Gemeente Hardenberg
[redacted]
Postbus 500
7770 BA HARDENBERG

Eektestraat 10-12
7575 AP Oldenzaal
Postbus 221
7570 AE Oldenzaal
0541 - 58 55 44

geofoxx.nl
info@geofoxx.nl
Overige vestigingen:
Gouda en Tilburg
NL06 RABO 0124 4585 13
kvk 06056452
btw nr. NL818295223B01

uw kenmerk	-/-
ons kenmerk	20230850
onderwerp	Oriënterend bodemonderzoek PFAS
project	PFAS problematiek Hardenberg
projectnummer	20230850
datum	6 juli 2023
behandeld door	[redacted]el
email	[redacted]@geofoxx.nl
mobiel	06-[redacted]

[redacted]

Naar aanleiding van ons overleg op 4 juli jongstleden ontvangt u hier bij een beknopt schrijven aangaande een drietal onderwerpen gerelateerd aan het aantreffen van PFAS in voormalige agrarisch gebruikte gronden die op korte termijn worden ontwikkeld.

A: Onderzoek naar PFAS in het grondwater.
B: Oplossingsscenario in de vorm van inrichting van een (tijdelijk) depot met grond waarin de PFAS-concentraties zich bevinden boven de hergebruikswaarden en beneden de INEV-waarden. Vooralsnog gaat het vooral om concentraties PFOS.
C: Onderzoek van voedingsmiddelen op PFAS.

A:Onderzoek naar PFAS in grondwater

De aangetoonde gehalten op de projecten t'Refter I te Sibculo, t'Refter II te Sibculo en de Marke III te Mariënberg aan PFOS in de bovengrond variëren tussen circa 1 en 25 μg/kg.ds. Ook in de ondergrond zijn verhoogde gehalten aan PFOS aangetroffen. De INEV-waarden in grond (Indicatief Niveau Ernstige Verontreiniging) worden niet overschreden.
PFAS kunnen uitlogen naar het grondwater. Het grondwaterniveau bevindt zich tussen de 2 en 2,5 meter beneden het maaiveld.

De INEV-normen voor PFAS in grondwater zijn in 2021 op basis van nieuw wetenschappelijk onderzoek aangescherpt (tabel 4.2., bron RIVM memo 2021 (als bijlage 1 toegevoegd).

Tabel 4.2. Risicogrenzen grondwater voor PFOS, PFOA en GenX en geaggregeerde waarden

Risicogrenzen grondwater in ng/L voor PFAS					
	Drinkwater	Ecologie	Gezondheid	Geaggregeerd	
Toetscriterium	$C_{dw,\ max}$	$HC_{50,direct}$	MTR	Inclusief consumptie	Exclusief 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	$1{,}6x10^{7}$	$6{,}0x10^{4}$	**330**	**$6{,}0x10^{4}$**

Geofoxx is een handelsnaam van Geofox-Lexmond bv, statutair gevestigd te Oldenzaal en ingeschreven in het handelsregister onder nr. 06056452. Op alle opdrachten zijn de algemene voorwaarden van Geofox-Lexmond bv van toepassing. Deze voorwaarden zijn te vinden op geofoxx.nl.

De norm is uitgedrukt in nanogram per liter. Vanwege gehalten in de bovengrond, grondwater op geringe diepte en aangescherpte INEV-normen is er een reële mogelijkheid dat het grondwater norm-overstijgend verontreinigd is met PFOS.

Onderzoek van grondwater kan dit bevestigen of ontkennen.

Argumenten om geen onderzoek naar PFOS in het grondwater te verrichten:
- Geen extra knelpunt op ontwikkellocaties;
- Geen harde eis vanuit wet- en regelgeving.

Argumenten om dit wel te doen:
- Het biedt duidelijkheid over de aan/afwezigheid van een mogelijk knelpunt;
- Bevoegd gezag bijvoorbeeld in het kader van de te verlenen omgevingsvergunningen kan het vragen (in beeld brengen geval van verontreiniging);
- Als onderdeel van de informatieplicht/onderzoeksplicht bij civielrechtelijk overeenkomsten;
- Ter onderbouwing van eventuele gebruiksadviezen (o.a. sproeien);
- In communicatie naar derden kan het in één traject (grond en grondwater) worden meegenomen.

B Oplossingsscenario vrijkomende PFAS-houdende grond op ontwikkellocaties

Uit de resultaten van het PFAS onderzoek in een aantal voormalige landbouwpercelen blijkt dat in zowel de bovengrond als ondergrond verhoogde gehalten PFOS zijn aangetoond. De aangetoonde gehalten aan PFOS variëren tussen circa 1 en 25 μg/kg.ds. De bovengrond is grotendeels geclassificeerd als 'niet toepasbaar' en de ondergrond deels als klasse wonen.

Bij het ontwikkelen tot woningbouw komt grond vrij waarin gehalten PFOS aanwezig zijn die niet leiden tot ernstige risico's (Onder de INEV-waarden). De grond mag binnen de bestaande kaders echter ook niet (nuttig) worden hergebruikt. De enige mogelijkheid is vervolgens het reinigen/storten van deze grond hetgeen tot enorme kosten leidt.

We denken dat er, in pilotvorm, door een combinatie van de introductie Omgevingswet (meer lokale beleidsruimte) en een locatie gebonden bodembeheerplan (gekoppeld aan het BAL Besluit activiteiten leefomgeving) voldoende ruimte gecreëerd kan worden om grond op een locatie (eventueel tijdelijk) op te slaan. Er zijn al praktijkvoorbeelden op dit gebied (denk aan de spottersheuvel op vliegveld Twente).

