



## Kennisnotitie

# Handreiking beoordeling PFAS in oppervlaktewater: consumptie van vis en andere waterdieren

## 1 Inleiding

Het RIVM heeft in opdracht van Waterschap Rivierenland (WSRL) in [Kennisupdate 2024-0004](#) een overzicht gemaakt van de beschikbare methodieken om de risico's van per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS) te beoordelen voor een aantal belangrijke gebruiksfuncties van oppervlaktewater. Een van die functies is het gebruik als viswater met daaraan gekoppeld de consumptie van vis en andere waterdieren, waarbij de opdrachtgever onder andere doelt op rivierkreeften. Met viswater wordt zowel zoet als zout oppervlaktewater bedoeld.

Bovengenoemde Kennisupdate 2024-0004 beschrijft de beschikbare methodieken op hoofdlijnen. Het huidige document is opgesteld in opdracht van WSRL en is hiervan een verdere uitwerking. Het biedt een praktische handreiking voor een eerste inschatting van de risico's van **consumptie van vis en andere waterdieren** uit oppervlaktewater waarin PFAS zijn aangetroffen. We kijken daarbij niet alleen naar de situatie dat er metingen zijn van PFAS in vis of andere waterdieren, maar leggen ook uit hoe deze risico's kunnen worden beoordeeld aan de hand van gemeten concentraties PFAS in het water zelf. Omwille van de leesbaarheid zullen we in het vervolg van dit document 'vis en andere waterdieren' aanduiden met de term 'biota'.

Het RIVM merkt op voorhand op dat dit document geen invulling is van een formele waterkwaliteitstoetsing volgens de Kaderrichtlijn water. De hier beschreven werkwijze is enkel gebaseerd op de technisch-wetenschappelijke inzichten van het RIVM met betrekking tot de risico's van PFAS en houdt geen rekening met (toekomstige) wettelijke verplichtingen en/of beleidsmatige keuzes. De toepassing van dit document en daaruit voortvloeiende besluiten zijn dan ook de verantwoordelijkheid van de gebruiker.

Dit advies gaat over de manier waarop de resultaten van metingen kunnen worden vergeleken met de risicogrenzen. De manier van bemonsteren en hoe moet worden omgegaan met variaties in ruimte en tijd, zijn geen onderdeel van dit advies.

## 2 Mengselbeoordeling met behulp van de RPF-methode

PFAS komen bijna nooit als enkele stof voor, maar meestal in mengsels met meerdere PFAS. PFAS die op een vergelijkbare manier werken dragen bij aan de totale schadelijkheid van het mengsel. Daarom moeten zoveel mogelijk PFAS worden meegenomen bij de risicobeoordeling.

Met het oog hierop heeft het RIVM de zogenoemde RPF-methode ontwikkeld voor het beoordelen van *directe orale* blootstelling van mensen aan PFAS-mengsels, bijvoorbeeld via voedsel, drinkwater, of het inslikken van zwemwater. Deze RPF-methode kan worden gebruikt voor het beoordelen van biotamonsters waarin PFAS zijn gevonden.

RIVM

A. van Leeuwenhoeklaan 9  
3721 MA Bilthoven  
Postbus 1  
3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

T 088 689 91 11

**Auteur:**

Els Smit

**Centrum:**

VSP

**Contact:**

[els.smit@rivm.nl](mailto:els.smit@rivm.nl)

**Kenmerk:**

KN-2024-0015

**DOI:** 10.21945/RIVM-

KN-2024-0015

**Datum:**

01-05-2024

Als uitbreiding op de RPF-methode voor directe orale blootstelling, heeft het RIVM ook een methode ontwikkeld voor het beoordelen van *indirecte orale* blootstelling, waarbij mensen PFAS vanuit oppervlaktewater kunnen binnenkrijgen via het eten van vis of andere waterdieren. Deze methode kan worden gebruikt voor het beoordelen van oppervlaktewatermonsters waarin PFAS zijn gevonden.

Dit document legt beide methoden uit, te beginnen met biotamonsters. Achtergrondinformatie is te vinden in Bijlage 1.

### 3 Werkwijze voor biotamonsters

RPF staat voor 'Relatieve Potentie Factor' en is een maat voor de schadelijkheid van verschillende PFAS ten opzichte van de referentiestof PFOA (perfluorooctaanuur). De RPF's zijn berekend uit studies naar de effecten van PFAS op de lever. Er zijn aanwijzingen dat soortgelijke potentieverschillen aanwezig zijn voor andere eindpunten (RIVM, 2021). Met behulp van de RPF-methode kunnen concentraties van individuele PFAS worden omgerekend in 'PFOA-eenheden' (zogenoemde PFOA-equivalenten, afgekort PEQ). Dit gebeurt door de concentratie van een afzonderlijke PFAS in een biotammonster ( $C_{\text{biota},i}$ ; in ng/g versgewicht) te vermenigvuldigen met zijn RPF. In formule:

$$\text{PEQ}_{\text{biota},i} = C_{\text{biota},i} \times \text{RPF}_i$$

waar  $i$  een van de PFAS in het mengsel is.

Optellen van de afzonderlijke PEQ's levert de totale concentratie PFAS in het biotammonster, uitgedrukt als PFOA-equivalenten ( $\sum \text{PEQ}_{\text{biota}}$ ) volgens onderstaande vergelijking.

$$\sum \text{PEQ}_{\text{biota}} = \sum_{i=1}^n (C_{\text{biota},i} \times \text{RPF}_i)$$

waar  $n$  het aantal PFAS in het biotammonster is.

