

# Verkenning van PFAS in eieren van hobbykippen en mogelijke oorzaken

Ellen Geerlings, Monique Bestman, Nick van Eekeren



© 2024 Louis Bolk Instituut

Verkenning van PFAS in eieren van hobbykippen en mogelijke oorzaken

Ellen Geerlings, Monique Bestman, Nick van Eekeren

43 pagina's

Publicatienummer: 2024-6180-LbD

Deze publicatie is beschikbaar via  
[www.louisbolk.nl/publicaties](http://www.louisbolk.nl/publicaties)

[www.louisbolk.nl](http://www.louisbolk.nl)

[info@louisbolk.nl](mailto:info@louisbolk.nl)

T 0343 523 860

Kosterijland 3-5

3981 AJ Bunnik

✂ @LouisBolk

## Voorwoord

Dit is een exploratieve studie naar mogelijke bronnen van PFAS-verontreiniging in eieren van zeven hobbykippenhouders, met als doel een indicatie te krijgen van mogelijke bronnen om hiermee een gericht vervolgonderzoek op te zetten. In deze studie werden eieren, voer, schelpengrit, meelwormen en bodem onderzocht op PFAS, en werden gegevens verzameld over de houderij en potentiële bronnen van PFAS-besmetting in de omgeving van de locaties. Voor de informatie over potentiële risicolocaties is samengewerkt met Sweco, dat beschikt over een landelijke dataset van PFAS-ricolocaties. We danken Sweco voor het lezen en reviewen van dit rapport en voor hun waardevolle feedback.

# Samenvatting

## Inleiding

PFAS (geperfluoreerde en polygefluoreerde alkylverbindingen) zijn chemische stoffen die zich ophopen in het milieu en levende organismen. PFAS zijn persistent en bioaccumulatief, wat betekent dat ze zich ophopen in de voedselketen. De belangrijkste verbindingen zijn PFOS en PFOA, die wijdverspreid zijn door hun gebruik in industriële en commerciële toepassingen. In het literatuuronderzoek van het rapport worden verschillende mogelijke bronnen van PFAS genoemd. Deze omvatten industriële activiteiten zoals PFAS-productie en -verwerking, militaire terreinen en vliegvelden waar PFAS-houdend blusschuim wordt gebruikt, en waterbronnen zoals regenwater en kraanwater afkomstig van oppervlaktewater. Daarnaast worden voer en diervoeder, bodem en compost, pesticiden en landbouw, dakbedekkingsmaterialen en regentonnen, en afvalverwerkingsbedrijven en waterzuiveringsinstallaties genoemd als potentiële bronnen van PFAS-verontreiniging. Bodemfauna, zoals regenwormen, kunnen PFAS accumuleren. Recent onderzoek van Arcadis heeft bevestigd dat regenwormen een belangrijke bron zijn van hoge PFAS-concentraties in eieren. Ook composthopen, waar compostfauna in hoge concentraties voorkomt, kunnen een potentieel significante bron van PFAS zijn. Deze bronnen dragen bij aan de aanwezigheid van PFAS in de omgeving van hobbykippenhouders.

Deze exploratieve studie onderzocht PFAS in eieren, voer, schelpengrit, meelwormen en bodem, en verzamelde gegevens over de houderij en potentiële bronnen van PFAS-besmetting. Bij zeven hobbykippenhouders werden monsters van deze materialen verzameld. De analyse werd uitgevoerd door TLR International Laboratories met behulp van LC-MS/MS.

## Resultaten

- **PFAS in eieren:** Uit analyses blijkt dat op zes van de zeven onderzochte locaties de eieren een totale concentratie van PFNA, PFOA, PFOS en PFHxS (PFAS-4) bevatten die de vastgestelde norm van 1,7 microgram per kilogram overschrijdt. Opvallend is dat op locatie 2, 4, 6 en 7 de gemeten waarden minstens vier keer hoger liggen dan de gestelde norm. Deze overschrijding kwam met name van PFOS.
- **Relatie tussen PFAS in de bodem en eieren:** Er werd een sterke correlatie gevonden tussen PFOA in de bodem en PFOA in eieren ( $\rho = 0.721$ ,  $p = 0.034$ ).
- **Relatie tussen leeftijd en PFAS-concentratie in eieren:** Oude kippen (>2 jaar) en jonge kippen (<1 jaar) vertoonden hogere PFAS-niveaus in hun eieren dan kippen tussen 1-2 jaar. Dit wijst op bioaccumulatie van PFAS in oudere kippen en jonge kippen die nog niet gelegd hebben.
- **Relatie tussen legpercentage en PFAS-concentratie in eieren:** Er is een sterke negatieve correlatie tussen het percentage eieren dat een kip legt en de concentratie PFAS in die eieren ( $\rho = -0.750$ ,  $p = 0.033$ ). Dit betekent dat bij een lagere eierproductie de concentratie PFAS in de eieren toeneemt.



## Discussie

De resultaten laten zien dat PFOS de dominante verbinding was in de eieren, wat consistent is met andere Europese studies. Voer, meelwormen en grit bleken geen significante bronnen van PFAS te zijn. Er werd een correlatie gevonden tussen PFOA-concentraties in de bodem en in eieren, maar niet voor PFOS. Locaties in de nabijheid van potentiële PFAS-bronnen, zoals militaire oefenterreinen en chemische fabrieken, vertoonden verhoogde PFAS-waarden in de bodem. Dit suggereert een mogelijke invloed van deze bronnen, hoewel een direct verband niet kan worden bewezen met de beperkte steekproef van zeven locaties. Daarnaast vertoonden oudere kippen en kippen met een lager legpercentage hogere PFAS-waarden in hun eieren, wat wijst op bioaccumulatie. De concentratie PFAS in eieren fluctueert gedurende het jaar, waarbij deze afneemt naarmate het legseizoen vordert.

## Conclusies

De studie bevestigt dat PFOS de meest voorkomende PFAS-verbinding is in de eieren van hobbykippenhouders, wat de wijdverspreide aanwezigheid van deze stof in de omgeving benadrukt. Er is een duidelijke correlatie tussen de PFOA-concentraties in de bodem en in eieren, wat suggereert dat bodemverontreiniging een belangrijke bron kan zijn. Locaties met recent opgebrachte schone grond vertoonden geen PFAS in het bodemmonster en lage PFAS-waarden in de eieren, wat wijst op het belang van schone grond. Verhoogde PFAS-waarden werden gevonden bij locaties in de nabijheid van potentiële PFAS-bronnen, zoals militaire oefenterreinen en chemische fabrieken, hoewel een direct verband niet kan worden bewezen. Bovendien vertoonden oudere kippen en kippen met een lager legpercentage hogere PFAS-waarden in hun eieren, wat overeenkomt met bevindingen uit de literatuur

## Aanbevelingen

Vervolgonderzoek zou zich kunnen richten op:

- Legpercentage en leeftijd van kippen: Onderzoek naar drempelwaarden voor legpercentage en leeftijd.
- Regenwormen: Wat is de rol van regenwormen in de accumulatie van PFAS in eieren met name op (semi)professionele bedrijven?
- Begroeiing: Speelt de mate van bodemvegetatie een rol in het contact tussen kippen en grond? Kan de vegetatie in de uitloop een directe of indirecte bron van PFAS zijn?
- Seizoensgebonden variatie: Onderzoek naar seizoensgebonden variatie in PFAS-gehalten in eieren.
- Bodem: Onderzoek naar de effecten van maatregelen die zowel de inname van grond evenals de inname van regenwormen kunnen verminderen zoals betegelen of het aanbrengen van een schone laag zand.
- Lucht: Onderzoek naar PFAS-depositie vanuit de lucht en mogelijke preventieve maatregelen.
- Drinkwater: Onderzoek naar de risico's van regenwater als drinkwaterbron.

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>4</b>
<b>2 PFAS - de literatuur</b>	<b>5</b>
2.1 PFAS diversiteit en eigenschappen	5
2.2 Bronlocaties	6
2.3 PFAS in kippen en eieren	6
2.4 Bronnen van PFAS voor kippen	9
<b>3 Praktijkonderzoek bij hobby pluimveehouders - werkwijze</b>	<b>14</b>
3.1 Monstername eieren, voer en bodem	14
3.2 Analyse PFAS	16
3.3 Enquête over management	16
<b>4 Praktijkonderzoek bij hobby pluimveehouders - resultaten</b>	<b>18</b>
4.1 PFAS in eieren	18
4.2 Bronnen van PFAS	18
4.3 Koppelgrootte & leeftijd	21
4.4 Relaties tussen bronnen en management en PFAS in eieren	21
4.5 Potentiële bronnen van PFAS verontreiniging	23
<b>5 Praktijkonderzoek bij hobby pluimveehouders - discussie</b>	<b>24</b>
5.1 PFAS in eieren en bronnen	24
5.2 PFAS in eieren en eiproductie van kippen	25
5.3 Beperkingen onderzoek	26
<b>6 Praktijkonderzoek bij hobby pluimveehouders - conclusies en aanbevelingen</b>	<b>27</b>
6.1 Conclusies	27
6.2 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek naar oplossingsrichtingen	27
<b>Literatuur</b>	<b>30</b>
<b>Bijlage I. Hoe verhoudt zich de AWI met de norm voor PFAS in eieren?</b>	<b>34</b>
<b>Bijlage II. Max aantal eieren per week bij variërend niveau van verontreiniging, lichaamsgewicht en gewicht van de eieren</b>	<b>35</b>
<b>Bijlage III Compositfauna</b>	<b>37</b>
<b>Bijlage IV Samenvatting mogelijke risicofactoren</b>	<b>38</b>

# 1 Inleiding

Vanaf eind 2023 is er een significante toename in de berichtgeving over PFAS (zie Kader: Wat zijn PFAS?), met name door de frequente meldingen van PFAS in eieren van hobbykippen. Hoewel er volop gespeculeerd werd over de mogelijke bronnen van PFAS in kippeneieren, kon lange tijd geen specifieke oorzaak aangewezen worden (RIVM, 2024a). Recent onderzoek van ARCADIS (2024) op tien geselecteerde locaties heeft aangetoond dat regenwormen een significante bron van PFAS zijn; de gemeten concentraties in de wormen verklaarden een groot deel van de hoeveelheid PFAS in eieren.

In een exploratieve studie uitgevoerd vóór de publicatie van ARCADIS naar mogelijke bronnen van PFAS-verontreiniging zijn de eieren van zeven hobbykippenhouders onderzocht op PFAS. Daarnaast is het voer, grit, meelwormen en de bodem onderzocht op PFAS, en werden gegevens verzameld over de houderij en potentiële bronnen van PFAS-besmetting in de omgeving van de locaties. Doel is een indicatie te krijgen van de gehalten in de praktijk en de mogelijke oorzaken, zodat hypothesen opgesteld zouden kunnen worden voor oplossingsrichtingen in een gericht en grootschaliger vervolgonderzoek.

## Wat zijn PFAS?

**PFAS** (geperfluoreerde en polygefluoreerde alkylverbindingen) zijn een groep van meer dan 4700 door de mens gemaakte stoffen die veel worden gebruikt in industriële toepassingen en consumentenproducten vanwege hun water-, vet- en vuilafstotende eigenschappen. De stoffen hopen zich op in levende wezens en het milieu. Ze staan bekend als “for ever chemicals” vanwege hun extreme persistentie. Hun wereldwijde aanwezigheid en potentiële toxiciteit zijn zorgwekkend voor de gezondheid van dieren, mensen en het milieu. De belangrijkste bron van blootstelling aan PFAS is via voeding en water (RIVM 2023, Peritore et al., 2023)

**Persistentie:** PFAS zijn moeilijk afbreekbaar en blijven lang in het milieu aanwezig (RIVM, 2023; WHO, 2022).

**Bioaccumulatie:** Deze stoffen kunnen zich ophopen in de voedselketen, wat leidt tot verhoogde concentraties in dieren en mensen (EPA, 2021). Zo bleken regenwormen grote hoeveelheden PFAS te bevatten (ARCADIS, 2024)

**Gezondheidsrisico's:** Blootstelling aan deze stoffen kan leiden tot ernstige gezondheidsproblemen, waaronder kanker, leverschade, vruchtbaarheidsproblemen, hormonale verstoringen en immuunsysteemproblemen (ATSDR, 2020, Peritore et al., 2023).

In Hoofdstuk 2 wordt een korte weergave van de belangrijkste bevindingen uit de literatuur besproken. In Hoofdstuk 3 en 4 worden respectievelijk het materiaal en de methode, en de resultaten van het praktijkonderzoek beschreven. In Hoofdstuk 5 bespreken we de resultaten van ons onderzoek. Tot slot worden in Hoofdstuk 6 de conclusies besproken en doen we suggesties voor toekomstig onderzoek.

## **2 PFAS - de literatuur**

### **2.1 PFAS diversiteit en eigenschappen**

De belangrijkste PFAS-verbindingen PFOS (Perfluorooctaansulfonaten) en PFOA (Perfluorooctaanuur) zijn beide wijdverspreid in het milieu vanwege hun hoge chemische stabiliteit en uitgebreid gebruik in commerciële en industriële toepassingen in de afgelopen 50 jaar (NTP, 2016). PFOS en PFOA worden vaak gebruikt vanwege hun water-, vet- en vuilafstotende eigenschappen. Een bekend voorbeeld van het gebruik van PFOS is in blusschuim, dat veel wordt gebruikt bij brandbestrijding vanwege zijn effectiviteit in het doven van olie- en brandstofbranden. Daarnaast worden PFAS ook gebruikt voor de anti-aanbaklaag in pannen, voedselverpakkingen zoals pizzadozen, regenkleding, kettingsmeer, en in schoenensprays om schoenen vochtwerend te maken (Rijksoverheid, 2024).

Langdurige transportprocessen zorgen voor de verspreiding van PFAS over de hele wereld, zelfs in afgelegen gebieden zoals de Arctische en Antarctische regio's. Dit gebeurt via atmosferisch transport en oceaanstromen. PFAS-emissies kunnen via atmosferisch transport verder dan 150 km van de bron worden getransporteerd (ITRC, 2023).

