



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

Risicobeoordeling van **PFAS** in particuliere eieren uit de regio Zuid-Holland Zuid en de gemeente Altena

RIVM-rapport 2024-0051



Risicobeoordeling van PFAS in particuliere eieren uit de regio Zuid-Holland Zuid en de gemeente Altena

RIVM-rapport 2024-0051

Colofon

© RIVM 2024

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

DOI 10.21945/RIVM-2024-0051

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

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

Dit onderzoek is verricht in opdracht van de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden

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

Publiekssamenvatting

Risicobeoordeling van PFAS in particuliere eieren uit de regio Zuid-Holland Zuid en de gemeente Altena

Het RIVM blijft adviseren om in de regio Zuid-Holland Zuid en de gemeente Altena geen particuliere eieren te eten. Dit advies is eerder op 21 december 2023 uit voorzorg gegeven omdat in deze eieren veel PFAS zit. Particuliere eieren komen van kippen die als hobby worden gehouden. Bijvoorbeeld in achtertuinen, moestuinen, dierenweitjes en zorg- en kinderboerderijen. Inwoners kunnen wel eieren uit een winkel en van de markt eten omdat daar minder PFAS in zit. Het is nog niet duidelijk hoe de PFAS in deze eieren komt. Dat wordt nu onderzocht. Het advies kan veranderen als de concentratie PFAS in de particuliere eieren daalt.

Het RIVM heeft het risico beoordeeld van PFAS in particuliere eieren van 31 locaties in acht gemeenten rondom het chemiebedrijf Chemours in Dordrecht. We hebben hiervoor berekend hoeveel PFAS mensen kunnen binnenkrijgen via deze particuliere eieren. Dit is gedaan voor verschillende aantallen eieren per week. Via de eieren van 22 locaties krijgen mensen meer PFAS binnen dan de gezondheidkundige grenswaarde voor deze groep stoffen als zij één ei per week eten. Bij de andere locaties kunnen mensen maximaal één tot vier eieren per week eten zonder deze grenswaarde te overschrijden. Op één locatie is dat maximaal 15 eieren per week.

Door de particuliere eieren te eten krijgen mensen veel PFAS binnen. Die hoeveelheid komt boven op de hoeveelheid PFAS die mensen in Nederland via andere voedingsmiddelen en drinkwater binnenkrijgen. Via deze voedingsmiddelen en drinkwater krijgen mensen al meer PFAS binnen dan de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS. Als mensen een langere tijd meer PFAS binnenkrijgen dan de grenswaarde, kan dat schadelijk zijn voor de gezondheid.

De omgeving rond Chemours is vervuild met PFAS. In de particuliere eieren is vooral PFOS gevonden, een type PFAS dat Chemours – voor zover bekend – niet heeft uitgestoten tijdens de productieprocessen. Ook buiten de onderzochte regio kan veel PFAS in particuliere eieren zitten. Het RIVM vindt het daarom belangrijk te achterhalen door welke bron of bronnen PFAS in de eieren terechtkomt. Op basis van het huidige onderzoek kan het RIVM geen uitspraken doen over het eten van particuliere eieren in de rest van Nederland.

Kernwoorden: PFAS, particuliere eieren, risicobeoordeling, gezondheidkundige grenswaarde, regio Zuid-Holland Zuid

Synopsis

Risk assessment of PFAS in home-produced eggs from the region Zuid-Holland south and the municipality of Altena in the Netherlands

RIVM maintains its advice to people in the Zuid-Holland south region and the municipality of Altena not to consume home-produced eggs. This advice was issued previously on 21 December 2023 as a precaution due to high concentrations of PFAS in these eggs. Home-produced eggs are eggs laid by chickens that people keep as a hobby, for example in their own back garden or kitchen garden, or in a field, therapeutic farm or petting zoo. It is not clear at the moment how the PFAS ends up in these eggs. This is currently being studied. Eggs bought in a shop or on a food market can be eaten, because they contain less PFAS. The advice may change once the concentration of PFAS in the home-produced eggs decreases.

RIVM assessed the risk of PFAS in home-produced eggs from 31 locations in eight municipalities around Chemours, a chemical factory in Dordrecht. As part of the assessment, we calculated the amount of PFAS that people ingest by consuming these eggs. The calculation was done for various numbers of eggs consumed per week. For 22 locations, people ingest more PFAS than the health-based guidance value for this group of substances if they eat one egg per week. For the other locations, people could consume one up to four eggs per week without exceeding the guidance value. At one location people could consume up to 15 eggs per week.

By eating the home-produced eggs, people ingest a large amount of PFAS. This amount is in addition to the PFAS which people in the Netherlands ingest via other foodstuffs and drinking water. Through those foodstuffs and drinking water, people ingest already more PFAS than the health-based guidance value. If people ingest more PFAS than this health-based guidance value over a longer period of time, it can be harmful to their health.

The area around the Chemours factory is contaminated with PFAS. The substance found in the home-produced eggs is mainly PFOS, a type of PFAS which, as far as is known, Chemours has not emitted in its production processes. Eggs from privately owned chickens outside the study area may also contain a lot of PFAS. This is why RIVM thinks it is important to identify the source or sources of PFAS found in those eggs. Based on the current study, RIVM cannot make any statement about consuming home-produced eggs in other parts of the country.

Keywords: PFAS, home-produced eggs, risk assessment, health-based guidance value, Zuid-Holland south region

Inhoudsopgave

| | |
|----------|---|
| 1 | Inleiding — 9 |
| 2 | Verzamelen en analyse van de eieren — 11 |
| 2.1 | Verzamelen van de eieren — 11 |
| 2.2 | Analyse van PFAS — 13 |
| 3 | Berekening van de inname van PFAS en maximaal aantal eieren — 15 |
| 3.1 | Concentraties van PFAS — 15 |
| 3.2 | Berekening van de somconcentraties van PFAS — 16 |
| 3.3 | Berekening van de inname van PFAS volgens vijf consumptiefrequenties — 17 |
| 3.4 | Berekening van maximaal aantal eieren — 18 |
| 4 | Resultaten en onzekerheden — 21 |
| 4.1 | Somconcentraties van PFAS — 21 |
| 4.2 | Inname van PFAS volgens vijf consumptiefrequenties — 24 |
| 4.3 | Maximaal aantal eieren — 24 |
| 4.4 | Onzekerheden in de berekeningen — 26 |
| 5 | Discussie — 29 |
| 5.1 | PFAS-concentraties in particuliere en commerciële eieren uit andere onderzoeken — 29 |
| 5.2 | Vergelijking met ML's — 32 |
| 5.3 | Bronnen van PFAS — 33 |
| 6 | Risicobeoordeling van PFAS in particuliere eieren — 35 |
| 6.1 | Inname van PFAS vergeleken met de gezondheidkundige grenswaarde — 35 |
| 6.1.1 | Inname via alleen particuliere eieren — 35 |
| 6.1.2 | Inname via particuliere eieren en andere voedingsmiddelen en drinkwater — 36 |
| 6.1.3 | Conclusie — 37 |
| 6.2 | Vergelijking met ML's — 39 |
| 7 | Conclusie — 41 |
| 8 | Dankwoord — 43 |
| | Literatuurlijst — 45 |
| | Bijlage A PFAS-concentraties in de particuliere eieren per locatie — 49 |
| | Bijlage B (Gewogen) gemiddelde PFAS-concentraties in de particuliere eieren per locatie — 50 |
| | Bijlage C Inname van PFAS en de opvulling van de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS per consumptiefrequentie en locatie — 51 |

Bijlage D Somconcentratie van de EFSA-4 in de particuliere eieren per locatie – 53

1 Inleiding

In de provincie Zuid-Holland staat het chemiebedrijf Chemours. Dit bedrijf in Dordrecht heeft tot 2012 PFOA (perfluorooctaan-1-ol) gebruikt en vanaf 2012 GenX in de productieprocessen.¹ PFOA en GenX behoren tot de groep per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS). Dit zijn door de mens gemaakte chemische verbindingen, die van nature niet in het milieu voorkomen en die al bij een lage inname over een langere periode kunnen leiden tot negatieve gezondheidseffecten (EFSA, 2020). PFOA en GenX zijn onder andere via de lucht uitgestoten en in het milieu terechtgekomen.

In opdracht van de Zuid-Hollandse gemeenten Dordrecht, Sliedrecht, Papendrecht en Molenlanden is onderzoeks- en adviesbureau Arcadis, in samenwerking met *Wageningen Food Safety Research (WFSR)* van *Wageningen University & Research (WUR)* en onderzoeksbureau Tritium Advies, een onderzoek gestart naar PFAS in particuliere eieren uit de omgeving van Chemours in Dordrecht. Particuliere eieren zijn eieren gelegd door kippen die door inwoners als hobby worden gehouden in, bijvoorbeeld, achtertuinen, moestuinen, dierenweitjes en zorg- en kinderboerderijen. De aanleiding tot dit onderzoek was de berichtgeving over hoge concentraties van PFAS in particuliere eieren uit de omgeving van de 3M fabriek in Vlaanderen.² Deze fabriek heeft, zoals Chemours, PFAS uitgestoten, waardoor PFAS in het milieu is terechtgekomen.

In het huidige onderzoek heeft Tritium Advies eieren verzameld van kippen die worden gehouden in zeven gemeenten in de regio Zuid-Holland Zuid, namelijk Dordrecht, Sliedrecht, Papendrecht, Molenlanden, Alblasterdam, Hardinxveld-Giessendam en de Hoeksche Waard, en in de gemeente Altena in de provincie Noord-Brabant. De eieren zijn geanalyseerd op 18 PFAS. De doelstellingen van het onderzoek waren om uit te zoeken

1. of er een verband is tussen de hoeveelheid PFAS in particuliere eieren en de afstand tot Chemours; en
2. of de aangetroffen PFAS-concentraties in deze eieren een gezondheidsrisico kunnen opleveren.

Het onderhavige rapport betreft een uitwerking van de tweede doelstelling.

Uit een eerste evaluatie van de PFAS-concentraties die zijn aangetroffen in de eieren bleek dat alle eieren hogere concentraties van PFAS bevatten dan eerder zijn aangetroffen in eieren die te koop zijn in een winkel of op de markt (Schepens et al., 2023). Op basis van deze hoge concentraties is op 21 december 2023 uit voorzorg geadviseerd om voorlopig geen particuliere eieren meer te eten van kippen uit het

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

² <https://www.pluimveeweb.nl/artikel/410380-wetenschappers-vinden-hogere-pfas-waarden-in-eieren-van-hobbypluimveehouders-dan-in-groenten/>

onderzochte gebied.³ Dit advies is ook gegeven omdat mensen in Nederland via voedsel en drinkwater al meer PFAS binnenkrijgen dan de gezondheidskundige grenswaarde van PFAS (Schepens et al., 2023). Als dit gebeurt over een langere tijd, zijn schadelijke effecten op de gezondheid mogelijk. Het is daarom belangrijk om de hoeveelheid PFAS die mensen binnenkrijgen niet verder te verhogen door het eten van producten met (sterk) verhoogde concentraties PFAS.

In onderhavig rapport maken we inzichtelijk hoeveel PFAS een persoon binnen kan krijgen door het eten van de particuliere eieren die zijn verzameld in de acht gemeenten en wordt deze hoeveelheid vergeleken met de gezondheidskundige grenswaarde van PFAS (zie Box 1). Dit is gedaan voor de som van de concentraties van de PFAS die zijn geanalyseerd in de eieren. Deze somconcentraties zijn berekend met de relatieve potentiefactor (RPF)-methode (RIVM, 2021).

Box 1: Gezondheidskundige grenswaarde van PFAS

Een gezondheidskundige grenswaarde geeft aan hoeveel iemand maximaal van een stof mag binnenkrijgen zonder dat dit gevolgen heeft voor zijn gezondheid. Deze waarde wordt in de risicobeoordeling gebruikt om te bepalen of de inname van een stof een risico kan vormen voor de gezondheid.

Voor PFAS is deze grenswaarde gelijk aan 4,4 nanogram/kilogram lichaamsgewicht per week (EFSA, 2020).^{*} Deze grenswaarde is afgeleid voor vier PFAS, de zogenoemde EFSA-4 (perfluorooctaansulfonzuur (PFOS), perfluorooctaanzuur (PFOA), perfluornonaan zuur (PFNA) en perfluorhexaansulfonzuur (PFHxS)) en is gebaseerd op effecten op het immuunsysteem, die kunnen optreden na inname van PFAS over een langere tijd. Bij een langdurige, wekelijkse inname van PFAS die gelijk is aan deze grenswaarde, of lager, worden geen schadelijke effecten op de gezondheid verwacht.

Het RIVM gebruikt deze grenswaarde samen met de relatieve potentiefactor (RPF)-methode voor de risicobeoordeling van de inname van PFAS (RIVM, 2021).

^{*} Een nanogram is één miljardste gram, ofwel 10^{-9} gram.

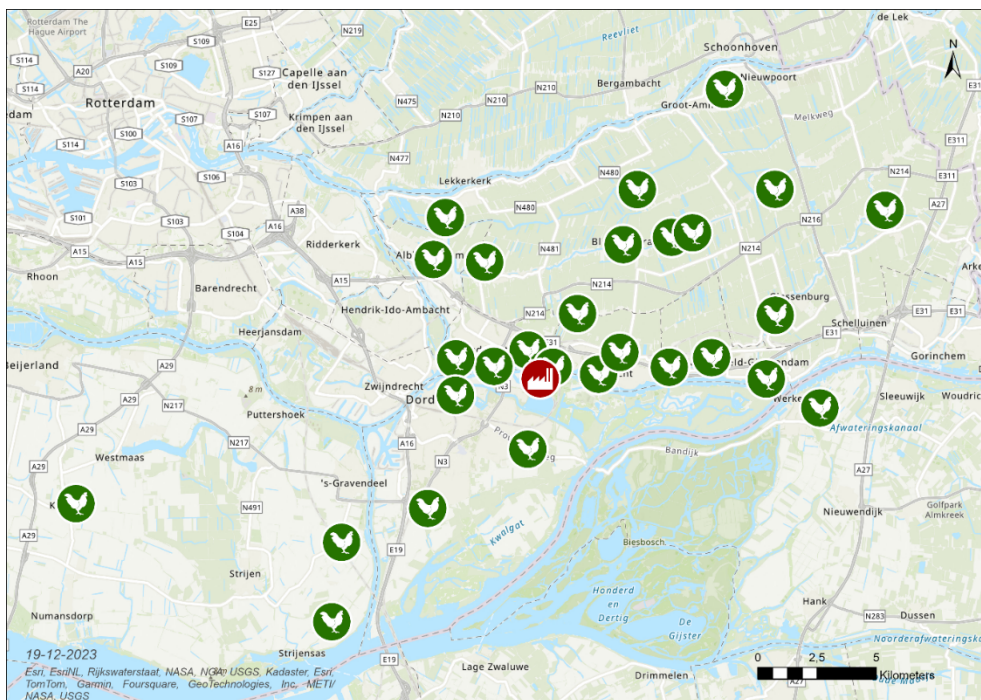
De hoeveelheid PFAS die mensen binnenkrijgen via andere bronnen dan voedsel en drinkwater, zoals via lucht of stof, is niet meegenomen in dit rapport.

