1 - 0.5
4:2 Fluortelomeer sulfonzuur	757124-72-4	4:2 FTS	0.05 - 0.5
6:2 Fluortelomeer sulfonzuur	27619-97-2	6:2 FTS	0.5
8:2 Fluortelomeer sulfonzuur	39108-34-4	8:2 FTS	0.05 - 0.5
10:2 Fluortelomeer sulfonzuur	120226-60-0	10:2 FTS	0.2 - 0.5
Perfluoroctaansulfonylamide-(N-methyl)acetaat	2355-31-9	N-MeFOSAA	0.05 - 0.5
Perfluoroctaansulfonylamide-(N-ethyl)acetaat	2991-50-6	N-EtFOSAA	0.1 - 0.5
Perfluorbutaansulfonylamide(N-methyl)acetaat	159381-10-9	MeFBSAA	0.1 - 0.5
Perfluorhexaansulfonylamide-(N-methyl)acetaat	715646-50-7	MeFHxSAA	0.1 - 0.5
9-Chloorhexadecafluor-3-oxanonaan-1-sulfonaat	756426-58-1	9Cl-PF3ONS	0.1 - 0.5
11-Chloorhexadecafluor-3-oxanonaan-1-sulfonaat	763051-92-9	11Cl-PF3ODS	0.2 - 0.5

* = Rapportagegrens

2.4 Van concentratie naar vrachten

Om de resultaten onderling op een evenredige manier te kunnen vergelijken zijn de concentraties vermenigvuldigd met het debiet van de desbetreffende locatie en datum. Deze berekening levert per monster een vracht per dag op, uitgedrukt in $\mu\text{g}/24$ uur. Hiervoor zijn de debieten van de betreffende bemonsteringsdata vergeleken met de gemiddelde DWA van de betreffende locatie. Als de debieten meer dan 1,35 maal afwijken van deze gemiddelde DWA, is er sprake van RWA (Regenwaterafvoer) (STOWA, 2023). Omdat bekend is dat regenwater een verstoring effect kan hebben op de vrachtberekeningen zijn deze RWA-monsternames in de verdere analyses buiten beschouwing gelaten.

2.5 Emissie per inwoner

Aangezien het aannemelijk is dat voor de groep van voornamelijk huishoudelijk belaste rwzi's een verband bestaat tussen de hoeveelheid PFAS in het influent en het aangesloten aantal inwoners, is voor deze groep van rwzi's per PFAS-verbinding berekend wat de gemiddelde vracht per inwoner per 24 uur is. Dit is gedaan door eerst per individuele rwzi de vracht per PFAS-verbinding te delen door het aantal aangesloten inwoners per rwzi volgens de meest recente cijfers van het CBS.⁸ Vervolgens zijn deze individuele waarnemingen gemiddeld voor de groep van voornamelijk huishoudelijke belaste rwzi's.

2.6 Huishoudelijk versus industrieel afvalwater

Om te bepalen welk deel van de totale vracht in het influent hoogstwaarschijnlijk afkomstig is vanuit huishoudens en welk deel vermoedelijk een andere bron heeft, is ook voor de relatief hoog industrieel belaste rwzi's per rwzi de vracht per PFAS-verbinding per inwoner berekend. Vervolgens is van deze waarde de in paragraaf 2.5 berekende gemiddelde vracht per inwoner voor de huishoudelijk belaste rwzi afgetrokken. De hoeveelheid PFAS per inwoner die dan nog resteert, is niet logisch te verklaren vanuit huishoudelijke afvalwater, en zou kunnen duiden op een additionele bron van PFAS in het influent.

Er is geen statistische significantietoets te verbinden aan de verschillen tussen individuele rwzi's, daarvoor is de dataset van deze pilot te beperkt. De uitkomsten van de metingen zijn daarom alleen kwalitatief met elkaar vergeleken.

⁸ <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2023/50/inwoners-per-rioolwaterzuiveringsinstallatie-1-1-2023>

3 Resultaten

3.1 Concentraties

In totaal zijn 65 monsters geanalyseerd. De bemonsteringsapparatuur van rwzi Bellingwolde bleek na de eerste twee bemonsteringen voor langere tijd uit de roulatie. Van rwzi Enschede zijn vanwege planningsproblemen drie van de vier monsters ontvangen. Van alle overige locaties zijn in overeenstemming met de geplande werkwijze vier monsters ontvangen en geanalyseerd. Met de meeste monsternemende partijen was het in de praktijk makkelijk schakelen waardoor het mogelijk was een aantal bemonsteringen vanwege de vele regenval in september 2024 uit te stellen of te herhalen. Ondanks het feit dat een aantal herbemonsteringen is uitgevoerd vanwege hevige regenval, kon toch niet voorkomen worden dat een aantal monsters uiteindelijk bij RWA zijn bemonsterd. Het betrof de volgende locaties en tijdstippen:

Stadskanaal	03-09-2024	
Ter Apel	04-09-2024	02-10-2024
Gieten	05-09-2024	29-09-2024
Veendam	29-09-2024	
Bennekom	03-10-2024	
Assen	05-09-2024	
Nijverdal	04-09-2024	
Genemuiden	25-09-2024	

De resultaten van deze monsternames zijn verder buiten beschouwing gelaten. In bijlage 1 zijn de individuele resultaten van de verschillende monsters te vinden. Negen verbindingen zijn niet of slechts sporadisch net boven de rapportagegrens (RG) aangetroffen. Het betreft de volgende verbindingen, die verder niet in het onderzoek zijn meegenomen:

PFTRiDA :	12 maal >RG, hoogste concentratie 2 maal >RG
PFTeDA:	11 maal >RG, hoogste concentratie 2 maal >RG
DONA:	1 maal >RG, hoogste concentratie 2 maal >RG
PFNS:	1 maal >RG
PFDS:	0 maal >RG
4:2 FTS:	1 maal >RG
MeFHxSAA:	7 maal >RG, hoogste concentratie 6 maal >RG
9Cl-PF3OUdS:	0 maal >RG
11Cl-PF3OUdS:	0 maal >RG

Van de PFAS-verbindingen die regelmatig worden aangetroffen is de absolute concentratie per monster weergegeven in figuur 1 in ng/L. Om de patronen van de individuele monsters beter met elkaar te kunnen vergelijken is in figuur 2 het relatieve aandeel per PFAS verbinding op het totaal weergegeven. De zwarte verticale lijn geeft de scheiding aan tussen de voornamelijk huishoudelijk belaste rwzi's en de relatief hoog industrieel belaste rwzi's.

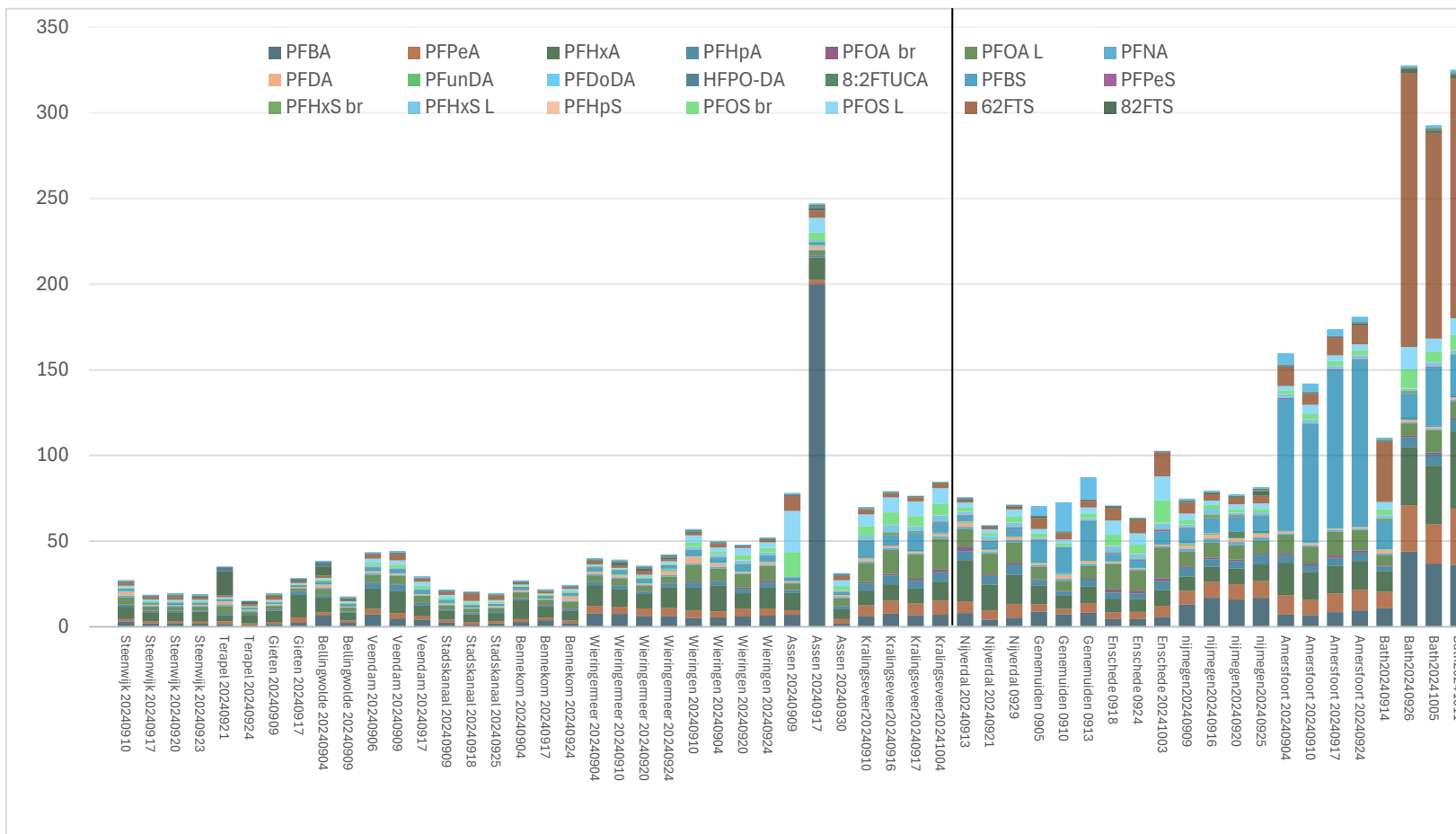
Uit deze figuren kunnen een aantal aspecten worden geconcludeerd:

