



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

**GenX en PFOA in grond en irrigatiewater in
moestuinen rondom DuPont Chemours**
Fase twee van het 'Moestuinonderzoek'

BIJLAGE BIJ BRIEF 132/2018 M&V/EVS/RVP
Nummer: 132
Datum: 17 september 2018

Colofon

Contactadres: A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA
Bilthoven

Opdrachtgever: Gemeente Dordrecht mede namens gemeenten
Papendrecht en Sliedrecht, Provincie Zuid-Holland
en ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Opdrachtnummer: 1924660
Titel opdracht: Moestuinsonderzoek fase 2
Opdrachtcoördinator: Ric van Poll
RIVM-projectnummer: E/121041

1

Inleiding

In augustus 2017 heeft het RIVM bij 10 moestuinen rondom de fabriek van DuPont/Chemours (en 1 controlelocatie) monsters van groenten genomen: in Dordrecht (G1) en Papendrecht (G2) op drie locaties en op vier locaties in Sliedrecht (G3). Dit was fase 1 van het onderzoek (Brief offerte 'Moestuinsonderzoek': 109/2017 M&V EvS/RvP).

In maart 2018 is hierover gerapporteerd¹. Op alle locaties zijn van drie categorieën groenten (blad-, knol- en vruchtgroenten) monsters genomen. In ongeveer zestig procent van de monsters rond de fabriek is GenX en/of PFOA aangetoond. De hoeveelheid kon niet altijd worden gekwantificeerd. In 14 procent van de monsters rond de fabriek is GenX aangetroffen in meetbare hoeveelheden en in 4 procent van de monsters PFOA.

Uit de metingen bleek dat de geldende gezondheidskundige grenswaarden niet werden overschreden door consumptie van moestuingroenten. Omdat omwonenden echter ook via lucht en drinkwater in aanraking kunnen komen met GenX en PFOA adviseerde het RIVM om moestuingewassen die binnen een straal van 1 kilometer van het bedrijf zijn geteeld, met mate te consumeren (niet te vaak of te veel). Daar werden hogere concentraties aangetroffen. Buiten dit gebied waren de concentraties zo laag dat de gewassen veilig konden worden geconsumeerd.

Doelstelling

De opdrachtgever, de gemeente Dordrecht namens de samenwerkende overheden (de gemeenten Dordrecht, Papendrecht en Sliedrecht, de provincie Zuid-Holland (Z-H) en het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I en W)), heeft het RIVM gevraagd om ook fase 2 van het onderzoek uit te voeren, namelijk: de analyse van grondmonsters en irrigatiewatermonsters² naar gehalten PFOA en GenX.

Met de uitkomsten van fase 2 van het onderzoek zal het RIVM:

- meer inzicht geven in de mogelijke route voor de opname van GenX en/of PFOA door groenten in moestuinen.
- meer duidelijkheid geven over de vraag of de grond waarop de gewassen zijn geteeld, geschikt is voor moestuingebruik.

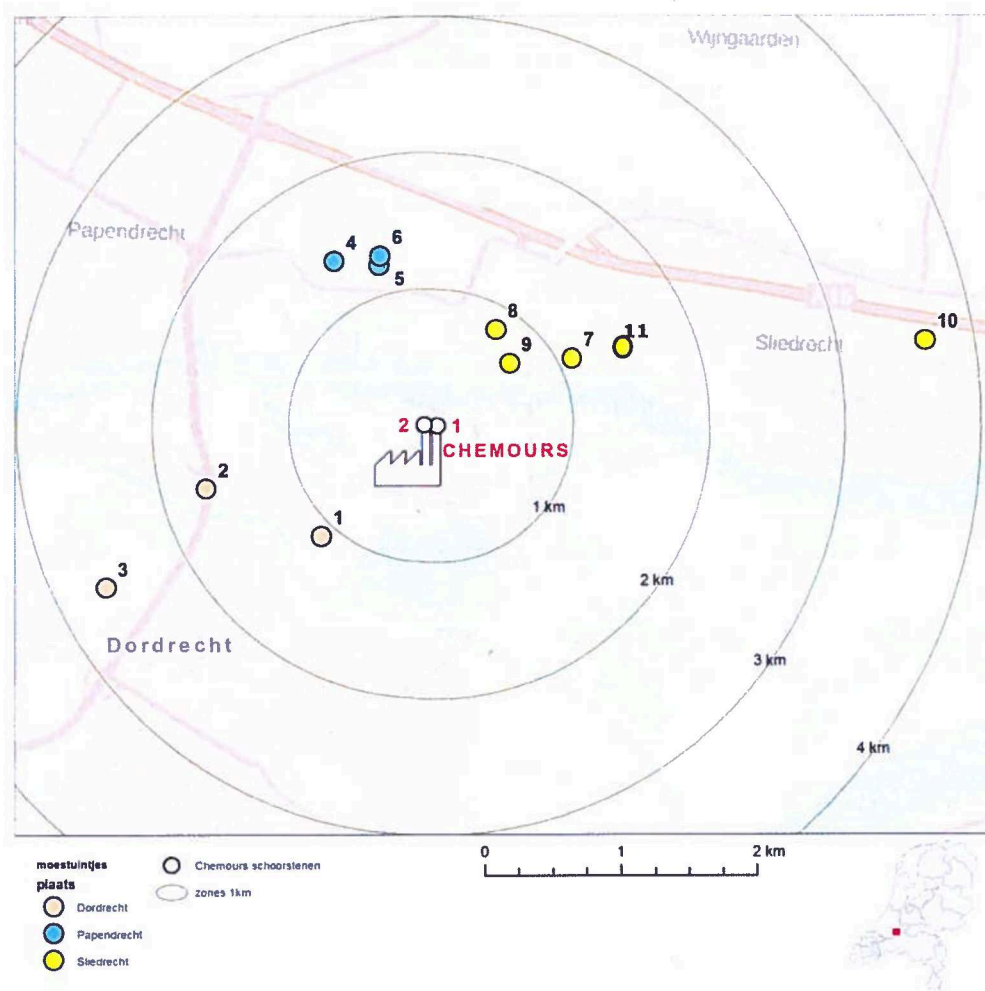
¹ Mengelers M, te Biesebeek JD, Schipper M, Slob W, Boon PEI., 2018 Risicobeoordeling van GenX en PFOA in moestuingewassen in Dordrecht, Papendrecht en Sliedrecht. RIVM-rapport 2018-0017.

² Met irrigatiewater wordt hier bedoeld: opgevangen regenwater, slootwater en rivierwater dat wordt gebruikt voor het besproeien van moestuingewassen.

