



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

RIVM feitencheck Productie 15

“Wetenschappelijke informatie over het voorkomen,
gedrag en effecten op mens en milieu van PFAS”

Colofon

© RIVM 2025

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

M. van der Aa (auteur), RIVM
W. Bil (auteur), RIVM
C. Bodar (auteur), RIVM
B. Bokkers (auteur), RIVM
P. Boon (auteur), RIVM
M. Broekman (auteur), RIVM
A. Bulder (auteur), RIVM
L. Geraets (auteur), RIVM
J. Herremans (auteur), RIVM
R. van Herwijnen (auteur), RIVM
T. de Kort (auteur), RIVM
R. Luit (auteur), RIVM
S. Notenboom (auteur), RIVM
E. Smit (auteur), RIVM
A. Wintersen (auteur), RIVM

Contact:

Joke Herremans, coördinator PFAS
Centrum Veiligheid Stoffen en Producten
PFAS@rivm.nl

Dit document werd opgesteld in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat ter ondersteuning bij de PFAS-rechtszaak van Knoops' advocaten tegen de Staat der Nederlanden.

Op 23 september 2024 is dit document geleverd aan het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Vervolgens is dit document voor online publicatie opgemaakt als RIVM-briefrapport en geoptimaliseerd voor digitale toegankelijkheid, waarna het op 17 juli 2025 opnieuw geleverd is aan het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. De inhoud van dit document is ongewijzigd sinds 23 september 2024.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
2	Werkwijze	6
3	Algemene bevindingen	7
4	Detailopmerkingen bij Productie 15	9
4.1	Detailopmerkingen bij hoofdstuk 1: "Grondslag van het onderzoek en deskundigheid"	9
4.2	Detailopmerkingen bij hoofdstuk 2: "Inleiding"	10
4.3	Detailopmerkingen bij hoofdstuk 3: "PFAS in het milieu en voeding"	18
4.4	Detailopmerkingen bij hoofdstuk 4: "PFAS in de mens"	26
4.5	Detailopmerkingen bij hoofdstuk 5: "De Nederlandse Staat en PFAS"	47
4.6	Detailopmerkingen bij hoofdstuk 6: "Conclusies"	60
4.7	Detailopmerkingen bij hoofdstuk 7: "Aanbevelingen"	61
	Bijlage 1 Productie 15 met regelnummers	62

1 Inleiding

In april 2024 bracht Knoops' advocaten namens 11 verschillende belangenorganisaties een [dagvaarding](#) uit tegen de Staat der Nederlanden. De aanklacht richt zich op het handelen van de overheid ten aanzien van de aanwezigheid van PFAS-verontreinigingen in het Nederlandse milieu. Het rapport "Wetenschappelijke informatie over het voorkomen, gedrag en effecten op mens en milieu van PFAS", geschreven door de emeritus hoogleraren De Voogt en De Boer, bevat technisch inhoudelijke informatie die is gebruikt bij de onderbouwing van de aanklacht. Dit rapport wordt in de aanklacht "Productie 15" genoemd.

De algemene vraagstelling in Productie 15 is:

- Had de Nederlandse Staat – gelet op de wetenschappelijke literatuur over de schadelijke effecten van PFAS – anders moeten en kunnen handelen op verschillende momenten in het verleden?
- Had de Nederlandse Staat op een bepaald moment maatregelen moeten treffen ter bescherming van de volksgezondheid en het milieu gelet op de blootstelling aan PFAS?
- En zo ja, wanneer en welke maatregelen?
- Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) heeft het RIVM om technisch-wetenschappelijke ondersteuning gevraagd bij het verzamelen van kennis ter onderbouwing van het verweer op deze dagvaarding. Het ministerie van IenW heeft deze opdracht aan het RIVM verstrekt mede namens andere ministeries die betrokken zijn in deze aanklacht tegen de Staat der Nederlanden. Het RIVM heeft vanuit een wetenschappelijk perspectief gekeken naar de onderbouwing van feiten en conclusies in Productie 15.
- Een nadere toelichting op de gehanteerde werkwijze van het RIVM bij deze feitencheck is terug te vinden in Hoofdstuk 2 van dit document. Hoofdstuk 3 geeft vervolgens de algemene bevindingen weer van het RIVM. De detailopmerkingen bij Productie 15 volgen in Hoofdstuk 4.

2 Werkwijze

Deze feitencheck is opgesteld door medewerkers van het RIVM met inhoudelijke expertise op het gebied van PFAS. Deze experts hebben de wetenschappelijke onderbouwing van Productie 15 op juistheid beoordeeld. Bij deze beoordeling zijn de RIVM-kernwaarden in acht genomen: transparant, deskundig en onafhankelijk. Vanuit deze kernwaarden heeft het RIVM de volgende werkwijze gekozen:

- We reageren alleen op PFAS-informatie passend binnen de taken en de onafhankelijke positie van het RIVM. Het RIVM adviseert ten bate van, maar beslist niet over het ontwikkelen, implementeren en uitvoeren van PFAS-beleid. Het nemen van maatregelen in relatie tot vergunningverlening, toezicht en handhaving, inclusief de tijdigheid van de bijbehorende activiteiten vallen buiten de scope van het RIVM, en komen in deze feitencheck dus niet aan bod.
- We richten ons op een feitencheck waarbij we primair kennis gebruiken uit bestaande RIVM-publicaties over PFAS. Dat zijn documenten die openbaar beschikbaar zijn via de website rivm.nl. Ook wordt gerefereerd aan feitelijke informatie zoals beschreven in openbare wetenschappelijke literatuur. Twee aangehaalde informatiebronnen in deze feitencheck zijn in 2024 als product aan ministerie IenW geleverd en worden tegelijk met publicatie van deze feitencheck (zie Colofon) openbaar beschikbaar gesteld: het betreft een Chronologisch overzicht RIVM-publicaties over PFAS en een Overzicht plaatsing PFAS op ZZS- (en SVHC-) lijst.
- Deze feitencheck is niet uitputtend. Productie 15 is een uitgebreid document waarin de auteurs vele onderwerpen en invalshoeken aandragen. We hebben ons zo goed mogelijk gericht op de meest belangrijke wetenschappelijke aspecten.
- De kennis en wetenschappelijke inzichten rond gevaarseigenschappen, vóórkomen, risico's, blootstelling, etc. van PFAS nemen toe en ontwikkelen met de tijd. Het RIVM voert in deze feitencheck geen nieuwe analyses of interpretaties uit van de resultaten van eerder RIVM-onderzoek.
- We doen geen inhoudelijke mededelingen over nog niet gepubliceerde resultaten van RIVM-onderzoeken die momenteel worden uitgevoerd, zoals bijvoorbeeld het PFAS Onderzoeksprogramma RIVM.
- We leveren geen bijdragen aan de juridische formuleringen van de landsadvocaat of ministeries die kunnen voortvloeien uit deze feitencheck.
- Wanneer we in de feitencheck geen opmerking plaatsen bij een bepaald tekstonderdeel in Productie 15, dan levert het RIVM geen oordeel over de betreffende tekst. Dit kan onder meer samenhangen met het feit dat het om (beleidsmatige) aspecten gaat die buiten onze scope vallen. Het kan ook zijn dat we vinden dat het tekstonderdeel in Productie 15 persoonlijke meningen van de auteurs betreft. De afwezigheid van RIVM-commentaar is dus nadrukkelijk geen instemming met, noch afwijzing van, de tekst van Productie 15.

3 Algemene bevindingen

In Productie 15 geven de auteurs een uitgebreid overzicht van wat naar hun oordeel relevante informatie is over de gevaren, de verspreiding in het milieu, de blootstelling van de mens en de daarmee verbonden risico's van PFAS. Het RIVM onderschrijft nadrukkelijk de gevaren van PFAS-verbindingen en de risico's voor mens en milieu als gevolg van blootstelling aan deze verbindingen. Dit blijkt uit de inhoud van de rapporten die het RIVM heeft geschreven over PFAS, inclusief de bijdrage van het RIVM aan het Europese restrictievoorstel PFAS. Zie onder meer het recente RIVM-rapport "De risico's van PFAS (inclusief F-gassen) emissies - samenvatting van de onderbouwing van het REACH restrictievoorstel". Het RIVM stelde deze rapporten en adviezen op in opdracht van ministeries ten behoeve van de ontwikkeling van rijks- of EU-beleid. Daarnaast zijn veel van onze publicaties over PFAS opgesteld in opdracht van waterschappen, provincies of omgevingsdiensten om deze instanties te ondersteunen bij hun uitvoerende taken op lokaal of regionaal niveau. We benoemen hieronder in algemene zin een aantal kritische opmerkingen bij het rapport. In Hoofdstuk 4 komen meer gedetailleerde opmerkingen aan bod.

De titel van Productie 15 luidt: "Wetenschappelijke informatie over het voorkomen, gedrag en effecten op mens en milieu van PFAS". Voor een aantal onderdelen in deze Productie is de wetenschappelijke onderbouwing echter afwezig, of onvoldoende uitgewerkt naar mening van het RIVM. Zo ontbreken op diverse plaatsen in Productie 15 de wetenschappelijke bronnen bij beweringen van de auteurs. Bovendien extrapoleren de auteurs diverse malen wetenschappelijke resultaten die gelden voor een beperkte schaal naar een ruimere schaal. Het kan dan gaan om het doortrekken van onderzoeksresultaten die gelden voor een specifieke locatie naar landelijk niveau. Dit zonder een verklarende toelichting. Hetzelfde geldt voor waarnemingen bij een selecte groep van mensen die door de auteurs ongefundeerd worden doorvertaald naar een grotere populatie. Verder gebruiken de auteurs regelmatig selectieve bronnen om hun punt te maken. Het is gebruikelijk dat een wetenschappelijk betoog meerdere invalshoeken benoemt en ook de onzekerheden in een onderzoek helder over het voetlicht worden gebracht.

De stoffen die vallen onder de groep PFAS zijn zeer divers qua structuur en eigenschappen. Echter, in Productie 15 doen de auteurs algemene aannames over PFAS die nadrukkelijk niet opgaan voor elke PFAS. Voorbeelden hiervan zijn teksten als "De PBT eigenschappen van PFAS", terwijl niet alle PFAS voldoen aan de PBT-criteria. Of "De polaire groep die naast de C-F verbindingen in de PFAS-moleculen aanwezig is" waarbij we de opmerking maken dat niet alle PFAS een polaire groep hebben. En de zinsnede "Omdat PFAS persistenter zijn dan PCB's en ten minste net zo toxisch" is niet juist, want niet alle PFAS voldoen aan de criteria voor persistentie en de groep is te divers om te stellen dat alle PFAS ten minste net zo toxisch zijn als PCB's.

Een omissie in Productie 15 is dan ook het ontbreken van een duidelijke definitie of definities van PFAS. Er zijn verschillende definities van PFAS in omloop waaronder die van OECD 2021

(<https://doi.org/10.1787/e458e796-en>). In de spreektaal wordt weliswaar gesproken over PFAS maar vaak zonder een duidelijke definitie. Het RIVM is van mening dat bij de interpretatie van wetenschappelijke informatie het van groot belang is om te weten welke definitie wordt gehanteerd. Het spreekt voor zich dat dit punt ook zijn doorwerking heeft bij de antwoorden op de algemene vraagstelling in Productie 15 (zie Hoofdstuk 1). Afbakening is nodig om duidelijk te maken voor welke PFAS de Staat op een bepaald moment maatregelen had moeten nemen ter bescherming van de volksgezondheid en het milieu.

4 Detailopmerkingen bij Productie 15

In de tabellen met detailopmerkingen bij Productie 15 worden gegevens aangehaald door te verwijzen naar betreffende secties, paginanummers en regelnummers. Citaten uit Productie 15 worden cursief weergegeven in de tabellen met detailopmerkingen. Randnummers van de [dagvaarding](#) die verwijzen naar Productie 15, worden als voetnoten weergegeven in de tabellen met detailopmerkingen bij de betreffende paragrafen, pagina's of regelnummers. Omdat het originele rapport Productie 15 geen regelnummers bevat, is als bijlage van dit document "Productie 15 met regelnummers" bijgevoegd. In die bijlage zijn de regelnummers waarop het RIVM detailopmerkingen geleverd heeft met oranje gekleurd. Regelnummers waarop het RIVM (beleidsmatige) aspecten aantrof die buiten onze scope vallen, zijn in de bijlage met regelnummers met blauw gekleurd en in de commentaartabellen aangegeven als "Niet (volledig) door RIVM gecontroleerd". Ook wordt in de bijlage "Productie 15 met regelnummers", op de plaatsen waar de randnummers van de [dagvaarding](#) verwijzen naar Productie 15, de teksten van de randnummers uit de dagvaarding weergegeven.

4.1 Detailopmerkingen bij hoofdstuk 1: "Grondslag van het onderzoek en deskundigheid"

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
1	5	24-25	<i>"ad hoc PFAS-werkgroep van de European Food Safety Authority (EFSA) die normen voor humane blootstelling opstelde in 2008."</i> EFSA leidt op wetenschappelijke basis gezondheidkundige grenswaarden af. Door het gebruik van het woord 'normen' kan de indruk ontstaan dat het hier om (wettelijk) bindende normen gaat.	Notitie: status van een EFSA-opinie en de rol van een gezondheidkundige grenswaarde in verschillende beleidskaders RIVM

4.2 Detailopmerkingen bij hoofdstuk 2: "Inleiding"

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
2.1	5 ^{1, 2}	45 t/m 58	De omschrijving van PFAS in deze alinea is zeer ruim: " <i>per- en polyfluoralkyl verbindingen gebaseerd op fluor en koolstof</i> ". Met deze omschrijving wordt elk organisch molecuul dat fluor bevat als PFAS aangemerkt.	PFAS-restrictie: https://echa.europa.eu/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/0b0236e18663449b
		60 t/m 63	Onduidelijk is of deze ruime omschrijving de PFAS-definitie is die de auteurs hanteren in de rest van Productie 15. Dit is een essentieel punt in de discussies over PFAS. Zo zijn niet alle moleculen die onder deze, niet-ingekaderde omschrijving van PFAS vallen (zeer) persistent. Het Europese PFAS restrictievoorstel gebruikt een PFAS-definitie en richt zich op de PFAS die ten minste voldoen aan de REACH criteria voor persistentie of op de PFAS waarvan de afbraakproducten aan deze criteria voldoen. De Europese autoriteit voor voedselveiligheid (EFSA) heeft een tolereerbare wekelijkse inname (TWI) afgeleid voor vier PFAS stoffen (namelijk PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS). Deze groep PFAS wordt in deze feitencheck door ons benoemd als EFSA-4PFAS. En de bijbehorende TWI, de EFSA-4PFAS TWI. Zie ook Hoofdstuk 3. Algemene bevindingen RIVM.	Samenvatting PFAS restrictievoorstel: RIVM rapportnr. 2024-0096 De risico's van PFAS (inclusief F-gassen) emissies - samenvatting van de onderbouwing van het REACH restrictievoorstel

¹ Dagvaarding randnummer 91 verwijst naar deze pagina in Productie 15, met de tekst:

"De aanduiding 'PFAS' is slechts een verzamelnaam voor duizenden per- en polyfluoralkyl verbindingen die door de mens zijn gemaakt en van nature niet in het milieu voorkomen. Vanwege de kleine afmetingen van het fluoratoom zijn PFAS aan te merken als zeer sterke verbindingen, hetgeen tevens een hoge mate van persistentie veroorzaakt. Het maakt de stoffen ook heel sterk bestand tegen onder andere hoge temperaturen en zuren. Gelet op deze eigenschappen worden de stoffen al decennialang op grote schaal geproduceerd en toegepast."

² Dagvaarding randnummer 96 verwijst naar deze pagina in Productie 15, met de tekst:

"Door de persistente eigenschappen van PFAS worden ze slecht of vrijwel niet afgebroken wanneer ze in de natuur terechtkomen. Het kost bacteriën te veel energie om de koolstof- halogeen band stuk te maken en UV-licht krijgt nauwelijks vat op zulke stoffen. Het gevolg is dat deze stoffen bioaccumulatief zijn, wat betekent dat ze zich ophopen in organismen, waaronder de mens. Bovendien hebben PFAS vaak een hoge toxiciteit. Lage concentraties kunnen al een effect op de gezondheid van mens of dier hebben. Ook zijn PFAS vaak mobiel, waardoor ze zich via water en de lucht over de hele wereld verspreiden."

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
2.1.1	5 6 ³	80-81 90	De uitspraak "...en E1 (heptafluoropropyl 1,2,2,2-tetrafluoroethyl ether). Deze stoffen zijn minder bioaccumulatief,..." op pagina 5 is in tegenspraak met "... is E1 wel sterk bioaccumulatief " op pagina 6. De auteurs onderbouwen deze uitspraken over het omzettingsproduct E1 niet met een referentie. De laatste uitspraak is ook niet geheel juist wanneer deze zou zijn gebaseerd op een RIVM-publicatie. Beekman et al. (2016) schrijven namelijk over de bioaccumulatie eigenschappen van E1 (een PFAS) dat <u>verwacht wordt</u> dat deze stof een hoger bioaccumulatie potentieel heeft dan PFOA en FRD-902 maar dat E1 door de hoge dampspanning mogelijk uitgescheiden wordt via uitademing. Er is volgens Beekman et al. (2016) dus geen experimenteel bewijs dat E1 sterk bioaccumulatief is. Bijlage B van het Europese restrictievoorstel met stofinformatie bevat geen gegevens over E1, dus ook niet over de bioaccumulerende eigenschappen van E1.	Beekman et al. 2016. Evaluation of substances used in the GenX technology by Chemours, Dordrecht. RIVM Letter Report nr. 2016-0174. Evaluation of substances used in the GenX technology by Chemours, Dordrecht (rivm.nl) Bijlage B restrictievoorstel: https://echa.europa.eu/document/s/10162/bc038c71-da3e-91a8-68c1-f52f8f0974dd
2.1.4	8	154	"Door de polaire groep die..... in de PFAS aanwezig is,.... " Deze zin klopt niet, want niet alle PFAS hebben een polaire groep. Zo'n polaire groep is nodig om een molecuul geschikt te maken voor de hier genoemde eigenschappen: water-, vet- en vuilafstotend.	Nvt
2.2	8	172	"Vanwege het PBT karakter van PFAS...." Hier stellen de auteurs dat alle PFAS Persistente, Bioaccumulerende en Toxische (PBT) eigenschappen hebben, maar dat is niet geheel juist. Een deel van de PFAS-verbindingen heeft PBT eigenschappen maar niet alle PFAS zijn	PFAS-restrictie: Registry of restriction intentions until outcome - ECHA (europa.eu)

³ Dagvaarding randnummer 99 verwijst naar pagina 5 en 6 in Productie 15, met de tekst:

"Zo is bijvoorbeeld in 2012 PFOA vervangen door GenX bij de vervaardiging van Teflon. Bij deze technologie spelen drie stoffen een rol die erg veel op elkaar lijken qua structuur, namelijk FRD-902, FRD-903 en E. E1 is sterk bioaccumulatief en FRD-902 en FRD-903 zijn minder bioaccumulatief maar wel zeer persistent en toxisch. De hoge wateroplosbaarheid van FRD-902 en FRD-903 leidt tot een hoge mobiliteit waardoor deze stoffen zich snel verspreiden door het milieu. De combinatie van deze twee eigenschappen, persistentie en mobiliteit, maakt de beheersing van de verspreiding van GenX-stoffen moeilijk."

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			PBT. Deze zin is dus te generaliserend over de PBT-eigenschappen van PFAS.	
	9	182-187 ⁴	De auteurs spreken hier over de vuilverbranding van PFAS-houdende producten in een conventionele installatie voor de verbranding van huisvuil. Er wordt gesteld dat in een conventionele installatie de temperatuur niet hoog genoeg is voor een volledige verbranding van PFAS. Dat is juist en dat wordt ook aangegeven in het algemene PFAS restrictie voorstel en het restrictievoorstel voor PFAS blusschuim. De auteurs beschrijven ook wat er met de PFAS zou gebeuren bij verbranding in een conventionele installatie, namelijk: " <i>De PFAS verdampen en verspreiden zich via de lucht nadat ze de schoorsteen verlaten</i> ". Alhoewel de uitspraak over het verdampen en verspreiding aannemelijk is, is deze niet onderbouwd in Productie 15 met wetenschappelijke referenties. In RIVM (2021) en latere studies (e.g. Björklund et al. 2023) wordt beschreven dat, eventueel na gedeeltelijke verbranding, PFAS kunnen worden geëmitteerd via rookgas, (bodem- en vlieg-)as en proceswater. In het PFAS-restrictievoorstel worden geen uitspraken gedaan over de gevolgen van de verbranding in een conventionele installatie voor emissie en verdere verspreiding van de PFAS.	PFAS-restrictievoorstel: https://echa.europa.eu/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/0b0236e18663449b PFAS in blusschuim-restrictievoorstel: Registry of restriction intentions until outcome - ECHA (europa.eu) RIVM 2021: https://www.rivm.nl/publicaties/per-and-polyfluorinated-substances-in-waste-incinerator-flue-gases Björklund et al. (2023): Emission of Per- and Polyfluoroalkyl Substances from a Waste-to-Energy Plant—Occurrence in Ashes, Treated Process Water, and First Observation in Flue Gas
	9	196-206	De auteurs vermelden geen referenties voor de wetenschappelijke onderbouwing van informatie in deze alinea. Verder zijn termen als 'inktvlek', 'flink besmet', of 'grauwsluier' lastig te duiden vanuit wetenschappelijk perspectief.	Nvt

⁴ Dagvaarding randnummer 195 verwijst naar paragraaf 2.2.1, regel 184 in Productie 15:

"Het verbranden van de filters bij te lage temperaturen breekt PFAS niet af. Verbranding bij hoge temperaturen vergt veel energie, is kostbaar om regelmatig uit te voeren en levert hoge CO₂-emissies op. Bovendien is er in Europa te weinig capaciteit om dergelijke hoeveelheden filters te verbranden."

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
2.2.2. ⁵ , 6	9	216-218	Auteurs geven aan dat moestuingewassen verontreinigd kunnen raken met PFAS. Zij verwijzen hiervoor onder meer naar de <u>locatiespecifieke</u> RIVM-moestuinsonderzoeken uit 2022 rond Chemours en Custom Powders en trekken vervolgens de <u>algemene</u> conclusie over de gewassen dat ' <i>Consumptie ervan moet sterk worden afgeraden</i> '. Dit is echter niet de conclusie van de twee RIVM-onderzoeken. Het RIVM adviseert om de groenten uit tuinen die binnen 1 km ten noordoosten van Chemours liggen niet te eten. Onderzochte gewassen rond Custom Powders en andere locaties rond Chemours kunnen wel worden gegeten, al dan niet afgewisseld met commerciële producten uit de winkel. Gewassen afkomstig van een plek zonder nabije PFAS bron kunnen onbeperkt worden gegeten.	PFAS in gewassen uit moestuinen in Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden RIVM ; Moestuingewassen van Volkstuin Delta in Helmond bevatten verhoogde hoeveelheden PFAS RIVM
	9	219-221	Auteurs geven hier aan dat je absoluut geen eieren moeten eten van kippen die mensen zelf houden en vrij rondlopen: " <i>Die moet je absoluut niet eten.</i> " Een onderbouwing van deze stellige uitspraak wordt niet gegeven. Onderzoek tot nu toe laat zien dat de PFAS gehalten in eieren wisselend zijn. Soms in één woonplaats eieren met hoge gehalten en lage. We weten niet waarom dat zo is. Citaat uit de conclusie van RIVM rapport 'Risicobeoordeling van PFAS in particuliere eieren uit de regio's Zuid-Holland Zuid en de gemeente Altena.' "Door de particuliere eieren te eten	RIVM handhaaft advies: eet geen particuliere eieren in de regio Zuid-Holland Zuid en de gemeente Altena RIVM Risicobeoordeling van PFAS in particuliere eieren uit de regio Zuid-Holland Zuid en de gemeente Altena RIVM

⁵ Dagvaarding randnummer 178 verwijst (naast andere producties, ook) naar paragraaf 2.2.2, p10 - 11 in Productie 15, met de tekst:

"Uit het deskundigenrapport van prof. dr. De Boer en prof. dr. De Voogt blijkt dat water- en vuilafstotende pakken, hoofdkappen en handschoenen vaak PFAS bevatten. Transpiratievocht kan mogelijk ook PFAS uit geïmpregneerde kleding extraheren. De verhoogde blootstelling aan PFAS brengt volgens de deskundigen met zich mee dat brandweerlieden een verhoogd risico hebben op schildklier- nier-, teelbal- en prostaatkanker (producties 59 en 60)."

⁶ Dagvaarding randnummer 179 verwijst naar paragraaf 2.2.2, p10 - 11 in Productie 15, met de tekst:

"Voorts blijkt uit voornoemde rapportage dat beroepsmatige blootstelling van brandweerlieden aan PFAS niet alleen is aangetoond bij personeel dat langdurig in dienst is, waar niveaus in het bloed van PFAS vele malen hoger is dan de mediaan van de doorsnee bevolking. Ook in het bloed van jonger personeel dat niet heeft getraind met PFAS-bevattend blusschuim zijn verhoogde concentraties van PFAS aangetroffen. Dit wijst op de opname van PFAS vanuit de beschermende kleding en door inademing van verontreinigde stofdeeltjes. Volgens de deskundigen bevatten vooral de buitenste lagen in de gedragen beschermende uitrusting vaak veel PFAS."

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			krijgen mensen dus veel PFAS binnen. Die hoeveelheid komt boven op de hoeveelheid PFAS die mensen in Nederland via andere voedingsmiddelen en drinkwater binnenkrijgen. Via deze voedingsmiddelen en drinkwater krijgen mensen al meer PFAS binnen dan de gezondheidkundige grenswaarde (Schepens et al., 2023). Door deze eieren te eten neemt de hoeveelheid PFAS die mensen binnenkrijgen dus verder toe en dit is niet wenselijk. We concluderen dan ook dat het beter is om de particuliere eieren niet te eten. Deze conclusie is in lijn met het advies van 21 december 2023 om voorlopig geen particuliere eieren meer te eten in het onderzochte gebied. Dit advies kan pas worden versoepeld als de PFAS concentraties in deze eieren (aanzienlijk) dalen. Eieren uit een winkel of van de markt bevatten veel minder PFAS." Het Voedingscentrum heeft een generiek advies met betrekking tot het eten van eieren van eigen kippen gepubliceerd. "Wil je geen risico lopen, dan is de meest veilige keuze om te kiezen voor eieren uit de supermarkt, van speciaalzaken of van de markt. Hierin zijn geen hoge waarden gevonden. Als je er wel voor kiest eieren van eigen kippen te eten, wissel deze dan af met eieren uit de supermarkt."	Voedingscentrum duidt: kun je eieren van eigen kippen eten vanwege PFAS? Voedingscentrum (geraadpleegd op 9 september 2024)
	9	221-222	"Zijn er kleine kinderen die in de tuin willen spelen? Dat kan echt niet". Deze uitspraak en de zinnen die er op volgen in Productie 15 vragen om meer nuancering. Grondingestie door, bijvoorbeeld, spelen op verontreinigde grond draagt bij aan de blootstelling aan PFAS. Bij algemeen voorkomende gehalten PFAS in de bodem is deze blootstellingsroute naar verwachting echter klein ten opzichte van andere bronnen (zoals voedsel, drinkwater). Op plaatsen met bodemverontreinigingen waarbij de PFAS-concentraties	Risicogrenzen ten behoeve van de vaststelling van Interventiewaarden voor PFOS, PFOA en GenX

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			boven de ad hoc Interventiewaarden liggen kan het aandeel van deze blootstellingsroute groter zijn.	
	10	228-230	<i>"Ga je erin zwemmen dan word je blootgesteld via inname van water en via de huid."</i> Deze uitspraak vraagt om meer nuancering ten aanzien van de route van blootstelling. De orale route (inslikken van zwemwater) is het meest bepalend voor de blootstelling en het eventuele risico, de opname via de huid draagt daar nauwelijks aan bij. <i>"Het RIVM heeft inmiddels een scenario voor zwemwater opgesteld (RIVM, 2023). Als je het PFAS-gehalte in het water kent, dan kun je uitrekenen hoe vaak en hoe lang je erin kunt zwemmen"</i> Na het opstellen van Productie 15 zijn er door RIVM advieswaarden voor PFAS in zwemwater afgeleid en per 15 april 2024 gepubliceerd (RIVM-rapport 2024-006). Hiermee kunnen overheden een eerste beoordeling doen van de kwaliteit van zwemwater met betrekking tot PFAS. Het Landelijke Zwemwater Overleg (LZO) is een werkwijze overeengekomen voor de beoordeling van PFAS in zwemwater. Op deze wijze faciliteert het LZO <u>uniforme</u> beoordeling van zwemwater in Nederland (voor LZO werkwijze zie Bijlage 1 van: https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/KN-2024-0017.pdf). De overheden hanteren dus geen 'flexibele' normen, zoals de auteurs hier suggereren. In 2022 heeft RIVM specifiek voor zwemlocaties in de Westerschelde een advies opgesteld.	Advieswaarden PFAS in zwemwater RIVM-rapport 2024-006 Handreiking beoordeling PFAS in zwemwater PFAS en zwemmen in de Westerschelde RIVM

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
	10	234-235	"RIVM heeft afgeraden omalsmede lamsoor en zeekraal te eten die afkomstig zijn van de Westerschelde.". Dit is een onjuiste weergave, in het betreffende onderzoek is zeekraal niet meegenomen, en de conclusie met betrekking tot de consumptie van lamsoor was dat deze onbeperkt kan worden gegeten.	PFAS in de Westerschelde: Eet zo min mogelijk zelf gevangen producten RIVM
	11	273-274	De auteurs stellen dat in Nederland vrijwel niets bekend is over PFAS gehalten in bloed van brandweerlieden. Vervolgens doen ze de aanname dat deze gehalten hetzelfde zijn als die in Amerikaanse en Australische brandweerlieden (studie Rosenfeldt et.al, 2023). Deze aanname van de auteurs kent geen onderbouwing, terwijl er op diverse punten verschillen kunnen zijn. In Nederland is een beperkt onderzoek bij brandweerlieden en een controlegroep (personen die niet met blusschuim werken) uitgevoerd door de VU bij de Gezamenlijke Brandweer (2018 en 2019). In dit onderzoek werden zowel bij personen die met en zonder brandschuim werkten lagere gehalten aangetroffen dan in het buitenlandse onderzoek. Het RIVM was niet bij dit onderzoek betrokken.	Onderzoek NIPV: https://archieff.nipv.nl/blog/pfas-en-gezondheid-blootstellingsonderzoek-bij-de-gezamenlijke-brandweer/ Laatste paragraaf 2.5.2: https://nipv.nl/wp-content/uploads/2024/08/20240812-NIPV-Blootstelling-PFAS-en-brandweer-quickscan-recente-literatuur.pdf
	11 ⁷	275-276	De auteurs stellen dat de Nederlandse overheid zich tot nu toe niet bekommerd heeft over de gezondheid van brandweerlieden m.b.t. PFAS. Deze stelling is niet door het RIVM gecontroleerd.	Nvt

⁷ Dagvaarding randnummer 180 verwijst naar pagina 11 in Productie 15, met de tekst:

"Volgens het door de deskundigen aangehaalde onderzoek is er bij brandweerlieden uit de Verenigde Staten en Australië sprake van duidelijk hogere gehalten dan bij de gemiddelde bevolking en in de meeste gevallen ruim boven de EFSA-grenswaarde van 6,9 µg/L. De blootstelling lijkt vooral veroorzaakt te worden door overdracht van PFAS uit de brandweerpakken via de huid. In Nederland is vrijwel niets bekend over PFAS-gehalten in bloed van brandweerlieden. Volgens de deskundigen mag worden aangenomen dat de PFAS-gehalten bij Nederlandse brandweerlieden hetzelfde zijn als die in het door hen geciteerde onderzoek. Evenwel heeft de Staat tot nog toe nagelaten (grootschalig) onderzoek in te stellen naar de PFAS-blootstelling bij brandweerlieden, terwijl de alarmerende signalen over de schadelijke effecten van de stoffen en de mogelijke verhoogde blootstelling van brandweerlieden al geruime tijd bekend zijn bij de Staat."

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
	11	279-281	De auteurs stellen " <i>Bij het verchromen wordt een PFAS bevattende damp over het proces verspreid zodat de arbeiders geen chroom VI inademen.</i> " Er wordt geen referentie gegeven. De opmerking is feitelijk niet juist. Er wordt namelijk niet actief een PFAS-bevattende damp ingezet tijdens de bedrijfsprocessen. Wel worden PFAS-bevattende vloeistoffen of schuimen gebruikt die dienen als een drijf laag, een film op chroombaden. De PFAS functioneert hierbij als onderdrukker van aerosolvorming ('mist suppressant') tijdens het verchromingsproces.	Algemene informatie over 'mist suppression' bij verchromen op het internet, bijvoorbeeld: https://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-POPRC17FU-SUBM-PFOS-Sweden-2-20220314.En.pdf
	11	281-283	De auteurs stellen " <i>Arbeiders en omwonenden van schrootverwerkende bedrijven waarbij brandblussers tot schoot worden versnipperd hebben ook een hoge kans op bovenmatige blootstelling aan PFAS.</i> " De onderbouwing hiervoor ontbreekt. Er is geen aandacht van de auteurs voor de vraag of lege brandblussers die PFAS houdend blusschuim bevatten niet eerst gereinigd worden voordat de blusser wordt gerecycled.	Nvt
	11	287-288	De auteurs noemen dat PFAS-blootstelling van baggeraars en grondwerkers kan plaatsvinden bij werkzaamheden in/nabij PFAS-verontreinigde waterwegen . Of dit werkelijk een relevante blootstellingsroute is ten opzichte van andere bronnen wordt verder niet toegelicht. De onderbouwing ontbreekt.	Nvt
2.2.3. ⁸				

⁸ Dagvaarding randnummer 196 verwijst naar paragraaf 2.2.3 in Productie 15: "Een oplossing kan mogelijk worden gevonden in het opvangen van de PFAS die na regeneratie van de filters overblijft. De waterige oplossing zou verbrand kunnen worden om de PFAS af te breken. Echter, er zijn meer mogelijkheden. Zo zou men bijvoorbeeld bakstenen kunnen bakken van (verontreinigd) riviersediment in combinatie met PFAS-houdend residu. PFAS worden tijdens het bakproces vrijwel volledig afgebroken (productie 67). Daarnaast kan worden gedacht aan het verwerken van het waterige PFAS-houdend residu middels superkritisch water. Deze techniek, ook wel 'super critical water oxidation (SCWO)' genoemd, wordt thans al door de Amerikaanse EPA toegepast voor de verwijdering van PFAS (producties 68 en 69). Daarnaast

4.3 Detailopmerkingen bij hoofdstuk 3: "PFAS in het milieu en voeding"

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
3.1 ^{9, 10, 11}	12	354-359	"Door hun betere oplosbaarheid..... in de bodem (RIVM, 2021). Referentie moet zijn RIVM 2021a. De tekst komt letterlijk uit de RIVM memo (RIVM 2021a). In dit document is echter slechts naar een beperkt aantal PFAS gekeken (PFOS, PFOA en GenX stoffen). De conclusie van de auteurs (en ook die in de RIVM-memo) gaat mogelijk niet op voor alle PFAS.	RIVM 2021a, Resultaten literatuuronderzoek uitloging PFAS uit grond en advies afleiden risicogrenzen grond en bagger ter bescherming van bodem en grondwater
	14	415-416	Er wordt gesteld dat in Nederland in elke provincie PFAS zijn aangetroffen in grondwater "en regelmatig in concentraties boven de recent voorgestelde EFSA-norm (zie 4.3.1)." EFSA heeft geen grondwaternorm voorgesteld, maar een toelaatbare wekelijkse inname (TWI) voor de mens, uitgedrukt als dosis per kg lichaamsgewicht. In het Arcadis rapport waar de auteurs hier naar verwijzen wordt getoetst aan de door RIVM geadviseerde drinkwaterrichtwaarde van 4,4 ng/L voor	Van der Aa, N.G.F.M., Hartman, J., Te Biesebeek, J.D. (2021). Analyse bijdrage drinkwater en voedsel aan blootstelling EFSA-4 PFAS in Nederland en advies

Superkritisch water heeft boven 374 °C en onder voldoende hoge druk de eigenschappen van een gas. Net als bij het bakken van bakstenen is het bij gebruik van deze techniek mogelijk om PFAS vrijwel volledig af te breken en te verwijderen.

⁹ Dagvaarding randnummer 97 verwijst naar paragraaf 3.1, p13 in Productie 15, met de tekst:

"De mobiliteit van PFAS maakt dat de stoffen inmiddels wereldwijd in de bodem voorkomen, ook op afgelegen plaatsen. Wanneer hogere concentraties worden aangetroffen is het aannemelijk dat er lokale of regionale bronnen in de nabijheid zijn."

¹⁰ Dagvaarding randnummer 100 verwijst naar paragraaf 3.1, p13 -14 in Productie 15, met de tekst:

"De hiervoor omschreven eigenschappen maken dat PFAS tegenwoordig worden aangemerkt als 'forever chemicals'. Daarnaast blijkt uit het deskundigenrapport van prof. De Boer en prof. De Voogt dat de omzetting en afbraak van PFAS traag verlopen en leiden tot weer andere PFAS die niet of nauwelijks verder afgebroken worden, en dus lange tijd in het milieu (de deskundigen spreken over misschien wel honderden jaren) en ook in het lichaam (halfwaardetijden van 3-6 jaar voor sommige PFAS) verblijven. Daarnaast worden PFAS volgens de Europese REACH-verordening onder de klasse "very persistent (vP)" geschaard. De deskundigen geven voorts aan dat door de langzame afbraak en de persistentie van de afbraakproducten plekken zoals stortplaatsen kunnen ontstaan die PFAS blijven naleveren."

¹¹ Dagvaarding randnummer 107 verwijst naar paragraaf 3.1, p13 in Productie 15, met de tekst:

"Zoals reeds benoemd is, blijkt uit het overgelegde deskundigenrapport (productie 15) dat PFAS wereldwijd in de bodem voorkomt, zelfs in afgelegen gebieden. Ook blijkt uit het rapport dat dat atmosferisch transport een belangrijke rol blijkt te spelen voor de verspreiding van PFAS. Verder is opstapeling van de stoffen in zowel aquatische als terrestrische dier- en plantensoorten aangetoond. Bekend is dat de opstapeling in dieren toeneemt naarmate de ketenlengte van de PFAS groter wordt, terwijl de PFAS met korte ketens juist opstapelen in eetbare delen van groenten. Gezien het feit dat de productie van PFAS verschuift naar verbindingen met kortere ketens kan de toenemende opstapeling in vegetatie en groenten leiden tot niet-voorzien blootstelling wereldwijd zowel van flora en fauna als van de mens."

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			de som van een mengsel PFAS. Bij de bepaling van de drinkwaterrichtwaarde is gebruikgemaakt van bovengenoemde EFSA-4PFAS TWI.	drinkwaterrichtwaarde. RIVM, Bilthoven, M/270071.
	14	420-421	"Het RIVM concludeerde recentelijk dat contact met zeeschuim leidt tot extra PFAS blootstelling (Bokkers et al., 2023). " Bij dit citaat ontbreekt een belangrijke nuancerende toevoeging uit het RIVM-rapport, namelijk "maar de omvang van deze blootstelling is in deze analyse niet ingeschat ". Het rapport bevat nadrukkelijk ook geen blootstellingsschatting en risicobeoordeling.	PFAS in zeeschuim langs Nederlandse kust RIVM
	14	446-448	"Ook voor een aantal andere PFAS zijn normen in het kader van de Kaderrichtlijn Water voorgesteld (SCHEER, 2022)". Deze zin wekt de suggestie dat de SCHEER, een wetenschappelijke comité van de Europese commissie, waternormen voorstelt. Dit is niet juist. De referentie SCHEER (2022) verwijst naar de opinie van de SCHEER over de normen voor PFAS zoals voorgesteld in een dossier van het Joint Research Center van de Europese Commissie. De normen die door de Europese Commissie werden voorgesteld gelden voor de som van 24 PFAS, uitgedrukt als concentratie in biota en als concentratie in water, rekening houdend met relatieve potentie. Inmiddels is er door de EU Council naar het voorstel van de Europese Commissie gekeken, en is het voorstel voor beoordeling van 24 PFAS op basis van relatieve potentie overgenomen voor oppervlaktewater.	Surface water and groundwater: Council agrees negotiating mandate to update list of pollutants - Consilium (europa.eu)
3.2	15	458-460	"Het RIVM heeft risicogrenzen voor grond en grondwater voorgesteld, alsmede een voorlopige achtergrondwaarde voor PFAS in de bodem in afwachting van de resultaten van een landelijk onderzoek naar PFAS-gehalten [...]". Deze zin geeft, ook in retrospectieve zin, niet de volledige situatie weer rond de bepaling van achtergrondwaarden. Kort	Achtergrondwaarden perfluoralkylstoffen (PFAS) in de Nederlandse landbodem RIVM

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			nadat de tijdelijke achtergrondwaarden werden afgeleid in 2020, zijn ook definitieve landelijke achtergrondwaarden voor PFOS en PFOA in bodem bepaald. Deze waarden zijn gebruikt voor het Handelingskader PFAS en zijn dus <i>niet</i> voorlopig of tijdelijk.	
		464	De auteurs noemen een RIVM-literatuuronderzoek. Mogelijk is hier de referentie RIVM 2021a bedoeld. Dit onderzoek gaat enkel over PFOS, PFOA en GenX stoffen. Zie ook eerdere opmerking 3.1.	Nvt
		469	Tabel 3 geeft risicogrenzen weer voor de bodemgebruiken akkerbouw, veeteelt en moestuinen en de auteurs verwijzen daarbij naar Wintersen, A., Otte, P. (2021a). Deze waarden in de tabel zijn echter afkomstig uit oudere publicaties (Wintersen, A et al., 2019) en zijn niet meer actueel. Voor moestuinen zijn de actuele risicogrenzen voor PFOS en PFOA te vinden in de referentie waarnaar wordt verwezen (respectievelijk 2,4 µg/kg en 2,3 µg/kg). Voor landbouw (akkerbouw en veeteelt) zijn vooralsnog geen nieuwe risicogrenzen afgeleid. De oude waarden voor landbouw moeten als achterhaald worden beschouwd omdat ze zijn gebaseerd op inmiddels verouderde gezondheidskundige grenswaarden (vóór EFSA 2020)	Wintersen, A., et al. (2019). Risicogrenzen bodem voor het gebruik van PFAS-houdende grond en bagger voor akkerbouw en veeteelt , RIVM rapport 2019-0068. Wintersen, A., Otte, P. (2021a). Achtergrondwaarden en risicogrenzen ten behoeve van onderbouwing Maximale Waarden PFAS voor toepassen van grond en baggerspecie
	15	478-479	"Het RIVM heeft in 2021 nieuwe humane risicogrenzen voor PFAS in grond en grondwater berekend. " Een referentie ontbreekt hier. Mogelijk wordt bedoeld op Wintersen & Otte, 2021 en op RIVM (2021b).	Risicogrenzen grond: Achtergrondwaarden en risicogrenzen ten behoeve van onderbouwing Maximale Waarden PFAS voor toepassen van grond en baggerspecie.pdf (rivm.nl) Risicogrenzen grond en grondwater:

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
				Risicogrenzen ten behoeve van de vaststelling van Interventiewaarden voor PFOS, PFOA en GenX RIVM
	15	483	"Voor oppervlaktewater zijn eind jaren '10 eveneens door het RIVM risicogrenzen vastgesteld (zie Tabel 4)". De zinsnede "vastgesteld door het RIVM" is niet juist. Het RIVM stelt geen normen vast, maar heeft risicogrenzen afgeleid die als advies zijn aangeboden aan het ministerie van IenW. De genoemde risicogrenzen voor PFOA is beleidsmatig vastgesteld als norm door IenW. Voor de GenX stoffen heeft de minister geadviseerd om de waarde van 118 ng/L te hanteren als voorlopige milieukwaliteitsnorm.	perfluorooctaan zuur Risico's van stoffen (rivm.nl) Gezondheid en milieu Tweede Kamer der Staten-Generaal
	16	Tabel 4	De referentie ontbreekt bij Tabel 4. Deze tabel is ontleend aan RIVM meetrapport 132 uit 2018. Dit betreft een onderzoek naar GenX stoffen en PFOA in grond en irrigatiewater in moestuinen rondom DuPont Chemours.	GenX en PFOA in grond en irrigatiewater in moestuinen rondom DuPont Chemours RIVM pagina 6
	16	508	"PFAS equivalenten" moet zijn "PFOA equivalenten".	Notitie implementatie van de EFSA som-TWI PFAS RIVM

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
	16	511-513 12, 13, 14	"De bijdrage van drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewater aan de totale inname via voedsel en drinkwater in Nederland is groter dan de op de WHO-richtlijnen gebaseerde 20% (Van der Aa et al., 2021)." Deze uitspraak is niet juist op basis van de genoemde referentie. Het betreffende citaat gaat niet over de bijdrage van drinkwater aan de totale inname van de gemiddelde Nederlander, maar over de bijdrage van drinkwater aan de opvulling van de gezondheidkundige grenswaarde van EFSA (EFSA-4 PFAS TWI). Letterlijk staat er op pg 1-2 (van der Aa et al., 2021) : "Drinkwater geproduceerd uit grondwater levert, als de concentratie van niet-aangetoonde PFAS op 0 ng/L wordt gesteld, een geschatte bijdrage van 3% aan de EFSA TWI uitgaande van een mediane, tot 4%, bij een hoge EFSA-4 PFAS sominname via voedsel en drinkwater. Voor drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewater is de bijdrage respectievelijk 30 tot 37% van de EFSA TWI. Dit laatste is een	Van der Aa, N.G.F.M., Hartman, J., Te Biesebeek, J.D. (2021). Analyse bijdrage drinkwater en voedsel aan blootstelling EFSA-4 PFAS in Nederland en advies drinkwaterrichtwaarde. RIVM, Bilthoven, M/270071.