Primair denken we hier aan een locatie met dezelfde diffuse verontreinigingsproblematiek waarop de overtollige grond wordt opgebracht. Het betreffende depot zou vervolgens een andere nuttige functie kunnen krijgen (natuur, opslag, geluidswal, etc), wellicht in combinatie met experimenteerlocaties aangaande natuurlijke afbraak van PFOS.

C: Onderzoek van voedingsmiddelen op PFAS.

In eerder gesprekken is onderzoek van gewassen die momenteel op de betreffende akkers worden verbouwd op project t'Refter II te Sibculo ter sprake gekomen. Dit om eventuele ketenrisico's te kunnen duiden. Er zijn mogelijkheden om gewassen te onderzoeken op PFAS. Duiding van de resultaten kan vervolgens met de RIVM-gegevens en risico-analyses aangaande diverse moestuinen in met PFAS belaste bodems (o.a. regio Helmond). Indien gewenst kunnen we hier een separate aanbieding voor opstellen.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd.

Hoog [redacted]

Geof [redacted]

[redacted]

Senior adviseur

[redacted]

Adviseur infrastructurele projecten

Bijlagen:

1. Memo risicogrenzen voor interventiewaarden PFASv1.1

Bijlage 1: Memo RIVM

Geofoxx is een handelsnaam van Geofox-Lexmond bv, statutair gevestigd te Oldenzaal en ingeschreven in het handelsregister onder nr. 06056452. Op alle opdrachten zijn de algemene voorwaarden van Geofox-Lexmond bv van toepassing. Deze voorwaarden zijn te vinden op geofoxx.nl.

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

Aan: IenW WOM

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

KvK Utrecht 30276683

T 030 274 91 11
info@rivm.nl

Datum
20 juli 2021

Opgesteld door
Arjen Wintersen
Piet Otte
DMG/DDB

T 030-2743543
arjen.wintersen@rivm.nl

memo

Risicogrenzen ten behoeve van de vaststelling van Interventiewaarden voor PFOS, PFOA en GenX

Samenvatting

Deze notitie bevat de risicogrenzen die gebruikt worden bij de onderbouwing van Interventiewaarden voor bodem en grondwater voor de stoffen PFOS, PFOA en GenX. In 2020 zijn voor deze stoffen Indicatieve Niveaus voor Ernstige Verontreiniging afgeleid. Op dat moment voerde de de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA; European Food Safety Authority) nog een evaluatie uit van een selectie van PFAS. Dit was de aanleiding om eerst indicatieve normen af te leiden.

Inmiddels is de evaluatie door EFSA afgerond en is besloten om de nieuwe gezondheidskundige grenswaarde te gebruiken voor de onderbouwing van risicogrenzen ten behoeve van het beleid voor PFAS. Deze notitie onderbouwt de nieuwe humane risicogrenzen en bevat daarnaast de ecologische risicogrenzen die al eerder voor de afleiding van de INEV's zijn gebruikt.

Interventiewaarden zijn normen die gebruikt worden voor de beoordeling van gevallen van ernstige bodemverontreiniging. Is er sprake van een geval van ernstige bodemverontreiniging, dan dient met een locatiespecifieke risicobeoordeling bekeken te worden of beheers- of saneringsmaatregelen nodig zijn.

De risicogrenzen uit deze notitie zijn nog geen normen. Interventiewaarden worden door het Ministerie van IenW vastgesteld op basis van risicogrenzen. Daarnaast kunnen ook aspecten zoals doelmatigheid en proportionaliteit een rol spelen bij het vaststellen van de Interventiewaarden. In het vervolgtraject vindt een impact assessment plaats met een inventarisatie van de beschikbare kennis over gehalten van PFAS in bodem en grondwater.

Inhoud

SAMENVATTING **1**

INHOUD **2**

GEBRUIKTE AFKORTINGEN **3**

1. AANLEIDING **4**

2. HUMANE RISICOGRENZEN **5**

2.1 HERZIENE GEZONDHEIDSKUNDIGE GRENSWAARDE 5
2.2 IMPLEMENTATIE EFSA GGW VOOR AFZONDERLIJKE PFAS EN PFAS MENGSELS 5
2.3 VERNIEUWD BLOOTSTELLINGSMODEL CSOIL 6
2.4 RESULTATEN HUMANE RISICOGRENZEN IN BODEM, PORIEWATER EN GRONDWATER 7

3. ECOLOGISCHE RISICOGRENZEN **9**

4. AGGREGATIE EN AANBEVELINGEN **10**

4.1 METHODIEK ONDERBOUWING INTERVENTIEWAARDEN 10
4.2 AGGREGATIE RISICOGRENZEN 10
4.3 OVERWEGINGEN BIJ IMPLEMENTATIE VAN DE WAARDEN UIT DEZE NOTITIE 11
4.4 AANBEVELINGEN 12