2 Methode

2.1 Locaties

Op 12 locaties, 11³ rondom de fabriek van DuPont/Chemours en 1 controle locatie in Bilthoven, zijn grondmonsters en irrigatiewatermonsters genomen (zie Figuur 1). Het irrigatiewater is bemonsterd in september 2017. Op 1 locatie (nummer 7 in Figuur 1) kon geen watermonster worden genomen omdat deze moestuin niet wordt geïrrigeerd. In maart 2018 zijn op 11 locaties, (10 rondom DuPont Chemours, 1 controle locatie) in totaal 12 grondmonsters genomen, op één locatie (nummer 8 in Figuur 1) zijn twee grondmonsters genomen.



Figuur 1. Overzicht van bemonsterde moestuinlocaties in het onderzoek rond DuPont-Chemours.

³ Er is 1 'nieuwe' locatie toegevoegd: nr. 11. Op een 'oude' locatie (nr. 8) zijn twee grondmonsters genomen. Beide op verzoek van de gemeente Sliedrecht.

In Tabel 1 wordt een nadere toelichting gegeven op de ligging van de moestuinen. In dit onderzoek is nummer 11 toegevoegd.

Tabel 1 Nummering, codering en positie van de locaties waar monsters van gewassen zijn genomen

Nummer	Codering	Plaats	Positie tov de fabriek ¹	Afstand (km)
1	G1LOC1	Dordrecht	ZW	1-2
2	G1LOC2	Dordrecht	ZW	1-2
3	G1LOC3	Dordrecht	ZW	2-3
4	G2LOC1	Papendrecht	NW	1-2
5	G2LOC2	Papendrecht	NW	1-2
6	G2LOC3	Papendrecht	NW	1-2
7	G3LOC1	Sliedrecht	NO	1-2
8	G3LOC4	Sliedrecht	NO	< 1
9	G3LOC2	Sliedrecht	NO	< 1
10	G3LOC3	Sliedrecht	O	3-4
11	G3LOC5	Sliedrecht	NO	1-2
12	G4LOC1	Bilthoven	n.v.t.	> 50

1 O: oost; NO: noord-oost; NW: noord-west; ZW: zuid-west

2.2 Monstername

De monsters voor grond en irrigatiewater zijn volgens RIVM-protocol genomen.

Grondmonsters:

Met een guts zijn 10 steken grond tussen de bemonsterde gewassen tot een diepte van 30 centimeter genomen en overgebracht in een RVS emmer.

De grond is met een metalen lepel gemengd en vervolgens overgebracht in een daarvoor geschikte monsterpot (HDPE kwaliteit) tot het moment van chemische analyse.

Watermonster:

Indien er leidingwater wordt gebruikt voor het watergeven, is hiervan geen monster genomen. Voor de overige watermonsters is met behulp van een glazen bekeerglas of maatcilinder een watermonster genomen waarmee de monsterfles voor ongeveer $\frac{3}{4}$ is gevuld. Als er meerdere bronnen van irrigatiewater werden gebruikt, zijn deze allemaal bemonsterd. De monsters zijn in bevroren toestand bewaard tot aan het moment van chemische analyse.

2.3 Analyse

De monsters zijn door RIKILT geanalyseerd. In elk monster is de concentratie PFOA en GenX in tweevoud bepaald. De concentratie in water is uitgedrukt in nanogram per liter (ng/L), in grond is de eenheid nanogram per gram droge stof (grond) (ng/g d.s.). De watermonsters (rivier, regen- en slootwater) zijn geanalyseerd volgens de methode beschreven in RIKILT SOP-A-1114. De monsters zijn opgewerkt door middel van extractie, gevolgd door een clean-up via kolomextractie (solid-phase extractie; WAX-SPE). Voorafgaand aan extractie en clean-up zijn interne standaarden toegevoegd zodat kan worden gecorrigeerd voor het eventuele verlies van PFOA en/of GenX tijdens de opwerkingsprocedure.

Tijdens de monsteropwerking zijn de interne standaarden (13C-PFOA en 13C-GenX) toegevoegd aan de monsters alvorens er een extractie en solid-phase extraction (WAX-SPE) clean-up plaatsvond. De monsterextracten zijn vervolgens geanalyseerd met behulp van LC-MSMS (LC - Shimadzu Nexera X2 LC-30AD UHPLC; MS - AB Sciex Qtrap 5500 triple quadrupole mass).

2.4 Detectie en kwantificatielimiëten

In Tabel 2 zijn de detectielimiëten (Level Of Detection, LOD) en de kwantificatielimiëten (Level Of Quantification, LOQ) voor PFOA en GenX per monstertype (grond, water) weergegeven.

De detectielimiet is de aantoonbaarheidsgrens van een bepaling voor een stof, beneden deze waarde kan een stof niet met zekerheid worden aangetoond. De kwantificatielimiet is de waarde van een bepaling van een stof waarboven men de gemeten hoeveelheid met een getal kan weergeven.

Tabel 2 Detectie- (LOD) en kwantificatielimiet (LOQ) voor PFOA en GenX in grond en water.

Monster type	LOD/LOQ	PFOA	GenX
grond	LOD (ng/g d.s.)	0,02	0,03
	LOQ (ng/g d.s.)	0,05	0,1
water	LOD (ng/L)	0,05	0,2
	LOQ (ng/L)	0,2	0,5

2.5 Gezondheidskundige of ecologische risicogrenzen van PFOA en GenX voor water en bodem: beoordelingskader.

Tabel 3 geeft een aantal gezondheidskundige risicogrenzen voor PFOA en GenX. Voor grond en rivierwater zijn risicogrenzen afgeleid, voor regenwater en slootwater niet. Er is geen landelijke regelgeving betreffende de kwaliteit van water dat onttrokken wordt voor irrigatie van moestuinen. De Waterwet stelt wel regels en normen aan de waterkwaliteit maar deze zijn niet van invloed op oppervlaktewateronttrekkingen omdat bij een onttrekking geen sprake is van beïnvloeding van de waterkwaliteit in de watergang waaruit onttrokken wordt. Daarnaast vinden bij irrigatie geen lozingen op oppervlaktewater plaats⁴.

Tabel 3 Risicogrenzen van PFOA en GenX voor grond en water, voor zover beschikbaar.

	Grond	Water			
	grond	regenwater	Rivierwater ²	Slootwater ²	leidingwater
PFOA	86 ng/g d.s. ¹	-	48 ng/L	48 ng/L	87,5 ng/L
GenX	-	-	118 ng/L	118 ng/L	150 ng/L

¹PFOA: Humane risico's, scenario 'wonen met moestuin'⁵
² risicogrenzen van PFOA respectievelijk GenX voor 'oppervlaktewater'⁶

De gezondheidskundige risicogrenzen voor grond (bodem), gebruikt voor wonen met moestuin, is vastgesteld op 86 ng/g d.s.⁴. Voor de vaststelling van de risicogrenzen bodem worden alle mogelijke blootstellingsroutes, waaronder de consumptie van moestuin gewassen geteeld op de bodem, meegewogen. Indien het bodemgehalte van PFOA onder deze waarde (van 86 ng/g d.s.) blijft is de bodem geschikt voor moestuingebruik.

