



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

Herziening van de risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen in Dordrecht, Papendrecht en Sliedrecht

RIVM-briefrapport 2021-0064
P.E. Boon et al.



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

Herziening van de risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen in Dordrecht, Papendrecht en Sliedrecht

RIVM-briefrapport 2021-0064
P.E. Boon et al.

Colofon

© RIVM 2021

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.

DOI 10.21945/RIVM-2021-0064

P.E. Boon (auteur), RIVM
J.D. te Biesebeek (auteur), RIVM
B.G.H. Bokkers (auteur), RIVM
A.S. Bulder (auteur), RIVM

Contact:
P.E. Boon
Voedselveiligheid (VVH)
polly.boon@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de gemeente Dordrecht

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

Publiekssamenvatting

Herziening van de risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen in Dordrecht, Papendrecht en Sliedrecht

In 2018 heeft het RIVM een risicobeoordeling uitgevoerd van GenX en PFOA (perfluorooctaanzuur) in moestuingewassen rond het chemiebedrijf Dupont/Chemours in Dordrecht. Deze stoffen zijn door de uitstoot van dit bedrijf in de bodem terechtgekomen en zijn opgenomen door gewassen in deze moestuinen. De conclusie was toen dat moestuingewassen die binnen een straal van 1 kilometer rondom het bedrijf zijn geteeld, konden worden gegeten, maar niet te vaak en niet te veel. Gewassen buiten deze straal konden veilig worden gegeten. Dit advies is gegeven op basis van de gezondheidskundige grenswaarden die toen golden en concentraties van GenX en PFOA die in 2017 in deze moestuingewassen zijn gemeten.

In 2020 heeft de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid EFSA een nieuwe gezondheidskundige grenswaarde bepaald. Nieuwe wetenschappelijke informatie was daar de aanleiding voor. De nieuwe grenswaarde is lager, en dus strenger. De stoffen kunnen al bij een lagere blootstelling schadelijk zijn voor de gezondheid. Deze kennis was er bij de eerdere beoordeling niet.

Deze nieuwe grenswaarde is nu vergeleken met de hoeveelheid GenX en PFOA die mensen binnen kunnen krijgen via de moestuingewassen. Hiervoor zijn de concentraties uit 2017 gebruikt. Op basis van deze kennis adviseert het RIVM om geen gewassen te eten uit moestuinen die binnen een straal van 1 kilometer rondom DuPont/Chemours liggen. Bij dit advies is er rekening mee gehouden dat mensen waarschijnlijk ook via andere bronnen aan deze stoffen worden blootgesteld. Voorbeelden zijn drinkwater en andere voedselproducten dan uit de moestuin.

Het is niet mogelijk om met de nieuwe inzichten een conclusie te trekken voor de moestuingewassen uit tuinen die verder weg liggen, in een straal van 1 tot 4 kilometer rondom DuPont/Chemours. In deze gewassen waren bijna alle concentraties lager dan de concentraties die in 2017 konden worden gemeten. Voor deze gewassen is de precieze concentratie van GenX en PFOA dus niet bekend, waardoor er geen risicobeoordeling kan worden uitgevoerd.

De risicobeoordeling is gebaseerd op concentraties die in 2017 zijn gemeten. Sinds die tijd is de methode waarmee deze stoffen worden gemeten verder verbeterd. Nieuwe metingen in gewassen kunnen daardoor beter inzicht geven in de hoeveelheid van GenX en PFOA die mensen nu binnen kunnen krijgen via moestuingewassen afkomstig uit de omgeving van het chemiebedrijf.

Kernwoorden: GenX, PFOA, EFSA-TWI, PFAS, risicobeoordeling, moestuin, groente

Synopsis

Revision of the risk assessment of GenX and PFOA in vegetable garden crops in Dordrecht, Papendrecht, and Sliedrecht

In 2018, RIVM carried out a risk assessment of GenX and PFOA (perfluorooctanoic acid) in vegetable garden crops grown in the vicinity of the DuPont/Chemours chemical company in Dordrecht. These substances were emitted by the company and ended up in the soil, resulting in take up by crops in the vegetable gardens in question. The conclusion at the time was that vegetable garden crops grown within a radius of 1 kilometre of the company could be consumed, but not too often or in too large quantities. Crops grown outside this radius could be consumed safely. This advice was based on the health-based guidance values then applicable and concentrations of GenX and PFOA measured in these crops in 2017.

In 2020, the European Food Safety Authority (EFSA) established a new health-based guidance value based on new scientific information. This guidance value is lower and, thus, stricter. This means that the substances in question can be harmful at even lower exposure levels. This was not known at the time of the earlier assessment.

The new guidance value has now been compared with the quantity of GenX and PFOA which people may ingest via the vegetable garden crops. The concentrations measured in 2017 were used for this. Based on this knowledge, RIVM recommends that no crops from vegetable gardens located within a radius of 1 kilometre from DuPont/Chemours should be eaten. This advice takes account of the fact that people are also exposed to these substances via other sources, such as drinking water and food products other than those from the vegetable gardens.

It is not possible to draw a conclusion for the crops from vegetable gardens located further away, that is, within a radius of 1 to 4 kilometre of DuPont/Chemours. Almost all the concentrations in these crops were lower than the concentrations that could be measured in 2017. As a result, the precise concentrations of GenX and PFOA in these crops are not known, so a risk assessment cannot be performed.

The risk assessment is based on concentrations measured in 2017. Since then, the method to measure these substances has been further improved. New crop measurements can therefore provide a better insight into the quantity of GenX and PFOA which people may now ingest via vegetable garden crops grown in the vicinity of the chemical company.

Keywords: GenX, PFOA, EFSA-TWI, PFAS, risk assessment, vegetable garden, vegetables

Inhoudsopgave

1	Inleiding — 9
2	Nieuwe gezondheidkundige grenswaarde voor PFAS — 11
3	Risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen — 13
3.1	Innameberekening in 2018 — 13
3.2	Nieuwe innameberekening — 14
3.2.1	Methodiek en gebruikte concentraties — 14
3.2.2	Resultaten — 17
3.3	Risicobeoordeling van de sominname van GenX en PFOA — 19
3.3.1	Vergelijking van de sominname met de EFSA-TWI — 19
3.3.2	Risicobeoordeling met de APROBA-Plus methode — 19
3.3.3	Conclusie risicobeoordeling — 21
4	Discussie — 23
4.1	Vergelijking nieuwe innameberekening met inname van 2018 — 23
4.2	Berekende sominname van GenX en PFOA — 24
4.3	Blootstelling aan andere PFAS en via andere bronnen — 26
5	Conclusie — 27
6	Dankwoord — 29
	Literatuurlijst — 31
	Bijlage A. Concentraties van GenX en PFOA in de gewassen bemonsterd op de moestuinlocatie binnen een straal van 1 kilometer rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours met de hoogste GenX- en PFOA-concentraties in de bemonsterde gewassen — 33
	Bijlage B. Gemiddelde, mediane en hoge sominname — 34
	Bijlage C. Berekeningen met de APROBA-Plus methode — 35

1 Inleiding

In 2018 heeft het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) een risicobeoordeling uitgevoerd van GenX¹ en PFOA (perfluorooctaanzuur) in moestuingroenten en fruit afkomstig van moestuinlocaties rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours in Dordrecht (Mengelers et al., 2018). Dit bedrijf heeft tot 2012 PFOA gebruikt en vanaf 2012 GenX. Hierdoor zijn beide stoffen o.a. via de lucht uitgestoten en in het milieu terechtgekomen.

Voor deze risicobeoordeling zijn in augustus 2017 monsters van groenten en fruit genomen op tien moestuinlocaties binnen een straal van 4 kilometer rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours. In deze monsters zijn GenX en PFOA gemeten. De risicobeoordeling is vervolgens gebaseerd op de concentraties in de monsters van één van de twee moestuinlocaties die binnen een straal van 1 kilometer rondom het chemiebedrijf lag. Dit betrof de locatie waar de hoogste concentraties van beide stoffen zijn aangetroffen. Voor het uitvoeren van de risicobeoordeling is eerst de inname van GenX en van PFOA berekend en zijn deze innames daarna afgezet tegen de gezondheidskundige grenswaarden die toen voor deze stoffen golden. Op basis van deze risicobeoordeling adviseerde het RIVM om moestuingewassen die binnen een straal van 1 kilometer van het chemiebedrijf zijn geteeld met mate te consumeren (niet te vaak of te veel). Concentraties van beide stoffen in monsters van groenten en fruit afkomstig van de acht moestuinlocaties die buiten deze straal van 1 kilometer lagen, waren dermate laag dat deze gewassen veilig konden worden gegeten (Mengelers et al., 2018).

Op 17 september 2020 heeft de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (*European Food Safety Authority*; EFSA) een nieuwe gezondheidskundige grenswaarde voor een groep van vier poly- en perfluoroalkylstoffen (PFAS) gepubliceerd (EFSA, 2020). PFAS is een verzamelnaam voor een grote groep stoffen, waar GenX en PFOA toebehoren. De nieuwe gezondheidskundige grenswaarde is lager dan de afzonderlijke grenswaarden voor GenX en PFOA die zijn gebruikt in de risicobeoordeling van 2018, omdat de nieuwe grenswaarde gebaseerd is op nieuwe informatie over andere gezondheidseffecten. Dit betekent dat deze stoffen schadelijker zijn voor de gezondheid dan eerder werd aangenomen.

