



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
29 april 2021

Opgesteld door
Arjen Wintersen
Piet Otte
DMG/DDB

T 030-2743543
arjen.wintersen@rivm.nl

memo

Achtergrondwaarden en risicogrenzen ten behoeve van onderbouwing Maximale Waarden PFAS voor toepassen van grond en baggerspecie

Samenvatting

Deze notitie presenteert de achtergrondwaarden en risicogrenzen die nodig zijn voor de onderbouwing van Maximale Waarden voor grond en baggerspecie voor PFAS. Met Maximale Waarden wordt getoetst of toepassingen van grond en bagger op de landbodem voldoen aan de vereiste chemische kwaliteit in relatie tot het gebruik van de bodem. De aanleiding voor de actualisatie van de Maximale Waarden uit het Tijdelijk Handelingskader PFAS is de publicatie van de gezondheidskundige grenswaarde voor vier PFAS door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA; European Food Safety Authority). Op basis van deze nieuwe grenswaarden zijn de humane risicogrenzen voor PFAS in bodem opnieuw berekend.

In het Tijdelijk Handelingskader PFAS zijn door het Ministerie van IenW de Maximale Waarden voor de bodemfunctieclassen wonen en industrie voor toepassen van grond of bagger op de landbodem vastgesteld op risicogrenzen voor ecologische doorvergiftiging: de '3-7-3' µg/kg voor respectievelijk PFOS, PFOA en andere individuele PFAS verbindingen. De reden voor deze (voorzichtige) keuze was de nog lopende evaluatie van de gezondheidskundige grenswaarde van PFAS door EFSA en het relatief mobiele karakter van (een deel van de) PFAS en de daaruit voortvloeiende risico's voor de kwaliteit van het grondwater.

De opnieuw berekende humane risicogrenzen voor bodem zijn niet lager dan de huidige Maximale Waarden uit het Tijdelijk Handelingskader. Dit betekent dat de huidige Maximale Waarden ook voldoen aan de beschermingsdoelen en -niveaus van het besluit Bodemkwaliteit na implementatie van het EFSA advies. Wanneer wordt gekozen voor hogere Maximale Waarden dan de '3-7-3', bijvoorbeeld in het kader van gebiedsspecifiek beleid, dan adviseert het RIVM om bij toetsing rekening te houden met de gecombineerde toxiciteit van mengsels van PFAS. Daarnaast wordt geadviseerd om rekening te houden met risico's voor de grondwaterkwaliteit als gevolg van het

toepassen van grond en baggerspecie op of in de bodem. Dit kan bijvoorbeeld door aanvullende toepassingseisen te stellen of een locatie- of gebiedsspecifieke beoordeling uit te voeren. Tenslotte wordt geadviseerd om het risico voor de grondwaterkwaliteit op termijn expliciet mee te wegen in de onderbouwing van normering voor toepassen van grond en bagger met de afleiding van risicogrenzen voor uitloging.

Inhoud

SAMENVATTING	1
INHOUD	3
GEBRUIKTE AFKORTINGEN	4
1. AANLEIDING	5
2. HUMANE RISICOGRENZEN	6
2.1 HERZIENE GEZONDHEIDSKUNDIGE GRENSWAARDE	6
2.2 ACHTERGRONDBLOOTSTELLING.....	6
2.3 VERNIEUWD BLOOTSTELLINGSMODEL CSOIL.....	7
2.4 IMPLEMENTATIE EFSA GGW VOOR AFZONDERLIJKE PFAS EN PFAS MENGSELS	7
2.5 RESULTATEN HUMANE RISICOGRENZEN VOOR DE VASTSTELLING VAN MAXIMALE WAARDEN GROND 8	
2.6 REKENEN MET COMBINATIETOXICITEIT.....	9
3. ACHTERGRONDWAARDEN EN ECOLOGISCHE RISICOGRENZEN	10
3.1 ACHTERGRONDWAARDEN.....	10
3.2 ECOLOGISCHE RISICOGRENZEN	10
4. AGGREGATIE EN AANBEVELINGEN	12
4.1 AGGREGATIE RISICOGRENZEN	12
4.2 OVERWEGINGEN BIJ IMPLEMENTATIE VAN DE WAARDEN UIT DEZE NOTITIE	13
4.3 AANBEVELINGEN.....	15
5. LITERATUUR	17
BIJLAGE 1. BIJDRAGE BLOOTSTELLINGSROUTE PER BODEMFUNCTIE	19
BIJLAGE 2. OVERZICHT RELATIVE POTENCY FACTORS	20

Gebruikte afkortingen

BCF	BioConcentratieFactor
HC _x	Hazardous Concentration for x % of species
IenW	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
TDI	Toelaatbare Dagelijkse Inname
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

1. Aanleiding

In 2019 heeft het RIVM een advies opgesteld voor risicogrenzen voor PFAS in bodem (Wintersen et al., 2019). Op basis van dit advies zijn door het Ministerie van IenW landelijke normen voor het toepassen van grond en bagger vastgesteld (Ministerie van IenW, 2019) in het eerste 'Tijdelijk handelingskader PFAS'.

