



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

PFAS-onderzoeksprogramma

RIVM

Inventarisatie beschikbare informatie en afbakening onderzoek

PFAS-onderzoeksprogramma RIVM
Inventarisatie beschikbare informatie en afbakening
onderzoek

RIVM-briefrapport 2024-0104

Colofon

© RIVM 2024

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-2024-0104

A. Bulder (auteur), RIVM
M. van der Aa (auteur), RIVM
F. Affourtit (auteur), RIVM
M. Bakker (auteur), RIVM
W. Bil (auteur), RIVM
B. Bokkers (auteur), RIVM
P. Boon (auteur), RIVM
J. Hartmann (auteur), RIVM
M. Mengelers (auteur), RIVM
M. Montforts (auteur), RIVM
F. Naus (auteur), RIVM
R. Nederlof (auteur), RIVM
M. Sanders (auteur), RIVM
S. van Wijk (auteur), RIVM
A. Wintersen (auteur), RIVM
L. de Wit (auteur), RIVM

Contact:
Astrid Bulder
Chemische voedselveiligheid
astrid.bulder@rivm.nl

Dit onderzoek werd binnen verricht in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, het ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport en het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur binnen Programma 53 PFAS.

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

Publiekssamenvatting

PFAS-onderzoeksprogramma RIVM

Inventarisatie beschikbare informatie en afbakening onderzoek

De Nederlandse bevolking krijgt op verschillende manieren PFAS binnen, vanuit voedsel en drinkwater maar ook via andere routes. Het RIVM onderzoekt hoe dit verlaagd kan worden. Hiervoor bepalen we hoe hoog de blootstelling nu is in Nederland en wat hier de bronnen van zijn. Op basis van deze kennis zal bepaald worden welke kansrijke mogelijkheden er zijn voor aanvullende maatregelen.

De eerste fase van het onderzoek is nu afgerond. Hierin is geïnventariseerd welke informatie over de bronnen en omvang van blootstelling er al is en welk onderzoek nog nodig is. Zo weten we nu beter wat de PFAS inname via voedsel en drinkwater is, maar blijkt ook dat veel nog onbekend is.

Er bestaat nog geen beeld van de hoeveelheid PFAS die mensen in Nederland in hun lichaam hebben. Daarom gaan we bestaande bloedmonsters onderzoeken. We onderzoeken daarbij of het mogelijk is deze monsters aan te vullen met recente monsters. We nemen daarbij extra bloedmonsters mee uit de regio's rondom Chemours en de Westerschelde. Ook onderzoeken we bestaande monsters moedermelk. Er zijn veel gegevens beschikbaar over PFAS in verschillende onderdelen van het Nederlandse milieu, zoals in bodem en oppervlaktewater. Daaruit blijkt dat we nog niet weten hoe PFAS in de bodem zich naar diepere lagen en naar het grondwater verplaatst. Drinkwater dat van oppervlaktewater is gemaakt geeft nu meer PFAS blootstelling dan drinkwater van grondwater. Het RIVM start bodemonderzoek of dat door 'zakkende' PFAS in de loop der tijd gaat veranderen.

Verder gaat het RIVM uitzoeken hoe PFAS-verbindingen zich in mens en milieu gedragen en hoe deze inzichten kunnen worden gebruikt in de risicobeoordeling. Hiervoor werken we internationaal samen, bijvoorbeeld met de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO).

Er is een eerste inventarisatie gemaakt van kansrijke aanvullende maatregelen om de blootstelling aan PFAS te verminderen. Deze inventarisatie zal met het opdoen van nieuwe kennis gedurende het programma aangevuld worden. Het onderzoek richt zich verder op het in beeld brengen van de (kosten-)effectiviteit van geselecteerde maatregelen.

Het onderzoeksprogramma duurt tot 2026. Tussentijds wisselen we op verschillende manieren informatie uit over het onderzoek en nieuwe ontwikkelingen en inzichten, zoals via bijeenkomsten met belanghebbenden.

Kernwoorden: PFAS, onderzoek, blootstelling, bronnen, milieu, humane biomonitoring, maatregelen, precursoren, mengseltoxiciteit, risicobeoordeling

Synopsis

RIVM PFAS research programme

Inventory of available information and defining the research scope

The Dutch population is exposed to PFAS through various means, including food, drinking water and other routes. RIVM is investigating ways to reduce this exposure. To achieve this, we are assessing current exposure levels in the Netherlands and identifying the sources. Based on this knowledge, we will determine the most promising options for additional measures.

The first phase of the research has now been completed. In this phase, we compiled existing information on the sources and extent of exposure and identified areas where further research is needed. We now have a better understanding of PFAS intake through food and drinking water, but much remains unknown.

There is currently no clear picture of the amount of PFAS present in the bodies of people in the Netherlands. Therefore, we are examining existing blood samples. We are researching whether it is possible to supplement these samples with recent samples. We will include additional blood samples from regions around Chemours and the Westerschelde. We are also analysing existing breast milk samples. A wealth of data is available on PFAS levels in various parts of the Dutch environment, such as soil and surface water. However, it remains unclear how PFAS moves from the soil to deeper layers and into groundwater. At present, drinking water sourced from surface water results in higher PFAS exposure than drinking water sourced from groundwater. RIVM is initiating soil research to determine whether this might change over time due to PFAS 'settling'.

Additionally, RIVM will investigate how PFAS compounds behave in humans and the environment, and how this knowledge can be applied to risk assessment. For this, we are collaborating internationally, for example with the World Health Organization (WHO).

An initial inventory of promising additional measures to reduce PFAS exposure has been made. This inventory will be updated as new knowledge is gained throughout the programme. The research will also focus on assessing the (cost-)effectiveness of selected measures. The research programme will run until 2026. Throughout this period, we will share information about the research, new developments and insights in various ways, such as through meetings with stakeholders.

Keywords: PFAS, research, exposure, sources, environment, humane biomonitoring, measures, precursors, mixture toxicity, risk assessment

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

| | |
|----------|--|
| 1 | Afbakening van het PFAS-onderzoeksprogramma — 15 |
| 1.1 | De beleidsopgave en de opdracht aan het RIVM — 15 |
| 1.2 | Opbouw en doel van dit rapport — 15 |
| 2 | Hoofdpijnen van het PFAS-onderzoeksprogramma — 17 |
| 2.1 | De inhoudelijke opbouw — 17 |
| 2.2 | De organisatorische opbouw — 19 |
| 2.3 | Gerelateerd onderzoek — 19 |
| 2.4 | Landelijk beeld en de regio — 19 |
| 3 | Afbakening thema A – Actuele blootstelling — 21 |
| 3.1 | A1 – Actualisatie PFAS-innameberekeningen via voedsel en drinkwater — 21 |
| 3.2 | A2 – Actualisatie PFAS-gehalten in drinkwater — 23 |
| 3.3 | A3 – Actualisatie bodem-gewasrelatie en humane risicogrenzen bodem Wonen met (moes)tuin — 24 |
| 3.4 | A4 – Actualisatie (methodiek) landbouwriscogrenzen — 25 |
| 3.5 | A5 – Overige bronnen van blootstelling van de mens — 25 |
| 3.6 | A6 – Emissies naar milieu — 27 |
| 3.7 | A7 – Blootstelling integratie — 27 |
| 4 | Afbakening thema C1 Milieumonitoring — 29 |
| 4.1 | Inleiding — 29 |
| 4.2 | Overzicht over metingen van PFAS in het milieu — 29 |
| 4.3 | Toelichting per compartiment — 30 |
| 4.4 | Onderzoeksvorstel: Grip op PFAS onderweg van bodem naar drinkwater — 33 |
| 5 | Afbakening thema C2 – Humane biomonitoring — 37 |
| 5.1 | Doel van de humane biomonitoringstudie onder de Nederlandse bevolking — 37 |
| 5.2 | Selectie van PFAS en biologische matrices — 38 |
| 5.2.1 | Selectie van relevante PFAS — 38 |
| 5.2.2 | Selectie van relevante biologische matrices — 38 |
| 5.2.3 | Samenvattend — 39 |
| 5.3 | Inventarisatie van bestaande cohorten en biobanken — 39 |
| 5.3.1 | Criteria voor cohorten en biobanken — 40 |
| 5.3.2 | Cohorten/biobanken voor monsters van veneus serum — 41 |
| 5.3.3 | Cohorten/biobanken voor moedermelk — 42 |
| 5.3.4 | Cohorten/biobanken voor urine — 43 |
| 5.4 | Andere mogelijkheden — 43 |
| 5.4.1 | Aansluiten bij monsterwerving Sanquin — 43 |
| 5.4.2 | Samenvattend — 45 |
| 5.5 | Aandacht voor de regio — 45 |
| 5.6 | Keuze laboratoria — 46 |
| 5.7 | Conclusie — 46 |
| 5.8 | Afbakening — 47 |
| 5.9 | Relatie met andere thema's — 48 |

6 Afbakening thema D – Kennisbasis – 49

- 6.1 Proces scopingfase – 49
- 6.2 Deelproject precursoren – 50
 - 6.2.1 Kennishiaat – 50
 - 6.2.2 Waarom belangrijk voor het PFAS-onderzoeksprogramma? – 50
 - 6.2.3 Verwacht projectresultaat – 50
- 6.3 Deelproject mengselrisicobeoordeling PFAS – 51
 - 6.3.1 Kennishiaat – 51
 - 6.3.2 Waarom belangrijk voor het PFAS-onderzoeksprogramma? – 51
 - 6.3.3 Verwacht projectresultaat – 52
- 6.4 Deelproject PBK-modellering – 53
 - 6.4.1 Kennishiaat – 53
 - 6.4.2 Waarom belangrijk voor het PFAS-onderzoeksprogramma? – 53
 - 6.4.3 Verwacht projectresultaat – 53

7 Afbakening thema B – Kansrijke maatregelen – 55

- 7.1 Out-of-scope – 57
- 7.2 Signalen van belanghebbenden – 58
- 7.3 De planning van het thema Kansrijke maatregelen – 60

8 Afbakening thema E – Governance, communicatie en coördinatie – 61

- 8.1 Overleg en afstemming binnen en tussen overheden nationaal – 61
- 8.2 Publieks- en belanghebbendencommunicatie – 61
- 8.3 Internationaal – 62
- 8.4 Communicatie over PFAS buiten het PFAS-onderzoeksprogramma – 63

Literatuur – 65

Bijlage 1 PFAS in milieu (thema C1). Resultaten inventarisatie milieuonderzoeken. – 71

Bijlage 2 Onderzoeksvoorstel thema C1: Grip op PFAS onderweg van bodem naar drinkwater – 110

Bijlage 3 Afbakening thema C2: humane biomonitoring – 119

Samenvatting

Doel van het PFAS-onderzoeksprogramma

Het PFAS-onderzoeksprogramma, dat het RIVM uitvoert in opdracht van de ministeries IenW, VWS en LNVN, heeft als strategisch doel het (verder) verminderen van de blootstelling van mensen aan PFAS. De centrale vraag is: hoe kan de blootstelling van de Nederlandse bevolking aan PFAS via voedsel, drinkwater en leefomgeving verlaagd worden, aanvullend op de al voorziene maatregelen? Hiervoor wordt in het programma onderzocht wat de actuele blootstelling van de Nederlandse bevolking aan PFAS is, hoe deze blootstelling tot stand komt en wat zinvolle aanvullende maatregelen zijn om deze blootstelling te verminderen. Het programma richt zich op een landelijk beeld, maar kijkt daarnaast of het mogelijk is om de regionale blootstelling te onderscheiden.

Het implementeren van maatregelen is geen onderdeel van het programma. Het programma richt zich op de blootstelling van mensen, en doet geen onderzoek naar de invloed van historische of actuele belasting op de gezondheid van mens en milieu. In het programma zal ook niet gekeken worden naar de risico's van vervangingsstoffen voor PFAS.

Vanwege de dynamiek in het werkveld is het programma opgebouwd uit fasen. De eerste fase is een zogenoemde 'scopingfase'. Deze fase bestaat uit het inventariseren van benodigde en beschikbare gegevens om te komen tot afgebakend onderzoek voor het beantwoorden van de centrale vraag. Dit rapport bevat de resultaten van deze inventarisatie en de daaruit voortvloeiende onderzoeksplannen, uitgesplitst naar onderzoeksthema's zoals hieronder beschreven.

Actualisatie blootstelling

Een belangrijk doel van het programma is om inzicht te krijgen in de actuele blootstelling van de Nederlandse bevolking aan PFAS en in de vraag welke bronnen daaraan bijdragen. Als eerste is daarom de blootstelling aan PFAS via voedsel en drinkwater berekend. Hieruit bleek dat de hoeveelheid PFAS die mensen binnen kunnen krijgen via deze twee bronnen een stuk lager is dan in 2021 was berekend. De inname is echter wel hoger dan de gezondheidkundige grenswaarde voor PFAS. Het onderzoek bevestigde ook het eerdere beeld dat drinkwater gemaakt van oppervlaktewater een hogere blootstelling aan PFAS geeft dan drinkwater gemaakt van grondwater. Het vervolgonderzoek richt zich op hoe de blootstelling via voedsel in Nederland zich verhoudt tot die in andere Europese landen, en op het verzamelen en interpreteren van onderzoeken van lokale 'hotspot'-producten. Ook brengen we de verwachte ontwikkeling van concentraties van PFAS in de bronnen van drinkwater in beeld.

Tevens is een overzicht gemaakt van welke overige bronnen (zoals consumentenproducten en huisstof) PFAS bevatten en hoe mensen PFAS binnenkrijgen. In welke mate deze bronnen bijdragen aan de totale blootstelling aan PFAS blijkt moeilijk te bepalen. Doordat de blootstelling

aan PFAS vanuit de andere bronnen op verschillende wijzen gekwantificeerd wordt, kunnen de resultaten niet zomaar vergeleken worden. Daarom kunnen we de blootstelling via andere bronnen alleen kwalitatief met de blootstelling via voedsel en drinkwater integreren tot een totaalbeeld van blootstelling aan PFAS in Nederland. De volgende stap richt zich op prioritering van de bronnen voor verdere uitwerking van de PFAS-blootstelling.

Humane biomonitoring

Humane biomonitoring is in het PFAS-onderzoeksprogramma opgenomen om te weten te komen hoeveel PFAS er in Nederland gemiddeld in het lichaam van mensen zit. Hier is op dit moment nog geen volledig beeld van. Naast het bepalen van de actuele blootstelling geeft het meten van PFAS in lichaamsmaterialen een beeld van de totale hoeveelheid PFAS waaraan de Nederlandse bevolking is blootgesteld. Door dit in de toekomst te herhalen, kan ook onderzocht worden of de concentraties in de tijd veranderen. Dit kan inzicht geven of maatregelen tegen blootstelling aan PFAS effectief zijn.

In de scopingfase zijn relevante PFAS en lichaamsmaterialen bepaald en is gezocht naar beschikbare cohorten en biobanken. Relevante lichaamsmaterialen zijn bloedserum, moedermelk en urine, waarvan bloedserum als meest betrouwbare voor biomonitoring geprioriteerd is. Biobanken en cohorten met een landelijke dekking zijn beperkt beschikbaar. Na een zorgvuldige afweging is besloten om serummonsters op PFAS te analyseren die in 2016/2017 zijn verzameld in de PIENTER-3 studie. De mogelijkheid wordt onderzocht dit aan te vullen met monsterwerving vanuit het bloeddonorennetwerk van Sanquin. In het bloedonderzoek worden ook extra monsters uit de regio's Chemours en Westerschelde opgenomen om te onderzoeken of blootstelling in deze regio's hoger is dan het landelijk gemiddelde. Vanuit de COVID MILK/POWER MILK-studie zal moedermelk en bloedserum geanalyseerd worden. De uitkomst van het onderzoek op basis van deze drie opties levert inzicht in PFAS-concentraties in bloed en moedermelk van de Nederlandse bevolking met extra aandacht voor de regio's rond Chemours en Westerschelde, en ook in de mogelijkheden voor herhaling in de toekomst. De uitkomsten worden vergeleken met grenswaarden voor PFAS en biomonitoringresultaten uit andere landen in Europa. Daarnaast wordt de link gelegd tussen de (interne) concentraties van PFAS in de mens en de (externe) blootstelling via verschillende bronnen. Dit geeft inzicht in de vraag of alle bronnen in beeld zijn. Ook wordt geëvalueerd of de inwoners van regio's waar het drinkwater uit oppervlaktewater wordt gemaakt meer PFAS in hun lichaam hebben dan inwoners van gebieden waar het drinkwater uit grondwater wordt gemaakt. Voor de vergelijking tussen interne en externe blootstelling zal gebruikgemaakt worden van kinetische (PBK) modellen die onderzocht en indien nodig aangevuld worden.

Milieumonitoring

Voor meer inzicht in hoe de PFAS-blootstelling van de Nederlandse bevolking tot stand komt, onderzoeken we in het programma ook de aanwezigheid van PFAS in het milieu. Voor meerdere compartimenten is in beeld gebracht wat er aan monitoringgegevens verzameld is in Nederland: bodem, grondwater, oppervlaktewater, sediment (bagger en

zwevend stof), afvalwater, biota, zeeschuim, sea spray en lucht. Dit overzicht, met daarin veel regionale informatie, is beschikbaar voor publiek gebruik. Te zien is dat voor veel compartimenten de beschikbare actuele informatie voldoende is om een beeld te vormen van de diffuse belasting in Nederland. Dit geldt niet voor bodem in 3D (bodempoppervlakte en -diepte), sea spray en lucht. Voor sea spray en lucht zijn de gegevens onvoldoende om te bepalen of ze een bijdrage leveren aan de blootstelling van de algemene Nederlandse bevolking aan PFAS. Daarnaast lijken de mogelijkheden tot maatregelen hiervoor vooralsnog beperkt. Daarom hebben we de keuze gemaakt om hier binnen het PFAS-onderzoeksprogramma geen verder onderzoek naar te doen. Bodem is een relevant medium voor de huidige blootstelling (via grondwater) van de Nederlandse bevolking. Daarom wordt verdiepend onderzoek ingezet naar de migratie van PFAS door de bodem. Dit onderzoek is van belang voor toekomstige blootstelling aan PFAS en geeft aangrijpingspunten voor maatregelen. Het biedt inzicht in welke mate en wanneer de huidige PFAS-vracht in de bodem zich verder naar het grondwater verplaatst en daarmee mogelijk tot toekomstige belasting van het Nederlandse drinkwater kan leiden. Ook biedt het inzicht in wat de migratie kan betekenen voor concentraties van PFAS in de bovenlaag van de bodem waar voedselproductie op plaatsvindt. Daarnaast is informatie over bodem-gewasrelaties samengebracht in een database, en aan de hand hiervan wordt gekeken of aanvullend onderzoek nodig is voor afleiding van nieuwe overdrachtsfactoren voor veelvoorkomende PFAS in bodem naar gewas. Dit onderzoek draagt bij aan het beoordelen van de omvang van de blootstelling langs deze weg ten opzichte van andere blootstellingsroutes. De rol van emissies in de totale blootstelling zullen in kaart gebracht worden als daar vanuit de handelingsperspectieven aanleiding voor is.

Kennisbasis

De wetenschappelijke ontwikkelingen rondom PFAS volgen elkaar in hoog tempo op. Daarom voorziet het PFAS-onderzoeksprogramma in het op peil houden van de kennisbasis van het RIVM. In de scopingfase zijn drie aandachtsgebieden geïdentificeerd die van belang zijn voor het onderzoek binnen het programma:

- 1) Precursoren
 - 2) Mengselrisicobeoordeling
 - 3) Physiologically Based Kinetic (PBK) modellering.
- 1) PFAS-precursoren zijn stoffen die in diverse matrices worden omgezet in andere, kleinere PFAS. Kennis is nodig over hoe PFAS-precursoren afbreken in het milieu en hoe deze stoffen zich gedragen in het menselijk lichaam. Dit helpt te bepalen welke analyses er binnen monitoring nodig zijn en hoe de resultaten gebruikt kunnen worden in de risicobeoordeling, bijvoorbeeld voor drinkwater.
 - 2) Het RIVM gebruikt sinds 2021 de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS in combinatie met de door het RIVM afgeleide relatieve potentiefactoren (RPF's) voor het uitvoeren van een mengselrisicobeoordeling voor PFAS, zo ook in het werk binnen het PFAS-onderzoeksprogramma. We willen weten hoe robuust de RPF-methode, en andere methoden, bevonden

- worden. Hiervoor is kennis nodig over de vraag waarom wetenschappelijke experts de RPF-methode als robuust beoordelen, en dat geldt ook voor andere methoden. Een recent en compleet overzicht van verschillende externe initiatieven voor de PFAS-mengselrisicobeoordeling ontbreekt echter. Dit bemoeilijkt een vergelijking tussen deze externe initiatieven en de methode die door het RIVM gehanteerd wordt. Die is nodig om op internationaal niveau wetenschappelijke discussie te voeren over mengselrisicobeoordeling van PFAS. Het RIVM is betrokken bij de voorbereiding van de wereldwijde evaluatie van PFAS door de WHO (voorzien voor 2027), waarin de mengselbenadering van PFAS een onderdeel is. In dit kader organiseert het RIVM in oktober 2024 een internationale workshop over de mengselrisicobeoordeling van PFAS. Discussie over de RPF-methode van het RIVM zal daarbinnen plaatsvinden.
- 3) Physiologically Based Kinetic (PBK) modellen zijn modellen die het gedrag van PFAS in de mens beschrijven. Deze zijn nodig in risicobeoordeling van PFAS om externe blootstelling om te zetten naar interne blootstelling. Niet voor alle PFAS zijn er PBK-modellen beschikbaar. Voor een aantal PFAS die voor het PFAS-onderzoeksprogramma relevant zijn worden bestaande PBK-modellen op kwaliteit beoordeeld en waar mogelijk geïmplementeerd. Indien nodig, worden deze modellen aangepast of opnieuw ontwikkeld. Dit werk vindt plaats in combinatie met PBK-activiteiten voor het Europese Partnership for the Risk Assessment of Chemicals (PARC). Aanvullende onderwerpen voor het verstevigen van de kennisbasis kunnen tijdens de looptijd van het PFAS-onderzoeksprogramma nog worden geïdentificeerd.

Kansrijke maatregelen

Wanneer duidelijk is hoe mensen PFAS kunnen binnenkrijgen, is inzichtelijk te maken welke aanvullende maatregelen kunnen helpen om deze blootstelling verder te verminderen. Daarvoor is inzicht nodig in de mate van vermindering van de blootstelling die bereikt kan worden. Hierbij wordt rekening gehouden met zowel de Ausgangssituatie als met de autonome ontwikkeling (het verwachte resultaat van reeds ingezet beleid). Dit omvat onder meer de implementatie van de, in het programma aan te passen, risicogrenzen voor moestuin en landbouw. We bekijken daarbij ook of inzicht in de kosten van aanvullende maatregelen bruikbare informatie biedt voor het prioriteren ervan. Het gaat om maatregelen op (onderdelen van) de ketens productie-milieu-mens, en productie-product-mens. Het onderzoek richt zich op maatregelen voor de gehele Nederlandse bevolking, met mogelijk specifiek advies voor subpopulaties of locaties (regionaal). In de loop van 2024-2025 wordt de verzameling van kansrijke maatregelen beoordeeld op basis van de opbrengsten van de belanghebbendenbijeenkomsten (BHB's) in 2023 en 2024, en van de resultaten van de overige thema's in het programma. Waarschijnlijk zijn niet alle aangedragen maatregelen geschikt om verder uit te werken. Met nog op te stellen criteria zal een selectie in de maatregelen worden gemaakt. Het onderzoek richt zich vervolgens op het in beeld brengen

van de (kosten-)effectiviteit van scenario's voor geselecteerde maatregelen.

Governance, coördinatie en communicatie

Tijdens de scopingfase is gewerkt aan de vormgeving van en sturing op het programma. Het RIVM informeert de opdrachtgevende departementen en, op verzoek, decentrale overheden regelmatig over de verkregen inzichten en voorgenomen onderzoeken.

Ook internationaal wordt over het werk afgestemd, zoals met de WHO, met EFSA, in PARC, alsook met Vlaanderen. Jaarlijks worden bijeenkomsten met belanghebbenden (BHB's) georganiseerd, waarin de deelnemers geïnformeerd worden over de voortgang van het programma, en bevroegd worden op input voor het onderzoek. De belangstelling was groot bij beide BHB's in 2023 en 2024, met een diverse opkomst van deelnemers vanuit overheden, kennisinstituten, industrie, maar ook belangenverenigingen van burgers. Inhoudelijke bijdragen uit de eerste twee BHB's zijn meegenomen in de scopingfase. Daarnaast is er behoefte aan een informatiepunt voor het publiek met toegespitste informatie over risico's en handelingsperspectieven. Het RIVM kan daarin naast andere organisaties, zoals provinciale en lokale overheden en GGD'en, een rol spelen.

Op de webpagina [Onderzoeksprogramma PFAS | RIVM](#) is informatie te vinden over de doelstellingen en opbrengsten van het programma. Tijdens de scopingfase zijn vragen beantwoord van zowel de media, regionale overheden als het publiek over onderwerpen binnen en buiten het onderzoeksprogramma.

Gezien de publieke aandacht voor PFAS verwachten we niet dat de hoeveelheid vragen zal afnemen. In de opvolgende fase zal ruim aandacht worden gegeven aan het afstemmen met en informeren van externe partijen.

1 Afbakening van het PFAS-onderzoeksprogramma

1.1 De beleidsopgave en de opdracht aan het RIVM

In de [kamerbrief van 4 juni 2021](#) beschrijft de regering het bestaande 'Actieprogramma PFAS' dat integraal handelingsperspectieven zoekt om de bronnen van PFAS (per- en polyfluoralkylstoffen) in de leefomgeving aan te pakken, gericht op vermindering van de overdracht naar het milieu en blootstelling van mensen. Uitgangspunt daarbij waren de destijds al gestarte acties, terwijl op basis van onderzoeken bekeken zou worden wat er aanvullend kan worden gedaan. Op dat moment werd de blootstelling van mensen aan PFAS in Nederland reeds hoger ingeschat dan de door de Europese autoriteit voor voedselveiligheid (EFSA) opgestelde gezondheidkundige grenswaarde. Omdat de grenswaarde van EFSA is gebaseerd op levenslange blootstelling, betekent een tijdelijke overschrijding van deze waarde niet dat er sprake is van een acuut gezondheidsrisico. Er was wel een noodzaak om actie te ondernemen, om de blootstelling van mensen aan PFAS te verminderen. Het RIVM deed in 2021 de aanbeveling om de kennis van de blootstelling aan PFAS via voedsel, drinkwater en andere bronnen te actualiseren. En om met een scenariostudie inzicht te geven in de (kosten)effectiviteit van verschillende mogelijke (combinaties van) maatregelen – van productie en gebruik tot blootstelling – en de mate en snelheid van de te verwachten afname van PFAS in mens en milieu. Dit moet leiden tot handelingsperspectieven om de blootstelling aan PFAS verder te verminderen. Vervolgens is langjarige monitoring nodig om het effect van de maatregelen te volgen. Deze aanbeveling heeft de regering opgevolgd, onder meer met een opdracht aan het RIVM in de vorm van een PFAS-onderzoeksprogramma.

De werkzaamheden die het RIVM binnen dit programma uitvoert, beogen antwoord te geven op de vraag: hoe kan de PFAS-blootstelling via voedsel, drinkwater en leefomgeving in Nederland verder verlaagd worden, aanvullend op de al voorziene maatregelen? De gezamenlijk opdrachtgevende ministeries (IenW, LNVN, VWS) merken daarbij op dat de opgave voor het terugdringen van de aanwezigheid van, en blootstelling aan, PFAS complex is. Het onderzoek zal daarin naar verwachting vooral perspectieven bieden, maar geen snelle of makkelijke oplossingen.¹

Vanwege de dynamiek in het werkveld is ervoor gekozen om het programma op te bouwen in fasen en de invulling per fase te laten volgen uit de voorgaande fase. De eerste fase van het onderzoeksprogramma is een zogenaamde scopingfase. Een afbakening van de reikwijdte van het programma is van belang om tijdens de uitvoering (binnen budget, tijd en expertise) keuzes te kunnen maken.

1.2 Opbouw en doel van dit rapport

De voorliggende rapportage richt zich op de scopingfase, de nadere invulling van de opdracht. Deze fase loopt niet voor alle thema's

¹ [kamerbrief van 4 juni 2021](#)

synchron; de huidige rapportage geeft de stand van zaken tot en met mei 2024 weer. Hoofdstuk 2 schetst de hoofdlijnen van de programmatische aanpak, de verdeling in thema's en de onderlinge samenhang daarvan. De hoofdstukken 3 t/m 8 geven weer hoe binnen de thema's de afbakening, of scoping, is uitgevoerd, en welke keuzes we hebben gemaakt en met welke overwegingen. De beschrijvingen verschillen in de mate van detail, al naar gelang het (deel)thema een concreet product beschrijft, of een activiteit. Sommige (deel)thema's beschrijven welke informatiebronnen over een bepaald onderwerp beschikbaar zijn, andere geven het ontwerp van een concreet onderzoek aan en de keuzes die daarin gemaakt zijn, en weer andere beschrijven de aanpak van het werk dat nog moet worden gedaan om de doelstellingen van het programma dichterbij te brengen, ook anticiperend op nieuwe inzichten vanuit (deel)thema's.

Input voor het onderzoeksprogramma is opgehaald in twee belanghebbendenbijeenkomsten (BHB's), op 22 februari 2023 en 28 februari 2024. In de eerste BHB is vanwege de start van het programma algemene input/aandachtspunten voor het onderzoek gevraagd. In de tweede BHB is aan de deelnemers specifieke input gevraagd op basis van resultaten vanuit de scopingfase. Deze afstemming is bij de betreffende hoofdstukken opgenomen.

We hebben dit rapport opgesteld als voortgangsrapportage van het onderzoeksprogramma. Bij oplevering aan de opdrachtgevers wordt het openbaar gemaakt. De rapportage bevat overzichten van informatie zoals ze gebruikt zijn voor het afbakenen van de komende onderzoeken. De resultaten van deze onderzoeken binnen de thema's worden in aparte rapportages gepubliceerd.

2 Hoofdpijnen van het PFAS-onderzoeksprogramma

Het strategische doel van het PFAS-onderzoeksprogramma is het (verder) verminderen van de blootstelling van mensen aan PFAS. De centrale vraag van het programma is: hoe kan de PFAS-blootstelling in Nederland via voedsel, drinkwater en leefomgeving verlaagd worden, aanvullend op de al voorziene maatregelen? De opdrachtgevers hebben geen gewenste resultaten geformuleerd als het gaat om de mate van vermindering die gerealiseerd moet worden, laat staan om het tempo waarin dat moet gebeuren. Het onderzoekstraject heeft de vorm van een programma. Nieuwe kennis en inzichten krijgen gedurende het programma een plaats, en er wordt onderzoek geprogrammeerd dat het einddoel dichterbij brengt.

Het is belangrijk dat het onderzoek wetenschappelijk betrouwbaar en maatschappelijk relevant is, en dat dit ook zo gezien wordt. Het RIVM borgt de onafhankelijkheid, conform de Wet op het RIVM. Expertise en informatie van andere partijen zijn van belang voor het programma; zij worden op inhoud betrokken. De RIVM-onderzoekers blijven verantwoordelijk voor zowel de selectie van de onderwerpen als de wetenschappelijke kwaliteit van het werk.

2.1 De inhoudelijke opbouw

Het programma beoogt gegevens te verzamelen om een landelijk beeld te vormen van de huidige blootstelling en ontwikkelingen daarin. Het programma richt zich op onderzoek naar maatregelen om de blootstelling van mensen te verminderen, die *aanvullend zijn* op reeds belegde verantwoordelijkheden en ingezette activiteiten. Het implementeren van maatregelen is geen onderdeel van het programma. Het programma richt zich op *de blootstelling* van mensen, en doet geen onderzoek naar invloed van historische of actuele belasting op de gezondheid van mens en milieu. In het programma zal ook niet gekeken worden naar de risico's van vervangingsstoffen voor PFAS.

1. Actuele blootstelling

Het doel van het deelonderzoek *Actuele blootstelling* is om een realistisch beeld te krijgen van hoeveel PFAS mensen in Nederland nu binnenkrijgen. Hiervoor is als eerste de blootstelling aan PFAS via voedsel en drinkwater berekend. Tevens is een overzicht gemaakt van welke bronnen PFAS bevatten en hoe mensen PFAS binnenkrijgen. Naast voedsel en drinkwater richten we ons in eerste instantie op overige bronnen (zoals consumentenproducten of huisstof), emissies naar het milieu en op routes vanuit het milieu zoals bodem-gewasrelaties. Alle resultaten worden gecombineerd om een zo compleet mogelijk beeld te krijgen van de blootstelling en hoe deze is opgebouwd. Dit vormt de basis voor het onderzoeken van mogelijke maatregelen voor het verminderen van blootstelling aan PFAS en voor een vergelijking met monitoring.

2. Monitoring

We monitoren de aanwezigheid van PFAS in het milieu en in de

mens. Dit geeft een totaalbeeld van de actuele blootstelling, maar ook van wat er van de historische blootstelling in het milieu en de mens is achtergebleven. Het opzetten van monitoring biedt bovendien de mogelijkheid om trends in de aanwezigheid van PFAS te ontdekken, door het onderzoek in de toekomst te herhalen. Het valt uit de gegevens alleen niet te herleiden welke bronnen de oorzaak van de gevonden gehalten zijn.

Voor de *milieumonitoring* gebruikt het RIVM bestaande gegevens die we bijwerken of aanvullen waar nodig. Dit doen we voor de verschillende onderdelen van het milieu (zoals bodem, water, biota en lucht) die relevant zijn om de blootstelling aan PFAS te kunnen beoordelen. Met deze gegevens bepalen we welke routes het meest van belang zijn en waar eventueel extra metingen gedaan moeten worden, om meer te weten te komen over PFAS in onze leefomgeving.

Het RIVM zet *humane biomonitoring* in om te weten te komen hoeveel PFAS er in Nederland gemiddeld in het lichaam van mensen zit. De uitkomsten van het onderzoek worden vergeleken met grenswaarden voor PFAS. Ook kijken we of we een link kunnen leggen tussen de gevonden concentraties van PFAS in de mens en het beeld van de actuele blootstelling via verschillende bronnen. En we kijken of we regionale verschillen kunnen ontdekken.

De biomonitoring biedt een basis om de komende jaren te volgen of de hoeveelheid PFAS in het bloed en moedermelk in Nederland afneemt. Dat geeft inzicht in de vraag of eventuele maatregelen tegen blootstelling aan PFAS effectief zijn. Deze vervolgstappen vallen buiten het programma.

3. Actueel houden van onze kennisbasis

Binnen het programma volgen we de veranderende wetenschappelijke inzichten over PFAS. Daarnaast draagt het RIVM actief bij aan de wetenschappelijke discussies over PFAS, zodat ons onderzoek altijd in lijn is met de huidige wetenschappelijke standaarden en inzichten. Op dit moment richten we onze aandacht op:

- Internationale afstemming over mengselbeoordeling van PFAS, waaronder de RPF-methode die door het RIVM wordt gebruikt;
- Onderzoek naar hoe PFAS-precursoren afbreken in het milieu en hoe deze stoffen zich gedragen in het menselijk lichaam; en
- Onderzoek naar modellen die het gedrag van PFAS in de mens beschrijven (zogenoemde PBK-modellen).

4. Kansrijke maatregelen

Wanneer we weten hoe mensen PFAS binnen kunnen krijgen, en hoeveel, kunnen we inzichtelijk maken welke aanvullende maatregelen kunnen helpen om deze blootstelling verder te verminderen. Daarvoor moeten we te weten komen in welke mate de blootstelling kan worden teruggedrongen, waarbij we rekening houden met zowel de uitgangssituatie als met de autonome ontwikkeling (het verwachte resultaat van reeds

ingezet beleid). We bekijken daarbij ook of inzicht in de kosten van aanvullende maatregelen bruikbare informatie biedt voor het prioriteren ervan.

2.2 De organisatorische opbouw

De onderzoekswerkzaamheden van het programma zijn organisatorisch verdeeld over vijf thema's (zie ook 2.1):

- A. Actuele blootstelling: verkrijgen van actuele informatie over de blootstelling vanuit verschillende bronnen;
- B. Kansrijke maatregelen voor blootstellingsbeperking;
- C. Monitoren van PFAS in milieu en mens;
- D. Actueel houden van onze kennisbasis;
- E. Management en communicatie van het programma.

Tabel 2.1 Het PFAS onderzoeksprogramma bestaat uit vijf thema's.

| | |
|--------------------------|--|
| PFAS-onderzoeksprogramma | Thema A Actuele informatie blootstelling |
| | Thema B Handelingsperspectieven blootstellingsbeperking |
| | Thema C Monitoring |
| | Thema D Actualisatie kennisbasis |
| | Thema E Governance, Communicatie en Coördinatie |

2.3 Gerelateerd onderzoek

De opdrachtgevende departementen laten ook ander onderzoek naar PFAS uitvoeren, bijvoorbeeld naar de gezondheidssituatie rondom Chemours en de Westerschelde.² Decentrale overheden doen eveneens een beroep op het RIVM om te adviseren over risico's van PFAS, bijvoorbeeld in zwemwater³ en particuliere eieren.⁴ Deze onderzoeken worden buiten het programma uitgevoerd. Ten slotte worden ook buiten het RIVM onderzoeken uitgevoerd naar de aanwezigheid van PFAS, en naar methoden voor zuivering en destructie. De resultaten van die onderzoeken zullen, waar relevant en mogelijk, in het programma worden meegenomen.

2.4 Landelijk beeld en de regio

Het programma richt zich op het verkrijgen van een landelijk beeld van de blootstelling van mensen aan PFAS. Dit landelijke beeld is nodig om het succes van maatregelen in de tijd te kunnen volgen. Het levert ook een referentie op om lokale blootstelling te kunnen duiden. Het is bekend dat regionaal verhoogde PFAS-concentraties kunnen voorkomen als gevolg van lokale emissies. Het landelijke beeld is niet bedoeld om alle lokale situaties in beeld te krijgen. Maar in het programma bekijken we wel in hoeverre de data gebruikt kunnen worden om iets te zeggen over een regio. Ook kan specifiek advies voor subpopulaties noodzakelijk zijn, bijvoorbeeld wanneer blijkt dat sommige

² [Kamerbrief over invulling van enkele moties en toezeggingen op het gebied van PFAS | Kamerstuk | Rijksverheid.nl](#)

³ [Resultaat risicoanalyse PFAS in zwemwater Plas Merwelanden | RIVM](#)

⁴ <https://www.ozhz.nl/nieuws/teveel-pfas-in-eieren-van-hobbykippen/>

leefstijlkeuzes tot een verhoogde PFAS-blootstelling kunnen leiden. In de hoofdstukken hierna gaan we hier nader op in.

3 Afbakening thema A – Actuele blootstelling

Het thema Actuele blootstelling heeft als doel om inzicht te krijgen in de actuele blootstelling van de Nederlandse bevolking aan PFAS en welke bronnen daaraan bijdragen. Het thema is onderverdeeld in zeven sub-thema's (A1 t/m A7). Hieronder wordt kort beschreven wat er in 2023 per sub-thema is gedaan, wat in 2024-2025 zal worden gedaan en waarom.

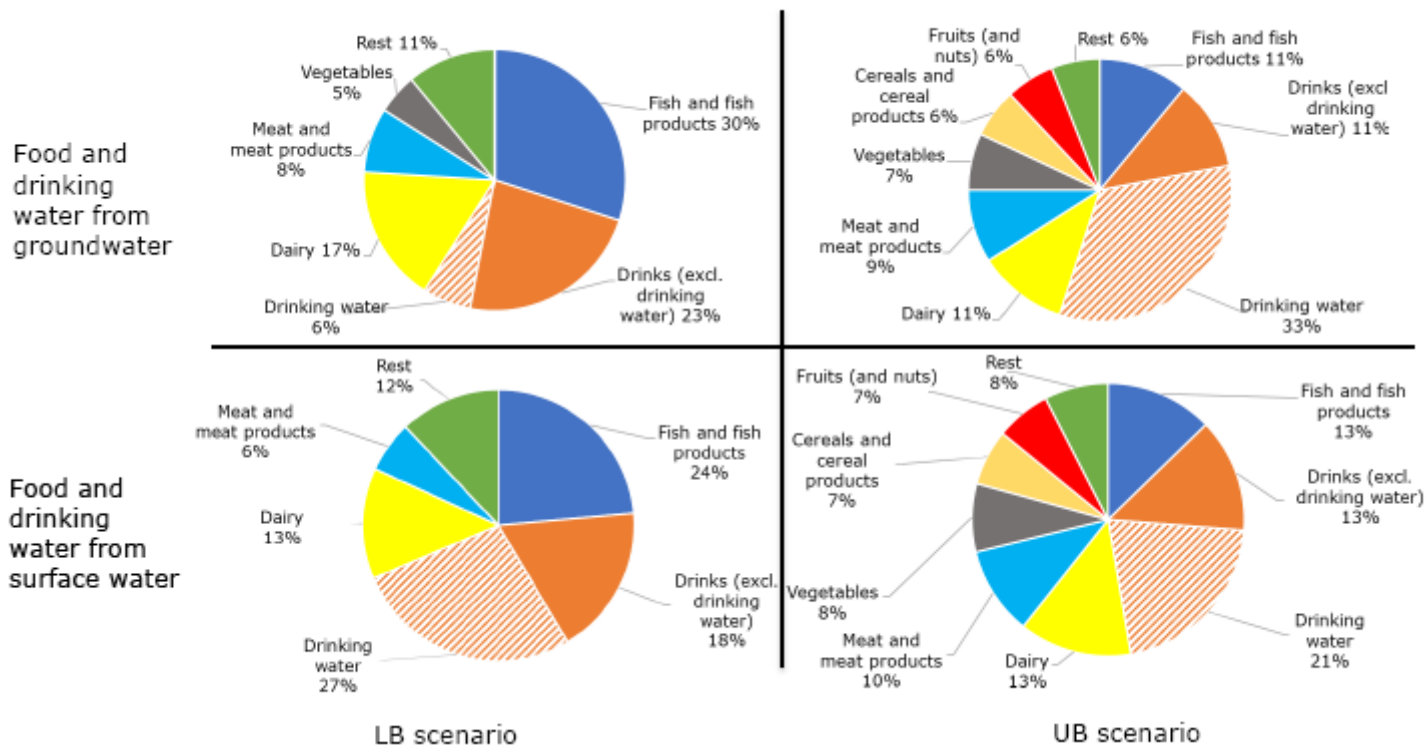
3.1 A1 – Actualisatie PFAS-innameberekeningen via voedsel en drinkwater

Binnen thema A1 is berekend hoeveel PFAS (uitgedrukt in PFOA-equivalenten (PEQ)) mensen in Nederland binnen kunnen krijgen via voedsel en drinkwater (Schepens et al., 2023). Voor de gegevensverzameling hebben we nauw samengewerkt met Wageningen Food Safety Research (WFSR) en de drinkwaterbedrijven. Uit het onderzoek bleek dat de hoeveelheid PFAS die mensen binnen kunnen krijgen een stuk lager is dan in 2021 was berekend, maar toch nog hoger is dan de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS. Uit het onderzoek bleek verder dat de hoeveelheid via voedsel drie keer zo hoog is als de hoeveelheid die mensen via drinkwater binnen kunnen krijgen. Vis draagt het meest bij aan de inname van PFAS via voedsel. Daarnaast krijgen we PFAS binnen via koffie, thee, graanproducten, melkproducten, vlees, eieren, fruit en groenten. Bij drinkwater hangt de hoeveelheid PFAS af van het type water waarvan het wordt gemaakt. Via drinkwater dat van oppervlaktewater is gemaakt, krijgen we meer PFAS binnen dan via drinkwater uit grondwater (zie 3.1).