¹² Dagvaarding randnummer 40 verwijst naar deze paragraaf (en aanbeveling #8) in Productie 15, met de tekst:

"Sinds 2018 zet de stichting zich in voor schoon water en (water) gezondheid in Nederland. Door het voorkomen en verminderen van verontreiniging van de watersystemen, wordt het aquatisch milieu beschermd en nadelige gezondheidseffecten voor de mens en natuur gepoogd te voorkomen. Zowel in het grondwater als in het oppervlaktewater in heel Europa zijn PFAS aangetroffen hetgeen negatieve gevolgen heeft voor de watergezondheid. Bovendien is een van de grootste bronnen (ca. 20%) van blootstelling van de Nederlandse bevolking aan PFAS ons drinkwater, zoals moge blijken uit [...] (productie 15)."

¹³ Dagvaarding randnummer 112 verwijst naar deze paragraaf (en aanbeveling #8) in Productie 15, met de tekst:

"De interactieve kaart laat zien hoe wijdverbreid de thans bekende PFAS-verontreiniging is. Zowel in grondwater als in oppervlaktewater in heel Europa zijn PFAS aangetroffen. Drinkwater is op het ogenblik een van de grootste bronnen (ca. 20%) van blootstelling van de Nederlandse bevolking aan PFAS.¹⁸ In Nederland wordt zowel grondwater en oppervlaktewater gebruikt als bron voor de drinkwaterbereiding. Uit diverse publicaties is duidelijk geworden dat PFAS alleen met specifieke zuiveringstechnologieën uit de bronnen te verwijderen zijn en dat conventionele zuiveringsmethoden niet tot verwijdering leiden. Hieronder treft Uw rechtbank een afbeelding aan waarin wordt weergegeven hoe de verdeling van drinkwaterbedrijven in Nederland is geregeld."

¹⁴ Dagvaarding randnummer 187 verwijst naar deze paragraaf (en aanbeveling #8) in Productie 15, met de tekst:

"Zoals reeds uiteengezet in paragraaf 4.2 van deze dagvaarding is drinkwater op het ogenblik een van de grootste bronnen (ca. 20%) van blootstelling van de Nederlandse bevolking aan PFAS.⁵² In Nederland wordt zowel grondwater als oppervlaktewater gebruikt als bron voor de drinkwaterbereiding. Enkel met specifieke zuiveringstechnologieën kunnen PFAS uit deze drinkwaterbronnen worden verwijderd, waardoor conventionele zuiveringsmethoden geen of onvoldoende effect hebben. Dit betekent dat PFAS op dit moment onvoldoende wordt gefilterd uit de bronnen die worden gebruikt voor de bereiding van ons drinkwater met als gevolg dat de consument – de gehele Nederlandse bevolking – stelselmatig aan PFAS wordt blootgesteld."

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			grotere bijdrage aan de opvulling van de EFSA TWI dan de op de WHO richtlijnen gebaseerde 20%". <u>Aanvullend citaat op pg 15 van (Van der Aa et al., 2022) dat wél gaat over de bijdrage van drinkwater aan de totale inname van de gemiddelde Nederlander:</u> "Zoals beschreven (in Van der Aa et al, 2021) is de bijdrage vanuit voedsel groter dan vanuit drinkwater. Op basis van dat rapport was de schatting dat de gemiddelde Nederlander ongeveer twee procent van de EFSA-4 PFAS binnenkrijgt via het drinkwater indien dit wordt geproduceerd uit grondwater. Wordt het water geproduceerd uit oppervlaktewater dan bedraagt dit aandeel circa 17 procent. Dit verschilt per persoon en per locatie in Nederland, afhankelijk van het individuele consumptiepatroon en de concentratie PFAS in het lokale drinkwater". <u>Aanvullend citaat obv RIVM (2023):</u> "Ook blijkt dat mensen in Nederland via voedsel meer dan drie keer zoveel PFAS binnenkrijgen als via drinkwater. Vis is een belangrijke bron van PFAS via voedsel, omdat er veel van deze stoffen in vis kunnen zitten. Daarnaast krijgen we PFAS binnen via koffie, thee, graanproducten, melkproducten, vlees, eieren, fruit en groenten. Bij drinkwater hangt de hoeveelheid PFAS af van het soort water waarvan het is gemaakt. Via drinkwater dat van grondwater is gemaakt, krijgen we minder PFAS binnen dan via drinkwater uit oppervlaktewater. Dat komt doordat er in oppervlaktewater meer PFAS zit dan in grondwater".	Van der Aa, N.G.F.M., Hartmann, J., Smit, C.E. (2022). PFAS in Nederlands drinkwater vergeleken met de nieuwe Europese Drinkwaterrichtlijn en relatie met gezondheidkundige grenswaarde van EFSA. RIVM- briefrapport 2022-0149, Bilthoven. RIVM (2023) Risk assessment of exposure to PFAS through food and drinking water in the Netherlands, RIVM report 2023-001 (pg 5 en pg 39-fig 1) https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2023-0011.pdf
3.3	17	548-551	<i>"Uit zeer recent onderzoek bij 18 locaties in Nederland, ook elders dan bij Dordrecht, blijkt dat inmiddels in alle</i>	

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			<i>onderzochte drinkwatermonsters PFAS aanwezig zijn en de concentraties van PFAS in drinkwater bereid uit oppervlaktewater regelmatig boven de nieuwe normen liggen die door de EFSA zijn voorgesteld (Sadia et al., 2023)".</i> Deze zin suggereert ten onrechte dat het om <u>al</u> het Nederlandse drinkwater gaat. Het gaat om 18 locaties, waarvan een aantal zijn gekozen om de nabijheid van PFAS bronnen. De auteurs van het artikel zijn hier ook duidelijk in: "Raw and produced drinking water samples were collected from 18 different drinking water treatment plant locations in the Netherlands (Table 1). The locations were chosen based on the type of source water (surface water: locations 1–11; and groundwater: locations 12–18), type of treatment scheme (advanced 1–11 and conventional 12–18), and the proximity to known sources for PFAS emissions such as a fluorochemical plant, landfills, or firefighting training sites (details in Table 1). Those locations were not representative for the entire drinking water situation in the Netherlands and were kept anonymously labeled at the request of the drinking water companies".	Sadia et al, 2023 Occurrence, Fate, and Related Health Risks of PFAS in Raw and Produced Drinking Water
	17	560-562	Referentie 'Boon en te Biesebeek, 2018' klopt niet. Van Poll, 2018 is juiste referentie voor de rapportage; 'GenX en PFOA in grond en irrigatiewater in moestuinen rondom Dupont Chemours – Fase twee van het 'Moestuinsonderzoek'". Regel 561; "<i>werden hoge concentraties van PFOA en GenX aangetroffen</i>", 'hoge' is een waardering van de bevindingen door auteurs van Productie 15.	Microsoft Word - 180917 PFOA - GenX grond- en irrigatiewatermonsters definitief (rivm.nl)
	17	565-567	De auteurs stellen "<i>eveneens ongezond om groenten uit moestuinen tot 10 kilometer afstand ten noordwesten, noordoosten en oosten van de fabriek te eten. (Boon en te Biesebeek, 2022a).</i>" Dit is niet de conclusie van het RIVM. Het	PFAS in gewassen uit moestuinen in Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden RIVM

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			RIVM concludeert dat "Deze moestuinhouders kunnen hun zelf geteelde gewassen blijven eten, maar hen wordt aangeraden deze groenten en fruit af te wisselen met producten uit de winkel."	
	18	576-587	De tekst hier gaat over volkstuin Delta en niet over volkstuin Sluisdijk. Gehalten in moestuingewassen uit de volkstuin Sluisdijk zijn niet vergeleken met een andere tuin.	Risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen in Helmond RIVM ; Moestuingewassen van Volkstuin Delta in Helmond bevatten verhoogde hoeveelheden PFAS RIVM
	18	578-579	"De moestuinen in Helmond worden toch, ondanks protest van de bewoners, gesaneerd." Niet door RIVM gecontroleerd	Nvt
	18	591-595	Niet door RIVM gecontroleerd	Nvt
	21	707-712	Niet door RIVM gecontroleerd	Nvt

4.4 Detailopmerkingen bij hoofdstuk 4: "PFAS in de mens"

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
4.1	22	717-722	De introducerende zinnen van deze paragraaf bevatten generaliserende opmerkingen, zoals " <i>daarom zouden achtergrondwaarden in bijvoorbeeld menselijk bloed nul moeten zijn</i> ", " <i>vrijwel elk mens</i> ", " <i>verspreiding van PFAS over de wereld</i> " en " <i>vrijwel elk vliegveld</i> ". Deze opmerkingen missen nuance en zijn onvoldoende gedocumenteerd. De uitspraak " <i>daarom zouden achtergrondwaarden in bijvoorbeeld menselijk bloed nul moeten zijn</i> " lijkt de persoonlijke opinie te zijn van de auteurs. Binnen de risicobeoordeling en -management is het gangbare uitgangspunt dat blootstelling aan zowel antropogene als niet-antropogene (niet-genotoxische) stoffen toegestaan is, mits mate van blootstelling leidt tot verwaarloosbare of acceptabele risico's. Waarbij de kanttekening gemaakt moet worden dat het een beleidsbeslissing is wat de omvang van het verwaarloosbaar of acceptabele risico mag zijn.	https://rvs.rivm.nl/onderwerpen/normen/consumenten/ADI
	22	724-726	De auteurs verwijzen naar gemiddelde bloedwaarde van PFOS uit Van Poll et al. (2017) van 3,5 ng/mL in serum. Dit betreft echter een waarde die al relatief gedateerd is. Sindsdien zijn verschillende actuele publicaties uitgekomen met overzichten van PFOS (en andere PFAS) in serum. In humane biomonitoring studies onder tieners in Europa werd door het HBM4EU consortium een geometrisch gemiddelde van 2,01 ng/mL vastgesteld voor PFOS in serum. Voor PFOA bedroeg dit een geometrisch gemiddelde waarde van 0,942 ng/mL serum.	Govarts et al (2023). Harmonized human biomonitoring in European children, teenagers and adults: EU-wide exposure data of 11 chemical substance groups from the HBM4EU Aligned Studies (2014–2021) Int J of Hygiene Envir Health, 249, 114119.
	22	726-729	Op dit punt is niet duidelijk welke definitie van PFAS wordt gehanteerd (zoals ookesignaleerd in Hoofdstuk 3. Algemene bevindingen RIVM). Hierdoor is het onduidelijk in hoeverre de opmerkingen over 'PFAS' kloppen.	Zheng et Al. 2023: Elevated Levels of Ultrashort- and Short-Chain Perfluoroalkyl Acids in US Homes and People

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			De opmerking "PFAS worden normaal in het serum gemeten,..." is juist voor een aantal PFAS zoals gedefinieerd in Hoofdstuk 3, terwijl andere PFAS juist beter in andere matrices (zoals urine) kunnen worden bepaald (zie bijvoorbeeld Zheng et al. 2023).	
	22	729-732	De definitie van PFAS is niet duidelijk (zie Hoofdstuk 3. Algemene bevindingen). Hierdoor is het onduidelijk in hoeverre opmerkingen over PFAS in het algemeen kloppen. De auteurs stellen dat "Waar gehalten in serum zich buiten de hotspots op een niveau van enkele µg/L bevinden, is dat in moedermelk op een niveau van enkele tot enkele tientallen ng/L (Fiedler and Sadia, 2021; Van Beijsterveldt et al., 2022). Dat komt omdat PFAS zich meer aan eiwit binden en minder aan vet." Deze opmerking klopt voor de drie PFAS (PFOS, PFOA en PFHxS) die in beide referenties zijn onderzocht, maar klopt mogelijk niet voor andere PFAS.	Nvt
4.2	22	738-740	De algemene opmerking "De halfwaardetijden [...] van PFAS in menselijk bloed bedragen veelal enkele jaren, [...]" geldt inderdaad voor de genoemde voorbeelden (PFOA en PFOS), maar is onjuist met betrekking tot alle PFAS. Dit wordt meteen door de auteurs zelf geïllustreerd met het voorbeeld van de PFAS HFPO-DA (regel 748).	Nvt
	22	749	Het rapport van Shea (2018) is deel van een evaluatie van dr. Damian Shea, die in opdracht van Chemours een toxicologische evaluatie voor GenX uitvoerde (https://www.chemours.com/en/about-chemours/global-reach/fayetteville-works/fayetteville-works-toxicology). De halfwaardetijd van GenX, zoals gerapporteerd in Shea (2018), is geen empirisch vastgestelde serum halfwaardetijd. Shea berekende de halfwaardetijd van GenX in de mens op basis van aap:mens eliminatiesnelheid ratio's vastgesteld voor andere PFAS. De berekende eliminatiehalfwaardetijd van	Shea (2018). Attachement A. Proposed drinking water health advisory value of GenX: 2,3,3,3-tetrafluoro-2-(heptafluoropropoxy)-propanoic acid. https://www.chemours.com/en/-/media/files/corporate/she-toxicology-analysis-2018-04.pdf

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			GenX in mensen van 1.8 dagen (43,2 uur) is berekend op basis van de aap:mens eliminatiesnelheid ratio van 16 voor PFOS. In 2017 startte RIVM Bureau REACH, namens de Nederlandse overheid, een stofevaluatie voor GenX onder de REACH wetgeving (ECHA 2017). Eén van de aspecten van deze stofevaluatie betrof de aanvraag van een humane biomonitoringstudie voor het empirisch vaststellen van een humane serum eliminatie halfwaardetijd, om zo de mogelijke accumulatie van GenX in de mens te kunnen beoordelen. De studie aanvraag werd akkoord bevonden door het REACH lidstaten comité in 2019 (ECHA 2019). In 2022 werden de resultaten van de aangevraagde humane biomonitoring studie aangeleverd bij ECHA door de in Europa geregistreerde registrant (Chemours Netherlands B.V.). De registrant stelde vast dat de eliminatiehalfwaardetijd van GenX ongeveer 81 +/- 51 uur is (gemiddelde en standaard deviatie) met een totale range van 42-333 uur. Er werden in het totaal 25 individuen geïncubeerd in deze studie. Voor ongeveer de helft van de participanten kon een halfwaardetijd worden afgeleid. De halfwaardetijd van GenX is dus hoger dan de genoemde 43 uur in Productie 15, maar lager dan de halfwaardetijd van bijvoorbeeld PFOA en PFOS.	ECHA 2017. Justification for the selection of a substance for CoRAP inclusion. https://echa.europa.eu/document/s/10162/3c406708-ebd9-458d-010a-e5170ddc8f81 ECHA 2019. Decision on substance evaluation. REACH registration https://chem.echa.europa.eu/100.124.803/dossier-view/44e19448-3d8b-41cd-8d89-135229e77d95/f616b4fd-fa45-4e51-ab43-2ba60d6f8c3d_30e1ec53-b1c5-4c8e-987c-453439169baa?searchText=700-242-3 Accessed 30-07-2024.
	22	750-751	Vanwege het ontbreken van een referentie is het lastig om de opmerking "[...] omdat GenX veel beter in water oplost, is het in relatief hoge concentraties (hoger dan PFOA) aanwezig in het oppervlaktewater." te verifiëren. Mogelijk is deze opmerking ontleend aan o.a. Gebbink et al. 2017 (tabel 1). Het	Gebbink et al. 2017, DOI: Presence of Emerging Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs) in River and Drinking Water near a Fluorochemical

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing																		
			is echter niet uit te sluiten dat de hogere concentraties GenX gerapporteerd door Gebbink et al. veroorzaakt worden door grotere lozingen destijds (t.o.v. PFOA lozingen). Een meer recente studie illustreert dat GenX met name aanwezig is in drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewateren in de nabijheid van een fluorpolymeer productie locatie (Sadia et al. 2023). In de publicatie van Sadia et al. (2023) werd GenX (aangegeven als PFHO-PA in Tabel 2 en Tabel S3) op 7 van de 18 locaties (allen oppervlaktewater) aangetoond boven de detectielimiet. De gemiddelde waarde GenX in drinkwater afkomstig uit oppervlaktewater (11 locaties) was 1,17 ng/mL ten opzichte van een gemiddelde waarde som PFOA van 4,08 ng/mL. De informatie uit Sadia et al. spreekt dus de opmerking tegen dat "[GenX] in relatief hoge concentraties (hoger dan PFOA) aanwezig in het oppervlaktewater".	Production Plant in the Netherlands Sadia, M., Nollen, I., Helmus, R., Ter Laak, T. L., Béen, F., Praetorius, A., & van Wezel, A. P. (2023). Occurrence, fate, and related health risks of PFAS in raw and produced drinking water. Environmental Science & Technology, 57(8), 3062-3074. https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/acs.est.2c06015																		
	23	760-762 & 771	De getallen in de tekst (regels 760-762) komen niet overeen met de getallen in Figuur 5 in Productie 15. Daarnaast is de oorsprong van de getallen in Figuur 5 onduidelijk. De vergunde emissies van GenX naar de lucht en het oppervlaktewater zijn in 2019 onder meer gepubliceerd in het RIVM rapport van De Kort et al. Dit rapport geeft de volgende jaarlijks vergunde emissies naar lucht en water: <table><tr><td></td><td>< 2017</td><td>2017</td><td>2018</td><td>2020</td><td>2021</td></tr><tr><td>FRD-903 (kg) lucht</td><td>-</td><td>450</td><td>-</td><td>22,5</td><td>4,5</td></tr><tr><td>FRD-903 indirecte lozing</td><td>6400</td><td>2035</td><td>140</td><td>-</td><td>20</td></tr></table>		< 2017	2017	2018	2020	2021	FRD-903 (kg) lucht	-	450	-	22,5	4,5	FRD-903 indirecte lozing	6400	2035	140	-	20	De Kort, M. J., de Jong, C. J., Verhoeven, J. K., Boon, P. E., & Verschoor, A. J. (2019). Verspreiding van GenX stoffen in het milieu: Metingen in Nederland 2013-2018. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2019-0083.pdf
	< 2017	2017	2018	2020	2021																	
FRD-903 (kg) lucht	-	450	-	22,5	4,5																	
FRD-903 indirecte lozing	6400	2035	140	-	20																	

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing							
			<table><tr><td>oppervlaktewater (kg/j)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table> De getallen in Figuur 5 wijken af van die in bovenstaande tabel.	oppervlaktewater (kg/j)							
oppervlaktewater (kg/j)											
4.3.1	24	782-784	"Daarom is de EFSA in 2020 overgegaan tot het publiceren van een nieuwe, veel lagere TWI". Deze zin suggereert dat herziening van de TWI van EFSA is gebaseerd, of noodzakelijk werd bevonden, op grond van de publicaties van Grandjean (2015; 2017). De kritieke studie die gebruikt is voor afleiding van de TWI is echter Abraham et al. (2020). De referentie van Grandjean (2015) ontbreekt in de referentielijst van Productie 15.	Abraham et al. (2020). Internal exposure to perfluoroalkyl substances (PFASs) and biological markers in 101 healthy 1-year-old children: associations between levels of perfluorooctanoic acid (PFOA) and vaccine response Archives of toxicology, 94(6), 2131-2147.							
	24	784-785	Dit is feitelijk juist. Echter, de auteurs hadden hier de onzekerheden kunnen noemen die bestaan rond de nieuwe EFSA-4 PFAS advieswaarde (TWI). Zo concludeerde het RIVM (RIVM 2020) dat: "....., wetenschappelijk gezien, de onderbouwing van de EFSA TWI niet heel robuust is, vanwege onzekerheden in de PoD, de aanname van equipotentie en de beperking tot 4 PFAS. Hierdoor bestaat de mogelijkheid dat de TWI niet conservatief genoeg, of juist onnodig conservatief, is. We zijn niet in staat om op korte termijn met een alternatieve, meer robuuste TWI te komen, noch is een goed onderbouwd voorstel te doen voor de grootte van een extra onzekerheidsfactor. De in 2016 door RIVM afgeleide grenswaarde voor PFOA o.b.v. levereffecten (89 ng/mL) is ± 13 maal hoger dan de EFSA grenswaarde van 6.9 ng/mL. De gezondheidkundige grenswaarde van het RIVM is daarmee mogelijk niet afdoende beschermend voor de immuuneffecten van PFAS. Willen we daar toch voor beschermen, dan kunnen we concluderen dat de EFSA	RIVM 2020: https://www.rivm.nl/documenten/pfas-rivm-expertnotitie							

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			grenswaarde voor 4 PFAS een vergelijkbare tot iets grotere bescherming biedt dan de door UBA vastgestelde HBM-waarden voor twee individuele PFAS. Bovenstaande in aanmerking nemend zou een pragmatische optie kunnen zijn om vooralsnog de EFSA TWI, ondanks de geconstateerde beperkingen, toch als basis te gebruiken voor verder werk aan PFAS binnen RIVM. Daarbij wil de expertgroep wel nadrukkelijk aantekenen dat een dergelijke optie dus niet betekent dat de gevolgde methodiek om tot de TWI voor 4 PFAS te komen voldoende wetenschappelijk robuust bevonden wordt. Eén lid van de expertgroep ondersteunt deze pragmatische optie echter niet want vindt de onzekerheden rondom de TWI te groot en daarmee de TWI niet informatief voor duiding van mogelijke risico's. Een andere optie zou volgens dit lid kunnen zijn dat RIVM zelf een grenswaarde voor PFAS gaat proberen af te leiden, al vraagt dat tijd en aanvullende data."	
	24 ¹⁵	788-791	De hier uitgevoerde berekening van de factor verlaging van de advieswaarde, respectievelijk 10.000 voor PFOA en 1000 voor PFOS, geeft een verkeerde stand van zaken weer. De advieswaarde is namelijk ook in een ander opzicht aangepast door EFSA. In 2008 werden (twee) afzonderlijke TDI's afgeleid voor PFOS en PFOA terwijl in 2020 één TWI (van 4,4 ng/kg lichaamsgewicht/week) is afgeleid voor de som van EFSA-4 PFAS (PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA). De som-TWI heeft als consequentie dat als personen aan slechts één van de EFSA-4 PFAS blootgesteld worden, dat tot 4,4 ng/kg/wk acceptabel is. Als men echter aan meerdere van deze 4 PFAS wordt	Nvt

¹⁵ Dagvaarding randnummer 302 verwijst naar de TDI (paragraaf 4.3.1) in Productie 15, met de tekst:

"Zoals blijkt het rapport van prof. dr. W.P. de Voogt en prof. dr. J. de Boer 'Wetenschappelijke informatie over het voorkomen, gedrag en effecten op mens en milieu van PFAS' van december 2023 (productie 15) heeft de Europese voedselveiligheidsautoriteit (EFSA) in 2008 een TDI (maximaal toelaatbare dagelijkse dosis) voor PFOS van 150 ng/kg lichaamsgewicht per dag vastgesteld, rekening houdend met een onzekerheidsfactor 200. Tegelijk werd door EFSA een TDI voor PFOA vastgesteld van 1500 ng/kg lichaamsgewicht per dag. Wel werd toen opgemerkt dat er nog weinig toxicologische studies voor deze stoffen beschikbaar waren."

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			blootgesteld, en één van de 4 PFAS zorgt al voor een blootstelling van 4,4 ng/kg/wk, dan betekent dat dat de blootstelling aan de andere van de EFSA-4 PFAS nul moet zijn. Er is dan geen ruimte meer om blootstelling aan een 2^e, 3^e of 4^e PFAS te hebben. In Productie 15 is ten onrechte aangenomen dat elk van de EFSA-4 PFAS maximaal een kwart van de TWI mag opvullen (4,4 ng/kg/week = 0,63 ng/kg/dag; 0,63 ng/kg/dag gedeeld door 4 PFAS = 0,16 ng/kg/dag) om de factor verlaging van de advieswaarde te berekenen. Afhankelijk van de blootstelling aan de andere 3 PFAS zal de TWI voor elke afzonderlijke PFAS tussen nul en 4,4 ng/kg lichaamsgewicht/week liggen. De verlaging van de advieswaarde tussen 2008 en 2020 is dan voor PFOA een factor tussen ~2400 en oneindig groot (respectievelijk 1500/0,63 en 1500/0). Voor PFOS komt het neer op een factor tussen ~240 en oneindig groot (respectievelijk 150/0,63 en 150/0).	
	24	791	Voor GenX is geen TWI afgeleid door EFSA. In 2016 leidde het RIVM een tijdelijke TDI voor GenX af voor inhalatoire en orale blootstelling (Beekman et al. 2016; Janssen 2016). Deze tijdelijke TDI wordt ondertussen niet meer gebruikt door het RIVM, omdat een groep van veel voorkomende PFAS (https://www.rivm.nl/pfas/rpf) nu wordt beoordeeld met behulp van relatieve potentie factoren en de EFSA-4 PFAS TWI.	Beekman et al (2016). Evaluation of substances used in the GenX technology by Chemours, Dordrecht RIVM letter report 2016-0174. Janssen, P. (2016). Bijlage bij brief 0148/2016/M&V/EvS/AV. Derivation of a lifetime drinking-water guideline for 2,3,3,3-tetrafluoro-2-

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
				(heptafluoropropoxy)propanoic acid (FRD-903) – Revised January 2017. Relatieve potentie factoren: https://www.rivm.nl/pfas/rpf
	24	793-794	<i>"Het gevolg van deze scherpe daling in de EFSA-advieswaarden is dat zowel drinkwater als een groot aantal voedingsmiddelen zich nu plotseling op of over de grens van een toelaatbare concentratie bevinden (zie 3.2)."</i> Deze zin suggereert ten onrechte dat de EFSA-advieswaarde (TWI) direct vertaald kan worden naar toelaatbare concentraties (oftewel maximum concentratie limieten of normen in voeding). De methode van de afleiding van maximum concentratie limieten wordt (correct) beschreven in 4.3.4 van Productie 15. In paragraaf 3.2 wordt geen melding gedaan van normen of risicogrenzen voor voedingsmiddelen, met uitzondering van zelf gevangen vis uit oppervlaktewater. Zoals beschreven in 3.2 is de drinkwaterrichtwaarde afgeleid op basis van de EFSA-advieswaarde.	Zie commentaar bij paragraaf 3.2
4.3.2	24	798-799	<i>"Bedacht moet worden dat de fout in de analyse circa 25% bedraagt."</i> Het is onduidelijk waar de opmerking over een fout in de analyse van +/- 25% vandaan komt, er wordt geen referentie of wetenschappelijke onderbouwing gepresenteerd. Het toepassen van deze 25% foutmarge wordt niet beschreven door EFSA (Schrenk et al. 2020).	Schrenk, D., et al. (2020). Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food EFSA Journal 18, 6223.
	24	811	<i>"PFAS zijn wel kankerverwekkend, maar pas bij hogere gehalten in het bloed"</i>. Voor een aantal PFAS klopt deze bewering, maar de meeste PFAS zijn niet onderzocht op carcinogeniteit. Het ontbreken van	Zahm, S., Bonde, J. P., Chiu, W. A., Hoppin, J., Kanno, J., Abdallah, M., ... & Schubauer-Berigan, M. K. (2024).

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			een duidelijke definitie van PFAS in Productie 15 (zie Hoofdstuk 3. Algemene bevindingen RIVM) draagt mogelijk bij aan de te algemene uitspraak over de carcinogeniteit van PFAS. Uit: https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2023/09/14/beantwoording-kamervragen-over-berichtgeving-omtrent-pfas/beantwoording-kamervragen-over-berichtgeving-omtrent-pfas.pdf In de literatuur zijn verschillende studies gepubliceerd waarin de relatie tussen blootstelling aan PFAS en kanker is onderzocht. Het merendeel van deze onderzoeken zijn gericht op PFOA en PFOS. Over andere PFAS is veel minder bekend. PFOA is onderzocht in proefdieren en in epidemiologische studies, in drie verschillende soorten populaties: werknemers in chemische fabrieken die PFOA produceren of gebruiken, omwonenden van chemische fabrieken die het (drink)water verontreinigen met PFOA, en de algemene bevolking. Erkende instanties als het Internationaal Agentschap voor kankeronderzoek (IARC), de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA) en het Amerikaanse Agentschap voor Milieubescherming (US EPA) hebben deze onderzoeken integraal beschouwd en daar een onafhankelijk wetenschappelijk oordeel over gegeven. [...] Volgens EFSA zijn PFOS, PFNA en PFDA levertumor promotoren gevonden in regenboogforellen (EFSA, 2020). EFSA concludeerde dat er onvoldoende bewijs is voor carcinogeniteit	Carcinogenicity of perfluorooctanoic acid and perfluorooctanesulfonic acid The Lancet Oncology, 25(1), 16-17. Jacobs, M. N., Colacci, A., Corvi, R., Vaccari, M., Aguila, M. C., Corvaro, M., ... & Vasseur, P. (2020). Chemical carcinogen safety testing: OECD expert group international consensus on the development of an integrated approach for the testing and assessment of chemical non-genotoxic carcinogens Archives of toxicology, 94, 2899-2923.

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			van PFOS en PFOA bij mensen uit epidemiologische studies, maar dat beide stoffen wel kanker veroorzaken in ratten (EFSA, 2020). US EPA vond dat er een "suggestief bewijs van carcinogeen potentieel" is voor PFOA (US EPA, 2016a), PFOS (US EPA, 2016b) en GenX stoffen (US EPA, 2018). Voor PFOS en GenX stoffen was dit oordeel voornamelijk gebaseerd op aanwijzingen voor kanker van de lever (zowel PFOS als GenX stoffen) en alvleesklier (alleen GenX stoffen) in ratten. In Europa hebben de beschikbare studies met PFAS geresulteerd in een classificatie als kankerverwekkend categorie 2 ("verdacht van het veroorzaken van kanker") onder de CLP Verordening. Momenteel is dat het geval voor PFOA, PFOS, PFNA en PFDA en diverse zouten hiervan. Deze categorie komt overeen met categorie 2B van IARC. Diverse andere PFAS die in Europa geregistreerd zijn onder de REACH Verordening zijn door de registranten zelf geclassificeerd als kankerverwekkend categorie 2 of categorie 1A/B ("kan kanker veroorzaken").	
	25	821-822	In Tabel 6 wordt een overzicht gegeven van de HBM-I en HBM-II gezondheidkundige toetsingswaarden voor PFOA en PFOS, en bijbehorend advies voor eventuele opvolging. De aanbevelingen zoals aangegeven in de derde kolom van Tabel 6 zijn die van de Duitse humane biomonitoring (HBM) commissie (https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/health/commissions-working-groups/human-biomonitoring-commission-hbm-commission) en die van het Vlaamse Departement Omgeving in de context van de Jongerenstudie in de omgeving van 3M (Zwijndrecht BE).	CET PHS GOR. (2022). Nut en noodzaak van gezondheidsonderzoek naar aanleiding van PFAS in de Westerschelde. https://www.ggdzeeland.nl/app/uploads/2022/07/Advies-CET-PSH-GOR-PFAS-in-de-Westerschelde.pdf

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			In 2022 gaf het crisis expert team (CET) psychosociale hulpverlening (PHS) en gezondheidsonderzoek bij rampen en incidenten (GOR), op verzoek van de GGD Zeeland, aan dat "regionaal gezondheidsonderzoek in de regio Westerschelde niet bijdraagt aan betere gezondheidszorg (preventie, diagnostiek, of behandeling) op individueel of collectief niveau. PFAS- concentraties in bloed van mensen wonend langs de Westerschelde zullen niet gekoppeld kunnen worden aan blootstellingsbronnen of aan eventueel op individueel niveau optredende gezondheidseffecten. Ook zullen deze resultaten niet bijdragen aan aanvullende maatregelen om blootstelling of gezondheidseffecten te beperken. Het is bekend dat de Nederlandse bevolking wordt blootgesteld aan te veel PFAS en dat er nationaal en internationaal beleid nodig is om deze blootstelling te verminderen." Bovenstaande kritische opmerkingen van het CET PSH GOR in acht nemend, is het dus de vraag in hoeverre de adviezen in kolom 3 van Tabel 6 (zoals "<i>Deelnemers worden aangeraden om de tips bij de resultatenbrief toe te passen en de checklist te raadplegen om mogelijke bronnen in hun omgeving (anders dan 3M) te proberen identificeren</i>" en "<i>er wordt een consultatie aangeboden met een milieu-arts of milieukundige voor advies op maat</i>") daadwerkelijk bijdragen aan een betere gezondheidszorg voor het individu, zonder identificatie van specifieke bronnen van blootstelling.	
	26	825-827 & 831-837	"Het RIVM heeft voorgesteld een systeem van toxiciteitsequivalentiefactoren (TEFs) in te voeren, zoals we dat kennen van de dioxines (Bil et al. 2022)"	RIVM 2021. Notitie implementatie van de EFSA som-TWI PFAS.

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			Het RIVM heeft voorgesteld een systeem van relatieve potentiefactoren (RPFs) toe te kennen voor risicobeoordeling van PFAS, in combinatie met de EFSA-4 PFAS TWI (RIVM 2021). RPFs (voor dioxines ook wel relatieve effect potenties (REPs) genoemd), hebben minder onderliggend bewijs dan TEFs (wat gewogen waarden zijn op basis van REP datasets) (DeVito et al. 2024) <i>"De voorgestelde TEF's (ook wel relatieve potentiefactoren, RPF, genoemd) voor humane biomonitoring staan vermeld in Tabel 7. Omdat dit systeem nog in ontwikkeling is, is niet uitgesloten dat de factoren nog iets zullen veranderen. In een eerdere publicatie van Bil et al. (2021) werden externe TEF's voorgesteld die gebruikt kunnen worden voor berekeningen vanuit het PFAS gehalten in het milieu. Die zijn weer licht verschillend van die in Tabel 7. Deze factoren zijn, ondanks de nog gaande wetenschappelijke discussie, al wel in correspondentie met de overheid gebruikt."</i> In het citaat hierboven wordt gesuggereerd dat interne en externe RPFs met elkaar overeen zouden moeten komen. Echter, interne RPFs hebben een andere toepassing dan externe RPFs. Dat komt doordat zowel de intrinsieke toxiciteit als de kinetiek (waaronder het accumulatiepotentieel) van een PFAS invloed heeft op de RPF schatting. Omdat PFAS verschillen in kinetiek, volgt hier logischerwijs uit dat RPFs op basis van externe inname niet hetzelfde zijn als systemische RPFs op bloedniveau, of RPFs op basis van <i>in vitro</i> (nominale) concentraties. Dit wordt ondersteund door de analyses in Bil et al. (2022b).	DeVito, M., Bokkers, B., van Duursen, M. B., van Ede, K., Feeley, M., Gáspár, E. A. F., ... & van den Berg, M. (2024). The 2022 world health organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for polychlorinated dioxins, dibenzofurans and biphenyls Regulatory Toxicology and Pharmacology, 146, 105525. Bil, W., Zeilmaker, M., Fragki, S., Lijzen, J., Verbruggen, E., & Bokkers, B. (2021). Risk Assessment of Per- and Polyfluoroalkyl Substance Mixtures: A Relative Potency Factor Approach Environmental toxicology and chemistry, 40(3), 859-870. Bil, W., Zeilmaker, M., Fragki, S., Lijzen, J., Verbruggen, E., & Bokkers, B. (2022a). Response to Letter to the Editor on Bil et al. 2021" Risk Assessment of Per-and Polyfluoroalkyl Substance Mixtures: A Relative Potency Factor Approach". Environmental Toxicology & Chemistry, 41(1).

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			Externe RPF waarden en systemische (interne) RPF waarden dienen dus verschillende doeleinden, en moeten niet door elkaar gebruikt worden. De getallen die in tabel 7 staan zijn interne RPFs bedoeld voor interpretatie van bloedwaarden, terwijl de heading verwijst naar RPFs die het RIVM gebruikt in de risicobeoordeling en het opstellen van richtwaarden. Daar worden externe RPFs voor gebruikt. Externe RPFs zijn bedoeld voor beoordeling van externe (orale) blootstelling, zoals beoordeling van visconsumptie of wekelijkse cumulatieve blootstelling vanuit voeding en drinkwater, en van concentraties in matrices waaraan mensen direct en oraal aan worden blootgesteld (bijv. drinkwater, zwemwater, voedingsmiddelen) (Bil et al. 2021; Bil et al. 2022a). Interne RPFs (Bil et al. 2022b; Bil et al. 2023) zijn bedoeld voor interpretatie van (steady-state) bloedconcentraties. Inmiddels zijn er interne RPF waarden afgeleid voor PFAS op basis van 5 verschillende toxicologische eindpunten, waarvoor ook op basis van immunotoxicologische gegevens (afname in milt en thymus gewicht). Analyses toonden aan dat interne RPFs op basis van levereffecten en immuuneffecten met elkaar overeenkomen (Bil et al. 2023). Opgemerkt dient te worden dat RPF waarden gecombineerd worden met relatieve bioaccumulatie factor (RBF) waarden bij risicobeoordeling van concentraties in matrices waaraan mensen indirect aan kunnen worden blootgesteld (bijvoorbeeld bij visconsumptie vanuit oppervlaktewater) (Smit en Verbruggen 2022).	Bil, W., Zeilmaker, M. J., & Bokkers, B. G. (2022b). Internal Relative Potency Factors for the Risk Assessment of Mixtures of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Human Biomonitoring Environmental Health Perspectives, 130(7), 077005. Bil, W., Ehrlich, V., Chen, G., Vandebriel, R., Zeilmaker, M., Luijten, M., ... & Bokkers, B. (2023). Internal relative potency factors based on immunotoxicity for the risk assessment of mixtures of per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in human biomonitoring. Environment International, 171, 107727. Smit, E. en Verbruggen E. (2022). Risicogrenzen voor PFAS in oppervlaktewater. Doorvertaling van de gezondheidkundige grenswaarde van EFSA naar concentraties in water. RIVM briefrapport 2022-0074.

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
				RIVM 2021: Notitie implementatie van de EFSA som-TWI PFAS https://www.rivm.nl/pfas/rpf
	26	842-844	De RPFs in Tabel 7 zijn interne RPFs die worden gebruikt voor interpretatie van PFAS concentraties in bloed. De RPF waarden de beoordeling van directe orale externe blootstelling aan PFAS zijn hier te vinden: https://www.rivm.nl/pfas/rpf . Het beeld rond RPFs zou completer zijn wanneer ook deze waarden in Productie 15 waren opgenomen.	
4.3.4	26	853-855	<i>"Zou dat wel gedaan zijn, dan zou in Nederland in het geheel geen zoetwatervis en vermoedelijk ook geen zeevis, mosselen en garnalen afkomstig van de kust gegeten kunnen worden."</i> De onderbouwing en/of referenties voor deze bewering is afwezig.	Nvt
4.3.4	26-27	847-866; 877-885	Het afleiden van maximumgehalten (MLs) op basis van voorkomen (en niet op basis van toxicologische gegevens) is niet specifiek voor PFAS of dioxines, maar geldt voor alle contaminanten die vallen onder Verordening (EU) 2023/915 (wat Verordening EU 1881/2006 vervangt). Uit Bulder et al. (2020): Wetgeving voor contaminanten in voedsel en diervoeder is volledig geharmoniseerd op Europees niveau. Maximumgehalten (Maximum Limits, ML's) voor contaminanten worden opgenomen in de Verordening EU (nr.) 1881/2006. Ze zijn direct geldend in alle EU lidstaten. Voor enkele contaminanten waar geen Europese ML's beschikbaar voor zijn, staan er wettelijke limieten in de Nederlandse Warenwet. Naast het opstellen van ML's kan ook gekozen worden voor niet-wettelijke beheersmaatregelen.	A. Bulder, B. Van de Ven, M. Van der Aa, E. Smit, A.M. Wintersen, L. Geraerts, M.E.J. Pronk, M. Beekman, B.G.H. Bokkers, J.K. Verhoeven. (2020). Notitie: status van een EFSA-opinie en de rol van een gezondheidkundige grenswaarde in verschillende beleidskaders.

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			Voorbeelden hiervan zijn 'zachtere' limieten (bijvoorbeeld guideline of action levels) of 'Aanbevelingen voor monitoring' waarin de lidstaten opgeroepen worden om data te verzamelen. Ook kunnen gidsen voor goede praktijken (Codes of practice) worden opgesteld in 'Aanbevelingen'.	
	27	861-866	Niet volledig door RIVM gecontroleerd	Nvt
	27	868-876	<i>"Samengevat kan gesteld worden dat er onder de EFSA-richtlijn, 6,9 µg/L, geen kans is dat er gezondheidseffecten optreden."</i> Deze bewoording wordt normaliter niet gebruikt in wetenschappelijke risicobeoordelingen. Tenzij blootstelling totaal uitgesloten kan worden (d.w.z. de blootstelling is absoluut nul, wat niet het geval is bij PFAS), is er altijd een risico op gezondheidseffecten. Maar hoe lager de blootstelling hoe lager het gezondheidsrisico.	Nvt
	27	877-885 16	Niet door RIVM gecontroleerd	Nvt
4.4	27-28	890-893	Noot ^d bij Tabel 8: <i>"Als veilige waarde is een vierde van de Σ4EFSA PFAS (6.9 µg/L) genomen. EFSA spreekt zich niet uit over een meer of mindere toxiciteit van een van de vier betrokken PFAS in deze som."</i> Het uitgangspunt van de EFSA-4 PFAS TWI is een bloedserumspiegel van volwassenen van 6,9 ng EFSA-4	

¹⁶ Dagvaarding randnummer 315 verwijst naar het ALARA principe (paragraaf 4.3.4) in Productie 15, met de tekst:

"Prof. dr. W.P. de Voogt en prof. dr. J. de Boer komend tot dezelfde conclusie in hun rapport "Wetenschappelijke informatie over het voorkomen, gedrag en effecten op mens en milieu van PFAS" van december 2023 (productie 15). Zij concluderen, net als het RIVM, dat de vanaf 2023 gelden EU normen voor PFAS in vis en andere voedingsmiddelen (de verordening van 7 december 2022 (EU 2022/2388) niet rechtstreeks van de EFSA-richtlijn voor maximale wekelijkse opname van PFAS zijn afgeleid. De reden hiervoor is, zo vermelden zij, dat anders in Nederland in het geheel geen zoetwatervis en vermoedelijk ook geen zeevis, mosselen en garnalen afkomstig van de kust gegeten kunnen worden. Omdat vis ook veel nuttige voedingsstoffen bevat zoals bijvoorbeeld onverzadigde vetzuren, is daarom het ALARA principe toegepast. De norm voor een contaminant in een bepaald voedingsmiddel wordt hoger gesteld dan op basis van de toxicologie nodig zou zijn om zo toch consumptie van dat voedingsmiddel mogelijk te maken, ondanks dat de consument zodoende te veel van de contaminant naar binnen krijgt. Overigens komt dit overeen met hetgeen het RIVM (iets meer omfloerst) stelt in haar notitie: "Omdat de aanwezigheid van contaminanten vaak niet zomaar voorkomen kan worden, worden ML's op basis van haalbaarheid vastgesteld en geldt hierbij het principe van ALARA (As Low As Reasonably Achievable)"."