³ <https://www.ozhz.nl/nieuws/teveel-pfas-in-eieren-van-hobbykippen/>

2 Verzamelen en analyse van de eieren

2.1 Verzamelen van de eieren

Het onderzoek is opgezet en begeleid door Arcadis. De particuliere eieren zijn verzameld door Tritium Advies op 30 locaties in het najaar van 2023 in de acht gemeenten (zie hoofdstuk 1). Dit is aan het eind van het legseizoen, waardoor de focus lag op die locaties waar nog eieren konden worden verzameld. De locaties lagen verspreid over de gemeenten op verschillende afstanden van Chemours in Dordrecht (zie Figuur 1) en betroffen zowel stedelijk als landelijk gebied. De locaties waren voornamelijk moestuinen (al dan niet als onderdeel van een moestuinencomplex) en tuinen van particulieren. De gemeente Hoeksche Waard is aangeduid als referentiegebied zoals in de moestuinonderzoeken uit 2022 (Boon & te Biesebeek, 2022a; 2022b). Dit gebied heeft geen bekende contaminatiebron van PFAS op korte afstand.



Figuur 1 Ligging van de locaties (groene symbolen) waar eieren zijn verzameld in de acht gemeenten (zie Tabel 1 op de volgende pagina). Het rode symbool is de positie van het chemiebedrijf Chemours in Dordrecht. N.B.: Er staan minder dan 30 bolletjes op de kaart omdat enkele locaties dicht bij elkaar liggen.

Per locatie zijn, waar mogelijk, tien eieren verzameld. Omdat de eieren zijn verzameld aan het einde van het legseizoen was het niet op alle locaties mogelijk om tien eieren te verzamelen. Afhankelijk van de verzamelde hoeveelheid eieren, zijn per locatie één of twee mengmonsters van twee of drie eieren geanalyseerd op PFAS. Daarnaast is voor een aantal locaties nog een extra analyse uitgevoerd van een monster van één ei, omdat de concentraties van PFAS tussen de

mengmonsters voor deze locaties iets meer verschilden dan voor de andere locaties.⁴ Uit privacyoverwegingen is alleen een code verstrekt per locatie (zie Tabel 1).

Tabel 1 Het aantal mengmonsters en enkelvoudige monsters en het totaal aantal geanalyseerde eieren per locatie en gemeente.

| Gemeente | Locatie^a | Aantal mengmonsters | Aantal enkelvoudige monsters | Totaal aantal geanalyseerde eieren |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|---|
| Alblasserdam | A1 | 2 | - | 6 |
| Altena-Noord-Brabant | L1 | 2 | 1 | 7 |
| Dordrecht | D1a | 1 ^b | 1 | 3 |
| | D1b | 1 ^b | 1 | 3 |
| | D2 | - | 1 | 1 |
| | D3 | - | 1 | 1 |
| Hardinxveld-Giessendam | H1 | 2 | - | 6 |
| | H2 | 2 | - | 6 |
| | H3 | 2 | 1 | 7 |
| Molenlanden | M1 | 2 | 1 | 7 |
| | M2 | 2 | - | 6 |
| | M3 | 2 | - | 6 |
| | M4 | 2 | - | 6 |
| | M5 | 2 ^b | - | 4 |
| | M6 | 2 | 1 | 7 |
| | M7 | 2 | - | 6 |
| | M8 | 2 | - | 6 |
| | M9 | 2 | 1 | 7 |
| | M10 | 2 | 1 | 7 |
| | M11 | 2 | 1 | 7 |
| | M12 | 2 | - | 6 |
| Papendrecht | P1 | 2 | - | 6 |
| | P2 | 2 | 1 | 7 |
| | P3 | 2 | - | 6 |
| | P4 | 2 | - | 6 |
| Sliedrecht | S1 | 2 | 1 | 7 |
| | S2 | 2 | - | 6 |
| | S3 | 2 | - | 6 |
| Hoeksche Waard ^c | R1 | 2 ^b | 1 | 5 |
| | R2 | 2 | - | 6 |
| | R3 | 2 | 1 | 7 |
| Totaal | | 56 | 15 | 177 |

^a Uit privacyoverwegingen is alleen een code verstrekt per locatie.

^b Deze mengmonsters bestaan uit twee eieren. Overige mengmonsters bestaan uit drie eieren.

^c Betreft het referentiegebied (zie paragraaf 2.1).

Op alle locaties zijn eieren verzameld van eenzelfde eigenaar, behalve op één locatie (D1 in Tabel 1). Op deze locatie waren te weinig eieren beschikbaar van één eigenaar en was het mogelijk om ook eieren van een tweede eigenaar te verzamelen op een naastgelegen adres (D1a en

⁴ Eieren zijn gecombineerd tot een mengmonster omdat zo meerdere eieren konden worden geanalyseerd.

D1b in Tabel 1). Ook hier is voor beide eigenaren (D1a en D1b) nog een extra analyse uitgevoerd van een monster van één ei, omdat maar één mengmonster kon worden geanalyseerd per eigenaar (zie Tabel 1).

De (meng)monsters zijn per locatie geanalyseerd op PFAS, dus in totaal voor 31 locaties. Hierbij zijn D1a en D1b als twee aparte locaties meegeteld. In totaal zijn 71 monsters (56 mengmonsters en 15 enkelvoudige monsters) geanalyseerd (zie Tabel 1). In de rest van dit rapport wordt met de term 'monster' gerefereerd aan zowel mengmonsters als enkelvoudige monsters.

2.2 Analyse van PFAS

De monsters zijn geanalyseerd op 18 PFAS (zie Tabel 2) door WFSR.⁵ Deze 18 PFAS zijn geanalyseerd, omdat ze zijn opgenomen in de door WFSR toegepaste analysemethode. De eieren zijn rauw geanalyseerd, nadat de eierschaal was verwijderd en het ei (eigeel én ei-eiwit) was gehomogeniseerd.

Tabel 2 De 18 PFAS die zijn meegenomen in de analyse van de monsters.

Sulfonzuren

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

Carbonzuren

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

Ether carbonzuren

| PFAS | PFAS-afkorting |
|---|----------------|
| 2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluorpropoxy)propionzuur | HFPO-DA (GenX) |
| 3H-perfluor-3-[(3-methoxy-propoxy)propionzuur] | ADONA |

PFAS: per- en polyfluoralkylstoffen

De 18 PFAS zijn geanalyseerd volgens de interne *Standard Operating Procedure* (SOP) A1114 van WFSR. Per monster is één gram ingewogen. Na extractie met acetonitril en opzuivering via *Solid Phase Extraction* zijn de monsterextracten geanalyseerd met behulp van vloeistofchromatografie (*liquid chromatography*; LC) gekoppeld aan

⁵ Vergelijken met de risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen uit moestuinen in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden (Boon & te Biesebeek, 2022a) is ook ADONA gerapporteerd door WFSR. Deze PFAS is in één monster aangetroffen (zie paragraaf 4.1).

tandem-massaspectrometrie (MS/MS).⁶ De analytische LC-kolom was een Phenomenex Luna Omega 1,6 µm PS C18 100 A (100 x 2,1 mm) en een Phenomenex Gemini 3 µm C18 110 A (50 x 3 mm) isolatorkolom. De vloeistoffen waarmee de monsterextracten door de kolom zijn geleid waren mobiele fase A en B (A: 20 mM ammoniumacetaat in water; B: 100 procent acetonitril; debiet 0,8 ml/min).

De MS opereerde in *multiple reaction* monitoring, waarbij elke PFAS wordt gemonitord op basis van twee ion overgangen (met uitzondering van perfluorbutaan­zuur (PFBA) omdat voor deze PFAS maar één ion overgang beschikbaar is). De hoeveelheid van een PFAS is gekwantificeerd met kalibratielijnen, geprepareerd in aanwezigheid van de matrix.⁷ De kalibratielijnen zijn gemaakt met, waar mogelijk, isotoop gelabelde interne standaarden voor de lineaire isomeren van PFAS. Omdat de meeste PFAS in voedsel aanwezig zijn als lineair isomeer, zijn de concentraties gerapporteerd van dit isomeer. Echter perfluorhexaansulfon­zuur (PFHxS), PFOA en perfluor­octaansulfon­zuur (PFOS) kunnen ook als vertakte isomeren aanwezig zijn in voedsel. Voor PFHxS zijn geen vertakte isomeren waargenomen in de monsters. Voor PFOS en PFOA was dit wel het geval en zijn de vertakte isomeren gekwantificeerd aan de hand van de kalibratielijnen voor de lineaire isomeren. Hierdoor kan een kleine onnauwkeurigheid in de gerapporteerde concentraties van deze twee PFAS ontstaan (lineair en vertakt), maar deze is naar verwachting minimaal.

De analyse­methode heeft twee analytische limiet­waarden:

- Detectielimiet (LOD): de laagste concentratie van een PFAS die kan worden waargenomen.
- Kwantificeringslimiet (LOQ): de laagste concentratie van een PFAS die met een vastgestelde precisie kan worden gekwantificeerd en waarbij de identiteit van de PFAS kan worden bevestigd.⁸

Hierbij is de LOD altijd lager dan de LOQ. De LOD varieerde van 0,0025 tot 0,20 nanogram (ng) per gram en de LOQ van 0,0050 tot 0,40 ng per gram.⁹ De analytische limiet­waarden varieerden per meet­serie en PFAS. De limieten kunnen variëren per PFAS omdat deze stoffen niet dezelfde chemische structuur hebben, waardoor hun gedrag in de LC-MS/MS verschilt.¹⁰

⁶ LC-MS/MS, LC: Shimadzu ExionLC AD; MS: Sciex 7500.

⁷ De matrix omvat alle overige stoffen in een monster naast de te analyseren stof.

⁸ In de risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen uit moestuinen in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden is ook de bevestigingslimiet (LOC) gerapporteerd door WFSR (Boon & te Biesebeek, 2022a). De LOC is in het geval van de huidige analyses­resultaten gelijkgetrokken met de LOQ.

⁹ Een nanogram is één miljardste gram, ofwel 10⁻⁹ gram.

¹⁰ PFAS met lange ketens (zoals PFOA en PFOS) blijven meer plakken in de LC-kolom dan PFAS met kortere ketens (zoals PFBA en PFBS).

3 Berekening van de inname van PFAS en maximaal aantal eieren

Met de gerapporteerde PFAS-concentraties in de monsters is per locatie berekend wat de inname van PFAS is wanneer één, twee, vier of zeven eieren per week worden gegeten, of één ei per maand. Daarnaast is per locatie berekend hoeveel eieren maximaal kunnen worden gegeten, zonder dat dit leidt tot een inname van PFAS via alleen deze eieren die hoger is dan de gezondheidskundige grenswaarde van PFAS (zie Box 1 in hoofdstuk 1). Voor beide berekeningen zijn de concentraties van de PFAS in de monsters met de RPF-methode opgeteld tot een somconcentratie van PFAS in ei. Verder is de inname van PFAS via andere voedingsmiddelen en drinkwater niet meegenomen bij deze berekeningen. Deze inname wordt meegenomen in de risicobeoordeling (zie paragraaf 6.1.2).

De volgende paragrafen beschrijven hoe deze berekeningen zijn uitgevoerd. De resultaten van de berekeningen worden besproken in hoofdstuk 4 en bediscussieerd in hoofdstuk 5. Hoofdstuk 6 duidt het risico.

3.1 Concentraties van PFAS

Bijlage A geeft een overzicht van de PFAS-concentraties in de monsters. De concentraties zijn op vier manieren gerapporteerd:

1. < LOD (detectielimiet): de PFAS kan niet worden waargenomen; de concentratie van de betreffende PFAS ligt tussen 0 ng per gram en de LOD.
2. < LOQ (kwantificeringslimiet): de PFAS is waargenomen, maar de daadwerkelijke concentratie kan niet worden vastgesteld en de identiteit van de PFAS kan niet met 100 procent zekerheid worden bevestigd; de concentratie van de betreffende PFAS ligt tussen 0 ng per gram en de LOQ.
3. c (numerieke concentratie): de PFAS is waargenomen en de concentratie kan nauwkeurig worden gekwantificeerd; de concentratie van de betreffende PFAS is gelijk aan c.
4. n.t.b. (niet te bepalen): de PFAS kan niet worden bepaald door een hoog achtergrondsignaal (dit is anders dan een PFAS die niet kan worden waargenomen en gerapporteerd is als '< LOD').

De PFAS-concentraties die zijn gerapporteerd als 'c' zijn als zodanig meegenomen in de berekeningen. De PFAS die niet konden worden bepaald (n.t.b.) in verschillende monsters zijn niet meegenomen in de berekening. Voor concentraties die zijn gerapporteerd als '< LOD' of '< LOQ' is niet bekend of de betreffende PFAS aanwezig zijn in het monster. Deze PFAS kunnen niet aanwezig zijn (0 ng per gram) of wel in een concentratie ergens tussen 0 ng per gram en de betreffende analytische limietwaarde. In de berekeningen is aangenomen dat deze PFAS niet aanwezig zijn in het betreffende monster.¹¹

¹¹ Deze aanname komt overeen met een laag concentratieniveau zoals gebruikt in de risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen uit moestuinen in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden (Boon & te Biesebeek, 2022a).