In het advies is gewezen op de toen lopende evaluatie van de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA; European Food Safety Authority) van de humane toxiciteitsgrenzen voor PFAS, waarvan de uitkomsten consequenties konden hebben voor de hoogte van de humane risicogrenzen in bodem. Deze toen nog lopende evaluatie vormde in 2019 (naast de zorgen m.b.t. de mobiliteit van PFAS en de consequenties voor de grondwaterkwaliteit) aanleiding om in afwijking van de gangbare systematiek (NOBO, 2008) de toepassingsnormen voor de functieklassen Wonen en Industrie voor PFAS voorsnog te baseren op de laagste (ecologische) risicogrenzen.

In 2020 (17 september 2020) heeft de EFSA een nieuwe gezondheidskundige grenswaarde afgeleid voor de combinatie van vier PFAS (EFSA CONTAM panel, 2020). RIVM heeft de EFSA-opinie bestudeerd en geadviseerd de gezondheidskundige grenswaarde van EFSA te gebruiken voor de afleiding van gezondheidskundige milieunormen (RIVM, 2020).

In deze notitie worden de consequenties van de nieuwe grenswaarde van EFSA voor de hoogte van humane risicogrenzen inzichtelijk gemaakt. Op basis hiervan kan het Ministerie van IenW normen voor hergebruik van grond en bagger vaststellen ten behoeve van een definitief handelingskader voor PFAS. Het Ministerie kan daarbij ook andere overwegingen en informatie betrekken (NOBO, 2008).

De generieke normen voor hergebruik zijn gericht op stoffen die landelijk diffuus voorkomen in de bodem. Van PFAS is inmiddels vast komen te staan dat dit geldt voor de verbindingen PFOS en PFOA (Wintersen et al., 2020b), andere PFAS zijn in de bodem alleen sporadisch aangetroffen. Om deze reden worden in tegenstelling tot de vorige notitie over risicogrenzen voor PFAS in bodem dan ook geen risicogrenzen meer afgeleid voor de stof GenX.

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 voor de gecombineerde inname van de 4 PFAS verbindingen PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA (EFSA CONTAM panel, 2020). In 2019 heeft het RIVM onderzoek gedaan naar de aanwezigheid van PFAS in de Nederlandse bodem (Wintersen et al., 2020b). Twee van deze verbindingen, PFOS en PFOA, worden in dit onderzoek structureel in lage gehalten aangetroffen in de Nederlandse bodem. PFHxS en PFNA werden, naast andere PFAS, sporadisch boven rapportagegrens aangetroffen in het achtergrondwaardenonderzoek. Deze notitie richt zich op de onderbouwing van toepassingsnormen voor de twee PFAS die diffuus voorkomen in de Nederlandse bodem. In tabel 2.1 is te zien dat de nieuwe grenswaarde tot een factor 20 lager is dan de gezondheidskundige grenswaarden die in 2019 zijn gebruikt voor de afleiding van humane risicogrenzen in bodem.

Tabel 2.1. Gezondheidskundige grenswaarden 2019 en 2021.

TDI in ng/kg lg/d	Grenswaarde 2019	Grenswaarde 2021
PFOS	6,25 ¹	0,63 ³
PFOA	12,5 ²	

