



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

Risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen uit volkstuinencomplex Volkstuin Delta in Helmond

RIVM-briefrapport 2022-0009
P.E. Boon | J.D. te Biesebeek



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

Risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen uit volkstuinencomplex Volkstuin Delta in Helmond

RIVM-briefrapport 2022-0009
P.E. Boon | J.D. te Biesebeek

Colofon

© RIVM 2022

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

Het RIVM hecht veel waarde aan toegankelijkheid van zijn producten. Op dit moment is het echter nog niet mogelijk om dit document volledig toegankelijk aan te bieden. Als een onderdeel niet toegankelijk is, wordt dit vermeld. Zie ook www.rivm.nl/toegankelijkheid.

DOI 10.21945/RIVM-2022-0009

P.E. Boon (auteur), RIVM
J.D. te Biesebeek (auteur), RIVM

Contact:
Polly Boon
Voedselveiligheid
polly.boon@rivm.nl

Dit onderzoek is verricht in opdracht van de gemeente Helmond

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen uit volkstuinencomplex Volkstuin Delta in Helmond

Het RIVM heeft berekend hoeveel poly- en perfluoroalkylstoffen (PFAS) mensen binnen kunnen krijgen als zij groenten en fruit eten uit hun moestuin in volkstuinencomplex Volkstuin Delta. Dit volkstuinencomplex ligt 1150 meter ten noordoosten van het bedrijf Custom Powders in Helmond. Dit bedrijf heeft teflon verwerkt waar twee PFAS in zaten (tot 2012 perfluorooctaanzuur (PFOA) en vanaf 2012 tot 2018 GenX). Hierdoor zijn PFAS via de lucht op de bodem en in het oppervlaktewater terechtgekomen en, via de grond en het grondwater, in de gewassen uit de moestuinen. PFAS zijn stoffen die al bij een lage blootstelling schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid.

Uit dit onderzoek blijkt dat mensen niet te veel PFAS binnenkrijgen via gewassen uit het complex Volkstuin Delta. Zij kunnen hun zelf geteelde gewassen blijven eten. Wel zijn de concentraties van PFAS in de gewassen uit deze moestuinen hoger dan in gewassen uit twee volkstuinencomplexen die niet dicht bij een PFAS-bron liggen.

De moestuinhouders kunnen de hoeveelheid PFAS die zij binnenkrijgen verlagen door het eten van hun eigen gewassen af te wisselen met groenten en fruit uit de winkel. Deze groenten en fruit bevatten minder PFAS. Deze afwisseling is belangrijk, omdat mensen ook via andere voedselproducten en via drinkwater PFAS binnenkrijgen. Nederlanders krijgen hierdoor al meer PFAS binnen dan de zogeheten gezondheidkundige grenswaarde. Bij een hoeveelheid onder deze grenswaarde zijn er geen nadelige effecten op de gezondheid te verwachten. Bij een hoeveelheid erboven kunnen op de lange termijn wel gezondheidseffecten optreden.

Het RIVM heeft voor dit onderzoek berekend hoeveel PFAS mensen binnen kunnen krijgen als zij elke dag zelf geteelde moestuingewassen uit het volkstuinencomplex Volkstuin Delta eten. Deze hoeveelheid is vergeleken met de gezondheidkundige grenswaarde van deze stoffen, die de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA) heeft bepaald.

Kernwoorden: PFAS, inname, risicobeoordeling, moestuin, groente, fruit

Synopsis

Risk assessment of PFAS in vegetable garden crops from the Volkstuin Delta allotment complex in Helmond

RIVM has calculated how much perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFAS) people may ingest via the consumption of home-grown vegetables and fruit from the Volkstuin Delta allotment complex. This complex is located 1,150 meters north-east from the company Custom Powders in Helmond. This company processed teflon containing two PFAS (perfluorooctaan zuur (PFOA) until 2012 and GenX from 2012 to 2018). As a result, PFAS were emitted into the soil and surface water via the air, and have contaminated the crops in the allotment complex via the soil and the groundwater. PFAS are substances that can be harmful to health even at low levels of exposure.

This study shows that the intake of PFAS via home-grown crops from the Volkstuin Delta allotment is not too high. People can continue consuming these crops. However, the concentrations of PFAS in garden crops from this allotment were higher than in home-grown crops from two allotment complexes that are not located near a source of PFAS emission.

The vegetable garden owners may reduce their intake of PFAS by varying their consumption of home-grown crops with that of vegetables and fruits from the shop. Vegetables and fruits from the shop contain less PFAS. Varying the consumption of vegetables and fruits is important, because people are also exposed to PFAS via the consumption of other food products and via drinking water. Due to this, the intake of PFAS in the Netherlands is higher than the so-called health-based guidance value. No adverse health effects are expected when ingesting an amount below this guidance value. Ingesting an amount above this guidance value may result in health effects in the long run.

In this study, RIVM calculated how much PFAS people may ingest if they eat home-grown garden crops from the Volkstuin Delta allotment complex on a daily basis. This amount was compared to the health-based guidance value of these substances as established by the European Food safety Authority (EFSA).

Keywords: PFAS, intake, risk assessment, allotment, vegetable, fruit

Inhoudsopgave

1	Inleiding — 9
2	Studieopzet en analyse — 11
2.1	Opzet van het moestuinonderzoek — 11
2.2	Analyse van de monsters — 11
3	Methodiek van de innameberekening — 15
3.1	Inleiding — 15
3.2	Voedselconsumptiegegevens — 15
3.3	Concentraties van PFAS in de moestuingewassen — 15
3.4	Gezondheidskundige grenswaarde en berekening somconcentraties — 17
3.5	Koppeling somconcentraties aan gegeten voedselproducten — 18
3.6	Berekening van de inname — 20
3.7	Vergelijking van de inname met de TWI — 22
4	Resultaten — 23
4.1	Concentraties van PFAS in moestuingewassen — 23
4.2	Inname van PFAS — 24
4.3	Vergelijking van de inname met de TWI — 29
5	Onzekerheden in de berekende inname van PFAS — 33
6	Discussie — 37
6.1	Vergelijking met moestuinonderzoek voor volkstuinencomplex Sluisdijk in Helmond — 37
6.2	Volkstuin Delta vergeleken met de referentielocatie — 39
6.3	Berekende inname van PFAS — 40
6.4	Risicobeoordeling en blootstelling via andere bronnen — 41
7	Conclusie — 45
8	Dankwoord — 47
	Literatuurlijst — 49
	Bijlage A Opzet van het moestuinonderzoek — 51
	Bijlage B Concentraties van PFAS in de moestuinmonsters uit de Volkstuin Delta — 54
	Bijlage C Concentraties van PFAS in de moestuinmonsters uit de referentielocatie — 54
	Bijlage D Indeling van de gegeten voedselproducten in de VCP — 55
	Bijlage E Somconcentraties van PFAS in de moestuinmonsters uit de Volkstuin Delta en de referentielocatie volgens een laag en hoog concentratieniveau van PFAS — 58

**Bijlage F Procentuele bijdrage van de gewasgroepen en
individuele PFAS aan de innameverdeling volgens een laag
concentratieniveau — 59**

Bijlage G APROBA-Plus methode — 60

1 Inleiding

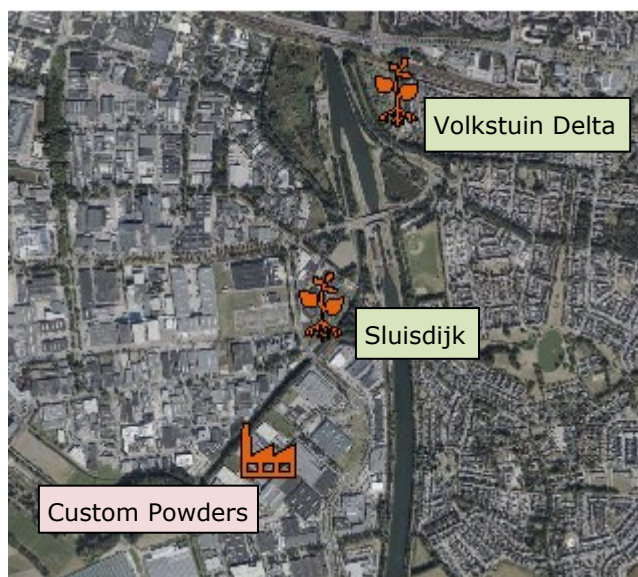
Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) heeft in 2019 een risicobeoordeling uitgevoerd van poly- en perfluoroalkylstoffen (PFAS) in moestuingewassen uit het volkstuinencomplex Sluisdijk in Helmond (Boon et al., 2019). In 2021 is deze beoordeling herzien op basis van nieuwe wetenschappelijke inzichten over de schadelijkheid van PFAS (Boon et al., 2021b). De PFAS in de herziene beoordeling betroffen GenX, perfluorooctaanzuur (PFOA) en perfluorheptaanzuur (PFHpA).¹ Het volkstuinencomplex Sluisdijk ligt 450 meter ten noordoosten van het bedrijf Custom Powders, dat tussen 1997 en 2012 PFOA-houdend teflon heeft verwerkt. Daarbij is PFOA via de lucht uitgestoten. In 2012 is het bedrijf overgestapt op het drogen van GenX-houdend teflon en is GenX via de lucht uitgestoten. Deze twee stoffen zijn hierdoor op de bodem en in het oppervlaktewater terechtgekomen en via de grond en het grondwater in de moestuingewassen. PFHpA is zeer waarschijnlijk door productonzuiverheden van de PFOA- en/of GenX-houdende teflon in de bodem terechtgekomen. In november 2017 is Custom Powders ook met het drogen van GenX-houdende teflon gestopt.

PFAS is een verzamelnaam voor een groep stoffen die bij een inname die hoog genoeg is en lang genoeg duurt, negatieve gezondheidseffecten kunnen hebben op het immuunsysteem, de leverfunctie en het cholesterolgehalte (EFSA, 2020). Het effect dat het eerste optreedt is het effect op het immuunsysteem. Dit is het effect waarop de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS is gebaseerd, die is bepaald door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (European Food Safety Agency; EFSA) (EFSA, 2020). Op basis van de risicobeoordeling uit 2021 adviseerde het RIVM om de moestuingewassen uit het volkstuinencomplex Sluisdijk niet meer te eten, omdat de berekende inname van PFAS een factor 4 tot 19 hoger was dan de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS (Boon et al., 2021b).

In Helmond is er een tweede volkstuinencomplex, het complex Volkstuin Delta, dat 1150 meter ten noordoosten van het bedrijf Custom Powders ligt (zie Figuur 1). Gezien het advies uit 2021 en de ligging van dit tweede complex ten opzichte van Custom Powders, is bij de gemeente Helmond de vraag ontstaan of de gewassen uit dit complex wel veilig kunnen worden gegeten. In de zomer van 2021 zijn daarom in opdracht van de gemeente Helmond moestuingewassen bemonsterd uit het Volkstuin Delta complex en geanalyseerd op de aanwezigheid van PFAS.

Daarnaast zijn er ook moestuingewassen bemonsterd in twee moestuincomplexen uit de gemeente Hoeksche Waard (Zuid-Holland), de zogenaamde referentielocatie. Dit is gedaan om een beeld te krijgen van PFAS-concentraties in moestuingewassen uit een locatie zonder een bekende contaminatiebron van PFAS op korte afstand. Deze locatie is

¹ GenX is strikt genomen geen stof, maar een technologie die wordt gebruikt bij het produceren van fluorhoudende polymeren. Daarbij worden twee fluorhoudende stoffen gebruikt. De effecten in het lichaam van deze twee stoffen worden veroorzaakt door het negatief geladen ion (anion) van het ammoniumzout (HFPO-DA). Dit anion wordt aangeduid als GenX. Zie Boon et al. (2019) voor een beschrijving van GenX.



Figuur 1 De locatie van de volkstuinencomplexen Sluisdijk en Volkstuin Delta in Helmond en de positie van deze complexen ten opzichte van het bedrijf Custom Powders

bemonsterd als onderdeel van een moestuinonderzoek naar PFAS in moestuingewassen in de omgeving van het bedrijf DuPont/Chemours in Dordrecht en is uitgevoerd in opdracht van de gemeente Dordrecht e.o. DuPont/Chemours heeft ook PFOA en GenX uitgestoten in het verleden en stoot momenteel nog steeds GenX uit, maar wel in lagere hoeveelheden. De risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen in de omgeving van DuPont/Chemours wordt later in 2022 gerapporteerd (Boon en te Biesebeek, 2022). De resultaten van de referentielocatie worden in het onderliggende rapport besproken en vergeleken met de resultaten voor het Volkstuin Delta complex.

De opbouw van het rapport is als volgt. In hoofdstuk 2 wordt de bemonstering van de moestuingewassen uit de Volkstuin Delta en de referentielocatie beschreven en de methodiek waarmee PFAS in de gewassen zijn gemeten. Hoofdstuk 3 beschrijft de methode voor de berekening van de inname van PFAS via de moestuingewassen voor de twee locaties. De resultaten worden in hoofdstuk 4 beschreven en in dit hoofdstuk wordt de inname ook vergeleken met de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS. In hoofdstuk 5 worden de onzekerheden van de berekende inname besproken en in hoofdstuk 6 wordt de berekende inname verder geduid en wordt de risicobeoordeling van PFAS in de gewassen beschreven. De conclusie van het onderzoek staat in hoofdstuk 7.

2 Studieopzet en analyse

2.1 Opzet van het moestuinonderzoek

In de zomer van 2021 zijn op het complex Volkstuin Delta in Helmond circa 300 monsters van groenten en fruit verzameld. Op de referentielocatie, bestaande uit twee moestuincomplexen gelegen in de Hoeksche Waard, zijn in de zomer en het najaar van 2021 circa 230 monsters van groenten en fruit verzameld. Dit betrof zo veel mogelijk dezelfde moestuingewassen, met uitzondering van druif, kers, peultjes, snijbiet en spitskool. Kers, peultjes en snijbiet zijn alleen bemonsterd op de Volkstuin Delta en druif en spitskool alleen op de referentielocatie. Meer details over de monstername staan in Bijlage A.

Het complex Volkstuin Delta en de referentielocatie zijn voorafgaand aan de bemonstering opgedeeld in vakken. Bij voldoende materiaal zijn in het laboratorium mengmonsters gemaakt bestaande uit drie individuele monsters per moestuingewas en vak.² Indien onvoldoende materiaal aanwezig was, zijn de mengmonsters gebaseerd op twee monsters of één monster per moestuingewas en vak. Voordat de monsters zijn gecombineerd tot een mengmonster zijn ze in het laboratorium gewassen en zijn de niet eetbare delen verwijderd. Aardappel, pompoen, rode biet, ui en wortel zijn geschild. Geen van de gewassen is gekookt.

In totaal zijn 109 mengmonsters samengesteld voor de Volkstuin Delta en 78 mengmonsters voor de referentielocatie. De mengmonsters zijn in enkelvoud geanalyseerd voor PFAS. Tabel 1 geeft een overzicht van de bemonsterde gewassen, ingedeeld per gewasgroep, en het aantal mengmonsters per gewas.

Vergeleken met het moestuinonderzoek voor het volkstuintencomplex Sluisdijk zijn er nu meer soorten moestuingewassen bemonsterd en ook een groter aantal monsters per gewas. Bijvoorbeeld, voor de gewasgroep stengelgroenten was in het Sluisdijk-onderzoek maar één mengmonster rabarber beschikbaar en voor de gewasgroep peulgroenten maar één mengmonster sperziebonen (Boon et al., 2019; 2021b).

Voor de leesbaarheid van het rapport zullen in het vervolg van dit rapport mengmonsters 'monsters' worden genoemd'.

2.2 Analyse van de monsters

De monsters zijn geanalyseerd op 17 PFAS (zie Tabel 2) door het onderzoeksinstituut Wageningen Food Safety Research (WFSR) van Wageningen University & Research (WUR). Deze 17 PFAS zijn geanalyseerd, omdat deze zijn opgenomen in de door WFSR toegepaste analysemethode.

² De monsters zijn gecombineerd als mengmonster voor analyse zodat een groter aantal monsters per gewas kon worden geanalyseerd.

Tabel 1 Overzicht van de bemonsterde moestuingewassen in Volkstuin Delta en de referentielocatie en het aantal mengmonsters per gewas

Gewasgroep	Gewas	Aantal mengmonsters	
		Deltaweg, Helmond	Referentielocatie, Hoeksche Waard
Groenten			
Bladgroenten	Andijvie	3	3
	Sla	7 ^a	1
	Snijbiet	3	-
Bolgroenten	Ui	6	4
Knolgroenten	Aardappel	4	4
	Rode biet	5	4
	Wortel	6	3
Koolgroenten	Bloemkool	5	3
	Boerenkool	5	4
	Broccoli	4	2
	Spitskool	-	1
	Spruiten	1	1
Peulvruchten	Peultjes	4	-
	Snijbonen	3	4
	Sperziebonen	2	4
Stengelgroenten	Prei	4	4
	Rabarber	5	4
Vruchtgroenten	Courgette	5	3
	Komkommer	4	4
	Paprika	4	3
	Pompoen	5	4
	Tomaat	4	4
Fruit			
Klein fruit	Aardbei	6	2
	Druif	-	3
Pitvruchten	Appel	2	4
	Peer	4	4
Steenvruchten	Kers	3	-
	Pruim	5	1
Totaal		109	78

^a Eén monster was Turkse sla.