5. LITERATUUR **13**

BIJLAGE 1. BIJDRAGE BLOOTSTELLINGSROUTE PER BODEMFUNCTIE **15**

BIJLAGE 2. OVERZICHT RELATIVE POTENCY FACTORS **16**

Gebruikte afkortingen

BCF	BioConcentratieFactor
FRD 903	2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluorpropoxy)propaanzuur (HFPO-DA)
HC_{50}	Hazardous Concentration for 50 % of species
HFPO-DA	2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluorpropoxy)propaanzuur
IenW	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
INEV	Indicatief Niveau voor Ernstige Verontreiniging
GGW	Gezondheidskundige grenswaarde
MTR	Maximaal Toelaatbaar Risico
TWI	Toelaatbare Wekelijkse Inname
PFAS	Per- en polyfluoralkylstoffen
PFHxS	Perfluorhexaansulfonzuur (C6)
PFNA	Perfluornonaanzuur (C9)
PFOA	Perfluoroctaanzuur (C8)
PFOS	Perfluoroctaansulfonzuur (C8)
RI	Risico Index
RPF	Relative Potency Factor

Over deze versie

Nummer: 1.1
Datum publicatie: 20 juli 2021
Wijzigingen tov voorgaande versie:

- Herstel van wegvallen sommige tabellen en omkaderde teksten in de oorspronkelijke versie;
- Veranderen N-MeFOSA en N-EtFOSA in N-MeFOSA(A) en N-EtFOSA(A).

Oorspronkelijke versie
Datum publicatie 5 juli 2021
Link:
Risicogrenzen ten behoeve van de vaststelling van Interventiewaarden voor PFOS, PFOA en GenX | RIVM

1. Aanleiding

In 2020 zijn INEV's afgeleid voor de drie PFAS PFOS, PFOA en GenX (Wintersen & Otte, 2020). De reden om eerst over te gaan tot het afleiden van indicatieve niveaus was de nog lopende evaluatie van de Gezondheidskundige Grenswaarde voor een selectie van PFAS door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA; European Food Safety Authority). Inmiddels heeft EFSA haar opinie over PFAS afgerond (EFSA CONTAM panel, 2020) en heeft het RIVM geadviseerd om de GGW voor de vier PFAS PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA te gebruiken voor de onderbouwing van Nederlandse normen voor PFAS in voedsel, drinkwater en milieu (RIVM, 2020).
In deze notitie worden de nieuwe humane risicogrenzen voor bodem en grondwater die zijn berekend op basis van de EFSA GGW gepresenteerd en toegelicht. Daarnaast worden de al eerder afgeleide ecologische risicogrenzen samengevat en worden alle risicogrenzen geaggregeerd tot waarden die gebruikt kunnen worden voor de onderbouwing van Interventiewaarden voor bodem en grondwater voor PFOS, PFOA en GenX[1].
Ongeveer gelijktijdig met dit document verschijnt een notitie waarin op vergelijkbare wijze de risicogrenzen ter onderbouwing van Maximale Waarden voor het toepassen van grond en bagger voor PFOS en PFOA worden gepresenteerd (Wintersen & Otte, 2021). Later dit jaar volgt een impact assessment van de waarden uit deze notitie. Hierin worden de risicogrenzen afgezet tegen onderzoeken naar de diffuse bodemkwaliteit en de beschikbare kennis over gehalten van PFAS nabij bronlocaties.

[1] GenX is de naam voor een productieproces. De beoordeling in het kader van deze notitie is gebaseerd op de stof HFPO-DA: 2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluorpropoxy)propaanzuur

2. Humane risicogrenzen

2.1 Herziene gezondheidskundige grenswaarde

De EFSA stelt in haar evaluatie een gezondheidskundige grenswaarde vast van 4,4 nanogram per kilogram lichaamsgewicht per week (TWI) voor de gecombineerde inname van de 4 PFAS verbindingen PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA (EFSA CONTAM panel, 2020).
Deze notitie richt zich op de onderbouwing van Interventiewaarden voor de drie PFAS waarvoor eerder Indicatieve Niveaus voor Ernstige Verontreiniging zijn afgeleid: PFOS, PFOS en GenX. In tabel 2.1 is te zien dat de nieuwe grenswaarde tot een factor 20 lager is dan de gezondheidskundige grenswaarden die in 2020 zijn toegepast voor de afleiding van humane risicogrenzen ten behoeve van de INEV's.

Tabel 2.1. Gezondheidskundige grenswaarden gebruikt in 2020 en huidig

GGW in ng/kg lg/d	Grenswaarde 2020	Grenswaarde 2021
PFOS	6,25[1]	0,63[3]
PFOA	12,5[2]	
HFPO-DA (GenX)	21[4]	-[5]

[1] Wintersen et al. (2019)
[2] Zeilmaker et al. (2016)
[3] EFSA CONTAM panel (2020), voor PFOS, PFOA, PHxS en PFNA gecombineerd. Omgerekend naar dagelijkse inname
[4] Rutgers et al. (2019)
[5] Geen nieuwe waarde van EFSA. Beoordeling vindt plaats obv RPF (paragraaf 2.2)

2.2 Implementatie EFSA GGW voor afzonderlijke PFAS en PFAS mengsels

De nieuwe gezondheidskundige grenswaarde geldt voor het mengsel van vier PFAS. De EFSA geeft daarbij niet aan of en hoe deze vier PFAS ten opzichte van elkaar gewogen dienen te worden. Het RIVM stelt voor om dit op basis van zogenaamde Relative Potency Factors (RPF's) (Bil et al., 2020; RIVM, 2021) te implementeren.