PFOS (Perfluorooctaansulfonaten) wordt vaak in hogere concentraties in het milieu aangetroffen dan PFOA (Perfluorooctaanuur). Dit komt door de sterke chemische bindingen van PFOS, waardoor het resistenter is tegen afbraak en het zich gemakkelijker kan ophopen in het milieu. Echter, de precieze verdeling en concentraties van PFOS en PFOA kunnen variëren afhankelijk van lokale omstandigheden en bronnen van vervuiling.

PFOS en PFOA zijn zogenaamde oppervlakte-actieve stoffen waarvan het gedrag in het bodemwatersysteem moeilijk is te voorspellen (RIVM, 2023a). PFOA (Perfluorooctaanuur) is over het algemeen mobieler in het milieu dan PFOS (Perfluorooctaansulfonaten) (Griffioen, 2016). Dit betekent dat PFOA zich gemakkelijker en sneller kan verspreiden in het milieu, bijvoorbeeld via water, dan PFOS. Het is ook belangrijk om te vermelden dat zowel PFOA als PFOS persistent zijn en zich kunnen ophopen in het milieu, inclusief de bodem (EPA, 2022, RIVM, 2023). PFOS wordt echter sterker geabsorbeerd dan PFOA (Griffioen, 2016). Dit betekent dat PFOS meer kans heeft om in de bodem te blijven dan PFOA.



## 2.2 Bronlocaties

Ingenieursadviesbureau Sweco ([www.sweco.nl](http://www.sweco.nl)) heeft een kaart van Nederland gepubliceerd waarop de potentiële bronlocaties van PFAS zijn gemarkeerd (Sweco, 2019). Nabij deze locaties kan het PFAS-gehalte zodanig verhoogd zijn dat dit risico's met zich meebrengt voor de volksgezondheid. Tot de potentiële hoogrisico-bronlocaties behoren onder andere PFAS-producerende industrieën zoals Chemours, en PFAS-verwerkende industrieën zoals de verwerking van Teflon, en de galvanische industrie. Ook vliegvelden, brandweeroefenplaatsen en defensie terreinen vallen onder de hoogrisico-terreinen. Onder de zogenaamde beperkt risico-bronlocaties vallen de textielindustrie, papierindustrie, grafische industrie, en vermoedelijk ook afvalverwerkers zoals stortplaatsen en waterzuiveringsinstallaties (Sweco, 2019).

## 2.3 PFAS in kippen en eieren

Nederland telt duizenden hobbykippenhouders. De motivatie voor hobbykippenhouders om kippen te houden reikt verder dan de eierproductie. Voor velen draait het ook om het behoud van zeldzame rassen, het bieden van een langer en beter leven voor kippen uit de commerciële sector, en het genieten van een vorm van ontspanning en voldoening. Bovendien helpen kippen bij de afvalverwerking door keukenafval, onkruid, insecten en slakken te eten, en leveren ze waardevolle kippenmest die als meststof voor de tuin kan worden gebruikt.

Sinds het nieuws begin 2024 hebben honderden particulieren uit het hele land de eieren van hun eigen kippen laten testen op de aanwezigheid van PFAS (Bloem en Hoenders, 2024). Volgens Normec is in ongeveer 60% van de gevallen het PFAS gehalte te hoog (Pointer, 2024a). Dit betreft waarschijnlijk een onderschatting omdat er vaak maar naar een beperkt aantal van de meest voorkomende soorten wordt gekeken (PFAS-4), waar de EFSA een norm voor heeft opgesteld.

PFAS-stoffen kunnen zich ophopen in het lichaam van kippen, omdat ze nauwelijks afbreken in het milieu en langzaam accumuleren in organismen. Hoewel excretie via rui en ontlasting kan plaatsvinden, vormen eieren een belangrijke route voor de uitscheiding van deze stoffen uit het lichaam van de kip (RIVM, 2024). PFAS bindt zich voornamelijk aan vetten en eiwitten. Wanneer je kijkt naar de totale concentratie van alle PFAS, is de verhouding meestal hoger in het eigeel dan in het eiwit (Zafeiraki et al., 2016; Su et al., 2017). Su et al. (2017) vonden bijna 100% van PFOS en meer dan 90% van PFOA in het eigeel. Andere PFAS, zoals PFBA en PFPeA, werden vaker in het eiwit aangetroffen.

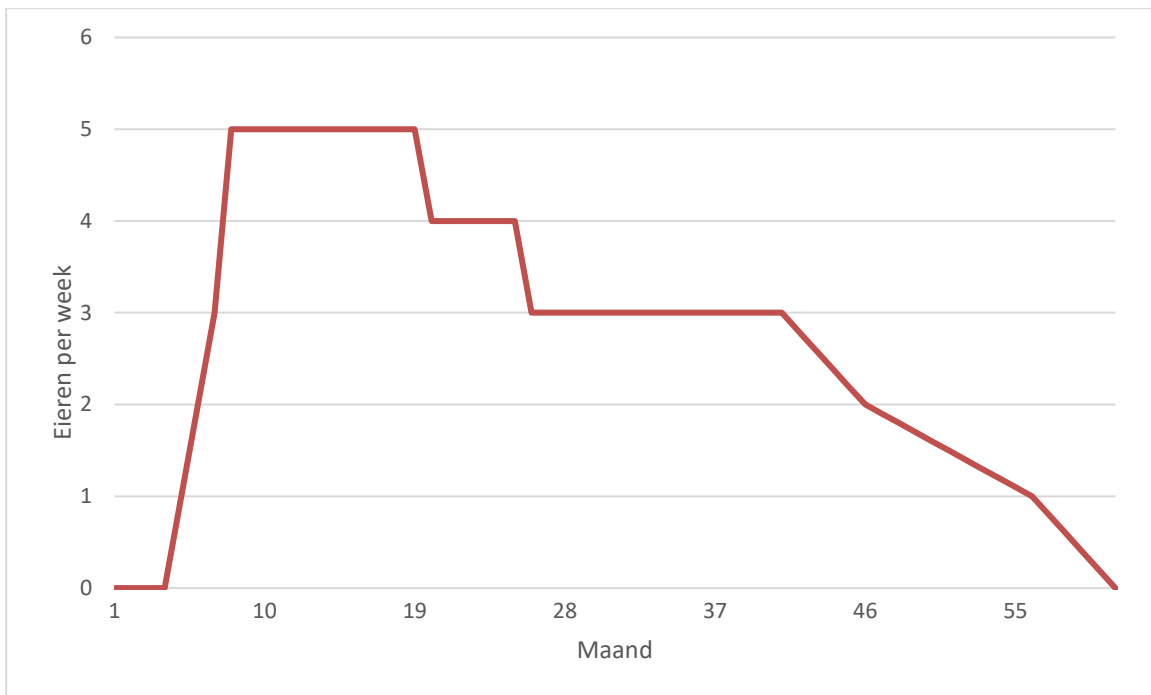
Volgens verschillende Europese onderzoeken is PFOS de dominante PFAS-verbinding in eieren van hobbykippenhouders (Lasters et al., 2023; Zafeiraki et al., 2016; Gazotti et al., 2021). Dit roept de vraag op waarom PFOS vooral in de eieren voorkomt. Een mogelijke verklaring is dat deze specifieke stof zich sterker concentreert in dierlijke producten als eieren en melk dan andere PFAS-verbindingen. Jacob de Boer, emeritus hoogleraar milieuchemie en toxicologie, legt uit: "Onderzoekers in Wageningen hebben een experiment uitgevoerd met koeien en melk, waaruit

bleek dat PFOA, een stof die jarenlang door het bij Dordrecht gesitueerde bedrijf Chemours is uitgestoten, niet in de melk van koeien in de regio Dordrecht voorkomt. Daarentegen werd PFOS, geproduceerd door het bij Antwerpen gesitueerde bedrijf 3M, wel aangetroffen in de melk van koeien in de regio Antwerpen" (De Boer, 2024, aangehaald in het AD).

Jonge kippen die voor het eerst eieren leggen, vertonen vaak verhoogde PFAS-gehaltenes, zoals aangetoond door Lasters et al. (2022). Naarmate de kippen meer eieren produceren, wordt de concentratie PFAS verdeeld over meerdere eieren, wat logischerwijs resulteert in lagere gehaltenes per ei. Vanaf ongeveer 1,5 jaar gaan de kippen minder eieren leggen, waardoor PFAS zich weer begint op te hopen in hun lichaam. Dit komt door de langere blootstellingsperiode en de afname van de eierproductie naarmate ze ouder worden. Dit verklaart de hogere waarden van PFAS in eieren van oudere kippen (Eichhorn et al., 2019, Kotthoff et al., 2020).

De eierproductie wordt sterk beïnvloed door de daglichtduur en het ras. Kippen hebben doorgaans 14-16 uur licht per dag nodig om optimaal eieren te leggen. In de wintermaanden of in donkere omgevingen kan kunstmatige belichting worden gebruikt om deze daglichtduur te verlengen, wat helpt om de eierproductie op peil te houden. Daarnaast speelt het ras een cruciale rol; sommige rassen, zoals de Leghorn, staan bekend om hun hoge legpercentage, terwijl andere rassen van nature minder eieren leggen.

De meeste niet-commerciële kippenrassen beginnen met eieren leggen rond de leeftijd van 5-6 maanden. De piek in eierproductie wordt meestal bereikt rond de 7-8 maanden, waarbij een kip tot 5-6 eieren per week kan leggen. Na de piek stabiliseert de productie en legt de kip gemiddeld 3-4 eieren per week gedurende het eerste jaar. Na het eerste jaar begint de eierproductie geleidelijk af te nemen, en in het tweede jaar kan de productie dalen tot 2-3 eieren per week. Tegen het derde jaar en daarna neemt de productie verder af, en sommige kippen stoppen helemaal met leggen (Deblaere, J. en Gommers, G., 2016; Harvey, E., 2024) (Figuur 1).



Figuur 1 Legcurve (bij benadering) van niet-commerciële rassen

Kippen in de legpluimveehouderij worden vaak niet ouder dan ongeveer 1,5 jaar (Peet van der et al., 2018). Hobbykippenhouders houden hun kippen meestal tot ze een natuurlijke dood sterven. Vanwege hun gemiddeld hogere leeftijd leggen ze dus nog maar weinig eieren. Dit verschil verklaart gedeeltelijk waarom eieren van hobbykippenhouders hogere PFAS-gehalten bevatten dan eieren uit de commerciële sector (RIVM, 2024a; RIVM, 2024b). Tot dusver blijkt uit steekproeven van RIVM en de brancheorganisatie Avined dat de PFAS gehalten van eieren uit de commerciële sector de PFAS-norm niet overschrijden (NOS, 2024).

De European Food Safety Authority (EFSA) heeft voor de zogenaamde EFSA-4 een gezamenlijke toelaatbare wekelijkse inname (TWI) vastgesteld. Deze drempelwaarde voor menselijke consumptie, bepaald op 4,4 nanogram per kilogram lichaamsgewicht per week, is bedoeld om de risico's te beperken die voortkomen uit de blootstelling aan deze stoffen via voedsel (EFSA 2020) (zie Kader: Hoeveel eieren kan men in theorie nog eten).

Voor eieren is een specifieke norm gesteld op 1,7 microgram per kilogram (EC 2023). Deze norm dient als richtlijn om te waarborgen dat de consumptie van eieren niet leidt tot een overschrijding van de TWI voor PFAS. De relatie tussen de TWI en deze norm wordt verder toegelicht in Bijlage I.

### Hoeveel eieren kan men in theorie nog eten?

De aanvaardbare wekelijkse inname (AWI) van de som van vier specifieke PFAS (PFOA, PFNA, PFHXS en PFOS) is vastgesteld door de EFSA. Voor volwassenen bedraagt deze inname 4,4 nanogram per kilogram lichaamsgewicht per week.

Een persoon van 50 kg zou dus maximaal 220 nanogram PFAS per week mogen binnenkrijgen ( $50 \times 4,4 = 220$ ). Stel eieren zijn verontreinigd met  $7,0 \mu\text{g}/\text{kg}$  PFAS. Dit komt overeen met 7000 nanogram PFAS per kilo ei. Voor een krielkipei van 30 gram betekent dit 210 nanogram. Met het eten van slechts één ei van 30 gram zit een persoon van 50 kg dus bijna aan de AWI van 220 nanogram (4,4 nanogram per kilogram lichaamsgewicht) per week.

**Let op! Bij deze berekening is geen rekening gehouden met mogelijke andere bronnen van PFAS, zoals vis, vlees en groente.**

*Max aantal eieren per week bij een verontreiniging van  $7,0 \mu\text{g}/\text{kg}$  en variërend lichaamsgewicht en gewicht van de eieren*

	Gewicht ei			
Gewicht persoon	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr
30 kg	0,63	0,47	0,38	0,31
40 kg	0,84	0,63	0,50	0,42
50 kg	1,05	0,79	0,63	0,52
60 kg	1,26	0,94	0,75	0,63
70 kg	1,47	1,10	0,88	0,73
80 kg	1,68	1,26	1,01	0,84
90 kg	1,89	1,41	1,13	0,94
100 kg	2,10	1,57	1,26	1,05

\* Dit is een willekeurig gekozen hoeveelheid, die overeenkomt met de gevonden waarden van PFAS in eieren op een van de locaties. In bijlage II staan de berekeningen voor andere niveaus van PFAS-verontreiniging, variërend lichaamsgewicht en gewicht van de eieren.

## 2.4 Bronnen van PFAS voor kippen

Kippen kunnen PFAS binnenkrijgen via verschillende bronnen, waaronder water en voer. Voyer kan bestaan uit mengvoer of andere voedermiddelen, zoals meelwormen en groente- en tuinafval. Daarnaast kunnen kippen PFAS opnemen via de bodem en composthoop, zowel direct als indirect. Dit kan gebeuren door het binnenkrijgen van bodemdeeltjes tijdens het scharrelen en via regenwormen en insecten die PFAS uit hun omgeving hebben opgenomen en vervolgens door de kippen worden gegeten. Of hobbykippen daadwerkelijk PFAS binnenkrijgen via deze media, hangt sterk af van de mate van vervuiling (indien aanwezig) en de blootstelling.