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			PFAS/mL. De veilige waarde van 1,7 ng PFOA/ mL is een kwart van deze bloedserumspiegel. In een RIVM rapport (2021) staat deze manier van interpreteren beschreven als zeer behoudend ('worst-case'). Immers ook in de situatie dat de andere drie EFSA-PFAS geheel afwezig zijn, mag bij deze wijze van interpreteren, één van de vier EFSA-PFAS slechts een kwart van de TWI opvullen. Verder is de EFSA-4 PFAS TWI een transgenerationele waarde. Dat wil zeggen, de EFSA TWI heeft als uitgangspunt pasgeborenen te beschermen voor gezondheidseffecten op het immuunsysteem ten gevolge van moedermelkconsumptie, en houdt daarbij rekening met levenslange blootstelling aan PFAS bij de moeder. Voor interpretatie van gezondheidsrisico's bij mannelijke werknemers (waarop dit transgenerationele blootstellingsscenario niet van toepassing is), worden bloedmetingen idealiter vergeleken met een gezondheidkundige grenswaarde zonder deze transgenerationele component. Voorbeelden van geschikte risicoboordeelingsmethoden hiervoor staan omschreven in National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2022).	RIVM (2021). Notitie implementatie van de EFSA som-TWI PFAS. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2022). Guidance on PFAS Exposure, Testing, and Clinical Follow-Up. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/26156.
4.4	27	893-896 & Tabel 8	De veilige concentratie EFSA-4 PFAS in moedermelk wordt hier berekend op ca. 100 ng/kg door de auteurs van Productie 15. Een onderbouwing van deze waarde ontbreekt echter. In Schrenk et al 2020 (pagina 143) wordt een waarde van 0.133 ng/mL (=133 ng/L) gerapporteerd. Het soortelijk gewicht van (koe)melk is ~1.03 g/cm³ (Parmar et al. 2020). Dus de veilige waarde van EFSA is ongeveer (133/1.03=) 130 ng/kg, en daarmee 30% hoger dan de auteurs van Productie 15 vermelden.	Parmar et al. 2020: The Effect of Compositional Changes Due to Seasonal Variation on Milk Density and the Determination of Season-Based Density Conversion Factors for Use in the Dairy Industry

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
	27	897-899	<i>"Bovendien, zijn ze, via de navelstreng, al voor de geboorte blootgesteld aan hogere PFAS-gehalten, vanwege de binding van PFAS aan albumine in het bloed van de moeder."</i> Uit de tekst kan niet worden opgemaakt waarmee de concentratie in bloed van baby's voor de geboorte mee wordt vergeleken. De term "hogere gehalten" suggereert een vergelijking met andere (lagere) concentraties. De auteurs geven geen onderbouwing of referentie waarom of hoe de binding van PFAS aan albumine in het bloed van de moeder kan leiden tot blootstelling van het ongeboren kind.	Nvt
		899-900	<i>"In het PFAS-patroon dat in bloed en moedermelk van inwoners werd gevonden is PFOA steeds dominant"</i> Een onderbouwing en/of referentie voor deze stelling ontbreekt. Deze stelling lijkt op een andere studie te zijn gebaseerd dan de hierna beschreven studie van Van Beijsterveldt et al.	Nvt
	28	940	<i>"Het PFOA-gehalte in moedermelk blijft net onder de advieswaarden van de EFSA."</i> Bij deze uitspraak zijn de auteurs uitgegaan van een waarde van 100 ng EFSA-4 PFAS/kg voor moedermelk. Zie commentaar op regel 893-896: de EFSA waarde voor moedermelk is ongeveer 130 ng/kg. Het is de vraag of de maximale gehalte PFOA uit tabel 8 voor moedermelk (53 ng/kg) geïnterpreteerd kan worden als 'nét onder de maximale waarde'.	Schrenk et al 2020, pagina 143
	29	958-960	De referentie De Boer (2023) betreft een verwijzing naar een symposium. Een beschrijving van de studie waarin de bloedconcentraties zijn bepaald, is niet terug te vinden en kan daarom niet op relevantie en juistheid worden gewogen.	Nvt

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
		965-967	"Vis (<i>bot</i> , <i>Platichthys flesus</i>) uit de Westerschelde bleek 24 µg/L PFOS te vatten, sediment uit de Westerschelde 500 ng/kg ds, en lamsoren 350 ng/kg dw." Een onderbouwing en/of referentie voor deze data ontbreekt en kan daarom niet op relevantie en juistheid worden gewogen.	Nvt
		972-979	Voor de bron van de genoemde meetresultaten wordt verwezen naar De Boer (2023). Deze referentie betreft een verwijzing naar een symposium. Een beschrijving van de studie waarin de concentraties zijn bepaald, is niet terug te vinden en kan daarom niet op relevantie en juistheid worden gewogen. "In moedermelk werden Σ4EFSA gehalten van 200-240 ng/L gevonden, ruim tweemaal boven de door EFSA aangenomen veilige waarde,.." Bij deze uitspraak zijn de auteurs uitgegaan van een waarde van 100 ng EFSA-4 PFAS/kg voor moedermelk. Zie commentaar op regel 893-896: de EFSA waarde voor moedermelk is ongeveer 130 ng EFSA-4 PFAS/kg. De gehalten van 200-240 ng/L liggen boven de EFSA waarde voor moedermelk van 130 ng/kg, echter deze wordt overschreden met een factor 1,5 (=200/130) tot een factor 1,8 (=240/130).	Schrenk et al 2020, pagina 143
	29	976-977	"veilige waarde volgens RIVM 4,4 ng/L". Hier hoort de toevoeging bij "uitgedrukt als PFOA-equivalenten".	https://www.rivm.nl/pfas/drinkwater
4.5	30-31	1020-1023	"Als dat onderzoek al gedaan is, dan alleen door de industrie. De informatie is dan slecht of niet toegankelijk." Dat veel stoffen alleen door de industrie zijn onderzocht is het gevolg van Europese (REACH) wetgeving (REACH Regulation (EC 1907/2006). Registranten zijn via artikel 10.a van REACH verplicht uitgebreide studiesamenvattingen op te leveren in het registratiedossier van een stof. Het Europees Chemicaliën Agentschap maakt deze samenvattingen publiekelijk beschikbaar conform artikel 119.2 van REACH. De	Shirke, A. V., Radke, E. G., Lin, C., Blain, R., Vetter, N., Lemeris, C., ... & Carlson, L. M. (2024). Expanded Systematic Evidence Map for Hundreds of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) and Comprehensive PFAS Human Health Dashboard Environmental

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			gevolgtrekking dat informatie van de industrie per definitie slecht of niet toegankelijk is wordt niet onderbouwd. Op andere continenten, zoals in de VS, is het beoordelingssysteem van chemische stoffen anders ingericht, en doen overheidsinstanties zelf meer wetenschappelijk onderzoek. De systematische gezondheidskaarten van de US-EPA hebben bijvoorbeeld tot doel beter inzicht te geven in de PFAS op de markt en de mogelijke gezondheidseffecten die ze kunnen veroorzaken (Shirke et al. 2024).	Health Perspectives, 132(2), 026001.
	31	1023-1026	"Het op de markt kunnen brengen beschreven voor PFAS". Niet door RIVM gecontroleerd	Nvt
	31	1037-1043	"Op basis van acute letaliteitswaarden worden wisselende factoren van 2,5 of 10 genoemd of gesuggereerd voor de extra giftigheid van PFIB ten opzichte van fosgeen (WHO, 2004; Patocka, 2019). Dat betekent dat het (internationaal) streng verboden is om dergelijke gassen te maken of te bezitten. Blijkbaar is het wel mogelijk om dit gas af en toe over de hoofden van de bevolking van Dordrecht/Sliedrecht te lozen. Het RIVM adviseert een maximaal toelaatbare PFIB-concentratie van 8,2 µg/m ³ " In het advies van Janssen (2017) staat vermeld dat 8,2 µg/m ³ als een toetswaarde voor kortdurende blootstelling dient te worden gebruikt. "Bij een verwachte duur van de PFIB emissies van 15 minuten tot 1 uur, kan de toetswaarde van 8,2 µg/m ³ voor een blootstellingsduur van maximaal één uur gebruikt worden." In hetzelfde rapport staat ook vermeld dat "voor PFIB geen MTR _{lucht} (chronische blootstellingsnorm) afgeleid [kan] worden vanwege het ontbreken van toxicologische gegevens. Mocht zich chronische blootstelling voordoen dan kan getoetst worden op basis van de chronische blootstellingsnorm van 0,3	Janssen (2017). Afleiding van MTR _{lucht} voor perfluoroisobuteen (PFIB). https://rvs.rivm.nl/sites/default/files/2018-05/PFIB_MTRlucht_Definitief_revisie%2015-02-2017.pdf

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			µg/m ³ voor fosgeen. Rekening houdend met de naar schatting driemaal grotere toxische potentie kan voor PFIB een indicatief MTR _{lucht} van 0,1 µg/m ³ toegepast worden." In paragraaf 4.5.1.1 vermelden de auteurs niet dat de toetsingswaarde 8,2 µg/m ³ voor kortdurende blootstelling is en er voor langdurende blootstelling een MTR _{lucht} van 0,1 µg/m ³ geadviseerd is door het RIVM, rekening houdend met informatie over de toxische eigenschappen van fosgeen.	
	31	1044 - 1046	Niet door RIVM gecontroleerd	Nvt
	31	1050-1051	".... de snelle eliminatie van GenX (43 uur) uit het menselijk lichaam (Fig. 4)". Zie de eerdere opmerking over eliminatiesnelheid (pagina 22, regel 749).	Nvt
4.5.1.2	31	1050-1053	"Daarmee is GenX geen bioaccumulerende stof. Echter, GenX is net zo persistent en bioaccumulatief als PFOA." De bewering van de auteurs dat GenX geen bioaccumulerende stof is behoeft enige nuance. Omdat er zorgen waren over het mogelijke accumulatie potentieel van GenX in zoogdieren (inclusief de mens), werd dit verder onderzocht in een REACH stofevaluatie (zie opmerking pagina 22, regel 749). De PBT Expert Groep van ECHA 19 november 2021 concludeerde dat op basis van de beschikbare data EC 700-242-3; Ammonium 2,3,3,3-tetrafluoro-2-(heptafluoropropoxy)propanoate (HFPO-DA, een GenX stof) minder accumulatief is in de mens dan andere PFAS (b.v. PFHxS), maar dat er op basis van deze data niet geconcludeerd kan worden dat HFPO-DA (GenX) niet aan het B(ioaccumulatie)-criterium voldoet (door gebrek aan een criterium voor beoordeling van zulke data).	SVHC rapport voor PFOA support document pfoa 201306 14 (europa.eu) SVHC rapport voor GenX Annex XV report (europa.eu) Verslag PBT Expert Groep ECHA november 2021
	32	1084-1086	Regelmatig verschijnen er epidemiologische studies die een associatie beschrijven van uiteenlopende effecten en PFAS. De auteurs maken niet duidelijk waarom juist deze studie van	

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			Delcourt et al (2023) in dit verband wordt genoemd. En of deze kwalitatief volstaat om als bewijs te dienen dat PFAS de oorzaak is van het betreffende effect. De auteurs vermelden terecht (r 1086) dat de bevindingen nog meer bevestiging nodig hebben.	
	32	1089-1091	<i>"Zo werd in 1993 in arbeiders blootgesteld aan PFOA een verhoogd risico op dood door prostaatkanker vastgesteld (Gilliland and Mandel, 1993)".</i> De auteurs van Productie 15 trekken stellige conclusies uit de studie van Gilliland en Mandel. Zelf zijn Gilliland en Mandel terecht voorzichtiger vanwege de lage incidenties in de studie: "There were only six prostate cancer deaths overall and four among the exposed workers; thus, the results must be interpreted cautiously."	Gilliland and Mandel 1993: Mortality among employees of a perfluorooctanoic acid production plant
	33	1116-1118	<i>"Recent werd ook een associatie gevonden tussen PFOS en PFOA-blootstelling en eierstokkanker (Cathey et al., 2023)."</i> Wekelijks verschijnen er epidemiologische studies die een associatie beschrijven van uiteenlopende effecten en PFAS. De auteurs maken niet duidelijk waarom juist deze studie van Cathey et al., (2023) in dit verband wordt genoemd. En of deze kwalitatief volstaat om als bewijs te dienen dat PFAS de oorzaak is van het betreffende effect. Deze opmerking is vergelijkbaar met opmerking bij regels 1084-1086.	Nvt
	33	1119-1121	<i>"In Vlaanderen werd recent in een jongerenstudie [.....] een verband vastgesteld tussen verhoogde PFOS-gehalten in serum en een vertraging in de puberteit."</i> Er is geen feitelijke onjuistheid. Maar als toelichting; de aanwezigheid van 'een verband' is niet per definitie een oorzaak-gevolg relatie.	Zie bronverwijzing in Productie 15.

4.5 Detailopmerkingen bij hoofdstuk 5: "De Nederlandse Staat en PFAS"

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
5.1	34	1128-1142	Niet door RIVM gecontroleerd	Nvt
5.1.1	34	1146-1147	<i>"Overbelasting met organische stoffen leidde in Nederland in de loop van de jaren zestig tot zuurstofgebrek en 'dood' water."</i> De hier beschreven effecten zijn gerelateerd aan eutrofiering en niet aan mogelijke effecten van persistente stoffen. Er wordt geen bron aangeleverd dat deze effecten gerelateerd zouden zijn aan organische contaminanten.	Compendium voor de leefomgeving: Vermesting van oppervlaktewater, 1990 - 2021 Compendium voor de Leefomgeving (clo.nl)
	34	1159-1162	<i>"De persistentie van deze stoffen is een gevolg van hun chemische structuur, waarbij vooral de aanwezigheid van halogeen-atomen van groot belang is. Het was wel al veel eerder bekend dat bindingen tussen koolstofatomen en halogenen zoals chloor-, broom, en ook fluoratomen moeilijk te verbreken zijn (zie 2.1) en stoffen die daaruit bestaan moeilijk zijn af te breken."</i> In deze zin wordt gesteld dat al eerder bekend was dat bindingen tussen koolstofatomen en halogenen moeilijk te verbreken zijn. Voor de onderbouwing hiervan wordt verwezen naar sectie 2.1. In 2.1 staat echter niet meer dan dat de band tussen fluor en koolstof de sterkste van alle koolstof-halogeenvverbindingen is. Een referentie wordt niet vermeld. Ook is niet duidelijk vanaf welk moment dit inzicht bestaat.	Nvt
	35	1169-1170	<i>"In 2002 kwamen in de VS 75 PFAS onder de zogenaamde Significant New Use Rule Under the Toxic Substances Act te vallen..."</i> De act waarnaar gerefereerd wordt gaat over PFOS, zouten van PFOS, homologen van PFOS en polymeren die met deze stoffen geproduceerd worden. De afkorting "PFAS" die in de act gebruikt wordt staat voor perfluoralkyl sulfonaten. En is dus	02-31011.pdf (govinfo.gov)

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			niet overeenkomstig met de definitie die in regel 60 van pagina 5 van Productie 15 wordt gegeven. De regelgeving in de VS ging dus alleen over PFOS en daaraan verwante verbindingen en dus niet over PFAS (volgens definitie in Hoofdstuk 3) in het algemeen.	
5.1.2.	35	1180-1182	<i>"Over de fabriek van DuPont in Dordrecht maakte niemand in Nederland zich op dat moment zorgen, ook de overheid niet."</i> Dit lijkt een opinie van de auteurs, zonder bronvermelding. Indien de uitspraak dat niemand in Nederland zich zorgen maakte om de fabriek van DuPont in Dordrecht letterlijk wordt geïnterpreteerd dan is deze onjuist. Zo wordt in het RIVM rapport "Emissie en verspreiding van geur en toxische stoffen in de omgeving van de Tweede en Derde Merwedehaven te Dordrecht en de hiermee samenhangende gezondheidsaspecten" van september 2000, onder andere aandacht gevraagd voor de uitstoot van gefluorideerde verbindingen door Dupont.	Emissie en verspreiding van geur en toxische stoffen in de omgeving van de Tweede en Derde Merwedehaven te Dordrecht en de hiermee samenhangende gezondheidsaspecten
	35	1185-1187	<i>"Op basis van dat rapport werd door de meeste onderzoekers de inschatting gemaakt dat deze twee PFAS geen grote bedreiging voor de volksgezondheid in Nederland zouden vormen".</i> Het is onduidelijk welke onderzoekers hiermee bedoeld worden.	Nvt
	35	1187	<i>"RIKILT-publicatie uit 2011"</i> Deze referentie mist in de referentielijst van Productie 15. De auteurs lijken te verwijzen naar een RIVM studie in samenwerking met de Vrije Universiteit uit 2010 (ipv 2011). De referentie (Noorlander et al., 2011) in regel 1177 betreft een wetenschappelijk manuscript gebaseerd op die RIVM studie. (zie ook opmerking bij p38 r1323).	RIVM studie 2010: Dietary intake of PFOS and PFOA in The Netherlands Noorlander, C.W., et al. (2011). Levels of perfluorinated compounds in food and dietary intake of PFOS and PFOA in the

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
				Netherlands. J. Agric. Food Chem. 59, 7496-7505.
	35	1194-1202	De auteurs herhalen hier een aantal punten uit Hoofdstuk 4. Zie de detailopmerkingen over deze teksten bij hoofdstuk 4.	Nvt
	35	1202-1208	Niet door RIVM gecontroleerd	Nvt
5.1.3	36	1213-1217	Niet volledig door RIVM gecontroleerd	Nvt
	36	1214-1217	<i>"De cruciale vraag is nu: had de Nederlandse overheid bij het afgeven van lozingsvergunningen die de lozing van ongezuiverde PFOA op de Merwede van 12.000 kg (en mogelijk meer) per jaar gedurende ten minste 40 jaar kennis kunnen hebben over de persistente, bioaccumulerende en toxische eigenschappen van PFOA?"</i> PBT status van PFOA is in 2013 op Europees niveau vastgesteld en de stof is in 2015 voorgesteld voor opname op de POP-lijst. Tegen die tijd was de productie van PFOA in Dordrecht al gestopt. Wat betreft <i>"de lozing van ongezuiverde PFOA"</i>, nemen we aan dat de auteurs hier de lozing van "ongezuiverd afvalwater dat PFOA bevat" bedoelen. Niet volledig door RIVM gecontroleerd	SVHC support document PBT status PFOA 2013
5.1.4	36	1220	<i>"PBT-principe (zie 1.1)"</i> Productie 15 bevat geen 1.1, waarschijnlijk wordt 2.1 bedoeld.	Nvt
5.1.5 ¹⁷	36	1239-1242	<i>"Men zou kunnen beargumenteren dat het RIVM, gegeven de hoge Teflon productie met de daarmee gepaard gaande PFOA-</i>	

¹⁷ Dagvaarding randnummer 159 verwijst naar paragraaf 5.1.5. in Productie 15, met de tekst:

"Zoals uiteengezet in het deskundigenrapport van prof. De Boer en prof. De Voogt (productie 15) had de Nederlandse Staat bij het afgeven van lozingsvergunningen van PFAS-houdend afval de afgelopen 40 jaar meer kennis kunnen dan wel moeten hebben over de eigenschappen van PFAS. De hoge Teflon productie in Nederland en de daarmee gepaard gaande PFAS-lozingen in de Merwede en de lucht, had volgens deskundigen prof. De Boer en prof. De Voogt een onderzoek door het RIVM naar de toxiciteit dan wel naar de algemene gevolgen daarvan gerechtvaardigd. Pas nadat onderzoek was uitgevoerd door een organisatie die niet verbonden was aan de Staat, begon het RIVM onderzoek te doen naar PFAS in de omgeving van Dordrecht."

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
		1243-1245	<i>lozingen in de Merwede en naar de lucht wellicht eens een eigen onderzoek naar de toxiciteit van PFOA of meer in het algemeen naar de gevolgen van de PFOA-lozingen had kunnen starten."</i> <i>"Pas een jaar na het onderzoek naar PFOA en GenX stoffen in het milieu rond Dordrecht (Brandsma et al., 2019) kwam het RIVM met eigen onderzoeksresultaten en vervolgstudies daarop."</i> Als rijkskennisinstelling signaleert en agendeert het RIVM in dienst van de samenleving. Echter, in de regel behoort het niet tot de taak van het RIVM om zelfstandig onderzoek te starten. Voor onderzoek is opdracht en financiering vanuit de (rijks)overheid nodig. De tijdlijn met betrekking tot de aandacht voor het voorkomen van PFOA en GenX in moestuingewassen is anders dan aangegeven in regel 1243-1245. Onderzoeksresultaten van een verkennende studie van Brandsma (2017) kunnen nog gemeld worden. Met in het daarop volgende jaar de publicatie van RIVM onderzoek naar het voorkomen van PFOA en GenX in moestuingewassen: In 2017 publicatie in de media (artikel Algemeen Dagblad) van resultaten van een verkennende studie naar het voorkomen van PFOA en Gen X in gras en bladeren rond de Chemours fabriek (abstract Dioxin Congress 2017). Het RIVM heeft in 2018 de risico's onderzocht van de GenX stoffen en PFOA in moestuingewassen, grond en irrigatiewater	Brandsma S, Koekoek J, van Velzen M, de Boer J (2017). The PFOA alternative GENX now detected in grass and leaves near the Teflon plant in the Netherlands. Dioxin Congress, Abstract number 10058. Brandsma, S.H., Koekkoek, J.C., van Velzen, M.J.M., de Boer, J. (2019). The PFOA alternative substitute GenX detected in grass and leaves near a fluoropolymer manufactory plant in the Netherlands. Chemosphere 220, 493-500.

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			in moestuinen rondom DuPont Chemours. De resultaten zijn in 2018 gepubliceerd.	Risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen in Dordrecht, Papendrecht en Sliedrecht RIVM memo GenX en PFOA in grond en irrigatiewater in moestuinen rondom Dupont Chemours, RIVM 2018
5.1.6 ¹⁸	36	1254-1257	Niet door RIVM gecontroleerd	Nvt
5.1.7 ¹⁹	37	1272-1274	<i>"Het is een raadsel waarom daarna andere persistente stoffen zoals gebromeerde brandvertragers (de Boer et al., 1998) en PFOA en PFOS niet meteen zijn verboden."</i> Het PBT karakter van PFOA is in 2013 vastgesteld na uitgebreide evaluatie. De stof is daarna meteen op de SVHC- en Nederlandse ZZS-lijst geplaatst. Voor ZZS geldt een minimalisatie verplichting van de vergunde uitstoot. Indien er een vergunning voor uitstoot is dan gaat minimalisatie niet direct in maar wordt de minimalisatie verplichting meegenomen bij herziening van een vergunning.	Kandidaatslijst van zeer zorgwekkende stoffen voor autorisatie – ECHA (europa.eu) Zie afzonderlijk product: overzicht plaatsing PFAS op ZZS- (en SVHC) lijst

¹⁸ Dagvaarding randnummer 160 verwijst naar paragraaf 5.1.6. in Productie 15, met de tekst:

"In het genoemde deskundigenrapport wordt eveneens benoemd dat ondanks de Parkersburg affaire, hetgeen leidde tot een miljoenenschikking, de Staat geen actie ondernam met betrekking tot Chemours. In 2004 werd collectief een zaak aangespannen tegen DuPont voor de uitstoot van PFAS, de gehele zaak liep tot 2017. Uit het in het licht hiervan ingestelde onderzoek, bleek dat in het bloed van de personen die het drinkwater dronken wat door DuPont was verontreinigd, zeer hoge gehalten PFOA aanwezig waren. Het nieuws omtrent de ernstige vervuiling in Parkersburg zou volgens De Boer en De Voogt niet bij de Nederlandse Staat zijn doorgedrongen; zelfs niet toen rond 2015 bleek dat de Chemours fabriek in Dordrecht een kopie was van de fabriek in Parkersburg."

¹⁹ Dagvaarding randnummer 161 verwijst naar paragraaf 5.1.7. in Productie 15, met de tekst:

"Tevens zou het negeren van de grens aan het zelfreinigend vermogen van de natuur ten aanzien van PFAS, volgens de deskundigen moeten worden beschouwd als de hoofdoorzaak van het PFOA-probleem in Nederland.⁴⁰ Vanaf in ieder geval 2010 bleek al uit onderzoeken dat PFAS, met name PFOA, vrijwel niet worden afgebroken in de natuur; de halfwaardetijd in kunstwateren zou meer dan 25.000 jaar zijn. In 2016 bracht het RIVM een rapport uit over de risico's van PFOA in drinkwater waarin geen rekening werd gehouden met het extreme persistente karakter van deze stof terwijl dit al vijf jaren bekend was. Het RIVM hield bovendien geen rekening met de buitenlandse publicaties omtrent PFOA waarin werd aangegeven dat het drinken van water met zelfs geringe gehalten aan PFOA kan leiden tot verhoogde risico's voor de volksgezondheid en met name met betrekking tot kinderen."

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			De uitspraak over gebromeerde brandvertragers hebben we niet gecontroleerd.	
	37	1272-1276	Niet volledig door het RIVM gecontroleerd	Nvt
	37	1282-1296	"In 2016 bracht het RIVM een rapport uit over de risico's van PFOA in drinkwater, gerelateerd met de lozingen van DuPont/Chemours (Bokkers et al., 2016). Geconstateerd werd: "Uit de risicoschatting van de blootstelling aan de stof PFOA via drinkwater blijkt dat de berekende bloedserumniveaus vanaf 1975 tot heden de (toen) veilige waarde voor PFOA in bloedserum van 89 ng/mL niet hebben overschreden. Dit betekent dat de geschatte verontreiniging van PFOA in het drinkwater op de onderzochte locaties Hendrik-Ido Ambacht en Zwijndrecht onder de veilig geachte grenswaarde voor chronische blootstelling is gebleven". Geen woord over het extreem persistente karakter van PFOA, toen dus al ruim acht jaar bekend in de literatuur. Wat ook opmerkelijk is aan dit RIVM-rapport, is dat het alleen enkele Nederlandse referenties gebruikt maar bijvoorbeeld geheel voorbijgaat aan de waarschuwing van Post et al. (2012) die behalve alarmerend schrijven over persistentie van PFOA ook aangeven dat het drinken van water met zelfs geringe gehalten aan PFOA kan leiden tot verhoogde risico's voor de volksgezondheid en dat met name kinderen een voor PFOA zeer gevoelige sub-populatie zijn." Deze tekst bevat diverse onjuistheden: De notitie van Bokkers et al. (2016) was een risicoschatting op basis van gereconstrueerde drinkwaterconcentraties die in een afzonderlijk rapport zijn gepubliceerd (Oasen 2016). Bij deze reconstructie is de persistentie van PFOA wel degelijk meegenomen. Bij de verdere risicobeoordeling is het noemen	Bokkers et al. (2016) Verhoging PFOA in drinkwater leidde niet tot overschrijding veilige waarde RIVM

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			van de persistentie dan niet meer noodzakelijk voor het trekken van een conclusie. Ook is in deze notitie geen nieuwe risicogrens afgeleid voor de risicobeoordeling, de risicogrens was reeds eerder afgeleid door Zeilmaker et al. (2016). Die afleiding is gebaseerd op originele studies. De publicatie van Post et al. Is een review artikel en bevat geen nieuwe gegevens en wordt daarom niet genoemd. En tot slot: bij de afleiding van risicogrenzen voor mensen worden ook de effecten voor gevoelige groepen zoals kinderen nadrukkelijk meegewogen.	Zeilmaker et al. 2016 Risicoschatting emissie PFOA voor omwonenden, Locatie: DuPont/Chemours, Dordrecht, Nederland (rivm.nl)
	37	1296-1298	<i>"Waar het zelfreinigend vermogen van de natuur voor PFOA nul is, liet men het lozen van grote hoeveelheden PFOA (12.000 kg/j) – en later GenX – in de Merwede gewoon doorgaan."</i> Productie 15 vermeldt niet op welke jaren de genoemde PFOA lozingen betrekking hebben. De bewering in Productie 15 over de omvang van de lozingen PFOA en GenX is door het RIVM niet gecontroleerd. Over de persistentie van de GenX stoffen hebben de auteurs van Productie 15 geen feiten aangeleverd. De GenX stoffen zijn pas in 2019 vastgesteld als SVHC en daarna meteen op de ZZS-lijst geplaatst waarna (bij een vergunningsherziening) minimalisatie van de emissie opgelegd kan worden.	Nvt
	37	1298-1299	<i>"Uit voorgaande wereldwijde problemen met de persistente stoffen DDT en PCB's was blijkbaar helemaal niets geleerd."</i> DDT en PCB's zijn stoffen die aan alle PBT criteria voldoen. Er zijn veel stoffen die aan slechts één of twee van de PBT criteria voldoen. Indien verantwoord gemaakt en gebruikt, vormen stoffen die aan slechts een of twee van de PBT criteria voldoen vormen niet per definitie een risico voor mens en milieu. Niet alle PFAS voldoen aan alle PBT criteria, er zijn zelfs PFAS die	PFAS restrictievoorstel Annex XV reporting format 040615 (europa.eu)

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			niet als persistent worden beschouwd. Enkele individuele PFAS waarvan is vastgesteld dat deze aan alle PBT criteria voldoen zijn al als SVHC aangemerkt, zoals bijvoorbeeld PFOS. Voor de groep PFAS is nu een restrictie voorgesteld. Dat komt doordat er naast de persistentie ook meerdere andere gegronde zorgen over een deel van de PFAS zijn, en het en waarvan niet kan worden uitgesloten dat deze zorgen ook van toepassing zijn andere PFAS die nog helemaal niet onderzocht zijn. Het totaalbeeld van persistentie met andere eigenschappen over de gehele groep van persistente PFAS is beschreven in de onderbouwing van het PFAS restrictievoorstel.	
5.1.8	38	1301-1302	<i>"Tenslotte is bij de toelating van GenX als alternatief voor PFOA ook volledig voorbijgegaan aan de persistentie".</i> Er bestaat in de Europese regelgeving (REACH) geen systeem van 'toelating' voor industriële chemicaliën zoals de stoffen van de GenX technologie. Onder de REACH wetgeving is het bedrijf dat de stoffen gebruikt en registreert verantwoordelijk voor de veiligheid voor mens en milieu. Hiervoor moeten bedrijven stoffen registreren en deze afhankelijk van het productie/import volume zelf onderzoeken op (o.a. schadelijke) eigenschappen. De onderzoeksresultaten moeten bij het Europese Chemicaliën Agentschap (ECHA) aangeleverd worden in het registratiedossier. Deze dossiers worden steekproefsgewijs gecontroleerd omdat er tienduizenden chemicaliën geregistreerd zijn. Daarnaast is het mogelijk voor lidstaten om een stofevaluatie te starten om de noodzaak voor aanvullende studies te bestuderen. RIVM bureau REACH heeft in 2017 een stofevaluatie van HFPO-DA (stof van de GenX technologie) in gang gezet vanwege zorgen over de mogelijke PBT- en kankerverwekkende eigenschappen van deze stof.	Chemische stoffen goed geregeld! Chemische stoffen ECHA Justification for the selection of a substance for CoRAP inclusion https://echa.europa.eu/document/s/10162/3c406708-ebd9-458d-010a-e5170ddc8f81

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			Parallel daaraan is RIVM bureau REACH in 2018 een 'Risk management option analysis (RMOA)' onder REACH gestart om te evalueren of het mogelijk was om op basis van de al in het REACH dossier aangeleverde gegevens risicomitigerende maatregelen te kunnen nemen. Zodoende zijn de GenX stoffen op Europees niveau beoordeeld waarna deze als SVHC zijn aangemerkt en in 2019 op de ZZS-lijst zijn geplaatst.	Lijst beoordeling regelgevingsbehoeften – ECHA (europa.eu) Kandidaatslijst van zeer zorgwekkende stoffen voor autorisatie – ECHA (europa.eu)
5.1.9 ²⁰	38-39	1312-1355	Niet volledig gecontroleerd door RIVM	Nvt
	38	1323-1325	<i>"Het verschijnen van berichten over PFAS in ijsberen (Giesy and Kannan, 2001) en elders in het milieu had bij de Nederlandse overheid toch ongerustheid hebben moeten veroorzaken ten aanzien van de grote lozingen van DuPont in Dordrecht."</i> De lozingen van gefluorideerde verbindingen hadden voor 2001 al de aandacht van overheden. In 2000 is aanbevolen om meer aandacht te geven aan de grote hoeveelheden gefluorideerde verbindingen die door Dupont worden geëmitteerd. Met de vermelding dat er al emissiebeperkingen voor gefluoreerde verbindingen aan Dupont zijn opgelegd. <i>"Na het RIKILT-rapport over PFAS in voeding (Noorlander et al., 2011) werd PFAS niet meer als probleemstof gezien."</i> Deze opmerking is onjuist. Zoals uit het apart geleverde overzicht van RIVM-publicaties blijkt, heeft het RIVM sinds 2011 bijna 100 documenten over PFAS gepubliceerd. Dit staat nog los van de werkzaamheden vanuit andere	Emissie en verspreiding van geur en toxische stoffen in de omgeving van de Tweede en Derde Merwedehaven te Dordrecht en de hiermee samenhangende gezondheidsaspecten Zie aan IenW geleverd Chronologisch overzicht RIVM-publicaties over PFAS RIVM 2010, Noorlander et al.:

²⁰ Dagvaarding randnummer 163 verwijst naar paragraaf 5.1.9. in Productie 15, met de tekst:

"De Staat heeft dan ook ten minste vanaf 2012 al toestemming verleend voor grote lozingen van deze soorten PFAS, terwijl het destijds wist, dan wel had moeten weten, dat de natuur geen zelfreinigend vermogen heeft ten aanzien van deze stoffen en het lozen dus ernstige milieuverontreiniging met zich zou brengen."

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			onderzoekinstellingen, ministeries en lokale overheden. Er zijn dus duidelijke aanwijzingen dat deze stofgroep een relatief grote aandacht heeft bij de Nederlandse overheid. De referentie naar Noorlander et al., 2011 betreft een publicatie naar aanleiding van een RIVM onderzoek (RIVM 2010).	https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/320126001.pdf
	38	1330-1331	<i>"Men redeneerde daarbij alleen vanuit de toxiciteit en niet vanuit de zeer hoge persistentie, een zorgwekkende misrekening."</i> Het is niet duidelijk waar deze bewering op gebaseerd is, daarbij is deze bewering niet juist. PFOA en het ammoniumzout van PFOA (APFO) zijn binnen de Europese verordening REACH (EC) No 1907/2006 in 2013 geïdentificeerd als zeer zorgwekkende stoffen (SVHC) vanwege de persistente, bioaccumulerende en toxische (PBT) eigenschappen van deze stoffen. Verder is op initiatief van Nederland de stof HFPO-DA (GenX) in 2019 in Europa als SVHC aangemerkt vanwege persistente en toxische eigenschappen in combinatie met een zeer grote mobiliteit van deze stof in het milieu. In het voorstel voor een Europese PFAS restrictie (2023) is de persistentie van de groep PFAS stoffen één van de belangrijkste pijlers van de onderbouwing. Voor de risicoschatting emissie PFOA voor omwonenden van de Chemours fabriek (RIVM 2016) heeft het RIVM een gezondheidkundige grenswaarde afgeleid aangezien bestaande gezondheidkundige grenswaarden destijds geen rekening hielden met de bioaccumulerende eigenschappen van PFOA.	RIVM 2016, Risicoschatting emissie PFOA voor omwonenden, Locatie: DuPont/Chemours, Dordrecht, Nederland (rivm.nl) PFAS restrictievoorstel Annex XV reporting format 040615 (europa.eu)
	38	1331-1336	<i>"Bij het overleg op het provinciehuis van Zuid-Holland in Den Haag , op 7 augustus 2017, over de door de VU gevonden PFOA en GenX gehalten rond de fabriek van Chemours,</i>	

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			reageerde het RIVM met de opmerking dat de modellen van het RIVM lieten zien dat de VU-data onjuist waren. Dat geeft aan dat in plaats van regelmatig te monitoren, het RIVM dacht met modelleren de zaak onder controle te kunnen houden, hetgeen duidelijk niet het geval was." Of het RIVM in het gesprek de opmerking heeft gemaakt "dat de modellen van het RIVM lieten zien dat de VU-data onjuist waren." is niet feitelijk te controleren. In de berichtgeving op de website van de gemeente Dordrecht naar aanleiding het overleg en Advisering aan het ministerie van I&M over de studie van de VU (brief aan ministerie), wordt de kwalificatie 'onjuist' niet gebruikt. De laatste zin van de aangehaalde passage "Dat geeft aan dat.... Niet het geval was." is een interpretatie van de auteurs van Productie 15, geen uitspraak of zienswijze van het RIVM.	Berichtgeving gemeente Dordrecht: Vervolgonderzoek naar GenX en PFOA in groente en fruit - Dordrecht RIVM-analyse VU studie naar GenX- en PFOA- ten RIVM
	39	1345-1347	Tabel 9 is een tijdlijn van relevante PFAS gebeurtenissen. Dit overzicht kan gezien worden als een overzicht van de belangrijke gebeurtenissen naar het oordeel van de auteurs van Productie 15. Het RIVM mist bijvoorbeeld de aanwijzing van PFOS, PFOA en GenX als SVHC verbindingen. Aangezien de aanwijzing als SVHC o.a. als gevolg heeft dat de stoffen in Nederland als ZZS worden gezien is dit een belangrijke stap is om de emissie van deze verbindingen te kunnen verminderen. Feitelijke opmerkingen over de inhoud van Tabel 9: "PFAS gehalten in voeding blijven onder geldende richtwaarden (RIKILT Studie)". Dit is een RIVM studie in samenwerking met de Vrije Universiteit uit 2010 (ipv 2011). De referentie (Noorlander et al., 2011) betreft een wetenschappelijk manuscript gebaseerd op het RIVM onderzoek. (zie ook	RIVM studie 2010: Dietary intake of PFOS and PFOA in The Netherlands RIVM Noorlander, C.W., et al. (2011). Levels of perfluorinated

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
			opmerking bij p38 r1323). In tabel 9 staat in de eerste kolom de rapportage van de bevindingen van Brandsma genoteerd in 2016. Zoals in de derde kolom vermeld staat, is de publicatie van 2019 (Brandsma SH, Koekkoek JC, van Velzen MJM, de Boer J. The PFOA substitute GenX detected in the environment near a fluoropolymer manufacturing plant in the Netherlands. Chemosphere. 2019 Apr;220:493-500.) In 2017 is een abstract over de bevindingen gedeeld voor het Dioxin Congress. Het onderscheid tussen PFAS als groep en individuele PFAS verbindingen wordt niet duidelijk gemaakt door de auteurs. Zo wordt voor de jaren 1956 en 2016 wel over specifieke verbindingen of stofgroepen gesproken (PFOA, GenX en PFOA). Voor het jaar 2001 wordt daarentegen de gehele groep PFAS genoemd, terwijl in de gegeven referentie alleen naar PFOS-verbindingen gekeken is.	compounds in food and dietary intake of PFOS and PFOA in the Netherlands. J. Agric. Food Chem. 59, 7496-7505. Brandsma S, Koekkoek J, van Velzen M, de Boer J (2017). The PFOA alternative GENX now detected in grass and leaves near the Teflon plant in the Netherlands. Dioxin Congress, Abstract number 10058 Giesy, J.P., Kannan, K. (2001). Global Distribution of Perfluorooctane Sulfonate in Wildlife. Environ. Sc. Technol. 35, 1339-1342.
5.2 ²¹	39-40	1357-1374	Niet door RIVM gecontroleerd	Nvt

²¹ Dagvaarding randnummer 164 verwijst naar paragraaf 5.2. in Productie 15, met de tekst:

"Desondanks heeft de Staat willens en wetens de vergunningen⁴² afgegeven en daarmee de uitstoot van PFAS en de verontreiniging als gevolg daarvan gefaciliteerd, waardoor zij zijn tekortgeschoten in het nemen van de noodzakelijke maatregelen om de uitstoot van PFAS een halt toe te roepen. Dit terwijl de Staat ook verzuimd heeft in het voldoende toezicht houden op de naleving van de betreffende vergunningsvoorwaarden."

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
5.3 22,23	40	1375-1432	Niet volledig door RIVM gecontroleerd	Nvt
	40	1387-1391	<i>"In België ging het om PFOS en niet om PFOA. Deze twee PFAS zijn ongeveer vergelijkbaar qua toxiciteit, en gegeven de onzekerheden in de vaststelling daarvan, mede vanwege de diverse eindpunten (bv. immuunsysteem, lever, schildklier, etc.)."</i> PFOS en PFOA hebben een verschillende toxicologische potentie uitgaande van dierproefgegevens. Vergeleken met PFOA is op basis van externe inname gegevens PFOS twee maal schadelijker. De RPF van PFOS is 2. (voor toelichting op RPF methode en verschillen PFOS, PFOA zie Opmerkingen bij H4, pagina 26 van Productie 15).	Relatieve Potentie Factoren PFAS RIVM
5.4	41-43	1433-1523	Niet door RIVM gecontroleerd	

²² Dagvaarding randnummer 165 verwijst naar paragraaf 5.3. in Productie 15, met de tekst:

"Deskundigen De Boer en De Voogt pleiten voor het per direct verbieden van de lozingen van PFAS of in ieder geval betere controle op de lozingen naar het water en de lucht. De deskundigen leggen hierbij de nadruk op de extreme giftigheid van PFIB en dat het lozen hiervan, gelet op de ernstige giftigheid hiervan, onmiddellijk dient te stoppen. Ook wordt het belang van filteren door hen benadrukt."

²³ Dagvaarding randnummer 177 verwijst naar paragraaf 5.3 (en aanbeveling #6 en #9). in Productie 15, met de tekst:

"Deskundigen De Boer en De Voogt pleiten voor het saneren van (ernstig) vervuilde stukken grond. De Nederlandse Staat zou dit op korte termijn moeten doen. In lijn daarmee vorderen eisers de Staat te bevelen om binnen 6 maanden na uw vonnis onderzoek te doen naar de mate van PFAS-verontreiniging op alle in Nederland aanwezige en voormalige defensie terreinen, luchthavens, brandoefenlocaties vuil- en baggerstorten (inclusief alle bekende stortlocaties van PFAS-houdende grond) alsmede naar de risico's van verspreiding daarvan. Voorts vorderen eisers om de met PFAS verontreinigde grond op en rondom Schiphol, de voormalige vuilstort in Westwoud en alle overige locaties waar blijkens voormeld onderzoek sprake is van PFAS- verontreiniging met een risico op verspreiding te saneren, althans om afdoende maatregelen te effectueren teneinde de verspreiding van deze PFAS-verontreiniging tegen te gaan. Ten slotte vorderen eisers om lopende PFAS-saneringstrajecten (zoals op Schiphol) onder verscherpt toezicht te plaatsen en voor al deze trajecten een MER-rapportage te vereisen."

