

SPOEDRAADGEVING 10-2021

Betreft :

**Perfluoroalkylverbindingen in
levensmiddelen van dierlijke en plantaardige
oorsprong**

(SciCom 2021/13)

Spoodraadgeving goedgekeurd door het Wetenschappelijk Comité op 25/06/2021

Sleutelwoorden : actiegrens, perfluoroalkylverbindingen, PFAS, levensmiddelen

Key terms : action limit, perfluoroalkyl compounds, PFAS, food

Inhoudstafel

Samenvatting.....	4
Summary	8
1. Referentietermen	12
1.1. <i>Context en gestelde vragen</i>	12
1.2. <i>Wettelijke bepalingen</i>	12
1.3. <i>Methode</i>	13
2. Context	14
2.1. <i>Perfluoroalkylverbindingen (PFAS) en voedselveiligheidsdrempels</i>	14
2.2. <i>Milieuverontreiniging met PFAS in Zwijndrecht (België)</i>	16
2.3. <i>Milieuverontreiniging met PFOA in Dordrecht (Nederland)</i>	17
3. Advies	18
3.1. <i>Herziening van actiegrenzen voor PFAS</i>	18
3.2. <i>Bemonsteringsgebied in Zwijndrecht</i>	21
3.3. <i>Te bewaken PFAS congenere in het bemonsteringsgebied</i>	23
3.4. <i>Transfert van diervoeders naar productiedieren</i>	23
3.4.1. Eieren.....	24
3.4.2. Vlees van landbouwhuisdieren	25
a. Varkensvlees.....	25
b. Rundsvlees.....	25
c. Koemelk.....	27
d. Onzekerheden	27
e. Conclusies	28
f. Aanbevelingen	29
Referenties	31

Tabellen

Tabel 1. Berekende en afgeronde EAC voor de som van PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS in de beschouwde levensmiddelen	18
Tabel 2. Gehaltes van de som van PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS op P95 niveau van de verschillende levensmiddelen categorieën van belang (gegevens gebruikt in EFSA (2020) en aangevuld met gegevens die sinds 2017 door de lidstaten van de Europese Unie zijn verstrekt)	20
Tabel 3. Mediane concentraties in de bodem (1), in isopoden (2) en koolmeeseieren (3) volgens de afstand en de plaats van bemonstering tot de industriële site (Groffen <i>et al.</i> , 2019a).....	36
Tabel 4. Gemiddelde concentraties van PFAS gemeten in de bodem ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in functie van de afstand van de bemonsteringsplaats tot het industrieterrein (Groffen <i>et al.</i> , 2019b)	36
Tabel 5. Concentratie van PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS en som van deze 4 PFAS ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in eieren (n = 67) en groenten (n = 21) uit particuliere tuinen, bemonsterd en geanalyseerd door UAntwerpen in 2019	37
Tabel 7. PFAS-concentraties in lever, nieren, spierweefsel en koemelk ($\mu\text{g}/\text{kg}$) en opnamepercentage, na 28 dagen verontreinigd voeder (groep 1) en na 28 dagen verontreinigd voeder gevolgd door 21 dagen depuratie (groep 2).....	39

Figuren

Figuur 1. Chemische structuur en CAS nummer van de lineaire PFAS die beschouwd worden in dit advies (EFSA, 2020)	16
Figuur 2. PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS-gehalte in eieren ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in functie van de afstand tot het industrieterrein (m).....	22
Figuur 3. PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS-gehalte in groenten ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in functie van de afstand tot het industrieterrein (m).....	22

Bijlagen

Bijlage A. Gegevens van Groffen <i>et al.</i> (2019a, 2019b).....	36
Bijlage B. Data van de UAntwerpen	37
Bijlage C. Data van Kowalczyk <i>et al.</i> (2013).....	39

Samenvatting

Spoedraadgeving van het Wetenschappelijk Comité ingesteld bij het FAVV in verband met perfluoroalkylverbindingen (PFAS) in levensmiddelen van dierlijke en plantaardige oorsprong

Context en gestelde vragen

In haar advies 15-2017 heeft het SciCom (Wetenschappelijk Comité ingesteld bij het FAVV) actiegrenzen berekend voor twee perfluoroalkylverbindingen (perfluorooctaansulfonzuur, PFOS, en perfluorooctaanzuur, PFOA) rekening houdend met de toelaatbare dagelijkse inname (*tolerable daily intake*, TDI) vastgesteld door de EFSA (2008) (150 ng/kg lg/d voor PFOS en 1500 ng/kg lg/d voor PFOA).

Echter, in 2020, heeft de EFSA op basis van effecten op het immuunsysteem bij jonge kinderen een veel lagere toelaatbare wekelijkse inname (*tolerable weekly intake*, TWI) vastgesteld voor de som van PFOS + PFOA + PFNA (perfluorononaanzuur) + PFHxS (perfluor-hexaansulfonzuur) van 4,4 ng/kg lg/week. Dit niveau van chronische blootstelling aan PFAS, toegepast op vrouwen, zou moeten voorkomen dat de serumspiegel van 17,5 ng/mL gedurende 1 jaar wordt overschreden bij kinderen die borstvoeding krijgen (wat overeenkomt met de BMDL₁₀ die leidt tot een verminderde vaccinrespons bij deze kinderen). Volgens de EFSA (2020) is deze TWI, die gebaseerd is op het moeder/kind-blootstellingsmodel, van toepassing op de algemene bevolking.

Er wordt gevraagd aan het SciCom om de actiegrenzen voor perfluoroalkylverbindingen (PFAS) in levensmiddelen van dierlijke (vlees, eieren, melk, vis) en plantaardige oorsprong (fruit en groenten) te herzien en dit op basis van nieuwe informatie en rekening houdend met de analytische beperkingen van de laboratoria en het ALARA-beginsel (As Low As Reasonably Achievable).

Gezien de milieuverontreiniging door PFAS in de buurt van Zwijndrecht, worden eveneens de volgende vragen gesteld:

- Welk bemonsteringsgebied moet worden overwogen voor de monitoring van de milieuverontreiniging met PFAS in Zwijndrecht, rekening houdend met de beschikbare onderzoeksgegevens van eerdere gelijkaardige milieuverontreinigingen en in afwezigheid van concrete gegevens m.b.t. de geografische verspreiding die uit het bodemonderzoek zullen kunnen worden gehaald?
- Welk type van PFAS congenere (PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS) moet in overweging worden genomen bij de uitvoering van een monitoring in de zone van milieuverontreiniging, in afwezigheid van concrete gegevens van het bodemonderzoek?
- Kan het Wetenschappelijk Comité een indicatie geven van de eventuele overdracht van de betrokken contaminanten via diervoeder naar consumptiedieren?

Methode

Deze raadgeving is met spoed uitgebracht op basis van expertadvies, een snelle lezing van de verschillende rapporten die de adviesaanvrager heeft verstrekt en van de wetenschappelijke literatuur, en op basis van de berekening van de geschatte aanvaardbare concentraties (EAC's) volgens de door het Wetenschappelijk Comité vastgestelde methode.

Besluit

De berekende en afgeronde EAC's voor de som van PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS worden weergegeven in de tabel hieronder.

Levensmiddel	EAC ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Vlees	0,07
Melk	0,02
Eieren	0,2
Vis	0,15
Fruit	0,04
Groenten	0,05
Zetmeelrijke wortels en knollen (aardappelen, zoete aardappelen, enz.)	0,08

Deze EAC's zijn zeer laag vergeleken met de kwantificeringslimieten (LOQ) van de huidige gevalideerde en mogelijks toekomstig te valideren analysemethoden. Daarom zou het ALARA-beginsel, gebaseerd op het P95 niveau van de gegevens van de Europese Commissie, een tijdelijk scenario kunnen zijn dat door de risicomanager wordt gehanteerd (in het geval dat de EAC onder de P95 niveau ligt). Het SciCom wijst er evenwel op dat de Europese context niet representatief is voor de Belgische context (die dichtbevolkte en sterk geïndustrialiseerde gebieden heeft met historische PFAS-verontreiniging van het milieu tot gevolg). Om de voedselveiligheid te garanderen, beveelt het SciCom aan dit ALARA-beginsel zo snel mogelijk toe te passen, rekening houdend met de P95-besmettingsniveaus van de achtergrondbesmetting uit Belgische gegevens. Deze gegevens over achtergrondverontreiniging in levensmiddelen moeten worden verkregen met gevoeliger analysemethoden (met lagere LOQ's) dan die welke momenteel door het FAVV voor officiële controles worden gebruikt.

Onderstaande gehalten over de som van PFOS + PFAS + PFNA + PFHxS in levensmiddelen (LB-scenario) zijn afkomstig van een reeks gegevens gebruikt in het EFSA advies van 2020 aangevuld met gegevens overgemaakt door de lidstaten van de Europese Unie sinds 2017. Zij werden verzameld door de Europese Commissie om toekomstige Europese normen op te stellen. Deze gegevens zijn afkomstig van monsters die buiten gekende verontreinigde zones zijn genomen.

Levensmiddel	P95 gehalte van de som van PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS (LB-scenario*, $\mu\text{g}/\text{kg}$)
Vlees van landbouwhuisdieren	0,85
Vlees van wild	6,38
Eetbaar slachtafval van wild	778,57
Eetbaar slachtafval van landbouwhuisdieren	8,62
Melk	0,03
Eieren	1,55
Aal, baars, blankvoorn, brasem, karper, babel, spiering, meerforel en ansjovis	39,17

Zeebaars, bonito, zeeduivel, harder, Oostzeeharing, lamprei, snoek, snoekbaars, schol, wilde zalm, sardine, pelser, zee kat, wolfsvis, sprout, kleine marene (<i>Coregonus vandesius</i>) en witvis	6,70
Alle andere vissen	1,80
Schaaldieren en weekdieren	2,59
Fruit	0,02
Groenten	0,05

* LB = *lower bound* ; de resultaten die werden weergegeven als « < LOQ » werden beschouwd als gelijk aan 0 µg/kg

Naast de voedselmatrices gespecificeerd in de aanvraag voor spoedraadgeving wijst het SciCom er op dat de grenswaarden van Richtlijn (EU) 2020/2184 voor PFAS in drinkwater, die bedoeld zijn om de drinkbaarheid van water te garanderen, kunnen worden gebruikt, ook al is deze richtlijn nog niet in Belgische wetgeving omgezet. Deze grenswaarden zijn 0,50 µg/L voor totaal PFAS (totaal aan per- en polygefluoreerde alkylverbindingen) en 0,10 µg/L voor de som van de PFAS die in het kader van de richtlijn als zorgwekkend worden beschouwd voor water dat voor menselijke consumptie bestemd is.

Op basis van de PFAS-verontreinigingsgegevens van bodem, eieren en groenten uit Zwijndrecht en de aanbevelingen van de Vlaamse regering over de consumptie van lokaal geproduceerde eieren, stelt het SciCom voor om, vanuit het oogpunt van een *worst-case scenario*, het gebied voor de bemonstering van levensmiddelen uit te breiden tot een straal van 15 km rond de industriële site die verantwoordelijk is voor het vrijkomen van PFAS in het milieu. Monsters dienen genomen te worden op een gradueel toenemende afstand van het industrieterrein om na te gaan of de PFAS-concentraties afnemen met de afstand tot de bron. Er moet echter kritisch worden onderzocht of er in de omgeving andere significante bronnen van PFAS-emissies zijn. Zones van contaminatie uit verschillende bronnen kunnen elkaar overlappen. Daarnaast moeten ook monsters worden genomen in een gebied waarvan aangenomen kan worden dat het niet met PFAS verontreinigd is (referentielocatie voor gegevensvergelijking). Het bemonsteringsgebied kan worden aangepast, afhankelijk van de analyseresultaten. Bijvoorbeeld, als uit de resultaten blijkt dat de verontreiniging met PFAS zich in een welbepaalde richting(en) bevindt, als de verontreiniging van de voedselketen zich niet tot 15 km uitstrekt of, omgekeerd, constant blijft tot 15 km en dus verder zou kunnen gaan, ...

De analyses moeten betrekking hebben op de som van PFOS (lineaire en vertakte vormen) + PFOA (lineaire en vertakte vormen) + PFNA + PFHxS, wat in één analyserun te meten analyseerbare verbindingen zijn.

Aanbevelingen

Op basis van de beschikbare gegevens en expertadvies beveelt het SciCom aan om de gehele voedselketen te testen, met prioriteit voor het testen van eieren, eetbaar slachtafval (vooral lever), vlees van wild, vlees van landbouwhuisdieren en melk.

Bovendien wordt aanbevolen om, zodra analysemethoden met lagere LOQ's zijn gevalideerd, de achtergrondverontreiniging van de voedselketen te bepalen. Er wordt aanbevolen om analyses uit te

voeren voor de som van PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS in levensmiddelen, diervoeders en water bestemd voor dieren.

Het SciCom beveelt ook aan om rond elk gebied in België waarvan bekend is dat het met PFAS is verontreinigd (zoals in Mechelen en rond de brandweerkazernes), analyses van levensmiddelen van dierlijke en plantaardige oorsprong uit te voeren op basis van de resultaten van de bodemanalyses. Informatie over alle PFAS-analyses in de bodem in Vlaanderen en Wallonië kan worden verkregen bij respectievelijk OVAM (Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij; <https://www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling>) en ISSEP (Institut Scientifique de Service Public; <https://www.issep.be/qualite-des-sols/>).

Om de blootstelling van de Belgische bevolking in besmette en niet-besmette gebieden te beoordelen, beveelt het SciCom ten slotte aan het FAVV aan om de resultaten van de biomonitoring op te volgen.