Tabel 2.2. Relative Potency Factors voor de 4 PFAS van de EFSA GGW en voor GenX/HFPO-DA

Stof	RPF
PFOS	2
PFOA	1
PFHxS	0,6
PFNA	10
HFPO-DA	0,06

In de voorgestelde RPF benadering wordt aangenomen dat de gezondheidskundige grenswaarde voor PFOA gelijk is aan de EFSA GGW. De grenswaarde voor PFOS is de helft van de EFSA GGW, omdat de toxiciteit twee maal hoger dan die van PFOA wordt ingeschat. Met deze RPF's kunnen de risicogrenzen berekend worden op basis van de relatieve toxiciteit van de individuele verbindingen.
Tevens maakt de RPF benadering het mogelijk om de toxiciteit van mengsels van PFAS onder bepaalde voorwaarden bij elkaar op te tellen (ook buiten de 4 PFAS die door EFSA zijn beoordeeld). Paragraaf 2.4 gaat

hier nader op in. Een overzicht van alle beschikbare RPF's is opgenomen in Bijlage 2.

2.3 Vernieuwd blootstellingsmodel CSOIL

Om de gezondheidskundige grenswaarde 'terug te rekenen' naar een concentratie in de bodem wordt het humane blootstellingsmodel CSOIL gebruikt. Hiervoor gebruikt het model naast stofeigenschappen (tabel 2.2) informatie over blootstellingsroutes gekoppeld aan zeven bodemfuncties. De humane risicogrenzen voor bodem in deze notitie zijn berekend met een nieuwe versie van CSOIL (Van Breemen P.M.F. et al., 2020). Het model is op onderdelen geactualiseerd. Dit heeft (beperkt) consequenties voor de hoogte van de risicogrenzen voor PFAS. De belangrijkste wijzigingen van het model zijn:

- Introductie van nieuwe groep dissociërende stoffen;
- Actualisatie van de consumptiehoeveelheden aardappels en groenten;
- Actualisatie van de hoeveelheden drink- en douchewater.

De aanpassingen aan het model zijn in detail beschreven in het begeleidend rapport bij de nieuwe versie van CSOIL. Getalsmatig hebben de wijzigingen een geringer effect op de risicogrenzen dan de aanpassing van de gezondheidskundige grenswaarde.

Tabel 2.3. Stofparameters PFOS en PFOA zoals gebruikt voor het blootstellingsmodel CSOIL.

Parameter/stof	PFOS	PFOA	HFPO-DA
Molecuulmassa (g/mol)	500	414	329
Oplosbaarheid (mg/l)[1]	$3{,}7\times10^{2}$ [2]	$7{,}1\times10^{3}$ [4]	$6{,}6\times10^{5}$ [5]
Dampspanning (Pa)[1]	$3{,}3\times10^{-3}$ [2]	$2{,}7\times10^{1}$ [4]	$1{,}17\times10^{-2}$ [5]
Log K_{oc} (l/kg)	2,57 [2]	2,06 [4]	1,1 [5]
$BCF_{aardappel}$ (-)	$1{,}0\times10^{-3}$ [3]	$1{,}2\times10^{-2}$ [4]	0,47 [5]
$BCF_{groenten}$ (-)	$1{,}7\times10^{-2}$ [3]	$3{,}5\times10^{-2}$ [4]	0,58 [5]

[1] Waarden gecorrigeerd naar 10°C
[2] Moermond et al. (2010)
[3] Wintersen et al. (2019)
[4] Lijzen et al. (2018)
[5] Rutgers et al. (2019)

2.4 Resultaten humane risicogrenzen in bodem, poriewater en grondwater

Tabel 2.4 toont de humane risicogrenzen in bodem voor de bodemfunctie 'Wonen met tuin'. Deze bodemfunctie vertegenwoordigt een blootstellingsscenario in het model CSOIL en vormt het humane beschermingsniveau ter onderbouwing van de Interventiewaarden, het MTR.
De poriewaterconcentraties uit Tabel 2.4 zijn de met CSOIL berekende evenwichtsconcentraties bij de concentraties in de vaste fase. De waarden onder '$C_{gw,max}$' zijn de concentraties waarbij blootstelling tot de GGW optreedt als gevolg van consumptie van ruw grondwater. De berekening gaat uit van een levenslange blootstelling (Van Breemen P.M.F. et al., 2020). Voor de onderbouwing van Interventiewaarden wordt daarbij geen rekening gehouden met blootstelling uit andere bronnen. Met andere woorden, de zogenoemde allocatiefactor bedraagt 1 (NOBO, 2008).
De waarden uit Tabel 2.4 zijn berekend met toepassing van de RPF's uit Tabel 2.2. Deze humane risicogrenzen zijn alleen van toepassing als één van de stoffen PFOS, PFOA of GenX wordt aangetroffen in bodem of grondwater. Hierna wordt beschreven hoe om te gaan met de risicogrenzen in geval er een mengsel van PFAS voorkomt in bodem.

Tabel 2.4. Humane risicogrenzen in bodem, poriewater en voor directe consumptie van ruw grondwater

	Bodem [µg/kg]	**Poriewater [ng/l]**	**$C_{gw,\ max}$ [ng/l]**
PFOS	59	$2{,}7x10^3$	9,9
PFOA	60	$8{,}6x10^3$	20
GenX	57	$6{,}0x10^4$	$3{,}3x10^2$

De risicogrenzen voor PFOS en GenX uit Tabel 2.4 zijn gecorrigeerd voor relatieve toxiciteit op basis van de RPF's uit Tabel 2.2. In Bijlage 1 worden de relatieve bijdragen van de blootstellingsroutes uit het model CSOIL weergegeven voor de drie stoffen uit tabel 2.4.

