



Risicoschatting van PFAS in recreatieplas Merwelanden in Dordrecht

1 Inleiding

Op 14 juli jl. heeft de provincie Zuid-Holland een negatief zwemadvies afgegeven voor recreatieplas Merwelanden in Dordrecht. Aanleiding daartoe vormde een adviesrapport van het RIVM van diezelfde datum (Bokkers & Pronk, 2023). Hierin is op een kwalitatieve manier onderzocht of er veilig gezwommen kan worden op 13 zwem- en recreatielocaties in de omgeving van de Chemours/Dupont fabriek in Dordrecht waar PFAS¹ in het water zijn aangetroffen. Voor 12 van de 13 beoordeelde locaties was dat het geval. Voor recreatieplas Merwelanden kon echter, zonder nadere risicoanalyse, geen uitspraak gedaan worden of eventueel gezondheidsnadelige effecten te verwachten zijn door het zwemmen in deze plas. De provincie Zuid-Holland en het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat hebben het RIVM nu gevraagd om deze risicoanalyse uit te voeren.

2 Gekozen aanpak

Voor het beoordelen van de risico's na PFAS blootstelling door zwemmen zijn geen normen of risicogrenzen beschikbaar, maar het RIVM heeft wel eerder over dit onderwerp geadviseerd. Zo is in 2021 een risicoschatting gedaan voor PFAS blootstelling als gevolg van zwemmen in recreatieplas Berkendonk in de gemeente Helmond (Geraets, 2021). In de risicoschatting is de blootstelling aan PFAS bij zwemmen berekend en vergeleken met een gezondheidkundige grenswaarde. Daarbij is gebruik gemaakt van de gezondheidkundige grenswaarde voor PFAS zoals afgeleid door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA) en van een door het RIVM ontwikkelde methode om PFAS gecombineerd te beoordelen. Die aanpak wordt ook toegepast voor de huidige risicoschatting voor recreatieplas Merwelanden. Voor deze risicoschatting worden de PFAS meetgegevens voor recreatieplas Merwelanden gebruikt zoals aangeleverd door waterschap Hollandse Delta en zoals recent geanalyseerd door het RIVM in het adviesrapport van 14 juli (Bokkers & Pronk, 2023). Tevens zijn voor de blootstellingsberekening dezelfde zwemscenario's gebruikt als voor recreatieplas Berkendonk.

3 Beschikbare informatie

3.1 Gezondheidkundige grenswaarde voor PFAS

In 2020 heeft EFSA voor de som van vier PFAS, namelijk PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS (EFSA-4)² een Tolereerbare Wekelijks Inname (TWI) afgeleid van 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week, overeenkomend met een Tolereerbare Dagelijkse Inname (TDI) van 0,63 ng/kg lichaamsgewicht per dag (EFSA, 2020). De EFSA-TWI is gebaseerd op immuneeffecten als het kritische effect. PFAS hebben daarnaast, bij hogere doseringen, ook andere effecten tot

RIVM

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

Auteur:

Centrum:

VSP

Contact:

Kenmerk:

KU-2023-0013

Datum:

11 augustus 2023

¹ Per- en polyfluoralkylstoffen

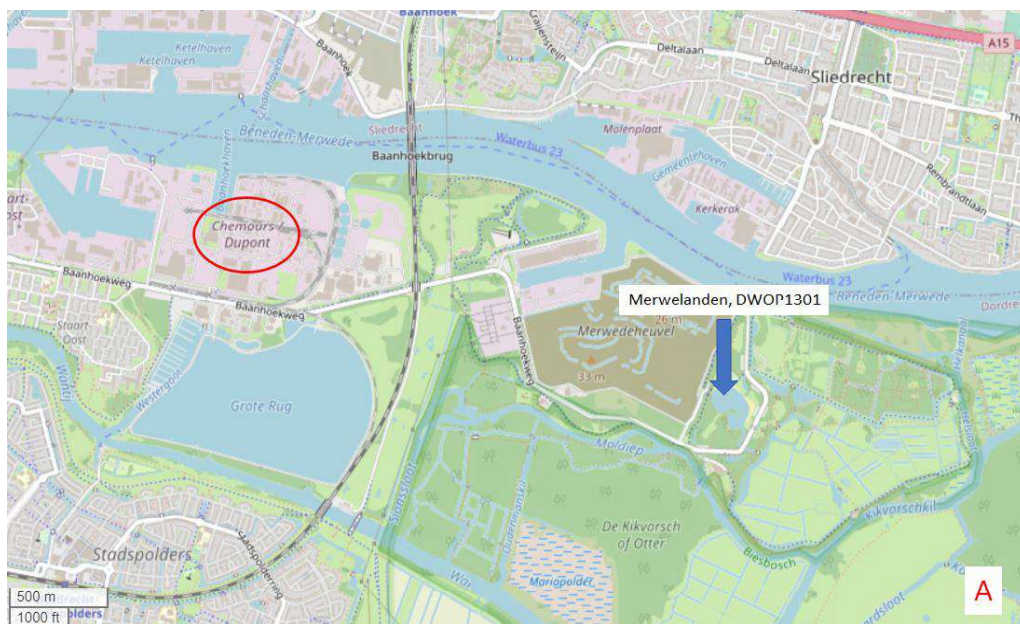
² PFOS = perfluorooctaansulfonzuur, PFOA = perfluorooctaanzuur, PFNA = perfluoronaan zuur, PFHxS = perfluorhexaansulfonzuur

gevolg zoals bijvoorbeeld verhoging van serum cholesterol, verhoging van serum alanine aminotransferase (ALT) gehaltes en verlaging van geboortegewicht. Volgens EFSA (2020) is de TWI ook beschermend voor deze effecten.

Het RIVM heeft een methode ontwikkeld om de EFSA-TWI te vertalen naar andere PFAS dan alleen de vier die EFSA beschouwt (RIVM, 2021). De aanpak maakt gebruik van kennis over de relatieve toxiciteit van verschillende PFAS ten opzichte van PFOA. Dit levert zogenoemde 'Relative Potency Factors' (RPF's; relatieve potentie factoren) op, waarmee de concentratie van een PFAS in een monster kan worden omgerekend in equivalente hoeveelheden PFOA (PEQ; PFOA-equivalenten). Bijlage 1 geeft meer uitleg over de RPF-methode. De som van de PFOA-equivalenten (som PEQ) kan worden vergeleken met een norm of gezondheidskundige grenswaarde, eveneens uitgedrukt op basis van PFOA. Als gezondheidskundige grenswaarde voor de som PEQ wordt de EFSA-TDI gebruikt. RIVM heeft gekozen voor PFOA als index stof (met RPF van 1), aangezien de auteurs van de onderliggende studie (Abraham et al., 2020) waarop de EFSA-norm is gebaseerd, concluderen dat er op individuele basis een associatie is van immuneeffecten met PFOA, maar niet/minder met de andere drie PFAS.