### 2.4.1 Water

Het gebruik van regenwater en kraanwater als drinkwater voor kippen kan aanzienlijke verschillen vertonen wat betreft de aanwezigheid van PFAS (per- en polyfluoralkylstoffen). Regenwater, dat vaak wordt verzameld van daken en opgeslagen in regentonnen, kan verontreinigd raken door atmosferische depositie van PFAS, vooral in gebieden nabij industriële activiteiten, snelwegen, of percelen waar pesticiden worden gebruikt (Costello & Lee, 2020). Deze verontreiniging kan optreden doordat PFAS-deeltjes in de lucht terechtkomen en vervolgens neerslaan op oppervlakken waar regenwater wordt opgevangen (Faust, 2023).

Bovendien kunnen dakbedekkingsmaterialen zoals bitumen en EPDM PFAS bevatten of behandeld zijn met PFAS-houdende coatings om hun duurzaamheid en weerbestendigheid te verbeteren. Wanneer regenwater over deze dakbedekkingen stroomt, kunnen PFAS-deeltjes in het water terechtkomen en zo bijdragen aan de verontreiniging (Green Science Policy Institute, 2021). Daarnaast kunnen plastic regentonnen ook een bron van PFAS-verontreiniging zijn. Kunststoffen zoals fluorinated high-density polyethylene (HDPE) kunnen PFAS bevatten als gevolg van hun productieproces of door de toevoeging van PFAS-houdende additieven. Deze stoffen kunnen in het regenwater uitloggen, vooral wanneer de regentonnen aan UV-straling en temperatuurschommelingen worden blootgesteld en al oud zijn (EPA, 2022; Arcadis 2023).

Kraanwater afkomstig van oppervlaktewater bevat over het algemeen hogere concentraties PFAS (per- en polyfluoralkylstoffen) dan water uit grondwater (Lasters et al. 2022; RIVM, 2022a). Dit komt doordat oppervlaktewater, zoals rivieren en meren, direct blootgesteld wordt aan diverse bronnen van PFAS-verontreiniging, waaronder industriële lozingen, afspoeling van landbouwpercelen en atmosferische depositie (Sadia et al., 2023). Uit onderzoek blijkt dat in Nederland drinkwater geproduceerd uit oppervlaktewater in meerdere gevallen de veilige PFAS-niveaus overschrijdt, terwijl drinkwater uit grondwater dit minder vaak doet (RIVM, 2022a).

Waterzuiveringsinstallaties zijn niet altijd in staat om alle PFAS uit het drinkwater te verwijderen. Hoewel technieken zoals granulair actief kool (GAC), ionenwisselingsharsen en membraanfiltratie (zoals omgekeerde osmose) effectief kunnen zijn in het verwijderen van bepaalde PFAS, blijven sommige verbindingen, vooral kortketen-PFAS, moeilijk te verwijderen (Amen et al., 2023). Dit betekent dat zelfs na behandeling nog steeds restconcentraties van PFAS in het drinkwater aanwezig kunnen zijn, wat een risico vormt voor de volksgezondheid (RIVM, 2022a).

### 2.4.2 Mengvoer

In Denemarken werden in 2023 PFAS aangetroffen in biologische eieren. Het vermoeden was dat deze stoffen werden overgedragen via het vismeel dat wordt gebruikt in diervoeder. Dit verband werd gelegd omdat gelijke concentraties en samenstellingen van PFAS werden gevonden bij grote groepen kippen die biologisch voer met vismeel kregen (Biojournaal 2023; DTU, 2023).

In Nederland gebruiken slechts enkele bedrijven vismeel in hun pluimveevoer. Bovendien wordt er door middel van een protocol op toegezien dat er geen PFAS-besmet vismeel wordt gebruikt en zijn er normen voor diervoer (EC 2002; RIVM 2024). Ook in andere studies is geen (of nauwelijks) PFAS aangetroffen in vergelijkbare voeders (Zafeiraki et al., 2016, Eichhorn et al. 2019, BfR 2024, RIVM 2024a, NVWA 2024).

### 2.4.3 Meelwormen

Meelwormen zijn een uitstekende bron van eiwitten en essentiële voedingsstoffen, wat bijdraagt aan de gezondheid en productiviteit van kippen. Veel hobbykippenhouders voeren meelwormen aan hun kippen als traktatie. Het gebruik van meelwormen brengt mogelijke risico's met zich mee, vooral als het substraat waarin de meelwormen worden gekweekt, vervuild is met PFAS.

Onderzoek uitgevoerd door de Deense Technische Universiteit (DTU) heeft aangetoond dat PFAS kunnen worden overgedragen van het substraat naar de larven van de gele meelworm, die vaak worden gebruikt als voeder voor dieren (Berggreen et al. 2024). PFAS kunnen aanwezig zijn in bepaalde pesticiden die worden gebruikt op gewassen die later als substraat voor meelwormen dienen. Daarnaast kan irrigatiewater dat wordt gebruikt voor de teelt van granen en andere gewassen PFAS bevatten, vooral in gebieden met bekende PFAS-vervuiling. De grondstoffen zelf, zoals zemelen of haver, kunnen ook al vervuild zijn met PFAS als ze zijn geteeld in verontreinigde gebieden.

De aanwezigheid van PFAS in meelwormen kan leiden tot bioaccumulatie, wat betekent dat kippen die deze meelwormen eten, ook PFAS binnenkrijgen. Dit kan vervolgens leiden tot ophoping van PFAS in de eieren en het vlees van de kippen.

### 2.4.4 PFAS residuen in groente en fruit

Het gebruik van PFAS-houdende pesticiden in de landbouw kan leiden tot aanzienlijke vervuiling van zowel lucht als bodem. Wanneer deze pesticiden worden toegepast, kunnen ze via verschillende routes in het milieu terechtkomen<sup>1</sup>. Bijvoorbeeld, door drift tijdens het spuiten kunnen PFAS-deeltjes in de lucht terechtkomen en zich verspreiden over een groot gebied (Costello & Lee, 2020). Daarnaast kunnen PFAS via afspoeling en infiltratie in de bodem en het grondwater terechtkomen, wat leidt tot langdurige vervuiling van deze milieumedia (Beškoski et al., 2024). Kippen kunnen aan PFAS worden blootgesteld door het eten van besmet voedsel, het drinken van verontreinigd water, of door direct contact met besmette bodem (Zafeiraki et al., 2016).

In de afgelopen tien jaar is het aantal groenten en fruit met residuen van ten minste één pesticide waar in PFAS-verbindingen zijn gebruikt in de EU verdrievoudigd. Nederland is koploper in Europa,

---

<sup>1</sup> PFAS-houdende pesticiden bevatten vaak stoffen met één of meerdere trifluormethylgroepen (CF<sub>3</sub>-groepen). Deze stoffen kunnen in het milieu worden omgezet in trifluorazijnzuur (TFA), wat bijdraagt aan de verspreiding van PFAS. De analyse van PFAS in grond en eieren richt zich echter meestal op verbindingen met langere ketens van perfluoralkylgroepen (CF<sub>2</sub>-groepen), zoals perfluorooctaanzuur (PFOA) en perfluorooctaansulfonzuur (PFOS) (Persoonlijke communicatie Ir. J. Sterken, Sweco, 2 September 2024).



met 27% van alle groenten en fruit waarop PFAS-residuen zijn aangetroffen (PAN Europe, 2024). Op basis van de momenteel toegelaten middelen bevat ongeveer 10% van de gewasbeschermingsmiddelen en minder dan 1% van de toegelaten biociden PFAS. Dit betreft zowel middelen die PFAS bevatten als werkzame stof (105 gewasbeschermingsmiddelen en 3 biociden) als middelen die PFAS als hulpstof bevatten (5 gewasbeschermingsmiddelen en 1 biocide) (RIVM, 2022b). In Nederland werd in 2021 ruim 200 ton aan PFAS-houdende pesticiden verkocht (PAN Europe, 2024).

De middelen met PFAS zijn vooral schimmelbestrijders (Boerderij, 2024):

1. Fluazinam: Dit fungicide wordt ingezet tegen ziekten zoals phytophthora en alternaria. Het remt de groei van schimmels en helpt gewassen te beschermen tegen infecties.
2. Fluopyram: Dit middel wordt gebruikt om echte meeldauw, botrytis en andere schimmelziekten te bestrijden. Het heeft een breed werkingspectrum en wordt vaak toegepast in de landbouw.
3. Flutolanil: Flutolanil wordt voornamelijk gebruikt tegen valse meeldauw, phytophthora en rhizoctonia. Het is effectief bij het voorkomen en behandelen van schimmelziekten in gewassen.
4. Metaflumizone: Dit fungicide wordt ingezet tegen sclerotinia, pythium en ringvlekkenziekte.

#### 2.4.5 Direct en indirect via de bodem

PFAS kunnen in de bodem ophopen. Dit varieert aanzienlijk afhankelijk van de bodemsoort en specifieke bodemkenmerken. Bodems met een hoog organisch koolstofgehalte en kleigehalte hebben de neiging om meer PFAS te adsorberen, wat leidt tot hogere accumulatie in deze bodems (Groffen et al., 2022; Schilling Costello & Lee, 2020, ARCADIS 2023). De kationenuitwisselingscapaciteit (CEC) van de bodem speelt ook een belangrijke rol, waarbij bodems met een hoge CEC meer PFAS binden en hun mobiliteit verminderen (Lim et al., 2022). Daarnaast kunnen PFAS de microbiële activiteit in de bodem beïnvloeden, wat de afbraak van organisch materiaal en de bodemstructuur verandert, afhankelijk van de specifieke PFAS en de bodemsoort (Xu et al., 2022). De variatie in accumulatie tussen verschillende bodemtypes benadrukt het belang van bodemkenmerken bij het begrijpen van de verspreiding en impact van PFAS in het milieu (Brusseau et al., 2020).

In een onderzoek naar PFAS in grond, water, groente en fruit werd in 2022 een verband gevonden; bij hoge PFAS-concentraties in de grond en/of het water werden duidelijk hogere PFAS-concentraties in groenten en fruit aangetroffen (ARCADIS, 2023).

Het RIVM heeft eerder de concentraties van PFAS in de bodem (grond en grondwater) op landbouw- en natuurlocaties in Nederland onderzocht. Op basis van de concentraties in deze gebieden zijn achtergrondwaarden voor PFOA en PFOS vastgesteld. In Nederland is de achtergrondwaarde in de grond voor PFOA 1,9 µg/kg en voor PFOS 1,4 µg/kg. Deze waarden dienen als referentiepunt voor wat als 'normaal' wordt beschouwd in onbelaste omstandigheden.

De overige PFAS uit het standaard analysepakket werden over het algemeen in mindere mate aangetroffen in de grond, daarom zijn voor de overige PFAS geen achtergrondwaarden voorgesteld (RIVM, 2021c).

Voor de bodemfunctie 'Wonen met moestuin' zijn specifieke risicogrenzen afgeleid voor PFOA en PFOS, van respectievelijk 2,3 en 2,4 µg/kg (RIVM, 2021c). Risicogrenzen zijn concentraties van stoffen waarbij er een risico bestaat voor de gezondheid of het milieu. Deze grenzen zijn gebaseerd op wetenschappelijke studies en risicobeoordelingen. Voor het verplaatsen en aanbrengen van grond gelden strenge regels. Zo mag de bodem waar de grond naartoe gaat, niet vuiler worden door PFAS (RIVM, 2021c).

#### 2.4.6 Direct en indirect via bodem en composthoop

Studies hebben aangetoond dat PFAS zich kunnen ophopen in verschillende ongewervelde diersoorten, waardoor deze organismen meer PFAS kunnen bevatten dan het medium waarin ze voorkomen (Groffen et al., 2022; Burkhard & Votava, 2023; ARCADIS, 2024). Rondscharrelende kippen kunnen deze organismen oppikken tijdens het scharrelen. Daarnaast vormen composthopen een rijke habitat en hotspot voor een verscheidenheid aan organismen, waaronder regenwormen, kevers, pissebedden, spinnen, springstaarten, mijten, keverlarven, mieren en maden.

Composthopen kunnen een potentiële bron van PFAS zijn voor hobbykippen die toegang hebben tot deze hopen. In een kleinschalig experiment werden twee kippen 15 minuten geobserveerd terwijl ze vrij rondscharrelden op een composthoop. Het aantal en de soorten organismen die de kippen aten, werden geteld. Eén kip werd voor en na de observatie gewogen, met een gewichtstoename van 9 gram, wat overeenkomt met 0,95 kg bij een persoon van 70 kg. De kippen consumeerden veel compostfauna, vooral regenwormen. Hoewel kleinschalig, suggereren de resultaten dat toegang tot composthopen in een PFAS-vervuild milieu kan bijdragen aan PFAS-accumulatie in kippen en hun eieren (zie bijlage III voor een gedetailleerde omschrijving van het experiment en de resultaten).

### 3 Praktijkonderzoek bij hobby pluimveehouders - werkwijze

Het doel van dit onderzoek was om te verkennen welke gehalten aan PFAS er aanwezig zijn in eieren van hobbykippenhouders, welke bronnen die gehalten zouden kunnen veroorzaken en welke hypothesen dat oplevert voor gericht en grootschaliger onderzoek naar gehalten en oplossingsrichtingen onder hobby- en eventueel andere kleinschalige pluimveehouders. In een exploratieve studie naar mogelijke bronnen van PFAS-verontreiniging zijn de eieren van zeven hobbykippenhouders onderzocht op PFAS. Daarnaast is het voer, grit, meelwormen en de bodem onderzocht op PFAS, en werden gegevens verzameld over de houderij en potentiële bronnen van PFAS-besmetting in de omgeving van de locaties.

#### 3.1 Monstername eieren, voer en bodem

In de tweede helft van maart 2024 zijn over een periode van één tot twee weken eieren verzameld bij zeven hobbykippenhouders. Bij elke kippenhouder werden 10 eieren verzameld en in eierdozen verpakt. Deze verzameling werd eind maart naar het laboratorium gestuurd. Gelijktijdig werden voermonsters genomen, waaronder het dagelijks gegeven voer zoals legkorrel, legmeel en gemengd graan. Tevens werd een mengmonster van schelpengrit en meelwormen gemaakt.

Eieren zijn verzameld op zeven locaties in vijf gemeenten: twee gemeenten in de provincie Utrecht (Zeist en Vijfheerenlanden), twee gemeenten in Gelderland (Ede en West Maas en Waal) en één gemeente in Overijssel (Deventer). Zie figuur 2 voor de locaties (bij benadering).