Op basis van deze nieuwe informatie over de schadelijke effecten van PFAS heeft de gemeente Dordrecht het RIVM gevraagd om de risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen uit 2018 opnieuw uit te voeren. In hoofdstuk 2 wordt de door EFSA afgeleide gezondheidskundige grenswaarde voor de som van vier PFAS toegelicht. Ook wordt ingegaan op de toepassing van deze grenswaarde op andere

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 die erg op elkaar lijken: FRD-902 (een ammonium zout) en FRD-903 (een zuur). Deze twee stoffen zijn niet of nauwelijks afbreekbaar in het milieu (persistent). De effecten in het lichaam van beide stoffen worden veroorzaakt door het negatief geladen ion (het anion) van het ammonium zout (HFPO-DA). In dit rapport wordt dit anion aangeduid als GenX.

PFAS dan de vier PFAS waarvoor de grenswaarde is afgeleid. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de innameberekening zoals uitgevoerd in 2018 kort samengevat, wordt een toelichting gegeven op de huidige innameberekening en zullen de resultaten hiervan worden gepresenteerd. Ook volgt in dit hoofdstuk de risicobeoordeling waarbij de berekende inname wordt vergeleken met de gezondheidskundige grenswaarde. Tot slot worden in hoofdstuk 4 de resultaten bediscussieerd en wordt in hoofdstuk 5 de conclusie gepresenteerd.

2 Nieuwe gezondheidkundige grenswaarde voor PFAS

EFSA heeft een nieuwe gezondheidkundige grenswaarde afgeleid voor de sominname van vier PFAS: PFOA, PFOS (perfluorooctaansulfonzuur), PFNA (perfluornonaanzuur) en PFHxS perfluorhexaansulfonzuur). Deze vier PFAS worden in dit rapport aangeduid als de 'EFSA-4'.

De gezondheidkundige grenswaarde voor de EFSA-4 is gebaseerd op de nieuwste inzichten over de toxiciteit van deze groep stoffen (EFSA, 2020). Deze inzichten laten zien dat de EFSA-4 mogelijk bij een lagere inname effecten kunnen geven op het immuunsysteem² vergeleken met de effecten op de lever waarop het RIVM tot nu toe de gezondheidkundige grenswaarde voor PFOA had gebaseerd. De gezondheidkundige grenswaarde voor de EFSA-4 is dan ook lager dan de grenswaarde van alleen PFOA gebaseerd op levereffecten: 4,4 versus 87,5 nanogram (ng)/kg lichaamsgewicht per week.³ De gezondheidkundige grenswaarde voor de EFSA-4 omvat geen GenX.

De grenswaarde die EFSA heeft afgeleid voor de EFSA-4 is een tolereerbare wekelijkse inname (TWI). Dit is de hoeveelheid van een stof of groep stoffen die levenslang wekelijks kan worden ingenomen zonder dat er nadelige gezondheidseffecten te verwachten zijn. Bij de afleiding van de TWI heeft EFSA aangenomen dat de EFSA-4 onderling even schadelijk zijn.

RIVM heeft besloten om de EFSA-TWI te gaan gebruiken. Echter, in de praktijk is er behoefte om de risico's van blootstelling aan mengsels van PFAS goed in te kunnen schatten. Dit vraagt om mogelijkheden om een bredere groep van PFAS te beoordelen dan enkel de EFSA-4. Ook zijn er situaties waarbij alleen individuele risico's van PFAS moeten worden ingeschat, bijvoorbeeld als de EFSA-4 niet allemaal voorkomen. Het RIVM gebruikt de EFSA-TWI daarom in combinatie met relatieve potentiefactoren (RPF's) van individuele PFAS.⁴ Deze RPF's drukken de schadelijkheid van individuele PFAS uit ten opzichte van PFOA, de zogenaamde referentiestof. Een PFAS met een RPF van bijvoorbeeld 2 is dan twee keer meer schadelijk dan PFOA. Met behulp van deze RPF's kunnen de concentraties van de individuele PFAS worden opgeteld tot somconcentraties per monster, uitgedrukt in PFOA-equivalenten. Deze somconcentraties worden dan gebruikt om de sominname, uitgedrukt in PFOA-equivalenten, te berekenen. Deze sominname wordt dan vergeleken met de EFSA-TWI.

Voor 23 PFAS zijn er RPF's afgeleid (Bil et al., 2021; Zeilmaker et al., 2018). Voor GenX is een RPF afgeleid van 0,06 en voor PFOA van 1 (Bil et al., 2021). Een RPF van 0,06 voor GenX betekent dat GenX zo'n 17 maal minder schadelijk is dan PFOA. Box 1 geeft een voorbeeld van

² Het specifieke effect is een verminderde reactie van het immuunsysteem na vaccinatie (EFSA, 2020).

³ Deze grenswaarde is berekend door de grenswaarde van PFOA uitgedrukt per dag, 12,5 ng/kg lichaamsgewicht per dag, te vermenigvuldigen met zeven (van per dag naar per week).

⁴ Deze aanpak wordt al toegepast voor het berekenen van de sominname van mengsels van dioxinen en dioxine-achtige PCB's, waarbij met toxische equivalentiefactoren (TEF-factoren) een totale Toxische Equivalentie ten opzichte van 2,3,7,8-dioxine (de referentiestof) wordt berekend (zie bijvoorbeeld Boon et al., 2014).

de berekening van somconcentraties van GenX en PFOA op basis van deze RPF's. Voor een uitgebreide toelichting op deze methode, zie RIVM (2021).

Box 1: Berekening van somconcentraties met relatieve potentiefactoren

Een fictief monster bevat GenX en PFOA in concentraties van respectievelijk 0,05 en 0,01 ng per gram.

PFOA is de referentiestof. De relatieve potentiefactoren van beide stoffen zijn 0,06 voor GenX en 1 voor PFOA.

De somconcentratie in dit monster, uitgedrukt in equivalenten van de referentiestof, wordt dan berekend als:

$(0,05 \times 0,06) + (0,01 \times 1) = 0,013$ ng per gram uitgedrukt in PFOA-equivalenten

Deze somconcentratie uitgedrukt in PFOA-equivalenten wordt berekend voor alle monsters waarin GenX en PFOA aanwezig zijn. Deze somconcentraties worden daarna gebruikt voor de berekening van de sominname van GenX en PFOA, eveneens uitgedrukt in PFOA-equivalenten.

3 Risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen

3.1 Innameberekening in 2018

In 2018 heeft het RIVM de inname van GenX en van PFOA in moestuingewassen per stof berekend (Mengelers et al., 2018). Hiervoor zijn op 10 locaties in een straal van 4 kilometer rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours diverse gewassen bemonsterd en gemeten op GenX en PFOA. De concentraties gemeten in 22 monsters afkomstig van de locatie met de hoogste GenX- en PFOA-concentraties in de verschillende gewassen zijn gebruikt om de inname te berekenen. Dit was een locatie die binnen een straal van 1 kilometer rondom het chemiebedrijf ligt. Per gewas zijn twee of drie monsters genomen. Elk monster is in duplo gemeten op de aanwezigheid van GenX en PFOA (zie Bijlage 3 in het rapport van 2018).

Om de inname van GenX en van PFOA te berekenen, zijn de concentraties van deze stoffen in de verschillende gewassen gekoppeld aan de consumptie van groenten (inclusief aardappel) en fruit (appel en peer), zoals gerapporteerd in twee Nederlandse voedselconsumptiepeilingen (VCP's): de peiling onder kinderen van 2 t/m 6 jaar (Ocké et al., 2008) en de peiling onder mensen van 7 t/m 69 jaar (van Rossum et al., 2011). Niet alle gewassen die doorgaans worden geteeld in een moestuin zijn bemonsterd. Daarom zijn de gemeten GenX- en PFOA-concentraties ook gebruikt om de inname te berekenen door de consumptie van gewassen die niet zijn bemonsterd. Zo zijn bijvoorbeeld de GenX- en PFOA-concentraties in sla en andijvie toegekend aan andere bladgroenten, zoals postelein, raapstelen en spinazie (zie Bijlage 1 in het rapport van 2018). Daarnaast is in de berekening aangenomen dat mensen hun hele leven gewassen uit hun eigen moestuin eten, voor zover deze zijn gemeten of via toekenning mee zijn genomen in de berekeningen.

In de meeste monsters waren de concentraties van GenX en PFOA lager dan de detectielimiet (LOD), de laagste concentratie die kan worden gedetecteerd, of ze lagen tussen de LOD en de kwantificatielimiet (LOQ), de laagste concentratie die nog betrouwbaar kan worden gekwantificeerd (zie Bijlage 3 in het rapport van 2018). De werkelijke concentratie van GenX en PFOA in die monsters is dan niet bekend. Verder was het aantal bemonsterde gewassen en het aantal monsters per gewas beperkt. Om op basis van deze beperkte informatie een indruk te krijgen van de mogelijke inname van GenX en PFOA is de inname berekend voor een minimaal en voor een maximaal scenario. Hiervoor zijn eerst een lage en hoge concentratie toegekend aan de monsters op basis van de gemeten concentraties per duplometing, zoals weergegeven in Tabel 1 (is Tabel 2 in het rapport van 2018). De laagst toegekende concentratie aan de monsters per gewas is vervolgens gebruikt voor een minimaal scenario en de hoogste voor een maximaal scenario. Deze twee scenario's gaven op deze manier de bandbreedte weer van de inname van GenX en van PFOA op basis van de gemeten concentraties.