Het rapport van Schepens et al. (2023) concludeert dat door gevarieerd te eten mensen kunnen voorkómen dat ze veel PFAS binnenkrijgen. Zo eten ze niet te vaak voedsel met een hoge hoeveelheid PFAS. Het is daarnaast belangrijk om de concentraties van PFAS in voedsel te verlagen. Het huidige beleid op contaminanten in voedsel in de EU is daarop gericht. Sinds 1 januari 2023 zijn in de EU wettelijke maximumgehalten voor een aantal voedselproducten van kracht om de blootstelling aan PFAS via voedsel te verlagen (Verordening (EU) 2022/2388). Deze gehalten zijn vastgesteld voor visserijproducten en tweekleppige weekdieren, vlees en eetbaar slachtafval en ei. In de komende jaren zullen ook voor andere voedselproducten maximumgehalten worden vastgesteld. Een andere manier om de blootstelling aan PFAS via voedsel te verlagen is door middel van consumptie-adviezen. Het Voedingscentrum adviseert, bijvoorbeeld, zwangere vrouwen om geen makreel, paling, sardine, tonijn, krab of garnalen te eten vanwege verhoogde gehalten aan mogelijk schadelijke stoffen, zoals PFAS, dioxine, PCB's en kwik.⁵ Een ander advies is om zo min mogelijk producten uit de Westerschelde te eten, vanwege de hoeveelheid PFAS in deze producten.⁶

⁵ [Wat kan ik wel en niet eten tijdens mijn zwangerschap? | Voedingscentrum](#)

⁶ [Kan ik veilig zelfgevangen vis en schaal- of schelpdieren eten? | Voedingscentrum](#)



Figuur 3.1 Bijdrage producten aan de inname van PFAS in Nederland. Uit Schepens et al., 2023

LB scenario: PFAS-concentraties lager dan de kwantificatielimiet zijn gelijk gesteld aan nul; UB scenario: PFAS-concentraties lager dan de kwantificatielimiet zijn gelijkgesteld aan de kwantificatielimiet. De LB-resultaten werden verondersteld dichter bij de werkelijke inname van PFAS te liggen dan de UB-resultaten.

Als vervolg op het onderzoek naar de blootstelling aan PFAS via voedsel en drinkwater zal in 2024 een inventarisatie van de blootstelling aan PFAS binnen Europa worden uitgevoerd. Doel van deze inventarisatie is om te onderzoeken hoe hoog de blootstelling in Europa is en deze te vergelijken met de Nederlandse situatie. Aanwijzingen voor verschillen in blootstelling tussen landen (of regio's) kunnen aanleiding geven om op zoek te gaan naar oorzaken, en naar mogelijkheden tot het reduceren van de blootstelling. Wat betreft blootstelling aan PFAS via voedsel en drinkwater in Nederland is binnen het programma geen nieuw onderzoek voorzien. We verwachten niet dat vaststelling van maximumgehalten in voedsel of een verbod op productie en gebruik van PFAS de PFAS-gehalten in voedsel zodanig zullen verlagen, dat dit nog voor het einde van het programma zal leiden tot een significante afname in de blootstelling aan PFAS via voedsel en drinkwater.

Mocht er echter nieuwe informatie over de aanwezigheid van PFAS in specifieke productgroepen op nationaal niveau beschikbaar komen die afwijkt van de informatie die in de risicobeoordeling is gebruikt, dan zal worden besloten of de innameschatting en risicobeoordeling worden geactualiseerd.

Wat betreft regionale verschillen in blootstelling aan PFAS via voedsel zijn er zorgen over verhoogde PFAS-concentraties in lokaal geproduceerde voedselproducten, zoals in particuliere eieren, in moestuingewassen rond Chemours, en in gewassen die worden geteeld of voedselproducten (zoals melk en vlees) van landbouwhuisdieren die grazen in gebieden dichtbij Chemours, de Westerschelde of langs de Noordzee (sea spray). Het PFAS-onderzoeksprogramma voorziet niet in de bemonstering en analyse van dit soort producten. Ook het eventueel uitvoeren van een risicobeoordeling op basis van nieuwe *lokale* gegevens die in het kader van deze vragen worden gegenereerd valt niet onder het PFAS-onderzoeksprogramma. Als onderdeel van het PFAS-onderzoeksprogramma zal wel een overzicht worden gemaakt van onderzoeken naar de aanwezigheid van PFAS in lokale producten in Nederland afkomstig van mogelijke hotspots. Op basis van dit overzicht zal gekeken worden naar hoe deze gegevens zich verhouden tot de resultaten binnen het programma en of dit overzicht aanleiding geeft voor aanvullend onderzoek binnen of buiten het programma.

3.2 A2 – Actualisatie PFAS-gehalten in drinkwater

De rapportage over de blootstelling aan PFAS via voedsel en drinkwater vermeld bij thema A1 is een gedeeld product met thema A2, op basis van de gegevensverzameling ten aanzien van PFAS in drinkwater in samenwerking met de drinkwaterbedrijven. Daarnaast is er in dit onderdeel aandacht voor het in kaart brengen van de regionale verschillen in PFAS-concentraties in drinkwater in Nederland. Dit vormt mede de basis voor het ontwikkelen van de baseline voor handelingsperspectieven voor de vermindering van de blootstelling aan PFAS via drinkwater.

Hiervoor is er uitvraag gedaan richting de PFAS-kerngroep van de drinkwaterbedrijven⁷ om gegevens aan te leveren over de leveringsgebieden van 2022. Een leveringsgebied van een waterproductiebedrijf is een gebied waarbinnen meer dan 50% van de tijd (gerekend over een periode van 7 dagen) water wordt geleverd door het betreffende productiebedrijf. Deze informatie geeft inzicht in welk pompstation aan welke huishoudens/bedrijven drinkwater levert (op postcode 6-niveau).

In 2024 worden deze gegevens geanalyseerd, zodat er een koppeling kan worden gemaakt tussen de interne PFAS-concentraties in bloed (uit thema C2) en de (externe) blootstelling aan PFAS via voedsel en drinkwater. In het westen van Nederland wordt, over het algemeen, drinkwater van oppervlaktewater gemaakt en in het oosten van grondwater. Drinkwater gemaakt van oppervlaktewater draagt voor 22-27% bij aan de blootstelling aan PFAS, vergeleken met 3-6% voor drinkwater gemaakt van grondwater (Schepens et al., 2023). Om deze koppeling te kunnen maken, worden de leveringsgebieden op nationaal niveau samengevoegd tot twee regio's, namelijk regio's waar het drinkwater wordt gemaakt van oppervlaktewater en regio's waar drinkwater wordt gemaakt van grondwater. Dit geeft inzicht of inwoners van regio's waar het drinkwater uit oppervlaktewater wordt gemaakt meer PFAS in hun lichaam hebben dan inwoners van gebieden waar het drinkwater uit grondwater wordt geproduceerd.

De verwachte baseline (autonome/onder huidige beleid) ontwikkeling met betrekking tot concentraties van PFAS in de bronnen van drinkwater wordt tevens in beeld gebracht. Het gaat hierbij onder meer om te verwachten effecten van reeds ingezet beleid, zoals de PFAS-restrictie, op de PFAS-concentraties in de grote rivieren. Dit zal gebeuren aan de hand van een modellering met het model SimpleBox.

Daarnaast zal in dit thema meegewerkt worden aan het onderzoek in thema C1. In thema C1 zal worden onderzocht in welke mate en wanneer de huidige PFAS-vracht in de bodem zich verder naar het grondwater verplaatst en daarmee mogelijk tot toekomstige belasting van het Nederlands drinkwater kan leiden. Zie voor meer detail de beschrijving van thema C1.

3.3 A3 – Actualisatie bodem-gewasrelatie en humane risicogrenzen bodem Wonen met (moes)tuin

Met een literatuurstudie naar bestaande gegevens onderzoeken we in thema A3 de relatie tussen PFAS-concentraties in de bodem en in gewassen, zowel in moestuinen als landbouw. Dit doen we omdat in de praktijk relatief vaak bodemonderzoeken worden uitgevoerd, maar zelden gewasonderzoek. Door beter te begrijpen hoe PFAS van bodem naar planten gaan, kunnen we op basis van PFAS-concentraties uit regulier bodemonderzoek een betrouwbaardere risicobeoordeling uitvoeren.

⁷ Groep die wordt voorgezeten door Vewin, en waarin PFAS-experts van de drinkwaterbedrijven en waterlaboratoria zitting hebben.

Gegevens over de huidige bodem-gewasrelaties zijn in 2023 geïnventariseerd. Deze nieuwe informatie is samengebracht in een database en aan de hand hiervan wordt gekeken of er nog kennishiaten bestaan. Op basis hiervan wordt in 2024 besloten of er aanvullend onderzoek plaatsvindt om de afleiding van nieuwe overdrachtsfactoren voor veelvoorkomende PFAS in bodem mogelijk te maken. In 2024 wordt hiervoor een plan van aanpak opgesteld. Eventueel nieuw onderzoek wordt in de loop van 2024 ingezet en loopt door tot en met 2025.

De resultaten kunnen aanleiding vormen om de hergebruiksnormen (dat zijn normen waarmee bepaald wordt of grond of bagger die verplaatst wordt geschikt is voor het beoogde gebruik) voor PFAS te herzien. Daarnaast helpt dit onderzoek om de omvang van de blootstelling langs deze weg te beoordelen ten opzichte van andere blootstellingsroutes.

3.4 A4 – Actualisatie (methodiek) landbouwriscogrenzen

Thema A4 volgt deels op thema A3. De herziene overdrachtsfactoren uit thema A3 maken deel uit van de actualisatie van de landbouwriscogrenzen (Wintersen et al., 2019). Daarnaast zullen deze nieuwe risicogrenzen gebaseerd worden op de gezondheidkundige grenswaarde voor PFAS die in 2020 door EFSA is afgeleid. Het laatste onderdeel van de actualisatie betreft een evaluatie en actualisatie van het blootstellingsscenario. Hiervoor worden in ieder geval de gebruikte gegevens bij de blootstellingsberekeningen geactualiseerd. Daarnaast wordt het blootstellingsscenario zelf geëvalueerd, waarbij een inventarisatie wordt gemaakt van vergelijkbare methodieken (voor zover bekend en beschikbaar). Deze werkzaamheden vinden plaats in 2024 en 2025. Het product is een rapport/kennisupdate met de geactualiseerde risicogrenzen. Het gaat om generieke waarden die toepasbaar zijn op de actuele situatie in specifieke locaties of regio's.

3.5 A5 – Overige bronnen van blootstelling van de mens

Behalve via voedsel en drinkwater kunnen we in Nederland nog via verschillende andere bronnen aan PFAS worden blootgesteld (zie Tabel 3.1). Het kan dus zinvol zijn maatregelen te nemen om de blootstelling aan PFAS via deze bronnen te verlagen. In 2023 is vanuit de literatuur een overzicht gemaakt van alle mogelijke bronnen. Dit overzicht zal als aparte rapportage opgeleverd worden; een eerste impressie staat weergegeven in Tabel 3.1. Inmiddels is er een aanzet gemaakt om te onderzoeken hoe we deze bronnen op basis van verschillende criteria zouden kunnen prioriteren, om vervolgens voor de hoogst geprioriteerde bronnen hun bijdrage aan de totale PFAS-blootstelling te schatten.

Een eerste analyse van de blootstelling via voedsel en drinkwater versus overige bronnen liet zien dat de blootstelling op verschillende manieren wordt gekwantificeerd, en betrekking heeft op verschillende PFAS (bijvoorbeeld individuele PFAS versus totale PFAS (al dan niet uitgedrukt als PEQ)) en/of populatiegroepen. Op basis van deze eerste analyse zal, naar verwachting, de blootstelling via de verschillende bronnen dan ook alleen kwalitatief kunnen worden geïntegreerd tot een totaalbeeld van blootstelling aan PFAS.

In de BHB op 28 februari 2024 zijn de bronnen voorgelegd aan de deelnemers, waarop nog aanvullende bronnen zijn aangegeven. Dit waren onder andere toiletpapier, speelgoed, verf, mest- en compoststoffen en gewasbeschermingsmiddelen. Ook door het recyclen van producten zouden PFAS-gehalten in dit soort producten verhoogd kunnen worden. Een onderscheid is ook te maken tussen directe en indirecte blootstelling aan PFAS. Dit laatste betreft het wassen van textiel (spoelwater), afvalverwerking en slijtage van kleding (huisstof).

Tabel 3.1 Overzicht van bronnen van waaruit mensen kunnen worden blootgesteld aan PFAS.

| | |
|---|--|
| Werk | Brandblusmiddelen |
| Voedsel en drinkwater | Textiel, meubelbekleding, leer, kleding en tapijt (TULAC) |
| Leefomgeving: - zwemwater - zeeschuim - bodem - lucht | Toepassingen van fluorgassen (HVAR) |
| Binnenmilieu: - huisstof - binnenlucht | Medische hulpmiddelen |
| Producten | Voedselcontactmaterialen en verpakkingen |
| | Transport |
| | Bouwmaterialen |
| | Petroleum en mijnbouw |
| | Elektronica en halfgeleiders |
| | Energiesector |
| | Industriële/professionele smeermiddelen |
| | Plateren en produceren van metalen voorwerpen |
| | Persoonlijke verzorgingsproducten |
| | Consumentenmengsels (wasmiddel, glansspoelmiddel, schoenensmeer, polijstmiddel, autowax, reinigingsmiddel) |
| | Skiwas |
| | (Werkzame stoffen in) biociden (producten) |
| | (Werkzame stoffen in) gewasbeschermingsmiddelen |
| | (Werkzame stoffen in) medicijnen |

Aangezien binnen het PFAS-onderzoeksprogramma de tijd en middelen ontbreken om alle bronnen te onderzoeken, is prioritering nodig. Tijdens de BHB zijn criteria opgehaald om te kunnen prioriteren. Criteria die werden genoemd, waren frequentie van gebruik en duur van de blootstelling. Een andere geopperde prioritering was om sectoren waar al veel alternatieven voor PFAS beschikbaar zijn ondergeschikt te maken aan sectoren waar dat nog niet het geval is, of om te kijken naar de sectoren waar handelingsperspectieven in ieder geval mogelijk zijn. Ook werd genoemd om de prioriteit te leggen bij die producten waar mensen zich vooral zorgen over maken.

In 2024 (en daarna) ligt de focus om de prioritering van de bronnen uit te voeren en de blootstelling aan PFAS via de geprioriteerde bronnen verder uit te werken. Met betrekking tot het mogelijk onderscheiden van regio's is de verwachting dat er regionale verschillen kunnen zijn als het gaat om binnenmilieu (huisstof). Echter, de gegevens om dit goed in

beeld te brengen zullen naar verwachting heel beperkt of niet beschikbaar zijn. Regionale verschillen binnen Nederland in blootstelling aan PFAS vanuit consumentenproducten worden niet verwacht.

3.6 A6 – Emissies naar milieu

Een overzicht van emissies naar het milieu kan inzicht geven in hoeveel deze bronnen aan de blootstelling bijdragen, en daarmee in de relevantie van mogelijke maatregelen. In 2023 gaf het ministerie van IenW een opdracht aan AT Osborne om PFAS-emissies naar milieu in kaart te brengen. We hebben besloten hierop te wachten om te kijken wat thema A6 nog aanvullend zou kunnen doen. De rapportage van AT Osborne is inmiddels gereed en geëvalueerd op bruikbaarheid in het kader van het programma. De auteurs van het rapport hebben de vraagstelling nader ingekaderd tot vergunde emissies naar oppervlaktewater. Dit had vooral een pragmatische oorzaak: andere (potentiële) emissiebronnen, zoals onbedoelde emissies naar de lucht als gevolg van bedrijfsmatige activiteiten, zijn niet vergund en daarmee ook niet geregistreerd. Het verkrijgen van inzicht in dit type emissies is complex en tijdrovend en viel daarmee buiten de mogelijkheden van de onderzoeker. Vanwege dit beperkte beeld worden de bevindingen van AT Osborne vooralsnog niet verder binnen het programma uitgewerkt.

Dezelfde problematiek speelt voor het PFAS-onderzoeksprogramma. Bovendien ontbreken binnen het programma de tijd en middelen om kwantitatieve schattingen te doen van emissiebronnen die nu nog grotendeels onbekend zijn. Daarom is besloten dat binnen dit onderdeel gericht en vraaggestuurd (vanuit thema B) zal worden gewerkt aan het inzichtelijk maken van specifieke emissiebronnen waarvoor een informatiebehoefte bestaat in relatie tot handelingskaders. Een voorbeeld daarvan zou kunnen zijn: de bijdrage van sea spray als 'emissie' vanuit zee aan de blootstelling. Tegelijkertijd laat dit voorbeeld zien dat de relatie tussen (deels nog) onbekende emissiebronnen, blootstelling en handelingsperspectieven complex kan zijn.

3.7 A7 – Blootstelling integratie

In dit onderdeel integreren we de resultaten van de onderdelen van thema A, om een totaalbeeld te presenteren van de blootstelling aan PFAS en de bijdrage van bronnen daaraan. De resultaten van A1 en A2 hebben laten zien dat voedsel het meeste bijdraagt aan de blootstelling aan PFAS via voedsel en drinkwater, en dat de bijdrage van drinkwater afhangt van welk type water drinkwater wordt gemaakt. Verder hebben deze resultaten laten zien dat binnen voedsel vis, zuivel en vlees belangrijke bronnen van blootstelling zijn en dat PFUnDA, PFOS en PFDA gezamenlijk ruim 50% van de blootstelling aan PFAS bepalen.

Een eerste analyse van de blootstelling via voedsel en drinkwater versus overige bronnen (thema A5) liet zien dat de blootstelling op verschillende manieren wordt gekwantificeerd, en betrekking heeft op verschillende PFAS (bijvoorbeeld individuele PFAS versus totale PFAS (al dan niet uitgedrukt als PEQ)) en/of populatiegroepen. Op basis van deze eerste analyse zal dan ook, naar verwachting, de blootstelling via de verschillende bronnen alleen kwalitatief kunnen worden geïntegreerd tot een totaalbeeld van blootstelling aan PFAS.

We zullen het totaalbeeld van de externe blootstelling aan PFAS vergelijken met de interne blootstelling afkomstig uit thema C2. Wanneer deze twee blootstellingsschattingen goed overeenkomen kan dit erop duiden dat de belangrijkste bronnen van PFAS in beeld zijn. Mocht de interne blootstelling veel hoger/lager zijn dan geschat/gemodelleerd op basis van de externe blootstelling, dan ontbreken mogelijk nog een of meer belangrijke bronnen, of is de externe blootstelling overschat. De vergelijking met de interne blootstelling wordt in 2025 uitgevoerd als onderdeel van thema C2. De vergelijking zal gebaseerd zijn op kinetische (Physiologically Based Kinetic, PBK) modellen die worden ontwikkeld in thema D. Met deze modellen wordt de externe blootstelling omgerekend naar concentraties van PFAS in bloed, moedermelk en urine (= interne blootstelling). Aan de hand van de PFAS die de grootste bijdrage leveren aan de inname via voedsel en drinkwater (uitgedrukt als PEQ) en PFAS gevonden in serum in andere landen (EFSA, 2020) kunnen we dit omrekenen voor PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS, PFUnDA en PFDA. De vergelijking tussen interne en externe blootstelling kan handvatten bieden voor brononderzoek. Dit brononderzoek valt buiten het programma.

4 Afbakening thema C1 Milieumonitoring

4.1 Inleiding

Mensen kunnen op diverse manieren worden blootgesteld aan PFAS uit het milieu. Voorbeelden zijn de consumptie van drinkwater en de inhalatie van bodemstof, of via consumptie van gewassen of dierlijke producten die PFAS bevatten.

In 2023 heeft een inventarisatie (scoping) plaatsgevonden van onderzoeken naar PFAS in het milieu. Het doel van deze inventarisatie is het creëren van een zo volledig mogelijk overzicht van beschikbare onderzoeken naar de aanwezigheid van PFAS in milieumedia en het signaleren van eventuele kennislacunes. Deze informatie maakt het beter mogelijk om in het kader van het PFAS-onderzoeksprogramma waar nodig schattingen te maken van de blootstelling vanuit het leefmilieu.

De scoping dient verder ter oriëntatie op kennislacunes en kansrijk onderzoek waarmee de kennis over de aanwezigheid van PFAS in het milieu vergroot kan worden. Daarbij geldt, met het oog op de doelen van het onderzoeksprogramma, dat het onderzoek een relatie dient te hebben met blootstelling van de mens en eventuele maatregelen die daarmee samenhangen om de blootstelling te reduceren.

4.2 Overzicht over metingen van PFAS in het milieu

Voor meerdere compartimenten is in beeld gebracht wat er in Nederland aan monitoringgegevens verzameld is: bodem, grondwater, oppervlaktewater, sediment (bagger en zwevend stof), afvalwater, biota, zeeschuim, sea spray en lucht. De beschikbare informatie is opgenomen in Bijlage 1. Aanwezigheid in producten en materiaalstromen, waaronder afval, is niet in beeld gebracht. Tabel 4-1 geeft een overzicht van de beschouwde milieucompartimenten. De scores in de tweede kolom van de tabel geven een subjectieve indicatie van de landelijke beschikbaarheid van gegevens (variërend van -- tot ++) en worden in Paragraaf 4.3 verder toegelicht. De hoogste score is niet toegekend, omdat de kans dat er tot nu toe nog onbekende PFAS worden aangetroffen voor alle compartimenten als hoog wordt ingeschat. Met andere woorden: het huidige beeld wordt bepaald door analysecapaciteiten en de huidige kennis over het bestaan en voorkomen van PFAS. De derde kolom geeft een beoordeling van de relevantie van het beschouwde compartiment voor blootstelling van de mens. Daarbij zijn ook de in de onderzoeken aangetroffen diffuse concentraties meegewogen. Het oordeel is daarmee ook alleen van toepassing op de algemene situatie in Nederland. Op plaatsen waar lokaal verhoogde concentraties aanwezig zijn in het milieu kan de relevantie van een compartiment voor de blootstelling groter zijn. In de laatste kolom wordt aangegeven of bekend is dat er in het betreffende compartiment nader onderzoek of reguliere monitoring plaatsvindt.

Tabel 4.1 Status beschikbaarheid landelijke informatie per beschouwd milieucompartiment.

| Compartiment | Representatieve informatie NL? | Relevantie blootstelling | Monitoring/vervolg-onderzoek |
|---|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Bodem 2D ¹ | + | + | Nee/indien nodig |
| Bodem 3D ² | o | + | Ja |
| Grondwater ¹ | + | + | Ja |
| Oppervlaktewater ¹ | + | o | Ja |
| Waterbodem en zwevend stof ¹ | + | o | Ja |
| Afvalwater ¹ | + | o | Mogelijk |
| Biota ¹ | + | + | Ja |
| Zeeschuim ¹ | o | o | Nee |
| Sea spray ² | - | o | Mogelijk |
| Lucht(depositie) ³ | -- | NB | NB |

1 Deze cel is groen

2. Deze cel is geel

3. Deze cel is rood

Scores van -- tot ++. NB=niet bekend.

Met de kleuren in de eerste kolom (groen, oranje, rood) van Tabel 4.1 wordt voor de beschouwde compartimenten een indicatie gegeven van de onderzoeksbehoefte *in relatie tot de beschouwde aspecten in de tabel*. Te zien is dat voor veel compartimenten de beschikbare actuele informatie voldoende wordt geacht om een beeld te vormen van de diffuse belasting in Nederland. Bij wijze van toelichting van de totstandkoming van deze kleurscores worden enkele voorbeelden nader toegelicht in de volgende paragraaf.

Voor bodem in relatie tot diepte 'bodem 3D' (oranje) is slechts zeer beperkt informatie aangetroffen, het oordeel is desalniettemin 'oranje' omdat in het kader van het huidige PFAS-onderzoeksprogramma nader onderzoek naar dit aspect zal plaatsvinden. Naar zeeschuim (groen) is eenmalig onderzoek uitgevoerd binnen Nederland, maar het betrof wel onderzoek in meerdere kustprovincies, en de resultaten waren vergelijkbaar met onderzoek in Vlaanderen. Bovendien is de bijdrage van blootstelling via zeeschuim waarschijnlijk beperkt ten opzichte van de totale blootstelling aan PFAS. Voor lucht (rood) wordt het oordeel bepaald doordat er vrijwel geen milieuonderzoek bekend is in Nederland. Het is daarmee ook niet mogelijk om het belang van eventuele blootstelling via dit compartiment in te schatten.

4.3 Toelichting per compartiment

Bodem 2D

In dit hoofdstuk wordt onderscheid gemaakt tussen de gebruikelijke bodemonderzoeken, die zich in Nederland doorgaans beperken tot de bovenste meter beneden het maaiveld (bodem 2D), en onderzoeken die aanvullend gericht zijn op het verticale concentratieverloop in de bodem.

In de eerste categorie onderzoeken, die zich richten op de ruimtelijke verspreiding van PFAS in de bovengrond, scheppen zowel het achtergrondwaardenonderzoek door het RIVM als de vele decentraal

uitgevoerde onderzoeken in het kader van het opstellen van bodemkwaliteitskaarten, een vlakdekkend beeld van het voorkomen van de nu bekende PFAS-verbindingen in de bodem. Er zijn geen voornemens om op korte termijn opnieuw een landelijk dekkend bodemonderzoek uit te voeren, maar daartoe bestaat momenteel ook geen aanleiding gezien de relatief immobiele aangetroffen PFAS. Wanneer informatie beschikbaar komt over de mogelijke aanwezigheid van additionele PFAS in de bodem, bestaat de mogelijkheid dat deze in het kader van de Algemene Methodiek voor Niet-genormeerde Stoffen bodem opgenomen worden in een landelijk dekkende monitoringronde.

Dit landelijke onderzoek naar PFAS in de bodem kan gebruikt worden om algemene uitspraken te doen over de bodemkwaliteit en om achtergrondwaarden af te leiden. Om de invloed van lokale regionale bronnen op de bodemkwaliteit in beeld te krijgen, is bodemonderzoek nodig dat zich specifiek op deze schaalgrootte richt. De afgelopen jaren hebben veel van dit type onderzoeken plaatsgevonden, waardoor bijvoorbeeld dankzij bodemkwaliteitskaarten een verfijnder beeld ontstaat van de regionale bodemkwaliteit. Een uitdaging hierbij is nog wel dat deze lokale en regionale bodemonderzoeken niet centraal ontsloten worden. Deelnemers van de BHB in februari 2024 gaven aan dat het nemen van besluiten over hergebruik van grond en bagger in relatie tot de regionale bodemkwaliteit soms moeizaam verloopt, wanneer het grotere gebieden betreft die de grenzen van bodemkwaliteitskaarten overstijgen.

Bodem 3D

Uit het beperkte beschikbare onderzoek naar de verticale verspreiding van PFAS ontstaat het beeld dat het merendeel van de relatief immobiele stoffen als PFOS en PFOA zich nog in de bovenste meter van de bodem bevindt. Daartegenover staat dat uit grondwateronderzoeken blijkt dat deze verbindingen desondanks al vrijwel overal in het grondwater kunnen worden aangetroffen. Dit geldt nog sterker voor relatief mobiele, kortketenige PFAS. Het verticale verspreidingspatroon van PFAS in de bodem kan een belangrijke indicatie geven van de vracht die zich op termijn naar het grondwater verplaatst. Om dit beeld te verbeteren is – mede op basis van deze scoping – besloten om hier al tijdens het PFAS-onderzoeksprogramma van het RIVM nader onderzoek naar uit te voeren (zie Paragraaf 4.4).

Grondwater

De aangetroffen grondwateronderzoeken in het kader van onder andere de provinciale meetnetten geven een landelijk dekkend beeld van de diffuse verspreiding van PFAS in dit compartiment. De verwachting is bovendien dat dit beeld de komende jaren nog verder verbetert, als gevolg van de uitbreiding van analysepakketten, de verlaging van rapportagegrenzen en onderzoek door partijen als de drinkwaterbedrijven.

Oppervlaktewater, sediment, zwevend stof en aquatische biota
Deze compartimenten maken inmiddels onderdeel uit van de reguliere monitoringnetwerken van Rijkswaterstaat en regionale waterbeheerders. Het belang van deze compartimenten voor de blootstelling blijkt tevens uit de metingen in biota. In aquatische biota worden relatief veel PFAS

aangetroffen in hoge concentraties, waarbij duidelijk sprake is van accumulatie. Langerketenige verbindingen die vaak in oppervlaktewater nog beneden rapportagegrens aanwezig zijn, worden verhoogd in bijvoorbeeld vis teruggevonden. Nabij hotspots en plekken met regionaal verhoogde concentraties in oppervlaktewater en sediment lopen de concentraties in biota als gevolg van accumulatie nog sterker op. Blijvende langdurige monitoring in deze compartimenten is van groot belang om de invloed van maatregelen, zoals uitfaseringen, in de tijd te kunnen volgen en om vroegtijdig maatregelen te treffen indien zowel nieuwe als bekende PFAS verhoogd worden aangetroffen.

Sea spray en zeeschuim

Binnen Nederland is tot nu toe nog slechts zeer beperkt onderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid van PFAS in sea spray aerosolen. Daar staat tegenover dat regionale onderzoeken in grond en grondwater lijken te wijzen op aanrijking als gevolg van de nabijheid tot de kust. Er dient nader onderzoek plaats te vinden om de omvang van deze beïnvloeding beter in beeld te brengen. Het verdient tevens aanbeveling om het mechanisme van beïnvloeding, door sea spray of anderszins, nader te onderzoeken. We verwachten dat het mogelijk is om dergelijke onderzoeken binnen afzienbare termijn te organiseren.

Naar zeeschuim in Nederland is eenmalig onderzoek uitgevoerd, waarbij het wel onderzoek betrof in meerdere kustprovincies. Bovendien waren de resultaten vergelijkbaar met die van onderzoek naar zeeschuim in Vlaanderen.

Lucht

In het kader van deze scoping zijn er (vrijwel) geen onderzoeken aangetroffen naar de aanwezigheid van PFAS in lucht in Nederland. Daardoor is het niet goed mogelijk om de actuele bijdrage vanuit dit milieucompartiment in te schatten. Duidelijk is wel dat depositie in het verleden de voornaamste oorzaak is geweest voor de diffuse verspreiding van PFOA in Nederland. Eventueel nader onderzoek naar de aanwezigheid van PFAS in sea spray aerosolen (zie hierboven) kan mogelijk gecombineerd worden met onderzoek naar PFAS in depositie op referentielocaties die verder uit de kust liggen.⁸ Dit type onderzoek kan bijdragen aan een beeld van de achtergrondbelasting in dit medium. Daarnaast is het denkbaar dat nieuw onderzoek (buiten het programma) zich richt op de aanwezigheid van PFAS in lucht nabij potentiële emissiebronnen naar lucht.

Conclusie:

In Paragraaf 4.1 is geconcludeerd dat er kennishiaten zijn op het gebied van Bodem 3D, sea spray en lucht. Voor bodem 3D is duidelijk dat dit een relevant medium is voor de huidige blootstelling (via grondwater) van de Nederlandse bevolking en daarmee kandidaat is voor verdiepend onderzoek. PFAS-migratie door de bodem is van belang voor toekomstige blootstelling aan PFAS, en inzicht hierin geeft aangrijpingspunten voor maatregelen. Voor sea spray en lucht zijn de gegevens momenteel onvoldoende om te bepalen of deze een bijdrage aan de PFAS-blootstelling van de algemene Nederlandse bevolking geven, en vooralsnog lijken de mogelijkheden voor maatregelen

⁸ [PFAS in sea spray aerosolen en zeeschuim \(overheid.nl\)](#)

beperkt. Daarom is de keuze gemaakt om binnen het PFAS-onderzoeksprogramma onderzoek te doen naar migratie van PFAS door de bodem.

Terugkoppeling uit de belanghebbendenbijeenkomst

Bovenstaande conclusies uit de scoping per compartiment zijn toegelicht tijdens de BHB op 28 februari 2024. De deelnemers deelden het algemene beeld en gaven aan dat bij lucht niet alleen depositie van belang is maar ook emissie en directe inname van lucht, dat onderscheid nodig is tussen zeeschuim en sea spray en dat er aandacht nodig is voor oppervlaktewater/rioolwater. De deelnemers zijn uitgenodigd om na publicatie van de volledige scoping-rapportage voor thema C1 nog verdere aanvullingen en andere suggesties te delen.

4.4 Onderzoeksvorstel: Grip op PFAS onderweg van bodem naar drinkwater

Het PFAS-onderzoeksprogramma heeft als doel om opties aan te reiken voor de reductie van de blootstelling van mensen in Nederland aan PFAS. Voor zover nu bekend is de belangrijkste blootstellingsroute voor de algemene populatie in Nederland de inname van voedsel en drinkwater. Daarbij is het aandeel van voedsel op dit moment minimaal drie keer hoger dan het aandeel van drinkwater dat wordt bereid uit grondwater (Schepens et al., 2023). De concentraties van PFAS in voedsel en drinkwater zijn echter aan verandering onderhevig, en de diverse PFAS die zijn gemeten in drinkwater en voedsel zijn nog niet geharmoniseerd, zodat deze verhouding kan veranderen (Sadia et al., 2023).

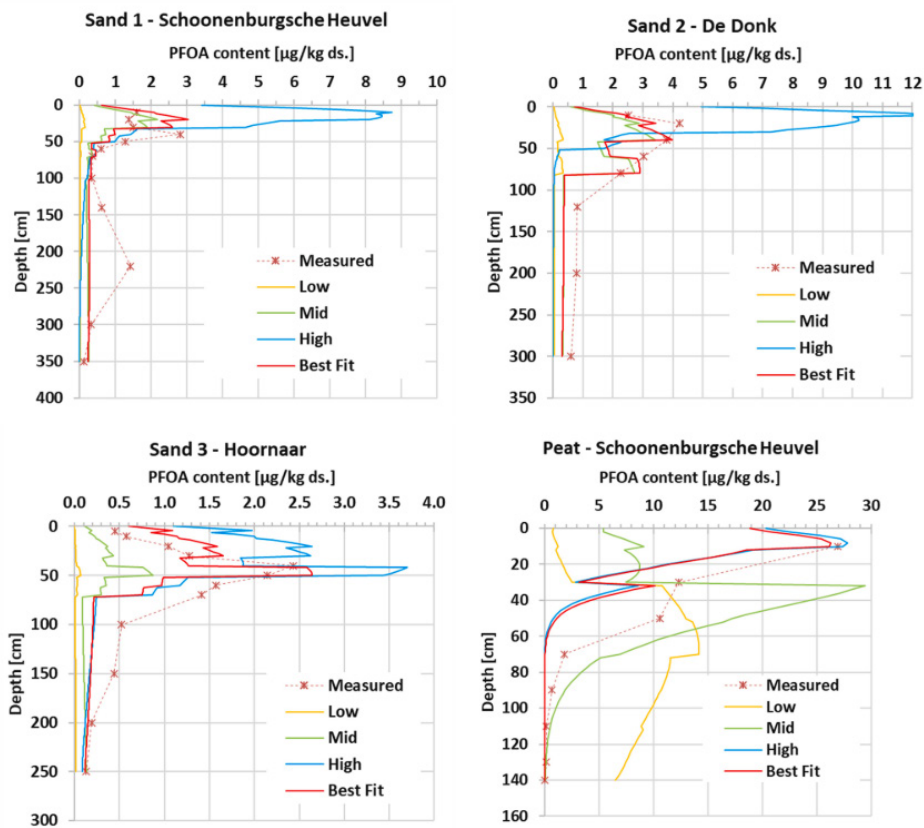
Het onderzoek in dit voorstel moet antwoord geven op de volgende vragen:

- Wat is het milieuedrag van PFAS in de bodem?
- Wat is de vracht van PFAS die in Nederland vanuit de bodem nog onderweg is naar grond- en drinkwater?
- Wat betekent dit voor concentraties van PFAS in grond- en drinkwater op korte en lange termijn, en daarmee voor de omvang van deze blootstellingsroute?
- Tot welke reductie in vrachten, concentraties en blootstelling kunnen maatregelen als bodemsanering en zuivering leiden?
- Welk effect heeft uitloging op de concentraties van PFAS in de bovengrond op lange termijn, en wat betekent dit voor blootstelling vanuit de bodem (bijvoorbeeld via moestuinieren en landbouw)?

Daarnaast worden in deze studie opties voor maatregelen verkend met de verkregen inzichten in de aanwezigheid en het milieuedrag van PFAS in de bodem.

Ongeveer 60% van het Nederlands drinkwater wordt uit grondwater gewonnen (VEWIN, 2023). Uit verschillende onderzoeken naar de aanwezigheid van PFAS in bodem en drinkwater blijkt dat enkele PFAS diffuus aanwezig zijn in deze media (Gerardu et al., 2023; Van der Aa, Hartmann, & Biesebeek, 2021; Wintersen et al., 2021; Wintersen et al., 2020). Veel minder is echter bekend over het stofgedrag, de ruimtelijke

verdeling en de tijdsafhankelijke migratie van PFAS binnen en tussen deze media (Negash, 2020; Van den Berg, 2023). Uit voorlopige berekeningen ontstaat het beeld dat een groot deel van de PFAS-vracht die is ontstaan in de bodem als gevolg van historische depositie zich nog in de onverzadigde zone⁹ bevindt (zie Figuur 4.1 en Wintersen et al. (2024)). Dit geldt ook voor de stof PFOA die bekendstaat als relatief mobiel ten opzichte van PFOS. De vraag dient zich daarmee aan in welke mate en wanneer deze historische vracht van PFAS het dieper gelegen grondwater kan bereiken en daarmee mogelijk tot toekomstige belasting van het drinkwater kan leiden.



Figuur 4.1 Verticale verdeling van PFOA-concentraties in onderzochte bodemprofielen in de Albasserwaard (Gerardu et al., 2023). Te zien is dat de hoogst gemeten waarden (rode lijn) zich in de bovenste meter bevinden

Van PFAS is bekend dat zij niet of beperkt afbreken en dat, indien er wel sprake is van afbraak, het gaat om de omzetting van precursoren in stabielere PFAS-varianten, ook wel aangeduid met de term 'arrowheads'. Daarnaast zijn PFAS in meer of mindere mate mobiel, dat wil zeggen dat ze op termijn migreren vanuit de bovengrond naar het grondwater onafhankelijk van de concentratie. Ten slotte zijn de concentraties waarbij effecten optreden relatief laag. Dit samen maakt dat het van groot belang is om te weten hoe deze concentraties zich in de loop der tijd ontwikkelen. Deze kennis stelt overheden en de drinkwatersector in staat tot betere besluitvorming over mogelijke maatregelen.

⁹ Het bovenste deel van de bodem dat nog niet is verzadigd met grondwater

Het onderzoek dat in dit voorstel wordt beschreven dient de volgende doelen:

- Het verkrijgen van een nauwkeurig en representatief¹⁰ beeld van de verdeling van de diffuse vracht van PFAS in de bodem;
- Inzicht verkrijgen in de aanwezigheid van PFAS in relatie tot de diepte in grondwater;
- Het verbeteren van voorspellingen van de concentratieontwikkeling in de bovengrond, grondwater en ruw¹¹ drinkwater;
- Het formuleren en doorrekenen van realistische scenario's waarin de kosten en effectiviteit van maatregelen ter reductie van de blootstelling worden beschouwd. Hiervoor zijn in ieder geval bodem- en grondwatersanering en zuivering van drinkwater 'bij de bron' in beeld.

Het volledige onderzoek zal bestaan uit: 1) een meetonderzoek; 2) een generiek modelonderzoek; 3) een specificering naar verschillende grondwaterwinningen; en ten slotte 4) een inschatting van de gevolgen van handelingsperspectieven voor het toekomstbeeld. De gedetailleerde beschrijving van het onderzoek, de verwachte producten en de governance is opgenomen in Bijlage 2.

¹⁰ Het onderzoek richt zich generiek op gebieden in Nederland waar drinkwater uit grondwater wordt gewonnen. Het dient representatief te zijn voor de verschillende typen drinkwaterwinningen uit grondwater in Nederland.

¹¹ Hiermee wordt in de context van dit onderzoek het grondwater ter hoogte van de winputten aangeduid.

5 Afbakening thema C2 – Humane biomonitoring

5.1 Doel van de humane biomonitoringstudie onder de Nederlandse bevolking

Het hoofddoel van thema C2 is het verkrijgen van een landelijk dekkend beeld van de gecombineerde en (vanuit alle bronnen) geaggregeerde blootstelling aan PFAS in de Nederlandse bevolking. Hiervoor worden humane biomonitoringdata verzameld door het meten van PFAS in relevante biologische matrices (lichaamsmaterialen). Er wordt zo veel mogelijk gebruikgemaakt van bestaande biobanken of cohorten.

Het humane biomonitoringonderzoek binnen het onderzoeksprogramma spitst zich toe op het inzichtelijk maken van de volgende subdoelen:

1. Kwalitatief relateren van blootstelling aan PFAS via inname van voedsel, drinkwater en andere bronnen (Thema A) aan de interne blootstelling. De vergelijking van biomonitoringdata met de berekende blootstelling kan een indicatie geven van de vraag in hoeverre alle blootstellingsbronnen in beeld zijn.
2. Onderzoeken of de interne blootstelling aan PFAS hoger is in aandachtsgebieden in vergelijking met de rest van Nederland.
3. Vergelijken van de situatie in Nederland met die in andere landen door gebruik te maken van gepubliceerde resultaten en de kennis die wordt opgedaan in het Europese project PARC.¹²
4. Verkrijgen van een duurzame structuur voor verzameling van humane biomonitoringdata, zodat veranderingen in blootstelling gevolgd kunnen worden, bijvoorbeeld als gevolg van ingezette maatregelen.

Om bovenstaande vragen te kunnen beantwoorden, hebben we de volgende inventariserende stappen genomen tot een studieopzet:

1. Het selecteren van PFAS, en biologische matrices voor het meten van deze stoffen, om een zo goed mogelijk beeld van gecombineerde en geaggregeerde blootstelling aan PFAS in de Nederlandse bevolking te krijgen;
2. Het inventariseren van bestaande cohorten en biobanken om gebruik te kunnen maken van de meest geschikte bestaande structuren om een humane biomonitoringstudie uit te voeren onder de Nederlandse bevolking;
3. Het inventariseren van andere mogelijkheden voor monsterverzameling;
4. Het bepalen van de mogelijkheden voor het onderscheiden van regio's van het landelijke beeld;
5. Het inventariseren van geschikte laboratoria voor het meten van PFAS in relevante biologische matrices.

Deze stappen worden hieronder kort besproken, waarna de keuze voor de uiteindelijke studieopzet wordt gemaakt.

¹² PARC is een EU-breed project naar risico's van chemische stoffen, waaronder PFAS: <https://www.eu-parc.eu/>.

Meer gedetailleerde beschrijvingen van onderdelen zijn opgenomen in Bijlage 3.

5.2 Selectie van PFAS en biologische matrices

5.2.1 *Selectie van relevante PFAS*

In de humane biomonitoringstudie worden in ieder geval de PFAS gemeten die zijn gemeten in voedsel in Thema A van het PFAS-onderzoeksprogramma (Schepens et al., 2023) om de inname via voedsel en drinkwater te kunnen vergelijken met de interne blootstelling (subdoel 2). Het gaat hierbij om de zeventien stoffen die zijn weergegeven in Tabel 5.1 1. Het is daarnaast interessant om ook F3-MSA en TFA mee te nemen in de analyse, omdat deze stoffen zijn aangetroffen in drinkwater.

Tabel 5.1 Lijst met PFAS die minimaal gemeten worden in dit project.

| Stof | Afkorting |
|---|--------------|
| Perfluorbutaansulfonzuur | PFBS |
| Perfluorhexaansulfonzuur | PFHxS |
| Perfluorheptaansulfonzuur | PFHpS |
| Perfluoroctaansulfonzuur | PFOS |
| Vertakt Perfluoroctaansulfonzuur | Vertakt PFOS |
| Perfluordecaansulfonzuur | PFDS |
| Perfluorbutaanzuur | PFBA |
| Perfluorpentaanzuur | PFPeA |
| Perfluorhexaanzuur | PFHxA |
| Perfluorheptaanzuur | PFHpA |
| Perfluoroctaanzuur | PFOA |
| Vertakt perfluoroctaanzuur | Vertakt PFOA |
| Perfluornonaanzuur | PFNA |
| Perfluordecaanzuur | PFDA |
| Perfluorundecaanzuur | PFUnDA |
| Perfluordodecaanzuur | PFDoDA |
| Perfluortridecaanzuur | PFTTrDA |
| Perfluortetradecaanzuur | PFTeDA |
| 2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluorpropoxy)propaanzuur | HFPO-DA |

5.2.2 *Selectie van relevante biologische matrices*

Het is bekend dat PFAS met een langere koolstofketen zich binden aan eiwitten. Het wordt daarom aanbevolen deze PFAS in bloed te meten, omdat dit de meest relevante matrix is voor het weergeven van blootstelling aan dit soort PFAS. Veneus serum is daarbij de meest gebruikte matrix om PFAS te meten (Vorkamp et al., 2021). Ook worden PFAS binnen PARC in serum gemeten. Om onze data te kunnen delen met PARC en te kunnen vergelijken met de blootstelling in andere Europese landen (subdoel 3), is het dus belangrijk om in serum te meten.