- Een aantal verbindingen laat in het overgrote deel van de monsters een redelijk vast patroon zien. Het betreft met name de verbindingen PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, I-PFOA, PFNA, PFDA, I-PFOS en 6:2 FTS.
- Daarnaast is ook duidelijk te zien dat een aantal locaties een ander patroon laat zien, met name de rwzi's van Amersfoort en Bath. Op locatie Amersfoort is een relatief groter aandeel en concentratie PFBS aanwezig. Dit is een bevestiging van de resultaten uit een eerdere studie (Emke et al., 2023). Op rwzi Bath is het de verbinding 6:2 FTS die in alle vier bemonsteringen consequent in hogere concentraties voorkomt.
- Voor de meeste rwzi's zijn de verschillen tussen de verschillende bemonsteringsdata relatief klein. Een uitzondering hierop is rwzi Assen, waarbij op 9 september 2024 een relatief hoge concentratie aan PFOS werd geconstateerd, en op 17 september 2024 een relatief hoge concentratie aan PFBA. Tevens valt het monster van rwzi Ter Apel van 21 september 2024 op met een relatief hoge concentratie aan 8:2 FTS.

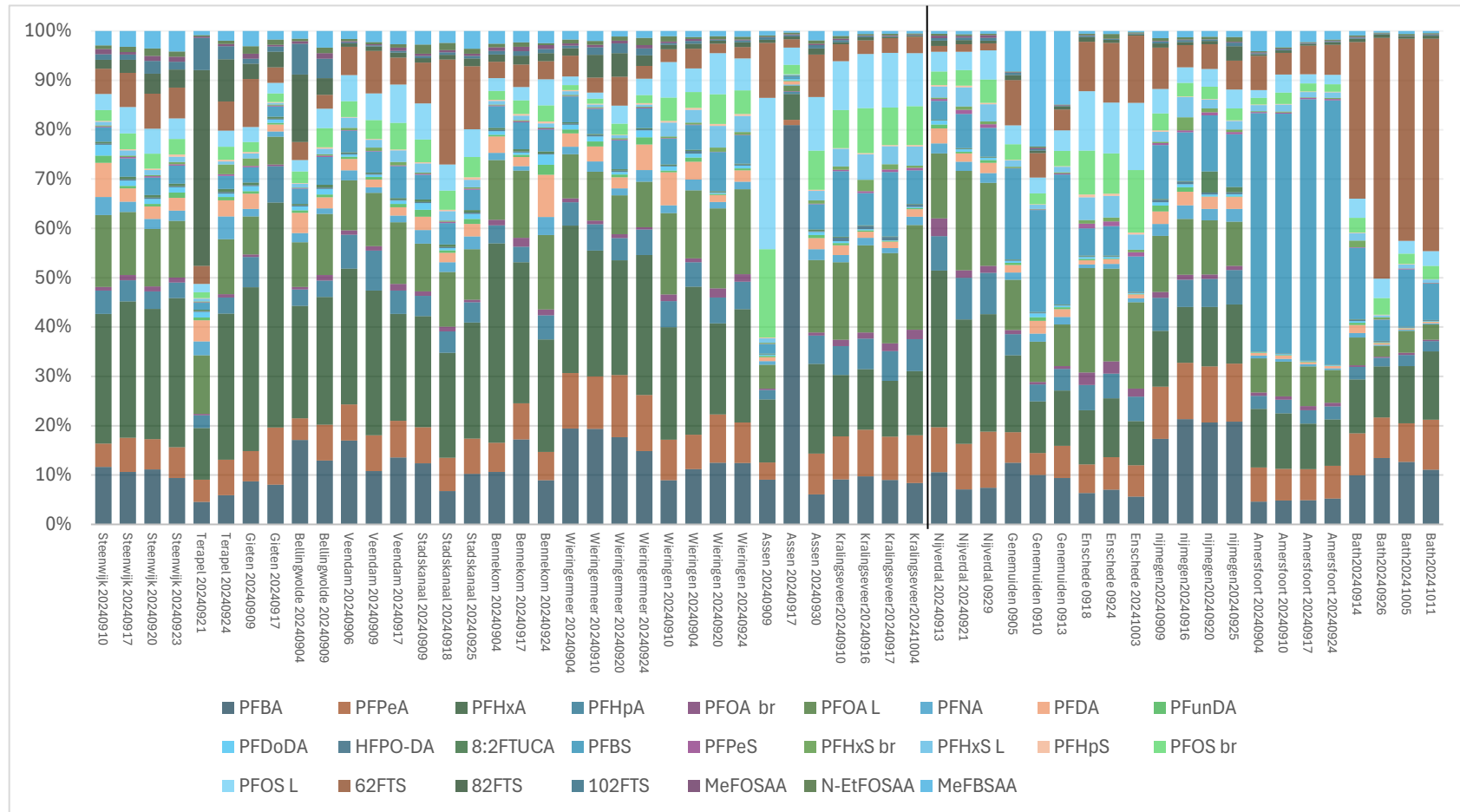
3.2 Vrachten

De vrachtberekeningen, gesommeerd voor alle PFAS-verbindingen, zijn weergegeven in figuur 3. Hierin is te zien dat er grote verschillen in vrachten zijn tussen rwzi's. Enerzijds is dit te verklaren door de verschillen in grootte en het aantal aangesloten huishoudens binnen de steekproef. Zo zijn rwzi Kralingseveer, Bath, Amersfoort en Nijmegen een stuk groter dan de andere rwzi's (zie ook tabel 1). Anderzijds zijn er een aantal rwzi's die naast huishoudelijk afvalwater ook duidelijk een additionele bron van PFAS lijken te bevatten. Dit is in onderstaande figuur duidelijk te zien voor rwzi Amersfoort en Bath, aangezien het patroon duidelijk afwijkt van de andere rwzi's.