Wanneer mengsels van PFAS worden beoordeeld, dient uitgegaan te worden van concentratie-additie. Daarbij wordt een risico-index berekend als de som van de quotiënten van concentraties en risicogrenzen. De blootstelling uit bodem of grondwater voldoet aan de GGW bij een risico-index lager dan 1:

$$RI = \sum_{i=1}^{n} \frac{C_{PFASn}}{Rg_{PFASn}}$$

Waarbij

RI	Risico-index
C_{PFASn}	Concentratie van PFAS component n
Rg_{PFASn}	Risicogrens voor PFAS component n

Bij implementatie van deze risicogrenzen in normstelling kan ook gebruik gemaakt worden van een benadering op basis van Toxiciteits-

equivalenten zoals die voor dioxines wordt toegepast. De wijze waarop met combinatietoxiciteit rekening wordt gehouden is onderdeel van het beleidsmatig traject en hangt onder af van hoe de ecologische risicogrenzen doorwerken in de normen.

In het (fictieve) rekenvoorbeeld hierna wordt getoond hoe een berekening van het gezondheidsrisico op basis van de RPF's en concentratie-additie plaats zou kunnen vinden

Rekenvoorbeeld toetsing gecombineerde blootstelling

Voorbeeld: beoordeling mengsel PFAS in bodem
In de bodem op een verontreinigde locatie zijn de volgende concentraties PFAS aangetroffen:

PFOS	49 µg/kg
PFOA	3 µg/kg
6:2 FTS	34 µg/kg

We kunnen op dit moment alleen de risico-index van het mengsel van PFOS en PFOA berekenen. Voor 6:2 FTS is nog geen risicogrens in bodem beschikbaar.

$$RI = \frac{49}{59} + \frac{3}{60} = 0{,}88$$

Conclusie
De gecombineerde humane blootstelling uit bodem aan PFOS en PFOA leidt niet tot overschrijding van de EFSA GGW (de risico-index is kleiner dan 1). Er is echter een derde verbinding aangetoond die structurele gelijkenissen met PFOS vertoont. Het verdient aanbeveling om na te gaan of voor deze stof een risicogrens afgeleid kan worden. Als tijdelijke oplossing kan overwogen worden om 6:2 FTS als PFOS te beoordelen.

Er zijn voor bodem humane risicogrenzen voor PFOS, PFOA en GenX afgeleid. De RPF's uit bijlage 2 geven een indicatie van de relatieve toxiciteit van andere PFAS ten opzichte van PFOA. Het is daarmee echter niet direct mogelijk om voor deze PFAS ook risicogrenzen in bodem af te leiden. Daarvoor is het nodig om het blootstellingsmodel CSOIL voor deze stoffen te parametriseren. In hoeverre dit mogelijk is, hangt af van de daarvoor beschikbare informatie. Zie verder ook de aanbeveling hierover in Hoofdstuk 4.
De risicogrenzen op basis van directe consumptie van ruw grondwater, de $C_{gw,max}$ kunnen op basis van de RPF's wel direct worden geëxtrapoleerd voor andere PFAS dan de PFAS uit deze notitie.

3. Ecologische risicogrenzen

De ecologische risicogrenzen voor PFOS, PFOA en GenX zijn sinds 2020 onveranderd. Tabel 3.2 toont de ecologische risicogrenzen. Er wordt onderscheid gemaakt in directe ecotoxiciteit en ecotoxiciteit op basis van doorvergiftiging. Het eerste type risicogrens heeft betrekking op directe blootstelling van bodemorganismen aan PFAS in de bodem. Het tweede type risicogrens geeft aan bij welke concentratie in de bodem effecten op hogere organismen in de voedselketen, zoals mollen en roofvogels, kunnen optreden (Verbruggen, 2014). In grondwater wordt alleen directe ecotoxiciteit beschouwd.
Voor GenX kon uitsluitend een risicogrens op basis van doorvergiftiging worden bepaald. De verwachting is dat de directe ecotoxiciteit van GenX relatief gering is (Rutgers et al., 2019).

Tabel 3.2. Ecologische risicogrenzen (op basis van HC_{50}; hazardous concentration for 50% of species) voor PFOS en PFOA in µg/kg

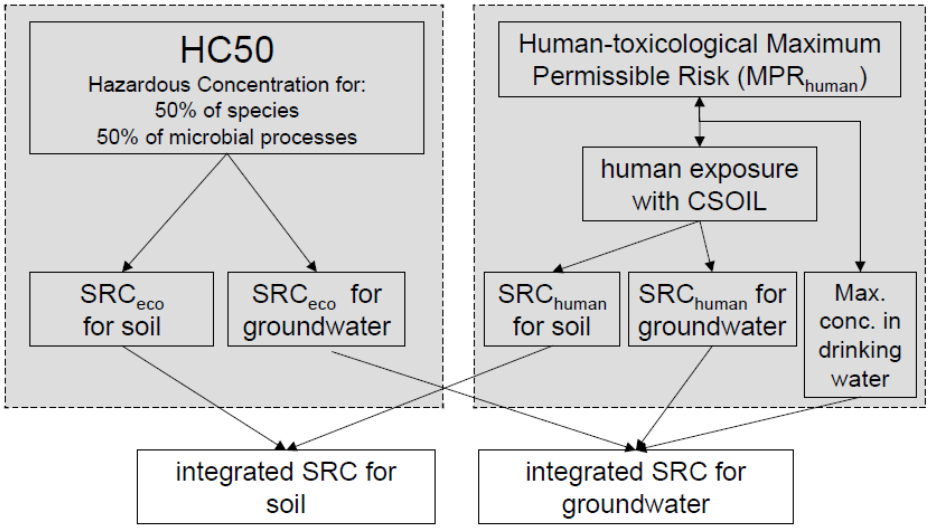
	Doorvergiftiging	**Directe ecotoxiciteit**	
	Bodem (µg/kg)	Bodem (µg/kg)	Grondwater(ng/l)
PFOS[1]	9100	$5{,}0 \times 10^{4}$	$1{,}0 \times 10^{6}$
PFOA[2]	1100	$5{,}0 \times 10^{4}$	$7{,}0 \times 10^{6}$
GenX[3]	960	-	$1{,}6 \times 10^{7}$