Summary

Urgent opinion of the Scientific Committee established at the FASFC on perfluoroalkyl substances (PFAS) in food of animal and vegetable origin

Context and questions asked

In its opinion 15-2017, the SciCom (Scientific Committee established at the FASFC) calculated action limits for two perfluoroalkyl compounds (perfluorooctane sulfonic acid, PFOS, and perfluorooctanoic acid, PFOA) taking into account the tolerable daily intake (TDI) established by the EFSA (2008) (150 ng/kg bw/d for PFOS and 1500 ng/kg bw/d for PFOA). However, in 2020, based on effects on the immune system, the EFSA has set a tolerable weekly intake (TWI) for the sum of PFOS + PFOA + PFNA (perfluoronitrile) + PFHxS (perfluorooxane sulphonic acid) of 4.4 ng/kg bw/week. This level of chronic exposure to PFAS, applied to women, is expected to avoid exceeding the serum level of 17.5 ng/mL in breastfed children for 1 year (corresponding to the BMDL₁₀ leading to a decreased vaccine response in these children). According to EFSA (2020), this TWI, based on this mother/child exposure model, applies to the general population.

The SciCom is asked to review the action limits for perfluoroalkyl substances (PFAS) in foodstuffs of animal (meat, eggs, milk, fish) and plant origin (fruit and vegetables) on the basis of new information and taking into account the analytical constraints of the laboratories and the ALARA (As Low As Reasonably Achievable) principle.

Given the environmental contamination with PFAS in the Zwijndrecht area, the following questions are also asked:

- Which sampling area should be considered for the monitoring of the environmental contamination with PFAS in Zwijndrecht, taking into account the available research data of previous similar environmental contaminations and in the absence of concrete data with regard to the geographical distribution that can be retrieved from the soil investigation?
- What type of PFAS congeners (PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS) should be considered when performing monitoring in the pollution zone, in the absence of concrete data from the soil investigation?
- Can the Scientific Committee give an indication of the possible transmission of the contaminants of concern via feed to consumer animals?

Method

This opinion has been issued urgently on the basis of expert advice, a quick reading of the various reports provided by the applicant and of the scientific literature, and on the basis of the calculation of the estimated acceptable concentrations (EACs) according to the methodology established by the Scientific Committee.

Conclusion

The calculated and rounded EACs for the sum of PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS are shown in the table below.

Foodstuff	EAC ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Meat	0,07
Milk	0,02
Eggs	0,2
Fish	0,15
Fruit	0,04
Vegetables	0,05
Starchy roots and tubers (potatoes, sweet potatoes, etc.)	0,08

These EACs are very low compared to the limits of quantification (LOQ) of the currently validated analytical methods and of those foreseeable in the near future. The ALARA principle, based on the P95 occurrence of the data of the European Commission, could be a temporary scenario used by the risk manager (in case the EAC is below the P95 contamination value). However, the SciCom points out that the European context is not representative for the Belgian context (which has densely populated and highly industrialised areas, leading to historical environmental PFAS contamination). In order to ensure food safety, the SciCom recommends to apply this ALARA principle as soon as possible by taking into account the P95 contamination levels of the background contamination from Belgian data. These data for background contamination in foodstuffs will have to be obtained with more sensitive analytical methods (with lower LOQs) than those currently used for official controls by the FASFC.

The data below for the sum of PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS in foodstuffs (LB scenario) come from a dataset used for the EFSA opinion of 2020 and completed by data transmitted since 2017 by the EU Member States. They have been collected by the European Commission in order to set future European maximum limits. These data are based on samples taken outside known contaminated areas.

Food category	P95 level of the sum of PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS (LB-scenario*, $\mu\text{g}/\text{kg}$)
Livestock meat	0,85
Game meat	6,38
Edible offals from game meat	778,57
Edible offals from livestock meat	8,62
Milk	0,03
Eggs	1,55
Eel, perch, carp, char, anchovy, roach, bream, barel, smelt	39,17
Bass, bonito, burbot, grey mullet, Baltic herring, lamprey, pike, pike-perch,	6,70

plaice, wild salmon, sardine, pilchard, sea catfish, wolf fish, sprat, vendace and whitefish	
Every other fish	1,80
Crustaceans and molluscs	2,59
Fruits	0,02
Vegetables	0,05

* LB = *lower bound* ; results that were reported as "< LOQ" were considered to be 0 µg/kg

In addition to the food matrices specified in the request for this urgent opinion, the SciCom simply points out that the limits of Directive (EU) 2020/2184 for PFAS in drinking water, intended to ensure the potability of water, could be used, even though the directive has not yet been transposed into Belgian legislation. These limits are 0.50 µg/L for total PFAS (total per- and polyfluorinated alkyl substances) and 0.10 µg/L for the sum of PFAS considered to be of concern for water intended for human consumption according to the Directive.

Based on the data on PFAS contamination of soil, eggs and vegetables in Zwijndrecht, the recommendations of the Flemish government on the consumption of locally produced eggs, and in a worst case scenario, the SciCom proposes to extend the sampling area for foodstuffs to a radius of 15 km around the industrial site responsible for the emission of PFAS into the environment. The sampling should be done at a gradually increasing distance from the industrial site, in order to see whether PFAS concentrations decrease with distance from the source. However, it should be critically examined whether there are other significant sources of PFAS emissions in the vicinity. The contamination zones of different sources may overlap. In addition, samples should also be taken from an area that is not known to be contaminated with PFAS (reference site for data comparison). The sampling area may be adapted, depending on the analytical results. For example, if the results show that the PFAS contamination is located in a well-defined direction(s), that the contamination of the food chain does not extend up to 15 km or, conversely, remains constant up to 15 km and could therefore go beyond, ...

The analyses must cover the sum of PFOS (linear and branched forms) + PFOA (linear and branched forms) + PFNA + PFHxS, which are compounds that can be analysed in the same analytical cycle.

Recommendations

Based on the available data and expert opinion, the SciCom recommends that analyses of the whole food chain be carried out, with priority given to eggs, edible offal (especially liver), game meat, livestock meat and milk.

In addition, once analytical methods are validated with lower LOQs, it is recommended to determine the background contamination of the food chain. It is recommended to perform analyses for the sum of PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS in food, feed and water for animals.

The SciCom also recommends to perform analyses around every known PFAS-contaminated area in Belgium (such as Mechelen and around fire stations), analyses of foodstuffs of animal and plant origin, based on soil analyses. Information on all PFAS analyses in soil in Flanders and Wallonia can be obtained from OVAM (Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij;

<https://www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling>) and ISSeP (Institut Scientifique de Service Public; <https://www.issep.be/qualite-des-sols/>), respectively.

Finally, in order to assess the exposure of the Belgian population in contaminated and uncontaminated areas, the SciCom recommends that the FASFC follows up on the biomonitoring results.

1. Referentietermen

1.1. Context en gestelde vragen

In haar advies 15-2017 heeft het SciCom actiegrenzen berekend voor twee perfluoralkylverbindingen (PFOS en PFOA) rekening houdend met de toelaatbare dagelijkse inname (TDI) vastgesteld door de EFSA (2008) (150 ng/kg lg/d voor PFOS en 1500 ng/kg lg/d voor PFOA). In 2018 heeft de EFSA de waarden geactualiseerd door toelaatbare wekelijkse innames (TWI's) voor te stellen voor PFOS (13 ng/kg lg/week) en PFOA (6 ng/kg lg/week). Deze waarden waren voorlopig, in afwachting van de afwerking van het advies van de EFSA (2020) over de risico's voor de menselijke gezondheid van alle PFAS in levensmiddelen. In 2020 heeft de EFSA een nog strengere TWI vastgesteld van 4,4 ng/kg lg/week, maar ditmaal voor de som van 4 verbindingen (PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS).

Er wordt gevraagd aan het SciCom om de actiegrenzen voor perfluoralkylverbindingen (PFAS) in levensmiddelen van dierlijke (vlees, eieren, melk, vis) en plantaardige oorsprong (fruit en groenten) te herzien en dit op basis van nieuwe informatie en rekening houdend met de analytische beperkingen van de laboratoria en het ALARA-beginsel.

Gezien de milieuverontreiniging door PFAS in de buurt van Zwijndrecht, worden eveneens de volgende vragen gesteld:

- Welk bemonsteringsgebied moet worden overwogen voor de monitoring van de milieuverontreiniging met PFAS in Zwijndrecht, rekening houdend met de beschikbare onderzoeksgegevens van eerdere gelijkaardige milieuverontreinigingen en in afwezigheid van concrete gegevens m.b.t. de geografische verspreiding die uit het bodemonderzoek zullen kunnen worden gehaald?
- Welk type van PFAS congener (PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS) moet in overweging worden genomen bij de uitvoering van een monitoring in de zone van milieuverontreiniging, in afwezigheid van concrete gegevens van het bodemonderzoek?
- Kan het Wetenschappelijk Comité een indicatie geven van de eventuele overdracht van de betrokken contaminanten via diervoeder naar consumptiedieren?

1.2. Wettelijke bepalingen

Richtlijn (EU) 2020/2184 van het Europees Parlement en de Raad van 16 december 2020 betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water.

Aanbeveling van de Commissie van 17 maart 2010 betreffende de monitoring van perfluoralkylverbindingen in levensmiddelen.

Verordening (EG) Nr. 178/2002 van het Europees Parlement en de Raad van 28 januari 2002 tot vaststelling van de algemene beginselen en voorschriften van de levensmiddelenwetgeving, tot oprichting van een Europese Autoriteit voor voedselveiligheid en tot vaststelling van procedures voor voedselveiligheidsaangelegenheden.

1.3. Methode

Deze raadgeving is met spoed uitgebracht op basis van expertadvies, een snelle lezing van de verschillende rapporten die de adviesaanvrager heeft verstrekt (zie referenties) en van de wetenschappelijke literatuur, en op basis van de berekening van de geschatte aanvaardbare concentraties (EAC's) volgens de door het Wetenschappelijk Comité vastgestelde methode.

Ter herinnering : een "actiegrens" voor een chemische contaminant in een levensmiddel definieert de concentratie van deze contaminant in het levensmiddel waarvan een overschrijding zal leiden tot de uitvoering van effectieve maatregelen op het terrein (FAVV, 2014). Er wordt erkend dat een wetenschappelijke risicobeoordeling alleen, in sommige gevallen, niet alle informatie kan leveren waarop een risicomanagementbeslissing moet worden gebaseerd en dat er op legitieme wijze rekening moet worden gehouden met andere relevante factoren, waaronder maatschappelijke, economische, traditionele, ethische en milieufactoren, alsmede met de uitvoerbaarheid van controles (Verordening (EG) nr. 178/2002). Het SciCom is van mening dat zij alleen een wetenschappelijke basis kan voorstellen voor het vaststellen van een actiegrens. Dit heeft ertoe geleid dat het SciCom in haar adviezen de meer neutrale term (op het gebied van risicobeoordeling) "geschatte aanvaardbare concentratie" (estimated acceptable concentration, EAC) heeft ingevoerd en de voorkeur geeft aan het gebruik hiervan (Claeys *et al.*, 2021). De EAC is een op het risico gebaseerde concentratielimiet die overeenstemt met de concentratie van een stof die een levensmiddel kan bevatten zonder dat de blootstelling aan de stof via het levensmiddel een noemenswaardig risico inhoudt of zorgwekkend is voor de volksgezondheid. De EAC kan als basis dienen voor de risicomanager om een actiegrens vast te leggen.

Voor elke betrokken levensmiddelen categorie wordt een EAC voor de som PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS berekend door de door de EFSA (2020) vastgestelde toelaatbare wekelijkse inname (TWI) te delen door het 95^{ste} percentiel (P95) van de consumptiegegevens van de Belgische voedselenquête van 2014 (beschikbaar in de EFSA-consumptiedatabank, FoodEx2) :

$$EAC (PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS) = \frac{TWI}{\text{Consumptie bij P95}}$$

De TWI voor de som PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS is 4,4 ng/kg lg/week (EFSA, 2020) en is voor de berekening van de EAC teruggebracht tot ng/kg lg/d (uitgedrukt als µg/kg), namelijk 0,63 ng/kg lg/d.

Elke berekende EAC wordt vervolgens afgerond door toepassing van de wiskundige regels en met gebruikmaking van de waarden die worden vermeld in een document van de OECD (2011). De EAC kan bijvoorbeeld worden afgerond tot de volgende waarden:

- 0,1 ; 0,15 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4 ; 0,5 ; ...
- 1 ; 1,5 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; ...
- 10 ; 15 ; 20 ; 30 ; 40 ; ...
- 100 ; 150 ; 200 ; 300 ; 400 ; ...
- 1 000 ; 1 500 ; 2 000 ; 3 000 ; 4 000 ; ...

Met andere woorden dient men elke EAC af te ronden op 1 geheel getal, zoals een veelvoud van de decimale grootteorde van de berekende waarde, behalve indien de berekende waarde tussen 12,5 en 17,4 ligt (of, naar analogie, in een andere decimale grootteorde), in welk geval afgerond wordt op 15 (of, naar analogie, in een andere decimale grootteorde).

Gezien de elektronische raadpleging van de leden van de werkgroep op 18 juni 2021, de goedkeuring van de voorlopige spoedraadgeving op 23 juni 2021 door de leden van het Wetenschappelijk Comité en de bespreking in plenaire zitting op 25 juni 2021,

geeft het Wetenschappelijk Comité de volgende spoedraadgeving:

2. Context

2.1. Perfluoroalkylverbindingen (PFAS) en voedselveiligheidsdrempels

Perfluoroalkylverbindingen (PFAS) worden op grote schaal gebruikt in industriële en consumententoepassingen (vlekbestendige coatings voor weefsels en tapijten, oliebestendige coatings voor papierproducten die in aanraking komen met voedsel, brandblusschuim, teflon, enz.)