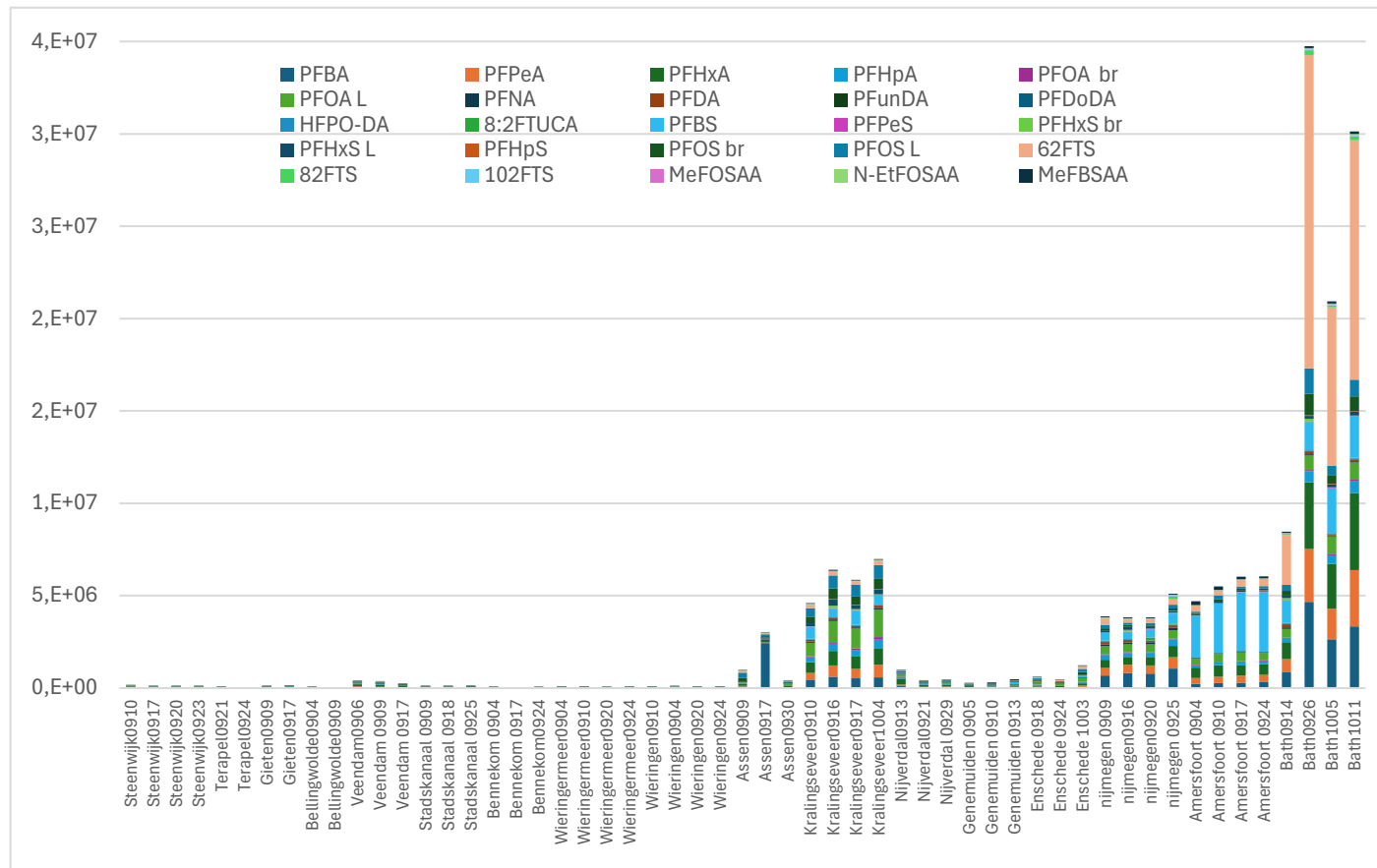
Figuur 1 Concentratie van de verschillende PFAS-verbindingen in de 65 geanalyseerde monsters van 17 rwzi's in ng/L. Links van de zwarte lijn staan de monsters afkomstig van voorafmelijk huishoudelijk belaste rwzi's. Rechts demonsters van rwzi's met een hoog aandeel aan industrieel afvalwater.



Figuur 2 Procentueel aandeel van de verschillende PFAS-verbindingen in de 65 geanalyseerde monsters van 17 rwzi's. Links van de zwarte lijn staan de monsters afkomstig van voorafmelijk huishoudelijk belaste rwzi's. Rechts demonsters van rwzi's met een hoog aandeel aan industrieel afvalwater.



Figuur 3 Vrachten PFAS per monstername in µg/24 uur



3.3 Emissie per inwoner

Bij de berekening van de gemiddelde emissie per inwoner op basis van resultaten van de groep van voornamelijk huishoudelijk belaste rwzi's zijn de al eerder geconstateerde afwijkende monsters van Ter Apel van 21-09-2024 en van Assen van 09-09-2024 en 17-09-2024 buiten beschouwing gehouden, evenals de eerder geconstateerde RWA-monsters. De resultaten van de uiteindelijke berekeningen zijn per monster weergegeven in figuur 4. Hieruit blijkt dat voor de meeste rwzi's de emissie per inwoner relatief dicht bij elkaar ligt (bijv. Steenwijk, Gieten, ter Apel, Bennekom) maar dat er ook een zekere spreiding is. De rwzi van Kralingseveer valt hierbij het meest op. Hierop wordt terug gekomen in de volgende paragraaf. Besloten is om deze rwzi in het vervolg van de berekening buiten beschouwing te laten.

3.4 Huishoudelijk versus industrieel afvalwater

Om te bepalen welk deel aan de totale vracht in het influent afkomstig is van huishoudens en welk deel vermoedelijk van een andere bron, is de gemiddelde emissie per inwoner per PFAS-verbinding, afkomstig van de groep van voornamelijk huishoudelijke belaste rwzi's, afgetrokken van de emissie per inwoner per rwzi. De resultaten van deze berekening voor de groep van voornamelijk huishoudelijk belaste rwzi's is weergegeven in figuur 5 en voor de relatief hoog industrieel belaste rwzi's in figuur 7. De x-as geeft hierbij dus de gemiddelde emissie per inwoner van de voornamelijk huishoudelijk belaste rwzi's weer. Let hierbij op het verschil in schaalniveau tussen figuur 5 en 7.

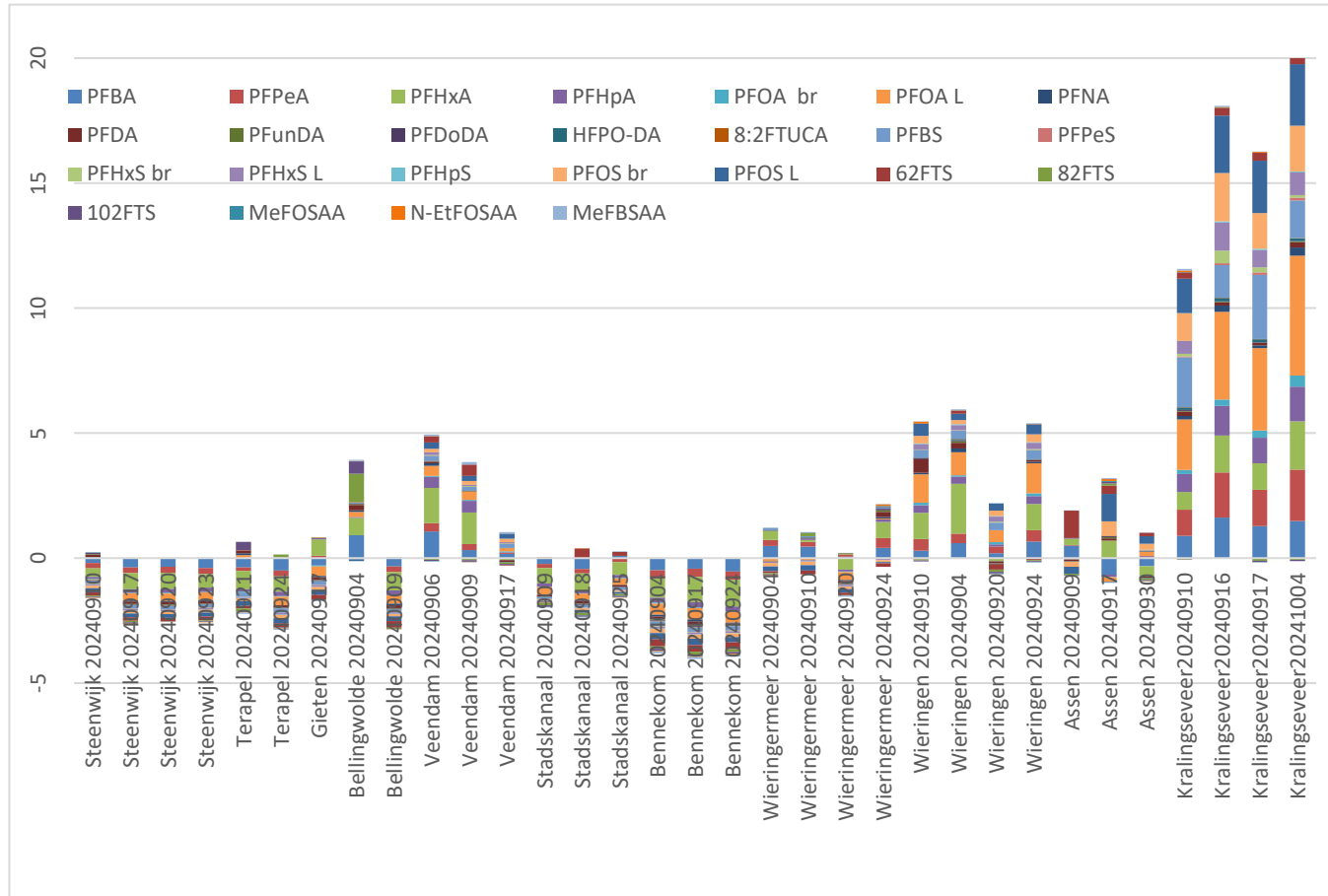
In figuur 5 is te zien dat de totale PFAS-belasting van de afzonderlijke monsters net boven of onder de x-as liggen. Dit is logisch aangezien de x-as wordt gevormd door het gemiddelde van deze waarden. Wat verder opvalt is dat naast rwzi Kralingseveer ook de rwzi van Wieringen structureel boven het gemiddelde liggen. Uit recent onderzoek van het RIVM blijkt dat PFAS-concentraties in drinkwater bereid uit oppervlaktewater over het algemeen hoger liggen dan in drinkwater bereid uit grondwater (Schepens et al, 2023). Drinkwater maakt, naast hemelwater, een substantieel deel uit van rwzi influent. Mogelijk worden verschillen in PFAS concentraties in huishoudelijk afvalwater gedeeltelijk veroorzaakt door de oorsprong van het drinkwater.