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

2.2 Achtergrondblootstelling

Als bodem voldoet aan de Maximale Waarden dan betekent dit dat zij duurzaam geschikt is voor de beoogde bodemfunctie. Bij de onderbouwing van Maximale Waarden wordt ook rekening gehouden met blootstelling uit andere bronnen (NOBO, 2008). Op dit moment is er beperkte informatie waarmee de blootstelling uit andere bronnen dan bodem kan worden gekwantificeerd. Potentieel relevante blootstellingsbronnen zijn voedsel en contact met PFAS-houdende materialen. Op basis van al wat oudere schattingen van blootstelling uit voedsel (Noorlander et al., 2011) kan geconcludeerd worden dat de achtergrondblootstelling uit voedsel, inclusief drinkwater, destijds waarschijnlijk in de orde grootte van de nieuwe TDI (Toelaatbare Dagelijkse Inname) lag (Van der Aa et al., 2021). Bovendien concludeert EFSA dat veel mensen al tot boven de gezondheidskundige grenswaarde voor inname zijn blootgesteld als gevolg van de gecombineerde blootstelling aan PFAS via voedsel (inclusief drinkwater) (EFSA CONTAM panel, 2020). Voor de afleiding van de nieuwe humane risicogrenzen wordt daarom uitgegaan van de aanname dat de achtergrondblootstelling minstens de helft van de TDI bedraagt. Dit komt neer op de maximale achtergrondblootstelling (50% van de TDI) waarmee gerekend wordt voor de afleiding van humane risicogrenzen in bodem conform de systematiek voor de afleiding van referentiewaarden ter onderbouwing van Maximale Waarden (Dirven et al., 2007). Dit betekent dat er 50% van het TDI resteert voor de risicogrenzen voor bodem, dit wordt ook wel de *allocatie* genoemd.

2.3 Vernieuwd blootstellingsmodel CSOIL

Om de gezondheidkundige 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 nieuwe humane risicogrenzen voor bodem 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 van PFOS en PFOA dan de aanpassing van de gezondheidkundige grenswaarde.

Tabel 2.2. Stofparameters PFOS en PFOA zoals gebruikt voor het blootstellingsmodel CSOIL.

Parameter/stof	PFOS	PFOA
Molecuulmassa (g/mol)	500	414
Oplosbaarheid (mg/l)⁽¹⁾	$3,7 \times 10^2$ ⁽²⁾	$7,1 \times 10^3$ ⁽⁴⁾
Dampspanning (Pa)⁽¹⁾	$3,3 \times 10^{-3}$ ⁽²⁾	$2,7 \times 10^1$ ⁽⁴⁾
Log K_{oc} (l/kg)	2,57 ⁽²⁾	2,06 ⁽⁴⁾
BCF_{aardappel} (-)	$1,0 \times 10^{-3}$ ⁽³⁾	$1,2 \times 10^{-2}$ ⁽⁴⁾
BCF_{groenten} (-)	$1,7 \times 10^{-2}$ ⁽³⁾	$3,5 \times 10^{-2}$ ⁽⁴⁾

¹ Waarden gecorrigeerd naar 10°C

² Moermond et al. (2010)

³ Wintersen et al. (2019)

⁴ Lijzen et al. (2018)

2.4 Implementatie EFSA GGW voor afzonderlijke PFAS en PFAS mengsels

De nieuwe gezondheidkundige 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 2.3. Relative Potency Factors voor de 4 PFAS van de EFSA TDI

Stof	RPF
PFOS	2
PFOA	1
PFHxS	0,6
PFNA	10

In de voorgestelde RPF-benadering wordt aangenomen dat de gezondheidkundige grenswaarde voor PFOA gelijk is aan de EFSA TDI. De grenswaarde voor PFOS is de helft van de EFSA TDI, omdat de toxiciteit twee keer zo hoog als die van PFOA wordt ingeschat. Met deze RPF's kunnen de risicogrenzen voor bodem gecorrigeerd worden op basis van de relatieve toxiciteit van de individuele verbindingen. Daarnaast maakt de RPF benadering het mogelijk om de toxiciteit van mengsels van PFAS, ook buiten de 4 PFAS die door EFSA zijn beoordeeld, bij elkaar op te tellen. Een overzicht van alle beschikbare RPF's is opgenomen in Bijlage 2.

2.5 Resultaten humane risicogrenzen voor de vaststelling van Maximale Waarden grond

Tabel 2.4 toont de humane risicogrenzen in bodem voor de bodemfuncties 'Wonen met moestuin', 'Wonen met tuin' en 'Ander groen, infrastructuur en industrie'. Deze waarden zijn berekend met toepassing van de RPF's en gebaseerd op een allocatie van 50% van het TDI zoals beschreven in de voorgaande paragrafen. De laatste twee functies worden gebruikt voor de onderbouwing van de Maximale Waarden voor de functieklassen 'Wonen' en 'Industrie' (Hoofdstuk 4).

Deze humane risicogrenzen zijn alleen van toepassing als enkel PFOS of enkel PFOA wordt aangetroffen in bodem. Hieronder wordt beschreven hoe om te gaan met de risicogrenzen in geval er een mengsel van beide PFAS voorkomt in bodem.