Figuur 2 Locaties van de deelnemende hobbykippenhouders (bij benadering)

In juni 2024 werd bij elke hobbykippenhouder een representatief bodemonmonster genomen van vijftien grondkernen van 0-5 cm diep. Het monster werd genomen in de directe omgeving van de kippenren of uitloop en delen van de tuin waar kippen regelmatig rondliepen; grond die zeer vergelijkbaar was met die in de uitloop, maar zonder de aanwezigheid van mest (Figuur 3). Dit om te vermijden dat er gemeten werd aan grond die verontreinigd was met PFAS uit een andere bron dan de grond, bijvoorbeeld voer, en die via de mest alsnog in de grond terecht kwam. Of om anderszins herverontreiniging van de bodem met mogelijke PFAS te voorkomen.



*Figuur 3: Positie grondmonsters in relatie tot kippenuitloop; net erbuiten, waar geen mest terecht komt.*

De kernen werden zorgvuldig gemengd met een schone schop, lepel of stok om homogeniteit te waarborgen. Vervolgens werd 0,5 kg van het gemengde monster in een plastic zak gedaan. Deze monsters werden gekoeld bewaard tot aan het moment van verzending. Op locatie 4 worden de kippen in de zomer verhuisd naar een weide. De grond verschilt hier aanzienlijk (lichte klei) van de zandgrond in de uitloop van het kippenhok waar ze de rest van de tijd doorbrengen. Bij deze locatie zijn twee monsters genomen.



Figuur 4: Monstername op één van de locaties

### 3.2 Analyse PFAS

De monsters zijn geanalyseerd op de aanwezigheid van de vier belangrijkste PFAS-verbindingen zoals geïdentificeerd door de European Food Safety Authority (EFSA). Deze stoffen - PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS - zijn geïdentificeerd als de meest voorkomende en potentieel schadelijke PFAS, waardoor ze een prioriteit vormen voor gezondheidskundige evaluatie (RIVM 2021a; RIVM 2021b).

De analyse van de eetbare delen van de eieren (eiwit en eigeel, zonder schaal) en grondmonsters werd uitgevoerd door TLR International Laboratories in Ridderkerk, met behulp van vloeistofchromatografie gekoppeld aan massaspectrometrie (LC-MS/MS). Deze methode staat bekend om zijn hoge gevoeligheid en nauwkeurigheid bij het detecteren van PFAS in diverse matrices. Eieren en voer werden homogeen gemaakt en vervolgens geëxtraheerd met behulp van een geschikte oplosmiddelcombinatie. Bodemonsters werden gedroogd, gemalen en geëxtraheerd met behulp van een methanol-watermengsel. De schelpengritmonsters werden op vergelijkbare wijze voorbereid en geanalyseerd. De verkregen extracten werden vervolgens gezuiverd en geconcentreerd voordat ze werden geïnjecteerd in het LC-MS/MS-systeem voor kwantitatieve analyse van de PFAS-verbindingen.

### 3.3 Enquête over management

Naast de chemische analyses is er een enquête afgenomen bij de hobby pluimveehouders die zich vrijwillig hebben aangemeld voor het onderzoek. Elke kippenhouder vulde een enquête in waarin zij werden gevraagd naar:

- De koppelgrootte
- Productie
- Leeftijd van de kippen
- Huisvesting (inclusief toegang tot volle grond)

- Voer (dagelijks mengvoer, etensresten, groente- en fruitafval, en het gebruik van meelwormen en grit)
- Bronnen van drinkwater
- Grondsoort en historie van de toplaag
- Nabijheid van mogelijke bronnen van PFAS

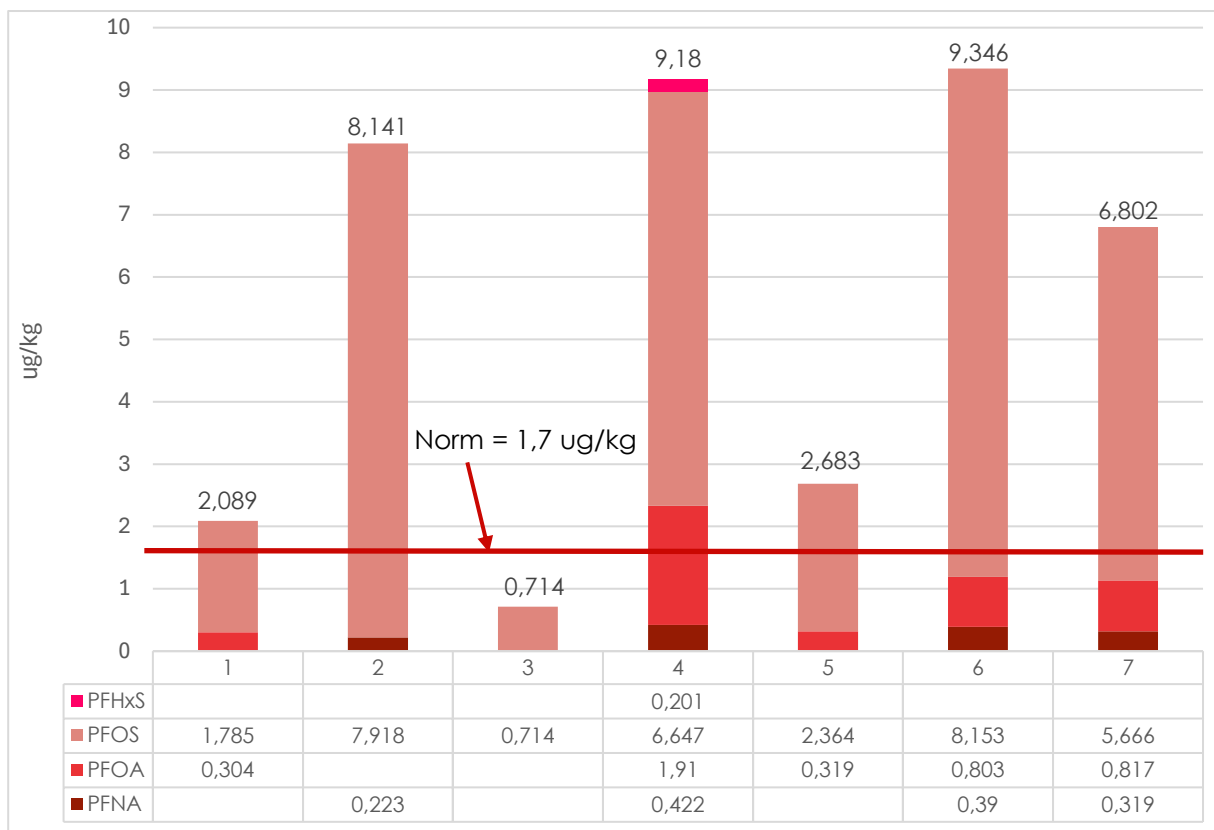
De persoonlijke gegevens van alle deelnemende hobbykippenhouders zijn vertrouwelijk behandeld volgens de geldende privacyregels.



## 4 Praktijkonderzoek bij hobby pluimveehouders - resultaten

### 4.1 PFAS in eieren

Uit analyses blijkt dat op zes van de zeven onderzochte locaties de eieren een totale concentratie van PFNA, PFOA, PFOS en PFHxS bevatten die de vastgestelde norm van 1,7 microgram per kilogram overschrijdt. Opvallend is dat op locatie 2, 4, 6 en 7 de gemeten waarden minstens vier keer hoger liggen dan de gestelde norm, zoals geïllustreerd in Figuur 4. Deze overschrijding kwam met name van PFOS.



Figuur 4: Hoeveelheid PFNA, PFOA, PFOS en PFHxS en totale som (ug/kg) in eieren per locatie\*

\* EFSA-4; Voor PFNA, PFOA en PFHxS is de detectielimiet (LOD) < 0,2 ug/kg, de som van PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS heeft een LOD van < 0,6 ug/kg.

### 4.2 Bronnen van PFAS

Bij de verschillende hobbykippenhouders waren er verschillende potentiële bronnen van PFAS (zie Tabel 1). Deze worden in deze paragraaf besproken.

Tabel 1: Water en voer.

Locatie	Voer				Waterbron		
	Legkorrel/ gemengd en graan	Groente- en fruitafval	Etensresten	Meelwormen	Schelpengrit	Kraan water	Regen water
1	✓	✓		✓	✓	✓	✓
2	✓	✓		✓	✓	✓	
3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4a	✓	✓	✓		✓		✓
4b	✓	✓	✓		✓	✓	
5	✓	✓	✓		✓		✓
6	✓		✓			✓	
7	✓			✓	✓	✓	

#### 4.2.1 PFAS in voer

##### Mengvoer

Het voer (legkorrels, legmeel en gemengd graan) dat door de zeven pluimveehouders in deze studie werd gebruikt, bevatte enkel plantaardige ingrediënten. Geen van de krachtvoermonsters bevatte residuen van de EFSA-4 PFAS-verbindingen boven de detectielimiet van 0,2 µg/kg voor individuele verbindingen of boven 0,6 µg/kg voor de totale som. Deze bevindingen gelden ook voor het mengmonster van grit.

##### Groente- en fruitresten

De participerende hobbykippenhouders werd gevraagd of zij zelf pesticiden gebruiken of zich bewust zijn van het gebruik van pesticiden in hun omgeving, bijvoorbeeld op nabijgelegen percelen waar aardappelen of aardbeien worden geteeld. Geen van de deelnemers, behalve op locatie 4, gaf aan dat er pesticiden in de omgeving worden gebruikt of dat zij zich daarvan bewust zijn. Op locatie 4 zijn er maispercelen in de omgeving, maar voor zover bekend worden er in de maisteelt geen PFAS-houdende middelen gebruikt.

Op vijf van de zeven locaties krijgen de kippen regelmatig groente- en fruitafval (Tabel 1). Op locatie 1, 3, 4 en 5 is dit inclusief groenafval uit de moestuin.

Etensresten zoals pasta, rijst, gekookte groenten en brood worden nauwelijks verstrekt, behalve soms op locatie 3, 4 en 6. Op locatie 5 wordt vooral veel brood gegeven.

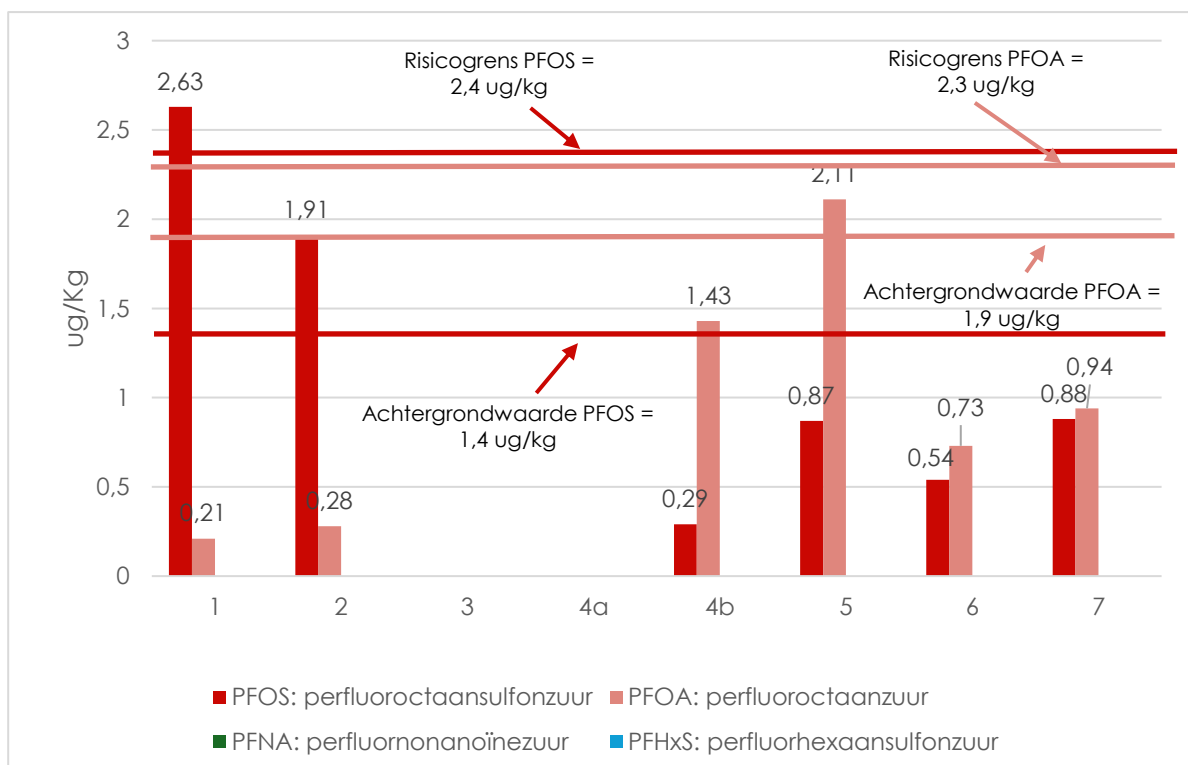
## Meelwormen

Meelwormen worden vrijwel dagelijks verstrekt op vier locaties (1, 2, 3 en 7). Op locatie 4, 5 en 6 is dit niet het geval. Het mengmonster van meelwormen bevatte geen residuen van de EFSA-4 PFAS-verbindingen boven de detectielimiet van 0,2 µg/kg.

### 4.2.2 PFAS in de bodem

Bij alle houders hadden de kippen het hele jaar de beschikking over een uitloop. Deze uitloop is gelegen op volle grond, al dan niet opgehoogd met speelzand (Locatie 3 & 7). Bij locatie 3 is er 2 jaar geleden schone tuinaarde opgebracht. Op locatie 6 beschikken de kippen over een schuur c.q. stal en een grote uitloop c.q. weide (>100m<sup>2</sup>). Op locatie 4 verhuizen de kippen in de zomer naar een andere locatie, een weide ongeveer 50 meter verwijderd van waar ze de rest van de tijd scharrelen. Op twee locaties (locatie 3 & 5) wordt gebruikgemaakt van een extra mobiele uitloop in de tuin, die om de paar dagen wordt verplaatst. Bij de overige houders lopen de kippen los in (een deel van) de tuin. Bij sommige houders is dit van tijdelijke aard, zo'n 3 tot 6 maanden per jaar (locatie 1 & 3). De overige houders bieden de kippen (bijna) dagelijks toegang tot de tuin. Deze variatie in huisvesting en toegang tot buitenruimtes kan invloed hebben op de blootstelling van kippen aan PFAS via de bodem direct en indirect via gras, bodemleven en insecten die ze eten.