3.2 PFAS-concentratie in zwemwater van recreatieplas Merwelanden

Zoals al aangegeven in sectie 2, heeft het waterschap Hollandse Delta PFAS meetgegevens aangeleverd voor recreatieplas Merwelanden. Deze meetgegevens hebben betrekking op acht monsternamemomenten bij meetpunt DWOP1301Z (zie Figuur 1) in de periode juni t/m december 2021.



Figuur 1 Ligging van recreatieplas Merwelanden en meetpunt DWOP1301 ten opzichte van Chemours.

In het RIVM adviesrapport van 14 juli 2023 zijn per monster de gemeten concentraties van de individuele PFAS omgerekend naar PFOA-equivalenten (PEQ) door deze te vermenigvuldigen met de bijbehorende RPF's. Vervolgens is voor elk monster de som PEQ berekend, alsook de verdeling van de som PEQ op basis van de acht monsters (Bokkers & Pronk, 2023). De berekeningen zijn gedaan volgens de door het RIVM ontwikkelde methode om PFAS gecombineerd te beoordelen (RIVM, 2021). Zie Bijlage 1

voor meer uitleg hierover. Daarin staat ook aangegeven hoe is omgegaan met monsters waarin PFAS niet kwantitatief aantoonbaar was. Bijlage 2 geeft een overzicht van de geanalyseerde PFAS in de monsters van recreatieplas Merwelanden en de bij de berekeningen toegepaste RPF's. De resultaten van de berekeningen zijn overgenomen uit het RIVM adviesrapport van 14 juli 2023 en staan weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Samenvatting van de PFAS-metingen in recreatieplas Merwelanden: som van de geanalyseerde PFAS waarvoor RPF beschikbaar is. PFAS-somconcentraties zijn uitgedrukt als ng PFOA-equivalenten/L (ng PEQ/L). Bij de berekening is voor de niet-aantoonbare PFAS respectievelijk 0 ng/L ('lower bound' scenario) of de aantoonbaarheidsgrens ('upper bound' scenario) als concentratie genomen (zie Bijlage 1).

A: Individuele monsters

	PFAS-somconcentratie (ng PEQ/L)	
	'lower bound'	'upper bound'
Jun 2021	398	406
Jul 2021	80	94
Jul 2021	60	69
Aug 2021	40	53
Sep 2021	42	55
Okt 2021	22	35
Nov 2021	52	65
Dec 2021	232	240

B: Verdeling op basis van acht monsters

	PFAS-somconcentratie (ng PEQ/L)	
	'lower bound'	'upper bound'
minimum	22	35
gemiddelde	116	127
P50	56	67
P90	282	290
P95	340	348
P99	386	395
maximum	398	406

Er zijn geen grote verschillen te zien tussen het 'lower bound' en 'upper bound' scenario voor recreatieplas Merwedelanden. Wel is de variatie in som PEQ groot over de acht monsters voor deze locatie. Er zijn twee monsters (juni 2021 en december 2021) met een heel hoge som PEQ concentratie die de verdeling beïnvloeden. De hoge som PEQ concentratie in deze twee monsters wordt voor zo'n 90% veroorzaakt door PFOA.

4 Blootstelling aan PFAS via zwemwater

4.1 Methodiek blootstellingsberekening

In lijn met de risicoschatting zoals gedaan voor PFAS blootstelling als gevolg van zwemmen in recreatieplas Berkendonk in Helmond (Geraets, 2021), wordt voor de blootstellingsberekening uitgegaan van de volgende formule en input parameters (Tabel 2):

$$\text{Blootstelling [ng/kg lg/d]} = \frac{\text{concentratie [ng/L]} \times \text{ingeslikt water [L/d]} \times \text{zwemfrequentie [-]}}{\text{lichaamsgewicht [kg]} \times 365}$$

Tabel 2 Karakteristieken voor zwemmers, gebruikt voor de huidige risicoschatting.

	Lichaamsgewicht (kg) ^a	Duur per zwemdag (min) ^b	Ingeslikt water per zwemdag (L) ^b	Zwemfrequentie (keer per jaar)	
				Extreem worst case	Realistisch worst case ^b
Kind	15,7 ^c	270	0,170	365	25
Volwassene - man	77,2	200	0,140	365	25
Volwassene - vrouw	64,1	220	0,086	365	23

^a gebaseerd op te Biesebeek et al. (2014)

^b gebaseerd op Schets et al. (2011)

^c kind, 3-6 jaar

Aangenomen is dat bij zwemmen de orale route (inslikken) het meest bepalend is voor het risico en dat inademen en huidopname daar nauwelijks aan bijdragen. Uit eerder onderzoek met PFOA en GenX³ is namelijk gebleken dat de dermale en inhalatie route niet of nauwelijks bijdroegen aan de totale blootstelling als gevolg van zwemmen in zwemwater waarin deze PFAS aanwezig waren (RIVM, 2018a+b).

De karakteristieken zoals genoemd in Tabel 2 zijn gebaseerd op onderzoek van Schets et al. (2011) onder Nederlandse zwemmers. De bevindingen daaruit voor wat betreft zwemfrequentie, tijdsduur van zwemmen en de hoeveelheid water die wordt ingeslikt tijdens het zwemmen, staan vermeld in Tabel 3. In navolging van de risicoschatting voor recreatieplas Berkendonk wordt de bovengrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval voor tijdsduur en voor ingeslikt volume uit Tabel 3 gebruikt als 'realistisch worst case' voor de huidige risicoschatting. Opgemerkt wordt dat in de formule alleen het volume ingeslikt water zit en niet ook de tijdsduur per zwemdag, omdat deze onderling gekoppeld zijn.

Voor de zwemfrequentie wordt, in navolging van de risicoschatting voor recreatieplas Berkendonk, in eerste instantie uitgegaan van dagelijks zwemmen (dus frequentie 365× per jaar). Dit kan gezien worden als 'extreem worst case' en is, zeker voor kinderen, niet reëel. Daarom zal ook gerekend worden met de bovengrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval van 23-25× per jaar uit Schets et al. (2011), als 'realistisch worst case'.