De  $\sum \text{PEQ}$  in biota kan worden vergeleken met de risicogrens van 0,077 ng PEQ/g biota. Voor meer uitleg over deze waarde, zie Bijlage 1. De  $\sum \text{PEQ}$  is afhankelijk van de concentratie waarin individuele PFAS in het monster zitten en hun RPF. PFAS die minder potent zijn dan PFOA ( $\text{RPF} < 1$ ) dragen verhoudingsgewijs minder bij aan de  $\sum \text{PEQ}$  dan PFAS die potenter zijn ( $\text{RPF} > 1$ ).

#### 3.1 Beschikbare RPF's voor biotamonsters

Er is een [lijst van beschikbare RPF's](#) met alle tot nog toe door het RIVM afgeleide RPF's die kunnen worden gebruikt voor het beoordelen van biotamonsters. **Gebruik voor het beoordelen van biotamonsters alleen de RPF's voor directe orale blootstelling uit Tabel 1 van de RPF-lijst.**

Voor sommige PFAS zijn onvoldoende gegevens beschikbaar om een RPF af te leiden, maar kan op basis van gegevens voor verwante PFAS (*read across*) wel worden vastgesteld binnen welke range de RPF zal liggen. In dat geval kiest het RIVM ervoor om

uit te gaan van de hoogste waarde, omdat die het meest beschermend is (RIVM, 2021)<sup>1</sup>. Over verschillen in de toxische potentie tussen lineaire en vertakte PFAS is vrijwel geen informatie beschikbaar. Daarom wordt aangenomen dat beide even potent zijn en wordt dezelfde RPF gebruikt voor zowel lineaire als vertakte PFAS.

De lijst van beschikbare RPF's wordt aangepast als er aanvullende gegevens zijn voor andere PFAS en/of RPF's worden herzien op basis van nieuwe informatie.

### 3.2 Omgaan met PFAS zonder RPF

Voor veel PFAS die in het milieu worden aangetroffen kan nog geen RPF worden berekend, omdat gegevens over levertoxiciteit ontbreken. Van een aantal van deze stoffen is bekend dat ze op termijn in het milieu kunnen afbreken en dan andere PFAS vormen. Een voorbeeld is perfluorooctaansulfonamide (PFOSA), een zogenoemde precursor waaruit perfluorooctaansulfonzuur (PFOS) kan ontstaan als afbraakproduct. We weten echter niet of dit soort omzettingen ook gebeurt bij de bereiding van biota of na consumptie. Daarom gebruiken we RPF's van afbraakproducten niet voor de actuele risicobeoordeling van biotamonsters zoals ze nu uit het water worden gevangen. In oppervlaktewater kan die omzetting – op termijn - wel plaatsvinden. Om rekening te houden met een mogelijke toename van potente PFAS in het milieu door afbraak, gebruiken we de RPF's van afbraakproducten wel voor de risicobeoordeling van oppervlaktewatermonsters, zie verder in paragraaf 4.

### 3.3 Werkwijze voor niet kwantificeerbare PFAS

Bij de interpretatie van PFAS-metingen is het belangrijk om te weten wat de grenzen van de analysemethode zijn. Daarvoor bestaan twee maten: de detectielimiet of detectiegrens (limit of detection, LOD) en de kwantificatielimiet of rapportagegrens (limit of quantification; LOQ). De LOD is de laagste concentratie waarbij de aanwezigheid van een bepaalde stof in het monster kan worden opgemerkt, de precieze concentratie is echter onzeker. De LOQ is de laagste concentratie van een stof in een monster die *kwantitatief* kan worden vastgesteld. De LOD is per definitie gelijk aan of lager dan de LOQ. De meeste laboratoria gebruiken de LOQ (rapportagegrens) in hun rapportages.

Vaak is een deel van de geanalyseerde PFAS in een monster gerapporteerd als <LOQ. Bij het berekenen van de som-PEQ worden dan doorgaans twee scenario's doorgerekend. In het zogenoemde 'lower bound' (LB) scenario is de concentratie van de niet kwantificeerbare PFAS gelijkgesteld aan 0 ng/g. 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 kan worden gerekend met de LOQ, dit is het zogenoemde 'upper bound' (UB) scenario. Dit is een overschatting, omdat ervan wordt uitgegaan dat de PFAS aanwezig was op het niveau van de LOQ.

Als analyseresultaten zijn gerapporteerd als <LOQ, wordt het UB-scenario berekend met de LOQ en als de resultaten zijn gerapporteerd als <LOD met de LOD. Soms worden concentraties gerapporteerd tussen de LOD en LOQ. Deze resultaten kunnen als zodanig worden gebruikt, hoewel er onzekerheid is over de werkelijke concentratie.

Voor zowel het LB als het UB scenario is het van belang dat zo veel mogelijk (bij voorkeur alle) PFAS waarvoor een RPF beschikbaar is, ook daadwerkelijk worden geanalyseerd. Bij

<sup>1</sup> De Europese Commissie heeft eind 2022 een voorstel gedaan voor het toevoegen van PFAS aan de lijst van prioritaire stoffen onder de Kaderrichtlijn Water en de Grondwaterrichtlijn. De RPF's in dat voorstel zijn mede gebaseerd op de RIVM-lijst, maar wijken daar soms van af. Dit komt doordat de commissie in het geval van read across kiest voor een gemiddelde in plaats van de hoogste waarde. Het commissievoorstel is nog niet vastgesteld.

analyse van een geringe set PFAS worden de risico's in zowel het LB als UB scenario onderschat, als niet alle relevante PFAS zijn geanalyseerd. Dit geldt bijvoorbeeld als alleen naar PFOA, PFNA, PFOS en PFHxS is gekeken en PFDA in aanzienlijke concentraties aanwezig blijkt te zijn.