Om deze mogelijke invloed van de drinkwaterbron verder te onderzoeken is voor de groep van voornamelijk huishoudelijke belaste rwzi's met behulp van de REWAB database nagegaan wat per rwzi de bron van het drinkwater is voor de op de rwzi aangesloten postcodegebieden. Voor de rwzi's van Wieringen, Wieringermeer en Kralingseveer bestond de bron van drinkwater uit 100% oppervlaktewater, voor de andere rwzi's was dit voornamelijk grondwater. Vervolgens is voor deze 3 rwzi's de gemiddelde PFAS-concentratie op DWA-dagen berekend en vergeleken met de gemiddelde concentratie op DWA dagen voor de andere 8 rwzi's uit de groep van voornamelijk huishoudelijk belaste rwzi's. De resultaten van deze vergelijking zijn te vinden in figuur 6.

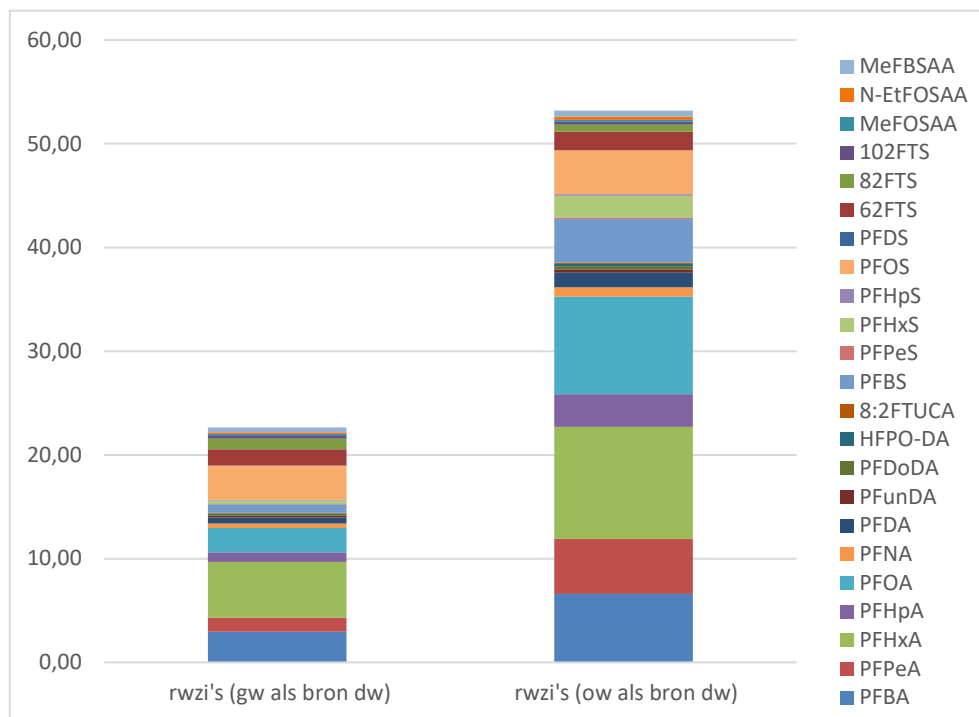
Wat in deze figuur opvalt is dat, ondanks de beperkte steekproef, binnen de groep van voornamelijk huishoudelijk belaste rwzi's een substantieel

verschil is te zien in de gemiddelde concentraties tussen rwzi's die grondwater of oppervlaktewater als bron voor drinkwater hebben, waarbij de concentraties in de laatste groep gemiddeld ongeveer 2 maal zo hoog zijn. Het lijkt dat een deel van de PFAS-belasting in afvalwater wordt bepaald door de bron van het drinkwater, een conclusie die ook werd getrokken in Derksen (2024). Daarnaast speelt bij rwzi Kralingseveer waarschijnlijk de grootte en de locatie van de rwzi een rol. Ondanks het feit dat rwzi Kralingseveer voornamelijk huishoudelijk afvalwater bevat kan, dankzij de grootte van de rwzi, de hoeveelheid industrieel afvalwater en diens gevolge de hoeveelheid industrieel PFAS relatief groot zijn. Daarnaast ligt rwzi Kralingseveer relatief dicht bij PFAS 'hotspot' Dordrecht, waardoor via atmosferische depositie de PFAS waarden verhoogd kunnen zijn, een fenomeen wat eerder ook voor andere rwzi's in Zuid-Holland is geconstateerd (Roex et al., 2020). Helaas was het niet mogelijk om per rwzi de concentraties PFAS uit dit rapport te vergelijken met de concentraties in de drinkwaterbron per rwzi, aangezien deze laatste gegevens beperkt beschikbaar zijn voor de rwzi's uit de steekproef in dit rapport. Vanwege de beperkte omvang van de steekproef is besloten om voor het vervolg van de analyses de voornamelijk huishoudelijk belaste rwzi's als een groep te beschouwen, en rwzi Kralingseveer vanwege bovenstaande redenen daarvan uit te sluiten.

Figuur 5 Extra emissie boven gemiddelde emissie per inwoner ($\mu\text{g}/24$ uur) voor de voornamelijk huishoudelijk belaste rwzi's



Figuur 6 Gemiddelde PFAS-concentraties (ng/L) in influent van rwzi's met grondwater (gw) of oppervlaktewater (ow) als bron van drinkwater (dw).



Figuur 7 laat een gemengd beeld zien. Een aantal rwzi's vertonen een vergelijkbaar patroon als de rwzi's in figuur 4, implicerend dat deze ook voornamelijk huishoudelijk belast worden. De rwzi's van Nijmegen en met name Enschede zijn hiervan de duidelijkste voorbeelden. De kans dat industriële lozingen een vergelijkbaar profiel hebben dan huishoudelijk afvalwater is gering. Meestal worden industriële lozingen gekenmerkt door één of enkel PFAS verbindingen.

Daarnaast zijn er rwzi's met een afwijkend beeld. Zo tonen de rwzi's van Amersfoort en Bath een verhoogde belasting ten opzichte van de gemiddelde voornamelijk huishoudelijk belaste rwzi zien. Voor rwzi Amersfoort geldt dat alleen voor PFBS, voor rwzi Bath geldt dat naast 6:2 FTS ook voor PFBA, PFPeA, PFHxA en PFBS. Rwzi Genemuiden toont een licht verhoogde belasting ten opzichte van huishoudelijk belast afvalwater. Deze verhoogde belasting wordt voornamelijk veroorzaakt door twee PFAS, namelijk PFBS en MeFBSAA. Deze laatste verbinding is tot nu toe weinig onderzocht in afvalwater. MeFBSAA wordt voornamelijk gebruikt in de papier- en tapijtindustrie als vuil- en waterafstotend middel en is tevens een precursor van PFBS⁹.

De rwzi van Nijverdal toont een gemengd beeld; in het monster van 29 september 2024 is een patroon te zien wat overeenkomt met voornamelijk huishoudelijk belast afvalwater. Op 13 september 2024 is een verhoogde belasting waar te nemen, veroorzaakt door een hogere concentratie van PFHxA. Dit is een afbraakproduct van andere PFAS, die worden gebruikt in vlekbestendige stoffen, voedselverpakkingen en tapijten. Daarnaast wordt het ook gebruikt voor de productie van