2.6 Indicatieve bodemvrachtberekening

De bestaande oppervlaktewaterkwaliteitsnorm voor PFOA (48 ng/L) en de advieswaarde voor GenX (118 ng/L) hebben betrekking op de risico's voor mensen als gevolg van het eten van vis. Omdat PFOA en GenX zich ophopen in

⁴ Stoof, C.R. en Ritsema, C.J. (2006). Waterwinning voor beregening in de landbouw en op sportvelden: een overzicht van de regelgeving in Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1364.

⁵ Lijzen J.P.A. et al. Risicogrenzen PFOA voor grond en grondwater Uitwerking voor generiek en gebiedsspecifiek beleid (herziene versie). RIVM2018-0060.

⁶ Verbruggen E.M.J., Wassenaar P.N.H., Smit C.E. (2017) Water quality standards for PFOA

A proposal in accordance with the methodology of the Water Framework Directive. RIVM Letter report 2017-0044. RIVM. (2018). Advies voor beoordeling GenX in oppervlaktewater. Brief en bijlage. IENW/BSK-2018/100600.

vis, bepaalt deze route de generieke waterkwaliteitsnormen. Omdat consumptie van vis in het moestuinonderzoek niet aan de orde is, zijn deze waarden niet relevant voor de gezondheidskundige interpretatie van de meetgegevens in dit rapport. De risicogrens voor drink/leidingwater (lw) is ook niet van toepassing omdat de beoordelingsgrondslag voor deze grenswaarde is gebaseerd op de inname van dagelijks 2 liter water gedurende een heel leven. Dat is bij regenwater en slootwater als irrigatiewater niet het geval.

In plaats daarvan is een benadering op basis van gezondheidskundig maximaal acceptabele verontreiniging van de grond (risicogrens) worden toegepast, een zogeheten 'indicatieve bodemvrucht berekening'. Volgens deze benadering is nagegaan of irrigatie kan leiden tot een toename van PFOA en GenX in de bodem tot boven de risicogrens van 86 ng/g droge stof, en daarmee een risico voor de gezondheid kan vormen.

3 Resultaten

3.1 Concentraties in grond en irrigatiewater

In Tabel 5 zijn de resultaten van de analyse van de grond- en irrigatiemonsters samengevat. De getoonde cijfers zijn de gemiddelde waarden van twee bepalingen. In Bijlage 5.1 zijn alle waarden (duplo-metingen) weergegeven. Alle locaties hebben een volgnummer (kolom Nr) dat overeenkomt met de nummers in de figuren. Daarnaast hebben de locaties een codering (Code) gekregen. Deze codering komt overeen met de codering uit het moestuinonderzoek¹. Per locatie is aangegeven hoever (in km) deze ligt verwijderd van de fabriek (Afstand) en in welke gemeente deze locatie ligt (zie ook Figuur 1). Voor elk van de locaties is de hoogste gemeten waarde PFOA en GenX in een van de gewassen weergegeven (Groentenwaarden). Voor elke moestuin is aangegeven op welke wijze wordt getuind: in de volle grond of in bakken (Tuin). Tot slot is weergegeven hoe het regenwater wordt opgevangen en bewaard voor gebruik (Water).

3.2 Vergelijking met risicogrenzen en indicatieve bodemvracht

3.2.1 Grond

De aangetroffen concentraties PFOA in de bodemmonsters liggen tussen 0,3 en 7,7 ng/g d.s. De concentraties zijn dus op alle onderzochte locaties lager dan de risicogrens van 86 ng/g d.s. (Tabel 3).

Op alle locaties is de concentratie GenX in de bodemmonsters minder dan of gelijk aan (\leq) 1 ng/g droge stof. Voor GenX is nog geen risicogrens voor bodem beschikbaar. Voor dit onderzoek is de waarde voor PFOA gebruikt.

3.2.2 Irrigatiewater

Voor irrigatiewater is een zogenaamde 'indicatieve bodemvracht berekening' bepaald.

Voor de bepaling van de bodemvracht worden enkele uitgangspunten en aannames gehanteerd: de gemeten concentratie PFOA en GenX in de bodem, de gemiddelde en maximale concentratie, een bewortelingsdiepte van 30 cm. Dit is ook de diepte van de steekmonsters waarmee de concentraties PFOA en GenX in de bodem zijn bepaald. De berekening gaat uit van een 'worst-case scenario': er is aangenomen dat er geen transport van PFOA en GenX naar diepere lagen plaatsvindt. Tevens wordt ervan uitgegaan dat tijdens het groeiseizoen (een half jaar) de helft van de gemiddelde jaarneerslag (400 mm), 200 liter per vierkante meter afkomstig is van irrigatiewater (zie Bijlage 5.2). Zoals eerder vermeld wordt in deze rapportage voor GenX de waarde van PFOA aangehouden (86 ng/g d.s.). In Bijlage 5.2 wordt dit nader toegelicht. De opname van GenX en PFOA via blad, stengel of vrucht is verwaarloosbaar.

De gehanteerde uitgangspunten zijn conservatief, aan de voorzichtige kant. Zo spoelen PFOA en GenX wel uit en is irrigatie met 200 liter sloot- of opgevangen regenwater per vierkante meter heel veel.

In Tabel 4 zijn de resultaten weergegeven van de 'indicatieve bodemvracht berekening'. Als eerste (1.) is de jaarlijkse toename van PFOA en GenX in de bodem weergegeven uitgaande van irrigatie van de grond met irrigatiewater met *maximaal* gemeten concentratie PFOA respectievelijk GenX. Ditzelfde is ook gedaan voor de gemiddelde concentratie PFOA en GenX in irrigatiewater (2.)

Tabel 4 Resultaten Indicatieve bodemvrucht berekening voor verschillende uitgangspunten

1. jaarlijkse toename bodemgehalte ¹⁾		uitgaande van <i>maximale</i> gemeten concentraties in irrigatiewater
PFOA	2 ng/g d.s./j	
GenX	0,4 ng/g d.s./j	
2. jaarlijkse toename bodemgehalte bij gemiddelde concentraties ¹⁾		uitgaande van <i>gemiddelde</i> gemeten concentraties in irrigatiewater
PFOA	0,5 ng/g d.s./j	
GenX	0,1 ng/g d.s./j	
¹⁾ Toename $C_{\text{bodem}} = C_{\text{irw}} * W_{\text{irr}} / (\text{kg grond} * 1000)$, W_{irr} = hoeveelheid irrigatiewater		

Op basis van de berekening zou er bij de toegepaste aannames jaarlijks 0,5-2 ng/g d.s. PFOA bijkomen. Dat is 0,6-2,3% van de risicogrens. Uitgaande van schone grond zou men dan 43-172 jaar moeten irrigeren om aan de risicogrens (86 ng/g d.s.) te komen. N.B: de hoogst gemeten waarde PFOA in de grondmonsters bedroeg 7,7 ng/g droge stof, voor GenX was dit 0,9 ng/g droge stof.