In 2008 heeft de EFSA een advies gepubliceerd over de relatieve bijdrage van verschillende levensmiddelen en materialen die met levensmiddelen in aanraking komen aan de blootstelling van de mens aan perfluorooctaansulfonzuur (PFOS), perfluorooctaan zuur (PFOA) en de zouten daarvan. In dit advies had de EFSA (2008) een toelaatbare dagelijkse inname (TDI) vastgesteld voor PFOS (150 ng/kg lg/d), alsook voor PFOA (1500 ng/kg lg/d), op basis van gegevens uit onderzoek bij apen. De EFSA heeft aanbevolen extra gegevens te verzamelen over de PFAS-gehalten in levensmiddelen, met name met het oog op de monitoring van de blootstellingstrends. Op basis hiervan heeft het SciCom in advies 15-2017 actiegrenzen voorgesteld voor PFOS en PFOA in diverse levensmiddelen van dierlijke oorsprong (vlees, eieren, melk en vis).

In 2018 heeft de EFSA de waarden echter geactualiseerd door een toelaatbare wekelijkse inname (TWI's) voor te stellen voor PFOS (13 ng/kg lg/week) en PFOA (6 ng/kg lg/week), op basis van gegevens uit epidemiologische studies. Deze TWI's waren voorlopige drempelwaarden, in afwachting van de afwerking van het advies van de EFSA (2020) over de risico's voor de menselijke gezondheid van alle PFAS in levensmiddelen. In dit advies (EFSA, 2020) is een nieuwe gezondheidsgerelateerde toetsingswaarde vastgesteld voor de som van de 4 belangrijkste PFAS die via de voeding in het lichaam accumuleren (PFOS, PFOA, perfluorononaanzuur (PFNA) en perfluorhexaansulfonzuur (PFHxS), zie figuur 1), gebaseerd op de effecten op het immuunsysteem (resultierend in een verminderde respons op vaccinatie bij kinderen) die als het meest kritisch worden beschouwd.

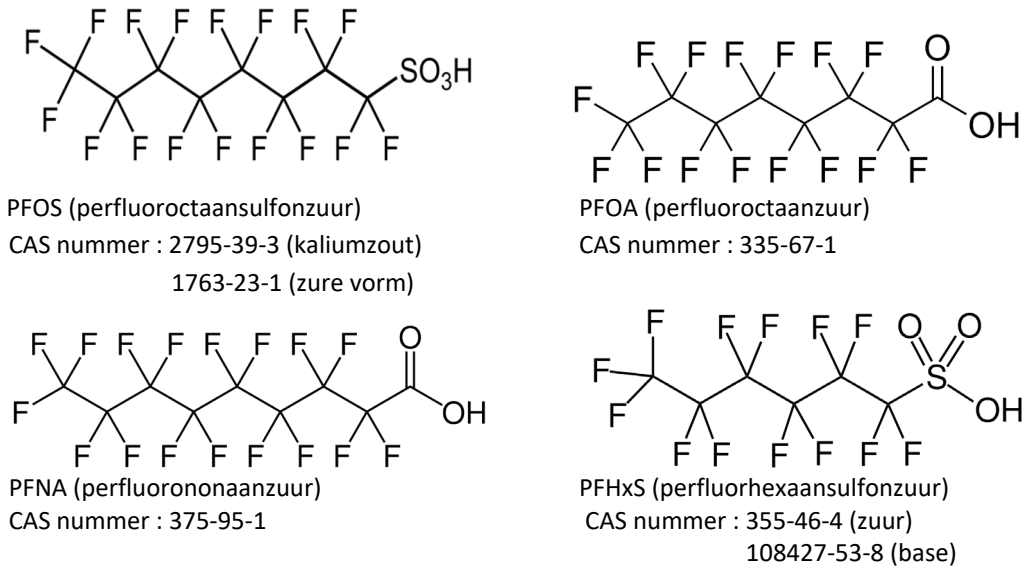
Op basis van meerdere onderzoeken bij de mens werd een BMDL₁₀ (*lower benchmark dose*) van 17,5 ng/ml voor de som van de vier PFAS in serum vastgesteld bij éénjarige kinderen die borstvoeding kregen (op basis van het omgekeerde verband tussen serumniveaus voor de som van deze vier PFAS en antilichaamtiter na difterievaccinatie). Rekening houdend met wat bekend is over de absorptie en distributie van PFAS in het lichaam van moeders en kinderen (fysiologisch gebaseerde farmacokinetische modellering - physiologically based pharmacokinetic, PBPK), gebaseerd op één jaar borstvoeding, werd geschat dat deze serumspiegel van 17,5 ng/ml bij kinderen overeenkomt met een blootstelling van de moeder via de voeding van 0,63 ng/kg lichaamsgewicht/d. Inname van deze dosis

zou resulteren in een serumspiegel van 6,9 ng/mL bij een 35-jarige moeder. Aangezien accumulatie in de loop van de tijd aanzienlijk is, werd een toelaatbare wekelijkse inname (TWI) van 4,4 ng/kg lichaamsgewicht/week vastgesteld. Er is geen onzekerheidsfactor toegepast op de BMDL₁₀ omdat deze is afgeleid van effecten bij éénjarigen, wat een gevoelige populatie is, en omdat het in aanmerking genomen effect een verminderde respons op vaccinatie is, wat een risicofactor voor ziekte is, maar geen eigenlijke ziekte (EFSA, 2020).

Aangezien de serumniveaus bij zuigelingen normaliter de hoogste niveaus van achtergrondblootstelling in de bevolking bereiken, is de EFSA (2020) van mening dat deze TWI ook voor andere leeftijdsgroepen beschermend is tegen effecten op het immuunsysteem. De EFSA (2020) merkte echter op dat de informatie over oudere leeftijdsgroepen beperkt is.

De EFSA heeft deze vier PFAS geselecteerd omdat zij samen ongeveer de helft van de blootstelling aan de ondergrens (beschouwd als de ondergrens of *lower bound*, LB) vertegenwoordigen van de PFAS waarvoor gegevens beschikbaar waren. De resterende bijdrage was voornamelijk afkomstig van perfluorbutaan- en perfluorhexaanzuur (PFBA en PFHxA), twee PFAS met een korte halfwaardetijd. Bij gebrek aan precieze kennis over de toxische effecten van PFOS, PFNA en PFHxS beschouwde de EFSA hun toxiciteit voor het immuunsysteem als gelijkwaardig aan deze van PFOA (EFSA, 2020). Het SciCom wijst erop dat er naast deze vier verbindingen nog vele andere PFAS zijn waarvan de toxiciteit en/of het voorkomen weinig bekend is. Deze 4 verbindingen zijn per definitie niet de meest relevante PFAS voor andere blootstellingsroutes (RIVM, 2021). In meer of mindere mate dragen ook andere PFAS bij tot de totale blootstelling.

Onlangs zijn op Europees niveau besprekingen begonnen om maximumgrenswaarden vast te stellen voor PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS in levensmiddelen. De betrokken levensmiddelen zijn eieren, vlees en slachtafvallen van landbouwhuisdieren, vlees en slachtafvallen van wild, vis, schaal- en weekdieren, en eventueel melk. Voorts vinden er besprekingen plaats over mogelijke aanbevelingen voor het verzamelen van analyseresultaten voor PFAS in verschillende matrices (fruit, groenten, levensmiddelen voor zuigelingen en jonge kinderen, vlees, enz.)



Figuur 1. Chemische structuur en CAS nummer van de lineaire PFAS die beschouwd worden in dit advies (EFSA, 2020)

Het SciCom stelt dat PFOS en PFOA in lineaire en vertakte vorm (vertakking van de koolstofketen) aanwezig zijn. Vertakte PFOS kunnen tot 30% van het totaal aan PFOS in een voedselmatrix uitmaken.

2.2. Milieuverontreiniging met PFAS in Zwijndrecht (België)

Begin juni 2021 werd het FAVV op de hoogte gebracht van een historische milieuverontreiniging met PFAS in Zwijndrecht. Het verontreinigde gebied bevindt zich in de nabijheid van een industrieterrein, waar tot 2002 PFAS werden geproduceerd en in het milieu terechtwamen.

Een indicatief bodemonderzoek werd uitgevoerd door de Universiteit van Antwerpen (UAntwerpen). Deze zomer zal de UAntwerpen ook analyses uitvoeren op groenten geteeld door een landbouwer. Bovendien heeft de Vlaamse regering op basis van het reeds door UAntwerpen uitgevoerde onderzoek op 10 juni 2021 aangekondigd dat de consumptie van eieren van kippen, gehouden bij particulieren binnen een straal van 5 kilometer van de verontreinigde site in Zwijndrecht, sterk wordt ontraden (eventueel beperkt tot maximaal 1 ei per week binnen een straal van 5 tot 10 km). De Vlaamse regering heeft ook andere maatregelen ("no regret"-maatregelen) uitgevaardigd die variëren naar gelang van de afstand tot het industrieterrein, tot een maximumafstand van 10 km (details beschikbaar via de link:

<https://www.zwijndrecht.be/no-regret-maatregelen-in-kader-van-pfos-bodemverontreiniging-in-de-omgeving-van-3m>).

Actief toezicht houden op milieuverontreiniging en -vervuiling in privétuinen behoort tot de bevoegdheden van de Gewesten. Het is hun verantwoordelijkheid een duidelijk beeld te geven van de aard en de omvang van de milieuverontreiniging, zowel wat betreft de mate van verontreiniging als de geografische spreiding.

Het is evenwel de taak van het FAVV om, enerzijds, na te gaan of de operatoren alle maatregelen nemen om aan te tonen dat hun producten veilig zijn (bijvoorbeeld aan de hand van analyses) en,

anderzijds, de producten onder zijn bevoegdheid te controleren indien het dit nodig acht. Daarom heeft het FAVV contact opgenomen met OVAM (Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij) om meer informatie in te winnen over de precieze situatie in Zwijndrecht. OVAM voert momenteel een studie uit naar de historische bodemverontreiniging met PFAS in de omgeving van Zwijndrecht en Linkeroever. De resultaten zijn nog niet beschikbaar.

In geval van niet-naleving (overschrijding van een actiegrens) zal het FAVV de nodige maatregelen nemen. De actiegrenzen voorgesteld door het SciCom in haar advies 15-2017 moeten echter worden geactualiseerd, rekening houdend met de nieuwe toxicologische referentiewaarden die door de EFSA zijn vastgesteld (2020). Het FAVV wenst ook het wetenschappelijk en onafhankelijk advies van het SciCom te krijgen over de uit te voeren controle (bemonsteringsradius, te bemonsteren levensmiddelen).

2.3. Milieuverontreiniging met PFOA in Dordrecht (Nederland)

Een soortgelijk geval doet zich voor in Nederland, in de regio Dordrecht. Het RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu) beveelt aan groenten en fruit uit tuinen binnen een straal van 1 kilometer van een teflonfabriek niet meer te consumeren wegens milieuverontreiniging met PFOA ([https://cms.dordrecht.nl/Inwoners/Overzicht Inwoners/Dossier Chemours en DuPont/Nieuws/Advies RIVM eet binnen 1 kilometer rond Chemours niet uit eigen moestuin](https://cms.dordrecht.nl/Inwoners/Overzicht%20Inwoners/Dossier%20Chemours%20en%20DuPont/Nieuws/Advies%20RIVM%20eet%20binnen%201%20kilometer%20rond%20Chemours%20niet%20uit%20eigen%20moestuin)).

Het RIVM (2021) heeft de veilige grenswaarde voor PFAS in drinkwater geactualiseerd (4,4 ng voor de som van PFOS + PFOA + PFNA + PHF_xS per liter drinkwater). Het RIVM ging uit van een dagelijkse waterconsumptie van 2 liter voor een volwassene van 70 kg en van het feit dat drinkwater 20% bijdraagt aan de totale blootstelling aan PFAS via de voeding. De waarde van 4,4 ng/L wordt uitgedrukt als PFOA-equivalent (PEQ), gebaseerd op relatieve potentiefactoren (RPF's). Dit is een door het RIVM ontwikkelde methode om het risico na blootstelling aan een mengsel van verschillende PFAS te beoordelen, rekening houdend met hun toxische gelijkwaardigheid in een lever-toxiciteitsstudie bij ratten.

Het SciCom wijst er echter op dat de recente drinkwaterrichtlijn (Richtlijn (EU) 2020/2184) de lidstaten ertoe verplicht om vanaf 12 januari 2026 de nodige maatregelen te nemen om ervoor te zorgen dat voor menselijke consumptie bestemd water geen hogere concentraties bevat dan 0,50 µg/L totaal PFAS (totaal aan per- en polygefluoreerde alkylverbindingen) en dan 0,10 µg/L voor de som van de PFAS die in het kader van de richtlijn als zorgwekkend worden beschouwd voor water dat voor menselijke consumptie bestemd is. Deze richtlijn is nog niet omgezet in de Belgische wetgeving (Koninklijk Besluit van 14 januari 2002 betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water dat in levensmiddelenbedrijven wordt verpakt of gebruikt voor de vervaardiging en/of verhandeling van voedingsmiddelen).