De PFAS zijn geanalyseerd volgens de interne *Standard Operating Procedure* (SOP) A1114. De opwerking van de monsters omvatte een methanolextractie in zuur milieu van gemalen groenten of fruit, gevolgd door een opschoning van het extract met behulp van *solid-phase* extractie (WAX-SPE). Voor nauwkeurige kwantificering zijn isotoopgelabelde standaarden gebruikt. De monsterextracten zijn geanalyseerd met behulp van vloeistofchromatografie (LC) gekoppeld aan tandem-massaspectrometrie (MS/MS).³ De analytische LC-kolom was een Phenomenex Luna Omega 1.6u PS C18 100A (100 x 2.1) en mogelijke PFOA-interferenties uit de oplosmiddelen zijn weggevangen door de mobiele fase te leiden door een Phenomenex Gemini C18 (50 x 3 mm; 5 µm) isolatorkolom. De vloeistoffen waarmee de monsterextracten door de kolom zijn geleid waren mobiele fase A en B

³ LC-MS/MS, LC: Shimadzu ExionLC AD; MS: Sciex 7500

Tabel 2 De 17 PFAS die zijn meegenomen in de analyse van de bemonsterde moestuingewassen

PFAS	PFAS-afkorting
Sulfonzuren	
Perfluorbutaansulfonzuur	PFBS
Perfluorhexaansulfonzuur	PFHxS
Perfluorheptaansulfonzuur	PFHpS
Perfluoroctaansulfonzuur	PFOS
Perfluordecaansulfonzuur	PFDS

PFAS	PFAS-afkorting
Carbonzuren	
Perfluorbutaanzuur	PFBA
Perfluorpentaanzuur	PFPeA
Perfluorhexaanzuur	PFHxA
Perfluorheptaanzuur	PFHpA
Perfluoroctaanzuur	PFOA
Perfluornonaanzuur	PFNA
Perfluordecaanzuur	PFDA
Perfluorundecaanzuur	PFUnDA
Perfluordodecaanzuur	PFDoDA
Perfluortridecaanzuur	PFTTrDA
Perfluortetradecaanzuur	PFTeDA

PFAS	PFAS-afkorting
Ether carbonzuren	
2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluorpropoxy)propionzuur	HFPO-DA (GenX)

PFAS: poly- en perfluoroalkylstoffen

(A: 20 mM ammoniumacetaat in water; B: 100% methanol; debiet 0,5 ml/min). De MS opereerde in *multiple reaction* monitoring, waarbij elke individuele PFAS is gemonitord op basis van twee ionovergangen (met uitzondering van perfluorbutaanzuur (PFBA), omdat voor deze PFAS maar één ionovergang beschikbaar was). De hoeveelheid van de PFAS is gekwantificeerd op basis van kalibratielijnen, geprepareerd in aanwezigheid van de matrix⁴ en, waar mogelijk, is gebruik gemaakt van isotoopgelabelde interne standaarden.

De analysemethode heeft drie analytische limietwaarden:

- Detectielimiet (LOD): de laagste concentratie van een PFAS die kan worden waargenomen.
- Kwantificeringslimiet (LOQ): de laagste concentratie van een PFAS die met een vastgestelde precisie kan worden gekwantificeerd.
- Bevestigingslimiet (LOC): de laagste concentratie van een PFAS waarbij de identiteit van de PFAS kan worden bevestigd.

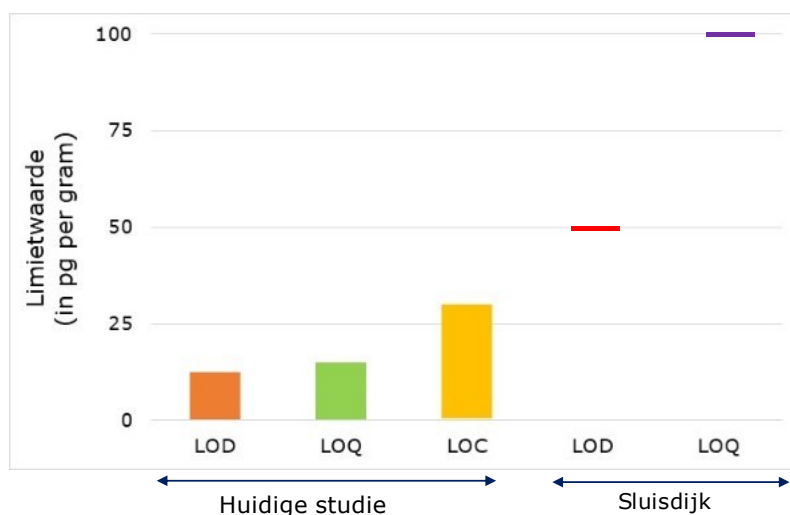
Hierbij is de LOD lager dan de LOQ en is de LOQ lager of gelijk aan de LOC (dus $LOD < LOQ \leq LOC$).

De analytische limietwaarden varieerden per gewas en PFAS. De variatie per gewas kwam omdat de limietwaarden zijn vastgesteld met

⁴ Matrix zijn alle overige stoffen in een monster naast de te analyseren stof.

kalibratielijnen per matrix en niet alle groenten en fruit tot dezelfde matrix behoren. De limieten varieerden ook per PFAS, omdat deze stoffen niet dezelfde chemische samenstelling hebben, waardoor hun gedrag in de LC-MS/MS verschilt.

De LOD varieerde van 0,125-12,5 picogram (pg) per gram, de LOQ van 0,25–15 pg per gram en de LOC van 0,5-30 pg per gram.⁵ De LOD en LOQ liggen een factor 4-400 lager dan in het moestuinonderzoek voor de Sluisdijk toen de LOD gelijk was aan 50 pg per gram en de LOQ aan 100 pg per gram. In dat onderzoek varieerden de LOD en LOQ niet per gewas en PFAS. De LOC is een factor 3-200 lager dan de LOQ in het moestuinonderzoek voor de Sluisdijk. Door de lage gezondheidskundige grenswaarde van PFAS moesten de analytische limietwaarden worden verlaagd (zie paragraaf 3.4). Figuur 2 geeft de limietwaarden weer voor de huidige studie en de studie voor de Sluisdijk.



Figuur 2 Bandbreedte van de detectielimiet (LOD), kwantificeringslimiet (LOQ) en bevestigingslimiet (LOC) voor de huidige studie en de LOD en LOQ voor het Sluisdijkonderzoek

⁵ Een picogram is een miljoenste van een miljoenste gram, ofwel 10^{-12} gram.

3 Methodiek van de innameberekening

3.1 Inleiding

Voor de risicobeoordeling van de 17 PFAS in de bemonsterde moestuingewassen uit de Volkstuin Delta en de referentielocatie is als eerste de inname van deze groep stoffen berekend. Hiervoor zijn de concentraties in de moestuingewassen gecombineerd met consumptiehoeveelheden van deze gewassen, zoals gerapporteerd in de recentste Nederlandse voedselconsumptiepeiling (VCP). De berekende inname is vervolgens vergeleken met de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS, zoals bepaald door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (European Food Safety Agency; EFSA). Een inname die onder deze grenswaarde blijft, wordt als veilig gezien. De beschreven methodiek is op onderdelen verbeterd vergeleken met de methodiek die is gebruikt voor het volkstuinencomplex Sluisdijk (Boon et al., 2021b), omdat er voor het huidige onderzoek meer informatie was over de aanwezigheid van PFAS in de moestuingewassen (zie paragraaf 2.1). In de volgende paragrafen wordt in detail beschreven hoe de inname van PFAS is berekend voor de Volkstuin Delta en de referentielocatie en wordt beschreven wat de verschillen zijn met het moestuinonderzoek voor de Sluisdijk.

3.2 Voedselconsumptiegegevens

Om de inname van PFAS door het eten van moestuingewassen uit de Volkstuin Delta en de referentielocatie te berekenen, zijn gegevens gebruikt over hoeveel en hoe vaak deze gewassen in Nederland worden gegeten. De hiervoor gebruikte consumptiegegevens zijn afkomstig van de Nederlandse voedselconsumptiepeiling (VCP) onder personen van 1 t/m 79 jaar uitgevoerd in 2012-2016. Dit zijn de meest recente gegevens beschikbaar over de consumptie van voedsel en dranken, waaronder groenten en fruit, in Nederland (van Rossum et al., 2020). In deze peiling hebben 4313 individuen op twee dagen aangegeven wat zij hebben gegeten en gedronken, inclusief de gegeten en gedronken hoeveelheden. Voor jonge kinderen hebben ouders of verzorgers dit aangegeven.

Door deze consumptiegegevens te gebruiken voor de berekening van de inname van PFAS wordt aangenomen dat het voedselconsumptiepatroon van de Nederlandse bevolking representatief is voor de consumptie van moestuingewassen door de moestuinhouders.

De gebruikte voedselconsumptiegegevens zijn dezelfde als gebruikt in het moestuinonderzoek voor de Sluisdijk. In het huidige onderzoek is ook fruit (zie Tabel 1) meegenomen. In de Sluisdijk is geen fruit geanalyseerd.

3.3 Concentraties van PFAS in de moestuingewassen

Bijlagen B en C geven per monster een overzicht van de door WFSR gerapporteerde PFAS-concentraties in de moestuingewassen uit respectievelijk de Volkstuin Delta en de referentielocatie. De concentraties zijn op vier manieren gerapporteerd:

1. < LOD (detectielimiet): de PFAS kan niet worden waargenomen; de betreffende PFAS-concentratie ligt tussen 0 pg per gram en de LOD.
2. < LOQ (kwantificeringslimiet): PFAS is waargenomen, maar de daadwerkelijke concentratie kan niet worden vastgesteld en de identiteit van de PFAS kan niet met zekerheid worden bevestigd; de betreffende PFAS-concentratie ligt tussen 0 pg per gram en de LOQ.
3. < LOC (bevestigingslimiet): er is PFAS waargenomen, maar het is niet 100% zeker of het de betreffende PFAS is. Dit is echter wel waarschijnlijk⁶; de betreffende PFAS-concentratie ligt tussen de LOQ en de LOC.
4. c: de PFAS-concentratie kan nauwkeurig worden gekwantificeerd en de identiteit van de PFAS is bevestigd.

De gerapporteerde PFAS-concentraties zijn als volgt meegenomen in de innameberekening. De concentraties die zijn gerapporteerd als 'c' zijn als zodanig gebruikt. De gerapporteerde concentraties onder de LOD, LOQ en LOC zijn meegenomen volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen, gebaseerd op de laagste en hoogste concentraties van de concentratierange zoals hierboven is aangegeven per limietwaarde.⁷ In Tabel 3 staan de toegekende concentraties per gerapporteerde concentratie en concentratieniveau.

Tabel 3 Gebruikte PFAS-concentraties volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen

Gerapporteerde concentratie ^a	Concentratieniveau	
	Laag	Hoog
< LOD	0	LOD
< LOQ	0	LOQ
< LOC	LOQ	LOC
c	c	

c: numerieke concentratie; LOC: bevestigingslimiet; LOD: detectielimiet; LOQ: kwantificeringslimiet; PFAS: poly- en perfluoroalkylstoffen

^a De LOD varieerde van 0,125-12,5 pg per gram, de LOQ van 0,25-15 pg per gram en de LOC van 0,5-30 pg per gram (zie paragraaf 2.2).

De inname die is berekend met deze twee concentratieniveaus geeft de bandbreedte weer van de inname van PFAS op basis van de gerapporteerde concentraties (zie Box 1). De toekenning van concentraties aan de gerapporteerde concentraties onder een analytische limietwaarde is vergelijkbaar met het moestuinonderzoek voor de Sluisdijk (zie Box 2).

⁶ Identiteit van de PFAS wordt vastgesteld volgens de richtlijnen van het Europese Referentielaboratorium: de piek uit het tweede kanaal is in het chromatogram waargenomen en de verhoudingen tussen de twee signalen uit de twee kanalen komen overeen met de referentiestandaard van de betreffende PFAS. In het geval van < LOC is deze piek op het tweede kanaal niet of in onvoldoende mate zichtbaar om met zekerheid te kunnen zeggen dat het de betreffende PFAS is (of een eventuele andere natuurlijke component of onbekende stof die lijkt op die betreffende PFAS). Maar deze kans is erg klein, aangezien het gedrag van de component op het eerste kanaal hetzelfde is (zelfde retentietijd, zelfde massa). Ondanks deze kleine kans is er in dit geval geen numerieke concentratie (c) gerapporteerd door WFSR.

⁷ Een laag en een hoog concentratieniveau zijn vergelijkbaar met respectievelijk een 'lower-bound' en 'upper-bound' scenario, dat wordt gebruikt om de onzekerheid in de concentraties in monsters met een gerapporteerde concentratie onder een analytische limietwaarde te kwantificeren.

Box 1: Inname volgens een laag en een hoog concentratieniveau

De inname volgens een laag concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen geeft de inname weer op basis van de PFAS waarvoor de aanwezigheid in de monsters is bevestigd (zie Tabel 3). Deze inname zal zeer waarschijnlijk de werkelijke inname van PFAS onderschatten, omdat niet kan worden uitgesloten dat de niet aangetoonde (< LOD) en niet geïdentificeerde (< LOQ) PFAS mogelijk wél aanwezig zijn in de monsters.

De inname volgens een hoog concentratieniveau zal de werkelijke inname overschatten, omdat het niet waarschijnlijk is dat alle niet aangetoonde en geïdentificeerde PFAS in een concentratie gelijk aan de relevante limietwaarde aanwezig zullen zijn in de betreffende monsters.

Box 2: Toekenning concentraties aan gerapporteerde concentraties onder een analytische limietwaarde voor Sluisdijk

Concentraties onder een analytische limietwaarde zijn in het onderzoek voor de Sluisdijk gerapporteerd als lager dan de LOD of tussen de LOD en LOQ. In een laag concentratieniveau zijn aan deze concentraties respectievelijk 0 pg per gram en een concentratie gelijk aan de LOD toegekend. Voor een hoog concentratieniveau waren dit respectievelijk de LOD en LOQ. Voor de rapportage van de PFAS-concentraties in de huidige studie is ook een LOC gebruikt. Deze LOC is vergelijkbaar met de LOQ, zoals gerapporteerd voor de Sluisdijk.

3.4 Gezondheidkundige grenswaarde en berekening somconcentraties

EFSA heeft in 2020 een gezondheidkundige grenswaarde bepaald voor de inname van de som van vier PFAS (de EFSA-4): PFOA, perfluornonaanzuur (PFNA), perfluorhexaansulfonzuur (PFHxS) en perfluoroctaansulfonzuur (PFOS) (EFSA, 2020). Deze grenswaarde, de tolereerbare wekelijkse inname (TWI) van 4,4 nanogram (ng) per kilogram (kg) lichaamsgewicht, is gebaseerd op effecten op het immuunsysteem, die kunnen optreden na blootstelling aan PFAS over een langere periode.⁸ Bij de afleiding van de TWI heeft EFSA aangenomen dat de vier PFAS even schadelijk zijn.

Omdat we aan meerdere PFAS worden blootgesteld, die ook een effect kunnen hebben op het immuunsysteem, gebruikt het RIVM de TWI in combinatie met relatieve potentiefactoren (RPF's) van individuele PFAS (RIVM, 2021). Deze RPF's geven de potentie van een PFAS aan om een gezondheidseffect te veroorzaken vergeleken met PFOA, de zogenaamde referentiestof. Dus de RPF van PFOA is 1. PFAS met een grotere potentie om een effect te veroorzaken hebben een RPF groter dan 1 en PFAS met een lagere potentie hebben een RPF kleiner dan 1. Voor 23 PFAS zijn inmiddels RPF's afgeleid (Bil et al., 2021; Zeilmaker et al., 2018), waardoor maximaal 23 PFAS kunnen worden meegenomen in een risicobeoordeling van PFAS. Om op basis van deze RPF's meerdere PFAS mee te nemen in de risicobeoordeling worden de concentraties van de

⁸ Een nanogram is een miljardste gram, ofwel 10^{-9} gram.

individuele PFAS per monster als eerste vermenigvuldigd met hun respectievelijke RPF. Deze concentraties worden dan opgeteld tot een somconcentratie per monster, die wordt uitgedrukt in PFOA-equivalenten (PEQ). Op basis van deze somconcentraties wordt, in combinatie met gegevens over consumptie, de inname van de som van de PFAS berekend, ook uitgedrukt in PEQ. Deze inname wordt vergeleken met de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS om te bepalen of er een risico is. Box 3 geeft een voorbeeld van een berekening van een somconcentratie op basis van RPF's. Voor een uitgebreide toelichting op de risicobeoordeling van PFAS, zie RIVM (2021).

Box 3: Voorbeeldberekening van somconcentratie PFAS met relatieve potentiefactoren

Een fictief monster bevat PFOA, perfluorhexaanzuur (PFHxA) en PFOS in concentraties van respectievelijk 0,05, 1,0 en 0,01 pg per gram. PFOA is de referentiestof. De relatieve potentiefactoren zijn 1 voor PFOA, 0,01 voor PFHxA en 2 voor PFOS.

De somconcentratie in dit monster, uitgedrukt in PFOA-equivalenten (PEQ), wordt dan berekend als: $(0,05 \times 1) + (1 \times 0,01) + (0,01 \times 2) = 0,08$ pg PEQ per gram product.

In de moestuingewassen zijn 17 PFAS geanalyseerd (zie Tabel 2). Om de somconcentraties van deze PFAS te berekenen, uitgedrukt in PEQ, zijn als eerste de gerapporteerde concentraties per PFAS toegekend aan een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen (conform Tabel 3). Daarna zijn deze concentraties vermenigvuldigd met de betreffende RPF's (zie Tabel 4) en opgeteld. Dit resulteerde in twee somconcentraties per monster, een somconcentratie volgens een laag concentratieniveau en een somconcentratie volgens een hoog concentratieniveau. Tabel 5 geeft een voorbeeld van de berekening van de somconcentratie van een fictief monster waarin vijf fictieve PFAS zijn gemeten.

De somconcentraties volgens een laag en een hoog concentratieniveau zijn berekend voor de 109 monsters van de Volkstuin Delta en 78 monsters van de referentielocatie. De berekening van de somconcentraties op basis van RPF's is gelijk aan de berekening zoals uitgevoerd in het moestuinonderzoek voor de Sluisdijk.

3.5 Koppeling somconcentraties aan gegeten voedselproducten

Voor de berekening van de inname van PFAS moeten de berekende somconcentraties per gewas worden vermenigvuldigd met gegeten hoeveelheden per gewas. Om dit te kunnen doen zijn de bemonsterde gewassen gekoppeld aan relevante gegeten voedselproducten, die zijn gerapporteerd in de VCP. Dus bijvoorbeeld het moestuingewas andijvie is gekoppeld aan de voedselproducten 'Andijvie diepvries onbereid', 'Andijvie gekookt' en 'Andijvie rauw'.