Kortketenige PFAS worden relatief snel uitgescheiden via de urine. Om inzicht te krijgen in de blootstelling aan deze PFAS, wordt aangeraden om ze te meten in urine. Dat dit een ander beeld geeft van blootstelling

aan PFAS is onder andere geïllustreerd door Hartmann et al. (2023). Deze onderzoekers bepaalden PFAS in urine en serum en zagen hogere concentraties van kortketenige PFAS (dat wil zeggen PFPeA en PFHxA) in urine vergeleken met langketenige PFAS. Het effect van maatregelen die de blootstelling aan kortketenige PFAS verlagen zal dus eerder meetbaar zijn in urine.

PFAS kunnen ook gemeten worden in moedermelk. Concentraties van accumulerende PFAS (zoals PFOA en PFOS) zijn doorgaans lager in moedermelk dan in serum (Criswell et al., 2023; Blomberg et al., 2023), terwijl voor kortketenige PFAS (zoals PFBS) de concentraties in moedermelk juist hoger zijn dan in serum (Kärrman et al., 2013). Een nadeel van het meten van PFAS in moedermelk is dat het alleen een beeld schetst van de blootstelling in een subgroep van de algemene bevolking (Vorkamp et al., 2021). Echter, aangezien pasgeboren kinderen een gevoelige groep zijn voor de effecten van PFAS, is het van meerwaarde om de concentraties in moedermelk te kennen om zo de blootstelling van zuigelingen in te kunnen schatten. Bovendien is kennis over de PFAS-verhouding in moedermelk en serum (bij dezelfde vrouwen) een uitgangspunt geweest voor de afleiding van de gezondheidkundige grenswaarde voor PFAS door EFSA (EFSA, 2020).

Er zijn verscheidene andere biologische matrices die kunnen worden toegepast voor het meten van PFAS, zoals vingerprikbloed, navelstrengbloed of haar. Het gebruik van deze matrices bevindt zich nog in een meer experimentele fase en zal daarom niet worden meegenomen. In de toekomst zouden deze matrices eventueel wel gebruikt kunnen worden. Dan zouden ook andere dan de hieronder beschreven cohorten/biobanken in aanmerking kunnen komen, zoals het PIENTER CORONA onderzoek, waarbij bij 9985 deelnemers vingerprikbloed is afgenomen met als doel SARS-CoV-2-seroprevalentie (en risicofactoren hiervoor) in de Nederlandse populatie te monitoren over de tijd (Vos et al., 2021) (zie Bijlage 3).

5.2.3 *Samenvattend*

Er zullen minimaal zeventien PFAS (Tabel 5.1) gemeten worden in biologische matrices om de interne blootstelling aan PFAS te vergelijken met de blootstelling via voedsel, drinkwater en andere bronnen (subdoel 1). Matrices die een betrouwbaar beeld kunnen schetsen van de interne blootstelling aan PFAS zijn veneus serum, urine en moedermelk. Deze matrices geven op zichzelf veel informatie over blootstelling, maar in combinatie kunnen zij een beeld schetsen van de totale lichaamsbelasting, omdat ze ieder een ander beeld geven van PFAS met verschillende ketenlengte. Idealiter wordt per persoon PFAS gemeten in de combinaties moedermelk+serum en serum+urine, om de blootstelling van de Nederlandse bevolking te bepalen.

5.3 **Inventarisatie van bestaande cohorten en biobanken**

Om bestaande cohorten en biobanken te vinden, is in mei 2023 gericht gezocht naar vermelding van bestaande Nederlandse cohorten met behulp van Google, het Landelijk Trial Register en de Biobank Catalogus Nederland. Een uitgebreidere beschrijving van de criteria voor biobanken is te vinden in Bijlage 3.

5.3.1 *Criteria voor cohorten en biobanken*

We willen gebruikmaken van bestaande cohorten en biobanken, omdat dit naar verwachting tijd en budget bespaart, zodat het onderzoek uitgevoerd kan worden binnen de looptijd van het PFAS-onderzoeksprogramma en er meer monsters gemeten kunnen worden. Het gebruik van bestaande cohorten en biobanken heeft echter ook nadelen. Het betreft bijvoorbeeld lopende studies die niet specifiek zijn ingericht op het bepalen van de blootstelling aan PFAS. Dit zorgt ervoor dat er waarschijnlijk slechts beperkte informatie beschikbaar is over de deelnemers en het lastig kan zijn om de individuele bronnen van blootstelling te achterhalen. Verder kan er alsnog toestemming verlangd worden van de medisch ethische commissie (METC) voor het gebruik van monsters uit biobanken. Desalniettemin wordt er met het gebruik van biobanken nog altijd een besparing in tijd en budget verwacht.

Voor het selecteren van bestaande cohorten en biobanken is op de volgende punten gelet:

Studiegebied

Het cohort/de biobank moet een landelijke dekking hebben, met een goede verdeling van de monsters over Nederland. Voor de selectie van cohorten/biobanken is een voorselectie van minimaal 1500 individuen aangehouden (Gezondheidsraad, 2024).

Studiepopulatie

Er is besloten om alleen te zoeken naar biobanken met een volwassen populatie, om praktische redenen en omdat in de volwassen populatie doorgaans een hogere blootstelling aan accumulerende PFAS wordt aangetroffen dan in populaties van kinderen en tieners (EFSA, 2020). Het doel is dat de populatie waarbij interne blootstelling wordt gemeten representatief is voor Nederland met betrekking tot woonplaats, geslacht, leeftijd (>18 jaar) en sociaaleconomische status. Het is daarnaast belangrijk dat het cohort/de biobank niet slechts uit patiënten bestaat, waarbij de (behandeling van de) ziekte of aandoening de opname of eliminatie van PFAS kan beïnvloeden.

Biologische matrix, materiaalgebruik en monsterwerving:

Het cohort/de biobank moet de relevante matrices veneus serum (of volbloed met de mogelijkheid tot het afdraaien van serum), moedermelk of urine bevatten en er mogen bij de monsterwerving geen PFAS-bevattende materialen zijn gebruikt.

Actualiteit van de monsters

Bloedmonsters die vanaf 2015 zijn genomen zouden voor een beperkt aantal PFAS (zie Bijlage 3) een redelijk beeld kunnen geven van de actuele serumconcentraties. Voor de meeste PFAS is er echter te weinig informatie beschikbaar om iets over de trend in blootstelling over deze jaren heen te kunnen zeggen.

Mogelijkheid tot herhaling

Het is belangrijk dat er in de toekomst in een vergelijkbare populatie vergelijkbare monsters kunnen worden afgenomen, om te onderzoeken of er veranderingen in interne blootstelling hebben plaatsgevonden als

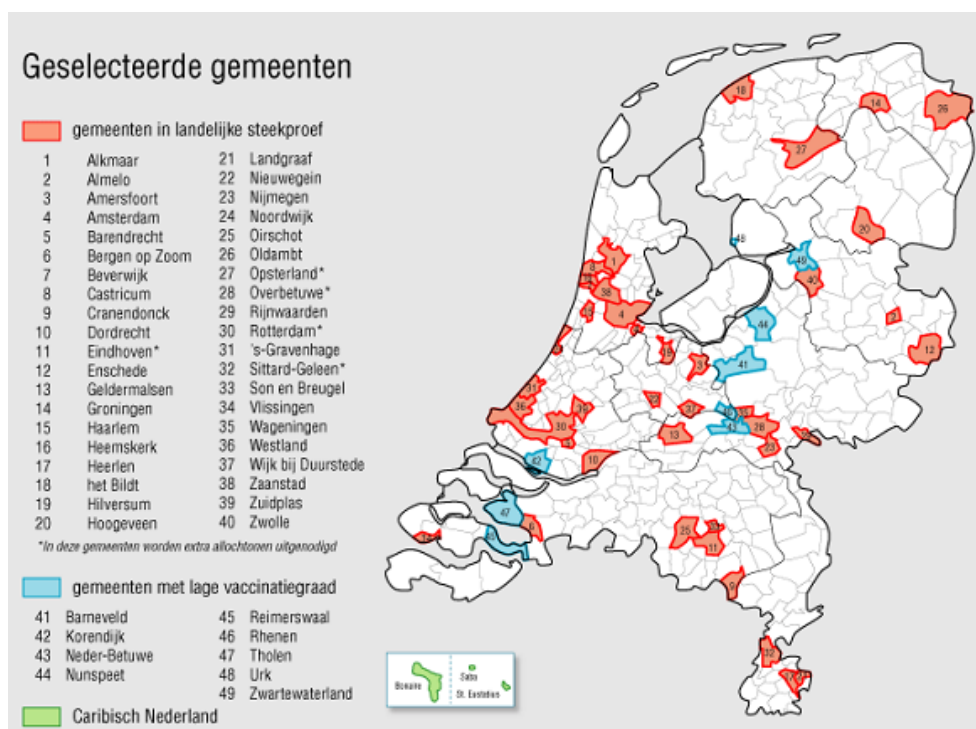
gevolg van genomen maatregelen om de blootstelling te verlagen. Biobanken of cohorten waarbij dit niet mogelijk is hebben daarom niet de voorkeur.

Hieronder is de inventarisatie per biologische matrix beschreven.

5.3.2 Cohorten/biobanken voor monsters van *veneus serum*

Er zijn in totaal veertien cohorten/biobanken voor serum geïdentificeerd (zie Bijlage 3). Van deze cohorten/biobanken hebben er twaalf geen goede landelijke dekking en twee wel, namelijk de PIENTER-3-studie en het Nederlands Tweelingen Register (NTR). Bij nadere inspectie viel het NTR echter af, onder andere omdat binnen dit onderzoek alleen data, en geen monsters, worden gedeeld met andere onderzoekers. De PIENTER-3-studie bleef daarmee over als geschikte biobank voor serum.

PIENTER¹³ is een landelijk onderzoek naar de afweer tegen infectieziekten. Sinds 1995 voert het RIVM dit onderzoek iedere tien jaar uit in opdracht van het ministerie van VWS. In 2016/2017 is de derde ronde uitgevoerd (PIENTER-3) (Verberk et al., 2019). In deze ronde zijn bij een representatieve selectie van de bevolking (0-90 jaar) bij 9415 deelnemers in 49 gemeenten (en het Caribisch gebied) bloed, speeksel en een vragenlijst afgenomen. Bij baby's onder de 6 maanden is bloed afgenomen met een hielprik en bij mensen met angst voor bloeddonatie met een vingerprik. De 49 geselecteerde gemeenten staan aangegeven op de kaart weergegeven in Figuur 5.1.



Figuur 5.1 Overzicht van de geselecteerde gemeenten voor het PIENTER-3-onderzoek. Bron: <https://www.rivm.nl/pienter-onderzoek/geselecteerde-gemeenten-pienter-onderzoek>.

¹³ <https://www.rivm.nl/pienter-onderzoek>

PIENTER-3 bevat niet alleen monsters van volwassenen, maar ook van baby's en kinderen. In de BHB 2024 hebben de deelnemers aangegeven dat zij inclusie van kinderen in het blootstellingsonderzoek ook belangrijk vinden. Met PIENTER-3 kunnen zij ook meegenomen worden.

Daarnaast is bij een deel van de deelnemers aanvullend onderzoek gedaan, waarbij een keel- en neusuitstrijkje en een fecesmonster zijn afgenomen. Van alle deelnemers is er informatie beschikbaar over onder meer leefstijl, gedrag, doorgemaakte ziekte(n) en adres. Het RIVM koppelt het adres ook aan milieuparameters. Er is een mogelijkheid om bij de volgende ronde (PIENTER-4) aan te sluiten, waarvoor de voorbereidingen in 2025 zullen beginnen.

5.3.3 Cohorten/biobanken voor moedermelk

Met bovenstaande zoekmethode en selectiecriteria (zie Paragraaf 5.3.1) zijn zeven recente cohorten geïdentificeerd waarin moedermelk is verzameld (zie Bijlage 3). Van deze cohorten is de COVID MILK-POWER MILK de enige studie met minimaal 1500 deelnemers en een landelijke dekking. Daarnaast zijn van deze deelnemers ook serummonsters beschikbaar.

De moedermelk- en serummonsters uit de COVID MILK-POWER MILK-studie maken deel uit van de Nederlandse Moedermelkbank, in beheer bij het Emma Kinderziekenhuis. Tussen oktober 2020 en februari 2021 zijn voor de COVID MILK-POWER MILK-studie monsters verzameld van lacterende vrouwen verspreid over heel Nederland, met als doel het vóórkomen en de dynamiek van diverse SARS-CoV2 immunoglobulines te bepalen (Juncker et al., 2021). De spreiding van de deelnemers over Nederland is te zien in Figuur 5.2.



Figuur 5.2 De spreiding van de deelnemers van de COVID MILK-POWER MILK-studie over Nederland. Afbeelding van Moedermelkbank-Amsterdam UMC.

Van de deelnemers is ook informatie verzameld over demografische kenmerken, leefsituatie, postuur, algemene gezondheid, de zwangerschap, hun kind, en hoeveel kinderen zij hadden op het moment van bemonstering. In totaal hebben 2253 deelnemers toestemming gegeven dat hun monsters ook voor niet-COVID-gerelateerd onderzoek mogen worden gebruikt. Het Amsterdam UMC is bereid om deze studie over een aantal jaren te herhalen.

Dit cohort geeft een beeld van de interne blootstelling aan PFAS onder vrouwen van vruchtbare leeftijd en van de externe blootstelling onder zuigelingen die via moedermelk blootgesteld worden. Daarmee is de studie op zichzelf onvoldoende representatief om de blootstelling aan PFAS onder de Nederlandse bevolking in kaart te brengen. Er zal dus een aanvullend cohort nodig zijn om de blootstelling aan PFAS in overige groepen van de algemene bevolking te bepalen.

5.3.4 *Cohorten/biobanken voor urine*

Het meten van PFAS in urine kan interessante informatie opleveren (zie Paragraaf 5.2.2). Serum werd echter gezien als prioriteit, omdat serum wordt gezien als meest betrouwbare (en gebruikte) matrix voor biomonitoring. Daarom is er niet specifiek gezocht naar cohorten/biobanken voor urine. Bij de zoektocht naar cohorten/biobanken voor serum is wel gekeken of er ook urine aanwezig was. De geschikte opties (PIENTER-3 en COVID MILK-POWER MILK) hebben geen van beide urinemonsters ter beschikking.

5.4 **Andere mogelijkheden**

5.4.1 *Aansluiten bij monsterwerving Sanquin*

Naast het gebruik van cohorten/biobanken is er ook gekeken of er kan worden aangesloten bij bestaande structuren voor monsterverzameling. Hierbij wordt onderzocht of monsters kunnen worden verkregen bij Sanquin. Sanquin verzorgt de bloedvoorziening in Nederland.¹⁴ Naast het afnemen, verwerken en uitgeven van bloedproducten houdt Sanquin zich bezig met onderzoek. Een voorbeeld hiervan is de inzet van de bloedbank tijdens de Covid-19 pandemie voor het monitoren van de SARS-CoV-2 seroprevalentie in de Nederlandse populatie (Slot et al. 2020).

Bij bloeddonatie wordt standaard een serumbuis afgenomen voor testen op infecties. Hiervan blijft ongeveer 2 mL over, wat gebruikt kan worden voor overig onderzoek. Door aan te sluiten bij de monsterwerving zal een actueel beeld van de blootstelling aan PFAS kunnen worden verkregen. Deze optie wordt verder onderzocht.

Sanquin heeft 41 vaste afnamelocaties voor bloed verdeeld over Nederland (figuur 5.3)

¹⁴ <https://www.sanquin.nl/>



Figuur 5.3 Vaste afnamelocaties van Sanquin. Bron: [Waar bloed doneren? Vind een bloedbank in jouw buurt \(sanquin.nl\)](https://www.sanquin.nl/faq/faq-1)

Bij Sanquin kan worden ontwikkeld dat middels een vragenlijst gegevens van deelnemers (zoals leeftijd, geslacht, woonplaats en belangrijke confounders) worden opgevraagd. Deze gegevens zullen dan versleuteld aan het RIVM geleverd worden. Dit is belangrijk om te kunnen evalueren of de monsterwerving een representatief beeld van de Nederlandse populatie oplevert.

Het is namelijk bekend dat er een selectiebias is onder bloeddonoren. Donoren zijn vaker hoog opgeleid, getrouwd en van Nederlandse afkomst dan de gemiddelde Nederlander. Daarnaast roken ze minder, zijn ze vaker matige alcoholdrinkers en bewegen ze meer. Ook zijn donoren iets gezonder dan de algemene bevolking (Atsma, 2011). Verder heeft het netwerk van Sanquin geen evenredige spreiding van vaste afnamepunten over Nederland (bijvoorbeeld geen afnamepunt in Flevoland).

Als laatste is bekend dat frequent bloed of plasma doneren een efficiënte manier is om PFAS te elimineren (Gasiorowski et al. 2022). Om systematische onderschatting van de blootstelling aan PFAS te voorkomen is het belangrijk om informatie te verzamelen over de frequentie van bloeddonatie en zullen alleen volbloeddonoren worden meegenomen in de studie.

Nieuw op te zetten landelijke monsterverzameling

Deze optie is verkend voor het geval geen geschikte cohorten en biobanken beschikbaar zouden zijn of als niet aangesloten kon worden bij bestaande monsterwerving. Het opzetten van eigen landelijke monsterverzameling biedt de mogelijkheid om het onderzoek volledig naar eigen behoeften in te richten. Maar zo'n onderzoek geeft ook een risico dat bij onverwachte tegenvallers er geen monsters binnen de looptijd van het programma kunnen worden geanalyseerd. Uiteindelijk bleek dat waarschijnlijk van bestaande structuren gebruik gemaakt kan worden, daarom is het opzetten van nieuwe landelijke bemonstering niet verder doorgezet.

5.4.2 *Samenvattend*

Er zijn drie opties geïdentificeerd om interne blootstelling aan PFAS te bepalen. Twee retrospectieve opties waarbij bestaande biobanken kunnen worden gebruikt voor het bepalen van interne blootstelling aan PFAS (PIENTER-3 studie voor serum en de COVID MILK-POWER MILK studie voor moedermelk en serum) en één bestaande monsterwervingsstructuur (Sanquin voor serum), die op dit moment verder wordt onderzocht.

5.5 **Aandacht voor de regio**

In enkele regio's in Nederland bestaan er zorgen over mogelijk verhoogde blootstelling aan PFAS ten opzichte van de algemene bevolking. Door de studie uit te voeren met voldoende landelijke dekking en een voldoende steekproefgrootte, kunnen er mogelijk aanwijzingen worden gevonden voor regionale verschillen in de PFAS-blootstelling.

Om te bepalen hoe groot de regionale groep moet zijn om aan te kunnen tonen dat in deze regio's statistisch significante hogere PFAS-concentraties in serum vastgesteld worden, is er een powerberekening uitgevoerd. Deze berekening kon alleen voor de regio rondom Chemours en langs de Westerschelde worden uitgevoerd, omdat voor deze gebieden lokale blootstellingsgegevens beschikbaar waren (zie Bijlage 3). Ze zijn uitgevoerd om een 20% hogere blootstelling ten opzichte van de achtergrondblootstelling aan te kunnen tonen. Op basis hiervan is voor de twee aandachtgebieden berekend dat er van 62 (regio Chemours), 179 (noordkant Westerschelde) en 146 (zuidkant Westerschelde) personen serummonsters beschikbaar moeten zijn/komen. Voor meer details over deze berekening, zie Bijlage 3.

Van de aangegeven drie beschikbare monsterverzameloptyes met landelijke dekking (Paragraaf 5.4.2) verzamelen alleen de PIENTER-3-studie en Sanquin genoeg serummonsters in Dordrecht en ten noorden van de Westerschelde. Zeeuws-Vlaanderen is niet vertegenwoordigd in PIENTER-3. De COVID MILK-POWER MILK-studie geeft die mogelijkheid niet, omdat de studie te weinig deelnemers uit deze gebieden bevat.

5.6 Keuze laboratoria

Bij het kiezen van een laboratorium voor het meten van PFAS in serum en moedermelk zijn de volgende criteria gehanteerd:

- 1) Het is mogelijk om een minimumpakket van PFAS te meten in serum en/of moedermelk;
- 2) De analytische methode voldoet aan acceptabele prestatiekenmerken zoals voldoende lage detectielimiet (LOD) en kwantificatielimiet (LOQ) en aangetoonde herhaalbaarheid met voldoende precisie;
- 3) De analytische methode is gevalideerd (accreditatie is een plus);
- 4) Het laboratorium heeft voldoende capaciteit;
- 5) Het laboratorium kan de monsters doormeten in (een nog nader te bepalen kwartaal van) 2024; en
- 6) De kosten voor analyse vallen binnen het beschikbare budget.

Op basis van deze criteria zijn de laboratoria van de Vrije Universiteit (VU) Amsterdam en Eurofins geselecteerd voor het uitvoeren van de analyses van de monsters van moedermelk (VU) en serum (zowel VU als Eurofins).

5.7 Conclusie

De beschikbare opties voor het verkrijgen van serum- en moedermelkmonsters zijn afgewogen op de vereisten voor het humane biomonitoringonderzoek binnen het onderzoeksprogramma (voor de randvoorwaarden zie Bijlage 3).

Hieruit volgt de keuze om 1500 serummonsters van de PIENTER-3-studie door de VU Amsterdam te laten analyseren. Hoewel de monsters in 2016/2017 genomen zijn, kunnen ze een redelijke indicatie geven van de huidige PFAS-gehalten in serum in Nederland. Voor de meeste PFAS is echter te weinig informatie aanwezig om iets over de trend in blootstelling te kunnen zeggen (zie Bijlage 3). Ook bevat de serumbank voldoende monsters (zij het van beperkte locaties) uit de

aandachtsgebieden, met uitzondering van Zeeuws-Vlaanderen. Dit biedt goede mogelijkheden voor een eerste nulmeting voor PFAS. Omdat de PIENTER-studie periodiek uitgevoerd wordt, geeft dit ook mogelijkheden om de meting in de toekomst te herhalen. Er is geen extra toestemming nodig om de monsters te mogen gebruiken en de VU kan op korte termijn beginnen met meten.

Zoals aangegeven biedt PIENTER-3 een nulmeting van 2016/2017 met daarbij (beperkte) mogelijkheid voor het in beeld brengen van de regio's rondom Chemours en de Westerschelde. Om een beeld te krijgen van de actuele concentraties van PFAS in serum, wordt onderzocht of er 1500 monsters van Sanquin kunnen worden gemeten. Hiermee kan dan ook extra gekeken worden naar de regio's rondom Chemours en langs de Westerschelde. Bij Sanquin kunnen ook deelnemers uit Zeeuws-Vlaanderen en de overige gemeenten rondom Chemours, naast Dordrecht, in het onderzoek worden opgenomen.

Er zal METC-toestemming worden aangevraagd voor metingen van PFAS in de serummonsters van Sanquin. De monsters kunnen worden afgenomen tijdens een standaard bloeddonatie.

Vanwege de grote hoeveelheid monsters zouden deze zowel bij Eurofins als bij de VU geanalyseerd kunnen worden, zodat resultaten zo snel mogelijk binnen zijn. Door het uitvoeren van een interlaboratoriumtest is de verwachting dat de resultaten tussen de VU en Eurofins te vergelijken zijn.

De verwachting is dat de monsters van beide studies een betrouwbaar beeld zullen geven van PFAS-concentraties in serum onder Nederlanders. De COVID MILK-POWER MILK-studie is een unieke toevoeging, omdat deze biobank moedermelk bevat en daarmee ook naar blootstelling van zuigelingen kan worden gekeken. Moedermelk- en serummonsters van deze studie zullen worden geanalyseerd door de VU Amsterdam. Voor het gebruik van de monsters in het PFAS-onderzoeksprogramma is een aanvraag voor METC-goedkeuring ingediend.

5.8 Afbakening

Bij uitvoering zoals hierboven beschreven zal het onderzoek informatie opleveren over PFAS-concentraties in serum en moedermelk van de Nederlandse bevolking met aandacht voor twee vooraf gedefinieerde aandachtsgebieden.

- Bij de presentatie van de resultaten zal duiding gegeven worden aan de gemeten waarden door ze te vergelijken met beschikbare gezondheidkundige grenswaarden.
- Door de opzet van de studie wordt in dit onderzoek de blootstelling aan PFAS in twee aandachtsgebieden vergeleken met de blootstelling in de rest van Nederland. Voor andere specifieke (en mogelijk toekomstige) aandachtsgebieden zullen te weinig metingen beschikbaar zijn om een verhoogde blootstelling te kunnen aantonen.

- De resultaten worden vergeleken met relevante gegevens uit omliggende landen. De oorzaak van mogelijke verschillen tussen landen zal niet worden uitgezocht in dit onderzoek.
- Het doel van het PFAS-onderzoeksprogramma is de PFAS-blootstelling te reduceren en niet om de effecten van PFAS op de gezondheid te onderzoeken. Er zullen in dit onderzoek dus geen additionele gezondheidsdata worden verzameld, zoals bloedcholesterol, nierfunctie of immunoglobulines. Om goed gezondheidsonderzoek te doen, moet voldoende informatie worden verzameld om een associatie aan te tonen en versturende variabelen uit te sluiten. Zo zou bijvoorbeeld ook de blootstelling aan andere stoffen, naast PFAS, die verantwoordelijk kunnen zijn voor een ziektebeeld, moeten worden bepaald. Dit vraagt om een uitvoerig onderzoek met een andere opzet, dat buiten de reikwijdte van het programma ligt.¹⁵

5.9 Relatie met andere thema's

Met de data uit het biomonitoringonderzoek zal een vergelijking gemaakt worden tussen de interne PFAS-concentraties en de totale externe blootstelling aan PFAS via voedsel, drinkwater en andere bronnen (A7). De benodigde PBK-modellen voor deze vergelijking zullen in thema D (D5) worden beoordeeld en geïmplementeerd. Door het vergelijken van interne PFAS-concentraties met de externe blootstelling kan vastgesteld worden of alle relevante bronnen in beeld zijn, of dat er nog onbekende bronnen zijn die bijdragen aan de totale blootstelling. De gemeten blootstelling in de humane biomonitoringstudie dient daarnaast als nulmeting om in een eventueel vervolgonderzoek de effectiviteit van voorgestelde maatregelen in thema B te kunnen bepalen door de blootstelling te volgen in de tijd.

Aanwijzingen voor verschillen in blootstelling tussen regio's of landen kunnen aanleiding geven om op zoek te gaan naar oorzaken en naar mogelijkheden tot het reduceren van de blootstelling. Als laatste meet dit onderzoek stoffen in combinaties van matrices (serum+moedermelk) in hetzelfde individu, om een duidelijk beeld te krijgen van de totale 'body burden' voor PFAS met een uiteenlopend kinetisch profiel. Hoewel het geen doel op zich is, genereert dit humane biomonitoringonderzoek met deze gegevens informatie over de serum:moedermelk partitie-coëfficiënt. Het levert daarmee waardevolle en unieke informatie die cruciaal is voor het opstellen van PBK-modellen en levert een actieve bijdrage aan thema D (kennisbasis).

¹⁵ Mogelijk gaat dit buiten het PFAS-onderzoeksprogramma plaatsvinden.

6 Afbakening thema D – Kennisbasis

Het RIVM onderzoekt al vele jaren de aanwezigheid en de mogelijke risico's van PFAS in onze leefomgeving, en heeft daarmee veel kennis op dit gebied verzameld. De wetenschappelijke ontwikkelingen rondom PFAS volgen elkaar echter in hoog tempo op, daarom is het noodzakelijk om deze kennisbasis op peil te houden. In dit thema zullen we de snel veranderende wetenschappelijke inzichten over PFAS nauwlettend in de gaten houden. Daarnaast draagt het RIVM actief bij aan de wetenschappelijke discussies over PFAS. Met deze uitwisseling betrekken we de huidige wetenschappelijke standaarden en inzichten in ons werk.

Dit hoofdstuk beschrijft hoe de scopingfase voor thema D is vormgegeven en welk onderzoek hier uit volgt.

6.1 Proces scopingfase

In 2023 is er door een groep van RIVM-experts met uiteenlopende expertises een shortlist opgesteld van relevante onderwerpen die verder onderzoek vergen, om de kennisbasis van het PFAS-onderzoeksprogramma te verstevigen. De betrokken medewerkers hebben onder andere expertise op het gebied van risicobeoordeling van PFAS in bodem, grondwater, oppervlaktewater, drinkwater en voedsel. Verder zijn een aantal van hen nauw betrokken geweest bij het opstellen van het PFAS-restrictiedossier alsook bij relevante internationale projecten, zoals PARC en HBM4EU.

Drie onderwerpen zijn geselecteerd voor verder onderzoek:

- Onderzoek naar hoe PFAS-precursoren afbreken in het milieu en hoe deze stoffen zich gedragen in het menselijk lichaam (vanaf nu aangeduid als *deelproject precursoren*);
- Internationale afstemming over de RPF-methode (vanaf nu aangeduid als *deelproject mengselrisicobeoordeling PFAS*); en
- Onderzoek naar modellen die het gedrag van PFAS in de mens beschrijven (vanaf nu aangeduid als *deelproject PBK-modellering*).

De onderzoeksplannen voor de geselecteerde drie deelprojecten worden hieronder toegelicht. Voor elk deelproject worden de volgende onderdelen besproken:

- wat is het kennishiaat dat het deelproject beoogt te dichten;
- waarom is het belangrijk voor het PFAS-onderzoeksprogramma om dit kennishiaat te dichten; en
- wat is het verwachte projectresultaat van het deelproject.

Mochten er later nog kennishiaten geïdentificeerd worden die van belang zijn voor het behalen van de doelen van het PFAS-onderzoeksprogramma, dan kunnen deze op dezelfde wijze binnen dit thema opgepakt worden.

6.2 Deelproject precursoren

6.2.1 *Kennishiaat*

Precursoren zijn stoffen die bij een chemische reactie kunnen worden omgevormd tot een andere stof, in dit geval een stof die onder PFAS valt. Er is binnen het RIVM onvoldoende kennis over de kinetiek (inclusief metabolisme) van PFAS-precursoren in de mens. Dit heeft tot gevolg dat het RIVM op dit moment gemeten precursoren in bijvoorbeeld drinkwater of zwemwater niet kan meenemen in risicobeoordelingen. Hierdoor kan het risico onderschat worden. Verder is er momenteel onvoldoende kennis over het afbraakproces van precursoren (en de snelheid daarvan) in verschillende matrices (bodem, water, lucht), waardoor er in risicobeoordelingen van deze matrices wordt uitgegaan van een worstcasescenario: volledige omzetting tot meest potente arrow head. Dit kan een overschatting van het risico tot gevolg hebben.

6.2.2 *Waarom belangrijk voor het PFAS-onderzoeksprogramma?*

Kennis over afbraakprocessen van precursoren en hun kinetiek in de mens is nodig voor realistische risicoschattingen van PFAS in drinkwater, voedsel en andere relevante matrices.

In mens en milieu komen we precursoren tegen (denk aan FTS, FOSA, FOSAA) die we willen beoordelen. Als geen RPF's voor deze precursoren beschikbaar zijn, kan kennis over afbraak en kinetiek inzicht geven in de vraag tot welke (arrow head) PFAS de precursoren kunnen vervallen. Vervolgens kan worden overwogen om de RPF van de arrow head toe te kennen aan de precursor. Ook kan kennis over het afbraakproces inzicht geven in de vraag welk percentage van de concentratie van de aangetroffen precursor moeten worden toegekend aan de arrow head.

6.2.3 *Verwacht projectresultaat*

Het project resulteert in inzicht in het afbraakproces in het milieu en in kinetiek en metabolisme in de mens van relevante precursoren. De wetenschappelijke en grijze literatuur (bijvoorbeeld van waterschappen, Deltares, KWR) op dit gebied zal in dit project gevolgd worden. Hiervoor zullen analysemethoden voor precursoren worden bediscussieerd en zal worden bepaald welke matrix(en) het meest relevant zijn om in verder detail te onderzoeken.

Deze inzichten komen samen in een rapportage over het "Afbraakproces, de kinetiek en het metabolisme in de mens van PFAS-precursoren". Onderdeel van dit product is ook een advies per precursor over hoe deze in de risicobeoordeling meegenomen zou kunnen worden. Dit product wordt eind 2024 verwacht.

In dit project zullen er geen metingen van precursoren in het milieu worden gedaan. Interpretatie van meetresultaten is ook geen onderdeel van dit deelproject. Er zal gebruikgemaakt worden van bestaande kennis over concentraties van precursoren in het milieu en de mens die wordt verzameld uit literatuur en uit metingen in Thema A2 (drinkwater) en C (milieu monitoring en humane biomonitoring).

Terugkoppeling uit de belanghebbendenbijeenkomst 2024.

In de BHB van 28 februari 2024 is het onderwerp 'precursoren' voorgelegd aan de deelnemers. Het belang van dit complexe onderwerp was duidelijk. Veel PFAS maken onderdeel uit van andere stoffen. Die moeten in beeld komen om het totaalbeeld van PFAS-blootstelling te kunnen bepalen. De vragen die voorgelegd waren:

- 1) Zijn er volgens u specifieke matrices (voedsel, drinkwater, (water)bodem, et cetera) waar (extra) aandacht voor precursoren noodzakelijk is?
- 2) Moeten we ons richten op precursoren in voedsel en drinkwater, of vindt u kennis over precursoren in het milieu ook van belang voor de humane blootstelling?
- 3) Kent u relevante onderzoeken naar PFAS-precursoren? Zo ja, welke zijn dat?

Alle compartimenten, zoals water, bodem, lucht, en organismen zelf, zijn als belangrijk genoemd. Ook rioolwater is als suggestie gedaan. Het is belangrijk om te weten hoe deze stoffen zich gedragen in de tijd en hoe en wanneer ze in welke PFAS worden omgezet. Deze data zijn niet bekend en staan niet in de REACH-dossiers (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals). Een analysemethode die daarover meer informatie kan verschaffen is TOPA (Total Oxidisable Precursor Assay). Deze analysemethode is bediscussieerd. Bij TOPA wordt gekeken naar precursoren die door oxidatie omgezet naar PFAA's (PerFluorAlkyl Acids). De vraag is of deze black box een correcte simulatie is van hetgeen er in het milieu gebeurt. Sommige precursoren worden bij sommige matrices niet omgezet in PFAA's. De conclusie was dat TOPA mogelijkheden geeft, maar nog verder ontwikkeld moet worden.

6.3 Deelproject mengselrisicobeoordeling PFAS

6.3.1 Kennishiaat

Het RIVM gebruikt sinds 2021 de door de EFSA afgeleide tolereerbare wekelijkse inname (TWI) in combinatie met de RPF-methode voor het uitvoeren van risicobeoordeling voor PFAS.¹⁶ Er zijn verschillende kennishiaten met betrekking tot deze methode:

1. *Robuustheid RPF-methode:* Verschillende belanghebbende hebben tijdens de BHB van het PFAS-onderzoeksprogramma aangegeven dat het wenselijk is om hun perspectief te bieden over de robuustheid van de RPF-methode. Hiervoor is kennis nodig over wanneer de RPF-methode (en andere methoden) robuust bevonden wordt door wetenschappelijke experts.
2. *Alternatieve mengselrisicobeoordelingsmethoden:* Er zijn sinds 2021 veel verschillende externe initiatieven geweest wat betreft PFAS-mengselrisicobeoordeling. Een recent en compleet overzicht ontbreekt. Dit bemoeilijkt een vergelijking tussen deze externe initiatieven en de methode die die het RIVM momenteel hanteert.

6.3.2 Waarom belangrijk voor het PFAS-onderzoeksprogramma?

De RPF-methode ligt ten grondslag aan de risicobeoordelingen die binnen het programma worden uitgevoerd. Het up-to-date houden van

¹⁶ <https://www.rivm.nl/sites/default/files/2021-04/Notitie%20implementatie%20EFSA-TWI%20PFAS.pdf>. De RPF's zijn afgeleid op basis van levereffecten.

onze kennis op het gebied van alternatieve mengselrisicobeoordelingen van PFAS en het werken aan de robuustheid van de RPF-methode is noodzakelijk om ervoor te zorgen dat de risicobeoordelingen binnen het PFAS-onderzoeksprogramma in lijn met de meest recente wetenschappelijke inzichten worden uitgevoerd.

6.3.3 *Verwacht projectresultaat*

Voor invulling van de kennishiaten was het organiseren van een internationale workshop met experts gepland, met als doel op internationaal niveau wetenschappelijke discussie te voeren over het toepassen van de RPF-methode voor mengselrisicobeoordeling van PFAS. Tijdens de scopingfase bleek dat de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) een wereldwijde PFAS-evaluatie aan het voorbereiden was, waarvoor een inventariserend onderzoek werd opgezet, onder andere voor een mengselbenadering voor PFAS. Het RIVM is leider geworden van het werkpakket 'Methodology development for an in-depth assessment of the risk to human health of PFAS from exposure via ingestion'. In dit werkpakket zullen worden opgeleverd:

- i) Protocollen en templates voor het uitvoeren een systematische review, om met de beschikbare informatie de belangrijkste PFAS en hun gezondheidseffecten aan te wijzen;
- ii) Een overzicht van methoden voor mengselrisicobeoordeling van PFAS;
- iii) Een voorstel voor een aanpak van het beoordelen van de risico's van PFAS als mengsel en een methode voor het afleiden van een gezondheidskundige grenswaarde op basis van die aanpak. De geplande internationale workshop binnen het PFAS-onderzoeksprogramma wordt zo een onderdeel van het WHO-project.

Om de discussie tijdens deze workshop te faciliteren, zal een werkdocument worden opgesteld dat besproken kan worden. In dit werkdocument zal (onder meer) worden beschreven wat de onderliggende vereisten, aannames en rationale zijn om RPF's af te leiden en toe te passen. Ook zal er een overzicht worden gegeven van mengselbeoordelingsmethoden voor PFAS, waaronder de door het RIVM gebruikte RPF-methode. Hiermee kan ook vastgesteld worden wat als sterke punten en kennishiaten van de RPF-methode worden beschouwd en wat er nodig is om consensus hierover te kunnen bereiken. Uit het WHO-werk zal een voorstel komen voor (vereisten voor) een mengselbenadering van PFAS.

Producten van dit deelonderzoek zijn het werkdocument, de workshop en de rapportage aan WHO.

In dit onderzoek zal er niet gewerkt worden aan betere wetenschappelijke onderbouwing/methodeontwikkeling van de RPF-methode voor PFAS. Ook zullen er geen RPF's worden afgeleid op basis van andere toxicologische effecten. Evenmin worden er interne RPF's afgeleid, omdat er in C2 geen risicobeoordeling wordt gedaan.

6.4 Deelproject PBK-modellering

6.4.1 *Kennishiaat*

Om externe blootstelling om te zetten naar interne blootstelling zijn er Physiologically Based Kinetic (PBK) modellen nodig. Niet voor alle PFAS zijn er PBK-modellen beschikbaar. Op dit moment bestaan er PBK-modellen voor

- PFOS (Deepika et al., 2021, Chou en Lin, 2019, Rovira et al., 2019, Fàbrega et al., 2014, Loccisano et al., 2012),
- PFOA (Rovira et al., 2019, Fàbrega et al., 2014, Loccisano et al., 2012),
- PFNA (Kim et al., 2019),
- PFHxS (Kim et al., 2018, Sweeney, 2022) en
- PFDA (Kim et al., 2019).

Binnen het RIVM zijn er modellen voor PFOS en PFOA. De kwaliteit van de modellen voor PFNA, PFDA en PFHxS is onbekend. Voor andere PFAS zijn nog geen PBK-modellen beschikbaar.

6.4.2 *Waarom belangrijk voor het PFAS-onderzoeksprogramma?*

Het doel van het PFAS-onderzoeksprogramma is de blootstelling aan PFAS in de Nederlandse bevolking te verminderen. Als onderdeel van dit programma is de orale PFAS-blootstelling in Nederland door voedsel en drinkwater geschat (Schepens et al., 2023). Daarnaast zal door middel van humane biomonitoring de interne blootstelling van de Nederlandse bevolking worden bepaald door metingen uit te voeren in bloed en moedermelk. Door deze data te vergelijken, kan worden onderzocht of voedsel en drinkwater de enige bronnen zijn van blootstelling aan PFAS, of dat er nog andere belangrijke bronnen zijn. Voor deze vergelijking kunnen voor een aantal PFAS bestaande PBK-modellen worden gebruikt, die daarvoor moeten worden geïmplementeerd.

Aangezien in voedsel en drinkwater niet alleen de hierboven genoemde PFAS gevonden zijn, is het van belang nieuwe PBK-modellen te ontwikkelen. Zonder deze nieuwe PBK-modellen zal alleen een kwalitatieve vergelijking tussen blootstelling aan PFAS via voedsel en drinkwater en interne blootstelling kunnen plaatsvinden. Een kwalitatieve vergelijking houdt een vergelijking in tussen de PFAS aangetroffen in serum met de aangetroffen PFAS in voedsel en drinkwater.

6.4.3 *Verwacht projectresultaat*

Implementatie van bestaande PBK-modellen en nieuw ontwikkelde PBK-modellen voor de PFAS die voor het PFAS-onderzoeksprogramma relevant zijn. Op basis van de PFAS die de grootste bijdrage leveren aan de inname via voedsel en drinkwater (in PEQ) (Schepens et al., 2023) en PFAS die in andere landen in serum zijn aangetroffen (EFSA, 2020) zullen dat in eerste instantie PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS, PFUnDA en PFDA zijn.

Rapportage (eventueel een wetenschappelijk artikel) over de nieuw ontwikkelde PBK-modellen. Daarnaast zullen de modellen gebruikt worden in het rapport van Thema C2 (humane biomonitoring) om

externe en interne blootstelling aan PFAS te vergelijken. Rapportage wordt eind 2024 verwacht.

Om tot deze rapportage te komen, zal eerst worden gekeken naar de kwaliteit van de reeds bestaande PBK-modellen van PFOS, PFOA, PFNA, PFDA en PFHxS. Als de kwaliteit van deze modellen goed genoeg is, kunnen deze zonder aanpassingen worden gebruikt. Indien nodig, zullen deze modellen aangepast of opnieuw ontwikkeld moeten worden. Voor PFUnDA zal in de literatuur gezocht worden naar relevante gegevens om een model op te zetten en zal worden gekeken of het mogelijk is bestaande modellen op basis van deze gegevens aan te passen. Het werk aan PBK-modellen vindt deels plaats in combinatie met PBK-activiteiten voor het Europese project PARC.

In dit project worden geen kinetiekexperimenten uitgevoerd. Er zal alleen gebruik worden gemaakt van al bestaande gegevens in de literatuur. Er zullen modellen ontwikkeld worden voor het berekenen van concentraties in serum, moedermelk en urine, niet voor andere compartimenten.

7 Afbakening thema B – Kansrijke maatregelen

De werkzaamheden die in het PFAS-onderzoeksprogramma uitgevoerd worden beogen antwoord te geven op de vraag: hoe kan de PFAS-blootstelling via voedsel, drinkwater en leefomgeving in Nederland verlaagd worden? Wanneer we weten hoe mensen PFAS binnenkrijgen, kunnen we inzichtelijk maken welke maatregelen kunnen helpen om deze blootstelling te verminderen. Het betreft maatregelen aanvullend op reeds voorgenomen beleid.

Een afbakening van de scope van het onderzoek is van belang om tijdens de uitvoering keuzes te kunnen maken. Hieronder wordt toegelicht wat 'in-scope' binnen het thema onderzocht kan worden, en wat 'out-of-scope' is. Deze afbakening is wel richtinggevend, maar niet omvattend, omdat nieuwe kennis ook nieuwe inzichten kan opleveren. We baseren ons vooraleerst op de opbrengsten van de andere thema's. Daarnaast houden we rekening met de doorlopende ontwikkelingen in beleid en onderzoek (zowel Europees als nationaal en lokaal) en met inzichten en wensen van belanghebbenden.

Het gaat om maatregelen op (onderdelen van) de ketens productie → milieu → mens, en productie → product → mens. De actoren in deze ketens, zoals producenten, overheden (vergunningverleners, nutsbedrijven, toezichthouders) en consumenten, hebben verschillende mogelijkheden om in een bepaalde situatie te handelen. Het onderzoek richt zich op maatregelen voor de gehele Nederlandse bevolking, met mogelijk specifiek advies voor subpopulaties of locaties (regionaal). Bij regionale aspecten van maatregelen zou het kunnen gaan om het verbieden van bepaald (regio-gebonden) gebruik van bodem of water, of om advies aan regionale consumenten of bepaalde doelgroepen.