[1] Waarden uit Verbruggen et al. (2020)
[2] Waarden uit Lijzen et al. (2018)
[3] Waarden uit Rutgers et al. (2019)

4. Aggregatie en aanbevelingen

4.1 Methodiek onderbouwing Interventiewaarden

In dit hoofdstuk worden de risicogrenzen geaggregeerd zoals beschreven in Lijzen et al. (2001) en in Figuur 4.1. In dit rapport werd tevens geadviseerd om bij de onderbouwing van Interventiewaarden rekening te houden met de ecologische risico's van doorvergiftiging in de voedselketen. Van (een deel van de) PFAS is bekend dat zij accumuleren in organismen en dat daardoor juist hogere organismen kwetsbaar zijn voor de aanwezigheid van deze stoffen in het ecosysteem (Verbruggen et al., 2020). Om die reden zijn de ecologische risicogrenzen voor doorvergiftiging opgenomen in de onderbouwing, net als bij de onderbouwing van INEV's en de onderbouwing van de Maximale Waarden voor toepassen.



Figuur 4.1. Aggregatie risicogrenzen tbv onderbouwing Interventiewaarden. $SRC_{eco}=HC_{50}$, MPR=MTR. Uit Lijzen et al. (2001)

4.2 Aggregatie risicogrenzen

Tabel 4.1 toont de geaggregeerde (laagste) waarden voor bodem. Te zien is dat de humane risicogrenzen op basis van de nieuwe EFSA GGW bepalend zijn voor de geaggregeerde waarde. In tegenstelling tot de INEV's uit 2020, die nog bepaald werden door de ecologische risicogrenzen.

Tabel 4.1. Risicogrenzen bodem voor PFOS, PFOA en GenX en geaggregeerde (laagste) waarden

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

* Waarden per stof, voor beoordeling obv combinatietoxiciteit, zie paragraaf 2.4

Tabel 4.2 toont de geaggregeerde waarden voor grondwater. Er worden twee waarden gegeven. Een waarde gebaseerd op de beleidsmatige overweging dat ruw grondwater zonder risico's moet kunnen worden geconsumeerd en een waarde gebaseerd op risico's van verontreinigd grondwater voor het bovengronds gebruik van een locatie en voor het grondwaterecosysteem.

Tabel 4.2. Risicogrenzen grondwater voor PFOS, PFOA en GenX en geaggregeerde waarden

Risicogrenzen grondwater in ng/L voor PFAS					
	Drinkwater	Ecologie	Gezondheid	Geaggregeerd	
Toetscriterium	$C_{dw,\ max}$	$HC_{50,direct}$	MTR	Inclusief consumptie	Exclusief 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	$1{,}6x10^{7}$	$6{,}0x10^{4}$	**330**	**$6{,}0x10^{4}$**

Tabel 4.3 bevat de ter vergelijking INEV's voor grondwater uit 2020.

Tabel 4.3. INEV's voor grondwater uit 2020 in ng/l

Stof	**INEV inclusief consumptie**	**INEV exclusief consumptie**
PFOS	200	$5{,}6x10^{4}$
PFOA	390	$1{,}7x10^{5}$
GenX	660	$1{,}4x10^{5}$

4.3 Overwegingen bij implementatie van de waarden uit deze notitie

Doelstelling Interventiewaarden

Met Interventiewaarden wordt bepaald of sprake is van een afgebakend geval van ernstige bodemverontreiniging (Circulaire bodemsanering, 2013). Indien sprake is van een geval van ernstige bodemverontreiniging, dan dient met een locatiespecifieke beoordeling bepaald te worden of beheers- of saneringsmaatregelen noodzakelijk zijn.

De risicogrenzen uit deze notitie zijn nog geen normen. Interventiewaarden worden door het Ministerie van IenW vastgesteld op basis van risicogrenzen. Daarnaast kunnen ook aspecten zoals doelmatigheid en proportionaliteit een rol spelen bij het vaststellen van de Interventiewaarden. In het vervolgtraject vindt nog een impact assessment plaats met een inventarisatie van concentraties PFAS in bodem en grondwater.

Twee waarden voor grondwater
In deze notitie worden twee risicogrenzen voor grondwater gepresenteerd. De waarde inclusief consumptie van ruw drinkwater wordt op vergelijkbare wijze afgeleid als richtwaarden voor drinkwater. Het belangrijkste verschil is dat de richtwaarde voor drinkwater is gebaseerd op een blootstelling van 20% van de GGW (20% allocatie). Voor de onderbouwing van Interventiewaarden wordt gerekend met 100% allocatie.
De risicogrens uit deze notitie is een uitwerking van het beschermdoel dat ook zogenaamd ruw grondwater, dat is grondwater voor zuivering, zoveel mogelijk van een kwaliteit dient te zijn die consumptie toestaat zonder blootstelling aan stoffen boven de GGW. De risicogrens voor grondwater inclusief consumptie van drinkwater is daarmee geen norm voor drinkwater. Drinkwater ('uit de kraan') dient immers te voldoen aan de vastgestelde richtwaarden voor drinkwater.
Op basis van wat nu bekend is van de concentraties PFAS in grondwater, is het de verwachting dat de kwaliteit van het grondwater niet overal aan dit beschermdoel voldoet (Van der Aa et al., 2021). Dit is onderwerp van de impact assessment die volgt op de vaststelling van de risicogrenzen in deze notitie. Welk van de risicogrenzen voor grondwater van toepassing is in specifieke situaties is onderdeel van het traject van beleidsmatige vaststelling van de Interventiewaarden.