In Tabel 3 staan de toegekende concentraties aan een PFAS per gerapporteerde concentratie.

Tabel 3 Toegekende concentraties aan de PFAS in de berekening.

| Gerapporteerde concentratie ^a | Toegekende concentratie in de berekening |
|--|--|
| < LOD | 0 |
| < LOQ | 0 |
| c | c |
| n.t.b. | Niet meegenomen |

c: numerieke concentratie; LOD: detectielimiet; LOQ: kwantificeringslimiet; n.t.b.: niet te bepalen; PFAS: per- en polyfluoralkylstoffen.

^a De LOD varieerde van 0,0025 tot 0,20 nanogram (ng) per gram en de LOQ van 0,0050 tot 0,40 ng per gram (zie paragraaf 2.2).

3.2 Berekening van de somconcentraties van PFAS

De inname van PFAS via het eten van de particuliere eieren per locatie is berekend met de somconcentratie van PFAS in ei door de concentraties per PFAS op te tellen met de RPF-methode.

Voor de berekening van deze somconcentraties is als eerste voor elke locatie een gemiddelde concentratie per PFAS berekend op basis van de gerapporteerde concentraties per monster. Voor de locaties met niet hetzelfde aantal eieren per monster is een gewogen gemiddelde concentratie per PFAS berekend (zie Box 2). Voor de twee locaties (D2 en D3) met maar één monster zijn de PFAS-concentraties als zodanig gebruikt voor de berekening van de somconcentratie.

Box 2: Voorbeeldberekening van een gewogen gemiddelde concentratie voor een PFAS

Op een fictieve locatie zijn drie eieren verzameld. Deze eieren zijn als twee monsters geanalyseerd: één monster bestaande uit twee eieren en één monster bestaande uit één ei. De concentratie van een PFAS was 1 ng per gram in het eerste monster en 5 ng per gram in het tweede monster. De gewogen gemiddelde concentratie van deze PFAS wordt dan $((2 \times 1) + (1 \times 5)) / 3 = 2,3$ ng per gram.

De (gewogen) gemiddelde concentraties per PFAS zijn vervolgens opgeteld met behulp van RPF's (RIVM, 2021). Deze RPF's geven de potentie aan van een PFAS om een gezondheidseffect te veroorzaken, vergeleken met PFOA, de zogenaamde referentiestof. Dus de RPF van PFOA is één. PFAS met een grotere potentie dan PFOA om een gezondheidseffect te veroorzaken, hebben een RPF groter dan één en PFAS met een lagere potentie dan PFOA hebben een RPF kleiner dan één. In Tabel 4 (op de volgende pagina) staan de RPF's die zijn gebruikt in de berekening (Bil et al., 2021).

De (gewogen) gemiddelde concentraties per PFAS zijn vermenigvuldigd met de RPF's en daarna opgeteld. Dit resulteerde in locatiespecifieke somconcentraties van PFAS in ei, uitgedrukt in PFOA-equivalenten (PEQ). Box 3 (op de volgende pagina) geeft een voorbeeld van zo'n berekening. Met deze somconcentraties is per locatie de sominname van PFAS berekend via het eten van de eieren.

Tabel 4 De RPF's voor de 18 PFAS die zijn geanalyseerd in de monsters.

Sulfonzuren

| PFAS ^a | RPF ^b |
|--------------------|------------------|
| PFBS | 0,001 |
| PFHxS ^c | 0,6 |
| PFHpS | 2 |
| PFOS ^c | 2 |
| PFDS | 2 |

Carbonzuren

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

Ether carbonzuren

| PFAS ^a | RPF |
|-------------------|------|
| ADONA | 0,03 |
| HFPO-DA (GenX) | 0,06 |

PFAS: per- en polyfluoralkylstoffen; RPF: relatieve potentiefactor

^a De namen van de PFAS staan in Tabel 2 in paragraaf 2.2.

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

^c PFAS behorend tot de EFSA-4. Dit zijn de PFAS waarop de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS is gebaseerd (zie Box 1 in hoofdstuk 1).

Box 3: Voorbeeldberekening van een somconcentratie van PFAS in ei met behulp van RPF's

De monsters op een fictieve locatie bevatten PFOA, perfluorhexaanzuur (PFHxA) en PFOS in een gemiddelde concentratie van respectievelijk 0,05, 1,0 en 0,01 ng per gram. De RPF's zijn 1 voor PFOA (= referentiestof), 0,01 voor PFHxA en 2 voor PFOS (zie Tabel 4).

De somconcentratie van PFAS in ei, uitgedrukt in PFOA-equivalenten (PEQ), voor deze locatie wordt dan $(0,05 \times 1) + (1,0 \times 0,01) + (0,01 \times 2) = 0,08$ ng PEQ per gram.

3.3 Berekening van de inname van PFAS volgens vijf consumptiefrequenties

Met de locatiespecifieke somconcentraties van PFAS in ei is berekend hoe hoog de sominname van PFAS is wanneer één, twee, vier of zeven eieren per week worden gegeten. Deze aantallen zijn gekozen als mogelijke consumptiefrequenties van eieren. Het Voedingscentrum geeft aan dat het eten van twee tot drie eieren per week past in een gezonde

voeding en dat vegetariërs drie tot vier eieren per week kunnen eten.¹² Daarnaast is, ter vergelijking, de sominname berekend wanneer één ei per maand wordt gegeten. Deze sominname wordt alleen gerapporteerd in paragraaf 4.2 en wordt niet verder besproken.

Voor de berekening is aangenomen dat een ei 50 gram weegt.¹³ De berekende sominname van PFAS is uitgedrukt per kg lichaamsgewicht door deze te delen door een gemiddeld lichaamsgewicht van 73 kg. De sominname kan dan worden vergeleken met de gezondheidskundige grenswaarde van PFAS van 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week om te bepalen of de inname een risico vormt voor de gezondheid (zie paragraaf 6.1). In Box 4 staat een voorbeeld van een berekening van de sominname van PFAS via twee eieren per week.

Box 4: Voorbeeldberekening van de sominname van PFAS door het eten van twee eieren per week

De somconcentratie van PFAS in ei is 10 ng PEQ per gram. Voor een ei van 50 gram is dat $50 \times 10 = 500$ ng PEQ. Wanneer twee van zulke eieren per week worden gegeten, is de inname van PFAS gelijk aan $2 \times 500 = 1.000$ ng PEQ per week. Uitgedrukt per kg lichaamsgewicht wordt de sominname gelijk aan $1.000 \div 73 = 13,7$ ng PEQ per kg lichaamsgewicht per week.

Het lichaamsgewicht van 73 kg is het gewogen gemiddelde lichaamsgewicht van de respondenten van 1 t/m 79 jaar in de Nederlandse Voedselconsumptiepeiling van 2012–2016 (van Rossum et al., 2020). Dit is de populatie waarvoor de inname van PFAS via voedsel en drinkwater is berekend in 2023 en die zal worden gebruikt om de inname van PFAS via particuliere eieren te beoordelen (zie paragraaf 6.1.2). Daarnaast is dit lichaamsgewicht gebruikt, omdat PFAS na een langere periode effecten kan hebben op de gezondheid (zie Box 1 in hoofdstuk 1). Er is daarom geen aparte berekening uitgevoerd voor kinderen. Omdat kinderen meer eten per kg lichaamsgewicht, zullen zij een hogere inname van PFAS hebben dan berekend voor de totale populatie. Echter, een hogere inname van PFAS gedurende de kindertijd is meegenomen in de afleiding van de gezondheidskundige grenswaarde van PFAS (EFSA, 2020). De conclusie van de risicobeoordeling is dan ook van toepassing op kinderen (zie paragraaf 6.1.3).

In de rest van dit rapport wordt met de term 'inname' gerefereerd naar de sominname.

3.4 Berekening van maximaal aantal eieren

Met de locatiespecifieke somconcentraties van PFAS is ook berekend hoeveel eieren per locatie maximaal kunnen worden gegeten per week, zonder dat dit leidt tot een inname van PFAS via alleen deze eieren die

¹² <https://www.voedingscentrum.nl/nl/service/vraag-en-antwoord/gezonde-voeding-en-voedingsstoffen/hoeveel-eieren-mag-ik-per-week-eten-.aspx#:~:text=De%20hoeveelheid%20eieren%20die%20wij,En%20hoeveel%3F>

¹³ Dit gewicht komt overeen met een ei van de gewichtsklasse M. Een ei van gewichtsklasse S weegt gemiddeld 40 gram en van gewichtsklasse L gemiddeld 60 gram ([Portie-online | Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu \(RIVM\)](#)).

hoger is dan de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS. In deze berekening is niet meegenomen dat mensen in Nederland al meer PFAS binnenkrijgen via voedsel en drinkwater dan de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS (Schepens et al., 2023). Dit wordt meegenomen in de risicobeoordeling (zie paragraaf 6.1.2).

Ook deze berekening is uitgevoerd met een gemiddeld lichaamsgewicht van 73 kg (zie paragraaf 3.3). Om uit te rekenen hoeveel eieren per locatie maximaal kunnen worden gegeten, is als eerste de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS van 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week vermenigvuldigd met het gemiddelde lichaamsgewicht. Dit resulteerde in een maximale wekelijkse inname van PFAS van 321 ng PEQ. Deze inname is vervolgens gedeeld door de locatiespecifieke somconcentraties van PFAS in een ei van 50 gram om te berekenen hoeveel eieren per locatie maximaal kunnen worden gegeten. Box 5 geeft een voorbeeld van zo'n berekening.

Box 5: *Voorbeeldberekening van het maximaal aantal eieren*

Het maximaal aantal eieren dat kan worden gegeten, is berekend door de maximale wekelijkse inname van PFAS van 321 ng PEQ, gebaseerd op een gemiddeld lichaamsgewicht van 73 kg, te delen door de locatiespecifieke somconcentraties van PFAS in ei. Hiervoor is als eerste de somconcentratie van PFAS, uitgedrukt in ng PEQ per gram, vermenigvuldigd met 50 gram om de somconcentratie in één ei uit te rekenen. Bij een fictieve somconcentratie in ei van 3 ng PEQ per gram is de somconcentratie in één ei gelijk aan $3 \times 50 = 150$ ng PEQ. Het maximaal aantal eieren dat dan kan worden gegeten is $321 \text{ ng PEQ} \div 150 \text{ ng PEQ} =$ twee eieren per week.

4 Resultaten en onzekerheden

4.1 Somconcentraties van PFAS

De monsters zijn geanalyseerd op 18 PFAS (zie paragraaf 2.2). PFBA kon in geen van de monsters worden bepaald door een hoog achtergrondsignaal. De berekende locatiespecifieke somconcentraties van PFAS zijn dus gebaseerd op 17 PFAS. Daarnaast kon ADONA in één meetserie niet worden bepaald. Deze meetserie omvatte de 15 enkelvoudige monsters (zie Tabel 1 in paragraaf 2.1). In totaal zijn 6,6 procent van de PFAS-concentraties gerapporteerd als 'niet te bepalen' (n.t.b.).

Vijf PFAS zijn in alle 71 monsters gerapporteerd als '< LOD' of '< LOQ', namelijk perfluoropentaanzuur (PFPeA), perfluorhexaanzuur (PFHxA), perfluorheptaanzuur (PFHpA), perfluorbutaansulfonzuur (PFBS) en GenX. ADONA en perfluordecaansulfonzuur (PFDS) zijn in maar één monster aangetroffen boven de LOQ (niet in hetzelfde monster). Het niet kunnen bepalen van ADONA in de 15 enkelvoudige monsters heeft naar verwachting dus weinig impact gehad op de somconcentraties van PFAS voor de betreffende locaties. PFOA en PFOS zijn in alle monsters aangetroffen boven de LOQ. Dit gold ook voor perfluordecaanzuur (PFDA) op twee monsters na van dezelfde locatie (M8). De overige zeven PFAS zijn in sommige monsters wel aangetroffen en in sommige monsters niet (zie Bijlage A).

De locatiespecifieke somconcentraties zijn berekend door de (gewogen) gemiddelde concentraties van elke PFAS, uitgedrukt in PEQ, per locatie bij elkaar op te tellen (zie paragraaf 3.2). Bijlage B geeft een overzicht van de 17 (gewogen) gemiddelde concentraties van elke PFAS per locatie. De locatiespecifieke somconcentraties staan in Tabel 5 (op de volgende pagina). Deze somconcentraties varieerden van 0,43 tot 77 ng PEQ per gram.

Figuur 2 (op pagina 24) geeft de locatiespecifieke somconcentraties van PFAS in ei visueel weer. De somconcentraties laten binnen de meeste gemeenten geen eenduidig beeld zien, behalve in de gemeenten Dordrecht en Papendrecht. In de gemeente Dordrecht waren de somconcentraties voor de vier locaties hoog vergeleken met de somconcentraties voor de locaties in de andere gemeenten, behalve vergeleken met één locatie in de gemeente Sliedrecht. De somconcentraties voor de vier locaties in de gemeente Papendrecht waren redelijk vergelijkbaar. Met name het verschil in somconcentraties tussen één van de locaties in de gemeente Sliedrecht vergeleken met de twee andere locaties in deze gemeente was groot. Verder waren de somconcentraties voor de drie locaties in de gemeente Hoeksche Waard, het referentiegebied (zie paragraaf 2.1), niet beduidend lager dan de somconcentraties voor de locaties in de andere gemeenten, behalve ten opzichte van de vier locaties in de gemeente Dordrecht.

Voor elke locatie is de procentuele bijdrage van de individuele PFAS aan de somconcentraties berekend (zie Tabel 5). PFOS (met een RPF van 2)

Tabel 5 Locatiespecifieke somconcentraties van PFAS, in oplopende volgorde en in ng PEQ per gram, in particuliere eieren van 31 locaties uit acht gemeenten, inclusief de drie PFAS die het meest bijdroegen aan de somconcentratie per locatie.