Tabel 2.4. Humane risicogrenzen in bodem (in µg/kg)

	PFOS	PFOA
Wonen met moestuin	2,4	2,3
Wonen met tuin	29	30
Ander groen, infrastructuur en industrie	480	930

In Bijlage 1 worden de relatieve bijdragen van de blootstellingsroutes uit het model CSOIL weergegeven voor de drie bodemfuncties uit tabel 2.4. Merk op dat daarbij de achtergrondblootstelling nog niet is verwerkt in de weergegeven doses. Zie verder ook de opmerking onder de tabel in de bijlage.

Risicogrenzen voor moestuinen

De risicogrenzen voor de bodemfunctie 'Wonen met moestuin' zijn geen onderdeel van de onderbouwing van de Maximale Waarden. Deze waarden kunnen wel ingezet worden ten behoeve van locatiespecifiek beleid. Bodemconcentraties boven de waarden voor de functie Moestuin uit Tabel 2.4 kunnen bijvoorbeeld aanleiding vormen om een locatiespecifieke beoordeling uit te voeren. Hierbij wordt de blootstelling beoordeeld op basis van gemeten gewasconcentraties.

De risicogrens voor PFOS uit Tabel 2.4 is gecorrigeerd voor relatieve toxiciteit op basis van de RPF uit Tabel 2.3. In het geval er enkel PFOS voorkomt in de bodem dan correspondeert, volgens het CSOIL model, een blootstelling van 50% van de TDI gedeeld door de RPF_{PFOS}

3. Achtergrondwaarden en ecologische risicogrenzen

3.1 Achtergrondwaarden

In 2019 heeft het RIVM tijdelijke achtergrondwaarden afgeleid. Deze waarden waren gebaseerd op beschikbare metingen van onderzoek van decentrale overheden naar PFAS-concentraties in relatief schone gebieden.

Om een compleet landelijk beeld te krijgen van de aanwezigheid van PFAS in de bodem is daarna nieuw onderzoek uitgevoerd op 100 locaties in landelijk gebied in Nederland. Daarmee vormt dit onderzoek een afspiegeling van het bereik van de concentraties die kunnen worden aangetroffen op plekken die relatief onbeïnvloed zijn door bronnen van PFAS (Wintersen et al., 2020b). Tabel 3.1 toont de definitieve achtergrondwaarden voor PFOS en PFOA.

Tabel 3.1. Achtergrondwaarden PFOS en PFOA

Stof	Achtergrondwaarde [$\mu\text{g}/\text{kg}$]
PFOS	1,4
PFOA	1,9

Met het beschikbaar komen van achtergrondwaarden voor PFAS in bodem kon invulling gegeven worden aan de functieklasse 'Landbouw/natuur'. De achtergrondwaarden vormen de zogenaamde 'altijd-grens' in het Besluit bodemkwaliteit. Grond en bagger die voldoet aan de landelijke achtergrondwaarden kan overal toegepast worden. Voor PFAS is dit in het Tijdelijk Handelingskader verder toegespitst op toepassingen op landbodem. De reden hiervoor is dat de relatief hoge mobiliteit van PFOA ervoor zorgt dat concentraties in zwevend stof en sediment structureel lager zijn dan in de landbodem (Osté et al., 2019; Wintersen et al., 2020a).

3.2 Ecologische risicogrenzen

De ecologische risicogrenzen voor PFOS en PFOA zijn sinds 2019 onveranderd. Tabel 3.2 toont de ecologische risicogrenzen voor PFOS en PFOA. 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).

Voor de onderbouwing van de Maximale Waarden uit het besluit bodemkwaliteit is niet voor alle bodemfuncties rekening gehouden met doorvergiftiging. De redenering daarbij was dat doorvergiftiging naar hogere organismen vooral van belang is in gebieden met grote aaneengesloten arealen. Het RIVM adviseert echter om voor accumulerende stoffen zoals PFOS en PFOA voor alle bodemfuncties rekening te houden met doorvergiftiging. Dit advies is in 2019 voor PFAS overgenomen door het Ministerie van IenW (zie verder Hoofdstuk 4).

Tabel 3.2. Ecologische risicogrenzen voor PFOS en PFOA in µg/kg

Risicogrens/stof	Directe ecotoxiciteit		Doorvergiftiging	
	PFOS ¹	PFOA ²	PFOS ¹	PFOA ²
HC ₅ ³	16	500	3	7
Middenniveau	380	5000	18	89
HC ₅₀ ³	9100	50.000	106	1100

¹ Waarden uit Verbruggen et al. (2020)

² Waarden uit Lijzen et al. (2018)