Figuur 2 toont de locaties van de moestuinen waar de monsters zijn genomen en de bijbehorende concentraties in regenwater (figuur 2a) en slootwater (figuur 2b). Het rivierwater dat op locatie 2 (Code G1LOC2) als irrigatiewater is gebruikt bevatte lage concentraties PFOA en GenX, in vergelijking met de andere soorten irrigatiewater (slootwater, opgevangen regenwater) en is niet in de figuur opgenomen.

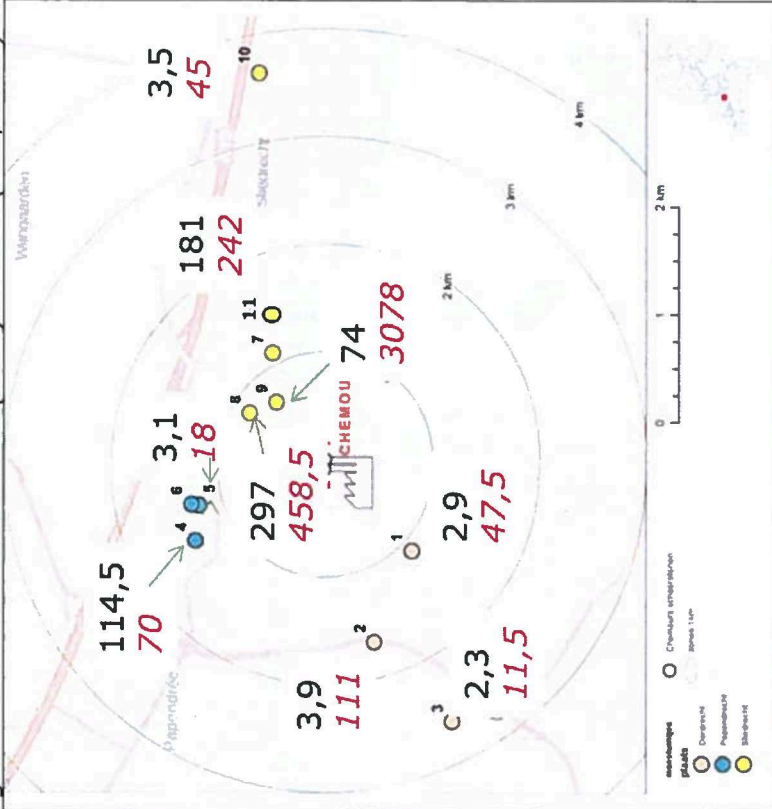
In het algemeen lijkt er een tendens te zijn dat verder weg van de fabriek de waarden PFOA en GenX in irrigatiewater afnemen met een gradiënt in noord-oostelijke richting.

- 1 **Tabel 5** Overzicht van gemeten concentraties PFOA en GenX in groenten, bodem en irrigatiewater. **Nr:** volgnummer moestuin, **Code:** codering moestuin, **Afstand:** afstand tot fabriek en l gemeente van de locatie: D=Dordrecht, P=Papendrecht, S=Sliedrecht, **Groentenwaarde:** hoogstgemeten (gemiddelde) waarde PFOA respectievelijk GenX in een gewas in de betreffende moestuin in nanogram per gram versgewicht (v.g.), **Bodem:** gemeten (gemiddelde) waarde PFOA en GenX in bodemmonster in nanogram per gram droge stof (d.s.), **Irrigatiewater:** waarde PFOA en GenX gemeten in irrigatiewater (irrw), (regenwater (rw), slootwater (sw) of rivierwater (riw). **Tuin:** wijze van tuinieren, **Water:** herkomst, afvoer en opvang van irrigatiewater en wijze van opvang.

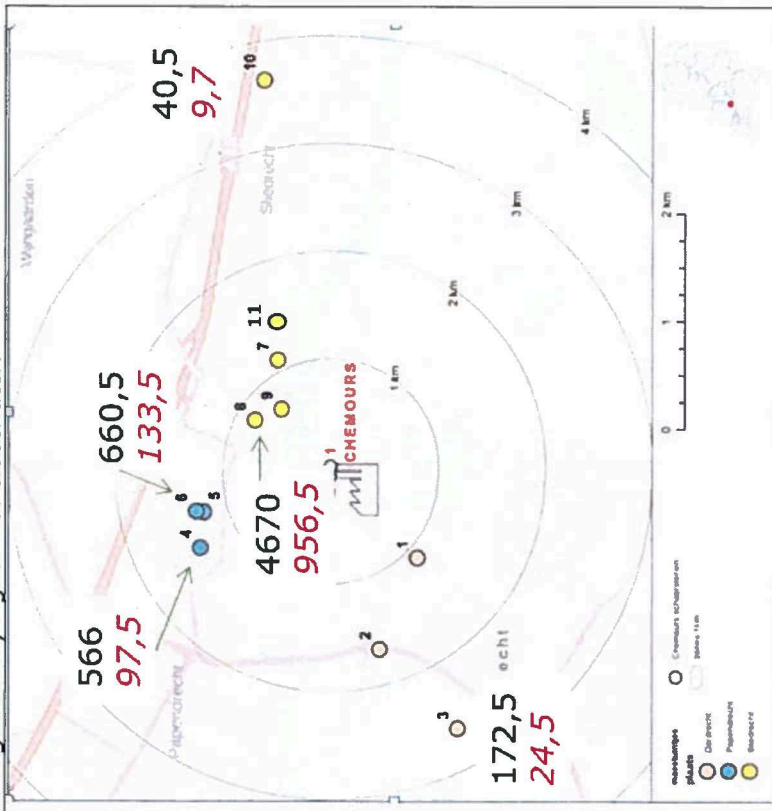
Nr	Code	Afstand (km)	Gemeente	Groenten-waarden ng/g v.g.	Bodem ng/g d.s. gemiddelde		Irrigatiewater ng/L gemiddelde			Tuin	Water	
					PFOA	GenX	Regenwater (rw)	Slootwater (sw)	Rivierwater (riw)			
				PFOA max	GenX max	PFOA	GenX	PFOA	GenX	PFOA	GenX	
1	G1LOC1	1 tot 2, D		1	1,4	3,2	0,8	2,9	47,5			rw via schuurdak, in kunststof regenton
2	G1LOC2	1 tot 2, D		1	1	0,3	0,1	3,9	111	4,6	1,4	rw via transparant kunststofdak, in kunststof regenton; rw uit de rivier de Wantij.
3	G1LOC3	2 tot 3, D		1	1	3,7	0,1	2,3	11,5	172,5	24,5	rw via daken van zomerhuisjes, in kunststof tonnen
4	G2LOC1	1 tot 2, P		1	1	2,6	0,1	114,5	70	566	97,5	rw via plat dak schuurtje (bitumen), in grote open metalen bak; sw uit slootje ten oosten van tuin
5	G2LOC2	1 tot 2, P		1	1	4,2	0,3	3,1	18			rw