Tabel 1 Toekenning van GenX- en PFOA-concentraties op basis van het resultaat van de duplometing per monster in de berekeningen voor 2018¹

Resultaat van de duplometing per monster	Lage concentratie	Hoge concentratie
Beide metingen < LOD	LOD/2	LOD
Eén meting < LOD en één meting < LOQ ²	LOD	LOQ
Beide metingen < LOQ	LOD	LOQ
Eén meting < LOQ en één meting ≥ LOQ (= getal)	LOQ	Getal
Beide metingen ≥ LOQ (= getal)	Gemiddelde gemeten waarde ³	

LOD: detectielimiet; LOQ: kwantificatielimiet

¹ Deze tabel is gelijk aan Tabel 2 in het rapport van 2018 (Mengelers et al., 2018).

² < LOQ = concentratie tussen de LOD en de LOQ

³ In 2018 is het geometrisch gemiddelde berekend.

De innameberekening is in detail gerapporteerd in het rapport van 2018. (Mengelers et al., 2018).

3.2 Nieuwe innameberekening

Zoals beschreven in hoofdstuk 2, gebruikt het RIVM de EFSA-TWI voor de risicobeoordeling van PFAS in combinatie met relatieve potentiefactoren (RPF's) van individuele PFAS. Voor de risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen betekent dit dat de inname van GenX en PFOA moet worden opgeteld met behulp van de RPF's voor deze twee stoffen, en dus niet meer per stof zoals in 2018. Deze sominname, uitgedrukt in PFOA-equivalenten, kan dan worden vergeleken met de EFSA-TWI om te bepalen of er een risico is.

De sominname van GenX en PFOA is berekend met dezelfde GenX- en PFOA-concentraties en met dezelfde voedselconsumptiegegevens als in 2018 (zie paragraaf 3.1). De berekening is dus alleen uitgevoerd met de concentraties in moestuingewassen uit de moestuinlocatie binnen een straal van 1 kilometer rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours met de hoogste GenX- en PFOA-concentraties. Voor een overzicht van deze concentraties, zie Bijlage A in dit rapport.

3.2.1 Methodiek en gebruikte concentraties

Om de sominname van GenX en PFOA, uitgedrukt in PFOA-equivalenten, te kunnen berekenen, zijn de GenX- en PFOA-concentraties voor elk monster opgeteld (zie Box 1 in hoofdstuk 2). Hiervoor zijn als eerste de GenX- en PFOA-concentraties aan elk monster toegekend, zoals beschreven in Tabel 1. De GenX-concentraties zijn vervolgens vermenigvuldigd met een RPF van 0,06 en die voor PFOA met een RPF van 1, zodat ze worden uitgedrukt in PFOA-equivalenten. Daarna zijn deze concentraties opgeteld voor elk monster. Tabel 2 geeft een voorbeeld van de berekening van deze somconcentraties voor de twee slamonsters.

Deze somconcentraties per monster zijn vervolgens gebruikt voor de berekening van de sominname van GenX en PFOA volgens een minimaal en maximaal scenario, zoals in 2018. Voor het minimale scenario is per gewas de laagste somconcentratie van de monsters gebruikt en voor het maximale scenario de hoogste. Zie Tabel 2 voor de selectie van deze twee concentraties voor de twee slamonsters.

Tabel 2 Voorbeeldberekening sla: berekening van de somconcentratie van GenX en PFOA, uitgedrukt in PFOA-equivalenten, van twee slamonsters op basis van twee metingen per monster, waarbij de laagste en hoogste somconcentratie is gebruikt in de innameberekening volgens een minimaal en maximaal scenario

Stof en monster	Concentratie in ng per gram				Som GenX en PFOA uitgedrukt in PFOA-equivalenten	Scenario
	Meting 1	Meting 2	Toekenning ¹	Toekenning ²		
Monster 1						
GenX	2,3	1,3	1,8	0,108 ³	0,158 ⁵ 0,208 ⁶	Minimaal
PFOA	<LOD ⁴	<LOD				
Lage = LOD/2 Hoge = LOD			0,05 0,1	0,05 0,1		
Monster 2						
GenX	5,9	4,9	5,4	0,324	0,424 ⁹ 1,324 ¹⁰	Maximaal
PFOA	<LOQ ^{7,8}	<LOQ				
Lage = LOD Hoge = LOQ			0,1 1,0	0,1 1,0		

LOD = detectielimiet; LOQ = kwantificatielimiet; RPF: relatieve potentiefactor

¹ Zie Tabel 1 in het huidige rapport voor de toekenning van de concentraties aan de monsters op basis van twee metingen.

² Om de concentraties uit te drukken in PFOA-equivalenten zijn de GenX-concentraties vermenigvuldigd met een RPF van 0,06 en die voor PFOA met een RPF van 1.

³ Deze concentratie uitgedrukt in PFOA-equivalenten voor monster 1 is berekend door de toegekende GenX-concentratie (1,8 ng per gram) te vermenigvuldigen met de RPF voor GenX (1,8 x 0,06).

⁴ Voor sla was de LOD voor PFOA gelijk aan 0,1 ng per gram (zie Tabel 1 in het rapport van 2018 voor meer informatie).

⁵ Deze somconcentratie uitgedrukt in PFOA-equivalenten voor monster 1 is berekend door de toegekende GenX-concentratie op te tellen bij de lage PFOA-concentratie (0,108 + 0,05). Deze somconcentratie representeert voor sla dan het minimale scenario.

⁶ Deze somconcentratie uitgedrukt in PFOA-equivalenten voor monster 1 is berekend door de toegekende GenX-concentratie op te tellen bij de hoge PFOA-concentratie (0,108 + 0,1).

⁷ Voor sla was de LOQ voor PFOA gelijk aan 1,0 ng per gram (zie Tabel 1 in het rapport van 2018 voor meer informatie).

⁸ < LOQ = concentratie tussen de LOD en de LOQ

⁹ Deze somconcentratie uitgedrukt in PFOA-equivalenten voor monster 2 is berekend door de toegekende GenX-concentratie op te tellen bij de lage PFOA-concentratie (0,324 + 0,1).

¹⁰ Deze somconcentratie uitgedrukt in PFOA-equivalenten voor monster 2 is berekend door de toegekende GenX-concentratie op te tellen bij de hoge PFOA-concentratie (0,324 + 1,0). Deze somconcentratie representeert voor sla dan het maximale scenario.

Tabel 3 geeft een overzicht van de laagste en hoogste somconcentraties in de verschillende gewassen, waarbij de gewassen zijn ingedeeld in zes categorieën. De gewassen die zijn bemonsterd zijn andijvie en sla (categorie bladgroenten), biet en wortel (categorie knolgroenten), paprika en tomaat (categorie vruchtgroenten) en appel en peer (categorie pitvruchten). De somconcentraties van deze gewassen zijn ook gebruikt voor gewassen die tot dezelfde categorie behoren, maar die niet zijn bemonsterd en wel kunnen worden geteeld in een moestuin (zie paragraaf 3.1). Bijvoorbeeld, aan overige bladgroenten als postelein en spinazie is in het minimale scenario 0,08 ng per gram (op basis van andijvie) toegekend en in het maximale scenario 1,32 ng per gram (op basis van sla) (zie Tabel 3). Dit is in overeenstemming met de berekening uit 2018.

Tabel 3 Somconcentraties van GenX en PFOA zoals gebruikt in de berekening van de sominname van GenX en PFOA voor een minimaal en maximaal scenario¹

Categorie	Gewas ^{2,3}	Somconcentratie in ng per gram gewas per scenario, uitgedrukt in PFOA-equivalenten	
		Minimaal	Maximaal
Bladgroenten	Andijvie	0,08	1,06
	Sla	0,16	1,32
	Overige	0,08	1,32
Knolgroenten	Biet	1,51	2,65
	Wortel	0,12	1,06
	Aardappel, geschild ⁴	0,12	1,76
	Overige	0,12	2,65
Vruchtgroenten	Paprika	0,07	0,13
	Tomaat	0,28	1,20
	Overige	0,07	1,20
Pitvruchten	Appel	0,08	0,16
	Peer	0,07	0,16
Koolgroenten	Alle	0,07	2,65
Peulgroenten	Alle	0,07	2,65

¹ De somconcentraties zijn gebaseerd op de GenX- en PFOA-concentraties in moestuingewassen van de moestuinlocatie binnen een straal van 1 kilometer rondom het bedrijf DuPont/Chemours met de hoogste GenX- en PFOA-concentraties in de bemonsterde gewassen.

² Bijlage 1 in het rapport van 2018 geeft een overzicht van gewassen behorend bij 'overig' en 'alle'.

³ 'Alle' betekent dat er geen gewassen zijn gemeten voor deze twee categorieën. Aan deze twee categorieën is daarom de laagste somconcentratie voor het minimale scenario en de hoogste somconcentratie voor het maximale scenario voor alle bemonsterde gewassen toegekend. Aan de 'overige' gewassen van blad-, knol- en vruchtgroenten is de laagste en hoogste somconcentratie toegekend van de twee gemeten gewassen per categorie: andijvie en sla voor bladgroenten, biet en wortel voor knolgroenten, en paprika en tomaat voor vruchtgroenten. Omdat aardappel altijd geschild wordt gegeten volgens de informatie in de voedselconsumptiepeiling, zijn de laagste en hoogste somconcentratie van de monsters voor geschilde biet en geschilde wortel toegekend aan aardappel (zie Bijlage A).

Er waren geen gewassen bemonsterd die behoren tot de categorieën kool- en peulgroenten (zie Tabel 3). Omdat deze gewassen ook kunnen worden geteeld in moestuinen, zijn deze gewassen meegenomen in de innameberekening. Hiervoor is de laagste somconcentratie voor het minimale scenario en de hoogste somconcentratie voor het maximale scenario voor alle bemonsterde gewassen toegekend aan de twee

scenario's voor deze twee categorieën, respectievelijk 0,07 ng per gram voor peer en 2,65 ng per gram voor biet (zie Tabel 3). Ook dit is in overeenstemming met de berekening uit 2018.