Op basis van deze achtergrondwaarden kan gesteld worden dat op drie locaties (1, 2 & 5) de bodemconcentraties PFAS verhoogd zijn en dus afwijken van wat als "normaal" of onbelast wordt beschouwd (Figuur 5). Op locatie 1 wordt de risicogrens voor PFOS overschreden, zie Figuur 6.



Figuur 5: PFAS in de bodem.

### 4.2.3 Toegang tot compost

Op twee locaties (1 & 5) hadden de kippen gedurende de wintermaanden van 2023 en 2024 toegang tot een composthoop.

### 4.2.4 Bron van drinkwater

Op één locatie (5) wordt uitsluitend regenwater gebruikt. Op locatie 3, 4 en 5 wordt regenwater en kraanwater gebruikt en op locatie 2, 6 en 7 wordt uitsluitend kraanwater gebruikt (Tabel 1).

In bijlage IVI worden alle mogelijke bronnen en risicofactoren samengevat.

## 4.3 Koppelgrootte & leeftijd

Het gemiddelde aantal kippen van de zeven kippenhouders was 5,4 (mediaan: 5, bereik: 4-7). De leeftijd van de kippen is samengevoegd in drie leeftijdsklassen, jonge kippen (<1 jaar oud), oudere kippen (1-2 jaar oud) en oude kippen (>2 jaar oud). Bijna 50% van de kippen viel binnen de categorie oude leghen, gevolgd door oudere kippen (21%) en jonge kippen (19%). Ten tijde van de monsternamen (maart 2024) kwam de eierproductie net op gang. Gemiddeld werd er per kip ongeveer 2,4 ei gelegd per week (mediaan: 3, bereik: 1-4) (Tabel 2).

Tabel 2: Aantal kippen, leeftijdscategorie en productie.

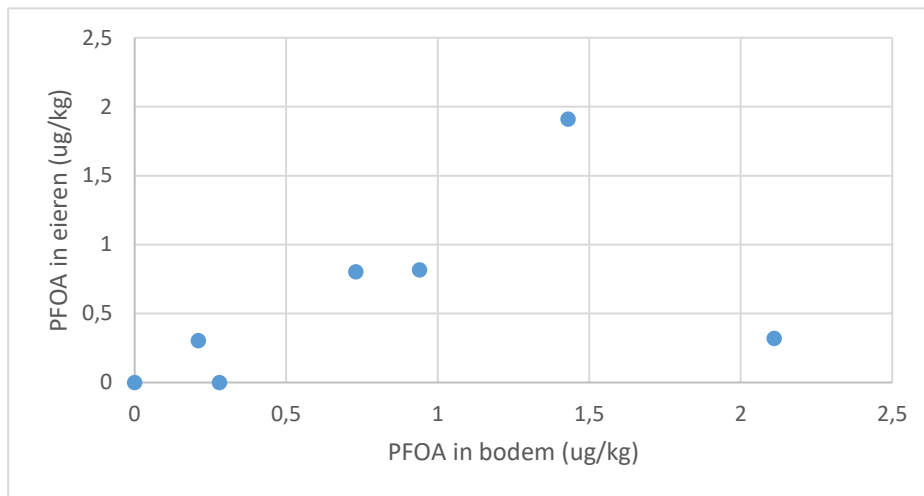
Locatie	Aantal kippen	Leeftijdscategorie			Productiviteit	
		jonge kippen (<1 jaar oud)	oudere kippen (1-2 jaar oud)	oude kippen (>2 jaar oud)	Totale productie (per week)	Gemiddeld Leg percentage (ei per kip/per week)
1	4	0	4	0	3	0,8
2	4	0	0	4	1	0,3
3	5	0	0	5	3	0,6
4	7	0	0	7	1	0,1
5	7	3	2	2	4	0,6
6	6	0	3	3	3	0,5
7	5	5	0	0	2	0,4

## 4.4 Relaties tussen bronnen en management en PFAS in eieren

### 4.4.1 Relatie tussen PFAS in de bodem en PFAS in eieren

Hoewel er geen significante Spearman-correlatie is tussen de totaalsom van PFAS-bodemconcentraties en de totaalsom van PFAS-eierconcentraties ( $\rho = -0.179$ ,  $p = 0.669$ ), vonden we wel een sterke correlatie tussen PFOA in de bodem en PFOA in eieren ( $\rho = 0.721$ ,  $p = 0.034$ ) (zie Figuur 6). Locatie 5 was afwijkend (mogelijk door management), met een relatief hoge concentratie van PFOA in de bodem maar een lage concentratie in de eieren. Als locatie 5 wordt

weggelaten is de correlatie ( $\rho$ ) tussen PFOA in de bodem en PFOA in de eieren 0.899 ( $p=0.007$ ). PFOS vertoonde geen significante correlatie ( $\rho=0.071$ ,  $p=0.453$ ).



Figuur 6: Spreidingsdiagram van PFOA-gehalte in grond en eieren.

#### 4.4.2 Relatie tussen leeftijd en PFAS concentratie in eieren

Zoals weergegeven in Tabel 3, vertoonden oude kippen (>2 jaar oud) en jonge kippen (< 1 jaar oud) hogere PFAS-niveaus in hun eieren dan kippen tussen 1-2 jaar. Locatie 3 wijkt af, mogelijk omdat hier geen PFAS in de bodem is gevonden (boven de detectielimiet).

Tabel 3: Leeftijdsklasse en som van PFAS gehalte in eieren.

Locatie	Leeftijdsklasse <sup>2</sup>	Som van PFAS in eieren
1	oudere kippen (1-2 jaar oud)	2,089
2	oude kippen (>2 jaar oud)	8,141
3	oude kippen (>2 jaar oud)	0,714
4	oude kippen (>2 jaar oud)	9,18
5	oudere kippen (1-2 jaar oud)	2,683
6	oude kippen (>2 jaar oud)	9,346
7	jonge kippen (<1 jaar oud)	6,802

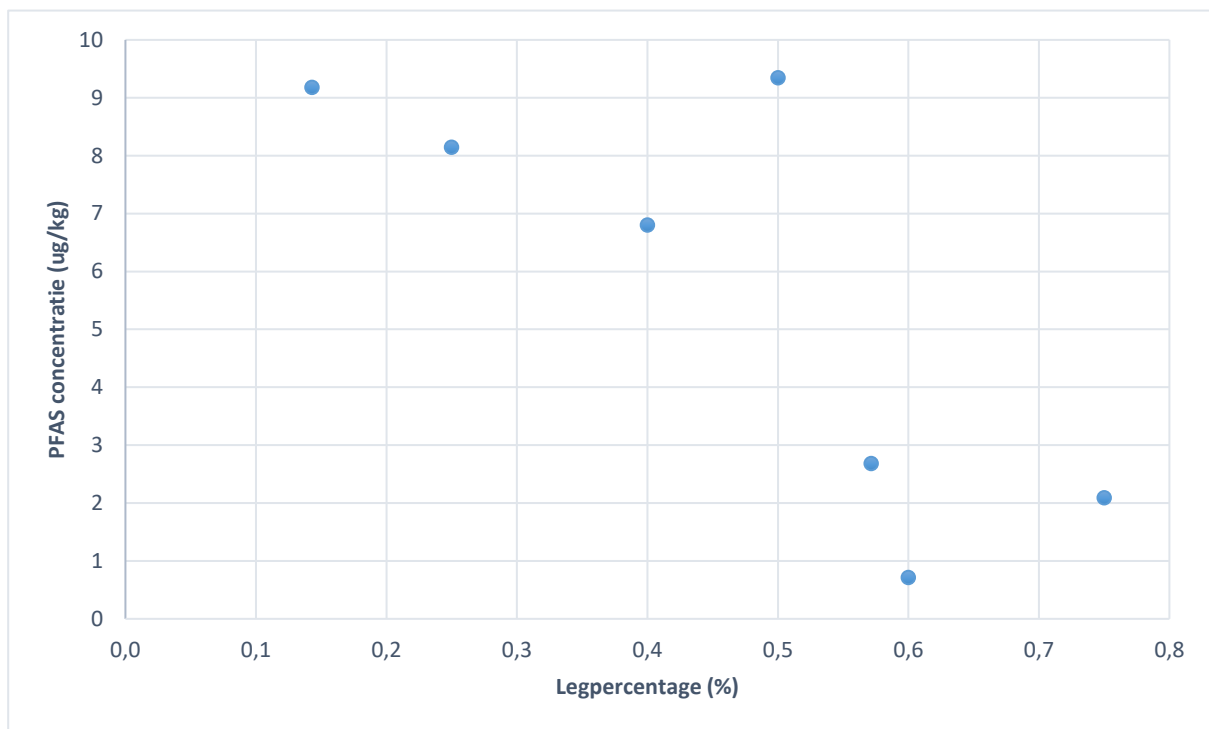
Als we kijken naar de totale som PFAS en de vier individuele PFAS dan valt op dat we alleen voor PFOA een grote effectgrootte zien;  $\epsilon^2 = 0,750$ . Hoewel de Kruskal-Wallis test geen statistisch significante verschillen tussen de leeftijdsklassen van kippen en PFOA-concentratie in eieren liet zien ( $\chi^2 = 3,00$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0,223$ ), is het belangrijk op te merken dat de effectgrootte groot is. Dit

<sup>2</sup> Voor locaties 5 en 6, waar kippen in meerdere leeftijdsklassen vallen, is de gemiddelde leeftijd berekend en zijn deze kippen in de meest passende leeftijdsklasse ingedeeld.

suggereert dat er mogelijk een substantieel effect is, ondanks het gebrek aan statistische significantie bij het conventionele niveau van 0,05.

#### 4.4.3 Relatie tussen legpercentage en PFAS concentratie in eieren

Bij een constante blootstelling aan PFAS en een afnemend legpercentage neemt de concentratie van PFAS in eieren toe. De Spearman-correlatiecoëfficiënt  $\rho$  is  $-0,750$  ( $p=0,033$ ). Dit wijst op een sterke negatieve correlatie tussen het percentage eieren dat een kip legt en de concentratie PFAS in die eieren (zie Figuur 7).



Figuur 7: Relatie tussen legpercentage en PFAS concentratie in eieren.

#### 4.5 Potentiële bronnen van PFAS verontreiniging

Samen met Sweco is gekeken naar mogelijke bronlocaties die de verontreiniging van PFAS in de bodem en eieren (deels) zouden kunnen verklaren. In de omgeving van alle locaties zijn beperktrisico-locaties geïdentificeerd. Deze omvatten onder andere (riool)waterzuiveringsbedrijven, stortplaatsen, recycling- en afvalverwerkingsbedrijven en metaalbewerkingsbedrijven. Hoogrisico- bronlocaties bevinden zich in de omgeving van locatie 1, 2, 4, 5 en 7. Het gaat dan om (een combinatie van) defensieterrinen, en PFAS producerende industrie. In bijlage IV worden deze bronlocaties nader beschreven.



## 5 Praktijkonderzoek bij hobby pluimveehouders - discussie

Het doel van dit onderzoek was om te verkennen welke gehalten aan PFAS er aanwezig zijn in eieren van hobbykippenhouders, welke bronnen die gehalten zouden kunnen veroorzaken en welke hypothesen dat oplevert voor gericht en grootschaliger onderzoek naar gehalten en oplossingsrichtingen onder hobby- en eventueel andere kleinschalige pluimveehouders.

### 5.1 PFAS in eieren en bronnen

In lijn met andere Europese onderzoeken naar eieren van hobbykippenhouders (Zafeiraki et al., 2016; Gazotti et al., 2021; Lasters et al., 2023; Arcadis 2024), was PFOS de dominante verbinding in de eieren op de locaties van dit onderzoek en droeg 85% bij aan het totale gehalte aan PFAS-stoffen, gevolgd door 11% PFOA, 4% PFNA en 0,5% PFHxS. Op zes van de zeven locaties was het PFAS-gehalte in de eieren boven de norm.

Het bemonsterde voer, meelwormen en grit wat aan de kippen gevoerd werd, lijkt niet de bron van de PFAS in de eieren. Ons onderzoek laat wel zien dat er een mogelijke relatie bestaat tussen PFOA-concentraties in de bodem en in eieren. Voor PFOS (de PFAS met het hoogste aandeel in eieren) werd deze relatie niet gevonden. Opvallend is dat de grond op locatie 3, recent (mei 2022) opgebrachte schone grond is, hier is dan ook geen PFAS in aangetroffen. De toplaag van de grond op de andere locaties zijn de laatste jaren niet beroerd geweest. Een recent opgebrachte toplaag is naar verwachting korter blootgesteld geweest aan PFAS-verontreiniging op de nieuwe locatie, terwijl een oudere toplaag meer verontreinigd kan zijn door historische bronnen van PFAS, zoals industriële activiteiten, gebruik van bepaalde bestrijdingsmiddelen of afvalwaterlozingen.

Hoewel regenwormen in dit onderzoek niet op PFAS zijn getest, is wel in kaart gebracht op welke locaties kippen toegang hadden tot composthopen. De hypothese is dat composthopen hoge concentraties aan makkelijk toegankelijke compostfauna en bodemfauna bevatten. Als er sprake is van bioaccumulatie, zouden de eieren op deze locaties mogelijk verhoogde PFAS-waarden moeten vertonen. Toch bevatten de eieren op deze locaties in vergelijking met de andere locaties, geen verhoogde PFAS-gehalten, ondanks de hoge bodemverontreiniging. Een mogelijke verklaring is dat de composthopen minder verontreinigd waren met PFAS dan de bodem. Hoewel compostfauna zoals regenwormen PFAS kunnen accumuleren, varieert de mate van accumulatie afhankelijk van de omstandigheden in de composthoop. ARCADIS heeft aangetoond dat regenwormen een belangrijke bron zijn van PFAS-verontreiniging in eieren, maar de bevindingen op locaties 1 en 5 suggereren dat de relatie tussen compostfauna en PFAS-accumulatie complex is en afhankelijk van meerdere factoren. Verdere studies zijn nodig om deze dynamiek beter te begrijpen en de omstandigheden te identificeren waaronder composthopen en regenwormen bijdragen aan verhoogde PFAS-waarden in eieren.