Nr	Code	Afstand (km)	Gemeente	Groenten-waarden ng/g v.g.	Bodem ng/g d.s. gemiddelde			Irrigatiewater ng/L gemiddelde			Tuin	Water
					PFOA max	GenX max	PFOA	Regenwater (rw)	Slootwater (sw)	Rivierwater (riw)		
6	G2LOC3	1 tot 2	P	1	1	6	0,9	660,5	133,5	volle grond	sw uit slootje aan westkant van tuin	
7	G3LOC1	1 tot 2	S	1	1	4,2	0,5			volle grond	geen irrw voor volle grond.	
8	G3LOC4	< 1	S	2,8	5,9	3,7	0,6	297,5	458,5	volle grond	rw via glazen dak kweekkas, in kunststof regenton; sw uit sloot oostkant perceel achter woning	
8	G3LOC4-H	< 1	Sl,			3,4	0,8			volle grond	Zie hierboven	
9	G3LOC2	< 1	S	1	2,8	7,7	1	74	3078	volle grond	rw via golfplatendak schuurtje, in kunststof regenton	
10	G3LOC3	3 tot 4	Sl,	1	1	3	0,1	3,5	45	volle grond	rw (geen info); sw uit slootje achter kweekkas	
11	G3LOC5	1 tot 2	Sl,			4,2	0,3	181	242	volle grond		
12	G4LOC1	> 50		1	1	0,6	0,1	8,4	12	volle grond		

1 **Figuur 2 Ruimtelijke weergave van de moestuinen waar de irrigatiewatermonsters zijn genomen rondom de fabriek en de bijbehorende**
 2 **gemiddelde concentraties PFOA (zwart) en GenX (rood/schuin) in ng/L. Figuur 2a: regenwater, Figuur 2b: slootwater.**



Figuur 2a Regenwater PFOA (zwart) en GenX (rood/schuingedrukt) concentraties ng/L. Regenwaterconcentraties zijn bepaald op locatie 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11. Controlelocatie: PFOA 8,4 ng/L; GenX 12 ng/L.



Figuur 2b Slootwater PFOA (zwart) en GenX (rood/schuingedrukt) concentraties ng/L. Slootwaterconcentraties zijn bepaald op locatie 3, 4, 6, 8, 10.

4 1 Discussie en conclusie

4.1 2 Vergelijking met andere onderzoeken

3 Voordat we ingaan op de beantwoording van de onderzoeksvragen, plaatsen we
4 de resultaten in breder perspectief middels een vergelijking met de resultaten
5 van enkele andere onderzoeken naar de aanwezigheid van perfluorverbindingen
6 in grond en water.

7
8 In 2017 is door het Expertisecentrum PFAS in opdracht van de provincie Zuid-
9 Holland en de Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid (OZHZ) een verkennend
10 grond- en grondwateronderzoek verricht naar de aanwezigheid van onder
11 andere PFOA en GenX in grond en het grondwater in Dordrecht en omgeving⁷.
12 Op zes plaatsen in de omgeving (locatie a tot en met e < 2 km, e < 5 km en f
13 < 7,5 km afstand) van de DuPont/ Chemours fabriek zijn grond- en
14 grondwatermonsters genomen en geanalyseerd. In Tabel 6 staan de voor nu
15 relevante resultaten samengevat.

16

Tabel 6 Waarden PFOA en Genx in grond- en grondwatermonsters in onderzoek van Expertisecentrum PFAS

locatie:	a	b1	b2	c	d	e	f
<i>Grondmonsters ng/g ds</i>							
PFOA	9,00	13,00	84,00	75,00	74,00	20,00	-
GenX	0,72	4,70	0,51	2,00	1,50	0,18	-
locatie:	a	b	c	d	e	f	f
<i>Grondwatermonsters ng/L.</i>							
PFOA	14.000	25.000	3900	5000	140	66	
GenX	390	590	280	660	13	6	
<i>afstanden: a, b (b1, b2), c, d < 2km / e < 5km (circa 4,2 km) / f < 8km (circa 7,5 km)</i>							

17

18 In 2017 rapporteerde de WUR de resultaten⁸ van analyses van gehalten PFOA en
19 GenX in rivierwatermonsters (genomen in 2016) in de buurt van de fabriek. De
20 PFOA waarden op een 5-tal punten in een gebied rondom de fabriek (< 3 km)
21 waarin ook de onderzochte moestuinen liggen (R10-R14⁶), varieerden van 3,2
22 tot 12 ng/L. De waarden voor GenX varieerden op deze punten van 22 tot 812
23 ng/L.

24

25 Tussen januari en mei 2017 heeft Rijkswaterstaat (RWS) onderzoek⁹ uitgevoerd
26 naar de aanwezigheid van GenX en PFOA in het oppervlaktewater in de regio
27 rondom Chemours. Gerekend over alle 10 meetpunten rondom Chemours (max
28 35 km afstand), lagen de concentraties van PFOA in 99% van de
29 oppervlaktewatermonsters in de buurt van 5 ng/L. De maximaal gemeten
30 concentratie was 12 ng/L. De gemiddeld gemeten concentratie over alle
31 meetpunten was 3,7 ng/L. De hoogste, gemiddelde, GenX concentratie, 102
32 ng/L, is gemeten bij het dichtstbijzijnde meetpunt stroomafwaarts van

⁷ van Bentum, E., Pancras, T., Slenders, H., van der Enden, B. (2017). Luchtdepositie onderzoek PFOA en HFPO-DA (GenX) Dordrecht en omgeving. Onderzoek naar de invloed van luchtmissies op de kwaliteit van grond en grondwater. Kenmerk: ECP 012017 / 20DDT221-1.17. Tabellen 5 en 7, resultaten VU.

⁸ Gebbink Wouter A., Laura van Asseldonk, and Stefan P.J. van Leeuwen. Presence of Emerging Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs) in River and Drinking Water near a Fluorochemical Production Plant in the Netherlands. Environ. Sci. Technol. 2017, 51, 11057–11065. DOI: 10.1021/acs.est.7b02488.