### 3.4 Voorbeeldberekening voor metingen in biota

In Tabel 1 zijn voor een aantal PFAS fictieve - maar realistische - concentraties in biota aangenomen. De concentratie van elke PFAS wordt omgerekend in PFOA-equivalenten (PEQ) door de concentraties in het biotamonster te vermenigvuldigen met de bijbehorende RPF. In dit voorbeeld is de  $\Sigma$ PEQ met 94-96 ng PEQ/g ruim 1200 keer hoger dan de risicogrens van 0,077 ng PEQ/g biota (natgewicht). De conclusie is dan ook dat dit monster niet voldoet aan de risicogrens voor PFAS. Het is duidelijk dat in dit monster vooral PFOS en PFUnDA bijdragen aan de  $\Sigma$ PEQ. Deze stoffen komen in relatief hoge gehalten voor en zijn potent. De concentraties van PFDA, PFDoDA en PFNA zijn lager, maar door hun hoge potentie leveren deze stof toch ook een behoorlijke bijdrage aan de totale PEQ.

Tabel 1 Voorbeeldberekening voor de beoordeling van PFAS in een **biotamonster**.

| PFAS <sup>a</sup>             | Fictieve concentratie <sup>b</sup><br>[ng/g] | RPF            | LB <sup>c</sup><br>[ng PEQ/g] | UB <sup>c</sup><br>[ng PEQ/g] |
|-------------------------------|--|----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| PFBA                          | <0,50  | 0,05           | 0                             | 0,025                         |
| PFBS                          | <0,30  | 0,001          | 0                             | 0,00030                       |
| PFDA                          | 0,60   | 10             | 6,0                           | 6,0                           |
| PFDoDA                        | 2,5  | 3              | 7,5                           | 7,5                           |
| PFDS                          | <0,03  | 2              | 0                             | 0,060                         |
| PFHpA                         | <0,40  | 1              | 0                             | 0,40                          |
| PFHpS                         | <0,08  | 2              | 0                             | 0,16                          |
| PFHxA                         | <0,1   | 0,01           | 0                             | 0,0010                        |
| PFHxS                         | 0,50   | 0,60           | 0,30                          | 0,30                          |
| PFNA                          | 0,80   | 10             | 8,0                           | 8,0                           |
| PFOA                          | <0,20  | 1              | 0                             | 0,20                          |
| PFOS                          | 24   | 2              | 48                            | 48                            |
| PFPeA                         | <0,40  | 0,05           | 0                             | 0,020                         |
| PFTeDA                        | <0,40  | 0,3            | 0                             | 0,12                          |
| PFTrDA                        | <0,40  | 3              | 0                             | 1,2                           |
| PFUnDA                        | 5,90   | 4              | 24                            | 24                            |
| HFPO-DA (GenX)                | <0,3   | 0,06           | 0                             | 0,018                         |
| EtFOSA                        | 0,40   | - <sup>d</sup> | - <sup>d</sup>                | - <sup>d</sup>                |
| 6:2 diPAP                     | 0,05   | - <sup>d</sup> | - <sup>d</sup>                | - <sup>d</sup>                |
| <b><math>\Sigma</math>PEQ</b> |  |                | <b>94</b>                     | <b>96</b>                     |

a Volledige stofnamen en CAS nummers staan in <https://www.rivm.nl/pfas/rpf>, 6:2 diPAP is 6:2 fluortelomeerfosfaat diester (CAS: 57677-95-9) en EtFOSA is N-ethylperfluorooctaan sulfonamide (CAS: 4151-50-2)

b Concentraties met een "<" symbool geven aan dat de concentratie onder de LOQ ligt. De genoemde waarde is de LOQ. Het is mogelijk dat de LOD wordt gerapporteerd in plaats van de LOQ.

c Voor <-waarden wordt de LB-PEQ berekend met 0 ng/L, de UB-PEQ met de LOQ. Als waarden zijn gerapporteerd als <LOD, wordt de LOD gebruikt.

d Geen waarde beschikbaar.

In dit voorbeeld is het verschil tussen het LB en UB scenario klein. Dit komt doordat de rapportagegrenzen voor de individuele PFAS relatief laag zijn. Als de rapportagegrenzen hoger zijn, tellen ze ook meer mee in het UL-scenario. Het is dus van belang om zoveel mogelijk PFAS met een zo laag mogelijke LOQ te meten.

#### 4 Werkwijze voor metingen in oppervlaktewater

De werkwijze voor metingen in oppervlaktewater lijkt op die voor biotamonsters, maar heeft een extra stap, omdat rekening moet worden gehouden met de mate waarin biota PFAS uit het water opnemen. Deze bioaccumulatie is niet voor iedere PFAS gelijk en daarom gebruiken we een Relatieve Bioaccumulatie Factor (RBF). Vergelijkbaar met de RPF voor toxiciteit, geeft de RBF aan of een PFAS meer of minder door biota wordt opgenomen dan PFOA.

Als van een PFAS zowel een RPF als RBF bekend is, kan de gemeten concentratie van die PFAS in oppervlaktewater worden omgerekend in een overeenkomstige concentratie van PFOA die we hier ook aanduiden als PFOA-equivalenten (ng PEQ/L). De opgetelde PEQ's leveren de totale som aan PFOA-equivalenten in water ( $\sum \text{PEQ}_{\text{water}}$ ) volgens onderstaande vergelijking.

$$\sum \text{PEQ}_{\text{water}} = \sum_{i=1}^n (C_{\text{water},i} \times \text{RPF}_i \times \text{RBF}_i)$$

waar  $i$  een van de PFAS in het mengsel is en  $n$  het aantal PFAS in het watermonster.

De som-PEQ in water kan worden vergeleken met de risicogrens voor PFOA in oppervlaktewater van 0,3 ng PEQ/L. Voor meer uitleg over deze waarde, zie Bijlage 1. De  $\sum \text{PEQ}$  is afhankelijk van de concentratie waarin individuele PFAS in het watermonster zitten en hun RPF en RBF. PFAS die minder potent zijn en minder bioaccumuleren dan PFOA (RPF en RBF <1), dragen verhoudingsgewijs minder bij aan de  $\sum \text{PEQ}$  dan PFAS die potenter zijn en meer bioaccumuleren (RPF en RBF >1).