Tabel 3 Zwemfrequentie, zwemtijd en ingeslikt volume water voor open zoetwater volgens Schets et al. (2011). Het betreft de gemiddelden met tussen haakjes het 95% betrouwbaarheidsinterval.

Parameter	Man (>15 jaar)	Vrouw (>15 jaar)	Kind (<15 jaar)
Frequentie (jaar)	7 (0-25)	7 (0-23)	8 (0-25)
Tijdsduur (min)	54 (7-200)	54 (6-220)	79 (12-270)
Volume ingeslikt (mL)	27 (0,016-140)	18 (0,022-86)	37 (0,14-170)

Uitgaande van de invoerparameters in Tabel 2 en de gemeten concentraties PFAS in water (uitgedrukt als PFOA-equivalenten, PEQ; zie sectie 3.2) kan met de formule de orale blootstelling aan PFAS berekend worden als gevolg van zwemmen in recreatieplas Merwelanden. Dit is de op jaarbasis gemiddelde dagelijkse blootstelling. Omdat het bij dagelijks zwemmen (extreem worst case) niet realistisch is dat iemand daarbij elke dag aan een hoog percentiel of zelfs de maximum gevonden concentratie wordt blootgesteld, is voor de extreem worst case situatie de gemiddelde PFAS-concentratie uit Tabel 1B genomen, dat wil zeggen 116 en 127 PEQ/L, voor respectievelijk het 'lower bound' en het 'upper bound' scenario.

³ 2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluorpropoxy)propionzuur

4.2 Berekende PFAS blootstelling

In Tabel 4 hieronder wordt de blootstelling aan PFAS via zwemmen in recreatieplas Merwelanden gepresenteerd, voor zowel de 'extreem worst case' situatie (dagelijks zwemmen, 365× per jaar) als de 'realistisch worst case' situatie (23-25 keer per jaar zwemmen).

Tabel 4 Berekende PFAS blootstelling als gevolg van zwemmen in recreatieplas Merwelanden, uitgedrukt als PFOA-equivalenten/kg lg per dag (ng PEQ/kg lg per dag).

A: 'Extreem worst case' situatie, uitgaande van 365 dagen per jaar zwemmen. Berekeningen zijn uitgevoerd voor de gemiddelde PFAS-concentraties zoals in Tabel 1B gepresenteerd.

	PFAS blootstelling (ng PEQ/kg lg per dag)	
	'lower bound'	'upper bound'
Kind	1,25	1,38
Volwassene - man	0,21	0,23
Volwassene - vrouw	0,16	0,17

B: 'Realistisch worst case' situatie, uitgaande van 23 (vrouw) of 25 (kind, man) dagen per jaar zwemmen. Berekeningen zijn uitgevoerd voor de gemiddelde, P95 en maximum PFAS-concentraties zoals in Tabel 1B gepresenteerd.

	PFAS blootstelling (ng PEQ/kg lg per dag)					
	'lower bound'			'upper bound'		
	gemiddelde	P95	maximum	gemiddelde	P95	maximum
Kind	0,086	0,252	0,295	0,094	0,258	0,301
Volwassene - man	0,014	0,042	0,049	0,016	0,043	0,051
Volwassene - vrouw	0,010	0,029	0,034	0,011	0,029	0,034

5 Risicoschatting voor zwemmen in recreatieplas Merwelanden

Voor een inschatting van de mogelijke risico's voor zwemmers als gevolg van blootstelling aan PFAS aanwezig in recreatieplas Merwelanden, wordt de berekende blootstelling vergeleken met de gezondheidkundige grenswaarde die we voor de som PEQ hanteren, i.e. de EFSA-TDI van 0,63 ng/kg lichaamsgewicht per dag (zie sectie 3.1).

Tabel 5 presenteert de berekende blootstelling aan PFAS via zwemmen in recreatieplas Merwelanden als percentage van de TDI, voor zowel de 'extreem worst case' situatie (dagelijks zwemmen, 365× per jaar) als de 'realistisch worst case' situatie (23-25 keer per jaar zwemmen).

De risicoschatting laat, in lijn met de berekende PFAS-concentraties, geen grote verschillen zien tussen het 'lower bound' en 'upper bound' scenario voor recreatieplas Merwelanden.

Tabel 5 Berekende PFAS blootstelling als gevolg van zwemmen in recreatieplas Merwelanden, uitgedrukt als percentage van de TDI.

A: 'Extreem worst case' situatie, uitgaande van 365 dagen per jaar zwemmen en gemiddelde PFAS-concentraties.

	PFAS blootstelling (% van de TDI)	
	'lower bound'	'upper bound'
Kind	199	219
Volwassene - man	33	37
Volwassene - vrouw	25	27

B: 'Realistisch worst case' situatie, uitgaande van 23 (vrouw) of 25 (kind, man) dagen per jaar zwemmen en gemiddelde, P95 en maximum PFAS-concentraties.

	PFAS blootstelling (% van de TDI)					
	'lower bound'			'upper bound'		
	gemiddelde	P95	maximum	gemiddelde	P95	maximum
Kind	14	40	47	15	41	48
Volwassene - man	2,3	6,7	7,8	2,5	6,9	8,0
Volwassene - vrouw	1,6	4,6	5,3	1,7	4,7	5,5

Voor kinderen is er, voor de 'extreem worst case' situatie, een overschrijding van de gezondheidkundige grenswaarde te zien. De blootstelling komt namelijk overeen met 199-219% van de TDI (Tabel 5A). De aanname bij de gedane blootstellingsberekening voor de 'extreem worst case' situatie is echter dat een kind 365 dagen per jaar in een recreatieplas zwemt, waarbij op iedere dag 170 mL zwemwater ingeslikt wordt. Zoals opgemerkt in sectie 4.1 is de aanname voor de zwemfrequentie van 365 dagen per jaar extreem worst case en, zeker voor kinderen, niet reëel. Uitgaande van de 'realistisch worst case' situatie (zwemfrequentie van 25 keer per jaar, 170 mL zwemwater inslikken per zwemdag) bedraagt de blootstelling voor het kind 14-15% van de TDI bij de gemiddelde PFAS-concentratie. Dit loopt echter op naar 40-41 en 47-48% van de TDI, als een kind al deze dagen aan de P95 of maximum PFAS-concentratie zou worden blootgesteld (Tabel 5B).