Een aantal monsters zijn gewassen en/of geschild voor analyse (zie Bijlage A). Het effect hiervan op de GenX- en PFOA-concentraties was beperkt vergeleken met de concentraties in de onbehandelde monsters (Mengelers et al., 2018). Daarom is, zoals in 2018, in de toekenning van de laagste en hoogste somconcentraties aan de gewassen en categorieën geen onderscheid gemaakt naar bereiding. Een uitzondering is echter gemaakt voor aardappel, omdat de consumptie van dit gewas gerapporteerd is als gegeten zonder schil ("aardappel z schil gekookt") in de voedselconsumptiepeilingen. Voor aardappel zijn daarom de laagste en hoogste somconcentratie van de monsters voor gewassen en geschilde biet en gewassen en geschilde wortel, de beide representanten voor knolgroenten, gebruikt (zie Tabel 3 en Bijlage A).⁵

Met de somconcentraties in Tabel 3 is vervolgens de sominname van GenX en PFOA berekend voor een minimaal en maximaal scenario. Voor het gebruikte model voor de berekening van de sominname wordt verwezen naar het rapport van 2018 en Bijlage B in het huidige rapport.

3.2.2

Resultaten

Tabel 4 geeft de sominname van GenX en PFOA weer voor de twee scenario's berekend met de somconcentraties in Tabel 3⁶. De gemiddelde en mediane (50^{ste} percentiel; P50) sominname varieerde tussen respectievelijk 0,4 en 4,5 ng/kg lichaamsgewicht per dag en 0,3 en 3,3 ng/kg lichaamsgewicht per dag. Voor mensen met een hoge consumptie van moestuingewassen varieerde de sominname (95^{ste} percentiel; P95) tussen 1,1 en 13 ng/kg lichaamsgewicht per dag. Voor een korte toelichting op de berekende innameparameters, zie Bijlage B.

Tabel 4 Dagelijkse sominname van GenX en PFOA door de consumptie van moestuingewassen voor een minimaal en maximaal scenario¹

Inname-parameter ²	Sominname per scenario, in ng/kg lichaamsgewicht per dag, uitgedrukt in PFOA-equivalenten	
	Minimaal	Maximaal
Gemiddelde	0,4	4,5
P50	0,3	3,3
P95	1,1	13

P50: mediaan, 50^{ste} percentiel; P95: 95^{ste} percentiel

¹ Sominnames zijn berekend met de GenX- en PFOA-concentraties in moestuingewassen van de moestuinlocatie binnen een straal van 1 kilometer rondom het bedrijf DuPont/Chemours met de hoogste GenX- en PFOA-concentraties in de bemonsterde gewassen.

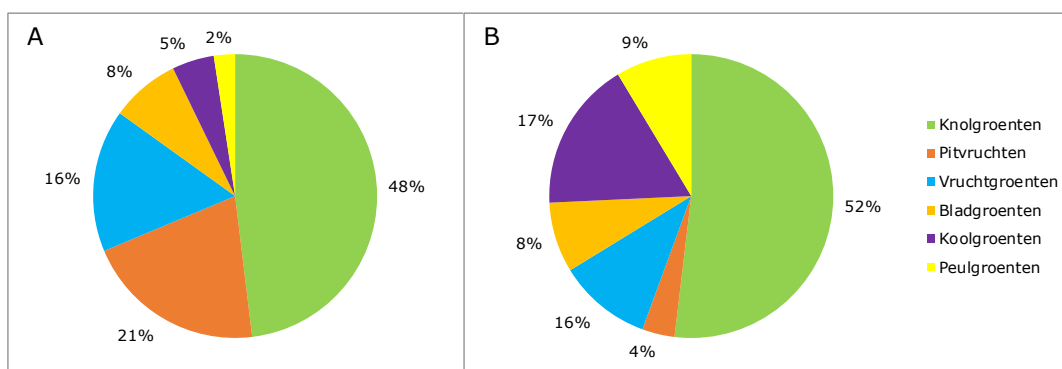
² Voor een korte toelichting op de berekende innameparameters, zie Bijlage B.

⁵ Bijvoorbeeld, de hoogste concentratie van 1,76 ng per gram voor aardappel, geschild (zie Tabel 4) is afkomstig van een gewassen en geschild bietenmonster met een hoogste, gemiddelde GenX-concentratie van 1,0 ng per gram (beide metingen voor dit monster lagen onder LOQ) en gemiddelde PFOA-concentratie van 1,7 ng per gram $((1,6 + 1,8)/2)$ (zie Bijlage A). Uitgedrukt in PFOA-equivalenten is de somconcentratie gelijk aan $0,06 \times 1,0 + 1,7 \times 1 = 1,76$ ng per gram.

⁶ De sominname van GenX en PFOA is berekend met de consumptiegegevens van mensen van 2 t/m 69 jaar (zie paragraaf 3.1). De sominname zal voor jonge kinderen hoger zijn dan voor de totale populatie. Echter, de EFSA-TWI heeft betrekking op langdurige blootstelling, waardoor de relevante inname die op de langere termijn (inclusief tijdens volwassenheid) is. Daarom is in dit rapport alleen de sominname gerapporteerd over de gehele leeftijdsperiode, zoals gedekt door de voedselconsumptiegegevens.

In het maximale scenario was de gemiddelde en mediane sominname ruim een factor 10 hoger dan in het minimale scenario. Voor de hoge inname (P95) was het verschil een factor 13. Dit laat de grote onzekerheid zien in de berekende sominnames. Deze onzekerheid komt vooral door de aannames over de aanwezigheid van PFOA in monsters met een concentratie onder de LOD of tussen de LOD en de LOQ (zie Tabel 1 en 2). Dit effect was minder voor GenX door de lage RPF van 0,06.

In Figuur 1 zijn de bijdragen van de zes categorieën moestuingewassen aan de totale sominnameverdeling van GenX en PFOA weergegeven voor de twee scenario's. Knolgroenten droegen het meeste bij aan de sominname in beide scenario's: 48-52% (zie Figuur 1). Deze bijdrage binnen de knolgroenten werd grotendeels geleverd door aardappel, 72% in het minimale scenario en 90% in het maximale scenario. Na knolgroenten droegen pitvruchten in het minimale scenario (21%) en koolgroenten in het maximale scenario (17%) het meeste bij aan de sominname. Pitvruchten droegen bij via de consumptie van appel (90%) en koolgroenten via bloemkool (32%) en broccoli (25%).



Figuur 1 Bijdrage (%) van de zes categorieën moestuingewassen aan de sominname van GenX en PFOA voor een minimaal (A) en maximaal (B) scenario. De sominnames zijn berekend met de GenX- en PFOA-concentraties in moestuingewassen van de moestuinlocatie binnen een straal van 1 kilometer rondom het bedrijf DuPont/Chemours met de hoogste GenX- en PFOA-concentraties in de bemonsterde gewassen.

Als wordt gekeken naar de individuele gewassen, dan droeg aardappel het meeste bij aan de sominname: 35% in het minimale scenario en 46% in het maximale scenario. Appel (18%) en biet (9%) volgden in het minimale scenario en sperziebonen (6%) en bloemkool (5%) in het maximale scenario. De overige gewassen droegen minder dan 5% bij aan de sominname in beide scenario's.

Bijdragen van gewassen aan de sominname worden bepaald door een combinatie van concentraties en consumpties. De hoge bijdrage van aardappel in beide scenario's werd bepaald door een hoge consumptie. Appel wordt ook veel geconsumeerd in Nederland. Dit kwam tot uiting in de bijdrage van pitvruchten in het minimale scenario, maar niet in het maximale scenario (zie Figuur 1). In dat scenario werd de inname gedomineerd door de hoge toegekende somconcentratie aan veel

gegeten kool- en knolgroenten. Deze somconcentratie was bijna een factor 17 hoger dan de somconcentratie voor appel en peer in het maximale scenario (zie Tabel 3).

3.3 Risicobeoordeling van de sominname van GenX en PFOA

3.3.1 *Vergelijking van de sominname met de EFSA-TWI*

Voor de risicobeoordeling is de berekende sominname van GenX en PFOA door de consumptie van de moestuingewassen, uitgedrukt in PFOA-equivalenten, vergeleken met de EFSA-TWI van 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week (zie hoofdstuk 2). De sominnames in Tabel 4 zijn voor deze vergelijking vermenigvuldigd met zeven (van dag naar week). De sominname is ook uitgedrukt als fractie van de EFSA-TWI. Hierbij is de sominname gedeeld door de EFSA-TWI, waarbij een fractie groter dan 1 betekent dat de sominname groter is dan de EFSA-TWI. De resultaten staan in Tabel 5.

Tabel 5 *Wekelijkse sominname van GenX en PFOA en de sominname als fractie van de EFSA-TWI door de consumptie van moestuingewassen voor een minimaal en maximaal scenario¹*

Inname-parameter ²	Sominname per scenario, in ng/kg lichaamsgewicht per week ^{3,4}		Fractie van de EFSA-TWI per scenario ^{5,6}	
	Minimaal	Maximaal	Minimaal	Maximaal
Gemiddelde	2,8	32	0,6	7,3
P50	2,1	23	0,5	5,2
P95	7,7	91	1,8	21

EFSA: European Food Safety Authority (Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid); P50: mediaan, 50^{ste} percentiel; P95: 95^{ste} percentiel; TWI: tolereerbare wekelijkse inname

¹ Sominname is berekend met de GenX- en PFOA-concentraties in moestuingewassen van de moestuinlocatie binnen een straal van 1 kilometer rondom het bedrijf DuPont/Chemours met de hoogste GenX- en PFOA-concentraties in de bemonsterde gewassen.