4.4 Aanbevelingen

Met betrekking tot precursors van PFOS:
Concentraties van de precursors van PFOS N-EtFOSA(A) en N-MeFOSA(A) dienen opgeteld te worden bij de concentratie van PFOS voor beoordeling. Er is voldoende bewijs dat deze precursors na toepassen op landbodem snel worden omgezet in PFOS (Fromel & Knepper, 2010; Nguyen et al., 2016; Osté, 2021).

Ten aanzien van de toepasbaarheid van de twee soorten van risicogrenzen voor grondwater uit deze notitie wordt aanbevolen om nader uit te werken onder welke voorwaarden deze waarden van toepassing zijn in relatie tot de beschermdoelen die deze waarden vertegenwoordigen.

Met betrekking tot ontwikkeling van kennis op het gebied van risico's van PFAS in grond en grondwater worden de volgende adviezen gegeven:

- Ga na of PFAS opgenomen kunnen worden in de Risicotoolbox-grondwater. Dit instrument maakt een functiegerichte risicobeoordelingen mogelijk van het grondwater. Dit geeft invulling aan het handelingsperspectief bij overschrijding van de Interventiewaarde;
- Leid risicogrenzen af voor andere PFAS dan PFOS, PFOA en GenX in bodem en grondwater. Bijvoorbeeld als onderdeel van de pilots in het kader van de te ontwikkelingen algemene methodiek opkomende stoffen in bodem;
- Evalueer de huidige humane risicogrenzen voor bodem na een periode van één of twee jaar. PFAS staan als stofgroep in de belangstelling en daardoor komt veel nieuwe informatie beschikbaar over bijvoorbeeld opname van PFAS in eetbare gewassen. Op basis van deze nieuwe informatie kunnen de risicogrenzen binnen afzienbare tijd verbeterd worden.

5. Literatuur

Bil, W., Zeilmaker, M., Fragki, S., Lijzen, J., Verbruggen, E., & Bokkers, B. (2020). Risk Assessment of Per- and Polyfluoroalkyl Substance Mixtures: A Relative Potency Factor Approach *Environ Toxicol Chem* https://doi.org/doi.org/10.1002/etc.4835

Circulaire bodemsanering. (2013). *Circulaire bodemsanering per 1 juli 2013, geraadpleegd op 21 oktober 2021.* https://wetten.overheid.nl/BWBR0033592/2013-07-01

EFSA CONTAM panel. (2020). *Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food* (EFSA Journal 2020;18(9):6223). https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/6223

Fromel, T., & Knepper, T. P. (2010). Biodegradation of fluorinated alkyl substances. *Rev Environ Contam Toxicol*, *208*, 161-177. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6880-7_3

Lijzen, J., Baars AJ, Otte PF, Rikken M, Swartjes FA, Verbruggen EMJ, & AP, V. W. (2001). *Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groundwater. Human and ecotoxicological risk assessment and derivation of risk limits for soil, aquatic sediment and groundwater*. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701023.html

Lijzen, J., Wassenaar, P., Smit, C., Posthuma, C., Brand, E., Swartjes, F., & Versteegh, J. (2018). *Risicogrenzen PFOA voor grond en grondwater : Uitwerking voor generiek en gebiedsspecifiek beleid (herziene versie)*.

Moermond, C. T. A., Verbruggen, E. M. J., & Smit, C. E. (2010). *Environmental risk limits for PFOS. A proposal for water quality standards in accordance with the Water Framework Directive* (601714013/2010).

Nguyen, T. V., Reinhard, M., Chen, H., & Gin, K. Y. (2016). Fate and transport of perfluoro- and polyfluoroalkyl substances including perfluorooctane sulfonamides in a managed urban water body. *Environ Sci Pollut Res Int*, *23*(11), 10382-10392. https://doi.org/10.1007/s11356-016-6788-9

NOBO. (2008). *Normstelling en bodemkwaliteitsbeoordeling, onderbouwing en beleidsmatige keuzes voor bodemnormen in 2005, 2006 en 2007. Ministerie van VROM, publicatie 8395.* https://www.bodemplus.nl/publish/pages/91751/rapportage_nobo_normstellling_en_bodemkwaliteitsbeoordeling_24_263999.pdf

Osté, L. (2021). *Onderbouwing grenswaarden voor definitief handelingskader PFAS Grenswaarden voor toepassen in zoet oppervlaktewater. In voorbereiding*.