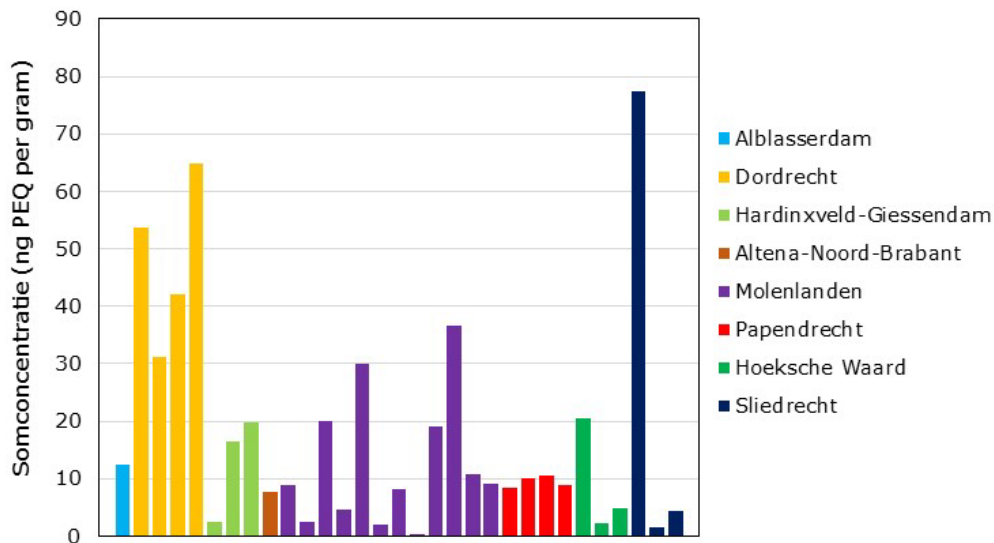
| Locatie (gemeente) | Somconcentratie PFAS (ng PEQ per gram ei) | Top 3 PFAS ^{a,b} (bijdrage aan somconcentratie PFAS in percentage) | | |
|-----------------------------|--|--|-----------|-------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| M8 (Molenlanden) | 0,43 | PFOS (76) | PFOA (24) | - |
| S2 (Sliedrecht) | 1,4 | PFOS (49) | PFDA (26) | PFNA (13) |
| M6 (Molenlanden) | 1,9 | PFOS (36) | PFOA (24) | PFDA (20) |
| R2 (Hoeksche Waard) | 2,2 | PFOS (58) | PFDA (17) | PFDoDA (8) |
| M2 (Molenlanden) | 2,5 | PFOS (45) | PFDA (23) | PFNA (20) |
| H1 (Hardinxveld-Giessendam) | 2,6 | PFOS (39) | PFDA (19) | PFNA (15) |
| S3 (Sliedrecht) | 4,4 | PFDA (32) | PFNA (28) | PFOS (12) |
| M4 (Molenlanden) | 4,6 | PFOS (32) | PFOA (26) | PFNA (20) |
| R3 (Hoeksche Waard) | 4,8 | PFOS (46) | PFDA (16) | PFNA (13) |
| L1 (Altena-Noord-Brabant) | 7,8 | PFOS (43) | PFDA (19) | PFNA (16) |
| M7 (Molenlanden) | 8,0 | PFOS (42) | PFDA (19) | PFNA (11) |
| P1 (Papendrecht) | 8,4 | PFOS (39) | PFDA (17) | PFNA (14) |
| M1 (Molenlanden) | 8,9 | PFOS (53) | PFDA (12) | PFNA (11) |
| P4 (Papendrecht) | 9,0 | PFOS (43) | PFDA (24) | PFNA (12) |
| M12 (Molenlanden) | 9,2 | PFOS (41) | PFDA (25) | PFNA (13) |
| P2 (Papendrecht) | 10 | PFOS (46) | PFDA (20) | PFNA (15) |
| P3 (Papendrecht) | 11 | PFDA (52) | PFOS (16) | PFNA (12) |
| M11 (Molenlanden) | 11 | PFOS (36) | PFDA (20) | PFNA (15) |
| A1 (Alblasserdam) | 12 | PFOS (59) | PFDA (12) | PFNA (9) |
| H2 (Hardinxveld-Giessendam) | 16 | PFOS (32) | PFDA (23) | PFNA (13) |
| M9 (Molenlanden) | 19 | PFOS (37) | PFDA (19) | PFNA (15) |
| H3 (Hardinxveld-Giessendam) | 20 | PFOS (49) | PFDA (18) | PFDoDA (11) |
| M3 (Molenlanden) | 20 | PFOS (48) | PFDA (14) | PFNA (12) |

| Locatie (gemeente) | Somconcentratie PFAS (ng PEQ per gram ei) | Top 3 PFAS ^{a,b} (bijdrage aan somconcentratie PFAS in percentage) | | |
|---------------------|--|--|-----------|--------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| R1 (Hoeksche Waard) | 20 | PFDA (37) | PFNA (22) | PFOS (16) |
| M5 (Molenlanden) | 30 | PFOS (36) | PFDA (24) | PFNA (18) |
| D1b (Dordrecht) | 31 | PFOS (45) | PFDA (18) | PFNA (13) |
| M10 (Molenlanden) | 37 | PFOS (32) | PFDA (20) | PFNA (15) |
| D2 (Dordrecht) | 42 | PFOS (46) | PFDA (17) | PFNA (11) |
| D1a (Dordrecht) | 54 | PFOS (33) | PFDA (23) | PFD _o DA (16) |
| D3 (Dordrecht) | 64 | PFDA (28) | PFOS (16) | PFD _o DA (15) |
| S1 (Sliedrecht) | 77 | PFT _r DA (22) | PFDA (18) | PFUnDA (17) |

ng: nanogram; PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: per- en polyfluoralkylstoffen

^a De namen van de PFAS staan in Tabel 2 in paragraaf 2.2.

^b De drie PFAS die het meest bijdroegen aan de somconcentratie per locatie staan vermeld op volgorde van bijdrage.



Figuur 2 Locatiespecifieke somconcentraties van PFAS, in ng PEQ per gram, in particuliere eieren van 31 locaties uit acht gemeenten. ng: nanogram; PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: per- en polyfluoralkylstoffen

droeg bij 26 locaties het meeste bij aan de somconcentraties met percentages die varieerden van 32 procent tot 76 procent. Bij vier locaties droeg PFDA (met een RPF van 10) het meeste bij met percentages variërend van 28 procent tot 52 procent en bij één locatie was dit perfluortridecaanzuur (PFTrDA; met een RPF van 3) met een percentage van 22 procent. Deze laatste locatie was de locatie met de hoogste somconcentratie van PFAS in ei, waaraan PFDA als tweede PFAS het meeste bijdroeg met een percentage van 18 procent en PFUnDA (met een RPF van 4) als derde met een percentage van 17 procent (zie Tabel 5).

4.2 Inname van PFAS volgens vijf consumptiefrequenties

Met de locatiespecifieke somconcentraties (zie Tabel 5) is berekend hoe hoog de inname van PFAS is wanneer één, twee, vier of zeven eieren per week worden gegeten, of één ei per maand (zie paragraaf 3.3). Bijlage C geeft per consumptiefrequentie de inname van PFAS voor elke locatie. In Tabel 6 (op de volgende pagina) staan de laagst en de hoogst berekende inname van PFAS per consumptiefrequentie.

Bij een consumptiefrequentie van bijvoorbeeld vier eieren per week was de inname van PFAS 1,2 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week voor de locatie met de laagste somconcentratie (M8; 0,43 ng PEQ per gram) en 212 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week voor de locatie met de hoogste somconcentratie (S1; 77 ng PEQ per gram).

4.3 Maximaal aantal eieren

Naast de inname van PFAS via de consumptie van verschillende aantallen eieren per week en maand, is ook berekend hoeveel eieren per locatie maximaal kunnen worden gegeten per week, zonder dat dit leidt tot een inname van PFAS via alleen deze eieren die hoger is dan de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS (zie paragraaf 3.4). Hierbij

Tabel 6 De laagste en hoogste inname van PFAS door het eten van [particuliere eieren afkomstig van 31 locaties volgens vijf consumptiefrequenties^{a,b,c}.

| Consumptiefrequentie | Inname van PFAS (ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week) | |
|----------------------|---|---------|
| | Laagste | Hoogste |
| 1 keer per maand | 0,07 | 12 |
| 1 keer per week | 0,30 | 53 |
| 2 keer per week | 0,59 | 106 |
| 4 keer per week | 1,2 | 212 |
| 7 keer per week | 2,1 | 371 |

kg: kilogram; ng: nanogram; PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: per- en polyfluoralkylstoffen
^a Tabel 1 in paragraaf 2.1 geeft een overzicht van de bemonsterde locaties.

^b In Bijlage C staat de inname per consumptiefrequentie en locatie.

^c De gezondheidskundige grenswaarde van PFAS is 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week (zie Box 1 in hoofdstuk 1).

is de inname van PFAS via andere voedingsmiddelen en drinkwater niet meegenomen en dat die inname al hoger is dan de gezondheidskundige grenswaarde (Schepens et al., 2023). Dit wordt meegenomen in de risicobeoordeling (zie paragraaf 6.1.2).

De eieren van negen locaties konden maximaal één tot vijftien keer per week worden gegeten, zonder dat de inname van PFAS via alleen deze eieren hoger was dan de gezondheidskundige grenswaarde (zie Tabel 7). Dit waren de eieren van vier locaties in de gemeente Molenlanden, twee locaties in de gemeente Sliedrecht, twee locaties in de gemeente Hoeksche Waard en één locatie in de gemeente Hardinxveld-Giessendam. Voor de overige locaties, waaronder alle locaties in de gemeenten Alblasterdam (één locatie), Altena-Noord Brabant (één locatie), Dordrecht (vier locaties) en Papendrecht (vier locaties), resulteerde het eten van alleen één ei per week al in een inname van PFAS hoger dan de gezondheidskundige grenswaarde.

Tabel 7 Het maximaal aantal particuliere eieren per week dat per locatie kon worden gegeten zonder de gezondheidskundige grenswaarde van PFAS te overschrijden^{a,b}.

| Maximaal aantal eieren per week | Aantal locaties | Locaties ^c |
|---------------------------------|-----------------|---|
| 15 | 1 | M8 |
| 4 | 1 | S2 |
| 3 | 2 | M6, R2 |
| 2 | 2 | H1, M2 |
| 1 | 3 | M4, R3, S3 |
| < 1 | 22 | A1, D1a, D1b, D2, D3, H2, H3, L1, M1, M3, M5, M7, M9, M10, M11, M12, P1, P2, P3, P4, R1, S1 |

PFAS: per- en polyfluoralkylstoffen

^a Bij deze maximale aantallen is geen rekening gehouden met de inname van PFAS via andere voedingsmiddelen en drinkwater en dat die inname al hoger is dan de gezondheidskundige grenswaarde van PFAS. Deze inname wordt meegenomen in de risicobeoordeling (zie paragraaf 6.1.2).

^b De gezondheidskundige grenswaarde van PFAS is 4,4 nanogram/kilogram lichaamsgewicht per week (zie Box 1 in hoofdstuk 1).

^c Tabel 1 in paragraaf 2.1 geeft een overzicht van de bemonsterde locaties.

4.4 Onzekerheden in de berekeningen

De resultaten van de berekeningen zijn beïnvloed door een aantal onzekerheden. De belangrijkste worden hieronder kort besproken.

De eerste onzekerheid betreft de berekende somconcentraties van PFAS voor de vier locaties in de gemeente Dordrecht. De somconcentraties voor twee locaties (D2 en D3) in deze gemeente zijn gebaseerd op analyses in één enkelvoudig monster van één ei en voor de andere twee locaties (D1a en D1b) op analyses in één monster bestaande uit twee eieren en één enkelvoudig monster van één ei (zie Tabel 1 in paragraaf 2.1). Door dit kleiner aantal geanalyseerde eieren vergeleken met de andere locaties geven de somconcentraties voor deze vier locaties mogelijk een minder betrouwbaar beeld van de hoeveelheid PFAS in de eieren. Maar, omdat de spreiding in de hoeveelheid PFAS voor locaties met meer dan één geanalyseerd mengmonster klein was (zie Bijlage A), verwachten we dat de impact van deze onzekerheid op de somconcentraties, en daarmee de inname van PFAS, van de locaties in de gemeente Dordrecht zeer waarschijnlijk klein.

Een tweede onzekerheid is dat de eieren zijn verzameld op het einde van het legseizoen (zie paragraaf 2.1). Omdat de eierproductie van kippen daalt naarmate het aantal uren licht afneemt, is de productie tijdens de verzameling zeer waarschijnlijk lager geweest dan bijvoorbeeld in de zomer. Deze lagere eierproductie kan effect hebben gehad op de hoeveelheid PFAS in de eieren. Deze hoeveelheid is gerelateerd aan de dagelijkse inname van PFAS door de kippen tijdens een *steady state* situatie (Kowalczyk et al., 2020; Wilson et al., 2021). Bij gelijkblijvende inname van PFAS neemt de hoeveelheid PFAS in de eieren dus toe bij een lagere eierproductie, aangezien een belangrijke excretieroute is verminderd (FO, 2023). Daarnaast worden de kippen zeer waarschijnlijk ook in de winter blootgesteld aan PFAS. Bij de aanname dat de totale excretie van PFAS gedurende die periode minder is omdat er geen of veel minder eieren worden gelegd, bevatten de eieren aan het begin van het legseizoen hogere PFAS-concentraties dan eieren die later in het seizoen worden gelegd (FO, 2023). Door eieren gedurende het legseizoen meerdere keren te verzamelen, kan inzicht worden verkregen in mogelijke schommelingen van PFAS-concentraties in de eieren en de gemiddelde concentratie van PFAS in de eieren gedurende dit seizoen.