3. Advies

3.1. Herziening van actiegrenzen voor PFAS

Overeenkomstig advies 15-2019 berekent en stelt het SciCom een geschatte aanvaardbare concentratie (EAC) voor die kan worden gebruikt als wetenschappelijke basis voor de risicomanager om een actiegrens vast te stellen. Aangezien de EFSA in haar laatste advies over PFAS (EFSA, 2020) niet langer een individuele toxicologische referentiewaarde voor PFOS en voor PFOA voorstelt, maar een TWI voor de som van PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS, werden de EAC's voor de som van deze 4 verbindingen berekend (volgens de in punt "1.3. Methode" beschreven methode). Consumptiegegevens van de Belgische voedselenquête 2014 zijn beschikbaar in de uitgebreide Europese voedselconsumptiedatabank van de EFSA (FoodEx2-systeem). Meer bepaald werd gekozen voor de P95 van de consumptiegegevens voor kinderen van 3-9 jaar (categorie 'other children'), die hoger is dan de P95 consumptie voor andere leeftijdsgroepen (*worst case scenario*).

Tabel 1. Berekende en afgeronde EAC voor de som van PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS in de beschouwde levensmiddelen

Levensmiddel	Chronische consumptie aan P95 (g/kg lg/d)	FoodEx2 categorie (EFSA)	TWI (ng/kg lg/w)* (EFSA, 2020)	Berekende EAC (ng/kg)	Afgeronde EAC (µg/kg)
Vlees	9,2	Meat and meat products (L1) Other children	4,4	68,3	0,07
Melk	30,4	Milk and dairy products (L1) Other children	4,4	20,7	0,02
Eieren	3,0	Eggs and egg products (L1) Other children	4,4	209,5	0,2
Vis	4,6	Fish, seafood, amphibians, reptiles, invertebrates (L1) Other children	4,4	136,6	0,15 ¹
Fruit	15,1	Fruits and fruit products (L1) Other children	4,4	41,6	0,04
Groenten	11,9	Vegetables and vegetable products (L1) Other children	4,4	52,8	0,05
Zetmeelrijke wortels en knollen ((zoete) aardappelen, enz.)	7,7	Starchy roots or tubers and products thereof, sugar plants (L1) Other children	4,4	81,6	0,08

* Komt overeen met 0,63 ng/kg lg/d

¹ Ter info : RIVM heeft een milieunorm vastgesteld voor de som van alle PFAS (uitgedrukt in equivalent PFOA) in de biota (*milieukwaliteitsnorm in biota*, MKN-biota) « vis, schaaldieren en weekdieren » van 0,077 µg/kg. Deze norm houdt rekening met een dagelijkse consumptie van 0,115 kg vers gewicht door een volwassene van 70 kg (hetzij een consumptie van 1,6 g/kg lg/d) en een bijdrage van maximum 20% aan de totale dagelijkse inname van PFAS (RIVM, 2021b).

Afhankelijk van het levensmiddel variëren de EAC's van 0,02 µg/kg tot 0,2 µg/kg, wat extreem lage niveaus zijn voor de som van PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS. Indien de risicomanager deze EAC's als actiegrenzen wenst te gebruiken, mogen de kwantificeringsgrenzen (LOQ) van de analyses niet hoger liggen dan de EAC-waarden.

Momenteel liggen de LOQ's van de gevalideerde en geaccrediteerde analysemethoden² van het nationaal referentielaboratorium (NRL) en van het laboratorium dat betrokken is bij het FAVV-controleprogramma voor de analyse van PFOS en PFOA echter hoger dan de EAC. Meer in het bijzonder liggen de LOQ's van de door het NRL gevalideerde methoden, voor elk van de 4 PFAS, tussen 0,1-0,5 µg/kg voor melk, tussen 0,4-1,0 µg/kg voor vis en bedraagt deze 0,05 µg/kg voor granen. Momenteel worden evenwel analysemethoden in het kader van het FLUOREX-project (gefinancierd door het Contractueel Onderzoek van de FOD Volksgezondheid, Leefmilieu en Voedselveiligheid) door het NRL gevalideerd. Hierbij wordt gestreefd naar individuele LOQ's van 0,05 µg/kg voor elk van de 4 verbindingen in bepaalde voedingsmatrices. De LOQ's van het laboratorium dat betrokken is bij het FAVV-controleprogramma bedragen 5 µg/kg voor elk van de 4 PFAS, en er werd aangegeven dat deze waarde zou kunnen dalen tot 0,5 of 1,0 µg/kg voor bepaalde voedingsmatrices.

Ter informatie: het EURL-POPs (referentielaboratorium van de Europese Unie voor gehalogeneerde persistente organische verontreinigende stoffen) beveelt een LOQ van 0,05 µg/kg aan voor elk van de 4 PFAS in vlees, melk, eieren en vis. De methoden zijn voorgesteld op de EURL-POPs PFAS kernwerkgroep. Aangezien sommige levensmiddelen echter concentraties bevatten die onder dit niveau liggen, is het EURL-POP's van mening dat het wenselijk zou zijn in de toekomst voor elke verbinding een LOQ-waarde van 0,001 µg/kg te bereiken. Voorlopig wordt deze waarde niet gehaald door de NRL's van de verschillende landen, noch door de EURL.

Met deze informatie lijkt het erop dat momenteel geen enkele gevalideerde en geaccrediteerde analysemethode (door geaccrediteerde laboratoria in België) niveaus van de som van PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS kan meten die zo laag zijn als de berekende EAC's (zie tabel 1). Met een gevalideerde analysemethode met een LOQ van 0,05 µg/kg in eieren (aanbevolen LOQ door EURL-POP's), zouden PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS-gehalten lager dan of gelijk aan 0,2 µg/kg (EAC voor eieren) kunnen worden gemeten. Voor de meeste andere levensmiddelen in tabel 1 zou een LOQ van 0,001 µg/kg voor elke verbinding nodig zijn om niveaus van PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS tot aan de berekende EAC's te meten. Een dergelijke LOQ is echter niet onmiddellijk haalbaar.

Er moet nog heel wat werk worden verzet om de LOQ van de analysemethoden te verlagen, gezien de drastische daling van de toxicologische referentiewaarden voor PFAS. Anderzijds kan, zelfs indien analysemethoden met voldoende lage LOQ's op korte termijn zouden worden gevalideerd, niet worden uitgesloten dat de meeste geanalyseerde levensmiddelen PFAS-gehalten zullen bevatten die boven de EAC's liggen.

Bijgevolg zou het ALARA-beginsel, gebaseerd op het P95 niveau van de beschikbare gegevens, een tijdelijk scenario kunnen zijn dat door de risicomanager wordt gehanteerd (in het geval dat de EAC onder de P95 niveau ligt), totdat gevoeliger (lagere LOQ) analysemethoden zijn ontwikkeld en

² Hoog performantie vloeistofchromatografie gekoppeld aan tandem massaspectrometrie - UPLC-MS/MS

gebruikt om Belgische gegevens te bekomen over de 4 PFAS in levensmiddelen die in niet-verontreinigde gebieden zijn geproduceerd. De gegevens over het P95 gehalte (ondergrensscenario, LB) voor de som van PFOS + PFAS + PFNA + PFHxS in levensmiddelen zijn weergegeven in tabel 2. Deze gegevens zijn afkomstig van een dataset die voor het EFSA-advies van 2020 is gebruikt en zijn aangevuld met gegevens die sinds 2017 door de EU-lidstaten zijn doorgegeven. Zij zijn door de Europese Commissie verzameld met het oog op de vaststelling van toekomstige Europese normen. Deze gegevens zijn afkomstig van monsters die buiten gekende verontreinigde zones zijn genomen.

Tabel 2. Gehaltes van de som van PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS op P95 niveau van de verschillende levensmiddelen categorieën van belang (gegevens gebruikt in EFSA (2020) en aangevuld met gegevens die sinds 2017 door de lidstaten van de Europese Unie zijn verstrekt)

Levensmiddel	P95 gehalte van de som van PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS (LB scenario, µg/kg)	Aantal monsters (analyses tussen 2016 – 2020)
Vlees van landbouwhuisdieren (rund, varken, pluimvee, etc.)	0,85	554
Vlees van wild	6,38	663
Eetbaar slachtafval van wild	778,57	983
Eetbaar slachtafval van landbouwhuisdieren	8,62	776
Melk	0,03	606
Eieren	1,55	269
Aal, baars, blankvoorn, brasem, karper, babel, spiering, meerforel en ansjovis	39,17	618
Zeebaars, bonito, zeeduivel, harder, Oostzeeharing, lamprei, snoek, snoekbaars, schol, wilde zalm, sardine, pelser, zeekat, wolfsvij, sprot, kleine marene (<i>Coregonus vandesius</i>) en witvis	6,70	445
Alle andere vissen	1,80	3 137
Schaaldieren en weekdieren	2,59	269
Fruit	0,02	168
Groenten	0,05	594

Naast de voedselmatrices waarop het verzoek om dit dringende advies betrekking heeft, wijst SciCom er op dat de grenswaarden van Richtlijn (EU) 2020/2184 voor PFAS in drinkwater, die bedoeld zijn om de drinkbaarheid van water te garanderen, kunnen worden gebruikt, ook al is de richtlijn nog niet in Belgische wetgeving omgezet. Deze grenswaarden zijn 0,50 µg/L voor totaal PFAS (totaal aan per- en polygefluoreerde alkylverbindingen) en 0,10 µg/L voor de som van de PFAS die in het kader van de richtlijn als zorgwekkend worden beschouwd voor water dat voor menselijke consumptie bestemd is.

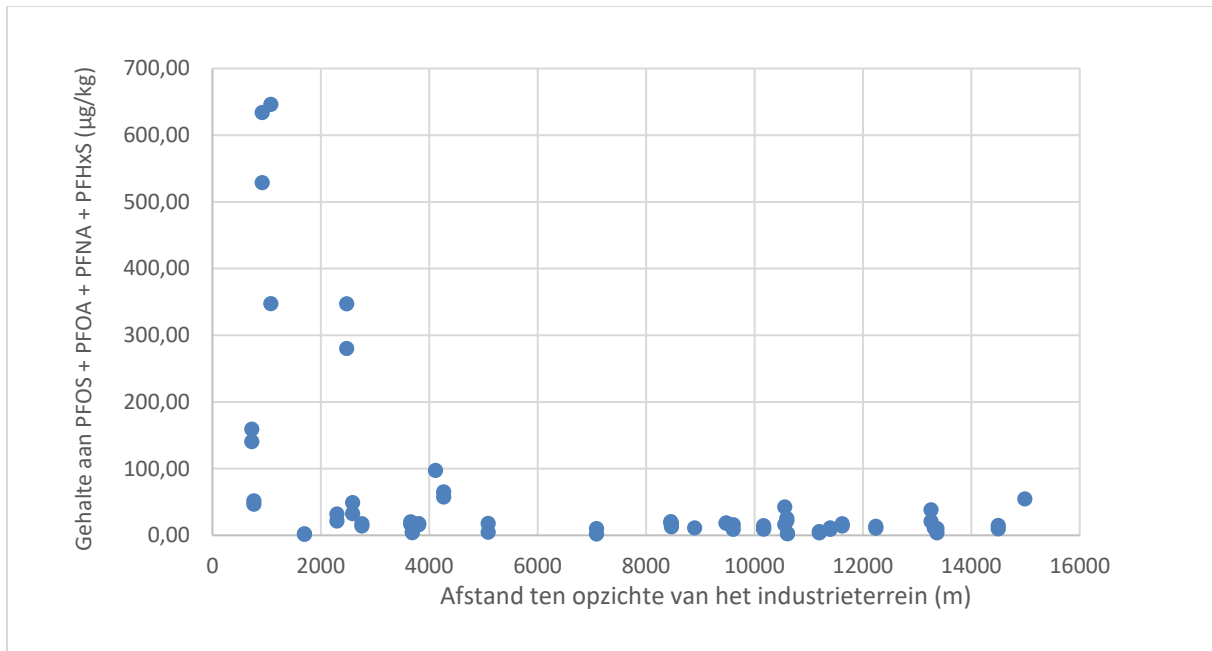
3.2. Bemonsteringsgebied in Zwijndrecht

In de studie van Groffen *et al.* (2019a) werd de PFAS-verontreiniging van de bodem, van isopoden (*Oniscidae*, familie van de pissebedden) en eieren van koolmezen (*Parus major*) onderzocht op het industrieterrein dat verantwoordelijk is voor de milieuverontreiniging met PFAS in Zwijndrecht, en 4 andere locaties die op toenemende afstand van het Zwijndrechtse terrein liggen (1 km, 2,3 km, 3 km en 11 km). In deze 3 matrices werden de hoogste PFAS-concentraties aangetroffen in de monsters die werden genomen op het industrieterrein en waren ze beduidend lager op de andere 4 locaties. Op 11 km van het industrieterrein werd echter een significante concentratie van 6,75 µg/kg in eieren (vers gewicht) gemeten. De mediaanconcentraties in bodem-, isopod- en eimonsters per monsternemingsplaats zijn te vinden in aanhangsel A (tabel 3).