Tabel 4 De relatieve potentiefactoren voor de 17 PFAS die zijn meegenomen in de analyse van de bemonsterde moestuingewassen

PFAS ^a	Relatieve potentiefactor ^b
Sulfonzuren	
PFBS	0,001
PFHxS ^c	0,6
PFHpS	2
PFOS ^c	2
PFDS	2

PFAS ^a	Relatieve potentiefactor ^b
Carbonzuren	
PFBA	0,05
PFPeA	0,05
PFHxA	0,01
PFHpA	1
PFOA ^c	1
PFNA ^c	10
PFDA	10
PFUnDA	4
PFDoDA	3
PFTTrDA	3
PFTeDA	0,3

PFAS ^a	Relatieve potentiefactor
Ether carbonzuren	
HFPO-DA (GenX)	0,06

PFAS: poly- en perfluoroalkylstoffen

^a De namen van de PFAS staan in Tabel 2.

^b Voor PFHpS, PFPeA, PFHpA, PFDA en PFTTrDA zijn een onder- en bovengrens van de relatieve potentiefactor afgeleid (Bil et al., 2021). Zoals aanbevolen door RIVM (2021) is bij de berekening van de somconcentraties voor deze PFAS de bovengrens gebruikt.

^c De PFAS behorend tot de EFSA-4 (zie paragraaf 3.4).

Tabel 5 Voorbeeldberekening van de somconcentratie van PFAS volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen in een fictief monster

PFAS	Gerapporteerde concentratie ^a	Gebruikte concentratie in pg per gram per concentratieniveau ^b		RPF	Concentratie in pg PEQ per gram volgens de twee concentratieniveaus	
		Laag	Hoog		Laag	Hoog
PFAS-1	< LOD (0,5)	0	0,5	0,5	0	0,25
PFAS-2	< LOC (10) ^c	5	10	2	10	20
PFAS-3	1,8	1,8		0,1	0,18	
PFAS-4	4,7	4,7		2	9,4	
PFAS-5	< LOQ (5)	0	5	1,5	0	7,5
Somconcentratie					19,6	37,3

LOC: bevestigingslimiet; LOD: detectielimiet; LOQ: kwantificeringslimiet; PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: poly- en perfluoroalkylstoffen; RPF: relatieve potentiefactor

^a Getal tussen haken geeft de waarde aan van de bijbehorende analytische limietwaarde.

^b De uitleg voor de toekenning van concentraties aan een laag en een hoog concentratieniveau staat in paragraaf 3.3.

^c Bijbehorende LOQ is 5 pg per gram.

Niet alle moestuingewassen die kunnen worden geteeld in een moestuin, zijn bemonsterd in de Volkstuin Delta en de referentielocatie. Omdat niet kan worden uitgesloten dat deze moestuingewassen zijn of nog zullen worden geteeld, en dus ook zijn of worden gegeten door de moestuinhouders, zijn de gegeten hoeveelheden van relevante voedselproducten voor deze gewassen in de VCP ook gekoppeld aan de bemonsterde gewassen. Hiervoor is de indeling van de gewassen in de gewasgroepen gebruikt (zie Tabel 1) en is aangenomen dat de PFAS-concentraties in niet-bemonsterde gewassen gelijk zal zijn aan die in de bemonsterde gewassen binnen eenzelfde gewasgroep. Bijvoorbeeld de PFAS-concentraties in de bemonsterde gewassen andijvie, sla en snijbiet binnen de gewasgroep bladgroenten zijn ook toegekend aan respectievelijk postelein, spinazie en witlof. Op deze manier wordt een mogelijke onderschatting van de inname van PFAS voorkomen. Een overzicht van de voedselproducten die per gewasgroep zijn meegenomen in de innameberekening staat in Bijlage D.

Bewerkte voedselproducten, zoals gedroogde producten of producten in blik en glas, zijn niet meegenomen in de innameberekening. De gegeten hoeveelheden van deze producten zijn als niet representatief beschouwd voor de gegeten hoeveelheden van moestuingewassen.

De koppeling van de bemonsterde moestuingewassen aan de gegeten voedselproducten, inclusief voor niet bemonsterde gewassen, komt overeen met het moestuinonderzoek voor de Sluisdijk. In de huidige beoordeling zijn wel meer soorten moestuingewassen bemonsterd, waardoor voor meer gegeten voedselproducten een directe koppeling met een bemonsterd moestuingewas kon worden gemaakt. Bijvoorbeeld, bij de beoordeling voor de Sluisdijk is het voedselproduct 'Prei gekookt' gekoppeld aan het moestuingewas rabarber, omdat rabarber de enige beschikbare soort gewas was voor de gewasgroep stengelgroenten. Nu is prei zelf bemonsterd en gekoppeld aan de relevante voedselproducten.

3.6 Berekening van de inname

PFAS kunnen, gegeven de concentraties waarin de stoffen kunnen voorkomen in voedsel en drinkwater, bij een inname over een langere periode effecten hebben op het immuunsysteem (EFSA, 2020). Daarom is de langdurige inname van PFAS berekend door het eten van moestuingewassen met het *Observed Individual Mean* (OIM) model, zoals geïmplementeerd in het *Monte Carlo Risk Assessment* (MCRA) software versie 9 (MCRA, 2022). Dit is hetzelfde model waarmee EFSA de inname van PFAS via voedsel en drinkwater in Europa heeft berekend (EFSA, 2020).

Met dit model zijn als eerste de dagelijkse gegeten hoeveelheden van de voedselproducten door ruim 4300 individuen uit de VCP vermenigvuldigd met de gemiddelde somconcentraties van PFAS per relevant gewas of gewasgroep (zie paragrafen 3.2 en 3.4). De inname van PFAS per voedselproduct is per individu opgeteld, resulterend in ruim 8600 dagelijkse innames van PFAS omdat voor elk individu twee dagen beschikbaar zijn in de VCP. Omdat de inname over een langere periode van belang is, zijn de dagelijkse innames gemiddeld over deze twee dagen per

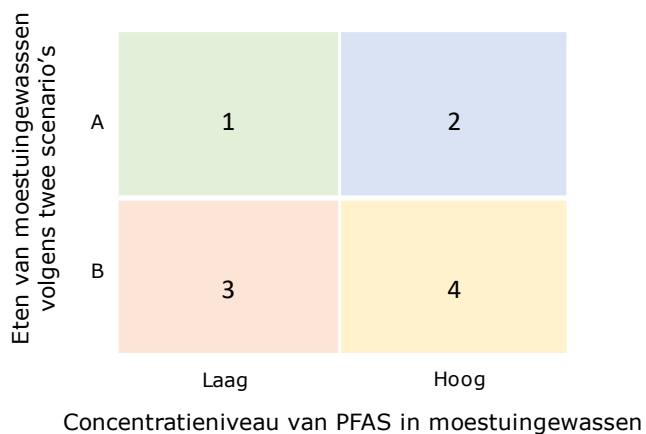
individu. Deze innames zijn daarna gedeeld door het lichaamsgewicht van het betreffende individu en vermenigvuldigd met zeven om ze uit te drukken in innames per week. Op deze manier kunnen de innames worden vergeleken met de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS die is uitgedrukt per kg lichaamsgewicht en per week (zie paragraaf 3.4). Het resultaat is een verdeling van ruim 4300 gemiddelde wekelijkse innames van PFAS. Deze verdeling is vervolgens gekwantificeerd door de gemiddelde, mediane (50ste percentiel; P50) en hoge (95ste percentiel; P95) inname te berekenen. Voor meer details over deze innameparameters wordt verwezen naar Bijlage B in het rapport voor de Sluisdijk (Boon et al., 2019). Naast deze innameparameters is ook de bijdrage van elk moestuingewas, elke gewasgroep en elke individuele PFAS aan de innameverdeling van PFAS berekend als percentage.

De inname van PFAS is berekend voor twee scenario's:

- **Scenario A:** moestuinhouders eten alle voedselproducten in Bijlage D hun hele leven uit hun eigen moestuin; en
- **Scenario B:** moestuinhouders eten een kwart (25%) van de aardappelproducten en de helft (50%) van de groente- en fruitproducten vermeld in Bijlage D hun hele leven uit hun eigen moestuin en eten voor het overige deel producten die een somconcentratie van PFAS hebben die gelijk is aan de somconcentratie in overeenkomstige gewassen uit de referentielocatie.

Met scenario B is onderzocht wat de inname van PFAS zou kunnen zijn als moestuinhouders maar een deel van de voedselproducten hun hele leven uit hun moestuin eten. Dit scenario wordt ook gebruikt voor het afleiden van bodemlimieten voor stoffen in moestuingrond (van Breemen et al., 2020). Bij voorkeur zouden voor scenario B somconcentraties in groenten en fruit uit de winkel worden gebruikt, maar ten tijde van deze rapportage waren hiervoor geen actuele concentraties beschikbaar. De inname volgens scenario A is berekend voor de Volkstuin Delta en de referentielocatie en de inname volgens scenario B alleen voor de Volkstuin Delta. De inname voor de twee scenario's is berekend volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen. Figuur 3 geeft weer welke innameberekeningen voor de twee locaties zijn uitgevoerd.

De inname van PFAS is op dezelfde manier berekend als in het moestuinonderzoek voor de Sluisdijk met als verschil dat de huidige berekeningen zijn gebaseerd op een gemiddelde somconcentratie van PFAS per gewas en gewasgroep. Voor de Sluisdijk was het aantal soorten gewassen en het aantal monsters per gewas te beperkt om de inname op die manier te berekenen (Boon et al., 2021b). Voor een aantal gewasgroepen was maar één soort gewas bemonsterd, bijvoorbeeld alleen sla voor de bladgroenten en boerenkool voor de koolgroenten, en waren maar één of twee monsters per gewas genomen vergeleken met maximaal zeven nu (zie Tabel 1). Voor de Sluisdijk is de inname van PFAS daarom berekend volgens een minimaal en een maximaal concentratiescenario van PFAS in de moestuingewassen, waarbij respectievelijk alleen de laagste en de hoogste somconcentratie per gewas of gewasgroep zijn meegenomen in de innameberekening. Omdat in het huidige onderzoek meer soorten gewassen per gewasgroep zijn bemonsterd en ook in hogere aantallen, zijn alle gerapporteerde concentraties per gewas of gewasgroep meegenomen.



Figuur 3 Berekening van de inname van PFAS voor vier combinaties van het eten van moestuingewassen en een concentratieniveau van PFAS in moestuingewassen: combinaties 1 tot en met 4 zijn berekend voor de Volkstuin Delta en combinaties 1 en 2 voor de referentielocatie. PFAS: poly- en perfluoroalkylstoffen

Deze werkwijze erkent dat mensen over een langere periode niet altijd alleen maar een gewas met de laagste of de hoogste somconcentratie zullen eten, maar dat dit op de lange termijn zal uitmiddelen naar een gemiddelde somconcentratie. Verder is voor de Sluisdijk de inname van PFAS alleen berekend voor het scenario waarin moestuinhouders hun hele leven alle voedselproducten uit hun moestuin eten (scenario A).

3.7 Vergelijking van de inname met de TWI

De gemiddelde, mediane (P50) en hoge (P95) wekelijkse inname voor de Volkstuin Delta en de referentielocatie zijn vergeleken met de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS, de TWI, zoals bepaald door EFSA: 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week (zie paragraaf 3.4). Bij deze vergelijking is aangenomen dat de TWI is uitgedrukt in PEQ (4,4 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week), zoals de berekende innameparameters van PFAS.

4 Resultaten

4.1 Concentraties van PFAS in moestuingewassen

Individuele PFAS

In totaal zijn 17 PFAS meegenomen in de analyse van de moestuingewassen (zie Tabel 2). PFBA kon in geen enkel monster worden bepaald door een hoog achtergrondsignaal en de volgende zes PFAS konden niet in alle monsters worden bepaald:

- perfluorpentaaan zuur (PFPeA) door een hoog achtergrondsignaal;
- perfluortetradecaan zuur (PFTeDA) en perfluortridecaan zuur (PFTrDA) door hun fysische eigenschappen; en
- perfluordecaansulfon zuur (PFDS), perfluorbutaansulfon zuur (PFBS) en perfluorhexaan zuur (PFHxA) door een matrixeffect.⁹

PFPeA, PFTeDA en PFTrDA konden in een groot deel van de monsters niet worden bepaald, terwijl PFDS niet kon worden bepaald in knolgewassen en PFBS en PFHxA niet in ui en prei. Het effect van het niet kunnen bepalen van deze PFAS op de berekende inname van PFAS wordt besproken in hoofdstuk 5 (onder *Meegenomen PFAS*).

In de 109 monsters uit de Volkstuin Delta is de aanwezigheid van de volgende vier PFAS het meest bevestigd (aangeduid als 'c' in Tabel 3):

- PFOA in 83 monsters (76%);
- PFHpA in 53 monsters (49%);
- GenX in 50 monsters (46%); en
- PFHxA in 48 monsters (44%).

De aanwezigheid van de overige PFAS is bevestigd in 0-35 monsters (0-32%). De PFOA-concentraties varieerden van 0,6-468 pg per gram. De hoogste PFOA-concentratie van 468 pg per gram is aangetroffen in een monster geschilde wortel, gevolgd door twee hoge PFOA-concentraties in twee monsters snijbiet (402 en 463 pg per gram). Dit waren tevens de hoogste PFAS-concentraties.

In de 78 monsters uit de referentielocatie is de aanwezigheid van de volgende vier PFAS het meest bevestigd:

- PFOA in 34 monsters (44%);
- PFHxA in 25 monsters (32%);
- PFBS in 21 monsters (27%); en
- GenX in 14 monsters (18%).

Net als voor de Volkstuin Delta was PFOA de meest bevestigde PFAS, maar wel in een lager percentage monsters en in lagere concentraties: 0,5-16,6 pg per gram. Een monster geschilde rode biet had de hoogste PFOA-concentratie van 16,6 pg per gram. De aanwezigheid van de overige PFAS zijn bevestigd in 0-12 monsters (0-15%). De hoogst geanalyseerde PFAS-concentratie was voor PFBS in boerenkool (43,9 pg per gram).

⁹ Een verandering van de meetwaarde door de aanwezigheid van een andere stof of stoffen in het monster.

Somconcentraties van PFAS

Op basis van de concentraties voor de individuele PFAS zijn de somconcentraties van PFAS volgens een laag en een hoog concentratieniveau berekend per monster (zie paragraaf 3.3). Hierbij is, naast PFBA dat in geen enkel monster kon worden bepaald, ook PFTTrDA niet meegenomen. De gerapporteerde concentraties van PFTTrDA lagen allemaal onder de LOD. De berekende somconcentraties zijn dus gebaseerd op 15 PFAS, die in tenminste één monster uit de Volkstuin Delta of referentielocatie zijn aangetroffen in een concentratie gelijk aan of groter dan de LOD.

Bijlage E geeft per monster een overzicht van de berekende somconcentraties uitgedrukt in PEQ volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen voor de Volkstuin Delta en de referentielocatie. In Tabel 6 staan de gemiddelde somconcentraties per gewas voor de twee locaties. De gemiddelde somconcentraties volgens een laag concentratieniveau varieerden van 0,02 pg PEQ per gram in peer tot 352 pg PEQ per gram in snijbiet voor de Volkstuin Delta. Naast snijbiet hadden nog vier andere gewassen een gemiddelde somconcentratie die hoger was dan 100 pg PEQ per gram, namelijk andijvie, boerenkool, geschilde rode biet en geschilde wortel (zie Tabel 6). Peer, appel en kers hadden de laagste gemiddelde somconcentraties volgens een laag concentratieniveau.

Vergeleken met de referentielocatie waren vrijwel alle gemiddelde somconcentraties volgens een laag concentratieniveau hoger voor de Volkstuin Delta. Vooral andijvie, geschilde rode biet en geschilde wortel hadden een hogere gemiddelde somconcentratie in de Volkstuin Delta (zie Tabel 6). De gemiddelde somconcentraties voor appel, peer en aardbei volgens een laag concentratieniveau waren lager voor de Volkstuin Delta: respectievelijk 1,0 versus 10 pg PEQ per gram voor appel, 0,02 versus 2,8 pg PEQ per gram voor peer en 20 versus 42 pg PEQ per gram voor aardbei.

Het verschil tussen de gemiddelde somconcentraties volgens een laag en een hoog concentratieniveau was klein voor bijvoorbeeld andijvie uit de Volkstuin Delta en hoog voor bijvoorbeeld paprika uit dit complex (zie Tabel 6). Dit kwam door het aandeel van de gerapporteerde PFAS-concentraties onder een analytische limietwaarde, die klein was voor andijvie en groot voor paprika. Voor gewassen van de referentielocatie was het verschil tussen de gemiddelde somconcentratie volgens de twee concentratieniveaus groter doordat de PFAS-concentraties in deze gewassen vaker onder een limietwaarde zijn gerapporteerd (zie Bijlages B en C).

4.2 Inname van PFAS

4.2.1 Scenario A: alle voedselproducten uit eigen moestuin

Met de somconcentraties in Tabel 6 is de inname van PFAS berekend voor een scenario A, waarin moestuinhouders alle voedselproducten (zoals vermeld in Bijlage D) hun hele leven uit eigen tuin eten. Dit is berekend voor de twee locaties en voor de twee concentratieniveaus van PFAS in de moestuingewassen (combinaties 1 en 2 in Figuur 3). De inname is een combinatie van de PFAS-concentratie in een

Tabel 6 Gemiddelde somconcentraties van PFAS in moestuingewassen volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen voor de Volkstuin Delta en de referentielocatie^a. Tussen haken staat het aantal monsters per moestuingewas.