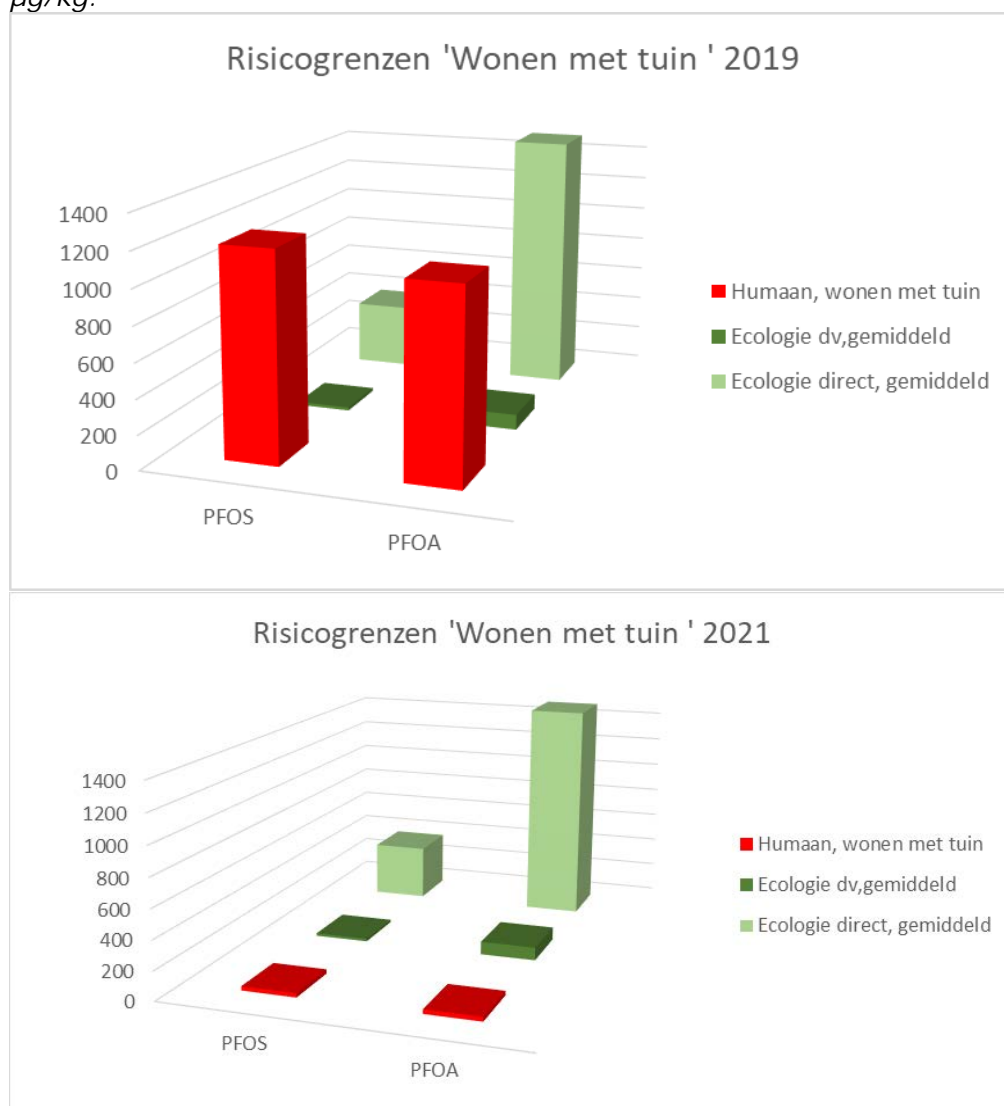
³ HC_x Hazardous Concentration for x% of species.

4. Aggregatie en aanbevelingen

4.1 Aggregatie risicogrenzen

De doorrekening van de humane risicogrenzen in bodem op basis van de nieuwe EFSA-TDI leidt tot lagere waarden dan in 2019. Figuur 4.1 laat zien hoe de risicogrenzen voor de functieklassen Wonen zich tot elkaar verhouden voor en na de herberekening.

Figuur 4.1. Risicogrenzen PFOS en PFOA 2019 en 2021 voor functieklassen Wonen. Risicogrenzen ecologie zijn gelijk gebleven. Risicogrenzen humaan zijn herberekend voor de nieuwe EFSA TDI. y-as gemaximeerd op 1500 µg/kg.



Tabel 4.1 bevat de achtergrondwaarden en risicogrenzen voor PFOS en PFOA die in de hoofdstukken hiervoor zijn toegelicht. De laatste rij toont een geaggregeerde waarde per bodemfunctieklassen.