Een andere onzekerheid in de somconcentraties van PFAS is dat een deel van de PFAS-concentraties zijn gerapporteerd als '< LOD' of '< LOQ' (zie paragraaf 3.1). In de berekening van de somconcentraties is aangenomen dat deze concentraties gelijk zijn aan nul (zie Tabel 3 in paragraaf 3.1). Deze aanname kan de werkelijke somconcentraties hebben onderschat omdat niet kan worden uitgesloten dat de niet waargenomen ('< LOD') en niet gekwantificeerde ('< LOQ') PFAS mogelijk wel aanwezig zijn in de monsters. Dit is vooral het geval voor de concentraties die zijn gerapporteerd als '< LOQ' omdat in die gevallen het waarschijnlijk is dat de PFAS aanwezig is in het monster. Echter, het percentage monsters met een gerapporteerde concentratie als '< LOQ' was maar 10 procent (zie Bijlage A). Verder waren de PFAS-concentraties die wel konden worden gekwantificeerd hoog vergeleken

met de hoogte van de LOD's en LOQ's (zie Bijlage A). Het is dan ook de verwachting dat de somconcentraties niet zijn onderschat door de aanname dat de niet gedetecteerde en niet gekwantificeerde concentraties gelijk zijn aan nul.

De laatste onzekerheid is dat de PFAS zijn geanalyseerd in monsters van rauwe eieren, terwijl vooral gebakken of gekookte eieren worden gegeten. Bereiding van eieren zou een effect kunnen hebben op de aanwezigheid van PFAS en dus op de berekende inname van PFAS. Het is vooralsnog grotendeels onbekend wat het effect van het bereiden van voedsel is op de PFAS-concentraties (EFSA, 2020). Aan de andere kant is bekend dat PFAS pas afbreekt bij zeer hoge temperaturen: vanaf zo'n 400 °C (Bokkers et al., 2019). Op basis hiervan verwachten we dat deze onzekerheid zeer waarschijnlijk nauwelijks tot geen effect heeft gehad op de berekende inname van PFAS.

Conclusie

Samengevat kan vooral de legfrequentie, en dus seizoen, van invloed zijn geweest op de resultaten van de berekeningen. Echter, gezien de hoogte van de somconcentraties is de verwachting dat deze onzekerheid de risicobeoordeling en de conclusie van het huidige onderzoek niet hebben beïnvloed.

5 Discussie

Dit hoofdstuk vergelijkt de concentraties van PFAS in de particuliere eieren in het huidige onderzoek met die in particuliere eieren en in eieren uit een winkel of van de markt, de zogenaamde commerciële eieren, uit andere onderzoeken (zie paragraaf 5.1). De concentraties in de particuliere eieren worden ook vergeleken met de wettelijk maximumgehalten (*maximum levels*; ML's) voor PFAS in eieren in de Europese Unie (EU; zie paragraaf 5.2). Daarnaast worden de mogelijke bronnen waardoor PFAS in particuliere eieren terecht kan komen kort besproken (zie paragraaf 5.3).

5.1 PFAS-concentraties in particuliere en commerciële eieren uit andere onderzoeken

De PFAS-concentraties in particuliere eieren en commerciële eieren, die in deze paragraaf worden besproken, zijn allemaal berekend volgens een *lower bound scenario*. In dit 'scenario' zijn de concentraties lager dan de analytische limietwaarden (LOD en LOQ) op dezelfde manier meegenomen als in het huidige onderzoek (zie Tabel 3 in paragraaf 3.1).

Onderzoek particuliere eieren in Nederland uit 2016

In 2016 is een onderzoek gepubliceerd over PFAS in particuliere eieren verzameld op 73 locaties in Nederland (Zafeiraki et al., 2016). Dit waren locaties zonder bekende contaminatiebron van PFAS op korte afstand. De eieren zijn verzameld in 2013-2014 en zijn eerst gekookt en vervolgens is het eigeel van meerdere eieren van dezelfde locatie als mengmonster geanalyseerd op 10 PFAS. In 59 van de 73 monsters is minstens één PFAS in een hoeveelheid boven de LOQ van 0,50 ng per gram aangetroffen.

In deze studie zijn geen somconcentraties van PFAS uitgedrukt in PEQ gerapporteerd. Om een vergelijking te kunnen maken met de somconcentraties in het huidige onderzoek, hebben we deze somconcentraties berekend. Hiervoor zijn als eerste de PFAS-concentraties in eigeel omgerekend naar PFAS-concentraties in ei. Omdat PFAS accumuleren in het eigeel (Zafeiraki et al., 2016), is dit berekend op basis van een gewichtsverhouding van een derde eigeel en twee derde ei-eiwit. Dit betekent dat de concentratie van een PFAS in het hele ei een factor drie lager is dan in het eigeel. Vervolgens is met de RPF-methode de somconcentratie van PFAS in de 73 monsters berekend (zie paragraaf 3.2). Dit resulteerde in somconcentraties die varieerden van 0 tot 30 ng PEQ per gram. Deze somconcentraties lijken lager dan de somconcentraties in het huidige onderzoek (zie Tabel 5 in paragraaf 4.1: 0,43-77 ng PEQ per gram). De LOQ in het 2016-onderzoek was echter hoger dan de LOQ in het huidige onderzoek (0,50 ng per gram versus 0,0050-0,40 ng per gram; zie paragraaf 2.2). De somconcentraties uit het 2016-onderzoek zijn daarom waarschijnlijk een onderschatting van de werkelijke somconcentraties in de onderzochte particuliere eieren. In het huidige onderzoek waren de numerieke PFAS-concentraties (hoger dan de LOQ) in 66 procent van de

monsters lager dan 0,50 ng per gram (zie Bijlage A). Verder zijn in het 2016-onderzoek 10 PFAS geanalyseerd tegen 17 (exclusief PFBA; zie paragraaf 4.1) in het huidige onderzoek.

In het 2016-onderzoek werd PFOS aangetroffen in alle 59 monsters waarin minstens één PFAS werd aangetroffen. PFOA werd aangetroffen in 20 monsters. In het huidige onderzoek zijn beide PFAS in alle 71 monsters aangetroffen (zie paragraaf 4.1 en Bijlage A).

Journalistiek onderzoek naar PFAS in particuliere eieren

In de Nederlandse media zijn recent hoge PFAS-concentraties gerapporteerd in particuliere eieren. NRC heeft particuliere eieren uit de omgeving van Chemours in Dordrecht laten onderzoeken.¹⁴ NOS heeft dit gedaan voor particuliere eieren op 12 niet PFAS-verdachte locaties in Nederland.¹⁵ Beide onderzoeken gaven aan dat een deel van de bemonsterde eieren meer PFAS bevat dan de wettelijke maximumgehalten in de EU (zie paragraaf 5.2). In beide artikelen zijn de ruwe gegevens van de PFAS-concentratiebepaling niet gerapporteerd. De resultaten van het huidige onderzoek kunnen daarom niet worden vergeleken met de bevindingen van deze twee journalistieke onderzoeken. Ook is er geen informatie gepubliceerd over de gebruikte LOQ.

Onderzoek naar particuliere eieren in andere landen in Europa

Particuliere eieren zijn ook in andere Europese landen onderzocht op PFAS. Hieronder worden studies besproken die particuliere eieren hebben onderzocht op PFAS afkomstig uit Italië, België en Griekenland. Dit betreft een selectie van studies en is niet bedoeld om een volledig overzicht te geven van studies naar PFAS in particuliere eieren in Europa.

In een Italiaans onderzoek is gekeken naar de aanwezigheid van de vier PFAS waarop de gezondheidskundige grenswaarde van PFAS is gebaseerd, de zogenaamde EFSA-4 (zie Box 1 in hoofdstuk 1), in particuliere eieren (Gazzotti et al., 2021). In totaal zijn 208 eieren verzameld op niet PFAS-verdachte locaties in 2018-2019. Het eigeel van deze eieren is geanalyseerd in 78 mengmonsters van twee of drie eieren. De ruwe data van de onderzochte monsters zijn niet gerapporteerd. Om een vergelijking te kunnen maken met de somconcentraties in de particuliere eieren in het huidige onderzoek, zijn de hoogst gerapporteerde concentraties van deze vier PFAS bij elkaar opgeteld met de RPF-methode. Hierbij is aangenomen dat deze concentraties in hetzelfde monster zijn gemeten. Dit is een worst-case aanname omdat het niet bekend is dit inderdaad het geval is. De concentraties zijn gedeeld door drie om ze uit te drukken per gram ei (zie hierboven). De maximale somconcentratie was 6,6 ng PEQ per gram. Als de somconcentraties in het huidige onderzoek ook worden berekend voor de EFSA-4 met RPF-methode, dan varieerden de locatiespecifieke somconcentraties van 0,27 tot 13 ng PEQ per gram met een somconcentratie hoger dan 6,6 ng PEQ per gram voor zes locaties. Ook in het Italiaanse onderzoek werd vooral PFOS aangetroffen (in

¹⁴ <https://www.nrc.nl/nieuws/2023/08/31/eieren-van-hobbykippen-uit-sliedrecht-zijn-zwaar-vervuild-met-pfas-van-chemours-a4173207>

¹⁵ <https://nos.nl/artikel/2505086-ook-pfas-in-hobby-eieren-ver-buiten-regio-dordrecht>

50 procent van de monsters). De aanwezigheid van PFOA kon worden gekwantificeerd in één monster.

In een onderzoek uit 2022 in België zijn 17 PFAS geanalyseerd in particuliere eieren, die zijn verzameld op verschillende afstanden van de 3M fabriek in Zwijndrecht, Vlaanderen (Lasters et al., 2022). De 3M fabriek heeft in het verleden PFOS geproduceerd en gebruikt bij de fabricage van diverse producten (3M, 2000) en is een bekende contaminatiebron van PFAS in de omgeving van de fabriek. Van de 17 PFAS zijn acht PFAS boven de LOQ (0,080–2,5 ng per gram) aangetroffen in de eieren. Ook voor dit onderzoek zijn de ruwe data niet gerapporteerd. Voor een vergelijking met het huidige onderzoek is de somconcentratie berekend voor de eieren met de hoogst gerapporteerde PFAS-concentraties binnen een straal van twee kilometer en tussen vier tot tien kilometer van de fabriek. Dit resulteerde in een maximale somconcentratie van, respectievelijk, 508 en 51 ng PEQ per gram. Zoals bij het Italiaanse onderzoek is dit gebaseerd op een worst-case aanname (zie hierboven). De maximale somconcentratie van 508 ng PEQ per gram is bijna zeven keer hoger dan de maximale somconcentratie in de particuliere eieren in het huidige onderzoek (= 77 ng PEQ per gram; zie Tabel 5 in paragraaf 4.1). De somconcentratie van 51 ng PEQ per gram is hoger dan de somconcentraties op 28 van de 31 onderzochte locaties. De berekende maximale somconcentraties voor de Belgische eieren werden voor, respectievelijk, 95 en 51 procent bepaald door PFOS. PFOS en PFOA zijn in alle onderzochte Belgische eieren boven de LOQ aangetroffen, zoals in het huidige onderzoek.

In het Nederlandse onderzoek uit 2016 zijn, naast particuliere eieren uit Nederland (zie hierboven), particuliere eieren uit Griekenland verzameld op 45 niet PFAS-verdachte locaties en geanalyseerd op 10 PFAS (Zafeiraki et al., 2016). De somconcentraties van PFAS in ei, berekend op dezelfde manier als voor de particuliere eieren uit Nederland (zie hierboven), varieerden van 0 tot 37 ng PEQ per gram en waren vergelijkbaar met die van de Nederlandse particuliere eieren uit hetzelfde onderzoek. In 31 eieren is PFOS aangetroffen boven de LOQ en PFOA in één ei.

Commerciële eieren in Nederland

Het RIVM heeft in 2023 berekend hoeveel PFAS mensen in Nederland via voedsel en drinkwater kunnen binnenkrijgen (Schepens et al., 2023). In dat onderzoek zijn negen mengmonsters van commerciële eieren geanalyseerd op dezelfde PFAS als in het huidige onderzoek, behalve ADONA. Dit betrof rauwe eieren zonder eierschaal, zoals in het huidige onderzoek (zie paragraaf 2.1). De gemiddelde somconcentratie van PFAS in deze eieren was 0,078 ng PEQ per gram. Dit is een factor zes tot 987 lager dan de somconcentraties in de particuliere eieren (zie Tabel 5 in paragraaf 4.1). PFOS is in geen van de commerciële eieren aangetroffen (< LOD) en PFOA in maar één monster met een gerapporteerde concentratie tussen de LOD en de LOQ. De LOQ's voor deze twee PFAS in het 2023-onderzoek waren vergelijkbaar met of lager dan de LOQ's in het huidige onderzoek (Schepens et al., 2023).

In 2024 heeft het bureau Risicobeoordeling & Onderzoek (BuRO) van de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) een advies

gepubliceerd over een risicobeoordeling van PFAS in particuliere eieren (BuRO, 2024). Dit advies rapporteert, ter vergelijking, ook somconcentraties van 18 PFAS in 140 mengmonsters van commerciële eieren berekend met de RPF-methode. Deze eieren zijn bemonsterd in 2018-2022 als onderdeel van het monitoringprogramma dat WFSR uitvoert in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. De monsters betroffen ook rauwe eieren zonder eierschaal (persoonlijke communicatie WFSR). De gemiddelde somconcentratie van PFAS in deze eieren was 0,058 ng PEQ per gram, een factor zeven tot 1328 lager dan in de particuliere eieren in het huidige onderzoek (zie Tabel 5 in paragraaf 4.1). In één monster is PFOS aangetroffen in een concentratie van 1,2 ng per gram en PFOA is aangetroffen in 18 monsters in concentraties variërend van 0,1 tot 0,9 ng per gram. De LOQ voor PFOS was 1 ng per gram, een factor 20 tot 80 hoger dan in het huidige onderzoek (LOQ was 0,0125-0,05 ng per gram), terwijl de LOQ voor PFOA van 0,06 ng per gram vergelijkbaar was. Door de hoge LOQ voor PFOS kan niet worden uitgesloten dat PFOS in meerdere monsters zou zijn aangetroffen als een analysemethode met een lagere LOQ was gebruikt. In het huidige onderzoek was de concentratie van PFOS in 21 monsters (30 procent) lager dan 1 ng per gram (zie Bijlage A).