##### 4.1 Beschikbare RPF's voor oppervlaktewatermonsters

Zoals hierboven vermeld (zie 3.2) worden in het milieu PFAS aangetroffen waarvoor geen RPF's beschikbaar zijn. Voor een aantal van deze PFAS kunnen we aannemen dat ze op termijn in het milieu worden afgebroken, waardoor de concentraties van potente PFAS kunnen toenemen. Dit kan op termijn leiden tot extra opname in biota en bij de beoordeling van oppervlaktewatermonsters houden we rekening met deze toekomstige risico's. Voor een aantal PFAS zonder 'eigen' RPF, rekenen we daarom ook met de RPF's van hun afbraakproducten (Smit & Verbruggen, 2022; Van der Aa et al., 2022). **Gebruik voor het beoordelen van oppervlaktewatermonsters daarom niet alleen de RPF's uit Tabel 1 van de [lijst van beschikbare RPF's](#), maar ook de RPF's voor milieumonsters uit Tabel 2 van die lijst.**

##### 4.2 Beschikbare RBF's voor oppervlaktewatermonsters

De beschikbare RBF's uit Smit & Verbruggen (2022) staan in Bijlage 1, Tabel 1-1 van deze notitie. De RBF's zijn berekend op basis van een aantal betrouwbare veldstudies, maar we hebben geen uitputtende literatuurevaluatie gedaan. Hierdoor zijn de RBF's op een relatief kleine dataset gebaseerd en moeten ze als indicatief beschouwd worden. Daarmee is een risicobeoordeling van PFAS in oppervlaktewatermonsters ook indicatief. Bovendien zijn de RBF's berekend met gegevens voor vissen en het is niet bekend of ze ook representatief zijn voor de opname van PFAS door andere waterdieren, zoals rivierkreeften. Als de

risicogrens in water wordt overschreden, kunnen metingen in biota meer inzicht geven in de risico's van consumptie van vis en andere waterdieren.

#### 4.3 Werkwijze voor niet-kwantificeerbare PFAS

De werkwijze voor niet-kwantificeerbare PFAS is voor oppervlaktewatermonsters hetzelfde als voor biotamonsters. Ook hier kan een LB en UB scenario worden doorgerekend, waarbij niet-aangetoonde PFAS worden meegenomen met concentraties van respectievelijk 0 ng/L of de LOQ (LOD).

#### 4.4 Voorbeeldberekening voor metingen in oppervlaktewater

Tabel 2 geeft voor een aantal PFAS fictieve - maar realistische - concentraties in oppervlaktewatermonsters. De concentratie van elke PFAS wordt omgerekend in PFOA-equivalenten (PEQ) door de concentraties in het watermonster te vermenigvuldigen met de bijbehorende RPF en RBF. In dit voorbeeld is de  $\Sigma$ PEQ met 661-765 ng PEQ/L ruim 2000 keer hoger dan de risicogrens van 0,3 ng PEQ/L. De conclusie is dan ook dit monster niet voldoet aan de risicogrens.

Het is duidelijk dat in dit monster vooral PFOS, PFNA, PFDA, PFUnDA en PFDoDA bijdragen aan de  $\Sigma$ PEQ. Deze stoffen zijn zeer potent en stapelen sterk in vis. De concentraties PFBA, PFPeA, PFHxA en PFBS zijn veel hoger, maar door hun lagere potentie en bioaccumulatie dragen deze stoffen maar weinig bij aan de  $\Sigma$ PEQ.

Tabel 2 Voorbeeldberekening van de totale concentratie PFAS in een **oppervlaktewatermonster**, uitgedrukt in PFOA-equivalenten ( $\Sigma$ PEQ).

| PFAS <sup>a</sup> | Fictieve concentratie <sup>b</sup><br>[ng/L] | RPF               | RBF            | LB <sup>c</sup><br>[ng PEQ/L] | UB <sup>c</sup><br>[ng PEQ/L] |
|-------------------|--|-------------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| PFBA              | 11   | 0,05              | 0,005          | 0,00275                       | 0,00275                       |
| PFPeA             | 24   | 0,05              | 0,02           | 0,0240                        | 0,024                         |
| PFHxA             | 30   | 0,01              | 0,07           | 0,0210                        | 0,021                         |
| PFHpA             | 17   | 1                 | 0,3            | 5,10                          | 5,1                           |
| PFOA-tot          | 0,9  | 1                 | 1              | 0,90                          | 0,9                           |
| PFNA              | 2,6  | 10                | 4              | 104                           | 104                           |
| PFDA              | 1,5  | 10                | 10             | 150                           | 150                           |
| PFUnDA            | 0,3  | 4                 | 60             | 72                            | 72                            |
| PFDoDA            | 0,2  | 3                 | 200            | 120                           | 120                           |
| PFTTrDA           | <0,1   | 3                 | 100            | 0                             | 30                            |
| PFTeDA            | <0,1   | 0,3               | 40             | 0                             | 1,2                           |
| HFPO-DA           | 0,3  | 0,06              | 0,3            | 0,00540                       | 0,0054                        |
| DONA              | <0,05  | 0,03              | - <sup>d</sup> | - <sup>d</sup>                | - <sup>d</sup>                |
| PFBS              | 10   | 0,001             | 0,1            | 0,00100                       | 0,00100                       |
| PFPeS             | 0,4  | 0,6               | 0,4            | 0,0960                        | 0,0960                        |
| PFHxS-tot         | 0,4  | 0,6               | 2              | 0,480                         | 0,480                         |
| PFHpS             | 0,2  | 2                 | 6              | 2,40                          | 2,40                          |
| PFOS              | 5,1  | 2                 | 20             | 204                           | 204                           |
| PFNS              | <0,05  | - <sup>d</sup>    | - <sup>d</sup> | - <sup>d</sup>                | - <sup>d</sup>                |
| PFDS              | <0,05  | 2                 | 300            | 0                             | 60                            |
| 4:2 FTS           | <0,05  | 0,05 <sup>e</sup> | 0,02           | 0                             | 0,000100                      |
| 6:2 FTS           | 1,1  | 1 <sup>e</sup>    | 0,3            | 0,330                         | 0,330                         |
| 8:2 FTS           | <0,05  | 10 <sup>e</sup>   | 4              | 0                             | 4                             |
| N-MeFOSAA         | 0,05   | 2 <sup>e</sup>    | 20             | 2,00                          | 2,00                          |