4.6 Detailopmerkingen bij hoofdstuk 6: "Conclusies"

Secctie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
6 ^{24,25, 26}	44	1525-1544	Niet volledig door RIVM gecontroleerd	Nvt
6	44	1538	Hier worden de stoffen ADONA en cCo4 genoemd. ADONA wordt behalve nu in de conclusie niet vermeld in het rapport en over cCO4 alleen dat deze geproduceerd wordt in Italië. Productie 15 bevat geen informatie waaruit deze conclusie volgt.	Nvt
6	44	1538-1539	<i>"De Staat nam echter geen duidelijke maatregelen."</i> Deze uitspraak gaat over de stelling dat de fluorpolymeerindustrie onderling was overeengekomen om over te stappen op PFAS- verbindingen met kortere ketens. Bij de eerste vergunningverlening was over de door de auteurs genoemde korte-keten PFAS ook nog niet zoveel bekend dat er grond was om een lozingsvergunning te weigeren. Dergelijke data worden ook niet aangereikt in Productie 15.	nvt

²⁴ Dagvaarding randnummer 119 verwijst naar hoofdstuk 6 "Conclusies" in Productie 15, met de tekst:

"De Staat is al sinds het begin van de 21^e eeuw bekend, dan wel had bekend kunnen en moeten zijn, met de aanwezigheid van PFAS in het Nederlandse milieu.²¹ Bovendien is het gebruik van PFOS al in 2008 verboden in verband met de schadelijkheid van deze stof voor het milieu en de volksgezondheid. Voorts is de laatste jaren veel onderzoek verricht naar de effecten van PFAS op het milieu en de mens. Dat de Staat op de hoogte was van deze ontwikkelingen alsmede de aangetoonde gezondheidsrisico's die hieruit zijn gebleken, staat gelet op de publicaties van overheidsorganisaties alsmede de andere stukken die reeds zijn aangehaald, buiten kijf."

²⁵ Dagvaarding randnummer 153 verwijst naar hoofdstuk 6 "Conclusies" in Productie 15, met de tekst:

"Op basis van onder meer het door deskundigen prof. De Voogt en prof. De Boer opgestelde rapport (productie 15) en de door hen aangehaalde wetenschappelijke publicaties alsmede op basis van door de overheid opgestelde publicaties moet worden vastgesteld dat de blootstelling van mensen aan PFAS in verband gebracht kan worden met een lange lijst aan ernstige gezondheidsproblemen. Mensen die worden blootgesteld aan PFAS, lopen het gerede risico op een veelvoud van zeer schadelijke gezondheidseffecten. Het risico op dergelijke effecten wordt groter in de gevallen dat men langdurig of in hoge mate wordt blootgesteld. Ook is het zeer aannemelijk dat de lijst met negatieve gezondheidseffecten door wetenschappelijk onderzoek, in de toekomst alleen maar in omvang zal toenemen."

²⁶ Dagvaarding randnummer 426 verwijst naar hoofdstuk 6 "Conclusies" in Productie 15, met de tekst:

"Hiertoe is nog van belang dat volgens deskundigen De Boer en De Voogt de Staat ernstig en verwijtbaar is tekortgeschoten in het nemen van maatregelen om lozingen van PFAS stop te zetten en dat als gevolg hiervan de PFAS-gehalten in menselijk bloed dusdanig zijn opgelopen dat deze door het EFSA niet veilig worden geacht."

4.7 Detailopmerkingen bij hoofdstuk 7: "Aanbevelingen"

Sectie	Pagina nr.	Regel nr.	Opmerking	Onderbouwing
7 ²⁷	45-48	1545-1718	Niet door RIVM gecontroleerd	Nvt
	47 ^{28,29,30}	1643-1644	<i>"Drinkwater is op het ogenblik een van de grootste bronnen (ca. 20%) van blootstelling van de Nederlandse bevolking aan PFAS".</i> Aanvullende informatie over relatieve bijdrage van drinkwater als bron van PFAS blootstelling: Voedsel is de grootste bron in Nederland. Voor drinkwater hangt het af waar je je in Nederland bevindt (wat de bron van het drinkwater is en hoe goed de zuivering is). Zie eerdere opmerkingen (sectie 3.2, pg 16, r 511-513).	

²⁷ Dagvaarding randnummers 183, 177, 189, 190, 194 verwijzen naar hoofdstuk 7 "Aanbevelingen" in Productie 15.

²⁸ Dagvaarding randnummer 40 verwijst naar aanbeveling #8 (en mogelijk paragraaf 3.2, regel 511-513) in Productie 15, met de tekst:

"Sinds 2018 zet de stichting zich in voor schoon water en (water) gezondheid in Nederland. Door het voorkomen en verminderen van verontreiniging van de watersystemen, wordt het aquatisch milieu beschermd en nadelige gezondheidseffecten voor de mens en natuur gepoogd te voorkomen. Zowel in het grondwater als in het oppervlaktewater in heel Europa zijn PFAS aangetroffen hetgeen negatieve gevolgen heeft voor de watergezondheid. Bovendien is een van de grootste bronnen (ca. 20%) van blootstelling van de Nederlandse bevolking aan PFAS ons drinkwater, zoals moge blijken uit [...] (productie 15)."

²⁹ Dagvaarding randnummer 112 verwijst naar aanbeveling #8 (en mogelijk paragraaf 3.2, regel 511-513) in Productie 15, met de tekst:

"De interactieve kaart laat zien hoe wijdverbreid de thans bekende PFAS-verontreiniging is. Zowel in grondwater als in oppervlaktewater in heel Europa zijn PFAS aangetroffen. Drinkwater is op het ogenblik een van de grootste bronnen (ca. 20%) van blootstelling van de Nederlandse bevolking aan PFAS. In Nederland wordt zowel grondwater en oppervlaktewater gebruikt als bron voor de drinkwaterbereiding. Uit diverse publicaties is duidelijk geworden dat PFAS alleen met specifieke zuiveringstechnologieën uit de bronnen te verwijderen zijn en dat conventionele zuiveringsmethoden niet tot verwijdering leiden. Hieronder treft Uw rechtbank een afbeelding aan waarin wordt weergegeven hoe de verdeling van drinkwaterbedrijven in Nederland is geregeld."

³⁰ Dagvaarding randnummer 187 verwijst naar aanbeveling #8 (paragraaf 3.2, regel 511-513) in Productie 15, met de tekst:

"Zoals reeds uiteengezet in paragraaf 4.2 van deze dagvaarding is drinkwater op het ogenblik een van de grootste bronnen (ca. 20%) van blootstelling van de Nederlandse bevolking aan PFAS. In Nederland wordt zowel grondwater als oppervlaktewater gebruikt als bron voor de drinkwaterbereiding. Enkel met specifieke zuiveringstechnologieën kunnen PFAS uit deze drinkwaterbronnen worden verwijderd, waardoor conventionele zuiveringsmethoden geen of onvoldoende effect hebben. Dit betekent dat PFAS op dit moment onvoldoende wordt gefilterd uit de bronnen die worden gebruikt voor de bereiding van ons drinkwater met als gevolg dat de consument – de gehele Nederlandse bevolking – stelselmatig aan PFAS wordt blootgesteld."

Bijlage 1 Productie 15 met regelnummers

Omdat het originele rapport Productie 15 geen regelnummers bevat, is als bijlage van dit document "Productie 15 met regelnummers" bijgevoegd. In die bijlage zijn de regelnummers waarop het RIVM detailopmerkingen geleverd heeft gemarkeerd met het teken ~ (tilde) achter het regelnummer en oranje gekleurd. Regelnummers waarop het RIVM (beleidsmatige) aspecten aantrof die buiten onze scope vallen, zijn in de bijlage gemarkeerd met het teken * (asterisk) achter het regelnummer en blauw gekleurd. Ook wordt in de bijlage "Productie 15 met regelnummers", op de plaatsen waar de randnummers van de dagvaarding verwijzen naar Productie 15, de teksten van de randnummers uit de [dagvaarding](#) weergegeven.

Omdat het originele rapport Productie 15 geen regelnummers bevat, zijn regelnummers toegevoegd in deze bijlage "Productie 15 met regelnummers".

Regelnummers waarop het RIVM detailopmerkingen geleverd heeft zijn oranje gekleurd.

Regelnummers waarop het RIVM (beleidsmatige) aspecten aantrof die buiten onze scope vallen zijn blauw gekleurd.

Op de plaatsen waar de randnummers van de dagvaarding verwijzen naar Productie 15, worden de teksten van de randnummers uit de dagvaarding weergegeven in een groen "comment".

Wetenschappelijke informatie over het voorkomen, gedrag en effecten op mens en milieu van PFAS

Prof.dr. W.P. de Voogt en Prof.dr. J. de Boer

19 december 2023

Bijlage bij "RIVM feitencheck Productie 15"

Inhoud

1. Grondslag van het onderzoek en deskundigheid
2. Inleiding
 - 2.1. Wat zijn PFAS?
 - 2.1.1. Chemische kenmerken
 - 2.1.2. Aantal PFAS en productievolumes
 - 2.1.3. Fabrikanten van PFAS
 - 2.1.4. Toepassingen
 - 2.2. De gevaren van PFAS
 - 2.2.1. Bronnen van verontreiniging
 - 2.2.2. Risico's op blootstelling
 - 2.2.3. Mogelijkheden om PFAS te verwijderen
3. PFAS in het milieu en voeding
 - 3.1. Gehalten
 - 3.2. Normen
 - 3.3. PFAS rond Dordrecht
 - 3.4. Effecten in het milieu
 - 3.5. Luchthavens en brandblus oefenterreinen
4. PFAS in de mens
 - 4.1. Gehalten
 - 4.2. Halfwaardetijden
 - 4.3. Normen
 - 4.3.1. Maximaal toelaatbare wekelijkse dosis
 - 4.3.2. No-effect level in bloed
 - 4.3.3. Toxiciteitsequivalentiefactoren
 - 4.3.4. ALARA principe
 - 4.4. PFAS rond Dordrecht en vergelijkbare lokaties
 - 4.5. Effecten op de mens
 - 4.5.1. Gezondheidseffecten van andere PFAS
 - 4.5.1.1. Perfluorisobuteen
 - 4.5.1.2. GenX
 - 4.5.1.3. Trifluorazijnzuur
 - 4.5.1.4. Overige PFAS
 - 4.5.2. Historisch toxicologisch onderzoek naar gezondheidseffecten van PFAS
5. De Nederlandse Staat en PFAS
 - 5.1. Handelswijze in het verleden
 - 5.1.1. Eerste berichten over persistente stoffen
 - 5.1.2. Ontwikkelingen in Nederland
 - 5.1.3. Ontwikkelingen bij DuPont
 - 5.1.4. PBT-concept
 - 5.1.5. Toxiciteit
 - 5.1.6. Bioaccumulatie

- 5.1.7. Persistentie
- 5.1.8. GenX
- 5.1.9. Tijdlijn
- 5.2. Verstrekte vergunningen
- 5.3. Mogelijke acties op de korte termijn om de PFAS last rond Dordrecht te verlichten
- 5.4. Vergelijking met andere landen
 - 5.4.1. Italië
 - 5.4.2. Verenigde Staten
 - 5.4.3. België
 - 5.4.4. Duitsland
 - 5.4.5. Canada
 - 5.4.6. Frankrijk
- 6. Conclusies
- 7. Aanbevelingen
- 8. Referenties

1. Grondslag van het onderzoek en deskundigheid

Dit onderzoek is uitgevoerd ter ondersteuning van een dagvaarding van advocatenkantoor Knoops. In de periode 1960-2023 is door het bedrijf DuPont (later Chemours) te Dordrecht Teflon® geproduceerd waarbij diverse PFAS (per-en polyfluoralkyl verbindingen) zijn vrijgekomen en geloosd naar het milieu. Daarnaast zijn er door een groot aantal diverse gebruikers PFAS toegepast in allerlei productieprocessen en is door brandweerkorpsen, o.a. op vliegvelden, veel geoefend met schuim-gebaseerde brandblusmiddelen (aqueous film forming foam - AFFF) met hoge concentraties aan PFAS (Rosenfeld et al., 2023). De vraag die voor ligt om door ons als deskundigen beantwoord te worden is: Had de Nederlandse Staat – gelet op de wetenschappelijke literatuur over de schadelijke effecten van PFAS – anders moeten en kunnen handelen op verschillende momenten in het verleden? Had de Nederlandse Staat op een bepaald moment maatregelen moeten treffen ter bescherming van de volksgezondheid en het milieu gelet op de blootstelling aan PFAS? En zo ja, wanneer en welke maatregelen?

Om deze vraag te beantwoorden is een uitgebreid literatuuronderzoek, voornamelijk via Google Scholar en Web of Science, maar ook in de zogenaamde grijze literatuur (EU-rapporten, VN-rapporten, diverse websites, informatie van de chemische industrie, e.d.) gedaan waarbij met name gekeken is naar de tijdlijn: wanneer was welke informatie over PFAS bij wie bekend? Daarnaast is informatie verzameld over de schadelijkheid van PFAS voor mens en milieu en worden opties voor sanering besproken.

De twee auteurs van dit rapport, emeritus hoogleraren prof.dr. Pim de Voogt en prof.dr. Jacob de Boer hebben uitgebreide ervaring in de analyse van PFAS in diverse matrices, de beoordeling van het gedrag van PFAS in het milieu en effecten ervan op de mens. Beiden waren lid van de ad hoc PFAS-werkgroep van de European Food Safety Authority (EFSA) die normen voor humane blootstelling opstelde in 2008. Prof. De Voogt was coördinator van drie Europese onderzoeksprojecten op het gebied van PFAS, nl. PERFORCE-1 (NEST Programma van de EU), PERFORCE-2 (PlasticsEurope) en PERFOOD (EU Framework Programme-FP7). Hij is lid van de Europese wetenschappelijke commissie SCHEER (Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks). Prof. De Boer werkt sinds 2000 aan PFAS. Hij ontdekte de vervuiling van de omgeving van Dordrecht met GenX en PFOA als gevolg van de activiteiten van de fabriek van Chemours (voorheen DuPont). Hij toonde ook aan dat bewoners rondom de fabriek van 3M bij Antwerpen sterk verhoogde PFAS-gehalten in hun bloed hadden. Hij is nu betrokken bij de epidemiologische studie in Antwerpen naar de gevolgen van PFAS op de mens als gevolg van lozingen door de fabriek van 3M. Hij is adviseur op het gebied van persistente stoffen waaronder PFAS voor UNEP (United Nations Environment Programme). In de taakverdeling heeft prof. De Voogt met name gekeken naar PFAS in het milieu en prof. De Boer naar PFAS in de mens.

38 2. Inleiding

39 2.1 Wat zijn PFAS?

40 Chemische stoffen die meerdere halogeenatomen (fluor, (F) chloor, (Cl) broom (Br) of
41 jodium (I)) bevatten zijn vaak persistent. Dat wil zeggen ze worden slecht afgebroken
42 wanneer ze in de natuur terecht komen. Het kost bacteriën te veel energie om de koolstof-
43 halogeen band stuk te maken en UV licht krijgt nauwelijks vat op zulke stoffen. Het gevolg is
44 dat deze stoffen zich opstapelen in het milieu.

45~ Veel van deze stoffen zijn bioaccumulatief, dat betekent dat ze zich ophopen in organismen,
46~ waaronder de mens. Bovendien hebben ze vaak een hoge toxiciteit, dat wil zeggen dat ze in
47~ lage gehalten al een effect op de gezondheid van mens of dier kunnen hebben. Zulke stoffen
48~ worden ook wel PBT-stoffen genoemd (persistent, bioaccumulatief en toxisch). Vaak zijn ze
49~ ook mobiel: ze verspreiden zich via water en lucht over de wereld. De term 'POP' wordt ook
50~ gebruikt: persistent organic pollutant. De Stockholm Conventie van de Verenigde Naties (VN)
51~ houdt een lijst met POP's bij. Staat een stof op die lijst dan mogen de 184 landen die de
52~ Conventie hebben ondertekend die stof niet meer maken, verkopen of gebruiken. Bekende
53~ POP's zijn een aantal organochloor bestrijdingsmiddelen zoals DDT (dat werkt tegen malaria)
54~ en dieldrin (in Nederland o.a. bekend geworden door dumping bij Gouderak), stoffen met
55~ een industriële toepassing zoals polychloorbifenylen (PCB's) en gechlloreerde dioxines en
56~ furanen (samen vaak afgekort als 'dioxines') die in vuilverbrandingsinstallaties vrij kunnen
57~ komen na bijvoorbeeld verbranding van polyvinylchloride (PVC). De genoemde stoffen zijn
58~ gebaseerd op een koolstof (C)-Cl band.

59
60~ PFAS zijn per-en polyfluoralkyl verbindingen gebaseerd op fluor en koolstof. Vanwege de
61~ kleine afmetingen van het fluoratoom is de C-F band de sterkste van alle koolstof-halogeen
62~ bindingen. Dat veroorzaakt de hoge mate van persistentie. Het maakt de stof ook heel sterk
63~ in gebruik en bijvoorbeeld bestand tegen hoge temperaturen, zuren, etc.

64 65 2.1.1. Chemische kenmerken

66 PFAS is een verzamelnaam voor duizenden C-F verbindingen. De meest bekende PFAS zijn
67 PFOS (perfluorooctylsulfonzuur), dat bijvoorbeeld tot 2000 door 3M in België is geproduceerd,
68 en PFOA (perfluorooctaan zuur, Fig. 1), ook bekend als C8 dat tot ca. 2013 werd gebruikt als
69 een emulsifier bij de productie van Teflon en fluorhoudende elastomeren voor anti-
70 aanbaklagen in pannen, bijvoorbeeld bij DuPont in Parkersburg (West Virginia, USA) en in
71 Dordrecht (Lau et al., 2007). PFOA werd ook toegepast in membranen voor waterproof
72 ('ademende') kleding, impregnatie van textiel en leer, elektrische bedrading, vuurbestendige
73 en chemisch resistente leidingen en tape voor loodgieterwerk. PFOS en PFOA staan nu op de
74 POP lijst van de Stockholm Conventie (Fiedler et al., 2019).

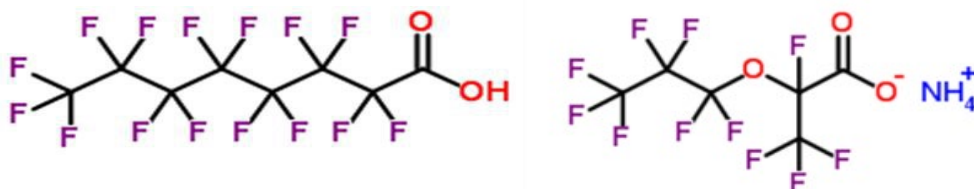
75
76 Chemours en Dupont gebruiken tegenwoordig daarom de GenX technologie als alternatief
77 voor PFOA bij de vervaardiging van Teflon. Bij deze technologie spelen drie stoffen een rol
78 (de Kort et al., 2019) die erg veel op elkaar lijken qua structuur, nl. FRD-903 (2,3,3,3-
79 tetrafluoro-2-(heptafluoropropoxy)-propaanzuur, FRD-902 (het ammoniumzout van FRD-
80~ 903, zie Fig. 1) en E1 (heptafluoropropyl 1,2,2,2-tetrafluoroethyl ether). Deze stoffen zijn
81~ minder bioaccumulatief, maar wel zeer persistent en toxisch. In 2012 is de betreffende
82 chemiefabriek in Dordrecht overgegaan op deze technologie. Bij het toepassen van deze



technologie komt tijdens de productie de stof ammonium 2,3,3,3-tetrafluoro-2-(heptafluoropropoxy)-propanoaat (HFPO-DA) vrij, dit is het anion van zowel FRD-902 als FRD-903. Tevens komt een vluchtig omzettingsproduct met codenaam E1 vrij, dat in principe niet via het water wordt geloosd (Beekman et al., 2016), maar wel via de lucht, waarvoor het bedrijf een vergunning heeft (Provincie Zuid-Holland, 2017). E1 is een direct afbraakproduct van HFPO-DA dat ontstaat tijdens de productie van Teflon in aanwezigheid van GenX, maar kan ook bij verhitting van met PFAS behandeld textiel vrijkomen (Wickersham et al. 2023). Terwijl FRD-902 en -903 minder bioaccumuleren is E1 wel sterk bioaccumulatief.

De hoge wateroplosbaarheid van FRD-902 en FRD-903 leidt tot een hoge mobiliteit waardoor deze stoffen zich snel verspreiden door het milieu. Bovendien kunnen deze stoffen bij de drinkwaterbereiding uit oppervlaktewater gemakkelijk in het drinkwater terecht komen. Het zijn PFAS met een relatief korte koolstofketen met daarin een zuurstofatoom. PFAS met korte koolstofketens worden door de koolstoffilters die bij de meeste drinkwaterbedrijven in gebruik zijn, nauwelijks verwijderd (Eschauzier et al., 2012b). Versteegh en de Voogt (2017) en Brandsma et al. (2019) toonden aan dat GenX heel in 2016 al in het drinkwater van een aantal plaatsen in Zuid-Holland voorkwam.

De combinatie van de eigenschappen persistentie en mobiliteit maakt de beheersing van de verspreiding van GenX-stoffen moeilijk. Voorts kan bij de productie van Teflon perfluoroisobutyleen (PFIB) worden gevormd (ILO, 2004), een zeer vluchtige stof die via de lucht in het milieu terecht kan komen (zie 4.2). 3M heeft als alternatief voor PFOS veel korte keten-PFAS gebruikt voor diverse toepassingen (EPA, 2006, Buck et al., 2011).



PFOA

FRD-902

Figuur 1. Structuren van PFOA en FRD-902.

2.1.2. Aantal PFAS en productievolumes

Op het ogenblik zijn er 4700 verschillende PFAS (Buck et al., 2021). Vermoedelijk komen daar regelmatig (wekelijks/maandelijks?) meer PFAS bij. Niet alle PFAS zijn in commercieel gebruik. Buck et al. (2021) schatten het aantal relevante PFAS, geproduceerd door de chemische industrie voor de markt of metabolieten ervan op 256. Lau et al. (2007) schatten de PFOA-productie in 2004 op circa 1200 ton per jaar, vermoedelijk een flinke onderschatting. Armitrage et al. (2009) schatten de totale wereldproductie van POSF (de basis voor PFOS) die werd geproduceerd in de periode 1957-2002 op ca. 65.160 ton waarvan tussen 570 en 5130 PFOS ton in het milieu terecht kwam. In de jaren 2003-2010 kwam daar

nog eens 70-680 ton bij. Alleen al in Brazilië werd in periode 2004 tot 2015 een geschatte hoeveelheid van 167 en 487 ton van PFOS/FOSA in het milieu gebracht door gebruik van het bestrijdingsmiddel sulfluramid (Gilljam et al. 2016). Volgens Scott (2023) is de totale productie van fluorpolymeren in 2023 wereldwijd 398.000 ton. Op basis daarvan zouden er tenminste 3-4 miljoen ton maar vermoedelijk meer aan PFAS zijn geproduceerd, in totaal, wereldwijd.

Van PCB's is bekend dat er wereldwijd ca. 1,3 miljoen ton in totaal is geproduceerd. Die hoeveelheid leidde tot allerlei milieuproblemen, zoals de achteruitgang van de zeehondenstand in de Waddenzee, en sterke ophoping in moedermelk wereldwijd (tot nu toe, ondanks dat PCB's al ca. 40 jaar niet meer worden geproduceerd). Omdat PFAS persistenter zijn dan PCB's en tenminste net zo toxisch, en er nu tenminste driemaal zoveel van is geproduceerd, zullen naar verwachting de effecten in het milieu en op de volksgezondheid ook sterker zijn (Zie 3.3 en 4.4). Tabel 1 geeft een overzicht van de hoeveelheden fluorpolymeren die in Europa worden geproduceerd.

Tabel 1. Hoeveelheden fluorpolymeren toegepast in Europa (2022) (Chemsec, 2023).

Sector	Ton
Chemicaliën en elektriciteitsvoorziening	11.000
Voeding en farmaceutische industrie	2.000
Elektronica	3.500
Transport	15.500
Nieuwe energie	500
Kookbenodigdheden	2.000
Medische toepassingen	500
Textiel en gebouwen	1.500
<u>Overige sectoren</u>	<u>3.000</u>
Totaal	39.500

2.1.3. Fabrikanten van PFAS

Er zijn slechts 12 bedrijven in de wereld die PFAS produceren. Tabel 2 geeft een overzicht van de bedrijven en hun aandeel in de PFAS-productie. Deze bedrijven hebben wel vestigingen in meerdere landen. Een compleet overzicht van alle locaties waar PFAS worden geproduceerd ontbreekt. Bekend is dat PFAS-producerende fabrieken aanwezig zijn in de USA, China, Japan, India, Brazilië, Nederland, België, Engeland, Frankrijk, Verenigd Koninkrijk, Duitsland, Polen en Italië.

De totale fluorchemicaliën markt bedroeg in 2022 21,7 miljard Euro, inclusief een relatief klein, maar niet gekwantificeerd deel minerale fluorchemicaliën zoals waterstoffluoride (HF). De 21,7 miljard Euro is slechts 0,5% van de totale chemicaliënmarkt in de wereld (4340 miljard Euro). De fluorpolymeren markt alleen bedroeg in 2022 6,6 miljoen Euro (Chemsec, 2023).

150 *Tabel 2. Alle bedrijven die PFAS en fluoropolymeren produceren.*

Bedrijfsnaam	Omzet (Miljard US\$ per jaar) in 2022	Vestiging hoofdkantoor	Marktaandeel (%)
AGC Inc.	15,4	Tokyo, Japan	4
Arkema	12,3	Colombes, Frankrijk	7
Chemours	6,8	Delaware, USA	12
Daikin	23,6	Osaka, Japan	11
3M	34,2	Minnesota, USA	5
Solvay	14,3	Brussels, België	8
Dongyue	2,9	Shandong, China	13
Archroma	N/A	Pratteln, Zwitserland	N/A
Merck	23,7	Darmstadt, Duitsland	N/A
Bayer	54,1	Leverkusen, Duitsland	N/A
BASF	93,1	Ludwigshafen, Duitsland	N/A
Honeywell	35,5	North Carolina, USA	N/A

151 2.1.4. Toepassingen

152 Door de polaire groep die naast de C-F verbindingen in de PFAS-moleculen aanwezig is,
 153 hebben PFAS zowel water- als vet- en vuilafstotende eigenschappen. PFAS worden toegepast
 154~ in heel veel producten, bijvoorbeeld in lijmen, waterproof make-up artikelen, als vuil -en
 155 waterafstotende laag op kleding, leer, meubilair en tapijten, in brandblussers, in bakpapier,
 156 in fast food verpakkingen, skiwas, accu's van elektrische auto's, lithium batterijen,
 157 warmtewisselaars, zonnepanelen, diverse coatings, reinigen van metalen oppervlaktes,
 158 smeermiddelen, olie- en gasopslag, kleuren en bleken van textiel, computers, printers,
 159 andere elektronica, laboratorium materialen, leerbehandeling, MRI scan apparatuur,
 160 contactlenzen, oogdruppels, tandpasta, gitaarsnaren, piano's, doedelzakken, tennisrackets,
 161 ventilatiesystemen, kinderwagens, membranen, rubber, plastics, en nog veel meer (Glüge et
 162 al. 2020).

163 Daarnaast worden PFAS gebruikt bij het maken van fluoropolymeren, met name Teflon.
 164 Teflon werd voor het eerst ontdekt in 1938. Het werd aanvankelijk alleen toegepast op
 165 legervoertuigen van het Amerikaanse leger. Vervolgens bleek het goed toepasbaar als
 166 antiaanbaklaag in koekenpannen en daarna volgden nog vele andere toepassingen. Het is
 167 bruikbaar tot 450 °C en goed bestand tegen zuren en basen.

171 2.2. De gevaren van PFAS

172~ Vanwege het PBT-karakter van PFAS zijn er diverse risico's voor mens en milieu. Het is niet
 173 zo dat alle PBT stoffen dezelfde gevaren kennen. Door hun verschillende chemische
 174 structuur kunnen ook de eigenschappen en de risico's door blootstelling verschillen. Binnen
 175 de PFAS-groep komen ook verschillen in giftigheid voor. Ook die worden veroorzaakt door
 176 verschillen in de chemische structuur. Hieronder worden enkele voorbeelden gegeven van
 177 risico's en blootstellingssituaties voor een beter begrip van de gevaren van PFAS.

178 2.2.1. Bronnen van verontreiniging

179 Er zijn in feite twee routes van blootstelling aan PFAS te onderscheiden. Ten eerste is er de
 180 wereldwijde verspreiding van PFAS. Bijna alle PFAS zijn mobiel. Dat wil zeggen, ze kunnen via

de lucht over grote afstanden – honderden kilometers of meer - verspreid worden. Als een product waarin PFAS zijn verwerkt, bijvoorbeeld een tapijt met een coating op PFAS-basis vervangen wordt en in een vuilverbranding terechtkomt, verbrandt het tapijt maar niet de PFAS. Die gaan pas stuk bij een temperatuur van 1000-1500 °C. In een gewone vuilverbranding worden dat soort temperaturen niet gehaald. De PFAS verdampen en verspreiden zich in de lucht nadat ze de schoorsteen verlaten. Wereldwijd verspreiden PFAS zich vanaf de evenaar naar de polen. Omdat PFAS vooral op het noordelijk halfrond worden geproduceerd en omdat de bevolkingsdichtheid op het noordelijk halfrond veel groter is, is het PFAS-probleem daar ook groter. Via regen en sneeuw komen PFAS vervolgens naar beneden en in de grond terecht en worden mens en milieu blootgesteld. Daarna kan dat proces zich herhalen door verdamping en weer uitregenen of -sneeuwen. Dit wordt het sprinkhaan-effect genoemd. De stoffen hoppen als het ware over de wereld. Ook de PFAS die in oppervlaktewater terechtkomen worden door rivier- en zeestromen meegevoerd en over de aardbol verspreid.

Daarnaast is het zo dat bedrijven die PFAS produceren rechtstreeks hun PFAS lozen naar de lucht en het omringende water. Daardoor is de omgeving van zo'n fabriek vaak een soort inktvlek in het landschap: oppervlaktewater, rivierbodem, grond, gewassen en menselijk bloed en moedermelk van omwonenden raken allemaal flink besmet met PFAS. De PFAS-verontreiniging die zo ontstaat is veelal flink hoger dan de 'achtergrond' PFAS-verontreiniging die, zoals hierboven is beschreven, als een soort grauwsluier over de wereld hangt. Gebruikers van PFAS, bijvoorbeeld bedrijven die PFAS kopen van de producent en dat gebruiken in hun eigen processen, zoals het maken van smeermiddelen, impregneren van textiel of verchromen van staal, kunnen ook voor lokale verontreiniging zorgen, maar die is vaak beperkter van omvang dan de verontreiniging die door de producent wordt veroorzaakt.

2.2.2. Risico's op blootstelling

Wat gebeurt er nu wanneer de grond waarop men woont met PFAS is verontreinigd? Loop je er alleen overheen, dan gebeurt er nauwelijks iets. Verdamping van PFAS uit de grond is minimaal en niet relevant voor de menselijke blootstelling. Zeker de langere keten PFAS zoals PFOS en PFOA hechten zich voor 96% aan de bodem, terwijl ook nog een deel doorspoelt naar het grondwater (Wallis et al., 2022). Wel kan men gronddeeltjes, bijvoorbeeld uit de tuin naar binnen lopen, maar ook die zullen niet veel effect hebben, tenzij kruipende kleine kinderen daarvan iets opnemen via hand-mond contacten (Sugeng, 2020). Wel is het altijd goed om het huis schoon te houden natuurlijk. Kweek je groenten en/of fruit in je tuin, dan kruipen de PFAS uit de grond via de wortels in die groente en dat fruit (Felizeter et al., 2021, Boon en te Biesebeek, 2022a,b). Consumptie ervan moet sterk worden afgeraden. Heb je kippen vrij rondlopen die in de grond pikken, dan gaat het nog harder. PFAS binden aan eiwit en hopen erg sterk op in eieren van vrije uitloop kippen (Lasters et al., 2022). Die moet je absoluut niet eten. Zijn er kleine kinderen die in de tuin willen spelen? Dat kan echt niet. Via hand-mond contact en ook via huidopnamen worden ze besmet met PFAS (Sugeng, 2022). Kinderen kunnen minder goed tegen PFAS: vanwege hun kleinere gewicht en vooral omdat ze nog in ontwikkeling zijn, hebben de PFAS een sterker effect (Grandjean et al., 2012).

226 Woon je bijvoorbeeld aan de Westerschelde, die flink met PFAS (PFOS en andere PFAS
227 vanuit 3M in Antwerpen) verontreinigd is, dan gebeurt er niets zolang je van de
228~ Westerschelde afblijft. Ga je erin zwemmen dan word je blootgesteld via inname van water
229~ en via de huid. Het RIVM heeft inmiddels een scenario voor zwemwater opgesteld (RIVM,
230~ 2023). Als je het PFAS-gehalte in het water kent, dan kun je uitrekenen hoe vaak en hoe lang
231 je erin kunt zwemmen. Eet je vis, garnalen, mosselen of zeegroenten (lamsoren, zeekraal) uit
232 de Westerschelde, dan neem je PFAS op waardoor het PFAS-gehalte in je bloed omhoog gaat
233 (Noorlander et al., 2011). Hoe meer je eet, hoe meer het PFAS-gehalte omhoog gaat. Het
234~ RIVM heeft in 2022 afgeraden om vis, schaal- en schelpdieren alsmede lamsoor en zeekraal
235~ te eten die afkomstig zijn van de Westerschelde¹. Dat advies had veel eerder gegeven
236 moeten worden, omdat de PFAS-gehalten in de Westerschelde, met name PFOS, al jaren
237 lang hoog en zelfs veel hoger dan in 2022 waren (Van de Vijver et al. 2003; Chu et al., 2016).

238 Brandweerpersoneel en militairen kunnen op verschillende manieren aan PFAS worden
239 blootgesteld. Naast de hoeveelheid die ieder individu opneemt uit voedsel en drinkwater is
240 voor brandweerlieden de belangrijkste blootstellingsroute die via de lucht aan aerosolen
241 afkomstig van het blusschuim dat bij oefeningen wordt gebruikt. Daarnaast is blootstelling
242 via de lucht mogelijk door inademing van PFAS-bevattende stofdeeltjes aanwezig in
243 (verontreinigde) kazernes en door direct huidcontact met PFAS-bevattende beschermende
244 kleding (Bluteau et al., 2019). Water- en vuilafstotende pakken, hoofdkappen en
245 handschoenen bevatten vaak PFAS (Maizel et al., 2023). Transpiratievocht kan mogelijk ook
246 PFAS uit geïmpregneerde kleding extraheren. De verhoogde blootstelling aan PFAS brengt
247 met zich mee dat brandweerlieden een verhoogd risico hebben op schildklier- nier-, teelbal-
248  en prostaatkanker (Rosenfeld et al., 2023).

249  Beroepsmatige blootstelling van brandweerlieden aan PFAS is niet alleen aangetoond bij
250 personeel dat langdurig in dienst is, waar niveaus in het bloed van PFAS vele malen hoger is
251 dan de mediaan van de doorsnee bevolking (Rotander et al., 2015; Rosenfeld et al., 2023).
252 Ook in het bloed van jonger personeel dat niet heeft getraind met PFAS-bevattend
253 blusschuim zijn verhoogde concentraties van PFAS aangetroffen (Bluteau et al., 2019). Dit
254 wijst op opname vanuit beschermende kleding en door inademing van verontreinigde
255 stofdeeltjes. Vooral de buitenste lagen in de gedragen beschermende uitrusting bevatten
256 vaak veel PFAS (Maizel et al., 2023).

257 Rosenfeld et al. (2023) geven gemiddelde gehalten voor o.a. PFOS en PFHxS in bloed van
258 brandweerlieden uit de USA en Australië van 3-74 µg/L. Dit zijn duidelijk hogere gehalten
259 dus dan bij de gemiddelde bevolking en in de meeste gevallen ruim boven de EFSA-
260 grenswaarde van 6,9 µg/L. De blootstelling lijkt vooral veroorzaakt te worden door
261 overdracht van PFAS uit de brandweerpakken via de huid. Perfluorocarboxyl zuren, vooral
262 degenen met een relatief korte keten (≤ 6 C atomen), zoals, perfluorobutaanzuur (PFBA),
263 perfluoropentaanzuur (PFPeA), en perfluorohexaanzuur (PFHxA) werden het meest
264 aangetroffen in de pakken. Daarnaast kwamen ook perfluorbutaansulfonzuur (PFBS),
265 perfluorobutaan sulfonamide (FBSA) en 6:2 fluortelomer alcohol (6:2 FTOH), 6:2
266 fluorotelomer methacrylaat (6:2 FTMAC) en 6:2 fluorotelomer sulfonzuur (6:2 FTS) vaak voor
267
268
269

270 ¹ <https://www.rivm.nl/nieuws/pfas-in-westerschelde>

271 (Maizel et al., 2023). PFOA en andere PFAS zijn ook aanwezig, meestal in lagere
272 concentraties.

273  In Nederland is vrijwel niets bekend over PFAS-gehalten in bloed van brandweerlieden.
274~ Aangenomen mag worden dat de PFAS-gehalten hetzelfde zijn als die in Rosenfeld et al.
275* (2023). De Nederlandse overheid heeft zich tot nu toe niet bekommerd om de gezondheid
276* van brandweerlieden m.b.t. PFAS.

277 Andere groepen die beroepsmatig worden blootgesteld aan PFAS zijn in de eerste plaats
278 uiteraard de arbeiders in de fabrieken van de producenten, zoals Chemours. Arbeiders van
279~ staalverchromingsbedrijven kunnen worden blootgesteld aan PFAS. Bij het verchromen
280~ wordt een PFAS bevattende damp over het proces verspreid zodat de arbeiders geen
281~ chroom VI inademen. Arbeiders en omwonenden van schrootverwerkende bedrijven waarbij
282~ brandblussers tot schoot worden versnipperd hebben ook een hoge kans op bovenmatige
283~ blootstelling aan PFAS. Vermoedelijk zijn er nog een groot aantal bedrijven waarbij PFAS
284 wordt verwerkt, met name in de textielindustrie, waarbij blootstelling aan PFAS van met
285 name arbeiders kan plaatsvinden. Skiwxers worden ook bovenmatig blootgesteld vanwege
286 het hoge PFAS-gehalte in skiwax (Nilsson et al., 2013). Die groep is in Nederland
287~ vermoedelijk zeer beperkt. Baggersaaiers van met PFAS verontreinigde waterwegen en
288~ grondwerkers kunnen eveneens worden blootgesteld.

289 2.2.3 Mogelijkheden om PFAS te verwijderen

290 Er wordt wereldwijd veel onderzoek gedaan naar methoden om PFAS te verwijderen en met
291 PFAS vervuilde grond te saneren. Op het ogenblik zijn er twee methoden die succesvol lijken
292 te zijn. De eerste is in Amerika ontwikkeld en wordt nu toegepast door de Amerikaanse EPA.
293 Dat gaat om een behandeling van PFAS afval of met PFAS vervuilde grond met superkritisch
294 water (<https://374water.com/>). In een reactor wordt water onder hoge druk verwarmd tot
295 374 °C. Door oxidatie wordt het in de reactor gebrachte PFAS volledig omgezet in
296 onschadelijk waterstof en fluoride. De tweede methode werd ontwikkeld door een
297 Nederlandse start-up: Claybens (<https://www.claybens.com/>). Bij deze methode wordt met
298 PFAS verontreinigd slib gebruikt om bakstenen te maken. Bakstenen worden bij 1200 °C
299 gebakken. Er zijn nauwelijks aanpassingen nodig aan het normale procedé en alle PFAS zijn
300 na het bakken verdwenen. Onlangs is besloten deze methode in te zetten de grote PFAS-
301 verontreiniging bij Schiphol². Andere methoden, zoals fotokatalyse of de toepassing van
302 bepaalde schimmels of een combinatie daarvan zijn nog in ontwikkeling en het is te vroeg
303 om daar nu een uitspraak over te doen. Verbranden in speciale ovens bij 1200-1500 °C is de
304 meest gebruikelijk PFAS-verwijderingsmethode. Deze kost echt veel energie en zodra de
305 temperatuur te laag is, bestaat het risico dat de PFAS slechts gedeeltelijk worden
306 afgebroken.

307

308

309

2

310 [https://www.noordhollandsdagblad.nl/cnt/dmf20231018_42634421?utm_source=google&u](https://www.noordhollandsdagblad.nl/cnt/dmf20231018_42634421?utm_source=google&utm_medium=organic)
311 [tm_medium=organic; https://www.dezeen.com/2023/10/27/designer-pfas-pollution-](https://www.dezeen.com/2023/10/27/designer-pfas-pollution-contaminated-soil-bricks-design/)
312 [contaminated-soil-bricks-design/;](https://www.dezeen.com/2023/10/27/designer-pfas-pollution-contaminated-soil-bricks-design/)
313 [https://constructionxperts.co.in/claybens-a-sustainable-revolution-in-addressing-pfas-](https://constructionxperts.co.in/claybens-a-sustainable-revolution-in-addressing-pfas-pollution-through-innovative-brick-manufacturing/)
314 [pollution-through-innovative-brick-manufacturing/](https://constructionxperts.co.in/claybens-a-sustainable-revolution-in-addressing-pfas-pollution-through-innovative-brick-manufacturing/)

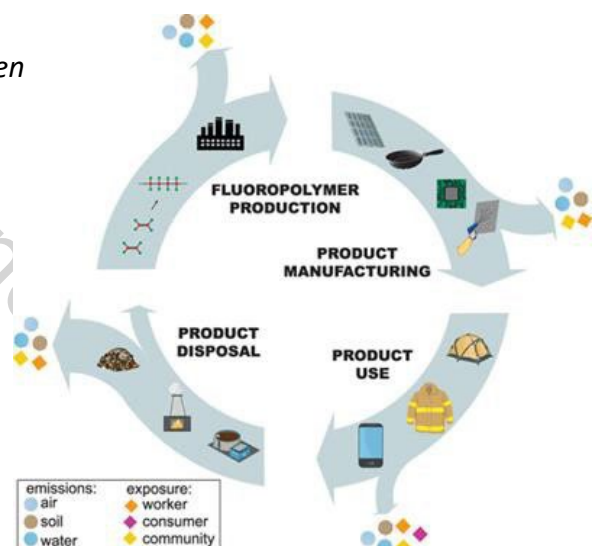
3. PFAS in het milieu en voeding

3.1. Gehalten in het milieu

De aanwezigheid van PFAS in het milieu werd voor het eerst rond de laatste eeuwwisseling bekend, ondanks het feit dat deze stoffen sinds de vijftiger jaren van de vorige eeuw zijn geproduceerd. In 2001 werd gesignaleerd dat PFOS in zeevogels in het Noordpoolgebied en de noordelijke Stille Oceaan voorkwamen (Giesy en Kannan, 2001). Deze en andere bevindingen suggereerden in hoge mate dat PFAS wijd verspreid in het milieu voorkomen (Kannan et al. 2001). In dezelfde periode werden er bepaalde PFAS gerapporteerd in water dat afkomstig was van locaties waar brandblusschuim was gebruikt of gelekt (Cousins et al., 2016). Wetenschappers vroegen zich in dit stadium af hoe deze stoffen toch zover konden komen (Renner, 2004).

PFAS komen in het milieu terecht (zie Fig. 2) door emissies tijdens de productie van fluoropolymeren, bij de toepassing van deze polymeren in de eindproducten (zie 1.1), tijdens het gebruik hiervan en tenslotte als deze producten van de hand worden gedaan (Lohmann et al., 2020) en bv. in stortplaatsen terechtkomen.

Figuur 2. Diagram van PFAS-emissies die vrijkomen bij fluoropolymeerproductie, fabricage van eindproducten, productgebruik en in het afvalstadium manufacturing van de eindproducten (bron: Lohmann et al., 2020)



Bij de synthese van fluoropolymeren uit zogenaamde monomeren blijven niet-gereageerde monomeren (de PFAS-bouwstenen van de uiteindelijke polymeer) en oligomeren (bestaande uit twee-, drie-, of meer monomeren) in het product achter, die niet gehecht zijn aan de polymeer. Deze kunnen uitgestoten worden naar de lucht (Brandsma et al., 2019) bij verhitting gedurende het productieproces, of naar het oppervlaktewater door lozingen van afvalwater (Newton et al., 2017; Gebbink et al., 2017).

De fysisch-chemische eigenschappen van PFAS verschillen fundamenteel van die van genormeerde organische verbindingen in bodem en grondwater. Ze zijn van invloed op het transport van de PFAS door de onverzadigde zone. Door hun betere oplosbaarheid in water zijn PFAS mobiel in vergelijking met andere diffuus voorkomende stoffen (zoals polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), organochloor pesticiden en PCB's) in de bodem (RIVM, 2021).