Gewasgroep	Moestuingewas ^b	Gemiddelde somconcentratie van PFAS per locatie en concentratieniveau, uitgedrukt in pg PEQ per gram ^c			
		Volkstuin Delta		Referentielocatie	
		Laag	Hoog	Laag	Hoog
Groenten					
Bladgroenten	Andijvie	101 (3)	104 (3)	37 (3)	41 (3)
	Sla	22 (7)	38 (7)	2,5 (1)	13 (1)
	Snijbiet	352 (3)	434 (3)	-	
	Overige	117 (13)	145 (13)	28 (4)	34 (4)
Bolgroenten	Ui	12 (6)	25 (6)	0,008 (4)	14 (4)
Knolgroenten	Aardappel	28 (4)	37 (4)	1,7 (4)	26 (4)
	Rode biet	116 (5)	162 (5)	16 (4)	53 (4)
	Wortel	211 (6)	247 (6)	31 (3)	62 (3)
	Overige	131 (15)	163 (15)	15 (11)	46 (11)
Koolgroenten	Bloemkool	2,3 (5)	39 (5)	0,01 (3)	10 (3)
	Boerenkool	125 (5)	134 (5)	56 (4)	64 (4)
	Broccoli	7,3 (4)	45 (4)	0,006 (2)	10 (2)
	Spitskool	-		0,8 (1)	13 (1)
	Spruiten	6,0 (1)	45 (1)	0 (1)	12 (1)
	Overige	45 (15)	72 (15)	20 (11)	30 (11)
Peulvruchten	Snijbonen	62 (3)	100 (3)	3,5 (4)	32 (4)
	Sperziebonen	41 (2)	78 (2)	6,3 (4)	36 (4)
	Peultjes	3,5 (4)	41 (4)	-	
	Overige	31 (9)	69 (9)	4,9 (8)	34 (8)
Stengelgroenten	Prei	14 (4)	28 (4)	1,0 (4)	17 (4)
	Rabarber	24 (5)	59 (5)	0 (4)	37 (4)
	Overige	20 (9)	45 (9)	0,5 (8)	27 (8)
Vruchtgroenten	Courgette	1,3 (5)	37 (5)	0 (3)	29 (3)
	Komkommer	9,2 (4)	20 (4)	0,3 (4)	12 (4)
	Paprika	1,8 (4)	43 (4)	0,6 (3)	11 (3)
	Pompoen	3,7 (5)	39 (5)	0,01 (4)	29 (4)
	Tomaat	29 (4)	63 (4)	3,9 (4)	32 (4)
	Overige	8,4 (22)	40 (22)	1,0 (18)	23 (18)

Gewasgroep	Moestuingewas ^b	Gemiddelde somconcentratie van PFAS per locatie en concentratieniveau, uitgedrukt in pg PEQ per gram ^c			
		Volkstuin Delta		Referentielocatie	
		Laag	Hoog	Laag	Hoog
Fruit					
Klein fruit	Aardbei	20 (6)	37 (6)	42 (2)	52 (2)
	Druif	-		5,7 (3)	21 (3)
	Overige	20 (6))	37 (6)	20 (5)	33 (5)
Pitvruchten	Appel	1,0 (2)	18 (2)	10 (4)	24 (4)
	Peer	0,02 (4)	17 (4)	2,8 (4)	18 (4)
Steenvruchten	Kers	1,0 (3)	18 (3)	-	
	Pruim	24 (5)	39 (5)	0,35 (1)	15 (1)
	Overige	15 (8)	31 (8)	0,35 (1)	15 (1)

PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: poly- en perfluoroalkylstoffen

^a De somconcentraties per monster staan in Bijlage E.

^b De voedselproducten die horen bij de 'overige' moestuingewassen staan in Bijlage D weergegeven per gewasgroep. Aan deze voedselproducten is de gemiddelde somconcentratie van de bemonsterde gewassen in de betreffende gewasgroep toegekend (zie paragraaf 3.5).

^c De uitleg voor de berekening van de somconcentraties volgens een laag en een hoog concentratieniveau staat in paragraaf 3.3.

voedselproduct en de hoeveelheid die van dit product wordt gegeten (zie paragraaf 3.6).

De mediane inname (P50) volgens een laag concentratieniveau was 0,55 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week en de hoge inname (P95) was 2,7 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week voor de Volkstuin Delta (zie Tabel 7). De gemiddelde inname was 0,89 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week. Overeenkomstige innames voor de referentielocatie waren respectievelijk 0,12, 0,77 en 0,21 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week. De gemiddelde, mediane en hoge inname volgens een hoog concentratieniveau voor de Volkstuin Delta waren gemiddeld een factor 1,6 hoger dan volgens een laag concentratieniveau. Voor de referentielocatie was deze factor 3,5 door een hoger percentage concentraties met een gerapporteerde concentratie onder een analytische limietwaarde.

Tabel 7 Inname van PFAS door het eten van moestuingewassen volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen voor de Volkstuin Delta en de referentielocatie, waarbij moestuinhouders alle voedselproducten hun hele leven uit hun moestuin eten (scenario A)^a

Inname-parameter ^b	Inname van PFAS per locatie en concentratieniveau, in ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week ^{c,d}			
	Volkstuin Delta		Referentielocatie	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog
Gemiddelde	0,89	1,4	0,21	0,71
Mediaan (P50)	0,55	1,0	0,12	0,55
Hoog (P95)	2,7	3,9	0,77	2,0

P50: 50ste percentiel; P95: 95ste percentiel; PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: poly- en perfluoroalkylstoffen

^a Bijlage D geeft een overzicht van de voedselproducten die zijn meegenomen in de berekening van de inname.

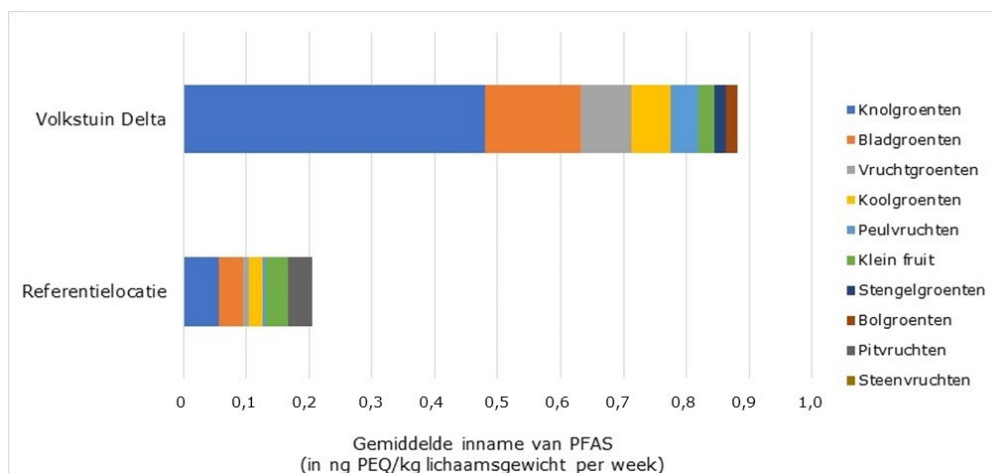
^b Een toelichting op de berekende innameparameters staat in paragraaf 3.6.

^c Een toelichting op de berekening van de inname van PFAS volgens een laag en een hoog concentratieniveau staat in paragraaf 3.3.

^d Een toelichting op de berekening van de inname van PFAS uitgedrukt in PEQ staat in paragraaf 3.4.

In Figuur 4 is de bijdrage van de tien gewasgroepen aan de gemiddelde inname van PFAS weergegeven volgens een laag concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen en voor de twee locaties (combinatie 1 in Figuur 3). Deze bijdrages zijn berekend door de procentuele bijdrage van elke gewasgroep aan de innameverdeling (zie Bijlage F) te vermenigvuldigen met de gemiddelde inname (zie Tabel 7). De bijdrage voor een laag concentratieniveau is weergegeven, omdat deze bijdrage niet mede wordt bepaald door de toekenning van analytische limietwaarden aan de PFAS waarvan de aanwezigheid in een monster niet met zekerheid kon worden aangetoond (gerapporteerde concentratie < LOD) of vastgesteld (gerapporteerde concentratie < LOQ).

Voor de Volkstuin Delta droegen knolgroenten het meeste bij aan de gemiddelde inname van PFAS, gevolgd door bladgroenten en vruchtgroenten (zie Figuur 4). Knolgroenten en bladgroenten waren de gewasgroepen met de hoogste somconcentraties van PFAS (zie Tabel 6). Binnen de knolgroenten droegen geschilde wortel en geschilde aardappel

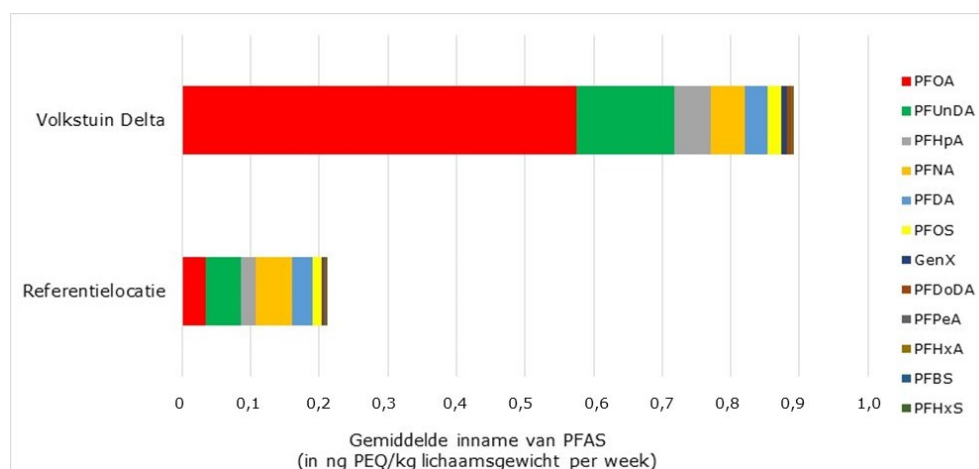


Figuur 4 Bijdrage van de tien gewasgroepen aan de gemiddelde inname van PFAS per week volgens een laag concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen (zie Tabel 3) voor de Volkstuin Delta en de referentielocatie, ervan uitgaande dat moestuinhouders alle voedselproducten (zie Bijlage D) hun hele leven uit hun moestuin eten (scenario A). PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: poly- en perfluoroalkylstoffen

het meeste bij aan de inname. Geschilde aardappel had een lage gemiddelde PFAS-concentratie (zie Tabel 6), maar droeg veel bij omdat het veel en in grote hoeveelheden wordt gegeten. Geschilde rode biet is net als geschilde wortel een veel gegeten knolgroente in Nederland (zie Bijlage A), maar droeg minder bij aan de inname dan geschilde wortel door een lagere gemiddelde PFAS-concentratie (zie Tabel 6). Binnen de bladgroenten droegen spinazie en witlof het meeste bij, vooral door de aanwezigheid van PFAS in snijbiet (zie Tabel 6). Spinazie en witlof zijn veel gegeten bladgroenten in Nederland (zie Bijlage A). Tomaat droeg het meeste bij aan de inname via vruchtgroenten. Dit gewas had de hoogste somconcentratie van PFAS binnen deze gewasgroep en is een veel gegeten vruchtgroente in Nederland (zie Bijlage A). Wanneer gekeken wordt naar de individuele gewassen droeg geschilde wortel met 30% het meeste bij aan de inname van PFAS, gevolgd door geschilde aardappel met 20%, tomaat met 8%, spinazie met 6% en witlof met 5%. De overige gewassen droegen minder dan 5% bij aan de inname van PFAS volgens een laag concentratieniveau.

Knolgroenten droegen ook het meeste bij aan de inname van PFAS voor de referentielocatie, gevolgd door pitvruchten (zie Figuur 4). Door een lagere, gemiddelde inname waren deze bijdrages in absolute zin klein vergeleken met de Volkstuin Delta. Net als bij de Volkstuin Delta droegen geschilde wortel en geschilde aardappel voor de knolgroenten het meeste bij aan de inname. Voor de pitvruchten was dit appel.

Ook de bijdrage van de individuele PFAS aan de gemiddelde inname van PFAS volgens een laag concentratieniveau is weergegeven voor de twee locaties (zie Figuur 5). Ook hier is daarvoor de procentuele bijdrage van elke PFAS aan de innameverdeling (zie Bijlage F) vermenigvuldigd met de gemiddelde inname (zie Tabel 7). Voor de Volkstuin Delta werd de inname van PFAS vooral bepaald door PFOA, de PFAS die in de meeste



Figuur 5 Bijdrage van de individuele PFAS aan de gemiddelde inname van PFAS per week volgens een laag concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen (zie Tabel 3) voor de Volkstuin Delta en de referentielocatie, ervan uitgaande dat moestuinhouders alle voedselproducten (zie Bijlage D) hun hele leven uit hun moestuin eten (scenario A). PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: poly- en perfluoroalkylstoffen

monsters en in de hoogste concentraties is aangetroffen in de moestuingewassen (zie paragraaf 4.1). Voor de referentielocatie waren PFUnDA en PFNA bepalend voor de inname en was PFOA beduidend minder belangrijk. PFUnDA en PFNA zijn PFAS met een hoge RPF, respectievelijk 4 en 10. Ook voor de individuele PFAS waren de bijdrages aan de inname in absolute zin klein voor de referentielocatie vergeleken met de Volkstuin Delta (zie Figuur 5).

4.2.2

Scenario B: deel van voedselproducten uit eigen moestuin

De inname van PFAS is ook berekend voor een scenario B, waarin moestuinhouders van de Volkstuin Delta een kwart van de aardappelproducten en de helft van de groente- en fruitproducten uit hun moestuin eten en dat zij voor het overige deel voedselproducten eten met een somconcentratie van PFAS gelijk aan die in overeenkomstige gewassen uit de referentielocatie (combinaties 3 en 4 in Figuur 3). Deze berekening is niet gedaan voor de referentielocatie.

In dit scenario was de hoge inname (P95) voor de Volkstuin Delta een factor 1,5 lager voor een laag concentratieniveau en een factor 1,4 lager voor een hoog concentratieniveau vergeleken met scenario A (zie Tabellen 7 en 8). De hoogste schatting van de inname was 2,9 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week (P95 en volgens een hoog concentratieniveau).

4.3

Vergelijking van de inname met de TWI

De berekende wekelijkse inname van PFAS door de het eten van moestuingewassen uit de Volkstuin Delta en de referentielocatie is vergeleken met de TWI van PFAS van 4,4 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week. De resultaten staan in Figuur 6.

Tabel 8 Inname van PFAS door het eten van moestuingewassen volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen, waarbij moestuinhouders van de Volkstuin Delta een kwart van de aardappelproducten en de helft van de groente- en fruitproducten hun hele leven uit hun moestuin eten (scenario B)^a

Inname-parameter ^b	Inname van PFAS per concentratieniveau, in ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week ^{c,d}	
	Laag	Hoog
Gemiddelde	0,59	1,1
Mediaan (P50)	0,38	0,82
Hoog (P95)	1,8	2,9

P50: 50ste percentiel; P95: 95ste percentiel; PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: poly- en perfluoroalkylstoffen

^a Bijlage D geeft een overzicht van de voedselproducten die zijn meegenomen in de berekening van de inname.

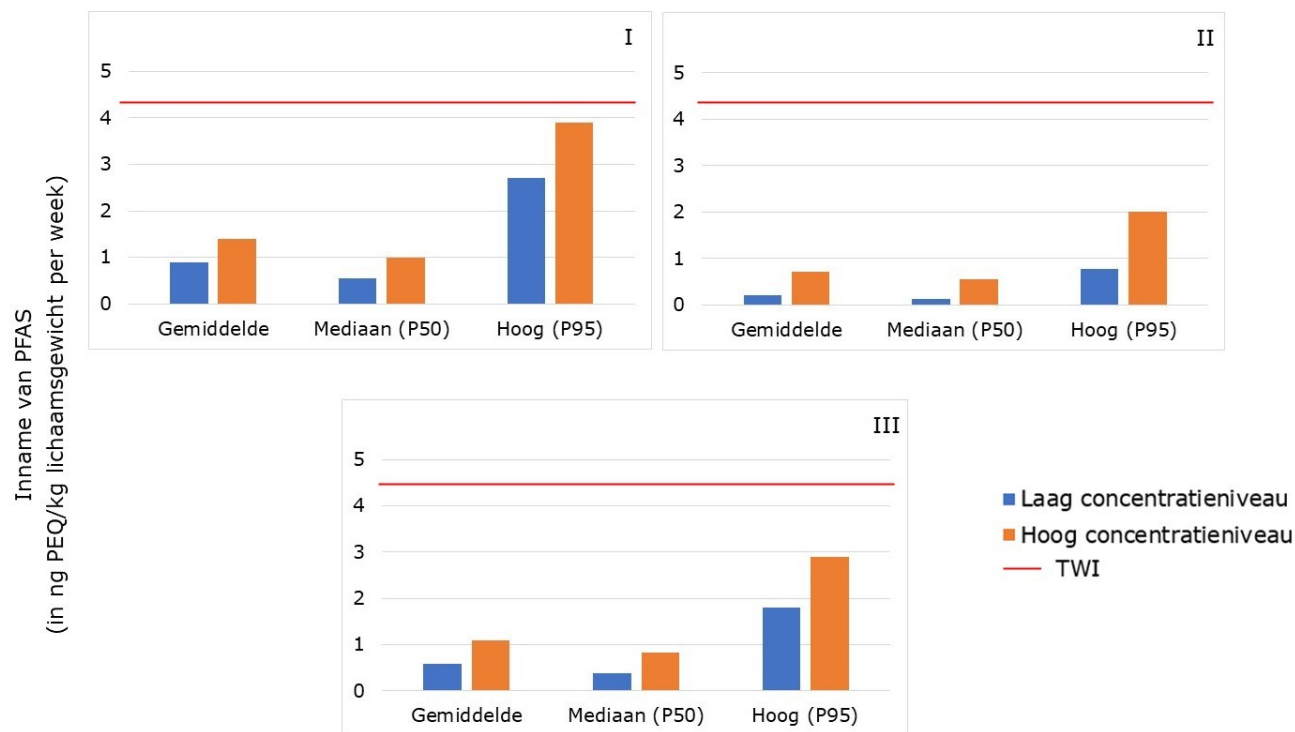
^b Een toelichting op de berekende innameparameters staat in paragraaf 3.6.