| PFAS <sup>a</sup> | Fictieve concentratie <sup>b</sup><br>[ng/L] | RPF            | RBF | LB <sup>c</sup><br>[ng PEQ/L] | UB <sup>c</sup><br>[ng PEQ/L] |
|-------------------|--|----------------|-----|-------------------------------|-------------------------------|
| N-EtFOSAA         | <0,1   | 2 <sup>e</sup> | 20  | 0                             | 4,00                          |
| FOSA              | <0,1   | 2 <sup>e</sup> | 20  | 0                             | 4,00                          |
| <b>ΣPEQ</b>       |  |                |     | <b>661</b>                    | <b>765</b>                    |

- a Volledige stofnamen en CAS nummers staan in <https://www.rivm.nl/pfas/rpf>, 6:2 diPAP is 6:2 fluortelomeerfosfaat diester (CAS: 57677-95-9) en EtFOSA is N-ethylperfluorooctaan sulfonamide (CAS: 4151-50-2)
- b Concentraties met een "<" symbool geven aan dat de concentratie onder de LOD of LOQ ligt. De genoemde waarde is de LOD of LOQ. Het is mogelijk dat de LOD wordt gerapporteerd in plaats van de LOQ.
- c Voor <-waarden wordt de LB-PEQ berekend met 0 ng/L, de UB-PEQ met de LOQ. Als waarden zijn gerapporteerd als <LOD, wordt de LOD gebruikt.
- d Geen waarde beschikbaar.
- e Geen RPF beschikbaar, RPF voor afbraakproduct gebruikt.

In dit voorbeeld is het verschil tussen het LB en UB scenario behoorlijk groot. De rapportagegrenzen voor de individuele PFAS zijn relatief laag, maar bij potente en/of bioaccumulerende PFAS zoals PFTrDA en PFDS, levert rekenen met de LOQ in het UL-scenario toch een aanzienlijke bijdrage aan het totaal.

## 5 Tool voor PEQ-berekeningen

Het RIVM heeft een rekentool gemaakt om de beoordeling van water- en of biotamonsters met PFAS te faciliteren. Deze tool is op te vragen bij het RIVM ([info@rivm.nl](mailto:info@rivm.nl)).

## 6 Discussie en toekomstige ontwikkelingen

Deze Kennisnotitie biedt een praktische handreiking voor een eerste beoordeling van de risico's van consumptie van vis en andere waterdieren uit oppervlaktewater waarin PFAS zijn aangetroffen. Er is een methode voor PFAS-metingen in biotamonsters en voor gemeten concentraties PFAS in het water zelf. De laatste methode is indicatief omdat de berekeningen gebruik maken van een beperkte set aan bioaccumulatiegegevens. Bovendien weten we niet of de gegevens voor vissen ook toepasbaar zijn op andere waterdieren, zoals rivierkreeften. Bij het meten in water geldt ook een kanttekening in verband met de beperkingen van de chemische analyses. De PFAS die het meeste bijdragen aan de PFAS-blootstelling via visconsumptie, kunnen in oppervlaktewater nog niet gevoelig genoeg worden gemeten. Metingen in biota kunnen daarom helpen om meer inzicht te krijgen in de risico's van consumptie van vis en andere waterdieren.

### *Risicogrenzen in biota*

Opgemerkt wordt dat de herziening van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) nog in onderhandeling is en dit geldt ook voor de Europese biotanormen voor PFAS in de concept Richtlijn Prioritaire Stoffen (RPS) onder de KRW. Officieel gelden op dit moment alleen de huidige biotanorm voor PFOS en de beleidsmatig vastgestelde waterkwaliteitsnormen voor PFOS, PFOA en HFPO-DA (GenX). De biotanorm van 0,077 ng PEQ/g en RPF-werkwijze zijn wel geaccordeerd door de wetenschappelijke commissie die de Europese Commissie adviseert over gezondheids- en milieuvraagstukken en nieuwe risico's (SCHEER, 2022). In deze handreiking gebruikt het RIVM de RPF's die het zelf heeft afgeleid en gepubliceerd. In de concept-RPS staan voor sommige PFAS andere RPF's. Dit heeft ermee te maken dat de Europese Commissie in het geval van read across kiest voor een gemiddelde RPF in plaats van de hoogste. We verwachten niet dat de verschillen in RPF's tot andere conclusies zullen leiden met betrekking tot de risico's van PFAS.



De PFAS waar RPF's voor zijn ontwikkeld zijn het meest relevant voor het totale PFAS mengsel. Het kan echter zijn dat het mengsel ook PFAS bevat waarvoor geen RPF's beschikbaar zijn. Dit levert een onderschatting van het risico, omdat we deze stoffen niet kunnen meenemen bij het berekenen van de PEQ. Als zich onder deze PFAS zogenoemde precursors bevinden die kunnen worden afgebroken tot persistente PFAS, valt het aan te bevelen om de concentraties te blijven monitoren om de eventuele toename van potente PFAS te volgen.