360 Het gedrag van PFAS in het milieu is in de laatste twee decennia uitvoerig bestudeerd. Omdat
361 PFAS òf slecht afbreekbaar zijn òf afgebroken worden tot andere PFAS die ook heel slecht
362 afbreekbaar zijn kunnen ze langdurig in een milieucompartiment zoals lucht, water en
363 bodem aanwezig zijn. De langdurige aanwezigheid in lucht en water op zijn beurt zorgt
364 ervoor dat de PFAS over lange afstanden getransporteerd kunnen worden met lucht- en
365 zeestromen. In de bodem komen wereldwijd PFAS voor, ook op afgelegen plaatsen. Deze zijn
366 afkomstig van over lange afstanden met luchtstromen getransporteerde vluchtige PFAS.
367 Vluchtige PFAS komen vrij bij productieprocessen (via schoorstenen) en kunnen verdampen
368 uit fluorhoudende polymeren die gebruikt worden bij het water- en vuilafstotend maken van
369 textiel, kleding, leer, enz. Ook spatwaterdruppels uit zeewater (sea spray) dragen bij aan de
370 wereldwijde verspreiding van PFAS omdat deze stoffen zich vooral in het bovenste laagje (de
371 oppervlaktemicrolaag) van het zeewater ophopen (Johansson et al., 2019).

372 Atmosferisch transport speelt dus een belangrijke rol voor de verspreiding van PFAS over de
373 gehele aardbol (Evich et al., 2022). Op grond hiervan zijn achtergrondconcentraties in de
374 bovenste laag van de bodem voor de hele wereld afgeleid van 10 tot 60 picogram (10^{-12} g)
375 PFAS per gram bodem. Wanneer hogere concentraties worden aangetroffen is het aan-
376  nemelijk dat er lokale of regionale bronnen in de nabijheid zijn (Washington et al., 2019).

377
378 Tijdens het transport door water en lucht, maar ook tijdens een verblijf in RWZIs (Frömel et
379 al., 2016), kunnen PFAS afbreken tot andere PFAS. De uiteindelijke afbraakproducten zijn
380 veelal perfluorcarbonzuren en perfluorsulfonzuren, die zeer persistent in het milieu zijn
381 (Brendel et al., 2018). Deze stoffen hebben echter soms ook een eigen toepassing en zijn
382 daarmee zowel 'precursoren' als afbraakproducten. Dit geldt niet voor bijvoorbeeld
383 perfluorcarbonzuren met een koolstofketen van 9-12 koolstofatomen, die geen toepassing
384 kennen in de EU (Jonker, 2021), maar wel veelvuldig worden aangetroffen in het milieu en
385 waarvan dus geconcludeerd mag worden dat ze slechts de stabiele eindproducten zijn van
386 het afbraakproces van fluortelomeer-precursoren (Valsecchi et al., 2021).

387  Opstapeling van PFAS is aangetoond in zowel aquatische als terrestrische dier- en
388 plantensoorten, maar de kennis omtrent welke schadelijke effecten dit zou kunnen
389 veroorzaken bij fauna en flora is nog onvoldoende (Evich et al., 2023). Alleen al vanwege het
390 grote aantal 'nieuwe' PFAS dat is en wordt ontwikkeld of dat bekend wordt loopt de
391 kennisontwikkeling hierover achter. Wel is echter bekend dat opstapeling in dieren meer is
392 naarmate de ketenlengte van de PFAS groter wordt, terwijl de PFAS met korte ketens juist
393 opstapelen in eetbare delen van groenten (Felizeter et al., 2021). Gezien het feit dat de
394 productie van PFAS verschuift naar verbindingen met kortere ketens kan de toenemende
395 opstapeling in vegetatie en groenten leiden tot niet-voorzien blootstelling wereldwijd zowel
396 van flora en fauna als van de mens (Andrews et al., 2023).

397  De omzetting en afbraak van PFAS gaan langzaam en leiden tot weer andere PFAS die niet of
398 nauwelijks verder afgebroken worden (Cousins et al., 2020), en dus lange tijd in het milieu
399 (misschien wel honderden jaren) en ook in het lichaam (halfwaardetijden van 3-6 jaar voor
400 sommige PFAS – zie 4.2) verblijven. Dit heeft geleid tot de naamgeving "forever chemicals".
401 Volgens de Europese REACH regelgeving inzake chemicaliën vallen veel PFAS onder de klasse
402 "very persistent (vP)"³. Door de langzame afbraak en de persistentie van de afbraak-
403

404 ³ <https://echa.europa.eu/nl/hot-topics/perfluoroalkyl-chemicals-pfas>

405 producten kunnen locaties zoals stortplaatsen ontstaan die PFAS blijven naleveren (Evich et
406 al., 2022).

407

408 In Europa zijn vele studies uitgevoerd naar het voorkomen van PFAS in water, bodem, lucht
409 en in het wild levende dieren. In 2006 werd geconstateerd dat in rivieren over heel Europa
410 verspreid PFAS voorkwamen en dat de rivieren jaarlijks tientallen tonnen PFAS naar de zee
411 vervoeren (McLachlan et al., 2007). Dat beeld is in de jaren daarna bevestigd in diverse
412 vervolgstudies waarin ook vele andere soorten PFAS op grote schaal werden aangetroffen
413 (Kools et al. 2022).

414 Door uitspoeling komen PFAS in grondwater terecht. In Nederland zijn in elke provincie PFAS
415~ aangetroffen in grondwater (Arcadis, 2023), ook op grotere diepten, en regelmatig in
416~ concentraties boven de recent voorgestelde EFSA-norm (zie 4.3.1). Relatief hoge
417 concentraties aan PFAS werden in grondwater langs de kust aangetroffen. Deze zijn mogelijk
418 deels afkomstig van met wind meegevoerde zeeschuim- en zeewaterdruppels (Eschauzier et
419 al., 2010; Johansson et al., 2019). Door hun oppervlakte-actieve werking hopen PFAS zich op
420~ in zeeschuim (VITO, 2023). Het RIVM geconcludeerde recentelijk dat contact met zeeschuim
421~ leidt tot extra PFAS blootstelling (Bokkers et al., 2023).

422 In het Nederlandse oppervlaktewater worden door Rijkswaterstaat sinds 2008 PFAS
423 gemeten. In eerste instantie werden alleen PFOA en PFOS gemeten, maar vanaf 2010 ook
424 andere PFAS. Uit de meetgegevens bleek dat twee lokale bronnen voor Nederland van
425 belang zijn voor de Westerschelde (zeer waarschijnlijk 3M in Antwerpen en het Kanaal Gent-
426 Terneuzen) en de Rijn (Dupont/Chemours), maar dat daarnaast ook diffuse bronnen en
427 grensoverschrijdende rivieraanvoer een belangrijke bron zijn voor de aanwezigheid van PFAS
428 in de rijkswateren (Eschauzier en de Voogt, 2014; Jonker, 2021, Kools et al., 2022). In een
429 monitoringscampagne in 2010 (Möller et al., 2010) zijn in het hele stroomgebied van de Rijn
430 40 verschillende PFAS gemeten. De aanwezigheid van PFAS in de rivier werd voornamelijk
431 toegeschreven aan industriële lozingen van PFAS. Opvallend was dat PFAS met korte ketens
432 (C4) toen al de belangrijkste bijdrage aan de totale vracht van PFAS vormden, waarschijnlijk
433 als gevolg van de regelgeving voor PFOA en PFOS die vervolgens door de industrie vervangen
434 zijn door de PFAS met kortere ketens. Met de resultaten werd berekend dat de Rijn jaarlijks
435 zo'n 6 ton aan PFAS naar de Noordzee bracht (Möller et al., 2010). De Rijn en de Schelde zijn
436 belangrijke bronnen voor de verontreiniging van de Noordzee met PFAS.

437

438 PFOA en PFOS worden ook al enige tijd aangetoond in oppervlaktewater afkomstig van de
439 grensstations van Nederland langs Rijn en Maas en bij waterinnamepunten voor de
440 drinkwaterproductie. De metingen aan PFOS en PFOA in het stroomgebied van de Rijn lijken
441 aan te geven dat de stoffen de laatste jaren afnemen maar ook dat de afname stabiliseert
442 (Jonker, 2021; Kools et al., 2022). Wel overschrijden alle metingen van PFOS in de RWS-
443 monitoring de thans geldende Europese environmental quality standard (EQS) normen van
444 0,65 ng/L (zoetwater) en 0,13 ng/L (zeewater). Al in 2004 werd gerapporteerd dat
445 bruinvissen in Noord-Europa (Noordzee en Oostzee) zwaar verontreinigd zijn met PFOS en
446~ iets mindere mate met perfluorcarboxylaten (Van de Vijver et al., 2004). Ook voor een aantal
447~ andere PFAS zijn normen in het kader van de Kaderrichtlijn Water voorgesteld (SCHEER,
448~ 2022).

Een studie van de STOWA (2021) concludeert dat PFAS niet of nauwelijks worden verwijderd met een reguliere zuivering en dat rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) een relevante route zijn van PFAS naar het milieu; de geschatte emissie in Nederland via het effluent is 65 – 180 kg/j, via het zuiveringsslib 15 – 45 kg/j. Concentraties in effluent overschrijden de normen voor oppervlaktewater; het hangt van de lokale situatie af of dit tot normoverschrijding in het ontvangende oppervlaktewater leidt.

3.2. Normen

Het RIVM doet onderzoek naar PFAS in de bodem en in grondwater in Nederland. Overal in freatisch water zowel als dieper grondwater zitten PFAS (Wintersen et al., 2020). PFAS blijken in veel bodems aanwezig te zijn. Het RIVM heeft risicogrenzen voor grond en grondwater voorgesteld, alsmede een voorlopige achtergrondwaarde voor PFAS in de bodem in afwachting van de resultaten van een landelijk onderzoek naar PFAS-gehalten in zowel de oppervlaktelaag als in diepere grondlagen van de bodem. Verder zijn er risicogrenzen voor PFOA en PFOS in de bodem, zie Tabel 3 (Wintersen et al., 2019, Wintersen en Otte, 2021) die gebaseerd zijn op het feit dat PFAS zeer mobiele stoffen zijn. RIVM-literatuuronderzoek naar uitloging bevestigt dat PFAS zich nog sneller verplaatsen naar grondwater dan andere diffuse verontreinigingen (Ministerie I&W, 2021).

Tabel 3. Risicogrenzen voor het toepassen van PFAS-houdende grond en bagger voor akkerbouw en veeteelt (Wintersen en Otte, 2021a).

Scenario	C _{kritisch} PFOS (µg/kg)	C _{kritisch} PFOA (µg/kg)
Akkerbouw	109	44
Veeteelt	7,6	15
Moestuinen	92	86

Door het Ministerie van IenW zijn in een zogenaamd 'handelingskader PFAS' maximale waarden voor bodemklassen wonen en industrie gedefinieerd (Van Weyenberg, 2021) van 3, 7 en 3 µg/kg droge stof voor respectievelijk PFOS, PFOA en andere PFAS op basis van risicogrenzen voor ecologische doorvergiftiging. Het betreft hier waarden ter beoordeling van of grond verplaatst mag worden. Voor landbouw/natuur zijn deze grenzen respectievelijk 1,4-1,9-1,4 µg/kg (Ministerie I&W, 2021); voor grond en baggersspecie in grondwater-beschermingsgebieden 0,1 µg/kg. Het RIVM heeft in 2021 nieuwe humane risicogrenzen voor PFAS in grond en grondwater berekend na het bekend worden van de nieuwe gezondheidkundige grenswaarde voor PFAS van het EFSA. Deze bleken niet lager uit te komen dan de maximale waarden uit het THK.

Voor oppervlaktewater zijn eind jaren '10 eveneens door het RIVM risicogrenzen vastgesteld (zie Tabel 4).

Tabel 4. Risicogrenzen voor PFOA en GenX in oppervlakte- en leidingwater.

	Grond	Water (ng/L)			
		Regenwater	Rivierwater ²	Slootwater ²	Leidingwater
PFOA	86 ng/kg ds ¹	-	48	48	87,5
GenX	-	-	118	118	150

¹ PFOA: Humane risico's, scenario 'wonen met moestuin'; ds= droge stof

² risicogrenzen van PFOA respectievelijk GenX voor 'oppervlaktewater'

De aanwezigheid van PFAS in drinkwater kan een bijdrage leveren aan de humane blootstellingsroutes voor inname van deze stoffen (Vestergren en Cousins, 2009). Zowel in grondwater als in oppervlaktewater in heel Europa zijn PFAS aangetroffen (Eschauzier et al., 2012a). Omdat beide in Nederland gebruikt worden als bron voor de drinkwaterbereiding is het van belang te weten welke bronnen mogelijk een risico vormen. Uit diverse publicaties is duidelijk geworden dat PFAS alleen met uitgebreide zuiveringstechnologieën uit de bronnen te verwijderen zijn en dat conventionele zuiveringsmethoden niet tot verwijdering leiden (Eschauzier et al., 2012b).

Op dit moment geldt een Europese drinkwater richtlijn (DWR) die stelt dat in januari 2026 de concentraties van PFAS in drinkwater moeten voldoen aan tenminste één van de volgende normen:

- 100 ng/L voor de "som van PFAS", een selectie van 20 risicovolle PFAS
- 500 ng/L voor "PFAS" totaal

Er is echter ook een door de EFSA afgeleide gezondheidkundige grenswaarde, gebaseerd op de door de EFSA voorgestelde maximale toelaatbare wekelijkse inname (TWI, zie paragraaf 4.3.1), die door het RIVM is vertaald in een indicatieve drinkwaterrichtwaarde van 4,4 ng PFAS equivalenten per L. In een onderzoek van het RIVM in de periode 2015-2021 bleek deze richtwaarde in 53% van de drinkwatermonsters gemaakt uit oppervlaktewateren en in 10% van de drinkwatermonsters gemaakt uit grondwater te worden overschreden (Van der Aa, 2022). De bijdrage van drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewater aan de totale inname via voedsel en drinkwater in Nederland is groter dan de op de WHO-richtlijnen gebaseerde 20% (Van der Aa et al., 2021). Het RIVM adviseerde in oktober 2022 om de concentraties PFAS in drinkwater in delen van Nederland de komende jaren te verlagen (Van der Aa et al. 2022). De SCHEER, een onafhankelijke wetenschappelijke commissie van de EU, heeft de EU geadviseerd deze richtwaarde voor drinkwater over te nemen in plaats van de DWR en deze norm ook als richtlijn voor grondwater te hanteren (SCHEER, 2022).

In 2022 werden opnieuw nieuwe risicogrenzen door het RIVM gepubliceerd (Smit en Verbruggen, 2022). Deze geven aan hoeveel PFAS in het oppervlaktewater mogen zitten zodat mensen daar hun leven lang veilig vis uit kunnen eten. Voor de drie PFAS waarvoor in Nederland al normen voor oppervlaktewater bestaan, zijn de nieuwe risicogrenzen: 0,3 ng/L voor PFOA, 0,007 ng/L voor PFOS en 10 ng/L voor HFPO-DA (GenX).

3.3. PFAS rond Dordrecht

In 2016 maakte het RIVM bekend dat omwonenden van de fabriek van DuPont/Chemours jarenlang via de lucht blootgesteld zijn aan PFOA. Het is waarschijnlijk dat zij hierdoor langdurig aan hogere waarden PFOA zijn blootgesteld dan de door het RIVM vastgestelde grenswaarde voor chronische blootstelling (Zeilmaker et al., 2016).

In de omgeving van Dordrecht zijn weliswaar meerdere mogelijke bronnen van PFAS aanwezig (afvalverbrandingen HVC, Moerdijk, calamiteiten), maar het verloop van de concentraties en het PFAS-profiel wijzen op een relatie met de luchtemissies van Dupont/Chemours. Het aantreffen van voornamelijk PFOA en het pas veel recenter ingevoerde HFPO-DA, een bestanddeel van GenX, duiden hierop. Het is zeer aannemelijk dat de transportroute van PFOA naar de bodem en het grondwater in de omgeving van Dordrecht verloopt via de lucht door uitstoot vanaf het bedrijfsterrein van Dupont/Chemours (van Bentum et al., 2017).

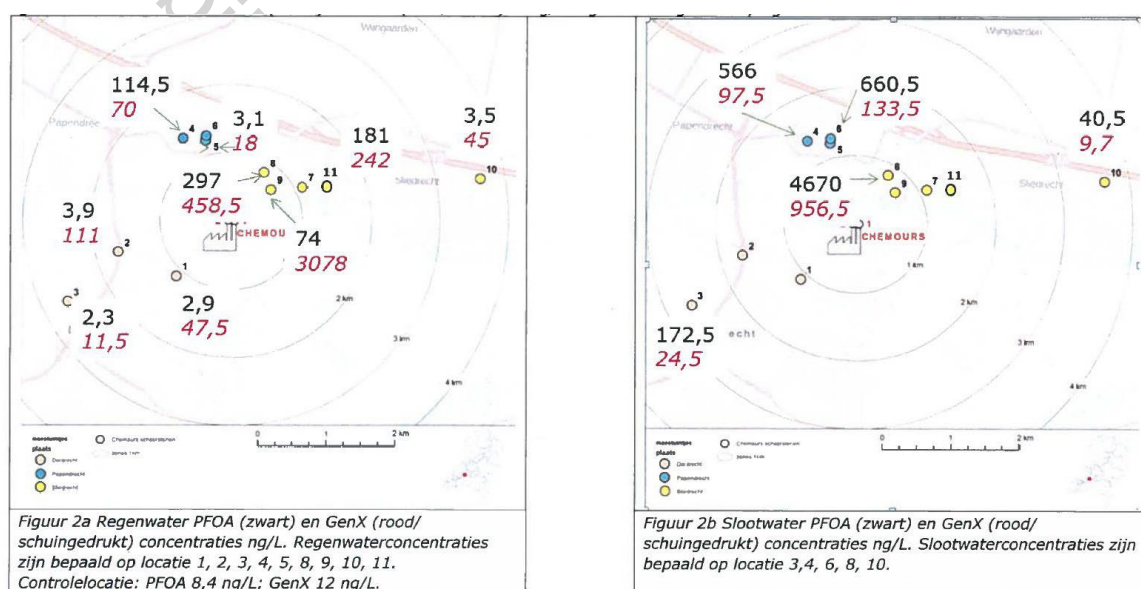
In 2017 werd bekend dat het grondwater en ook het drinkwater op sommige locaties in de omgeving van Dordrecht FRD-903, een bestanddeel van GenX bevatte. Uit de analyses van drinkwater van alle drinkwaterbedrijven die toen zijn uitgevoerd bleek dat in het drinkwater, geproduceerd uit oeverfiltraat afkomstig uit het gebied van de Beneden-Merwede concentraties FRD-903 tot 30 ng/L zijn aangetoond (Versteegh en de Voogt, 2017). Ook in het voorzieningsgebied van twee drinkwaterbedrijven in het westen van het land die water uit de Maas innemen is FRD-903 aangetoond tot 11 ng/L. In het drinkwater van de andere bedrijven is de stof niet boven de gehanteerde aantoonbaarheidsgrens aangetoond. Ook andere, waaronder 'nieuwe', PFAS zijn in rivierwater en drinkwater uit de omgeving van de Chemoursfabriek in die periode aangetoond (Gebbink et al., 2017). Uit zeer recent onderzoek bij 18 locaties in Nederland, ook elders dan bij Dordrecht, blijkt dat inmiddels in alle onderzochte drinkwatermonsters PFAS aanwezig zijn en de concentraties van PFAS in drinkwater bereid uit oppervlaktewater regelmatig boven de nieuwe normen liggen die door de EFSA zijn voorgesteld (Sadia et al., 2023).

Water in sloten en plassen in een omtrek van zeker 15 kilometer rondom de Chemours-fabriek in Dordrecht is zeer ernstig verontreinigd met giftige PFAS. Ten noordoosten van de fabriek, in de hele Alblasserwaard, wordt vrijwel overal de veilige norm voor PFOA en FRD-903 in oppervlaktewater overschreden (Waterschap Rivierenland, 2023). Diverse andere onderzoeken zijn gedaan naar de kwaliteit van bodem, grondwater en oppervlaktewater rond de lokatie van de DuPont/Chemours fabrieken, waaronder onderzoek van de gemeente Papendrecht (Franken, 2018); van Bentum et al., 2017).

In een onderzoek naar het vóórkomen van PFAS in regenwater en slootwater bij moestuinen rond Dordrecht (Boon en te Biesebeek, 2018) werden hoge concentraties van PFOA en GenX aangetroffen (zie Fig. 3). In 2022 concludeerde het RIVM na onderzoek van moestuin-groenten geteeld in de nabijheid van de Chemours-fabriek dat vanwege de veel te hoge concentratie PFAS mensen te veel PFAS binnenkrijgen via gewassen uit de groep moestuinen die binnen 1 kilometer ten noordoosten van het chemiebedrijf liggen. Het bleek eveneens ongezond om groenten uit moestuinen tot 10 kilometer afstand ten noordwesten, noordoosten en oosten van de fabriek te eten. (Boon en te Biesebeek, 2022a). Mensen krijgen niet te veel PFAS binnen via de gewassen uit een groep moestuinen die tussen 5 en

10 kilometer ten zuidwesten van het bedrijf ligt en ook niet uit een groep moestuinen die zo'n 15 kilometer ten noordoosten ligt.

Overigens, In moestuinen in de nabijheid van Custom Powders in Helmond, een bedrijf dat Teflon verwerkt waar twee PFAS in zaten (tot 2012 perfluorooctaan zuur (PFOA) en vanaf 2012 tot 2018 GenX) bleken de gehalten van beide stoffen in de geteelde groenten op basis van vergelijking met een oude EFSA-norm niet tot een te hoge inname te leiden van PFAS via gewassen uit het volkstuincomplex. Wel zijn de concentraties van PFAS in de gewassen uit deze moestuinen hoger dan in gewassen uit twee volkstuinencomplexen die niet dicht bij een PFAS-bron liggen (Boon en Te Biesebeek, 2022b). De moestuinen in Helmond worden toch, ondanks protest van de bewoners, gesaneerd. In 2021 werd op basis van de nieuwe normen van de EFSA door RIVM echter geadviseerd om geen moestuingewassen uit het volkstuincomplex Sluisdijk bij Helmond te eten (Boon et al., 2021).



Figuur 3. Ruimtelijke weergave concentraties van PFOA en GenX in irrigatiewater verzameld van de moestuinen rond de fabriek van Chemours (bron: Boon en te Biesebeek., 2018).

De onderzoeksresultaten van PFAS-analyses in groenten uit moestuinen bevestigen de experimentele onderzoeksresultaten dat PFAS opgenomen worden in groenten (Felizeter et al., 2014, 2021) en dat groenten geteeld in de nabijheid van productielocaties tot een verhoogde blootstelling van de mens kunnen leiden.

Uit vertrouwelijke documenten van concern DuPont, in bezit van Zembla (2023), blijkt dat Teflonproducent DuPont (nu Chemours) in Dordrecht al 30 jaar geleden wist dat ze het grondwater onder de fabriek en in de omgeving ernstig vervuilden met grote hoeveelheden PFAS. De interne stukken onthullen ook dat DuPont begin jaren '90 al grote zorgen heeft dat de PFAS-vervuiling in het drinkwater terechtkomt.

3.4. Effecten in het milieu

Inmiddels is door een steeds groter wordende lijst van onderzoeksresultaten duidelijk aan het worden dat PFAS ook de gezondheid van in het wild levende dieren en mogelijk ook

planten kunnen aantasten en dat schadelijke effecten in fauna die in verband worden gebracht met blootstelling aan PFAS overeenkomen met wat in humane epidemiologische studies wordt gezien (Andrews et al. 2023). PFOA en PFOS veranderen onder meer immunoresponsies en ontstekingsreacties in zowel proefdieren zoals knaagdieren, vogels en reptielen, als bij in het wild levende dieren (DeWitt et al., 2011, Bangma et al., 2022). Alhoewel specifieke effecten op overleving, groei, reproductie en ontwikkeling van sommige evertetraten, vissen, vogels en amfibieën zijn aangetoond, en meer specifieke effecten ook zijn waargenomen, zoals geno- en neurotoxiciteit en veranderingen in enzymlevels, is geconcludeerd dat over de ecotoxiciteit van PFAS nog onvoldoende bekend is (Ankley et al, 2020). Terwijl de toxiciteit voor de meeste ongewervelde waterorganismen, zoals bv. watervlooien, en tweekleppigen over het algemeen gering is (Ma et al, 2022), blijkt dat bij in het milieu voorkomende concentraties van mengsels van PFAS (ng/L niveau) wel effecten op sommige algen optreden (Liu et al., 2022). Ook bij vissen worden effecten waargenomen na blootstelling aan concentraties lager dan 1 µg/L (0,6 µg/L in zebravis, Zhang et al., 2012).

De hoogste stapeling van PFAS komt voor bij zeevogels, zeezoogdieren en landdieren vergeleken met voedselketens in water, waar soorten die over kieuwen beschikken in staat zijn om PFAS beter uit te scheiden (Da Silva et al. 2021). De effecten die in soorten aan de top van de voedselketen zijn waargenomen komen overeen met die welke in de mens zijn gevonden, zoals cytotoxische-, immunologische-, reproductie-effecten en kanker (Chen et al., 2021) .

Over de toxiciteit voor bodemorganismen is ook nog weinig bekend. De beschikbaarheid van PFAS voor bodemorganismen hangt sterk af van de hechting van PFAS aan bodemdeeltjes die op zijn beurt weer afhangt van de eigenschappen van de stof (Cai et al., 2021). PFAS veranderen de samenstelling van bacteriële- en schimmelculturen in de bodem aan (Xu et al., 2022) en kunnen zo de ecosysteemfuncties van de bodem aantasten, maar het is nog niet duidelijk of dat tot schadelijke effecten leidt.

Het RIVM heeft ecologische risicogrenzen opgesteld voor drie PFAS, nl. PFOS, PFOA en GenX. Deze grenswaarden hebben betrekking op respectievelijk bij welke bodemconcentratie effecten op hogere organismen kunnen optreden en directe blootstelling van bodemorganismen. Deze risicogrenzen zijn op hun beurt opgenomen in het afleiden van zogenaamde INEVs (indicatieve niveaus van ernstige verontreiniging) die gebruikt zullen worden voor de onderbouwing van Interventiewaarden voor bodem en grondwater. De ecologische en humane risicogrenzen en de INEVs voor bodem en grondwater staan vermeld in Tabel 5.

De risicogrenswaarden zullen worden gebruikt om interventiewaarden voor grond en grondwater vast te stellen. Het vastleggen hiervan in de bodemregelgeving zal samenlopen met het proces van wettelijke verankering van de waarden uit het handelingskader PFAS en daarin te maken keuzes. Tot die tijd kunnen de waarden als INEVs gebruikt worden (Ministerie I&W, 2022). Interventiewaarden geven aan wanneer de functionele eigenschappen die de bodem of het grondwater heeft voor mens, dier en plant ernstig zijn verminderd of dreigen te worden verminderd. Overschrijding is aanleiding tot sanering met spoed.

De nog onvoldoende kennis omtrent de ecologische effecten brengt met zich mee dat de gevolgen van PFAS voor flora en fauna op de lange(re) termijn nog lastig te voorspellen zijn. Duidelijk is wel dat veel PFAS ophopen in aquatische organismen, wat in potentie kan leiden tot ecotoxicologische effecten, humantoxicologische effecten via de consumptie van vis en schaaldieren (zie 3.), en risico's voor doorvergiftiging (van bv. toppredatoren) in de voedselketen (Jonker, 2021). Er is geen reden om aan te nemen dat de effecten bij de mens, die tot recente aanscherping van normen voor de dagelijkse inname van PFAS via voedsel en drinkwater hebben geleid, niet ook bij sommige (zoog)diersoorten kunnen optreden.

Tabel 5. Risicogrenzen voor PFOS, PFOA en GenX in bodem en grondwater

Risicogrenzen bodem (µg/kg)					
	Ecologie		Humaan	Geaggregeerd	INEV 2020
Toetscriterium	HC _{50, direct}	HC _{50, dv}	MTR		
PFOS	9100	110	59	59	110
PFOA	5,0x10 ⁴	1100	60	60	1100
GenX	-	960	57	57	97
Risicogrenzen grondwater (ng/L)					
	Drinkwater	Ecologie	Gezondheid	Geaggregeerd	
Toetscriterium	C _{dw, max}	HC _{50, direct}	MTR	Incl. Consumptie	Excl. Consumptie
PFOS	9,9	1,0x10 ⁶	2,7x10 ³	9,9	2,7x10 ³
PFOA	20	7,0x10 ⁶	8,6x10 ³	20	8,6x10 ³
GenX	330	1,6x10 ⁶	6,0x10 ⁴	330	6,0x10 ⁴

3.5. Luchthavens en brandblus oefenterreinen

PFAS zijn jarenlang gebruikt in zogenaamde aqueous film forming foams (AFFF), brandblusschuim dat met name gebruikt worden voor het blussen van petroleumbranden (Moody en Field, 2000; Hu et al., 2016) en in vloeistoffen om ijsvorming tegen te gaan (Field et al., 2003). AFFF-blusmiddelen zijn veelvuldig in gebruik geweest op vliegveld en militaire terreinen. Ze werden en worden opgeslagen in reservoirs (bv. voor sprinklerinstallaties, bij raffinaderijen en tankopslag) om toe te passen in geval er zich branden zouden voordoen. Grote hoeveelheden daarvan zijn echter direct in het milieu terecht gekomen omdat er bij brandblus oefeningen op luchthavens en militaire oefenterreinen mee geoefend werd of bij de bestrijding van daadwerkelijke branden. Op deze manier zijn de bodem, het grondwater en omliggende sloten, rivieren en plassen van dergelijke terreinen vervuild geraakt met PFAS.

Er zijn in diverse landen inventarisaties gemaakt van de (mate van) PFAS-verontreiniging van bodem en grondwater in de nabijheid van brandweeroefenterreinen of plaatsen waar grote oliebranden bestreden werden met blusschuim, zoals in de UK (Buncefield), de Kanaaleilanden (HPA, 2012), en Duitsland (Brunn et al., 2023). In de onderzochte gevallen bleek steeds dat er hoge concentraties in bodem of grondwater zijn aangetroffen.

Noors onderzoek (Martinsen, 2012) laat zien dat 1) PFAS bij vrijwel alle onderzochte brandweer-oefenterreinen van 43 Noorse vliegvelden werden aangetroffen; 2) De

678 concentraties van PFOS in de bodem in de buurt van de oude oefenterreinen veel hoger zijn
679 (tot tientallen mg/kg) dan de Noorse guideline values van 100 µg/kg; en 3) Dat regelmatig
680 grondwaterconcentraties in de orde van 1-50 µg/L werden aangetroffen. In een andere
681 Noorse studie (SFT, 2008) waarbij vier oefenterreinen werden onderzocht werd
682 geconcludeerd dat brandweeroefeningen gedurende jaren geleid hebben tot ernstige
683 milieuverontreiniging met in het bijzonder PFOS, maar ook andere PFAS en dat enerzijds de
684 persistentie en anderzijds de hoge mobiliteit (bv. in zandige bodems) van diverse PFAS een
685 risico vormt.

686
687 Een Zweedse studie (Norström et al., 2015) nam de consequenties voor de lange termijn
688 onder de loep van PFAS-verontreiniging vanuit brandweeroefenterreinen. De studie
689 concludeerde dat het aandeel dat lokaal verontreinigde terreinen bijdragen aan de totale
690 contaminatie van Zweedse ecosystemen met PFOS weliswaar klein is, maar dat de lokale
691 impact in diverse gebieden in Zweden ernstig is, en het derhalve gewenst is alle
692 verontreinigde terreinen in het land in kaart te brengen.

693
694 In Nederland is de mate van PFOS-verontreiniging bij brandweeroefenterreinen van
695 vliegvelden en militaire oefenterreinen voor zover bekend nimmer in kaart gebracht. Bij een
696~ (vals) brandalarm in 2008 op luchthaven Schiphol kwam een hoeveelheid met PFOS
697~ verontreinigd water in de bodem en het nabije oppervlaktewater terecht, hetgeen leidde tot
698~ een tijdelijk vis- en zwemverbod in de ringvaart Haarlemmermeerpolder en het Noordzee-
699~ kanaal. In de bodem werden concentraties van PFOS en PFHxS aangetroffen tot ca. 210
700~ µg/kg op droge stof (ds) basis (Hoek-van Nieuwenhuizen, 2011, 2012).

701 Bij grote branden zoals die van Chemiepack (2011) en Vredestein (2003) werden hoge
702 concentraties in het bluswater aangetroffen (Chemiepack: som PFAS 400 µg/L, Berbee en
703 Ingenbleek, 2015) of in het ontvangende oppervlaktewater (Twentekanaal 3 µg/L PFOS,
704 Schrap et al., 2004). In 2009 werd de hoeveelheid PFOS-houdend blusschuim in Nederland
705 geschat op 18.540 m³ (RIVM, 2009).

706
707* De Nederlandse overheid heeft tot nu toe nagelaten een landsomvattende inventarisatie te
708* maken van de mate van PFAS-verontreiniging die zich voordoet bij vliegvelden, militaire
709* oefenterreinen, raffinaderijen en tankopslagplaatsen. Daarnaast zijn (voormalige)
710* stortplaatsen een bekende bron van belasting van het milieu als gevolg van uitloging van
711* PFAS. Ook hiervoor geldt dat een landsdekkende inventarisatie ontbreekt die in kaart brengt
712* of de bodem en het grondwater in de omgeving van de stortplaatsen is verontreinigd.

4. PFAS in de mens

4.1 Gehalten

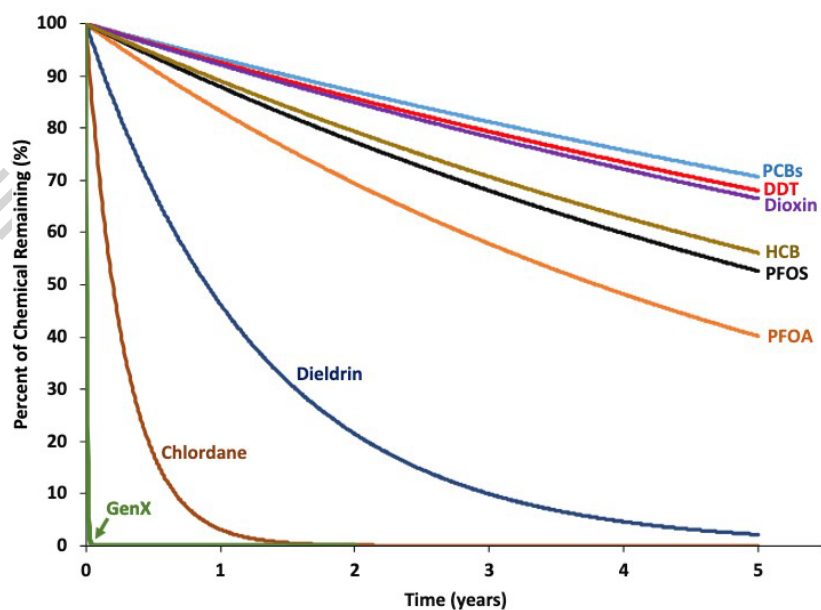
PFAS zijn xenobiotische stoffen. Dat wil zeggen, ze komen niet van nature voor maar zijn door de mens gesynthetiseerd. Daarom zouden achtergrondwaarden in bijvoorbeeld menselijk bloed nul moeten zijn. Helaas is het inmiddels zo dat PFAS in het bloed van vrijwel elk mens op de wereld voorkomen. Hierboven is al beschreven hoe de verspreiding van PFAS over de wereld in zijn werk gaat. Daar komt dan nog bij dat bijvoorbeeld door gebruik van brandblusmiddelen – met name tijdens oefeningen van de brandweer maar soms ook bij werkelijke branden – vrijwel elk vliegveld op de wereld met PFAS is besmet. Ook op kleine eilanden in de Stille Oceaan worden PFAS aangetroffen, zowel in moedermelk (Fiedler and Sadia, 2021) als in de lucht (Caimoras Gonzáles, 2021). Achtergrondwaarden van PFAS in menselijk serum in Europa laten normaal een iets hoger PFOS-gehalte zien (3,5 µg/L in serum) vergeleken met PFOA (Van Poll et al., 2017). PFAS worden normaal in het serum gemeten, al is er een voorzichtige trend naar PFAS-metingen in totaal bloed. De PFAS-gehalten in totaal bloed zijn vrijwel precies een factor 2 lager dan in serum, vanwege de optredende verdunning. Waar gehalten in serum zich buiten de hotspots op een niveau van enkele µg/L bevinden, is dat in moedermelk op een niveau van enkele tot enkele tientallen ng/L (Fiedler and Sadia, 2021; Van Beijsterveldt et al., 2022). Dat komt omdat PFAS zich meer aan eiwit binden en minder aan vet.

4.2. Halfwaardetijden

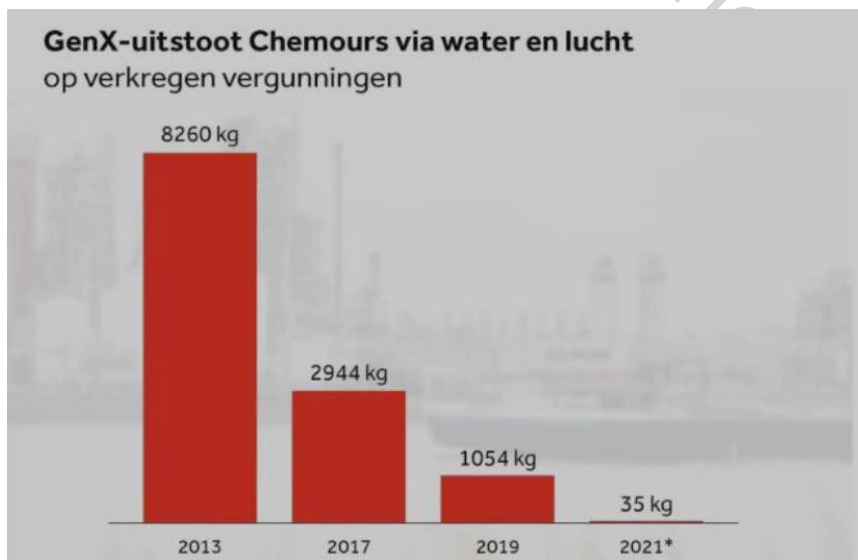
Anders dan andere POP's zoals PCB's en dioxines, die in het vet van organismen oplossen, binden PFAS zich meer aan eiwit, bijvoorbeeld aan het eiwit albumine dat in menselijk bloed voorkomt. Niet dat PFAS niet in menselijk vetweefsel voorkomen, maar verhoudingsgewijs zitten er meer PFAS in ons bloed dan in ons vet. De halfwaardetijden (dat is de tijd die het duurt voordat het gehalte van een stof is gehalveerd) van PFAS in menselijk bloed bedragen veelal enkele jaren, voor PFOS en PFOA ca. 2-5 jaar (Xu et al., 2020). Dat betekent het volgende. Stel het PFOA-gehalte in je bloed is 100 µg/L. We nemen 5 jaar als halfwaardetijd van PFOA. Dan duurt het 5 jaar voordat het PFOA-gehalte gedaald is naar 50 µg/L. Daarna duurt het weer 5 jaar voordat het PFOA-gehalte gedaald is naar 25 µg/L en weer 5 jaar totdat dat gehalte 12,5 µg/L is, enzovoorts. Pas na ca. 18 jaar komt het PFAS-gehalte dan onder de veilig geachte EFSA-richtlijn van 6,9 µg/L, mits er geen nieuwe inname is geweest in die periode.

Omdat GenX veel beter in water oplost dan PFOA, bioaccumuleert het veel minder dan PFOA. Voor GenX is de halfwaardetijd in de mens ca. 43 uur (Shea, 2018) (zie Fig. 4), heel veel korter dus dan voor PFOA. Echter, omdat GenX veel beter in water oplost, is het in relatief hoge concentraties (hoger dan PFOA) aanwezig in het oppervlaktewater. Daarom kan het gemakkelijk in drinkwater terechtkomen, wanneer dat bereid wordt van oppervlaktewater dat GenX bevat, zoals bijvoorbeeld het rivierwater van de Merwede en de Lek. De meeste drinkwaterbedrijven gebruiken koolfilters en die halen GenX er maar voor een gering deel uit. Daaruit volgt weer dat, ondanks dat GenX de mens binnen ca. 2-3 dagen verlaat (Fig. 4), de consument elke dag een nieuwe dosis van GenX binnenkrijgt door het drinken van kraanwater. Daarmee wordt de consument permanent blootgesteld aan GenX. GenX is daarom geen geschikte oplossing voor het PFOA-probleem. De lozingsvergunning van Chemours voor GenX naar het water is vanaf 29 april 2020 teruggebracht naar 2 kg/j (som

FRD-902 plus FRD-903) (DCMR, 2020). Tussen 2012 en 2017 heeft Chemours echter, daartoe in staat gesteld door de Nederlandse overheid, 8260 kg/j GenX geloosd in de Merwede (6400 kg/j, hetgeen in 2017 werd teruggebracht tot 2035 kg/j (Fig. 5).



Figuur 4. Eliminatiecurves in menselijk bloed voor diverse persistente stoffen en GenX (Shea, 2018).



Figuur 5. GenX uitstoot Chemours via water en lucht samen.

4.3. Normen

4.3.1. Maximaal toelaatbare wekelijkse dosis

In 2008 heeft de Europese voedselveiligheidsautoriteit (EFSA) een TDI (maximaal toelaatbare dagelijkse dosis) voor PFOS van 150 ng/kg lichaamsgewicht per dag vastgesteld, rekening houdend met een onzekerheidsfactor 200 (Benford et al., 2008; Johansson et al., 2009). Tegelijk werd door EFSA een TDI voor PFOA vastgesteld van 1500 ng/kg lichaamsgewicht per dag. Wel werd toen opgemerkt dat er nog weinig toxicologische studies voor deze stoffen beschikbaar waren. Na het beschikbaar komen van meer toxicologische gegevens werden in 2020 door de EFSA nieuwe veilige waarden voor de opname van PFAS vastgesteld (Schrenk et al., 2020). Inmiddels waren er diverse studies van Grandjean et al. (2012, 2017) verschenen die wezen op een immunotoxisch effect van PFAS. Dat effect vindt al plaats bij zeer lage gehalten in de mens. Daarom is de EFSA in 2020 overgegaan tot het publiceren van een nieuwe, veel lagere TWI (maximale toelaatbare wekelijkse innames, i.p.v. TDI – het verschil is eenvoudig een factor 7 voor de dagen in de week). De nieuwe TWI bedraagt 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week voor de som van de vier PFAS-verbindingen PFOS, PFOA, PFHxS (perfluorhexylsulfonzuur) en PFNA (perfluornonaanzuur). Bij benadering betekent dat een ca. 10.000-voudige verlaging van de advieswaarde van PFOA: van 1500 naar ongeveer 0,16 ng/kg lichaamsgewicht per dag en voor PFOS een 1000-voudige verlaging, van 150 ng/kg naar ca. 0,16 ng/kg. Voor GenX is nog geen TWI vastgesteld. Het gevolg van deze scherpe daling in de EFSA-advieswaarden is dat zowel drinkwater als een groot aantal voedingsmiddelen zich nu plotseling op of over de grens van een toelaatbare concentratie bevinden (zie 3.2).