^c Een toelichting op de berekening van de inname van PFAS volgens een laag en een hoog concentratieniveau staat in paragraaf 3.3.

^d Een toelichting op de berekening van de inname van PFAS uitgedrukt in PEQ staat in paragraaf 3.4.

De inname van PFAS volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen was lager dan de TWI voor scenario A, waarin is aangenomen dat moestuinhouders alle voedselproducten hun hele leven uit hun moestuin eten. In dit scenario vulde de hoge inname (P95) voor de Volkstuin Delta de TWI op voor respectievelijk 61% en 89%. Voor de referentielocatie waren deze percentages respectievelijk 18% en 45%. Deze percentages zijn berekend door de inname per week te delen door de TWI en het resultaat te vermenigvuldigen met 100. Een percentage lager dan 100 betekent dat de berekende inname per week lager is dan de TWI.

Voor scenario B waarin moestuinhouders van de Volkstuin Delta een kwart van de aardappelproducten en de helft van de groente- en fruitproducten uit hun moestuin eten, vulde de hoge inname de TWI op met 41% volgens een laag concentratieniveau en 66% volgens een hoog concentratieniveau (zie Figuur 6).



I: Volkstuin Delta en alle voedselproducten (zie Bijlage D) uit eigen moestuin (scenario A);

II: Referentielocatie en alle voedselproducten uit eigen moestuin (scenario A);

III Volkstuin Delta en deel voedselproducten (25% aardappel/50% groente en fruit) uit eigen moestuin (scenario B)

Figuur 6 Inname van PFAS per week voor twee scenario's van het eten van moestuingewassen en voor een laag (blauw) en een hoog concentratieniveau (oranje) van PFAS in de moestuingewassen voor de Volkstuin Delta en de referentielocatie (zie Figuur 3). Een toelichting op de berekening van de inname uitgedrukt in PEQ staat in paragraaf 3.4 en op de berekende innameparameters (gemiddelde, mediaan en hoog) in paragraaf 3.6. PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: poly- en perfluoroalkylstoffen; TWI: tolereerbare wekelijkse inname

5 Onzekerheden in de berekende inname van PFAS

De berekende inname van PFAS volgens twee concentratieniveaus van PFAS in moestuingewassen uit de Volkstuin Delta en de referentielocatie en twee scenario's voor wat betreft het eten van moestuingewassen wordt beïnvloed door een aantal onzekerheden. Dit zijn onzekerheden die ook zijn geïdentificeerd in het moestuinonderzoek voor het volkstuinencomplex Sluisdijk (Boon et al., 2019; 2021b). Deze onzekerheden betreffen de/het:

- consumptiegegevens;
- aannames over het eten van moestuingewassen;
- rekenmodel (OIM);
- concentratiegegevens;
- meegenomen PFAS; en
- effect van bereiding.

Consumptiegegevens, aannames over consumptie en rekenmodel

Zoals beschreven in het moestuinonderzoek voor de Sluisdijk heeft het gebruik van consumptiegegevens voor de totale Nederlandse populatie voor de berekening van de inname zeer waarschijnlijk niet geleid tot een onder- of overschatting van de inname van PFAS door het eten van moestuingewassen. Het eten van eventueel grotere hoeveelheden van moestuingewassen door moestuinhouders is geadresseerd door de inname te berekenen met alle gerapporteerde gegeten hoeveelheden in de voedselconsumptiepeiling (VCP), dus inclusief mensen die veel aardappelen, groenten en/of fruit eten (Boon et al., 2019). Het gebruikte rekenmodel (OIM) heeft mogelijk tot een overschatting van de hoge inname van PFAS geleid (Boon et al., 2019). Echter, de grootste overschatting van de inname voor de Sluisdijk werd toegeschreven aan de aanname dat moestuinhouders alle voedselproducten (zie Bijlage D) hun hele leven uit hun moestuin eten (scenario A). Dat geldt ook voor de berekende inname in dit rapport voor dat scenario en voor de twee moestuinlocaties. In het huidige rapport is daarom de inname van PFAS ook berekend voor een scenario, waarin is aangenomen dat moestuinhouders van de Volkstuin Delta een kwart van de aardappelproducten en de helft van de groente- en fruitproducten hun hele leven uit hun moestuin eten (scenario B; zie paragraaf 3.6). Dit resulteerde in een verlaging van de inname van PFAS met een factor 1,4-1,5 voor deze moestuinhouders (zie Tabellen 7 en 8).

Concentratiegegevens

Net als in het moestuinonderzoek voor de Sluisdijk zijn ook nu de concentratiegegevens een bron van onzekerheid. Een deel van de toen geïdentificeerde onzekerheden is nu geadresseerd door de opzet van het onderzoek aan te passen. In het huidige onderzoek zijn meer soorten gewassen per gewasgroep bemonsterd en ook in grotere aantallen. Daardoor konden de gegeten hoeveelheden van meerdere voedselproducten direct worden gekoppeld aan de bemonsterde gewassen en is de berekende inname gebaseerd op alle gerapporteerde concentraties (zie paragraaf 3.6). De berekende inname is daarmee realistischer dan berekend voor de Sluisdijk. Echter, ook in de huidige

studie was voor een aantal gewassen maar één of twee monsters beschikbaar (zie Tabel 1) en kon de spreiding in de somconcentraties tussen individuele monsters binnen een gewas groot zijn. Bijvoorbeeld, de somconcentratie van één van de vijf aardbeienmonsters uit de Volkstuin Delta volgens een laag concentratieniveau was 104 pg PEQ per gram door de aanwezigheid van PFUnDA, terwijl de somconcentraties in de overige vier monsters varieerden van 0,1-15 pg PEQ per gram. Verder droegen spinazie en witlof 5-6% bij aan de inname van PFAS voor de Volkstuin Delta, terwijl deze gewassen niet zijn bemonsterd (zie Bijlage A). De somconcentratie in deze gewassen is gelijkgesteld aan de gemiddelde somconcentratie voor de hele gewasgroep bladgroenten, die vooral werd bepaald door hoge somconcentraties in snijbiet (zie paragraaf 3.5).

Het meenemen in de innameberekening van moestuingewassen die niet zijn bemonsterd, zoals spinazie en witlof, kan mogelijk hebben geresulteerd in een overschatting van de inname van PFAS als deze gewassen niet worden geteeld in de moestuinen. Ook al kan dit niet worden uitgesloten, is dit niet waarschijnlijk voor alle gewassen. De monsternamen zijn een momentopname van de gewassen die op dat moment in voldoende mate aanwezig waren in de moestuinen (zie Bijlage A). Het is niet uit te sluiten dat deze gewassen op een ander tijdstip wel in voldoende mate aanwezig waren geweest voor bemonstering. Verder, door niet-bemonsterde gewassen mee te nemen is tevens gecompenseerd voor de mogelijkheid dat moestuinhouders meer eten van de gewassen uit eigen tuin en daardoor minder van vergelijkbare andere producten, zoals meer zelf geteelde snijbiet en minder spinazie.

Voor de berekening van de inname van alle PFAS zijn de concentraties van de individuele PFAS gesommeerd na vermenigvuldiging met een RPF (zie paragraaf 3.3 en Box 3). Voor perfluorheptaansulfonzuur (PFHpS), PFPeA, PFHpA en perfluordecaanzuur (PFDA) zijn een ondergrens en een bovengrens van de RPF afgeleid (Bil et al., 2021). Voor deze PFAS is het dus onzeker wat de meest waarschijnlijke waarde is van de RPF. Zoals aanbevolen door RIVM (2021) is bij de berekening van de somconcentraties voor deze PFAS de bovengrens gebruikt. De verwachting is dat deze aanname geen groot effect heeft gehad op de berekende inname van PFAS voor de Volkstuin Delta, omdat deze PFAS minder dan 10% bijdroegen aan de inname van PFAS voor deze locatie (zie Bijlage F). Voor de referentielocatie is de inname hierdoor mogelijk overschat, vooral omdat PFHpA en PFDA respectievelijk 11% en 14% bijdroegen aan de inname (zie Bijlage F).

Een deel van de PFAS-concentraties zijn gerapporteerd als lager dan de detectielimiet (LOD), kwantificeringslimiet (LOQ) of bevestigingslimiet (LOC). Deze concentraties zijn meegenomen in de innameberekeningen volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in moestuingewassen (zie paragraaf 3.3 en Box 1). In de berekening van de inname volgens deze twee concentratieniveaus is ervan uitgegaan dat de PFAS met een gerapporteerde concentratie lager dan de LOC aanwezig zijn in de betreffende monsters (zie paragraaf 3.3). Deze aanname is echter niet zeker en kan daardoor hebben geleid tot een overschatting van de inname. We verwachten dat deze onzekerheid

geen effect heeft gehad op de berekende inname voor de Volkstuin Delta en de referentielocatie, omdat slechts 1-2% van de concentraties is gerapporteerd als lager dan de LOC.

Meegenomen PFAS

In de berekening van de inname van PFAS voor de twee locaties is PFBA niet meegenomen, omdat deze PFAS in geen enkel monster kon worden bepaald. PFTeDA en PFPeA konden in een groot deel van de monsters niet worden bepaald (zie paragraaf 4.1). Het (deels) niet meenemen van deze drie PFAS heeft mogelijk tot een onderschatting van de inname van PFAS geleid als zij wel aanwezig zijn in de monsters. We schatten in dat deze onderschatting beperkt zal zijn geweest. Voor PFTeDA lagen de gerapporteerde concentraties in de monsters waarin deze PFAS kon worden bepaald onder de LOD, met uitzondering van één monster met een concentratie onder de LOQ. Voor PFPeA had 84% van de monsters waarin deze PFAS kon worden bepaald een gerapporteerde concentratie onder de LOQ voor de Volkstuin Delta en 79% voor de referentielocatie. Daarnaast is de RPF voor deze stof met 0,05 laag. Dit laatste is ook het geval voor PFBA met eenzelfde RPF van 0,05. PFTrDA kon ook in een groot deel van de monsters niet worden bepaald. Deze PFAS is niet meegenomen in de berekening van de inname, omdat de concentraties van deze PFAS in de monsters uit de twee locaties waarin deze PFAS kon worden bepaald allemaal onder de LOD lagen.

PFDS, PFBS en PFHxA konden in een deel van de monsters niet worden bepaald (zie paragraaf 4.1). Gezien de lage RPF voor PFBS en PFHxA, respectievelijk 0,001 en 0,01, schatten we in dat het effect hiervan op de berekende inname verwaarloosbaar zal zijn geweest. Voor PFDS is dit mogelijk niet het geval. De RPF voor deze PFAS is twee en deze PFAS kon niet worden bepaald in knolgewassen. Gezien de hoge consumptie van aardappelen in Nederland kan dit hebben geleid tot een onderschatting van de inname van PFAS. Maar, deze PFAS werd in alle monsters uit de Volkstuin Delta waarin het kon worden bepaald aangetroffen onder de LOD. Dit was ook het geval voor de referentielocatie, behalve voor twee monsters waarin het werd aangetroffen onder de LOQ. Het is aannemelijk dat ook het effect van het niet meenemen van PFDS op de berekende inname van PFAS voor de twee locaties daardoor verwaarloosbaar zal zijn geweest. De drie PFAS met de hoogste RPF's – PFNA, PFDA en PFUnDA – konden in alle monsters worden bepaald, evenals PFOA.

Effect van bereiding

De inname van PFAS is berekend met concentraties gemeten in aardappel, pompoen, rode biet, ui en wortel na schillen. Daarnaast zijn alle moestuingewassen met water gewassen om contaminatie met aanhangende aarde te vermijden. Op deze manier is getracht de praktijk van de consumptie van deze gewassen zo dicht mogelijk te benaderen. Echter, mensen eten zeer waarschijnlijk ook ongeschilde wortel of ongeschilde pompoen. Dit leidt mogelijk tot een hogere inname van PFAS via deze twee gewassen. Verder is de hoeveelheid gegeten producten direct gekoppeld aan de somconcentraties in de rauwe moestuingewassen. Veel gewassen worden (ook) gekookt gegeten, zoals andijvie en spinazie (zie Bijlage D). Deze gewassen slinken tijdens het

koken door waterverlies, waardoor de uiteindelijk gegeten gekookte hoeveelheid lager is dan de bijbehorende rauwe hoeveelheid. Bijvoorbeeld, iemand die 250 gram gekookte spinazie eet, heeft daarvoor 450-500 gram rauwe spinazie nodig.¹⁰ Deze grotere gegeten hoeveelheid van het rauwe gewas is niet meegenomen in de berekeningen, wat kan hebben geleid tot een onderschatting van de inname van PFAS, ervan uitgaande dat tijdens het koken PFAS niet verdwijnt uit het rauwe gewas.

Op basis van bovenstaande onzekerheden concluderen we dat de inname van PFAS volgens een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen is overschat voor zowel de Volkstuin Delta als de referentielocatie voor het scenario waarin is aangenomen dat moestuinhouders hun hele leven uit hun moestuin eten. We schatten in dat deze overschatting van de inname ook geldt voor het lage concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen. Ondanks dat de werkelijke somconcentraties van PFAS in de monsters zullen zijn onderschat volgens dit concentratieniveau, verwachten we dat het effect hiervan op de inname wordt overtroffen door een overschatting van de inname door de aanname dat moestuinhouders alle voedselproducten hun hele leven uit hun moestuin eten. De aanname dat moestuinhouders een kwart van de door hen gegeten hoeveelheid aardappelproducten en de helft van de door hen gegeten hoeveelheid groente- en fruitproducten uit hun moestuin eten, resulteert mogelijk in een realistischere schatting van de inname van PFAS.

¹⁰ <https://www.gezondheidsnet.nl/groente-en-fruit/hoe-kom-je-aan-250-gram-groenten>

6 Discussie

Dit rapport beschrijft de inname van 15 PFAS door het eten van moestuingewassen uit het volkstuinencomplex Volkstuin Delta in Helmond en uit een referentielocatie zonder een bekende contaminatiebron van PFAS. Hieronder worden de resultaten voor de Volkstuin Delta vergeleken met die van een onderzoek voor het volkstuinencomplex Sluisdijk, een complex dichter bij dezelfde contaminatiebron van PFAS als voor de Volkstuin Delta (zie paragraaf 6.1) en met die van de referentielocatie (zie paragraaf 6.2). Daarnaast worden de resultaten van de Volkstuin Delta verder geduid (zie paragraaf 6.3) en de berekende inname voor de twee locaties vergeleken met de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS als onderdeel van een risicobeoordeling (zie paragraaf 6.4).

6.1 Vergelijking met moestuinonderzoek voor volkstuinencomplex Sluisdijk in Helmond

In 2021 heeft het RIVM de inname van PFAS berekend voor moestuingewassen uit het volkstuinencomplex Sluisdijk in Helmond voor het scenario waarin moestuinhouders hun hele leven uit hun moestuin eten (Boon et al., 2021b). De gewassen uit de Sluisdijk zijn bemonsterd in september 2018 (Boon et al., 2019). De inname van PFAS door het eten van moestuingewassen uit de Volkstuin Delta voor dit scenario is lager dan de inname van PFAS berekend voor de Sluisdijk (zie Tabel 9). Zelfs de inname volgens een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen voor de Volkstuin Delta is lager dan de inname berekend op basis van de laagste somconcentraties per gewas of gewasgroep, het zogenaamde 'minimale scenario', voor de Sluisdijk.

Tabel 9 Inname van PFAS^a door het eten van moestuingewassen^b volgens een minimaal en een maximaal concentratiescenario van PFAS in de moestuingewassen voor het volkstuinencomplex Sluisdijk en volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen voor het volkstuinencomplex Volkstuin Delta

Inname-Parameter ^c	Inname van PFAS per locatie in ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week			
	Sluisdijk ^d		Volkstuin Delta ^e	
	Concentratiescenario		Concentratieniveau	
	Minimaal	Maximaal	Laag	Hoog
Gemiddelde	4,9	11	0,89	1,4
Mediaan (P50)	2,1	5,6	0,55	1,0
Hoog (P95)	19	39	2,7	3,9

P50: 50ste percentiel; P95: 95ste percentiel; PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: poly- en perfluoroalkylstoffen

^a GenX, PFHpA en PFOA voor de Sluisdijk en 15 PFAS voor de Volkstuin Delta (zie Tabel 2, met uitzondering van PFBA en PFTrDA (zie paragraaf 4.1)).

^b Gebaseerd op de aanname dat moestuinhouders alle voedselproducten (zie Bijlage D) hun hele leven uit hun moestuin eten (scenario A).

^c Een toelichting op de berekende innameparameters staat in paragraaf 3.6.

^d Inname zoals berekend in het rapport voor de Sluisdijk (Boon et al., 2021b).

^e Inname zoals berekend in het huidige rapport.

De Volkstuin Delta ligt zo'n 700 meter verder weg, in dezelfde windrichting, van het bedrijf Custom Powders dan de Sluisdijk met daarom een potentieel lagere PFAS-contaminatie van de moestuingewassen dan de gewassen uit de Sluisdijk.

Bij de vergelijking van de inname van PFAS voor de Volkstuin Delta met die voor de Sluisdijk moet rekening worden gehouden met verschillen in:

- de soorten gewassen die zijn meegenomen;
- het aantal gewassen dat is meegenomen;
- de methodiek voor de berekening van de inname; en
- de hoogte van de detectielimiet (LOD) en kwantificeringslimiet (LOQ) en de PFAS die zijn meegenomen.