Locaties 1 en 2, die dicht bij militaire oefenterreinen en vliegbases liggen, hadden verhoogde PFOS-waarden in de bodem. Ook locatie 7 bevindt zich dicht bij vliegbasis Soesterberg, hier bevond zich de PFOS waarde echter onder de achtergrondwaarde. Sterk verhoogde PFOS waarden komen mogelijk overeen met bekende bronnen van PFAS-vervuiling door het gebruik van PFAS-houdend blusschuim. Het is echter niet bekend wat het daadwerkelijk bereik is van blusschuim, dit is afhankelijk van vele factoren. Er zijn enkele voorbeelden bekend van het bereik van PFAS verontreiniging. Zo blijkt dat water in plassen en sloten in een omtrek van zeker 15 kilometer rond de fabriek van Chemours in Dordrecht ernstig verontreinigd is met PFOA en GenX (Zembla, 2023). De PFAS-verontreiniging in ondiep grondwater gerelateerd aan 3M-activiteiten is terug te brengen tot een zone van ongeveer 15 km<sup>2</sup>, dit betreft voornamelijk PFOS (Verhulst et al., 2023). Locaties 4 en 5, hadden de hoogste PFOA waarden in de bodem (in tegenstelling tot de andere locaties werd de totale PFAS som merendeels bepaald door PFOA ipv PFOS), bij locatie 5 komt deze PFOA waarde boven de achtergrondwaarde. Dit komt overeen met de bekende impact van Chemours op de omgeving. Tot op tientallen kilometers afstand van de fabriek zijn verhoogde concentraties PFOA aangetroffen in de bodem. De PFOA is in de omgeving terechtgekomen door atmosferische depositie vanuit de fabriek (Arcadis, 2024).

Op basis van de literatuur kan worden gesteld dat het gebruiken van regenwater als drinkwater, zoals op locatie 4 en 5, gepaard gaat met een mogelijk groter risico op PFAS-verontreiniging dan kraanwater, vooral vanwege de mogelijke atmosferische depositie. De nabijheid van Chemours, op 20-25 km afstand van locatie 4 en 5, kan mogelijk bijdragen aan de verontreiniging van regenwater, aangezien Chemours bekend staat om zijn uitstoot van PFOA. Locatie 5 toont met name hoge waarden van PFOA en ligt bovendien in de windrichting van de fabriek, wat de kans op verontreiniging vergroot. Wind kan PFAS-deeltjes meevoeren en laten neerslaan op oppervlakken waar regenwater wordt opgevangen, zoals daken.

Klei heeft een hogere adsorptiecapaciteit dan zand, wat betekent dat kleigrond in theorie meer PFAS kan vasthouden. De hoogste waarden worden zowel op klei (3,1 µg/kg op locatie 5) als op zand (2,9 µg/kg op locatie 1) gevonden. De omvang van onze steekproef is echter te klein om uitspraken te kunnen doen over een relatie tussen grondsoort en PFAS. PFAS-vervuiling is complex; er kan sprake zijn van meerdere bronnen. Naast de adsorptiecapaciteit van de grondsoort kunnen andere factoren zoals de diepte van de grondlagen, de aanwezigheid van organisch materiaal en de waterhuishouding in de bodem ook een rol spelen in de variabiliteit van PFAS-concentraties.

## **5.2 PFAS in eieren en eiproductie van kippen**

Tijdens de monsternamen in maart 2024 begon de eierproductie net op gang te komen. Hierdoor was mogelijk de concentratie PFAS aan het begin van de legperiode relatief hoog vanwege bioaccumulatie en beperkte mogelijkheden voor uitscheiding. Er is een relatie tussen legpercentage en de concentratie van PFAS in de eieren. Eieren vormen de belangrijkste

uitscheidingsroute. Naar verwachting zal de concentratie PFAS in de eieren afnemen naarmate het legseizoen vordert, wat betekent dat de PFAS-concentraties gedurende het jaar zullen fluctueren.

Ook leeftijd speelt een rol. In de literatuur wordt een relatie tussen de leeftijd van kippen en PFAS-gehalten beschreven. Onze resultaten ondersteunen deze bevindingen. Locaties met oude kippen, zoals 2, 4 en 6, toonden de hoogste PFAS-waarden in eieren. Dit kan wijzen op bioaccumulatie van PFAS in oudere dieren met een lager legpercentage.

### **5.3 Beperkingen onderzoek**

Zoals eerder genoemd was het doel van dit onderzoek om te verkennen welke gehalten aan PFAS er aanwezig zijn in eieren van hobbykippenhouders, welke bronnen die gehalten zouden kunnen veroorzaken en welke hypothesen dat oplevert voor gericht en grootschaliger onderzoek naar gehalten en oplossingsrichtingen onder hobby- en eventueel andere kleinschalige pluimveehouders. Dat rechtvaardigde de kleinschalige opzet met beperkte statistische analyse. De resultaten kunnen dus niet gebruikt worden als bewijsvoering voor oorzaken. Voor een dergelijk onderzoek was de steekproef te klein en mogelijk niet representatief qua ras, leeftijd, geografische ligging, grondsoort, en andere factoren. Ook is een aantal houderijaspecten zoals het drinkwater van de kippen niet onderzocht.

## 6 Praktijkonderzoek bij hobby pluimveehouders - conclusies en aanbevelingen

Zoals eerder genoemd was het doel van dit onderzoek om te verkennen welke gehalten aan PFAS er aanwezig zijn in eieren van hobbykippenhouders, welke bronnen die gehalten zouden kunnen veroorzaken en welke hypothesen dat oplevert voor gericht en grootschaliger onderzoek naar gehalten en oplossingsrichtingen onder hobby- en eventueel andere kleinschalige pluimveehouders. De conclusies moeten dan ook vanuit dat perspectief opgevat worden.

### 6.1 Conclusies

1. **Dominantie van PFOS in eieren:** PFOS was de meest voorkomende PFAS-verbinding in de eieren van deze zeven locaties van hobbykippen, wat overeenkomt met bevindingen uit andere Europese studies. Dit benadrukt de wijdverspreide aanwezigheid van PFOS in de omgeving van hobbykippenhouders.
2. **Voer en PFAS in eieren:** We concluderen dat krachtvoer, meelwormen en grit in deze specifieke gevallen geen significante bron van PFAS waren.
3. **Relatie tussen bodem en eieren:** We vonden een correlatie tussen de PFOA-concentraties in de bodem en in eieren. Een locatie met recent nieuw opgebrachte schone grond, had geen PFAS in het bodemmonster en een lage som van PFAS-verbindingen in de eieren.
4. **Impact van nabijheid van militaire en industriële locaties:** Op basis van de achtergrondwaarden kan worden gesteld dat op drie locaties (1, 2 en 5) de bodemconcentraties PFAS verhoogd waren en afweken van wat als "normaal" of onbelast wordt beschouwd. De locaties 1 en 2 liggen bij een vliegbasis en/of militair oefenterrein en locatie 5 dicht bij een bekend chemiebedrijf. Het onderzoek was echter niet bedoeld of geschikt om een oorzakelijk verband daarmee aan te tonen.
5. **Invloed van leeftijd van de kippen en legpercentage op PFAS:** Oudere kippen en kippen met een lager legpercentage vertoonden hogere PFAS-waarden in hun eieren, wat overeenkomt met bevindingen uit de literatuur, waarin staat dat PFAS zich ophoopt naarmate de kippen ouder worden.

### 6.2 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek naar oplossingsrichtingen

Op basis van onze bevindingen doen we de volgende inhoudelijke aanbevelingen voor vervolgonderzoek naar mogelijke preventiemaatregelen ter voorkoming van PFAS-besmetting en oplossingsrichtingen voor situaties met PFAS-verontreiniging. Hoewel deze studie zich richtte op hobbykippen, zullen we ons bij vervolgonderzoek richten op (semi)bedrijfsmatig gehouden kippen omdat we denken dat onze bevindingen ook relevant en inzicht gevend zijn voor de (semi)professionele sector.

- **Legpercentage en leeftijd kippen:** Als legpercentage en leeftijd een rol spelen, waar liggen dan de drempelwaardes? Liggen deze binnen de praktijkwaarden van (semi)professionele pluimveehouders?
- **Bodem:** Wat zijn de effecten van maatregelen zoals (plaatselijk) verharderen, afgraven, omweiden of het aanbrengen van een schone laag zand of strooisel als de bodem verontreinigd blijkt te zijn?
- **Regenwormen:** Wat is de rol van regenwormen in de accumulatie van PFAS in eieren op (semi)professionele bedrijven?
- **Begroëing:** Speelt de mate van bodemvegetatie een rol in het contact tussen kippen en grond? Kan de vegetatie in de uitloop een directe of indirecte bron van PFAS zijn?
- **Lucht:** Is er sprake van PFAS-depositie vanuit de lucht, en kan deze worden verminderd door de uitloop te voorzien van bomen en struiken als beschutting?
- **Drinkwater:** Vormt regenwater, bedoeld of onbedoeld (plassen), een risico op PFAS-verontreiniging, bijvoorbeeld via atmosferische depositie afkomstig van industriële bronnen?
- **Ras:** Is er een verschil in PFAS-gehalten in eieren van verschillende rassen, bijvoorbeeld op basis van lichaams- en eigewicht, mate van activiteit, levensverwachting en productie persistentie?
- **Seizoensgebonden variatie in PFAS-gehalten:** Dit onderzoek is uitgevoerd op eieren gelegd in maart, het begin van het legseizoen. Mogelijk zijn de PFAS-concentraties in eieren aan het begin van het legseizoen hoger door bioaccumulatie en beperkte uitscheidingsmogelijkheden tijdens de winterstop. Een hypothese is dat deze concentraties afnemen naarmate het legseizoen vordert.
- **Kippenmest:** Kippenmest is niet onderzocht. Een vraag is of mest van kippen met verhoogde PFAS-gehalten in de eieren ook een verhoogd PFAS-gehalte heeft. Dit is relevant voor verdere ophoping van PFAS in de bodem van de kippenuitloop, omweiden of het gebruik van kippenmest als meststof voor de moestuin.

Naast inhoudelijke suggesties, volgen hieronder methodologische aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

- **Uitbreiding van de steekproef:** Voer studies uit met een grotere en meer diverse steekproef van (hobby)kippenhouders om de representativiteit te verbeteren en de ongewenste variatie te verminderen.
- **Meta-analyse van bestaande data:** Hoewel er in Europa meerdere studies zijn uitgevoerd naar PFAS in eieren van hobbykippen, zijn deze onderzoeken beperkt in hun reikwijdte en methodologie. Sommige studies hebben zich uitsluitend gericht op de meting van PFAS in eieren en een beperkt aantal andere factoren, terwijl andere studies een breder scala aan metingen hebben verricht zonder rekening te houden met de diversiteit en variatie tussen verschillende houderijsystemen. Er zijn echter veel datasets beschikbaar, en een meta-

analyse van deze gegevens kan waardevolle inzichten bieden die ons verder helpen bij het begrijpen en aanpakken van PFAS-verontreiniging in eieren.

- **Gedetailleerde voedingsanalyse:** Onderzoek het exacte dieet van (hobby)kippen in verschillende omgevingen en seizoenen om beter te begrijpen welke voedselbronnen bijdragen aan PFAS-opname, focus daarbij met name op inname van regenwormen.
- **Langdurige Monitoring:** Voer langdurige monitoringstudies uit om de dynamiek van PFAS-concentraties in eieren en bodem over tijd te begrijpen.
- **Interventiestrategieën:** Ontwikkel en test interventiestrategieën om PFAS-blootstelling bij (hobby)kippen te verminderen, zoals verbeterde water- en bodembeheerpraktijken. Mogelijk biedt fyto-remediatie ('groene sanering') een potentieel veelbelovende methode om PFAS uit de bodem en lucht te verwijderen (Tauw, 2021; Shasavari et al., 2021; Mayakaduwage et al., 2022).

## Literatuur

- AD (2024) Hoe komt al die PFAS terecht in het eitje van die kip uit de tuin? 'Mogelijk hebben wormen ermee te maken'. Algemeen Dagblad 30 mei 2024. Link: <https://www.ad.nl/dordrecht/hoe-komt-al-die-pfas-terecht-in-het-eitje-van-die-kip-uit-de-tuin-mogelijk-hebben-wormen-ermee-te-maken~a340f12d/>
- ARCADIS (2023) PFAS in grond en water in moestuinen in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden. ARCADIS. Link: <https://www.molenlanden.nl/sites/default/files/2023-01/Rapport%20PFAS%20moestuinen%20grond%20en%20wateronderzoek.pdf>
- ARCADIS (2024) Rapportage onderzoek PFAS in eieren en mogelijke bronnen. In de regio Zuid-Holland-Zuid en gemeente Altena. 12 September 2024.
- ATSDR (2020) Toxicological profile for Polychlorinated Biphenyls (PCBs). Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Link: <https://www.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=142&tid=26>
- Amen, R., Ibrahim, A., Shafqat, W., & Hassan, E. B. (2023). A critical review on PFAS removal from water: Removal mechanism and future challenges. *Sustainability*, 15(23), 16173.
- Berggreen, I. E., Amlund, H., Granby, K., Nørgaard, J. V., & Jensen, K., (2023). Feeding experiments with yellow mealworm – investigating the transfer of PFAS and animal DNA from substrate to larvae, No. 2022-0367068, 4 p., Feb 07, 2023. Advisory memorandum from DCA – Danish Centre for Food and Agriculture
- Beškoski, V. et al. (2024). Bioremediation of Soils Contaminated with PFAS: An Update on Available Techniques, Pilot Studies, Challenges, and Future Directions. In: Ortega-Calvo, J.J., Coulon, F. (eds) *Soil Remediation Science and Technology. The Handbook of Environmental Chemistry*, vol 130. Springer, Cham.
- Biojournaal. (2023). PFAS aangetroffen in biologische eieren in Denemarken. Geraadpleegd op 3 juli 2024, van <https://www.biojournaal.nl>.
- Bloem W.J. en Hoenders, J. (1 April, 2024) Zo kom je erachter of jouw hobbykip eieren met pfas legt. EenVandaag. Link: <https://eenvandaag.avrotros.nl/item/zo-kom-je-erachter-of-jouw-hobbykip-eieren-met-pfas-legt/>
- Boerderij (2024, 21 februari) PFAS in bestrijdingsmiddel op landbouwgrond. <https://www.boerderij.nl/pfas-in-bestrijdingsmiddel-op-landbouwgrond>
- Brusseau, M. L., Anderson, R. H., & Guo, B. (2020). PFAS concentrations in soils: Background levels versus contaminated sites. *Science of the Total Environment*, 740, 140017.
- Burkhard, L. P., & Votava, L. K. (2023). Biota-Sediment Accumulation Factors for Per- and Polyfluoroalkyl Substances. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 42(2), 277-295. <https://doi.org/10.1002/etc.5526>
- Costello, M.C.S., Lee, L.S. (2020) Fate, and Plant Uptake in Agricultural Systems of Per- and Polyfluoroalkyl Substances. *Curr Pollution Rep.*
- Deblaere, J., en Gommers, G. (2016) *Kippen in de tuin: ecologisch & plezierig*. De Vereniging voor Ecologisch Leven en Tuinieren. Derde druk 2016.
- DTU (2023) PFAS found in organic eggs in Denmark. DTU National Food Institute. Link: <https://www.food.dtu.dk/english/news/pfas-found-in-organic-eggs-in-denmark?id=789f9ba1-bdfc-4a7d-908b-fc6cccff4742>
- Eichhorn, M., Kotthoff, M., Göckener, B., Kowalczyk, J., & Bücking, M. (2019). Investigation of the Feed to Egg Transfer of PFAS Including the Transformation of PFAA Precursors in Laying Hens. Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology IME.
- Environmental Protection Agency (EPA) (2022). EPA confirms fluorinated containers leach PFAS. Link: <https://cen.acs.org/environment/persistent-pollutants/EPA-confirms-fluorinated-containers-leach/100/web/2022/09>