4.3.2. No-effect level in bloed

Naast een TWI (Zie 4.3.1) heeft de EFSA ook een niveau in menselijk serum berekend waaronder gezondheidseffecten niet te verwachten zijn. Dat niveau is bepaald op 6,9 µg/L voor de som van PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA, afgekort als ΣEFSA4. Bedacht moet worden dat de fout in de analyse circa 25% bedraagt. Boven de 6,9 µg/L ± 25% bestaat er dus een kans dat er een gezondheidseffect optreedt. Dat is dan altijd eerst op het immuunsysteem. Andere effecten zullen pas optreden bij hogere PFAS-gehalten. In Vlaanderen wordt bij de grote epidemiologische studie die nu gaande is in Zwijndrecht ook gebruikt gemaakt van de Duitse HBM waarden. Dit zijn aparte toetsingswaarden voor PFOS en PFOA in serum, die gekoppeld worden aan adviezen voor acties die te ondernemen zijn door de bevoegde instanties. Deze werden voor het eerst afgeleid in 2016 voor de HBM-I-waarden en in 2020 voor de HBM-II-waarden. In 2021 werd een herziening gepubliceerd waarbij nieuwe wetenschappelijke inzichten werden meegenomen (Loots et al., 2023). Deze HBM-waarden gelden alleen voor PFOS en PFOA en per component. In Tabel 6 is te zien dat de HBM-waarden ook gekoppeld zijn aan andere gezondheidseffecten dan het immuunsysteem. Duidelijk is eveneens dat kanker zowel bij de EFSA-richtlijn van 6,9 µg/L als bij de HBM-waarden nog geen rol speelt. PFAS zijn wel kankerverwekkend, maar pas bij hogere gehalten in het bloed. Nierkanker en teelbalkanker zijn specifiek voor PFAS, vermoedelijk bij een inname van >1500 ng/kg lichaamsgewicht per dag voor PFOS en 150 ng/kg lichaamsgewicht per dag voor PFOA, de oude EFSA-richtlijnen uit 2008 (zie 4.3.1). De International Agency for Research on Cancer (IARC) heeft recent een uitspraak gedaan over de mate van kankerverwekkendheid van PFOA en PFAS (Zahm et al., 2023). PFOA is geclassificeerd als een Groep 1 carcinogeen voor de mens, met andere woorden: er is geen twijfel over de

818 carcinogeniteit van PFOA voor de mens. PFOS werd geclassificeerd als een Groep 2A
 819 carcinogeen voor de mens, dat wil zeggen 'mogelijk kankerverwekkend'. Zeer recent nog zijn
 820 associaties aangetoond tussen PFAS en schildklierkanker (Van Gerwen et al., 2023).

821~ *Tabel 6. Duitse HBM-waarden voor PFAS in serum, hun betekenis en advies voor eventuele*
 822~ *medische opvolging. (uit Loots et al., 2023).*

Gezondheidskundige toetsingswaarden	Gezondheidseffecten waarop de waarde gebaseerd is	Acties voor bevoegde instanties, artsen en burgers
Onder de HBM-I waarde <i>geen verhoogde kans op nadelige gezondheidseffecten</i>		Uit Holzer, 2021: Geen acties nodig <i>In onze brieven: Deelnemers worden aangeraden om de tips bij de resultatenbrief te lezen om zo hun blootstelling aan PFAS laag te houden.</i>
HBM-I waarde Duitse HBM-commissie Algemene bevolking PFOS: 5 µg/l serum PFOA: 2 µg/l serum	• tijd tot zwangerschap, • zwangerschapsvergiftiging, • geboortegewicht, • vetmetabolisme, immuunrespons na vaccinatie, • hormonale ontwikkeling, • leeftijd puberteit/menarche, • start menopauze, • schildkliermetabolisme	
Tussen HBM-I en HBM-II <i>Verhoogde kans op nadelige gezondheidseffecten niet uit te sluiten</i>		UIT HOLZER, 2021: • Verhoogde voorzorgsmaatregelen zijn nodig. • Onderzoek naar mogelijke oorzaken, bronnen van blootstelling inperken in de mate van het mogelijke en wenselijke. <i>Uit onze brieven: Deelnemers worden aangeraden om de tips bij de resultatenbrief toe te passen en de checklist te raadplegen om mogelijke bronnen in hun omgeving (andere dan 3M) te proberen identificeren.</i>
HBM-II waarde Duitse HBM-commissie Vrouwen van vruchtbare leeftijd PFOS: 10 µg/l serum PFOA: 5 µg/l serum De rest van de bevolking PFOS: 20 µg/l serum PFOA: 10 µg/l serum	• lager geboortegewicht en ontwikkelingstoxiciteit, • verminderde vruchtbaarheid, • verminderde antilichaamrespons, • verhoogde cholesterol (LDL en totaal), • type II diabetes	
Boven HBM-II <i>Verhoogde kans op nadelige gezondheidseffecten op lange termijn mogelijk</i>		Uit Schumann, 2021: • Bronnen identificeren • Blootstelling stoppen • Medisch-milieukundige opvolging voorzien <i>Uit onze brieven: Deelnemers worden aangeraden om de tips bij de resultatenbrief toe te passen en de checklist te raadplegen om mogelijke bronnen in hun omgeving (andere dan 3M) te proberen identificeren.</i> <i>Er wordt een consultatie aangeboden met een milieu-arts of milieukundige voor advies op maat. Bezoek aan de huisarts indien nog andere risicofactoren aanwezig zijn</i>

4.3.3. Toxiciteitsequivalentiefactoren

Naast de EFSA4 PFAS (PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA) zijn er nog veel andere PFAS-componenten die allemaal hun eigen toxiciteit kennen. Het RIVM heeft voorgesteld een systeem van toxiciteitsequivalentiefactoren (TEF) in te voeren, zoals we dat kennen van de dioxines (Bil et al., 2022). Hoewel er nog wetenschappelijke discussie over plaatsvindt, geeft dit systeem toch een beeld van wat er van de diverse PFAS aan effecten te verwachten is. In het algemeen lijken de langere keten PFAS meer effecten te vertonen. Dat kan ook voortkomen uit een mogelijk wat overschat belang van de bioaccumulatie. De voorgestelde TEF's (ook wel relatieve potentiefactoren, RPF, genoemd) voor humane biomonitoring staan vermeld in Tabel 7. Omdat dit systeem nog in ontwikkeling is, is niet uitgesloten dat de factoren nog iets zullen veranderen. In een eerdere publicatie van Bil et al. (2021) werden externe TEF's voorgesteld die gebruikt kunnen worden voor berekeningen vanuit het PFAS-gehalten in het milieu. Die zijn weer licht verschillend van die in Tabel 7. Deze factoren zijn, ondanks de nog gaande wetenschappelijke discussie, al wel in correspondentie met de overheid gebruikt. In dit systeem is de relatieve toxiciteit van PFOA op 1 gesteld. Door de gehalten in bloed van elke PFAS te vermenigvuldigen met de voorgestelde, bijbehorende (interne) TEF verkrijgt men een TEQ (toxiciteitsequivalent), in dit geval door het RIVM PEQ (PFAS-equivalent) genoemd.

Tabel. 7. (Interne) Relatieve potentiefactoren (RPF) als basis voor door het RIVM voorgestelde toxiciteitsequivalentiefactoren voor PFAS (Bil et al., 2022).

PFAS	RPF
PFBS	0,2
PFHxS	0,6
PFOS	3
PFBA	2
PFHxA	10
PFOA	1
PFNA	5
PFDoDA	10
HFPO-DA (GenX)	9

4.3.4. ALARA principe

Vanaf 2023 gelden er in alle landen van de EU normen voor PFAS in vis en andere voedingsmiddelen (EU, 2022). Deze normen zijn bindend. Dat betekent dat wanneer er bijvoorbeeld vis wordt aangeland die een PFAS-gehalte boven de aangegeven normen bevat, dan mag die vis niet vermarkt worden. Bij bestudering van deze normen valt op dat ze niet rechtstreeks van de EFSA-richtlijn voor maximale wekelijkse opname van PFAS zijn afgeleid. Zou dat wel gedaan zijn, dan zou in Nederland in het geheel geen zoetwatervis en vermoedelijk ook geen zeevis, mosselen en garnalen afkomstig van de kust gegeten kunnen worden. Omdat vis ook veel nuttige voedingsstoffen bevat zoals bijvoorbeeld onverzadigde vetzuren, is hier het ALARA principe toegepast. ALARA staat voor 'As low as reasonably achievable'. Het is een principe dat uit de radiologie komt (Tritscher, 2004, Hansson, 2022). De norm voor een contaminant in een bepaald voedingsmiddel wordt hoger gesteld dan op basis van de toxicologie nodig zou zijn, om zo toch consumptie van dat voedingsmiddel

860~ mogelijk te maken, ondanks dat de consument zodoende te veel van de contaminant naar
861* binnen krijgt. Het geeft dus in feite aan hoe verontrustend de situatie is: men laat
862* consumptie van te hoog verontreinigd voedsel toe omdat de consument anders goede
863* voedingsstoffen moet ontberen. Dalen de gehalten in de loop van de tijd, dan zal de
864* verantwoordelijke overheid de normen ook verlagen totdat het ALARA-principe losgelaten
865* kan worden en de normen ook echte bescherming geven tegen de toxische stof. Dit is in
866* Nederland al eerder zo verlopen bij normen voor PCB's.

867
868~ Samengevat kan gesteld worden dat er onder de EFSA-richtlijn, 6,9 µg/L, geen kans is dat er
869~ gezondheidseffecten optreden. Daarboven is er een kans, die uiteraard bij hogere gehalten
870~ steeds hoger wordt dat zich een effect op het immuunsysteem voordoet (ontstekingen, iets
871~ eerder ziek worden vanwege een griep, etc.), of een effect zoals aangegeven in Tabel 6. Pas
872~ ruim daarboven is er een risico op nierkanker, teelbalkanker of mogelijk schildklierkanker.
873~ Daarbij moet altijd bedacht worden dat mensen onderling verschillend zijn en een
874~ verschillend metabolisme kennen. Denk aan het voorbeeld van een oudere man die zijn hele
875~ leven rookt en geen gezondheidshinder ondervindt. Hij is de uitzondering die nu eenmaal
876~ voor kan komen.

877* Bij de toepassing van het ALARA-principe om tot Europese normen voor PFAS in voeding te
878* komen (EU, 2022) is de volledig bescherming van de consument tegen PFAS opgeofferd. De
879* Europese consument kan door toepassing van ALARA nog vis blijven eten (alleen niet van de
880* meest ernstig vervuilde locaties zoals de Westerschelde) en krijgt daardoor ook gezonde
881* voedingsstoffen binnen. Tegelijkertijd krijgt die consument te veel PFAS binnen. Dit laat zien
882* hoe ernstig de vervuiling met PFAS in Nederland is. Pas als de PFAS-gehalten in voeding gaan
883* dalen, zal de consument door een dan aangepaste scherpere PFAS-norm weer volledig
884* beschermd worden tegen PFAS. Vanwege de hoge mate van persistentie van PFAS zal dit
885* naar verwachting nog tientallen jaren duren.

886 887 **4.4. PFAS rond Dordrecht en vergelijkbare locaties**

888
889 Randon fabrieke in bijvoorbeeld Antwerpen en Dordrecht zijn de PFAS-gehalten in
890~ menselijk bloed bijna altijd te hoog. Uit Tabel 8 blijkt duidelijk dat de gehele bevolking van
891~ Dordrecht in ernstige mate is blootgesteld aan PFOA en daardoor PFOA-gehalten heeft
892~ opgebouwd die bij de meeste inwoners ver boven de veilige waarde van EFSA liggen, tot aan
893~ een 86-voudige overschrijding daarvan. De Σ4EFSA PFAS in moedermelk van moeders in en
894~ rondom Dordrecht blijven nog net onder de door de EFSA aangegeven veilige waarde. Deze
895~ laatste waarde (ca. 100 ng/kg) is geen norm en zelfs geen formele advieswaarde, maar kan
896~ worden afgeleid uit het EFSA-rapport (Schrenk et al., 2020). Baby's krijgen dus met de
897~ moedermelk meteen al een hoeveelheid aan PFAS binnen. Bovendien, zijn ze, via de
898~ navelstreng, al voor de geboorte blootgesteld aan hogere PFAS-gehalten, vanwege de
899~ binding van PFAS aan albumine in het bloed van de moeder. In het PFAS-patroon dat in
900~ bloed en moedermelk van inwoners werd gevonden is PFOA steeds dominant, wat wijst op
901 een relatie met de DuPont/Chemours fabriek. Dat werd nogmaals bevestigd in een grote
902 moedermelk studie van de Erasmus universiteit waarin ook duidelijk verhoogde PFOA-
903 gehalten werden gevonden in melk van moeders die ten oosten van Rotterdam woonden,
904 vergeleken met melk van moeders wonend ten westen van Rotterdam (Van Beijsterveldt et
905 al., 2022).

Tabel 8. PFOA en Som 4PFAS vlg. EFSA in serum en moedermelk van inwoners uit Dordrecht en arbeiders bij DuPont in Dordrecht.

	Min	Max	Veilig ^d
Inwoners serum µg/L ^a	1,3	147	1,7
Inwoners moedermelk ng/kg Som EFSA ^b	38	90	Ca. 100
Moedermelk PFOA ng/kg ^b	19	53	
Arbeiders serum µg/L ^c	75	11387	1,7

^aGehalten van bloedonderzoek onder inwoners Dordrecht in 2016 binnen 1 km van DuPont fabriek (Van Poll et al., 2017);

^bStudie van Vrije Universiteit (De Boer, 2023) 'PFOA, gegevens van DuPont, USA over Dordrecht, 2012; 'Als veilige waarde is een vierde van de Σ4EFSA PFAS (6.9 µg/L) genomen. EFSA spreekt zich niet uit over een meer of mindere toxiciteit van een van de vier betrokken PFAS in deze som.

De PFOA-gehalten in arbeiders (Tabel 8) zijn afkomstig van een interne studie van DuPont in de fabriek in Dordrecht. Deze gegevens werden beschikbaar gesteld aan het Algemeen Dagblad (journalist Ingrid de Groot) door advocaat Robert Billett, die in de VS de PFAS-zaak in Parkersburg (WV) behartigde. Prof. De Boer ontving vervolgens de gegevens van Mw. De Groot. De PFOA-gehalten in arbeiders zijn bijzonder hoog. Er is geen informatie over de gezondheid van deze medewerkers. De veilige EFSA-waarde voor PFAS in bloed wordt dus soms ruim 6600 maal overschreden.

Uit Tabel 6 kunnen de gezondheidkundige toetsingswaarden voor PFOA worden afgelezen. Onder de 2 µg/L PFOA in serum is er geen risico op gezondheidseffecten, vanaf 2 µg/L PFOA in serum is er een risico op gezondheidseffecten zoals verminderde immuunrespons na vaccinatie en veranderend vetmetabolisme en voor vrouwen zwangerschapsvergiftiging, verminderde vruchtbaarheid en kleiner geboortegewicht. Boven de 10 µg/L en voor vrouwen boven de 5 µg/L geldt een verhoogde kans op diabetes II, verhoogd cholesterolgehalte en effecten op de ontwikkeling van het kind. Naarmate het PFOA-gehalte hoger wordt, komt ook de kans op nierkanker, teelbalkanker en schildklierkanker in beeld. Die effecten kunnen optreden bij de al in 2008 vastgestelde risicogrens voor opname van 1500 ng/kg lichaamsgewicht per dag. Dat zou kunnen leiden tot ca. 16 mg/L PFOA in serum. Alleen de meest blootgestelde arbeiders komen met het PFOA-gehalte in hun serum (11.387 µg/L, Tabel 8) daarbij in de buurt. De range 1,3-147 µg/L voor de inwoners van Dordrecht geeft aan dat het merendeel van de bevolking is blootgesteld aan PFOA-gehalten die kunnen leiden tot een verhoogde kans op een verminderde immuunrespons, veranderend vetmetabolisme en voor vrouwen zwangerschapsvergiftiging, verminderde vruchtbaarheid, kleiner geboortegewicht, diabetes II, verhoogd cholesterolgehalte, uitgestelde puberteit, effecten op de aanvang van de menopauze en effecten op de ontwikkeling van het kind.

Het PFOA-gehalte in moedermelk blijft net onder de advieswaarden van de EFSA. Het is duidelijk dat de bevolking van Dordrecht – wellicht nog meer de bevolking van de wijk Baanhoek Sliedrecht – door de lozingen van de fabriek van DuPont/Chemours gezondheidsverlies heeft geleden. Het betreft bovendien vrijwel uitsluitend effecten op langere termijn en veelal onomkeerbaar, zoals bijvoorbeeld diabetes II en effecten op de

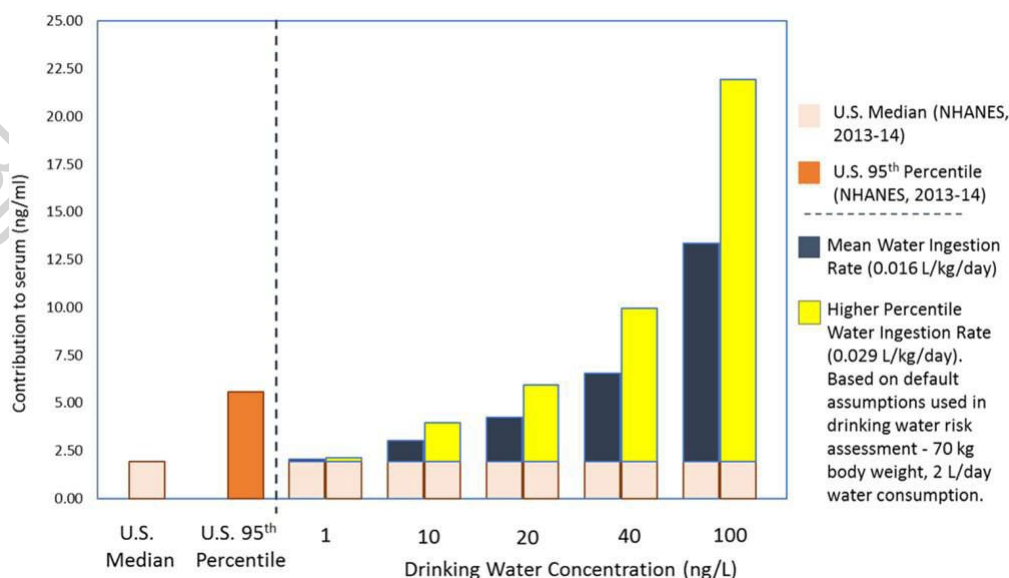
ontwikkeling van het ongeboren kind. Dat wordt onderstreept door diverse voedingsadviezen vanuit de overheid. In 2021 adviseerde de GGD Zuid-Holland-zuid geen vis meer te eten uit de Alblasserwaard (GGD Zuid-Holland-zuid, 2021). Vanwege te hoge PFOA-gehalten adviseerde het RIVM om geen groente en fruit te eten uit moestuinen die binnen 1 kilometer van de fabriek van Chemours liggen (CMS Dordrecht, 2021).

Andere PFAS-fabrieken laten hetzelfde patroon zien als de fabriek in Dordrecht. De fabriek van 3M in Zwijndrecht bij Antwerpen (België) maakt PFAS voor verschillende toepassingen. Tot aan 2000, toen het bedrijf zelf stopte met de productie ervan, was PFOS het belangrijkste product. Daarna is het bedrijf meer korte keten-PFAS gaan produceren. Net als in Dordrecht is de omgeving binnen een straal van ten minste 5 km rondom de fabriek zwaar verontreinigd met PFOS. De PFAS concentraties in eieren van mezen verzameld rond de 3M fabriek behoren tot de hoogste die ooit bij in het wild levende vogels zijn aangetroffen (Groffen et al., 2019). In bloed van 10 bewoners die binnen 1 km van de 3M fabriek woonden werden PFOS-gehalten van 17-1100 µg/L aangetroffen met een mediaan van 380 µg/L en een gemiddelde van 410 µg/L (de Boer, 2023). Een grotere studie in serum van 800 inwoners die binnen een straal van 3 km van de 3M fabriek woonden werd uitgevoerd door de Vlaamse overheid en bevestigde deze getallen. 93% van de 800 inwoners had een PFAS-gehalte boven de EFSA4 advieswaarde. De mediaan lag op 20 µg/L en het 90% percentiel op 80 µg/L (VITO, 2021). Bodem, oppervlaktewater (met name de Westerschelde) bevatten allemaal verhoogde PFAS-gehalten met een duidelijke PFOS-waarde. Vis (bot, *Platichthys flesus*) uit de Westerschelde bleek 24 µg/L PFOS te vatten, sediment uit de Westerschelde 500 ng/kg ds, en lamsoren 350 ng/kg dw. Het gehalte van PFAS in kippeneieren in de omgeving van Antwerpen liet een duidelijk verband zien met de afstand tot de 3M fabriek en de EU-consumptienormen werden in 67% van alle locaties overschreden (Lasters et al., 2022).

Een vergelijkbaar onderzoek van de VU (De Boer, 2023) rondom de fabriek van Arkema in Lyon, waar PFAS wordt geproduceerd voor o.a. gebruik in accu's van elektrische auto's, leverde het volgende op. In moedermelk werden Σ4EFSA gehalten van 200-240 ng/L gevonden, ruim tweemaal boven de door EFSA aangenomen veilige waarde, in oppervlaktewater 10-810 ng/L, in drinkwater 7-39 ng/L (veilige waarde volgens RIVM 4,4 ng/L, in Europa 100 ng/L). Daarbij werd de component 6:2FTS, die in watermonsters dominant was, niet meegenomen omdat deze niet in de Σ4EFSA zit, maar wel uit het door Arkema gehanteerde procedé naar voren komt als belangrijke afvalstof. Samengevat, er is veel documentatie beschikbaar die aantoont dat PFAS producerende bedrijven hun omgeving, tenminste binnen een straal van 5 km ernstig verontreinigen en wel zodanig dat effecten op de volksgezondheid te verwachten zijn.

Tijdens de Parkersburg affaire werd door Frisbee et al. (2011) ook het bioaccumulatieve karakter van PFOA vastgesteld. Mensen die drinkwater dronken uit het door DuPont verontreinigde gebied hadden een gemiddeld PFOA-gehalte van 33 µg/L in hun bloed terwijl de referentiepopulatie 5,2 µg/L PFAS in het bloed had. Het PFOA-gehalte in het drinkwater rond Parkersburg varieerde van 30 ng/L tot 3,5 µg/L (Hoffmann et al., 2011). Continue blootstelling, ook aan lage hoeveelheden PFOA in drinkwater, zorgt voor een toename van PFOA in het bloed volgens een serum/drinkwaterverhouding van 100:1 (Post et al. 2020). Bijvoorbeeld: continue blootstelling aan drinkwater met PFOA-gehalten van 10 ng/L, 40 ng/L,

100 ng/L, or 400 ng/L leidt tot een toename van het PFOA-gehalte in serum met, respectievelijk, 25%, 100%, 250%, and 1000%, gerekend vanaf een PFOA-gehalte van 4 ng/L in serum van de gemiddelde populatie (Post et al., 2012; Post, 2020) (Zie Fig. 6).



Figuur 6. Relatie PFOA-gehalte in drinkwater en serum. (Uit: Post, 2020).

Het maximum PFOA-gehalte in Nederlands drinkwater is 11 ng/L (Wee en Aris, 2023). Dat betekent dat de bijdrage van PFOA uit drinkwater aan het PFOA-gehalte in bloed maximaal 25% zou bedragen. PFOA-gehalten in drinkwater in Veneto, Italië (Mastrantonio et al., 2018) en rond Parkersburg zijn door de plaatselijke PFOA-verontreiniging veel hoger – resp. 110 en 350 maal hoger – opgelopen dan rond Dordrecht. Wij nemen aan dat PFOA onbewust al deels tegengehouden is door een goede algemene zuivering bij de drinkwaterbereiding in Nederland. In Nederland worden al lang koolfilters gebruikt, die niet de korte keten PFAS maar wel de lange keten PFAS zoals PFOA tegenhouden (Eschauzier et al., 2021b). Dat PFOA-gehalten in serum van inwoners van Dordrecht toch hoog zijn opgelopen wordt daarom ons inziens zeer waarschijnlijk vooral veroorzaakt door PFOA-verontreiniging via de lucht en depositie op tuintjes, waaruit groenten, fruit en eieren werden geconsumeerd. Het drinkwater dat uit de Merwede wordt gewonnen, wordt bovendien niet naar Dordrecht of Sliedrecht gedistribueerd maar naar andere plaatsen zoals Spijkenisse en Lekkerkerk (Brandsma et al., 2019).

4.5. Effecten op de mens

Uit paragraaf 4.4. blijkt al dat er geen twijfel is aan het feit dat PFOA en PFOAS ernstige gezondheidseffecten voor de mens kunnen veroorzaken. Hier gaan we verder in op gezondheidseffecten van andere PFAS. Daarnaast is het vanwege de tijdlijn nuttig om vast te stellen wat er vóór 2008 (verschijnen van de eerste EFSA-opinie) al bekend was vanuit toxicologisch onderzoek over de schadelijkheid van PFAS.

4.5.1. Gezondheidseffecten van andere PFAS

Er zijn duizenden verschillende PFAS op de markt. Van de meeste daarvan zal geen onderzoek zijn gedaan naar de effecten op de volksgezondheid of op het milieu. Als dat

onderzoek al gedaan is, dan alleen door de industrie. De informatie is dan slecht of niet toegankelijk. Het op de markt kunnen brengen van chemische stoffen zonder dat eventuele schade voor de volksgezondheid of het milieu is vastgesteld is helaas wereldwijd een dagelijkse praktijk die steeds weer leidt tot een problematiek zoals in dit rapport beschreven voor PFAS.

4.5.1.1. Perfluorisobuteen

Voor aan aantal PFAS zijn er wel toxicologische gegevens bekend. Een daarvan is perfluorisobuteen (PFIB). PFIB ontstaat alleen als er thermische moeilijkheden optreden in het productieproces. Het gevormde PFIB wordt deels gefilterd maar komt ook naar buiten. PFIB is acuut toxisch en zeer gevaarlijk, zelfs in geval van korte inademing (Patocka, 2019). Het is zo toxisch dat het op de lijst van strijdgasen staat. Na blootstelling gedurende vier uur aan een PFIB-concentratie in de lucht van 0,33 mg/m³ komt men binnen 24 uur te overlijden. Een blootstelling aan 0,11 mg/m³ in lucht leidt tot blijvende gezondheidsschade. De potentie van PFIB lijkt nog hoger dan die van fosgeen. Overigens kan wanneer PFIB in het water terechtkomt fluorfosgeen gevormd worden (Toxnet 2017). Op basis van acute letaliteitswaarden worden wisselende factoren van 2, 5 of 10 genoemd of gesuggereerd voor de extra giftigheid van PFIB ten opzichte van fosgeen (WHO, 2004; Patocka, 2019). Dat betekent dat het (internationaal) streng verboden is om dergelijke gasen te maken of te bezitten. Blijkbaar is het wel mogelijk om dit gas af en toe over de hoofden van de bevolking van Dordrecht/Sliedrecht te lozen. Het RIVM adviseert een maximaal toelaatbare PFIB-concentratie van 8,2 µg/m³ (Janssen, 2017). PFIB is weliswaar enigszins instabiel en wordt in de lucht snel omgezet. Bedrijfsprocessen zijn echter niet constant en weersomstandigheden ook niet. Het is daarom goed denkbaar dat PFIB een zeer ernstige calamiteit veroorzaakt, al was het maar voor arbeiders op het fabrieksterrein.

4.5.1.2. GenX

GenX werd door Chemours en DuPont geslecteerd als vervanger van PFOA. De reden daarvan was de snelle eliminatie van GenX (43 uur) uit het menselijk lichaam (Fig. 4). Daarmee is GenX geen bioaccumulerende stof. Echter, GenX is net zo persistent en bioaccumulatief als PFOA. Omdat het beter oplost in water komt het via het oppervlaktewater in het drinkwater terecht. Ondanks dat het snel uit het lichaam verdwijnt, krijgen we het elke dag binnen via het drinkwater en blijven we zo dus toch blootgesteld aan deze toxische verbinding.

4.5.1.3. Trifluorazijnzuur (TFA)

Trifluorazijnzuur (TFA) wordt in grote hoeveelheden in het milieu gebracht, ook door Chemours. Het lijkt minder toxisch dan veel andere PFAS maar omdat het zeer goed (nog beter dan GenX) oplost in water en koolfilters gemakkelijk passeert vormt het een serieus probleem voor de kwaliteit van drinkwater. TFA is zeer recent in veel hogere concentraties aangetroffen, ongeveer 1000 maal hoger dan de overige PFAS-stoffen, orde enkele µg/L in plaats van enkele tot tientallen ng/L. De stof vertoont een duidelijk ander patroon dan de overige PFAS-stoffen. De stof is namelijk sterk verhoogd in met name landgebruik akkerbouw- en boomgaard, wat suggereert dat deze samenhangt met gewasbeschermingsmiddelengebruik. Deze stof blijkt in die gebieden overwegend boven de drinkwaternorm aanwezig (Visser, 2023).

1068

1069 4.5.1.4. Overige PFAS

1070 Het is ondoenlijk om hier alle PFAS te beschrijven waarvan toxische effecten werden
1071 vastgesteld. Een overzicht voor 27 PFAS wordt gegeven in de EFSA PFAS opinie (Schrenk et
1072 al., 2020). Een samenvatting van de belangrijkste effecten genoemd in de 64 pagina's
1073 tellende beschrijving is als volgt:

1074 PFBA, PFHxA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTeDA, PFBS, PFHxS: toename levergewicht
1075 PFHxDA: schildklier gewichtstoename
1076 8:2 FTOH en EtFOSE: levertoxiciteit
1077 PFDoDA, PFHxS, PFDA: effect op hersenen (cognitief)
1078 PFNA en PFDA: effect op immuunsysteem, achteruitgang van spermakwaliteit en toename
1079 levertumoren.

1080 De 27 door de EFSA bestudeerde PFAS gaven op een groot aantal eindpunten (effecten)
1081 negatieve uitkomsten te zien. Uiteindelijk heeft de EFSA gekozen voor de immuunrespons
1082 als meest gevoelige eindpunt dat voor vier PFAS, nl. PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA kon worden
1083 waargenomen. Op de som van de gehalten van deze vier PFAS werd de nieuwe
1084~ advieswaarde vastgesteld (Σ EFSA4). Een recente studie wijst op een mogelijke link tussen
1085~ PFAS en de ziekte van Alzheimer (Delcourt et al., 2023). Hierin werden 18 PFAS bestudeerd.
1086~ De resultaten hebben echter nog meer bevestiging nodig.

1087

1088 4.5.2. Historisch toxicologisch onderzoek naar gezondheidseffecten van PFAS

1089~ Er zijn meerdere rapporten betreffende de toxische effecten van PFAS van voor 2008. Zo
1090~ werd in 1993 in arbeiders blootgesteld aan PFOA een verhoogd risico op dood door
1091~ prostaatkanker vastgesteld (Gilliland and Mandel, 1993). In 1991 werd al door Tagami et al.
1092 (1991) in ratten DNA-schade aangetoond na blootstelling aan PFOA. Ook in 1991 verschenen
1093 er berichten over indicaties voor leverkanker door peroxisoom proliferatie (Abdellatif et al.,
1094 1991). Biegel et al. (2001) bevestigden dat PFOA een peroxisoom proliferator is en daarmee
1095 via Leydig cellen (tumor triade) leverkanker kan veroorzaken. PFOS en PFOA zouden het
1096 communicatiesysteem tussen de cellen bemoeilijken wat kan leiden tot abnormale celgroei
1097 en -functie. Viera et al. (2013) rapporteerden associaties tussen verhoogde PFOA-gehalten in
1098 serum en nierkanker, teelbalkanker, eierstokkanker, prostaatkanker en non-Hodgkin.
1099 Chronische verstoring van de communicatie tussen cellen kan aanleiding geven tot
1100 neurologische, cardiovasculaire, reproductieve en hormonale storingen (Hu et al., 2002). In
1101 proefdieren werden effecten op voortplanting waargenomen (Lau et al., 2003, Case, 2001).
1102 Luebker et al. (2005) toonden in een 2-jarige rattenstudie een verband aan tussen PFOA-
1103 blootstelling en post-natale mortaliteit van de pups. Ook vonden zij dat de pre- en post-
1104 natale blootstellingen aan PFOA additief zijn. Na chronische blootstelling treedt
1105 levertoxiciteit op in proefdieren (Seacat et al., 2002, 2003). Zowel in dierenstudies als bij de
1106 mens is gebleken dat PFOS en PFOA de placenta kunnen passeren en eveneens terecht
1107 kunnen komen in moedermelk (Liu et al., 2011). PFOS noch PFOA bleken significant
1108 gemetaboliseerd te worden in dezelfde studies. Andersen et al. (2010) toonden aan een
1109 verband aan tussen blootstelling aan PFOA en PFOS in utero en een lager geboortegewicht van
1110 baby's.

1111 De Parkersburg zaak in de VS, leidde in 2001 tot de installering van het zogenaamde C8
1112 panel, bestaande uit drie epidemiologen. Dat panel kwam uiteindelijk in 2012 tot de
1113 vaststelling dat blootstelling aan PFOA gerelateerd kan leiden tot zes effecten op de
1114 volksgezondheid: nierkanker, teelbalkanker, colitis ulcerosa (ontsteking van de dikke darm),
1115 schildklierafwijkingen (hyper- en hypothyroidie), verhoging van het cholesterolgehalte in het
1116~ bloed en hoge bloeddruk tijdens de zwangerschap (Viera et al., 2013, Nicole, 2013). Recent
1117~ werd ook een associatie gevonden tussen PFOS en PFOA-blootstelling en eierstokkanker
1118~ (Cathey et al., 2023).

1119~ In Vlaanderen werd recent in een jongerenstudie (303 jongeren wonende binnen een straal
1120~ van 5 km van 3M) een verband vastgesteld tussen verhoogde PFOS-gehalten in serum en
1121~ een vertraging in de puberteit. Tevens werd vastgesteld dat hogere blootstelling aan PFAS
1122 samengaat met een lager aantal immuuncellen en immuunstoffen in het lichaam en een
1123 grotere kans op infecties (Consortium UAntwerpen, 2023). In dezelfde studie werden ook
1124 beperkte associaties gevonden tussen PFAS en de werking van de lever, nier en schildklier.

1125 5. De Nederlandse Staat en PFAS

1126

1127 5.1. Handelswijze in het verleden

1128* Bij de belasting van het milieu met verontreinigende stoffen is er een eerste
1129* verantwoordelijkheid voor de lozer daarvan. Echter, er is ook een verantwoordelijkheid voor
1130* de overheid. Wanneer kan een lozingsvergunning worden afgegeven? Wat zijn de
1131* voorwaarden waaraan het lozende bedrijf moet voldoen? Is het zelfreinigend vermogen van
1132* de natuur voldoende om de te lozen stoffen tijdig te af te breken? Blijft de bevolking
1133* gevrijwaard van negatieve effecten op de volksgezondheid die door de te lozen stoffen
1134* kunnen worden veroorzaakt? Dit zijn allemaal zaken waarvan de overheid zich rekenschap
1135* dient te geven alvorens te besluiten over het afgeven van een lozingsvergunning. De
1136* overheid dient daartoe kennis te hebben of te vergaren over de eigenschappen van de te
1137* lozen stof(fen). Het bedrijf is verantwoordelijk om, indien de overheid over onvoldoende
1138* informatie beschikt, erop te wijzen dat sommige stoffen mogelijk schadelijk zijn. De vraag
1139* ligt nu voor of de overheid sinds de vestiging van DuPont in Dordrecht heeft nagelaten om
1140* via vergunningverlening of op een andere wijze de emissies van het schadelijke PFOA en
1141* gerelateerde stoffen te voorkomen. Daarbij is het essentieel om vast te stellen wat wanneer
1142* bekend was over de stof, zowel bij het bedrijf als bij de overheid.

1143 5.1.1. Eerste berichten over persistente stoffen

1144 Rond 1960 bestonden de woorden 'milieu' en 'milieuverontreiniging' nog niet. Pas vanaf de
1145 stichting van de Club van Rome in april 1968 kregen deze begrippen bekendheid.

1146~ Overbelasting met organische stoffen leidde in Nederland in de loop van de jaren zestig tot
1147~ zuurstofgebrek en 'dood' water. De in de jaren daarna gebouwde zuiveringsinstallaties
1148 hebben ervoor gezorgd dat troebel water in Nederland inmiddels al lang geen zorgpunt
1149 meer is. Berichten uit het buitenland wezen vervolgens op andere milieuproblemen, zoals
1150 kwik en synthetische stoffen. Rachel Carson beschreef in haar boek 'Silent Spring' (Carson,
1151 1962) dat restanten van bestrijdingsmiddelen zoals DDT bleken eischaalverdunding van
1152 roofvogels en daarmee gepaard gaande teruglopende broedsuccessen te veroorzaken. Een
1153 significante bijdrage aan de kennis op dit gebied werd geleverd door prof. Koeman in zijn
1154 proefschrift 'Het vóórkomen en de toxicologische betekenis van enkele chloorkoolwater-
1155 stoffen aan de Nederlandse kust in de periode van 1965 tot 1970' (Koeman, 1971). Kort
1156 daarna bleken niet alleen sommige bestrijdingsmiddelen, maar ook stoffen met een
1157 industriële toepassing zoals PCB's eigenschappen als persistentie, bioaccumulatie en hoge
1158 toxiciteit te hebben. De persistentie van deze stoffen is een gevolg van hun chemische
1159~ structuur, waarbij vooral de aanwezigheid van halogeen-atomen van groot belang is. Het
1160~ was wel al veel eerder bekend dat bindingen tussen koolstofatomen en halogenen zoals
1161~ chloor-, broom, en ook fluoratomen moeilijk te verbreken zijn (zie 2.1) en stoffen die daaruit
1162~ bestaan moeilijk zijn af te breken.

1163 Wetenschappelijke kennis over PFAS was in de periode vóór 1995 alleen mondjesmaat
1164 beschikbaar in de vorm van enkele voorzichtig waarschuwend publicaties over de toxiciteit
1165 ervan (Andersen et al., 1981; Abdellatif et al., 1991; Gilliland and Mandel, 1993) alhoewel al
1166 in de jaren '50 gemeld was dat PFAS-interacties met serumeiwitten vertoonde (Klevens et
1167 al., 1954; Nordby en Luck, 1955). Pas vanaf eind jaren negentig verschenen er vanuit VS
1168 berichten in de literatuur over het voorkomen van PFAS in het milieu en de voedselketen

1169~ (Giesy and Kannan, 2001). In 2002 kwamen in de VS 75 PFAS onder de zogenaamde
1170~ Significant New Use Rule Under the Toxic Substances Act te vallen op grond van hun
1171 ontwikkelings-, reproductie- en systemische toxiciteit, omdat PFOS zeer persistent bleek in
1172 het milieu en in hoge mate bioaccumulatief, en omdat PFAS in zowel het bloed van de
1173 bevolking als in het wild levende dieren was aangetroffen, wijzend op een wijdverbreide
1174 blootstelling (US-EPA, 2002).

1175 5.1.2. Ontwikkelingen in Nederland

1176 Vanaf die tijd werd in Nederland het eerste onderzoek verricht naar het voorkomen van
1177 PFAS in het milieu (Perforce, 2004; Noorlander et al., 2011, D'Hollander et al., 2010). In 2000
1178 werd bekend dat 3M in Zwijndrecht bij Antwerpen zou stoppen met de productie van PFOS.
1179 Hoewel dat enerzijds aangaf dat deze stoffen zeker problematisch waren, gaf het anderzijds
1180~ ook een soort van opluchting dat de productie van PFOS werd gestopt. Over de fabriek van
1181~ DuPont in Dordrecht maakte niemand in Nederland zich op dat moment zorgen, ook de
1182~ overheid niet.

1183 In 2008 werd door de Europese Voedselveiligheidsautoriteit EFSA een opinie gepubliceerd
1184 waaruit bleek dat PFOS en PFOA kankerverwekkend konden zijn, maar alleen bij betrekkelijk
1185~ hoge doses (Benford et al., 2008) (zie 4.3.1.). Op basis van dat rapport werd door de meeste
1186~ onderzoekers de inschatting gemaakt dat deze twee PFAS geen grote bedreiging voor de
1187~ volksgezondheid in Nederland zouden vormen. Een RIKILT-publicatie uit 2011 gaf ook aan
1188 dat PFAS in voeding in Nederland ruim onder de dan geldende normen bleven. Hoewel het
1189 enerzijds begrijpelijk is dat de Staat der Nederlanden op basis van die publicatie geen actie
1190 ondernam, werd blijkbaar niet ingeschat dat de jaarlijkse lozingen van PFOA in de Merwede
1191 toch sterk bij zouden dragen aan een verdere verhoging van PFOA-gehalten in bijvoorbeeld
1192 vis. Ook werd geen aandacht besteed aan eventueel andere bronnen van PFAS zoals het
1193 hoge gebruik ervan in brandblusmiddelen rond bijvoorbeeld Schiphol. Daarna verschenen er
1194~ publicaties van Grandjean (2012, 2017) die uiteindelijk werden meegenomen in de herziene
1195~ opinie van EFSA die in 2019 op het International Dioxin Symposium in Krakow als concept
1196~ werden gepresenteerd en uiteindelijk in 2020 werd vastgesteld (Schrenk et al., 2020).
1197~ Immunotoxiciteit bleek nu het meest gevoelige effect ('eindpunt') van veel PFAS-moleculen
1198~ waaronder PFOS en PFOA te zijn. Daardoor ging de TDI (nu vervangen door een TWI) met
1199~ een factor 1.000 omlaag voor PFOS en met maar liefst een factor 10.000 voor PFOA. De
1200~ nieuwe TWI werd vastgesteld op 4,4 ng/kg bw/d voor de som van de vier PFAS PFOS, PFOA,
1201~ PFHxS en PFNA. Het maximale gehalte van deze vier stoffen samen in bloed waarop zich nog
1202~ geen gezondheidseffecten kunnen voordoen werd vastgesteld op 6,9 ng/mL of µg/L. Door
1203~ het samenvallen van de publicatie van de nieuwe EFSA-opinie met het bekend worden van
1204~ zeer hoge gehalten aan PFOS rondom 3M in Vlaanderen, werden Nederlandse autoriteiten
1205~ actief. Toch was dat blijkbaar nog steeds geen aanleiding om een epidemiologisch onderzoek
1206~ in Dordrecht uit te voeren. Ook werd geen aanstalten gemaakt tot het saneren van tuinen in
1207~ Dordrecht. Wel werd door de toenmalige minister 3M aansprakelijk gesteld voor het met
1208~ PFOS vervuilen van de Westerschelde.

1209 5.1.3. Ontwikkelingen bij DuPont

1210 Uit interne documenten van DuPont, van zowel de Amerikaanse (Washington Works,
1211 Parkersburg) als de Dordrechtse vestiging (DuPont, later Chemours) blijkt dat men bij
1212 DuPont al veel eerder op de hoogte was van de schadelijke effecten van PFAS (EWG, 2019;

1213* DuPont, 1992). Duidelijk wordt daaruit dat het bedrijf de overheid niet heeft geïnformeerd
1214* over deze schadelijke effecten. De cruciale vraag is nu: had de Nederlandse overheid bij het
1215* afgeven van lozingsvergunningen die de lozing van ongezuiverde PFOA op de Merwede van
1216~ 12.000 kg (en mogelijk meer) per jaar gedurende ten minste 40 jaar kennis kunnen hebben
1217~ over de persistente, bioaccumulerende en toxische eigenschappen van PFOA?

1218* 5.1.4. PBT concept

1219* Bij de toelating van milieuvreemde (xenobiotische) stoffen in het milieu gaan we sinds de
1220~ jaren '70 uit van het PBT-principe (zie 1.1.). De PBT-benadering werd voor het eerst gebruikt
1221* door de Japanse overheid in de Chemicals Substances Control Law (CSCL) (NITE, 1973). In de
1222* VS en Europa werd de term voor het eerst gebruikt in wettelijke regelingen in 1976 (Abelkop
1223* et al., 2015). In 1995 werd door het milieuprogramma van de VN (UNEP) een internationale
1224* werkgroep in het leven geroepen die uiteindelijk op basis van het PBT-principe 12 stoffen als
1225* POPs aanmerkte. Deze POPs lijst vormde de basis voor de Stockholm Conventie (Lipnick and
1226* Muir, 2001). PFAS stonden niet op deze lijst. PFOS en PFOA werden pas in respectievelijk
1227* 2009 en 2019 toegevoegd, samen met enkele andere PFAS. De productie van PFOS was
1228* echter al in 2000 stopgezet door 3M in Antwerpen en die van PFOA in 2013 in Dordrecht.
1229* Zou de Nederlandse Staat uit zijn gegaan van de Stockholm Conventie POP lijst alleen, dan
1230* treft haar geen blaam. Wanneer we kijken naar de afzonderlijke P, B en T eigenschappen dan
1231* was een wellicht andere conclusie getrokken.