In de innameberekening voor de Volkstuin Delta zijn soortgelijke gewassen meegenomen als in de berekening voor de Sluisdijk met als verschil dat voor de Volkstuin Delta per gewasgroep meerdere soorten gewassen zijn bemonsterd. Bijvoorbeeld, voor de Volkstuin Delta zijn voor de vruchtgroenten courgette, komkommer, paprika, pompoen en tomaat bemonsterd en voor de Sluisdijk waren dat komkommer, paprika en tomaat. Hierdoor was het mogelijk om in de huidige studie meerdere gewassen direct met de gegeten hoeveelheden van relevante producten uit de voedselconsumptiepeiling (VCP) te koppelen, wat heeft geleid tot een realistischere schatting van de inname van PFAS voor de Volkstuin Delta vergeleken met de Sluisdijk. Bij de berekening van de inname voor de Volkstuin Delta is ook fruit meegenomen met een bijdrage van 4% aan de totale innameverdeling voor een laag concentratieniveau (zie Bijlage F).

Ook waren voor de Sluisdijk minder monsters per gewas of gewasgroep beschikbaar dan voor de Volkstuin Delta. Voor de Sluisdijk zijn daarom alleen de laagste ('minimaal concentratiescenario') en de hoogste somconcentratie ('maximaal concentratiescenario') per gewas of gewasgroep meegenomen in de innameberekening (zie paragraaf 3.6). Voor de Volkstuin Delta zijn alle concentraties meegenomen. Dit resulteerde in een realistischere schatting van de inname van PFAS op basis van de beschikbare concentraties (zie ook paragraaf 3.6 en hoofdstuk 5). Een meer realistische schatting van de inname van PFAS voor de Sluisdijk zal naar verwachting overigens niet leiden tot een andere conclusie over het eten van moestuingewassen uit dit complex, ervan uitgaande dat de PFAS-concentraties in de gewassen niet zijn gedaald sinds september 2018. Dit komt omdat de hoge inname (P95) van PFAS van 19 ng/kg lichaamsgewicht per week berekend met de laagste somconcentraties per gewas of gewasgroep al een factor 4,3 hoger was dan de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS (zie Tabel 9).

De innameberekening voor de Sluisdijk was gebaseerd op concentraties die zijn gerapporteerd als lager dan de LOD, tussen de LOD en LOQ en gelijk aan of hoger dan de LOQ. Voor de rapportage van de PFAS-concentraties in de huidige studie is een extra analytische limietwaarde gebruikt, de bevestigingslimiet (LOC). Deze LOC is vergelijkbaar met de LOQ, zoals gerapporteerd voor de Sluisdijk. Door de introductie van de LOC was het mogelijk om met meer precisie aan te geven waar de

concentratie van een PFAS lag wanneer aanwezig in een concentratie lager dan de LOC: tussen de LOD en LOQ of tussen de LOQ en LOC. Daarnaast waren de LOD's, LOQ's en LOC's in de huidige studie lager dan de LOD en LOQ in het moestuinonderzoek voor de Sluisdijk (zie Figuur 2). Hierdoor zijn in het huidige onderzoek 15 PFAS meegenomen en maar drie in het onderzoek voor de Sluisdijk. De LOD's voor de Sluisdijk waren dermate hoog dat maar drie PFAS aangetoond konden worden in de monsters. Verder zijn in de huidige studie, door de lage LOC's, meerdere PFAS-concentraties gerapporteerd met een kwantitatieve meetwaarde, waardoor de inname van PFAS met meer zekerheid en precisie kon worden berekend. Dit komt tot uiting in een smallere bandbreedte tussen de berekende inname volgens een laag en een hoog concentratieniveau vergeleken met de inname volgens een minimaal en een maximaal concentratiescenario (zie Tabel 9).

Op basis van bovenstaande analyse concluderen we dat de inname van PFAS voor de Volkstuin Delta realistischer is berekend dan voor de Sluisdijk door lagere analytische limietwaarden en doordat meer soorten moestuingewassen in ook grotere aantallen zijn bemonsterd. Ook is de inname van PFAS door het eten van moestuingewassen uit de Volkstuin Delta lager dan door het eten van moestuingewassen uit de Sluisdijk (zie Tabel 9).

6.2 Volkstuin Delta vergeleken met de referentielocatie

In de huidige studie is de inname van PFAS ook berekend door het eten van moestuingewassen uit een referentielocatie in de gemeente Hoeksche Waard. De gewassen uit deze locatie zijn bemonsterd om te berekenen wat de inname van PFAS is via moestuingewassen uit een gebied zonder duidelijke bron voor contaminatie met PFAS en hoe deze inname zich verhoudt tot de inname voor de Volkstuin Delta.

De Hoeksche Waard ligt hemelsbreed op zo'n 20 kilometer afstand van DuPont/Chemours, een bedrijf dat in het verleden PFOA en GenX heeft uitgestoten en momenteel nog steeds GenX uitstoot, maar wel in lagere hoeveelheden. De referentielocatie ligt ten zuidwesten (benedenwinds) van dit bedrijf, waardoor de verwachting is dat geen of nauwelijks depositie van PFAS heeft plaatsgevonden vanuit dit bedrijf gezien de overheersende zuidwestenwind in Nederland. De Hoeksche Waard is ook gekozen als referentielocatie vanuit logistieke overwegingen. Het ligt dichtbij de regio Dordrecht waar in opdracht van de gemeente Dordrecht e.o. in dezelfde periode ook moestuincomplexen zijn bemonsterd (Boon et al., 2022). Ook voor dat onderzoek zal deze locatie worden gebruikt als referentielocatie.

Voor de moestuingewassen uit de referentielocatie zijn lagere somconcentraties van PFAS berekend dan voor de gewassen uit de Volkstuin Delta, en een bijbehorende lagere inname van PFAS (zie Tabellen 6 en 7 en Figuur 6). De Volkstuin Delta is dus een hoger gecontamineerde locatie vergeleken met de referentielocatie. Maar niet alle moestuingewassen uit de referentielocatie hadden een lagere somconcentratie van PFAS dan overeenkomstige gewassen uit de Volkstuin Delta: appel, peer en aardbei uit de referentielocatie hadden een hogere gemiddelde somconcentratie (zie Tabel 6). Wanneer in meer

detail naar de individuele monsters wordt gekeken blijkt dat de somconcentraties voor appel en aardbei uit de referentielocatie hoger waren door de aanwezigheid van PFDA en PFNA in één monster appel en één monster aardbei (zie Bijlage C). Met een RPF van 10 zorgen deze twee PFAS voor een hogere gemiddelde somconcentratie volgens de twee concentratieniveaus. Kijkend naar alle gewassen was het percentage moestuinmonsters met een gekwantificeerde concentratie voor PFNA en PFDA niet verschillend tussen de twee locaties: 19% voor de Volkstuin Delta en 19% voor de referentielocatie voor PFNA en respectievelijk 11% en 9% voor PFDA. De gekwantificeerde concentraties waren ook vergelijkbaar:

- 0,5-2,4 pg per gram voor PFNA voor de Volkstuin Delta;
- 0,5-4,3 pg per gram voor PFNA voor de referentielocatie;
- 0,5-6,5 pg per gram voor PFDA voor de Volkstuin Delta; en
- 0,6-2,9 pg per gram voor PFDA voor de referentielocatie.

Gezien het aantal monsters (2-6; zie Tabel 1) zijn meerdere metingen nodig om vast te kunnen stellen of de hogere gemiddelde somconcentraties in appel, peer en aardbei uit de referentielocatie geen toevalstreffers zijn.

De referentielocatie is gekozen als een niet duidelijk extra gecontamineerde locatie. PFOA en GenX, de twee stoffen die in het verleden door Custom Powders zijn uitgestoten, werden inderdaad minder vaak en in lagere concentraties aangetroffen in de gewassen uit de referentielocatie dan in de gewassen uit de Volkstuin Delta (zie paragraaf 4.1). Voor de Volkstuin Delta werd 64% van de inname van PFAS veroorzaakt door PFOA vergeleken met 16% voor de referentielocatie (zie Bijlage F). GenX werd ook meer aangetroffen in de gewassen uit de Volkstuin Delta, maar door een lage RPF droeg deze PFAS nauwelijks bij aan de inname van PFAS (1%; zie Bijlage F). Ook in de moestuingewassen uit de referentielocatie werden andere PFAS aangetroffen. Het kan zijn dat dit het geval is voor meerdere plekken in Nederland; naast PFOA en GenX werden ook andere PFAS aangetroffen in de gewassen uit de Volkstuin Delta. Verder grenst de Hoeksche Waard aan de randstad, een gebied met veel industriële activiteiten.

We concluderen dat de moestuingewassen uit de Volkstuin Delta meer gecontamineerd zijn met PFAS dan de moestuingewassen uit de referentielocatie wat resulteerde in een hogere inname van PFAS. Vooral PFOA, dat in het verleden door Custom Powders is uitgestoten, droeg bij aan deze hoge inname. De GenX-concentraties in moestuingewassen uit de Volkstuin Delta waren ook hoger, maar door een lage RPF droeg deze PFAS nauwelijks bij aan de inname van PFAS.

6.3 Berekende inname van PFAS

De inname van PFAS voor de Volkstuin Delta is berekend met concentraties van PFAS in moestuingewassen die zijn bemonsterd in de zomer van 2021 (zie paragraaf 2.1). De uitstoot van PFOA door het bedrijf Custom Powders is in 2012 gestopt en sinds november 2017 is het bedrijf gestopt met de uitstoot van GenX. De berekende inname van PFAS geeft daarom een indruk van de inname op het moment van monsternamen en zal in de toekomst mogelijk (verder) afnemen. Echter,

ondanks dat de uitstoot van PFOA al in 2012 is gestopt, is deze PFAS in veel monsters aangetroffen en is deze PFAS verantwoordelijk voor 64% van de inname van PFAS voor dit volkstuinencomplex (zie Figuur 5 en Bijlage F).

Naast PFOA en GenX, werden ook PFHpA en PFHxA frequent aangetroffen in de moestuingewassen uit de Volkstuin Delta. PFHpA is ook aangetroffen in de monsters van de Sluisdijk, alleen in minder monsters door een hogere LOD (Boon et al., 2021b). Toen is geconstateerd dat deze stof zeer waarschijnlijk door productonzuiverheden van de GenX- en/of PFOA-houdende teflon die door Custom Powders is verwerkt in de bodem terecht is gekomen. Mogelijk geldt dat ook voor de andere PFAS of zijn deze PFAS door andere activiteiten in de gewassen terechtgekomen (zie ook paragraaf 6.2).

6.4 Risicobeoordeling en blootstelling via andere bronnen

De inname van PFAS door het eten van moestuingewassen uit de Volkstuin Delta en de referentielocatie is vergeleken met de tolereerbare wekelijkse inname (TWI) van PFAS van 4,4 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week. De inname is berekend volgens twee scenario's (A en B) voor wat betreft het eten van moestuingewassen en voor een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen (zie Figuren 3 en 6).

Voor de risicobeoordeling is de hoge inname (P95) van PFAS relevant, omdat mensen met een moestuin zeer waarschijnlijk de door hen geteelde gewassen in grotere hoeveelheden zullen eten dan de gemiddelde Nederlander (Boon et al., 2021a; 2021b). Verder was voor scenario A, waarin is aangenomen dat moestuinhouders alle voedselproducten hun hele leven uit hun moestuin eten, de inname berekend volgens een laag concentratieniveau het meest realistisch (zie hoofdstuk 5). De hoge inname van PFAS voor deze combinatie (combinatie 1 in Figuur 3) was lager dan de TWI voor de Volkstuin Delta en voor de referentielocatie: de inname vulde de TWI op voor respectievelijk 61% en 18% (zie paragraaf 4.3). Voor scenario B, waarin is aangenomen dat moestuinhouders van de Volkstuin Delta slechts een deel van de voedselproducten uit eigen moestuin eten, en een laag concentratieniveau (combinatie 3 in Figuur 3) was deze opvulling 41% (zie paragraaf 4.3).

Naast de inname van PFAS door het eten van moestuingewassen, kunnen mensen ook worden blootgesteld aan PFAS door het eten van voedselproducten uit de winkel en door het drinken van water (EFSA, 2020; Noorlander et al., 2011; van der Aa et al., 2021). Van der Aa et al. (2021) concludeerde dat de hoge inname (P95) van PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS (de EFSA-4; zie paragraaf 3.4) via producten uit de winkel en drinkwater in Nederland een factor 4,5 hoger was dan de TWI. Voor de mediane inname (P50) was dit een factor 1,4. Deze factoren zijn gebaseerd op de inname van PFAS via voedsel en via drinkwater gemaakt uit grondwater. Drinkwater gemaakt uit grondwater bevatte minder PFAS dan drinkwater gemaakt uit oppervlaktewater (van der Aa et al., 2021). In Helmond wordt drinkwater gemaakt uit grondwater. De

factoren zijn verder berekend voor een laag concentratieniveau van PFAS in voedsel en drinkwater. De berekende inname via voedsel en drinkwater door van der Aa et al. (2021) was indicatief, omdat de gebruikte concentratiegegevens in voedsel (uit 2009) mogelijk niet meer representatief zijn. Deze concentraties worden in 2022 geactualiseerd.

De innameberekening van PFAS via voedsel en drinkwater in Nederland door van der Aa et al. (2021) omvatte de inname via groenten en fruit uit de winkel. Dit betrof ook fruit dat niet wordt geteeld in een moestuin, zoals sinaasappel, kiwi en banaan, en groenten en fruit die als ingrediënt in bewerkte producten zitten, zoals pizza en ketchup. De berekende inname van PFAS via groente en fruit door van der Aa et al. (2021) kan daardoor niet worden vergeleken met de inname van PFAS berekend voor het eten van gewassen uit de moestuinen. De gebruikte PFAS-concentraties door van der Aa et al. (2021) kunnen wel worden vergeleken met de concentraties in de moestuingewassen. Deze vergelijking laat zien dat in de producten uit de winkel lagere PFAS-concentraties zijn gemeten dan in de moestuingewassen uit de Volkstuin Delta. Bijvoorbeeld, de gemiddelde concentratie van PFOA in groenten en fruit was 5 pg per gram (concentratie tussen de LOD en LOQ) vergeleken met 32 pg per gram voor de Volkstuin Delta volgens een laag en een hoog concentratieniveau. Het is dus aannemelijk dat als de concentraties van de moestuingewassen voor de EFSA-4 zouden zijn gebruikt door van der Aa et al. (2021), de inname van PFAS via voedsel en drinkwater hoger zou zijn geweest.

Door de waarschijnlijk al hoge inname van PFAS via voedsel en drinkwater in Nederland, is het belangrijk om de inname van PFAS zo min mogelijk verder te verhogen en het eten van voedsel met verhoogde PFAS-concentraties, zoals de moestuingewassen uit de Volkstuin Delta, te beperken. De moestuinhouders van de Volkstuin Delta kunnen dit doen door niet het hele jaar door hun zelf geteelde moestuingewassen te eten, maar dit af te wisselen met groenten en fruit uit de winkel (zoals gesimuleerd met scenario B). De verwachting is dat de PFAS-concentraties in producten uit de winkel vergelijkbaar of lager zullen zijn dan in de gewassen uit de referentielocatie.

Het verlagen van de inname van PFAS door bepaalde, hoog gecontamineerde moestuingewassen uit de Volkstuin Delta, zoals wortel en snijbiet (zie Tabel 6), niet meer te eten zal onvoldoende zijn, omdat de PFAS-concentraties in bijna alle gewassen uit dit complex hoger zijn dan die in de gewassen uit de referentielocatie (zie Tabel 6). Daarnaast zouden moestuinhouders het eten van deze twee hoog gecontamineerde gewassen kunnen vervangen door een ander gewas uit hun moestuin met een verhoogde PFAS-concentratie.

Naast blootstelling via voedsel en drinkwater kunnen mensen ook worden blootgesteld aan PFAS via de lucht. In Helmond is deze blootstelling nu mogelijk verwaarloosbaar, omdat het drogen van PFOA-houdend teflon is gestopt in 2012 en dat van GenX-houdend teflon sinds eind 2017. Ook is in 2021 een risicobeoordeling voor PFAS-blootstelling uitgevoerd voor het zwemmen in de recreatieplas Berkendonk in Helmond. De conclusie van die beoordeling was dat zwemmen in deze

plas leidt tot blootstelling aan PFAS, maar dat daarvan geen nadelige effecten zijn te verwachten voor de gezondheid (Geraets, 2021). De risicobeoordeling van de inname van PFAS door het eten van moestuingewassen uit het volkstuinencomplex Sluisdijk is uitgebreid met de APROBA-Plus methode (Boon et al., 2021b). Dat is gedaan, omdat de berekende inname van PFAS voor dit complex de TWI ruim overschreed en de APROBA-Plus methode een beter inzicht geeft in risico's van de inname van stoffen (Bokkers et al., 2017). Voor de Volkstuin Delta en de referentielocatie is er geen overschrijding van de TWI. Ter vergelijking is ook de APROBA-Plus methode toegepast. De resultaten van deze analyse staan in Bijlage G. Deze resultaten bevestigen de conclusie van de risicobeoordeling voor de twee locaties.

7 Conclusie

In dit rapport is de inname van PFAS berekend door het eten van moestuingewassen uit het volkstuinencomplex Volkstuin Delta, dat 1150 meter ten noordoosten van het bedrijf Custom Powders in Helmond is gelegen. De inname van deze groep stoffen is berekend volgens een scenario waarin is aangenomen dat moestuinhouders de gewassen hun hele leven uit hun moestuin eten en een scenario waarin is aangenomen dat moestuinhouders maar een deel van de gewassen hun hele leven uit hun eigen moestuin eten. De PFAS-concentraties in de moestuingewassen zijn daarbij meegenomen volgens een laag en een hoog concentratieniveau (zie Figuur 3). Voor de risicobeoordeling is de berekende inname van PFAS volgens deze twee scenario's en concentratieniveaus vergeleken met de gezondheidkundige grenswaarde voor deze groep stoffen, zoals bepaald door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA, 2020).

Onder de aanname dat moestuinhouders hun hele leven de gewassen uit de Volkstuin Delta eten, overschrijdt de inname van PFAS de gezondheidkundige grenswaarde niet voor de twee concentratieniveaus. De moestuinhouders kunnen hun zelf geteelde gewassen blijven eten. Wel zijn de concentraties van PFAS in de gewassen uit de Volkstuin Delta hoger dan in de gewassen uit een referentielocatie zonder een bekende contaminatiebron van PFAS.