De geplande opbrengsten van de andere thema's in het PFAS-onderzoeksprogramma (*Tabel 7.1*) leveren naar verwachting aanknopingspunten op voor maatregelen. Bijvoorbeeld maatregelen gericht op het informeren van consumenten met informatie over gebruik van producten.¹⁷

Tabel 7.1 Geplande opbrengsten in het PFAS-onderzoeksprogramma met mogelijke aanknopingspunten voor maatregelen.

| Onderwerp | Inzicht |
|-----------------------|--|
| Voedsel en drinkwater | Met inzichten over de PFAS-inname via voedsel en drinkwater zijn de bestaande consumptie-adviezen voor de algemene bevolking niet veranderd. Aanvullende maatregelen op het gebied van nader consumptie-advies voor de algemene bevolking of doelgroepen (bijvoorbeeld zwangere vrouwen) worden niet voorzien. |
| | Inventarisatie van blootstelling aan PFAS binnen Europa. |
| | Overzicht van aanwezigheid van PFAS in lokale producten in Nederland afkomstig van mogelijke |

¹⁷ De rijksoverheid heeft reeds maatregelen genomen met betrekking tot het [rijksinkoopbeleid](#).

| Onderwerp | Inzicht |
|------------------------------|--|
| | hotspots. Mogelijk aanleiding voor aanvullend onderzoek binnen of buiten het programma. |
| | Vergelijking biomonitoring met regio's met drinkwater uit oppervlaktewater- dan wel grondwaterbronnen. |
| Bodem-gewas-relaties | Betere relatie tussen PFAS-concentraties in bodem en opname in gewas. Inzichten kunnen directe toepassing vinden in het bodembeleid. |
| Landbouw-risico-grenzen | Inzicht in de vraag of bredere toepassing van landbouwrisicogrenzen een kansrijke maatregel is voor reductie van blootstelling |
| Overige routes | Relatieve bijdrage aan de totale PFAS-blootstelling vanuit de hoogst geprioriteerde bronnen versus voedsel en drinkwater. Dit geeft zicht op mogelijke maatregelen gericht op dit soort bronnen, zoals mogelijk consumentenproducten of huisstof. |
| Emissies naar milieu | Een actueel overzicht van alle PFAS-emissies naar het milieu door bronnen als industrie, RWZI's en producten, is niet mogelijk. Specifieke emissiebronnen waarvoor een informatiebehoefte bestaat in relatie tot handelingskaders worden in kaart gebracht. |
| Integratie van blootstelling | Inzicht in het totaalbeeld van blootstelling aan PFAS en de bijdrage van verschillende bronnen daaraan. Dit is relevant voor onder meer de waardering van aanvullende maatregelen, en het beschrijven van uitgangssituaties en toekomstige ontwikkelingen. |
| | In combinatie met biomonitoring en de PBK-modellen wordt het totaalbeeld van de blootstelling aan PFAS gebruikt om de interne en externe blootstelling te vergelijken. De vergelijking met biomonitoring levert mogelijk handvatten voor brononderzoek. Dit brononderzoek valt buiten het programma. |
| Milieu-monitoring | Voldoende overzicht over diffuse belasting. Plus de te verwachten concentratie-ontwikkeling van PFAS in de bovengrond (uitspoeling – depositie). Dit is de basis voor het monitoren van milieu-concentraties, om in de toekomst de impact van maatregelen te duiden. |
| Bodem-grondwater | Vracht naar, en concentratie in, grondwater en bodem. Dit levert de baseline en autonome ontwikkeling voor maatregelen. Tot de maatregelen behoren bodem- en grondwatersanering en de zuivering van drinkwater aan de bron. |
| Interne belasting | In combinatie met de integratie van blootstelling en de PBK-modellen wordt dit gebruikt om de interne en externe blootstelling te vergelijken. Dit levert handvatten voor brononderzoek. Dit brononderzoek valt buiten het programma. |
| Precursoren | Afbraak en gedrag in menselijk lichaam en in het milieu. Leidt tot meer accurate beoordeling van bijvoorbeeld drinkwater en zwemwater. |
| RPF's | Leidt tot meer accurate risicobeoordeling. |
| PBK | Relatie externe (orale) en interne blootstelling. |

7.1 Out-of-scope

In principe kunnen sommige nieuwe inzichten direct toepassing vinden in de beleidsuitvoering. Deze worden direct aangereikt en niet verder onderzocht. Het implementeren van mogelijke aanvullende maatregelen zelf valt buiten de scope van dit onderzoek. Maatregelen en activiteiten die reeds genomen of voorzien zijn, en maatregelen die genomen moeten worden op grond van bestaande regelgeving, vallen buiten de scope van het onderzoek. Bijvoorbeeld:

- Onderzoek naar maatregelen die bij de REACH-restricties horen, vallen buiten de scope van het onderzoek. Het proces van de EU-brede restrictie is in gang, en het is een gegeven dat het nog meerdere jaren duurt voordat dit volledig geïmplementeerd is. Als voorbeeld: medische hulpmiddelen vallen onder de restrictie. Volgens het recente [Belgische rapport](#) verbruikt de sector van medische producten een derde van de tonnage aan PFAS. Het ministerie van VWS laat, in het kader van de restrictie, een marktimpactanalyse uitvoeren over de impact van een PFAS-verbod op de patiënt en op de productie van medische producten in Europa. Ook zal het ministerie in overleg treden met instanties zoals NWO, ZonMw en RVO over de rol van onderzoeksprogramma's bij het uitfasen van PFAS in medische producten.¹⁸
- Er zijn enkele productgroepen die niet onder de REACH-restricties vallen, omdat ze geregeld zijn in een eigenstandig wettelijk kader. Wat betreft biociden en gewasbeschermingsmiddelen die PFAS bevatten nemen de ministeries van IenW en LNV stappen om te bezien hoe kan worden ingezet op een verbod, als er voldoende alternatieven zijn voor de werkzame stoffen.¹⁹ Wat betreft geneesmiddelen brengt het ministerie van VWS PFAS-vrije werkzame stoffen in geneesmiddelen in kaart, zodat patiënten indien mogelijk kunnen overstappen op andere medicatie. Een ander voorbeeld is het analyseren van richtlijnen, die op dit moment mogelijk barrières opwerpen voor het vermijden van (onnodig) voorschrijven van medische producten met PFAS-stoffen. Het Nederlands Huisartsengenootschap wijst artsen daar al op bij het behandelen van luchtweg-aandoeningen.¹⁸
- Onderzoek naar maatregelen op het vergunnen van emissie vanuit inrichtingen valt buiten de scope, omdat dit is belegd in het vigerende stelsel van vergunningverlening, toezicht, en handhaving (VTH-stelsel). Het ministerie van IenW voert beleid op het versterken van de uitvoering van het VTH-stelsel.^{20,21}
- In het Actieprogramma PFAS wordt voor vijf branches en/of productgroepen (papier, brandblusschuim, textiel & tapijt, cosmetica en afvalwaterzuivering) gekeken naar wat er nodig is om de transitie naar alternatieven te maken. Er is daar aandacht voor de verschillende schakels in de keten, van de productie van PFAS, de toepassing bij het maken van producten, het gebruik van producten, tot de verschillende emissie- en

¹⁸ https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2024D15224&did=2024D15224

¹⁹ Kamerbrief [Gezondheid en milieu | Tweede Kamer der Staten-Generaal](#).

²⁰ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/10/19/brief-voor-het-commissiedebat-pfas-en-gezondheid-van-3-november-2022>.

²¹ <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-6804e2949cc7c7c30c7e474f519f471be451ee01/pdf>

blootstellingsroutes. Ook wordt er milieubreed naar het probleem gekeken (lucht, bodem en water), om afwenteling van het ene naar het andere milieucompartiment te voorkomen.

- Advisering over lokale bodemsaneringsprojecten valt buiten de scope van het onderzoek. Dat gaat om bestaande regelgeving en voor de uitvoering zijn afwegingsmethoden²² beschikbaar. Bovendien ondersteunt het Rijk regionale overheden.^{23,24} Voor hergebruik van grond en baggerspecie is een Handelingskader PFAS²⁵ beschikbaar. Onderzoek naar (impact van) maatregelen voor de vermindering van blootstelling aan PFAS via bodem en grondwater loopt.²⁶
- Onderzoek naar de ontwikkeling van nieuwe sanerings- of destructietechnieken voor bijvoorbeeld water, bodem, of afval, valt buiten de scope van het onderzoek. Zoals gemeld in en na de BHB in februari 2023: *'de ontwikkelingen in sanering worden gevolgd om deze te kunnen gebruiken in de handelingsperspectieven, er komt echter geen advies over welke methoden te gebruiken.'* Het ministerie van IenW subsidieert onderzoek naar duurzame sanering van PFAS in bodem en is gestart met een Kennis- en Innovatieprogramma PFAS in bodem en water.^{27,28}
- Onderzoek naar het inzamelen, recyclen of verwerken van producten met PFAS valt buiten de scope van het onderzoek. Het ministerie van IenW werkt aan het borgen van de juiste verwerking van (recyclebaar) afval met PFAS.²⁹
- Onderzoek naar het aanpassen van maximumgehalten in voedsel valt buiten de scope van het onderzoek, omdat de minister doorgaat met het huidige beleid om te komen tot Europese maximale limieten voor PFAS in voedingsmiddelen.³⁰
- Onderzoek naar voedingsadviezen voor de algemene bevolking valt buiten de scope van het onderzoek. Het algemene advies van het RIVM en het Voedingscentrum, om gevarieerd te eten, is niet veranderd met de recente inzichten³¹ (medio 2023) over de aanwezigheid van PFAS in voedsel en drinkwater.
- Monitoring van locaties, voedingsmiddelen of producten, of opsporing van hotspots, alsook het afleiden van risicogrenzen, vallen buiten de scope van onderzoek naar maatregelen.³²

7.2 Signalen van belanghebbenden

In de BHB's van 2023 en 2024 hebben belanghebbenden inzichten in kansrijke maatregelen en wensen voor kansrijk onderzoek aangedragen.

²² <https://www.bodemrichtlijn.nl/Tools/keuze-saneringstechnieken/afwegingsmethoden-voor-saneringsvarianten>

²³ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2022/10/19/brief-voor-het-commissiedebat-pfas-en-gezondheid-van-3-november-2022>

²⁴ <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-6804e2949cc7c7c30c7e474f519f471be451ee01/pdf>

²⁵ <https://open.overheid.nl/documenten/dpc-dee421ec8377efafeaf463e5d632d30a7c38b567/pdf>

²⁶ <https://www.rivm.nl/documenten/impact-assessment-interventiewaarden-pfas-grond-en-grondwater>

²⁷ [Living Lab: PFAS Remediation – UULabs – Universiteit Utrecht](https://www.livinglab.nl/publicaties/risk-assessment-of-exposure-to-pfas-through-food-and-drinking-water-in-netherlands)

²⁸ <https://open.overheid.nl/documenten/dpc-0dd88e35f09e8112ba74ad01946fd07cba12fd64/pdf>

²⁹ [Beleidsreactie – signaalrapportage ILT: meer zicht en grip op PFAS-afval nodig.](#)

³⁰ [Kamerbrief 4 juni 2021](#)

³¹ <https://www.rivm.nl/publicaties/risk-assessment-of-exposure-to-pfas-through-food-and-drinking-water-in-netherlands>

³² Bijvoorbeeld: het RIVM start, los van het PFAS-onderzoeksprogramma, in 2024 een landelijk onderzoek naar de bronnen van PFAS in particuliere eieren. [RIVM handhaaft advies: eet geen particuliere eieren in de regio Zuid-Holland Zuid en de gemeente Altena | RIVM](#)

Wat opvalt, is dat in het zoekproces naar *aanvullende* maatregelen – dus in aanvulling op bestaande sporen, zoals de restrictie, de emissie-vergunningen, en de zorgplicht bij bodem – deze reeds voorgenomen of wettelijk verankerde maatregelen toch steeds weer worden benoemd. Daaruit blijkt dat deze echt belangrijk zijn om de blootstelling te verminderen. Tijdens de werksessies zijn tientallen combinaties van focusgebieden en bronnen aangedragen. Tabel 7.2 geeft een samenvatting. Om kansrijke aanvullende maatregelen te kunnen benoemen, hebben belanghebbenden vooral meer grip op de materie nodig. Dus is eerst meer onderzoek nodig, zoals naar de aanwezigheid van PFAS in bijvoorbeeld de lucht en in sea spray, naar aanwezigheid in producten, of naar de afbraak van PFAS in afvalstromen.

Tabel 7.2 Maatregelen en informatiebehoefte om blootstelling aan PFAS te beperken, aangedragen door belanghebbenden.

| Focusgebied | Kenmerkende voorbeelden van maatregelen en informatiebehoefte: |
|------------------------------|---|
| Voedsel | Consumptie-adviezen gereguleerde teelt en ongereguleerde teelt; informatie over aanwezigheid van PFAS; monitoring van producten. |
| Huishoudens en leefomgeving | Informatie over aanwezigheid van PFAS in producten. Weren van PFAS in (zorg)producten. Kennis over routes lucht en huisstof verkrijgen. Moestuinen: sanering en voorlichting. Oppervlaktewater saneren. |
| Industrie, landbouw en water | Restrictie en productieverbod. Strenger vergunnen van emissies. Weren van PFAS in bestrijdingsmiddelen en in meststoffen. Beschermingszones drinkwaterinnamegebieden. |
| Overig | Onderzoek naar destructiemethoden. Inzameling en verwerking afval organiseren. Restrictie, vergunningen, normeren. |

Daarbij is het signaal dat partijen niet in beeld hebben hoe een kosteneffectiviteitsanalyse (KEA) kan bijdragen aan (het maken van keuzes bij) de implementatie van maatregelen. Belanghebbenden signaleren wel dat een kennisinstituut als – met name – het RIVM voorlichting zou kunnen geven over verantwoorde keuzes die men als consument kan maken, bijvoorbeeld met informatie over wat er aan PFAS in (voedsel)producten zit.³³ Ook is er behoefte aan normstelling en aan duiding van de aard of omvang van het gezondheidsrisico, wanneer de inname boven de risicogrens is. En omdat elk bevoegd gezag vanuit zijn eigen verantwoordelijkheden adviseert, ontraadt of verbiedt, zou een meer integrale afweging van keuzes in gezond gedrag, ook wat betreft voordelen, de burger en consument alternatieve perspectieven kunnen bieden.

Het is duidelijk dat de belanghebbenden goed op de hoogte zijn van de issues en van de ontwikkelingen in beleid en onderzoek. Dat is divers en

³³ Productinformatie is op onderdelen beschikbaar, bijvoorbeeld op [PFAS | Waarzitwatin | Rijksoverheid](#), [Producten met PFAS | Milieu Centraal](#) en [Chemische contaminanten in Nederlandse productiegebieden 2022 | Publicatie | NVWA](#).

complex, maar ook behoorlijk omvattend. Daardoor liggen, naast meer onderzoek en beter kennisdelen, aanvullende maatregelen niet (meer) voor het oprapen.

7.3 De planning van het thema Kansrijke maatregelen

In 2024 verzamelen we de kansrijke maatregelen op basis van de opbrengsten van de BHB's in 2023 en 2024, en van de resultaten van de overige thema's in het programma. Niet alle geïdentificeerde maatregelen zijn mogelijk geschikt om verder uitgewerkt te worden. Mogelijke criteria voor het prioriteren van aangedragen maatregelen zijn:

- (Minimale) verwachte kosten (laaghangend fruit);
- Verwachte implementatietijd;
- Verwachte afname in blootstelling bij hoogst blootgestelde groepen;
- Verwachte doorlooptijd van effecten (direct versus lange termijn);
- Regionaal of nationaal verwacht effect;
- Mogelijke knelpunten in het kwantificeren van het effect van de maatregelen.

De overwegingen bij de selectie zullen worden gedocumenteerd. In het najaar van 2024 programmeren we het onderzoek om de kosten-effectiviteit van scenario's van maatregelen in beeld te brengen. Dit onderzoek zal doorlopen tot en met het eerste kwartaal van 2026. Lopende het onderzoek zullen we bekijken hoe inzichten uit de BHB van 2025, en uit de andere thema's in het programma, die in de loop van najaar 2024-najaar 2025 geleverd worden, hun beslag kunnen krijgen. Daarbij signaleren we deze inzichten direct bij de departementen.

Om te duiden welke handelingsperspectieven een scenario (een combinatie van een of meer maatregelen) biedt, is inzicht nodig in de mate van reductie van blootstelling die bereikt kan worden, waarbij rekening gehouden wordt met zowel de uitgangssituatie als de autonome ontwikkeling (het verwachte resultaat van reeds ingezet beleid). Het kan van de scenario's afhangen wat de meest doelmatige manier is om deze uitgangssituatie en mate van reductie in beeld te brengen. Dit werken we samen met thema A en C uit. De beschikbaarheid van gegevens zal hierin ook een rol spelen. Hierbij betrekken we belanghebbende partijen, om te borgen dat alle informatie aanwezig is en om te zorgen dat we nieuwe kansen niet over het hoofd zien.

8 Afbakening thema E – Governance, communicatie en coördinatie

Voor het succesvol uitvoeren van het PFAS-onderzoeksprogramma is goede interne en externe afstemming essentieel. Voor de scopingfase van dit thema stond het vormgeven van de inhoudelijke opzet en bijbehorende overlegstructuren centraal.

8.1 Overleg en afstemming binnen en tussen overheden nationaal

Het PFAS-onderzoeksprogramma is in 2021 aangekondigd als een van de initiatieven om blootstelling van mens en milieu aan PFAS te verminderen.³⁴ Tegelijkertijd werd geconstateerd dat de opgave complex is, omdat uit onderzoeken al bleek dat er geen snelle oplossingen zijn. De departementen waren voornemens om samen met decentrale overheden en betrokken partijen gevolg te geven aan de voorstellen van het RIVM. Tijdens de scopingfase is gewerkt aan de vormgeving van en sturing op het programma. Over de voortgang van het programma voert het RIVM regelmatig overleg met de opdrachtgevers. Bij (voorbereidend) bestuurlijk overleg is diverse keren een stand van zaken van de voorgenomen onderzoeken en verkregen inzichten gepresenteerd. Op verzoek heeft het RIVM technische briefings gegeven over de opzet van het PFAS-onderzoeksprogramma bij de Provinciale Staten van Zeeland en Zuid-Holland. Daarnaast maakt het programma deel uit van de reguliere afstemming met communicatieafdelingen van andere overheidsorganisaties.

8.2 Publieks- en belanghebbendencommunicatie

Op de webpagina [Onderzoeksprogramma PFAS | RIVM](#) is nu informatie te vinden over de doelstellingen en opbrengsten van het programma. Vanwege de vele vragen over de biomonitoring in het programma, is [uitleg](#) toegevoegd over wat dit onderzoek inhoudt. Deze website zal gaandeweg het programma verder uitgebreid worden. Op de pagina 'actueel' is voortgangsinformatie te vinden over al het werk dat het RIVM doet voor het onderwerp PFAS.

Daarnaast werd voorzien dat het programma rekening moet houden met ontwikkelingen in het werkveld en ontwikkelingen in de verwachtingen van belanghebbenden met betrekking tot het programma. Mede vanuit die behoefte worden jaarlijkse bijeenkomsten voor belanghebbenden (BHB's) georganiseerd. Deze vonden plaats op 22 februari 2023 en op 28 februari 2024. Aan deze bijeenkomsten konden alle geïnteresseerden deelnemen. De belangstelling voor beide BHB's was groot, met een diverse opkomst van deelnemers vanuit overheden, kennisinstituten en industrie, maar ook van belangenverenigingen van burgers. Tijdens deze dagen zijn de deelnemers geïnformeerd over de opzet en afbakening van het programma. Van de deelnemers is open (2023) en gericht (2024) input gevraagd voor het onderzoek. Hoe deze input op inhoud is meegenomen, staat in de voorgaande hoofdstukken aangegeven.

³⁴ <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-408df3bb-ac8b-4bd9-b462-6d53c2448de1/pdf>

Tijdens de bijeenkomst in 2024 zijn de deelnemers actief bevraagd over de behoeften met betrekking tot informatie en communicatie over het PFAS-werk van het RIVM. Hieruit bleek dat deze behoefte groot is.

De deelnemers willen de resultaten van het programma gebruiken voor (gezondheids-)advies aan gemeenten en inwoners, het maken van beleid en stellen van kaders, onderzoek naar PFAS, het beantwoorden van politieke vragen en voor de lobby voor uitfasering van PFAS. Ook willen sommige deelnemers de resultaten gebruiken om consumenten beter voor te lichten.

Als het gaat om het PFAS-onderzoeksprogramma is er behoefte aan procesinformatie ten aanzien van de tussentijdse stand van zaken. Ook willen mensen het weten als er 'niets' te melden valt. Ten aanzien van de resultaten bestaat behoefte aan goed vindbare en overzichtelijke informatie (alles bij elkaar).

Breder leeft de behoefte aan een informatiepunt voor het publiek met toegespitste informatie en handelingsperspectieven. Ook is specifieke informatie nodig om risico's van PFAS in perspectief met andere risico's te kunnen plaatsen ter voorkoming van maatschappelijke onrust.

Er leven vragen over de rol van het RIVM naast die van andere organisaties, zoals provinciale en lokale overheden en GGD'en. Het is vaak onduidelijk waar burgers en/of professionals voor welke vragen terecht kunnen; dit kan bijvoorbeeld op de website aangegeven worden. Tevens is gesproken over kennisnetwerken en hoe professionals in Nederland met elkaar kunnen afstemmen en te weten kunnen komen welke onderzoeken in relatie tot PFAS worden gedaan. Belanghebbenden willen wetenschappelijke informatie in rapporten en publicaties terugzien. Daarnaast bestaat er behoefte aan een nationaal kennisplatform om ook na het aflopen van het PFAS-onderzoeksprogramma informatie over PFAS-onderzoek uit te wisselen. In de praktijk zouden korte video's en informatie op sociale media opties zijn om ook het publiek te informeren. Voor het informeren van beleid noemt men leesbare rapporten en interactieve sessies. Deze suggesties zullen waar mogelijk opgenomen worden in het vormgeven van de verdere communicatie over het PFAS-onderzoeksprogramma.

8.3 Internationaal

Naast de nationale informatievoorziening heeft het RIVM ook internationaal over het programma afgestemd. Het PFAS-onderzoeksprogramma is gepresenteerd bij EFSA, zowel bij het Advisory Forum (AF) als bij het Management Board. Het AF heeft besloten een werkgroep PFAS in te richten om de nationale initiatieven op PFAS tussen lidstaten uit te wisselen. Het Bureau Risicobeoordeling & Onderzoek van de NVWA is vicevoorzitter van de 'steering group' van dit initiatief. Het RIVM is vicevoorzitter van het 'Risk Assessment Team'. Met Vlaanderen is uitgewisseld over de opzet van het humane biomonitoringonderzoek, om de verschillen en leerpunten vanuit het Vlaamse onderzoek rondom 3M mee te kunnen nemen. Daarnaast is er vanuit het PFAS-onderzoeksprogramma een samenwerking aangegaan met de WHO voor de evaluatie van PFAS (zie Paragraaf 6.3). Ook wordt

synergie behaald met het werk van PARC, waar het RIVM bijdraagt aan de PBK-modellen (zie Paragraaf 6.4).

8.4 Communicatie over PFAS buiten het PFAS-onderzoeksprogramma

In de opdracht was voorzien dat vanuit Thema E ook coördinatie en communicatie uitgevoerd wordt op vragen over PFAS die aan het RIVM gesteld zijn, maar niet direct het programma betreffen. Tijdens de scopingfase zijn vragen van zowel de media, regionale overheden als het publiek beantwoord, onder andere over PFAS in zwemwater en particuliere eieren. Ook over moestuinen kwamen veel vragen, met name van het publiek. Gemiddeld komen er veertig vragen per week bij het infopunt binnen; in drukkere perioden zijn dat er veertig per dag. Persvragen komen wekelijks en in drukkere tijden dagelijks binnen. Deze, vooral lokaal relevante, onderwerpen zorgden voor veel afstemming met de regionale organisaties over communicatie. Hoewel deze werkzaamheden deels buiten het programma invulling hebben gekregen, vroeg dit overkoepelende coördinatie vanuit het programma en inzet van de bij het programma betrokken experts.

Dit vroeg dusdanig meer inzet dan voorzien, dat het werk van het programma vertraging opliep. Hierdoor heeft het betrekken van en afstemmen met externe partijen minder plaatsgevonden dan voorgenomen. Gezien de publieke aandacht voor PFAS is het niet de verwachting dat de hoeveelheid vragen zal afnemen, en dus zal de druk op de capaciteit waarschijnlijk aanhouden. Eind 2023 is daarom besloten om de taken voor coördinatie van vragen over PFAS te scheiden tussen programma en niet-programma en om de interne PFAS-organisatie met meer capaciteit te versterken. In de eerste helft van 2024 is hiervoor binnen het RIVM een nieuwe governance-structuur opgezet. Voor de opvolgende periode zal vanuit de governance van het programma het zwaartepunt meer liggen op het afstemmen met en informeren van externe partijen.

Literatuur

Atsma F, Veldhuizen I, De Vegt F, Doggen C, De Kort W (2011) Cardiovascular and demographic characteristics in whole blood and plasma donors: results from the Donor InSight study. *Transfusion* 51:412-20.

Blomberg AJ, Norén E, Haug LS, Lindh C, Sabaredzovic A, Pineda D, Jakobsson K, Nielsen C (2023) Estimated transfer of perfluoroalkyl substances (PFAS) from maternal serum to breast milk in women highly exposed from contaminated drinking water: a study in the Ronneby mother-child cohort. *Environ Health Perspect* 131:17005.
<https://doi.org/10.1289/EHP11292>

Butenhoff JL, Olsen GW, Pfahles-Hutchens A (2006) The applicability of biomonitoring data for perfluorooctanesulfonate to the environmental public health continuum. *Environ. Health Perspect.* 114, 1776–1782.

Carignan CC, Bauer RA, Patterson A, Phomsopha T, Redman E, Stapleton HM, Higgins CP (2023) Self-collection blood test for PFASs: comparing volumetric microsamplers with a traditional serum approach. *Environmental Science & Technology*, 57(21), 7950-7957.
<https://doi.org/10.1021/acs.est.2c09852>

Chou WC, Lin Z (2019) Bayesian evaluation of a physiologically based pharmacokinetic (PBPK) model for perfluorooctane sulfonate (PFOS) to characterize the interspecies uncertainty between mice, rats, monkeys, and humans: development and performance verification. *Environment International*, 129, 408–422.

Criswell RL, Wang Y, Christensen B, Botelho JC, Calafat AM, Peterson LA, Huset CA, Karagas MR, Romano ME (2023) Concentrations of Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Paired Maternal Plasma and Human Milk in the New Hampshire Birth Cohort. *Environ Sci Technol* 57:463-472. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c05555>

Deepika D, Sharma RP, Schuhmacher M, Kumar V (2021) risk assessment of perfluorooctane sulfonate (PFOS) using dynamic age dependent physiologically based pharmacokinetic model (PBPK) across human lifetime. *Environmental Research* 199:111287.

ECHA/RAC (2015) ECHA/Committee for Risk Assessment (RAC)/Committee for Socio-Economic Analysis (SEAC), Opinion on an Annex XV dossier proposing restrictions on perfluorooctanoic acid (PFOA), its salts and PFOA-related substances, ECHA/RAC/RES-O-0000006229-70-02/F, ECHA/SEAC/RES-O-0000006229-70-02/F, compiled version prepared by the ECHA Secretariat of RAC's opinion (adopted 8 September 2015) and SEAC's opinion (adopted 4 December 2015).

EFSA (2020) Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA Journal* 18:6223.

<https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6223>

EU, 2006. DIRECTIVE 2006/122/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 12 December 2006, amending for the 30th time Council Directive 76/ 769/EEC on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations (perfluorooctane sulfonates). *Off. J. Eu. Union*.

European Parliament Directive C/2017/3907. PFOA and its longer chained homologues and chemical precursors (salts and PFOA-related substances) phased out in the EU applicable in July 2020: Commission Regulation (EU) 2017/1000 of 13 June 2017 amending Annex XVII to Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH) as regards perfluorooctanoic acid (PFOA), its salts and PFOA-related substances.

Fàbrega F, Kumar V, Schuhmacher M, Domingo JL, Nadal M (2014) PBPK modeling for PFOS and PFOA: validation with human experimental data. *Toxicol Lett.* 230, 244-51.

Fàbrega F, Kumar V, Benfenati E, Schuhmacher M, Domingo JL, Nadal M (2015) Physiologically based pharmacokinetic modeling of perfluoroalkyl substances in the human body. *Toxicol. Environ. Chem.* 97, 814-827.

Filloi C, Oleko A, Saoudi A, Zeghnoun A, Balicco A, Gane J, Rambaud L, Leblanc A, Gaudreau É, Marchand P, Le Bizec B, Bouchart V, Le Gléau F, Durand G, Denys S (2021) Exposure of the French population to bisphenols, phthalates, parabens, glycol ethers, brominated flame retardants, and perfluorinated compounds in 2014-2016: Results from the Esteban study. *Environ Int* 147:106340.

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106340>

Gasiorowski R, Forbes MK, Silver G, Krastev Y, Hamdorf B, Lewis B, ..., Taylor MP (2022) Effect of plasma and blood donations on levels of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in firefighters in Australia: A randomized clinical trial. *JAMA Network Open*, 5(4), e226257-e226257. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.6257>

Gebbink WA, van Leeuwen SPJ (2020) Environmental contamination and human exposure to PFASs near a fluorochemical production plant: Review of historic and current PFOA and GenX contamination in the Netherlands. *Environment International*, 137.

<https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105583>

Gerardu T, Dijkstra J, Beeltje H, van Renesse van Duivenbode A, Griffioen J (2023) Accumulation and transport of atmospherically deposited PFOA and PFOS in undisturbed soils downwind from a fluoropolymers factory. *Environmental Advances*, 11.

<https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100332>

Göckener B, Weber T, Rüdell H, Bücking M, Kolossa-Gehring M. (2020) Human biomonitoring of per- and polyfluoroalkyl substances in German blood plasma samples from 1982 to 2019. *Environment International* 145, 106123. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106123>

Gezondheidsraad (2024) Meetprogramma voor blootstelling aan chemische stoffen. Den Haag; publicatienr. 2024/07.

Hartmann C, Jamnik T, Weiss S, Göb M, Fareed Y, Satrapa V, Braun D, Flasch M, Warth B, Uhl M (2023) Results of the Austrian Children's Biomonitoring Survey 2020 – part A: Per- and polyfluorinated alkylated substances, bisphenols, parabens and other xenobiotics. *Int J Hyg Environ Health* 249:114123. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2023.114123>

Hull SD, Deen L, Ugelvig Petersen K, Kold Jensen T, Hammer P, Sølling Wils R, Nørtoft Frankel H, Rye Ostrowski S, Søgaard Tøttenborg S (2023) Time trends in per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) concentrations in the Danish population: A review based on published and newly analyzed data. *Environmental Research* 237, Part 2, 117036. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117036>

Jonker MTO (2024) Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Water (2008–2022) and Fish (2015–2022) in The Netherlands: Spatiotemporal Trends, Fingerprints, Mass Discharges, Sources, and Bioaccumulation Factors. *Environmental Toxicology and Chemistry* 43(5), 965–975. <https://doi.org/10.1002/etc.5846>

Juncker HG, Romijn M, Loth VN, Ruhé EJ, Bakker S, Kleinendorst S, ..., Van Keulen BJ (2021) Antibodies against SARS-CoV-2 in human milk: milk conversion rates in the Netherlands. *Journal of Human Lactation*, 37(3), 469-476. <https://doi.org/10.1177/089033442110181>

Kärrman A, Davies J, Salihovic S, Lignell S (2013) PFAAs in matched milk and serum from *primipara* women. Swedish Environmental Protection Agency. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:710702/FULLTEXT01.pdf>

Kim SJ, Choi EJ, Choi GW, Lee YB, Cho HY (2019) Exploring sex differences in human health risk assessment for PFNA and PFDA using a PBPK model. *Arch. Toxicol.* 93, 311–330.

Kim SJ, Shin H, Lee YB, Cho HY (2018) Sex-specific risk assessment of PFHxS using a physiologically based pharmacokinetic model. *Arch. Toxicol.* 92, 1113–1131.

Kupke IR, Kather B, Zeugner S (1981) On the composition of capillary and venous blood serum. *Clinica Chimica Acta* 12:177-85

KWR (2021) *Grondwaterbeschermingsgebieden 2021*.

Loccisano AE, Campbell JL Jr, Butenhoff JL, Andersen ME, Clewell HJ III (2012) Comparison and evaluation of pharmacokinetics of PFOA and PFOS in the adult rat using a physiologically based pharmacokinetic model. *Reprod. Toxicol.* 33, 452–467.

Miaz LT, Plassmann MM, Gyllenhammar I, Bignert A, Sandblom O, Lignell S, Glynn A, Benskin JP (2020) Temporal trends of suspect- and target-per/ polyfluoroalkyl substances (PFAS), extractable organic fluorine (EOF) and total fluorine (TF) in pooled serum from first-time mothers in Uppsala, Sweden, 1996–2017. *Environ. Sci.: Processes Impacts* 22, 1071. <https://doi.org/10.1039/c9em00502a>

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2022) *Guidance on PFAS Exposure, Testing, and Clinical Follow-Up*. Washington (DC): National Academies Press (US). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35939564/>

Negash N (2020). *Fate and Transport of Per- and Polyfluoroalkyl Substances in the Unsaturated Zone*. [Graduation thesis Utrecht University](#).

Norén E, Lindh C, Glynn A, Rylander L, Pineda D, Nielsen C (2021) Temporal trends, 2000–2017, of perfluoroalkyl acid (PFAA) concentrations in serum of Swedish adolescents. *Environment International* 155, 106716. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106716>

Richterová D, Govarts E, Fábelová L, Rausová K, Rodríguez Martín L, Gilles L, Remy S, Colles A, Rambaud L, Riou M, Gabriel C, Sarigiannis D, Pedraza-Díaz S, Ramos JJ, Kosjek T, Snoj Tratnik J, Lignell S, Gyllenhammar I, Thomsen C, Haug LS, Kolossa-Gehring M, Vogel N, Franken C, Vanlarebeke N, Bruckers I, Stewart L, Sepai O, Schoeters G, Uhl M, Castaño A, Esteban López M, Göen T, Palkovičová Murínová L (2023). PFAS levels and determinants of variability in exposure in European teenagers – Results from the HBM4EU aligned studies (2014–2021) *Int J Hyg Environ Health* 247:114057. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2022.114057>

Ritter (2010) Fluorochemicals go short. *Chemical & Engineering News Archive* 2010 88 (5), 12-17. <https://doi.org/10.1021/cen-v088n005.p012>

RIVM (2016) [Risicoschatting emissie PFOA voor omwonenden, Locatie: DuPont/Chemours, Dordrecht, Nederland \(rivm.nl\)](#). <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0049.pdf>

RIVM (2017) PFOA-metingen in bloed: Metingen in serum bij omwonenden van DuPont/Chemours te Dordrecht. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2017-0077>

RIVM (2022) Consumptie van producten verontreinigd met PFAS uit de Westerschelde. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2022-0020>

RIVM (2023) Risk assessment of exposure to PFAS through food and drinking water in the Netherlands. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven.
<https://doi.org/10.21945/RIVM-2023-0011>

Rovira J, Martínez MA, Sharma RP, Espuis T, Nadal M, Kumar V, Costopoulou D, Vassiliadou I, Leondiadis L, Domingo JL, Schuhmacher M (2019) Prenatal exposure to PFOS and PFOA in a pregnant women cohort of Catalonia, Spain. *Environmental Research* 175:384-92.

Sadia M, Nollen I, Helmus R, Ter Laak TL, Been F, Praetorius A, van Wezel AP (2023) Occurrence, Fate, and Related Health Risks of PFAS in Raw and Produced Drinking Water. *Environ Sci Technol*, 57(8), 3062-3074. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c06015>

Schepens MAA, te Biesebeek JD, Hartmann J, Van der Aa NGFM, Zijlstra R, Boon PE (2023) Risk assessment of exposure to PFAS through food and drinking water in the Netherlands. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven.
<https://doi.org/10.21945/RIVM-2023-0011>.

Slot E, Hogema BM, Reusken CB, Reimerink JH, Molier M, Karregat JH, ..., Zaaijer HL (2020) Low SARS-CoV-2 seroprevalence in blood donors in the early COVID-19 epidemic in the Netherlands. *Nature communications*, 11(1), 5744. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19481-7>

Sweeney LM (2022) Physiologically based pharmacokinetic (PBPK) modeling of perfluorohexane sulfonate (PFHxS) in humans. *Regul Toxicol Pharmacol*.129:105099.

Van den Berg. (2023) The governing factors controlling the leaching behaviour of PFAS-compounds from the unsaturated zone to groundwater: an analysis using a scenario-based modelling approach. Utrecht University.
<https://studenttheses.uu.nl/handle/20.500.12932/46466>

Van der Aa M., Hartmann J, te Biesebeek JD (2021) Analyse bijdrage drinkwater en voedsel aan blootstelling EFSA-4 PFAS in Nederland en advies drinkwaterrichtwaarde. [RIVM rapportage](#) aan het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

VEWIN. (2023). Drinkwaterstatistieken 2022. Van bron tot kraan. VEWIN Den Haag. <https://www.vewin.nl/wp-content/uploads/2024/06/vewin-drinkwaterstatistieken-2022-nl-web.pdf>

Verberk JDM, Vos RA, Mollema L, van Vliet J, van Weert JWM, de Melker HE, van der Klis FRM (2019) Third national biobank for population-based seroprevalence studies in the Netherlands, including the Caribbean Netherlands. *BMC infectious diseases*, 19, 1-12.
<https://doi.org/10.1186/s12879-019-4019-y>

Vorkamp K, Castaño A, Antignac J, Boada LD, Cequier E, Covaci A, López ME, Haug LS, Kasper-Sonnenberg M, Koch HM, Luzardo OP, Osite A, Rambaud L, Pinorini M, Sabbioni G, Thomsen C (2021). Biomarkers, matrices and analytical methods targeting human exposure to chemicals selected for a European human biomonitoring initiative. *Environ Int* 146:106082. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106082>

Vos ER, den Hartog G, Schepp RM, Kaaijk P, van Vliet J, Helm K, ..., van der Klis FR (2021) Nationwide seroprevalence of SARS-CoV-2 and identification of risk factors in the general population of the Netherlands during the first epidemic wave. *J epidemiol community health*, 75(6), 489-495.

Vos, E.R., Van Hagen C.C.E., Wong D., Smits G., Kuijer M., Wijmenga-Monsuur A.J. Kaczorowska J., Van Binnendijk R.S. Van der Klis, F.R.M., Den Hartog G., De Melker H.E. (2023). Nationwide SARS-CoV-2 Seroprevalence Trends in the Netherlands in the Variant of Concern Era, 2021-2022: an Ongoing Prospective Cohort Study. *medRxiv*,2023-11.

Wintersen A, Römken P, Rietstra R, Zeilmaker M, Bokkers B, Swartjes F (2019) Risicogrenzen bodem voor het gebruik van PFAS-houdende grond en bagger voor akkerbouw en veeteelt. RIVM-rapport 2019-0068.

Wintersen A, Claessens J. Wit M, van Helvoort K, Wolters M, Stoffelsen B, van Wijnen H, van Breemen P (2021) Landsdekkend beeld van PFAS in Nederlands grondwater. RIVM-rapport 2021-0205.

Wintersen, A., Spijker, J., Breemen, P. v., & Wijnen, H. v. (2020). *Achtergrondwaarden per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS) in de Nederlandse landbodem. (2020-0100).*
<https://www.rivm.nl/publicaties/achtergrondwaarden-perfluoralkylstoffen-pfas-in-nederlandse-landbodem>

Wintersen, A., Vis, R., Negash, A., & Naus, F. (2024). Rekening houden met uitloging van PFAS uit grond en bagger bij toepassen op de landbodem.

Wit, M., Claessens, J., & Wintersen, A. (2020). *Resultaten analyse beschikbare data PFAS in grondwater.*
<https://www.rivm.nl/documenten/notitie-resultaten-analyse-beschikbare-data-pfas-in-grondwater>

Bijlage 1 PFAS in milieu (thema C1). Resultaten inventarisatie milieuonderzoeken.

1. Inleiding

In 2023 heeft een inventarisatie (scoping) plaatsgevonden van onderzoeken naar PFAS in het milieu in het kader van thema C1 (PFAS in milieu) van het PFAS-onderzoeksprogramma van het RIVM. Het doel van deze inventarisatie is het creëren van een zo volledig mogelijk overzicht van beschikbare onderzoeken naar de aanwezigheid van PFAS in milieumedia en het signaleren van eventuele kennislacunes. Deze informatie maakt het beter mogelijk om in het kader van het PFAS-onderzoeksprogramma waar nodig schattingen te maken van de blootstelling vanuit het leefmilieu.

Mensen kunnen op diverse manieren worden blootgesteld aan PFAS uit het milieu. Voorbeelden zijn de consumptie van drinkwater en de inhalatie van bodemstof, of via consumptie van gewassen of dierlijke producten die PFAS bevatten.

De scoping dient verder ter oriëntatie op kennislacunes en kansrijk onderzoek waarmee de kennis over de aanwezigheid van PFAS in het milieu vergroot kan worden. Daarbij geldt, wat betreft de doelen van het PFAS-onderzoeksprogramma, dat het onderzoek een relatie dient te hebben met blootstelling van de mens en eventuele maatregelen die daarmee samenhangen om de blootstelling te reduceren.

2. Overzicht van aangetroffen informatie per milieucompartiment Bodem

In 2020 heeft het RIVM achtergrondwaarden in bodem bepaald op basis van nieuw landelijk dekkend onderzoek (A. Wintersen et al., 2020). Het hieruit verkregen beeld vormde de basis voor het onderzoek. Deze basis is uitgebreid met andere beschikbare onderzoeken. Met name belangrijk zijn de onderzoeken die decentrale overheden doen naar de diffuse aanwezigheid van PFAS in de bodem ten behoeve van de vaststelling van bodemkwaliteitskaarten (BKK). Bij de inventarisatie van relevante onderzoeken is de aandacht gericht op onderzoeken die één of meer van de volgende elementen bevatten:

- i) een breder analysepakket;
- ii) analyse van correlaties met bodemparameters (organisch stof en lutum) en diepte.

Bij deze laatste lijkt er een verschil te bestaan tussen de methodiek van BKK-projecten (gericht op 0-50 cm minus maaiveld en P80 uit verdeling van concentraties) ten opzichte van de RIVM-aanpak (0-20cm-mw; P95). Dit lijkt kwantitatief een relevant verschil, en zou kunnen leiden tot een afwijking met een factor 2 à 3.

Ten slotte wordt er veel bodemonderzoek uitgevoerd op (verdachte) hotspotlocaties. Op deze plekken hebben in het verleden directe emissies plaatsgevonden als gevolg van incidenten of activiteiten, zoals brandweeroefeningen.

De resultaten van het onderzoek op het compartiment bodem zijn samengevat in Tabel B1.1. Hierbij zijn de zes belangrijkste PFAS uit het landelijke beeld (Wintersen et al., 2020) opgenomen, aangevuld met PFPA, die uit andere onderzoeken af en toe licht verhoogd blijken te zijn.

Beeld RIVM

Uit het rapport van het RIVM over het landelijke beeld van PFAS in de bodem blijkt dat PFOS en PFOA het vaakst in de toplaag (0-20cm) van landbouw- en natuurlocaties worden aangetroffen. Het aandeel monsters met een gehalte boven de bepalingsgrens varieert tussen de 51 en 94%. Alleen vertakt PFOA wordt minder vaak aangetroffen (2%). Daarnaast zijn er enkele PFAS die minder vaak, maar toch met een trefkans van meer dan 10% worden aangetroffen. Dit zijn PFBA, PFHpA, PFHxA en PFNA. Voor deze zes PFAS zijn de aangetroffen gehalten in Tabel 1 samengevat.