Er zijn drie gangbare typen commerciële eieren te koop in een winkel en op de markt: biologische, vrij-uitloop en scharreleieren. De eerste twee typen eieren zijn afkomstig van kippen die naar buiten kunnen. Scharreleieren zijn afkomstig van kippen die dat niet kunnen. Verschillen in leefomstandigheden kunnen de concentraties van PFAS in de eieren van deze kippen hebben beïnvloed (zie ook paragraaf 5.3). De informatie over het type ei was echter te beperkt in de twee hierboven genoemde studies om zo'n vergelijking te kunnen uitvoeren. Daarnaast heeft Nederland de afgelopen jaren gedurende verschillende perioden en op verschillende locaties een ophokplicht gehad voor commercieel pluimvee vanwege de vogelgriep. Dit kan ook invloed hebben gehad op de concentraties van PFAS in de commerciële eieren zoals hierboven beschreven.

Conclusie

De verschillende onderzoeken waarin eieren op PFAS zijn onderzocht, laten zien dat de somconcentraties van PFAS in particuliere eieren (beduidend) hoger kunnen zijn dan in commerciële eieren. In alle onderzochte particuliere eieren was PFOS een belangrijke PFAS. In commerciële eieren lijkt deze PFAS minder belangrijk. Verder laten onderzoeken van particuliere eieren zien dat ook buiten de regio Zuid-Holland Zuid hoge concentraties van PFAS kunnen voorkomen in particuliere eieren.

5.2 Vergelijking met ML's

Sinds 1 januari 2023 zijn wettelijke maximumgehalten (ML's) voor een aantal voedingsmiddelen van kracht in de EU om de inname van PFAS via voedsel te verlagen (Verordening (EU) 2022/2388).¹⁶ De ML's gelden voor de individuele EFSA-4 (PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS) en voor de som van de EFSA-4. Voor de vergelijking met de som-ML worden de

¹⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=CELEX%3A32022R2388>

concentraties van de individuele EFSA-4 opgeteld zonder gebruik van RPF's. De voedingsmiddelen waarvoor ML's zijn vastgesteld, zijn visserijproducten en tweekleppige weekdieren, vlees en eetbaar slachtafval en ei. Deze voedingsmiddelen mogen niet in de handel worden gebracht als de somconcentratie van de EFSA-4 en/of de concentratie van tenminste één van de EFSA-4 de ML overschrijdt. De ML's zijn van toepassing op eieren die worden verkocht.

De ML voor de som van de EFSA-4 voor ei is 1,7 ng per gram. De somconcentraties voor de EFSA-4 in ei in het huidige onderzoek varieerden van 0,27 tot 13 ng per gram (zie Bijlage D). De eieren van acht locaties hadden een lagere somconcentratie van de EFSA-4 dan deze ML: 0,27-1,5 ng per gram (zie Bijlage D). Maar voor twee van deze acht locaties (R3 en M6) bevatten de eieren meer PFOA dan de ML van 0,30 ng per gram voor PFOA en de eieren van één locatie (R3) bevatten ook meer PFOS dan de ML van 1,0 ng per gram voor deze PFAS (zie Bijlage A). Dus in totaal waren de PFAS-concentraties in de eieren van zes locaties lager dan de ML's voor ei (zie ook paragraaf 6.2).¹⁷

5.3 Bronnen van PFAS

Particuliere eieren uit de onderzochte gemeenten bevatten meer PFAS dan commerciële eieren (zie paragraaf 5.1). Hieronder wordt kort ingegaan op mogelijke bronnen van PFAS in deze eieren, zoals grond, bodemorganismen, aanwezigheid van Chemours in Dordrecht en het bijvoeren van kippen met groente- en fruitresten uit eigen moestuin.

Kippen van particulieren lopen vaak buiten rond, waar ze rondscharrelen en via het pikken in de bodem grond en bodemorganismen, zoals wormen en insecten, binnen kunnen krijgen. In het huidige onderzoek zijn ook monsters genomen van de grond waar de kippen lopen. Uit de voorlopige onderzoeksresultaten bleek echter geen duidelijk verband tussen de hoeveelheid PFAS in de grond en in de eieren.¹⁸ In het Belgische onderzoek rond de 3M fabriek nam de PFOS-concentratie in particuliere eieren af met toenemende afstand tot de fabriek (Lasters et al. 2022). Tot 2002 was PFOS, de PFAS die het meest voorkwam in de Belgische eieren, het belangrijkste product van deze fabriek. In het Italiaanse onderzoek werden hogere PFAS-concentraties in particuliere eieren gevonden in Noord-Italië vergeleken met Zuid-Italië (Gazzotti et al., 2021). De auteurs gaven aan dat dit mogelijk het gevolg was van grotere industriële activiteiten in het noorden van Italië dan in het zuiden, waardoor de grond in het noorden meer vervuild is. In bodemorganismen kunnen PFAS zich opstapelen waardoor deze organismen meer PFAS kunnen bevatten dan de grond waarin ze voorkomen (Burkhard and Votava, 2023).

Een andere bron is de aanwezigheid van het chemiebedrijf Chemours in Dordrecht, behalve voor de particuliere eieren uit de gemeente

¹⁷ Bij een vergelijking van een PFAS-concentratie met een ML (om te bepalen of een product uit de handel moet worden gehaald), wordt rekening gehouden met de meetonzekerheid (Uitvoeringsverordening (EU) 2022/1428; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R1428>). Bij de vergelijking in dit rapport is deze meetonzekerheid niet meegenomen. Als dat wel wordt gedaan, voldoen de eieren van zeven locaties aan alle ML's voor PFAS. Dit zijn dezelfde zes locaties als vermeld in de tekst, plus locatie R3. Door correctie voor de meetonzekerheid kan niet worden uitgesloten dat de eieren van deze locatie minder PFOS bevatten dan de ML van 1,0 ng per gram.

¹⁸ <https://www.ozh.nl/nieuws/teveel-pfas-in-eieren-van-hobbykippen/>

Hoeksche Waard (zie paragraaf 2.1). Dit bedrijf kan worden gerelateerd aan de aanwezigheid van PFOA in de eieren, de PFAS die tot 2012 is gebruikt door Chemours. GenX, de PFAS die sinds 2012 wordt gebruikt, is niet aangetroffen boven de LOD. De belangrijkste PFAS in de eieren was echter PFOS. Op dit moment beschikken wij niet over informatie waarmee de aanwezigheid van deze PFAS, en van PFTTrDA, PFDoDA en PFTeDA die ook in hoge concentraties zijn aangetroffen in een deel van de eieren, kan worden gerelateerd aan Chemours. Daarnaast is in de meeste gemeenten geen eenduidig beeld te zien in de somconcentraties van PFAS in de eieren, alsmede een afnemende gradiënt met de afstand tot Chemours (zie Figuur 2 in paragraaf 4.1). De somconcentraties in de eieren voor de vier locaties in de gemeente Dordrecht waren allemaal hoog, terwijl die voor de drie locaties in de gemeente Sliedrecht sterk verschilden (zie Tabel 5 en Figuur 2 in paragraaf 4.1). De somconcentraties van PFAS voor de drie locaties in de gemeente Hoeksche Waard lagen binnen de bandbreedte van de somconcentraties voor de locaties in de andere gemeenten.

Uit het Belgische onderzoek bleek verder het (bij)voeren van kippen met groente- en fruitresten uit eigen moestuin een PFAS-bron te zijn (Lasters et al., 2022). In een onderzoek naar PFAS in moestuingewassen uit de omgeving van Chemours in Dordrecht werd vooral PFOA aangetroffen in moestuingewassen en geen PFOS (Boon & te Biesebeek, 2022a). Het eventueel (bij)voeren van kippen met resten uit moestuinen lijkt dus geen belangrijke bron voor de PFAS in de eieren uit het onderzochte gebied. Andere mogelijke bronnen van PFAS in de particuliere eieren zijn het kippenvoer, het water dat de kippen drinken en het verpakkingsmateriaal waarin het kippenvoer zit. Daarnaast hebben de leeftijd van de kip, het kippenras en het tijdstip van bemonstering in het legseizoen (zie ook paragraaf 4.4) zeer waarschijnlijk effect op de PFAS-concentraties in de eieren.

Een aanvullend onderzoek, in opdracht van de gemeenten Dordrecht, Sliedrecht, Papendrecht en Molenlanden, is gestart naar de bron of bronnen van PFAS in de eieren in de regio Zuid-Holland Zuid.¹⁹ Resultaten van dit onderzoek worden voor de zomer van 2024 verwacht.

¹⁹ <https://www.ozhz.nl/nieuws/teveel-pfas-in-eieren-van-hobbykippen/>

6 Risicobeoordeling van PFAS in particuliere eieren

Dit hoofdstuk beoordeelt het risico van het eten van de particuliere eieren. In paragraaf 6.1 wordt de berekende inname van PFAS via alleen eieren vergeleken met de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS (zie Box 1 in hoofdstuk 1) en wordt ook de inname van PFAS via andere voedingsmiddelen en drinkwater, de zogenaamde achtergrondblootstelling, meegenomen om het risico voor de gezondheid te beoordelen. Daarnaast wordt de vergelijking van de PFAS-concentraties met de ML's, zoals beschreven in paragraaf 5.2, geduid in paragraaf 6.2.

6.1 Inname van PFAS vergeleken met de gezondheidkundige grenswaarde

6.1.1 *Inname via alleen particuliere eieren*

De berekening van de inname van PFAS via alleen eieren liet zien dat de particuliere eieren op 22 van de 31 locaties zoveel PFAS bevatten dat door het eten van één ei per week de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS al werd overschreden. De eieren van acht locaties konden maximaal één (drie locaties), twee (twee locaties), drie (twee locaties) of vier keer per week (één locatie) worden gegeten zonder dat de gezondheidkundige grenswaarde werd overschreden. Voor één locatie was dit het geval bij het eten van maximaal 15 eieren per week (zie paragraaf 4.3).

Voor de vergelijking van de inname van PFAS via alleen het eten van particuliere eieren met de gezondheidkundige grenswaarde is ook de opvulling van de grenswaarde berekend. Hiervoor zijn per locatie de berekende innamen voor de verschillende consumptiefrequenties (zie paragraaf 4.2) gedeeld door de grenswaarde. Het resultaat is vermenigvuldigd met 100 om de opvulling uit te drukken in percentage van de berekende inname. Een percentage lager dan 100 betekent dat de inname lager is dan de gezondheidkundige grenswaarde. Voor de 22 locaties waar het eten van één ei per week al resulteerde in een overschrijding van de gezondheidkundige grenswaarde varieerde de opvulling van 121 (factor 1,2 hoger dan de grenswaarde) tot 1.206 procent bij het eten van één ei per week. Voor de acht locaties waar maximaal één tot vier eieren per week konden worden gegeten zonder de grenswaarde te overschrijden varieerde deze opvulling van 22 tot 74 procent. Voor de locatie waar de meeste eieren per week konden worden gegeten was de opvulling 6,7 procent bij het eten van één ei per week. Bijlage C geeft de opvulling van de gezondheidkundige grenswaarde per consumptiefrequentie en locatie.

Voor de vijf locaties met de hoogste somconcentraties (zie Tabel 5 in paragraaf 4.1) was de berekende inname van PFAS via alleen het eten van vier eieren per week minimaal 100 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week (zie Bijlage C). In 2016 heeft het RIVM voor PFOA een gezondheidkundige grenswaarde afgeleid voor levertoxiciteit dat kan ontstaan door het ophopen van PFOA in dit orgaan na langdurige inname (Zeilmaker et al., 2016). Deze grenswaarde is 12,5 ng/kg

lichaamsgewicht per dag, of te wel 87,5 ng/kg lichaamsgewicht per week, en is veel hoger dan de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS voor effecten op het immuunsysteem (zie Box 1 in hoofdstuk 1). Dit betekent dat effecten op de lever pas bij een veel hogere inname van PFAS kunnen optreden. Wanneer de inname van PFAS, uitgedrukt in PEQ, wordt vergeleken met deze destijds voor PFOA afgeleide gezondheidkundige grenswaarde voor levertoxiciteit, kan door het eten van alleen de eieren van deze vijf locaties, naast effecten op het immuunsysteem, het ontstaan van levertoxiciteit niet worden uitgesloten als deze eieren gedurende langere tijd worden gegeten.

6.1.2 *Inname via particuliere eieren en andere voedingsmiddelen en drinkwater*

In het huidige onderzoek is de inname van PFAS berekend via het eten van *alleen* particuliere eieren. Echter, we krijgen ook PFAS binnen via andere voedingsmiddelen en drinkwater, de zogenaamde achtergrondblootstelling, en deze inname moet ook worden meegenomen om het risico voor de gezondheid van het eten van de particuliere eieren te beoordelen.

In 2023 is de inname van PFAS via voedsel en drinkwater berekend voor de Nederlandse populatie (Schepens et al., 2023). Hiervoor zijn voedselconsumptiegegevens van de Nederlandse voedselconsumptiepeiling (VCP) van 2012-2016 gecombineerd met PFAS-concentraties in voedingsmiddelen, inclusief eieren uit een winkel of van de markt, en drinkwater. De resultaten lieten zien dat de inname van PFAS via voedsel en drinkwater in Nederland hoger is dan de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS. De gemiddelde inname was 4,6 of 5,9 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week. De inname was hoger wanneer mensen drinkwater consumeren dat is gemaakt van oppervlaktewater dan wanneer dit is gemaakt van grondwater. De hoge inname (95^{ste} percentiel) was, respectievelijk, 12 of 14 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week, een factor 3 hoger dan de gezondheidkundige grenswaarde.²⁰ In deze berekeningen is een gemiddelde PFAS-concentratie gebruikt van 0,078 ng PEQ per gram in commerciële eieren (zie paragraaf 5.1). Eieren droegen, respectievelijk, 3,7 en 2,9 procent bij aan de gemiddelde inname van PFAS, wat overeenkomt met een gemiddelde inname van 0,17 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week via alleen eieren.