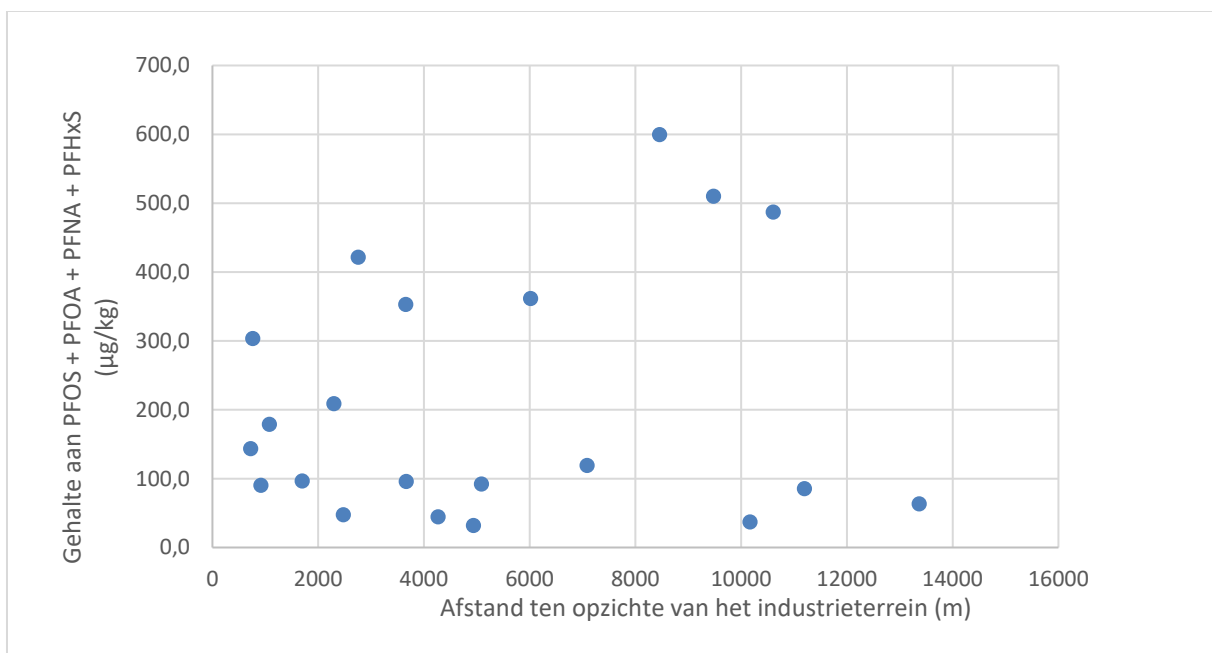
Verdere gegevens over bodemverontreiniging in de omgeving van Zwijndrecht zijn beschikbaar in een studie waarin de verticale (in de bodem) distributie van 15 PFAS en hun associaties met meerdere fysico-chemische bodemeigenschappen langs een afstandsgradiënt vanaf het industrieterrein zijn onderzocht (Groffen *et al.*, 2019b). Details van de resultaten in oppervlaktebodemonsters (0-5 cm diepte), naargelang van de afstand tot het industrieterrein (0 km, 1 km, 2,3 km, 3 km en 25 km) zijn beschikbaar in bijlage A (tabel 4).

Gegevens over bodemverontreiniging zijn ook beschikbaar in de studie van Rijnders *et al.* (2021) over de accumulatie van PFAS in slakken (*Cepaea sp.*) rond het industrieterrein in Zwijndrecht. De in de bodemonsters gemeten PFAS's waren PFBA, PFOA, PFUnDA en PFOS. De gemiddelde gemeten concentraties varieerden, afhankelijk van de afstand tot de locatie, tussen < LOQ en 2,78 µg/kg voor PFBA, 0,59 - 1,53 µg/kg voor PFOS, < LOQ en 0,52 µg/kg voor PFUnDA, en 0,53 en 14 µg/kg voor PFOS.

Bovendien heeft de door de UA Antwerpen uitgevoerde studie in 2019 naar de verontreiniging van PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS in eieren (n = 67) en groenten (n = 21) van particulieren een duidelijke verontreiniging aangetoond tot op een afstand van maximaal 15 km van het industrieterrein van Zwijndrecht. Nadere bijzonderheden over de resultaten zijn te vinden in bijlage B (tabel 4). De figuren 2 en 3 tonen de gehalten aan PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS in eieren en groenten als functie van de afstand tot het industrieterrein.



Figuur 2. PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS-gehalte in eieren ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in functie van de afstand tot het industrieterrein (m)



Figuur 3. PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS-gehalte in groenten ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in functie van de afstand tot het industrieterrein (m)

Op basis van de resultaten van deze studie beveelt de Vlaamse regering aan geen eieren te consumeren die zijn geproduceerd binnen een straal van 5 km rond het industrieterrein (en maximaal 1 ei per week binnen een straal van 5 tot 10 km). De Vlaamse regering heeft ook andere maatregelen ("no regret"-maatregelen) uitgevaardigd die variëren naar gelang van de afstand tot het industrieterrein, tot een maximumafstand van 10 km (details beschikbaar via de link: <https://www.zwijndrecht.be/no-regret-maatregelen-in-kader-van-pfos-bodemverontreiniging-in-de-omgeving-van-3m>).

Op basis van deze gegevens, specifiek voor het geval van Zwijndrecht, en de aanbeveling van de Vlaamse regering inzake de consumptie van lokaal geproduceerde eieren, stelt het SciCom voor, vanuit het oogpunt van een *worst-case scenario*, om het gebied voor de bemonstering van levensmiddelen uit te breiden tot een straal van 15 km rond de industriële site die verantwoordelijk is voor het vrijkomen van PFAS in het milieu. Monsters dienen genomen te worden op een gradueel toenemende afstand van het industrieterrein om na te gaan of de PFAS-concentraties afnemen met de afstand tot de bron. Er moet echter kritisch worden onderzocht of er in de omgeving andere significante bronnen van PFAS-emissies zijn. Zones van besmetting uit verschillende bronnen kunnen elkaar overlappen. Daarnaast moeten ook monsters worden genomen in een gebied waarvan niet bekend is dat het met PFAS verontreinigd is (referentielocatie voor gegevensvergelijking). Het bemonsteringsgebied kan worden aangepast, afhankelijk van de analyseresultaten. De analyses moeten betrekking hebben op de som van PFOS (lineaire en vertakte vormen) + PFOA (lineaire en vertakte vormen) + PFNA + PFHxS, wat in één analyserun te meten analyseerbare verbindingen zijn. Het bemonsteringsgebied kan worden aangepast, afhankelijk van de analyseresultaten, bijvoorbeeld als uit de resultaten blijkt dat de verontreiniging met PFAS zich in een welbepaalde richting(en) bevindt, dat de verontreiniging van de voedselketen zich niet tot 15 km uitstrekt of, omgekeerd, constant blijft tot 15 km en dus verder zou kunnen gaan, ...

3.3. Te bewaken PFAS congenen in het bemonsteringsgebied

Ter herinnering: PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS vertegenwoordigen ongeveer de helft van de blootstelling (beschouwd aan de ondergrens) van de PFAS waarvoor gegevens over het vóórkomen beschikbaar waren, terwijl de resterende bijdrage hoofdzakelijk afkomstig is van PFBA en PFHxA, twee PFAS met een korte halveringstijd. Bij gebrek aan voldoende gegevens is de EFSA van oordeel dat deze verbindingen dezelfde toxiciteit hebben voor het immuunsysteem (EFSA, 2020).

Het SciCom is van mening dat prioriteit moet worden gegeven aan de analyse van de som van PFOS (lineaire en vertakte vormen) + PFOA (lineaire en vertakte vormen) + PFNA + PFHxS, vanwege hun hoge toxiciteit voor het immuunsysteem en hun accumulatie in het lichaam (EFSA, 2020). Bovendien gaat het om verbindingen die in dezelfde analysecyclus kunnen worden geanalyseerd.

Volgens de EFSA (2020) dragen de categorieën "Visvlees", "Fruit en fruitproducten" en "Eieren en eiproducten" het meest bij aan de blootstelling van de bevolking aan PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS. Op basis van deze informatie, de P95-gehalten voor de 4 PFAS in tabel 2 en de verstrekte informatie over het soort levensmiddelen dat in de regio Zwijndrecht wordt geproduceerd, beveelt het SciCom aan prioriteit te geven aan de analyse van eetbaar slachtafval, eieren, vlees van wild, vlees van landbouwhuisdieren en melk.

3.4. Transfert van diervoeders naar productiedieren

In het algemeen blijkt uit de wetenschappelijke literatuur dat bioaccumulatieprocessen complexer zijn voor terrestrische dan voor aquatische voedselketens. Het bioaccumulatiepotentieel is positief gecorreleerd met de lengte van de gefluoreerde koolstofketen (EFSA, 2020).

Runderen zijn meer dan andere diersoorten onderzocht op PFAS, en uit dit werk is gebleken dat de PFAS-concentraties bij blootgestelde dieren het hoogst zijn in het bloed, de lever en de nieren, met

enige accumulatie in vet en spieren, en mogelijke overbrenging naar de melk (Review Death *et al.*, 2021).

Aangezien de regio Zwijndrecht beschikt over voedselproducerende veehouderijen, en dit een dringende adviesaanvraag is, heeft de SciCom zich geconcentreerd op de overdracht van diervoeder naar eieren, vlees van landbouwhuisdieren (rundvlees, varkensvlees), en koemelk. Er is informatie te vinden in de literatuur over carry-over in andere levensmiddelen van dierlijke oorsprong [schapenmelk, spierweefsel, schapenlever en -nieren, vlees van gevogelte, enz. (review Death *et al.*, 2021); honing (Surma *et al.*, 2016 en Sonter *et al.*, 2021); vlees van wild (Kowalczyk *et al.*, 2018)] en plantaardig [landbouwgewassen (review Ghisi *et al.*, 2019); granen, fruit, maar ook snoep en zouten (D'Hollander *et al.*, 2015); groenten (review van Zhou *et al.*, 2021)].

3.4.1. Eieren

In de studie van Wilson *et al.* (2020) werd de accumulatie van PFAS in eieren van legkippen onderzocht na blootstelling aan met PFAS verontreinigd water (dosissen tot 300 µg/L). Legkippen werden via verontreinigd drinkwater gedurende 61 dagen blootgesteld aan verschillende concentraties van 4 PFAS-verbindingen (PFOS, PFOA, PFHxS en perfluorohexaanzuur (PFHxA)). De PFAS-residuen in eieren werden 30 dagen na het einde van de blootstelling beoordeeld. Er was een lineaire correlatie tussen de PFAS-concentraties in het drinkwater dat aan de kippen werd gevoerd en die welke in de eieren werden aangetroffen. De overdrachtsfactoren (TF) werden berekend aan de hand van de volgende formule:

$$TF = \frac{(TEM - SAA)kg \times ALE[PFAS](\mu g/kg) \times ANEPD(\mu g/day)}{ALW[PFAS](\mu g/kg) \times ADWI(L/d)}$$

Met TEM = totale ei massa ; SAA = schaal en aanhangsels ; ALE = gemiddelde concentratie in eieren ; ANEPD = gemiddeld aantal eieren per dag ; ALW = gemiddelde concentratie in water ; ADWI = gemiddelde dagelijkse water inname.

De overdrachtsfactoren (TF) varieerden van 1,1-1,3 voor PFOS, 0,4-0,5 voor PFOA, 0,6-0,9 voor PFHxS en 0,005 voor PFHxA. TF-waarden groter dan 1 (voor PFOS) wijzen erop dat de kippen dagelijks meer PFOS in hun eieren uitscheidde dan zij dagelijks binnenkregen op het tijdstip van het onderzoek. Dit is te wijten aan de aanwezigheid van PFOS-precursoren. Gegevens van Wilson *et al.* (2020) toonden duidelijk een hogere verdeling van PFAS in eigeel aan dan in ei-albumine. Deze resultaten komen overeen met die van Xie *et al.* (2015), die de verdeling van PFAS in commerciële kippeneieren in China onderzochten en meldden dat 98-100% van alle PFAS-residuen in eieren zich in de dooier bevond. De halfwaardetijd van PFAS bij kippen (uitscheiding via eieren) was 3,5 dagen voor PFOS, 5,4 dagen voor PFOA, 7 dagen voor PFHxS en 2 dagen voor PFHxA. De PFAS-concentraties in eieren daalden binnen twee tot drie weken tot onder de rapportagegrens (0,3 µg/kg voor PFOS en PFOA en 0,5 µg/kg voor PFHxS en PFHxA) (Wilson *et al.*, 2020).

In de studie van Kowalczyk *et al.* (2020) werd de overdracht van PFAS uit het voer van kippen naar eieren onderzocht. In deze studie werd de overdrachtspercentage (*transfer rate*, TR) van PFOS berekend en vervolgens gecorrigeerd voor de 4 precursoren ervan. Het gecorrigeerde TR voor PFOS in

eieren is 0,99. De TR voor PFOA is 0,49. In hun document verklaren zij dat alle RT's in de huidige studie goed overeenstemmen met de TF's beschreven door Wilson *et al.* (2020).

Het SciCom stelt vast dat de overdracht van PFOS naar eieren 100% is. Dit brengt het SciCom ertoe eieren te beschouwen als een prioritair levensmiddel dat in de regio Zwijndrecht op PFAS moet worden gecontroleerd.

3.4.2. Vlees van landbouwhuisdieren

a. Varkensvlees

De halfwaardetijd van PFAS bij varkens is lager dan bij de meeste andere dieren (review Death *et al.*, 2021).

De overdracht van een PFAS-mengsel uit verontreinigd voeder naar de eetbare weefsels van 24 vleesvarkens werd bestudeerd door Numata *et al.* (2014). De dieren werden gedurende 21 dagen blootgesteld via een besmet dieet (hooi en gerst, PFAS-concentratie variërend van 10 - 137 µg/kg voeder). De gemiddelde concentratie van PFOS was 137 ± 13 µg/kg vlees en vertegenwoordigde ongeveer 30% van het totaal aan PFAS, terwijl de gemiddelde concentratie van PFOA $22,4 \pm 2,6$ µg/kg vlees was. De bioaccumulatiefactor (verhouding tussen weefselconcentratie en voedselconcentratie) voor PFOS was 17,9 in het volledige dier, 9,7 in vlees en 503 in lever. De bioaccumulatiefactor voor PFOA was 7,9 in het volledige dier, 5,3 in vlees en 32,8 in lever.