² Voor een korte toelichting op de berekende innameparameters, zie Bijlage B.

³ Sominname is uitgedrukt in PFOA-equivalenten (zie hoofdstuk 2 en paragraaf 3.2)

⁴ Sominname per week is berekend door de sominname per dag in Tabel 4 te vermenigvuldigen met zeven (van dag naar week).

⁵ De EFSA-TWI is 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week.

⁶ Fracties zijn berekend door de gemiddelde, P50- en P95-sominname per week te delen door de EFSA-TWI. Een fractie groter dan 1 betekent dat de sominname groter is dan de EFSA-TWI.

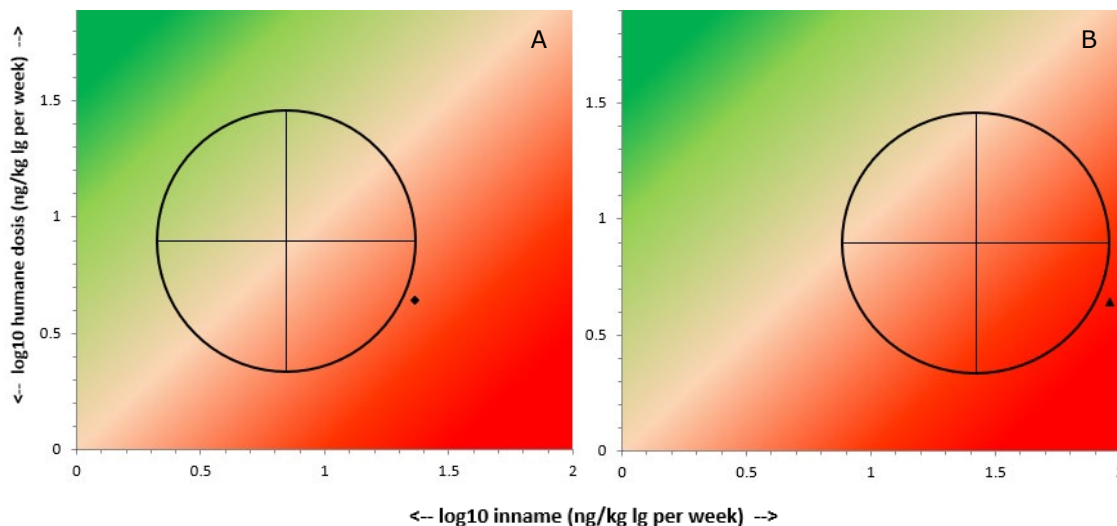
De hoge (P95) sominnameschattingen voor het minimale en maximale scenario overschreden de EFSA-TWI met respectievelijk een factor 1,8 en 21. De gemiddelde en mediane sominname overschreden de EFSA-TWI alleen in het maximale scenario.

3.3.2 *Risicobeoordeling met de APROBA-Plus methode*

Zoals in 2018, is de risicobeoordeling van de sominname van GenX en PFOA door de consumptie van moestuingewassen uitgebreid met de APROBA-Plus methode. Met deze methode kunnen de onzekerheden in de inname en toxiciteit op kwantitatieve wijze worden geëvalueerd (Bokkers et al., 2017). Voor details over de toepassing van deze methode op de sominname wordt verwezen naar het rapport van 2018 en Bijlage C in het huidige rapport.

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 effect wordt verwacht (op de y-as) en de inname via bijvoorbeeld 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 er een risico is ("niet veilig") en met een groen deel waar de inname kleiner is dan de humane effectdosis, dus waar er geen risico is ("veilig"). De 'witte' diagonale lijn tussen het rode en groene gebied geeft de grens aan tussen "veilig" en "niet veilig".

Figuur 2 geeft het resultaat van de APROBA-Plus analyse weer voor de sominname van GenX en PFOA in moestuingewassen. Beide assen zijn op logaritmische schaal uitgezet. Doordat de onzekerheid in de humane effectdosis vrijwel even groot is als die in de inname, weergegeven door het kruis in de twee ellipsen, hebben de ellipsen in Figuur 2 de vorm van een cirkel. Deze cirkels geven weer waar de combinatie van de humane effectdosis van de EFSA-4 die een effect kan geven op het immuunsysteem (verticale as) en de sominname van GenX en PFOA voor het minimaal en maximaal scenario (horizontale as). Figuur 2A geeft dit weer voor de mediane (P50) sominname en Figuur 2B voor de hoge (P95) sominname. De sominnames zijn afkomstig uit Tabel 5.



Figuur 2 Grafische weergave van de onzekerheid in de risicobeoordeling voor de mediane (P50) (A) en P95 (B) sominname van GenX en PFOA door de consumptie van moestuingewassen. 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 sominname van GenX en PFOA berekend voor een minimaal (linkeruiteinde van de lijn) en maximaal scenario (rechteruiteinde van de lijn). De sominnames zijn berekend met de GenX- en PFOA-concentraties in moestuingewassen van de moestuinlocatie binnen een straal van 1 kilometer rondom het bedrijf DuPont/Chemours met de hoogste GenX- en PFOA-concentraties in de bemonsterde gewassen; lg: lichaamsgewicht

De cirkel voor de mediane sominname ligt voor een deel in het rode (d.w.z. niet "veilige") gebied, terwijl de cirkel voor de hoge sominname

vrijwel geheel in dit gebied ligt. Het zwarte ruitje en driehoekje in respectievelijk Figuur 2A en 2B geven de combinatie weer van de EFSA-TWI van 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week en de mediane en hoge sominname voor het maximale scenario. Het ruitje en driehoekje liggen net buiten de cirkels en geven daarmee een groter risico aan dan de APROBA-Plus analyse.⁷ Dit illustreert dat de vergelijking tussen de sominname van GenX en PFOA en de EFSA-TWI, zoals beschreven in paragraaf 3.3.1, conservatief is en maar een beperkt beeld geeft van de werkelijkheid en de beschikbare kennis daarover.

3.3.3 *Conclusie risicobeoordeling*

De vergelijking van de sominname van GenX en PFOA met de EFSA-TWI voor mensen met een hoge consumptie van moestuingewassen (P95) laat een overschrijding van deze grenswaarde zien voor beide scenario's. Op basis van deze vergelijking kan een risico op negatieve gezondheidseffecten niet worden uitgesloten. Dit geldt ook voor mensen met een gemiddelde en mediane consumptie (P50) van moestuingewassen voor het maximale scenario.

De uitbreiding van de risicobeoordeling met de APROBA-Plus methode, die ook rekening houdt met de onzekerheid in de toxiciteit, laat zien dat de cirkel voor de mensen met een hoge consumptie bijna geheel in het "onveilige" gebied ligt en de cirkel voor mensen met een mediane consumptie voor bijna de helft in dit gebied ligt. Ook deze analyse laat daarom zien dat voor beide consumptiehoeveelheden een risico op een negatief effect op het immuunsysteem niet kan worden uitgesloten door het eten van moestuingewassen geteeld binnen een straal van 1 kilometer rondom DuPont/Chemours. Dit kan pas als de cirkel in zijn geheel in het "veilige" gebied ligt.

Zoals beschreven in het rapport van 2018 en in een rapport naar de inname van GenX en PFOA via de consumptie van moestuingewassen afkomstig van een moestuinlocatie in Helmond (Boon et al., 2019) eten mensen met een moestuin zeer waarschijnlijk de door hen geteelde moestuingewassen in grotere hoeveelheden dan de gemiddelde Nederlander. Deze hogere consumptie wordt weergegeven door de hoge (P95) consumptie.

⁷ Het ruitje en driehoekje liggen buiten de ellipsen, omdat bij de afleiding van de EFSA-TWI meerdere conservatieve aannames zijn opgestapeld waardoor het uiteindelijke risico ook conservatiever is dan in APROBA-Plus analyse. In de APROBA-Plus analyse worden deze onzekerheden zodanig meegenomen dat opstapeling ervan wordt voorkomen.

4 Discussie

Dit rapport is een herziening van de risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen geteeld rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours uit 2018. Deze beoordeling verschilt van de beoordeling uit 2018 door het gebruik van een nieuwe lagere gezondheidskundige grenswaarde (zie hoofdstuk 2). Verder is voor de huidige beoordeling de sominname van GenX en PFOA berekend met behulp van relatieve potentiefactoren (zie paragraaf 3.2). In 2018 is de inname per stof berekend. Wat in deze herziene beoordeling niet is veranderd ten opzichte van 2018 zijn de onderliggende aannames van de innameberekening. Er is ook weer gerekend met dezelfde GenX- en PFOA-concentraties in de moestuingewassen van de moestuinlocatie binnen een straal van 1 kilometer rondom het chemiebedrijf met de hoogste GenX- en PFOA-concentraties in de bemonsterde gewassen en met dezelfde voedselconsumptiegegevens. De inname van GenX en PFOA is dan ook niet veranderd ten opzichte van 2018, maar is alleen op een andere manier berekend. In dit hoofdstuk worden de resultaten van de herziene risicobeoordeling besproken.

4.1 Vergelijking nieuwe innameberekening met inname van 2018

De sominname van GenX en PFOA, uitgedrukt in PFOA-equivalenten, verschilde nauwelijks van de inname van alleen PFOA, zoals berekend in 2018 (zie Tabel 6). De reden hiervoor is de lage relatieve toxiciteit van GenX ten opzichte van PFOA; GenX is zo'n 17 maal minder toxisch. In het minimale scenario was de mediane (P50) en hoge (P95) inname van PFOA respectievelijk 0,2 en 0,8 ng/kg lichaamsgewicht per dag versus respectievelijk 0,3 en 1,1 ng/kg lichaamsgewicht per dag voor de sominname van GenX en PFOA. Het maximale scenario laat hetzelfde beeld zien (zie Tabel 6).