Daarnaast zijn er 6 PFAS die met een trefkans tussen 1 en 10% worden aangetroffen (dipap82, Et-FOSAA, 6:2-fts, PFDA, PFHXS, PFPA). Deze zijn in Tabel B.1.1 benoemd, maar er zijn geen concentraties samengevat (te weinig gegevens). De andere 17 standaard onderzochte PFAS zijn niet in meetbare gehalten aangetroffen (veelal <0,1 µg/kg droge stof (ds)).

Bodemkwaliteitskaarten (BKK's)

Voor de BKK's zijn er in totaal zestien datasets beoordeeld voor het bodemgebruik voor landbouw/natuur (Tabel B1.1) en acht voor stedelijk en industrie (Tabel B1.2). In eerste instantie is gefocust op het algemene, diffuse beeld. Hierbij is gezocht naar BKK's die niet afkomstig zijn uit het gebied rondom de drie bekende grote bronnen (Helmond, Dordrecht, Schiphol). Echter, er kan echter ook een overgangszone zijn. Zo kunnen de regio IJmond (stedelijk/industrie) en de regio Noordzeekanaalgebied door de bron bij Schiphol zijn beïnvloed.

Naast het algemene, diffuse beeld, is aanvullend gezocht naar BKK's van gebieden rondom de hotspots, specifiek de Regio Noordzeekanaalgebied gemeente Helmond (Antea, 2019a) en de regio Midden-Holland (onder andere Gouda en Krimpenerwaard) (WSP Nederland, 2022). In het rapport van de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied (Noordzeekanaalgebied, 2020) worden alleen waarden voor PFOS en PFOA vermeld.

Sommige studies geven de statistische kentallen van een gebied als geheel en eveneens de kentallen van een subgebied. Om te onderzoeken of het beeld vanuit het landelijke achtergrondwaardenonderzoek overeenkomt met het beeld in specifieke gebieden, zijn voor sommige studies ook subgebieden gespecificeerd.

Vergelijking percentielen

Uit de in Tabel B1.1 (landbouw/natuur) opgenomen waarden blijkt dat de verschillende BKK's over het algemeen een bereik aan gehalten tonen die een redelijk vergelijkbaar is met de landelijke achtergrondwaarden. De meest opvallende (hogere) situaties zijn lichtgroen gemarkeerd. Voor PFOA zijn dat onder andere de regio's rondom Helmond en Noord-West Brabant. Gelet op de bekende

bronlocaties kan voor de onderzochte zones niet worden uitgesloten dat er sprake is van regionaal verhoogde achtergrondconcentraties. Verder zijn er vijf regio's waar de PFBA-, PFHpA-, PFHxA- en/of PFNA-gehalten (kwalitatief) iets hoger lijken dan in het landelijk achtergrondwaardenonderzoek. Ten slotte valt op dat ook PFPA af en toe in landbouw- en natuurbodems is aangetroffen.

Uit de in Tabel B1.2 (stedelijk/industrie) opgenomen waarden blijkt dat (iets) hogere PFOS-gehalten niet alleen in de IJmond maar ook in Vlissingen zijn aangetroffen. Ditzelfde geldt voor PFOA in de regio Utrecht. Ook worden soms andere PFAS aangetroffen dan in het landelijk achtergrondwaardenonderzoek staan. Deze vallen meestal wel in de categorie 'overig aangetroffen PFAS', waarbij de trefkans dus klein is.

Tabel B1.1 Gehalten ($\mu\text{g}/\text{kg}$ droge stof (ds) gestand.) in de toplaag van de landbodem voor zeven PFAS bij landgebruik voor landbouw/natuur

| Gebied | | PFOS | | PFOA | | PFBA | | PFHPA | | PFHXA | | PFNA | | PFPA | | Overig aangetroffen PFAS | Ref |
|----------------------|---------------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|--|---------------|
| | | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | | |
| Landelijk | Landbouw/natuur (0-20 cm) | 0,56 | 0,90 | 0,70 | 0,97 | 0,14 | 0,20 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | - | - | dipap82, etfosaa, fts62, pfda, pfhxs, pfpa | ¹⁾ |
| Friesland | Landbouw/natuur (0-50 cm) | 0,40 | 0,50 | 0,30 | 0,40 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,10 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,10 | 0,07 | pfbs, pfhxs, pfda, pfdoa, pftda, pfteda, pfuda, dipap82 | ²⁾ |
| Groningen | Landbouw/natuur (0-50 cm) | 0,29 | 0,34 | 0,18 | 0,25 | 0,29 | 0,34 | 0,06 | 0,07 | 0,06 | 0,07 | 0,06 | 0,07 | 0,06 | 0,07 | etfosaa, L_PFDs, L_PFHpS, L_PFHxS, mefosaa, N-mefosaa | ³⁾ |
| Totaal Noord-Brabant | Landbouw/natuur (0-50 cm) | 0,45 | 0,60 | 0,50 | 0,67 | 0,13 | 0,12 | 0,09 | 0,07 | 0,09 | 0,07 | 0,09 | 0,07 | 0,09 | 0,07 | GenX, pfda, pfosa, pftda, pfteda, fts62, etfosaa, fts102 | ⁴⁾ |
| West-Brabant | Landbouw/natuur (0-50 cm) | 0,55 | 0,78 | 0,61 | 0,89 | 0,19 | 0,30 | 0,17 | 0,10 | 0,18 | 0,10 | 0,18 | 0,07 | 0,18 | 0,10 | Pfhxda, pfoda, etfosaa, pfpes, N-mefosaa | ⁴⁾ |
| Noordwest-Brabant | Landbouw/natuur (0-50 cm) | 0,51 | 0,69 | 0,94 | 1,67 | 0,09 | 0,07 | 0,09 | 0,07 | 0,09 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | Pfosa, fts62, etfosaa | ⁴⁾ |

| Gebied | | PFOS | | PFOA | | PFBA | | PFHPA | | PFHXA | | PFNA | | PFPA | | Overig aangetroffen PFAS | Ref |
|------------------------|---------------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|---|-----|
| | | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | | |
| Middenwest-Brabant | Landbouw/natuur (0-50 cm) | 0,53 | 0,80 | 0,68 | 1,17 | 0,23 | 0,30 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,07 | 0,09 | 0,07 | 0,10 | 0,07 | Pfda, pfdoa, pftda, pfteda, etfosaa, N-mefosaa, dipap82, mefosa | 4) |
| 's-Hertogenbosch | Landbouw/natuur (0-50 cm) | 0,88 | 1,02 | 0,66 | 0,92 | 0,13 | 0,20 | 0,08 | 0,07 | 0,12 | 0,07 | 0,14 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | Pfda, etfosaa | 4) |
| Noordoost-Brabant | Landbouw/natuur (0-50 cm) | 0,48 | 0,70 | 0,43 | 0,57 | 0,11 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,10 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | Pfda, etfosaa, fts102 | 4) |
| Zuid-Brabant | Landbouw/natuur (0-50 cm) | 0,29 | 0,33 | 0,35 | 0,44 | 0,11 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | Pfbs, pfhxs, pfda, pfosa, pftda, pfhxda, N-mefosaa | 4) |
| Zuidoost-Brabant | Landbouw/natuur (0-50 cm) | 0,33 | 0,45 | 0,34 | 0,50 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | Pfda, pfdoa, pfosa, fts62, fts82, fts102, fts42 | 4) |
| Regio Helmond | Landbouw/natuur (0-50 cm) | 0,59 | 0,60 | 1,01 | 1,32 | 0,13 | 0,19 | 0,12 | 0,13 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | Pfda, pfuda, genX | 4) |
| Zeeland | Landbouw/natuur (0-50 cm) | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,9 | 0,2 | <0,1 | 0,1 | <0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | <0,1 | 0,1 | <0,1 | Pfhxa, pfda, pfdoa, fts62, dipap82 | 5) |
| Walcheren buitengebied | Landbouw/natuur (0-50 cm) | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,8 | 0,1 | <0,1 | 0,1 | <0,1 | 0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | Fts62, dipap82 | 5) |
| Schouwen-Duiveland | Landbouw/natuur (0-50 cm) | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,8 | 0,1 | <0,1 | 0,1 | <0,1 | 0,1 | 0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,1 | <0,1 | Pfda | 6) |

| Gebied | | PFOS | | PFOA | | PFBA | | PFHPA | | PFHXA | | PFNA | | PFPA | | Overig aangetroffen PFAS | Ref |
|-------------------------------|---------------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|--|-----|
| | | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | | |
| Twente | Landbouw/natuur (0-50 cm) | 0,55 | 0,90 | 0,46 | 0,60 | 0,10 | 0,14 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | * | 7) |
| Noordzee-kanaalgebied | Landelijk (0-50 cm) | 0,36 | 0,60 | 0,54 | 0,79 | | | | | | | | | | | | 10) |
| Midden-Holland deelgebied 2** | Landbouw/natuur (0-50 cm) | 0,55 | 0,93 | 0,95 | 1,60 | 0,12 | 0,17 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,08 | Pfda, pfuda, pfdoa, pftda, pfteda, pfbs, pfhxs, pfds, fts62, fts102, etfosaa | 12) |
| Midden-Holland deelgebied 3** | Landbouw/natuur (0-50 cm) | 0,60 | 0,99 | 0,82 | 1,31 | 0,14 | 0,18 | 0,07 | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,07 | 0,06 | 0,08 | 0,06 | Pfda, pfuda, pfdoa, pftda, pfbs, pfhxs, etfosaa | 12) |

Gehalten PFOS en PFOA zijn de som van vertakt en lineair. Weergegeven zijn de gemiddelden en de 80-percentiel.

-: niet aangetroffen boven (soms verhoogde; bijvoorbeeld 1 µg/kg) rapportagegrens.

1) RIVM (2020); 2) Antea (2020a); 3) Antea (2019b); 4) Antea (2020b); 5) Marmos Bodemmanagement (2020c); 6) Marmos Bodemmanagement (2020d); 7) TAUW (2020); 8) Lievense Milieu (2020); 9) Antea (2020c); 10) Noordzeekanaalgebied (2020); 12) WSP Nederland (2022)

* In het onderzoek zijn opvallend veel PFAS-verbindingen meetbaar aangetroffen (veelal zo'n 38 van de 39; maximumgehalte > minimumgehalte). Navraag bij TAUW leert dat er bij het opstellen van de tabellen en percentielbladen geen onderscheid is gemaakt tussen gehalten boven en onder de rapportagegrens. TAUW geeft aan dat er naast PFOS en PFOA nauwelijks andere PFAS zijn aangetroffen. De waarden zijn daarom schuingedrukt weergegeven.

** Deelgebied 2 is hierbij de zone in het midden van het beheergebied, grenzend aan deelgebied 1, en betreft het resterende, westelijke deel van de gemeente Krimpenerwaard, het zuidelijke deel van de gemeente Zuidplas, een kleine stukje van de gemeente Waddinxveen, de gehele gemeente Gouda en het zuidelijke deel van de gemeente Bodegraven-Reeuwijk. In dit gebied komen incidenteel nog hogere gehalten aan PFOA voor, al voldoen deze gemiddeld genomen nog altijd aan de norm voor de klasse landbouw/natuur. Deelgebied 3 is het resterende noordelijke deel van het beheergebied. Dit gebied is het minst beïnvloed door de atmosferische depositie vanuit Dordrecht.

Tabel B1.2 Gehalten ($\mu\text{g}/\text{kg}$ ds gestand.) in de toplaag van de landbodem voor zeven PFAS bij landgebruik stedelijk/industrie.

| Gebied | | PFOS | | PFOA | | PFBA | | PFHPA | | PFHXA | | PFNA | | PFPA | | Overig aangetroffen PFAS | Ref |
|------------|---------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|---|-----|
| | | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | | |
| Landelijk | Stedelijk/industrie | 0,89 | 1,40 | 1,05 | 1,41 | 0,23 | 0,30 | 0,09 | 0,1 | 0,11 | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 0,14 | 0,1 | etfosaa, fts102, fts62, fts82, genx, mefbsaa, pfbs, pfda, pfhxs, pfosa, pfuda | 1) |
| Vlissingen | Stedelijk/industrie | 1,4 | 2,2 | 0,6 | 0,9 | <0,1 | <0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | <0,1 | 0,1 | <0,1 | Pfda, pfuda, pfhxs | 5) |
| Twente | Stedelijk/industrie | 1,03 | 1,24 | 0,53 | 0,80 | 0,11 | 0,14 | 0,08 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | Pfda, pfdoa, pfosa, pftda, pfteda, fts62, pfhxda, pfoda, mefbsa, etfosaa, fts82, fts42, dipap82, mefosa | 7)* |
| Enschede | Stedelijk/industrie | 1,10 | 1,42 | 0,32 | 0,40 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | * | 7)* |
| Hengelo | Stedelijk/industrie | 0,88 | 1,30 | 0,34 | 0,60 | 0,10 | 0,14 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | Pfda, pfosa, pftda, pfteda, pfoda, dipap82 | 7)* |
| Oldenzaal | Stedelijk/industrie | 0,65 | 0,90 | 0,50 | 0,70 | 0,10 | 0,14 | 0,11 | 0,12 | 0,10 | 0,10 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | Pfhxs, pfosa, pftda, pfteda, fts62, pfhxda, mefbsa, | 7)* |

| Gebied | | PFOS | | PFOA | | PFBA | | PFHPA | | PFHXA | | PFNA | | PFPA | | Overig aangetroffen PFAS | Ref |
|---------------------------|---------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|--|----------------|
| | | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | mefbsaa, etfosaa, fts82, dipap82 | |
| Utrecht | Stedelijk/industrie | 0,73 | 1,00 | 1,22 | 2,27 | 0,18 | 0,21 | 0,08 | 0,07 | 0,09 | 0,07 | 0,09 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | Pfda, pfuda, pfdoa, pftda, pfteda, pfhxda, pfoda, pfhxs, pfhps, fts62, etfosaa, dipap82 | ⁸⁾ |
| IJmond | Stedelijk/industrie | 1,42 | 2,64 | 0,60 | 0,90 | 0,12 | 0,20 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,10 | 0,11 | 0,08 | 0,07 | Pfhxs, pfds, pfdoa, pftda, pfteda, pfuda, fts62, pfhxda, pfoda, etfosaa, dipap82 | ⁹⁾ |
| Noordzee- kanaalgebied | Stedelijk | 0,73 | 1,15 | 0,60 | 1,05 | | | | | | | | | | | | ¹⁰⁾ |
| Noordzee- kanaalgebied | Industrieel | 0,93 | 1,62 | 0,60 | 0,93 | | | | | | | | | | | | ¹⁰⁾ |
| Noordzee- kanaalgebied | Stedelijk/industrie | 0,80 | 1,38 | 0,60 | 1,04 | | | | | | | | | | | | ¹⁰⁾ |
| Helmond zone 1** | Stedelijk | 0,63 | 0,80 | 1,99 | 3,78 | 0,56 | 0,76 | 0,10 | 0,20 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | genx, pfda | ¹¹⁾ |
| Helmond zone 2** | Stedelijk | 0,58 | 0,80 | 0,73 | 0,90 | 0,37 | 0,35 | 0,11 | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,10 | 0,07 | 0,09 | 0,07 | genx, pfda, pfuna | ¹¹⁾ |

| Gebied | | PFOS | | PFOA | | PFBA | | PFHPA | | PFHXA | | PFNA | | PFPA | | Overig aangetroffen PFAS | Ref |
|--------------------------------|---------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|-----------------------------------|----------------|
| | | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | gem | P ₈₀ | | |
| Midden-Holland deelgebied 1*** | Stedelijk/industrie | 0,73 | 0,66 | 4,01 | 6,21 | 0,20 | 0,19 | 0,10 | 0,12 | 0,07 | 0,09 | 0,07 | 0,09 | 0,08 | 0,09 | Pfda, pfteda, pfs, pfhxs, dipap82 | ¹²⁾ |

Gehalten PFOS en PFOA zijn de som van vertakt en lineair. Weergegeven zijn de gemiddelden en de 80-percentiel.

-: niet aangetroffen boven (soms verhoogde; bijvoorbeeld. 1 µg/kg) rapportagegrens.

¹⁾ RIVM (2020); ²⁾ Antea (2020a); ³⁾ Antea (2019b); ⁴⁾ Antea (2020b); ⁵⁾ Marmos Bodemmanagement (2020c); ⁶⁾ Marmos Bodemmanagement (2020d);

⁷⁾ TAUW (2020); ⁸⁾ Lievense Milieu (2020); ⁹⁾ Antea (2020c); ¹⁰⁾ Noordzeekanaalgebied (2020); ¹²⁾ WSP Nederland (2022)

* In het onderzoek zijn opvallend veel PFAS-verbindingen meetbaar aangetroffen (veelal zo'n 38 van de 39; maximumgehalte > minimumgehalte). Navraag bij TAUW leert dat er bij het opstellen van de tabellen en percentielbladen geen onderscheid is gemaakt tussen gehalten boven en onder de rapportagegrens. TAUW geeft aan dat er naast PFOS en PFOA nauwelijks andere PFAS zijn aangetroffen. De waarden zijn daarom schuingedrukt weergegeven.

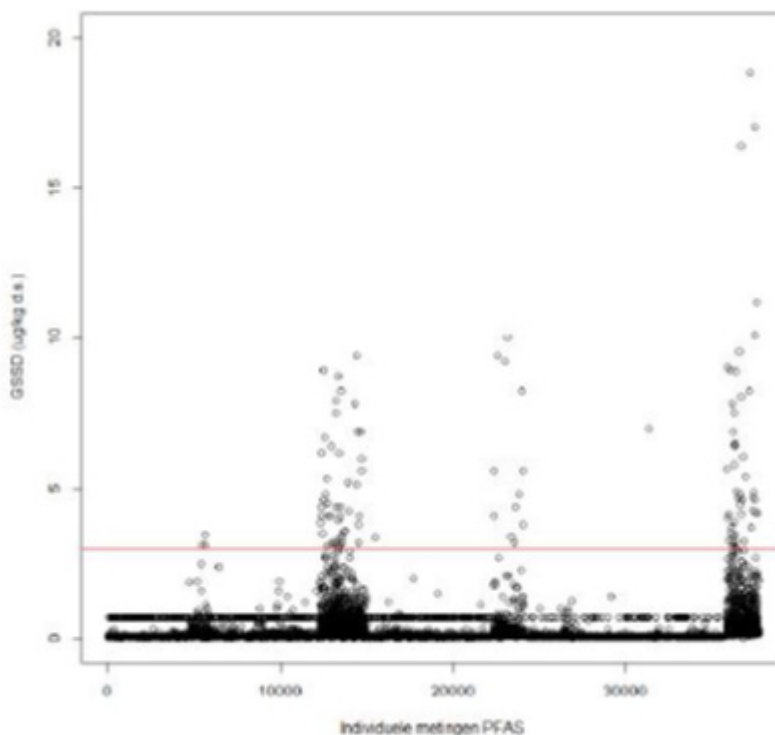
** Gebied opgedeeld in zone 1 (Matige belasting: ten Oosten en Noorden van de bronlocatie, mogelijk belast) en zone 2 (weinig invloed verwacht, grootste, westelijk en zuidelijk gelegen deel ten opzichte van de bronlocatie).

*** Het oostelijke deel van de gemeente Krimpenerwaard is hierbij aangewezen als deelgebied 1, waarin regelmatig verhoogde gehalten aan PFOA voorkomen. Dit gebied betreft het oostelijke deel van de gemeente Krimpenerwaard met de woonkernen Schoonhoven, Ammerstol, Bergambacht, Stolwijk, Vlist en Haastrecht, inclusief de lint- en dijkbebouwingen en het buitengebied in dit deel van de gemeente.

Uitbijters

Het aantal uitbijters is over het algemeen gering. Dat kan komen doordat er bij het opstellen van een BKK juist naar achtergrondconcentraties wordt gezocht. (Mogelijk) verdachte locaties worden dan ook op voorhand niet in de locatieselectie meegenomen. Kwantitatief lijkt het al dan niet meenemen van de (enkele) uitbijters weinig invloed te hebben op het gemiddelde beeld. Er zijn twee uitzonderingen:

- a) (SWECO, 2019). In dit project is gekeken naar het achtergrondconcentratieniveau van PFAS in Noord-Holland. Er werden, opvallend vaak, hoge PFOS-gehalten in de kustzone aangetroffen, die mogelijk een gevolg van sea spray kunnen zijn (zie verderop in deze notitie).
- b) (Antea, 2020b). Deze BKK betreft Noord-Brabant. In dit gebied kunnen twee PFAS-bronlocaties de achtergrondconcentraties regionaal hebben verhoogd (rondom Dordrecht en Helmond). Het specifieke bereik en de invloed van de bronlocaties was niet vooraf bekend. Uit de meetgegevens blijkt dat de heterogeniteit hoog is (zie Figuur B.1.1). In overleg met de omgevingsdiensten is een aantal van deze uitbijters in het rapport van Antea verwijderd. Er zijn relatief veel monsters met gehalten $>3 \mu\text{g}/\text{kg}$. Het maximaal vastgestelde gehalte ligt rond de $19 \mu\text{g}/\text{kg}$. Uit de beschikbare gegevens kon niet worden achterhaald waar de locaties met hoge gehalten exact zijn gelegen. Uit de achterliggende spreidingsdiagrammen de bijlagen van het rapport van Antea blijkt wel dat hoge gehalten onder andere zijn vastgesteld voor PFAS in Noordwest-Brabant, Noordoost-Brabant, de regio Helmond en de ondergrond uit het gehele gebied.



Figuur B1.1 Overzicht metingen (bijlage 2, Antea (2020b)).

Figuur B1.1 betreft de metingen van PFAS in de totale dataset van Noord-Brabant. De rode lijn is de maximale toepassingsnorm van 3 µg/kg voor PFOS en overige PFAS uit het Tijdelijk handelingskader (ministerie van IenW, 2021).

Breder analysepakket in bodem

In een onderzoek voor de provincie Noord-Holland heeft SWECO (2019) 27 grondmonsters afkomstig van 9 locaties onderzocht op 41 PFAS-componenten en GenX (Tabel B1.3). De bemonsterde lagen zijn de top laag (0-0,1 m), bovengrond (0,1-0,5m) en ondergrond (0,5-1,0 m). Van de 41 componenten zijn er 25 nergens aangetroffen. Van deze 25 componenten die niet zijn aangetroffen, zijn 16 componenten 55 maal onderzocht, 8 componenten 332 maal en is GEN-X 27 maal onderzocht. Op basis hiervan is besloten om de rest van de bodemmonsters met een beperkter pakket met 21 PFAS te analyseren.

Tabel B1.3 Onderzochte stoffen in SWECO (2019).

| PFAS-component | n | RG µg/kg | n>RG | n>RG (%) | Maximaal gehalte µg/kg d.s. |
|---|-----|-------------|------|-------------|-----------------------------------|
| perfluorooctaan zuur (PFOA lineair) | 332 | <0,1 | 248 | 74,7% | 5,2 |
| perfluorooctaansulfonaat (PFOS lineair) | 332 | <0,1 | 222 | 66,9% | 4,9 |
| som vertakte PFOS-isomeren | 332 | <0,1 | 154 | 46,4% | 3,7 |
| perfluorbutaan zuur (PFBA) | 332 | <0,1 | 90 | 27,1% | 0,84 |
| som vertakte PFOA-isomeren | 332 | <0,1 | 39 | 11,7% | 0,86 |
| perfluorheptaan zuur (PFHpA) | 332 | <0,1 | 28 | 8,4% | 0,3 |
| perfluornonaan zuur (PFNA) | 332 | <0,1 | 25 | 7,5% | 0,3 |
| perfluorhexaan zuur (PFHxA) | 332 | <0,1 | 22 | 6,6% | 0,32 |
| perfluorpentaaan zuur (PFPeA) | 332 | <0,1 | 15 | 4,5% | 0,92 |
| ammonium 4,8-dioxa-3H-perfluornonanoaat (ADONA) | 55 | <0,1 | 2 | 3,6% | 0,2 |
| perfluor-1-hexaansulfonaat (PFHxS) | 332 | <0,1 | 12 | 3,6% | 0,44 |
| perfluordecaan zuur (PFDea) | 332 | <0,1 | 11 | 3,3% | 0,2 |
| Perfluorooctaansulfonylamide (N-methyl)acetaat | 55 | <0,1 | 1 | 1,8% | 0,1 |
| 1H,1H,2H,2H-perfluordecaansulfon zuur (8:2) | 332 | <0,1 | 2 | 0,6% | 0,1 |
| perfluor-1-decaansulfonaat (PFDS) | 332 | <0,1 | 1 | 0,3% | 0,51 |
| perfluor-1-heptaansulfonaat (PFHpS) | 332 | <0,1 | 1 | 0,3% | 0,14 |
| perfluor-1-butaansulfonaat (PFBS) | 332 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |
| perfluordodecaan zuur (PFDoDA) | 332 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |
| perfluorooctaansulfonamide (PFOSA) | 332 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |
| perfluortridecaan zuur (PFTrDA) | 55 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |
| perfluortetradecaan zuur (PFTeDA) | 55 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |
| perfluorundecaan zuur (PFUnDA) | 332 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |
| 2-(perfluorhexyl)ethaan-1-sulfon zuur | 332 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |
| perfluorhexadecaan zuur (PFHxDA) | 55 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |
| perfluorooctadecaan zuur (PFODA) | 55 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |
| N-methylperfluorbutaansulfonamide (MeFBSA) | 55 | <0,4 | 0 | 0,0% | 0 |
| perfluorbutaansulfonamide (PFBSA) | 55 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |
| GenX (HFPO-DA) | 27 | <0,2 | 0 | 0,0% | 0 |
| Perfluorbutaansulfonylamide (N-methyl)acetaat (MeFBSAA) | 55 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |

| PFAS-component | n | RG µg/kg | n>RG | n>RG (%) | Maximaal gehalte µg/kg d.s. |
|---|-----|-------------|------|-------------|-----------------------------------|
| Perfluorooctaansulfonylamide (N-ethyl)acetaat (EtFOSAA) | 55 | <0,4 | 0 | 0,0% | 0 |
| 1H,1H,2H,2H- perfluordodecaansulfonzuur (10:2) | 55 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |
| perfluorpentaaan-1-sulfonzuur (PFPeS) | 55 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |
| cis-hexadecafluor-2-deceenzuur | 55 | <0,4 | 0 | 0,0% | 0 |
| 2(6chlor-dodecafluorhexoxy)- tetrafluorethaansulfonaat, Kzout (F53B) | 55 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |
| 2H,2H,3H,3H-perfluorundecaanzuur | 55 | <0,4 | 0 | 0,0% | 0 |
| 1H,1H,2H,2H-perfluorhexaansulfonzuur | 332 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |
| 7H-perfluorheptaanzuur (HPFHpa) | 332 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |
| bisperfluordecyl fosfaat (8:2 diPAP) | 55 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |
| N-ethyl perfluorooctaansulfonamide (EtFOSA) | 55 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |
| N-methyl perfluorooctaansulfonamide (MeFOSA) | 55 | <0,1 | 0 | 0,0% | 0 |
| perfluor-3,7-dimethyloctaanzuur | 55 | <1 | 0 | 0,0% | 0 |

Verder is in een onderzoek naar de bodemgehalten in Twente (TAUW, 2020) een uitgebreidere set met circa veertig verschillende PFAS geanalyseerd. Dit is dezelfde lijst als bovenstaande lijst uit het SWECO-onderzoek (2019). Navraag bij TAUW leert dat er bij het opstellen van de tabellen en percentielbladen geen onderscheid is gemaakt tussen gehalten boven en onder de rapportagegrens. TAUW geeft aan dat er naast PFOS en PFOA nauwelijks andere PFAS zijn aangetroffen en dat het beeld daarmee niet wezenlijk verschilt van de rest van Nederland.

Correlatie met bodemparameters en diepte

In het onderzoek van SWECO (2019) in Noord-Holland is ook gekeken naar de relaties tussen het vochtgehalte in de toplaag en de PFOS -en PFOA-gehalten. Voor PFOS was er geen verband. Voor PFOA namen de gehalten toe met het vochtgehalte maar is het verband matig ($R^2 = 0,31$). Ook was er een zwak positief verband tussen PFOA en lutum en tussen PFOA en humus, maar humus en vochtgehalten zijn ook aan elkaar gecorreleerd. Het verband met PFOA is vooral zichtbaar voor organische stofgehalten boven de $\pm 10\%$ en vochtgehalten boven de 20%. Verder zijn de gehalten in de 10 cm toplaag duidelijk hoger dan in de 0,1-0,5 m laag. Zo neemt de P_{95} van PFOS af van 2,3 µg/kg ds in de bovenste 10 cm, naar 1,3 in de 0,10-0,5m-laag, naar 0,7 in de laag van 0,5-1,0m. Afname voor PFOA is in orde grootte vergelijkbaar. Dit is vergelijkbaar met andere onderzoeken.

Invloed van dikte toplaag en gekozen percentielwaarde op achtergrondwaarden

In de beschouwde bodemonderzoeken varieert de dikte van de bemonsterde toplaag van 10, 20 tot 50 cm, waardoor de resultaten niet volledig vergelijkbaar zijn. Als de afname over de diepte uit SWECO (2019) maatgevend is voor de rest van Nederland, dan is de dikte van de bemonsterde toplaag een relevante factor voor het vastgestelde PFOS/PFOA gehalte.

Achtergrondwaarden bepaald op de basis van BKK's worden vaak bepaald op basis van de resultaten voor de (standaard) laag van 0-50 cm en de P80. Deze waarden worden getoetst aan de landelijke achtergrondwaarde die is bepaald als de P95-waarde over aangetroffen concentraties in de laag van 0-20 cm.

Verdachte locaties

In verschillende onderzoeken worden hoge tot zeer hoge gehalten aan PFOS en/of PFOA in bodemlocaties vastgesteld. Dit zijn locaties met lokale PFAS-bronnen.

Tabel B.1.4 Voorbeelden van concentraties van PFOS en PFOA op plaatsen van hotspots

| Locatie | som PFOS (µg/kg ds) | som PFOA (µg/kg ds) | Aantal overige aangetroffen PFAS | Referentie |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Barendrecht (0-0,5 m-mv) | gem: 0,76 P ₈₀ : 1,02 | gem: 1,60 P ₈₀ : 2,70 | 9 | Marmos Bodemmanagement (2020c) |
| Albrandswaard (0-0,5 m-mv) | gem: 0,65 P ₈₀ : 0,89 | gem: 1,76 P ₈₀ : 2,80 | 6 | Marmos Bodemmanagement (2020a) |
| Ridderkerk (0-0,5 m-mv) | gem: 0,65 P ₈₀ : 1,12 | gem: 1,87 P ₈₀ : 2,79 | 6 | (Marmos Bodemmanagement, 2020b) |
| Parallelweg, Sliedrecht | <0,1 - 0,52 | 21 - 72 | | (Tritium Advies, 2018) |
| Vliegveld Soesterberg | 2200-3200 | nb | nb | (Witteveen & Bos, 2020) |

Nadere toelichting

Barendrecht

Reden van verdenking: Het grondgebied van de gemeente Barendrecht ligt op een afstand tussen 11,5 en 18 km ten westnoordwesten van Chemours.

Albrandswaard

Reden van verdenking: Het grondgebied van de gemeente Albrandswaard ligt op een afstand tussen 16,5 en 24 km ten

westnoordwesten van Chemours.

In de gemeente Albrandswaard is bij ruim een derde van de bovengrondmonsters een gehalte aan PFOA boven de landelijke achtergrondwaarde gemeten. De hoogste PFOA-gehalten zijn gemeten in het buitengebied van Albrandswaard. De dataset van Albrandswaard bevat voor PFOA 1 meetwaarde hoger dan 7 µg/kg ds (een *in situ* partijkeuring met bemonstering van het dieptetraject 0-1,0 m-mv).

Ridderkerk

Reden van verdenking: het grondgebied van de gemeente Ridderkerk ligt op een afstand tussen 7 en 14 km ten noordwesten van Chemours.

Parallelweg, Sliedrecht

Partijkeuring, toepassen van PFOA-houdende grond op de onderzoekslocatie. Ontvangende bodem had zeer hoge PFOA-gehalten.

Luchtmachtbasis Soesterberg

Op de voormalige luchtmachtbasis Soesterberg is nabij de voormalige brandweerkazerne sprake van een grond- en grondwaterverontreiniging met hoofdzakelijk PFOS. In Witteveen & Bos (2020) is de beoordeling uit 2019 samengevat en worden risico's voor de mens (>risicogrenswaarde voor PFOS van 1.200 µg/kg voor wonen met tuin), ecologie en verspreiding in grondwater (> risicogrenswaarde bij gebruik als drinkwater, 0,2 µg/l) benoemd. Ook zijn twee nieuwe monsters geanalyseerd. Dit betrof zowel een diep monster (250-400 cm) als een minder diep monster (50-90 cm). In beide monsters lag het PFOS-gehalte >1 mg/kg. Daarnaast is er in dit onderzoek aandacht besteed aan enkele precursors. Hiertoe werd ook een oxidatiestap in de analyse uitgevoerd. Hierdoor stegen de gehalten nog verder en werden er nu ook andere PFAS aangetroffen. De hoogste waarde betreft een PFOS-gehalte van 6,7 mg/kg.

Inmiddels is of wordt er her en der in Nederland bodemonderzoek gedaan op locaties die worden verdacht van PFAS-verontreinigingen. De voorbeelden zijn opgenomen om aan te geven dat er gradiënten in PFAS-verontreinigingen bestaan van a) achtergrond waarden landbouw/natuur, b) achtergrondwaarden stedelijk/industrie, c) de ruimere regio's rondom de bekende drie bronlocaties (lager dan bij de bron maar wel hoger dan de achtergrond), d) puntbronnen. Deze laatste categorie kent een aantal grootschalige locaties, maar er lijkt ook een groeiend aantal kleinere locaties in beeld te komen.

Overig onderzoek naar PFAS in bodem

Ook in Vlaanderen wordt onderzoek naar verdachte locaties gedaan (OVAM, 2018). In dit onderzoek is niet alleen gezocht naar verdachte locaties vanuit de aanwezigheid van PFAS-producerende industrie, maar ook vanuit PFAS-verwerkende industrie (textiel, teflon, galvanisch, verpakking et cetera), de inzet van blusschuim (vliegvelden, oefenplaatsen, brand calamiteit), stortplaatsen, RWZI's en afvalverbrandingsinstallaties. In totaal zijn er 24 locaties in het onderzoek betrokken. In het onderzoek is zowel naar gehalten in bodem als naar concentraties in grondwater gekeken. Van de geanalyseerde bodem- (en enkele waterbodemonsters) had 24% een PFAS-gehalte >1000 µg/kg, 37% een gehalte >100 µg/kg en 66% een gehalte

>10 µg/kg. Bodemonsters met een gehalte >1000 µg/kg zijn uitsluitend aangetroffen op locaties met een brandincident en op brandweeroefenplaatsen. Rond een stortplaats werd een PFAS-gehalte van 14 µg/kg vastgesteld.

PFOS werd in de hoogste gehalten in de bodem aangetroffen, maar op plaatsen waar zich calamiteiten (relatief recente brandincidenten) hebben voorgedaan, werden in verhouding meer precursors (FTS-componenten, zoals de 6:2) gemeten. Opvallend is dat ook langere PFAS-precursors 8:2 en 10:2 FTS in verhoogde concentraties werden gemeten (hoger dan de detectiegrens).

Een andere bekende locatie in Vlaanderen is Zwijndrecht, waar bodemverontreinigingen met onder andere PFOS zijn ontstaan als gevolg van de activiteiten door 3M (ERM, 2023).

Het lijkt waarschijnlijk dat ook in Nederland (naast de hierboven al genoemde voorbeelden) veel vergelijkbare situaties op en rondom brandweer oefenlocaties aanwezig zullen zijn. Het al genoemde voorbeeld van het vliegveld Soesterberg past in dit beeld. De signaleringskaart van PFAS-locaties in Nederland (opgesteld door SWECO) is een nuttig startpunt¹.

2.2 Grondwater

Om een landelijk dekkend beeld te verkrijgen van de diffuse aanwezigheid van PFAS in grondwater (ondiep en op 10–25 m minus maaiveld) heeft het RIVM (2021) in het najaar van 2020 grondwater bemonsterd in honderd putfilters van het LMG, aangevuld met het bovenste grondwater op honderd locaties uit het achtergrondwaardenonderzoek bodem.

Het algemene beeld uit het grondwateronderzoek laat zien dat PFAS zowel in freatisch als in ouder en dieper gelegen grondwater worden aangetroffen. Er is sprake van een duidelijke relatie tussen de concentraties en aantallen aangetroffen PFAS en de reistijd van het grondwater. De hoogste concentraties en de meeste waarnemingen boven de rapportagegrens worden aangetroffen in het freatisch grondwater dat zich direct onder de grondwaterspiegel bevindt. Dit grondwater wordt het meest direct beïnvloed door de bodem. De laagste concentraties en de geringste aantallen waarnemingen boven de rapportagegrens worden aangetroffen in de putfilters van het LMG die vallen in de categorie (stratum) 'oud grondwater'. Over het algemeen zijn dit ook de dieper gelegen putfilters (25 m – mv). De putfilters met jong en doorgaans ondiep grondwater (~10 m) vormen een tussencategorie. Voor dit grondwater geldt dat in de meerderheid van de filters (70%) PFAS is aangetroffen. In de putfilters uit het LMG die zijn ingedeeld als 'zoet' zijn de concentraties van PFAS hoger en worden ook meer PFAS boven de rapportagegrens aangetroffen dan in de filters met brak of zout grondwater.

Voordat bovengenoemd landelijk dekkend onderzoek plaatsvond, is door het Expertisecentrum PFAS (2018a) een inventarisatie uitgevoerd van onderzoeken naar PFAS in grondwater. Dit leverde het volgende beeld op:

- Data uit de periode 2015-2017. Het betreft 561 locaties waar vooral PFOS en PFOA zijn geanalyseerd (in 14% van de locaties zijn ook andere PFAS gemeten);
- Gemiddelde PFOS-concentratie 0,012 µg/l; gemiddelde PFOA-concentratie: 0,085 µg/l; Maximale PFOS-concentratie 0,097 µg/l; maximale PFOA-concentratie: 0,34 µg/l²;
- Data zijn inmiddels verouderd (tot 2017). Daarmee geen of weinig andere PFAS dan PFOS en PFOA;
- In minder dan 10-12% van de metingen is voor PFOS en PFOA een concentratie boven de detectielimiet aangetoond;
- De meeste concentraties van PFOA boven de drinkwatertoetsingswaarde worden aangetoond in Noord-Brabant en aan de kust van Noord-Holland en Zuid-Holland.



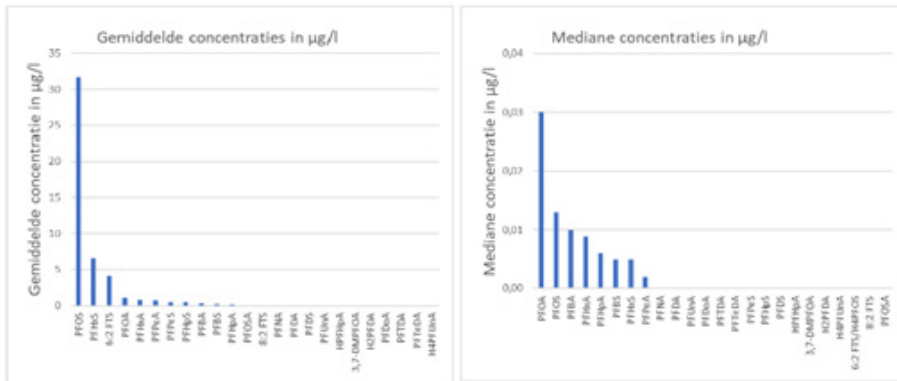
Uit Expertisecentrum PFAS (2018a)

Figuur B1.2 Overzicht van PFAS-metingen.

Naast het onderzoek naar de algemene grondwaterkwaliteit is door het Expertisecentrum PFAS (2018b) tevens een inventarisatie uitgevoerd naar onderzoeken in grondwater ter plaatse van verdachte locaties. Daaruit ontstond het volgende beeld:

- Het vaakst worden aangetroffen: PFOA (in 83% van de geanalyseerde monsters), PFBA (70%), PFOS (69%), PFHxA (67%), PFHpA (66%), PFBS (64%), PFHxS (63%), PFPeA (53%), PFPeS (44%), PFHpS (34%). 6:2 FTS, PFNA, PFDA, PFOSA en 8:2 FTS zijn aangetroffen in minder dan 30% van de monsters.

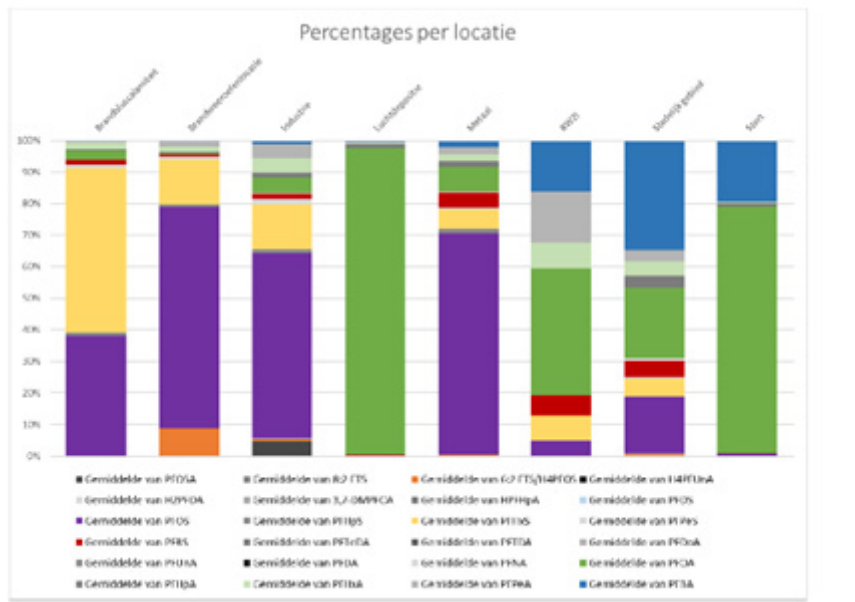
3,7-DMPFOA, PFUnA, HPFHpA, PFDS, H2PFDA en PFDoA zijn aangetroffen in minder dan 10% van de monsters. Alleen PFTDA, PFTeDA en H4PFUnA zijn nergens boven de detectiegrens aangetroffen. Zie Figuur B1.3 voor gemiddelde en mediane concentratie over alle 29 locaties en 182 bemonsterde peilbuizen;



Uit: Expertisecentrum PFAS (2018b)

Figuur B1.3 Gemiddelde en mediane concentratie gemeten voor verschillende PFAS.

- Het PFAS-profiel verschilt duidelijk tussen de onderzochte (mogelijke) bronnen van PFAS (Figuur B1.4);



Uit: Expertisecentrum PFAS (2018b)

Figuur B1.4 PFAS-‘fingerprint’ per type locatie.

- De variatie van de gemiddelde som PFAS-concentraties in grondwater ($\mu\text{g/l}$) per locatie (geschat vanuit figuur, n =aantal locaties) is weergegeven in Tabel B1.5. Brandweeroefenlocaties (zowel bij vliegvelden als die van de stedelijke brandweer) zijn duidelijk het sterkst verontreinigd, maar het profiel verschilt wel

duidelijk tussen oude en nieuwe oefenlocaties. Op de oude locaties (<1990) is voornamelijk PFHxS en PFOS aangetroffen, terwijl op de nieuwe locatie 6:2 FTS wordt gevonden;

Tabel B1.5 Aangetroffen PFAS-concentraties in grondwater in Expertisecentrum PFAS (2018b).

| | | |
|-----------------------|--|-----|
| Brandweeroefenlocatie | 5 locaties: 100 – 2100 6 ^{de} locatie: klein (<10) | n=6 |
| Brandbluscalamiteit | <0,1 – 4,8 | n=3 |
| Industrie | 3 keer: ≤0,1 4 =4,6 5=36 ¹⁾ | n=5 |
| Luchtdepositie | 6,2 | n=1 |
| Metaal | 0,15 – 0,9 | n=4 |
| RWZI | 0,15 | n=1 |
| Stedelijk gebied | 0,1-0,15 | n=3 |
| Stort | <0,1 – 8,2 | n= |

¹⁾ Vanwege de hoogte van de concentratie bij 1 locatie en het vermoeden dat dit aan brandblusschuim te wijten is, is de 36 als afwijkend genoteerd

- Met betrekking tot precursors (TOP assay): de gemiddelde totale PFAS-concentratie voor oxidatie was 50 µg/l, na oxidatie was het gemiddelde 62 µg/l. De totale hoeveelheid meetbare PFAS is door de TOP-analyse toegenomen met 24%. De grootste toename is te zien bij PFHxA, PFPeA en PFBA. De precursors van deze stoffen zijn veelal verbindingen als 6:2 FTS, of vergelijkbare stoffen met een iets andere kop (in plaats van de sulfonzuurgroep). Precursors van PFOS en PFOA zijn niet of nauwelijks gemeten, de concentraties PFOS en PFOA nemen minimaal toe. Bovenstaande gegevens met betrekking tot de TOP-analyse betreffen grondwater. Het is bekend dat in grond vaak relatief meer precursors aanwezig zijn. De concentratietoename van PFBA, PFPeA en PFHxA werd vooral vastgesteld op brandweeroefenterreinen en andere locaties die zijn gerelateerd aan blusschuim. De nieuwere schuimen (na uitfasering van PFOS-houdende schuimen) bevatten voornamelijk precursors, waaronder veelal 6:2 FTS, maar dit kunnen ook andere precursors zijn.