- European Commission (2002, Mei 7) Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council of 7 May 2002 on undesirable substances in animal feed Link: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02002L0032-20191128>
- European Commission (2023, April 25). Verordening (EU) 2023/915 van de Commissie betreffende maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen en tot intrekking van Verordening (EG) nr. 1881/2006. Link: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0915>
- European Food Safety Authority. (2020, September 17). PFAS in food: EFSA assesses risks and sets tolerable intake. Retrieved from: <https://www.efsa.europa.eu/en/news/pfas-food-efsa-assesses-risks-and-sets-tolerable-intake>
- Faust, J. A., et al. (2023). PFAS on atmospheric aerosol particles: A review. *Environmental Science: Processes & Impacts*.
- Gazzotti, T., Sirri, F., Ghelli, E., Zironi, E., Zampiga, M., Pagliuca, G. (2021). Perfluoroalkyl contaminants in eggs from backyard chickens reared in Italy. *FOOD CHEMISTRY*, 362(15 November 2021), 1-7.
- German Federal Institute for Risk Assessment (BfR). (2024). Feed is key to compliance with maximum PFAS levels in food of animal origin. Link: <https://www.bfr.bund.de/cm/349/feed-is-key-to-compliance-with-maximum-pfas-levels-in-food-of-animal-origin.pdf>
- Green Science Policy Institute. (2021). Building a better world. Eliminating Unnecessary PFAS in Building Materials. Link: <https://greensciencepolicy.org/docs/pfas-building-materials-2021.pdf>
- Griffioen, J. (2016) Gedrag PFOA en PFAS in de bodem nabij Chemours onderzocht. Link: <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/gedrag-pfoa-en-pfas-in-de-bodem-nabij-chemours-onderzocht>
- Groffen, T., Prinsen, E., Devos, O.-A., Stoffels, L., Maas, L., Vincke, P., Lasters, R., Eens, M., & Bervoets, L. (2022). PFAS accumulation in several terrestrial plant and invertebrate species reveals species-specific differences. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 23820–23835.
- Harvey, E. (2024) 20 Best Chicken Breeds for Eggs (Ranked by Egg Yield). *Daily Chickens*. Link: <https://dailychickens.com/best-egg-laying-chickens/>
- ITRC (2023) Environmental fate and transport processes. Interstate Technology & Regulatory Council. Link: <https://pfas-1.itrcweb.org/5-environmental-fate-and-transport-processes/>
- Kotthoff, M., et al. (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.
- Lasters R, Groffen T, Eens M, Coertjens D, Gebbink WA, Hofman J, Bervoets L (2022). Home-produced eggs: An important human exposure pathway of perfluoroalkylated substances (PFAS). *Chemosphere* 308: 136283.
- Lim, X. (2022). Effects of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFAS) on soil structure and function. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 23820–23835.
- Mayakaduwage, S., Ekanayake, A., Kurwadkar, S., Rajapaksha, A. U., & Vithanage, M. (2022). Phytoremediation prospects of per- and polyfluoroalkyl substances: A review. *Environmental Research*, 212, Article 113311. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113311>
- Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) (2024). Risk assessment PFAS in home-produced chicken eggs. Link: <https://www.bing.com/search?q=Nederlandse+Voedsel+en+Warenautoriteit+%28NVWA%29+%282024%29.+Risk+assessment+PFAS+in+home-produced+chicken+eggs.&form=ANNH01&ref=86af1b3307b34e478f8e13ac978fda35&pc=U531>
- NOS (2024) Zes vragen (en antwoorden) over PFAS in eieren van hobbykippen. dinsdag 16 januari 2024. Link: <https://nos.nl/artikel/2505128-zes-vragen-en-antwoorden-over-pfas-in-eieren-van-hobbykippen>
- NTP (National Toxicology Program). 2016. Monograph on Immunotoxicity Associated with Exposure to Perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulfonate (PFOS). Research Triangle Park, NC: National Toxicology Program. [https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/ohat/pfoa\\_pfos/pfoa\\_pfosmonograph\\_508.pdf](https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/ohat/pfoa_pfos/pfoa_pfosmonograph_508.pdf)



- PAN Europe (2024) Toxic Harvest. Ban PFAS Pesticides. Pesticide Action Network Europe. Link: [https://www.pan-europe.info/sites/pan-europe.info/files/public/resources/briefings/Briefing\\_Toxic%20Harvest%20Ban%20PFAS%20pesticides.pdf](https://www.pan-europe.info/sites/pan-europe.info/files/public/resources/briefings/Briefing_Toxic%20Harvest%20Ban%20PFAS%20pesticides.pdf)
- Peet, van der, G., Leenstra, F., Vermeij, I., Bondt, N., Puister, L., van Os, J. (2018). Feiten en cijfers over de Nederlandse veehouderijsectoren 2018. Wageningen Livestock Research Rapport 113. Link: <https://edepot.wur.nl/464128>
- Peritore AF, Gugliandolo E, Cuzzocrea S, Crupi R, Britti D. (2023) Current Review of Increasing Animal Health Threat of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS): Harms, Limitations, and Alternatives to Manage Their Toxicity. Int J Mol Sci. 2023 Jul 20;24(14):11707.
- Pointer (2024a) Te veel PFAS in je ei, wat nu? 7 juni 2024. Link: <https://pointer.kro-ncrv.nl/te-veel-pfas-in-je-ei-wat-nu>
- Pointer (2024) Vliegbasis Gilze Rijen en 11 andere Defensieterreinen ernstig verontreinigd met giftig. KRO/NCRV. 13 juni 2024. Link: <https://pointer.kro-ncrv.nl/vliegbasis-gilze-rijen-en-11-andere-defensieterreinen-ernstig-verontreinigd-met-giftig-pfas>
- Provincie Utrecht (2024) Bodemsanering Park Vliegbasis Soesterberg. Provincie Utrecht. Link: <https://www.provincie-utrecht.nl/onderwerpen/bodem-en-water/bodemverontreiniging/bodemsanering-park-vliegbasis-soesterberg>
- Rijksoverheid (2024). PFAS. Waarzitwatin. Link: <https://waarzitwatin.nl/stoffen/pfas>
- RIVM (2021 a) RIVM bestudeert wetenschappelijke opinie over PFAS van EFSA. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Link: <https://www.rivm.nl/pfas/actueel/rivm-bestudeert-wetenschappelijke-opinie-over-pfas-van-efsa>
- RIVM (2021 b) Analyse bijdrage drinkwater en voedsel aan blootstelling EFSA-4 PFAS in Nederland en advies drinkwaterrichtwaarde. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Link: <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-96b58f2a-ff24-4fdc-9f69-f8163be00e87/pdf>
- RIVM (2021 c) Memo achtergrondwaarden en risicogrenzen ten behoeve van onderbouwing Maximale Waarden PFAS voor toepassen van grond en baggerspecie. Brief RIVM (Wintersen en Otte) aan lenW WOM, 29 april 2021. Link: <https://www.molenlanden.nl/sites/default/files/2023-01/Rapport%20PFAS%20moestuinen%20grond%20en%20wateronderzoek.pdf>
- RIVM (2022a) PFAS in Nederlands drinkwater vergeleken met de nieuwe Europese Drinkwaterrichtlijn. <https://www.rivm.nl/publicaties/pfas-in-nederlands-drinkwater-vergeleken-met-nieuwe-europese-drinkwaterrichtlijn>
- RIVM (2022b) Inventarisatie Zeer Zorgwekkende Stoffen in bestrijdingsmiddelen. RIVM-briefrapport 2022-0027. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Link: <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2022-0027.pdf>
- RIVM (2023) Risico's PFAS voor gezondheid en Milieu. Rijksdienst voor Volksgezondheid en Milieu. Link: <https://www.rivm.nl/pfas/riscos-pfas-voor-gezondheid-en-milieu#Pfas%20in%20Het%20Milieu>
- RIVM (2023a) Vragen en antwoorden risicogrenzen PFOA, PFOS en GenX voor grond en bagger. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Link: <https://www.rivm.nl/pfas/bodem/vragen-en-antwoorden>
- NVWA (2024) Advies van BuRO over PFAS in eieren van kippen van particulieren Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA). Link: <https://www.nvwa.nl/documenten/consument/eten-dinken-roken/contaminanten/publicaties/advies-van-buro-over-pfas-in-eieren-van-kippen-van-particulieren>
- RIVM (2024a) Risicobeoordeling van PFAS in particuliere eieren uit de regio Zuid-Holland Zuid en de gemeente Altena. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). RIVM-rapport 2024-0051.
- RIVM (2024b) Risk assessment of PFASs in feed: part 2: Laying hens and broilers. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Link: <https://www.rivm.nl/documenten/risk-assessment-of-pfass-in-feed-part-2-laying-hens-and-broilers>

- Sadia, M., et al. (2023). 'Forever chemical' PFAS in Dutch drinking water. Universiteit van Amsterdam. <https://www.uva.nl/shared-content/uva/en/news/news/2023/02/pfas-in-drinking-water.html>
- Schilling Costello, M. C., & Lee, L. S. (2020). Sources, fate, and plant uptake in agricultural systems of per- and polyfluoroalkyl substances. *Current Pollution Reports*, 6(4), 407-426.
- Schotman, T (2024) RIVM start landelijk onderzoek naar PFAS in eieren hobbykippen. Vee & Gewas. Pluimvee Nieuws. Link: <https://www.vee-en-gewas.nl/artikel/1029421-rivm-start-landelijk-onderzoek-naar-pfas-in-eieren-hobbykippen/>
- Shahsavari, E., Rouch, D., Khudur, L. S., Thomas, D., Aburto-Medina, A., & Ball, A. S. (2021). Challenges and Current Status of the Biological Treatment of PFAS-Contaminated Soils. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8
- Su, H., Shi, Y., Lu, Y., Wang, P., Zhang, M., Sweetman, A., Jones, K., & Johnson, A. (2017). Home produced eggs: An important pathway of human exposure to perfluorobutanoic acid (PFBA) and perfluorooctanoic acid (PFOA) around a fluorochemical industrial park in China. *Environment International*, 101, 1-6.
- Sweco. (2019, november 26). Sweco publiceert signaleringskaart PFAS-locaties. Sweco Nederland. <https://www.sweco.nl/actueel/nieuws/sweco-publiceert-signaleringskaart-pfas-locaties/>
- TAUW (2021) Phytoremediation has potential as a sustainable technology for remediation/managing of PFAS contamination. News Item. Link: <https://www.tauw.com/news/news/phytoremediation-has-potential-as-a-sustainable-technology-for-remediation/managing-of-pfas-contamination.html>
- Verhulst, S., Van Houdt, N., Ruijter, R., Sommereyns, S., Seys, K., Sorgeloos, L., Van den Daele, G., Schrooten, P., Van linden, J., & Nuyens, D. (2023) Beschrijvend Bodemonderzoek 3M Zwijndrecht en omgevende gebieden. Opdrachtgever: 3M Belgium, uitgevoerd door ERM.
- Voedingscentrum (z.d.) Hoeveel eieren per dag of per week? Link: <https://www.voedingscentrum.nl/nl/service/vraag-en-antwoord/gezonde-voeding-en-voedingsstoffen/hoeveel-eieren-mag-ik-per-week-eten-.aspx>
- WHO (2022) Dioxins and their effect on human health. World Health Organisation. Link: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dioxins-and-their-effects-on-human-health>
- Xu, B., Yang, G., Lehmann, A., Riedel, S., & Rillig, M. C. (2022). Effects of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFAS) on soil structure and function. *Soil Ecology Letters*, 5(1), 108-117.
- Zafeiraki, E., Costopoulou, D., Vassiliadou, I., Leondiadis, L., Dassenakis, E., Hoogenboom, R. L. A. P., & van Leeuwen, S. P. J. (2016). Perfluoroalkylated substances (PFASs) in home and commercially produced chicken eggs from the Netherlands and Greece. *Chemosphere*, 144, 2106-2112. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.10.105>
- Zembla (2023) Plassen en sloten in wijde omtrek Chemours-fabriek zwaar vervuild met PFAS. Link: <https://www.bnnvara.nl/zembla/artikelen/chemours-dupont-pfas-pfoa-vervuiling-verspreiding>

## Bijlage I. Hoe verhoudt zich de AWI met de norm voor PFAS in eieren?

Om te berekenen hoeveel eieren een persoon van 70 kilo kan eten zonder de toelaatbare wekelijkse inname (TWI) voor PFAS te overschrijden, gebruiken we de volgende werkwijze:

De TWI voor PFAS is vastgesteld op 4,4 nanogram per kilogram lichaamsgewicht per week.\* De norm voor PFAS in eieren is 1,7 microgram per kilogram (ofwel 1700 nanogram/kg)\*\*. Aangezien 1 microgram gelijk is aan 1000 nanogram, zetten we de norm om naar nanogram:

$$1,7 \text{ microgram/kg} = 1700 \text{ nanogram/kg}$$

Stel dat een gemiddeld ei 60 gram weegt, dan bevat een ei met een PFAS-concentratie van 1700 nanogram/kg een totale hoeveelheid van:

$$\text{PFAS in een ei} = 60 \text{ gram} \times \frac{1700 \text{ nanogram}}{1000 \text{ gram}} = 102 \text{ nanogram}$$

Voor een persoon van 70 kilo is de maximale veilige hoeveelheid PFAS per week:

$$\text{TWI voor PFAS} \times \text{lichaamsgewicht} = 4,4 \text{ nanogram/kg} \times 70 \text{ kg} = 308 \text{ nanogram}$$

Nu kunnen we het aantal eieren berekenen:

$$\text{Aantal eieren per week} = \frac{308 \text{ nanogram}}{102 \text{ nanogram per ei}} \approx 3$$

Dus, een persoon van 70 kilo kan ongeveer 3 eieren per week eten zonder de TWI voor PFAS te overschrijden. Het Voedingscentrum adviseert om 2 tot 3 eieren per week te eten als onderdeel van een gezond en gevarieerd dieet. Voor vegetariërs ligt het advies iets hoger, namelijk 3 tot 4 eieren per week (Voedingscentrum, z.d.).