⁹ RWS – informatie. Resultaten meetprogramma FRD en PFOA stoffen rondom Chemours te Dordrecht. 13 juni 2017 RWS-2017/24775

1 Chemours. Op de overige meetpunten zijn lagere concentraties GenX
 2 aangetroffen. De gemiddelde concentratie aan GenX in het oppervlaktewater
 3 stroomopwaarts ten opzichte van Chemours lag onder 9 ng/L.

4
 5 In opdracht van de gemeente Papendrecht heeft Tritium Advies B.V. in 2018 een
 6 verkennend bodemonderzoek uitgevoerd op de locatie Land van Matena in
 7 Papendrecht (< 2,5 km afstand van DuPont/Chemours). Uit de
 8 analyseresultaten¹⁰ blijkt dat in de huidige bovengrond PFOA aanwezig is in
 9 gehalten variërend van 2,2 tot 21 ng/g d.s. In de bodem rond de
 10 grondwaterstand is PFOA aanwezig in een concentratie van 1,0 ng/g d.s. GenX
 11 komt voor in gehalten variërend van < 0,01 tot 0,16 ng/g d.s. In het
 12 oorspronkelijke maaiveld (aangetroffen op een diepte variërend van 0,1 - 1,8
 13 meter onder het maaiveld) is PFOA aanwezig in gehalten variërend van 1,0 tot
 14 9,9 ng/g d.s. In het oorspronkelijke maaiveld is geen GenX aangetoond. In het
 15 oppervlaktewater is PFOA aanwezig in gehalten variërend van 1.200 tot 1.300
 16 ng/L. GenX is aanwezig in gehalten variërend van 94 tot 100 ng/L.

17
 18 De in dit onderzoek gemeten concentraties van PFOA in de moestuingrond zijn
 19 met 0,3 - 7,7 ng/g d.s. (zie Tabel 7) ongeveer een factor 10 lager dan in het
 20 onderzoek van het Expertisecentrum PFAS (9,0-75,0 ng/g d.s.; zie Tabel 6).
 21 Voor GenX liggen de concentratie in de moestuingrond (0,1-1,0 ng/g d.s. ; Tabel
 22 8) in dezelfde ordegrootte als in het onderzoek van het Expertisecentrum PFAS
 23 (0,18-4,7 ng/g d.s.).

24
 25 Op basis van een overzicht van literatuur¹¹ zijn gemeten waarden PFOA in
 26 grondmonsters uit moestuinen (76 monsters uit 7 onderzoeken in Duitsland,
 27 Zweden, Midwest VS) vergeleken met de gemeten waarden in dit onderzoek.
 28 Hieruit blijkt dat de gemeten gehalten PFOA in de grondmonsters in deze studie
 29 deels van dezelfde ordegrootte maar grotendeels lager zijn.

30
 31 De concentratie van PFOA in irrigatiewatermonsters in dit moestuinonderzoek
 32 varieert van 2,3 tot 4.670 ng /L (Tabel 7). De hogere concentraties zijn
 33 vergelijkbaar met het Tritium-onderzoek (1200-1300 ng/L), maar lager dan de
 34 concentraties die het Expertisecentrum PFAS in grondwater heeft gemeten (66-
 35 25000 ng/L; Tabel 8). Het irrigatiewater bevat wel veel meer PFOA dan het
 36 rivierwater zoals gemeten door de WUR en RWS (3,2 - 12 ng/L).

37
 38 De concentraties GenX in het irrigatiewater in dit moestuinonderzoek liggen
 39 tussen 1,4 en 3.078 ng/L (zie Tabel 7). De maximumwaarden zijn hoger dan in
 40 het onderzoek van het Expertisecentrum PFAS (6 - 660 ng/L), de WUR (3,2-12
 41 ng/L), RWS (102 ng/L) en Tritium (94-100 ng/L).

42
 43 Het beeld is niet consistent: in alle drie de gemeenten zijn locaties met hoge
 44 maar ook relatief lage concentraties PFOA en GenX in irrigatiewatermonsters.
 45 Sloopwater laat in alle situaties verhoogde waarden zien, hetzij PFOA, hetzij
 46 GenX of beide. Regenwater in sommige gevallen wel, in andere niet. Voor
 47 regenwater kan de wijze waarop het water is opgevangen (via kunststof
 48 golfplaten op tuinhuisjes, in kunststoffen regentonnen) van invloed zijn op de
 49 gemeten concentratie PFOA en GenX.

¹⁰ Verkennend bodemonderzoek PFOA en GenX betreffende locatie Land van Matena, deellocatie C, D en E Papendrecht documentkenmerk. 30 mei 2018 S. Francken, Tritium Advies bv. 1709/126/SF-02 versie A.

¹¹ RIVM, 2017 Risicogrenzen PFOA voor grond en grondwater. Uitwerking ten behoeve van generiek en gebiedsspecifiek beleid. RIVM Rapport 2017-0092.

1 In alle onderzoeken wordt PFOA en GenX gemeten. De variatie heeft te maken
 2 met type monster, locaties et cetera. Het beeld is dat in de omgeving (< 5 km)
 3 van de fabriek in grond, oppervlaktewater en opgevangen regenwater PFOA en
 4 GenX kan worden gevonden.

4.2 Antwoord op de onderzoeksvragen

5
 6
 7
 8 Het streven was om met de resultaten van deze analyse:

- 9 1. meer inzicht te geven in de mogelijke route van de verontreiniging van
 10 de groenten met GenX en/of PFOA.
- 11 2. duidelijkheid te geven over de vraag of de grond waarop de gewassen
 12 zijn geteeld geschikt is voor moestuingebruik.

13
 14 Ad1

15 Gewassen kunnen stoffen opnemen via verschillende routes: via lucht of water
 16 of bodem. Die stoffen kunnen direct of indirect in lucht, bodem of water terecht
 17 zijn gekomen en vervolgens in de plant. Voor de bodem-gewasrelatie geldt dat
 18 er een sterke variatie is in de verhouding tussen concentraties van stoffen in
 19 enerzijds de bodem en anderzijds de gewassen. Omdat het gedrag (de
 20 oplosbaarheid en sorptie) van PFOA en GenX in het bodem-watersysteem
 21 moeilijk is te voorspellen, is de verwachting dat de opname van deze stoffen
 22 door groenten heel variabel is. Daarbij komt dat er in de wetenschappelijke
 23 literatuur te weinig data zijn om deze relatie betrouwbaar af te kunnen leiden.
 24 Voor de meeste gewassen is er namelijk maar 1 onderzoek beschikbaar.
 25 De aangetroffen concentraties GenX en PFOA in groenten en de bodem (zie
 26 Tabel 5) zijn laag. Door de lage PFOA en GenX concentraties in de bodem en de
 27 beperkte dataset is het nog niet goed mogelijk een relatie tussen bodemgehalte
 28 en plantgehalte (= bioconcentratiefactor (BCF)) af te leiden.
 29 Uit de gegevens kan geen duidelijke relatie tussen de concentratie van
 30 GenX/PFOA in gewassen en bodem en de concentratie van deze verbindingen in
 31 oppervlaktewater en/of opgevangen regenwater worden afgeleid. Dit komt
 32 vooral door de beperkte dataset en variabiliteit in de samenhang. De gewas- en
 33 bodemkwaliteit in de onderzochte moestuinen is niet of slechts in beperkte mate
 34 beïnvloed door de aangetroffen concentraties GenX en PFOA in oppervlaktewater
 35 en opgevangen regenwater.