Overige onderzoeken

De brede screening van het Maasstroomgebied (meetronde 2022; nog geen rapport; data in concept) levert het volgende beeld op:

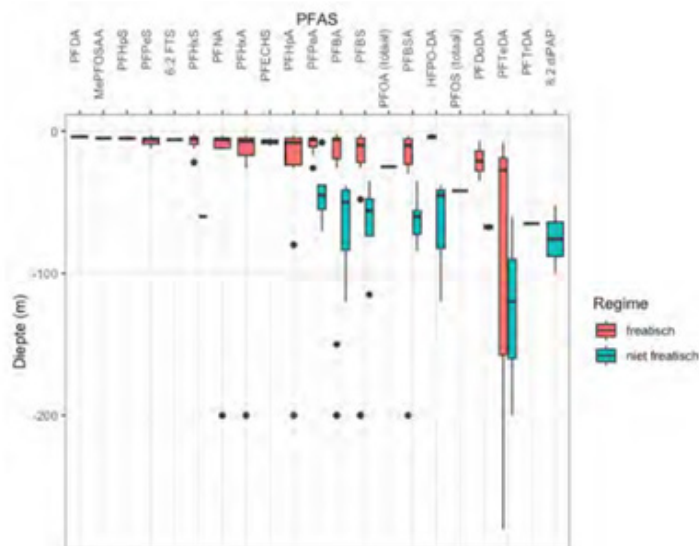
- In grondwater zijn in totaal 7925 PFAS-analyses uitgevoerd. 1124 liggen boven de RG;
- Het betrof 181 meetlocaties waarin:
 - PFOA is aangetroffen in 144, mediaan 10 ng/l;
 - PFBA aangetroffen in 145, mediaan 8,5 ng/l;
 - L-PFBS aangetroffen in 82, mediaan 4,1 ng/l;
 - PFHpA aangetroffen in 81, mediaan 2,9 ng/l;
 - PFHxA aangetroffen in 99, mediaan 3,8 ng/l;

- PFPA aangetroffen in 86, mediaan 3,0 ng/l;
- L-PFHxS aangetroffen in 42, mediaan 2,3 ng/l;
- 6:2 FTS aangetroffen in 34, mediaan 2,4 ng/l;
- PFPeS aangetroffen in 15, mediaan 1,8 ng/l;
- PFOS aangetroffen in 17, mediaan 2,6 ng/l;
- Daarnaast nog 9 PFA aangetroffen in <10 locaties.

Vlaanderen

Vlaeminck et al. (2023) hebben in 2022 onderzoek gedaan naar het diffuus voorkomen van PFAS in grondwater in Vlaanderen. In dit onderzoek komen twee stoffen in minstens de helft van de meetlocaties voor (dus minimaal één meting boven de RG op een locatie): PFBS (54%) en PFOA (53%). Verder komen PFBA, PFOS, PFPeA, PFHxS, PFHxA en PFHpA voor op meer dan 25% van de meetlocaties. PFOSA komt op 15% van de meetlocaties voor. De andere stoffen die werden gedetecteerd in het grondwater, komen voor op minder dan 15% van de meetlocaties. Het onderzoek betreft zowel onderzoek naar freatisch grondwater als water in dieper gelegen putten (Figuur B1.5).

Voor de grondwatermonsters had 42% een PFAS-concentratie >5 µg/l, 71% een concentratie >0,5 µg/l en 85% >0,05 µg/l. De hoogste concentraties werden aangetroffen op locaties met blusactiviteiten. De maximale concentratie bedroeg 2226,8 µg/l. Ook op risicolocaties met andere activiteiten (textielindustrie, coatingindustrie, stortplaatsen) werden verhoogde concentraties van PFAS in het grondwater aangetroffen. De perfluorsulfonaten werden relatief het meest aangetroffen. In vergelijking met de resultaten voor het vaste deel van de aarde werden in het grondwater naar verhouding meer carbonzuren aangetroffen en een groter aantal kortere ketens. Dit komt overeen met de verwachting dat perfluorcarbonzuren mobieler zijn dan perfluorsulfonzuren, en dat kortere ketens mobieler zijn dan langere ketens. De lange 10:2-FTS werd op een locatie bijvoorbeeld in hoge concentraties in de grond aangetroffen, maar niet of nauwelijks in het grondwater, terwijl het kortere 6:2-FTS duidelijk in beide compartimenten voorkomt. Er werden in het grondwater eveneens verhoogde concentraties FTS aangetroffen.



Uit: Vlaeminck et al. (2023)

Figuur B1.5 Voorkomen PFAS-stoffen boven rapportagegrens.

In de helft van de metingen in Vlaanderen wordt een totaal PFAS-gehalte van meer dan 8,74 ng/L waargenomen. In 10% van de locaties in Vlaanderen wordt een totale PFAS-concentratie van meer dan 109,1 ng/L waargenomen. De maximumwaarneming is 1,7 µg/L totale PFAS.

RIVM (2019). Verspreiding GenX-stoffen in grondwater

Het aantal metingen van GenX-stoffen in grondwater is beperkt. De meeste gegevens zijn beschikbaar voor locaties in Zuid-Holland waar oevergrondwateronttrekking plaatsvindt voor de productie van drinkwater (gegevens over de jaren 2016 en 2017) en voor locaties om en nabij Custom Powders in Helmond (gegevens over 2018) (Tabel B1.6).

Tabel B1.6 Kentallen metingen GenX in grondwater.

| Grondwater | 2016 | 2017 | 2018 |
|--|------|------|--------|
| Totaal aantal metingen (incl. oevergrondwater) | 17 | 16 | 8 |
| Aantal metingen > Rapportagegrens | 3 | 3 | 2 |
| Aantal metingen > 118 ng/L* | 0 | 4 | 6 |
| Aantal metingen > 150 ng/L** | 0 | 4 | 6 |
| Aantal metingen > 660 ng/L*** | 0 | 0 | 5 |
| Mediaan (ng/L) | 2,6 | 21,5 | 2185 |
| Minimum (ng/L) | <1 | <1 | <20 |
| Maximum (ng/L) | 54 | 660 | 36.000 |

*risicogrens voor oppervlaktewater;

**voorlopige richtwaarde drinkwater;

*** risicogrens voor grondwater bij direct gebruik van grondwater als drinkwater

Uit: RIVM (2019)

2.3 Oppervlaktewater

Ten behoeve van deze scopingstudie is gekeken naar de meetgegevens van de Landelijke Enquête Waterkwaliteit over de jaren 2016 t/m 2021 (beschikbaar via het Waterkwaliteitsportaal). In de jaren tot 2016 zijn er geen PFAS-metingen gedaan en 2022 was nog niet beschikbaar. In de dataset zijn 48 verschillende PFAS-verbindingen opgenomen, met in totaal 79.876 meetwaarden. De metingen bestrijken 374 verschillende locaties afkomstig van 20 waterbeheerders. Tabel B1.7 toont de aantallen metingen en het aantal waarnemingen boven rapportagegrens per stof. Te zien is dat de stoffen PFOA, PFOS, PFHxS, PFBS, PFBA, PFPS, PFDA, PFPA, PFHxA, PFNA, PFDoA en PFHpA in meer dan de helft van de monsters werd gemeten. De naamgeving is niet altijd eenduidig, zodat soms onduidelijk is of waarden de som van de lineaire en vertakte isomeren betreffen of dat het gaat om één van beide.

Jonker (2021) heeft de concentraties van PFAS in Rijkswateren geïnventariseerd (Figuur B1.6). Dit levert het volgende beeld op:

- De hoogste concentraties worden over het algemeen gevonden in de Schelde en het Kanaal van Gent naar Terneuzen, maar op de overige binnenlandse locaties liggen de concentraties van specifieke PFAS opvallend dicht bij elkaar. Ook de profielen in zwevend stof zijn voor veel locaties relatief constant, maar tussen de binnenkomende rivieren zijn er wel verschillen. PFBA is overal het hoogst (veelal 2–8 ng/l), waarbij de Westerschelde (± 160 ng/l) er opvallend uitspringt;
- Ook de Maas geeft een afwijkend stofprofiel, waarbij de concentratie PFPA en PFHxA relatief hoog zijn en PFBA en PFOA ongeveer een gelijke concentratie hebben. Voor de perfluorsulfonzuren wordt een 'omgekeerd' patroon gezien: hoewel ook hier de concentratie van de C4-verbinding (PFBS) doorgaans het hoogste is van de gemeten perfluorsulfonzuren (of even hoog als de concentratie van PFOS), is de concentratie van de daaropvolgende perfluorsulfonzuur (PFPS) vele malen lager en neemt de concentratie vanaf deze verbinding juist toe met toenemende koolstofketenlengte tot aan PFOS. Concluderend lijken het emissiepatroon en afbraakprocessen daarom de meest logische onderliggende factoren die de stofprofielen in de grote rivieren bepalen;
- De stoffen in de Rijkswateren lijken voornamelijk te worden aangevoerd vanuit het buitenland, via de grote rivieren. Uit vrachtberekeningen blijkt dat bijvoorbeeld in 2019 zeker 2,5 ton aan PFAS werd aangevoerd via deze route, voornamelijk via de Rijn;
- Omdat stroomafwaarts de PFAS-concentraties feitelijk niet dalen en er in Nederland netto water aan de rivieren wordt toegevoegd, is er waarschijnlijk ook sprake van binnenlandse PFAS-input, bijvoorbeeld via atmosferische depositie en afvalwaterlozingen;
- Puntbronnen bevinden zich verder in het Kanaal van Gent naar Terneuzen, specifiek voor GenX in Dordrecht (Chemours) en mogelijk in de Maas;
- Voor de meeste PFAS zijn de jaargemiddelde concentraties door de jaren heen relatief stabiel, zeker gedurende de afgelopen vijf jaar maar:

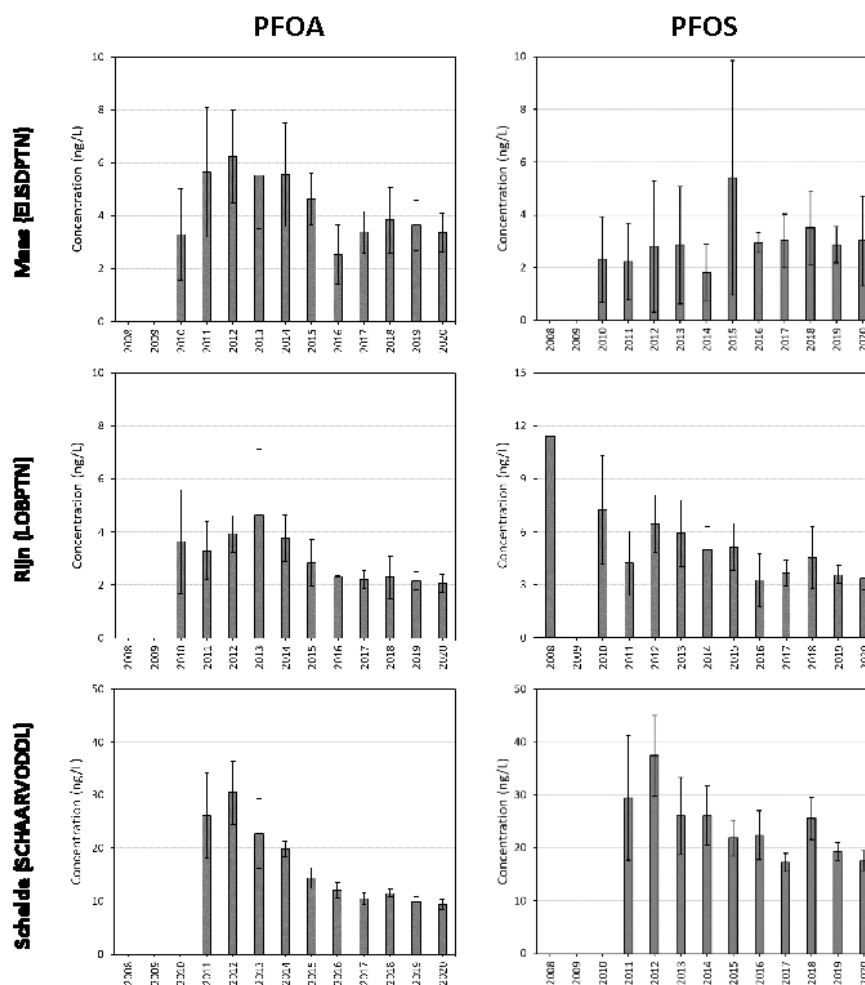
- GenX-concentraties bij Chemours dalen na 2018;
- voor PFHxA wordt sinds 2017 een circa tweemaal hogere concentratie in de Maas en Rijn gemeten dan in de jaren daarvoor;
- voor PFOA is vanaf 2012 in alle grote rivieren een daling in de concentratie met een factor 1,5-3 is te zien;
- voor PFOS zijn de concentraties in de Rijn en Schelde sinds 2008-2012 eveneens met een factor 1,5-3 afgenomen.

De twee laatstgenoemde concentratiedalingen lijken samen te vallen met de voor deze twee stoffen ingestelde restricties, maar zijn circa vijf jaar geleden tot stilstand gekomen. Voor de andere onderzochte PFAS zijn er in de database geen duidelijke temporele trends waarneembaar.

Tabel B1.7 Aantal metingen in oppervlaktewater 2016-2021 en het percentage meetbaar van alle waterbeheerders samen.

| PFAS | CAS | Aantal < RG | Waargenomen |
|--|-------------|-------------|-------------|
| 1H,1H,2H,2H-perfluordodecaansulfonzuur (10:2 FTS) | 120226-60-0 | 47 | |
| 2(6chloor-dodecafluorhexoxy)-tetrafluorethaansulfonaat,Kzout | 73606-19-6 | 2407 | 1 |
| 2(8chloor-hexadecafluorooxy)-tetrafluorethaansulfonzuur,Kz | 83329-89-9 | 2283 | 3 |
| 2-(perfluorbutyl)ethaan-1-sulfonzuur (4:2 FTS) | 757124-72-4 | 142 | 13 |
| 2-(perfluorhexyl)ethaan-1-sulfonzuur (6:2 FTS) | 27619-97-2 | 2128 | 771 |
| 2-(perfluorooctyl)ethaan-1-sulfonzuur (8:2 FTS) | 39108-34-4 | 2198 | 135 |
| 2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluorpropoxy)propionzuur | 13252-13-6 | 1886 | 972 |
| 2H,2H,3H,3H-perfluorundecaanzuur | 34598-33-9 | 46 | |
| 7H-perfluorheptaanzuur | 1546-95-8 | 46 | |
| ammonium 4,8-dioxa-3H-perfluornonanoaat | 958445-44-8 | 177 | |
| bisperfluordecylwaterstoffosfaat (8:2 diPAP) | 678-41-1 | 47 | |
| cis-hexadecafluor-2-deceenzuur | 70887-84-2 | 2377 | 3 |
| N-ethyl perfluorooctaansulfonamide | 4151-50-2 | 46 | |
| N-methyl perfluorooctaansulfonamide | 31506-32-8 | 47 | |
| N-methylperfluorbutaansulfonamide | 68298-12-4 | 75 | |
| N-methylperfluorooctaan sulfonamidoazijnzuur | 2355-31-9 | 1741 | 253 |
| perfluor-1-decaansulfonzuur | 335-77-3 | 2449 | 10 |
| perfluor-1-heptaansulfonzuur | 375-92-8 | 1973 | 356 |
| perfluor-1-pentaansulfonzuur | 2706-91-4 | 688 | 1448 |
| perfluor-3,7-dimethyloctaanzuur | 172155-07-6 | 46 | |

| PFAS | CAS | Aantal < RG | Waargenomen |
|--|-------------|-------------|-------------|
| perfluorbutaansulfonamide | 30334-69-1 | 75 | |
| perfluorbutaansulfonylamide(N-methyl)azijnzuur | 159381-10-9 | 72 | 3 |
| perfluorbutaansulfonzuur | 375-73-5 | 140 | 2369 |
| perfluorbutaanzuur | 375-22-4 | 119 | 2433 |
| perfluordecaanzuur | 335-76-2 | 555 | 1975 |
| perfluordodecaanzuur | 307-55-1 | 1874 | 246 |
| perfluorheptaanzuur | 375-85-9 | 139 | 2427 |
| perfluorhexaansulfonzuur | 355-46-4 | 262 | 2238 |
| perfluorhexaanzuur | 307-24-4 | 104 | 2431 |
| perfluorhexadecaanzuur | 67905-19-5 | 76 | |
| perfluornonaan-1-sulfonzuur | 68259-12-1 | 1942 | 5 |
| perfluornonaanzuur | 375-95-1 | 369 | 2161 |
| perfluoroctaansulfonaat, kaliumzout | 2795-39-3 | | 30 |
| perfluoroctaansulfonamide | 754-91-6 | 1740 | 376 |
| perfluoroctaansulfonylamide(N-ethyl)azijnzuur | 2991-50-6 | 1620 | 451 |
| perfluoroctaansulfonzuur (lineair) | 1763-23-1 | 1499 | 2731 |
| perfluoroctaanzuur | 335-67-1 | 1401 | 2830 |
| perfluoroctadecaanzuur | 16517-11-6 | 76 | |
| perfluorpentaanzuur | 2706-90-3 | 261 | 2267 |
| perfluortetradecaanzuur | 376-06-7 | 2067 | 8 |
| perfluortridecaanzuur | 72629-94-8 | 2154 | 2 |
| perfluorundecaanzuur | 2058-94-8 | 2390 | 140 |
| som lineair en vertakte perfluoroctaanzuur | NVT | 10 | 1004 |
| som lineair en vertakte perfluoroctylsulfonaat | NVT | 54 | 1008 |
| som vertakte PFHxS-isomeren | NVT | 71 | 1876 |
| som vertakte PFOA-isomeren | NVT | 1217 | 207 |
| som vertakte PFOS-isomeren | NVT | 748 | 2631 |
| trifluor-3-(hexafluor-3-(trifluormethoxy)propoxy)propaanzuur | 919005-14-4 | 2136 | 42 |



Uit: Jonker (2021)

Figuur B1.6 Concentraties van PFOA en PFOS gemeten tussen 2008 en 2020 in de Maas, de Rijn en de Schelde.

Voor de Maas geeft Jonker verder aan dat de vracht van de som PFAS tussen Eijsden en Keizersveer toeneemt (van 177 naar 324 kg/jaar). Jonker heeft niet naar tussenliggende locaties gekeken. De data voor 2019-2021 laten voor PFOA (gemiddeld over alle metingen in 2019-2021) een stijging zien tussen Eijsden en Stevensweert en ook tussen Stevensweert en Belfeld. PFOS geeft een variabel beeld, maar lijkt voor Stevensweert ook hoger dan in Eijsden en lijkt daarna gemiddeld weer te dalen in de richting van Haringvliet.

Overige onderzoeken en observaties oppervlaktewater

- KWR (2023) hebben een analyse uitgevoerd van de PFAS-metingen in Keizersveer-Bergsche Maas (Evides), Bernse Veer (Dunea), Heel (WML, Limburg) en Monsin (België; de Watergroep). Zowel de som van PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA en PFOS als de som van PFOS- en PFOA-concentraties nemen toe tussen Monsin en Bergsche Maas. Statistisch is het verschil alleen significant tussen Monsin en Bergsche Maas, maar tussenliggende punten passen in een lijn van iets hogere concentraties. Tussen Luik (Monsin) en het innamepunt van Evides (Bergsche Maas)

neemt de gemiddelde PFAS-concentratie met 50% toe van $5,2 \pm 2,5$ (n = 37) naar $7,9 \pm 1,9$ ng/L (n = 29). Dit gaat over de metingen tussen juli 2021 en juli 2022.

- Arcadis (2023) heeft in het kader van het onderzoek naar PFAS nabij moestuinen ook grond en (irrigatie)water uit de moestuincomplexen onderzocht. In het onderzochte slootwater in Sliedrecht (cluster B-S) zijn hoge PFOA-concentraties in het slootwater gemeten (max 2,7 µg/l). GenX in slootwater was ook het hoogst in cluster B-S. GenX is daarnaast in enkele andere clusters aangetroffen.
- Recent heeft de Vlaamse Milieu Maatschappij samen met Arche Consulting een overzichtsrapport gepubliceerd met PFAS-concentraties in afvalwater, oppervlaktewater, waterbodembiota en grondwater (Vlaeminck et al., 2023). Ook zijn de relaties tussen deze matrices beoordeeld. Van de 43 onderzochte PFAS-parameters werden alle verbindingen gedetecteerd in het oppervlaktewater op minstens één locatie.

In de helft van de locaties in Vlaanderen wordt een totaal PFAS-gehalte van meer dan 45 ng/L waargenomen. In 10% van de locaties in Vlaanderen wordt een totale PFAS-concentratie van meer dan 293 ng/L waargenomen. De maximumwaarneming is 120 µg/L totale PFAS.

- In Deltares (2022) staat informatie over het voorkomen van precursors. Hierbij wordt verwezen naar Jonker (2021) en wordt het volgende geconcludeerd:
If the focus is on precursors (as far as included in the regular monitoring), 6:2 FTS shows a concentration of approximately 1 ng/l at most monitoring stations, but clearly elevated levels are observed in the Scheldt region and the Lateraalkanaal Linne Buggenum (5-6 ng/l), and to a lesser extent in the rivers Maas and IJssel (2-3 ng/l). N-EtFOSAA, N-MeFOSAA and PFOSA are a little bit higher in the Scheldt region (up to 1,7 ng/l). Other precursors are not elevated at all in surface water (Rijkswateren). Precursors are barely detected in coastal waters.
- In het kader van lokale en regionale onderzoeken worden regelmatig verhoogde concentraties van PFAS aangetroffen ten opzichte van het landelijke diffuse beeld. De onderzoeksaanleiding kan bestaan uit de (vroegere) aanwezigheid van hotspots, zoals een verontreiniging met blusschuim. Recent vormt de meting van zwemwaterkwaliteit een andere aanleiding om de lokale oppervlaktewaterkwaliteit te laten onderzoeken. Ook bij deze onderzoeken valt op dat regionale concentraties soms aanmerkelijk verhoogd zijn ten opzichte van het landelijke beeld.
- Het aantal monitoringpunten en metingen in zout water/zeewater is beperkt. Het beeld dat uit metingen in kustwater blijkt uit de analyse van Jonker (2021) is dat de concentraties van PFAS lager en minder variabel zijn dan in binnenlandse wateren.

Waterbodembagger en zwevend stof

Deltares heeft analyses uitgevoerd van beschikbare metingen in sediment en zwevend stof om een uitspraak te kunnen doen over herverontreinigingsniveaus (HVN's) voor PFAS (Deltares, 2020, 2021). Hieruit ontstaat voor de regionale wateren het volgende beeld:

- Er zijn gegevens gevonden over 45 PFAS in sediment. PFOS, PFOA, EtFOSAA en MeFOSAA worden het vaakst boven de rapportagegrens gemeten. Daarna komen verbindingen met een keten van 9-13 koolstofatomen. De verbindingen met korte koolstofketens (minder dan 8) worden minder vaak gemeten in regionale waterbodems;
- Het overzicht van monsterpunten laat zien dat de regio rond Zuid-Holland is oververtegenwoordigd. Limburg, Twente, de Achterhoek, maar ook Zeeland, zijn niet - of ondervertegenwoordigd;
- Voor PFOS en PFOA zijn enkele puntbronnen zichtbaar in de data. De PFOS-gehalten rondom Schiphol waren duidelijk, net als de PFOA-gehalten rondom Dordrecht. Data van Schiphol zijn verwijderd; data rond Dordrecht niet (de P95 was weliswaar hoger, maar het patroon was niet duidelijk genoeg om deze data uit te sluiten);
- Er zijn tabellen met percentielwaarden voor alle (landelijke) data over PFOS, PFOA, EtFOSAA, MeFOSAA en 6:2 FTS. Landelijk zijn er drie stoffen met een P95 boven 0,5 µg/kg: EtFOSAA, PFOA en PFOS;
- Er zijn duidelijk regionale verschillen zichtbaar in de data, vooral tussen het deelstroomgebied Rijn-West en overige deelstroomgebieden. Niet alleen is er veel meer gemeten in Rijn-West, de gemeten gehalten liggen ook hoger dan in de overige deelstroomgebieden.

Tabel B1.8 Sedimentconcentraties (P95) Rijn-West en overige stroomgebieden.

| | PFOS | EtFOSAA | PFOA |
|------------------------|-------------|----------------|-------------|
| Rijn West | 2,3 | 1,8 | 1,0 |
| Overige stroomgebieden | 1,0 | 1,1 | 0,20 |

Uit: Deltares (2020)

Voor sediment afkomstig uit zoet oppervlaktewater werd het volgende bepaald:

- Het HVN is afgeleid van de 80- of 95-percentiel van 6 jaren uit een periode van 10 jaar zwevende stof in Lobith;
- 13 PFAS worden in meer dan 20% van de zwevend stof monsters >RG aangetroffen;
- Opvallend is dat de gehalten van 6:2 FTS in zwevend stof boven de lijn Amsterdam-Zwolle hoger zijn dan de gehalten onder die lijn. Het gaat dan om locaties als Noordzeekanaal, Markermeer, IJsselmeer en IJsseldelta. De data van 2020 lieten wel zien dat die hoge concentraties na februari 2020 met een factor 10-100 zijn gedaald. Daar is momenteel geen verklaring voor;
- Gehalten in zwevend stof stijgen (vooral Maas) als het debiet lager is (in de zomer);
- Er zijn 3 stoffen met een P80 boven 0,5 en/of een P95 boven 1,0 µg/kg, namelijk: 6:2 FTS, EtFOSAA en PFOS;
- PFOA wordt nauwelijks aangetroffen in waterbodems van de Rijkswateren (wel in regionaal water); de hoogste concentraties worden structureel in de toplaag van de uiterwaarden gevonden. De meest voor de hand liggende reden is dat deze gebieden direct zijn beïnvloed door luchtverontreiniging, zoals ook de landbodem vooral is belast door luchtverontreiniging;

- Zoals in eerdere onderzoeken is opgemerkt (Wintersen et al., 2020), is er voor EtFOSAA (en in mindere mate ook voor MeFOSAA) een groot verschil tussen P95-waarden in uiterwaarden (0,3 µg/kg) en anaerobe waterbodems (9 µg/kg, en in de grotere rivieren 14 µg/kg). Het lijkt erop dat de omzetting van precursors als EtFOSAA en MeFOSAA naar PFOS niet plaatsvindt in een zuurstofarm, donker milieu. Dat leidt op dergelijke plekken tot relatief hoge EtFOSAA- en lagere PFOS-gehalten. Omdat er bij grondverzet, en zeker bij verspreiding in water, licht en lucht bij de bagger kunnen komen, is er een reële kans dat deze omzettingen wel plaatsvinden;
- *Precursors*: De meeste overschrijdingen vinden plaats voor EtFOSAA en MeFOSAA. Ze komen in lage concentraties voor in zwevend stof, uiterwaarden en droge bodem, maar worden regelmatig in relatief hoge concentraties aangetroffen in natte waterbodems. De oorzaak van de gehalten in de waterbodems is onduidelijk, als deze stoffen nauwelijks voorkomen in het materiaal dat sedimenteert (zwevend stof). Dat suggereert dat er wellicht andere PFAS-verbindingen in het zwevend stof zitten die afbreken tot PFOS, maar dat dit proces in de waterbodems leidt tot ophoping van de tussenproducten EtFOSAA/MeFOSAA. Dat roept de vraag op hoe geschikt de zwevendstofdata van Lobith zijn om een herverontreinigingsniveau voor EtFOSAA en MeFOSAA af te leiden. Voor stoffen die in sediment afbreken tot andere verbindingen, lijkt een HVN gebaseerd op sedimentmonsters beter geschikt.

Overig onderzoek

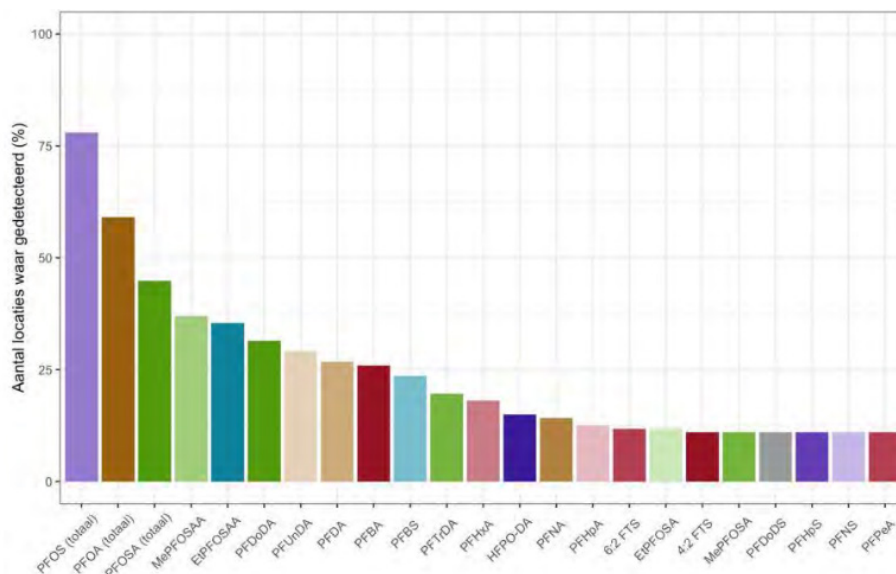
Van de 43 onderzochte PFAS-parameters in Vlaeminck et al. (2023) werden bijna alle verbindingen gedetecteerd in de waterbodems op minstens één locatie, met uitzondering van PFTrDS (dat niet teruggevonden werd) en PFPeDA (dat niet gerapporteerd werd). In de studie zijn zowel 'hotspotlocaties' als onverdachte waterbodems beschouwd. Net als in Nederlandse waterbodems werden ook in dit onderzoek de PFOS-precursoren EtFOSA(A) en MeFOSA(A) aangetroffen in een relatief groot aantal van de beschouwde monsters (Figuur B1.7).

Daarnaast blijkt het volgende uit de Vlaamse studie:

- De maximale gehalten zijn in een aantal gevallen relatief hoog: PFOS: 2300 µg/kg en 8:2 diPAP: 2800 µg/kg;
- Twee stoffen komen in minstens de helft van de meetlocaties voor (dus minimaal één meting boven de aantoonbaarheidsgrens op een locatie): PFOS (78%) en PFOA (59%). Verder komen PFOSA, MeFOSAA, EtFOSAA, PFDoDA, PFUnDA, PFDA en PFBA voor op minstens 25% van de meetlocaties. De andere stoffen die in het oppervlaktewater werden gedetecteerd, komen op minder dan 25% van de meetlocaties voor;
- In de helft van de locaties in Vlaanderen wordt een totaal PFAS-gehalte van meer dan 1,63 µg/kg ds waargenomen. In 90% van de locaties in Vlaanderen wordt een totale PFAS-concentratie van meer dan 30,5 µg/kg ds waargenomen. De maximum waarneming is 8500 µg/kg ds totale PFAS;
- De laagste concentraties aan totale PFAS in waterbodems worden gevonden in de Westerschelde (op Nederlands grondgebied). Het

reguliere netwerk (meetnet waterbodem), dat als niet-verdacht wordt beschouwd, heeft een mediaanconcentratie aan totale PFAS van 1,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ds. Deze ligt ongeveer een factor 14 lager dan de mediaanconcentratie totale PFAS van de 'hotspotlocaties', die op 24,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ds ligt. De mediaanconcentraties totale PFAS tussen de Westerschelde en de 'hotspotlocaties' verschillen met ongeveer een factor 120;

- In het meetnet voor de waterbodem zijn PFBA en PFBSA, maar ook PFECHS en HFPO-DA, de dominante stoffen. PFBA en HFPO-DA worden ook aangetroffen in de waterbodem afkomstig van hotspotlocaties, naast PFOS. Bovendien PFDoDA en EtFOSAA als dominante stoffen gevonden in de waterbodem van de slibruiming kernbeheer. In de metingen in de Westerschelde zijn vooral PFOS en PFOA dominant. Deze zijn ook dominant in de waterbodem van de Beneden-Zeeschelde, samen met 6:2 diPAP; Na log-transformatie worden er twee groepen van PFAS-stoffen geïdentificeerd. Een eerste groep met PFHpA, PFBA, PFBS, PFHpS, PFHxA, PFPeA, PFHxS, 8:2 diPAP, 4:2 FTS en PFODA lijkt vooral gelinkt aan de hotspotlocaties. De tweede groep omvat voornamelijk PFDA, PFUnDA, PFTTrDA, MeFOSAA, EtFOSAA, PFDoDA, PFOS (totaal) en PFOSA (totaal) en is meer in lijn met AMT (Beneden-Zeeschelde);
- Mediane concentraties van individuele PFAS in de waterbodem in Vlaanderen liggen voornamelijk onder de aantoonbaarheidsgrens, behalve voor PFOS (0,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ds) en PFOA (0,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ds).



Uit: Vlaeminck et al. (2023)

Figuur B1.7 PFAS aangetroffen in waterbodemonsters.

Relatief kort na het incident met blusschuim bij Schiphol zijn onderzoeken gedaan naar PFAS in waterbodems (IMARES, 2011, 2012). Hieruit bleek dat met name PFOS verhoogd werd aangetroffen. In het sterkst verontreinigde monster waren ook nog PFBS (1,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$), PFHxS (23 $\mu\text{g}/\text{kg}$), PFHpS (1,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$) en PFDS (5,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$) aanwezig.

Van den Heuvel-Greve et al. (2022) rapporteren over PFAS in vers gesedimenteed materiaal in de Westerschelde. PFOS wordt altijd boven rapportagegrens aangetroffen met gehalten variërend tussen 0,1 en 1,4 µg/kg. Daarnaast worden PFOA en PFDoA in 86% van de monsters aangetroffen. Enkele overige PFAS worden meer sporadisch aangetroffen. Deze resultaten komen overeen met de bevindingen in zwevend stof.

Naast bovengenoemde onderzoeken zijn er de afgelopen jaren veel lokale onderzoeken uitgevoerd in relatie tot de aanwezigheid van bekende hotspots, zoals het gebied rondom Schiphol. Deze onderzoeken laten zien dat met name de minder mobiele PFAS, zoals PFOS, langere tijd verhoogd in de waterbodem aanwezig kunnen blijven.

2.5 Afvalwater

STOWA (2021) heeft bij negen rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) onderzoek gedaan naar in influent, effluent en zuiveringsslib. De acht RWZI's omvatten zowel een hotspot (bekend, hoge PFAS-concentratie), een voormalige hotspot (bron is inmiddels gereguleerd) en RWZI's met een verschillend aandeel industrieel afvalwater. Daarnaast is een aantal bijzondere afvalwaterstromen onderzocht, die allemaal worden geloosd op de RWZI van Dordrecht. Uit dit onderzoek blijkt het volgende:

- De concentraties van PFAS-totaal in influent en effluent verschillen sterk per RWZI, en lopen uiteen van 9,6 tot 1360 ng/l in influent en 14 tot 809 ng/l in effluent. Er worden vooral PFCA's en PFSA's met kortere koolstofketens (tot en met C10, respectievelijk C9) aangetroffen. Daarnaast zijn HFPO-DA ('GenX'), fluortelomeren (vooral 6:2 FTS) en sporadisch FOSA's aangetroffen. PFCA's en PFSA's met langere koolstofketens (C10 en hoger) worden niet of nauwelijks aangetroffen;
- Er is geen duidelijk patroon in tijd waarneembaar. De spreiding tussen de verschillende meetdagen is in de meeste gevallen beperkt;
- De concentraties PFAS-totaal liggen voor zuiveringsslib tussen 20 en 179 µg/kg. De hoge gehalten gelden voor de RWZI Lelystad. Bij de anderen liggen de totale PFAS-gehalten veelal tussen 26 en 91 µg/kg. In slib worden vooral PFAS met langere gefluoreerde ketens en precursors aangetroffen;
- Van de totale hoeveelheid PFAS verlaat het grootste deel de RWZI via effluent. Het aandeel dat via slib de RWZI verlaat bedraagt 2,6 tot 41% van het totaal dat de zuivering verlaat;
- In de bijzondere afvalwaterstromen werden hoge concentraties gemeten in het afvalwater van een vuilstort waar PFAS-houdend afval is gestort (6.000 tot 9.000 ng PFAS(35)); voornamelijk PFOA en HFPO-DA). Dit afvalwater bestaat uit drainagewater van de vuilstort en afstromend hemelwater van het terrein van afvalbedrijf HVC;
- PFAS worden niet of nauwelijks verwijderd door de RWZI. *Vaak blijken de concentraties van PFAS in het effluent zelfs hoger te zijn dan in het influent.* Op basis van PFAS(35) is alleen bij RWZI Piershil sprake van verwijdering van PFAS van 15%. Bij alle andere RWZI's is het zuiveringsrendement negatief. Bekende (geanalyseerde) PFAS-precursors kunnen de toename niet

verklaren. Dit kan duiden op de aanwezigheid van onbekende PFAS in het influent. Dit doet vermoeden dat bij deze RWZI's bekende en onbekende precursors in het influent een rol spelen. Voor RWZI Dordrecht is deze restpost 8%, maar voor RWZI Lelystad 85%. Voor anderen varieert dit tussen 6 en 63%;

- Het karakteristieke patroon van individuele PFAS-verbindingen in het influent (de 'fingerprint') verschilt per RWZI. Dit kan duiden op verschillende bronnen van PFAS. Deze zijn lang niet altijd goed in beeld. Het aandeel industrieel afvalwater blijkt geen goede voorspeller van de aangetroffen PFAS-concentraties;
- De emissie via effluent wordt voor heel Nederland globaal geschat op 65-180 kg PFAS/jaar, terwijl 15-45 kg PFAS/jaar de zuivering via zuiveringsslib verlaat;
- De concentraties PFOA, HFPO-DA (GenX) en/of PFAS-totaal in effluent zijn op de hotspotlocaties hoger dan normen die gelden voor oppervlaktewater. De PFOS-concentraties in effluent zijn op alle locaties hoger dan de normen voor oppervlaktewater;
- Het wordt ingeschat dat de onderzochte hotspots uniek zijn, en dat de resultaten van de overige RWZI's een redelijke afspiegeling zijn van veelvoorkomende situaties op andere RWZI's.

2.6 Biota

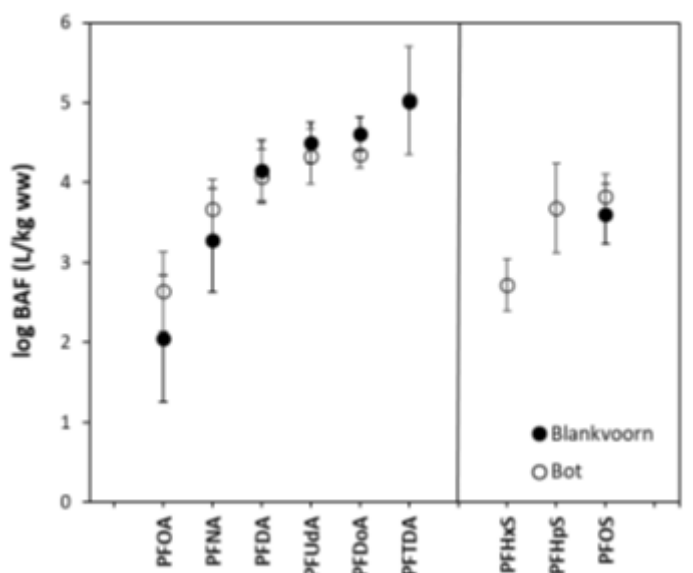
Strikt genomen zijn biota geen milieucompartiment, maar metingen in aquatische biota zijn verbonden aan metingen in compartimenten als oppervlaktewater en sediment. Daarnaast vormen biota een potentieel belangrijke schakel in de overdracht vanuit deze compartimenten naar de mens (visconsumptie). In de beschouwde informatiebronnen is daarom ook gezocht naar meetgegevens in aquatische biota.

Jonker (2021) heeft resultaten in biotamonsters uit Rijkswateren beschouwd. Het volgende kan daarbij geconstateerd worden:

- Van de zestien target-PFAS in de biota-analyse van Wageningen Marine Research (WMR) zijn er tien boven de rapportagegrens aangetoond in diverse biotamonsters uit 2017-2019. Dit betreft de perfluorcarbonsuren met een ketenlengte van 8 of meer en de perfluorsulfonzuren met een ketenlengte van 6 of meer. De aangetroffen concentraties lopen ver uiteen: van 0,1 tot 140 µg/kg natgewicht. De verschillen in de concentraties van individuele PFAS tussen de verschillende locaties zijn echter minder groot en in relatieve termen vergelijkbaar met de verschillen die zijn gezien voor de waterfase: circa een factor 3 tot 56 voor de perfluorcarbonsuren. Voor PFOS is de range echter aanzienlijk groter: een factor 213;
- In de Westerschelde zijn de gehalten het hoogst (soms PFAS 170 µg/kg). De gehalten in de schelpdieren in de Westerschelde zijn echter relatief laag;
- Met betrekking tot profielen ('fingerprints'): het deelprofiel voor de perfluorcarbonsuren wordt gekarakteriseerd door een 'piek' (de hoogste concentratie) voor PFDA en een aan beide 'kanten' afnemende concentratie. Niet alleen wordt dit profiel ook gezien op de andere locaties, bovendien is een soortgelijk patroon, met de hoogste concentratie voor PFDA, af te leiden uit data over vis

uit Europese meren. Het profiel voor de perfluorsulfonzuren in de Westerschelde wordt niet teruggevonden op andere locaties, omdat PFHxS en PFHpS alleen op locatie MIDDGBWPMLPT (Westerschelde) in biota zijn aangetroffen;

- Jonker (2021) geeft ook BAF-waarden. Deze data komen goed overeen met het beeld uit de literatuur (Figuur B1.8). Zo is de mediaan logBAF voor PFOS in de literatuurwaarden 3,47 ($\pm 0,78$) en voor PFOA 2,16 ($\pm 0,85$), waarden die zeer vergelijkbaar zijn met de huidige waarden. Voor de andere PFAS zijn de verschillen tussen de huidige waarden en de gerapporteerde mediaan BAF-waarden iets groter, hoewel in alle gevallen de standaarddeviaties overlappen. De huidige dataset toont verder aan dat er geen significante verschillen zijn in BAF's voor zoutwater- en zoetwatervissen;



Figuur B1.9 BAF-waarden uit Jonker (2021).

In de studie van Vlaeminck et al. (2023) zijn in Vlaanderen dertien locaties beschouwd met gegevens voor paling, baars, stekelbaars en blankvoorn (Tabel B1.9). Het volgende kan daarbij worden vastgesteld:

- PFOS wordt teruggevonden in biota op alle gemeten locaties. Daarnaast worden ook PFDA (92%), PFDoDA (92%), en PFTrDA (92%) in meer dan 90% van de locaties teruggevonden (dus minimaal één meting boven de AG op een locatie). In meer dan 75% van de gemeten locaties worden PFTeDA (85%), PFUnDA (85%), PFBSA (77%) en PFOSA (77%) teruggevonden. Alle andere stoffen werden in minder dan 50% van de locaties gedetecteerd;
- In de helft van de locaties in Vlaanderen wordt een totaal PFAS-gehalte van meer dan 34 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vg waargenomen. In 90% van de locaties in Vlaanderen wordt een totale PFAS-concentratie van meer dan 205 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vg waargenomen. De maximumwaarneming is 1,5 mg/kg vg totale PFAS. Merk op dat deze dataset niet het algemene beeld voor Vlaanderen geeft, aangezien de metingen vooral afkomstig zijn uit de buurt van hotspotlocaties;

- Concentraties van negen PFAS gemeten in blankvoorn uit de Nederlandse wateren vergelijkbaar met de concentraties van vis uit Vlaamse wateren (inclusief blankvoorn).