In dit stadium wijst SciCom erop dat het voeder voor binnenlands gehouden varkens in België hoofdzakelijk bestaat uit grondstoffen die ter plaatse (in België) kunnen worden geproduceerd of uit de buurlanden kunnen worden ingevoerd. In het specifieke geval van de milieuverontreiniging met PFAS in Zwijndrecht zou het van belang zijn te weten of het voeder dat aan de varkens wordt gegeven al dan niet in het verontreinigde gebied is geteeld. Maar zelfs als dit het geval is, zijn de rantsoenen waarschijnlijk sterk verdund met andere, niet-verontreinigde rantsoenen en andere bestanddelen in de bedrijven die het mengvoer vervaardigen.

Na éénmalige blootstelling van varkens aan een mengsel van PFAS oraal (3 mg van elke PFAS per kg lichaamsgewicht), vonden Guruge *et al.* (2016) dat de lever de primaire plaats van accumulatie van PFOS en langere-keten PFAS was. In het algemeen blijkt uit de resultaten dat de accumulatie van PFAS toeneemt naarmate de lengte van de gefluoreerde koolstofketen toeneemt. PFNA (9 koolstofketens) vertoonde de hoogste lichaamsbelasting van de toegediende PFAS. De halfwaardetijd van de verschillende PFAS in het bloed varieerde van 1,6 - 86,6 dagen.

b. Rundsvlees

Kowalczyk *et al.* (2013) onderzochten de overdracht van een mengsel van PFAS (PFOS, PFOA, PFHxS en PFBS) naar runderplasma, lever, nieren, spierweefsel, urine en melk. Zes melkkoeien (Holsteins) kregen gedurende 28 dagen kuilgras en hooi te eten dat met dit PFAS-mengsel verontreinigd was. Na de PFAS-voedingsperiode werden drie koeien geëuthanaseerd, terwijl de andere nog 21 dagen met voeding zonder PFAS werden gevoederd (depuratiefase). De gemiddelde dagelijkse opname van melkkoeien bedroeg $7,6 \pm 3,7$ µg/kg lg/d voor PFOS, $2,0 \pm 1,2$ µg/kg lg/d voor PFOA, $4,6 \pm 1,0$ µg/kg lg/d voor PFHxS en $3,4 \pm 0,7$ µg/kg lg/d voor PFBS. Gedetailleerde resultaten zijn te vinden in Bijlage C (tabel 7).

In het algemeen werden de laagste niveaus voor elk van de 4 PFAS's in spierweefsel aangetroffen, terwijl de hoogste niveaus werden gemeten in lever en nieren voor PFOS en PFHxS, en in plasma en melk voor PFOA en PFBS. Na het stopzetten van de blootstelling via de voeding bleef het PFOS-gehalte stijgen in de spieren, de nieren, het plasma en de lever, terwijl PFHxS lineair daalde.

Specifiek voor lever en nieren: PFOS-gehalten waren het hoogst in de lever ($2952 \pm 718 \mu\text{g}/\text{kg}$ en $3964 \pm 718 \mu\text{g}/\text{kg}$ zonder en met depuratie), gevolgd door de nieren ($1074 \pm 153 \mu\text{g}/\text{kg}$ en $1408 \pm 303 \mu\text{g}/\text{kg}$ zonder en met depuratie), zonder significante verschillen met of zonder depuratie. De hoogste PFHxS-gehalten werden aangetroffen in de lever en de nieren van koeien die zonder depuratiefase werden geslacht (respectievelijk $61 \pm 24 \mu\text{g}/\text{kg}$ en $98 \pm 31 \mu\text{g}/\text{kg}$).

De fractie (percentage) ingenomen PFOS die in lever-, nier- en spierweefsel werd aangetroffen, bedroeg respectievelijk 18%, 1% en 43%. Deze fractie was vergelijkbaar bij koeien die vóór of na de depuratiefase werden geslacht. Deze berekeningen werden uitgevoerd door de auteurs van de studie (Kowalczyk *et al.*, 2013), uitgaande van de veronderstelling dat het gewicht van lever, nieren en spierweefsel van koeien respectievelijk 1,2%, 0,23% en 59,4% van het totale lichaamsgewicht vertegenwoordigt.

Lupton *et al.* (2011, 2014, 2015) hebben verschillende studies bij runderen uitgevoerd met verschillende doses PFOS en PFOA.

Lupton *et al.* (2011) onderzochten de eliminatie van één enkele hoge orale dosis (1 mg/kg) PFOA bij vier Angus runderen in de VS en ontdekten dat de stof snel werd geabsorbeerd, maar ook snel weer werd uitgescheiden (PFOA bleef niet in eetbare weefsels achter). Deze bevinding komt overeen met de waarnemingen van Kowalczyk *et al.* (2013), waar verwaarloosbare hoeveelheden PFOA in runderweefsels werden waargenomen.

Na een éénmalige hoge orale dosis (ongeveer 8 mg/kg) van PFOA bij drie Angus runderen, vonden Lupton *et al.* (2014) dat de weefselconcentraties in de volgende volgorde afnamen: lever > rugvet > nier > intraperitoneaal vet > long > milt > spier. De hoge concentraties van PFOS in lever en gal, alsmede de langdurige aanwezigheid van PFOS in plasma, wijzen op de belangrijke rol van het enterohepatische systeem bij de eliminatie en distributie van PFOS.

Twee Angus-stieren die een éénmalige orale dosis PFOS (0,098 mg/kg lichaamsgewicht) kregen en 343 dagen later werden geslacht, hadden vergelijkbare gemiddelde PFOS-concentraties in lever en plasma ($0,15 \mu\text{g}/\text{g}$ lichaamsgewicht en $0,15 \mu\text{g}/\text{mL}$), terwijl de concentraties in spierweefsel ($0,005 \mu\text{g}/\text{g}$ lichaamsgewicht) veel lager waren (Lupton *et al.*, 2015). Twee vaarzen kregen een bijna 100-maal hogere orale dosis PFOS (9,1 mg/kg lichaamsgewicht). Na 343 dagen (slacht) bedroegen de gemeten PFOS-concentraties in plasma, lever en spieren respectievelijk $8,3 \mu\text{g}/\text{mL}$, $4,7 \mu\text{g}/\text{g}$ en $0,28 \mu\text{g}/\text{g}$ lichaamsgewicht.

Op basis van deze informatie en gezien het hoge gehalte van de som van PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS bij P95 in eetbaar slachtafval (tabel 2), is het duidelijk dat eetbaar slachtafval het deel van het dier is dat PFAS in de meeste gevallen accumuleert. Dit ondersteunt het idee dat eetbaar slachtafval (met name lever), samen met eieren, moet worden beschouwd als prioritaire matrix voor de monitoring van PFAS in het verontreinigde gebied van Zwijndrecht.

c. Koemelk

In een studie van Vestergren *et al.* (2013) werd de bioaccumulatie van PFAS bij melkkoeien in een natuurlijk verontreinigde omgeving onderzocht. Deze studie toonde aan dat PFAS uit de voeding van de koeien gemakkelijk migreren naar melk en vlees. Daarentegen was de bijdrage van de bodem gering (via atmosferische depositie en door de geringe biologische beschikbaarheid).

Uit de studie van Kowalczyk *et al.* (2013) bleek dat de cumulatieve uitscheiding in melk werd bepaald voor PFOS ($14 \pm 3,6\%$) en PFHxS ($2,5 \pm 0,2\%$), terwijl PBFS en PFOA nauwelijks werden uitgescheiden in melk. Over het geheel genomen was de kinetiek van PFOA vergelijkbaar met die van PBFS en significant verschillend van die van PFHxS en PFOS. Uit deze studie bleek dat hoe langer de koolstofketen is, des te lager de uitscheidingsnelheid via urine en melk is, hetgeen consistent is met een grotere accumulatie in weefsels.

Van Asselt *et al.* (2013) ontwikkelden een PBPK-model voor de overdracht van PFOS van voeding naar melk met behulp van gegevens van Kowalczyk *et al.* (2013). De halfwaardetijd van PFOS in melkkoeien (via uitscheiding in de melk) werd geschat op 56 dagen. Er was een sterke correlatie tussen PFOS-concentraties in bloed en melk. Modelberekeningen toonden aan dat zodra een bepaalde steady state is bereikt, bijna alle ingenomen PFOS via de koemelk wordt uitgescheiden.

Op basis van deze informatie lijkt de overdracht naar koemelk gering te zijn (maximaal enkele procenten). Maar in het geval melkkoeien met een hoge blootstelling aan PFAS (via de opname van voeder dat is geproduceerd in een met PFAS verontreinigd gebied en/of blootstelling via het milieu), kan de overdracht van deze verontreinigende stoffen naar koemelk echter een probleem vormen. Op basis van de studie van Kowalczyk *et al.* (2013) lijkt PFOS het meest relevant te zijn wat de overdracht naar koemelk betreft.

d. Onzekerheden

Er zijn momenteel weinig gegevens over bodemverontreiniging, en SciCom kent de precieze omvang en richting van het (de) verontreinigde gebied(en) niet, noch het totaal aan PFAS (andere dan PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS) dat in het milieu is vrijgekomen.

Wat de TWI voor PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS betreft (vastgesteld door EFSA, 2020), herinnert het SciCom er voorts aan dat de EFSA van mening was dat de toxiciteit voor het immuunsysteem vergelijkbaar voor de 4 verbindingen was, ook al was dit effect alleen voor PFOA echt meetbaar. Met de toxiciteit (maar ook de absorptiekinetiek) van de andere PFAS's wordt geen rekening gehouden.

Analytische resultaten ontbreken in levensmiddelen van dierlijke en plantaardige oorsprong die in het gecontamineerde gebied van Zwijndrecht worden geproduceerd en de blootstelling van de consument is nog niet bekend. Het is onzeker of de verontreiniging in de voedselketen naar behoren kan worden onderzocht, zolang er geen gevalideerde analysemethoden met een lagere LOQ voor elk van de PFAS beschikbaar zijn. Bovendien zijn er onzekerheden omtrent de overdracht en de bioaccumulatiefactoren van PFAS in de voedselketen.

Wat de werkzaamheden voor het verlagen van de LOQ's van analysemethoden betreft, vroeg het Wetenschappelijk Comité zich af of het werkelijk mogelijk is LOQ's tot 0,001 µg/kg te halen, en of dergelijke grenswaarden toepasbaar zijn in gevalideerde analysemethoden (contaminatievrije blanco's en vermijding van matrixeffecten zijn vereist).

Momenteel zijn er geen gegevens om een verschil in besmetting te onderzoeken tussen landbouwhuisdieren die op stal worden gehouden versus dieren met buitenbeloop. SciCom is echter van mening dat eieren van kippen die in de openlucht worden gehouden, meer besmet kunnen zijn dan eieren van kippen die niet in de openlucht worden gehouden. Het SciCom is ook van mening dat dieren die hoofdzakelijk met lokaal geproduceerd plantaardig voedsel worden gevoederd afkomstig uit de gecontamineerde gebieden, meer besmet kunnen zijn dan dieren gevoederd worden met voeders van verschillende oorsprong. Er zijn ook geen gegevens om relevante aspecten te bestuderen, zoals besmetting bij éénmagige dieren in vergelijking met deze bij herkauwers, besmetting van bladgroenten in vergelijking met deze van andere soorten groenten (bijvoorbeeld), enz. Er is ook een gebrek aan gegevens over de besmetting van andere levensmiddelen, zoals zuivelproducten als boter en yoghurt, plantaardige producten als honing, enz.

Het SciCom herinnert eraan dat van andere locaties reeds bekend is dat zij met PFAS verontreinigd zijn (bv. Mechelen en rond brandweerkazernes). Op deze locaties wordt aangeraden om ook de verontreiniging van de voedselketen met PFAS worden gecontroleerd.

In het kader van deze spoedraadgeving en gezien de korte termijn heeft de SciCom prioriteit gegeven aan de overdracht van PFAS uit diervoeder naar eieren, gekweekt vlees en koemelk. Dit mag niet impliceren dat er geen overdracht naar andere levensmiddelen van dierlijke en plantaardige oorsprong plaatsvindt. Er werden relevante wetenschappelijke artikelen geciteerd die verdere studie verdienen.

e. Conclusies

Het SciCom heeft EAC's berekend voor PFAS in van belang zijnde levensmiddelen. Maar deze EAC's zijn echter veel lager dan de kwantificeringslimieten (LOQ's) van de huidige (en waarschijnlijk in de toekomst te ontwikkelen) analysemethoden.

Bijgevolg zou het ALARA-beginsel, gebaseerd op het P95 niveau van de gegevens van de Europese Commissie (tabel 2), een tijdelijk scenario kunnen zijn dat door de risicomanager wordt gehanteerd (in het geval dat de EAC onder het P95 niveau ligt). Het SciCom wijst er evenwel op dat de Europese context niet representatief is voor de Belgische context (die dichtbevolkte en sterk geïndustrialiseerde gebieden heeft, met historische PFAS-verontreiniging van het milieu tot gevolg). Om de voedselveiligheid te garanderen, beveelt het SciCom aan dit ALARA-beginsel zo snel mogelijk toe te passen, rekening houdend met de P95-besmettingsniveaus van de achtergrondbesmetting uit Belgische gegevens. Deze gegevens over achtergrondverontreiniging in levensmiddelen moeten worden verkregen met gevoeligere analysemethoden (met lagere LOQ's) dan die welke momenteel door het FAVV voor officiële controles worden gebruikt.