36
 37 Ad2

38 De analyseresultaten van de bodem en irrigatiewatermonsters (fase 2
 39 moestuinonderzoek) laten zien dat de PFOA concentraties in de bodem lager zijn
 40 dan de risicogrenzen bodem zoals afgeleid voor het bodemgebruik 'wonen met
 41 moestuin' (Lijzen et al. 2018). Voor GenX zijn nog geen risicogrenzen bodem
 42 afgeleid, maar de gemeten concentraties zijn lager dan 1 ng/g d.s. Op basis van
 43 deze toetsing is de bodem van de onderzochte locaties geschikt voor wonen met
 44 moestuin.

45 Er is geen informatie over risicogrenzen van GenX en PFOA in irrigatiewater
 46 waaraan de gemeten PFOA en GenX concentraties kunnen worden getoetst. Wel
 47 is op basis van een 'indicatieve bodemvruchtberekening' aangetoond dat
 48 gebruik van irrigatiewater niet leidt tot een ontoelaatbare toename van het
 49 bodemgehalte en daarmee samenhangende gezondheidsrisico's. Ook als er vele
 50 jaren wordt geïrrigeerd met verontreinigd slootwater zullen de concentraties van
 51 PFOA en GenX in de bodem niet tot gezondheidsproblemen leiden vanwege de
 52 consumptie van geteelde gewassen.

53
 54

- 1 Het regenwater is niet beoordeeld op basis van de indicatieve vrachtberekening.
- 2 De reden daarvoor is dat de concentraties in het regenwater lager zijn dan in het
- 3 slootwater. Dientengevolge zijn ook de risico's van het gebruik van regenwater
- 4 lager. Het regenwater werd opgevangen (via allerlei (kunststoffen) oppervlakten
- 5 of leidingen) in kunststoffen tonnen. Daardoor is contaminatie van het
- 6 regenwater met perfluorverbindingen van andere bronnen niet uitgesloten.
- 7
- 8 Uit fase 1 van het onderzoek is gebleken dat de moestuingewassen uit de
- 9 onderzochte tuinen geschikt zijn voor consumptie. Dit laat onverlet dat de
- 10 gevonden concentraties GenX en PFOA in het sloot- en/of regenwater hier en
- 11 daar erg hoog zijn. De algemene doelstelling van de Europese Kaderrichtlijn
- 12 Water is om de kwaliteit van oppervlakte- en grondwater in Europa te
- 13 waarborgen. Hiervoor zou moeten worden gestreefd naar een vermindering van
- 14 de concentratie van milieuvreemde stoffen (zoals GenX en PFOA) in het
- 15 oppervlakte water. De ontwikkeling van de kwaliteit van het oppervlaktewater
- 16 zou gevolgd kunnen worden door middel van een monitoringsprogramma.

5 1 Bijlage

5.1 2 **Concentraties PFOA en GenX in de irrigatiewater- en** 3 **grondmonsters**

4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21

In Tabel 7 en Tabel 8 zijn respectievelijk de resultaten van de analyses van de concentraties PFOA en GenX in de irrigatiewater en grondmonsters weergegeven.

Elke locatie is met een locatiecode weergegeven die ook aangeeft of het om een water- of bodemonster gaat. Zo is 'G1LOC3WA2' een watermonster genomen uit slootwater dat als irrigatiewater werd gebruikt uit moestuin LOCatie 3 in Gemeente 1. G2LOC2GR is een grondmonster uit moestuin LOCatie 2 in Gemeente 2. (Kolom 1).

Voor elk van de moestuinen is aangegeven wat de bron van het irrigatiewater (regenwater en/of slootwater en/of rivierwater en/of leidingwater) respectievelijk de grond (volle grond of nieuw opgebrachte grond) is. (Kolom 2). De PFOA concentraties (in water (Tabel 7) en in grond Tabel 8) in duplometingen zijn weergegeven in kolommen 3 en 4. De GenX concentraties in kolommen 5 en 6.

De gemiddelde waarde voor beide metingen is als rekenkundig gemiddelde voor PFOA in kolom 7 en voor GenX in kolom 8 weergegeven.

1
2

Tabel 7 Gemeten waarden PFOA en GenX (in ng/L) in irrigatiewatermonsters uit moestuinen rond DuPont-Chemours

1	2	3	4	5	6	7	8	
Locatie	Irrigatiewater		PFOA (ng/L)		GenX (ng/L)		PFOA (ng/L) Gem.	GenX (ng/L) Gem.
	Bron	meting 1	meting 2	meting 1	meting 2			
1	G1LOC1WA1	Regenwater	2,5	3,3	39	56	2,9	47,5
2	G1LOC2WA1	Regenwater, lw	3,8	3,9	122	100	3,9	111,0
2	G1LOC2WA2	Rivierwater, lw	4,7	4,5	1,5	1,2	4,6	1,4
3	G1LOC3WA1	Regenwater	2,0	2,5	11	12	2,3	11,5
3	G1LOC3WA2	Slootwater	176	169	23	26	172,5	24,5
4	G2LOC1WA1	Regenwater	118	111	61	79	114,5	70,0
4	G2LOC1WA2	Slootwater	587	545	95	100	566,0	97,5
5	G2LOC2WA1	Regenwater	3,1	3,0	14	22	3,1	18,0
6	G2LOC3WA1	Slootwater	672	649	134	133	660,5	133,5
9	G3LOC2WA1	Regenwater, lw	78	70	3609	2547	74,0	3078,0
10	G3LOC3WA1	Regenwater	4,2	2,8	53	37	3,5	45,0
10	G3LOC3WA2	Slootwater	42	39	10	9,3	40,5	9,7
8	G3LOC4WA1	Regenwater	298	297	421	496	297,5	458,5
8	G3LOC4WA2	Slootwater	4323	5017	923	990	4670,0	956,5
11	G3LOC5WA1	Regenwater	192	170	256	228	181,0	242,0
12	G4LOC1WA1	Regenwater, lw	7,9	8,8	13	11	8,4	12,0

7 G3LOC1 : op deze locatie is geen watermonster genomen in verband met kwelwater van de rivier, vochtige grond. Voor de kassen wordt lw gebruikt.

lw=leidingwater, is niet geanalyseerd op PFOA of GenX.