Tabel B1.9 Overzicht van gemeten PFAS-concentraties in biota.

| $\mu\text{g}/\text{kg}$ vers | RWS, data van 2019 zoet en zout (Jonker, 2021)* standaardisatie onduidelijk | Blankvoorn, regionale wateren (STOWA, 2021c) gestand. 26% droge stof | Meerdere soorten vis Vlaeminck et al. (2023) P50 – P90 (max) standaardisatie onduidelijk* |
|------------------------------|---|--|---|
| PFOA | 0,10 - 1,2 | < | < - 1,2 (18) |
| PFNA | 0,10 - 1,9 | < - 0,7 | < - 0,66 (1,2) |
| PFDA | 0,25 - 7,9 | < - 13,1 | 1 - 2,7 (4,3) |
| PFuDA | 0,10 - 5,6 | 0,6 - 2,7 | 0,77 - 1,7 (2,2) |
| PFDoA | 0,10 - 2,2 | 0,6 - 15,9 | 1,4 - 3,7 (7,2) |
| PFTDA | 0,80 - 2,6 | < - 1,8 | 0,67 - 2,1 (2,5) |
| PFTeDA | - | < - 4,9 | 0,68 - 2,0 (2,7) |
| PFHxS | 5,8 ** | < | < - 1,4 (5,7) |
| PFHpS | 2,0 ** | < | < - 2,2 (7,1) |
| PFOS | 0,66 - 140 | 3,4 - 33,8 | 16 - 519 (1000) |

* In Nederland wordt op 26% droge stof gestandaardiseerd. Droge stof in blankvoorn varieert tussen 25 en 28%. Standaardisatie verandert het totaalbeeld niet.

** Enkelvoudige meting in bot op locatie MIDDGBWPLPT

Ook voor Nederland zijn (beperkt) meetgegevens beschikbaar uit biota afkomstig van hotspots. Nabij Schiphol zijn door IMARES (2009) monsters onderzocht naar aanleiding van de calamiteit met bluswater. Op vier locaties is vis bemonsterd en geanalyseerd op PFOS. Daarnaast zijn in dezelfde periode negen sediment- en negen watermonsters op het Schipholterrein en in de Haarlemmerringvaart genomen. Aal, baars en snoek bevatte 30 tot 1500 $\mu\text{g}/\text{kg}$. De concentraties op de verontreinigde locaties zijn zeer hoog vergeleken met andere locaties in Nederland.

2.7 Sea spray aerosolen en zeeschuim

Sea spray

Amato et al. (2023) hebben op twee locaties (Wijk aan Zee en Ameland) onderzoek uitgevoerd naar PFAS in sea spray aerosolen. Daarbij is onder meer gekeken naar de relatie met Na^+ (zeezout), waarvan bekend is dat het een indicator is van de mate van depositie van aerosolen afkomstig van zee. In het onderzoek zijn ook de concentraties van PFAS in zeewater beschouwd. De volgende constatering is in het onderzoek gedaan:

- De samenstelling van PFAS in de aerosoolmonsters was consistent. PFOS en PFOA werden het meest aangetroffen. Het PFAS-profiel vertoonde grote gelijkenissen met dat van zeewater;
- Verrijkingsfactoren liepen uiteen van ~ 20 tot ~ 4000 ;

- Voor een deel van de PFAS kon een verband met Na⁺ worden aangetoond;
- Ook windsnelheid was te relateren aan PFAS in sea spray. Voor de windrichting kon geen verband worden aangetoond;
- PFAS-concentraties in zeewater waren doorgaans lager dan 3,5 ng/l en bevonden zich ook vaak onder de detectiegrens van 0,1 ng/l.

Zeeschuim

Bokkers et al. (2023) geven een duiding van in Nederland uitgevoerd onderzoek naar PFAS in sea spray waarbij één van de doelen is om dit onderzoek te vergelijken met eerder in Vlaanderen uitgevoerd onderzoek (VITO, 2023). Uit deze kennisupdate blijkt het volgende:

- In Nederland betrof de monsternamen twee monsternamerondes. De eerste ronde was in april 2023, op veertien locaties aan de Nederlandse kust (vier in Noord-Holland, vier in Zuid-Holland, zes in Zeeland) (Annex 1), de tweede in augustus 2023, op vier Zeeuwse kustlocaties (Annex 2). Op de locaties werden zeeschuimmonsters genomen. In april 2023 werd tegelijkertijd ook zeewater bemonsterd, ter referentie en voor mogelijke duiding van de resultaten. In Vlaanderen zijn op twee locaties zeewater- en zeeschuimmonsters genomen, met één monsternamemoment (juli 2022) voor de locatie De Haan en vijf monsternames in vier meetcampagnes (mei en juli 2021, en mei en oktober 2022) voor de locatie Knokke;
- Voor de zestien overeenkomstige PFAS is gekeken hoe de gemeten concentraties in Nederlands en Vlaams zeeschuim zich verhouden. Dertien van de zestien PFAS waren op minstens één locatie kwantitatief aantoonbaar in zeeschuim. PFT_rDA, PFT_eDA en PFDS waren niet aantoonbaar in enig monster uit Nederland (detectielimiet 0,3-0,7 µg/kg) of Vlaanderen (detectielimiet 0,04-0,05 µg/L);
- Geconstateerd werd dat er op de Vlaamse locaties (De Haan en Knokke) één zeeschuimmonster (Knokke_6okt2022) was dat hogere PFAS-concentraties bevatte dan de overige Vlaamse monsters. De concentraties zijn ook beduidend hoger dan in de Nederlandse zeeschuimmonsters;
- In het geval dat er in de Nederlandse monsters PFAS gemeten zijn boven de detectielimiet (PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFHxS, PFHpS, PFOS), ligt de concentratie voor die PFAS in het Vlaamse monster van 6 oktober 2022 ongeveer een orde grootte boven de hoogst gevonden concentratie voor die PFAS in de Nederlandse monsters.
- Kijkend naar de overige Vlaamse zeeschuimmonsters is dit beeld anders. Dan zijn namelijk de gemeten PFAS-concentraties in het Nederlandse zeeschuim minstens even hoog (PFNA, PFDA, PFHpS, PFOS) zo niet hoger (PFHpA, PFOA, PFHxS).

Indirecte onderzoeken naar invloed aanrijking in kustregio

In 2019 heeft SWECO Nederland B.V. in opdracht van de provincie Noord-Holland een onderzoek uitgevoerd naar achtergrondconcentraties van PFAS in de bodem van de provincie (Hollander, 2019). Een van de resultaten was het voorkomen van relatief hoge PFOS-gehalten aan de kust, landinwaarts afnemend. Opvallend genoeg werd voor PFOA een

omgekeerde trend waargenomen, met hogere PFOA-concentraties in het oosten. In 2020 heeft de Antea Group een vergelijkbaar onderzoek gedaan met een specifieke focus op PFOS in het duingebied binnen de beheerregio van Omgevingsdienst IJmond (van der Groep, 2020). Ook in dit onderzoek werden dicht op de kust hoge hoeveelheden PFOS aangetroffen, die verder landinwaarts sterk afnamen. In het Antea-rapport worden PFOS-bevattende sea spray aerosolen (SSA) als mogelijke verklaring genoemd.

SWECO (2019; 2022) heeft twee bodemonderzoeken in de provincie Noord-Holland uitgevoerd. In SWECO (2019) gaat het om het vaststellen van provinciale achtergrondconcentraties en in SWECO (2022) zijn twee west-oost-trajecten in zogenaamde duintuintjes onderzocht.

SWECO (2019) concludeerde dat er voor PFAS (totaal) geen verschil in de ruimtelijke verspreiding over de provincie optrad. Alleen in de wijde omgeving van Amsterdam leken er gemiddeld iets hogere gehalten te worden aangetroffen dan elders. Dit kwam eerder door een hogere frequentie van licht verhoogde waarden dan door gehalten die buiten de range van andere delen in de provincie vielen. Opvallend was echter de verdeling van PFOS en PFOA. PFOS kwam in het westen langs de kust in hogere gehalten voor en liet naar het oosten toe afnemende gehalten zien. Bij PFOA was dit beeld juist omgekeerd. In de duinen en kustzone zijn bijvoorbeeld 6 keer som-PFOS-gehalten ≥ 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vastgesteld met een maximum van 8,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ op Texel (uit in totaal 16 monsters). In de rest van Noord Holland zijn nog eens 3 monsters met een som-PFOS-gehalte > 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ vastgesteld (uit 84 monsters). De auteurs concludeerden dat niet is aan te geven of dit ruimtelijk beeld een gevolg is van de geografie, belasting met PFAS of het verschil in bodem tussen het westen en het oosten. Het beeld lijkt in ieder geval niet in tegenspraak met de verwachting vanuit de hypothese van optredende sea spray.

SWECO (2022) heeft op twee oost-west-transecten door de duinen gekeken naar de PFAS-gehalten in de bodem van zogenaamde duintuintjes. De transecten lagen bij Egmond (zes locaties) en Zandvoort (vier locaties). Ook zijn de concentraties in ondiep grondwater bepaald. Bij Egmond worden op de duintuintjes vooral aardappelen en groenten gekweekt. Deze tuintjes worden bewaterd met (regen)water uit lokale bronnen. Bij Zandvoort worden alleen aardappelen gekweekt. De gemiddelde PFOS- en PFOA-gehalten bedragen 1,5 en 0,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ met maxima van 5,2 en 0,8 respectievelijk. In het grondwater zijn de gemiddelde som PFOS- en PFOA-concentraties 24,3 en 75 ng/l , met maxima van 66 en 280 ng/l respectievelijk. Vooral in Egmond vertonen de PFOS-gehalten in de bodem een dalende trend met toenemende afstand van de zee (5,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ op 325m en 0,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ op 1735m). In het grondwater op dit traject dalen de PFOS- en PFOA-concentraties van 38 naar 1,9 ng/l en van 150 naar 20 ng/l . Aanvullend hierop heeft SWECO (2021) op tien locaties uit het eerdere onderzoek voor provincie Noord Holland SWECO (2019) ook gekeken naar de PFAS-concentraties in het grondwater in de kuststrook. Grondwater werd bemonsterd op 1,5-2,5m-mv en op 4-5m-mv. Ter vergelijking werden twee landinwaarts gelegen locaties meegenomen als referentie. In de kuststrook zijn PFOA en PFOS de overheersende PFAS. Op de twee landinwaarts gelegen locaties was dat PFBA. Voor PFOA geldt dat de hoogste waarden zijn gemeten op relatief korte afstand van

de kust en is er een afname in concentraties te zien als de afstand tot de kust toeneemt. Bijvoorbeeld: op 187 m van de kust was de PFOA-concentratie 276 ng/l en die van PFOS 219 ng/l en op 841 m respectievelijk 23,2 en 6,3 ng/l (dit betrof ondiep grondwater; zie figuur). Er is echter ook variatie binnen deze trend, wellicht door zaken als begroeiing en hydrologische situatie. Verder is er voor PFOA mogelijk sprake van een hoger gehalte bij een hogere geleidbaarheid van het grondwater. Dit is bij andere PFAS niet zichtbaar en zou een indicatie zijn dat sea spray een mogelijke bron is. Er is weinig relatie tussen de gehalten in het grondwater en in de (eerder) geanalyseerde bodem. Globaal gezien overheerst PFOS in de bodem en PFOA in grondwater.

Verder werden ook in verschillende andere onderzoeken hogere gehalten aan PFOS en/of PFOA in de toplaag van locaties in de kustzone vastgesteld (zie Tabel B1.10)

Tabel B1.10 Gehalten PFOS en PFOA in de toplaag van de bodem in de kustzone.

| | som PFOS (µg/kg ds) | som PFOA (µg/kg ds) | Referentie |
|--------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| Texel | 8,6 | 4,7 | SWECO (2019) |
| Terschelling | 3,5 | nb | Antea (2020a) |
| IJmond | 8,6-34 (n=5) ¹⁾ | nb | Antea (2020c) |

2.8 Lucht(depositie)

PFAS kunnen in de lucht aanwezig zijn als gas, of geassocieerd zijn met deeltjes of aerosolen. Kortketenige PFAS zijn relatief vluchtiger en zullen dus meer voorkomen in de gasfase dan PFAS met langere ketens. Daarnaast zijn bepaalde PFAS met specifieke functionele groepen relatief vluchtig, zoals fluortelomeeralcoholen (FTH), gefluoreerde sulfonamides (FOSA's) en sulfonamido-ethanolten (FOSE's). Langketenige PFAS verdelen zich daarentegen relatief meer in de waterfase dan de gasfase, en binden vaak sterker aan vaste (organische) materie, waaronder stofdeeltjes (Liu et al., 2022).

In Nederland is beperkt onderzoek gedaan naar de aanwezigheid en verspreiding van PFAS in lucht. Indirect zijn er wel aanwijzingen dat deze wijze van verspreiding actueel (zie ook Paragraaf 2.7 Sea spray aerosolen en zeeschuim) of in het verleden (PFOA, GenX in bodem) een significante bijdrage heeft geleverd aan de diffuse oplading van de milieucompartimenten bodem en grondwater.

Het Expertisecentrum PFAS (2017) heeft resultaten van gemeten gehalten in grond en grondwater vergeleken met de luchtpluim zoals gemodelleerd door het RIVM. Hieruit werd geconcludeerd dat de transportroute van PFOA via de lucht door uitstoot vanaf het bedrijfsterrein van Dupont/Chemours naar de bodem en het grondwater zeer aannemelijk is. De gelijkenis valt vooral op in het grondwater. In bodem was de relatie door wisselende bodemtypen en de uitspoeling van PFOA minder scherp. In het landelijke achtergrondwaardenonderzoek PFAS in bodem (Wintersen et al., 2020) werd wel een duidelijke relatie gevonden tussen PFOA-concentraties in de onderzochte grondmonsters en de afstand tot de Chemours-fabriek.

Naast Dordrecht/Chemours hebben in de omgeving Helmond in het verleden ook aanzienlijke emissies van PFOA en GenX naar lucht plaatsgevonden, als gevolg van activiteiten bij Custom Powders. In een onderzoek werden metingen tussen 2013 en 2018 beschouwd (RIVM, 2019). Daarbij werden ook modelberekeningen uitgevoerd rondom de twee hotspots in Dordrecht en Helmond. Op basis van gemeten luchtemissies van Chemours in Dordrecht was de blootstelling op de dichtstbijzijnde bewoonde locatie 15 ng/m^3 . De berekeningen van het realistische scenario voor Helmond geven aan dat bij de dichtstbijzijnde bewoonde locatie, in stadsdeel Brouwhuis, op circa 500 meter afstand van Custom Powders, een gehalte van $2,85 \text{ ng/m}^3$ werd verwacht. Bij het worstcasescenario was dit 48 ng/m^3 . In het onderzoek werden ook regenwatermonsters beschouwd uit onderzoeken in 2017 en 2018. In deze periode kon GenX worden aangetoond in regenwater, zowel nabij Dordrecht en Helmond, maar ook op een referentielocatie in Bilthoven.

Brunschwiler (2023) onderzocht bodemprofielen nabij een afvalverbrandingsinstallatie in Alkmaar. De resultaten lijken erop te wijzen dat met name historische emissies van de installatie lokaal tot verhoogde concentraties in de bodem hebben geleid.

In Vlaanderen onderzochten Peters et al. (2022) i) methoden voor de bemonstering en analyse van PFAS in omgevingslucht en in depositie, en ii) concentraties van PFAS in omgevingslucht en de hoeveelheid PFAS in depositie. De metingen die in dit onderzoek zijn uitgevoerd, hebben een achtergrondconcentratie van $0,001 \text{ ng/m}^3$ voor de 4 EFSA-componenten vastgesteld op een achtergrondlocatie te Dessel over een periode van zes maanden (stoffractie). Dit is nog te valideren door verdere metingen op andere onverdachte locaties in Vlaanderen. Op specifieke plaatsen kan de concentratie wel hoger liggen, bijvoorbeeld in de nabijheid van belangrijke (industriële) emissiebronnen. Op een locatie in Zwijndrecht wordt $0,103 \text{ ng/m}^3$ gerapporteerd voor de 4 EFSA-componenten. In dit onderzoek van Peters et al. (2022) wordt een selectie van 38 PFAS-verbindingen geanalyseerd. In de omgevingslucht in de omgeving van Zwijndrecht is PFOS de verbinding die in de hoogste concentratie voorkomt (op zwevend stof). PFOS vertegenwoordigt ongeveer twee derde van de totale PFAS-concentratie (som van alle gemeten PFAS-verbindingen) en doorgaans 80-90% van de som van de EFSA-PFAS. De op één na belangrijkste PFAS is PFOA (7,7%). Veel aantal andere PFAS komen in minder mate voor (Vander Aa et al., 2023).

Referenties bijlage 1

- Amato E, Béen F, & Vughs D. (2023). *PFAS in sea-spray aerosols*. Antea. (2019a). *Bodemkwaliteitskaart PFAS, gemeente Helmond* (0455194.100).
- Antea. (2019b). *Rapport Bodemkwaliteitskaart. Buitengebied provincie Groningen*.
- Antea. (2020a). *Bodemkwaliteitskaart PFAS in Friesland* (0457469.100).
- Antea. (2020b). *Bodemkwaliteitskaart PFAS voor de deelnemende gemeenten in Noord-Brabant*.
- Antea. (2020c). *Notitie grondverzet. Bodemkwaliteitskaart PFAS OD IJmond*. (0458873.100).

- Arcadis. (2023). *PFAS in grond en water in moestuinen in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden*. (VFC2TUHHKTHY-2007392473-3574:1.0).
- Bokkers B, Pronk M, & Herremans J. (2023). *PFAS in zeeschuim langs Nederlandse kust*.
- Brunschwiler N. (2023). *Tracing sources of diffuse PFAS contamination in soil near a waste incineration plant*.
- Deltares. (2020). *Herverontreinigingsniveau PFAS in bagger uit regionale wateren*.
- Deltares. (2021). *Onderzoek naar opties voor kwaliteitseisen voor toepassing PFAS-houdende grond en baggerspecie in zoet oppervlaktewater*.
- Deltares. (2022). *Literature study on PFAS precursors in sediments and surface water*.
- ERM. (2023). *Beschrijvend Bodemonderzoek 3M Zwijndrecht en omgevende gebieden*
<https://www.zwijndrecht.be/file/download/23336/47932099C94ACAFDB29B05265F499369>
- Expertisecentrum PFAS. (2017). *Luchtdepositie onderzoek PFOA en HFPO-DA (GenX) Dordrecht en omgeving. Onderzoek naar de invloed van luchtmissies op de kwaliteit van grond en grondwater*. (ECP 012017 / 20DDT221-1.17).
- Expertisecentrum PFAS. (2018a). *Aanwezigheid van PFAS in Nederland. Deelrapport A – PFAS in grondwater en oppervlaktewater*.
- Expertisecentrum PFAS. (2018b). *Aanwezigheid van PFAS in Nederland. Deelrapport B – Onderzoek van PFAS op potentiële risicolocaties*.
- IMARES. (2009). *PFOS onderzoek in waterbodem en vis*. (Rapport C064/09).
- IMARES. (2011). *PFOS in waterbodems Schiphol*. (Rapport C043/11).
- IMARES. (2012). *PFOS in waterbodems Schiphol – deel 2* (Rapportnummer C007/12).
- Jonker MTO. (2021). *Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) in de Rijkswateren. Concentraties in water en biota tussen 2008 en 2020*. Institute for Risk Assessment Sciences, Universiteit Utrecht
- KWR. (2023). *Statistische analyse PFAS-concentraties in de Maas*. (KWR 2023.003).
- Lievens Milieu. (2020). *Aanvulling bodemkwaliteitskaart en nota bodembeheer gemeente Utrecht*.
- Liu Y, Li T, Bao J, Hu X, Zhao X, Shao L, Li C, & Lu M. (2022). A Review of Treatment Techniques for Short-Chain Perfluoroalkyl Substances. *Applied Sciences*, 12(4).
<https://doi.org/10.3390/app12041941>
- Marmos Bodemmanagement. (2020a). *Bodemkwaliteitskaart PFAS gemeente Albrandswaard*.
- Marmos Bodemmanagement. (2020b). *Bodemkwaliteitskaart PFAS gemeente Ridderkerk*.
- Marmos Bodemmanagement. (2020c). *Bodemkwaliteitskaart PFAS Walcheren*.
- Marmos Bodemmanagement. (2020d). *Voorlopige bodemkwaliteitskaart PFAS gemeente Schouwen-Duiveland*.
- Ministerie van IenW. (2021). *Handelingskader voor hergebruik van PFAS houdende grond en baggerspecie*.
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2021/12/13/2021335279-1-geactualiseerde-versie-handelingskader-pfas>

- Noordzeekanaalgebied, O. (2020). *ACN en Bodemkwaliteitskaart PFOS en PFOA. Regio Noordzeekanaalgebied.*
- OVAM. (2018). *Onderzoek naar aanwezigheid van PFAS in grondwater, bodem en waterbodem ter hoogte van risicoactiviteiten in Vlaanderen.*
- Peters J, Berghmans P, Jacobs G, Voorpoels S, Spruyt M, Bertels D, Bouwre KD, Hofman J, Hufkens N, Poelmans E, & Deun MV. (2022). *Studie naar pfas in lucht en deposities in de omgeving van 3M en Zwijndrecht.*
- RIVM. (2019). *Verspreiding van GenX-stoffen in het milieu. Metingen in Nederland – 2013-2018.* (RIVM-rapport 2019-0083).
- RIVM. (2020). *Achtergrondwaarden perfluoralkylstoffen (PFAS) in de Nederlandse landbodem* (RIVM-briefrapport 2020-0100).
- RIVM. (2021). *Landsdekkend beeld van PFAS in Nederlands grondwater.* (RIVM-briefrapport 2021-0205).
- STOWA. (2021). *PFAS in influent, effluent en zuiverings-slib. Resultaten van een meetcampagne op acht RWZI's.* (STOWA 2021-46).
- SWECO. (2019). *Bepaling achtergrondconcentratieniveau PFAS in Noord-Holland.* (SWNL0249929/2).
- TAUW. (2020). *Twente bodemkwaliteitskaart PFAS.* (R002-1272743EVF-V01-mwl).
- Tritium Advies. (2018). *Verkennd bodemonderzoek PFAS. Parallelweg ong. te Sliedrecht.*
- van den Heuvel-Greve M, Suykerbuyk W, Perdon J, van Zwol J, van Dalen P, Kwadijk C, Kotterman M, Ouwerkerk K, van Kessel T, & Verheul M. (2022). *PFAS concentraties in versgesedimenteerd materiaal uit de Westerschelde.* (Wageningen Marine Research rapport C028/22).
- Vander Aa S, Lescauwae A, Goelen T, & Janssens G. (2023). *Beste beschikbare technieken (bbt) ter beperking van pfas luchtmissies.*
- VITO. (2023). *PFAS in zeewater en zeeschuim (2022/SCT/R/2837).*
- Vlaeminck K N., B., K., V., M., V., & F., V. (2023). *Oriënterend onderzoek naar verspreiding van PFAS in Vlaanderen. Afvalwater, oppervlaktewater, waterbodem, biota & grondwater.* (D/2023/3241/110).
- Wintersen A, Osté L, Meiracker R van de, Breemen P van, Roskam G, & Spijker J. (2020). *Verskil in uitloging van PFAS uit grond en bagger* (2020-0102).
- Wintersen A, Spijker J, Breemen P van, & Wijnen H van (2020). *Achtergrondwaarden per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS) in de Nederlandse landbodem.* (2020-0100).
<https://www.rivm.nl/publicaties/achtergrondwaarden-perfluoralkylstoffen-pfas-in-nederlandse-landbodem>
- Witteveen & Bos. (2020). *Pilot POP-UP Soesterberg (105010/20-013.216).*
- WSP Nederland. (2022). *Bodemkwaliteitskaart Alphen aan den Rijn, Bodegraven-Reeuwijk, Gouda, Krimpenerwaard, Waddinxveen en Zuidplas.*

Addendum 1 Overzicht voorbeelden en signalen met betrekking tot lokale bodemverontreinigingen

Doetinchem, Fa Rutgers

<https://www.regio8.nl/pfas-ook-in-bosgrond-door-lekkende-gifvaten>

67 kilo PFAS per jaar van twee Brabantse bedrijven

Chemiebedrijf Sabic in Bergen op Zoom loost jaarlijks 50 kilo PFAS in de Westerschelde. Daar komt nog 17 kilo PFAS bij van afvalverwerker ATM in Moerdijk. Via de waterzuivering in Bath stroomt het de Westerschelde in. (<https://www.omroepzeeland.nl/nieuws/15139532/brabant-zou-wel-willen-maar-kan-niet-strenger-optreden-tegen-lozing-pfas-in-westerschelde>).

Onderzoek SWECO naar verdachte locaties Twente

Resultaat was een lijst van 300 tot 400 locaties in Nederland met een groot risico op aanwezigheid van PFAS. Het betreft locaties waar mogelijk sprake is van PFAS-waarden die veel hoger liggen dan de 0,1 microgram per kilo, waarover de discussie nu gaat. Volgens Cees Maurits, projectmanager Bodem en Ondergrond bij SWECO, tot wel 1000 microgram per kilo. Daarnaast zijn er nog 4000 locaties gevonden met een beperkt risico. (<https://www.tubantia.nl/regio/verhoogde-kans-op-schadelijk-pfas-in-twentse-bodem~a3a8ff41/>)

Ook op vliegveld Zestienhoven ernstige PFAS-vervuiling

Uit de bij de melding verstrekte gegevens blijkt dat een sterke verontreiniging met per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS) is aangetoond in de grond. Het sterk verontreinigde bodemvolume omvat meer dan 25 m³ grond. De verontreiniging bevindt zich in de grond op een diepte van maaiveld tot ten minste 2,5 meter minus maaiveld (m-mv). Tevens blijkt dat een sterke verontreiniging met PFAS is aangetoond in het grondwater. Het sterk verontreinigde bodemvolume is meer dan 100 m³ grondwater. De verontreiniging bevindt zich in het grondwater op een diepte van circa 1,5 tot ten minste 2,5 m-mv. De verontreiniging is niet voldoende ingekaderd.

(https://s3.vooot.nl/notubiz/api/documents/12117183_1.pdf)

Utrechts PFAS-onderzoek afgerond, twee locaties boven risiconorm

Op twee locaties in Utrecht moet de bodem worden opgeruimd omdat daar een te hoge concentratie van PFAS is aangetroffen. Het gaat om een locatie van de brandweer aan de Sartreweg en een locatie van de Universiteit Utrecht aan de Münsterlaan waar bhv-cursussen werden gegeven. Dat blijkt uit onderzoek dat in opdracht van de gemeente is uitgevoerd. (<https://www.rtvutrecht.nl/nieuws/3109709/utrechts-pfas-onderzoek-afgerond-twee-locaties-boven-risiconorm>). Op de Münsterlaan blijkt na onderzoek van de Gemeente Utrecht een stuk grond vervuild te zijn met de giftige stof PFAS. Het gaat om het gebied waar vroeger bedrijfshulpverleners brandblusoefeningen hielden. De universiteit gaat voor de zomer de grond saneren. Er is geen gevaar voor de gezondheid van mens en dier.

(<https://dub.uu.nl/nieuws/flinke-sanering-vervuilde-grond-oude-bhv-blusplaats-op-kosten-van-de-uu>)

Bijlage 2 Onderzoeksvoorstel thema C1: Grip op PFAS onderweg van bodem naar drinkwater

Het volledige onderzoek zal bestaan uit 1) een meetonderzoek, 2) een generiek modelonderzoek, 3) een specificering naar verschillende grondwaterwinningen, en ten slotte 4) een inschatting van de gevolgen van handelingsperspectieven voor het toekomstbeeld. Hieronder staan deze onderdelen beschreven. Ten slotte wordt ingegaan op de resultaten (producten) en de governance van het voorgestelde onderzoek.

Onderzoekopzet deel 1: meten in bovengrond en grondwater

Het voorgestelde experimenteel onderzoek bestaat uit de volgende onderdelen:

1. Het gedetailleerd analyseren van PFAS in bodemprofielen in de delen van Nederland waar drinkwater uit grondwater wordt gewonnen;
2. Het analyseren van PFAS op verschillende diepten in grondwater.

Ad 1) Analyseren van PFAS in bodemprofielen

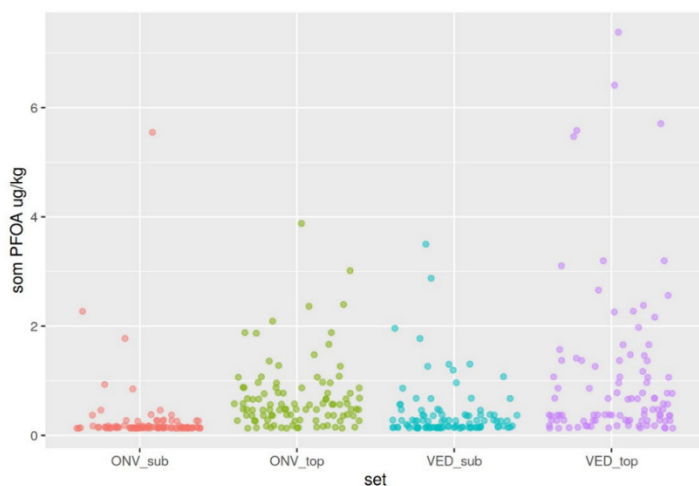
Met dit onderzoek wordt in kaart gebracht wat de concentratieopbouw is van PFAS in de onverzadigde zone. Het verschil met regulier onderzoek (Figuur B2.1) is de gespecialiseerde wijze van bemonsteren die het mogelijk maakt om een nauwkeurige diepte-afhankelijke verdeling (trajecten van 20cm; voorgestelde aantallen: zie Tabel2.2) van concentraties te verkrijgen. De volgende uitgangspunten worden gehanteerd bij de verdere opzet van het onderzoek:

- De steekproef van locaties dient representatief te zijn voor een aantal verschillende typen (gevoelige) drinkwaterwinningen uit grondwater (met betrekking tot het bodemtype, de hydro(geo)logie, reistijd van het grondwater, et cetera);
- Het onderzoek sluit (bekende) hotspots van PFAS-verontreiniging uit, het richt zich op de zogenaamde diffuse vracht van PFAS;
- De stoffen die worden beschouwd zijn in ieder geval de PFAS uit de advieslijst³⁵ bij het handelingskader voor bodem. Daarnaast wordt trifluorazijnzuur (TFA) in grondwater onderzocht (zie de volgende paragraaf) en mogelijk ook in een deel van de bodemmonsters. Ten slotte wordt een dTOP (direct Totaal Oxideerbare Precursoren) analyse op een deel van de monsters uitgevoerd;
- Indien mogelijk wordt voor in een deel van de monsters en voor een deel van de PFAS de sorptie bepaald;
- Het onderzoek richt zich tot een maximale diepte van 3 meter, waarbij de focus ligt op de onverzadigde zone.

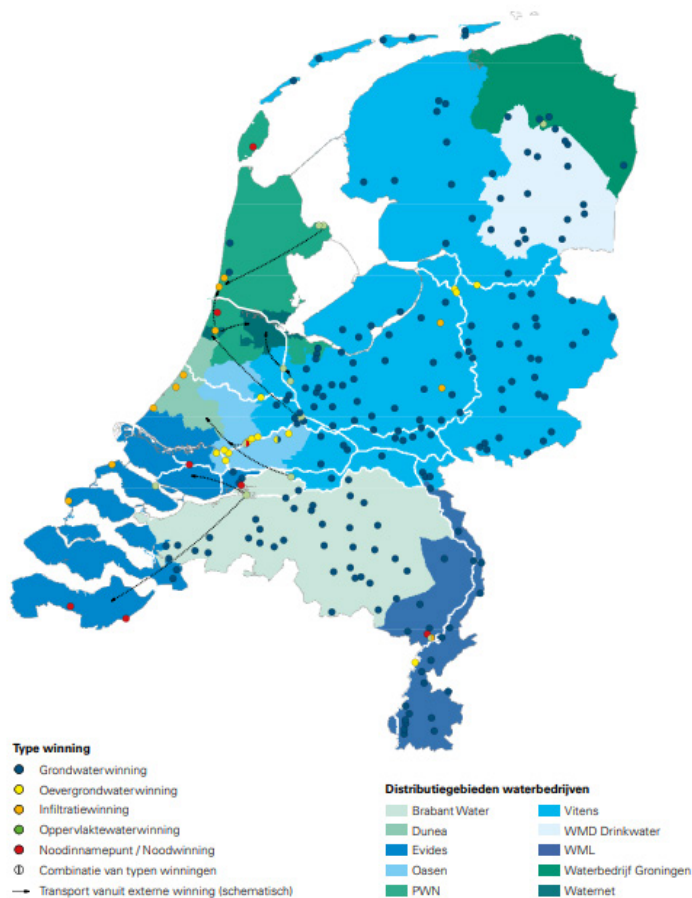
Het onderzoek naar PFAS in bodemprofielen maakt het mogelijk om een inschatting te maken van de diffuse vracht van PFAS die zich in de onverzadigde zone van de bodem bevindt.

³⁵ <https://www.bodemplus.nl/onderwerpen/wet-regelgeving/bbk/vragen/grond-baggerspecie-pfas-veldwerk-analyse-toetsing/faq/welke-pfas-verbindingen-geanalyseerd/>

Tabel B2.1 aan het einde van dit hoofdstuk, bevat een overzicht van de verschillende onderdelen waaruit dit deel van het onderzoek bestaat.



Figuur B2.1 Afgebeeld zijn de PFOA-concentraties voor 2 diepten ('top': 0-20 cm en 'sub': 50-100 cm) bebouwde (VED) en onbebouwde (ONV) locaties (Wintersen et al., 2020).



Figuur B2.2 Winningen voor de productie van drinkwater 2021 (KWR, 2021).

Ad 2) Analyseren van PFAS op verschillende diepten in grondwater

De metingen in grondwater richten zich op de aanwezigheid van PFAS in het verzadigde grondwater in het bereik van de grondwaterspiegel tot diepten die representatief zijn voor grondwaterwinningen (Figuur B2.2). In eerdere onderzoeken is aangetoond dat PFAS deels diffuus aanwezig zijn in grond- en drinkwater (Schepens et al., 2023; Wintersen et al., 2021; Wit, Claessens & Wintersen, 2020). Daarbij werden in een aantal gevallen ook lage concentraties van PFAS aangetroffen in relatief diep grondwater. Met dit onderzoek wordt een beter inzicht verkregen in de verdeling van concentraties van PFAS in relatie tot de diepte. Voor dit onderzoek kunnen mogelijk multifilterputten van het Landelijke Meetnet Grondwater (LMG) worden gebruikt (Figuur B2.3), daarnaast worden aanvullende metingen verricht waar dat nodig en mogelijk wordt geacht. Deze LMG-multifilterputten zijn oorspronkelijk neergezet om de nitraatconcentratieverdeling met diepte in het grondwater te onderzoeken. Daarnaast wordt gebruikgemaakt van eerder uitgevoerd onderzoek door drinkwaterbedrijven. Samen met de informatie uit de bodemprofielen vormt het grondwateronderzoek de basis van de ijking van de transportmodellering en de daaruit volgende mogelijkheden om de blootstelling en maatregelen ter reductie daarvan door te rekenen. Tabel B2.1 bevat een overzicht van de activiteiten die deel uitmaken van het meetonderzoek.

Tabel B2.1 Activiteiten binnen het meetonderzoek bodemprofielen en grondwater.

| Hoofdactiviteit | Subactiviteiten, opmerkingen |
|---|---|
| Vorbereiding en onderzoeksoepzet | |
| Analyse beschikbare data | Hiervoor worden gegevens uitgevraagd bij drinkwaterbedrijven en kunnen andere studies uit de scopingfase van het programma gebruikt worden. Afhankelijk daarvan wordt een meetopzet voor grondwater nader uitgewerkt. |
| Verkenning geschiktheid bemonsteringsmethoden | Betreft zowel de wijze van verkrijgen bodemprofielen als gebruikmaking van multiputfilters voor grondwater. Materialenonderzoek wordt uitgevoerd indien nodig. |
| Steekproefopzet en loting locaties | Op basis van o.a. bodemtype, bodemgebruik, type winning, hydrologie |
| Data Management Plan (DMP) | Vastleggen van afspraken m.b.t. onder meer eigenaarschap, publicatie, opslaan en validatie. |

| Hoofdactiviteit | Subactiviteiten, opmerkingen |
|------------------------|---|
| Meetonderzoek | |
| Veldwerk | Bodemprofielen en grondwater |
| Lab-analyses | Inclusief 'bulkparameters' geochemie, organisch stof, korrelgroottefractie, metalen en evt. pH, CEC voor bodem EC, pH, HCO ₃ en standaard LMG analysepakket (micro- en |

| Hoofdactiviteit | Subactiviteiten, opmerkingen |
|--|--|
| Meetonderzoek | |
| | macrocomponenten van IC en ICP-MS + DOC) voor grondwater |
| Validatie meetresultaten | |
| Tijdelijk conserveren van monsters | T.b.v. analyses dTOP en TFA in tweede ronde metingen |
| Verwerken data (volgens DMP) | |
| Onderzoek meetresultaten (statistische analyse diepte, bodemtype, regionale verschillen, etc.) | |
| Verdiepend onderzoek (o.a. dTOP) | Op basis van eerste meetronde |
| Rapportage meetresultaten | |



Figuur B2.3 Locaties multifilterputten LMG.

Onderzoekopzet deel 2: modelstudie migratie PFAS-vracht

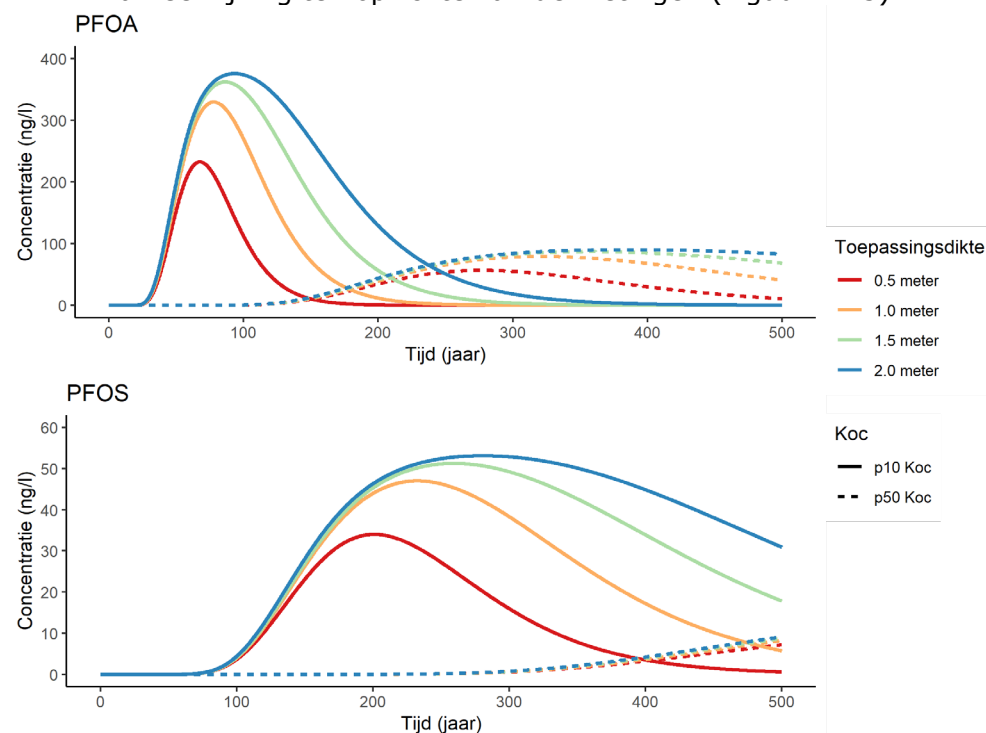
In het modelonderzoek wordt een generieke benadering uitgewerkt voor de berekening van de PFAS-concentraties in het grondwater en grondwaterwinningen op basis van transportmodellering. De modellering wordt gekalibreerd op basis van de resultaten uit het meetonderzoek. Bekend is dat sorptie daarbij een belangrijke parameter is (Negash, 2020; Wintersen et al., 2024), maar ook andere parameters, zoals bodemeigenschappen en de grondwaterdiepte, kunnen van belang zijn.

Modellering transport PFAS door bodem en grondwater

In dit onderdeel zal het transport van PFAS door de bodem en grondwater worden gemodelleerd. Enerzijds zal dit bestaan uit een historische modellering, waarbij het model wordt geijkt met de metingen uit deel 1 van het onderzoek. Hiervoor zullen schattingen van de belangrijkste historische emissiebronnen (depositie) op de bodem worden gebruikt. Op basis hiervan worden scenario's geformuleerd van de historische aanvoertermen. Onderzocht wordt welke scenario's, in combinatie met scenario's voor sorptie te beste fit opleveren van de meetresultaten. Naar verwachting is dit in ieder geval mogelijk voor de stoffen PFOA en HFPO-DA (Gebink & van Leeuwen, 2020). Anderzijds bestaat dit uit het berekenen van een generiek toekomstbeeld van de PFAS-concentraties in het grondwater.

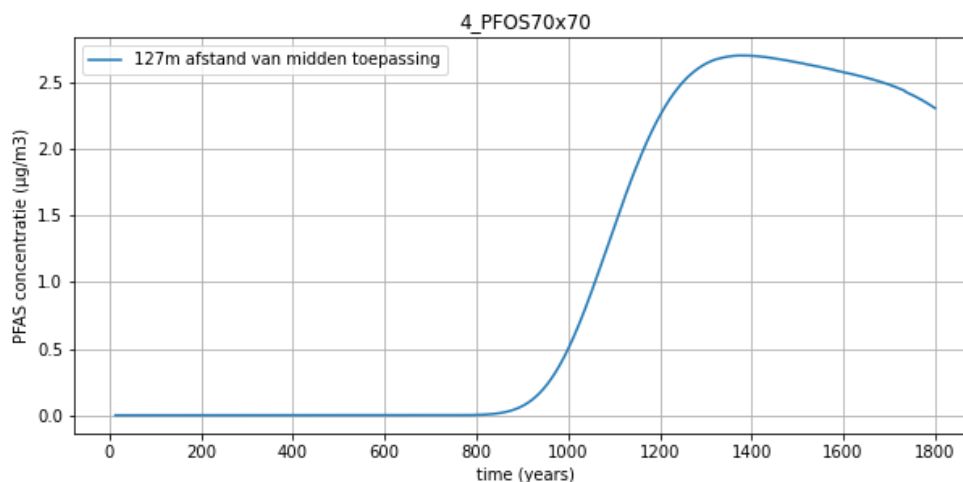
De generieke modelstudie bestaat uit de volgende onderdelen:

- Modelleren van 1D uitloging per gemeten profiel met Hydrus 1D op basis van een ijking ten opzichte van de metingen (Figuur B2.4);
- Modelleren van 2D transport na infiltratie met Modflow op basis van een ijking ten opzichte van de metingen (Figuur B2.5).



Uit Wintersen et al. (2024)

Figuur B2.4 Voorbeeldresultaat uit 1D-model.



Uit Wintersen et al. (2024)

Figuur B2.5 Voorbeeld resultaat uit grondwater (3D) model.

Onderzoeksoepzet deel 3 Modelberekeningen gericht op typen drinkwaterwinningen

In deze specificering wordt het generieke (toekomst)beeld uit onderdeel 2 vertaald naar wat het betekent voor verschillende typen grondwaterwinningen. De focus zal met name liggen op het schetsen van een toekomstbeeld voor de gevoelige (drinkwater)winningen, waarbij scenario's zullen worden opgesteld voor een aantal verschillende type winningen met parameters die de reistijd van PFAS beïnvloeden (zoals diepte van de winning, percentage organisch materiaal, beschermende lagen). Bevindingen uit onderdeel 2 zullen worden gebruikt voor het formuleren van de scenario's.