1232 5.1.5. Toxiciteit

1233 De ontwikkeling van de inzichten in de toxiciteit van PFOA (en PFOS) zijn beschreven in
1234 paragraaf 4.3.1. De eerste opinie van de EFSA gaf in 2008 nog geen reden voor grote zorg
1235 over de volksgezondheid van PFOA. Dat kwam deels door het ontbreken van voldoende
1236 gegevens over de toxiciteit ervan en deels door dat gegevens over PFOA in bijvoorbeeld
1237 oppervlaktewater en vis maar mondjesmaat beschikbaar waren. Ook waren er in Nederland
1238 op dat moment voor zover bekend nog geen gegevens over PFOA-gehalten in bloed van de
1239* mens. Men zou kunnen beargumenteren dat het RIVM, gegeven de hoge Teflon productie
1240* met de daarmee gepaard gaande PFOA-lozingen in de Merwede en naar de lucht wellicht
1241* eens een eigen onderzoek naar de toxiciteit van PFOA of meer in het algemeen naar de
1242* gevolgen van de PFOA-lozingen had kunnen starten. Een dergelijk onderzoek werd niet
1243* uitgevoerd. Pas een jaar na het onderzoek naar PFOA en GenX in het milieu rond Dordrecht
1244* (Brandsma et al., 2019) kwam het RIVM met eigen onderzoeksresultaten en vervolgstudies
1245* daarop. Op basis daarvan werden adviezen uitgegeven om geen groenten en fruit uit eigen
1246 moestuintjes te consumeren binnen een straal van 1 km rondom Chemours.

1248 5.1.6. Bioaccumulatie

1249 Zoals hierboven al werd aangegeven was er tot aan ca. 2000 weinig informatie over PFOA-
1250 gehalten in vis of andere organismen, noch over PFOA-gehalten in menselijk bloed in
1251 Nederland. Houde et al. (2006) rapporteerden dat PFOS en PFOA-gehalten in vis en
1252 zeezoogdieren snel opliepen in de jaren voorafgaand aan 2006. Ook in de Westerschelde
1253 werd in vis al in 2003 aangetoond dat er duidelijke gradiënt van PFOS-verontreiniging . (Hoff
1254* et al., 2003). Het nieuws over ernstige PFOA-vervuiling in Parkersburg drong niet echt door
1255* tot de Nederlandse overheid. Zelfs toen rond 2015 bleek dat de Teflonfabriek in Dordrecht
1256* een kopie was van die in Parkersburg gingen er bij de Nederlandse overheid nog geen
1257* alarmbellen af.

1258 5.1.7. *Persistentie*

1259 Eén van de basisbegrippen in de milieuchemie is het zelfreinigend vermogen van de natuur.
1260 Wordt een bepaalde organische stof in het milieu gebracht dan wordt die stof door
1261 bacteriële activiteit of onder de invloed van ultraviolet (UV) licht, afhankelijk van de
1262 structuur, snel of minder snel om gezet in koolstof, zuurstof en eventuele andere elementen.
1263 Bepaalde kenmerken in de structuur van een organische stof, zoals bijvoorbeeld het
1264 bevatten van een aantal halogeenatomen, beperken de afbreekbaarheid. Bij de
1265 eerdergenoemde POPs, is die afbreekbaarheid zeer gering. Voor PFOA gaan we er nu vanuit
1266 dat de afbreekbaarheid afwezig is. Daaruit volgt dat als die stoffen in het milieu worden
1267 gebracht, het gehalte daarvan alleen maar toeneemt. Het zelfreinigend vermogen van de
1268 natuur is dus begrensd. Dat gegeven was aan eenieder die met milieuonderzoek bezig was al
1269 vanaf ca. 1975 bekend. Van PCB's was bijvoorbeeld bekend dat na het produceren van
1270 ongeveer een miljoen ton in totaal wereldwijd, effecten ontstonden op de voortplanting bij
1271 zeehonden in de Waddenzee en elders (Reijnders, 1986). Dat was de basis om PCB en ook
1272* DDT-productie uiteindelijk wereldwijd te verbieden. Het is een raadsel waarom daarna
1273~ andere persistente stoffen zoals gebromeerde brandvertragers (de Boer et al., 1998) en
1274~ PFOA en PFOS niet meteen zijn verboden. Het negeren van de grens aan het zelfreinigend
1275*  vermogen van de natuur door de Nederlandse overheid moet daarom als hoofdoorzaak
1276* gezien worden van het PFOA-probleem in Nederland.

1277 In de eerste decade van deze eeuw werd vastgesteld dat PFOA bacteriologisch inert was
1278 (Parsons et al. 2008; Liou et al., 2010). In 2011 werd tevens vastgesteld dat ook UV licht geen
1279 invloed had op PFOA. Geschat werd dat de fotochemische halfwaardetijd in kustwateren
1280 meer dan 25.000 jaar zou zijn (Vaalgama et al., 2011). In 2012 rapporteerden Post et al.
1281 (2012) in hun review over PFOA in drinkwater "PFOA is extremely resistant to environmental
1282~ degradation processes and thus persists indefinitely". In 2016 bracht het RIVM een rapport
1283~ uit over de risico's van PFOA in drinkwater, gerelateerd met de lozingen van
1284~ DuPont/Chemours (Bokkers et al., 2016). Geconstateerd werd: "Uit de risicoschatting van de
1285~ blootstelling aan de stof PFOA via drinkwater blijkt dat de berekende bloedserumniveaus
1286~ vanaf 1975 tot heden de (toen) veilige waarde voor PFOA in bloedserum van 89 ng/mL niet
1287~ hebben overschreden. Dit betekent dat de geschatte verontreiniging van PFOA in het
1288~ drinkwater op de onderzochte locaties Hendrik-Ido Ambacht en Zwijndrecht onder de veilig
1289~ geachte grenswaarde voor chronische blootstelling is gebleven". Geen woord over het
1290~ extreem persistente karakter van PFOA, toen dus al ruim acht jaar bekend in de literatuur.
1291~ Wat ook opmerkelijk is aan dit RIVM-rapport, is dat het alleen enkele Nederlandse
1292~ referenties gebruikt maar bijvoorbeeld geheel voorbijgaat aan de waarschuwing van Post et
1293~ al. (2012) die behalve alarmerend schrijven over persistentie van PFOA ook aangeven dat het
1294~ drinken van water met zelfs geringe gehalten aan PFOA kan leiden tot verhoogde risico's
1295~ voor de volksgezondheid en dat met name kinderen een voor PFOA zeer gevoelige sub-
1296~ populatie zijn. Waar het zelfreinigend vermogen van de natuur voor PFOA nul is, liet men het
1297* lozen van grote hoeveelheden PFOA (12.000 kg/j) – en later GenX – in de Merwede gewoon
1298~ doorgaan. Uit voorgaande wereldwijde problemen met de persistente stoffen DDT en PCB's
1299~ was blijkbaar helemaal niets geleerd.

1300 5.1.8. GenX

1301~ Tenslotte is bij de toelating van GenX als alternatief voor PFOA ook volledig voorbijgegaan
1302~ aan de persistentie. GenX is net zo persistent en net zo toxisch als PFOA. Alleen
1303 bioaccumuleert het veel minder: GenX heeft een veel kortere verblijftijd (ca. 43 uur) in het
1304 menselijk lichaam. Alleen al vanwege de persistentie had GenX door de Nederlandse Staat
1305 niet toegelaten mogen worden. GenX verzamelt zich vanwege de hoge wateroplosbaarheid
1306 en de persistentie dus in de waterfase. Drinkwaterbedrijven, zoals Evides en Oasen, in de
1307 buurt van Chemours, bereiden drinkwater uit oppervlaktewater. GenX wordt niet erg goed
1308 tegengehouden door koolfilters, wel door membraanfiltratie (Albergamo et al., 2020).
1309 Daarom verscheen GenX al heel snel in aanzienlijke gehalten in het drinkwater van de
1310 dorpen en steden die door Evides en Oasen worden bediend (Spijkenisse, Lekkerkerk,
1311 Rotterdam en andere) (Versteegh en de Voogt, 2017; Brandsma et al., 2019).

1312* 5.1.9. Tijdlijn

1313*  Samengevat kan gesteld worden dat vanaf 2012 tot 2020 de Nederlandse Staat toestemming
1314~ heeft verleend voor grote lozingen (ca. 8.000 kg/j) van ongezuiverd GenX in de Merwede
1315~ terwijl het persistente karakter van deze stof bekend was. Vóór 2012 was dat gedurende
1316~ tientallen jaren hetzelfde voor PFOA, in nog grotere hoeveelheden (18.000-24.000 kg/j naar
1317~ het water) (Omgevingsdienst, 2013). Daarnaast werd tussen 1985 en 1997 nog eens 2.500-
1318~ 5.000 kg PFOA per jaar naar de lucht geloosd⁵. Tot 1 juli 1984 was dat uitstoten tegenover de
1319~ gemeenten geen onrechtmatige daad⁴. Op dat moment en al eerder waren er al wel
1320~ meerdere aanwijzingen in de literatuur over de toxiciteit van PFOA. Bij DuPont/Chemours
1321~ was nog veel meer bekend over de hoge toxiciteit van PFOA maar dat werd niet gedeeld met
1322~ de overheid.

1323~ In Tabel 9 staan de meest relevant informatiemomenten van PFOA en andere PFAS
1324~ aangegeven. Het eerste bericht over toxiciteit daarvan dateert al van 1955, vier jaar voor de
1325~ opening van de DuPont vestiging in Dordrecht. Het verschijnen van berichten over PFAS in
1326~ ijsberen (Giesy and Kannan, 2001) en elders in het milieu had bij de Nederlandse overheid
1327~ toch ongerustheid hebben moeten veroorzaken ten aanzien van de grote lozingen van
1328~ DuPont in Dordrecht. Daarvoor is echter geen enkele aanwijzing. Na het RIKILT-rapport over
1329~ PFAS in voeding (Noorlander et al., 2011) werd PFAS niet meer als probleemstof gezien.

1330~ Men redeneerde daarbij alleen vanuit de toxiciteit en niet vanuit de zeer hoge persistentie,
1331~ een zorgwekkende misrekening. Bij het overleg op het provinciehuis van Zuid-Holland in Den
1332~ Haag , op 7 augustus 2017, over de door de VU gevonden PFOA en GenX gehalten rond de
1333~ fabriek van Chemours, reageerde het RIVM met de opmerking dat de modellen van het
1334~ RIVM lieten zien dat de VU-data onjuist waren. Dat geeft aan dat in plaats van regelmatig te
1335~ monitoren, het RIVM dacht met modelleren de zaak onder controle te kunnen houden,
1336~ hetgeen duidelijk niet het geval was.

1337*

1338

1339

1340

1341

1342

1343

1344 ⁴ <https://uitspraken.rechtspraak.nl/#!/details?id=ECLI:NL:RBROT:2023:8987>

1345~ *Tabel 9. Tijdlijn – relevante gebeurtenissen met betrekking tot vrijkomen van toxicologische*
 1346~ *informatie over PFAS.*

1347~

Jaar	Gebeurtenis	Referentie
1945	DuPont registreert merknaam Teflon®	
1956	PFOA bindt aan albumine in bloed	Nordby and Luck, 1955
1962	Start Teflon productie in Dordrecht door DuPont	Ministerie SZW, 2017
1965	Teflon koorts bij arbeiders ontdekt	Lewis and Kerby 1965
1973	PBT-concept geïntroduceerd	NITE, 1973
1981	Toxiciteit PFAS vergelijkbaar met dioxine	Andersen et al. 1981
2001	PFAS in ijsberen aangetoond	Giesy and Kannan 2001
2006	PFAS aangetroffen in Rijn, zuiveringen houden PFAS niet tegen	Skutlarek et al, 2006
2006	Hoge PFAS-gehalten bloed, in Ohio, VS	Emmett et al., 2006
2007	Hoge PFAS-gehalten in Amerikaanse bevolking	Calafat et al., 2007
2008	Eerste EFSA opinie; PFAS kankerverwekkend maar op relatief hoog niveau	Benford et al., 2008
2009	Uitkomsten Parkersburgstudie	Frisbee et al., 2009
2011	PFAS-gehalten in voeding blijven onder dan geldende richtwaarden (RIKILT studie)	Noorlander et al., 2011
2012	Hoge PFAS-gehalten in bloed en vaststelling immuunrespons effect	Grandjean et al. 2012
2016	Rapport over GenX en PFOA in omgeving Chemours	Brandsma, 2019
2016	Rapport: Omwonenden langdurig blootgesteld aan PFOA door chemiebedrijf DuPont/Chemours	Zeilmaker et al., 2016
2020	Nieuwe EFSA-opinie, PFAS 1.000-10.000 maal toxischer dan aanvankelijk aangenomen	Schrenk et al., 2020
2020	PFAS-crisis Vlaanderen, 3M, Oosterweeltraject	VITO, 2021
2023	IARC classificeert PFOA als kankerverwekkend, PFOS als mogelijk kankerverwekkend	Zahm et al., 2023

1348
 1349 Tegen de achtergrond van PFAS-gehalten in bloed en moedermelk in Europa, is zeer duidelijk
 1350 te zien dat de patronen van PFAS rond Dordrecht afwijken van die in Europa. Rond
 1351 Dordrecht is altijd het PFOA-gehalte dominant. Dit geldt niet alleen voor bloed en moeder-
 1352 melk maar ook voor sediment, groenten en eieren uit tuintjes ter plaatse, etc. In de rest van
 1353 Europa is PFOS vrijwel altijd de dominante PFAS in menselijk bloed en de meeste andere
 1354 milieumatrices. Er is daarom geen twijfel aan dat de herkomst van de verhoogde gehalten in
 1355 bloed van inwoners in Dordrecht en omgeving de fabriek van DuPont/Chemours is.

1356 5.2. Verstrekte vergunningen

1357* Op de volgende data werden vergunningen verleend aan DuPont of Chemours:
 1358* 6 december 1988, 26 juni 1992, 25 november 1994, 23 oktober 1996, 24 september 1998, 29
 1359* april 2020⁵. In 2013 werd een revisievergunning afgegeven waarin GenX als vervanger van
 1360* PFOA werd opgevoerd. Hoewel DuPont vanaf 1962 Teflon heeft geproduceerd in Dordrecht
 1361* is, vanwege het eerder ontbreken van Nederlandse milieuwetgeving DuPont officieel ‘in

werking' vanaf 24 september 1988 vanwege het besluit ingevolge de Wet Milieubeheer, kenmerk DWM/162352. De vergunde emissie aan 'TFE-monomenen' was in 1988 24.750 kg/j Omgevingsdienst (2013).

N.b. In de revisievergunning uit 2013 zijn geen emissie-eisen meer opgenomen voor PFOA omdat de stof vanaf 1 september 2012 niet meer gebruikt zou worden (Provincie Zuid-Holland Staten, 2015). Er zijn echter na 2013 nog wel aanwijzingen dat er PFOA geloosd is op grond waarvan Provinciale Staten van Zuid-Holland in 2018 dwangsommen dreigde op te leggen aan Chemours (Binnenlands Bestuur, 2018). De dwangsommen werden daadwerkelijk opgelegd en later gehalveerd. De rechtbank concludeerde dat de indirecte lozing van PFOA weliswaar niet moedwillig was, maar niet door Chemours was aangevraagd, niet was vergund en daarom een overtreding vormde waartegen handhavend kan (en in beginsel ook: moet) worden opgetreden.

5.3. Mogelijke acties op de korte termijn om de PFAS last in Nederland te verlichten

Met de recente (tussen)uitspraak van de rechter in de zaak van een aantal gemeenten tegen Chemours in het voordeel van de gemeenten lijken er mogelijkheden te ontstaan om sanering van tuinen e.d. mogelijk te maken. Rondom de fabriek van 3M in Zwijndrecht, Vlaanderen zijn veel tuintjes zwaar verontreinigd met PFOS. Deze tuinen zullen worden gesaneerd (afgegraven en voorzien van een schone toplaag) met geld uit een overeenkomst tussen 3M en de Vlaamse overheid. De Nederlandse Staat doet er goed aan om zo'n sanering in Dordrecht ook snel mogelijk te maken. Wat daarbij niet helpt, is dat er in de wijk Baanhoek in Sliedrecht, binnen 1-2 km van de fabriek van Chemours nog maar enkele jaren geleden een nieuwe woonwijk is gebouwd op grond met PFOA- gehalten van 50-60 µg/kg. Een gehalte van 70 µg/kg voor PFOS is het niveau waarop in België grond speciaal ingepakt wordt om blootstelling van volwassenen en kinderen aan PFOS te voorkomen. In België ging het om PFOS en niet om PFOA. Deze twee PFAS zijn ongeveer vergelijkbaar qua toxiciteit, en gegeven de onzekerheden in de vaststelling daarvan, mede vanwege de diverse eindpunten (bv. immuunsysteem, lever, schildklier, etc.) waarop effecten optreden, was het genomen risico met het bouwen van een woonwijk op die plek wel heel hoog. De situatie in Vlaanderen was al bekend op het moment van huizenbouw in Sliedrecht maar net voordat de beslissing over de huizenbouw werd genomen was dit nog wettelijk mogelijk in Nederland. Het was echter al bekend dat de normering verscherpt zou worden. Mocht men overgaan tot het afgraven en vervangen van de grond in tuinen in Dordrecht, dan is de vraag wat er met de afgegraven grond gedaan moet worden. Dat kan afgevoerd worden naar de firma Indaver in Antwerpen die een installatie heeft om PFOA en andere PFAS bij hoge temperatuur te verbranden. Indaver staat echter ook ter discussie omdat de omgeving verontreinigd lijkt te zijn met PFAS afkomstig van Indaver. Mogelijk gebruikt men een te lage verbrandingstemperatuur (ca. 900 °C), waar 1400-1500 °C vereist is voor een volledige verbranding van alle PFAS. Recent is een op het oog succesvol systeem op de markt gebracht dat gebruik maakt van superkritisch water (<https://374water.com/> en https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_Report.cfm?dirEntryId=354238&Lab=CEMM).

De Nederlandse Staat zou er goed aan doen de huidige vergunning van Chemours voor de productie Teflon nog eens nauwkeurig te bestuderen. Er lijken nog een flink aantal afvalstoffen in te staan waarvan lozing via het water of de lucht zeer ongewenst is. Ook zou

het goed zijn om de lozingen van Chemours naar het water en de lucht goed te controleren, bijvoorbeeld via dagelijkse monitoring en de uitslagen op een bijvoorbeeld een website bekend te maken zodat de plaatselijke bevolking daar kennis van kan nemen. Een algeheel productieverbod is uiteraard de beste oplossing. Immers, ook al worden de PFAS-lozingen van een fabriek tot nul teruggebracht, de producten die er gemaakt worden bevatten PFAS. Die PFAS zullen altijd vrijkomen aan het eind van de levensfase van dat product, hetzij via een vuilstort, hetzij via een vuilverbranding waarbij PFAS verdampt in plaats van verbrandt.

Twee stoffen in de vergunning vragen om speciale aandacht. Door de milieudiensten is in 2023 al geconstateerd dat er te veel trifluoraanzijnzuur (TFA) wordt geloosd. TFA is de PFAS met de kortste koolstofketen (2 C's). Het lijkt niet zo toxisch als PFOA maar de geloosde hoeveelheden zijn groot. Het is een stof die heel gemakkelijk oplost in water en daarmee voor problemen zorgt in de drinkwatervoorziening. Koolstoffilters halen deze stof niet uit het water, dat doen alleen (duurdere) membraanfilters. Belangrijk is dat er nog een tweede route is voor TFA-verontreiniging en die loopt ook via Chemours. Chemours produceert ook zogenaamde F-gassen (hydrofluorocarbons of HFC's) voor gebruik in airconditioningapparatuur. Dat zijn kleine moleculen die ook fluor bevatten. Ze worden deels uitgestoten naar de lucht. Daar kunnen ze worden omgezet in TFA, dat vervolgens weer uitregent naar bodem en oppervlaktewater in de omgeving van de fabriek en verder daar vandaan.

De andere PFAS die aandacht verdient is PFIB. PFIB is toegelaten in de huidige lozingsvergunning van Chemours. Het gaat op het oog maar om een geringe hoeveelheid (ca. 40 kg/j). Het is laakbaar dat de Nederlandse Staat incidentele lozingen van PFIB naar de lucht toestaat. Al in 1982 werd gepubliceerd over de extreme giftigheid van PFIB (Smith et al., 1982). Deze lozingen zouden onmiddellijk moeten stoppen. Als het deels gefilterd kan worden, moet ook een volledig filtering mogelijk zijn.

5.4. Vergelijking met andere landen

Zowel in Europa als in Noord-Amerika zijn gebieden met PFAS-verontreiniging recentelijk in kaart gebracht. Een interactieve kaart met bekende en veronderstelde lokaties waar PFAS contaminatie voorkomt in Europa is op het internet beschikbaar (https://www.lemonde.fr/en/les-decodeurs/article/2023/02/23/revealed-the-massive-contamination-of-europe-by-pfas-forever-chemicals_6016906_8.html). Over de vermoedelijk hoge productie in China, Japan en India is weinig bekend.

5.4.1. Italië

In de regio Veneto in Italië heeft zich een groot geval van PFAS-verontreiniging voorgedaan. Vanaf 2002 produceert de Belgische multinational Solvay in het Spinetta Marango industriële centrum (voormalig eigendom van Montedison) in Alessandria de PFAS-verbindingen PFOA, ADV en cC6O4, die gebruikt worden of werden als surfactanten voor de synthese van polymeren zoals perfluoropolyethers (Fustinoni en Consonni, 2023; <https://www.radarmagazine.net/pfas-spinetta-marengo-part-3-the-company/>). Vergelijkbaar met de situatie in Parkersburg (VS) waren de omgeving en bloed van omwonenden van de Solvay-fabriek sterk verontreinigd met PFAS. Al eerder was bekend dat de Po-rivier, waar de fabriek op afwatert, een van de meest met PFAS vervuilde rivieren is in Europa (McLachlan et al., 2007). Alleen het drinkwater was niet verontreinigd met PFAS. In

2019 heeft het Italiaanse Hof van Cassatie drie leidinggevendenden van Solvay veroordeeld voor verwijtbaar gedrag met een milieuramp tot gevolg, dit ondanks de klacht van Solvay dat de verontreiniging in het verleden had plaats gevonden onder het management van Montedison.

5.4.2. Verenigde Staten

In 2006 kwam de Amerikaanse overheid (US-EPA) tot een schikking van \$16,5M met DuPont op basis van een aanklacht dat het bedrijf de wet overtreden had door geen informatie te verschaffen over de gezondheidseffecten van PFOA dat in de Teflon-productie werd gebruikt (Stokstad, 2006).

Er is inmiddels heel veel bekend over de grote PFOA-verontreiniging in West Virginia rond de fabriek van DuPont in Parkersburg. De rechtszaken namens de bewoners, gevoerd door de advocaat Robert Billett, hebben geleid tot schadevergoedingen te betalen door DuPont. De fabriek in Parkersburg is vrijwel identiek aan die in Dordrecht. Veel PFOA-afval werd op stortplaatsen in de omgeving gedeponeerd.

In Decatur, Alabama staat een PFAS-fabriek van 3M, vrijwel een kopie van de fabriek in Zwijndrecht bij Antwerpen. In 1976 werd binnen het bedrijf in Decatur ontdekt dat personeel 300 maal zoveel PFAS in het bloed had dan wat als 'normaal' werd beschouwd. Er werd net als in Parkersburg veel PFAS op omliggende stortplaatsen gedeponeerd. Op een van de stortplaatsen werd een school gebouwd. Vervuild slib van 3M werd gebruikt om akkers mee te besproeien. Jarenlang belandden er door lekken en lozingen PFAS in de nabijgelegen Tennessee River, waaruit het lokale drinkwaterbedrijf zijn water haalt. Pas in 2007 werd de EPA door 3M in kennis gesteld van de verontreiniging. Tot aan 2016 kwam er nog met PFAS vervuild drinkwater uit de kraan in dat gebied. 3M betaalde samen met het eveneens PFAS producerende Daikin 35 miljoen dollar voor het schoonmaken van het drinkwater en kocht voor 1.25 miljoen dollar de school op de stortplaats op.

Sinds 2017 onderzoekt het Amerikaanse Ministerie van Defensie alternatieven voor PFAS-bevattend blusschuim (SERDP, 2023). In December 2022 besloot het Amerikaanse Congres om PFAS in militaire blusmiddelen uit te bannen in 2024. Al in 2018 had het Congres de Federal Aviation Administration opgedragen om de reguleringen van luchthavens te veranderen zodat deze over konden stappen op PFAS-vrij blusschuim (Benesh, 2023).

5.4.3. België

In de zomer van 2020 werden bij de aanleg van het Oosterweel traject als onderdeel van een nieuwe noordelijke ringweg rond Antwerpen PFAS ontdekt in 2 miljoen m³ al afgegraven grond. De grond bleek afkomstig te zijn van het fabrieksterrein van de PFAS-fabriek van 3M (zie ook 4.4.) Nadat hoge PFOS-gehalten in het bloed van omwonenden waren vastgesteld kwam het in het Vlaamse parlement tot een parlementaire enquête. Uiteindelijk besloot 3M, na een aanvankelijk stillegging van de fabriek door de verantwoordelijke Vlaamse minister Demir, de PFAS-fabriek in zijn geheel te sluiten. Een bedrag van 509 miljoen dollar werd betaald als schadevergoeding aan de Vlaamse overheid. Met dat geld werd een epidemiologische studie opgezet onder ca. 15.000 inwoners van Zwijndrecht en Antwerpen en zullen tuinen van bewoners gesaneerd worden. De vervuiling met PFOS is grensoverschrijdend via het water van de Schelde/Westerschelde. Nederland heeft 3M daarvoor aansprakelijk gesteld.

5.4.4. Duitsland

In Duitsland zijn 200 hotspots met PFAS-vervuiling aangewezen. Op die lokaties bestaat gevaar voor de volksgezondheid. In totaal zijn 1500 lokaties met PFAS vervuild. Een bekende hotspot is het stroomgebied van de Moehne waar met PFAS verontreinigd slib (uit Nederland en België) op akkers werd gebruikt en tot zeer hoge gehalten in rivier- en drinkwater leidde (Skutlarek et al., 2006). Vanwege een vervuiling met PFAS op een AWACS basis mogen de Duitse dorpen Stahe en Niederbusch van de Kreis Heinsberg geen grondwater meer gebruiken tot 1 december 2043. Waterleiding Maatschappij Limburg heeft in de Schinveldse bossen, dat vlakbij de genoemde dorpen in Duitsland ligt en grotendeels een grondwaterbeschermingsgebied is, een pompstation en diverse putten waaruit op grote diepte grondwater wordt opgepompt. De situatie daar wordt nauwkeurig gemonitord.

5.4.5. Canada

In 2004 publiceerde de Canadese overheid een wettelijk vereist assessment-rapport over PFOS waarin werd geconcludeerd dat zowel de precursors van PFOS als PFOS zelf aanleiding gaven tot de aanwezigheid van PFOS in het milieu (Environment Canada, 2004). Op grond hiervan werd PFOS aan de lijst van prioritaire stoffen toegevoegd, op de lijst van toxische stoffen geplaatst en werd aanbevolen om de stof niet langer toe te laten ('virtual elimination'). Canada heeft een lijst gepubliceerd van zowel militaire bases waarvan bekend is of verdacht wordt dat er PFAS in de grond zitten (<https://cela.ca/blog-new-map-shows-lokation-pfas-contamination/>) evenals een lijst van overige lokaties waar PFAS-verontreinigingen voorkomen (<https://www.tbs-sct.gc.ca/fcsi-rscf/home-accueil-eng.aspx>).

5.4.6. Frankrijk

Vlak bij Lyon staan twee PFAS fabrieken dicht bij elkaar, aan de Rhône, van Daikin en Arkema. Arkema maakt o.a. PFAS voor toepassing in accu's van elektrische auto's. De VU deed er twee jaar geleden onderzoek naar PFAS-gehalten in oppervlaktewater, drinkwater, lucht, en moedermelk (De Boer, 2023). De resultaten werden hierboven in 4.4 al besproken.



1524

6. Conclusies

1525* Hoewel in de vorige eeuw tot circa. 1985 de Nederlandse Staat in het ontbreken van
1526* voldoende wetenschappelijke kennis, met name op het gebied van toxicologie, en door het
1527* ontbreken van adequate milieuwetgeving een excuus had om lozingen van PFOA door
1528* DuPont in Dordrecht toe te staan, is zij na 1985, vooral door voorbij te gaan aan het zeer
1529* persistente karakter van PFOA en later GenX, in toenemende mate en zeker na 2012
1530* tekortgeschoten in het nemen van maatregelen om die lozingen stop te zetten, met als
1531* gevolg dat lozingen van PFOA tot 2012 en daarna GenX zijn doorgedaan tot aan ca. 2022. De
1532* industrie begon PFOS uit te faseren in begin van de 21^e eeuw (vanwege het aanstaande
1533* verbod op PFOS, dat in 2008 daadwerkelijk door EU werd verboden in de meeste
1534* toepassingen). PFOA werd om dezelfde reden (aanstaand verbod) door Chemours vervangen
1535* in de Teflon-productie door GenX vanaf 2012. Daarvoor was de fluoropolymeerindustrie (eind
1536* jaren '00) onderling overeengekomen om van langere keten-PFAS zoals PFOS en PFOA over
1537* te stappen op kortere keten-PFAS zoals PFHxA, PFBS, PFBA, of PFAS met in de koolstofketen
1538~ één of meer zuurstof (O) atomen zoals GenX, ADONA en cC6O4. De Staat nam echter geen
1539~ duidelijke maatregelen. Het gevolg daarvan is dat de PFOA-gehalten in menselijk bloed in
1540* Dordrecht zijn opgelopen tot waarden boven wat door EFSA en andere internationale
1541* instanties (NAP, 2022) veilig wordt geacht. Vanwege het zeer duidelijke PFAS-patroon met
1542* PFOA als dominante stof in bloed en moedermelk zijn oorzaak (lozingen door DuPont/
1543* Chemours) en gevolg (PFOA-gehalten boven door EFSA veilig geachte waarden) heel
1544* duidelijk aan elkaar te koppelen.

1545* 7. Aanbevelingen

- 1546* 1. Op het ogenblik ligt bij de EU een voorstel om te komen tot een volledig verbod op
1547* PFAS-productie en gebruik ter tafel. Een dergelijk verbod is essentieel voor het op
1548* termijn verminderen en uiteindelijk oplossen van de PFAS-problematiek. Naar
1549* verwachting zal er in het voorjaar van 2024 een besluit genomen worden over dit
1550* voorstel. Mocht dat besluit worden uitgesteld, bijvoorbeeld vanwege de naderende
1551* Europese verkiezingen in juni 2024, of mocht het verbod wel worden ingesteld maar
1552* pas na een langjarige overgangsperiode of na alleen maar worden ingesteld met een
1553* aantal beperkingen, bijvoorbeeld door een aantal PFAS wel toe te laten, dan bevelen
1554* wij de Nederlandse overheid aan om zodanige nationale maatregelen te treffen dat
1555* de volksgezondheid voldoende wordt beschermd tegen PFAS. Enkele van die
1556* maatregelen worden hieronder nader uitgewerkt.
1557*
- 1558*  2. De Nederlandse Staat zou een strenger toezichtbeleid vanuit de centrale overheid
1559* moeten voeren met betrekking tot de productie, de lozingen, vervoer en de
1560*  (afval)verwerking van PFAS, dan wel PFAS-houdend materiaal. Bij voorkeur zou de
1561* productie van PFAS in Nederland moeten worden verboden. In elk geval moeten
1562* lozingen, zowel naar de lucht als naar oppervlaktewater en riolering, tot nul worden
1563* gereduceerd met daarbij een afdoende controle door middel van regelmatige
1564* monitoring. Dat kan gerealiseerd worden door inzet van bv. gaswassers, membraan-
1565* en koelfilters. Het toepassen van PFAS in brandblusmiddelen, in cosmetische
1566* producten, voedselverpakkingen (inclusief fast-food verpakkingen), in diverse
1567* industrieën zoals bij het verchromen van staal, etc., moet worden verboden. Een
1568* (tijdelijke) uitzondering zou gemaakt kunnen worden voor de toepassing van PFAS in
1569* medische hulpmiddelen, zoals kunstnieren of katheters, totdat ook daar alternatieven
1570* voor zijn gevonden. Deskundigen riepen in 2015 specifiek overheden op (Blum et al.,
1571* 2015) om wetgeving op te stellen om alleen nog niet-vervangbaar gebruik van PFAS
1572* toe te laten en etikettering met gebruiksvoorschriften te voor te schrijven. Deze
1573* maatregelen zullen ervoor zorgen dat de gebieden rondom PFAS producerende en
1574* PFAS gebruikende bedrijven schoner worden. Ze helpen uiteraard niet tegen PFAS-
1575* vervuiling die via lucht en water van over de grens komt.
1576*
1577*
- 1578* 3. We raden aan om bij de controle op PFAS alleen volledig gevalideerde
1579* meetmethoden voor PFAS, zoals die nu al beschikbaar zijn, te gebruiken.
- 1580*
1581* 4. Ter informatie van de bevolking en overheid is het aan te raden productiehoeveel-
1582* heden, import en export, voorraden en gebruikshoeveelheden, en afvalstromen van
1583* PFAS in Nederland en Europa volledig te registreren in een openbaar register.
1584* Vanwege de verplichtingen voor de Stockholm Conventie is dit nu al van belang voor
1585* een beperkt aantal van de PFAS zoals PFOS en PFOA die al als POP (persistent organic
1586* pollutant) zijn aangemerkt. Dat moet worden uitgebreid tot alle PFAS. Het is van
1587* groot belang dat de aard en eigenschappen van nieuwe PFAS bekend worden
1588* gemaakt zodra die in productie worden genomen. De Stockholm Conventie verplicht
1589* ook een plan van aanpak op te stellen om te komen tot een volledige vernietiging en

1590* uitfasering van PFAS – nu nog beperkt tot enkele PFAS zoals hierboven al genoemd
1591* maar uit te breiden naar alle PFAS. Deze registratie zou binnen ongeveer twee jaar
1592* opgezet kunnen worden. Voor het opruimen van stortplaatsen e.d. zal meer tijd nodig
1593* zijn, afhankelijk van het aantal 5-10 jaar.

1594*
1595*  5. Om kennislieden van de Staat op te vullen, raden wij aan onderzoek te laten
1596* uitvoeren naar risicogroepen, bijvoorbeeld naar de blootstelling van
1597* brandweerlieden en militairen aan PFAS alsmede epidemiologisch onderzoek van de
1598* bevolking in een straal van 5 km rondom de fabriek van Chemours, analoog aan de
1599* studie die nu in Zwijndrecht (België) wordt uitgevoerd. Dit is van belang om de
1600* gezondheidseffecten van de decennia-lange PFAS-lozingen in dat gebied vast te
1601* stellen en hoog-belaste burgers, resp. Brandweerlieden een mogelijkheid van
1602* medische begeleiding te bieden. De Staat zal de kosten van de epidemiologische
1603* studie in Dordrecht/Sliedrecht en andere maatregelen ter plekke dienen te verhalen
1604* op de werkelijke vervuiler, Chemours/DuPont.

1605*
1606*  6. De Rijksoverheid dient zo spoedig mogelijk een inventarisatie te maken van alle
1607* mogelijke PFAS-hotspots in de Nederlandse bodem. Bij alle militaire- en civiele
1608* brandweeroefenterreinen, PFAS-reservoirs en opslagplaatsen van PFAS-houdend
1609* bluswater dienen de bodem en het grondwater gemonitord te worden op
1610* aanwezigheid van PFAS. Daar waar verhoogde concentraties van PFAS worden
1611* aangetroffen dienen saneringsmaatregelen, zoals inpakken, indammen, verwijdering
1612* van de grond, enz., te worden genomen om verdere verspreiding, contaminatie van
1613* waterwingebieden, en opname in gewassen tegen te gaan.

1614*
1615* 7. In verband met de Kaderrichtlijn Water meet Rijkswaterstaat sinds 2008 gehalten van
1616* contaminanten in Rijkswateren. Overschrijdingen van normen zoals die van PFOS
1617* worden echter niet opgevolgd door enig handelen. De aanbeveling is om
1618* overschrijdingen niet meer te gedogen maar aan de hand van de te verwachten
1619* nieuwe Europese wet op de verontreiniging van oppervlaktewater maatregelen te
1620* nemen om te voldoen aan de nieuwe Europese normen. Daarvoor zijn onder meer
1621* installaties zoals kool- en/of membraanfilters nodig bij industriële- en rioolwater-
1622* zuiveringsinstallaties. In het nieuwe normstelsel zijn PFAS ook expliciet opgenomen⁵.
1623* De nieuwe normvoorstellen zullen nu door het Europees Parlement en de Raad
1624* worden behandeld volgens de gewone wetgevingsprocedure. Zodra ze zijn
1625* goedgekeurd, treden ze geleidelijk in werking met verschillende streefcijfers voor
1626* 2030, 2040 en 2050.

1627*
1628* 8. De Nederlandse Staat zal alle waterwinbedrijven moeten verordonneren dat zij
1629* membraanfilters installeren voor de reiniging van oppervlakte en grondwater op
1630* PFAS. Op het ogenblik zijn er nog maar enkele bedrijven die membraanfilters hebben
1631*

1632 ⁵ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/nl/ip_22_6278

1633*
1634*
1635*
1636*
1637*
1638*
1639*
1640*
1641*
1642*
1643*
1644*
1645*
1646*
1647*
1648*
1649*
1650*
1651*
1652*

geïnstalleerd, meestal voor ontziltling maar niet voor verwijdering van PFAS. De overige waterwinbedrijven werken met koolfilters. Koolfilters halen alleen de langere keten (>C5) PFAS uit het water (mits voldoende filters worden gebruikt en ze tijdig worden geregenereerd). Membraanfilters (eveneens onder voorwaarde van regelmatige regeneratie) halen alle PFAS, inclusief het vluchtige TFA uit het water. Het gebruik van membraanfilters is essentieel om drinkwater van PFAS te vrijwaren. Alleen door deze installatie van membraanfilters zal de door het RIVM voorgestelde richtwaarde van 4,4 ng/L (PFOA equivalenten), afgeleid van de door de EFSA opgestelde TWI van 4,4 ng/kg lichaamsgewicht, kunnen worden bereikt. (De afleiding is gebaseerd op persoon van 70 kg, consumptie van 2L water/dag/pp en 20% allokatie van de TWI voor drinkwater). Drinkwater is op het ogenblik een van de grootste bronnen (ca. 20%) van blootstelling van de Nederlandse bevolking aan PFAS. Er zullen enkele jaren nodig zijn om deze vervanging in heel Nederland te bewerkstelligen. Membraanfilters zouden ook bij rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) geïnstalleerd moeten worden. Dat heeft echter alleen zin als dat ook in andere Europese lidstaten, met name die aan de Rijn, Maas en Schelde zijn gelegen, gebeurt omdat de toegevoegde waarde van de installaties bij de Nederlandse rwzi's anders beperkt blijft. Deze maatregelen brengt vermoedelijk veel hogere kosten met zich mee dan de installatie van membraanfilters bij drinkwaterbereidingsinstallaties. Nederland kan hier wel in Europa op aandringen.

1653*
1654*
1655*
1656*
1657*
1658*
1659*
1660*
1661*
1662*
1663*
1664*
1665*
1666*
1667*
1668*
1669*
1670*
1671*
1672*
1673*
1674*

9. In de nieuwe woningen in de wijk Baanhoek in Sliedrecht, aan de overkant van de Merwede, recht tegenover Chemours, werden op 15 november 2023 de eerste bewoners verwelkomd. De grond is verontreinigd met PFOA in gehalten tot 70 µg/kg op droge stof basis⁶. In Zwijndrecht (Vlaanderen) werd dergelijke grond vanwege de zeer hoge PFAS-vervuiling niet eens meer gesaneerd maar ingepakt in een dikke folie en voorzien van een nieuwe toplaag (bovenafdek: vezeldoek – klei – folie; onderafdek: folie) (Vrancken, 2022). De nieuwe bewoners in Baanhoek konden na voorlichting kiezen om tegen een betaling van 2400 euro hun tuin te laten afgraven en te laten voorzien van een nieuwe toplaag waarvan onduidelijk is of die laag wel van een goede onderafdekking is voorzien (Van der Krol, 2023). In Vlaanderen vergoedt de overheid een dergelijke sanering met geld dat door 3M beschikbaar is gesteld. De Nederlandse Staat zou de door de bewoners gemaakte kosten voor haar rekening moeten nemen, al dan niet verhaald op Chemours. De Nederlandse overheid zou ook met PFAS vervuilde moestuintjes moeten saneren. Dit is technisch goed mogelijk en kan binnen enkele maanden gedaan worden. Rondom Dordrecht en bijvoorbeeld in de Biesbosch zijn nog een aantal sterk met PFAS vervuilde gronden die gesaneerd moeten worden. Mogelijk kan daar de baksteentechniek van Claybens worden ingezet (zie 2.2.3). Grotere waterwegen kunnen niet worden gesaneerd. Daar zal gewacht moeten worden tot er een nieuwe sliblaag zich afzet over de oude vervuiling heen. Dat zal tientallen jaren gaan duren.

1675
1676
1677

1678 ⁶ <https://eenvandaag.avrotros.nl/item/sliedrecht-bouwt-woonwijk-op-zwaar-vervuilde-grond-in-belgie-zou-deze-grond-direct-de-verbrandingsoven-in-gaan/>
1679

10. De regelgeving omtrent PFAS in grond en baggerspecie in Nederland is uiterst gecompliceerd en laat veel ruimte aan plaatselijke bestuurders om met PFAS vervuilde grond toch te gebruiken voor woningbouw. Er is nu een handelingskader⁷ PFAS (zie 3.2) maar ook zogenaamde INEV's die veel minder streng zijn (RIVM, 2021b). In het handelingskader PFAS zijn voorlopige toepassingswaarden van 3 µg/kg voor PFOS, 7 µg/kg voor PFOA en 3 µg/kg voor andere PFAS (waaronder GenX) opgenomen voor toepassingen van grond en baggerspecie op de landbodem. Deze toepassingsnormen gelden voor lokaties met een toepassingseis voor de bodemkwaliteitsklasse Wonen en Industrie. Toch kunnen er volgens de ook geldende INEV woningen worden gebouwd op grond die tot aan 50 µg/kg (en in sommige gevallen zelfs meer) PFAS bevat. Dit is een zeer ongewenste situatie. Ter ondersteuning van plaatselijke bestuurders moet de Nederlandse Staat snel veel meer duidelijkheid brengen in wat nu wel en wat niet meer mag t.a.v. woningbouw en groen met betrekking tot PFAS.

11. Pas vanaf 2019 zijn er door de Nederlandse overheid verschillende opdrachten aan onderzoeksinstituten gegeven om de gevolgen van het voorkomen van PFAS in het milieu in kaart te brengen en risicogrenzen vast te stellen voor PFAS-houdende grond en baggerspecie in de verschillende te onderscheiden situaties (Rijksoverheid, 2021). Pas in 2021 werd door VWS-opdracht gegeven tot actualisatie van de kennis van de blootstelling aan PFAS en de intentie uitgesproken dat ook een vervolgonderzoek naar de risico's van het eten van voedsel uit moestuinen en ander zelf geteeld, gevangen of geraapt voedsel zou worden uitgevoerd, en naar de risico's van consumptie van zelfgevangen vis, schaal- en scheldieren alsmede zelf-geplukte lamsoor in en rond de Westerschelde (Ministerie I&W, 2021). De vraag is: **waarom niet eerder?** Immers, al in het eerste decennium van deze eeuw was het bekend dat er in de Westerschelde hele hoge gehalten van PFAS aangetroffen waren (Van de Vijver et al. 2003), dat PFAS in de Rijn aanwezig waren (McLachlan et al., 2007) en dat PFOA en PFOS giftige en persistente stoffen zijn (zie 4.5 en US-EPA, 2017). Tot aan vandaag werden eieren en een groot aantal landbouwproducten nog niet onderzocht op PFAS. Het RIVM gaat nu per jaar in een aantal case naar PFAS-gehalten in diverse producten kijken. We bevelen aan dit onderzoek te versnellen.