#### *Vertaling naar oppervlaktewater*

De concept-RPS voorziet niet in een vertaling van de biotanorm naar een concentratie in water. In de concept-RPS staat wel een jaargemiddelde milieukwaliteitsnorm (AA-EQS) van 4,4 ng PEQ/L, maar deze is gebaseerd op de bescherming van drinkwaterbronnen en is niet beschermend voor visconsumptie. De KRW biedt de mogelijkheid om in plaats van biota in een andere matrix, zoals water, te meten, mits het beoogde beschermingsdoel wordt gegarandeerd. Het RIVM rapport met nieuwe risicogrenzen voor PFAS (Smit & Verbruggen, 2022), waarop de huidige handreiking is gebaseerd, is hiervan de uitwerking. Zoals uitgelegd in paragraaf 4 en Bijlage 1 rekent het RIVM daarom met een risicogrens van 0,3 ng PEQ/L. Deze risicogrens is echter niet beleidsmatig vastgesteld als norm en het is niet bekend of het ministerie van IenW deze in de toekomst wil gaan gebruiken voor de KRW-toetsing van PFAS.

#### *Maximale limieten in voedsel*

De Europese Commissie heeft in 2022 ook *maximale limieten* (ML's) vastgesteld voor vier PFAS in verschillende soorten consumptievis, schaal- en schelpdieren en andere soorten voedsel<sup>2</sup>. Deze ML's hebben *geen* directe relatie met de gezondheidskundige risicogrenzen. Het zijn productnormen voor commercieel verkrijgbaar voedsel die op basis van haalbaarheid worden vastgesteld. Voor stoffen zoals PFAS, die niet op korte termijn verdwenen zijn, gebruikt men hierbij het zogenoemde ALARA-principe (As Low As Reasonably Achievable). Dit zorgt ervoor dat de hoeveelheid van deze stoffen in voedsel zo laag mogelijk is, zonder dat daardoor de voedselvoorziening in gevaar wordt gebracht. De hoogte van de ML wordt daarbij veelal gelijkgesteld aan het 95<sup>ste</sup> percentiel van de huidige concentraties in voedsel, waarbij concentraties onder de LOD of de LOQ gelijk aan nul worden gesteld. Op deze manier wordt voedsel met de hoogste concentraties van de markt geweerd. Door de ML's regelmatig te evalueren en naar beneden bij te stellen, zullen op termijn de concentraties zodanig laag worden dat ze niet meer schadelijk zullen zijn voor de gezondheid. Dit proces neemt echter geruime tijd in beslag en voor PFAS staan we nog aan het begin. De huidige ML's zijn een afspiegeling van de nu heersende – relatief hoge - concentraties in vis. Hierdoor is het mogelijk dat voedingsmiddelen voldoen aan de ML, terwijl de consumptie ervan kan leiden tot een overschrijding van de gezondheidskundige grenswaarde.

#### *Ecotoxiciteit en doorvergiftiging*

Tenslotte merkt het RIVM op dat de hier beschreven beoordeling van oppervlaktewatermonsters alleen betrekking heeft op de blootstelling van mensen via het eten van vis of andere waterdieren. We gaan ervan uit dat de risicogrens van 0,3 ng PEQ/L ook beschermend is voor directe ecotoxiciteit van PFAS-mengsels en voor doorvergiftiging van vogels en zoogdieren, in ieder geval voor potente en bioaccumulerende PFAS. In geval van hoge concentraties van niet-potente en niet-bioaccumulerende PFAS, kan het echter zinvol zijn om te controleren of de

<sup>2</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0915>



ecotoxicologische risicogrenzen wordt overschreden. Door hun lage RPF en RBF dragen hoge concentraties van deze stoffen weinig bij aan de risico's voor visconsumptie, maar ze kunnen wel ecotoxicologische effecten hebben. Om dit te beoordelen kan gebruik worden gemaakt van de ecotoxicologische risicogrenzen uit het [Europese dossier](#) voor de selectie van PFAS als prioritaire stof onder de KRW.

## Literatuur

### *Inclusief referenties uit Bijlage 1*

- 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. *Environ Toxicol Chem* 40 (3): 859–870.
- EFSA. 2020. Opinion on the risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA Journal* 18 (9): 6223.
- RIVM. 2021a. Notitie implementatie van de EFSA som-TWI PFAS. RIVM-notitie 7 april 2021. [Notitie implementatie van de EFSA som-TWI PFAS | RIVM](#)
- RIVM. 2021b. Biotanorm voor PFAS(Per- en polyfluoroalkylstoffen) in vis volgens de methodiek van de Kaderrichtlijn water. Doorvertaling van de EFSA(Europese Voedselveiligheidsautoriteit)-TWI over PFAS en duiding van gemeten PFAS concentraties in vis uit Nederlands oppervlaktewater. [Biotanorm voor PFAS in vis volgens de methodiek van de Kaderrichtlijn water | RIVM](#)
- RIVM. 2023. Bijlage bij RIVM-brief aan ILT: Indicatieve drinkwaterrichtwaarde trifluorazijnzuur (TFA). [Bijlage bij RIVM-brief aan ILT: Indicatieve drinkwaterrichtwaarde trifluorazijnzuur \(TFA\) | RIVM](#)
- SCHEER (Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks), Final Opinion on Draft Environmental Quality Standards for Priority Substances under the Water Framework Directive - PFAS, 18 August 2022.
- Smit CE, Verbruggen EMJ. 2022. Risicogrenzen voor PFAS in oppervlaktewater. Doorvertaling van de gezondheidkundige grenswaarde van EFSA naar concentraties in water. RIVM Briefrapport 2022-0074.
- Van der Aa NGFM, Hartmann J, Smit CE. 2022. PFAS in Nederlands drinkwater vergeleken met de nieuwe Europese Drinkwaterrichtlijn en relatie met gezondheidkundige grenswaarde van EFSA. RIVM-briefrapport 2022-0149.