\* Deze norm (ofwel Maximale Limiet), is een norm voor producten die bepaald wordt op grond van wat haalbaar is. Hierbij wordt het ALARA-principe toegepast, wat staat voor 'As Low As Reasonably Achievable', oftewel 'zo laag als redelijkerwijs haalbaar'. Dit beginsel is van toepassing op stoffen zoals PFAS, waarvan het niet direct mogelijk is om de aanwezigheid snel te elimineren of te verminderen (RIVM 2024).

\*\* Er is veel discussie over de interpretatie en toepassing van deze grenswaarden, vooral omdat bestaande achtergrondwaarden vaak de nieuwe richtlijnen overschrijden, wat ze onpraktisch maakt. Dit dilemma toont de complexiteit van het vaststellen van normen die zowel veilig zijn voor de volksgezondheid als realistisch voor milieuhandhaving.

## Bijlage II. Max aantal eieren per week bij variërend niveau van verontreiniging, lichaamsgewicht en gewicht van de eieren

### Max aantal eieren per week bij $\approx 2,0$ ug/kg PFAS verontreiniging in ei

Gewicht persoon	Gewicht ei			
	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr
30 kg	2,20	1,65	1,32	1,10
40 kg	2,93	2,20	1,76	1,47
50 kg	3,67	2,75	2,20	1,83
60 kg	4,40	3,30	2,64	2,20
70 kg	5,13	3,85	3,08	2,57
80 kg	5,87	4,40	3,52	2,93
90 kg	6,60	4,95	3,96	3,30
100 kg	7,33	5,50	4,40	3,67

**Let op:** Bij deze berekening is geen rekening gehouden met andere mogelijke bronnen van PFAS, zoals vis, vlees en groente.

Het aangegeven maximum aantal eieren vertegenwoordigt de maximale inname van PFAS.

In de praktijk krijgen mensen ook via andere bronnen PFAS binnen. Wees dus terughoudend met de interpretatie van deze tabellen!

### Max aantal eieren per week bij $\approx 3,0$ ug/kg PFAS verontreiniging in ei

Gewicht persoon	Gewicht ei			
	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr
30 kg	1,47	1,10	0,88	0,73
40 kg	1,96	1,47	1,17	0,98
50 kg	2,44	1,83	1,47	1,22
60 kg	2,93	2,20	1,76	1,47
70 kg	3,42	2,57	2,05	1,71
80 kg	3,91	2,93	2,35	1,96
90 kg	4,40	3,30	2,64	2,20
100 kg	4,89	3,67	2,93	2,44

### Max aantal eieren per week bij $\approx 7,0$ ug/kg PFAS verontreiniging in ei

Gewicht persoon	Gewicht ei			
	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr
30 kg	0,63	0,47	0,38	0,31
40 kg	0,84	0,63	0,50	0,42
50 kg	1,05	0,79	0,63	0,52
60 kg	1,26	0,94	0,75	0,63
70 kg	1,47	1,10	0,88	0,73
80 kg	1,68	1,26	1,01	0,84
90 kg	1,89	1,41	1,13	0,94
100 kg	2,10	1,57	1,26	1,05

**Max aantal eieren per week bij  $\approx 8,0$  ug/kg PFAS verontreiniging in ei**

Gewicht persoon	Gewicht ei			
	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr
30 kg	0,55	0,41	0,33	0,28
40 kg	0,73	0,55	0,44	0,37
50 kg	0,92	0,69	0,55	0,46
60 kg	1,10	0,83	0,66	0,55
70 kg	1,28	0,96	0,77	0,64
80 kg	1,47	1,10	0,88	0,73
90 kg	1,65	1,24	0,99	0,83
100 kg	1,83	1,38	1,10	0,92

**Max aantal eieren per week bij  $\approx 9,0$  ug/kg PFAS verontreiniging in ei**

Gewicht persoon	Gewicht ei			
	30 gr	40 gr	50 gr	60 gr
30 kg	0,49	0,37	0,29	0,24
40 kg	0,65	0,49	0,39	0,33
50 kg	0,81	0,61	0,49	0,41
60 kg	0,98	0,73	0,59	0,49
70 kg	1,14	0,86	0,68	0,57
80 kg	1,30	0,98	0,78	0,65
90 kg	1,47	1,10	0,88	0,73
100 kg	1,63	1,22	0,98	0,81

## Bijlage III Compostfauna

Hoeveelheid compostfauna gegeten door een kip in 15 minuten op een composthoop van 50x50 cm

### Kip 1: Antwerpse baardkriel 3,5 jaar oud

Soort	Aantal
(Regen)worm	18 (49%)
Pissebed	9 (24%)
Made	1 (3%)
Naaktslak (juvenile)	1 (3%)
Onbekend (zeer klein)	8 (22%)
Totaal	37



15 minuten



### Kip 2: Antwerpse baardkriel 3,5 jaar oud

Soort	Aantal
(Regen)worm	15 (32%)
Mier	1 (2%)
Pissebed	13 (28%)
Duizendpoot	2 (4%)
Naaktslak (juvenile)	3 (6%)
Onbekend (zeer klein)	13 (28%)
Totaal	47



### Gewichtstoename in 15 minuten: Kip vs. Mens

- Startgewicht: 661 gram
- Gewichtstoename: 9 gram
- Percentage toename: 1,36%
- Startgewicht: 70 kg
- Gewichtstoename: 0,95 kg
- Percentage toename: 1,36%

## Bijlage IV Samenvatting mogelijke risicofactoren

Locatie	Regenwater	Groente en fruit afval	Meelwormen	Toegang composthoop	Nabijheid PFAS producerende industrie	Nabijheid militair oefenterrein	Nabijheid vliegbasis	Grondsoort*	Jonge kippen <1jr)	Oude kippen >2jr)	Som PFAS ug/kg	
											Bodem	Eieren
1	✓	✓	✓	✓		✓	✓	Zand (>15jr)			2,9	2,1
2		✓	✓			✓		Zand (>25jr)		✓	2,2	8,1
3	✓	✓	✓					Nieuwe tuinaarde (<2jr) op oude bouwgrond (zand)		✓	0	0,71
4a	✓	✓			✓	✓		Zand		✓	0	9,2
4b		✓			✓	✓		Lichte klei		✓	1,7	
5	✓	✓	✓	✓	✓			Klei (>100jr)			3,1	2,7
6								Klei (>50jr)		✓	1,3	9,3
7			✓				✓	Klei (>50jr)	✓		1,8	6,8

### Legenda

✓ = In de literatuur bewezen mogelijke bronnen van PFAS vervuiling, maar in deze studie niet gemeten.

✓ = In de literatuur aangewezen als mogelijke bron, maar in deze studie door laboratoriumanalyse uitgesloten als mogelijke PFAS-bron.

✓ = Militaire terreinen, vliegbases en PFAS-producerende industrie zijn gecategoriseerd als hoogerisico-bronlocaties. In de literatuur zijn verhoogde PFAS-verontreinigingen aangetoond rondom deze locaties en zijn er oorzakelijke verbanden gelegd met deze locaties. In onze studie zijn er ook verhoogde PFAS-verontreinigingen gevonden in de omgeving van deze locaties, maar kan geen oorzakelijk verband gelegd worden.

✓ = In de literatuur is de link tussen leeftijd en PFAS- concentratie in eieren aangetoond; deze studie bevestigt dat.

\* Tussen haakjes is aangegeven hoe lang de grond (toplaag) onberoerd is gebleven, dit is op de meerderheid van de locaties minstens 15 jaar. Op locatie 3 is minder dan 2 jaar geleden een nieuwe toplaag tuinaarde aangebracht.

# Beperkt- en hoogrisico-bronlocaties

## Locatie 1

Militair oefenterrein Leusderheide en vliegbasis Soesterberg bevinden zich beiden minder dan 4 km van de locatie. Locatie 1 toont vooral veel PFOS in de bodem, mogelijk afkomstig van het gebruik van PFOS-houdend blusschuim, zoals vaak gebruikt op militaire bases en vliegvelden.

Op oefenterrein Leusderheide zijn, voor zover bekend, nog geen metingen gedaan. Voor vliegbasis Soesterberg wel. Ten behoeve van een nieuwe woningbouwlocatie aan de rand van voormalig vliegbasis Soesterberg is bodemonderzoek gedaan. Uit dit onderzoek is gebleken dat de bodem - grond en grondwater - op de geplande woningbouwlocatie verontreinigd is met PFAS-houdende middelen. Deze stof zat in het blusmiddel dat tussen 1983 en 2006 werd gebruikt tijdens brandblus oefeningen op de daar gelegen brandweerkazerne en -oefenlocatie (Provincie Utrecht, 2024).

## Locatie 2

Op minder dan 5 km afstand van locatie 2 bevindt zich militair terrein de Sysselft in Ede. Op de Sysselft zijn, voor zover bekend, geen metingen gedaan. Verder zijn er in de omgeving (< 2km) drie metaalbewerkingsindustriën gesitueerd en een brandweerkazerne.

## Locatie 3

Op locatie 3 zijn geen hoogrisico-bronnen in de nabijheid gesignaleerd, wel enkele beperkt risico-bronnen binnen een straal van 2 km; twee vuilstortplaatsen, twee brandweerkazernes, een afval en recyclingbedrijf, een afvalwaterzuiveringsbedrijf en een afvalverwerkings- en behandelingsbedrijf. Het is belangrijk om te vermelden dat op deze locatie minder dan twee jaar geleden schone tuingrond is aangebracht, variërend van 10 cm tot 40 cm. Dit is een zeer waarschijnlijke verklaring voor het feit dat hier geen PFAS in de bodem is aangetroffen.

## Locatie 4a&b

Sinds de jaren 60 heeft de Chemours-fabriek in Dordrecht aanzienlijke hoeveelheden PFAS, vooral perfluorooctaan zuur (PFOA), in het milieu vrijgelaten. Om de gevolgen van deze uitstoot te onderzoeken, zijn er sinds 2016 verschillende studies uitgevoerd naar de PFAS-concentraties in de bodem en het grondwater in de omgeving. Deze studies hebben aangetoond dat er tot op tientallen kilometers van de fabriek verhoogde PFAS-niveaus in de bodem zijn gevonden (ARCADIS, 2023). Uit onderzoek blijkt dat water in plassen en sloten binnen een straal van 15 kilometer rond de Chemours-fabriek ernstig verontreinigd is met PFAS (Zembla, 2023).



Locatie 4 ligt ten noordoosten van Dordrecht, wat betekent dat het in de overheersende windrichting van Chemours ligt. Op locatie 4, 25 km van de fabriek, is de op één na hoogste concentratie gevonden (1,43 µg/kg).

Op loopafstand van locatie 4 (<1 km) bevindt zich Fort Everdingen, dit is een voormalig oefenterrein van de EODD. Het terrein is sinds 2014 gesloten. Hier is geen data van. Het is wel denkbaar dat hier vroeger blusschuim is gebruikt.

Wat betreft de beperktrisiko-locaties: binnen een straal van 2 km van de locatie bevindt zich een vuilstortplaats.

#### **Locatie 5**

Chemours (<20 km), voorheen bekend als DuPont, heeft in het verleden PFOA gebruikt in hun productieprocessen, wat heeft geleid tot vervuiling in de omgeving. Op locatie 5, ongeveer 20 km hemelsbreed van de fabriek, is de hoogste PFOA-concentratie in de bodem gemeten (2,1 µg/kg). Het feit dat deze locatie in de windrichting ligt en ook uitsluitend regenwater gebruikt, zou de kans op PFAS-verontreiniging kunnen vergroten.

Binnen een straal van 2 km bevinden zich de volgende beperktrisiko-locaties: een afvalverwerkingsbedrijf, drie metaalbewerkingsbedrijven en een waterzuiveringsinstallatie.

#### **Locatie 6**

Er zijn geen hoogerisico-bronlocaties gesignaleerd in de omgeving van locatie 6. Wel zijn er in een straal van 2 km verschillende beperktrisiko-bronlocaties gesignaleerd; drie metaalbewerkingsbedrijven, drie brandweerkazernes, een zeilmakerij, een afvalinzameling en verwerkingsbedrijf en een stortplaats.

#### **Locatie 7**

Vliegbasis Soesterberg (<5 km); bekend om PFAS-verontreiniging bevindt zich binnen een straal van 5km van deze locatie. Verder zijn er een verscheidenheid aan beperktrisiko-locaties gesignaleerd; vijf metaalbewerkingsbedrijven, een afvalverwerkingsbedrijf en een waterzuiveringsinstallatie.