Tabel 4.1. Totaaloverzicht achtergrondwaarden en risicogrenzen PFOS en PFOA

Risicogrens/functieklasse	Landbouw/natuur	Wonen	Industrie
Achtergrondwaarde	PFOS: 1,4 PFOA: 1,9	-	-
Ecologie, direct	-	<i>Middenniveau</i> PFOS: 380 PFOA: 5000	<i>HC₅₀</i> PFOS: 9100 PFOA: 50.000
Ecologie, doorvergiftiging	-	<i>Middenniveau</i> PFOS: 18 PFOA: 89	<i>HC₅₀</i> PFOS: 106 PFOA: 1100
Humaan	-	<i>Wonen (veel contact, matige gewasconsumptie)</i> PFOS: 29 PFOA: 30	<i>Industrie (geen gewasconsumptie, beperkt bodemcontact)</i> PFOS: 480 PFOA: 930
Risicogrens uitloging	-	NB	NB
Geaggregeerd (laagste waarde)	PFOS: 1,4 PFOA: 1,9	PFOS: 18 PFOA: 30	PFOS: 106 PFOA: 930

In Tabel 4.1 is een rij gereserveerd voor risicogrenzen voor uitloging. Deze risicogrenzen kunnen op dit moment nog niet worden berekend. Het RIVM adviseert om een methodiek hiervoor verder te ontwikkelen en onderdeel te maken van de onderbouwing van Maximale Waarden, zodat deze 'ontbrekende' risicogrenzen in een later stadium toegevoegd kunnen worden aan de onderbouwing. Zie verder ook de aanbevelingen verderop in dit hoofdstuk.

4.2 Overwegingen bij implementatie van de waarden uit deze notitie

In het Tijdelijk Handelingskader zijn de normen voor hergebruik van PFOS en PFOA vastgesteld op het niveau van de laagste risicogrenzen: de HC₅ op basis van doorvergiftiging (Tabel 3.2). De overwegingen bij dit besluit waren:

1. De destijds nog lopende evaluatie van de gezondheidskundige grenswaarde door EFSA;
2. De relatief hoge mobiliteit van een deel van de PFAS en het ontbreken van een methodiek om hiermee rekening te houden voor diffuse verontreinigingen.

Punt 1 is met het gereedkomen van de EFSA evaluatie en de herberekening van de risicogrenzen voor bodem geadresseerd. Uit deze herberekening blijkt dat de humane risicogrenzen lager zijn dan de eerder berekende humane grenzen. Uit het rekenvoorbeeld in het kader blijkt echter eveneens dat de '3-7-3' uit het Tijdelijk Handelingskader voldoen aan de beschermingsniveaus uit het Besluit Bodemkwaliteit.

Indien voor hogere Maximale Waarden worden gekozen dan dient rekening gehouden te worden met combinatietoxiciteit. Dit kan bijvoorbeeld een optie zijn voor gebiedsspecifiek beleid, waarbij ook aanvullende waarborgen worden ingebouwd ter bescherming van het grondwater, bijvoorbeeld door toepassingen uitsluitend buiten

grondwaterbeschermingsgebieden en met gebiedseigen grond toe te staan.

Met het oog op de nog resterende onzekerheden met betrekking tot de risico's van uitloging van PFAS, wordt afgeraden om niveaus boven dat voor wonen met tuin vast te stellen (ook locatie- of gebiedsspecifiek). Het landsdekkend beeld PFAS in bodem laat bovendien zien dat gehalten tot boven deze waarden doorgaans niet het gevolg zijn van diffuse belasting.

Rekenvoorbeelden toetsing gecombineerde blootstelling uit bodem voor functie 'Wonen met tuin'

Voorbeeld 1: '3-7-3' µg/kg uit Tijdelijk Handelingskader

In het Tijdelijk Handelingskader PFAS zijn de Maximale Waarden voor de functieklassen Wonen en Industrie:

3 µg/kg voor PFOS

7 µg/kg voor PFOA

3 µg/kg voor overige PFAS, per stof

Voor dit rekenvoorbeeld worden de volgende aannames en uitgangspunten gehanteerd:

- De concentratie van overige PFAS is opgeteld 3 µg/kg. Het landsdekkend beeld PFAS laat zien dat dit voor diffuus verontreinigde gebieden een conservatieve schatting is;
- De risicogrens voor het mengsel van de overige PFAS is gelijk aan die van PFOS. Dit is een inschatting. Er is nu niet genoeg informatie om voor andere PFAS dan PFOS en PFOA risicogrenzen in bodem te berekenen. De keuze voor PFOS met een ketenlengte van 8 koolstofatomen is conservatief/realistisch ten aanzien van toxiciteit en stoffeigenschappen. Korterketenige PFAS accumuleren minder sterk en zijn doorgaans minder toxisch, maar worden mogelijk wel meer opgenomen in gewassen. Langerketenige PFAS zijn doorgaans toxischer, maar zijn daarentegen minder beschikbaar voor gewasopname;
- Er wordt gerekend met de voor achtergrondblootstelling gecorrigeerde risicogrenzen uit Tabel 2.4. De achtergrondblootstelling voor de overige PFAS bedraagt eveneens 50% van de TDI.