Tabel 6 Inname van GenX, PFOA en de som van GenX en PFOA door de consumptie van moestuingewassen voor een minimaal en maximaal scenario

Inname-Parameter ¹	Inname per scenario, in ng/kg lichaamsgewicht per dag					
	GenX ²		PFOA ²		Som GenX en PFOA ^{3,4}	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Gemiddelde	1,8	7,6	0,3	4,3	0,4	4,5
P50	1,2	5,6	0,2	3,0	0,3	3,3
P95	5,2	21	0,8	12	1,1	13

Max: maximaal; Min: minimaal; P50: mediaan, 50^e percentiel; P95: 95^e percentiel

¹ Voor een korte toelichting op de berekende innameparameters, zie Bijlage B.

² Inname per stof zoals berekend in 2018 op basis van de GenX- en PFOA-concentraties in moestuingewassen van de moestuinlocatie binnen een straal van 1 kilometer rondom het chemiebedrijf met de hoogste GenX- en PFOA-concentraties in de bemonsterde gewassen (Mengelers et al., 2018).

³ Sominname zoals berekend in het huidige rapport met dezelfde GenX- en PFOA-concentraties als in 2018 (zie Tabel 4).

⁴ Sominname is uitgedrukt in PFOA-equivalenten (zie hoofdstuk 2 en paragraaf 3.2).

Aardappel droeg ook in 2018 het meeste bij aan de inname van PFOA in het maximale scenario, zoals ook het geval was voor de sominname van GenX en PFOA berekend in dit rapport: 50% voor de PFOA-inname in

2018 en 46% voor de sominname. De bijdrage van aardappel aan de GenX-inname was slechts 15% in 2018. De twee andere gewassen die het meeste bijdroegen aan de sominname van GenX en PFOA in het maximale scenario, sperziebonen en bloemkool, droegen ook meer dan 5% bij aan de PFOA-inname in 2018: respectievelijk 7% en 6%. Gewassen die belangrijk waren voor de GenX-inname in het maximale scenario in 2018, zoals appel, sla en tomaten, droegen minder dan 5% bij aan de sominname in het maximale scenario. Bijdragen aan de GenX- en PFOA-inname in het minimale scenario zijn niet gerapporteerd in 2018 (Mengelers et al., 2018).

4.2 Berekende sominname van GenX en PFOA

De onzekerheden van de verschillende aannames die de huidige sominnameschattingen hebben beïnvloed zijn dezelfde als beschreven in het rapport van 2018 (Mengelers et al., 2018). De belangrijkste aanname die heeft bijgedragen aan een overschatting van de sominname in beide scenario's was de aanname dat mensen het hele jaar en gedurende hun hele leven de gewassen uit eigen moestuin eten. In het maximale scenario is de sominname ook overschat doordat de berekening gebaseerd is op de monsters met de hoogste somconcentraties van GenX en PFOA per gewas. Onderschatting van de sominname is mogelijk voor het minimale scenario doordat hier alleen de monsters met de lage somconcentraties zijn gebruikt. Op basis van alle onzekerheden werd in het rapport van 2018 geconcludeerd dat de inname berekend voor het minimale en maximale scenario respectievelijk een over- en onderschatting is van de werkelijke inname van GenX en PFOA door mensen met een moestuin in een straal van 1 kilometer rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours. Deze conclusie is ook van toepassing op de huidige resultaten.

De berekende sominnames zijn gebaseerd op concentraties van GenX en PFOA die zijn gemeten in augustus 2017. Door de variatie in uitstoot van GenX en PFOA door Dupont/Chemours is de sominname door de consumptie van moestuingewassen in het verleden waarschijnlijk hoger geweest. Aangezien het gebruik van PFOA is gestopt, zal de sominname in de toekomst mogelijk lager zijn dan hier berekend.

De sominname verschilde aanzienlijk tussen het minimale en maximale scenario (zie Tabel 4), zoals in 2018 ook het geval was voor de afzonderlijke inname van GenX en PFOA. De reden hiervoor was het grote aantal monsters met een concentratie lager dan de LOD of tussen de LOD en de LOQ in combinatie met een relatief hoge LOD en LOQ (zie Bijlage A). Van de 22 monsters die meegenomen zijn in de berekeningen hadden 12 (55%) een PFOA-concentratie onder de LOD en 7 (32%) een concentratie tussen de LOD en de LOQ. Voor GenX waren deze aantallen respectievelijk 5 (23%) en 11 (50%). De LOD varieerde van 0,1 tot 0,5 ng per gram en de LOQ was gelijk aan 1,0 ng per gram (Mengelers et al., 2018). Deze onzekerheid in de werkelijke sominname van GenX en PFOA kan alleen worden verkleind door een gevoeligere analytische methode. In een vergelijkbare studie uitgevoerd voor de gemeente Helmond was de LOQ gelijk aan 0,1 ng per gram voor beide stoffen (Boon et al., 2019). In deze studie is geen LOD gerapporteerd.

Door deze lagere LOQ was de onzekerheid in de berekende innames kleiner.

In 2018 en ook in dit rapport is er geen inname berekend met de concentraties gemeten in de monsters afkomstig van de acht moestuinlocaties in een straal van 1 tot 4 kilometer rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours. In 2018 was dit niet nodig. Op basis van de risicobeoordeling voor de moestuinlocatie binnen een straal van 1 kilometer met de hoogste GenX- en PFOA-concentraties kon worden geconcludeerd dat ook de gewassen afkomstig van de verder weg gelegen moestuinlocaties veilig konden worden gegeten. Echter, het was ook niet mogelijk geweest om een risicobeoordeling uit te voeren met de concentraties gemeten in de gewassen afkomstig van deze locaties. Dit geldt ook voor het huidige rapport. De reden hiervoor is dat de concentraties in de gewassen vrijwel allemaal onder de LOD of tussen de LOD en de LOQ liggen in combinatie met een hoge LOD en LOQ. Alleen GenX is in vier monsters aangetroffen in een concentratie boven de LOQ (zie Bijlage 3 in het rapport van 2018). De meeste concentraties in gewassen uit deze moestuinen zijn dus laag, maar het is onzeker hoe laag. Om met deze concentraties een risicobeoordeling uit te kunnen voeren zijn concentraties nodig die zijn verkregen met een analytische methode met een lagere LOD en LOQ. Deze moeten zodanig laag zijn dat ook als het merendeel van de concentraties (weer) lager is dan de LOD en/of de LOQ een conclusie kan worden getrokken over een mogelijk risico. Er zijn inmiddels analysemethoden beschikbaar met een lagere LOD en LOQ dan gebruikt in 2017.

Sinds de publicatie van het rapport van 2018 zijn de resultaten van een nieuwe voedselconsumptiepeiling (VCP) in Nederland gepubliceerd (van Rossum et al., 2020). De herziene risicobeoordeling is gebaseerd op dezelfde consumptiegegevens als gebruikt in de beoordeling van 2018. Deze consumptiegegevens zijn afkomstig van twee eerdere VCP's. Vergeleken met deze eerdere VCP's is de gemiddelde consumptie van fruit toegenomen in kinderen van 9 t/m 18 jaar (gemiddeld 87 versus 100 gram per dag), terwijl de gemiddelde consumptie van aardappelen significant is afgenomen in de populatie van 9 t/m 69 jaar (gemiddeld 92 vs. 74 gram per dag). De consumptie van groente is niet veranderd (gemiddeld 131 vs. 134 gram per dag). Ondanks deze veranderingen verwachten we niet dat de berekende sominname in de twee scenario's zodanig anders zou zijn geweest dat dit geleid zal hebben tot een andere conclusie over mogelijke risico's. Daarvoor is de overschrijding van de EFSA-TWI te groot (zie paragraaf 3.3.1) en zijn de veranderingen in consumptiepatronen te klein.

Bij een lagere consumptie van moestuingewassen zal de sominname van GenX en PFOA via deze gewassen lager zijn en mogelijk lager dan de EFSA-TWI. Deze consumptie zal dan lager moeten zijn dan de aanbeveling in 2018 om niet te vaak en niet te veel te eten. Die aanbeveling was gebaseerd op een hoge inname van GenX en van PFOA die gelijk was aan de toenmalige gezondheidskundige grenswaarden van beide stoffen voor een maximaal scenario (Mengelers et al., 2018). De consumptie moet dus aanmerkelijk lager zijn. Omdat wij dit niet realistisch achten voor mensen met een moestuin, is hier geen aanbeveling voor geformuleerd.

De resultaten laten zien dat knolgewassen, en dan vooral aardappel, het meeste bijdroegen aan de sominname van GenX en PFOA. Geen aardappel meer eten uit de moestuin zou dan mogelijk kunnen resulteren in een lagere sominname. De onderliggende concentratiegegevens van GenX en PFOA zijn gebaseerd op slechts twee of drie monsters per gewas. Daarnaast zijn aan veel gewassen concentraties toegekend, omdat ze niet zelf zijn geanalyseerd, zoals voor aardappel. Dit maakt het niet mogelijk om betrouwbare consumptieaanbevelingen voor individuele moestuingewassen te formuleren.