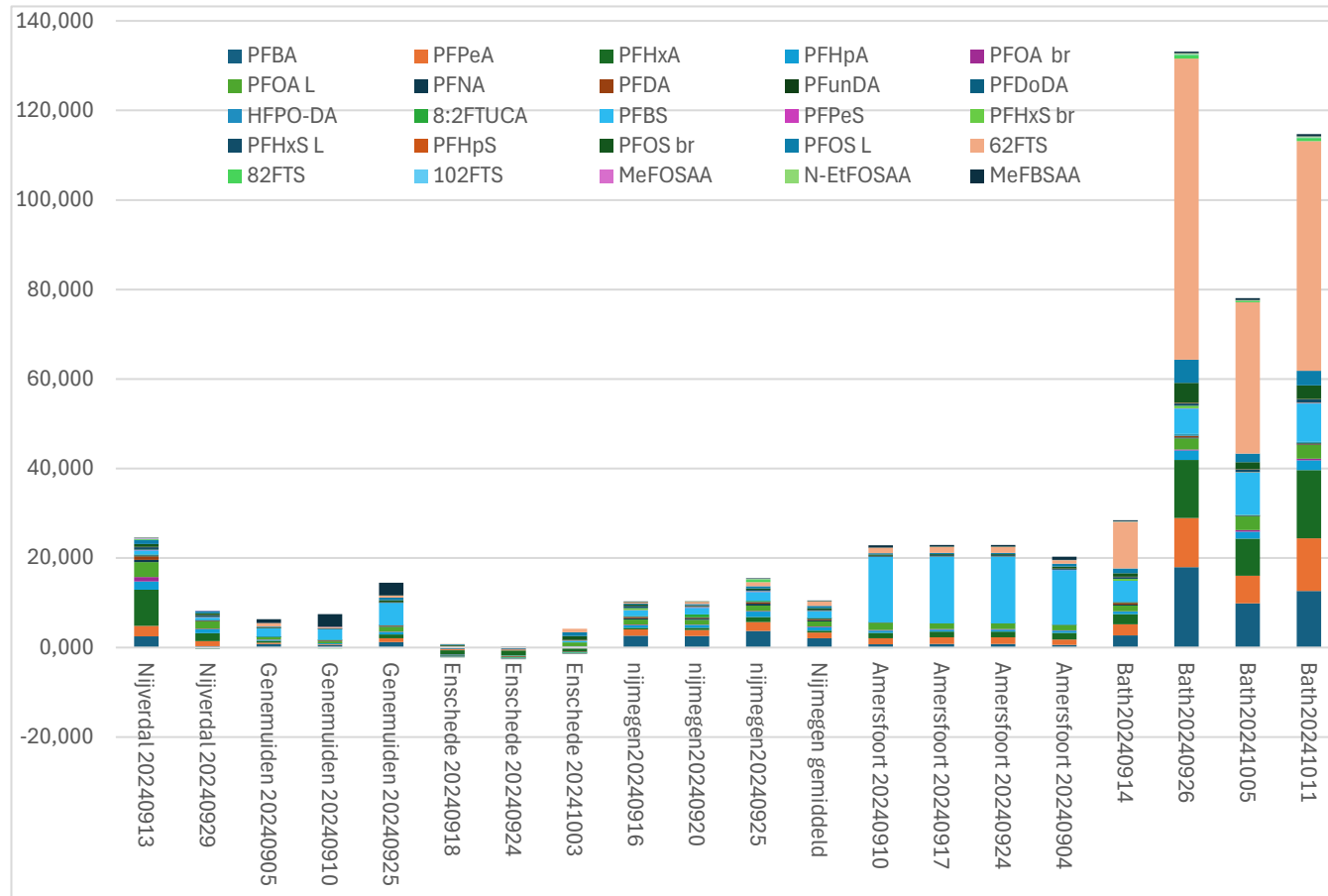
⁹ <https://www.chiron.no/en/documentation/newsletters/environmental/feature-product-mefbsaa/>

fotografische film en als vervanging voor perfluoralkylcarbonzuren (PFCA's) met langere ketens in consumentenproducten.¹⁰

¹⁰

[https://iris.epa.gov/Document/&deid=357314#:~:text=PFHxA%20is%20a%20breakdown%20product%20of%20other%20PFAS,chain%20perfluoroalkyl%20carboxylic%20acids%20\(PFCAs\)%20in%20consumer%20products.](https://iris.epa.gov/Document/&deid=357314#:~:text=PFHxA%20is%20a%20breakdown%20product%20of%20other%20PFAS,chain%20perfluoroalkyl%20carboxylic%20acids%20(PFCAs)%20in%20consumer%20products.)

Figuur 7 Extra emissie per inwoner boven gemiddelde huishoudelijke emissie ($\mu\text{g}/24$ uur) voor relatief hoog industrieel belaste rwzi's



4 Discussie

Monsternames en analyses

Uiteindelijk zijn 65 van de 68 geplande bemonsteringen succesvol uitgevoerd. De bestaande samenwerking tussen betrokken partijen binnen de NRS (waterschappen, waterschapslaboratoria en RIVM), samen met infrastructuur van monsternames maakt de NRS geschikt om dit soort bemonsteringscampagnes uit te voeren, met name als het gaat om analyses 'over de waterschappen' heen.

De analyses, die door de Vrije Universiteit Amsterdam zijn uitgevoerd waren zeer snel na bemonstering beschikbaar. Aanvullende vragen werden snel beantwoord, en in een uitzonderlijk geval, met een heranalyse geverifieerd. De rapportagegrenzen waren dermate laag dat de meest relevante PFAS-verbindingen in voldoende mate konden worden aangetoond. De lage rapportagegrenzen maken het mogelijk zeer nauwkeurig concentratieprofielen te construeren. Een aantal verbindingen die van tevoren als mogelijk relevant werden beschouwd zijn wel aangetroffen, maar in zulke lage concentraties dat ze niet onderscheidend genoeg waren. Hierbij gaat het met name om een aantal precursors, zoals N-MeFOSAA en N-EtFOSAA, mogelijk relevant voor industriële lozingen. Zoals eerder vermeld is TFA niet meegenomen in de analyses. Aangezien TFA met name een afbraakproduct van allerlei PFAS verbindingen is, zal inclusie van deze analyse de uitkomsten van deze pilot niet substantieel beïnvloeden.

Resultaten

In dit onderzoek is de huishoudelijke emissie van PFAS bepaald, en de veronderstelling gedaan dat dit overall gelijk is. Op basis van deze veronderstelling is het influent van de rwzi's met relatief veel industrieel afvalwater gecorrigeerd voor huishoudelijke emissie. Van de resterende hoeveelheid PFAS wordt verondersteld dat dit een industriële oorsprong heeft. Deze informatie is een handvat voor de ILT om bedrijven op te sporen die PFAS emitteren naar het afvalwater.

De resultaten laten zien dat het mogelijk is om met specifieke analyses op een breed pakket aan PFAS-verbindingen een onderscheid te maken tussen voornamelijk huishoudelijk belaste rwzi's én rwzi's met mogelijk additionele bronnen van PFAS. De verschillen tussen deze twee categorieën zijn zichtbaar op zowel totaalsom-niveau van PFAS, als voor sommige specifieke verbindingen, en zijn vergelijkbaar met het eerdere STOWA-onderzoek (Derksen en Baltussen, 2021).

Omdat PFAS een zeer grote en complexe groep van verbindingen betreft, is het van belang dat voor de analyses van de monsters hetzelfde analysepakket en bij voorkeur hetzelfde laboratorium worden gebruikt. Hierdoor kunnen de onderlinge monsters goed met elkaar vergeleken worden. Verder is ook enige bewerking van de analyseresultaten nodig:

- Zo is het noodzakelijk om de concentraties te corrigeren voor het debiet van de dag van monstername, waardoor de resultaten, uitgedrukt in PFAS-vrachten, onderling vergelijkbaar worden. Vrachtberekeningen op RWA-dagen lieten in bijna alle gevallen

een overschatting zien, en zijn daarom niet bruikbaar voor de analyses zoals toegepast in dit rapport.

- Om de invloed van huishoudelijk afvalwater te kunnen bepalen dient ook gecorrigeerd te worden voor het aantal aangesloten bewoners op de betreffende rwzi. Hierdoor kon vrij nauwkeurig een gemiddeld 'PFAS-inwonerequivalent' worden bepaald, gebaseerd op de resultaten van de voornamelijk huishoudelijk belaste rwzi's. Deze factor kon vervolgens worden gebruikt om per rwzi-monster de bijdrage van mogelijk additionele bronnen van PFAS in het influent te kunnen vaststellen.
- Het PFAS patroon in huishoudelijk afvalwater was vrij constant en vertoont grote gelijkens met het patroon wat is gevonden in drinkwater. Op basis van de huidige beperkte steekproef lijken er verschillen op te treden in met name het concentratieniveau van PFAS in huishoudelijk afvalwater. Inventariserend onderzoek laat zien dat de bron van het drinkwater hiervoor een mogelijke oorzaak kan zijn. De beperkte beschikbaarheid aan data liet het niet toe om deze hypothese in dit rapport verder te onderbouwen, hiervoor is aanvullend onderzoek nodig.

De bemonstering en analyse op alle rwzi's zijn meerdere keren uitgevoerd waardoor het mogelijk was de variatie in patroon binnen een rwzi door de tijd heen vast te stellen. Bij de meeste rwzi's trad deze variatie niet op. Bij sommige rwzi's waren echter duidelijk patroonvariaties te zien tussen monsternamedagen, mogelijk te wijten aan incidentele lozingen.

5 Conclusies

De in dit rapport gebruikte methode om op basis van inwonerequivalenten voor de verschillende PFAS-verbindingen de mogelijke herkomst van de aangetroffen hoeveelheid PFAS in het influent te kunnen bepalen, lijkt veelbelovend. Dit wordt met name veroorzaakt door het constante PFAS-patroon in huishoudelijk afvalwater binnen de groep van voornamelijk huishoudelijk belaste rwzi's, zowel tussen als binnen rwzi's. Gebaseerd op eerder verkregen meetresultaten aan drinkwater lijkt de oorsprong van het drinkwater (grond- of oppervlaktewater) een belangrijke rol te spelen.