RIVM. (2020). *Conclusie RIVM gebruik EFSA-TWI PFAS*. https://www.rivm.nl/documenten/notitie-conclusie-rivm-gebruik-efsa-twi-pfas

RIVM. (2021). *Notitie implementatie van de EFSA som-TWI PFAS*. https://www.rivm.nl/documenten/notitie-implementatie-van-efsa-som-twi-pfas

Rutgers, M., Brand, E., Janssen, P., Marinkovic, M., Muller, J., Oomen, A., Otte, P., Swartjes, F., & Verbruggen, E. (2019). *Risicogrenzen*

GenX (HFPO-DA) voor grond en grondwater. https://www.rivm.nl/publicaties/risicogrenzen-genx-hfpo-da-voor-grond-en-grondwater

Van Breemen P.M.F. , Quick, J., Brand, E., Otte, P. F., Wintersen, A. M., & Swartjes, F. A. (2020). *CSOIL 2020: Exposure model for human health risk assessment through contaminated soil. Technical description.* https://www.rivm.nl/publicaties/csoil-2020-exposure-model-for-human-health-risk-assessment-through-contaminated-soil

Van der Aa, M., Hartmann, J., Biesebeek, J. D. t., & Boon, P. (2021). *Analyse bijdrage drinkwater en voedsel aan blootstelling EFSA-4 PFAS in Nederland en advies drinkwaterrichtwaarde*.

Verbruggen, E. (2014). *New method for the derivation of risk limits for secondary poisoning* (2014-0097). https://www.rivm.nl/publicaties/new-method-for-derivation-of-risk-limits-for-secondary-poisoning

Verbruggen, E., Marinkovic, M., & Wassenaar, P. (2020). *Ecotoxicologische risicogrenzen voor PFOS in bodem en grondwater*. https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2020-0085.html

Wintersen, A., & Otte, P. (2021). *Risicogrenzen ter onderbouwing van Maximale Waarden voor toepassen van grond en baggerspecie voor PFOS en PFOA*.

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

Wintersen, A. M., & Otte, P. (2020). *Indicatieve Niveaus voor Ernstige Verontreiniging PFAS*. https://www.rivm.nl/documenten/indicatieve-niveaus-voor-ernstige-verontreiniging-pfas

Zeilmaker, M. J., Janssen, P., Versteegh, A., Pul, A. v., Vries, W. d., Bokkers, B., Wuijts, S., Oomen, A., & Herremans, J. (2016). *Risicoschatting emissie PFOA voor omwonenden* https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0049.pdf

Bijlage 1. Bijdrage blootstellingsroute per bodemfunctie

stofnaam	risicogrenswaarde bodem [mg/kg]	Poriewater [kg/m3]	Ingestie grond	Dermale opn. binnen	Dermale opn. buiten	Inhalatie gronddeeltjes	Inhalatie binnenlucht	Inhalatie buitenlucht	Groente-consumptie	Permeatie drinkw.	Dampen douchen	Derm. opn. douchen	Dosis [g/(kg lg.dag)]
PFOA	5.95E-02	8.61E-06	7.29E-11	4.54E-13	6.32E-12	5.66E-13	5.03E-13	9.26E-17	5.47E-10	3.86E-13	1.50E-15	1.02E-13	6.29E-10
PFOS	5.85E-02	5.39E-06	1.44E-10	8.95E-13	1.25E-11	1.12E-12	7.66E-22	1.66E-23	4.70E-10	2.06E-19	2.33E-24	2.35E-22	6.29E-10
GenX (FRD 903)	5.72E-02	3.62E-06	4.20E-12	2.62E-14	3.64E-13	3.26E-14	4.23E-15	1.67E-16	6.22E-10	1.69E-12	3.07E-20	3.05E-14	6.29E-10

Merk op:

- Bijdragen blootstellingsroutes aan dosis in g/kg lichaamsgewicht/dag
- De waarden onder ‘risicogrenswaarde’ en ‘poriewater’ zijn exclusief correctie correctie achtergrondblootstelling

Bijlage 2. Overzicht Relative Potency Factors

Uit: (RIVM, 2021)

Relatieve potentie factoren van 23 PFAS

PFAS	**PFAS afkorting**	**CAS nummer van lineaire PFAS**	**RPF**
Sulfonzuren			
Perfluorbutaansulfonzuur	PFBS	375-73-5	0,001
Perfluorpentaansulfonzuur *	PFPeS	2706-91-4	0,6
Perfluorhexaansulfonzuur	PFHxS	355-46-4	0,6
Perfluorheptaansulfonzuur *	PFHpS	375-92-8	2
perfluoroctaansulfonzuur	PFOS	1763-23-1	2
Perfluordecaansulfonzuur	PFDS	335-77-3	2
Carbonzuren			
perfluorbutaanzuur	PFBA	375-22-4	0,05
Perfluorpentaanzuur *	PFPeA	2706-90-3	0,05
perfluorhexaanzuur	PFHxA	307-24-4	0,01
Perfluorheptaanzuur *	PFHpA	375-85-9	1
perfluoroctaanzuur	PFOA	335-67-1	1
perfluornonaanzuur	PFNA	375-95-1	10
Perfluordecaanzuur *	PFDA	335-76-2	10
perfluorundecaanzuur	PFUnDA	2058-94-8	4
perfluordodecaanzuur	PFDoDA	307-06-7	3
Perfluortridecaanzuur *	PFTrDA	72629-94-8	3
perfluortetradecaanzuur	PFTeDA	376-06-7	0,3
perfluorhexadecaanzuur	PFHxDA	67905-19-5	0,02
perfluoroctadecaanzuur	PFODA	16517-11-6	0,02
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
Telomeer alcoholen			
1H,1H,2H,2H-perfluoroctanol	6:2 FTOH	647-42-7	0,02
1H,1H,2H,2H-perfluordecanol	8:2FTOH	678-39-7	0,04