## Bijlage 1 Achtergrondinformatie

### Risicogrenzen voor PFAS-mengsels

Het RIVM heeft gezondheidskundige en milieurisicogrenzen afgeleid voor PFAS op basis van adviezen van de Europese autoriteit voor voedselveiligheid (EFSA, 2020). EFSA adviseerde voor een mengsel van vier PFAS een Toelaatbare Wekelijkse Inname (TWI) van 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week. Dit komt overeen met een Toelaatbare Dagelijkse Inname (TDI) van 0,63 ng/kg lichaamsgewicht per dag. In voedsel, drinkwater en milieu worden doorgaans echter meer PFAS aangetoond dan alleen de vier uit het EFSA-advies. De verwachting is dat die andere PFAS een vergelijkbaar werkingsmechanisme hebben en in meerdere of mindere mate bijdragen aan de toxiciteit van het totale mengsel. Het RIVM heeft daarom een methode ontwikkeld om ook andere PFAS mee te kunnen nemen (RIVM, 2021a).

### Rekening houden met relatieve potentie

In paragraaf 2 is de methode al kort uitgelegd. De RIVM-aanpak is vergelijkbaar met de werkwijze voor dioxines en maakt gebruik van kennis over de relatieve toxiciteit van verschillende PFAS ten opzichte van PFOA. Op basis van studies naar de effecten van PFAS op de lever zijn zogenoemde 'Relative Potency Factors' berekend, in het Nederlands aangeduid als Relatieve Potentie Factoren (RPF's). Zie onder andere Bil et al. (2021) en RIVM (2023). Een RPF van 0,001 betekent dat deze individuele PFAS 1000 keer minder potent is dan PFOA, een RPF van 10 betekent dat een PFAS 10 keer meer potent is dan PFOA. Door de concentraties van de afzonderlijke PFAS te vermenigvuldigen met hun RPF, kunnen we de concentraties van die PFAS omrekenen in equivalente concentraties PFOA (PFOA-equivalenten, PEQ). De som van de PEQ's ( $\Sigma$ PEQ) van meerdere PFAS in een monster kan worden vergeleken met een norm of risicogrens, eveneens uitgedrukt op basis van PEQ. Het RIVM gebruikt daarvoor de EFSA-TWI als uitgangspunt, omdat de effecten in de onderliggende kritische studie zijn geassocieerd met PFOA en niet met de andere drie PFAS die EFSA heeft onderzocht. Op deze manier vertaalt het RIVM de gezondheidskundige grenswaarde van EFSA naar een bredere lijst van PFAS (RIVM, 2021a). De  $\Sigma$ PEQ is afhankelijk van welke individuele PFAS er in het monster zitten en hun concentratie en RPF. Het voorbeeld hieronder laat dit zien.

In vismonster A zitten de stoffen PFBS, PFHxS, PFBA en PFHxA in gelijke concentraties van 1 ng/g. De RPF's variëren van 0,001 tot 0,6, de stoffen zijn dus 1000 tot 1,7 keer minder potent dan PFOA. De  $\Sigma$ PEQ is 0,661 ng PEQ/g. In een tweede monster B zitten PFUnDA, PFDoDA, PFOS en PFNA in gelijke concentraties van 0,25 ng/g. Met RPF's van 2 tot 10, zijn deze stoffen 2 tot 10 keer potenter dan PFOA en de  $\Sigma$ PEQ is 4,75 ng PEQ/g. Simpel opgeteld bevat monster A met 4 ng/g absoluut gezien meer PFAS dan monster B met 1 ng/g. Op basis van de PEQ is monster A echter minder schadelijk dan monster B.

### Monster A

| Stof  | Concentratie [ng/g]            | RPF   | Concentratie [ng PEQ/g]               |
|-------|--------------------------------|-------|---------------------------------------|
| PFBS  | 1                              | 0,001 | 0,001                                 |
| PFHxS | 1                              | 0,6   | 0,6                                   |
| PFBA  | 1                              | 0,05  | 0,05                                  |
| PFHxA | 1                              | 0,01  | 0,01                                  |
|       | <b><math>\Sigma = 4</math></b> |       | <b><math>\Sigma</math>PEQ = 0,661</b> |

| <b>Monster B</b> |                            |            |                                |
|------------------|----------------------------|------------|--------------------------------|
| <b>Stof</b>      | <b>Concentratie [ng/g]</b> | <b>RPF</b> | <b>Concentratie [ng PEQ/g]</b> |
| PFUnDA           | 0,25                       | 4          | 1                              |
| PFDoDA           | 0,25                       | 3          | 0,75                           |
| PFOS             | 0,25                       | 2          | 0,5                            |
| PFNA             | 0,25                       | 10         | 2,5                            |
|                  | <b>Σ = 1</b>               |            | <b>ΣPEQ = 4,75</b>             |

#### *RPF-methode voor directe blootstelling*

De RPF's zijn afgeleid voor *directe orale externe blootstelling* van mensen aan PFAS, bijvoorbeeld bij inname via het eten van vis of andere waterdieren (biota). Als we de  $\Sigma$ PEQ in een biotamonster weten en als bekend is hoeveel mensen daar dagelijks van eten, kunnen we uitrekenen hoeveel PEQ's mensen dagelijks via die route binnenkrijgen. Deze dagelijkse inname kunnen we dan vergelijken met de acceptabele blootstelling van mensen. Zoals hierboven is uitgelegd, gebruikt het RIVM hiervoor een TWI voor mensen van 4,4 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week, overeenkomend met een TDI van 0,63 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per dag (EFSA, 2020; RIVM, 2021a).