Voor volwassenen is de blootstelling voor zowel de 'extreem worst case' als de 'realistisch worst case' situatie beneden de gezondheidkundige grenswaarde, al vormt de extreem worst case blootstelling uitgaande van dagelijks zwemmen een relatief hoog percentage van de TDI (25-27% en 33-37%, voor respectievelijk vrouwen en mannen; Tabel 5A). De 'realistisch worst case' blootstellingen op basis van een zwemfrequentie van 23 tot 25 keer per jaar bedragen 1,6-2,5% van de TDI bij de gemiddelde PFAS-concentratie, oplopend tot 4,6-6,9% van de TDI bij de P95 PFAS-concentratie en 5,3-8,0% van de TDI bij de maximum PFAS-concentratie (Tabel 5B).

6 Discussie en onzekerheden

Dit advies betreft een risicoschatting van blootstelling aan PFAS als gevolg van zwemmen in recreatieplas Merwelanden in Dordrecht. De daarbij gevolgde aanpak is in lijn met een eerdere door RIVM uitgevoerde risicoschatting voor een soortgelijke casus, recreatieplas Berkendonk in Helmond (Geraets, 2021). De blootstelling aan PFAS als gevolg van zwemmen in recreatieplas Merwelanden is berekend voor kinderen en volwassen mannen en vrouwen. Hierbij is gebruik gemaakt van beschikbare meetgegevens van waterschap Hollandse Delta en een door het RIVM ontwikkelde methode om PFAS gecombineerd te beoordelen. De berekende blootstelling is afgezet tegen de gezondheidkundige

grenswaarde zoals die voor de som van PFAS gehanteerd kan worden, i.e. de EFSA-TDI van 0,63 ng/kg lichaamsgewicht per dag.

Opgemerkt wordt dat blootstelling aan PFAS via het inslikken van zwemwater niet de totale TDI mag opvullen, omdat er rekening moet worden gehouden met het feit dat mensen PFAS ook via andere bronnen kunnen binnenkrijgen. Daarom wordt bij normstelling voor een bepaalde bron van blootstelling in principe slechts een deel van de TDI toegekend aan die bron. Voor drinkwater en visconsumptie door de mens is dat deel van de TDI bijvoorbeeld standaard op 20% gezet, de zogenoemde allocatiefactor (WHO, 2017; EC, 2018). Het bepalen van de hoogte van een allocatiefactor is een beleidskeuze. Voor zwemwater is er op dit moment geen allocatiefactor, al wordt er soms wel gebruikgemaakt van een allocatiefactor van 20%.

Voor de blootstellingsberekening is, in navolging van de eerdere risicoschatting voor recreatieplas Berkendonk (Geraets, 2021), in eerste instantie uitgegaan van een 'extreem worst case' situatie waarbij mensen elke dag zwemmen in recreatieplas Merwelanden. Voor de volwassen man en volwassen vrouw ligt de berekende blootstelling voor deze 'extreem worst case' situatie beneden de gezondheidskundige grenswaarde, maar draagt daar wel relatief veel aan bij met respectievelijk 33-37% en 25-27% van de TDI. Indien een kind 365 dagen per jaar in deze recreatieplas zwemt ('extreem worst case' situatie) wordt de TDI met een factor twee overschreden. De aanname voor de zwemfrequentie van 365x per jaar in een buitenplas is extreem worst case en, zeker voor kinderen, niet reëel. Daarom is, als verfijning van de blootstellingsschatting, tevens een 'realistisch worst case' situatie doorgerekend op basis van de door Schets et al. (2011) gepresenteerde 95% bovengrens voor de zwemfrequentie van 23 (volwassen vrouw) en 25 (kind, volwassen man) keer per jaar. De aldus berekende blootstellingen laten voor kinderen nu ook geen overschrijding van de TDI meer zien. In het 'realistisch worst case' scenario is, uitgaande van de gemiddeld gevonden PFAS-concentratie in de recreatieplas, de bijdrage van zwemmen aan de TDI 14-15% voor kinderen, 2,3-2,5% voor volwassen mannen en 1,6-1,7% voor volwassen vrouwen. Uitgaande van de P95 of maximum PFAS-concentratie lopen deze bijdragen voor kinderen op tot 40-48% van de TDI, maar blijven voor volwassenen onder 10% van de TDI.

In Tabel 6 en de toelichting daaronder is een analyse uitgevoerd van de belangrijkste factoren en onzekerheden in de huidige risicoschatting en hun invloed op de geschatte risico's.

Tabel 6 Overzicht van de invloed van bepaalde factoren en onzekerheden op de geschatte risico's.

(↑): het risico kan hoger en dus onderschat zijn.

(↓): het risico kan lager en dus overschat zijn.

(-): impact op het risico is minimaal.

Bron	Beschrijving	Effect op risico
<i>Monsters</i>		
	De meetgegevens van waterschap Hollandse Delta voor recreatieplas Merwelanden betreffen alleen de tweede helft van 2021, niet recenter of over een langere tijdsperiode. Bovendien vertonen de meetgegevens een grote variatie in PFAS-concentratie over de acht monstertijdstippen.	↑
Bron Beschrijving Effect op risico		
<i>Analyse PFAS</i>		
	Niet alle geanalyseerde PFAS waren kwantitatief aantoonbaar in de beschikbare monsters. Berekeningen zijn uitgevoerd op basis van het 'lower bound' en 'upper bound' scenario.	-
	De huidige risicoschatting richt zich op 14 van de 15 geanalyseerde PFAS en neemt eventuele andere aanwezige PFAS niet mee.	↑
Bron Beschrijving Effect op risico		
<i>RPF</i>		
	Gebruik van bovengrens RPF-interval voor die PFAS waarvoor door Bil et al. (2021) op basis van read-across alleen een RPF-interval is afgeleid.	↓
	Buiten beschouwing laten van 2-(perfluorhexyl)ethaan-1-sulfonzuur vanwege ontbreken van RPF voor deze PFAS, die in geen enkel beschikbaar monster aantoonbaar was.	-
Bron Beschrijving Effect op risico		
<i>Blootstellingsberekening</i>		
	Buiten beschouwing laten van de dermale en inhalatoire blootstelling bij het zwemmen op basis van eerdere bevindingen voor PFOA en GenX.	-
	De zwemfrequentie van 365 dagen per jaar is extreem worst case.	↓
	De waarden voor de blootstellingsparameters zwemduur en ingeslikt volume zwemwater zijn (zeer) conservatief.	↓
	Buiten beschouwing laten van andere recreatie-activiteiten dan zwemmen in en bij recreatieplas Merwelanden.	-