De grenswaarden van Richtlijn (EU) 2020/2184 voor PFAS in drinkwater, bedoeld om de drinkbaarheid van water te garanderen, zouden kunnen worden gebruikt, hoewel de richtlijn nog niet in Belgische wetgeving is omgezet.

Gebaseerd op de PFAS-verontreinigingsgegevens voor bodem, eieren en groenten in Zwijndrecht en de aanbeveling van de Vlaamse regering met betrekking tot de consumptie van lokaal geproduceerde eieren, stelt het SciCom voor, vanuit het oogpunt van een worst-case scenario, om het gebied voor de bemonstering van levensmiddelen uit te breiden tot een straal van 15 km rond de industriële site die verantwoordelijk is voor het vrijkomen van PFAS in het milieu. Monsters dienen genomen te worden op een gradueel toenemende afstand van het industrieterrein om na te gaan of de PFAS-concentraties afnemen met de afstand tot de bron. Er moet echter kritisch worden onderzocht of er in de omgeving andere significante bronnen van PFAS-emissies zijn. Zones van besmetting uit verschillende bronnen kunnen elkaar overlappen. Daarnaast moeten ook monsters worden genomen in een gebied waarvan niet bekend is dat het met PFAS verontreinigd is (referentielocatie voor gegevensvergelijking). Het bemonsteringsgebied kan worden aangepast, afhankelijk van de analyseresultaten bijvoorbeeld als uit de resultaten blijkt dat de verontreiniging met PFAS zich in een welbepaalde richting(en) bevindt, dat de verontreiniging van de voedselketen zich niet tot 15 km uitstrekt of, omgekeerd, constant blijft tot 15 km en dus verder zou kunnen gaan, ...

De analyses moeten betrekking hebben op de som van PFOS (lineaire en vertakte vormen) + PFOA (lineaire en vertakte vormen) + PFNA + PFHxS.

f. Aanbevelingen

Op basis van de beschikbare gegevens en expertadvies beveelt het SciCom aan om de gehele voedselketen te testen, met prioriteit voor het testen van eieren, eetbaar slachtafval (vooral lever), vlees van wild, vlees van landbouwhuisdieren en melk.

Bovendien wordt aanbevolen om, zodra analysemethoden met lagere LOQ's zijn gevalideerd, de achtergrondverontreiniging van de voedselketen te bepalen. Er wordt aanbevolen om analyses uit te voeren voor de som van PFOS + PFOA + PFNA + PFHxS in levensmiddelen, diervoeders en water bestemd voor dieren.

Het SciCom beveelt ook aan om rond elk gebied waarvan bekend is dat het in België met PFAS is verontreinigd (zoals in Mechelen en rond de brandweerkazernes), analyses van levensmiddelen van dierlijke en plantaardige oorsprong uit te voeren op basis van de resultaten van de bodemanalyses. Informatie over alle PFAS-analyses in de bodem in Vlaanderen en Wallonië kan worden verkregen bij respectievelijk OVAM (Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij; <https://www.vlaanderen.be/pfas-vervuiling>) en ISSeP (Institut Scientifique de Service Public; <https://www.issep.be/qualite-des-sols/>).

Om de blootstelling van de Belgische bevolking in besmette en niet-besmette gebieden te beoordelen, beveelt het SciCom ten slotte het FAVV aan om de resultaten van de biomonitoring op te volgen.

Voor het Wetenschappelijk Comité,

Dr. Lieve Herman (Get)
Voorzitster
25/06/2021

Referenties

Claeys W., De Meulenaer B., De Saeger S., Matthys C., Pussemier L., Rajkovic A., Scippo M.-L., Vleminckx C., Van Huffel X., Hoet P. (2021). Position paper on the use of an “estimated acceptable concentration” (EAC) as basis for a control policy's action level for carcinogens unintentionally present in food. *Trends in Food Science & Technology*, 107:324-332.

Death C., Bell C., Champness D., Milne C., Reichman S., Hagen T. (2021). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in livestock and game species: A review. *Science of the Total Environment*, 774:144795.

D'Hollander W., Herzke D., Huber S., Hajslova J., Pulkrabova J., Brambilla G, Paola De Filippis S., Bervoets L., de Voogt P. (2015). Occurrence of perfluorinated alkylated substances in cereals, salt, sweets and fruit items collected in four European countries. *Chemosphere*, 129:179-185.

EFSA (2008). Scientific Opinion of the Panel on Perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and their salts in the food chain. *EFSA Journal*, 653, 1-131.

EFSA (2018). Scientific Opinion of the Panel on Risk to human health related to the presence of perfluorooctane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food. *EFSA Journal*, 16(12):5194.

EFSA (2020). Scientific Opinion of the Panel on Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA Journal*, 18(9) :6223.

FAVV (2014). Inventaris acties en actiegrenzen en voorstellen voor harmonisering in het kader van de officiële controles.

Ghisi R., Vameralia T., Manzetti S. (2019). Accumulation of perfluorinated alkyl substances (PFAS) in agricultural plants: A review. *Environmental Research*, 169 :326-341.

Groffen T., Eens M., Bervoets L. (2019a). Do concentrations of perfluoroalkylated acids (PFAAs) in isopods reflect concentrations in soil and songbirds? A study using a distance gradient from a fluorochemical plant. *Science of the Total Environment*, 657,111-123.

Groffen T., Rijnders J., Verbrugghe N., Verbruggen E., Prinsen E., Eens M., Bervoets L. (2019b). Influence of soil physicochemical properties on the depth profiles of perfluoroalkylated acids (PFAAs) in soil along a distance gradient from a fluorochemical plant and associations with soil microbial parameters. *Chemosphere*, 236:124407.

Guruge K.S., Noguchi M., Yoshioka K., Yamazaki E., Taniyasu S., Yoshioka M., Yamashita N. (2016). Microminipigs as a new experimental animal model for toxicological studies: comparative pharmacokinetics of perfluoroalkyl acids. *Journal of Applied Toxicology*, 36 (1):68–75.

Kowalczyk J., Ehlers S., Oberhausen A., Tischer M., Furst P., Schafft H., Lahrssen-Wiederholt M. (2013). Absorption, distribution, and milk secretion of the perfluoroalkyl acids PFBS, PFHxS, PFOS, and PFOA by dairy cows fed naturally contaminated feed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61, 2903–2912.

Kowalczyk J., Numata J., Zimmermann B., Klinger R., Habedank F., Just P., Schafft H., Lahrssen-Wiederholt M. (2018). Suitability of Wild Boar (*Sus scrofa*) as a Bioindicator for Environmental

Pollution with Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Perfluorooctanesulfonic Acid (PFOS). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 75:594–606.

Kowalczyk J., Göckener B., Eichhorn M., Kotthoff M., Bücking M., Schafft H., Lahrssen-Wiederholt M., Numata J. (2020). Transfer of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) from Feed into the Eggs of Laying Hens. Part 2: Toxicokinetic Results Including the Role of Precursors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68, 12539-12548.

Lupton, Sara J., Huwe, Janice K., Smith, David J., Dearfield, Kerry L., Johnston, John J. (2011). Absorption and excretion of ¹⁴C-Perfluorooctanoic Acid (PFOA) in Angus Cattle (*Bos taurus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 1128–1134.

Lupton, Sara J., Huwe, Janice K., Smith, David J., Dearfield, Kerry L., Johnston, John J. (2014). Distribution and excretion of perfluorooctane sulfonate (PFOS) in beef cattle (*Bos taurus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62:1167–1173.

Lupton, Sara J., Dearfield, Kerry L., Johnston, John J., Wagner, Sarah, Huwe, Janice K. (2015). Perfluorooctane sulfonate plasma half-life determination and long-term tissue distribution in beef cattle (*Bos taurus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63:10988–10994.

Numata J., Kowalczyk J., Adolphs J., Ehlers S., Schafft H., Fuerst P., Mueller-Graf C., Lahrssen-Wiederholt M., Greiner M. (2014). Toxicokinetics of seven perfluoroalkyl sulfonic and carboxylic acids in pigs fed a contaminated diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 6861–6870.

OECD (2011). Environment Directorate, Joint Meeting of the Chemicals Committee and The Working Party on Chemicals, Pesticides and Biotechnology. OECD MRL Calculator: user guide. OECD Environment, Health and Safety Publications, Series on Pesticides, No. 56, 1-16.

Rijnders J., Bervoets, L., Prinsen E., Eens M., Beemster G.T.S., Abdelgawad H., Groffen T., (2021). Perfluoroalkylated acids (PFAAs) accumulate in field-exposed snails (*Cepaea* sp.) and affect their oxidative status. *Science of the Total Environment*, 790, 148059.

RIVM (2021). Analyse bijdrage drinkwater en voedsel aan blootstelling EFSA-4 PFAS in Nederland en advies drinkwaterrichtwaarde.

RIVM (2021b). Biotanorm voor PFAS in vis volgens de methodiek van de Kaderrichtlijn water.

SciCom (2017). Avis 15-2017 du Comité Scientifique institué auprès de l'AFSCA relatif aux limites d'action pour des contaminants chimiques dans des denrées alimentaires : retardateurs de flamme, composés perfluoroalkylés, dioxines et PCB de type dioxine, et le benzène.

Sonter C. A., Rader R., Stevenson G., Stavert J. R., Wilson S. C. (2021). Biological and behavioral responses of European honey bee (*Apis mellifera*) colonies to perfluorooctane sulfonate exposure. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 0:1–11.

Surma M., Zielinski H., Piskula M. (2016). Levels of Contamination by Perfluoroalkyl Substances in Honey from Selected European Countries. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 97:112–118.

Van Asselt E. D., Kowalczyk J., van Eijkeren J. C. H., Zeilmaker M. J., Ehlers S., Fürst P., Lahrssen-Wiederholt M., van der Fels-Klerx H. J. (2013). Transfer of perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) from contaminated feed to dairy milk. *Food Chemistry*, 141:1489–1495.

Vestergren R., Orata F., Berger U., Cousins T. I. (2013). Bioaccumulation of perfluoroalkyl acids in dairy cows in a naturally contaminated environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(11):7959-7969.

Wieneke B., Zeilmaker M., Fragki S., Lijzen J., Verbruggen E., Bokkers B. (2020). Risk Assessment of Per- and Polyfluoroalkyl Substance Mixtures: A Relative Potency Factor Approach. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 40(3), 859-870.

Wilson T. B., Stevenson G., Crough R., de Araujo J., Fernando N., Anwar A., Scott T., Quinteros J. A., Scott P. C., Archer M. J. G. (2020). Evaluation of residues in hen eggs after exposure of laying hens to water containing per- and polyfluoroalkyl substances. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 40(3), 735-743.

Xie L., Jing H., Liu B., Chai Z., Shen J., Yang B. (2015). Residues and risk assessment of perfluorinated compounds in eggs. *Food and Fermentation Industries*, 1:225–229.

Zeilmaker M., Fragki S., Verbruggen E., Bokkers B., Lijzen J. (2018). Mixture exposure to PFAS: A Relative Potency Factor approach. RIVM Report 2018-0070.

Zhou Y., Zhou Z., Lian Y., Sun X., Wu Y., Qiao L., Wang M. (2021). Source, transportation, bioaccumulation, distribution and food risk assessment of perfluorinated alkyl substances in vegetables: A review. *Food Chemistry*, 349 :129-137.

Voorstelling van het Wetenschappelijk Comité ingesteld bij het FAVV

Het Wetenschappelijk Comité (SciCom) is een adviesorgaan ingesteld bij het Belgisch Federaal Agentschap voor de Veiligheid van de Voedselketen (FAVV) dat onafhankelijk wetenschappelijk advies verschaft met betrekking tot risicobeoordeling en risicobeheer in de voedselketen en dit op vraag van de gedelegeerd bestuurder van het FAVV, de Minister die bevoegd is voor de voedselveiligheid of op eigen initiatief. Het Wetenschappelijk Comité wordt administratief en wetenschappelijk ondersteund door de Stafdirectie voor Risicobeoordeling van het Agentschap.

Het Wetenschappelijk Comité bestaat uit 22 leden die benoemd zijn bij koninklijk besluit op basis van hun wetenschappelijke expertise in domeinen die te maken hebben met de veiligheid van de voedselketen. Het Wetenschappelijk Comité kan bij de voorbereiding van een advies beroep doen op externe deskundigen die geen lid zijn van het Wetenschappelijk Comité. Net als de leden van het Wetenschappelijk Comité dienen zij in staat te zijn om onafhankelijk en onpartijdig te kunnen werken. Om de onafhankelijkheid van de adviezen te waarborgen worden potentiële belangenconflicten transparant beheerd.

De adviezen zijn gebaseerd op een wetenschappelijke beoordeling van de vraagstelling. Zij vertolken het standpunt van het Wetenschappelijk Comité dat in consensus is genomen op basis van risicobeoordeling en de bestaande kennis over het onderwerp.

De adviezen van het Wetenschappelijk Comité kunnen **aanbevelingen** bevatten voor het controlebeleid van de voedselketen of voor de belanghebbende partijen. De opvolging van de aanbevelingen voor het beleid behoort tot de verantwoordelijkheid van de risicomangers.