#### *Risicogrenzen voor PFAS in biota*

Het RIVM heeft deze methode ook toegepast voor het berekenen van risicogrenzen voor de route visconsumptie. Hiervoor gebruikt het RIVM de door de Europese commissie voorgestelde biotanorm van 0,077  $\mu$ g/kg (0,077 ng/g versgewicht; uitgedrukt als PEQ) uit de concept-richtlijn prioritaire stoffen (RPS). Deze concept-norm is gelijk aan het eerdere advies van het RIVM (2021b) en vertegenwoordigt de concentratie in vis waarbij mensen geen nadelige effecten ondervinden als ze er levenslang dagelijks 115 gram van eten, rekening houdend met andere innamebronnen. Voor biota kan de  $\Sigma$ PEQ in een biotamonster dus direct worden vergeleken met deze risicogrens, gebruikmakend van Tabel 1 in de [lijst van beschikbare RPF's](#) (zie ook paragraaf 2).

Voor veel PFAS die in het milieu worden aangetroffen ontbreken gegevens over levertoxiciteit en voor die PFAS kan nog geen RPF worden berekend. Van een aantal PFAS is bekend dat ze op termijn in het milieu kunnen afbreken tot andere PFAS. Een voorbeeld is perfluorooctaansulfonamide (PFOSA), een zogenoemde 'precursor' waaruit PFOS kan ontstaan als afbraakproduct. Omdat we niet weten of dit soort omzettingen ook gebeurt bij de bereiding van biota of na consumptie, gebruiken we de RPF's van afbraakproducten niet voor de actuele risicobeoordeling van biotamonsters zoals ze nu uit het water worden gevangen.

#### *RBF-methode voor indirecte blootstelling via oppervlaktewater*

Naast bovengenoemde directe blootstelling, bestaat er ook *indirecte orale externe blootstelling* van mensen vanuit bodem, grondwater of oppervlaktewater, in dit geval de inname van PFAS vanuit oppervlaktewater via vis. Hiervoor heeft het RIVM de RPF-methode uitgebreid met een extra stap die de opname van PFAS in vis beschrijft (Smit & Verbruggen, 2022). Allereerst is een nieuwe risicogrens voor PFOA berekend door de risicogrens in biota van 0,077 ng PEQ/g te delen door de bioaccumulatiefactor (BAF) van PFOA in vis. Dit levert een risicogrens in oppervlaktewater van 0,3 ng PEQ/L. Voor de andere PFAS zijn zogenoemde Relatieve Bioaccumulatie Factoren (RBF's) berekend. Vergelijkbaar met de RPF, geven deze RBF's geven aan of een PFAS meer of minder door vissen wordt opgenomen dan PFOA.

Literatuurgegevens over de opname van PFAS in vis laten een vrij grote variatie zien in gemeten BAF's. Dit komt door verschillen in omstandigheden, bemonsterde vissensoorten en analysemethoden. Verder weten we dat verschillen in PFAS-concentraties tussen

monsterlocaties tot andere BAF's kunnen leiden. Daarom heeft het RIVM ervoor gekozen om een aantal betrouwbare veldstudies te selecteren om daaruit per studie een set RBF's te berekenen. Het voordeel hiervan is dat binnen een studie de concentraties PFOA en andere PFAS op dezelfde manier zijn gemeten in dezelfde monsters. Dit maakt de berekende RBF betrouwbaarder. Omdat we dit voor meerdere studies hebben gedaan, was het bovendien mogelijk om de variatie in RBF's te kwantificeren. We hebben niet alle relevante veldstudies kunnen evalueren en daardoor zijn de experimentele RBF's op een relatief kleine dataset gebaseerd. De experimentele log RBF's zijn vervolgens uitgezet tegen het aantal geperfluorineerde C-atomen en uit deze relatie zijn de ontbrekende RBF's berekend.

Dit alles betekent dat de RBF's als indicatief beschouwd moeten worden en dit geldt dus ook voor de risicobeoordeling van oppervlaktewatermonsters. De berekende RBF's zijn weergegeven in Tabel 1-1.

*Tabel 1-1 Relatieve Bioaccumulatie Factoren (RBF) voor PFAS in vis op basis van bioaccumulatiefactoren (BAF) gemeten in vier veldstudies. Alle waarden afgerond op een significant cijfer (Smit & Verbruggen, 2022).*

| <b>PFAS</b>    | <b>RBF</b>     | <b>Opmerking</b>             |
|----------------|----------------|------------------------------|
| PFBA           | 0,005          |                              |
| PFPeA          | 0,02           |                              |
| PFHxA          | 0,07           |                              |
| PFHpA          | 0,3            |                              |
| PFOA           | 1              |                              |
| PFNA           | 4              |                              |
| PFDA           | 10             |                              |
| PFUnDA         | 60             |                              |
| PFDoDA         | 200            |                              |
| PFTTrDA        | 100            |                              |
| PFTeDA         | 40             |                              |
| PFHxDA         | - <sup>a</sup> |                              |
| PFODA          | -              |                              |
| <hr/>          |                |                              |
| PFBS           | 0,1            |                              |
| PFPeS          | 0,4            |                              |
| PFHxS          | 2              |                              |
| PFHpS          | 6              |                              |
| PFOS           | 20             |                              |
| PFDS           | 300            |                              |
| <hr/>          |                |                              |
| HFPO-DA (GenX) | 0,3            | o.b.v. SVHC support document |
| DONA           | -              |                              |
| 6:2 FTOH       | 0,3            | = RBF PFHpA                  |
| 8:2 FTOH       | 4              | = RBF PFNA                   |
| 4:2 FTS        | 0,02           | = RBF PFPeA                  |
| 6:2 FTS        | 0,3            | = RBF PFHpA                  |
| 8:2 FTS        | 4              | = RBF PFNA                   |
| PFOSA=FOSA     | 20             | = RBF PFOS                   |
| EtFOSAA        | 20             | = RBF PFOS                   |
| MeFOSAA        | 20             | = RBF PFOS                   |

a: geen RBF beschikbaar