Toelichting bij tabel 6

- De huidige risicoschatting is gebaseerd op slechts een klein aantal meetmonsters (acht), genomen over een vrij korte, niet heel recente tijdsperiode (juni-december 2021), en met voor juni en december aanzienlijk hogere waarden dan voor de tussenliggende maanden. Dit zorgt voor een (onbekende) onzekerheid in de risicoschatting. Of hier wellicht sprake is van incidentele uitschieters of een (tijdsafhankelijk) patroon valt met de beschikbare gegevens voor recreatieplas Merwelanden niet te zeggen. Opmerkelijk is echter dat een langere meetreeks van een nabijgelegen meetpunt (DWOP1019) van waterschap Hollandse Delta een

patroon van lagere waarden in zomer en herfst en hogere waarden in winter en voorjaar laat zien over de periode 2018-2023 (zie Figuur 3-1 in Bijlage 3). Dit patroon komt in de tijd exact overeen met de fluctuatie die gezien wordt voor recreatieplas Merwelanden. Meetpunt DWOP1019 ligt westelijk van Chemours, op een afstand die vergelijkbaar is met de afstand tussen Chemours en de oostelijk daarvan gelegen recreatieplas Merwelanden. Ook meetgegevens van andere meetpunten in de omgeving van recreatieplas Merwelanden laten dit beeld zien. Op basis hiervan is het niet ondenkbaar dat voor recreatieplas Merwelanden de concentratie in de eerste helft van 2021 (waarin dus geen monsternamen heeft plaatsgevonden) hoger heeft gelegen dan wat nu is gevonden voor de tweede helft van dat jaar. In dat geval vormt de gevonden PFAS-concentratie verdeling voor recreatieplas Merwelanden zoals gepresenteerd in Tabel 1B een onderschatting, aangezien daarin niet de maanden januari-mei zijn meegenomen met mogelijk hoge(re) PFAS-concentraties.

- Niet alle geanalyseerde PFAS konden in de beschikbare monsters kwantitatief aangetoond worden. Hierdoor is bij het berekenen van de som van PFOA-equivalenten voor die PFAS die niet kwantitatief aantoonbaar waren zowel het zogenaamde 'lower bound' als 'upper bound' scenario doorgerekend. De resultaten laten zien dat de keuze voor een van deze scenario's niet van invloed is op de conclusie van de huidige risicoschatting.
- De huidige risicoschatting is gebaseerd op de aanwezigheid van 15 geanalyseerde PFAS (waarvan 14 met RPF beschikbaar) in het zwemwater van recreatieplas Merwelanden. Uit het RIVM adviesrapport van 14 juli 2023 (Bokkers & Pronk, 2023) blijkt dat op andere meetpunten in de omgeving van deze recreatieplas meer PFAS geanalyseerd zijn, met een maximum van 31 PFAS (en met RPF's beschikbaar voor maximaal 21 daarvan). Of er in het zwemwater van recreatieplas Merwelanden ook andere PFAS aanwezig zijn, is niet met zekerheid te zeggen. Maar aangezien het niet ondenkbaar is, leidt deze onzekerheid tot een onderschatting van het risico. Ingeschat wordt dat deze mogelijk beperkt is, aangezien de meeste van de extra geanalyseerde PFAS op de andere meetpunten óf niet kwantitatief aantoonbaar waren in de monsters óf daar slechts in heel kleine hoeveelheden in voorkwamen.
- Voor een aantal PFAS, zoals bijvoorbeeld PFHpA, is door Bil et al. (2021) op basis van read-across een RPF-interval afgeleid. In lijn met RIVM (2021) is in de huidige risicoschatting met de bovengrens van dit interval gerekend. Deze maximale waarde is vanuit voorzorg gekozen, en dekt de onzekerheid in de RPF's voor de betreffende PFAS waarschijnlijk volledig af. Ingeschat wordt dat dit tot een mogelijke beperkte overschatting van het risico kan leiden.
- Voor de PFAS 2-(perfluorhexyl)ethaan-1-sulfonzuur is geen RPF beschikbaar op basis van Bil et al. (2021). RIVM (2021) stelt dat PFAS waarvoor geen RPF beschikbaar is, voorlopig niet kunnen worden beoordeeld met de RPF-methode. Deze PFAS kon dus in de berekening van de som PEQ niet meegenomen worden, en dat introduceert een onzekerheid in de huidige risicoschatting. Het betreft echter slechts één van de 15 geanalyseerde PFAS. Bovendien was de gemeten concentratie van deze PFAS in alle beschikbare monsters beneden de kwantificatielimit. Hierdoor is het niet meenemen van deze specifieke PFAS niet van invloed op de conclusie van de huidige risicoschatting.
- Voor de huidige risicoschatting zijn blootstelling via de huid en door inademen van dampen boven het water buiten beschouwing gelaten. Voor PFOA en GenX is namelijk gebleken dat de dermale en inhalatie route niet of nauwelijks bijdroegen aan de totale blootstelling als gevolg van zwemmen in zwemwater waarin deze PFAS aanwezig waren (RIVM, 2018ab). De onzekerheid als gevolg van het niet

meenemen van deze routes wordt klein geacht, omdat inademen en huidopname naar verwachting nauwelijks zullen bijdragen aan het risico.