Concentraties van PFOA in de bodem zijn verhoogd in een straal van 50 kilometer rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours vergeleken met gehalten op grotere afstand van het bedrijf (Expertisecentrum PFAS, 2018, 2019; Wintersen et al., 2020). Het is daarom niet uit te sluiten dat ook gewassen geteeld in tuinen buiten de straal van 4 kilometer verhoogde PFAS-concentraties hebben. Een representatieve steekproef in moestuinen in dit gebied kan hier inzicht in geven. Mocht zo'n steekproef worden uitgevoerd, bevelen we aan om ook PFAS in de bodem van deze tuinen te meten om met de uitkomst beter inzicht te krijgen in de relatie tussen PFAS in de bodem en PFAS in moestuingewassen (Wintersen & Otte, 2021). Door de beperkte kennis over deze relatie is het op dit moment niet te garanderen dat als de PFAS-concentraties in de bodem met als functie 'Wonen met moestuin' onder de risicogrens voor bodem blijven de moestuingewassen die op deze bodem zijn geteeld veilig kunnen worden gegeten. Andersom betekent dit dat als de risicogrens voor bodem wordt overschreden dit niet hoeft te betekenen dat de geteelde gewassen niet veilig kunnen worden gegeten. Door meer inzicht te krijgen in de relatie tussen bodem- en gewasconcentraties, kan deze onzekerheid in de risicogrens voor bodem met als functie 'Wonen met moestuin' worden vermindert.

4.3 Blootstelling aan andere PFAS en via andere bronnen

EFSA heeft een gezondheidkundige grenswaarde voor de som van PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS afgeleid (zie hoofdstuk 2). Deze EFSA-4 zijn gezamenlijk beoordeeld, omdat EFSA ervan uitgaat dat deze PFAS hetzelfde kritische (immuun)effect hebben en dit voor andere PFAS niet kon worden vastgesteld. Verder zijn dit de PFAS die veelal in het bloed van mensen zijn aangetroffen (EFSA, 2020). Het is echter aannemelijk dat ook andere PFAS kunnen bijdragen aan de toxiciteit van de totale sominname van PFAS, zoals bekend is voor andere effecten op basis waarvan relatieve potentiefactoren zijn afgeleid (RIVM, 2021).

In de moestuingewassen is alleen GenX en PFOA gemeten. Het is niet uit te sluiten dat deze gewassen ook andere PFAS bevatten, gezien de mogelijke aanwezigheid van PFAS in de bodem (Expertisecentrum PFAS, 2018, 2019; Wintersen et al., 2020). Daarnaast kan blootstelling aan PFAS ook plaatsvinden via de consumptie van drinkwater en gekochte voedselproducten (EFSA, 2020; Noorlander et al., 2011; van der Aa et al., 2021). Daarnaast kan blootstelling aan PFAS ook optreden via de lucht, zoals beschreven in het rapport van 2018 (Mengelers et al., 2018).

5 Conclusie

In dit rapport is een risicobeoordeling uitgevoerd van de sominname van GenX en PFOA door de consumptie van moestuingewassen geteeld binnen een straal van 1 kilometer rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours in Dordrecht. Hiervoor is de sominname van deze stoffen berekend voor een minimaal en maximaal scenario. De sominname is vervolgens vergeleken met de gezondheidkundige grenswaarde voor deze stoffen, die is afgeleid door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA) in 2020. De consumpties van moestuingewassen zijn gebaseerd op een consumptiepatroon van de Nederlandse populatie.

De berekende sominname door mensen met een hoge consumptie (P95) van deze gewassen overschrijdt de gezondheidkundige grenswaarde voor beide scenario's. Dit is ook het geval voor mensen met een mediane consumptie (P50) van deze moestuingewassen voor een maximaal scenario.⁸ In beide scenario's kan een risico op negatieve gezondheidseffecten daarom niet worden uitgesloten. Deze conclusie is bevestigd in een uitgebreidere risicobeoordeling met de APROBA-Plus methode.

Op basis van deze resultaten adviseren we om geen gewassen die zijn geteeld binnen een straal van 1 kilometer van het chemiebedrijf DuPont/Chemours te eten. Bij dit advies is meegenomen dat mensen die deze gewassen eten ook kunnen worden blootgesteld aan GenX en PFOA, en andere PFAS, via andere bronnen zoals drinkwater, lucht en gekochte voedselproducten. Ook kunnen mensen door het eten van deze moestuingewassen worden blootgesteld aan andere PFAS. In de risicobeoordeling uit 2018 was de conclusie dat deze gewassen wel veilig konden worden gegeten met de aanbeveling dit niet te vaak en te veel te doen (Mengelers et al., 2018). Echter, de gezondheidkundige grenswaarde van 2020 is lager dan de grenswaarden die in 2018 zijn gebruikt. Dit betekent dat deze stoffen schadelijker zijn voor de gezondheid dan eerder bekend was. In 2018 lag de inname van GenX en van PFOA voor mensen met een hoge (P95) consumptie van moestuingewassen op het niveau van de gezondheidkundige grenswaarden van beide stoffen en gaf de APROBA-Plus methode aan dat er geen risico was.

Voor de moestuinlocaties in een straal van 1 tot 4 kilometer rondom het chemiebedrijf werd in 2018 geconcludeerd dat 'de concentraties dermate laag [zijn] dat de gewassen veilig kunnen worden gegeten, ook in combinatie met andere blootstellingsbronnen'. We kunnen deze conclusie niet bevestigen op basis van de nieuwe gezondheidkundige grenswaarde. De reden hiervoor is dat vrijwel alle concentraties gemeten in de gewassen op deze locaties onder de detectielimiet of tussen de detectie- en kwantificatielimiet van de meetmethode lagen. Voor deze concentraties is de precieze concentratie van GenX en PFOA niet bekend, waardoor er geen risicobeoordeling kan worden uitgevoerd.

⁸ Voor een toelichting op de hoge, gemiddelde en mediane sominname, zie Bijlage B.

Ook in 2018 is geen risicobeoordeling uitgevoerd met deze concentraties. De conclusie over de veilige consumptie van deze gewassen berustte op de risicobeoordeling van de moestuinlocatie binnen een straal van 1 kilometer rondom het chemiebedrijf met de hoogste GenX- en PFOA-concentraties.

De herziene risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen is gebaseerd op moestuingewassen die in 2017 zijn bemonsterd en geanalyseerd. Sinds 2017 is de methode voor het meten van PFAS verder verbeterd. Nieuwe metingen kunnen daardoor beter inzicht geven in de huidige sominname van GenX en PFOA door de consumptie van moestuingewassen binnen een straal van 4 kilometer rondom het chemiebedrijf. Als er nieuwe metingen worden uitgevoerd is het mogelijk dat ook andere PFAS worden aangetroffen die zullen bijdragen aan de sominname. Daarnaast bevelen we aan om een representatieve steekproef uit te voeren in moestuinen binnen een straal van 4 tot 50 kilometer rondom het chemiebedrijf vanwege verhoogde PFOA-concentraties in de bodem in het gebied tot 50 kilometer.

6 Dankwoord

De auteurs danken Liesbeth Geraets, Marcel Mengelers en Julia Verhoeven van het RIVM voor hun waardevolle bijdrage aan dit rapport.

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, doi: 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, doi: 10.1016/j.fct.2017.10.038.

Boon PE, te Biesebeek JD, de Wit-Bos L, van Donkersgoed G (2014). Dietary exposure to dioxins in the Netherlands. RIVM Letter report 2014-0001. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven. Beschikbaar op www.rivm.nl.

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, doi: 10.21945/RIVM-2019-0024. Beschikbaar op www.rivm.nl.

EFSA (2020). Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA Journal* 18(9):6223, 391pp., doi: 10.2903/j.efsa.2020.6223. Beschikbaar op www.efsa.europa.eu.

Expertisecentrum PFAS (2018). Aanvullendluchtdepositie onderzoek PFOA en HFPO-DA (GenX) Dordrecht en omgeving. Kenmerk: C05044.000229.0100/079794902 A, d.d. 28 maart 2018. Beschikbaar op www.ozhz.nl.

Expertisecentrum PFAS (2019). Onderzoek naar de aanwezigheid van PFOA in de gemeente Molenlanden, Fase 4. Kenmerk: 083989033 B (C05044.000325.0100), d.d. 3 oktober 2020. Beschikbaar op www.ozhz.nl.

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, doi: 10.21945/RIVM-2018-0017. Beschikbaar op www.rivm.nl.

Noorlander CW, van Leeuwen SJP, te Biesebeek JD, Mengelers MJB, Zeilmaker MJ (2011). Levels of perfluorinated compounds in food and dietary intake of PFOS and PFOA in the Netherlands. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59: 7496-7505, doi: 10.1021/jf104943p.

Ocké MC, van Rossum CTM, Franssen HP, Buurma EJM, de Boer EJ, Brants HAM, Niekerk EM, van der Laan JD, Drijvers JJMM, Ghameslou Z (2008). Dutch National Food Consumption Survey - Young children 2005/2006. RIVM Report 350070001/2008. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven. Beschikbaar op www.rivm.nl.

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. Beschikbaar op www.rivm.nl.

RIVM (2021). Notitie implementatie van de EFSA som-TWI PFAS, 7 april 2021. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. Beschikbaar op www.rivm.nl.

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. Beschikbaar op www.rivm.nl.

van Rossum CTM, Fransen HP, Verkaik-Kloosterman J, Buurma-Rethans EJM, Ocké MC (2011). Dutch National Food Consumption Survey 2007-2010. Diet of children and adults aged 7 to 69 years. RIVM Report 350050006/2011. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven. Beschikbaar op www.rivm.nl.

van Rossum C.T.M, 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, doi: 10.21945/RIVM-2020-0083. Beschikbaar op www.rivm.nl.