Om inzichtelijk te maken hoe de inname van PFAS verandert als de particuliere eieren worden gegeten, is berekend wat de inname van PFAS is via deze eieren boven op de achtergrondblootstelling aan PFAS. Dit is gedaan voor de gemiddelde inname van PFAS berekend met drinkwater gemaakt van grondwater. De gemiddelde inname van PFAS via andere voedingsmiddelen en drinkwater, dus zonder eieren, is dan gelijk aan $(4,6 - 0,17 =) 4,4$ ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week. De somconcentraties van PFAS in de particuliere eieren zijn een factor zes tot 987 hoger dan de gemiddelde somconcentratie van 0,078 ng PEQ per gram in de commerciële eieren. Dit betekent dat de inname van PFAS via particuliere eieren, wanneer evenveel eieren worden gegeten

²⁰ Het 95^{ste} percentiel is de waarde van een verdeling van individuele innamen waar 95 procent van deze individuele innamen onder ligt en 5 procent erboven.

als gerapporteerd in de VCP (gemiddeld circa twee eieren per week), een factor zes tot 987 hoger is dan de inname van PFAS via commerciële eieren. Figuur 3 (op de volgende pagina) laat zien wat dit betekent voor de inname van PFAS via voedsel (inclusief eieren) en drinkwater. Voor mensen die drinkwater consumeren dat is gemaakt van oppervlaktewater is de inname van PFAS via eieren hetzelfde, maar is de inname via andere voedingsmiddelen en drinkwater hoger (5,9-0,17 = 5,7 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week).

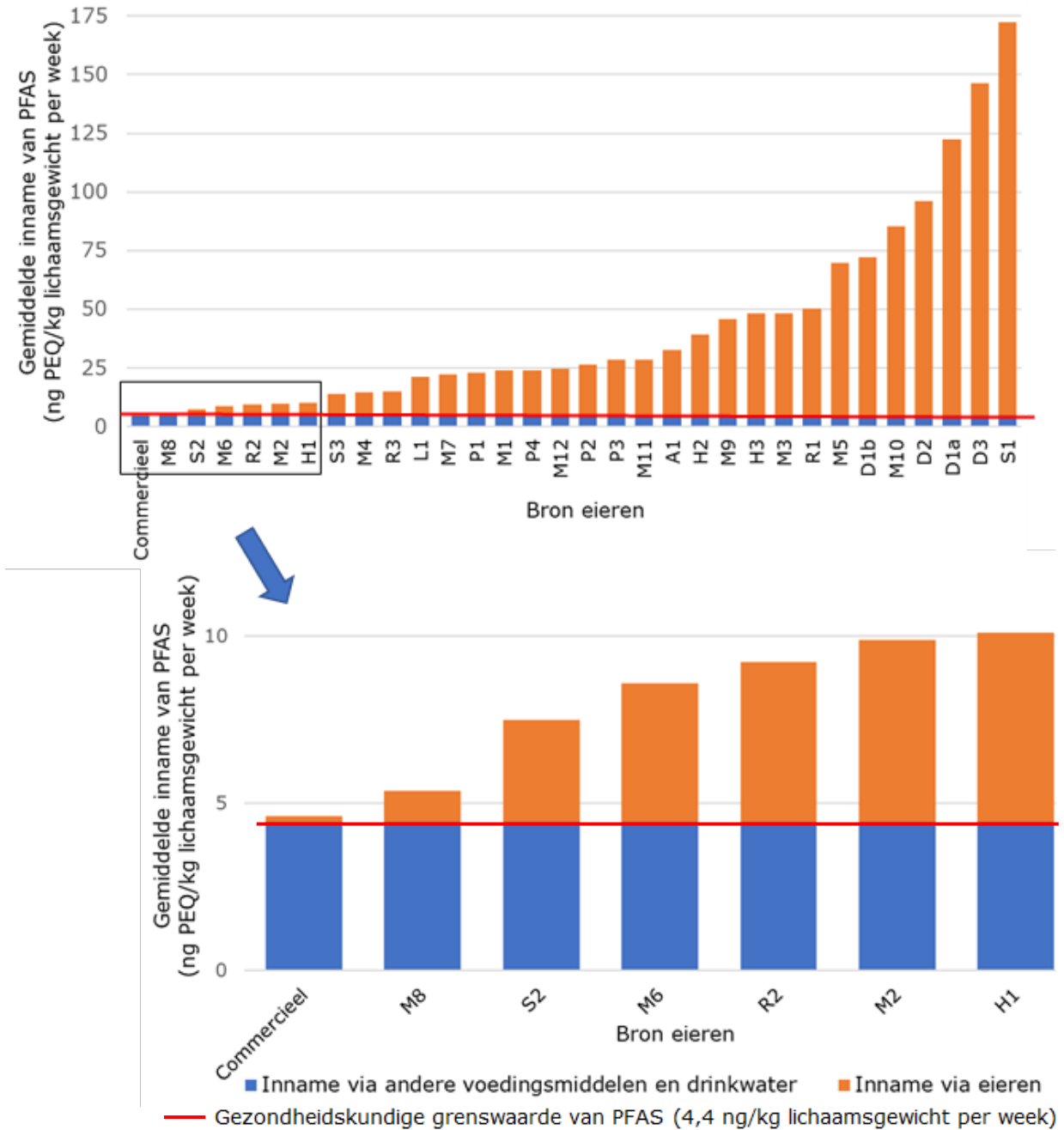
Figuur 3 laat zien dat de inname van PFAS via voedsel en drinkwater toeneemt wanneer de particuliere eieren worden gegeten vergeleken met commerciële eieren. De gemiddelde inname van PFAS voor de twee locaties met de laagste somconcentratie van PFAS (M8 en S2) is 5,4 en 7,5 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week en voor de twee locaties met de hoogste somconcentratie van PFAS (D3 en S1) 146 en 172 ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week. De bijdrage van ei aan de inname van PFAS is 17 en 41 procent voor de twee laagste somconcentraties en 97 procent voor de twee hoogste somconcentraties. In deze berekening is uitgegaan van de gemiddelde inname van PFAS in Nederland. De inname van een individu kan hoger of lager zijn afhankelijk van zijn of haar consumptiepatroon.

Deze resultaten laten zien dat de inname van PFAS via voedsel en drinkwater (sterk) toeneemt wanneer de particuliere eieren worden gegeten. Bij een toenemende inname van PFAS boven de gezondheidkundige grenswaarde, zal het risico op schadelijke effecten op de gezondheid door PFAS stijgen. Of deze effecten daadwerkelijk zullen optreden, hangt ook af van bijvoorbeeld leefstijlfactoren, zoals ongezonde voeding en weinig bewegen, en individuele verschillen in vatbaarheid voor ziekten.

6.1.3 *Conclusie*

Door het eten van de particuliere eieren uit het onderzochte gebied krijgen mensen veel PFAS binnen. Deze inname komt boven op de al te hoge inname van PFAS via andere voedingsmiddelen en drinkwater. Door deze eieren te eten neemt de hoeveelheid PFAS die mensen binnenkrijgen dus verder toe en dit is niet wenselijk. We concluderen dan ook dat het beter is om de particuliere eieren niet te eten.

De berekende inname van PFAS is gebaseerd op concentraties van PFAS die zijn geanalyseerd in particuliere eieren die in het najaar van 2023 zijn verzameld (zie paragraaf 2.1). Voor de risicobeoordeling is aangenomen dat deze eieren al gedurende langere tijd de berekende somconcentraties van PFAS bevatten. Of deze concentraties in het verleden mogelijk lager zijn geweest, is niet bekend. Het is echter gezien het consistente beeld dat alle particuliere eieren uit het onderzochte gebied beduidend meer PFAS bevatten dan commerciële eieren, en ook andere studies hebben laten zien dat de PFAS-concentraties in particuliere eieren verhoogd kunnen zijn, waarschijnlijk dat deze eieren al langere tijd verhoogde PFAS-concentraties bevatten.



Figuur 3 Gemiddelde inname van PFAS in ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week via andere voedingsmiddelen en drinkwater (de zogenaamde achtergrondblootstelling) en via commerciële eieren of via particuliere eieren van de 31 locaties. Berekening is gebaseerd op de berekening van de inname van PFAS via voedsel en drinkwater uit 2023 (Schepens et al., 2023). In die berekening zijn de consumptiegegevens uit de Nederlandse voedselconsumptiepeiling gebruikt, waarin een gemiddelde consumptie van circa twee eieren per week is gerapporteerd. Voor een uitleg van de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS zie Box 1 in hoofdstuk 1. ng: nanogram; kg: kilogram; PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: per- en polyfluoralkylstoffen

6.2 Vergelijking met ML's

Vanwege de aangetroffen hoeveelheid PFAS in de particuliere eieren concluderen we dat het beter is om de eieren uit het onderzochte gebied niet te eten (zie paragraaf 6.1.3). We hebben ook laten zien dat de eieren van zes locaties minder PFAS (PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS) bevatten dan de wettelijk maximumgehalten (ML's) die zijn vastgesteld voor eieren in de EU (zie paragraaf 5.2). Commerciële eieren met zulke hoeveelheden PFAS zouden dus kunnen worden verkocht. Dit laat zien dat het eten van een voedingsmiddel dat voldoet aan de ML niet per definitie leidt tot een inname die lager is dan de gezondheidkundige grenswaarde. Dit zal afhangen van hoeveel iemand eet van zo'n voedingsmiddel en hoe hoog de inname is via andere voedingsmiddelen en drinkwater. Een ML is dan ook geen gezondheidkundige grenswaarde en kan niet worden gebruikt om te bepalen of de inname lager is dan deze grenswaarde.

Een ML is een productnorm, die wordt vastgesteld op basis van haalbaarheid, waarbij het ALARA-principe geldt (*As Low As Reasonably Achievable* oftewel 'zo laag als redelijkerwijs mogelijk'). Dit principe wordt gehanteerd voor stoffen, zoals PFAS, waarvan de aanwezigheid niet zomaar op korte termijn te voorkomen of verlagen is. Dit principe zorgt ervoor dat de hoeveelheid van deze stoffen in voedsel zo laag mogelijk is zonder dat daardoor de voedselvoorziening in gevaar wordt gebracht. De hoogte van een ML voor een voedingsmiddel wordt daarbij veelal gelijkgesteld aan het 95^{ste} percentiel van de huidige concentraties in dit product in de EU, waarbij concentraties onder de LOD of de LOQ gelijk aan nul worden gesteld.²¹ De voedingsmiddelen met de hoogste 5 procent van de concentraties worden dan geweerd van de Europese markt. Door de ML's regelmatig te evalueren en naar beneden bij te stellen, zullen op termijn de concentraties in de voedingsmiddelen zodanig laag worden dat hun consumptie niet meer schadelijk is voor de gezondheid. Dit is een proces dat geruime tijd in beslag kan nemen. Door dit proces, waar we voor PFAS nog aan het begin staan, is het dus mogelijk dat een voedingsmiddel voldoet aan de ML maar dat de consumptie ervan kan resulteren in een overschrijding van de gezondheidkundige grenswaarde.

Specifiek voor PFAS speelt nog mee dat de ML's zijn gebaseerd op de EFSA-4, terwijl er ook andere PFAS in de eieren voorkomen die bijdragen aan de inname van PFAS.

²¹ Het 95^{ste} percentiel is de waarde van een verdeling van concentraties waar 95 procent van de concentraties in een product (zoals ei) onder ligt en 5 procent erboven.

7 Conclusie

In het huidige onderzoek is een risicobeoordeling van PFAS in particuliere eieren uitgevoerd. Deze eieren zijn verzameld op 31 locaties in de regio Zuid-Holland Zuid en in de gemeente Altena in de provincie Noord-Brabant, op verschillende afstanden van het chemiebedrijf Chemours in Dordrecht. Dit bedrijf heeft PFAS uitgestoten naar de omgeving.

De berekening van de inname van PFAS via alleen deze eieren liet zien dat de particuliere eieren op 22 van de 31 locaties zoveel PFAS bevatten dat door het eten van één ei per week de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS al werd overschreden. De eieren van acht locaties konden maximaal één (drie locaties), twee (twee locaties), drie (twee locaties) of vier keer per week (één locatie) worden gegeten zonder dat de gezondheidkundige grenswaarde werd overschreden. Voor één locatie was dit het geval bij het eten van maximaal 15 eieren per week. Als mensen een langere tijd meer PFAS binnenkrijgen dan de gezondheidkundige grenswaarde, kan dat schadelijk zijn voor de gezondheid.

Door de particuliere eieren te eten krijgen mensen dus veel PFAS binnen. Die hoeveelheid komt boven op de hoeveelheid PFAS die mensen in Nederland via andere voedingsmiddelen en drinkwater binnenkrijgen. Via deze voedingsmiddelen en drinkwater krijgen mensen al meer PFAS binnen dan de gezondheidkundige grenswaarde (Schepens et al., 2023). Door deze eieren te eten neemt de hoeveelheid PFAS die mensen binnenkrijgen dus verder toe en dit is niet wenselijk. We concluderen dan ook dat het beter is om de particuliere eieren niet te eten. Deze conclusie is in lijn met het advies van 21 december 2023 om voorlopig geen particuliere eieren meer te eten in het onderzochte gebied.²² Dit advies kan pas worden versoepeld als de PFAS-concentraties in deze eieren (aanzienlijk) dalen. Eieren uit een winkel of van de markt bevatten veel minder PFAS.

In de particuliere eieren is vooral PFOS aangetroffen. De aanwezigheid van deze PFAS kan – voor zover bekend – niet worden gerelateerd aan Chemours. Ook kunnen particuliere eieren buiten de onderzochte regio veel PFAS bevatten. Het is daarom belangrijk te achterhalen door welke bron of bronnen PFAS in de eieren terechtkomt om zo een manier te vinden om de hoeveelheid PFAS in de eieren te verlagen. Momenteel wordt in opdracht van de gemeenten Dordrecht, Sliedrecht, Papendrecht en Molenlanden een dergelijk onderzoek in de regio Zuid-Holland Zuid uitgevoerd. Resultaten van dit onderzoek worden voor de zomer van 2024 verwacht.