- Bij de blootstellingsberekening is in eerste instantie uitgegaan van de aanname dat een kind, volwassen man of volwassen vrouw elke dag zwemt. Voor zwemmen in een buitenplas kan een zwemfrequentie van 365 dagen per jaar als extreem worst case beschouwd worden, zeker voor kinderen. Uit het onderzoek van Schets et al. (2011) blijkt namelijk dat 95% van de kinderen, volwassen mannen of volwassen vrouwen respectievelijk 25, 25 of 23 keer per jaar of minder zwemt (de 'realistisch worst case'). Aan de andere kant zijn er signalen dat onder volwassenen de populariteit van zwemmen in open water toeneemt (<https://www.rtlnieuws.nl/editie/nl/artikel/5201263/buitenzwemmen-populairder-sinds-corona-euforisch-gevoel>).
- Bij de blootstellingsberekening is voor de 'realistisch worst case' situatie uitgegaan van de aanname dat een kind, volwassen man of volwassen vrouw elke zwemdag gedurende respectievelijk 270, 200 of 220 minuten in een buitenplas zwemt en daarbij respectievelijk 170 mL, 140 mL of 86 mL zwemwater binnenkrijgt. Om een zo groot mogelijke groep te beschermen zijn als invoerwaarden de bovengrenzen genomen van de 95% betrouwbaarheidsintervallen voor zwemduur en ingeslikt volume zwemwater. Dit is conservatief tot zeer conservatief, aangezien de gemiddelden die voor deze parameters gerapporteerd worden in Schets et al. (2011) veel lager liggen. Dit biedt een extra marge, omdat het gemiddelde ingeslikt volume (37 mL, 27 mL en 18 mL voor respectievelijk kind, volwassen man en volwassen vrouw) wellicht een meer 'realistisch case' situatie voorstelt. Daarmee zou de blootstelling, en dus ook de risicoschatting, een factor 4,6 tot 5,2 lager uit komen. Zo zou voor kinderen deze 'realistisch case' blootstelling 3, 9 of 10% van de TDI bedragen, afhankelijk van of ze op de zwemdagen aan de gemiddelde, P95 of maximum PFAS-concentratie zouden worden blootgesteld.
- Deze beoordeling kijkt naar de risico's van blootstelling aan PFAS bij het zwemmen in recreatieplas Merwelanden. Qua recreatie-activiteiten in en bij deze plas wordt voor zwemmen de hoogste blootstelling verwacht; hiermee worden ook andere recreatie-activiteiten, zoals bijvoorbeeld surfen of suppen, in en bij recreatieplas Merwelanden impliciet afgedekt.

Van de meeste van bovengenoemde factoren en onzekerheden wordt verwacht dat ze óf een minimale impact hebben op de geschatte risico's, óf dat ze deze overschatten. Voor de factor 'meetgegevens' (eerstgenoemde punt in Tabel 6 en toelichting daaronder) zijn er echter aanwijzingen dat deze de geschatte risico's onderschatten, vanwege een mogelijk tijdsafhankelijk patroon. De mate van onderschatting is niet bekend. Om hier meer inzicht in te krijgen is het van belang dat er over langere tijd maandelijks wordt gemeten in recreatieplas Merwelanden.

Gezien het feit dat er tegenover deze onderschatting diverse andere, overschattende factoren staan, is het over het geheel genomen niet de verwachting dat de huidige geschatte risico's een onderschatting betreffen.

7 Conclusies en aanbevelingen

PFAS behoren tot een groep van chemische stoffen die door mensen gemaakt is en van nature niet voorkomt in het milieu. Eénmaal in het milieu, blijven ze daar vanwege hun eigenschappen in aanwezig ('forever chemicals'), en is blootstelling aan PFAS mogelijk via diverse bronnen. Het huidige advies betreft uitsluitend de mogelijke risico's van PFAS blootstelling als gevolg van zwemmen in recreatieplas Merwelanden. Bepaling van de risico's als gevolg van de totale blootstelling aan PFAS, dus inclusief andere bronnen van PFAS zoals bijvoorbeeld voedsel, drinkwater en lucht, valt buiten de reikwijdte van deze

beoordeling. Van voedsel en drinkwater is bekend dat ze relatief veel bijdragen: EFSA (2020) stelt namelijk dat de inname van de EFSA-4 via voedsel en drinkwater voor bepaalde subpopulaties in Europa al resulteert in een overschrijding van de TWI (Tolereerbare Wekelijkse Inname). Uit recent RIVM onderzoek blijkt dat dit voor een groot deel van de Nederlandse bevolking ook het geval is (Schepens et al., 2023). Dit maakt dat in principe elke extra blootstelling onwenselijk is.

Zwemmen in oppervlaktewater dat PFAS bevat in concentraties zoals aanwezig op recreatieplas Merwelanden leidt tot extra blootstelling aan PFAS. Op basis van de aangeleverde informatie is die extra blootstelling gemiddeld over het jaar niet hoger dan de TDI (Tolereerbare Dagelijkse Inname). Voor kinderen die regelmatig zwemmen (25 dagen per jaar) kan de blootstelling echter wel oplopen tot 40-48% van de TDI, en voor volwassenen die dagelijks (jaarrond) zwemmen vormt de blootstelling 25-37% van de TDI. Al bestaat er voor zwemwater geen allocatiefactor zoals voor drinkwater en visconsumptie (20% van de TDI), duidelijk is dat zwemmen in recreatieplas Merwelanden substantieel bijdraagt aan de totale PFAS blootstelling voor kinderen die hier regelmatig zwemmen en volwassenen die hier dagelijks zwemmen. Zeker gezien de potentieel hoge blootstelling voor kinderen die regelmatig zwemmen is het onwenselijk dat PFAS in dergelijke concentraties voorkomt in zwemwater.

Vanwege beperkingen in de meetgegevens, die mogelijk van invloed zijn op de hoogte van de gevonden concentraties, wordt aanbevolen om over langere tijd maandelijks te meten in recreatieplas Merwelanden, om meer inzicht te krijgen in de PFAS-concentraties die hier voorkomen.