De Risico-Index voor de '3-7-3' uit het Tijdelijk Handelingskader wordt:

— — —

Conclusie

De gecombineerde humane blootstelling uit bodem die voldoet aan de '3-7-3' (inclusief maximaal 50% bijdrage uit andere bronnen) leidt niet tot overschrijding van de TDI.

Voorbeeld 2: gebiedsspecifieke toetsing gezondheidsrisico

Voor een ontwikkellocatie (woningbouw) bestaat de wens om gebiedseigen grond met de volgende PFAS-concentraties te gebruiken:

PFOS:	2,2 µg/kg
PFOA:	12 µg/kg
PFBA:	2,1 µg/kg
PFHxS:	0,3 µg/kg

Om te toetsen of er gezondheidsrisico's zijn bij het gebruik van deze bodem voor de functie 'Wonen met tuin', wordt de volgende berekening gedaan:

— — —————

Ook in dit rekenvoorbeeld wordt uitgegaan van de veronderstelling dat de risico's van de overige PFAS zoals PFBA en PFHxS vergelijkbaar zijn met die van PFOS. Op basis van de RPF uit Bijlage 2 kan worden gesteld dat dit vanuit toxicologisch oogpunt een worst-case aanname is.

Conclusie

Toepassen van deze grond leidt niet tot blootstelling boven de TDI. Omdat het om gebiedseigen grond gaat, zorgt uitloging van de mobielere verbindingen PFOA en PFBA niet voor een toename van de vracht naar het grondwater.

4.3 Aanbevelingen

Met betrekking tot precursors van PFOS:

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

Indien wordt gekozen voor Maximale Waarden die hoger liggen dan de huidige waarden uit het Tijdelijk Handelingskader, dient het volgende in acht genomen te worden:

- De risico's van een mengsel van PFAS kunnen tot een overschrijding leiden van de gezondheidskundige grenswaarde, ook wanneer individuele PFAS concentraties wel aan de risicogrenzen voldoen. Hier dient in normering en bij beoordelingen rekening mee gehouden te worden;
- (Een deel van de) PFAS zijn relatief mobiel. Vooruitlopend op een methodiek om in normering en beoordeling rekening te houden met risico's van uitloging, verdient het aanbeveling om waarborgen in beleid op te nemen om de drinkwaterfunctie van grondwater te beschermen.

Ten aanzien van een correctie voor het organisch stofgehalte van de bodem:

- Het voorkomen van PFOS en PFOA in de landbodem kon in het achtergrondwaardenonderzoek niet eenduidig worden gerelateerd aan het organisch stofgehalte (Wintersen et al., 2020b). Een literatuurreview laat zien dat naast organisch stof ook andere parameters, zoals pH en de mate van waterverzadiging, van belang zijn voor sorptie en beschikbaarheid (Negash, 2020). Op basis hiervan wordt geconcludeerd dat een correctie voor organisch stof niet onderbouwd kan worden op basis van studies naar het voorkomen of gedrag van PFAS. Aanbevolen wordt om geen bodemtypecorrectie op PFAS toe te passen.

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

- Leid risicogrenzen af voor andere PFAS dan PFOS en PFOA in bodem. Bijvoorbeeld als onderdeel van de pilots in het kader van de te ontwikkelen algemene methodiek opkomende stoffen in bodem;
- Blootstelling aan PFAS door gewasconsumptie vormt een belangrijk onderdeel van de totale blootstelling voor de functies 'Wonen met tuin' en 'Wonen met moestuin'. De empirische relaties tussen bodem en gewas die nu in het blootstellingsmodel worden toegepast zijn gebaseerd op een beperkte hoeveelheid gegevens. Het verdient aanbeveling om deze overdrachtsrelaties nader te onderzoeken. Wanneer metingen in gewassen in het kader van locatiespecifieke risicobeoordelingen zijn voorzien, verdient het aanbeveling om na te gaan of het mogelijk is om die zo in te richten dat met de uitkomst van dergelijke onderzoeken de overdracht van PFAS van bodem naar gewas in het blootstellingsmodel verbeterd kan worden. Tevens wordt geadviseerd om PFAS te meten in gewassen en bodem in een representatieve steekproef in moestuinen in een gebied met verhoogde diffuse concentraties PFAS, bijvoorbeeld het gebied binnen een straal van 50 km van Chemours.
- 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;
- Ontwikkel een methodiek waarmee de risico's van uitloging uit grond en bagger beoordeeld kunnen worden voor de onderbouwing van normen en bij locatie- en gebiedsspecifieke beoordelingen.