Onderzoeksoepzet deel 4 Identificatie en doorrekening maatregelen

Ten slotte wordt een inschatting gemaakt van de invloed van representatieve maatregelen op de generieke voorspelling van de PFAS-concentratie en de daaraan gekoppelde blootstelling. In tegenstelling tot de voorgaande onderdelen kunnen hierbij ook scenario's uitgewerkt worden die een typische PFAS-hotspot in de bodem vertegenwoordigen, omdat sanerende maatregelen over het algemeen tot dit type locaties zijn voorbehouden. Hiervoor worden, indien mogelijk, gegevens gebruikt van bestaande gevallen van bodemverontreiniging met PFAS.

Tot de maatregelen behoren in ieder geval bodem- en grondwatersanering en de zuivering van drinkwater aan de bron. Daarbij valt te denken aan zuivering op basis van omgekeerde osmose en met actief kool. Het identificeren en doorrekenen van maatregelen vindt plaats in afstemming met thema B van het PFAS-onderzoeksprogramma. De doorrekening van de scenario's levert een schatting op van de reductie van vracht (bij saneringsmaatregelen) of van een reductie van de concentraties (bij zuivering). Deze schattingen worden vertaald in een reductie van de blootstelling.

Om zo veel mogelijk aan te sluiten bij de laatste stand der kennis op het gebied van sanerings- en zuiveringstechnieken (zowel techniek als kostenaspecten) wordt op dit onderdeel expliciet input gevraagd aan de belanghebbenden.

Concentraties bovengrond en gerelateerde blootstelling

In het laatste deel van het modelonderzoek wordt onderzocht of op basis van de schattingen van de uitloging van PFAS op lange termijn en op basis van beschikbare kennis van actuele (atmosferische) emissies een uitspraak gedaan kan worden over de te verwachten concentratieontwikkeling van PFAS in de bovengrond. Daaraan gekoppeld kan bepaald worden hoe de blootstelling via uit aan bodem gerelateerde routes zich op lange termijn zal ontwikkelen.

Onderzoeksplanning

Tabel B2.2 geeft inzicht in de aantallen van de materiële posten (veldwerk, laboratoriumanalyses). Er wordt uitgegaan van 25 gebieden waarbinnen elk 4 bodemprofielen worden verkregen. Er is een inschatting gemaakt van de verdeling van de dieptetrajecten tot een maximumdiepte van 3 meter. Voor de profielen van 1 meter worden grondmonsters geanalyseerd voor iedere 20 cm uit de verkregen profielen. Uit de profielen van 2 en 3 meter worden 7 monsters geanalyseerd. In aanvulling op de bodemprofielen worden tien multiputfilters op tien diepten bemonsterd.

Alle bodem- en grondwatermonsters worden geanalyseerd op een lijst van target-PFAS. Daarnaast wordt een deel van de bodemmonsters en worden alle grondwatermonsters geanalyseerd op TFA en wordt een dTOP uitgevoerd. Het beoogde laboratorium voor de analyses is dat van de VU in Amsterdam met het oog op de goede prestatiekenmerken voor PFAS.

Tabel B2.2 Aantallen materieelposten.

| Onderdeel | aantal |
|------------------------------------|--------|
| <i>onverzadigde zone profielen</i> | |
| gevoelige gebieden | 20 |
| overige gebieden | 5 |
| totaal aantal gebieden | 25 |
| | |
| boringen per gebied | 4 |
| totaal boringen | 100 |
| boringen tot 1 m-mv | 60 |
| boringen tot 2 m-mv | 20 |
| boring tot 3 m-mv | 20 |
| | |
| <i>verzadigde zone</i> | |
| LMG multifilters | 10 |
| gw monster per LMG multifilter | 10 |
| | |
| <i>monsters</i> | |
| grondmonsters 1 m boring | 300 |
| grondmonsters 2 m boring | 140 |
| grondmonsters 3 m boring | 140 |
| totaal grondmonsters | 580 |
| | |
| totaal grondwatermonster | 100 |
| | |
| <i>analyses</i> | |
| grondmonsters target analyse | 505 |
| grondmonsters dTOP-analyse | 75 |
| grondmonster geochemie | 580 |
| | |
| grondwatermonsters targetanalyse | 100 |

Governance en resultaten

Betrokken partijen en governance

De opdracht wordt door het RIVM uitgevoerd in samenwerking met kennisinstituut KWR Water B.V.. Het veldwerk en de analyses worden aanbesteed bij gespecialiseerde partijen.

De opdracht heeft verder een duidelijke relatie met de belangen van belanghebbenden op het gebied van grond- en drinkwaterkwaliteit. Deze partijen zijn daarmee in beeld voor een rol in de governance van de opdracht. Tijdens de eerste BHB van het PFAS-onderzoeksprogramma op 22 februari 2023 vroeg onder meer de VEWIN om onderzoek naar de

toekomstige belasting van grond- en drinkwater met PFAS. Voorgesteld wordt om VEWIN en andere relevante belanghebbenden in de volgende stadia van het onderzoek te betrekken:

- Voor aanvang: delen van onderzoeksvoorstel en ophalen suggesties en aanvullingen;
- Na uitvoeren van onderzoek, voorafgaande aan publicatie: delen van bevindingen en afstemmen communicatiestrategie.

Enkele belanghebbenden (drinkwaterbedrijven, specialisten uit advieswereld) hebben hiernaast een rol in bij verstrekken van informatie en het leveren van andere bijdragen aan het onderzoek, bijvoorbeeld in de vorm van kennis over zuiverings- en saneringstechnieken. Met deze belanghebbenden wordt gedurende het onderzoek een intensievere communicatie onderhouden. De vorm de waarin dit (praktisch) kan plaatsvinden zal voor aanvang van de opdracht in overleg met deze belanghebbenden worden bepaald.

Resultaten en producten

Het onderzoek levert generiek inzicht op in de te verwachten PFAS-concentraties in grondwater op plaatsen waar drinkwater gewonnen wordt. Daarnaast levert het informatie aan thema B van het PFAS-onderzoeksprogramma waarmee de effectiviteit van maatregelen, zoals bodemsanering en drinkwaterzuivering, kan worden bepaald. Ten slotte levert het onderzoek inzicht op in de concentratie-ontwikkeling van PFAS in de bovengrond als gevolg van uitspoeling en de daaraan gerelateerde blootstelling. Ook dit laatste wordt gekoppeld aan handelingsperspectieven in thema B.

Bijlage 3 Afbakening thema C2: humane biomonitoring

Criteria voor cohorten en biobanken

We willen gebruikmaken van bestaande cohorten en biobanken. Hierdoor kan de studie binnen de looptijd van het PFAS-onderzoeksprogramma worden uitgevoerd en kunnen er meer monsters gemeten worden. Het nadeel van het gebruik van bestaande cohorten en biobanken is echter dat de lopende studies niet specifiek zijn ingericht op het bepalen van de blootstelling aan PFAS. Dit zorgt ervoor dat er waarschijnlijk slechts beperkte informatie beschikbaar is over de deelnemers. Bovendien kan het lastig zijn om de individuele bronnen van blootstelling te achterhalen.

Verder bleek tijdens de scopingfase dat er alsnog toestemming van de medisch-ethische commissie (METC) verlangd kan worden voor het gebruik van monsters uit biobanken. Desalniettemin wordt nog altijd een tijdswinst verwacht door het gebruik van biobanken. Ook bleken niet alle biobanken geregistreerd te staan in het register.

Ondanks deze nadelen is toch gekozen voor het selecteren van bestaande cohorten en biobanken vanwege de verwachte besparing in tijd en budget. Hierbij is op de volgende punten gelet:

Studiegebied

Het cohort/de biobank moet een **landelijke dekking** hebben. Door op te weinig plekken in Nederland metingen uit te voeren kan een vertekend beeld ontstaan, omdat de PFAS-blootstelling in een specifieke regio anders kan zijn dan in de rest van Nederland. Voor de selectie van cohorten/biobanken is in eerste instantie een voorselectie van ≥ 1500 individuen aangehouden (Gezondheidsraad, 2024).

Studiepopulatie

Om een beeld te krijgen van de **algemene Nederlandse bevolking** wordt aanbevolen zowel mannen als vrouwen te includeren in deze studie. Er zijn aanwijzingen dat vrouwen een snellere eliminatie hebben door sekse-specifieke kinetiek, en dat het geven van borstvoeding of dat bloedverlies door menstrueren kan leiden tot een snellere eliminatie van PFAS (EFSA, 2020). Het meenemen van één geslacht, mogelijk alleen tijdens vruchtbare leeftijd, zal geen representatief beeld geven van de Nederlandse bevolking. Het doel is dat de populatie waarin interne blootstelling wordt gemeten representatief is voor Nederland met betrekking tot woonplaats, geslacht, leeftijd en sociaal economische status.

Kinderen zijn een gevoelige populatie voor PFAS. Desondanks, is alleen gezocht naar biobanken met een **volwassen populatie**. Dit omvat volwassenen in de leeftijd van 18-65 jaar. Ten eerste is het om praktische redenen makkelijker om volwassenen te bemonsteren. Door de langzame uitscheiding van een aantal PFAS wordt in een volwassenen populatie doorgaans een hogere blootstelling aan accumulerende PFAS aangetroffen dan in kinderen en tieners (EFSA, 2020).

Het is belangrijk dat het cohort/de biobank **niet slechts uit patiënten bestaat**, waarbij de (behandeling van de) ziekte of aandoening de opname of eliminatie van PFAS kan beïnvloeden. Dit kan een vertekend beeld geven van de blootstelling in de algemene Nederlandse bevolking.

Biologische matrix, materiaalgebruik, en monsterwerving
 Bij voorkeur is de biobank opgesteld uit monsters met een gebruikelijke en betrouwbare matrix voor het vaststellen van interne blootstelling aan PFAS. Dit betreft de biologische matrices **serum** (of volbloed met de mogelijkheid tot het afdraaien van serum), **urine**, of **moedermelk**. Voor gebruik van minder conventionele biologische matrices, zoals vingerprikbloed, is een validatiestudie noodzakelijk om te kunnen beoordelen hoe valide deze matrix is voor het vaststellen van interne blootstelling aan PFAS, en is een vergelijking met andere humane biomonitoringstudies (subdoel 3) minder voor de hand liggend.

Omdat de concentraties van PFAS in biologische matrices doorgaans in de nanogram per milliliter-range liggen, is het belangrijk om **contaminatie van de monsters** door specifiek materiaalgebruik te voorkomen. Contaminatie kan op meerdere momenten plaatsvinden (bijvoorbeeld tijdens monsterwerving, transport, opslag of monsterbewerking). Teflon wordt bijvoorbeeld vaak toegepast in medische hulpmiddelen (zoals testbuizen). Om verstoring van de metingen te voorkomen is het daarom belangrijk om **geen PFAS-bevattende materialen** te gebruiken, en waar mogelijk blanco's mee te nemen om te kunnen bevestigen dat er geen contaminatie heeft plaatsgevonden (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2022).

De biobank is dus niet geschikt voor het bepalen van interne blootstelling aan PFAS wanneer er PFAS-bevattende materialen zijn gebruikt voor de monsterwerving.

Actualiteit van de monsters

Trend in bloedconcentraties

In Nederland zijn geen studies beschikbaar die de tijdtrend weergeven van PFAS-concentraties in bloed. Er zijn wel (bloed)monsters beschikbaar die in het verleden zijn verzameld in Nederland (2016) en in naburige landen (vanaf 2015). Voorliggende vraag is of deze monsters een representatief beeld kunnen geven van de actuele (jaar 2024) concentraties in bloed, of dat er aanwijzingen zijn dat de bloedconcentraties vanaf 2015 dermate zijn veranderd dat ze geen representatief beeld geven.

Tijdtrends van PFAS-concentraties in bloed lopend tot na 2015 zijn verzameld uit omliggende landen, aannemende dat die trends ook in Nederland hebben plaatsgevonden. Vier studies die ook metingen na 2015 bevatten zijn beschikbaar uit Denemarken, Zweden (twee keer) en Duitsland. De studies in bloed laten een wisselend beeld zien (hieronder beschreven; zie Tabel B3.1).

Met betrekking tot PFAS-concentraties in bloed lijkt het algemene beeld dat een sterke afname heeft plaatsgevonden vóór 2015. Bloedconcentraties lijken na 2015 te stabiliseren met uitzondering van

PFOS. De afname van de PFOS-bloedconcentratie lijkt door te zetten na 2015. Voor zover de data het toelaten, wordt aangenomen dat de afname in PFOS-concentratie maximaal een factor 2 is sinds 2015. Informatie uit deze studies geven aan dat bloedmonsters genomen vanaf 2015 voor een beperkt aantal PFAS een redelijk beeld kunnen geven van de actuele bloedconcentraties. Voor de meeste PFAS is echter te weinig informatie aanwezig om iets over de trend in blootstelling over de jaren heen te kunnen zeggen.

Tabel B3.1 Overzicht van trends in bloedconcentraties in de periode vanaf 2015.

| | Hull et al. (2023) | Norén et al. (2021) | Gockener et al. (2020) |
|--------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| | <i>Denemarken</i> | <i>Zweden</i> | <i>Duitsland</i> |
| PFHpA | NA | = | NA |
| PFOA | = (NA) | - | = |
| PFNA | NA | = | = |
| PFDA | = | = | NA |
| PFUnDA | NA | = | NA |
| PFHxS | = | - | = |
| PFHpS | NA | NA | NA |
| PFOS | = (NA) | - | - |

=: concentraties blijven gelijk

-: concentraties nemen af

NA: geen of onvoldoende informatie beschikbaar om conclusie te trekken

Hull et al. (2023) verzamelden data over de tijdtrends van PFAS-concentraties in de Deense populatie. Plasma- en serumconcentratiedata van ruim 18.000 volwassenen, kinderen en zwangere vrouwen waren beschikbaar voor de periode 1988 tot 2021. Voor zeven PFAS (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS, PFDA, PFHpA en PFHpS) waren voldoende gegevens beschikbaar om een tijdtrend te maken. Bij PFOS en PFOA is er vanaf de jaren negentig een afname te zien in de bloedconcentratie. Tussen 2010 en 2015 lijkt de afname af te vlakken en ongeveer gelijk te blijven. Deze conclusie dient met enige voorzichtigheid te worden beschouwd omdat er tussen 2015 en 2021 in verschillende subpopulaties slechts enkele (vier) metingen beschikbaar zijn. Voor de andere vijf PFAS verloopt de langetermijntrend anders. De PFNA-concentratie lijkt toe te nemen tot ongeveer 2010 en neemt daarna af. De data zijn te summier om een uitspraak te doen over de trend vanaf 2015. PFHxS- en PFDA-concentraties laten een lichte daling zien vanaf respectievelijk de jaren negentig en ± 2005. Vanaf 2015 is een beperkt aantal data beschikbaar die een gelijkblijvende trend laten zien. Met betrekking tot PFHpA en PFHpS zijn geen conclusies te trekken over de trend in de afgelopen jaren vanwege een te klein aantal metingen en uitschieters.

In de studie van **Norén et al. (2021)** zijn tussen 2000 en 2017 de PFAS-concentraties in serum van ruim 1200 Zweedse adolescenten bepaald. Serumconcentraties van PFHxS, PFOS en PFOA nemen volgens de auteurs over de hele periode af. Het kan niet uitgesloten worden dat de afname na 2017 doorzet. De auteurs rapporteren in de periode 2000-2017 een toename, gevolgd door een afname van PFNA en PFDA.

Deze trend is echter niet sterk. De data van PFHpA, PFNA, PFDA en PFUnDA laten van 2000 tot 2017 een gelijkblijvende trend zien.

Miaz et al. (2020) hebben gepoolde serumconcentraties verzameld van Zweedse moeders tussen 1996 en 2017. Het aantal monsters waarmee 'pooled monsters' werden gemaakt varieerde in 1996 tot en met 2001 van 9 tot 74 per jaar. Vanaf 2002 was het aantal monsters per pool 29-31. PFAS-concentraties laten vanaf 1996 een afname zien (PFHxA, PFOA, 6:2 FTS, PFOS, FOSAA, PFECHS) of eerst een toename gevolgd door een afname (piek rond 2000: PFBA, PFOS; piek rond 2005-2010: PFHpA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFTriDA, PFBS, PFHxS, 8:2 FTS). De metingen van 2015 tot 2017 zijn te beperkt (te variabel en over een te korte periode) om een uitspraak te doen over de mogelijke trend in de afgelopen jaren. Daarom is deze studie niet meegenomen in Tabel B3.1.

Gockener et al. (2020) verkregen 20 bloedmonsters per jaar in de jaren 2009, 2013, 2015, 2017 en 2019. De monsters werden individueel geanalyseerd. Concentraties van PFPeA, PFHpA, PFDA, PFUnDA, PFHpS, MeFOSAA en 8:2 FTS waren meestal onder de LOQ (van 0,25 of 0,5 ng/mL). Met behulp van een oudere studie met een vergelijkbare opzet is een tijdstrend gemaakt vanaf 1982 tot en met 2019. Voor PFOA, PFNA, en PFHxS is er een dalende trend tot 2009-2013. In de laatste drie à vier meetjaren blijven de concentraties gelijk (op basis van individuele data in Supplement). Bij PFOS (lineair en totaal) is ook een sterke daling te zien tot ~2010. Daarna blijft de concentratie dalen maar minder sterk.

Impact van regulatie van PFAS op bloedconcentraties

Het gebruik van PFAS is in de afgelopen decennia aanzienlijk veranderd. In de EU werd de productie en het gebruik van PFAS uitgefaseerd, gereguleerd of nationaal ingeperkt. Onder andere door de wereldwijde uitfasering vanaf 2002 (Butenhof, 2006), opname in de Stockholm Conventie en de regulering onder REACH.

Sinds 2009 is PFOS (en derivaten) opgenomen in de Stockholm Conventie. In de EU is PFOS daarom al meer dan tien jaar gereguleerd onder de Persistent Organic Pollutants (POP) regulation (die met de Stockholm Conventie samenhangt). PFOA (en zouten en derivaten) en PFHxS (en zouten en derivaten) zijn daar respectievelijk in 2020 en 2023 aan toegevoegd. Ook de groep langketenige PFCA's (C9-C21) staat als kandidaat voor opname onder de Stockholm Conventie vermeld.

Onder de REACH-wetgeving is er een aantal beperkingen op PFAS van kracht of voorgesteld. Gebruik van PFOS en PFOA is vanaf respectievelijk 2006 en 2020 beperkt onder REACH (EU, 2006, 2017). C9-C14 PFCA's zijn beperkt in de EU/EAA sinds 2023. Het gebruik van PFAS in brandblusmiddelen ligt bij de Europese Commissie ter goedkeuring, nadat RAC en SEAC hun opinies in 2023 afronden. Een restrictie op het gebruik van PFHxA werd positief ontvangen door de Europese Commissie en ligt momenteel bij het Europese Parlement en de Raad voordat het van kracht wordt. De universele PFAS-restrictie wordt momenteel beoordeeld door RAC en SEAC.

Een aantal PFAS staat al enige tijd op de REACH-ZZS kandidaatslijst voor autorisatie (te weten PFOA, C9-C14 PFCAs en PFHxS). Daar werden recent GenX (2019), PFBS (2020), en PFHpA (2023) aan toegevoegd. PFOA, APFO, PFNA, PFDA en PFHpA hebben geharmoniseerde classificaties ontvangen. Ook voor 6:2 FTOH en PFHxA zijn door RAC opinies voor geharmoniseerde classificatie opgesteld die momenteel bij de Europese Commissie liggen ter goedkeuring.

Volgens alle hierboven besproken studies (Gockener et al., 2020; Hull et al., 2023; Miaz et al., 2020; Norén et al., 2021) is de sterke daling van de bloedconcentraties tussen 2000 en 2015 het resultaat van (de aankondiging van) deze maatregelen. Echter, gezien de zeer persistente eigenschappen van PFAS zullen deze stoffen nog lang in het milieu aanwezig blijven en zorgen voor blootstelling. Hierdoor valt niet uit te sluiten dat de bloedconcentraties minder sterk zullen dalen dan in voorgaande jaren of zelfs gelijk blijven. Bovendien heeft het verminderde gebruik van sommige PFAS geleid tot een toenemend gebruik van PFAS met kortere ketens en nieuwe stofklassen, zoals perfluoralkyletherverbindingen (bijvoorbeeld GenX of ADONA) (Ritter 2010; Gockener et al., 2020). Concentraties van die stoffen nemen mogelijk toe in mens en milieu.

Trend in milieuconcentraties

Er is gekeken naar trends in PFAS-concentraties in Nederlands oppervlaktewater (Jonker, 2024). PFAS in dit water kan via verschillende routes (bijvoorbeeld voedselgewassen, vee, drinkwater) op termijn doorwerken in de blootstelling (en daarmee de bloedconcentraties) van de algemene bevolking. Jonker concludeert dat de PFOA- en PFOS-concentraties in de Maas en Rijn vanaf ~2016 gestabiliseerd zijn. In de Schelde blijven de PFOA- en PFOS-concentraties tot en met 2022 afnemen. Trends in de Rijn, Maas en Schelde voor andere PFAS worden kwalitatief beschreven in de annex van Jonker (2024). Daaruit komt naar voren dat in de Maas en Rijn de concentraties van PFBA, PFPeA, PFHpA, PFNA, PFBS, PFPeS, PFHxS en EtFOSAA vanaf ~2015 stabiel zijn gebleven. Voor andere PFAS (PFHxA, GenX, 6:2 FTS) wordt aangegeven dat er geen duidelijke trends waargenomen zijn, waarschijnlijk vanwege variërende concentraties. Concentraties in de Schelde vertonen geen eenduidige trends.

Aangezien veranderingen in oppervlaktewaterconcentraties niet meteen doorwerken in PFAS-bloedconcentraties, is te verwachten dat bloedconcentraties in de jaren na stabilisatie van de waterconcentratie nog worden beïnvloed door de (hoge) concentraties van vóór deze stabilisatie. Het is aannemelijk dat de daling in de milieuconcentraties vertraagd doorwerken in de daling van bloedconcentraties, waardoor ook na 2015 een verlaging van de bloedconcentratie in Nederland mogelijk is. Het is echter op basis van deze data niet mogelijk om te bepalen vanaf welk jaar bloedmonsters representatief zijn voor de actuele (2024) bloedconcentratie.

Conclusie:

Samengenomen geven bovenstaande aanwijzingen aan dat bloedmonsters genomen vanaf 2015 voor een beperkt aantal PFAS een redelijk beeld kunnen geven van de actuele bloedconcentraties. Voor de

meeste PFAS is echter te weinig informatie aanwezig om iets over de trend in blootstelling over de jaren heen te kunnen zeggen.

Mogelijkheid tot herhaling

In eerste instantie worden de monsters gebruikt om de interne blootstelling aan PFAS van de Nederlandse bevolking te bepalen met een cross-sectionele studieopzet. Het is echter wenselijk om een **blijvende structuur** op te zetten waardoor er in de toekomst gekeken kan worden of er een verlaging van de interne blootstelling heeft plaatsgevonden. Hiervoor is het noodzakelijk dat ook in de toekomst in een vergelijkbare populatie vergelijkbare monsters kunnen worden afgenomen. Biobanken of cohorten waarbij dit niet mogelijk is hebben daarom niet de voorkeur.

Cohorten/biobanken voor monsters van veneus serum

De geïnventariseerde cohorten en biobanken voor monsters van veneus serum zijn weergegeven in Tabel B3.2.

Tabel B3.2 Cohorten/Biobanken in Nederland met meer dan 1500 deelnemers waarin serummonsters aanwezig zijn.

| Biobank/cohort | Aantal deelnemers | Regio |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|
| PIENTER-3 (RIVM) | 9415 | Landelijk (incl. Caribisch Nederland) |
| Lifelines | 100.000 – 1.000.000 | Noord-Nederland |
| Generation R (Erasmus MC) | 10.000 – 100.000 | Rotterdam |
| Doetinchem cohort (RIVM) | 7768 | Doetinchem |
| PIAMA – IRAS | 3963 | Midden en Noord Nederland |
| Helius-AMC | 60.000 | Amsterdam |
| YOUth-UU | ~2500 | Provincie Utrecht |
| ERGO (Erasmus) | 18.000 | Rotterdam Ommoord |
| Hoorn studie – VUMC | | Hoorn |
| LASA – VUMC | >4000 | 3 regio's in Nederland |
| Leidsche Rijn Gezondheidsproject | | Leidsche Rijn, Utrecht |
| Nederlands Tweelingen Register | 120.000 | Landelijk |
| Maastricht studie | 920.000 | Zuid-Nederland |
| PREVEND - UMCG | 3394 | Groningen |

Cohorten/biobanken bestaande uit alleen patiënten met ziekten die de opname of eliminatie van PFAS kunnen beïnvloeden zijn niet in deze tabel vermeld.

Cohorten/biobanken voor moedermelkmonsters

De geïnventariseerde cohorten en biobanken voor moedermelkmonsters zijn weergegeven in Tabel B3.3.

Tabel B3.3 Overzicht van cohorten/biobanken in Nederland waarin moedermelkmonsters aanwezig zijn.

| Studie | Waar? | Aantal deelnemers | Landelijke dekking? | Serum aanwezig? |
|----------------------------|---|--------------------------|----------------------------|------------------------|
| COVID MILK-POWER MILK | Emma Kinderziekenhuis | 2253 | Ja | Ja |
| PRIMA moedermelk onderzoek | Wilhelmina Kinderziekenhuis-UMC Utrecht | 1000 | Utrecht | Nee |
| MELK Studie | Wageningen Universiteit | 120 | ? | Nee |
| Sarphati Biobank | AIMS collectie | ? | Amsterdam | Nee |
| Koala Study | Maastricht UMC | 2500 gezinnen | Zuid-Nederland | Ja |
| Sophia Pluto-studie | Erasmus MC | 1000 | Rotterdam | Ja |
| POPS-cohort | RIVM | 61 | ? | ? |

PIENTER-CORONA (PICO) – vingerprikbloed biobank

PIENTER-CORONA (PICO) is opgezet tijdens de COVID-19-pandemie met als primaire doel om SARS-CoV-2-seroprevalentie (en risicofactoren hiervoor) in de Nederlandse populatie te kunnen monitoren door de tijd heen (Vos et al., 2021). Deze studie, met longitudinale opzet, heeft in totaal 9985 deelnemers tussen 1-90 jaar verspreid over Nederland. Het aantal deelnemers per participerende gemeente is aangegeven in de kaart in Figuur B3.1.



Het aantal (evenredig met de grootte van de groene stippen) en de verdeling van de deelnemers komen overeen met de landelijke bevolkingsgrootte en -verdeling. Roze omcirkelde gemeenten vertegenwoordigen de 'low vaccination coverage'-gemeenten (volgens het PIENTER-3-cohort). Dikkere grijze lijnen geven de grenzen van de provincies weer en de dunne grijze lijnen die van de gemeenten (Vos et al., 2023, preprint).

Figuur B3.1 Landelijke verdeling van het totaal aantal geanalyseerde PICO-deelnemers (n=9985) per gemeente.

De deelnemers hebben vanaf april 2020 herhaaldelijk zelf vingerprikbloed afgenomen in een microcontainer die is aangeleverd door het RIVM. Ook werd een online vragenlijst afgenomen. De deelnemers werd gevraagd om de monsters in een verzegelde envelop per post te versturen naar het RIVM. In het laboratorium werd het (capillaire) volbloed afgedraaid tot serum. Dit heeft een serumbiobank opgeleverd met micromonsters tussen 50 en 300 μL , waarvan een deel is gebruikt voor onderzoek naar antistoffen. Het is bij de PICO-studie ook mogelijk om aan te sluiten bij de volgende ronde die in oktober 2024 gepland staat.

PFAS worden doorgaans in serum of plasma van afgedraaid (veneus) volbloed gemeten. Vingerprikbloed is capillair bloed, dat over het algemeen meer zuurstof en witte bloedcellen, minder koolstofdioxide en glucose, en dat minder rode bloedcellen en bloedplaatjes bevat dan veneus volbloed (Carignan et al., 2023). Daarnaast bevat het over het algemeen meer interstitiële en intracellulaire vloeistof (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2022). Dit zorgt ervoor dat capillair serum een andere samenstelling heeft dan veneus serum, waaronder een lagere eiwitconcentratie (Kupke, 1981)

Hoewel de National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine in hun recente handleiding over PFAS humane biomonitoring (2022) benoemen dat het vergaren van monsters via een vingerprik een interessante techniek is om op een minder invasieve manier te kunnen bemonsteren, stellen ze ook dat deze manier van bemonsteren voor PFAS humaan biomonitoringonderzoek nog verdere validatie en

onderzoek behoeft voordat dit op een betrouwbare manier toegepast kan worden.

Voor de specifieke doeleinden van dit humaan biomonitoringonderzoek is het gebruik van vingerprikbloed daarom nog in een te experimentele fase om als betrouwbare matrix te kunnen dienen voor het vaststellen van interne blootstelling aan PFAS. Wel zou, na verdere validatie van deze biologische matrix, het gebruik van deze monsters onderzocht kunnen worden.

Aandacht voor de regio

In enkele regio's in Nederland bestaat een zorg over mogelijk verhoogde blootstelling aan PFAS ten opzichte van de algemene bevolking. Door de studie uit te voeren met voldoende landelijke dekking en een voldoende steekproefgrootte kunnen mogelijk aanwijzingen worden gevonden dat er regionale verschillen in de PFAS-blootstelling zijn. Echter, om met statistische zekerheid uit te kunnen sluiten dat er verhoogde blootstelling waargenomen wordt is er een minimum aantal deelnemers uit deze specifieke aandachtsgebieden nodig.

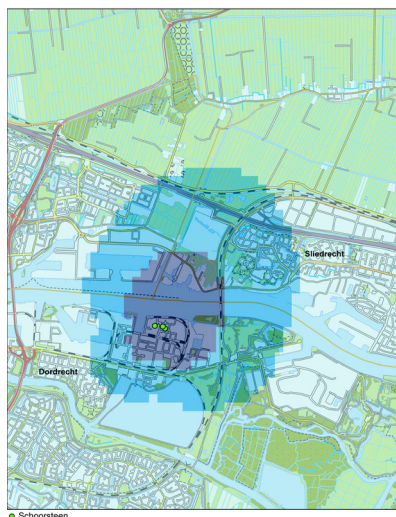
Om te bepalen hoe groot de regionale groep moet zijn om aan te kunnen tonen dat in deze regio's statistisch significante hogere PFAS-concentraties vastgesteld kunnen worden in vergelijking met de achtergrondpopulatie, is er een powerberekening uitgevoerd. Voor deze berekening zijn meetgegevens nodig voor de te verwachten concentratie in de mogelijk verhoogde blootgestelde populatie en de 'achtergrondwaarden' van PFAS in de algemene populatie. Voor de regio rondom Chemours en de Westerschelde zijn blootstellingsgegevens beschikbaar. Daarom zijn voor deze twee aandachtsgebieden powerberekeningen uitgevoerd. De powerberekeningen zijn uitgevoerd voor metingen in serum.

Regio rondom Chemours

In de regio rondom Chemours is in 2016 bij een aantal vrijwilligers de concentratie van PFOA in serum gemeten (RIVM, 2017). Deze data zijn gebruikt voor het berekenen van de steekproefgrootte. Als controlegroep zijn metingen van een studie in de algemene populatie in Frankrijk gebruikt, waar in dezelfde tijdperiode ook PFOA is bepaald (Fillol et al., 2021). De waarden waarmee gerekend is, zijn terug te vinden in Tabel B3.4. Er is gekozen voor een andere controlegroep dan de groep die is gebruikt in de studie rondom Chemours (zoals eerder toegepast) (RIVM, 2017). Het valt namelijk niet uit te sluiten dat deze groep ook hoger is blootgesteld aan PFOA omdat de deelnemers in de Dordtse controlegroep op 6,5 km van de Chemours-fabriek woonden. De gemeten serumwaarden in deze groep kwamen overeen met de achtergrondwaarde bepaald door ECHA (ECHA/RAC, 2015). Om de achtergrondwaarde te bepalen heeft ECHA echter studies geïnccludeerd van landen met hotspotregio's waarvan nu bekend is dat ze hogere PFAS-blootstelling hadden dan achtergrondwaarden, zoals recent vastgesteld in HBM4EU (Richterová et al., 2023).

Met gebruik van de bovenstaande gegevens wordt vastgesteld dat er in de binnencontour en de buitencontour rondom Chemours, zoals

vastgesteld door het RIVM in 2017 (Figuur B3.2), een groepsgrootte van respectievelijk 20 en 62 mensen nodig is om een toename in PFAS-concentratie aan te tonen van 20% ten opzichte van de achtergrondwaarden (zie de rode lijn, voor eenzijdige toetsing, in Figuur B3.3).

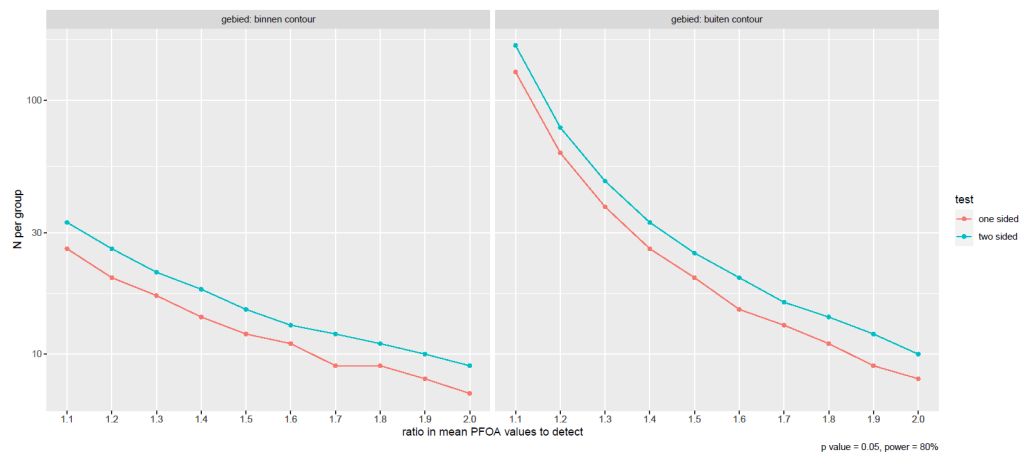


De binnencontour is donkerblauw, de buitencontour lichtblauw. Figuur uit RIVM, 2017.

Figuur B3.2 Onderzoeksgebied rond DuPont/Chemours in Dordrecht.

Tabel B3.4 Concentraties gebruikt voor de berekening van de benodigde hoeveelheid monsters rondom Chemours ($\mu\text{g/L}$).

| | P25 | P50 | P75 |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|
| Binnencontour Chemours (zie Fig. x) | 5,5 | 10,2 | 26,7 |
| Buitencontour Chemours (zie Fig. X) | 2,1 | 3,4 | 5,4 |
| Controle | 1,5 | 2,1 | 3,0 |



De waarden voor de regio Chemours zijn afkomstig uit RIVM, 2017 en de controlewaarden uit Fillol et al., 2021. De binnencontour is het donkerblauwe gedeelte in Figuur B3.2, de buitencontour het lichtblauwe gedeelte.

Figuur B3.3 Berekening van de benodigde hoeveelheid monsters regio Chemours.

Westerschelde

Een ander aandachtsgebied is de regio rondom de Westerschelde. Van deze regio zijn helaas geen bloedmonsters beschikbaar. Echter, in 2022 is PFAS gemeten in verscheidene vissoorten, schaal- en schelpdieren, en zilte groenten afkomstig uit of rondom de Westerschelde (RIVM, 2022).

Om de groeps grootte voor deze regio te bepalen, is aangenomen dat visconsumptie de enige belangrijke bron is van blootstelling in vergelijking met de rest van Nederland. Verder is aangenomen dat de PFAS-inname overeenkomt met de interne PFAS-concentratie. Om de inname te bepalen is gebruikgemaakt van visconsumptie zoals gerapporteerd in Schepens et al. (2023). Er is vervolgens met verschillende situaties gerekend:

1. In de eerste situatie is alleen gerekend met consumptie van voedsel bedoeld voor commerciële doeleinden. Garnalen zijn de enige soort waarop commercieel gevestigd mag worden in de Westerschelde. Dit betekent dat alleen consumptie van garnalen is vervangen door consumptie van garnalen afkomstig uit de Westerschelde ('garnalen').
2. In de tweede situatie is consumptie van kweekvis en alle vis waarin in 2022 PFAS gemeten is (RIVM, 2022) vervangen door consumptie van vis uit de Westerschelde. Dit stelt de situatie voor van 'alle vis'.

Voor beide situaties is gerekend met drinkwater verkregen uit grondwater of oppervlaktewater. Het drinkwater in Walcheren en Zuid-Beveland (ten noorden van de Westerschelde) wordt namelijk gewonnen uit grondwater terwijl het drinkwater in Zeeuws-Vlaanderen (ten zuiden van de Westerschelde) wordt gewonnen uit oppervlaktewater.

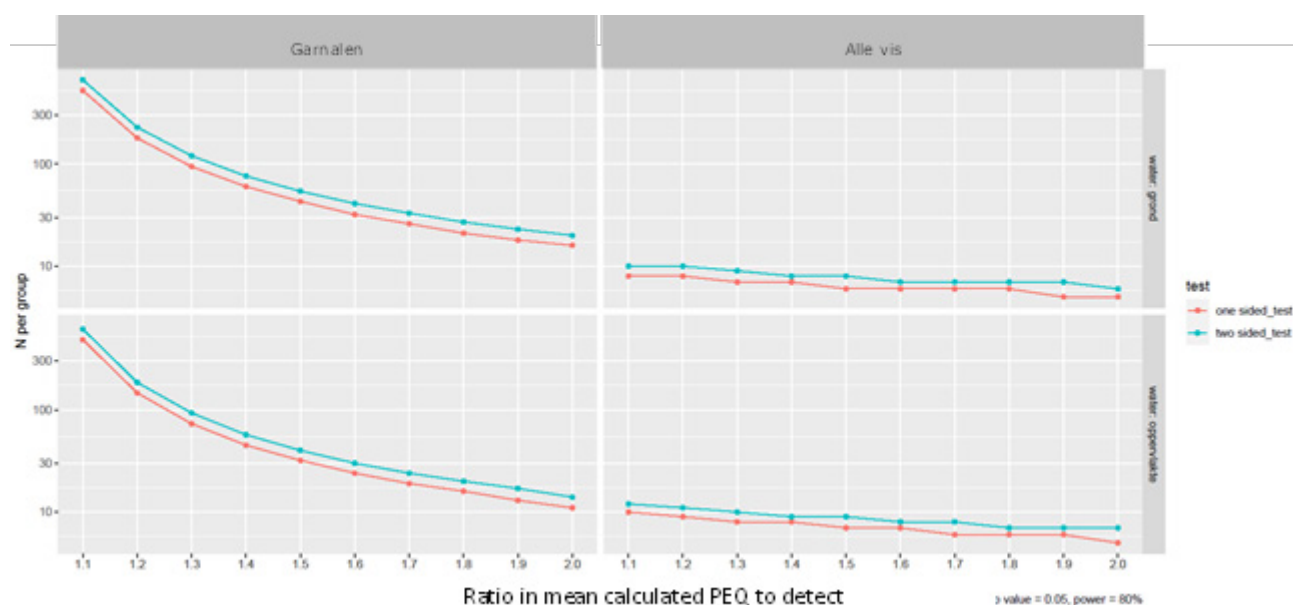
De blootstelling die volgt uit bovenstaande scenario's is weergegeven in Tabel B3.5. Gebaseerd op deze waarden zouden in de 'Noordelijke' regio, met drinkwater verkregen uit grondwater, 179 mensen in de situatie 'garnalen' en acht mensen in de situatie 'alle vis' nodig zijn om een 20% hogere blootstelling aan PFAS aan te tonen ten opzichte van de achtergrondwaarden (RIVM, 2023) (Figuur B3.4). In de 'Zuidelijke' regio, met drinkwater verkregen uit oppervlaktewater, zijn dit 146 en negen mensen, voor respectievelijk de situatie 'garnalen' en 'alle vis'.

Tabel B3.5 Dagelijkse PFAS-inname (PEQ, ng/kg lg) in twee scenario's.

| Bron van drinkwater | Scenario | P50 (95%CI) | P95 (95%CI) |
|---------------------|----------|------------------|--------------------|
| Grondwater | Controle | 0,47 (0,46-0,48) | 1,70 (1,59-1,88) |
| | Garnalen | 0,47 (0,46-0,48) | 1,80 (1,65-2,02) |
| | Alle vis | 0,47 (0,46-0,48) | 14,96 (9,35-19,71) |
| Oppervlaktewater | Controle | 0,66 (0,65-0,68) | 1,93 (1,82-2,10) |
| | Garnalen | 0,66 (0,65-0,68) | 1,98 (1,86-2,24) |

| Bron van drinkwater | Scenario | P50 (95%CI) | P95 (95% CI) |
|---------------------|----------|------------------|--------------------|
| | Alle vis | 0,66 (0,64-0,68) | 15,11 (9,56-19,82) |

Eén scenario neemt aan dat alleen de consumptie van garnalen geheel uit garnalen uit de Westerschelde bestaat ('garnalen'). Een ander scenario neemt in de innameberekening aan dat alle vis uit de Westerschelde afkomstig is ('alle vis'). De controle betreft de standaard innameberekeningen uit RIVM (2023).



Figuur B3.4 Berekening van de benodigde hoeveelheid monsters in de regio Westerschelde.

Samenvattend

In verscheidene biobanken is een landelijke dekking aanwezig. In de COVID MILK-POWER MILK-studie is deze gebaseerd op populatiedichtheid. Met gebruik van monsters uit deze studie is het niet mogelijk extra aandacht te geven aan bepaalde gebieden. De monsters zijn al afgenomen, en het aantal deelnemers afkomstig uit de aandachtsgebieden is te klein om te voldoen aan de vereiste groeps grootte. In PIENTER-3 zijn twee gemeenten aan de noordzijde van de Westerschelde voldoende vertegenwoordigd om aan de vereiste groeps grootte te voldoen (Vlissingen $n=126$, Reimerswaal $N=145$). Ook Dordrecht is voldoende vertegenwoordigd in PIENTER-3 ($n=131$). Echter Zeeuws-Vlaanderen en de overige gemeenten rondom Chemours (Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden) maken geen deel uit van dit onderzoek.

Het kan zijn dat er discussie ontstaat over de geschiktheid (lees: actualiteit) van de bloedmonsters uit de PIENTER-3 studie omdat deze monsters genomen zijn in 2016. Daarom wordt onderzocht of het mogelijk is de huidige blootstelling te bepalen met monsters verkregen uit bestaande structuren (bijvoorbeeld Sanquin).

Als blijkt dat er niet voldoende monsters uit deze regio's aanwezig zijn, kan overwogen worden om actief te rekruteren in deze regio's. Hiervoor

zijn we afhankelijk van de participatie van de lokale GGD en burgers in deze regio.

Afweging opties

Op basis van de informatie in voorgaande secties is vervolgens beoordeeld welke optie (of combinatie van opties) het meest geschikt is voor de specifieke doeleinden van de humane biomonitoringstudie. Deze afweging is gedaan aan de hand van de volgende **randvoorwaarden (RV)** zoals gespecificeerd in de hieronder beschreven (hoofd- en sub-) doelstellingen:

1. Het meten van PFAS in geschikte **biologische matrices (serum, moedermelk, urine) (RV1)** door zo veel mogelijk gebruik te maken van **bestaande biobanken (RV2)** om een **actueel (RV 3)** en **landelijk dekkend beeld (RV 4)** van gecombineerde en geaggregeerde blootstelling aan PFAS te verkrijgen onder **de Nederlandse bevolking (RV 5)**.
2. Onderzoeken of de interne blootstelling aan PFAS hoger is in **aandachtsgebieden (RV 6)** vergeleken met de rest van Nederland.
3. Het kwalitatief relateren van **blootstelling aan PFAS via inname van voedsel, drinkwater, en andere bronnen (thema A) (RV 7)** aan de interne blootstelling. Door vergelijking van biomonitoringdata met de berekende externe blootstelling kan een indicatie worden verkregen in hoeverre de totaliteit van blootstellingsbronnen in beeld is.
4. De situatie tussen **Nederland en andere landen vergelijken** door onder andere gebruik te maken van reeds **gepubliceerde resultaten (RV 8)** en de kennis die wordt opgedaan in het **Europese project PARC (RV 9)**.
5. Het **waarborgen van een structuur** voor het verkrijgen van humane biomonitoringdata, zodat er gevolgd kan worden of er een verlaging van de blootstelling heeft plaatsgevonden door voorgestelde maatregelen **(RV 10)**.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

september 2024

De zorg voor morgen
begint vandaag