Het onderzoek beschreven in dit rapport is uitgevoerd op 17 rwzi's, verdeeld over Nederland, waarvan 11 voornamelijk huishoudelijk belaste rwzi's en 6 rwzi's met relatief veel industrieel afvalwater. In dit onderzoek is gebleken dat het belangrijk is dat zowel de bemonstering als het analysepakket van de verschillende monsters vergelijkbaar zijn. Hierdoor is een goed vergelijk tussen de monsters mogelijk. Met de gekozen beperkte steekproefomvang blijkt dat, op basis van chemische analyses gecombineerd met additionele informatie over de rwzi's, voor een aantal rwzi's duidelijk additionele bronnen van PFAS aanwezig moeten zijn buiten het huishoudelijk afvalwater. Deze bevinding is in lijn met de voor dit onderzoek geformuleerde hypothese, die daarmee niet wordt verworpen. De bevindingen van een aantal rwzi's (Enschede, Nijmegen) wijzen erop dat het influent naast huishoudens geen PFAS bevat van additionele bronnen.

Ondanks de complexe matrix aanwezig in influent, lijkt het discriminerend vermogen van de metingen voldoende groot om voor een aantal rwzi's vervolgonderzoek uit te voeren. Aangezien dit rapport laat zien dat het om een verscheidenheid aan PFAS-verbindingen gaat die mogelijk afkomstig zijn van een additionele bron, kan hier ook een verscheidenheid aan bronnen en oorzaken aan ten grondslag liggen.

Aanbevelingen

Een vergelijking in PFAS-gehalten tussen rwzi's met verschillende bronnen van drinkwater impliceert dat drinkwater deels de aanwezigheid van PFAS in huishoudelijk afvalwater bepaalt. Dit verschil kan van belang zijn bij het verder onderzoeken van de aanwezigheid van mogelijke additionele bronnen op basis van PFAS-analyses in influent. In dit onderzoek is slechts een selecte steekproef aan rwzi's onderzocht met een ander doel. Uit additioneel onderzoek zou moeten blijken of de hypothese verder onderbouwd kan worden, met focus voor een balans in de verschillende bronnen van drinkwater aanwezig in de dataset. Voor dit onderzoek zouden in eerste instantie resultaten van recent uitgevoerde meetcampagnes van andere partijen (waterschappen, provincies, drinkwaterbedrijven) gebruikt kunnen worden. In een vervolgstap kunnen aanvullende analyses aan influenten essentiële informatie opleveren.

In het kader van dit onderzoek was het niet mogelijk om uitgebreid aandacht te besteden aan de aanwezigheid van precursors, ondanks het gegeven dat uit de literatuur naar voren komt dat deze een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de uiteindelijke PFAS-vracht op een rwzi. Uit de informatie verkregen van de laboratoria, behoren de meeste van deze verbindingen niet tot het standaardpakket aan PFAS-verbindingen. Hiervoor zijn 'dedicated' analyses vereist, die meer tijd en capaciteit van de laboratoria vragen. Ook is de TOP-assay in dit onderzoek niet toegepast. Kortgezegd kan met deze assay een vollediger beeld verkregen worden van de hoeveelheid precursors aanwezig in het influent. In een vervolgonderzoek zouden beide onderzoeksrichtingen, precursor-analyses en TOP-assay, ingezet kunnen worden om op deze manier hun meerwaarde aan te tonen. Hierbij is het verstandig om vast te blijven houden aan de indeling in twee groepen van rwzi's.

Dit onderzoek geeft een indicatie dat in het influent PFAS aanwezig is afkomstig van additionele (niet-huishoudelijke) bronnen, zoals indirecte industriële lozers. Het betreft hierbij meerdere verschillende verbindingen die duiden op een additionele bron. Hemelwater, gevolgd door afspoeling vanaf verhardingen, als bron is in dit onderzoek zoveel mogelijk uitgesloten. Om de mogelijke oorzaak van additionele bronnen op te sporen is aanvullend onderzoek naar deze bronnen nodig. Dit zou kunnen bestaan uit aanvullende analyses in het rioolstelsel (de keten omhoog), of een inventarisatie van de bedrijfsactiviteiten en bijbehorende processen, lozend op het riool (de keten naar beneden), dan wel een combinatie van beide.

Dankbetuiging

Dit onderzoek was niet tot stand gekomen zonder de inzet van de betrokken waterschappen en waterschapslaboratoria bij de monsternames. Tevens wordt Jacco Koekoek van de Vrije Universiteit bedankt voor de snelle en zorgvuldige PFAS analyses van de genomen monsters. Marcel Broekman van het RIVM, Guido van der Meij en Chris Thijssen (beiden ILT) zijn veel dank verschuldigd bij het meedenken over de onderzoeksopzet en de interpretatie van de resultaten. Julia Hartmann en Monique van de Aa van het RIVM hebben geholpen bij de interpretatie van de PFAS-resultaten in relatie tot drinkwaterbronnen. Ten slotte zijn wij de leden van de ad-hoc expertgroep en Joke Herremans van het RIVM zeer erkentelijk voor hun commentaar en aanvullingen op de conceptrapportage.

Literatuur

Derksen, A en J. Baltussen (2021) PFAS in influent, effluent en zuiveringsslib. Resultaten van een meetcampagne op acht rwzi's. STOWA rapport 2021-46.

Derksen, A. (2024) PFAS in effluent van rwzi's. Resultaten van een meetcampagne bij alle rwzi's binnen het beheergebied van waterschap Scheldestromen.

Emke, E., T. Pronk, Y. Boudguiyer, D. Vughs, C. Kooijman, M. van der Kooi, S. Kools (2023) Influenten en effluenten in de Provincie Utrecht. Chemische screening van alle rioolwaterzuiveringen. KWR-rapport 2023.070.

Jans, A.C.H., R.P.M. Berbee (2020) Bronnen van PFAS voor het Nederlandse oppervlaktewater. RWS-rapport.

Jonker, M.T.O. (2024). PFAS-bronnen in Nederland. Bronnenonderzoek op basis van monitoringdata. Institute for Risk Assessment Sciences, Universiteit Utrecht.

Jans, A.C.H., B. Rutten (2021) Aanvullend onderzoek naar PFAS in afvalwaterlozingen. Vervolgonderzoek op het RWS-rapport 'Bronnen van PFAS voor het Nederlandse oppervlaktewater'. RWS-rapport.

Joseph, N.T., T. Schwichtenberg, D. Cao, G.D. Jones, A.E. Rodowa, M.A. Barlaz, J.A. Charbonnet, C.P. Higgins, J.A. Field, D.E. Helbling (2023) Target and Suspect Screening Integrated with Machine Learning to Discover Per- and Polyfluoroalkyl Substance Source Fingerprints *Environmental Science & Technology* 2023 57 (38), 14351-14362.

Roex, E., N. van Duijnhoven, R. van der Meijracker, J. van Gils, A. Derksen (2020) De WATSON database brengt emissieroutes van microverontreinigingen in water beter in beeld. Water Matters, juni 2020.

Schepens, M.A.A., J.D. te Biesebeek, J. Hartmann, N.G.F.M. van der Aa, R. Zijlstra, P.E. Boon (2023) Risk assessment of exposure to PFAS through food and drinking water in the Netherlands. RIVM report 2023-0011.

STOWA (2020) Microverontreinigingen in afstromende neerslag. Resultaten op basis van influentmetingen en fingerprinting. STOWA rapport 2020-04.

STOWA (2021) Literatuuronderzoek naar bronnen en gedrag van PFAS in afvalwater. STOWA rapport 2021-47.

STOWA (2023) Robuuste bemonsteringsmethode voor rwzi's om verwijderingsrendementen van organische microverontreinigingen te bepalen. STOWA rapport 2023-045.

Thompson, J.T., B. Chen, J.A. Bowden, T.G. Townsend (2023) Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Toilet Paper and the Impact on Wastewater Systems. *Environmental Science & Technology Letters* 10 (3), 234-239.