3

1 **Tabel 8 Gemeten waarden PFOA en GenX (in ng/g ds) in grondmonsters uit moestuinen rond DuPont-Chemours**

1	2	3	4	5	6	7	8
Locatie	Grond	PFOA (ng/g ds)		GenX (ng/g ds)		PFOA (ng/g ds)	GenX (ng/g ds)
		meting 1	meting 2	meting 1	meting 2	Gem.	Gem.
1	G1LOC1GR	3,1	3,2	0,75	0,78	3,2	0,8
2	G1LOC2GR	0,23	0,35	<0,1	<0,1	0,3	0,1
3	G1LOC3GR	3,4	4,0	<0,1	0,14	3,7	0,1
4	G2LOC1GR	2,8	2,4	0,17	0,12	2,6	0,1
5	G2LOC2GR	3,8	4,5	0,25	0,29	4,2	0,3
6	G2LOC3GR	5,6	6,4	0,86	1,0	6,0	0,9
7	G3LOC1GR	4,5	3,8	0,57	0,48	4,2	0,5
9	G3LOC2GR	6,8	8,5	0,86	1,1	7,7	1,0
10	G3LOC3GR	2,9	3,0	<0,16	0,12	3,0	0,1
8	G3LOC4GR	4,3	3,1	0,61	0,55	3,7	0,6
8	G3LOC4GR-H	3,4	3,4	0,82	0,80	3,4	0,8
11	G3LOC5GR	4,0	4,4	0,30	0,32	4,2	0,3
12	G4LOC1GR	0,64	0,47	<0,1	<0,1	0,6	0,1
	G3LOC4GR-H	= een tweede bodemmonster in dezelfde moestuin (dezelfde gebruiker) als G3LOC4GR. De moestuingrond is deels in bezit (monster G3LOC4GR) en wordt deels gehuurd (-H).					

- 1
2 **5.2 Bijlage Toelichting 'indicatieve grondvrucht berekening'**
3
4 Voor de beoordeling van irrigatiewater afkomstig uit sloten of opgevangen
5 regenwater is een zogenaamde 'vrucht' benadering toegepast (zie Tabel 9).
6 Volgens deze benadering wordt nagegaan in welke mate berekening kan leiden
7 tot een toename van PFOA en GenX in de bodem tot boven de risicogrens
8 bodem (scenario wonen met moestuin) en waardoor het risico voor de
9 gezondheid van de gebruiker toeneemt.
10 Zie voor de waarden van de verschillende parameters en de uitkomsten van
11 berekeningen Tabel 9.
12 Voor de uitgangspunten en de gekozen parameterwaarden is gekozen voor een
13 conservatieve (voorzichtige) benadering.

Tabel 9 Uitgangspunten en aannames voor bepaling van grondvrucht

Parameter	Gebruikte waarde	Toelichting
concentratie PFOA en GenX in de bodem	PFOA max. 7,7 ng/g range 0,3-3,6-7,7 GenX max. 0,9 ng/g range: 0,1-0,44-0,91	range is (min-gem-max)
maximale concentratie PFOA en GenX in het irrigatiewater	PFOA 4670 ng/L GenX 956,5 ng/L	-
gemiddelde concentratie PFOA en GenX in het irrigatiewater	PFOA 1222 ng/L GenX 244 ng/L	-
bewortelingsdiepte	0,3 m	realistische aanname
transport van PFOA en GenX naar diepere bodemlagen en grondwater	0	'worst-case' aanname voor ontwikkeling bodemkwaliteit
afbraak van PFOA en GenX soortelijk gewicht grond kg/m ³	0 1500 kg/m ³	conservatieve aanname
kg grond (diepte van 30 cm)	450 kg	
berekening tijdens groeiseizoen 50% van gemiddelde neerslag van 400 mm.	200 mm in 6 maanden (200 L/m ² /j (W _{irr}))	conservatieve aanname

RESULTATEN (BEREKENING)

jaarlijkse toename bodemgehalte ¹⁾		uitgaande van <i>maximale</i> gemeten concentraties in oppervlaktewater
PFOA	2 ng/g/j	
GenX	0,4 ng/g/j	
jaarlijkse toename bodemgehalte ¹⁾		uitgaande van <i>gemiddelde</i> gemeten concentraties in oppervlaktewater
PFOA	0,5 ng/g/j	
GenX	0,1 ng/g/j	
¹⁾ Toename C _{bodem} = C _{sw} * W _{irr} / (kg grond * 1000)		

1

Bodem en irrigatiewater in moestuinen rond Chemours kunnen worden gebruikt

Het RIVM heeft de bodem en het gebruikte irrigatiewater onderzocht in 11 moestuinen in de omgeving van Duport/Chemours. Uit de analyses blijkt dat de bodem en het irrigatiewater gebruikt kunnen worden voor moestuingebruik. Hiermee komt het voorlopige advies, om het irrigatiewater, daar waar hoge gehalten zijn gemeten niet te gebruiken, te vervallen.

Bodem

Uit analyse van de grondmonsters blijkt dat de bodem van de onderzochte locaties geschikt is voor moestuingebruik. De PFOA concentraties in de bodem zijn lager dan de eerder vastgestelde [risicogrens voor 'wonen met moestuingebruik'](#). De gevonden waarden voor GenX zijn laag. Er is nog geen risicogrens voor bodem afgeleid voor GenX.

Irrigatiewater

Het RIVM heeft gekeken hoe lang het duurt voordat gebruik van irrigatiewater met veel PFOA en GenX erin leidt tot overschrijding van de risicogrens. Dit blijkt vele tientallen jaren te duren. De berekening laat zien dat gebruik van irrigatiewater leidt tot een beperkte toename van het bodemgehalte en de daarmee samenhangende gezondheidsrisico's.

Ondanks dat het water veilig gebruikt kan worden voor de irrigatie van moestuinen, zijn de gevonden concentraties GenX en PFOA in het sloot- en/of regenwater hier en daar erg hoog. De Europese Kaderrichtlijn Water heeft tot doel om de kwaliteit van oppervlakte- en grondwater in Europa te waarborgen. Hiervoor moet worden gestreefd naar een verlaging van de concentratie van stoffen als GenX en PFOA in het oppervlaktewater.

Het advies uit maart 2018 blijft staan. De huidige risicogrenzen voor de blootstelling van GenX en PFOA gelden, worden door het eten van de gewassen uit deze moestuinen niet overschreden. Geadviseerd wordt gewassen uit moestuinen binnen een straal van een kilometer rond de fabriek met mate (niet te veel, niet te vaak) te eten, omdat omwonenden ook via drinkwater en lucht met de stoffen in aanraking komen, staat nog steeds.