Referenties

- Abraham K., Mielke H., Fromme H., Volkel W., Menzel J., Peiser M., Zepp F., Willich S.N. and Weikert C. (2020). Internal exposure to perfluoroalkyl substances (PFASs) and biological marker in 101 healthy 1-year-old children: associations between levels of perfluorooctanoic acid (PFOA) and vaccine response. *Archives of Toxicology*, 94, 2131–2147.
- Bil, W., M. Zeilmaker, S. Fragki, J. Lijzen, E. Verbruggen and B. Bokkers (2021). Risk Assessment of Per- and Polyfluoroalkyl Substance Mixtures: A Relative Potency Factor Approach. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 40, 859-870. DOI: 10.1002/etc.4835.
- Bokkers B., Pronk, M. (2023). Duiding van PFAS in zwembad rondom Chemours, Dordrecht. 14 juli 2023. RIVM, Bilthoven, Nederland.
- EC (2018). Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No. 27. Technical Guidance For Deriving Environmental Quality Standards. Updated version 2018. Brussels, Belgium. European Commission.
- EFSA (2020). Opinion on the risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA Journal* 18 (9): 6223.
- Geraets L. (2021). Risicoschatting PFAS in recreatieplas Berkendonk in Helmond. RIVM-briefrapport 2021-0073. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, Nederland. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2021-0073.pdf>
- RIVM (2018a). Voorlopige risicoschatting GenX in oppervlaktewater rondom het bedrijf Custom Powders in Helmond. RIVM, januari 2018. [zoals geciteerd in Geraets, 2021 en aldaar weergegeven in Bijlage A]
- RIVM (2018b). Voorlopige risicoschatting PFOA in recreatieplas Berkendonk in Helmond. RIVM, mei 2018. [zoals geciteerd in Geraets, 2021 en aldaar weergegeven in Bijlage A]
- RIVM (2021). Notitie implementatie van de EFSA som-TWI PFAS, 7 april 2021. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, Nederland. <https://www.rivm.nl/documenten/notitie-implementatie-van-efsa-som-twi-pfas>
- RIVM (2023). <https://www.rivm.nl/documenten/bijlage-bij-rivm-brief-aan-ilt-indicatieve-drinkwaterrichtwaarde-trifluorazijnzuur-tfa>
- Schepens, M.A.A., te Biesebeek, J.D., Hartmann, J., van der Aa, N.G.F.M., Zijlstra, R., Boon, P.E. (2023). Risk assessment of exposure to PFAS through food and drinking water in the Netherlands. RIVM report 2023-0011. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2023-0011.pdf>
- Schets M.F., Schijven J.F., De Roda Husman A.M. (2011). Exposure assessment for swimmers in bathing waters and swimming pools. *Wat Res* 45, 2392-2400.
- Te Biesebeek J.D., Nijkamp M.M., Bokkers B.G.H., Wijnhoven S.W.P. (2014). General Fact Sheet. General default parameters for estimating consumer exposure - Updated version 2014. RIVM Report 090013003/2014. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/090013003.pdf>
- WHO (2017). Guidelines for drinking-water quality, 4th edition 2017. Geneva, Switzerland, World Health Organization.

Bijlage 1 Berekening PFOA-equivalenten

Per monster zijn de gemeten concentraties van de individuele PFAS omgerekend naar PFOA-equivalenten (PEQ) door deze te vermenigvuldigen met de bijbehorende zogenoemde 'Relatieve Potentie Factoren' (RPF's; zie korte toelichting hieronder). Vervolgens is voor elk monster de som PEQ berekend.

Relatieve Potentie Factoren

Het RIVM heeft RPF's afgeleid voor 24 PFAS (Bil et al., 2021; RIVM, 2023). Hierbij wordt gebruik gemaakt van kennis over de relatieve toxiciteit van verschillende PFAS ten opzichte van PFOA. Voor deze 24 PFAS kan de concentratie in een monster worden omgerekend in equivalente hoeveelheden PFOA (PFOA-equivalenten; PEQ). Een uitgebreide uitleg van de achtergrond en werkwijze van de RPF-methode is beschreven in RIVM (2021). Tabel 1-1 presenteert de beschikbare RPF's. Voor zes van de 24 PFAS was onvoldoende toxicologische informatie beschikbaar om een RPF af te leiden. Voor deze PFAS is door Bil et al. (2021) wel een RPF-interval afgeleid op basis van informatie van andere PFAS. In lijn met RIVM (2021) wordt als worst case met de bovengrens van het interval gerekend bij het berekenen van de som PEQ. Verder wordt aangenomen dat de RPF van een specifieke PFAS zowel toepasbaar is op de lineaire als de vertakte variant van die PFAS.

Geanalyseerde PFAS waarvoor geen RPF beschikbaar is kunnen niet in de berekening van de som PEQ worden meegenomen, hetgeen zorgt voor een onderschatting van de som PEQ. De mate van onderschatting is afhankelijk van hoeveel van de PFAS zonder RPF kwantitatief aantoonbaar zijn: hoe minder er kwantitatief aantoonbaar zijn, hoe kleiner de mate van onderschatting.

Werkwijze voor niet aangetoonde PFAS

Niet in alle monsters zijn alle geanalyseerde PFAS kwantitatief aantoonbaar. Bij het berekenen van de som PEQ zijn twee scenario's doorgerekend. In het zogenoemde 'lower bound' (LB) scenario is de concentratie van de niet-aantoonbare (kleiner dan de LOD) PFAS gelijkgesteld aan 0 ng/L. Dit is mogelijk een onderschatting, want een stof kan aanwezig zijn in lagere concentraties dan wat met de gebruikte analysemethode kwantitatief kon worden aangetoond. Als alternatief wordt vaak gerekend met de aantoonbaarheidsgrens (LOD) of rapportagegrens, het zogenoemde 'upper bound' (UB) scenario. Een 'medium bound' scenario o.b.v. de helft van de LOD is niet doorgerekend, omdat het LB en UB scenario de uiterste grenzen van de onzekerheid weergeven over de werkelijke concentratie in het geval die onder de LOD ligt. Een schatting over de werkelijke concentratie tussen nul en de LOD is niet mogelijk met enige zekerheid.

Tabel 1-1 Relatieve potentie factoren van 24 PFAS (Bil et al. 2021; RIVM, 2023).

PFAS	PFAS afkorting	CAS-nr van lineaire PFAS	RPF
Sulfonzuren			
Perfluorbutaansulfonzuur	PFBS	375-73-5	0,001
Perfluorpentaansulfonzuur	PFPeS	2706-91-4	$0,001 \leq \text{RPF} \leq 0,6$
Perfluorhexaansulfonzuur	PFHxS	355-46-4	0,6
Perfluorheptaansulfonzuur	PFHpS	375-92-8	$0,6 \leq \text{RPF} \leq 2$
perfluoroctaansulfonzuur	PFOS	1763-23-1	2
Perfluordecaansulfonzuur	PFDS	335-77-3	2
PFAS	PFAS afkorting	CAS-nr van lineaire PFAS	RPF
Carbonzuren			
Trifluoro-azijnzuur	TFA	76-05-1	0,002
perfluorbutaanzuur	PFBA	375-22-4	0,05
Perfluorpentaanzuur	PFPeA	2706-90-3	$0,01 \leq \text{RPF} \leq 0,05$
perfluorhexaanzuur	PFHxA	307-24-4	0,01
Perfluorheptaanzuur	PFHpA	375-85-9	$0,01 \leq \text{RPF} \leq 1$
perfluoroctaanzuur	PFOA	335-67-1	1
perfluornonaanzuur	PFNA	375-95-1	10
Perfluordecaanzuur	PFDA	335-76-2	$4 \leq \text{RPF} \leq 10$
perfluorundecaanzuur	PFUnDA	2058-94-8	4
perfluordodecaanzuur	PFDoDA	307-06-7	3
Perfluortridecaanzuur	PFTTrDA	72629-94-8	$0,3 \leq \text{RPF} \leq 3$
perfluortetradecaanzuur	PFTeDA	376-06-7	0,3
perfluorhexadecaanzuur	PFHxDA	67905-19-5	0,02
perfluoroctadecaanzuur	PFODA	16517-11-6	0,02
PFAS	PFAS afkorting	CAS-nr van lineaire PFAS	RPF
Ether carbonzuren			
2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluorpropoxy)propionzuur	HFPO-DA (~GenX)	13252-13-6	0,06
ammonium 4,8-dioxa-3H-perfluornonanoaat	ADONA	958445-44-8	0,03
PFAS	PFAS afkorting	CAS-nr van lineaire PFAS	RPF
Telomeer alcoholen			
1H,1H,2H,2H-perfluoroctanol	6:2 FTOH	647-42-7	0,02
1H,1H,2H,2H-perfluordecanol	8:2 FTOH	678-39-7	0,04