Afkortingenlijst

DWA	Droogweerafvoer
i.e.	Inwonerequivalent
NRS	Nationale Rioolwatersurveillance
PFAS	Per- en polyfluoralkylstoffen
RG	Rapportagegrens
RWA	Regenwaterafvoer
rwzi	rioolwaterzuiveringsinstallatie
STOWA	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
TFA	Trifluorazijnzuur
v.e.	vervuilingseenheid
ZZS	Zeer Zorgwekkende Stoffen

Bijlage 1 Analyseresultaten per monster (ng/L)

	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	br-PFOA	I-PFOA	PFNA	PFDA	PFuDA	PFDoDA	HFPO-DA	8:2 FTUCA	PFBS	PFPeS	br-PFHxS	I-PFHxS	PFHpS	br-PFOS	I-PFOS	6:2 FTS	8:2 FTS	10:2 FTS	N-MeFOSAA	N-EtFOSAA	MeFBSAA
Steenwijk 0910	3,2	1,3	7,2	1,3	0,2	4	1	1,9	0,4	0,6	0,08	<0,1	0,8	<0,05	<0,05	0,2	<0,05	0,6	0,9	1,4	0,5	0,3	0,3	0,2	0,8
Steenwijk 0917	2	1,3	5,2	0,8	0,2	2,4	0,4	0,5	0,1	0,2	<0,05	<0,1	0,7	<0,05	<0,05	0,2	<0,05	0,6	1	1,3	0,5	0,2	0,1	0,2	0,6
Steenwijk 0920	2,2	1,2	5,2	0,7	0,2	2,3	0,4	0,5	0,1	0,2	<0,05	<0,1	0,7	<0,05	<0,05	0,2	<0,05	0,6	1	1,4	0,8	0,5	0,2	0,3	0,7
Steenwijk 0923	1,8	1,2	5,8	0,6	0,2	2,2	0,4	0,5	0,2	0,2	<0,05	<0,1	0,7	<0,05	0,09	0,2	0,09	0,6	0,8	1,2	0,7	0,3	0,2	0,2	0,8
Ter Apel 0904	6,8	1,6	6,1	1,3	0,1	3,4	1,1	1,3	0,4	0,4	0,1	<0,1	0,4	<0,05	<0,05	0,2	<0,05	0,5	0,9	1,7	0,4	0,3	0,2	0,2	0,6
Ter Apel 0921	1,6	1,6	3,7	0,9	0,1	4,2	1	1,5	0,2	0,4	<0,05	<0,1	0,5	<0,05	<0,05	0,2	<0,05	0,4	0,6	1,3	14	2,3	0,1	0,1	0,3
Ter Apel 0924	0,9	1,1	4,5	0,5	0,1	1,7	0,7	0,5	0,1	0,1	<0,05	<0,1	0,4	<0,05	0,3	0,1	<0,05	0,4	0,5	0,9	1,3	0,4	0,07	0,1	0,3
Ter Apel 1002	1,4	0,9	3,4	0,7	<0,1	1,9	0,6	0,9	0,2	0,3	0,6	<0,1	0,5	<0,05	<0,06	0,3	<0,05	1,8	3,2	3,7	0,4	0,1	0,09	0,1	0,2
Gieten 0905	3,1	1,2	6	1,5	<0,1	2,1	0,6	0,8	0,3	0,2	<0,05	<0,1	0,9	<0,05	0,2	0,2	<0,05	0,5	0,8	1,4	0,3	0,1	0,1	0,3	0,5
Gieten 0909	1,7	1,2	6,5	1,2	0,1	1,5	0,3	0,6	0,1	0,2	<0,05	<0,1	0,6	<0,05	0,3	0,2	<0,05	0,4	0,6	1,9	0,6	0,2	0,2	0,3	0,6
Gieten 0917	2,3	3,3	13	2,1	0,1	1,6	0,3	0,4	0,1	0,2	<0,05	<0,1	0,6	<0,05	<0,05	0,1	<0,05	0,5	0,6	0,9	0,9	0,3	0,1	0,3	0,5
Gieten 0929	1,5	1	3,7	1,1	<0,1	1,7	0,5	0,7	0,2	0,2	<0,05	<0,1	0,6	<0,05	<0,05	0,2	<0,05	0,7	0,7	0,7	0,5	0,4	0,1	0,1	0,4
Bellingwolde 0904	6,6	1,7	8,8	1,3	0,2	3,5	0,7	1,6	0,2	0,3	0,08	<0,1	1,2	<0,05	<0,05	0,3	0,05	0,9	0,9	1,4	5,3	2,4	0,2	0,2	0,6
Bellingwolde 0909	2,3	1,3	4,6	0,6	0,2	2,2	0,2	0,4	0,1	0,2	<0,05	<0,1	1	<0,05	<0,05	0,2	<0,05	0,7	0,7	0,5	0,6	0,7	0,2	0,2	0,6
Veendam 0906	7,4	3,2	12	3	0,4	4,4	0,9	1	0,2	0,2	0,1	<0,1	1,9	<0,05	0,2	0,9	0,06	1,4	2,3	2,5	0,3	0,1	0,1	0,2	0,7
Veendam 0909	4,8	3,2	13	3,6	0,4	4,8	0,5	0,7	0,2	0,2	0,1	<0,1	1,9	<0,05	0,3	0,7	0,08	1,7	2,4	3,8	0,4	0,1	0,1	0,2	1
Veendam 0917	4	2,2	6,4	1,4	0,4	3,7	0,4	0,5	0,2	0,2	<0,05	<0,1	1,9	<0,05	0,2	0,7	<0,05	1,6	2,3	1,6	0,3	0,1	0,2	0,2	0,8

	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	br-PFOA	I-PFOA	PFNA	PFDA	PFunda	PFDODA	HFPO-DA	8:2FTUCA	PFBS	PFPeS	br-PFHXS	I-PFHXS	PFHPS	br-PFOS	I-PFOS	6:2FTS	8:2FTS	10:2FTS	MeFOSAA	N-EFOSAA	MeBSAA
Veendam 0929	2,7	2,5	5,4	1,7	0,4	3,8	0,6	0,8	0,2	0,1	<0.05	<0,1	1,8	<0,05	0,3	1,3	0,3	3	5	4,2	0,4	<0,1	0,1	0,1	0,5
Stadskanaal 0903	8,5	2,3	11	3,9	0,2	7,6	2,8	2,8	0,5	0,5	0,1	<0,1	0,6	<0,05	<0,05	0,2	<0,05	0,9	1,7	3,4	0,3	0,1	0,1	0,3	0,6
Stadskanaal 0909	2,7	1,6	4,9	0,9	0,2	2,1	0,6	0,6	0,3	0,3	<0.05	<0,1	1,1	<0,05	<0,05	0,4	<0,05	1	1,6	1,8	0,2	0,1	0,1	0,4	0,6
Stadskanaal 0918	1,4	1,4	4,4	0,9	0,2	2,3	0,4	0,4	0,1	0,1	<0.05	<0,1	0,9	<0,05	<0,05	0,4	0,06	0,8	1,1	4,4	0,2	0,1	0,1	0,3	0,5
Stadskanaal 0925	2	1,4	4,6	0,8	0,1	2	0,5	0,5	0,2	0,2	<0.05	<0,1	0,8	<0,05	<0,05	0,3	0,1	0,8	1,1	2,5	0,3	0,1	0,09	0,2	0,7
Bennekom 0904	2,9	1,6	11	1	0,3	3,3	0,4	0,9	0,1	0,2	0,07	<0,1	1,2	<0,05	<0,05	0,2	<0,05	0,5	0,7	0,9	0,4	0,2	0,2	0,2	0,7
Bennekom 0917	3,8	1,6	6,3	0,7	0,4	3	0,2	0,4	0,1	0,1	<0.05	<0,1	1,2	<0,05	<0,05	0,2	0,08	0,6	0,6	1	0,4	0,2	0,2	0,2	0,5
Bennekom 0924	2,2	1,4	5,6	1,2	0,3	3,7	0,9	2,1	0,5	0,5	<0.05	<0,1	1,1	<0,05	<0,05	0,2	0,1	0,8	1,3	0,9	0,4	0,2	0,2	0,1	0,6
Bennekom 1003	2,4	1,7	3,7	1	0,4	3,7	0,6	0,4	0,1	0,1	0,2	<0,1	1,7	<0,05	<0,05	0,3	<0,05	0,6	0,6	0,6	0,3	0,1	0,1	0,2	0,4
Wieringermeer0904	7,8	4,5	12	1,9	0,3	3,6	0,6	1,1	0,3	0,4	0,1	<0,1	2,1	<0,05	0,08	0,3	0,09	0,4	0,7	1,7	0,6	0,2	0,2	0,3	0,7
Wieringermeer0910	7,6	4,2	10	2,1	0,3	3,9	0,8	1,2	0,4	0,4	0,1	<0,1	2	<0,05	0,1	0,2	0,05	0,4	0,5	1,2	1,8	0,6	0,2	0,3	0,8
Wieringermeer0920	6,3	4,5	8,3	1,6	0,3	2,8	0,5	0,8	0,2	0,2	0,09	<0,1	2,1	<0,05	0,1	0,2	<0,05	0,8	1,3	2,1	1,7	0,7	0,2	0,3	0,4
Wieringermeer0924	6,3	4,8	12	2,2	0,2	3,9	1	2,2	0,6	0,6	0,1	<0,1	1,7	<0,05	0,08	0,2	0,1	0,7	1,4	1,1	0,9	0,6	0,3	0,6	0,6
Wieringen 0910	5,1	4,7	13	3	0,8	9,4	0,9	3,8	0,2	0,5	0,1	<0,1	3	<0,05	0,2	1,6	0,2	2,7	4,1	1,5	0,5	0,2	0,2	0,6	0,6
Wieringen 0904	5,6	3,5	15	2,5	0,4	6,9	1,1	1,8	0,4	0,4	0,3	<0,1	2,5	<0,05	0,2	1,3	0,2	1,6	2,4	2	0,5	0,3	0,2	0,2	0,6
Wieringen 0920	6	4,7	8,9	2,5	0,9	7,8	0,6	0,7	0,1	0,1	0,07	<0,1	3,8	<0,05	0,4	2,1	0,2	2,9	4	0,9	0,3	<0,1	0,05	0,3	0,5
Wieringen 0924	6,5	4,3	12	2,9	0,8	9	0,8	1,2	0,2	0,3	0,1	<0,1	3	<0,05	0,3	1,7	0,2	2,5	3,4	1,2	0,5	0,2	0,1	0,3	0,6
Assen 0905	8,7	3	9,4	1,7	0,2	4,2	0,8	1,1	0,2	0,3	0,05	<0,1	1,7	<0,05	0,2	0,6	0,09	3	5,1	4,4	0,4	0,2	0,1	0,2	0,7
Assen 0909	7,1	2,7	10	1,5	0,2	3,8	0,6	0,6	0,2	0,2	<0.05	<0,1	1,5	<0,05	0,2	0,7	0,1	14	24	8,7	0,5	0,4	0,1	0,2	0,7
Assen 0917	200	2,6	13	1,1	0,2	2,8	0,6	1,6	0,5	0,6	<0.05	<0,1	1,4	<0,05	0,2	0,5	0,07	4,8	8,6	4,1	1,4	0,8	0,4	0,8	0,8