12. Van fabrikanten moet geëist worden dat zij te allen tijde eerst uitgebreide toxicologische testen van nieuwe producten uitvoeren en pas na goedkeuring door de Staat de producten op de markt brengen. De Nederlandse overheid zou binnen de EU sterk moeten aandringen om dit proces sluitend te maken, voor alle nieuwe chemische stoffen. Gebeurt dit niet, dan is een 'volgende PFAS-achtige case' niet ver weg.

⁷ <https://www.bodemplus.nl/onderwerpen/wet-regelgeving/bbk/grond-bagger/handelingskader-pfas/handelingskader/>

8. Referenties

- Abdellatif, A.G., et al. (1991). The modulation of rat liver carcinogenesis by perfluorooctanoic acid, a peroxisome proliferator. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 111, 530-537.
- Abelkop, A., Graham, J.D., Royer, T.V. (2015). Persistent, bioaccumulative and toxic (PBT) chemicals - technical aspects, policies and practices. CRC press, Boca Raton, FL, USA, 269 pp.
- Albergamo, V., Blankert, B., Van der Meer, W.G.J., De Voogt, P., Cornelissen, E.R. (2020). Removal of polar organic micropollutants by mixed-matrix reverse osmosis membranes. *Desalination* 497, 114337.
- Andersen, M.E., Baskin, G., and Rogers, A.M., (1981) The acute toxicity of perfluoro-n-decanoic acid: Similarities with 2,3,7,8-tetrachlorodibenzodioxin. *The Toxicologist* 1, 16.
- Andersen, C.S., et al. (2010). Prenatal exposures to perfluorinated chemicals and anthropometric measures in infancy. *Am. J. Epidemiol.* 172, 1230-1237.
- Andrews, D.Q., Stoiber, T., Temkin, A.M., Naidenko, O.V. (2023). Discussion. Has the human population become a sentinel for the adverse effects of PFAS contamination on wildlife health and endangered species? *Sci. Total Environ.* 901, 165939.
- Ankley, G.T., Cureton, P., Hoke, R.A., Houde, M., Kumar, A., Kurias, J., Lanno, R., McCarthy, C., Newsted, J., Salice, C.J. (2020) Assessing the ecological risks of per- and polyfluoroalkyl substances: Current state-of-the science and a proposed path forward. *Environmental Toxicology and Chemistry* 40, 564–605.
- Arcadis (2023). Grondwaterkwaliteit Nederland 2021-2022. Platform Meetnetbeheerders Grondwaterkwaliteit. QT36QUTEF7R3-1071769577-136545:3.
- Armitrage, J.M., et al. (2009). Modeling the Global Fate and Transport of Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) and Precursor Compounds in Relation to Temporal Trends in Wildlife Exposure. *Environ. Sci. Technol.* 43, 9274–9280.
- Bangma, J., Guillette, T.C., et al., (2022) Understanding the dynamics of physiological changes, protein expression, and PFAS in wildlife. *Environ. Intern.* 159, 107037.
- Beekman, M., P. Zweers, A. Muller, W. de Vries, P. Janssen, M. Zeilmaker (2016). Evaluation of substances used in the GenX technology by Chemours, Dordrecht. RIVM briefrapport 2016-0174, Bilthoven.
- Benesh, M. (2023). It's time to switch to PFAS-free firefighting foams. Environmental Working Group <https://www.ewg.org/news-insights/news/its-time-switch-pfas-free-firefighting-foams>.
- Benford, D., de Boer, J., Carere, A., di Domenico, A., Johansson, N., Schrenk, D., Schoeters, G., de Voogt, P., Dellatte, E. (2008). Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food chain on perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and their salts. *EFSA Journal* 653, 1-131.
- Berbee R., Ingenbleek M. (2015) Blusschuim. Presentatie Rijkswaterstaat. www.gezamenlijke-brandweer.nl, 3 augustus.
- Biegel, L.B. et al. (2001). Mechanisms of extrahepatic tumor induction by peroxisome proliferators in male cd rats. *Tox. Sci.* 60, 44-55.
- Bil, W., et al. (2021). Risk Assessment of per- and polyfluoroalkyl substance mixtures: a relative potency factor approach. *Environ. Toxicol. Chem.* 40, 859-870.
- Bil, W., et al. (2022). Internal relative potency factors for the risk assessment of mixtures of per- and polyfluoroalkyl substances (pfas) in human biomonitoring. *Environ. Health Perspect.* 130, 77005.
- Binnenlands Bestuur (2018). <https://www.binnenlandsbestuur.nl/ruimte-en-milieu/zuid-holland-dreigt-chemours-met-dwangsom-om-lozing-afvalwater>.
- Blum, A., Balan S.A., Scheringer, M., Trier, X., Goldenman, G., Cousins, I., Diamond, M., Fletcher, T., Higgins, C., Lindeman, A.E., Peaslee, G., de Voogt, P., Wang, Z., Weber, R. (2015). The Madrid Statement on Poly- and Perfluoroalkyl Substances. *Environ. Health Perspect.* 123, A107-A111.
- Bluteau, T., Cornelsen, M., Holmes, N.J.C., Klein, R.A., McDowall, J.G., Shaefer, T.H., Tisbury, M., Whitehead, K. (2019). Perfluorohexane Sulfonate (PFHxS)—Socio-economic impact, exposure, and the precautionary principle. IPEN Expert Panel; White paper for the Stockholm Convention Persistent Organic Pollutants Review Committee (POPRC-15), Rome, Italy.
- Bokkers, B.G.H., Versteegh, J.F.M., Janssen, P.J.C.M., Zeilmaker M.J. (2016). Risicoschatting PFOA in drinkwater in het voorzieningsgebied van twee lokaties. RIVM, Bilthoven.
- Bokkers B, Pronk M, Herremans J (2023) PFAS in zeeschuim in Nederland. RIVM, Bilthoven, KU-2023-0018
- Boon, P.E., te Biesebeek J.B. (2018) GenX en PFOA in grond en irrigatiewater in moestuinen rondom DuPont Chemours. Brief en Bijlage 132/2018/ M&V/EVS/RVP. RIVM, Bilthoven.
- Boon P.E., J.B. te Biesebeek, B.G.H. Bokkers, A.S. Bulder (2021) .Herziening van de risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen in Helmond. RIVM Bilthoven, 2021-0071.

- Boon PE, te Biesebeek JB (2022a). Risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen uit moestuinen in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden. RIVM, Bilthoven, 2022-0010.
- Boon, P.E., te Biesebeek J.B. (2022b). Risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen uit volkstuinencomplex Volkstuin Delta in Helmond. RIVM, Bilthoven 2022-0009.
- Brandsma, S.H., Koekkoek, J.C., van Velzen, M.J.M., de Boer, J. (2019). The PFOA alternative substitute GenX detected in grass and leaves near a fluoropolymer manufactory plant in the Netherlands. *Chemosphere* 220, 493-500.
- Brendel S., Fetter E., Staude C., Vierke L., Biegel-Engler A. (2018). Short-chain perfluoroalkyl acids: Environmental concerns and a regulatory strategy under REACH. *Environ. Sci. Eur.* 30, 9.
- Brunn, et al. (2023) PFAS: forever chemicals—persistent, bioaccumulative and mobile. Reviewing the status and the need for their phase out and remediation of contaminated sites. *Environ. Sci. Eur.* 35 (1), 20.
- Buck, R.C., et al. (2011). Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: Terminology, classification, and origins. *Integr. Environ. Assess. Manag.* 7, 513–541.
- Buck, R.C., et al. (2021). Identification and classification of commercially relevant per- and poly-fluoroalkyl substances (PFAS). *Integr. Environ. Assess. Manag.* 7, 104501055.
- Cai, Y., et al. (2021). A review of responses of terrestrial organisms to perfluorinated compounds. *Sci. Total Environ.* 793, 148565, 2021.
- Caimoras Gonzáles, P., et al. (2021). Air monitoring with passive samplers for perfluoroalkane substances in developing countries (2017–2019). *Chemosphere* 282, 131069.
- Calafat, A.M., Wong L.-Y., Kuklenyik Z., Reidy J.A., Needham L.L. (2007). Polyfluoroalkyl chemicals in the U.S. population: data from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2003–2004 and comparisons with NHANES 1999–2000. *Environ. Health Perspect.* 115, 1596-1602.
- Carson, R. (1962). *Silent Spring*. First Mariners Books edition 2002, ISBN 0-618-25305-x.
- Case MT; York, RG and Christian, MS (2001). Rat and rabbit oral developmental toxicology studies with two perfluorinated compounds. *Internl. J. Toxicol.* 20, 101-109.
- Cathey AL, Nguyen VK, Colacino JA, Woodruff TJ, Reynolds P, Aung MT (2023). Exploratory profiles of phenols, parabens, and per- and poly-fluoroalkyl substances among NHANES study participants in association with previous cancer diagnoses. *J. Expos. Sci. Environ. Epidemiol.* 33, 687–698
- Chemsec (2023). <https://chemsec.org/reports/the-top-12-pfas-producers-in-the-world-and-the-staggering-societal-costs-of-pfas-pollution/>.
- Chen, Y., et al. (2021). Occurrence, profiles, and ecotoxicity of poly- and perfluoroalkyl substances and their alternatives in global apex predators: A critical review. *J. Environ. Sci.(China)*109, 219–236.
- Chu, S., Letcher, R., et al. (2016). A new fluorinated surfactant Contaminant in Biota: Perfluorobutane Sulfonamide in Several Fish Species. *Environ. Sci. Technol.* 50, 669-675.
- CMS Dordrecht (2021). [https://cms.dordrecht.nl/Inwoners/Overzicht Inwoners/Dossier Chemours en DuPont/Nieuws/Advies RIVM eet binnen 1 kilometer rond Chemours niet uit eigen moestuin.](https://cms.dordrecht.nl/Inwoners/Overzicht%20Inwoners/Dossier%20Chemours%20en%20DuPont/Nieuws/Advies%20RIVM%20eet%20binnen%201%20kilometer%20rond%20Chemours%20niet%20uit%20eigen%20moestuin.)
- Consortium UAntwerpen, VITO, PIH, UHasselt en VUB (2023). Jongerenstudie HBM - omgeving 3M – Resultatenrapport, in opdracht van het Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving, 219 pp., België.
- Cousins I., et al. (2016). The precautionary principle and chemicals management: The example of perfluoroalkyl acids in groundwater. *Environ. Intern.* 94, 331-340.
- Cousins I., et al. (2020). The high persistence of PFAS is sufficient for their management as a chemical class. *Environ. Sci.: Processes Impacts*, 22, 2307-2312.
- Da Silva, A.O., et al. (2021). PFAS exposure pathways for humans and wildlife: A synthesis of current knowledge and key gaps in understanding. *Environ. Toxicol. Chem.*40, 631–657.
- Dawson, B. (2006). DuPont Company PFOA in Blood Serum, Dordrecht Works, Netherlands, 2005 samples. Internal report DuPont, 13 March 2006, 10 pp.
- DCMR (2020). Beschikking Chemours Netherlands, kenmerk 999998499_9999740157, 29 april. DCMR Milieudienst Rijnmond, Schiedam, p.5.
- De Boer, J., Wester, P.G., Klamer, J.C., Lewis, W.E., Boon, J.P. (1998). Brominated flame retardants in sperm whales and other marine mammals - a new threat to ocean life? *Nature* 394, 28-29.
- De Boer, J. (2023). High levels of perfluorinated alkylsubstances around manufacturing plants in Europe. 5th Intern. Symp. Persistent, Bioaccumulating and Toxic Substances, Dalian, China, 9-11 July, 2023.
- Delcourt, N., et al. (2023). First observations of a potential association between accumulation of per- and polyfluoroalkyl substances in the central nervous system and markers of Alzheimer's Disease. *J. Gerontol. Online*, <https://doi.org/10.1093/gerona/glad208>.

- De Kort, M.J., de Jong C.J., Ng-A-Tham, J.E.E., Verhoeven, J.K., Boon, P.E., Verschoor, A.J. (2019). Verspreiding van GenX-stoffen in het milieu. RIVM, Bilthoven, 2019-0083.
- DeWitt, J.C./ et al. (2011). Immunotoxicity of Perfluorinated Compounds: Recent Developments. *Toxicol Pathol* 40, 300–311, 2012.
- D'Hollander, W., de Voogt, P., De Coen, W., Bervoets, L. (2010). Perfluorinated substances in human food and other sources of human exposure. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 208, 179-215.
- DuPont (1992) Trip report Dordrecht, The Netherlands - Mechelen, Belgium 9/28 to 10/1/1992 by RJ Zipfel.
- Emmett, A., Zhang, H., Shofer, F.S., Freeman, D., Rodway, N.V., Desai, C. Shaw, L.M. (2006). Community exposure to perfluorooctanoate: relationships between serum Levels and certain health parameters. *J. Occup. Environ. Med.* 48, 771–779.
- Environment Canada, (2004). Canadian Environmental Protection Act, 1999 (CEPA 1999): Environmental Screening Assessment Report on Perfluorooctane Sulfonate, Its Salts and Its Precursors that Contain the C8F17SO2 or C8F17SO3 Moiety.
- EPA (2006). <https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/risk-management-and-polyfluoroalkyl-substances-pfas#tab-3>. US-EPA, Read on 6 November 2023.
- Eschauzier, C., de Voogt, P. (2014) Perfluoralkylzuren in Nederlands oppervlaktewater 2008-2012. Rijkswaterstaat. Den Haag, pp.1-50.
- Eschauzier, C., Haftka, J.J.H., Stuyfzand, P.J., de Voogt, P. (2010) Perfluorinated compounds in infiltrated river Rhine water and infiltrated rainwater in coastal dunes. *Environ. Sci. Technol.* 44, 7450–7455.
- Eschauzier, C., de Voogt, P., Brauch, H-J., Lange, F.T. (2012a). Polyfluorinated chemicals in European surface waters, ground- and drinking waters. In "Polyfluorinated Chemicals and Transformation Products". T.P. Knepper and F.T. Lange (eds.). *Handbook of Environmental Chemistry 17*: 73-102. Springer-Verlag Berlin Heidelberg (Germany).
- Eschauzier, C., Beerendonk, E.F., Scholte-Veenendaal, P., de Voogt, P. (2012b). Impact of treatment processes on the occurrence of perfluoroalkyl acids in the drinking water production chain. *Environ. Sci. Technol.* 46, 1708-1715 doi: 10.1021/es201662b.
- Evich, M.G., et al. (2022). Per- and polyfluoroalkyl substances in the environment. *Science* 375, 6580.
- EU (2022). Commission Regulation (EU) 2022/2388 of 7 December 2022 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of perfluoroalkyl substances in certain foodstuffs. *Off. J. Eur. Union* L 316/38.
- EWG (2019). https://static.ewg.org/reports/2019/pfa-timeline/3M-DuPont-Timeline_sm.pdf
- Felizeter, S., McLachlan, M., de Voogt, P. (2014). Root uptake and translocation of perfluorinated alkyl acids by three hydroponically grown crops. *J. Agric. Food Chem.* 62, 3334–3342
- Felizeter, S., Jüriling, H., Kotthoff, M., de Voogt, P., McLachlan, M.S. (2021) Uptake of perfluorinated alkyl acids by crops: results from a field study. *Environ. Sci. Proc. Imp.* 23, 1158-1170.
- Fiedler, H., R. Kallenborn, J. de Boer, L.K. Sydnes (2019). The Stockholm Convention - A Tool for the global regulation of persistent organic pollutants (POPs). *Chem. Intern.* 41, 4-11.
- Fiedler, H., Sadia, M. (2021). Regional occurrence of perfluoroalkane substances in human milk for the global monitoring plan under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants during 2016–2019. *Chemosphere* 277, 130287.
- Field, J.A., Schultz, M., Barofsky, D. (2003) Identifying hydrocarbon and fluorocarbon surfactants in specialty chemical formulations of environmental interest by fast atom bombardment/mass spectrometry. *Chimia* 57, 556-560.
- Flerlage, H., Velders, G.J.M., De Boer, J. (2021). Bottom -up and top-down emission estimates of hydrofluorocarbons (HFCs) in different parts of the world. *Chemosphere* 283, 131208.
- Franken, S. (2018). Verkennend bodemonderzoek PFOA en Genx betreffende lokatie Land van Matena, deellocatie C, D en E Papendrecht, Tritium Advies bv. 1709/126/SF-02.
- Frisbee, S.J., et al. (2009). The C8 Health Project: design, methods, and participants. *Environ. Health Perspect.* 117, 1873–1882.
- Frömel, T., Gremmel, C., Dimzon, I.K., Weil, H., Knepper, T.P., de Voogt, P. (2016). Investigations on the presence and behavior of precursors to perfluoroalkyl substances in the environment as a preparation of regulatory measures. *Umwelt Bundesamt UBA-FB 00223/ENG*, Berlin. 242 pp. Fustinoni, S., Consonni, D. (2023). Historical trend of exposure to perfluoroalkyl surfactants pfoa, adv, and cc6o4 and its management in two perfluoroalkyl polymers plants, Italy. *Ann. Work Expos. Health*, 67, 518–535.

- Gebbink, W.A., van Asseldonk, L., van Leeuwen, S.P.J. (2017). Presence of Emerging Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs) in River and Drinking Water near a Fluorochemical Production Plant in the Netherlands. *Environ. Sci. Technol.* 51, 11057– 11065.
- GGD Zuid-Holland-Zuid (2021). <https://www.ggdzhz.nl/gezondheid-en-milieu/pfas-en-gezondheidsadviezen>
- Giesy, J.P., Kannan, K. (2001). Global Distribution of Perfluorooctane Sulfonate in Wildlife. *Environ. Sci. Technol.* 35, 1339–1342.
- Gilliland, F.D., Mandel, J.S. (1993). Mortality among employees of a perfluorooctanoic acid production plant. *J. Occup. Med.* 35, 950-954.
- Gilljam, J.L., Leonel, J., Cousins, I.T., Benskin, J.P. (2016). Is Ongoing Sulfluramid Use in South America a Significant Source of Perfluorooctanesulfonate (PFOS)? Production Inventories, Environmental Fate, and Lokal Occurrence. *Environ. Sci. Technol.* 50, 653–659.
- Glüge, J. et al. (2020). An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS). *Environ. Sci.: Process. Impacts*, 22, 2345-2373.
- Grandjean, Ph., Andersen, E.W., Budtz-Jørgensen, E., Nielsen, F., Mølbak, K., Weihe, P., Heilmann, C. (2012). Serum vaccine antibody concentrations in children exposed to perfluorinated compounds. *J. Am. Med. Assoc.* 307, 391-397.
- Grandjean, Ph., Weihe, P., Heilmann, C., Nielsen, F., Mogensen, U.B., Timmermann, A., Budtz-Jørgensen, E. (2017). Estimated exposures to perfluorinated compounds in infancy predict attenuated vaccine antibody concentrations at age 5-years. *J. Immunotoxicol.* 14, 188-195.
- Groffen et al. (2019) Limited reproductive impairment in a passerine bird species exposed along a perfluoroalkyl acid (PFAA) pollution gradient. *Science of the Total Environment* 652, 718 – 728.
- Guillette, T.C., et al. (2019). The elevated PFAS concentrations found in the Cape Fear River Striped Bass were associated with biomarkers of alterations in the liver and immune system. *Environ. Intern.* 136, 2020, 105358.
- Hansson, S.O. (2022). Zero visions and other safety principles. In: K.E. Björnberg et al. (Eds.): *The vision zero handbook*. Springer, Cham. ISBN 978-3-030-23176-7.
- Hoek – van Nieuwenhuijzen, M. (2011) PFOS in waterbodems Schiphol I, IMARES, Report C043/11, IJmuiden.
- Hoek – van Nieuwenhuijzen, M. (2012) PFOS in waterbodems Schiphol II, IMARES, Report C007/12, IJmuiden.
- Hoff, et al., (2003) Perfluorooctane sulfonic acid in bib (*Trisopterus luscus*) and plaice (*Pleuronectes platessa*) from the Western Scheldt and the Belgian North Sea: Distribution and biochemical effects. *Environ. Toxicol. Chem.* 22, 608-614.
- Hoffman, K., Webster, T.F., Scott M. Bartell, S.M., Weisskopf, M.G., Fletcher, T., Vieira, V.M. (2011). Private drinking water wells as a source of exposure to perfluorooctanoic acid (PFOA) in communities surrounding a fluoropolymer production facility. *Environ. Health Persp.* 119, 92-97.
- Houde, M. et al. (2006). Biological monitoring of perfluoroalkyl substances: a review. *Environ. Sci. Technol.* 40, 3463-3473.
- Hu W.Y., Jones P.D., Upham B.L., Trosko J.E., Lau C., Giesy J.P. (2002). Inhibition of gap junctional intercellular communication by perfluorinated compounds in rat liver and dolphin kidney epithelial cell lines in vitro and sprague-dawley rats in vivo. *Toxicol. Sci.* 68, 429-436.
- Hu, X.C., et al. (2016). Detection of Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs) in U.S. Drinking Water Linked to Industrial Sites, Military Fire Training Areas, and Wastewater Treatment Plants. *Environ. Sci. Technol. Lett.* 3, 344-350.
- ILO (2004). Perfluoroisobutylene. Website bezocht oktober 2023.
https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=en&p_card_id=1216&p_version=2
- I&W (2021). Actualisatie handelingskader PFAS. Brief aan Tweede Kamer. Ministerie I&W, IENW/BSK-2021/335279, Den Haag.
- Janssen, P.J.C.M. (2017). Afleiding van MTR_{lucht} voor perfluorisobuteen (PFIB). RIVM project no. M/200027/17/AA, revisie 15 februari 2017, Bilthoven.
- Johansson, N., Benford, D., Carere, A., De Boer, J., Dellatte, E., De Voogt, P., Di Domenico, A., Heppner, C.W., Schoeters, G., Schrenk, D. (2009) EFSA's risk assessment on PFOS and PFOA in the food. *Toxicol Lett* 189-S1, S42–S42.
- Johansson, J.H., Salter, M.E., Acosta Navarro, J.C., Leck, C., Nilsson, E.D., Cousins, I.T. (2019). Global transport of perfluoroalkyl acids via sea spray aerosol. *Environmental Science: Processes & Impacts* 21, 635-649.
- Jonker, M.T.O. (2021) Poly- en perfluoroalkylstoffen (PFAS) in de Rijkswateren. IRAS, Universiteit Utrecht, p1-136.
- Klevens, H. B., Ellenbogen, E. (1954). Research on the van der Waals association of bovine serum albumin in the presence of perfluoro acids". *Discussions Faraday Soc.*, 18, 277.

- Koeman, J. (1971). Het voorkomen en de toxicologische betekenis van enkele chloorkoolwaterstoffen aan de Nederlandse kust in de periode van 1965 tot 1970. Proefschrift, Rijksuniversiteit, Utrecht.
- Kools S, Meekel N, Béen F. (2022). PFAS in Europees water ... een verkenning. KWR 2022.130, Nieuwegein 2022, pp. 1-44.
- Lasters, R., et al. (2022). Home-produced eggs: An important human exposure pathway of perfluoroalkylated substances (PFAS). *Chemosphere* 308, 136283.
- Lau C. et al. (2003) Exposure to perfluorooctane sulfonate during pregnancy in rat and mouse. II: Postnatal evaluation *Toxicol. Sci.* 72, 136.
- Lau, C., Anitole, K., Hodes, C., Lai, D., Pfahles-Hutchens, A., Seed, J. (2007). Perfluoroalkyl acids: a review of monitoring and toxicological findings. *Toxicol. Sci.* 99, 366-394.
- Lewis, C.E., Kerby, G.R. (1965). An epidemic of polymer-fume fever. *J. Am. Med. Assoc.* 191, 375-378.
- Liou, J.S.-C., Szostek, B., DeRito, C.M., Madsen, E.L. (2010). Investigating the biodegradability of perfluorooctanoic acid. *Chemosphere* 80, 176-183.
- Lipnick, R.L. Muir, D.C.G. (2001). History of persistent, bioaccumulative and toxic chemicals. In: R.L. Lipnick et al. (Eds.): *Persistent, Bioaccumulative, and Toxic Chemicals I*. ACS Symposium Series; American Chemical Society, Washington, DC, USA, 2000.
- Liu JY et al. (2011). Comparison on gestation and lactation exposure of perfluorinated compounds for newborns. *Environ. Internl.* 37, 1206-1212.
- Liu, X. et al. (2022). Joint toxicity mechanisms of binary emerging PFAS mixture on algae (*Chlorella pyrenoidosa*) at environmental concentration. *J. Haz Mater.* 437, 129355.
- Lohmann R., Cousins I.T., DeWitt J.C., Glüge J., Goldenman G., Herzke D., Lindstrom A.B., Miller M.F., Ng C.A., Patton S., Scheringer M., Trier X., Wang Z. (2020). Are fluoropolymers really of low concern for human and environmental health and separate from other PFAS? *Environ. Sci. Technol.* 54, 12820-12828.
- Loots, I., et al. (2023). Jongerenstudie HBM - omgeving 3M – Resultatenrapport, in opdracht van het Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving, 219p. 18 april, Depot nr. D/2023/3241/152.
- Luebker, D.J. et al. (2005). Two-generation reproduction and cross-foster studies of perfluorooctanesulfonate (PFOS) in rats. *Toxicol.* 215, 126-148.
- Ma, T., et al. (2022). Toxicity of per- and polyfluoroalkyl substances to aquatic invertebrates, planktons, and microorganisms. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 19, 16729.
- Maizel, A.C., et al. (2023). Per- and polyfluoro alkyl substances in new firefighter turnout gear. NIST Technical Note NIST TN 2248., Gaithersburg. <https://doi.org/10.6028/NIST.TN.2248>.
- Martinsen, K. (2012) Polyfluorinated compounds at fire training facilities. Common Forum Meeting Bilbao, Spanje, 23 October.
- Mastrantonio, M., Bai, E., Uccelli, R., Cordiano, V., Screpanti, A., Crosignani, P. (2018). Drinking water contamination from perfluoroalkyl substances (PFAS): an ecological mortality study in the Veneto Region, Italy. *Eur. J. Pub. Health* 28, 180-185.
- McLachlan, M., et al. (2007) Riverine Discharge of Perfluorinated Carboxylates from the European Continent. *Environ. Sci Technol.* 41, 7260-7265.
- Ministerie SZW (2017). Brief aan de Tweede Kamer - Aanbieding feitenonderzoek DuPont en lessen voor de toekomst; kenmerk 2017-0000113287, L.F. Asscher, 5 juli.
- Ministerie I&W (2021) Actualisatie handelingskader PFAS. Brief aan Tweede Kamer. IENW/BSK-2021/335279
- Ministerie I&W (2022) Aanpassing indicatieve niveaus van ernstige verontreiniging PFAS. <https://www.bodemplus.nl/actueel/nieuwsberichten/2022/aanpassing-indicatieve-niveaus-ernstige/>
- Möller, A., Ahrens, L., Surm, R., Westerveld, J., van der Wielen, F., Ebinghaus, R., de Voogt, P. (2010). Distribution and sources of polyfluoroalkyl substances (PFAS) in the River Rhine watershed, *Environ Pollut* 158, 3243-3250.
- Moody CA, Field, JA (2000). Perfluorinated surfactants and the environmental implications of their use in fire-fighting foams. *Environ. Sci. Technol.* 34, 3864-3870.
- NAP (2022). National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine: [Guidance on PFAS Exposure, Testing, and Clinical Follow-Up](https://nap.nationalacademies.org/26156). <http://nap.nationalacademies.org/26156>, National Academies Press, Washington DC. DOI 10.17226/26156.
- Newton S, McMahan R, Stoeckel JA, Chislock M, Lindstrom A, Strynar M. (2017). Novel Polyfluorinated Compounds Identified Using High Resolution Mass Spectrometry Downstream of Manufacturing Facilities near Decatur, Alabama. *Environ. Sci. Technol.* 51,1544–1552.
- Nicole, W. (2013). PFOA and Cancer in a Highly Exposed Community. *Environ. Health Persp.* 121, A340.

- Nilsson, H., et al. (2013). Professional ski waxers' exposure to PFAS and aerosol concentrations in gas phase and different particle size fractions. *Environ. Sci. Process. Impacts* 15, 814-822.
- NITE (1973). Activities Related to the Chemical Substances Control Law. National Institute of Technology and Evaluation, Japan. https://www.nite.go.jp/en/chem/kasinn/kasinn_index.html
- Noorlander, C.W., et al. (2011). Levels of perfluorinated compounds in food and dietary intake of PFOS and PFOA in the Netherlands. *J. Agric. Food Chem.* 59, 7496-7505.
- Nordby, G.L., Luck, J.M. (1956). Perfluorooctanoic acid interactions with human serum albumin. *J. Biol. Chem.* 219, 399-404.
- Norström, K., Viktor, T., Cousins, A.P., Rahmberg, M. (2015) Risks and effects of the dispersion of PFAS on aquatic, terrestrial and human populations in the vicinity of international airports. IVL-Swedish Environmental Research Institute 2015, B-2232, Stockholm, Zweden.
- NOS (2022) <https://nos.nl/artikel/2443382-rivm-oppassen-met-moestuinen-rondom-chemisch-bedrijf-dordrecht>
- Omgevingsdienst (2013). Besluit van Gedeputeerde Staten, Revisievergunning DuPont. Zaaknr. 0080010, Kenmerk 2013023603. Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid, p.7.
- Parsons, J.R., Saéz, M., Dolfing, J., de Voogt, W.P. (2008) Biodegradation of Perfluorinated Compounds. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 196, 53-71.
- Patocka, J. (2019). Perfluoroisobutene: poisonous choking gas. *Mil. Med. Sci. Lett.* 88(3), 98-105.
- PERFORCE (2004). Perfluorinated organic compounds in the European environment. Project fact sheet NEST-EU 508967. Universiteit van Amsterdam. <https://cordis.europa.eu/project/id/508967>
- Polonara, F., Kuijpers, L.J.M., Peixoto, R.A. (2017). Potential impacts of the Montreal Protocol Kigali Amendment to the choice of refrigerant alternatives. *Intern. J. Heat Technol.* 35, SI 1, S1-S8.
- Post, G.B., Cohn, P.D., Cooper, K.R. (2012). Perfluorooctanoic acid (PFOA), an emerging drinking water contaminant: A critical review of recent literature. *Environ. Res.* 116, 93-117.
- Post, G.B. (2020). Recent US State and federal drinking water guidelines for per- and polyfluoroalkyl substances. *Environ. Tox. Chem.* 40, 550-563.
- Provincie Zuid-Holland (2015). Gedeputeerde Staten, Antwoord op vragen van W.A. Minderhoud (PvdA) 15 september 2015, nr. 3080.
- Provincie Zuid-Holland (2017). Brief aan Provinciale Statenleden, 11 januari, onderwerp: Ambtshalve wijziging emissies Chemours enTNO rapport 'Archiefonderzoek historische emissies DuPont Dordrecht'. Kenmerk PZH-577449530.
- Reijnders, P.J.H. (1986). Reproductive failure in common seals feeding on fish from polluted coastal waters. *Nature* 324, 456-457.
- Renner R (2004). Tracking the Dirty Byproducts of a World Trying to Stay Clean *Science* 306, 1887.
- Rijksoverheid (2021). Handelingskader voor hergebruik van PFAS-houdende grond en baggerspecie (versie december 2021).
- RIVM (2009). Estimation of emissions and exposures to PFOS used in industry; Bruinen de Bruin Y., Zweers P., Bakker J., Beekman M. RIVM Report 601780002, Bilthoven.
- RIVM (2021a) Resultaten literatuuronderzoek uitloging PFAS uit grond en advies afleiden risicogrenzen grond en bagger ter bescherming van bodem en grondwater <https://www.rivm.nl/documenten/notitie-literatuurstudie-uitloging-pfas>. Memo 7 januari 2021. Bilthoven.
- RIVM (2021b). Memo Risicogrenzen ten behoeve van de vaststelling van interventiewaarden voor PFOS, PFOA en GenX. 20 juli, Bilthoven.
- RIVM (2023). Risicoschatting van PFAS in recreatieplas Merwelanden in Dordrecht. Memo 11 augustus, Bilthoven.
- Rosenfeld, P.E., et al. (2023). Perfluoroalkyl substances exposure in firefighters: Sources and implications. *Environ. Res.* 220, 115164.
- Rotander, A., Kärrman, A., Toms, L.M., Kay, M., Mueller, J.F., Gómez Ramos, M.J. (2015). Novel fluorinated surfactants tentatively identified in firefighters using liquid chromatography quadrupole time-of-flight tandem mass spectrometry and a case-control approach. *Environ. Sci. Technol.* 49, 2434-2442.
- Sadia, M., Nollen, I., Helmus, R., ter Laak, T.L., Béen, F., Praetorius, van Wezel, A.P. (2023). Occurrence, Fate, and Related Health Risks of PFAS in Raw and Produced Drinking Water *Environ. Sci. Technol.* 2023, 57, 8, 3062-3074.
- SCHEER (2022). Scientific Opinion on "Draft Environmental Quality Standards for Priority Substances under the Water Framework Directive" – PFAS. Scientific Committee Health, Environmental and Emerging Risks. https://health.ec.europa.eu/publications/scheer-scientific-opinion-draft-environmental-quality-standards-priority-substances-under-water_en

- Schering, M., Trier, X. Cousins, I.T., de Voogt, P. Fletcher, T., Wang, Z., Webster, T.F, (2014). Helsingør statement on poly- and perfluorinated alkyl substances (PFASs). *Chemosphere* 114, 337-339.
- Schrap SM, Pijnenburg JAMCM, Geerdink RB (2004) Geperfluoreerde verbindingen in Nederlands oppervlaktewater. Rijkswaterstaat RIZA-2004.025, Lelystad.
- Schrenk, D., et al. (2020). Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA Journal* 18, 6223.
- Scott, A. (2023). The battle over PFAS in Europe. *Chemical Engineering News* 101 (31), 18 September. https://cen.acs.org/sections/talented-12-nomination.html?sc=231101_ad_nom_cen_cen_T12
- Seacat, A.M., et al. (2002). Subchronic toxicity studies on perfluorooctanesulfonate potassium salt in cynomolgus monkeys. *Toxicol. Sci.* 68, 249-264.
- Seacat A.M., et al. (2003). Sub-chronic dietary toxicity of potassium perfluorooctanesulfonate in rats. *Toxicol.* 183, 117-131.
- SERDP (2023). PFAS-free-firefighting-formulations; <https://serdp-estcp.org/focusareas/c8d36a6f-1798-448a-9b0f-a5b212b0f0f9/pfas-free-firefighting-formulations>.
- SFT (2008). Screening of polyfluorinated organic compounds at four fire training facilities in Norway, TA-2444/2008, Norwegian Pollution Control Authority, Oslo, Noorwegen.
- Shea, D. (2018). Proposed Drinking Water Health Advisory Value for GenX. Memo IMAC HFPO-DA, North Carolina State University, Dept. Biological Sciences, Raleigh, NC, USA.
- Skutlarek, D., Exner, M., Färber, H. (2006). Perfluorinated surfactants in surface and drinking waters. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 13, 299–307.
- Smit, C.E., Verbruggen E.M.J. (2022). Risicogrenzen voor PFAS in oppervlaktewater. Doorvertaling van de gezondheidskundige grenswaarde van EFSA naar concentraties in water RIVM 2022-0074, Bilthoven
- Smith, L.W., Gardner, R.J., Kennedy, G.L. (1982) Short-Term inhalation toxicity of perfluoroisobutylene. *Drug Chem. Toxicol.* 5, 295-303.
- Stokstad E (2016). DuPont settlement to fund test of potential toxics. *Science* 311, 26-27.
- STOWA (2021). PFAS in influent, effluent en zuiveringsslib: resultaten van een meetcampagne op acht rwzi's. Derksen A en Baltussen J. Webinar 29 oktober 2021.
- Sugeng, E. (2020). Academisch proefschrift Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Takagi, A., et al. (1991). Short-term exposure to the peroxisome proliferators, perfluorooctanoic acid and perfluorodecanoic acid, causes significant increase of 8-hydroxydeoxyguanosine in liver DNA of rats. *Cancer Lett.* 57, 55-60.
- Toxnet (2017). Perfluoroisobutylene (CAS Nr. 382-21-8). National library of medicine HSDB database, 22 pp.
- Tritscher, A. (2004). Human health risk assessment of processing-related compounds in food. *Toxicol. Lett.* 149 1771-86.
- US-EPA (2002). Significant New Use Rule Under the Toxic Substances Control Act for 75 PFAS. Environmental Protection Agency. <https://governance.pfasproject.com/>.
- US-EPA (2017) Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) and Perfluorooctanoic Acid (PFOA) Technical Fact Sheet –EPA 505-F-17-001 .
- Vaalgama, S., Vahatalo, A.V., Perkola, N., Huhtala, S. (2011). Photochemical reactivity of perfluorooctanoic acid (PFOA) in conditions representing surface water. *Sci. Total Environ.* 409, 3043-3048.
- Valsecchi, S., Babut, M., Mazzoni, M., Pascariello, S., Ferrario, C., De Felice, B., Bettinetti, R., Veyrand, B., Marchand P., Polesello, S. (2021). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in fish from European lakes: Current contamination status, sources, and perspectives for monitoring. *Environ. Toxicol. Chem.* 40, 658-676.
- Van Beijsterveldt, A.L.P., Van Zelst, B.D., De Fluiter, K.S., Van den Berg, S.A.A., Van der Steen, M., Hokken-Koelega, A.C.S. (2022). Poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS) exposure through infant feeding in early life. *Environ. Intern.* 164, 107274.
- Van Bentum, E., Pancras, T., Slenders, H., van der Enden, B. (2017). Luchtdepositieonderzoek PFOA en HFPO-DA Dordrecht en omgeving. Onderzoek naar de invloed van luchtmissies op de kwaliteit van grond en grondwater. Expertisecentrum PFAS 012017/20DDT221-1.17.
- Van de Vijver, K.I., et al. (2003). Exposure patterns of perfluorooctane sulfonate in aquatic invertebrates from the Western Scheldt Estuary and the southern North Sea. *Environ. Toxicol. Chem.* 22, 2037-41.
- Van de Vijver, K.I., et al. (2004) Baseline study of perfluorochemicals in harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) from Northern Europe. *Mar. Pollut. Bull.* 48, 986–1008.

- Van der Aa, N.G.F.M., Hartman, J., Te Biesebeek, J.D. (2021). Analyse bijdrage drinkwater en voedsel aan blootstelling EFSA-4 PFAS in Nederland en advies drinkwaterrichtwaarde. RIVM, Bilthoven, M/270071.
- Van der Aa, N.G.F.M., Hartmann, J., Smit, C.E. (2022). PFAS in Nederlands drinkwater vergeleken met de nieuwe Europese Drinkwaterrichtlijn en relatie met gezondheidkundige grenswaarde van EFSA. RIVM-briefrapport 2022-0149, Bilthoven.
- Van der Krol, F. (2023). PFAS-zorgen bij bewoners van nieuwbouwwoningen zitten diep: 'We wilden eigenlijk een kas in de tuin'. AD Slidrecht, 15 november.
- Van Gerwen, M., et al. (2023). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) exposure and thyroid cancer risk. The Lancet eo BioMedicine 97, 104831.
- Van Poll, R., Jansen, E., Janssen R. (2017). PFOA measurements in blood - Measurements in the serum of people living near DuPont/Chemours in Dordrecht . RIVM Report 2017-0113, Bilthoven, The Netherlands.
- Van Weyenberg, (2021). Bijlage bij Tweede Kamerbrief over actualisatie handelingskader PFAS. Actualisatie handelingskader PFAS. Den Haag, 13 december, Kenmerk E NW/BSK-2021/335279.
- Versteegh, J.F.M., de Voogt, P. (2017). Risicoduiding en vóórkomen van FRD-903 in drinkwater en drinkwaterbronnen bij een selectie van drinkwaterwinningen in Nederland. RIVM, Bilthoven, 2017-0175.
- Vestergren, R., Cousins, I.T. (2009). Tracking the pathways of human exposure to perfluorocarboxylates. Environ. Sci. Technol. 43, 5565-5575.
- Viera, V.M., et al.,(2013). Perfluorooctanoic acid exposure and cancer outcomes in a contaminated community: a geographic analysis. Environ. Health Perspect. 121, 318-323.
- Vissers, M.J.M. (2023). Meetronde freatische grondwaterkwaliteit Provincie Utrecht 2023. Sweco Rapport 51016742, 24 oktober.
- VITO (2021). Bevolkingsonderzoek PFAS bij omwonenden van de 3M-site in Zwijndrecht. Agentschap Zorg en gezondheid, 26 oktober.
- VITO (2023) PFAS in zeewater en zeeschuim Eindrapport. Referentie: 2022/SCT/R/2837. VITO, Mol, België.
- Vrancken, K. (2022). Advies Commissie Grondverzet goedgekeurd door alle commissieleden aan de minister van Mobiliteit en Openbare Werken. Advies Commissie Grondverzet, Vlaamse Overheid, Brussel, België, 22 februari.
- Wallis, I., et al. (2022). Model-based identification of vadose zone controls on PFAS mobility under semi-arid climate conditions. Water Res. 225, 119096.
- Washington, J.W., K. Rankin, E.L. Libelo, D.G. Lynch, M. Cyterski (2019). Determining global background soil PFAS loads and the fluorotelomer-based polymer degradation rates that can account for these loads. Sci. Total Environ. 651,2444–2449.
- Waterschap Rivierenland (2023) <https://www.waterschaprivierenland.nl/pfas-in-het-beheergebied-van-waterschap-rivierenland>.
- Wee, S.Y., Aris, A.Z. (2023). Revisiting the “forever chemicals”, PFOA and PFOS exposure in drinking water. Clean Water 6, 57.
- WHO (2004). Public health response to biological and chemical weapons: WHO guidance. <http://www.who.int/csr/delibepidemics/biochemguide/en/> (geciteerd in Janssen (2017))
- Wickersham, L.C., et al. (2023). Characterization of PFAS air emissions from thermal application of fluoropolymer dispersions on fabrics. J. Air Waste Manag. Assoc. 73, 533-552
- Wintersen, A., et al. (2019). Risicogrenzen voor het toepassen van PFAS-houdende grond en bagger voor akkerbouw en veeteelt. RIVM Briefrapport 2019-0068, Bilthoven.
- Wintersen, A., Spijker J., van Breemen, P., van Wijnen, H. (2020). Achtergrondwaarden perfluoralkylstoffen (PFAS) in de Nederlandse landbodem. RIVM 2020-0100, Bilthoven.
- Wintersen, A., Otte, P. (2021a). Achtergrondwaarden en risicogrenzen ten behoeve van onderbouwing Maximale Waarden PFAS voor toepassen van grond en baggerspecie. Memo RIVM, Bilthoven
- Wintersen, A., Otte, P. (2021b) Risicogrenzen ten behoeve van de vaststelling van Interventiewaarden voor PFOS, PFOA en GenX. Memo juli 2021, RIVM, Bilthoven.
- Xu, B., et al. (2022). Effects of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFAS) on soil structure and function. Dataset. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.19772860.v1>.
- Xu, Y., et al. (2020). Serum half-lives for short- and long-chain perfluoroalkyl acids after ceasing exposure from drinking water contaminated by firefighting foam. Environ. Health Perspect. 128, 077004.
- Zahm, S., et al. (2023). Carcinogenicity of perfluorooctanoic acid and perfluorooctanesulfonic acid. The Lancet, online 30 November.

- Zeilmaker, M.J., Janssen, P., Versteegh, A., van Pul, A., de Vries, W., Bokkers, B., Wuijts, S., Oomen, A., Herremans, J. (2016). Risicoschatting emissie PFOA voor omwonenden: Locatie: DuPont/Chemours, Dordrecht, Nederland. RIVM. Bilthoven, 2016-0049.
- Zhang, W., et al. (2012). Sex differences in transcriptional expression of fabps in zebrafish liver after chronic perfluorononanoic acid exposure. Environ. Sci. Technol., 46, 5175-5182.
- Zembla (2023) <https://www.bnnvara.nl/zembla/artikelen/duPont-wist-30-jaar-geleden-al-van-ernstige-pfas-vervuiling>.

Bijlage bij "RIVM feitencheck Productie 15"