De moestuinhouders kunnen de hoeveelheid PFAS die zij binnenkrijgen verlagen door maar een deel van de gewassen uit hun eigen moestuin te eten. Dit kan door het eten van hun eigen gewassen af te wisselen met producten uit de winkel. Deze producten bevatten minder PFAS. Deze afwisseling is belangrijk, omdat mensen ook via andere voedselproducten en via drinkwater PFAS binnenkrijgen. Nederlanders krijgen hierdoor al meer PFAS binnen dan de zogeheten gezondheidkundige grenswaarde.

8 Dankwoord

De auteurs danken Annick van den Brand, Liesbeth Geraets, Joke Herremans, Birgit Loos, Marcel Mengelers en Anton Rietveld van het RIVM voor hun waardevolle bijdrage aan dit rapport; WFSR voor de aanlevering van de PFAS-concentraties in de moestuingewassen; Bas Bokkers van het RIVM voor het uitvoeren van de APROBA-Plus analyse; Arcadis Nederland B.V. voor het projectmanagement en de monsternamen van de moestuingewassen uit de Volkstuin Delta; Tritium Advies B.V. voor de monsternamen van de moestuingewassen uit de referentielocatie; en de gemeentes Helmond en Dordrecht e.o. en de GGD voor hun bijdrage aan het project.

Literatuurlijst

Bil W, Zeilmaker M, Fragki S, Lijzen J, Verbruggen E, Bokkers B (2021). Risk assessment of per - and polyfluoroalkyl substance mixtures: A relative potency factor approach. *Environmental Toxicology and Chemistry* 40: 859-870. <https://doi.org/10.1002/etc.4835>.

Bokkers B, Mengelers M, Bakker M, Chiu W, Slob W (2017). APROBA-Plus: A probabilistic tool to evaluate and express uncertainty in hazard characterization and exposure assessment of substances. *Food and Chemical Toxicology* 110: 408-417. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.10.038>.

Boon PE, te Biesebeek JD (2022). Risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen in Dordrecht e.o. RIVM Briefrapport 2022-0010. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven (*in voorbereiding*).

Boon PE, te Biesebeek JD, Bokkers BGH, Bulder AS (2021a). Herziening van de risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen in Dordrecht, Papendrecht en Sliedrecht. RIVM Briefrapport 2021-0064. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2021-0064>.

Boon PE, te Biesebeek JD, Bokkers BGH, Bulder AS (2021b). Herziening van de risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen in Helmond. RIVM Briefrapport 2021-0071. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2021-0071>.

Boon PE, Zeilmaker MJ, Mengelers MJB (2019). Risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen in Helmond. RIVM Briefrapport 2019-0024. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2019-0024>.

EFSA (2020). Scientific Opinion on the risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA Journal* 2020;18(9):6223, 391 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6223>.

Geraets L (2021). Risicoschatting PFAS in recreatieplas Berkendonk in Helmond. RIVM Briefrapport 2021-0073. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2021-0073>.

MCRA (2022). Reference and user manual for MCRA 9 (version 9.1.41). <https://mcra.rivm.nl/documentation/9.1.41/index.html>.

Mengelers MJB, te Biesebeek JD, Schipper M, Slob W, Boon PE (2018). Risicobeoordeling van GenX en PFOA aanwezig in moestuingewassen in Dordrecht, Papendrecht en Sliedrecht. RIVM Briefrapport 2018-0017. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2018-0017>.

Noorlander CW, van Leeuwen SJP, te Biesebeek JD, Mengelers MJB, Zeilmaker MJ (2011). Levels of perfluorinated compounds in food and dietary intake of PFOA and PFOA in the Netherlands. Journal of Agricultural and Food Chemistry 59: 7496-7505.

<https://doi.org/10.1021/jf104943p>.

RIVM (2020). Notitie: definitieve EFSA-opinie PFAS - wetenschappelijke overwegingen voor RIVM besluitvorming over EFSA-TWI, 15 december 2020. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://www.rivm.nl>.

RIVM (2021). Notitie implementatie van de EFSA som-TWI PFAS, 7 april 2021. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://www.rivm.nl/documenten/notitie-implementatie-van-efsasom-twi-pfas>.

van Breemen PMF, Quick J, Brand E, Otte PF, Wintersen AM, Swartjes FA (2020). CSOIL 2020: Exposure model for human health risk assessment through contaminated soil. Technical description. RIVM Letter report 2020-0165. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2020-0165>.

van der Aa M, Hartmann J, te Biesebeek JD (2021). Analyse bijdrage drinkwater en voedsel aan blootstelling EFSA-4 PFAS in Nederland en advies drinkwaterrichtwaarde. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://www.rivm.nl>.

van Rossum CTM, Buurma-Rethans JM, Dinnissen CS, Beukers MH, Brants HAM, Dekkers ALM, Ocké MC (2020). The diet of the Dutch. Results of the Dutch National Food Consumption Survey 2012-2016. RIVM Report 2020-0083. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2020-0083>.

Zeilmaker MJ, Fragki S, Verbruggen EMJ, Bokkers BGH, Lijzen JPA (2018). Mixture exposure to PFAS: A Relative Potency Factor approach. RIVM report 2018-0070. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2018-0070>.

Bijlage A Opzet van het moestuinonderzoek

De monsternamen van de gewassen is uitgevoerd door Arcadis Nederland B.V. (Volkstuin Delta) en Tritium Advies B.V. (referentielocatie). De monsters zijn op de dag van bemonstering naar het onderzoeksinstituut Wageningen Food Safety Research (WFSR) van Wageningen University & Research (WUR) gebracht voor verdere verwerking en analyse.

Te bemonsteren groenten/fruit:

Voor de te bemonsteren moestuingewassen is zoveel mogelijk aangesloten bij de consumptie van overeenkomstige voedselproducten in de voedselconsumptiepeiling (VCP) van 2012-2016. Met deze set groenten en fruit worden ook de moestuingewassen meegenomen waar in de eerdere onderzoeken in Helmond (Boon et al., 2019; 2021b) en Dordrecht (Boon et al., 2021a; Mengelers et al., 2018) de hoogste concentraties van PFAS zijn aangetroffen. Niet alle te bemonsteren gewassen waren in voldoende mate op de twee locaties aanwezig, bijvoorbeeld omdat sommige gewassen al waren geoogst. Tabel A.1 geeft een overzicht van de bemonsterde moestuingewassen.

Uitvoering bemonstering:

- Per deelmonster is circa 100 gram monstermateriaal (eetbare deel) verzameld.
- In verband met de lage detectielimiet is het vermijden van PFAS-houdend materiaal, en ook grond, zeer belangrijk. Het gebruik van waterafstotende kleding, zonnebrandcrème en andere mogelijke interferenties is zo veel mogelijk vermeden bij de bemonstering.
- Als bemonsteringsmateriaal zijn HDPE (hoge dichtheid polyetheen) zakken gebruikt.
- Het monstermateriaal is zonder contactmoment in de zak gedaan of het contact met het eetbare deel is geminimaliseerd. Contact van snoeischaar/mes met eetbare deel is ook zoveel mogelijk vermeden.
- De monsters zijn bewaard in (schone) koelboxen of kratten, zonder direct contact van koelelementen of ijs met de moestuingewassen (dat tast de moestuingewassen aan).
- Monsters zijn dezelfde dag aangeleverd bij het laboratorium in Wageningen.

De volgende gegevens zijn per monster genoteerd:

- Datum;
- Ligging van het bemonsteringspunt in het volkstuinencomplex;
- Codering monster;
- Soort moestuingewas; en
- Gewicht (inclusief zak).

Tabel A.1 Te bemonsteren gewassen

Gewasgroep	Gemiddelde consumptie in VCP (gram per dag)	Volgorde in afnemende consumptie in VCP	Te bemonsteren gewassen	Toelichting
Groenten				
Bladgroenten	19,2	1. Sla 2. Witlof 3. Spinazie 4. Andijvie 5. Postelein 6. Snijbiet 7. Raapsteel	1. Sla 2. Spinazie 3. Witlof 4. Andijvie	Witlof en spinazie waren in onvoldoende mate aanwezig op de twee locaties. Daarvoor in de plaats is snijbiet bemonsterd in Helmond. Snijbiet was niet bemonsterd op de referentielocatie.
Bolgroenten	11,8	1. Ui	1. Ui	
Knolgroenten-aardappelen	72,1	1. Aardappel	1. Aardappel	
Knolgroenten-overige	12,3	1. Rode biet 2. Wortel 3. Knolselderij 4. Koolraap 5. Radijs 6. Koolrabi 7. Schorseneer	1. Rode biet 2. Wortel	Alleen rode biet en wortel zijn bemonsterd i.v.m. lage consumpties in overige knolgroenten.
Koolgroenten	19,4	1. Broccoli 2. Bloemkool 3. Witte kool 4. Spruitjes 5. Boerenkool 6. Spitskool 7. Rode kool	1. Broccoli 2. Bloemkool 3. Spruitjes 4. Boerenkool	Witte kool wordt weinig geteeld en is daarom niet meegenomen. In referentietuin is ook nog spitskool bemonsterd.
Peulvruchten	4,5	1. Sperziebonen 2. Snijbonen 3. Doperwt 4. Peultjes 5. Tuinbonen	1. Sperziebonen 2. Snijbonen 3. Peultjes	Doperwt worden vooral gegeten uit pot. Doperwt zijn aanwezig in de moestuinen, maar niet veel. Peultjes zijn alleen bemonsterd voor Helmond.
Stengelgroenten	2,6	1. Prei 2. Asperges 3. Selderij 4. Rabarber 5. Venkel	1. Prei 2. Selderij of rabarber	Asperges waren niet (meer) aanwezig. I.v.m. lage totale consumptie twee van de drie gewassen bemonsterd.
Vruchtgroenten	48,4	1. Tomaat 2. Komkommer 3. Paprika 4. Meloen 5. Courgette 6. Pompoen	1. Tomaat 2. Komkommer 3. Paprika 4. Courgette 5. Pompoen	In de moestuinen wordt meer courgette en pompoen geteeld dan meloen.

Gewasgroep	Gemiddelde consumptie in VCP (gram per dag)	Volgorde in afnemende consumptie in VCP	Te bemonsteren gewassen	Toelichting
Fruit				
Klein fruit, pitvruchten en steenvruchten	119	1. Appel 2. Peer 3. Aardbei 4. Kers/druif 5. Pruim	1. Appel 2. Peer 3. Aardbei 4. Kers 5. Pruim	Kers alleen voor Helmond. Vervangen door druif voor de referentielocatie.

Bijlage B Concentraties van PFAS in de moestuinmonsters uit de Volkstuin Delta

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2022-0009.xlsx>

Bijlage C Concentraties van PFAS in de moestuinmonsters uit de referentielocatie

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2022-0009.xlsx>

Bijlage D Indeling van de gegeten voedselproducten in de VCP

Gewasgroep	Voedselproduct in de VCP	Bemonsterd ^a
Groenten		
Bladgroenten	Andijvie gekookt	+
	Andijvie rauw	+
	Postelein gekookt	-
	Postelein rauw	-
	Raapstelen rauw	-
	Sla gem rauw	+
	Sla ijsberg- rauw	+
	Sla krop- gekookt	+
	Sla krop- rauw	+
	Sla rode rauw	+
	Sla Romaine-	+
	Sla rucola rauw	+
	Sla veld- rauw	+
	Snijbiet gekookt	+ ^b
	Spinazie diepvries gekookt	-
	Spinazie gekookt	-
	Spinazie rauw	-
	Witlof gekookt	-
	Witlof rauw	-
Bolgroenten	Ui gekookt	+
	Ui rauw	+
	Ui sla - gekookt	-
	Ui sla - rauw	-
Knolgroenten	Aardappelen rauw	+
	Aardappelen m schil gekookt gem	+
	Aardappelen z schil gekookt gem	+
	Biet rode gekookt	+
	Biet rode rauw	+
	Koolraap gekookt	-
	Koolrabi gekookt	-
	Pastinaak rauw	-
	Pastinaak gekookt	-
	Radijs rauw	-
	Sap wortel-	+
	Schorseneren gekookt	-
	Selderij knol- gekookt	-
	Selderij knol- rauw	-
	Wortelen bospeen rauw	+
	Wortelen bospeen gekookt	+
	Wortelen gekookt gem	+
	Wortelen rauw gem	+
	Wortelen winterpeen rauw	+
	Wortelen winterpeen gekookt	+
Koolgroenten	Broccoli gekookt	+

Gewasgroep	Voedselproduct in de VCP	Bemonsterd ^a
	Broccoli rauw	+
	Kool bloem- gekookt	+
	Kool bloem- rauw	+
	Kool boeren- diepvries gekookt	+
	Kool boeren- gekookt	+
	Kool boeren- rauw	+
	Kool groene gekookt	-
	Kool rode gekookt	-
	Kool rode m appeltjes huishoudelijk bereid	-
	Kool rode rauw	-
	Kool savooie- gekookt	-
	Kool spits- gekookt	+ ^c
	Kool spits- rauw	+ ^c
	Kool witte gekookt	-
	Kool witte rauw	-
	Kool zuur- gekookt	-
	Kool zuur- rauw	-
	Koolrabi rauw	-
	Spruitjes diepvries gekookt	+
	Spruitjes gekookt	+
	Spruitjes rauw	+
Peulgroenten	Bonen snij- gekookt	+
	Bonen sperzie- diepvries gekookt	+
	Bonen sperzie- gekookt	+
	Bonen tuin- gekookt	-
	Doperwten diepvries gekookt	-
	Doperwten gekookt	-
	Peultjes gekookt	+ ^b
	Peultjes m wortelen gekookt	+ ^{b,d}
Stengelgroenten	Asperges witte gekookt	-
	Prei gekookt	+
	Prei rauw	+
	Rabarbermoes m suiker	+
	Selderij bleek- gekookt	-
	Selderij bleek- rauw	-
	Venkel gekookt	-
	Venkel rauw	-
Vruchtgroenten	Courgette gekookt	+
	Courgette rauw	+
	Komkommer gekookt	+
	Komkommer m schil rauw	+
	Komkommer z schil rauw	+
	Meloen Cantaloupe	-
	Meloen net-	-
	Meloen suiker-	-
	Meloen water-	-
	Paprika gekookt gem	+
	Paprika gele gekookt	+
	Paprika gele rauw	+
	Paprika groene gekookt	+

Gewasgroep	Voedselproduct in de VCP	Bemonsterd ^a
	Paprika groene rauw	+
	Paprika oranje rauw	+
	Paprika rauw gem	+
	Paprika ns rauw	+
	Paprika oranje rauw	+
	Paprika rauw gem	+
	Paprika rode gekookt	+
	Paprika rode rauw	+
	Pompoen gekookt	+
	Sap tomaten-	+
	Sap tomatengroenten-	+
	Tomaat gekookt gem	+
	Tomaat gewoon gekookt	+
	Tomaat gewoon rauw	+
	Tomaat kers- rauw	+
	Tomaat rauw	+
	Tomaat rauw gem	+
	Tomaat tros rauw	+
	Tomaat vlees- gekookt	+
	Tomaat vlees- rauw	+
	Tomaat vlees- rauw	+

Gewasgroep	Voedselproduct in de VCP	Bemonsterd ^a
Fruit		
Klein fruit	Aardbeien	+
	Bessen kruis	-
	Bessen zwarte	-
	Bramen	-
	Druiven blauwe m schil	+ ^c
	Druiven m schil gem	+ ^c
	Druiven witte m schil	+ ^c
	Frambozen	-
Pitvruchten	Appel m schil gem	+
	Appel z schil gem	+
	Peer m schil	+
	Peer z schil	+
Steenvruchten	Abrikozen m schil	-
	Kers	+ ^b
	Pruimen m schil	+

VCP: voedselconsumptiepeiling; gem: gemiddeld; m: met; PFAS: poly- en perfluoroalkylstoffen; z: zonder

^a + Gekoppeld aan overeenkomstig moestuingewas; - Gekoppeld aan relevante gewasgroep

^b Alleen bemonsterd op de Volkstuin Delta.

^c Alleen bemonsterd op de referentielocatie.

^d Somconcentratie van PFAS toegekend als 50% wortel / 50% peultjes.

Bijlage E Somconcentraties van PFAS in de moestuinmonsters uit de Volkstuin Delta en de referentielocatie volgens een laag en hoog concentratieniveau van PFAS

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2022-0009.xlsx>

Bijlage F Procentuele bijdrage van de gewasgroepen en individuele PFAS aan de innameverdeling volgens een laag concentratieniveau

Gewasgroep of PFAS	Procentuele bijdrage (%) per locatie ^a	
	Volkstuin Delta	Referentielocatie
Gewasgroep		
Knolgroenten	54	27
Bladgroenten	17	18
Vruchtgroenten	9,2	5,5
Koolgroenten	6,9	10
Peulvruchten	5,4	3,5
Klein fruit	3,3	16
Stengelgroenten	1,9	0,4
Bolgroenten	1,6	0,0
Pitvruchten	0,4	19
Steenvruchten	0,2	0,03
PFAS^b		
PFOA	64	16
PFUnDA	16	24
PFHpA	6,8	11
PFNA	5,3	25
PFDA	3,4	14
PFOS	1,8	6,5
GenX	1,1	0,7
PFDODA	0,8	1,1
PFPeA	0,1	0,8
PFHxA	0,1	0,2
PFHxS	0,03	0,03
PFBS	0,01	0,01

^a Dit betreft de bijdrage berekend voor het scenario waarin moestuinhouders alle voedselproducten hun hele leven uit hun moestuin eten (scenario A; zie paragraaf 3.6).

^b De namen van de PFAS staan in Tabel 2.

Bijlage G APROBA-Plus methode

De risicobeoordeling van de inname van PFAS door het eten van moestuingewassen uit de Volkstuin Delta en de referentielocatie is ook uitgevoerd met de APROBA-Plus methode. Met deze methode kunnen de onzekerheden in de inname en toxiciteit van PFAS op kwantitatieve wijze worden geëvalueerd. Dit resulteert in een beter inzicht in de risico's van de inname van deze stoffen (Bokkers et al., 2017). Voor details over de toepassing van de APROBA-Plus methode, zie 'Berekeningen met APROBA-Plus methode' hieronder.