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>
- Dirven, E., Lijzen, J., Otte, P., Vlaardingen, P. v., Spijker, J., Verbruggen, E., Swartjes, F., Groenenberg, J., & Rutgers, M. (2007). *Landelijke referentiewaarden ter onderbouwing van maximale waarden in het bodembeleid*. <https://www.rivm.nl/publicaties/landelijke-referentiewaarden-ter-onderbouwing-van-maximale-waarden-in-bodembeleid>
- 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., 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)*.
- Ministerie van IenW. (2019). *Tijdelijk handelingskader voor hergebruik van PFAS-houdende grond en baggerspecie. Bijlage bij kamerbrief 8 juli 2019*.
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/07/08/tijdelijk-handelingskader-voor-hergebruik-van-pfas-houdende-grond-en-baggerspecie>.
- 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).
- Negash, N. (2020). *Fate and Transport of Per- and Polyfluoroalkyl Substances in the Unsaturated Zone*.
- 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_normstelling_en_bodemkwaliteitsbeoordeling_24_263999.pdf
- Noorlander, C. W., van Leeuwen, S. P., Te Biesebeek, J. D., Mengelers, M. J., & Zeilmaker, M. J. (2011). Levels of perfluorinated compounds in food and dietary intake of PFOS and PFOA in the Netherlands
J Agric Food Chem, 59(13), 7496-7505.
<https://doi.org/10.1021/jf104943p>

- Osté, L. (2021). *Onderbouwing grenswaarden voor definitief handelingskader PFAS Grenswaarden voor toepassen in zoet oppervlaktewater. In voorbereiding.*
- Osté, L., Tol, I. v., Berbee, R., & Altena, W. (2019). *Advies voorlopig herverontreinigingsniveau (HVN) PFAS voor waterbodems.*
<https://www.deltares.nl/nl/publication/advies-voorlopig-herverontreinigingsniveau-pfas-waterbodem/>
- 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>
- 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., Osté, L., Meiracker, R. v. d., Breemen, P. v., Roskam, G., & Spijker, J. (2020a). *Vershil in uitloging van PFAS uit grond en bagger (2020-0102).*
- 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., Spijker, J., Breemen, P. v., & Wijnen, H. v. (2020b). *Achtergrondwaarden per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS) in de Nederlandse landbodem. (2020-0100).*
<https://www.rivm.nl/publicaties/achtergrondwaarden-perfluoralkylstoffen-pfas-in-nederlandse-landbodem>
- 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	Risicogrens bodem [mg/kg]	Scenario	Ingestie grond	Dermale opn. binnen	Dermale opn. buiten	Inhalatie gronddeeltjes	Inhalatie binnenlucht	Inhalatie buitenlucht	Groenteconsumptie	Permeatie drinkwaterleiding	Dampen douchen	Derm. opn. douchen	Dosis [g/(kg lg.dag)]
perfluorooctaansulfonzuur	4.86E-03	volks,- moestuin	1.19E-11	7.40E-14	1.03E-12	9.23E-14	6.33E-23	1.37E-24	6.15E-10	1.70E-20	1.92E-25	1.95E-23	6.29E-10
	5.85E-02	wonen met tuin	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
	9.65E-01	ander groen, infrastructuur, bebouwing en industrie	4.72E-10	6.79E-12	1.44E-10	5.27E-12	3.34E-21	1.73E-22	0.00E+00	3.38E-18	3.82E-23	3.87E-21	6.29E-10
perfluorooctaanzuur	4.66E-03	volks,- moestuin	5.71E-12	3.56E-14	4.95E-13	4.43E-14	3.94E-14	7.26E-18	6.22E-10	3.03E-14	1.18E-16	7.99E-15	6.29E-10
	5.95E-02	wonen met tuin	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
	1.87E+00	ander groen, infrastructuur, bebouwing en industrie	4.58E-10	6.58E-12	1.40E-10	5.11E-12	4.19E-12	1.85E-15	0.00E+00	1.21E-11	4.71E-14	3.20E-12	6.29E-10

Merk op:

- De achtergrondblootstelling (50% van GGW) is in deze waarden nog niet verwerkt
- Bijdragen blootstellingsroutes aan dosis in g/kg lichaamsgewicht/dag

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