	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	br-PFOA	I-PFOA	PFNA	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	HFPO-DA	8:2FTUCA	PFBS	PFPeS	br-PFHxS	I-PFHxS	PFHpS	br-PFOS	I-PFOS	6:2FTS	8:2FTS	10:2FTS	MeFOSAA	N-EFOSAA	MeFSAA
Assen 0930	1,9	2,6	5,7	1,8	0,2	4,6	0,7	0,7	0,2	0,2	<0.05	<0,1	1,6	<0,05	0,2	0,6	0,07	2,5	3,4	2,7	0,4	0,2	0,1	0,2	0,6
Kralingseveer0910	6,4	6,1	8,7	4,1	0,9	11	1	1,4	0,3	0,3	0,5	>0,1	9,3	0,2	0,5	2,5	0,1	5,4	6,9	2,4	0,3	0,3	0,2	0,4	0,7
Kralingseveer0916	7,7	7,5	9,7	4,9	1	14	1,2	1	0,2	0,2	0,5	<0,1	5,2	0,3	1,8	4,1	0,2	7,2	8,7	2,2	0,5	0,2	0,1	0,2	0,5
Kralingseveer0917	6,9	6,7	8,7	4,6	1,2	14	0,8	1	0,1	0,1	0,5	<0,1	10	0,4	0,8	2,8	0,2	5,8	8,5	2,3	0,2	0,1	0,09	0,3	0,4
Kralingseveer1004	7,1	8,2	11	5,5	1,6	18	1,4	1,3	0,2	0,2	0,4	<0,1	5,8	0,4	0,4	3,3	0,2	6,7	9,1	2,8	0,2	<0,1	0,1	0,2	0,4
Nijverdal 0904	15	15	53	9,2	0,6	15	2,5	3,4	0,5	0,4	0,1	0,2	3,7	0,5	0,2	1,9	0,2	2,7	4,2	5,2	1,5	0,4	0,7	0,2	0,9
Nijverdal 0913	8	6,9	24	5,3	2,7	10	1,5	2,3	0,6	0,6	0,05	0,1	2,9	0,3	0,2	1,7	0,2	2,1	3	0,9	0,8	0,4	0,4	0,3	0,4
Nijverdal 0921	4,2	5,5	15	5	0,9	12	1,1	1	0,2	0,3	<0.05	<0,1	4,1	0,5	0,4	2,3	0,2	1,9	2,2	0,9	0,5	0,3	0,2	0,2	0,4
Nijverdal 0929	5,3	8,1	17	6	1	12	1,4	1,5	0,4	0,3	0,05	<0,1	4,2	0,5	0,4	2,5	0,2	3,4	4,2	1	0,4	0,4	0,4	0,2	0,4
Genemuiden 0905	8,8	4,4	11	3	0,6	7,2	1	1,1	0,3	0,3	0,1	<0,1	13	<0,05	0,2	0,9	0,1	2,2	2,7	6,5	0,7	0,3	0,1	0,1	5,8
Genemuiden 0910	7,3	3,2	7,6	2,5	0,4	5,9	1,2	1,9	0,5	0,6	0,1	<0,1	15	0,1	0,08	0,6	0,09	1,6	2,3	3,6	0,4	0,2	0,2	0,2	17
Genemuiden 0913	8,2	5,7	9,8	3,8	0,5	7,4	1,3	1,4	0,3	0,3	0,1	<0,1	23	0,2	0,2	1	0,1	2,7	3,6	3,7	0,6	0,1	0,1	0,1	13
Genemuiden 0925	8	4,1	9	2,6	0,4	5,9	1	1	0,3	0,3	0,1	<0,1	10	<0,05	0,2	0,9	0,1	1,9	2,3	4,1	0,4	0,2	0,1	0,7	3,1
Enschede 0918	4,5	4,1	7,8	3,6	1,8	15	0,5	0,6	0,2	0,3	0,07	<0,1	3,9	0,7	0,5	3,3	0,4	6,3	8,5	7,1	0,7	0,2	<0,05	0,2	0,4
Enschede 0924	4,5	4,2	7,6	3,2	1,6	12	0,6	0,6	0,1	0,2	0,09	<0,1	3,8	0,6	0,5	2,8	0,3	5,2	6,6	7,7	0,4	0,1	<0,05	0,6	0,4
Enschede 1003	5,8	6,5	9,2	5,1	1,7	18	0,8	0,8	0,1	0,2	0,09	<0,1	7,4	0,9	0,5	3,2	0,4	13	14	14	0,3	0,1	0,08	0,2	0,3
Nijmegen 0909	13	7,9	8,5	5	0,9	8,5	1,8	1,9	0,9	0,5	0,4	<0,1	8,2	0,3	0,2	1,5	0,2	2,6	3,7	6,3	0,6	0,3	0,1	0,4	1,1
Nijmegen 0916	17	9,1	9	4,4	0,8	9	2,2	2,2	0,7	0,5	0,4	<0,1	7,9	0,3	2,1	3,3	0,07	2,2	2,5	3,6	0,5	0,3	0,07	0,4	1
Nijmegen 0920	16	8,8	9,3	4,4	0,7	8,5	1,8	1,9	<0,05	0,3	0,3	3,3	8,8	0,5	0,6	1,4	0,08	1,9	2,8	3,9	0,5	0,2	0,06	0,4	0,9
Nijmegen 0925	17	9,6	9,8	5,7	0,7	7,3	2,1	2	<0,05	0,4	0,3	0,9	8,7	0,4	0,4	1,4	0,1	2	3,1	4,8	2,4	0,6	0,1	0,8	1

	PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	br-PFOA	I-PFOA	PFNA	PFDA	PFuDA	PFDoDA	HFPO-DA	8:2FTUCA	PFBS	PFPeS	br-PFHxS	I-PFHxS	PFHPS	br-PFOS	I-PFOS	6:2FTS	8:2FTS	10:2FTS	MeFOSAA	N-EFOSAA	MeFSAA
Amersfoort 0904	7,4	11	19	4,2	1,1	11	0,9	0,8	0,2	0,2	0,1	<0,1	77	0,4	0,3	1,9	0,2	2,2	2,5	11	0,6	0,3	0,3	0,4	6,5
Amersfoort 0910	6,9	9,1	16	3,9	1	10	0,8	0,9	0,2	0,2	0,2	<0,1	69	0,3	0,3	2	0,2	3,3	5,2	6,2	0,7	0,3	0,2	0,4	4,7
Amersfoort 0917	8,5	11	16	4,7	1,4	14	0,8	0,7	0,2	0,2	0,1	<0,1	92	0,5	0,2	1,8	0,2	2,8	3,3	10	0,6	0,2	0,2	0,3	3,9
Amersfoort 0924	9,5	12	17	4,8	1,3	12	0,7	0,8	0,1	0,2	0,1	<0,1	97	0,5	0,4	2	0,2	2,8	3,4	11	1	0,4	0,2	0,4	3,1
Bath 0914	11	9,4	12	2,8	0,4	6,2	1	1,8	0,5	0,4	0,3	<0,1	16	0,08	1,5	1,7	0,1	3,3	4,3	35	0,8	0,2	0,2	0,3	1
Bath 0926	44	27	34	5,7	0,7	7,3	0,7	1,1	0,3	0,3	0,7	<0,1	14	0,3	1,4	1,4	0,3	11	13	160	2,3	0,4	0,2	0,6	1
Bath 1005	37	23	34	6,5	1,3	13	0,7	0,8	0,2	0,3	0,4	<0,1	34	0,4	0,3	2,2	0,3	6,2	7,6	120	1,3	0,2	0,3	0,9	1,8
Bath 1011	36	33	45	6,8	1	10	0,7	0,9	0,3	0,3	0,6	<0,1	24	0,3	0,3	2,1	0,3	8,7	9,7	140	2,1	0,5	0,3	0,7	1,5

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

mei 2025

De zorg voor morgen
begint vandaag