Vragen over een advies kunnen gericht worden aan het secretariaat van het Wetenschappelijk Comité: Secretariaat.SciCom@favv.be

Leden van het Wetenschappelijk Comité

Het Wetenschappelijk Comité is samengesteld uit de volgende leden:

A. Clinquart, P. Delahaut, A. Geeraerd, N. Gillard, K. Houf, N. Korsak, L. Maes, B. De Meulenaer, N. De Regge, J. Dewulf, L. De Zutter, L. Herman, M. Mori, A. Rajkovic, N. Roosens, C. Saegerman, M.-L. Scippo, P. Spanoghe, Y. Vandenplas, K. Van Hoorde, S. Vlaeminck, F. Verheggen

Belangenconflicten

Er werden geen belangenconflicten gemeld.

Dankbetuiging

Het Wetenschappelijk Comité bedankt de Stafdirectie voor Risicobeoordeling en de deskundige die het spoedraadgeving heeft opgesteld.

Samenstelling van de werkgroep

De werkgroep was samengesteld uit:

Leden van het Wetenschappelijk Comité:	M.-L. Scippo (verslaggever), B. De Meulenaer, N. Gillard, S. Vlaeminck
Externe experts:	L. Bervoets (UAntwerpen), G. Eppe (ULiège), L. Joly (Sciensano), M. Van Holderbeke (VITO), E. Van Pamel (ILVO)
Dossierbeheerder :	M. Leroy
Waarnemers :	K. Beullens (FAVV), E. Moons (FAVV), V. Vromman (FAVV)

Wettelijk kader

Wet van 4 februari 2000 houdende oprichting van het Federaal Agentschap voor de Veiligheid van de Voedselketen, inzonderheid artikel 8.

Koninklijk besluit van 19 mei 2000 betreffende de samenstelling en de werkwijze van het Wetenschappelijk Comité ingesteld bij het Federaal Agentschap voor de Veiligheid van de Voedselketen.

Huishoudelijk reglement, bedoeld in artikel 3 van het Koninklijk besluit van 19 mei 2000 betreffende de samenstelling en de werkwijze van het Wetenschappelijk Comité ingesteld bij het Federaal Agentschap voor de Veiligheid van de Voedselketen, goedgekeurd door de Minister op 9 juni 2011.

Disclaimer

Het Wetenschappelijk Comité behoudt zich, te allen tijde, het recht voor dit advies te wijzigen indien nieuwe informatie en gegevens ter beschikking komen na de publicatie van deze versie.

Bijlage A. Gegevens van Groffen *et al.* (2019a, 2019b)

Tabel 3. Mediane concentraties in de bodem (1), in isopoden (2) en koolmeeseieren (3) volgens de afstand en de plaats van bemonstering tot de industriële site (Groffen *et al.*, 2019a)

Afstand ten opzichte van de industriële site (km)	Mediane concentratie van PFOS (µg/kg)			Mediane concentratie van PFOA (µg/kg)			Mediane concentratie van PFNA (µg/kg)			Mediane concentratie van PFHxS (µg/kg)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	606	185	29.958	8,07	7,56	18	0,34	< LOQ	8,09	< LOQ	< LOQ	NA
1	21	1,8	241	1,94	< LOQ	1,65	< LOQ	< LOQ	1,07	< LOQ	< LOQ	NA
2,3	2,41	< LOQ	409	2,89	< LOQ	1,56	< LOQ	< LOQ	1,33	< LOQ	< LOQ	NA
3	7,51	2,31	79	1,98	< LOQ	1,75	< LOQ	< LOQ	0,81	< LOQ	< LOQ	NA
11	8,03	< LOQ	27	1,83	< LOQ	1,01	< LOQ	< LOQ	1,0	< LOQ	< LOQ	NA

NA : niet geanalyseerd

Tabel 4. Gemiddelde concentraties van PFAS gemeten in de bodem (µg/kg) in functie van de afstand van de bemonsteringsplaats tot het industrieterrein (Groffen *et al.*, 2019b)

Afstand ten opzichte van de industriële site (km)	Gemiddelde concentratie van PFOS (µg/kg)	Gemiddelde concentratie van PFOA (µg/kg)	Gemiddelde concentratie van PFBA (µg/kg)	Gemiddelde concentratie van PFUnDA (µg/kg)
0	6,77	0,89	< LOQ	< LOQ
1	8,91	0,94	0,82	0,52
2,3	14,0	1,53	2,78	< LOQ
3	3,95	0,99	1,11	< LOQ
25	< LOQ	< LOQ	< LOQ	< LOQ

Bijlage B. Data van de UA Antwerpen

Tabel 5. Concentratie van PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS en som van deze 4 PFAS ($\mu\text{g}/\text{kg}$) in eieren ($n = 67$) en groenten ($n = 21$) uit particuliere tuinen, bemonsterd en geanalyseerd door UA Antwerpen in 2019

Afstand ten opzichte van de industriële site (m)	Concentratie van PFOS ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Concentratie van PFOA ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Concentratie van PFNA ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Concentratie van PFHxS ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Concentratie van de som ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Eieren ($n = 67$)					
728	136,06	1,08	1,18	1,96	140,28
728	155,25	1,32	1,22	1,26	159,05
767	44,70	0,52	0,14	0,97	46,34
767	48,96	0,31	0,30	1,81	51,38
920	520,38	2,21	0,97	5,02	528,58
920	621,79	2,86	1,23	7,85	633,74
1080	333,37	6,74	0,42	6,52	347,05
1080	634,12	5,72	0,55	5,54	645,94
1700	0,93	0,21	0,04	< LOQ	1,18
1700	1,68	0,29	0,11	< LOQ	2,07
2300	20,76	0,28	0,27	< LOQ	21,31
2300	30,91	0,47	0,46	< LOQ	31,83
2480	340,80	2,13	1,13	2,94	347,00
2480	272,36	3,28	1,13	3,23	280,00
2590	48,03	0,36	0,43	< LOQ	48,83
2590	31,54	0,47	0,24	< LOQ	32,26
2760	13,29	0,32	0,24	< LOQ	13,85
2760	16,39	0,56	0,21	< LOQ	17,16
3660	15,83	0,36	0,16	< LOQ	16,35
3660	19,37	0,42	0,20	< LOQ	19,98
3690	3,26	0,23	0,08	< LOQ	3,57
3690	4,62	0,23	0,15	< LOQ	5,00
3810	11,20	5,93	0,11	< LOQ	17,24
3810	7,38	8,14	0,08	< LOQ	15,60
4120	95,56	0,68	0,72	< LOQ	96,97
4270	49,29	4,93	0,98	2,07	57,27
4270	56,63	4,89	0,96	2,47	64,96
5090	4,20	0,21	0,05	< LOQ	4,46
5090	10,78	5,97	0,72	< LOQ	17,47
7090	9,38	0,32	0,24	< LOQ	9,94
7090	1,52	0,20	0,12	< LOQ	1,84
8460	15,10	4,54	0,40	0,29	20,33
8460	11,88	6,38	0,33	< LOQ	18,58
8470	6,13	6,38	0,11	< LOQ	12,62
8470	9,09	7,91	0,27	< LOQ	17,27
8900	6,77	4,02	0,17	< LOQ	10,97
9480	10,58	7,24	0,33	< LOQ	18,15
9480	9,04	8,75	0,23	< LOQ	18,02
9610	2,40	6,21	0,12	< LOQ	8,73
9610	9,40	5,88	0,27	< LOQ	15,56
10170	2,91	7,12	0,14	< LOQ	10,17

10170	2,42	6,46	0,11	< LOQ	8,99
10170	5,94	8,16	0,18	< LOQ	14,29
10170	5,07	6,66	0,18	< LOQ	11,91
10560	35,65	6,55	0,15	< LOQ	42,36
10560	8,10	7,77	0,00	< LOQ	15,87
10600	14,18	7,21	0,28	< LOQ	21,67
10600	19,01	5,92	0,14	< LOQ	25,06
10610	1,72	0,38	0,05	< LOQ	2,15
10610	1,68	0,58	0,07	< LOQ	2,33
11200	2,71	0,62	0,10	< LOQ	3,42
11200	4,76	0,57	0,11	< LOQ	5,44
11400	2,90	7,92	0,10	< LOQ	10,93
11400	1,34	7,17	0,11	< LOQ	8,62
11620	8,78	7,94	0,33	< LOQ	17,05
11620	7,19	6,15	0,32	< LOQ	13,66
12240	6,47	6,58	0,25	< LOQ	13,30
12240	4,53	5,61	0,15	< LOQ	10,28
13260	29,32	8,27	0,50	< LOQ	38,08
13260	14,83	5,63	0,27	< LOQ	20,73
13320	3,24	7,95	0,23	< LOQ	11,41
13320	3,52	6,95	0,18	< LOQ	10,65
13370	2,33	7,60	0,07	< LOQ	9,99
13370	1,79	1,42	0,12	< LOQ	3,33
14500	6,07	8,22	0,17	< LOQ	14,45
14500	2,12	7,10	0,14	< LOQ	9,36
14990	43,50	8,13	0,80	1,84	54,27
Groenten (n = 21)					
728	<LOQ	0,57	<LOQ	<LOQ	0,57
767	0,83	0,38	<LOQ	<LOQ	1,21
920	<LOQ	0,36	<LOQ	<LOQ	0,36
1080	0,29	0,43	<LOQ	<LOQ	0,71
1700	<LOQ	0,39	<LOQ	<LOQ	0,39
2300	<LOQ	0,83	<LOQ	<LOQ	0,83
2480	<LOQ	0,19	<LOQ	<LOQ	0,19
2760	0,13	1,55	<LOQ	<LOQ	1,68
3660	<LOQ	1,41	<LOQ	<LOQ	1,41
3670	0,11	0,28	<LOQ	<LOQ	0,38
4270	<LOQ	0,18	<LOQ	<LOQ	0,18
4940	<LOQ	0,13	<LOQ	<LOQ	0,13
5090	<LOQ	0,37	<LOQ	<LOQ	0,37
6020	0,24	1,20	<LOQ	<LOQ	1,45
7090	<LOQ	0,48	<LOQ	<LOQ	0,48
8460	0,13	2,27	<LOQ	<LOQ	2,40
9480	0,19	1,85	<LOQ	<LOQ	2,04
10170	<LOQ	0,15	<LOQ	<LOQ	0,15
10610	0,66	1,28	<LOQ	<LOQ	1,95
11200	<LOQ	0,34	<LOQ	<LOQ	0,34
13370	<LOQ	0,25	<LOQ	<LOQ	0,25

Bijlage C. Data van Kowalczyk *et al.* (2013)

Tabel 7. PFAS-concentraties in lever, nieren, spierweefsel en koemelk ($\mu\text{g}/\text{kg}$) en opnamepercentage, na 28 dagen verontreinigd voeder (groep 1) en na 28 dagen verontreinigd voeder gevolgd door 21 dagen depuratie (groep 2)

	PFBS		PFHxS		PFOS		PFOA	
	concn	% of ingested dose	concn	% of ingested dose	concn	% of ingested dose	concn	% of ingested dose
liver ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FM)								
group 1 ^a	0.3 \pm 0.3 ^c	0.005 \pm 0.004	60.8 \pm 23.7	0.58 \pm 0.14	2952 \pm 718	17.93 \pm 2.91	10.1 \pm 1.9	0.23 \pm 0.02
group 2 ^b	<LOD	<0.001	18.6 \pm 9.9	0.16 \pm 0.05	3964 \pm 1035	20.74 \pm 1.35	0.8 \pm 0.7	0.02 \pm 0.01
p value ^e	0.191	0.187	0.046	0.007	0.237	0.204	0.001	<0.001
kidney ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FM)								
group 1	1.0 \pm 0.3	0.003 \pm <0.001	98.2 \pm 30.8	0.182 \pm 0.032	1074 \pm 153	1.26 \pm 0.13	8.7 \pm 3.9	0.036 \pm 0.011
group 2	<LOD	<0.001	39.4 \pm 22.4	0.062 \pm 0.025	1408 \pm 303	1.42 \pm 0.13	0.4 ^d	<0.001
p value ^e	0.033	0.022	0.056	0.007	0.164	0.204	0.019	0.031
muscle tissue ($\mu\text{g}/\text{kg}$ FM)								
group 1	<LOD	<0.001	19.1 \pm 7.1	9.06 \pm 1.99	145 \pm 36	43.11 \pm 3.09	0.6 \pm 0.3	0.69 \pm 0.28
group 2	<LOD	<0.001	4.9 \pm 2.7	2.02 \pm 0.66	178 \pm 48	46.47 \pm 7.69	<LOD	0.034 \pm 0.058
p value ^e			0.032	0.004	0.387	0.522	0.028	0.017
milk ($\mu\text{g}/\text{L}$)								
group 1	0.016 \pm 0.041	0.013 \pm 0.021	1.86 \pm 1.36	1.47 \pm 0.54	9.06 \pm 9.17	4.68 \pm 1.50	0.07 \pm 0.07	0.10 \pm 0.06
group 2	<LOD	0.004 \pm 0.003	1.75 \pm 1.56	2.45 \pm 0.19	33.09 \pm 6.42	14.08 \pm 3.62	<LOD	0.09 \pm 0.03
p value ^f	0.094	0.517	0.895	0.022	<0.001	0.001	<0.001	0.705

^aSlaughtered after PFAS-feeding period ($n = 3$, day 29). ^bSlaughtered after PFAS-free feeding period ($n = 3$, day 50). ^cTwo of three dairy cows with levels above LOD. ^dTwo dairy cows with levels below LOD. ^eComparison between the groups for the same substance in tissue samples was performed using *t* test. ^fComparison between the groups for the same substance in milk was performed using Kruskal–Wallis test.