Bijlage 2 PFAS in water van recreatieplas Merwelanden

Tabel 2-1 Geanalyseerde PFAS en bij de berekening gehanteerde RPF's voor recreatieplas Merwelanden.

PFAS¹	Afkorting¹	RPF
2-(perfluorhexyl)ethaan-1-sulfonzuur	2PFC6yC2a1sf	–
2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluorpropoxy)propionzuur	FRD-903	0,06
perfluor-1-heptaansulfonzuur	L_PFHpS	2
perfluor-1-pentaansulfonzuur	PFC5asfzr	0,6
perfluorbutaansulfonzuur	L_PFBS	0,001
perfluorbutaanzuur	PFBA	0,05
perfluordecaanzuur	PFDA	10
perfluorheptaanzuur	PFHpA	1
perfluorhexaansulfonzuur	L_PFHxS	0,6
perfluorhexaanzuur	PFHxA	0,01
perfluornonaanzuur	PFNA	10
Perfluoroctaansulfonaat ²	PFOS	2
Perfluoroctaanzuur ²	PFOA	1
perfluorpentaanzuur	PFPA	0,05
perfluorundecaanzuur	PFUdA	4
som lineair en vertakte perfluoroctaanzuur	slineertPFOA	1
som lineair en vertakte perfluorocetylsulfonaat	slineertPFOS	2
som vertakte PFOA-isomeren ²	sverttPFOA	1
som vertakte PFOS-isomeren ²	sverttPFOS	2

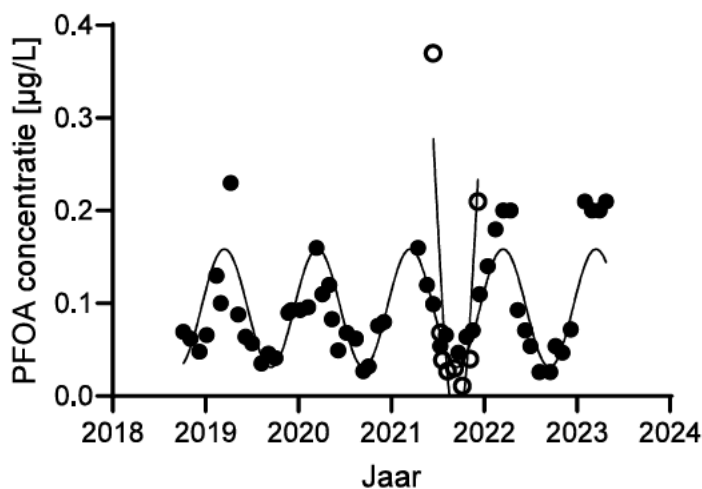
¹ Naamgeving en afkorting PFAS zoals gegeven in Excel datafile van waterschap Hollandse Delta

² Omdat ook 'som lineair en vertakte' vorm van deze PFAS 's is geanalyseerd, is in de berekening de lineaire en de 'som vertakte' vorm niet meegenomen i.v.m. dubbeltelling

Bijlage 3 PFAS-concentraties op een nabijgelegen meetlocatie

Voor recreatieplas Merwelanden zijn alleen metingen beschikbaar voor de periode juni tot en met december 2021. Deze metingen laten voor de monsters uit juni en december aanzienlijk hogere PFAS-concentraties zien dan voor de tussenliggende maanden, met PFOA als meest bijdragende PFAS (zie sectie 3.2). Om de variatie in de PFAS-concentraties in recreatieplas Merwelanden beter te kunnen duiden, is een tijdplot gemaakt van de PFAS metingen op een nabijgelegen meetlocatie (meetpunt DWOP1019). PFOA (lineair plus vertakt) is daarbij gekozen als indicator PFAS, omdat PFOA de PFAS is die het meest bijdraagt aan de som van de totale set aan PFAS, en opdat de uitkomst niet wordt beïnvloed door de verschillende datasets aan geanalyseerde PFAS op de verschillende tijdstippen voor deze meetlocatie. Bovendien is PFOA door Chemours in het verleden lokaal gebruikt en uitgestoten.

De concentratie van PFOA in oppervlaktewater bij meetpunt DWOP1019 varieert de afgelopen vijf jaar sterk door het jaar heen (zie Figuur 3-1).



Figuur 3-1 PFOA concentratie (som van lineair en vertakt PFOA) op meetpunt DWOP1019 (●) over een periode van vijf jaar en op meetpunt DWOP1301 (○; recreatieplas Merwelanden) over de periode juni t/m december 2021.

Meetpunt DWOP1019 ligt op minder dan 5 km van recreatieplas Merwelanden, op ongeveer dezelfde afstand van Chemours als de recreatieplas maar dan westelijk i.p.v. oostelijk daarvan. Voor oppervlaktewater van dit meetpunt is een duidelijke golf functie waarneembaar met een periode van exact een jaar en een maximum PFOA-concentratie half maart (zie Figuur 3-1).

Ter vergelijking is in Figuur 3-1 ook de PFOA-concentratie geplot zoals in juni-december 2021 gemeten voor recreatieplas Merwelanden. Dit laat een gelijk patroon in de tijd zien. Op basis van deze vergelijking is het is dus niet ondenkbaar dat voor recreatieplas Merwelanden de concentratie in de eerste helft van 2021 (waarin dus geen monsternamen heeft plaatsgevonden) hoger heeft gelegen dan het gemiddelde van de gemeten concentraties. De gemiddelde jaarconcentratie is dus mogelijk hoger dan wat in Tabel 1 in sectie 3.2 is gepresenteerd op basis van de juni-december 2021 metingen.