Wintersen A, Otte P (2021). Achtergrondwaarden en risicogrenzen ten behoeve van onderbouwing Maximale Waarden PFAS voor toepassen van grond en baggerspecie. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. Beschikbaar op www.rivm.nl.

Wintersen A, Spijker J, van Breemen P, van Wijnen H (2020). Achtergrondwaarden perfluoralkylstoffen (PFAS) in de Nederlandse landbodem. RIVM Briefrapport 2020-0100. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven, doi: 10.21945/RIVM-2020-0100. Beschikbaar op www.rivm.nl.

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, doi: 10.21945/RIVM-2018-0070. Beschikbaar op www.rivm.nl.

Bijlage A. Concentraties van GenX en PFOA in de gewassen bemonsterd op de moestuinlocatie binnen een straal van 1 kilometer rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours met de hoogste GenX- en PFOA-concentraties in de bemonsterde gewassen¹

Gewas	Bereiding	Concentratie (ng per gram) ^{2,3}			
		GenX		PFOA	
		Meting 1	Meting 2	Meting 1	Meting 2
Tomaat	Gewassen	2,2	3,7	< LOQ	< LOQ
Tomaat	Ongewassen	3,0	3,6	< LOQ	< LOQ
Andijvie	Gewassen	< LOQ	< LOQ	< LOD	< LOD
Andijvie	Ongewassen	< LOQ	< LOD	< LOQ	< LOD
Bieten	Ongewassen, ongeschild	2,2	2,7	2,2	2,8
Bieten	Gewassen, ongeschild	< LOQ	1,2	1,6	1,3
Bieten	Gewassen, geschild	< LOQ	< LOQ	1,6	1,8
Appels met klokhuis	Gewassen	< LOQ	< LOQ	< LOD	< LOD
Appels met klokhuis	Ongewassen	< LOQ	< LOQ	< LOD	< LOD
Appels zonder klokhuis	Ongewassen, ongeschild	< LOQ	< LOQ	< LOD	< LOD
Appels zonder klokhuis	Gewassen, ongeschild	< LOQ	< LOQ	< LOD	< LOD
Appels zonder klokhuis	Gewassen, geschild	< LOQ	< LOQ	< LOD	< LOD
Paprika	Gewassen	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Paprika	Ongewassen	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Sla	Gewassen	2,3	1,3	< LOD	< LOD
Sla	Ongewassen	5,9	4,9	< LOQ	< LOQ
Wortels	Ongewassen, ongeschild	< LOD	< LOQ	< LOQ	< LOQ
Wortels	Gewassen, ongeschild	< LOD	< LOD	< LOQ	< LOD
Wortels	Gewassen, geschild	< LOD	< LOD	< LOQ	< LOD
Peren	Ongewassen, ongeschild	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
Peren	Gewassen, ongeschild	< LOQ	< LOD	< LOD	< LOD
Peren	Gewassen, geschild	< LOQ	< LOD	< LOD	< LOD

LOD: detectielimiet; LOQ: kwantificatielimiet

¹ Concentraties zijn afkomstig uit Bijlage 3 in het rapport van 2018 (locatie G3LOC4) (Mengelers et al., 2018).

² < LOQ = concentratie tussen de LOD en de LOQ

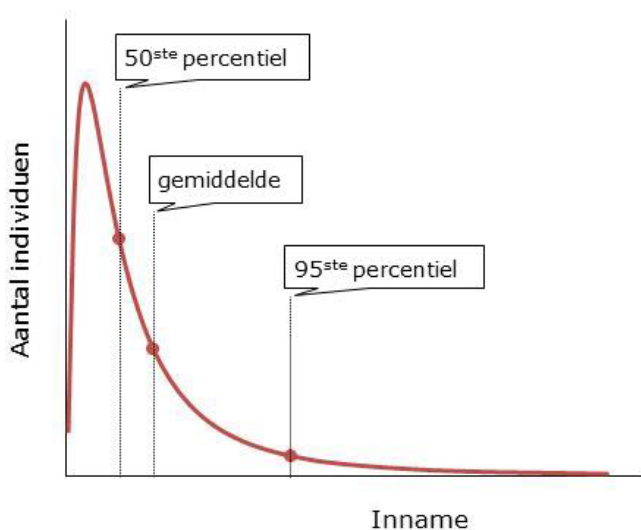
³ De LOD en de LOQ voor GenX waren respectievelijk 0,5 en 1,0 ng per gram in alle gewassen. Voor PFOA was de LOD 0,4 ng per gram voor aardappelen en 0,1 ng per gram voor de overige gewassen. De LOQ voor PFOA was 1,0 ng per gram voor alle gewassen (Mengelers et al., 2018).

Bijlage B. Gemiddelde, mediane en hoge sominname

De sominname van GenX en PFOA is berekend door de gemiddelde consumpties van de moestuingewassen per dag en per individu, zoals gerapporteerd in de voedselconsumptiepeiling voor de Nederlandse populatie, te vermenigvuldigen met de somconcentratie van GenX en PFOA, uitgedrukt in PFOA-equivalenten, in deze gewassen voor een minimaal en maximaal scenario (zie Tabel 3). Het resultaat is een verdeling van sominnames per individu en scenario. Deze verdeling per scenario geeft de variatie in de sominname weer in een populatie, doordat individuen verschillende hoeveelheden van de gewassen eten. De sominname is voor elk scenario gekwantificeerd als de:

- gemiddelde sominname: gemiddelde waarde van alle sominnames per individu in de verdeling;
- mediane (50^{ste} percentiel; P50) sominname: de middelste waarde van de verdeling. Dat wil zeggen dat 50% van de individuen een sominname heeft die onder de mediaan ligt en 50% erboven. Bij een volledig symmetrische verdeling is de gemiddelde sominname gelijk aan de mediane sominname;
- hoge (95^{ste} percentiel; P95) sominname: 95% van de individuen heeft een sominname onder deze waarde en 5% erboven.

Ter illustratie is in Figuur A.1 een voorbeeld gegeven van een verdeling van de sominname (volgens één scenario) door een fictieve populatie en de bijbehorende gemiddelde, mediane (50^{ste} percentiel) en hoge (95^{ste} percentiel) sominname. Personen met een hoge sominname zijn mensen met een hoge consumptie van moestuingewassen die GenX en PFOA bevatten.



Figuur A.1 Voorbeeld van een verdeling van de sominname (volgens één scenario) door een fictieve populatie en de bijbehorende gemiddelde, mediane (50^{ste} percentiel) en hoge (P95^{ste} percentiel) sominname (deze figuur is afkomstig uit Boon et al., 2019); inname op de x-as refereert in het huidige rapport naar de sominname

Bijlage C. Berekeningen met de APROBA-Plus methode

Hieronder wordt kort beschreven hoe de APROBA-Plus methode is gebruikt voor de risicobeoordeling van de sominname van GenX en PFOA door de consumptie van moestuingewassen geteeld binnen een straal van 1 kilometer rondom het chemiebedrijf DuPont/Chemours in Dordrecht, en hoe de onzekerheden voor de sominname en de toxiciteit zijn gekwantificeerd.

Sominname

De onzekerheden in de gemeten concentraties zijn gekwantificeerd door de sominname van GenX en PFOA te berekenen voor een minimaal en maximaal scenario en meegenomen in de APROBA-Plus berekening zoals vermeld in Tabel 5. De andere bronnen van onzekerheid met betrekking tot de sominname kunnen alleen kwalitatief worden ingeschat en zijn niet meegenomen in de APROBA-Plus berekening.

Toxiciteit

De onzekerheden in de afleiding van de EFSA-TWI van PFAS 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 C.1).⁹ 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 Figuur 2 naar boven verschuift (het groene gebied in), terwijl de onderkant van de ellips mogelijk verder naar onder verschuift (verder het rode gebied in).

⁹ De tekst in de tabellen zijn in het Engels, omdat het vertalen van die termen ingewikkeld is en ook verwarrend in vergelijkingen met de literatuur (in het Engels).

Table C.1 APROBA-Plus inputs related to study, endpoint and protection goals

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 (= <i>M</i> , 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 is het resultaat van een omrekening (uitgevoerd door EFSA) met behulp van verdelingsfactoren en kinetiekmodellen. Deze factoren en de parameters in de kinetiekmodellen bevatten onzekerheden. In het beschikbare korte 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 C.2).

In Tabel C.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 er 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 dag.

In Tabel C.2 staat de invoer voor de benodigde extrapolaties en aanpassingen. Deze zijn allen niet meegenomen, d.w.z. op een factor gelijk aan 1 gezet, met uitzondering van de factor voor de vertaling van

Table C.2 APROBA-Plus inputs related to variability and uncertainty of the hazard characterization

Hazard characterization aspect	LCL and 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

bloedconcentratie in het kind naar de TWI in de moeder, zoals hierboven ook toegelicht.

In Tabel C.3 worden de invoerwaarden gegeven voor de sominname zoals hierboven beschreven.

Table C.3 APROBA-Plus inputs regarding the sum exposure to GenX and PFOA

Description	Inputs	Reported exposure in ng/kg body weight per week	
		Minimum	Maximum
Exposure #1	P50	2.1	23
Exposure #2	P95	7.7	91

P50: median, 50th percentile; P95: 95th percentile

Met de invoer opgesomd in Tabellen C.1, C.2 en C.3 is Figuur 2 in paragraaf 3.3.2 verkregen. De bijdrage van de verschillende bronnen van onzekerheid gerelateerd aan de toxiciteit is een resultaat van de APROBA-Plus analyse en is weergegeven in Tabel C.4.

Table C.4 Contribution of the various sources of uncertainty to the overall uncertainty in the APROBA-Plus hazard assessment

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