Op basis van het huidige onderzoek kunnen geen uitspraken worden gedaan over het eten van particuliere eieren in de rest van Nederland. Verder is het van belang om in de rest van Nederland onderzoek te doen naar de bron of bronnen van PFAS in particuliere eieren.

²² <https://www.ozhz.nl/nieuws/teveel-pfas-in-eieren-van-hobbykippen/>

8 Dankwoord

De auteurs danken

- Emily McVey, Lianne de Wit-Bos, Corinne Sprong, Joke Herremans en Nynke van der Veen van het RIVM en medewerkers van de GGD Zuid-Holland Zuid en Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid van de klankbordgroep voor hun bijdrage aan dit rapport;
- Arcadis voor het projectmanagement en opzet van het onderzoek en hun bijdrage aan dit rapport;
- Tritium Advies voor het verzamelen van de particuliere eieren;
- WFSR voor de analyse en de aanlevering van de PFAS-concentraties in de particuliere eieren en hun bijdrage aan dit rapport; en
- de eigenaren die hun eieren ter beschikking hebben gesteld voor het onderzoek.

Literatuurlijst

3M Company (2000). Phase-out plan for POSF-based products. US EPA Administrative Record AR226 – 0600.

<https://www.regulations.gov/document?D=EPA-HQ-OPPT-2002-0051-0006>

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

Bokkers BGH, van de Ven B, Janssen P, Bil W, van Broekhuizen F, Zeilmaker M, Oomen AG (2019). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in food contact materials. RIVM Letter report 2018-0181. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2018-0181>

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

Boon PE, te Biesebeek JD (2022a). Risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen uit moestuinen in de gemeenten Dordrecht, Papendrecht, Sliedrecht en Molenlanden. RIVM-briefrapport 2022-0010. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2022-0010>

Boon PE, te Biesebeek JD (2022b). Risicobeoordeling van PFAS in moestuingewassen uit volkstuintencomplex Volkstuin Delta in Helmond. RIVM-briefrapport 2022-0009. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2022-0009>

BuRO (2024). Risicobeoordeling PFAS in eieren van kippen van particulieren. Bureau Risicobeoordeling & Onderzoek (BuRO), Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA), Utrecht. <https://www.nvwa.nl/documenten/consument/eten-drinken-roken/contaminanten/publicaties/advies-van-buro-over-pfas-in-eieren-van-kippen-van-particulieren>

Burkhard LP, Votara LK (2023). Review of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) bioaccumulation in earthworms. *Environmental Advances* 11: 100335. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100335>

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

FO (2023). Risk assessment of PFASs in feed: Transfer of PFASs detected in feed to edible products of food producing animals and possible animal health risks – Part II: Laying hens and broilers. Front Office Food and Product Safety. National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Wageningen Food Safety Research (WFRS), Bilthoven, Wageningen. <https://www.rivm.nl/documenten/risk-assessment-of-pfass-in-feed-part-2-laying-hens-and-broilers>

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: 130178. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130178>

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, 45: 12539–12548. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c04485>

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. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.136283>

RIVM (2021). Notitie implementatie van de EFSA som-TWI PFAS. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://www.rivm.nl/sites/default/files/2021-04/Notitie%20implementatie%20EFSA-TWI%20PFAS.pdf>

Schepens MAA, te Biesebeek JD, Hartmann J, van der Aa NGFM, Zijlstra R, Boon PE (2023). Risk assessment of exposure to PFAS through food and drinking water in the Netherlands. RIVM report 2023-0011. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven. <https://doi.org/10.21945/RIVM-2023-0011>

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

Wilson TB, Stevenson G, Crough R, de Araujo J, Fernando N, Anwar A, Scott T, Quinteros JA, Scott PC, Archer MJG (2021). Evaluation of residues in hen eggs after exposure of laying hens to water containing per- and polyfluoroalkyl substances. *Environmental Toxicology and Chemistry* 40: 735–743. <https://doi.org/10.1002/etc.4723>

Zafeiraki E, Costopoulou D, Vassiliadou I, Leondiadis L, Dassenakis E, Hoogenboom RLAP, van Leeuwen SPJ (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.2015.10.10>

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

Bijlage A PFAS-concentraties in de particuliere eieren per locatie

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2024-0051-bijlage-a-b.xlsx>

Bijlage B (Gewogen) gemiddelde PFAS-concentraties in de
particuliere eieren per locatie

<https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2024-0051-bijlage-a-b.xlsx>

Bijlage C Inname van PFAS en de opvulling van de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS per consumptiefrequentie en locatie

| Locatie (gemeente) | Somconcentratie PFAS (ng PEQ per gram) | Inname van PFAS (ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week) ^a | | | | | Opvulling van de gezondheidkundige grenswaarde van PFAS (procent) ^{a,b} | | | | |
|-----------------------------|--|---|------|-----|-----|------------------|--|-----|------|------|------------------|
| | | Aantal eieren per week | | | | Eén ei per maand | Aantal eieren per week | | | | Eén ei per maand |
| | | 1 | 2 | 4 | 7 | | 1 | 2 | 4 | 7 | |
| M8 (Molenlanden) | 0,43 | 0,30 | 0,59 | 1,2 | 2,1 | 0,07 | 6,7 | 13 | 27 | 47 | 1,6 |
| S2 (Sliedrecht) | 1,4 | 0,96 | 1,9 | 3,8 | 6,7 | 0,22 | 22 | 44 | 87 | 153 | 5,0 |
| M6 (Molenlanden) | 1,9 | 1,3 | 2,6 | 5,2 | 9,1 | 0,30 | 29 | 59 | 118 | 206 | 6,8 |
| R2 (Hoeksche Waard) | 2,2 | 1,5 | 3,0 | 6,0 | 10 | 0,34 | 34 | 68 | 135 | 237 | 7,8 |
| M2 (Molenlanden) | 2,5 | 1,7 | 3,4 | 6,8 | 12 | 0,39 | 39 | 77 | 155 | 271 | 8,9 |
| H1 (Hardinxveld-Giessendam) | 2,6 | 1,8 | 3,5 | 7,1 | 12 | 0,41 | 40 | 80 | 160 | 281 | 9,3 |
| S3 (Sliedrecht) | 4,4 | 3,0 | 6,0 | 12 | 21 | 0,69 | 68 | 137 | 274 | 479 | 16 |
| M4 (Molenlanden) | 4,6 | 3,2 | 6,3 | 13 | 22 | 0,73 | 72 | 143 | 287 | 502 | 17 |
| R3 (Hoeksche Waard) | 4,8 | 3,3 | 6,5 | 13 | 23 | 0,75 | 74 | 149 | 297 | 520 | 17 |
| L1 (Altena -Noord-Brabant) | 7,8 | 5,3 | 11 | 21 | 37 | 1,2 | 121 | 241 | 483 | 845 | 28 |
| M7 (Molenlanden) | 8,0 | 5,5 | 11 | 22 | 39 | 1,3 | 126 | 252 | 504 | 882 | 29 |
| P1 (Papendrecht) | 8,4 | 5,7 | 11 | 23 | 40 | 1,3 | 130 | 261 | 521 | 912 | 30 |
| M1 (Molenlanden) | 8,9 | 6,1 | 12 | 24 | 43 | 1,4 | 138 | 277 | 553 | 968 | 32 |
| P4 (Papendrecht) | 9,0 | 6,1 | 12 | 24 | 43 | 1,4 | 139 | 278 | 557 | 974 | 32 |
| M12 (Molenlanden) | 9,2 | 6,3 | 13 | 25 | 44 | 1,5 | 144 | 288 | 575 | 1007 | 33 |
| P2 (Papendrecht) | 10 | 7,0 | 14 | 28 | 49 | 1,6 | 158 | 317 | 634 | 1109 | 37 |
| P3 (Papendrecht) | 11 | 7,3 | 15 | 29 | 51 | 1,7 | 166 | 332 | 663 | 1161 | 38 |
| M11 (Molenlanden) | 11 | 7,4 | 15 | 30 | 52 | 1,7 | 168 | 337 | 674 | 1179 | 39 |
| A1 (Alblasserdam) | 12 | 8,6 | 17 | 34 | 60 | 2,0 | 195 | 391 | 782 | 1368 | 45 |
| H2 (Hardinxveld-Giessendam) | 16 | 11 | 23 | 45 | 79 | 2,6 | 256 | 512 | 1024 | 1792 | 59 |
| M9 (Molenlanden) | 19 | 13 | 26 | 52 | 91 | 3,0 | 296 | 591 | 1183 | 2070 | 68 |

| Locatie (gemeente) | Somconcentratie PFAS (ng PEQ per gram) | Inname van PFAS (ng PEQ/kg lichaamsgewicht per week) ^a | | | | | Opvulling van de gezondheidskundige grenswaarde van PFAS (procent) ^{a,b} | | | | |
|-----------------------------|--|---|-----|-----|-----|------------------|---|------|------|------|------------------|
| | | Aantal eieren per week | | | | Eén ei per maand | Aantal eieren per week | | | | Eén ei per maand |
| | | 1 | 2 | 4 | 7 | | 1 | 2 | 4 | 7 | |
| H3 (Hardinxveld-Giessendam) | 20 | 14 | 27 | 54 | 95 | 3,1 | 309 | 617 | 1235 | 2161 | 71 |
| M3 (Molenlanden) | 20 | 14 | 27 | 55 | 96 | 3,2 | 312 | 624 | 1248 | 2184 | 72 |
| R1 (Hoeksche Waard) | 20 | 14 | 28 | 56 | 99 | 3,3 | 321 | 641 | 1283 | 2245 | 74 |
| M5 (Molenlanden) | 30 | 21 | 41 | 82 | 144 | 4,7 | 467 | 933 | 1867 | 3267 | 108 |
| D1b (Dordrecht) | 31 | 21 | 43 | 86 | 150 | 4,9 | 487 | 973 | 1947 | 3406 | 112 |
| M10 (Molenlanden) | 37 | 25 | 50 | 100 | 175 | 5,8 | 569 | 1138 | 2276 | 3983 | 131 |
| D2 (Dordrecht) | 42 | 29 | 58 | 115 | 202 | 6,7 | 656 | 1311 | 2622 | 4589 | 151 |
| D1a (Dordrecht) | 54 | 37 | 74 | 147 | 258 | 8,5 | 837 | 1674 | 3348 | 5859 | 193 |
| D3 (Dordrecht) | 64 | 44 | 89 | 178 | 311 | 10 | 1011 | 2022 | 4044 | 7077 | 233 |
| S1 (Sliedrecht) | 77 | 53 | 106 | 212 | 371 | 12 | 1206 | 2412 | 4824 | 8441 | 278 |

ng: nanogram; kg: kilogram; PEQ: PFOA-equivalenten; PFAS: per- en polyfluoralkylstoffen

^a De gezondheidskundige grenswaarde van PFAS is 4,4 nanogram/kilogram lichaamsgewicht per week (zie Box 1 in hoofdstuk 1).

^b De inname van PFAS en de opvulling van de gezondheidskundige grenswaarde van PFAS is weergegeven in oplopende volgorde. Bij een opvulling van meer dan 100 procent is de inname van PFAS via alleen de particuliere eieren hoger dan de gezondheidskundige grenswaarde. Hierbij is geen rekening gehouden met de inname van PFAS via andere voedingsmiddelen en drinkwater en dat die inname al hoger is dan de gezondheidskundige grenswaarde van PFAS. Deze inname wordt meegenomen in de risicobeoordeling (zie paragraaf 6.1.2).

Bijlage D Somconcentratie van de EFSA-4 in de particuliere eieren per locatie

| Locatie (gemeente) | Somconcentratie van de EFSA-4 in ei (ng per gram) ^{a,b,c,d} |
|-----------------------------|--|
| M8 (Molenlanden) | 0,27 |
| S2 (Sliedrecht) | 0,53 |
| S3 (Sliedrecht) | 0,65 |
| R2 (Hoeksche Waard) | 0,74 |
| M2 (Molenlanden) | 0,75 |
| H1 (Hardinxveld-Giessendam) | 0,79 |
| M6 (Molenlanden) | 0,84 |
| R3 (Hoeksche Waard) | 1,5 |
| P3 (Papendrecht) | 2,0 |
| M4 (Molenlanden) | 2,1 |
| L1 (Altena-Noord-Brabant) | 2,1 |
| R1 (Hoeksche Waard) | 2,3 |
| P4 (Papendrecht) | 2,4 |
| M7 (Molenlanden) | 2,5 |
| P1 (Papendrecht) | 2,6 |
| M12 (Molenlanden) | 2,7 |
| M11 (Molenlanden) | 2,8 |
| M1 (Molenlanden) | 3,2 |
| P2 (Papendrecht) | 3,4 |
| H2 (Hardinxveld-Giessendam) | 3,5 |
| A1 (Alblasserdam) | 4,4 |
| H3 (Hardinxveld-Giessendam) | 5,2 |
| M9 (Molenlanden) | 6,2 |
| M5 (Molenlanden) | 6,4 |
| M3 (Molenlanden) | 6,6 |
| D3 (Dordrecht) | 7,7 |
| D1b (Dordrecht) | 8,7 |
| M10 (Molenlanden) | 9,9 |
| D1a (Dordrecht) | 10 |
| S1 (Sliedrecht) | 11 |
| D2 (Dordrecht) | 13 |

ng: nanogram; PFAS: per- en polyfluoralkylstoffen

^a EFSA-4: PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS. Voor de namen van deze vier PFAS zie Tabel 2 in paragraaf 2.2.

^b Somconcentraties zijn berekend door de concentraties van de EFSA-4 bij elkaar op te tellen in de veronderstelling dat de stoffen elk even potent (equipotent) zijn en dat hun effecten optellen (EFSA, 2020).

^c Somconcentraties zijn weergegeven in oplopende volgorde.

^d Het maximumgehalte voor de som van de EFSA-4 in ei is 1,7 ng per gram (Verordening (EU) 2022/2388; zie paragrafen 5.2 en 6.2).

P.E. Boon | M.A.A. Schepens | J.D. te Biesebeek

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

www.rivm.nl

mei 2024

De zorg voor morgen
begint vandaag