Resultaat van de APROBA-PLUS analyse

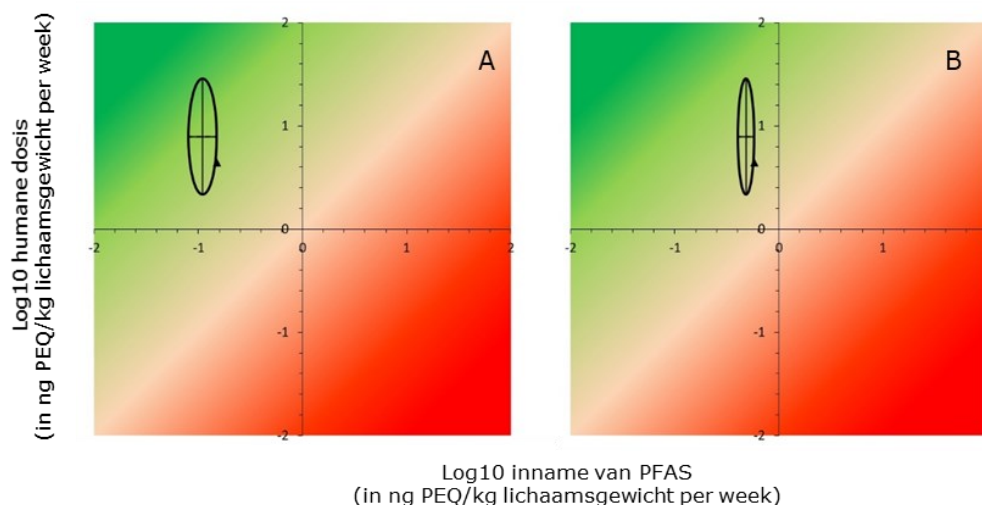
Het resultaat van een APROBA-Plus analyse is een figuur met een ellips die aangeeft waar de combinatie ligt van de humane effectdosis (of inname) waarbij een negatief effect op de gezondheid wordt verwacht (op de y-as) en de inname via voedsel (op de x-as). Hoe groter de ellips, hoe onzekerder het is waar deze combinatie ligt. Verder wordt in de figuur met een rood deel aangegeven waar de inname groter is dan de humane effectdosis, dus waar een mogelijk risico is ("niet veilig") en met een groen deel waar de inname kleiner is dan de humane effectdosis, dus waar geen risico is ("veilig"). De 'witte' diagonale lijn tussen het rode en groene gebied geeft de grens aan tussen "veilig" en "niet veilig".

Figuur G.1 geeft het resultaat van de APROBA-Plus analyse weer voor de inname van PFAS in moestuingewassen uit de Volkstuin Delta voor scenario A waarin moestuinhouders alle voedselproducten hun hele leven uit hun moestuin eten. De twee assen zijn op logaritmische schaal uitgezet.¹¹ De ellipsen geven weer waar de combinatie van de humane effectdosis die een effect kan geven op het immuunsysteem (verticale as) en de inname van PFAS volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen (horizontale as). Het linkerdeel van Figuur G.1 geeft dit weer voor de mediane inname (P50) en het rechterdeel voor de hoge inname (P95). De inname per week is afkomstig uit Tabel 7.

De ellips voor de mediane en hoge inname van PFAS liggen in het groene (d.w.z. "veilige") gebied. Verder laat de analyse zien dat de onzekerheid in de humane effectdosis groter is dan de onzekerheid in de inname. De zwarte ruitjes in Figuur G.1 geven de combinatie weer van de TWI van 4,4 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week en de mediane en hoge inname volgens een hoog concentratieniveau. De driehoekjes liggen net buiten de ellips en geven daarmee een groter risico aan dan de APROBA-Plus analyse.¹² Dit illustreert dat de vergelijking tussen de inname van PFAS en TWI, zoals beschreven in paragraaf 4.3, conservatief is en een beperkt beeld geeft van de werkelijkheid en de beschikbare kennis daarover.

¹¹ Een negatieve inname op de logaritmische schaal refereert naar een inname die lager is dan 1.

¹² Het driehoekjes liggen buiten de ellipsen, omdat bij de afleiding van de TWI meerdere conservatieve aannames zijn opgestapeld waardoor het uiteindelijke risico ook conservatiever is dan in de APROBA-Plus analyse. In de APROBA-Plus analyse worden deze onzekerheden zodanig meegenomen dat opstapeling ervan wordt voorkomen.



Figuur G.1 Grafische weergave van de onzekerheid in de risicobeoordeling van de mediane (P50) (A) en hoge (P95; B) inname van PFAS voor het scenario waarin moestuinhouders alle voedselproducten hun hele leven uit hun moestuin eten (scenario A) voor de Volkstuin Delta. De verticale lijn geeft de onzekerheid weer in de berekening van de 'humane effectdosis' waarbij een effect op het immuunsysteem kan optreden. De horizontale lijn geeft de range weer in de inname van PFAS volgens een laag (linkeruiteinde van de lijn) en een hoog concentratieniveau van PFAS in de moestuingewassen (rechteruiteinde van de lijn). De zwarte driehoekjes geven de combinatie weer van de tolereerbare wekelijkse inname van 4,4 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week van PFAS en de mediane en hoge inname volgens een hoog concentratieniveau.

Dezelfde analyse is ook uitgevoerd voor de referentielocatie (zie Figuur G.2) en voor scenario B (25% aardappelen en 50% groenten/fruit) voor de Volkstuin Delta (zie Figuur G.3). De inname per week voor deze analyses is afkomstig uit respectievelijk Tabellen 7 en 8. Ook voor deze analyses liggen de twee ellipsen geheel in het groene deel.

Conclusie van de APROBA-Plus methode

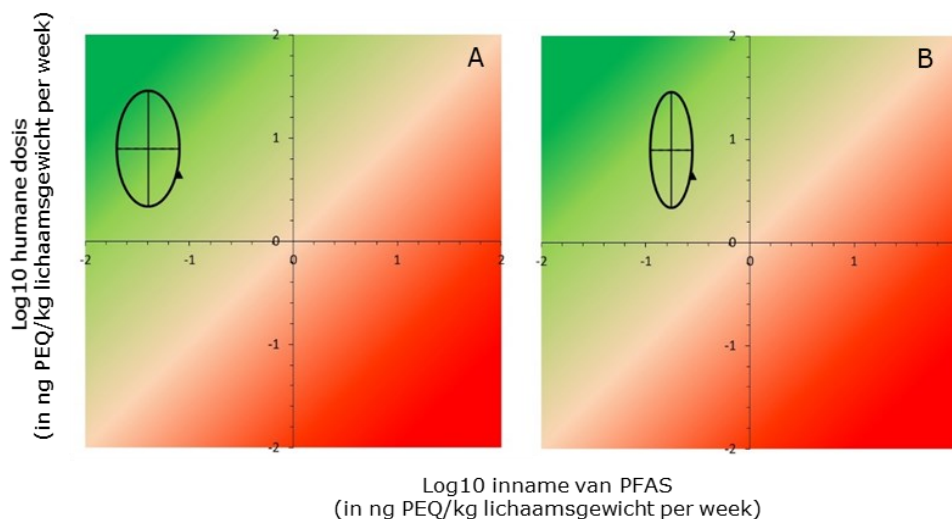
De APROBA-analyse laat zien dat voor de Volkstuin Delta en de referentielocatie het eten van alleen moestuingewassen veilig is voor wat betreft PFAS: de ellipsen liggen in zijn geheel in het "veilige" gebied. Deze uitgebreide beoordeling van de onzekerheden in de inname en de toxiciteit met de APROBA-Plus methode bevestigt de conclusies van de risicobeoordeling op basis van de vergelijking van de inname van PFAS met de TWI (zie paragraaf 6.4).

Berekeningen met APROBA-Plus methode

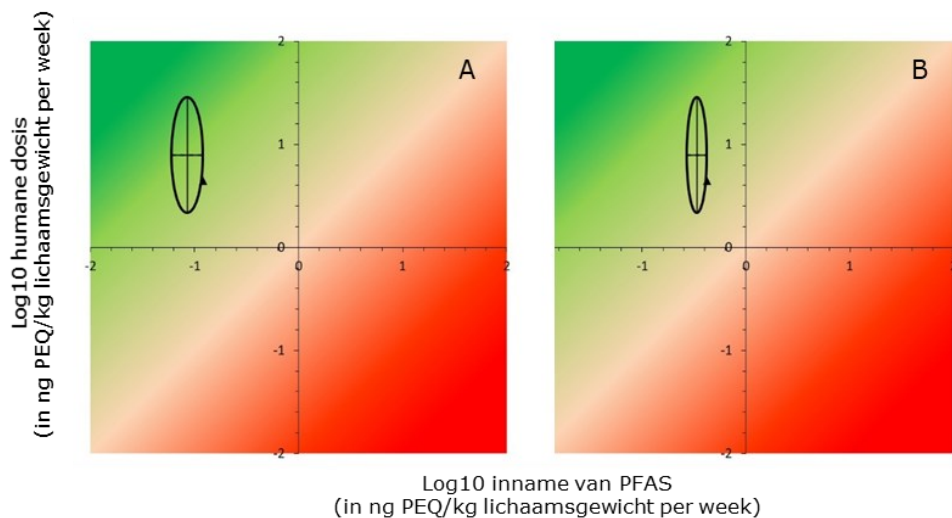
Hieronder wordt kort beschreven hoe de APROBA-Plus methode is gebruikt voor de risicobeoordeling van de inname van PFAS door de consumptie van moestuingewassen en hoe de onzekerheden voor de inname en de toxiciteit zijn gekwantificeerd.

Inname

De onzekerheid in de concentraties door gerapporteerde concentraties onder drie analytische limietwaarden is gekwantificeerd door de inname



Figuur G.2 Grafische weergave van de onzekerheid in de risicobeoordeling van de mediane (P50) (A) en hoge (P95; B) inname van PFAS door het eten van moestuingewassen (scenario A) uit de referentielocatie. Meer details staan in het bijschrift van Figuur G.1.



Figuur G.3 Grafische weergave van de onzekerheid in de risicobeoordeling van de mediane (P50) (A) en hoge (P95; B) inname van PFAS waarin moestuinhouders van de Volkstuin Delta een kwart van de aardappelproducten en de helft van de groente- en fruitproducten hun hele leven uit hun moestuin eten (scenario B). Meer details staan in het bijschrift van Figuur G.1.

van PFAS te berekenen volgens een laag en een hoog concentratieniveau van PFAS in moestuingewassen (zie paragraaf 3.3). Deze onzekerheid is meegenomen in de APROBA-Plus berekening door de berekende inname voor deze twee concentratieniveaus (zie Tabellen 7 en 8) te gebruiken als input. Andere bronnen van onzekerheid met betrekking tot de inname van PFAS zijn kwalitatief ingeschat (zie hoofdstuk 5) en zijn niet meegenomen in de APROBA-Plus berekening.

Toxiciteit

De onzekerheden in de afleiding van de TWI van PFAS door EFSA zijn gekwantificeerd. Dit betrof de onzekerheden in de dosis-effect relatie in de onderliggende epidemiologische studie en de daaruit afgeleide dosis die als basis dient voor het afleiden van de TWI: de kritische bloedconcentratie in jonge kinderen. De vertaling van de interne blootstelling (kritische bloedconcentratie in het kind) naar de externe blootstelling (TWI voor de moeder) bevat eveneens onzekerheden.

APROBA-Plus

De onzekerheden in de kritische bloedconcentratie (BMDL; ondergrens van een benchmark dosis) in kinderen zijn als volgt gekwantificeerd. EFSA heeft in haar opinie een BMDL afgeleid van 17,5 ng/ml en BMDU (bovengrens van de benchmark dosis) van 56,3 ng/ml. Deze twee grenswaarden zijn gebruikt in de APROBA-analyse (zie Tabel G.1).¹³ Tijdens de publieke consultatie van de opinie heeft RIVM opgemerkt dat het niet kan worden uitgesloten dat de BMDU veel hoger is dan 56,3 ng/ml en de BMDL mogelijk lager dan 17,5 ng/ml (RIVM, 2020). Een hogere BMDU zal ertoe leiden dat de bovenkant van de twee ellipsen in Figuren G.1, G.2 en G.3 naar boven verschuift (het groene gebied in), terwijl de onderkant van de ellips mogelijk verder naar onder verschuift (richting het rode gebied).

Tabel G.1 Input voor de APROBA-Plus analyse voor het eindpunt en de beschermingsdoelen

Description	Inputs
Endpoint	Decreased antibody concentration
Data type	Continuous
Data route	Oral
Study type	Repro/Developmental
Test species	NA
Body weight test species (kg)	NA
Human median body weight (kg)	NA
Target BMR (= M, user input for BMDLs only)	10%
Population incidence goal	NA
Probabilistic coverage goal	95%
PoD type	BMDL
PoD value	17.5
BMDU (User input for BMDL PoDs)	56.3
PoD units	ng/mL
Deterministic overall AF	4.0
Deterministic RfD	4.4 (ng/kg body weight per week)
Exposure estimate (optional)	--

M: Magnitude of the effect corresponding to the PoD; AF: assessment factor; BMDL: lower 5th confidence limit of the benchmark dose; BMDU: upper 95th confidence limit of the benchmark dose; BMR: benchmark response; NA: not available; NOAEL: no-observed adverse effect level; PoD: point of departure; Repro: reproduction; RfD: reference dose

De vertaling van de kritische bloedconcentratie in het kind naar de TWI voor de moeder bedraagt een factor 4,0 en het resultaat van een omrekening (uitgevoerd door EFSA) met behulp van verdelingsfactoren en

¹³ De tekst in de tabellen is in het Engels, omdat het vertalen van die termen ingewikkeld is en ook verwarrend in vergelijkingen met de Engelstalige literatuur.

kinetiekmodellen. Deze factoren en de parameters in de kinetiekmodellen bevatten onzekerheden. In het beschikbare tijdsbestek was het niet mogelijk om van elk van deze factoren en parameters de onzekerheid in kaart te brengen en (met kinetiekmodellen) door te rekenen naar de onzekerheid in de vertaling naar de TWI. Daarom is ervoor gekozen om rondom de factor 4,0 een onzekerheid te veronderstellen van een factor 10. Met andere woorden, de factor voor de vertaling wordt verondersteld te liggen tussen 1,26 en 12,6 (respectievelijk $4,0/\sqrt{10}$ en $4,0 \times \sqrt{10}$). Deze waarden zijn opgenomen in de invoer van APROBA-Plus (zie Tabel G.2).

In Tabel G.1 is de invoer voor APROBA-Plus weergegeven die is gerelateerd aan de onderliggende epidemiologische studie en het niveau van bescherming, de zogenaamde beschermingsdoelen (*protection goals*). Invoer van soort en lichaamsgewichten is niet nodig, omdat de extrapolatie van dier naar mens (*interspecies*) niet van toepassing is (kritische bloedconcentratie is gebaseerd op epidemiologische gegevens). De *incidence goal* is niet van toepassing aangezien niet geëxtrapoleerd hoeft te worden van de gemiddelde mens naar een gevoelige subgroep: de eventuele onzekerheid over kinetiekverschillen binnen kinderen en binnen moeders wordt verdisconteerd in de factor voor de vertaling van bloedconcentratie in het kind naar de TWI in de moeder. De eenheid van de *PoD* is in ng/ml, maar wordt m.b.v. de factor voor de vertaling van bloedconcentratie in het kind naar de TWI in de moeder omgezet in ng/kg lichaamsgewicht per week.

In Tabel G.2 staat de invoer voor de benodigde extrapolaties en aanpassingen. Deze zijn allen niet meegenomen, d.w.z. op een factor 1 gezet, met uitzondering van de *PoD* en de factor voor de vertaling van bloedconcentratie in het kind naar de TWI in de moeder.

Tabel G.2 Input voor de APROBA-Plus analyse voor de variabiliteit en onzekerheid betreffende de toxiciteit

Hazard characterization aspect	LCL or UCL	Inputs
PoD (Modelled BMD uncertainty)	LCL	17.5
	UCL	56.3
NOAEL to BMD (NOAEL only)	LCL	1.00
	UCL	1.00
Interspecies scaling (Allometric for oral)	LCL	1.00
	UCL	1.00
Interspecies TK/TD (Remaining TK & TD)	LCL	1.00
	UCL	1.00
Duration extrapolation	LCL	1.00
	UCL	1.00
Intraspecies	LCL	1.00
	UCL	1.00
Other aspect #1 (blood child -> external mother)	LCL	1.26
	UCL	12.6
Other aspect #2 (Description here)	LCL	1.00
	UCL	1.00
Other aspect #3 (Description here)	LCL	1.00
	UCL	1.00

BMD: benchmark dose; LCL: lower confidence limit; NOAEL: no-observed adverse effect level; PoD: point of departure; TD: toxicodynamic; TK: toxicokinetic; UCL: upper confidence limit

Met de invoer opgesomd in Tabellen G.1 en G.2, samen met de mediane (P50) en hoge (P95) inname in Tabellen 7 en 8, zijn de Figuren G.1, G.2 en G.3 verkregen. De bijdrage van de verschillende bronnen van onzekerheid gerelateerd aan de toxiciteit staat weergegeven in Tabel G.3.

Tabel G.3. Bijdrage van de verschillende bronnen van onzekerheid aan de totale onzekerheid in de toxiciteit in de APROBA-Plus analyse

Aspect	To overall uncertainty
PoD	20%
NOAEL to BMD	--
Interspecies scaling	--
Interspecies TK/TD	--
Duration extrapolation	--
Intraspecies	--
Other aspect #1 Blood child -> external mother	80%

BMD: benchmark dose; NOAEL: no-observed adverse effect level; PoD: point of departure; TD: toxicodynamic; TK: toxicokinetic

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag