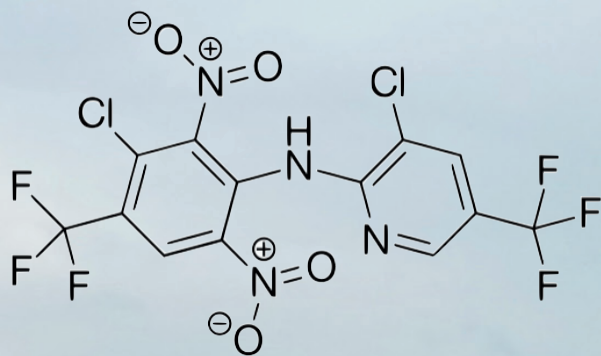




clm



Gebruik van PFAS-pesticiden en risico's voor grondwater en bodem

Rapport

Peter Leendertse, Steven Holleman, Winnie Henderson, Celine Nieboer, Estelle Vermeulen, Annemarie Dekker (allen CLM) en Bo Stout (Tot op de Bodem)



Biodiversiteit



Water



Bodem



Onderzoeken

CLM-1236



Dit is een rapportage van CLM Onderzoek en Advies
oktober, 2025

CLM-publicatienummer: 1236

Opdrachtgevers: Provincies Drenthe, Friesland, Gel-
derland, Groningen, Noord-Holland, Overijssel en
Utrecht & Vewin

Auteurs: Peter Leendertse, Steven Holleman, Winnie
Henderson, Celine Nieboer, Estelle Vermeulen, Anne-
marie Dekker (allen CLM) en Bo Stout (Totopdebo-
dem)

Foto omslag: Freepik.com

CLM Onderzoek en Advies
Gutenbergweg 1
4104 BA Culemborg

Postbus 62
4100 AB Culemborg

www.clm.nl
0345 470 700

Gebruik van PFAS- pesticiden en risico's voor grond- water en bodem

INHOUD

Samenvatting	6
Summary	13
1. Inleiding	20
1.1 Wat zijn PFAS?	20
1.2 Onderzoek naar risico's door emissies van PFAS vanuit puntbronnen	22
1.3 PFAS-pesticiden	23
1.3.1 Werkzame stoffen	23
1.3.2 Hulpstoffen: Co-formulanten, beschermstoffen, synergisten en adjuvants	23
1.3.3 Zorgen om toenemend gebruik van PFAS-pesticiden in de landbouw	23
1.4 Onderzoek naar gebruik en risico's van PFAS-pesticiden	25
2. PFAS-pesticiden in Nederland: type en afzet	27
2.1 PFAS-pesticiden en andere PFAS-bronnen	27
2.2 Overzicht PFAS-pesticiden	28
2.3 Afzet van PFAS-pesticiden 2010-2023	30
2.3.1 Ontwikkeling afzet PFAS-pesticiden Nederland	30
2.3.2 Rangschikking PFAS-pesticiden naar mate van afzet	31
2.4 Vijf PFAS-pesticiden met de hoogste afzet in 2023	33
2.5 Merknamen van de PFAS-pesticiden en de gewassen waarin de stoffen zijn toegelaten	34
3. Gebruik van PFAS-pesticiden in diverse gewassen	38
3.1 Aantal PFAS-pesticiden toegepast in diverse gewassen	38
3.2 Gebruik van PFAS-pesticiden in diverse gewassen	39
3.3 Gebruik van PFAS-pesticiden in relatie tot gewasarealen	40
3.4 Gebruik van PFAS-pesticiden in relatie tot gewasarealen per provincie	41
3.4.1 Gebruik PFAS-pesticiden per gewasareaal Provincie Drenthe	43
3.4.2 Gebruik PFAS-pesticiden per gewasareaal Provincie Fryslân	44
3.4.3 Gebruik PFAS-pesticiden per gewasareaal Provincie Gelderland	45
3.4.4 Gebruik PFAS-pesticiden per gewasareaal Provincie Groningen	47
3.4.5 Gebruik PFAS-pesticiden per gewasareaal Provincie Noord-Holland	48
3.4.6 Gebruik PFAS-pesticiden per gewasareaal Provincie Overijssel	49

3.4.7	Gebruik PFAS-pesticiden per gewasareaal Provincie Utrecht	50
3.4.8	Gebruik PFAS-pesticiden in de glastuinbouw per provincie	51
4.	Metaboliëten van de PFAS-pesticiden	52
4.1	Metaboliëten van PFAS-pesticiden	52
4.2	PFAS-pesticiden en TFA-vorming	54
5.	Hulpstoffen	56
5.1	Hulpstoffen: definities en (niet) beschikbare informatie	56
5.2	Hulpstoffen die een PFAS-verbinding zijn	58
6.	Risico's voor uitspoeling naar het grondwater	59
6.1	Risico's voor uitspoeling naar het grondwater: milieumeetlat	59
6.2	Ontwikkeling risico's voor het grondwater	62
6.3	Monitoring PFAS-pesticiden in het grondwater: grondwateratlas	63
6.4	Monitoring PFAS-pesticiden in het grondwater: metingen provincies 2024	64
6.5	Monitoring van TFA in het grondwater en landgebruik	67
6.5.1	Aanpak	68
6.5.2	Resultaten	68
6.6	Beperkingen van grondwatermetingen	73
6.7	Onderzoek naar TFA in onttrokken grondwater	75
6.8	Normering van PFAS in drinkwater	76
7.	PFAS-pesticiden in de bodem	78
7.1	PFAS in landbouwbodems	78
7.2	RIVM-Metingen van PFAS-verbindingen in de bodem	79
7.3	Ophoping van PFAS-verbindingen in de bodem	80
7.4	PFAS-pesticiden in de bodem: meetresultaten SPRINT	82
7.5	Risico's van PFAS-pesticiden en -metaboliëten in de bodem	87
7.6	Afbraak van PFAS-pesticiden in de bodem	89
8.	Conclusies en aanbevelingen	90
8.1	Conclusies	90
8.2	Aanbevelingen	94
	Referenties	96
	Bijlagen	100
Bijlage 1.	Start- en expiratedatum van de 27 PFAS-pesticiden	101
Bijlage 2.	Metaboliëten van de PFAS-pesticiden	103
Bijlage 3.	In Nederland toegelaten toevoegingsstoffen	106
Bijlage 4.	Aantal PFAS-pesticiden (werkzame stoffen) in diverse gewassen	110
Bijlage 5.	Werkwijze en statistische analyse van TFA-metingen in grondwater, grondgebruik en aantal pesticiden	111

SAMENVATTING

De zorgen rond PFAS nemen toe, ook in relatie tot grondwater als bron voor drinkwater. PFAS staat voor per- en polyfluoralkylstoffen. Deze stoffen komen niet in de natuur voor, maar zijn door mensen gemaakt. PFAS bestaan uit ketens van koolstof- en fluoratomen en zijn aangemerkt als Zeer Zorgwekkende Stoffen vanwege negatieve gezondheidseffecten. PFAS hebben de volgende stofeigenschappen die als risicovol worden gezien:

- Persistentie: ze breken niet of nauwelijks af in het milieu;
- Toxiciteit: ze kunnen schadelijke effecten hebben op mensen en het milieu;
- Mobiliteit: ze verspreiden zich gemakkelijk en snel in het milieu;
- Bio-accumulatie: ze hopen zich op in mensen, dieren en planten.¹

Het RIVM heeft gerapporteerd dat mensen te veel PFAS binnenkrijgen via voedsel en drinkwater en dat bij bijna de hele bevolking er meer PFAS in het bloed zit dan de gezondheidkundige grenswaarde die daarvoor bestaat.

Ook een aantal gewasbeschermingsmiddelen, sommige metabolieten en enkele hulpstoffen zijn PFAS-verbindingen. Deze PFAS-pesticiden worden gebruikt in de Nederlandse land- en tuinbouw. Op verzoek van zeven provincies en Vewin (Vereniging van waterbedrijven in Nederland) heeft CLM in deze studie het gebruik en risico's van deze PFAS-pesticiden voor grondwater en bodem in verschillende teelten en provincies onderzocht.

De volgende vragen zijn onder de loep genomen:

1. Om welke stoffen en middelen gaat het en wat is het jaarlijkse gebruik in Nederland? In welke teelten worden PFAS-pesticiden gebruikt en in welke mate?
2. Welke metabolieten (afbraakproducten) worden na gebruik gevormd? Gaat het met name om Trifluorazijnzuur (TFA²) of ook om andere metabolieten?
3. Welke hulpstoffen met PFAS zijn in Nederland toegelaten en welke informatie is er over de risico's van deze PFAS beschikbaar?
4. Wat zijn de risico's voor uitspoeling van deze middelen, metabolieten en hulpstoffen naar het grondwater en daarmee voor de drinkwaterwinning?

¹ <https://www.rivm.nl/pfas>

² TFA is een eindmetaboliet TFA van veel PFAS-verbindingen, ook van PFAS-pesticiden.

5. In hoeverre kan ophoping van PFAS in landbouwbodems een risico vormen?

Aansluitend is een flyer ontwikkeld zodat communicatie naar boeren over mogelijke risico's en alternatieve maatregelen plaats kan vinden. Grondeigenaren, telers, loonwerkers, veehouders en bedrijfsadviseurs zijn zich er doorgaans niet van bewust dat bepaalde middelen PFAS zijn. Een aantal telers heeft ook zelf aangegeven meer te willen weten over PFAS-pesticiden en mogelijke gevolgen voor hun eigen landbouwbodems.

PFAS-pesticiden en gebruik

In de Nederlandse landbouw zijn sinds begin jaren '90 PFAS-pesticiden toegelaten. Destijds betrof het er zes. In 2025 gaat het om 25 PFAS-pesticiden. Het betreft tien fungiciden, acht herbiciden en zeven insecticiden. In totaal zijn er 116 middelen op de markt die deze 25 PFAS-pesticiden bevatten. Sommige PFAS-pesticiden zijn slechts toegelaten in één of enkele gewassen (zoals pyroxsulam) en anderen in een groot aantal gewassen (zoals fluopyram en flonicamid). Sommige middelen hebben een beperking of verbod in grondwaterbeschermingsgebieden. In deze studie is -mede op verzoek van telers- een flyer opgesteld met een overzicht van de 25 PFAS-pesticiden en 116 middelen (<https://www.clm.nl/nieuws/pfas-pesticiden-in-de-nederlandse-landbouw-in-beeld/>).

Aanbeveling 1:

Het advies is actief te communiceren naar de sector om gebruikers inzicht te geven in welke PFAS-pesticiden in welke middelen op de markt zijn, bijvoorbeeld via vakbladen en www.milieumeetlat.nl. Hierbij kan de opgestelde flyer worden gebruikt.

De laatste drie jaar is een grote stijging te zien in de afzet van PFAS-pesticiden (tot 67% toename in 2023). De grootste afzet van PFAS-pesticiden betreft de groep van fungiciden. Daar doet zich ook de sterkste stijging voor. De drie meest verkochte fungiciden zijn fluazinam, fluopyram en fluopicolide. Deze middelen kennen een brede toepassing in diverse teelten. De afzet is afgelopen drie jaar met 67% toegenomen van ongeveer 150.000 kg in de periode 2010-2020 tot ruim 250.000 kg in 2023.

Helaas zijn onvoldoende data beschikbaar om een betrouwbaar inzicht te geven in het gebruik van PFAS-pesticiden in verschillende gewassen en provincies. De vierjaarlijkse vrijwillige CBS-enquête die is ingericht om informatie te

verzamenen is beperkt: de meest recente data zijn nu van het jaar 2020 en zijn een onderschatting (gemiddeld een factor 2 lager dan de afzet). Om toch een globale indicatie te krijgen zijn in deze studie de gegevens gecorrigeerd voor de afzet en is een inschatting gemaakt van gebruik in gewassen en provincies. Het aantal verschillende PFAS-pesticiden in de gewassen varieerde in 2020 tussen 0 (koolzaad) en 7 (blad- en potplanten onder glas en pootaardappelen). In gewassen zoals appels, gerbera's, lelies, granen en tulpen was het aantal 5-6 PFAS-pesticiden. De gebruikte kilogrammen PFAS-pesticiden per hectare geven een enigszins ander beeld. Met name in gerbera's, chrysanten en rozen onder glas was het gebruik per hectare in 2020 hoog (3,7 – 5,4 kg/ha). Het totale gebruik per gewas hangt af van de arealen van het gewas. Op basis van de arealen is in 2020 het totale gebruik met name in de akkerbouwgewassen (aardappelen, granen, suikerbieten, maïs) en bollen (lelies en tulpen) het hoogst.

Aanbeveling 2:

Het advies aan de Rijksoverheid is de registratie van gewasbeschermingsmiddelen centraal beschikbaar te maken voor analyse en evaluatie van risico's voor mens en milieu. Hiermee is het mogelijk een betrouwbare analyse van bronnen uit te voeren en een koppeling te maken met gerichte maatregelen, ook voor de PFAS-pesticiden.

Metabolieten van PFAS-pesticiden

Na gebruik van de PFAS-pesticiden vindt in bodem en water afbraak plaats en worden metabolieten gevormd. Stapsgewijs breekt het molecuul verder af: er vormen zich vanuit de metabolieten ook weer nieuwe metabolieten. Vanuit de 25 momenteel toegelaten PFAS-pesticiden blijken minstens 134 metabolieten gevormd te kunnen worden. Het aantal bekende metabolieten dat wordt gevormd verschilt per PFAS-pesticide en varieert tussen 0 en 13. Per pesticide worden meerdere metabolieten gevormd, die zelf ook PFAS-verbindingen kunnen zijn. Van de 134 metabolieten is 75% zelf ook nog een PFAS-verbinding. In hoeverre deze metabolieten een probleem vormen voor grondwater en drinkwaterwinning is niet goed bekend. Alleen de metaboliet TFA, een eindmetaboliet van veel PFAS-verbindingen (en ook van PFAS-pesticiden) wordt recent uitgebreid gemonitord en in verhoogde concentraties in het grondwater in de verschillende provincies aangetroffen.

Aanbeveling 3:

Het advies is de belangrijkste metabolieten onderdeel te maken van het meetpakket in grondwater en bij Rijksoverheid en Ctgb aan te dringen op een grondige analyse van de PFAS-metabolieten inclusief een beoordeling van mogelijke risico's voor grondwater.

Hulpstoffen

In toenemende mate worden hulpstoffen die de werking van gewasbeschermingsmiddelen kunnen versterken op de markt gebracht. Er worden drie categorieën hulpstoffen onderscheiden, te weten co-formulanten, beschermstoffen/synergisten en toevoegingsstoffen. In deze studie is onderzocht in welke mate deze hulpstoffen ook PFAS-verbindingen bevatten. Opmerkelijk is dat informatie over de stoffen moeilijk te vinden is en niet openbaar wordt gemaakt door het Ctgb. Ook ontbreekt voor de 181 toevoegingsstoffen die nu zijn toegelaten nog steeds een beoordeling van risico's voor mens en milieu. Bij navraag door CLM heeft Ctgb laten weten dat de 181 toevoegingsstoffen geen PFAS-verbindingen bevatten. Wel zijn er op dit moment nog 3 gewasbeschermingsmiddelen en 1 biocide toegelaten waar co-formulanten of synergisten met PFAS aan toe zijn gevoegd. Het is niet openbaar welke gewasbeschermingsmiddelen dit zijn. Ctgb geeft aan deze informatie niet te kunnen delen: *“De samenstelling van gewasbeschermingsmiddelen en biociden betreft vertrouwelijke informatie.*

Aanbeveling 4:

We adviseren de Rijksoverheid de toelating van PFAS-hulpstoffen in gewasbeschermingsmiddelen zo spoedig mogelijk te beëindigen. Daarnaast is het advies actieve ingrediënten in toevoegingsstoffen verplicht openbaar te maken en een toelatingsbeoordeling ten aanzien van risico's voor mens en milieu uit te voeren. Zo nodig door aanpassing van de vertrouwelijkheidsclausule.

PFAS-pesticiden in grondwater als bron voor drinkwater

PFAS-pesticiden en de gevormde metabolieten kunnen na toepassing uitspoelen naar het grondwater en een risico vormen voor de drinkwaterwinning. Het risico van uitspoeling naar het grondwater varieert tussen de verschillende PFAS-pesticiden.

Via de milieumeetlat is een *modelmatige schatting* te geven van de uitspoeling die gebaseerd is op de toelatingsinformatie en wordt uitgedrukt in milieubelasting. In de periode 2010-2022 is de milieubelasting voor het grondwater van de PFAS-pesticiden - die in deze periode of in een deel daarvan waren toegelaten - sterk toegenomen. Vijf PFAS-pesticiden hebben het grootste uitspoelingsrisico. De recent toegelaten fungicide mefentrifluconazole speelt een groeiende rol in dit uitspoelingsrisico. De afzet van deze stof is in een korte tijd snel gestegen.

Naast de modelmatige inschatting geven *daadwerkelijke metingen* van PFAS-pesticiden en metabolieten in grondwater inzicht in het uitspoelingsrisico. Zowel via de Grondwateratlas als via het grondwatermeetnet van de provincies worden metingen verzameld. Beide meetnetten hebben wel grote beperkingen. Zo zitten er grote verschillen in de meetfrequentie van de stoffen en is een aantal PFAS-pesticiden en metabolieten niet in de meetpakketten opgenomen. Ook zijn de meetlocaties zeer divers en mogelijk onvoldoende representatief.

De grondwateratlas biedt daarom slechts beperkt informatie. Een beperkt aantal PFAS-pesticiden is in de Grondwateratlas aangetroffen boven de drinkwaternorm voor pesticiden van 100 ng/l.

In het grondwatermeetnet van de provincies zijn in 2024 slechts zes van de 25 PFAS-pesticiden geanalyseerd. Vijf van de zes PFAS-pesticiden zijn aangetroffen, soms boven de drinkwaternorm. Dit laatste is het geval op een tiental punten in Nederland. Op deze punten zijn tevens verhoogde concentraties van de metaboliet TFA geconstateerd en is sprake van grondgebruik van gewassen met PFAS-pesticiden gebruik. Dit komt overeen met de bevindingen in onderzoeken in Duitsland, Denemarken en Utrecht. In het grondwatermeetnet wordt in 2024 TFA aangetroffen in 61% van de metingen, met regelmatig concentraties ver boven de drinkwaternorm van > 100 n/l. De uitgevoerde statistische analyse van TFA-concentraties en grondgebruik bij de provinciale meetpunten in 2024 laat geen direct verband zien tussen landbouwkundig grondgebruik en TFA-concentraties. Wel blijkt in enkele dieptelagen de TFA-concentraties gerelateerd aan hoog risicogewassen met veel PFAS-pesticiden gebruik. Tevens blijkt op meetpunten waar 1 of meer pesticiden zijn aangetroffen ook TFA te worden aangetroffen. De bevindingen wijzen op een relatie met gewassen waarin hoog gebruik van (PFAS-)pesticiden plaatsvindt

Ondanks de beperkingen in data is duidelijk dat grondwatervervuiling met PFAS-pesticiden en TFA plaatsvindt en dat een aanpak om verdergaande vervuiling te voorkomen gewenst is.

Aanbeveling 5:

We adviseren de monitoring via provinciale grondwatermetingen en de Grondwateratlas uit te breiden met alle PFAS-pesticiden en met relevante PFAS-metabolieten, en de resultaten te rapporteren en evalueren.

PFAS-pesticiden in de bodem: aantreffen en risico's

Afhankelijk van stofeigenschappen en bodemeigenschappen kunnen PFAS-pesticiden zich ophopen in de bodem door binding aan organisch stof en/of bodemdeeltjes. Naast PFAS-pesticiden zijn er andere PFAS-verbindingen die in landbouwbodems terecht kunnen komen. PFAS kunnen vervolgens worden opgenomen door het (volg)gewas en door bodemorganismen, met als risico dat ze onderdeel worden van de voedselketen van mens en dier en er bio-accumulatie optreedt.

Metingen aan PFAS-pesticiden in de bodem zijn schaars. In het EU-project SPRINT bleken in bodemmetingen de helft van de in Nederland toegelaten PFAS-pesticiden onderdeel van het analysepakket. Vier PFAS-pesticiden werden regelmatig aangetroffen in de bodem (19 tot 26 keer), te weten diflufenican, fluopicolide, fluopyram en lambda-cyhalothrin. Twee PFAS-pesticiden werden slechts enkele keren aangetroffen. Dit waren cyflufenamide en trifloxystrobin. De gehalten van deze PFAS-pesticiden in de bodem varieerden tussen 0,5 en 161 microgram/kg. Flupicolide en lambda-cyhalothrin hadden de hoogste waarden.

Bij opname van PFAS-pesticiden door het (volg)gewas kunnen de PFAS (of metabolieten daarvan) in de voedselketen van mens en dier terechtkomen. Zo accumuleert metaboliet TFA in gewassen en worden diverse PFAS-pesticiden in toenemende mate in groente en fruit aangetroffen. Bij teelt van veevoeder-gewassen is er kans op accumulatie in melk, vlees en eieren. Bij toename van PFAS-gehalten in producten voor humane consumptie en drinkwater kan de inname van PFAS door de bevolking boven de door de EFSA vastgestelde 'gezondheidskundige grenswaarde' te komen. Bij bijna de hele bevolking zit reeds meer PFAS in het bloed zit dan deze waarde aangeeft.

Effecten van PFAS-pesticiden **op het bodemleven** zijn deels af te leiden uit de Europese en Nederlandse toelatingsdossiers, waarin beoordeling van risico's voor bodemleven een van de parameters is. In de milieumeetlat zijn voor bodemleven -naast grondwater en waterleven- milieubelastingspunten vastgesteld, gebaseerd op deze toelatingsdossiers. PFAS-pesticiden zoals cyflufenamide, sulfoxaflor, tefluthrin en tritosulfuron hebben een hoge milieubelasting (>1000 mbp) voor het bodemleven.

PFAS die zich heeft opgehoopt in de bodem kan in een later stadium alsnog uitspoelen naar grondwater wanneer verticaal transport plaatsvindt van opgeloste organische koolstof of opgeloste humuszuren. Dan kunnen de PFAS mee migreren.

Aanbeveling 6:

Het verdient aanbeveling gericht metingen van alle PFAS-pesticiden in landbouwbodems uit te voeren om het risico voor de bodem- en voedselkwaliteit beter in te kunnen schatten. Advies is deze metingen uit te voeren in bodems waar gewassen met intensief gebruik van PFAS-pesticiden geteeld worden (zoals o.a. aardappelen, bollen- en fruitteelt).

Concluderend

Tot voor kort was er in Nederland nog weinig bekend over PFAS-pesticiden. Deze studie geeft inzicht in welke PFAS-pesticiden zijn toegelaten en welke afzet plaats vindt. Het gebruik van PFAS-pesticiden is afgelopen drie jaar sterk toegenomen. Informatie over de impact van het gebruik van deze middelen is nog onvolledig. De meetpakketten in grondwater zijn incompleet en bodemmetingen zijn beperkt. De beschikbare data en literatuur die in deze studie zijn onderzocht bevestigen de zorgen dat ongewenste verspreiding van PFAS-pesticiden naar grondwater en bodem plaatsvindt.

Aanbeveling 7:

We bevelen provincies en Vewin aan de bevindingen van het rapport te agenderen bij de ministeries van LNV en I&W en het Ctgb. En aan te geven dat actie vanuit het beleid en de toelating gewenst is. Aanbeveling aan de ministeries en Ctgb is actie te ondernemen met als aandachtspunten de noodzaak van centrale registratie van gebruiksgegevens, uitbreiding van het meetpakket, het gebrek aan transparantie t.a.v. hulpstoffen, PFAS-metabolieten (TFA en andere metabolieten) en de risico's van de stoffen voor grondwater, bodem en gewas. De Rijksoverheid kan het grondwater als bron voor drinkwater beter beschermen door het gebruik van risicovolle (PFAS-)pesticiden in te perken. Provincies zelf kunnen via de omgevingsverordening de grondwaterbescherming versterken.

SUMMARY

Concerns about PFAS contamination of groundwater and soil are growing, especially when (ground-)water is used as a source of drinking water. PFAS stands for per- and polyfluoroalkyl substances. These substances do not occur in nature but are man-made. PFAS are a group of synthetic organofluorine chemical compounds that have multiple fluorine atoms attached to an alkyl chain and are designated as Substances of Very High Concern due to their negative health effects. PFAS have the following substance properties that are defined as high-risk:

- Persistence: they do not degrade – or hardly degrade – in the environment;
- Toxicity: they can have harmful effects on humans and the environment;
- Mobility: they spread easily and quickly in the environment;
- Bioaccumulation: they accumulate in humans, animals and plants.³

RIVM has reported that people are ingesting too much PFAS through food and drinking water, and that almost the entire Dutch population has more PFAS in the blood than the health-based limit for these substances.

A number of plant protection products, some of their metabolites and some excipients are also classified as PFAS compounds. These PFAS pesticides are used in Dutch agriculture and horticulture. In the study summarised here, CLM investigated the use and risks of these PFAS pesticides for groundwater and soil in various crops and at various locations (provinces). We did so at the request of seven provinces and Vewin (the association of Dutch water companies).

We addressed the following questions:

6. Which substances and products are involved and what is the annual use in the Netherlands? In which crops are PFAS pesticides used and to what extent?
7. Which metabolites (degradation products) are formed after use? Is Trifluoroacetic acid (TFA⁴) the primary metabolite or are there others as well?
8. Which excipients containing PFAS are authorised in the Netherlands and what information is available on their risks?

³ <https://www.rivm.nl/pfas>

⁴ TFA is a terminal metabolite of many PFAS compounds, including PFAS pesticides.

9. What are the risks of leaching of these products, metabolites and excipients to groundwater, and what are the corresponding risks to drinking water abstraction?
10. To what extent can accumulation of PFAS in agricultural soils pose a risk?

Subsequently, a flyer was developed to inform farmers about possible risks and alternative measures. Landowners, growers, contractors, livestock farmers and agronomic consultants are generally unaware that certain products are PFAS {pesticides}. Furthermore, number of growers have indicated that they want to know more about PFAS pesticides and the potential impacts on their soils.

PFAS pesticides and use

PFAS pesticides have been authorised in Dutch agriculture since the early 1990s. At that time, six PFAS pesticides were authorised. This number has grown to 25 PFAS pesticides in 2025. These include 10 fungicides, eight herbicides and seven insecticides. In total, 116 products are on the market that contain these 25 PFAS pesticides. Some PFAS pesticides (such as pyroxsulam) are authorised for use in only one crop or a few crops, while others (such as fluopyram and flonicamid) can be used on a large number of crops. The use of some of these products is restricted or forbidden in groundwater protection zones. As part of the study summarised here, a flyer was prepared – partly at the request of growers – listing these 25 PFAS pesticides and 116 products (<https://www.clm.nl/nieuws/pfas-pesticiden-in-de-nederlandse-landbouw-in-beeld/>).

Recommendation 1:

We recommend active communication with the sector to help users understand which PFAS pesticides are on the market in which products, for example by publishing this information in trade journals and on websites www.milieumeetlat.nl. The flyer mentioned above can be used for this purpose.

In the last three years⁵, sales of PFAS pesticides have increased sharply – up to 67% in 2023-. Fungicides comprise most sales of PFAS pesticides and are responsible for the strongest increase in sales. The three most commonly sold fungicides are fluazinam, fluopyram and fluopicolide. These products have many uses in various crops. Over the past three years their sales have

⁵ Sales data are currently available from 2010 - 2023

increased by 67%: from about 150,000 kg in the period 2010-2020 to over 250,000 kg in 2023.

Unfortunately, insufficient data are available to provide reliable insight into PFAS pesticide use in various crops and provinces. The quadrennial voluntary CBS survey, which is designed to collect information, is limited in scope: the most recent data are from 2020 and are an underestimate (on average, the surveyed use is a factor of 2 lower than sales). To account for this, we corrected the data to correspond with sales and estimated the actual use in crops and provinces. In 2020, the number of different PFAS pesticides in crops ranged from 0 (oilseed rape) to 7 (foliage plants and potted plants under glass and seed potatoes). In crops such as apples, gerberas, lilies, cereals and tulips, between 5 and 6 PFAS pesticides were used. The kilograms of PFAS pesticides used per hectare present a somewhat different picture. Especially in gerberas, chrysanthemums and roses under glass, the use per hectare in 2020 was high (3.7 to 5.4 kg/ha). The total use per crop depends on the acreage of the crop. Based on acreage, total use in 2020 was highest primarily in arable crops (potatoes, cereals, sugar beets, corn) and bulbs (lilies and tulips).

Recommendation 2:

Our recommendation to the national government is to make the registered use of plant protection products centrally available for analysis and evaluation of risks to humans and the environment. This will enable reliable analysis of sources and linkage to targeted measures, including measures for PFAS pesticides.

Metabolites of PFAS pesticides

After PFAS pesticides are used, degradation occurs in soil and water, and metabolites are formed. Step by step, the molecule continues to degrade, and new metabolites emerge from the previous metabolites. From the 25 currently authorised PFAS pesticides, it appears that at least 134 metabolites can be formed. The number of known metabolites varies for each PFAS pesticide and ranges from 0 to 13. Several metabolites are formed for each pesticide, and these metabolites may also be PFAS compounds themselves. Of the 134 known metabolites, 75% are themselves PFAS compounds. To what extent these metabolites pose a problem for groundwater and drinking water abstraction is not well known. The only metabolite that has been extensively monitored is TFA, which is a terminal metabolite of many PFAS compounds (as well as PFAS pesticides). Recent data has shown elevated concentrations in groundwater in various provinces, some associated with agricultural use.

Recommendation 3:

Our recommendation is to make the most important PFAS metabolites part of the standard measurements in groundwater and to urge the national government and Ctgb to conduct a thorough analysis of these metabolites, including an assessment of potential risks to groundwater.

Excipients

More and more excipients that can enhance the effect of plant protection products are being marketed. Three categories of excipients can be distinguished: co-formulants, safeners/synergists and adjuvants. In this study we examined the extent to which these excipients also contain PFAS compounds. Remarkably, information about these substances is difficult to find and is not disclosed by the Ctgb. Also, the 181 adjuvants that are now authorised still lack human and environmental risk assessments. Upon inquiry by CLM, the Ctgb stated that these 181 adjuvants do not contain PFAS compounds. However, three plant protection products and one biocidal product are currently authorised to which co-formulants or synergists with PFAS have been added. The Ctgb has not published the names of these plant protection products. It says it cannot disclose this information: *"The composition of plant protection products and biocidal products involves confidential information."*

Recommendation 4:

We recommend that the national government end the authorisation of PFAS excipients in plant protection products as soon as possible. We also recommend compulsory disclosure of active ingredients in adjuvants and an authorisation assessment with respect to risks to humans and the environment. This can be done, if necessary, by amending the confidentiality clause.

PFAS pesticides in groundwater as a source of drinking water

PFAS pesticides and their corresponding metabolites can leach into groundwater after use and pose a risk to drinking water abstraction. The risk of leaching to groundwater varies between the PFAS pesticides.

The "environmental yardstick" provides a *model-based estimate* of leaching that is derived from the authorisation information and is expressed in terms of environmental impact. Between 2010 and 2022, the environmental impact on groundwater of the PFAS pesticides that were authorised during this period or

part of it increased greatly. Five PFAS pesticides have the highest leaching risk. The recently authorised fungicide mefentrifluconazole plays a growing role in this leaching risk. Its sales have increased rapidly in a short period of time.

In addition to model-based estimation, *actual measurements* of PFAS pesticides and metabolites in groundwater also provide insight into leaching risk. These measurements are collected from two sources: the Groundwater Atlas and the provinces' groundwater monitoring network. However, both monitoring networks have major limitations. For example, there are large differences in the frequency of measurement of the substances, and several PFAS pesticides and metabolites are not included in the standard measurements. Moreover, the monitoring sites are very diverse and may not be sufficiently representative.

These limitations should be considered when using information from the Groundwater Atlas. The Groundwater Atlas reported levels above the drinking water standard for pesticides of 100 ng/l for a small number of PFAS pesticides.

Only six of the 25 PFAS pesticides were analysed in the provinces' groundwater monitoring network in 2024. Five of these six PFAS pesticides were detected, some at levels above the drinking water standard. The latter is the case at ten monitoring points in the Netherlands. Elevated concentrations of the metabolite TFA were also detected at these monitoring points, and there was land use involving crops that were treated with PFAS pesticides. This is consistent with findings of studies in Germany, Denmark and in the province of Utrecht in the Netherlands. In 2024, the groundwater monitoring network detected TFA in 61% of measurements, with concentrations often exceeding the drinking water standard of > 100 ng/l for pesticides and human toxicologically relevant metabolites. The statistical analysis of TFA concentrations and land use conducted at the provincial monitoring sites in 2024 showed no direct relationship between agricultural land use and TFA concentrations. However, TFA concentrations at some depths do appear to be related to high-risk crops with high PFAS pesticide use. TFA was also found at monitoring sites where one or more pesticides were detected. The findings indicate a relationship with crops in which high use of pesticides (including PFAS pesticides) occurs.

Despite data limitations, it is clear that groundwater contamination with PFAS pesticides and TFA is occurring and that approaches to prevent further contamination are desirable.

Recommendation 5:

We recommend that monitoring through provincial groundwater measurements and the Groundwater Atlas be expanded to include all PFAS pesticides and relevant PFAS metabolites, and that the results are reported and evaluated.

PFAS pesticides in soil: occurrence and risks

Depending on substance properties and soil characteristics, PFAS pesticides can accumulate in soils by binding to organic matter and/or soil particles. In addition to PFAS pesticides, other PFAS compounds can also contaminate agricultural soils. PFAS can then be taken up by the crop (and succeeding crops) and by soil organisms, with the risk that these substances enter the food chain of humans and animals, potentially resulting in bioaccumulation.

Measurements of PFAS pesticides in soil are scarce. In the EU project SPRINT, half of the PFAS pesticides authorised in the Netherlands were included in the pesticide monitoring program. Four PFAS pesticides were detected frequently in soil (19 to 26 times). This concerns diflufenican, fluopicolide, fluopyram and lambda-cyhalothrin. Two PFAS pesticides were found only a few times. These were cyflufenamide and trifloxystrobin. The levels of these PFAS pesticides in soil ranged between 0.5 and 161 micrograms/kg. The highest values were detected for flupicolide and lambda-cyhalothrin.

Following uptake of PFAS pesticides by the crop (or a succeeding crop), the substance or its metabolites can enter the food chain of humans and animals. For example, the metabolite TFA accumulates in crops, and various PFAS pesticides are increasingly found in fruits and vegetables. When growing forage crops, there is a risk of accumulation in milk, meat and eggs. Due to increases in PFAS levels in products for human consumption and drinking water, the population-wide intake of PFAS may exceed the "health-based limit" established by EFSA. Almost the entire population now has PFAS levels in their blood that exceed this limit.

Effects of PFAS pesticides **on soil life** can be inferred in part from the European and Dutch authorisation dossiers, in which assessment of risk to soil life is one of the parameters. Based on these dossiers, the environmental yardstick specifies environmental impacts for soil life, in addition to impacts for groundwater and aquatic life. PFAS pesticides such as cyflufenamide, sulfoxaflor, tefluthrin and tritosulfuron have a high environmental impact (>1000 mbp) on soil life.

PFAS that have accumulated in soil can still leach into groundwater at a later stage when vertical transport of dissolved organic carbon or dissolved humic acids occurs. The PFAS can migrate with this vertical transport.

Recommendation 6:

We recommend targeted measurements of all PFAS pesticides in agricultural soils with the aim of improving estimates of the risk to soil and food quality. These measurements should be made in soils where crops with intensive use of PFAS pesticides are grown (such as potatoes, bulb and fruit crops, among others).

In conclusion

Until recently, little was known about PFAS pesticides in the Netherlands. This study provides insight into the PFAS pesticides that are authorised and their sales on the Dutch market. The use of PFAS pesticides has increased substantially over the past three years. Information on the impact of this use is still incomplete. The standard measurements in groundwater are incomplete, and soil measurements are limited. The available data and literature reviewed in this study confirm that unwanted dispersal of PFAS pesticides to groundwater and soil is occurring.

Recommendation 7:

We recommend that the provinces and Vewin give priority to the report's findings in their communication with the ministries of LNVN and I&W and the Ctgb, and that they indicate that action on policy and authorisation is desired. Our recommendation to the ministries and the Ctgb is to take action that focuses on the need for central registration of data on pesticide use, expansion of the standard measurements, the lack of transparency regarding excipients, PFAS metabolites (TFA and other metabolites), and the risks posed by the substances for groundwater, soil and crops. The national government can improve the protection of groundwater as a source of drinking water by curbing the use of high-risk (PFAS) pesticides. The provinces can enhance groundwater protection through environmental regulations.



1. INLEIDING

De zorgen rond PFAS nemen toe, ook in relatie tot grondwater als bron voor drinkwater. Recent is duidelijk geworden dat ook een aantal gewasbeschermingsmiddelen en enkele hulpstoffen in feite PFAS-verbindingen zijn (PFAS-pesticiden⁶). In opdracht van zeven provincies en Vewin heeft CLM het gebruik en de risico's van deze PFAS-pesticiden in verschillende gewassen en provincies onderzocht. In dit hoofdstuk wordt de aanleiding en de opzet van deze studie toegelicht.

1.1 Wat zijn PFAS?

PFAS staat voor per- en polyfluoralkylstoffen. Deze stoffen komen niet in de natuur voor, maar zijn door mensen gemaakt. PFAS bestaan uit ketens van koolstof- en fluoratomen. Bij de productie van PFAS zijn aan ketens van koolstof fluoratomen toegevoegd.

Er zijn veel verschillende PFAS. Of een gefluoreerde stof wel of niet als PFAS wordt geclassificeerd is afhankelijk van de definitie van PFAS. In Nederland hanteert het RIVM de definitie van de OECD van 2021.⁷ De OECD definieert PFAS als gefluoreerde stoffen die minstens één gefluoreerde methyl (-CF₃) of methyleen (-CF₂-) koolstofatoom bevatten (zonder dat aan die methyl of methyleen groep een H, Cl, Br of I atoom gebonden is). Op basis van deze definitie zijn er ruim 10.000 PFAS. Op basis van de definitie van het restrictievoorstel van ECHA is de groep PFAS iets kleiner; goed afbreekbare subgroepen zijn uitgesloten.⁸

⁶ In dit rapport betreft de term PFAS-pesticiden de werkzame stoffen (gedefinieerd volgens de Verordening Gewasbescherming 1107/2009) die een PFAS-verbinding zijn.

⁷ [https://one.oecd.org/document/ENV/CBC/MONO\(2021\)25/En/pdf](https://one.oecd.org/document/ENV/CBC/MONO(2021)25/En/pdf)

De definitie van 2021 is ruimer dan de eerdere definitie van 2011. De definitie van 2011 was gebaseerd op werk van Buck et al. (2011), waarin 268 soorten PFAS werden onderscheiden met een sterke nadruk op perfluoralkyl verbindingen met lange ketens.

⁸ <https://echa.europa.eu/documents/10162/f605d4b5-7c17-7414-8823-b49b9fd43aea>

In een meerjarig onderzoeksprogramma naar mogelijkheden om de blootstelling van de mens aan PFAS te verlagen, benoemt het RIVM de vanwege volgende stofeigenschappen als risicovol:

- Persistentie: ze breken niet of nauwelijks af in het milieu;
- Toxiciteit: ze kunnen schadelijke effecten hebben op mensen en het milieu;
- Mobiliteit: ze verspreiden zich gemakkelijk en snel in het milieu;
- Bio-accumulatie: ze hopen zich op in mensen, dieren en planten.⁹

Het RIVM stelt vast dat mensen te veel PFAS binnenkrijgen via voedsel en drinkwater en dat er bij bijna de hele bevolking meer PFAS in het bloed zit dan de gezondheidkundige grenswaarde die daarvoor bestaat. Afhankelijk van de mate waarin mensen aan PFAS zijn blootgesteld, kunnen PFAS negatieve effecten hebben op het immuunsysteem, de hormoonhuishouding¹⁰, op het cholesterolgehalte in het bloed, op de lever en kunnen ze nier- en testiskanker veroorzaken.

Het RIVM en drinkwaterbedrijven maken zich zorgen om PFAS in oppervlaktewater en grondwater dat wordt gebruikt voor de bereiding van drinkwater. PFAS-gehalten in het drinkwater voldoen weliswaar aan de gestelde gezondheidkundige grenswaarden, maar voor de bereiding van het drinkwater staan drinkwaterbedrijven voor een toenemende zuiveringsinspanning juist vanwege de opkomst van zeer zorgwekkende stoffen, waaronder PFAS. En dat terwijl in de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) is vastgelegd dat drinkwaterbronnen niet in kwaliteit achteruit mogen gaan ('stand still principe') en het streven is om de inspanningen die drinkwaterbedrijven doen om schoon en gezond drinkwater te produceren te verlagen (Slagter et al., 2024).

Drinkwaterbedrijven zetten uiteenlopende zuiveringstechnieken in om PFAS en andere verontreinigingen uit het water te verwijderen (Leerdam, As en Van der Aa 2025). Bestaande technieken zijn nog onvoldoende effectief als het gaat om het verwijderen van de zeer korte keten PFCA's perfluoropropaan-zuur (PFPrA) en Trifluorazijnzuur (TFA). (Amato et al. 2025) (Scheurer et al. 2017) TFA wordt wel de kleinste PFAS genoemd. Het wordt gebruikt bij o.a. de bereiding van geneesmiddelen en pesticiden (bijvoorbeeld flufenacet), maar is daarnaast ook het stabiele afbraakproduct (eindproduct) van diverse andere PFAS. (Internationale commissie ter bescherming van de Rijn, 2019). PFPrA en TFA zijn moeilijk uit het water te verwijderen omdat ze volledig oplosbaar zijn in water en zeer mobiel zijn in het aquatisch milieu.¹¹

⁹ <https://www.rivm.nl/pfas>

¹⁰ <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2024-0096.pdf>

¹¹ <https://www.kwrwater.nl/actueel/a-breakthrough-for-degrading-forever-chemicals-whats-it-in-for-the-water-sector/?highlight=tfa>

In januari 2023 heeft Nederland, samen met Denemarken, Duitsland, Noorwegen en Zweden bij het Europees Agentschap voor chemische stoffen (ECHA) een restrictievoorstel ingediend voor een algeheel verbod op alle PFAS. Na een raadpleging van zes maanden, hebben de vijf landen het achtergronddocument recent (augustus 2025) aangepast. Het is nu aan ECHA om het verder te verwerken. Daarna zal ECHA, naar verwachting, eind 2026, het voorstel naar de Europese Commissie sturen. De commissie zal dan een definitief voorstel te maken waar de lidstaten over stemmen.¹²

Het restrictievoorstel heeft PFAS-pesticiden en -biociden uitgezonderd, met als argument dat voor dergelijke middelen een toelatingsregime geldt onder andere wettelijke kaders.¹³ Ook (dier-)geneesmiddelen vallen onder de voorgestelde uitzonderingen. Co-formulanten die aan de PFAS-definitie voldoen (bijvoorbeeld oplosmiddelen, surfactanten of pH-regelaars) vallen wel onder het verbodsvoorstel.¹⁴

1.2 Onderzoek naar risico's door emissies van PFAS vanuit puntbronnen

Onderzoek naar PFAS richt zich in Nederland hoofdzakelijk op emissies van PFAS vanuit bekende puntbronnen, zoals bedrijven die PFAS produceren en bedrijven die PFAS gebruiken of verwerken. Het gaat dan bijvoorbeeld om bedrijven die blusschuim gebruiken, fluorpolymeren produceren, afval verwerken, textiel behandelen of afwerken of riool- of afvalwater zuiveren (Jonker, 2024). Vanuit al deze puntbronnen kunnen emissies van PFAS optreden naar de lucht, naar de bodem, naar grond- en oppervlaktewater. Eerder, in 2019 maakte Sweco al een kaart met risicolocaties.¹⁵

Vanuit verschillende locaties hebben dergelijke emissies ook daadwerkelijk plaatsgevonden. De bekendste zijn waarschijnlijk Chemours (in Dordrecht) en Custom Powders (in Helmond). Daar zijn dan ook hoge concentraties PFAS vastgesteld die risico's met zich meebrengen. In de direct omgeving van de fabriek van Chemours adviseert de GGD burgers om geen (of beperkt) groenten of fruit uit de eigen moestuin te eten en geen eieren van hobbykippen.¹⁶

Onderzoek naar PFAS vanuit de bekende puntbronnen beperkt zich veelal tot ca. 20 PFAS-verbindingen, ook wel '20PFAS' genoemd. Deze worden ingedeeld in 3 functionele groepen: PFOA (Perfluorooctaanzuur), PFOS (perfluorooctansulfonzuur) en GenX. Om te beoordelen of gehalten van deze typen PFAS

¹² <https://www.rivm.nl/pfas/verbod-gebruik-pfas>

¹³ <https://www.biociden.nl/nieuws/uitfasering-pfas-in-bestrijdingsmiddelen>

¹⁴ Zie H5 voor toelichting op co-formulanten

¹⁵ <https://www.sweco.nl/actueel/nieuws/sweco-publiceert-signaleringskaart-pfas-locaties/>

¹⁶ <https://www.ggdzhz.nl/gezondheid-en-milieu/pfas-en-gezondheidsadviezen/veelgestelde-vragen/pfas-en-pfoa>

binnen de gestelde risicogrenzen blijven, worden voor PFOA en PFOS de gehalten van de PFAS die daartoe wordt gerekend bij elkaar opgeteld om te komen tot een som-PFOA en een som-PFOS.

Voor het vaststellen van de 'gezondheidskundige grenswaarde' baseert de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA) zich op 4 soorten PFAS, de zg. 'EFSA-4'.

1.3 PFAS-pesticiden

De laatste tijd is er toenemende aandacht voor de PFAS die in de landbouw worden toegepast voor het bestrijden van ziekten en plagen (Dekker et al. 2024, Donley et al. 2024). Een deel van de toegelaten gewasbeschermingsmiddelen in Nederland bevatten werkzame stoffen die te classificeren zijn als PFAS-verbindingen. Deze werkzame stoffen noemen we in deze rapportage kortweg PFAS-pesticiden.

1.3.1 Werkzame stoffen

In 2024 stelden Dekker et al. vast dat 27 PFAS-pesticiden in Nederland waren toegelaten. Van één van deze werkzame stoffen – de herbicide triflusa-sulfuron-methyl – was destijds de toelating al beëindigd; middelen met deze werkzame stof hadden nog wel een opgebruiktermijn tot en met 20 augustus 2024 (Dekker et al. 2024). Bij de start van dit onderzoek in 2025 is daarom uitgegaan van 26 in Nederland toegelaten PFAS-pesticiden. Inmiddels is vanaf 31 juli ook tritosulfuron verboden dus staat de teller op 25.

1.3.2 Hulpstoffen: Co-formulanten, beschermstoffen, synergisten en adjuvants

Vaak worden in de producten die op de markt komen naast de werkzame stoffen ook andere stoffen toegevoegd zoals oplos- of schuimmiddelen. Het betreft co-formulanten, beschermstoffen en synergisten (zie H5 voor verdere toelichting). Doherty et al. (2024) wijzen erop dat deze stoffen soms ook als PFAS-verbindingen te classificeren zijn. Daarnaast worden ook adjuvants (toevoegingsstoffen) gebruikt om de werking van de pesticiden te verbeteren. Deze adjuvants zijn geen onderdeel van de producten, maar kunnen apart aan de spuitoplossing worden toegevoegd.

1.3.3 Zorgen om toenemend gebruik van PFAS-pesticiden in de landbouw

De afgelopen jaren is sprake van een toenemende afzet van pesticiden (gewasbeschermingsmiddelen) die PFAS bevatten (Dekker et al. 2024). Provincies en Vewin maken zich zorgen over deze toename en de mogelijke bedreiging van het grondwater als bron voor drinkwater.

Provincies willen daarnaast graag gebruikers (telers, loonwerkers, veehouders) en bedrijfsadviseurs kunnen informeren over gewasbeschermingsmiddelen die PFAS bevatten.

De provincie Utrecht signaleerde in 2023 al dat in het Utrechtse grondwater, naast verhoogde concentraties PFAS (gemiddeld enkele tientallen ng/l, in 11 monsters > 100 ng/l), ook de PFAS-verbinding trifluorazijnzuur (TFA¹⁷) aangetroffen wordt in relatief hoge concentraties (ca. 1.000 maal hoger dan de andere aangetroffen PFAS). TFA komt in deze gebieden overwegend boven de drinkwaternorm voor. TFA lijkt in Utrecht vooral sterk verhoogd in gebieden met landgebruik fruitteelt en akkerbouw. Dit kan duiden op een relatie met het gebruik van PFAS-pesticiden in deze vormen van landbouw (Provincie Utrecht 2023). Ook in andere provincies wordt TFA in het grondwater aangetroffen.

Tijdens ons onderzoek zijn de zorgen over TFA-waarden in het grondwater – als gevolg van het gebruik van PFAS-pesticiden in de landbouw – verder toenomen.

In december 2024 onderzocht het instituut voor Geologisch onderzoek in Denemarken en Groenland (GEUS) de mate waarin 7 PFAS-pesticiden uit de C-CF₃-groep metaboliseren tot TFA en daarmee een risico vormen voor het grondwater (Johnsen, Henriksen, & Albers, 2024). Naar aanleiding van dit onderzoek heeft het Deense Milieu Agentschap in juli 2025 de toelating van 23 middelen op basis van 6 PFAS-werkzame stoffen beëindigd.

Naar aanleiding van wetenschappelijke aanwijzingen (waaronder het GEUS onderzoek) voor een verband tussen het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en TFA in het grondwater, heeft het Ctgb op 16 april 2025 een adviesbrief gestuurd aan de Ministeries van LNV en I&W (van Lint, 2025). Daarin geeft het Ctgb aan dat de methodiek die zij voor het bepalen van de vorming van TFA gebruikt, ontoereikend is om te kunnen beoordelen of metabolieten van middelen voldoen aan de grondwaternorm van 0,1 µg/l. Het College vindt het belangrijk dat zo snel mogelijk alle werkzame stoffen die mogelijk TFA als afbraakproduct produceren, op Europees niveau worden herbeoordeeld. Het Ctgb vraagt de minister om een brief te sturen aan de Europese Commissie om:

- steun uit te spreken voor de opdracht aan EFSA voor het verbeteren van de methodiek voor analyse van TFA-vorming, en daarbij te verzoeken dit onderzoek te prioriteren;

¹⁷ TFA is een stabiel afbraakproduct (metaboliet) van PFAS-houdende medicijnen, koelvloeistoffen, drijfgassen en PFAS pesticiden. Zie H 6.

- het belang van een snelle en Europees geharmoniseerde aanpak te benadrukken;
- te verzoeken om een herziening van de goedkeuring van potentiële TFA-precursoren, waarvan de herbeoordeling nog niet is gestart en een snelle besluitvorming voor alle werkzame stoffen die momenteel worden herbeoordeeld.

1.4 Onderzoek naar gebruik en risico's van PFAS-pesticiden

Er is in Nederland nog weinig onderzoek gedaan naar PFAS-pesticiden en de risico's die daarmee gemoeid zijn.¹⁸

Uitkomsten van onderzoek naar PFAS vanuit bovengenoemde bekende puntbronnen kunnen niet zonder meer worden vertaald naar PFAS-pesticiden. Allereerst gaat het bij PFAS-pesticiden om andere typen PFAS, andere functionele groepen met andere chemische eigenschappen, die zich dus ook anders kunnen gedragen in het milieu.

Bovendien gaat het bij het gebruik van PFAS-pesticiden om een diffuse belasting, in plaats van een belasting als gevolg van emissies vanuit een aantal puntbronnen.

Over de aard en de omvang van deze diffuse belasting is nog weinig bekend. In dit onderzoek brengen we, op verzoek van een zevental provincies en VEWIN het gebruik en de risico's van PFAS-pesticiden voor grondwater en bodem in kaart.

In deze rapportage beantwoorden we de volgende onderzoeksvragen:

1. Om welke middelen gaat het en wat is het jaarlijkse gebruik in Nederland? In welke teelten worden PFAS-pesticiden gebruikt en in welke mate?
2. Welke metabolieten (afbraakproducten) worden na gebruik gevormd? Gaat het met name om TFA of ook om andere metabolieten?
3. Welke hulpstoffen met PFAS zijn er in Nederland toegelaten en welke informatie is er over de risico's van deze PFAS beschikbaar?
4. Wat zijn de risico's voor uitspoeling van deze middelen, metabolieten en hulpstoffen naar het grondwater?
5. In hoeverre kan ophoping van PFAS in landbouwbodems een risico vormen?

¹⁸ In landen zoals Denemarken, Duitsland, Verenigd Koninkrijk en Verenigde Staten is al meer onderzoek verricht naar de PFAS pesticiden.

Aansluitend is gevraagd om een flyer te ontwikkelen zodat communicatie naar boeren over mogelijke risico's en alternatieve maatregelen plaats kan vinden. Telers, loonwerkers, veehouders en bedrijfsadviseurs zijn zich er doorgaans niet van bewust dat bepaalde middelen PFAS zijn. Een aantal telers heeft ook zelf aangegeven meer te willen weten over PFAS-pesticiden en mogelijke gevolgen voor hun eigen landbouwbodems.

De Nederlandse Arbeidsinspectie constateert dat 77% van de bedrijven (84% van de tuinbouwbedrijven en 16% van de akkerbouwbedrijven) zich niet bewust is van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen met PFAS. Onder werknemers ligt het percentage nog hoger, nl. op 87% (Rijksoverheid 2025). Via de flyer kunnen werkgevers en werknemers worden geïnformeerd en worden gestimuleerd om het gebruik van PFAS-pesticiden te minimaliseren of alternatieve methoden in te zetten, als blijkt dat er ongewenste verspreiding naar grondwater en bodem plaatsvindt.

2. PFAS-PESTICIDEN IN NEDERLAND: TYPE EN AFZET

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de PFAS-pesticiden die in Nederland zijn toegelaten, inclusief de wijzigingen die daarin recent zijn opgetreden. Vervolgens wordt aangegeven hoe de afzet van deze pesticiden zich ontwikkelt en in welke gewassen de pesticiden zijn toegelaten en worden toegepast.

2.1 PFAS-pesticiden en andere PFAS-bronnen

Het gebruik van PFAS-pesticiden in de landbouw is één van de bronnen die bijdragen aan de totale PFAS-belasting van het milieu. Vanwege de specifieke eigenschappen van PFAS (veelal vet-, water- en vuilafstotend) kent PFAS een brede toepassing in diverse producten, waaronder smeermiddelen, voedselverpakkingsmaterialen, blusschuim, anti-aanbaklagen in pannen, kleding, textiel, medicijnen en cosmetica. Ook worden PFAS gebruikt voor verschillende industriële toepassingen en processen, onder andere als koelstoffen en koude-middelen in koelinstallaties, airconditioning en warmtepompen. Afzet en gebruik van PFAS-pesticiden in de landbouw is daarmee één van de bronnen van PFAS die in het milieu terecht kunnen komen.

Het aandeel van PFAS-pesticiden in de totale PFAS-belasting is niet eenvoudig te kwantificeren, omdat stoffen afbreken tot tussen- en eindproducten, zoals onder andere de metaboliet TFA, waardoor de herkomst van stoffen niet meer te bepalen is. Voor TFA heeft de Duitse Federale milieuagentschap – op basis van de beschikbare data – de emissie van koel- en schuimmiddelen met ca. 2.000 ton/jaar aangemerkt als belangrijkste bron van TFA in Duitsland. Met een emissie van ca. 457 ton/jaar zijn PFAS-pesticiden, voornamelijk flufenacet, diflufenican en fluazinam, de op één na belangrijkste bron van TFA in Duitsland (Arp et al. 2024).

2.2 Overzicht PFAS-pesticiden

In Tabel 2.1 geven we een overzicht van 27 PFAS-pesticiden die in de periode 2010-2025 (of een deel daarvan) waren toegelaten. Het betreft tien fungiciden, tien herbiciden en zeven insecticiden.¹⁹

De PFAS-pesticiden waarvan de toelating²⁰ inmiddels is beëindigd zijn vermeld met een oranje (in opgebruiktermijn) of rode kleur (verboden). Onder de tabel lichten we de datum en reden van beëindiging van de toelating en de opgebruiktermijn toe. Startjaar van toelating is ook in de tabel weergegeven. Enkele PFAS-pesticiden zoals fluazinam, lambda-cyhalothrin en fluazifop-P-butyl zijn reeds vanaf begin jaren '90 toegelaten. Andere PFAS-pesticiden zijn recent toegelaten zoals flutianil, mefentrifluconazole en sulfoxaflor. Een deel van de PFAS-pesticiden kent wettelijke beperkingen in grondwaterbeschermingsgebieden en enkele zijn alleen toegelaten in bedekte teelt (zie paragraaf 2.4).

¹⁹ Fungiciden (middelen tegen schimmels), insecticiden (middelen tegen plaaginsecten) en herbiciden (middelen tegen onkruid) zijn de drie belangrijkste pesticiden groepen.

²⁰ De toelating van werkzame stoffen in gewasbeschermingsmiddelen vindt plaats op EU-niveau, het Ctgb beoordeelt de toelating van specifieke middelen op de Nederlandse markt op basis van de goedgekeurde Europese stoffen en Nederlandse wetgeving.

Tabel 2.1 Overzicht van 27 PFAS-pesticiden die in de periode 2010-2025 (of een deel daarvan) zijn toegelaten, onderverdeeld naar hun toepassing als fungicide, herbicide of insecticide. Rood betekent: inmiddels verboden. Oranje betekent: verboden, nog wel opgebruiktermijn. Tussen haakjes = startjaar van toelating.

Fungiciden	Herbiciden	Insecticiden
Cyflufenamide (2012)	Diflufenican (1991)	Cyflumetofen (2011)
Fluazinam (1990)	Fluazifop-P-butyl (1992)	Flonicamid (2005)
Fluopyram (tevens nematocide) (2013)	Flufenacet ^a (2002)	Lambda-cyhalothrin ^d (1992)
Fluopicolide (2007)	Isoxaflutool (1998)	Metaflumizone ^e (2019)
Flutianil (2023)	Picolinafen (2019)	Pyridalyl (2010) ^f
Flutolanil (2008)	Prosulfuron (2012)	Sulfoxaflor (2020)
Mefentrifluconazole (2020)	Pyroxsulam (2009)	Tefluthrin (1992)
Oxathiapiproline (2018)	Tritosulfuron ^c (2009)	
Penthiopyrad (2015)	Tembotrione (2010)	
Trifloxystrobin (2002)	Triflusaluron-methyl ^b (1996)	

^aToelating van flufenacet is op 20 mei 2025 door de Europese Commissie beëindigd vanwege de hormoonverstorende werking voor mensen en niet-doelsoorten, de toxiciteit voor de voortplanting en de overschrijdingen van de flufenacet-metaboliet TFA in het grondwater (EU 2025). De opgebruiktermijn loopt uiterlijk tot 10 december 2026.²¹

^bToelating van triflusaluron-methyl is in Nederland op 20 augustus 2024 beëindigd na een besluit van de Europese Commissie op 16 november 2023. Overwegingen daarbij waren de verontreiniging van het grondwater door een metaboliet van triflusaluron-methyl (IN-JU122). De opgebruiktermijn liep tot en met 20 augustus 2024.

^cToelating van tritosulfuron is in Nederland op 7 mei 2025 beëindigd. Reden is dat de werkzame stof op EU niveau niet meer goedgekeurd is. De opgebruiktermijn liep tot en met 7 juli 2025.

^dVan middelen met een spuittoepassing met lambda-cyhalothrin als werkzame stof is de toelating op 8 juli 2025 beëindigd, omdat geen acceptabel risico kan worden aangetoond voor zoogdieren, aquatische organismen en niet-doelwit arthropoden. Deze middelen hebben een opgebruiktermijn tot en met 31 oktober 2025. (Ctgb 2024, samenvatting collegebesluiten 18 december 2024). Granulaat toepassing met lambda-cyhalothrin als werkzame stof is nog wel toegelaten.

^emetaflumizone heeft een opgebruiktermijn tot 30-06-2026.

^fpyridalyl heeft een opgebruiktermijn tot 31-12-2025.

Vaak wordt in overzichten van PFAS-pesticiden ook flocoumafen genoemd, een rodenticide. Biociden zoals rodenticiden vallen echter buiten de scope van deze studie.²²

²¹ https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202500910

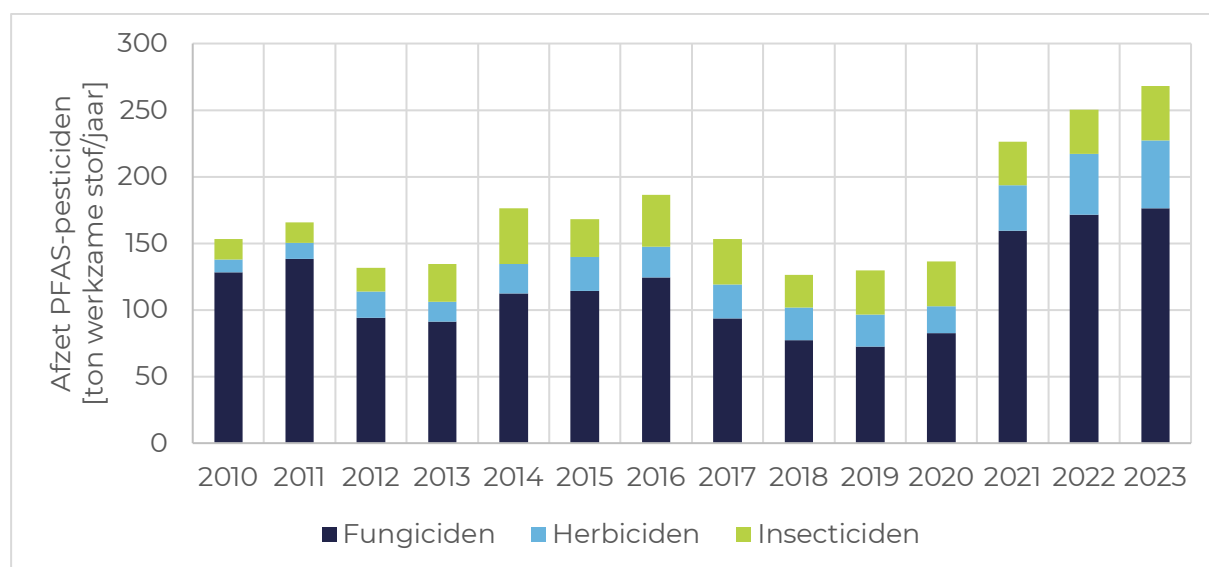
²² Rodenticiden zijn biociden die gebruikt worden om ratten, muizen en andere knaagdieren te bestrijden. <https://www.ctgb.nl/onderwerpen/rodenticiden>

2.3 Afzet van PFAS-pesticiden 2010-2023

2.3.1 Ontwikkeling afzet PFAS-pesticiden Nederland

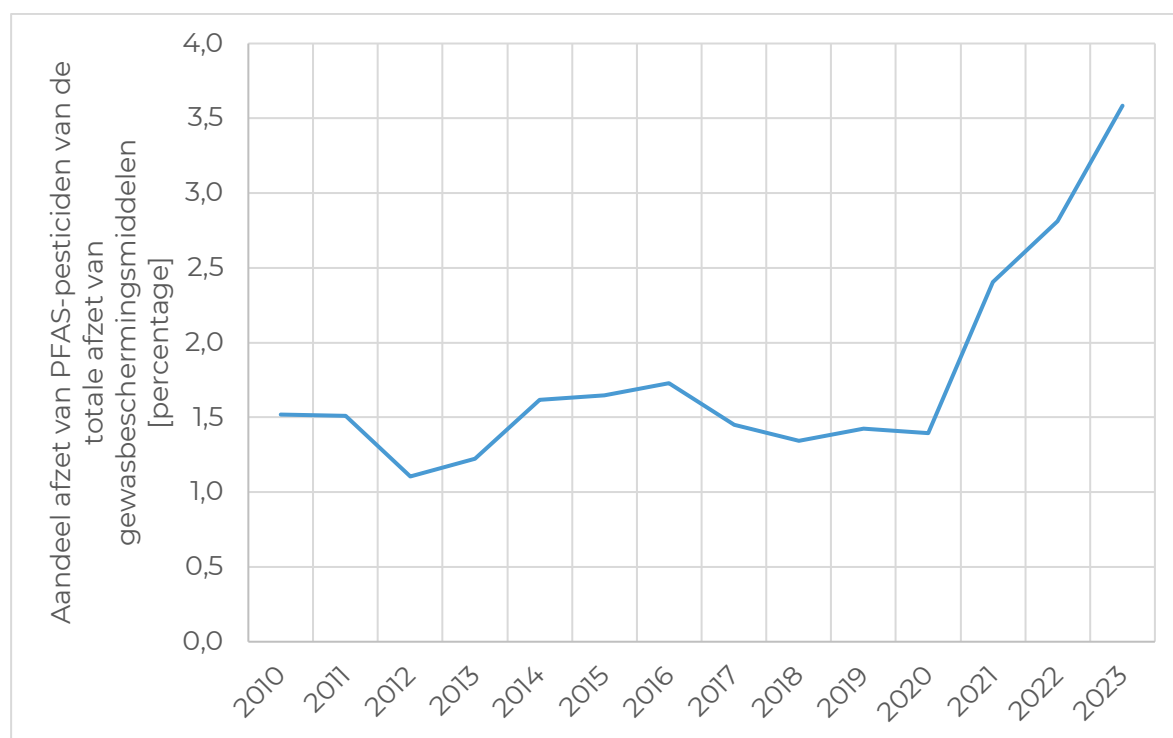
Over de afzet van gewasbeschermingsmiddelen zijn data beschikbaar voor de periode 2010 tot en met 2023. In Figuur 2.1 is voor deze periode de afzet van PFAS-pesticiden weergegeven in ton werkzame stof/jaar. Daarbij is steeds het aandeel van PFAS-fungiciden, -herbiciden en -insecticiden aangegeven. Tussen 2010 en 2020 ligt de jaarlijkse afzet rond 150 ton. De laatste drie jaar is er een stijgende trend (67% toename in 2023) te zien in de afzet van PFAS-pesticiden. PFAS-fungiciden hebben het grootste aandeel in de totale afzet van PFAS-pesticiden. In de periode 2020-2023 neemt het aandeel van PFAS-herbiciden in de totale afzet toe.

PFAS-fungiciden vertonen de sterkste stijging, met name door de snelle toename in de afzet van mefentrifluconazole (binnen twee jaar van ruim 7.000 kg in 2021 naar bijna 30.000 kg in 2023). Het PFAS-insecticide flonicamid (een stof die veel wordt ingezet vanwege beperkt neveneffecten op nuttige insecten) steeg in 2023 naar een afzet van bijna 32.000 kg. De stijging van beide stoffen is te verklaren door de effectieve werking tegen schimmels en insecten. Flonicamid is daarbij een insecticide die weinig nevenwerking heeft op natuurlijk vijanden en daarom goed past in geïntegreerde gewasbescherming. In de groep van PFAS-herbiciden verdubbelde tembotrione van bijna 7.000 kg in 2020 naar ruim 13.000 kg in 2023. Verklaring is dat de toelating van deze stof in deze periode in deze periode is verbreed naar meer gewassen.



Figuur 2.1 Ontwikkeling afzet van PFAS-pesticiden in Nederland in ton werkzame stof/jaar over de periode 2010-2023 (samengesteld op basis van de data van de Rijksoverheid <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2022/05/19/afzetgegevens-gewasbeschermingsmiddelen-in-nederland>)

In de periode 2010-2022 lag de totale afzet van alle gewasbeschermingsmiddelen tezamen tussen ca. 9.000 en 11.000 ton. In 2023 was het ca. 7.500 ton. Vanaf 2021 blijkt het aandeel van de afzet van PFAS-pesticiden sterk toe te nemen 1,5% naar 3,6 % van de totale afzet (zie Figuur 2.2).



Figuur 2.2 Ontwikkeling van het aandeel van de afzet van PFAS-pesticiden in de totale afzet in Nederland in de periode 2010-2023 (samengesteld op basis van de data van de Rijksoverheid <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2022/05/19/afzetgegevens-gewasbeschermingsmiddelen-in-nederland>)

Jaarlijkse afzet van PFAS-pesticiden is een bruikbare indicatie voor het gebruik van deze stoffen in datzelfde jaar. In verband met voorraadvorming kunnen er beperkt verschillen zijn tussen afzet en gebruik. Dit heeft geen invloed op de trend.

2.3.2 Rangschikking PFAS-pesticiden naar mate van afzet

In Tabel 2.2 zijn de 27 PFAS-pesticiden, die in de hele periode 2010-2023 of in een deel van die periode waren toegelaten (zie Tabel 2.1), gerangschikt naar de mate waarin ze in 2023 zijn afgezet.

Tabel 2.2 Overzicht van in de periode 2010-2023 toegelaten PFAS-pesticiden, gerangschikt naar afzet in 2023 in kg werkzame stof (van meest naar minst verkocht), met specificatie van hun toepassing als fungicide, herbicide en insecticide – (samengesteld op basis van de data van de Rijksoverheid <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2022/05/19/afzetgegevens-gewasbeschermingsmiddelen-in-nederland>). Rood betekent: inmiddels verboden. Oranje betekent: verboden, nog wel opgebruiktermijn. Zie tabel 2.1. voor de verboden en opgebruiktermijnen.

Werkzame stof	Type middel	Afzet 2023 (kg werkzame stof)
Fluazinam	Fungicide	39.857
Fluopicolide	Fungicide	39.606
Fluopyram	Fungicide, nematicide	35.795
Flonicamid	Insecticide	31.669
Mefentrifluconazole	Fungicide	29.871
Flufenacet	Herbicide	23.050
Flutolanil	Fungicide	13.564
Tembotrione	Herbicide	13.364
Trifloxystrobin	Fungicide	8.797
Oxathiapiproline	Fungicide	8.340
Diflufenican	Herbicide	7.198
Pyridalyl	Insecticide	5.246
Fluazifop-P-butyl	Herbicide	4.028
Lambda-cyhalothrin	Insecticide	2.405
Tritosulfuron	Herbicide	1.518
Cyflumetofen	Insecticide	1.460
Pyroxsulam	Herbicide	798
Triflusulfuron-methyl	Herbicide	792
Metaflumizone	Insecticide	492
Cyflufenamide	Fungicide	425
Prosulfuron	Herbicide	75
Sulfoxaflor*	Insecticide	0
Penthiopyrad*	Fungicide	0
Tefluthrin*	Insecticide	0
Flutianil**	Fungicide	0
Picolinafen*	Herbicide	0
Isoxaflutool*	Herbicide	0
Totaal		268.350

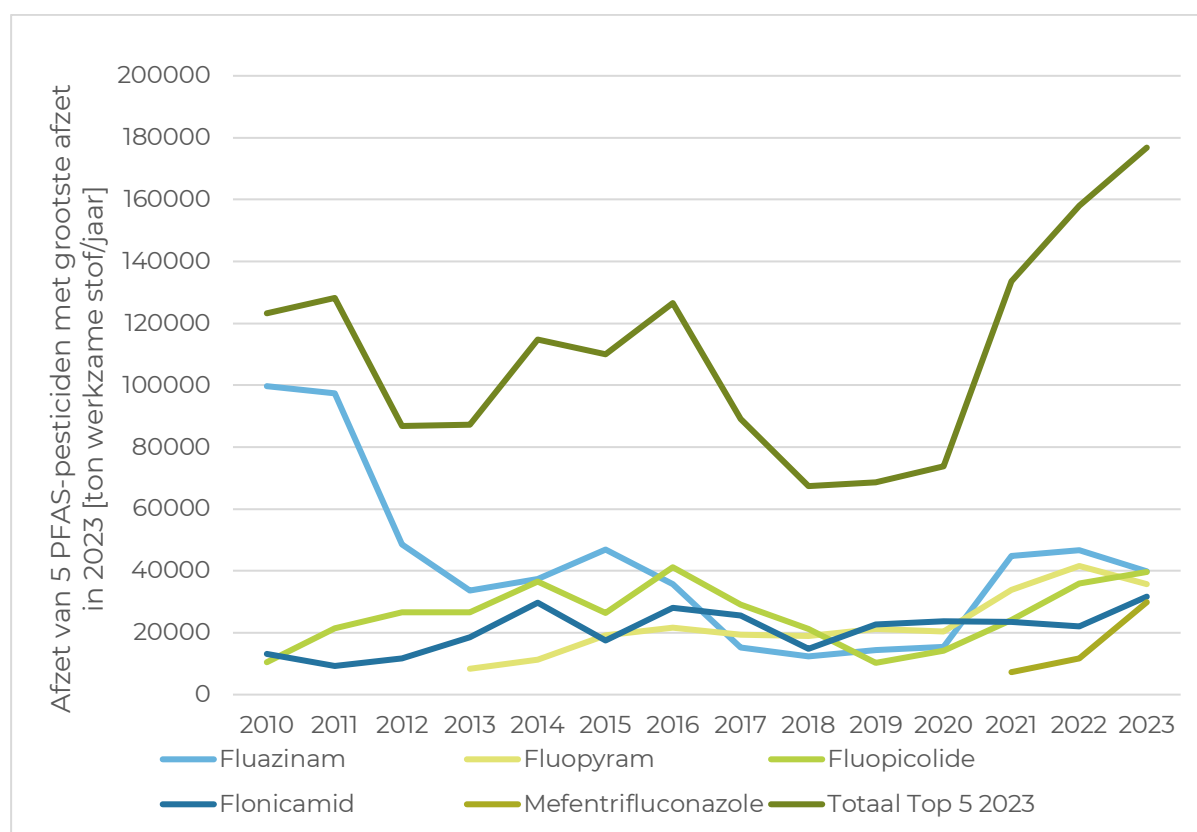
*toegelaten, blijkbaar geen afzet in 2023.

**pas toegelaten sinds mei 2023, blijkbaar nog geen afzet in 2023

2.4 Vijf PFAS-pesticiden met de hoogste afzet in 2023

Van de vijf PFAS-pesticiden die in 2023 het grootste aandeel hadden in de totale afzet van PFAS-pesticiden, is het verloop van de afzet over de periode 2010-2023 in beeld gebracht (zie Figuur 2.3). Het betreft vier fungiciden (fluazinam, fluopyram, fluopicolide en metrifluconazool) en het insecticide flonicamid.

De vijf PFAS-pesticiden laten vooral tussen 2020 en 2023 een sterk stijgende afzet zien. De afzet van fluopicolide en flonicamid liet in de periode 2010-2016 ook al een stijging zien, die daarna terugliep. Fluazinam kende een zeer hoge afzet in 2010 en 2011, waarna een sterke daling inzette, met name veroorzaakt door de afname in effectiviteit tegen de aardappelschimmel phythophtora. Wel neemt het gebruik na 2020 weer toe omdat de stof een belangrijke schakel vormt in de bestrijding van nieuwe phythophtora stammen.



Figuur 2.3 Verloop van de afzet van de vijf PFAS- pesticiden (2010-2023) met de grootste afzet in 2023, inclusief de totale afzet van deze vijf PFAS-pesticiden samen.

De stoffen hebben alle vijf een brede werking. Ook kennen ze een brede toelating en worden dus in diverse gewassen toegepast. Zo wordt fluopyram niet alleen ingezet als fungicide, maar ook als nematicide.²³ Mefentrifluconazole is

²³ Gewasbeschermingsmiddel tegen schadelijke aaltjes

een stof die nog maar een paar jaar op de markt is. In drie jaar tijd laat deze stof een verdrievoudiging van de afzet zien. Middelen met mefentrifluconazole als werkzame stof worden gebruikt om schimmels te bestrijden in de teelt van onder meer aardappels, suikerbieten, maïs, granen, koolzaad, appel, peer, steenvruchten en druif.

2.5 Merknamen van de PFAS-pesticiden en de gewassen waarin de stoffen zijn toegelaten

De 25 PFAS-pesticiden (werkzame stoffen) die in september 2025 zijn toegelaten zijn als werkzame stof opgenomen in 116 toegelaten middelen. In deze paragraaf geven we een overzicht van de merknamen van deze middelen, die we hebben ingedeeld in drie categorieën: PFAS-insecticiden, PFAS-herbiciden en PFAS-fungiciden. Achtereenvolgens wordt weergegeven: de werkzame stof, de merknaam (of -namen), de toelating in gewasgroepen en de verboden of restricties in grondwaterbeschermingsgebieden (Figuur 2.4). Flufenacet, pyridalyl en metaflumizone zijn onlangs verboden, maar hebben nog een opgebruiktermijn (zie bijlage 1).

Het overzicht in figuur 2.4 is ook openbaar gemaakt in de vorm van een flyer op de CLM website: <https://www.clm.nl/nieuws/pfas-pesticiden-in-de-nederlandse-landbouw-in-beeld/>

Figuur 2.4 PFAS-pesticiden met een toelating in Nederland (insecticiden, fungiciden en herbiciden). Weergegeven zijn de werkzame stof namen, de middelnamen, de gewasgroepen waarin ze zijn toegelaten²⁴, en de verboden of restricties in grondwaterbeschermingsgebieden.

PFAS-INSECTICIDEN		
Cyflumetofen ✓ Toegestaan in: ▪ Sierteelt 📄 Merknamen: ▪ DANISARABA 20SC ▪ SCELTA	Metaflumizone ✓ Toegestaan in: ▪ Vruchtgroenten ▪ Potplanten ▪ Boomkwekerij ▪ Vaste planten ➔ Alleen in bedekte teelt! 📄 Merknamen: ▪ VERISMO	Sulfoxaflor ✓ Toegestaan in: ▪ Vruchtgroente ▪ Potplanten ▪ Snijbloemen ▪ Bladgroenten ➔ Alleen in bedekte teelt! 📄 Merknamen: ▪ CLOSER ▪ SEQUOIA
Flonicamid ✓ Toegestaan in: ▪ Akkerbouw ▪ Fruitteelt ▪ Groente ▪ Bloembollen ▪ Boomkwekerij ▪ Bloemisterij 📄 Merknamen: ▪ AFINTO ▪ APN FLONICAMID 500 ▪ HINODE ▪ INTER PEKI ▪ INTER PEKI WG ▪ SHOORI ▪ TEPPEKI ▪ TEPPEKI WG	Pyridalyl ✓ Toegestaan in: ▪ Vruchtgroenten ▪ Potplanten ▪ Snijbloemen ➔ Alleen in bedekte teelt! 📄 Merknamen: ▪ NOCTURN	Tefluthrin ✓ Toegestaan in: ▪ Aardappelen ▪ Mais ▪ Bieten 📄 Merknamen: ▪ DIASTAR MAXI ▪ FORCE ▪ FORCE EVO ▪ SOILGUARD ▪ TELSTAR PRO
Lambda-cyhalothrin ✓ Toegestaan in: ▪ Akkerbouw 📄 Merknamen: ▪ KARATE 0,4% GR		

²⁴ Let op: de toelating is in dit overzicht niet weergegeven op detailniveau per gewas. De exacte toelating is te raadplegen via de Ctgb website (<https://toelatingen.ctgb.nl/nl/authorisations>).

PFAS-HERBICIDEN

Diflufenican

☒ Toegestaan in:

- Granen
- Laanbomen
- Klimplanten
- Sierheesters

 Merknamen:

- ACTIVUS SUPER
- ALENA 
- ARNOLD 
- OTHELLO 
- VALDOR EXPERT 
- MATENO FORTE
- HEROLD
- RELIANCE
- SARACEN DELTA
- SEMPRA

Fluazifop-P-butyl

☒ Toegestaan in:

- Akkerbouw
- Groenteteelt
- Kruidenteelt

 Merknamen:

- FREQUENT
- FUSILADE MAX
- TILIA

Flufenacet

☒ Toegestaan in:

- Granen
- Aardappelen

 Merknamen:

- ARNOLD
- FENCE
- GLOSSET
- GOFOR
- HEROLD
- MALIBU 
- MATENO FORTE
- SEMPRA
- SIRIONOVA

Isoxaflutool

☒ Toegestaan in:

- Mais

 Merknamen:

- MERLIN

Pyroxsulam

☒ Toegestaan in:

- Granen

 Merknamen:

- CAPRI
- CAPRI TWIN 
- FENCADE 
- REXADE 

Picolinafen

☒ Toegestaan in:

- Granen

 Merknamen:

- PICO
- PONTOS

Prosulfuron

☒ Toegestaan in:

- Mais

 Merknamen:

- CASPER 
- DINIRO 
- PEAK 
- ROSAN 
- SPANDIS 

Tembotrione

☒ Toegestaan in:

- Mais
- Vlas
- Bloembollen
- Potplanten
- Snijbloemen
- Laanbomen

 Merknamen:

- CAPRENO 
- ITINERIS
- LAUDIS
- RAMBO
- SOBERAN

PFAS-FUNGICIDEN

Cyflufenamide

- ✓ Toegestaan in:
 - Fruitteelt
 - Granen
 - Vruchtgroenten
 - Sierteelt

- Merkenamen:
 - NISSODIUM
 - TAKUMI
 - CYFLAMID
 - WOPRO
 - CYFLUFENAMID
 - VSM CYFLUFENAMID

Fluazinam

- ✓ Toegestaan in:
 - Aardappel
 - Uien
 - Aardbei
 - Bloembollen

- Merkenamen:
 - BANJO
 - DALIMO
 - ESPONTEL
 - EXACTO 500
 - FLUZAM 500
 - GADAROCK
 - GRECALE
 - KUNSHI
 - LEVANTA 500
 - OHAYO
 - SANTOX
 - SHIRLAN GOLD
 - VAMOS
 - VENDETTA
 - WINBY
 - SIGNAL 500
 - ZETANIL GOLD

Fluopicolide

- ✓ Toegestaan in:
 - Aardappel
 - Groenteteelt
 - Vaste plantenteelt

- Merkenamen:
 - INFINITO

Fluopyram

- ✓ Toegestaan in:
 - Akkerbouw
 - Fruitteelt
 - Sierteelt
 - Bloembollen

- Merkenamen:
 - ASCRA XPRO
 - EXTERIS STRESSGARD
 - LUNA CARE
 - LUNA EXPERIENCE
 - LUNA PRIVILEGE
 - LUNA SENSATION
 - PROPULSE
 - SLIVRON XPRO
 - VELUM PRIME
 - VERANGO

Flutianil

- ✓ Toegestaan in:
 - Bloembollen
 - Bloemisterijgewassen

→ Alleen in bedekte teelt!

- Merkenamen:
 - GATTEN

Flutolanil

- ✓ Toegestaan in:
 - Aardappelen
 - Bloembollen
 - Trek- en sierheesters

- Merkenamen:
 - FARAO
 - FLIM
 - MONARCH
 - SYMPHONIE

Mefentrifluconazool

- ✓ Toegestaan in:
 - Akkerbouw
 - Fruitteelt

- Merkenamen:
 - BALAYA
 - BELANTY
 - BELANTY FL
 - DIADEM
 - LENNYOR
 - LENNYOR PLUS
 - RELYSTAR
 - RELYTREX
 - XENIAL

Oxathiapiprolin

- ✓ Toegestaan in:
 - Aardappelen
 - Bladgroenten
 - Uien

- Merkenamen:
 - DPX-QGU42
 - ORONDIS
 - ZORVEC ENICADE
 - ZORVEC ENTECTA
 - ZORVEC EPICALTRIN

Penthiopyrad

- ✓ Toegestaan in:
 - Appel
 - Peer
 - Vruchtbomen

- Merkenamen:
 - FONTLIS

Trifloxystrobin

- ✓ Toegestaan in:
 - Fruitteelt
 - Granen
 - Vollegrondsgroente
 - Bloembollen
 - Laanbomen

- Merkenamen:
 - DELARO
 - FLINK
 - FLINT

3. GEBRUIK VAN PFAS-PESTICIDEN IN DIVERSE GEWASSEN

In dit hoofdstuk geven we de resultaten weer van een analyse van het gebruik van PFAS-pesticiden in verschillende gewassen. De analyse is uitgevoerd met de meest recente CBS-data (2020) die gecorrigeerd zijn voor de afzetgegevens. De data geven een globale indicatie van het gebruik in diverse gewassen en in de provincies die deelnemen aan het onderzoek. Het ontbreken van recente registratiegegevens vormt echter een groot knelpunt voor betrouwbaar inzicht in gebruik en risico's in de verschillende gewassen.

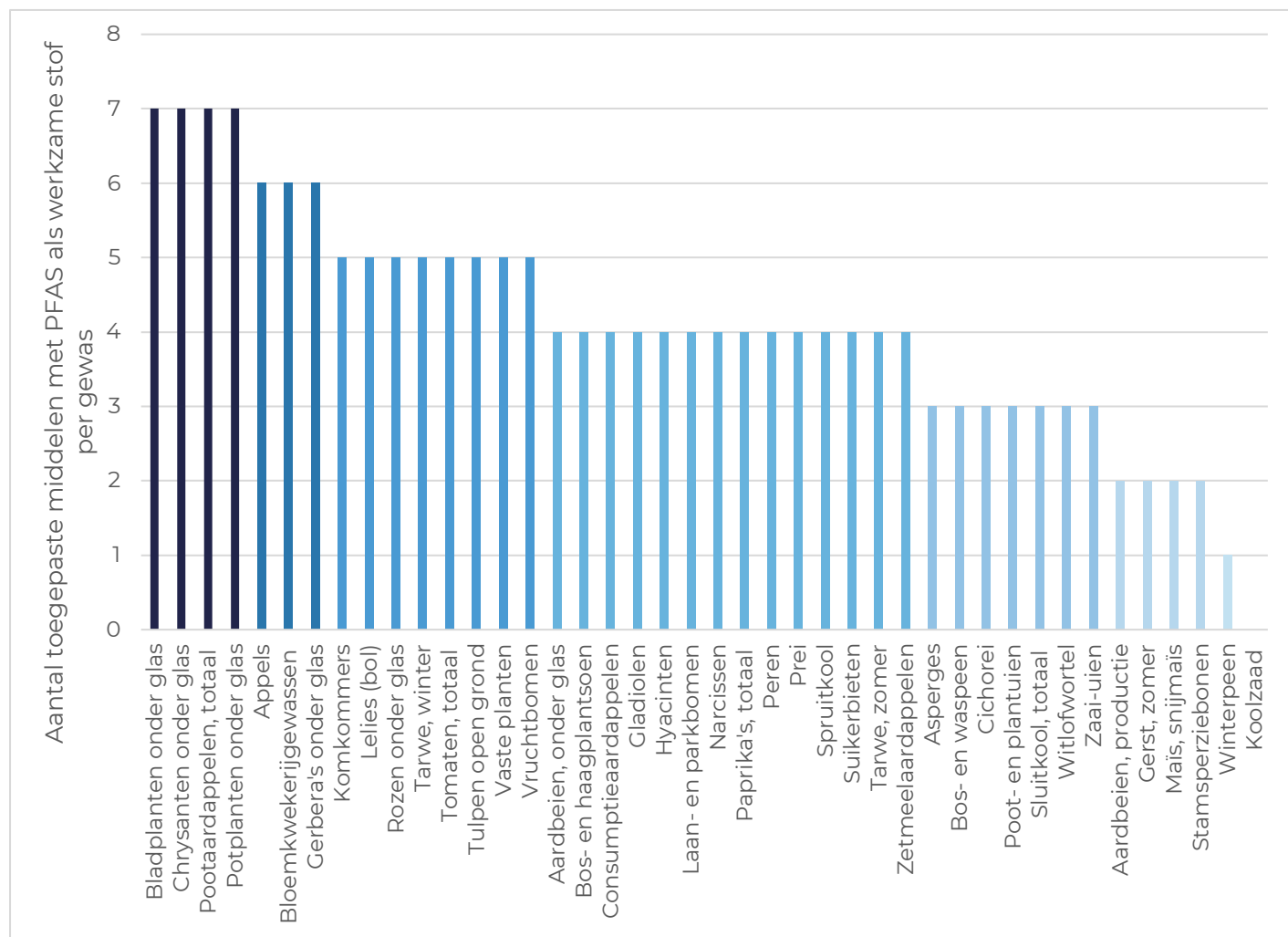
3.1 Aantal PFAS-pesticiden toegepast in diverse gewassen

Om een inschatting te maken van het gebruik van PFAS-pesticiden in diverse gewassen, is allereerst het aantal PFAS-pesticiden dat in 2020 is toegepast in diverse gewassen op een rij gezet (zie Figuur 3.1). Deze informatie is gebaseerd op de CBS enquête 2020²⁵. Deze enquête is gebaseerd op vrijwillige deelname en geeft gemiddelde gebruikscijfers per gewas, voor een veertigtal gewassen. De data zijn een onderschatting van het werkelijk gebruik want de afzet (verkoop-) cijfers van 2020 blijken gemiddeld een factor 2 hoger dan de CBS cijfers. Door de CBS-cijfers te corrigeren voor deze afzetcijfers ontstaat een redelijke inschatting van het gemiddelde landelijke gebruik per gewas per hectare. In dit rapport worden deze data aangeduid met 'gecorrigeerde CBS gegevens 2020'. Wel zijn de data inmiddels 5 jaar oud, en daarmee loopt de informatie sterk achter. Verder is controle en handhaving op gebruik beperkt en constateert de NVWA bij steekproeven dat de naleving van voorschriften ten aanzien van gebruik onvoldoende is²⁶.

²⁵ <https://opendata.cbs.nl/?searchKeywords=85130ned#/CBS/nl/dataset/85130NED/table>

²⁶ <https://www.nvwa.nl/onderwerpen/gewasbescherming/inspectieresultaten/inspectieresultaten-gewasbeschermingsmiddelen-2023/inspectieresultaten-toepassing-van-gewasbeschermingsmiddelen-2023#:~:text=De%20NVWA%20houdt%20toezicht%20op,buiten-teelt%20van%20land%2D%20en%20tuinbouwgewassen.>

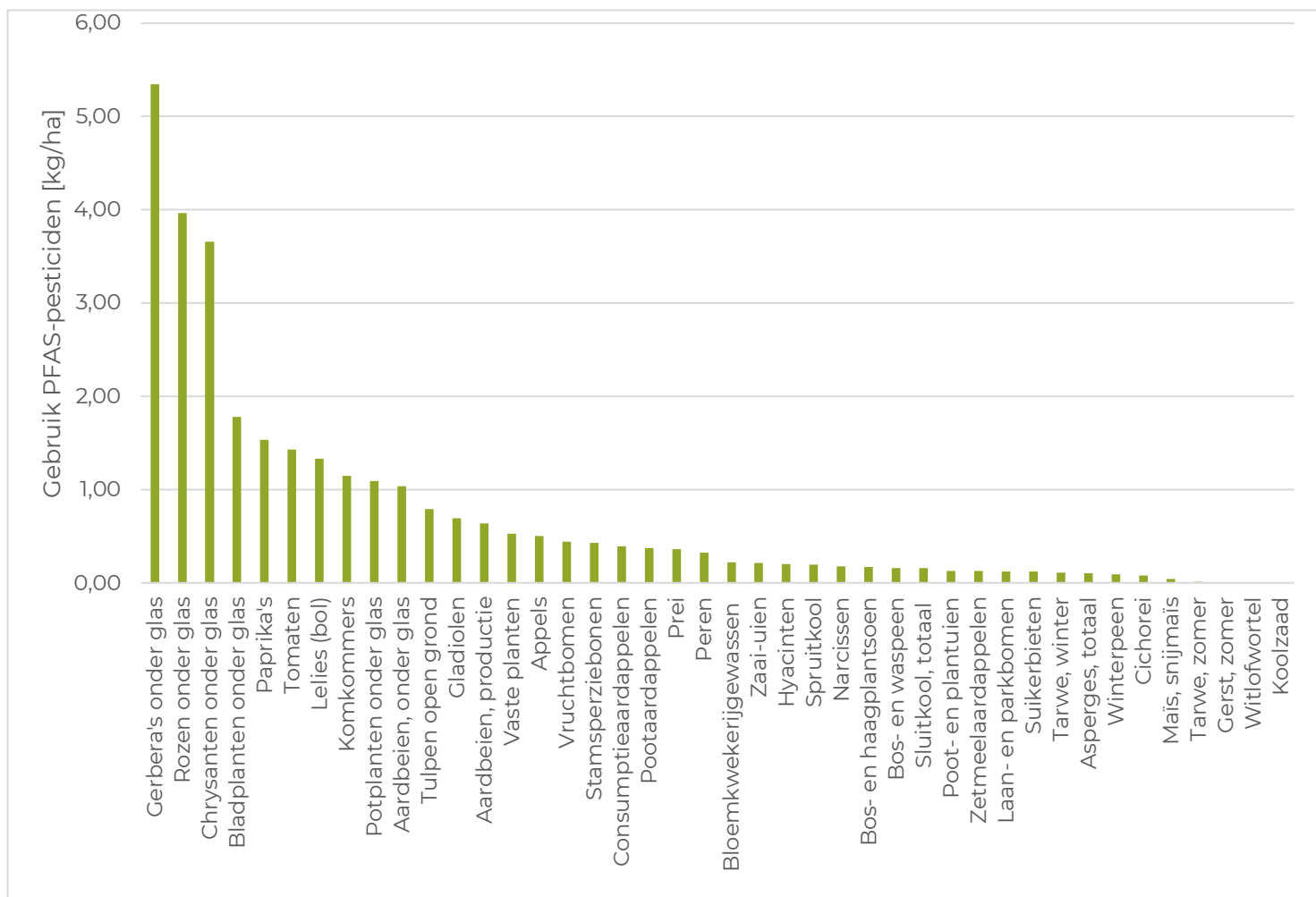
Uit de analyse blijkt dat in 2020 in bladplanten onder glas, chrysanten onder glas, pootaardappelen en potplanten onder glas de meest PFAS-pesticiden zijn toegepast (N=7), gevolgd door appels, bloemkwekerijgewassen, en gerbera's onder glas (N=6). In 14 gewassen zijn 5 PFAS-pesticiden toegepast. In andere gewassen gaat het om vier PFAS-pesticiden of minder. In koolzaad is geen enkele PFAS-pesticide toegepast.



Figuur 3.1 Aantal toegepaste PFAS-pesticiden (werkzame stoffen) per gewas (op basis van gebruiksdata van het CBS 2020).

3.2 Gebruik van PFAS-pesticiden in diverse gewassen

Vervolgens is op basis van de gecorrigeerde CBS-data (2020) het gemiddelde gebruik per ha van de PFAS-pesticiden in diverse gewassen op een rij gezet.



Figuur 3.2 Gebruik van PFAS-pesticiden in diverse gewassen in kg/ha in 2020 (gebaseerd op gecorrigeerde CBS-data).

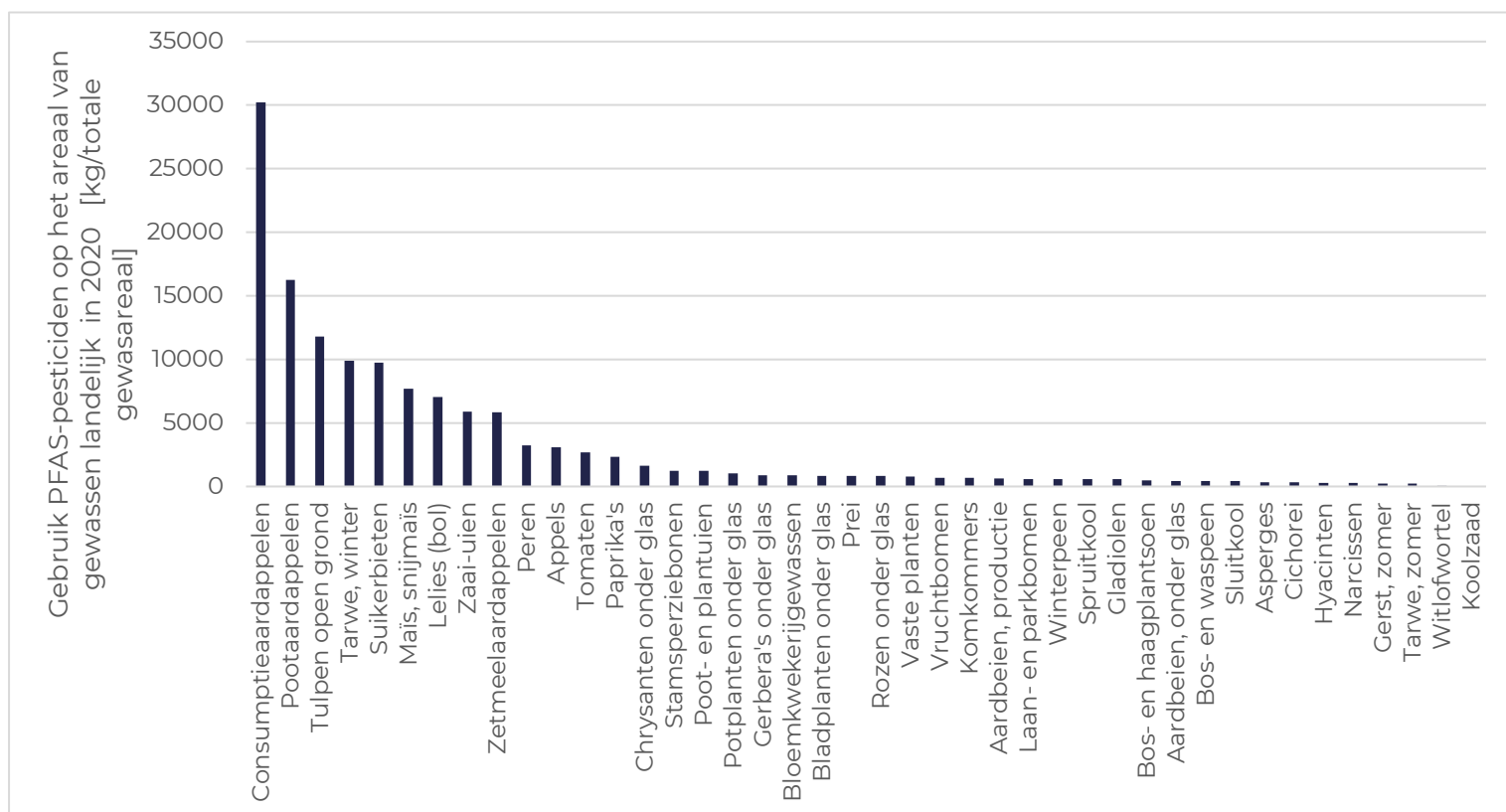
In Figuur 3.2 is de inschatting van het gebruik van de PFAS-pesticiden in kg/ha weergegeven voor de gewassen die onderdeel zijn van de gecorrigeerde CBS- data. De numerieke data zijn weergegeven in Bijlage 3.

Het gebruik van PFAS-pesticiden per hectare is op basis van deze berekening veruit het hoogst in gerbera's, chrysanten en rozen onder glas (5,4-3,7 kg/ha). Daarop volgen gewassen die eveneens (hoofdzakelijk) onder glas worden geteeld: bladplanten, paprika's, tomaten, komkommers, potplanten en aardbeien, en daarnaast ook siergewassen als lelies (bol), tulpen en gladiolen.

3.3 Gebruik van PFAS-pesticiden in relatie tot gewasarealen

Het totale gebruik per gewas hangt vanzelfsprekend af van de arealen waarop de diverse gewassen geteeld worden. In een vervolganalyse zijn daarom de data over gebruik in kg/ha (zie paragraaf 3.2) vermenigvuldigd met de landelijke gewasarealen van 2020 (op basis van CBS-data).

Het resultaat van deze analyse is weergegeven in Figuur 3.3. De numerieke data zijn weergegeven in Bijlage 3.



Figuur 3.3 Gebruik PFAS-pesticiden op het areaal van gewassen landelijk in 2020 (kg/totale gewasareaal)

Het beeld is dat met name in akkerbouwgewassen als consumptie- en pootaardappelen, wintertarwe, suikerbieten en maïs, en in de teelt van bollen als tulpen en lelies, het totale gebruik hoog is.

Inmiddels zijn er veranderingen opgetreden in de afzet (en het gebruik) van middelen. Na 2020 is de afzet van PFAS-pesticiden aanmerkelijk gestegen (zie paragraaf 2.3.1). Verwachting is dan ook dat onze inschatting van gebruik van PFAS-pesticiden in diverse gewassen in 2020 een onderschatting vormt van het huidige gebruik. CBS heeft in 2024 opnieuw een enquête uitgevoerd. Wanneer de CBS-gegevens van 2024 worden gepubliceerd (naar verwachting eind 2025) is een update mogelijk.

3.4 Gebruik van PFAS-pesticiden in relatie tot gewasarealen per provincie

Tot slot is een inschatting gemaakt van het gebruik van PFAS-pesticiden (kg) op de arealen van diverse gewassen in alle deelnemende provincies. De

indicatie van het gebruik per provincie is uitgevoerd op basis van de gecorrigeerde CBS-gegevens van 2020 en het gewasareaal van de diverse gewassen in de deelnemende provincies (gewasarealen per provincie zijn bepaald via de Basisregistratie Percelen (BRP), eveneens voor 2020). De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in Tabel 3.1.

Aanname bij deze analyse is dat de PFAS-pesticiden in alle provincies in dezelfde mate zijn toegepast. Door verschillende manieren van werken, kan in de praktijk het gebruik sterk variëren. Binnen deze studie kunnen we deze spreiding echter niet in beeld brengen vanwege het gebrek aan (recente) registratiegegevens. Ook hier geldt dat onze inschatting van gebruik van PFAS-pesticiden in diverse gewassen in 2020 een onderschatting vormt van het huidige gebruik.

Tabel 3.1 Schatting van het totale gebruik per gewasareaal voor alle 7 deelnemende provincies tezamen en per provincie in 2020 (kg/totale gewasareaal). Op basis van gecorrigeerde CBS-data 2020 en BRP-data 2020 t.a.v. arealen per provincie.

Gewasareaal	Totaal	DR	FR	GL	GR	NH	OV	UT
Pootaardappelen	11.124	1.072	2.845	660	3.813	2.432	303	0
Consumptie-aardappelen	6.796	1.757	591	1.393	850	1.067	1.121	17
Tulpen	6.038	234	163	20	192	5.410	19	0
Zetmeel-aardappelen	5.218	2.726	44	96	1.879	0	471	1
Lelies	4.943	1.980	453	206	112	1.290	903	0
Suikerbieten	4.676	1.520	337	344	1.667	562	240	6
Snijmaïs	4.576	652	620	1.371	286	166	1.243	238
Wintertarwe	4.519	194	401	527	2.623	658	94	21
Zaai-uien	1.835	411	281	109	700	218	114	1
Peren	1.553	0	3	884	4	200	4	457
Appels	1.528	1	5	1.193	13	58	5	252
Bloemkwekerij-gewassen	857	100	13	39	12	677	11	4
Vaste planten	331	71	13	24	8	84	77	55
Sluitkool	304	2	3	1	2	295	0	0
Gladiolen	303	97	35	54	10	53	54	0
Laan- en parkbomen	238	1	1	218	5	0	2	11
Poot- en plantuien	219	52	20	14	13	108	13	0
Hyacint	195	2	0	0	0	193	0	0
Narcissen	195	3	0	0	0	192	0	0
Zomergerst	162	61	10	13	55	10	11	1
Zomertarwe	126	30	18	14	30	20	12	2

Knolselderij, productie	87	0	8	0	6	73	0	0
Spruitkool/spruitjes	77	0	16	3	34	24	0	0
Winterpeen, productie	75	3	6	1	23	36	6	0
Bos- en waspeen	69	23	3	10	15	16	2	0
Cichorei	58	25	0	3	26	1	2	1
Vruchtbomen	53	1	0	33	3	0	3	12
Bos- en haagplanten	53	5	0	13	18	1	14	1
Aardbeien	52	17	0	1	2	1	31	0
Asperges	14	3	0	3	3	1	3	0
Prei	10	5	0	1	2	2	0	0
Witlofwortel, productie	1	0	0	0	0	1	0	0
Spinazie, productie	0	0	0	0	0	0	0	0
Koolzaad	0	0	0	0	0	0	0	0
Totaal	56.283	11.050	5.891	7.252	12.405	13.846	4.758	1.080

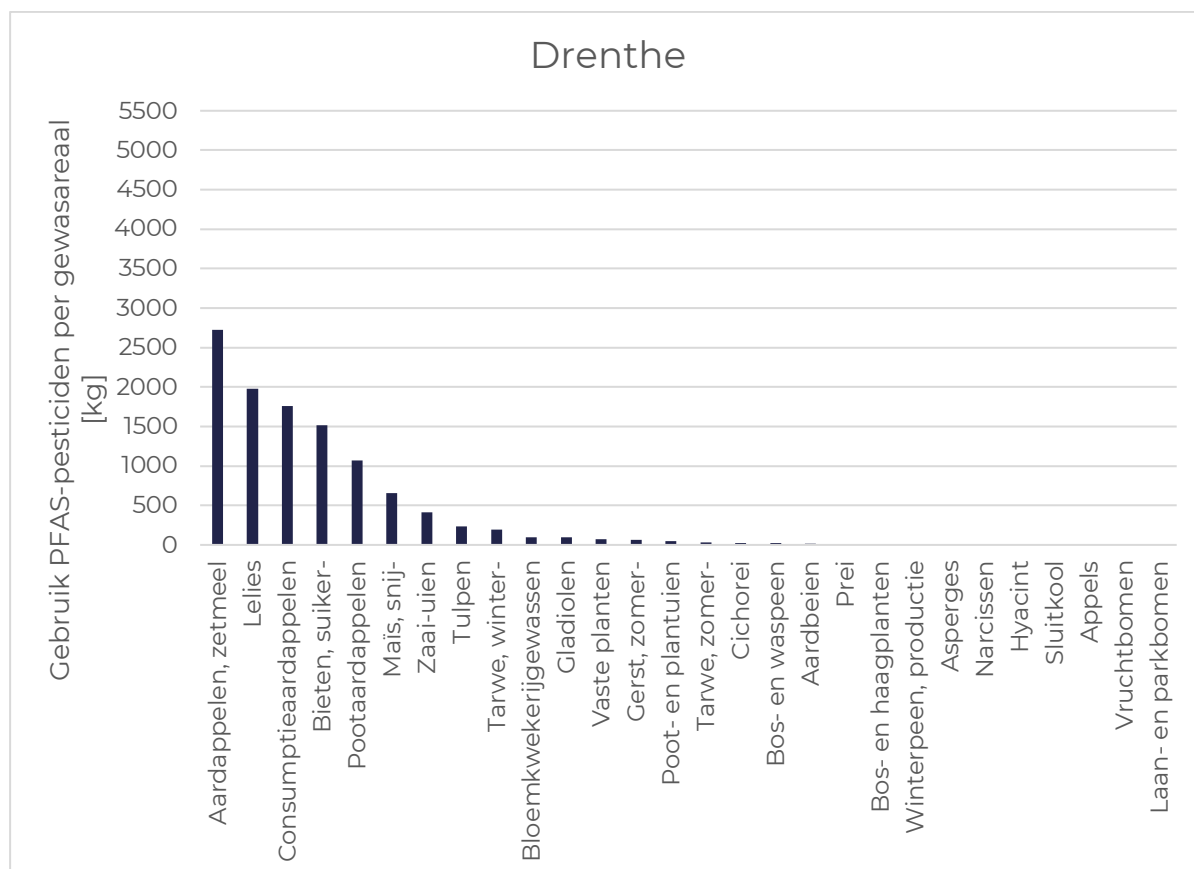
Het totale gebruik van PFAS-pesticiden op het totale gewasareaal blijkt – op basis van de uitgevoerde berekening met data van 2020 – het hoogst te zijn in Noord-Holland (bijna 14.000 kg), Groningen (ruim 12.000 kg) en Drenthe (11.000 kg) en het laagst in Utrecht (1.080 kg).

Per provincie zijn verschillende teelten en gewasarealen bepalend voor het totale gebruik van PFAS-pesticiden. In de volgende subparagrafen lichten we dit per provincie kort toe.

3.4.1 Gebruik PFAS-pesticiden per gewasareaal Provincie Drenthe

In de Provincie Drenthe worden naar verwachting in kwantitatieve zin (kg) veel PFAS-pesticiden gebruikt (in 2020 naar schatting 11.000 kg op het totale gewasareaal). Alleen in de Provincies Noord-Holland en Groningen gaat het om grotere hoeveelheden.

De meeste kilo's werden toegepast op het areaal zetmeelaardappelen (2.726 kg). Daarnaast komen vooral de gewasarealen lelies, consumptieaardappelen, suikerbieten, pootaardappelen in beeld. In mindere mate worden er PFAS-pesticiden toegepast op de arealen waar zaai-uien, tulpen en wintertarwe worden geteeld (zie Figuur 3.4).

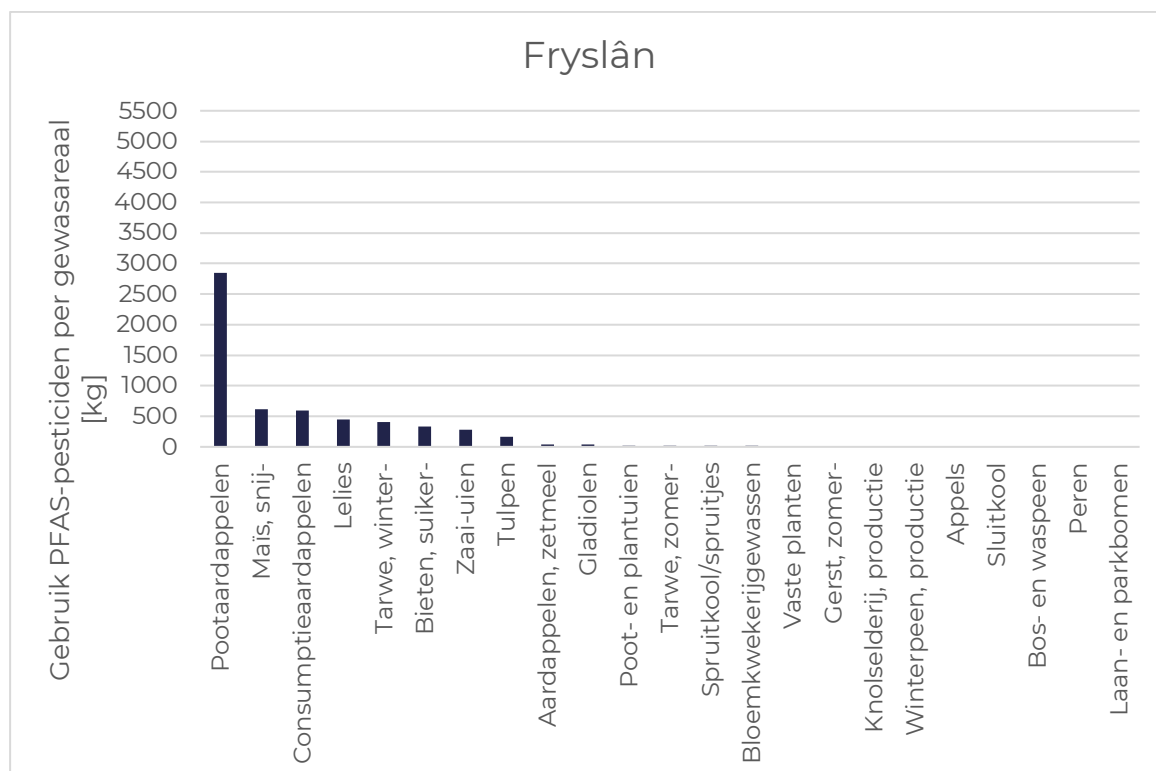


Figuur 3.4 Indicatie van het gebruik van PFAS-pesticiden per gewasareaal in de Provincie Drenthe in 2020 (Schatting op basis gecorrigeerde CBS-data en BRP-arealen).

3.4.2 Gebruik PFAS-pesticiden per gewasareaal Provincie Fryslân

In tabel 3 was al te zien dat naar verwachting het totale gebruik (in kg) in Fryslân bijna de helft is van het gebruik in Drenthe. Terwijl in de Provincie Drenthe het areaal zetmeelaardappelen omvangrijk is, is in de Provincie Fryslân juist het areaal pootaardappelen groot. Het gebruik van PFAS-pesticiden op het areaal pootaardappelen ligt op hetzelfde niveau als het gebruik in de zetmeelaardappelen in Drenthe.

In andere teelten, die in Fryslân op een kleiner areaal plaatsvinden, is het gebruik van PFAS-pesticiden (in kg) geringer dan in Drenthe. Onze inschatting is dat er op het gewasareaal snijmaïs en het areaal pootaardappelen elk ca. 600 kg wordt gebruikt. Daarnaast worden er ook PFAS-pesticiden ingezet op de gewasarealen met lelies, wintertarwe, suikerbieten, zaaiuien en tulpen (zie Figuur 3.5)



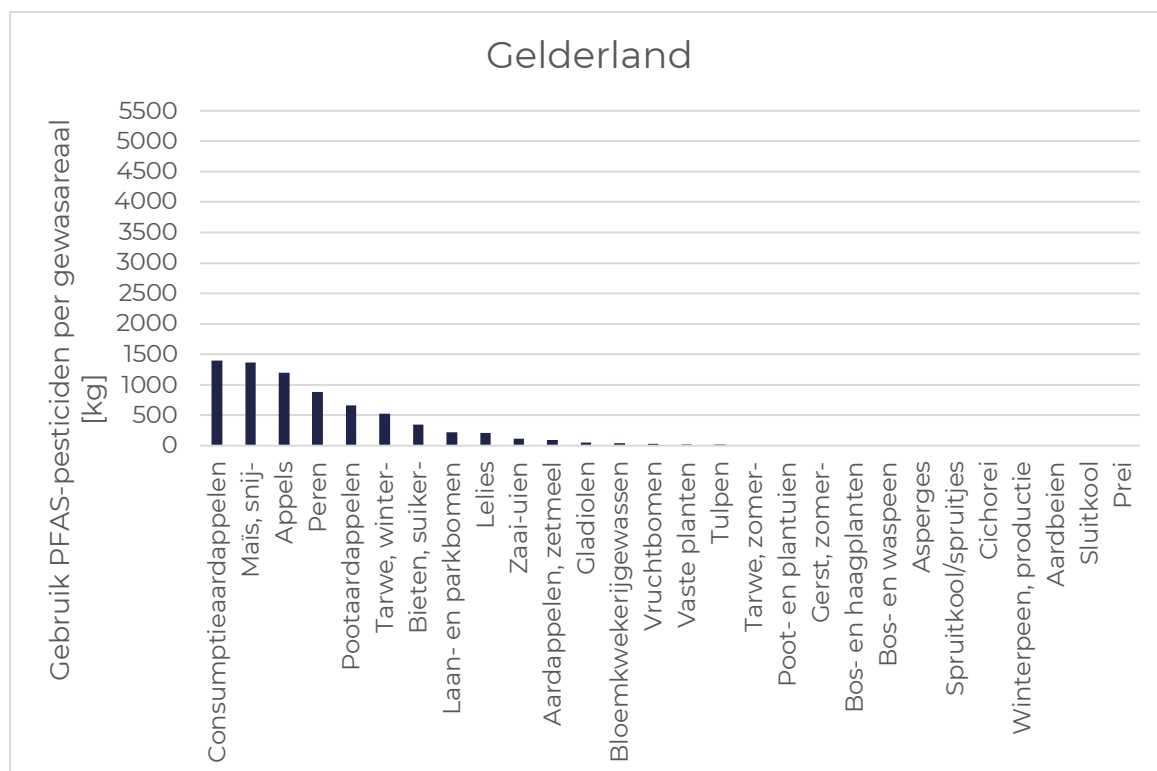
Figuur 3.5 Indicatie van het gebruik van PFAS-pesticiden per gewasareaal in de Provincie Fryslân in 2020 (Schatting op basis gecorrigeerde CBS-data en BRP-arealen).

3.4.3 Gebruik PFAS-pesticiden per gewasareaal Provincie Gelderland

Zoals al te zien was in Tabel 3.1 neemt de Provincie Gelderland in het totale gebruik van PFAS-pesticiden een middenpositie in, met een totaal gebruik op het gehele gewasareaal van 7.252 kg.

Het grootste aandeel in dit gebruik hebben consumptieaardappelen en snijmaïs (respectievelijk 1.393 en 1.371 kg). Vervolgens de hardfruitteelt met een verbruik van bijna 1.200 kg in de appelteelt en bijna 900 kg in de perenteelt (figuur 3.6). Gezien het relatief kleine areaal pootaardappelen, wintertarwe en suikerbieten in de Provincie Gelderland is het gebruik van PFAS-pesticiden in deze gewassen van kleinere omvang in vergelijking met bijvoorbeeld Groningen, Fryslân en Noord-Holland.

Een relatief hoog gebruik doet zich voor in de laan- en parkbomenteelt. Van alle 7 provincies heeft de Provincie Gelderland hiervan het grootste areaal.

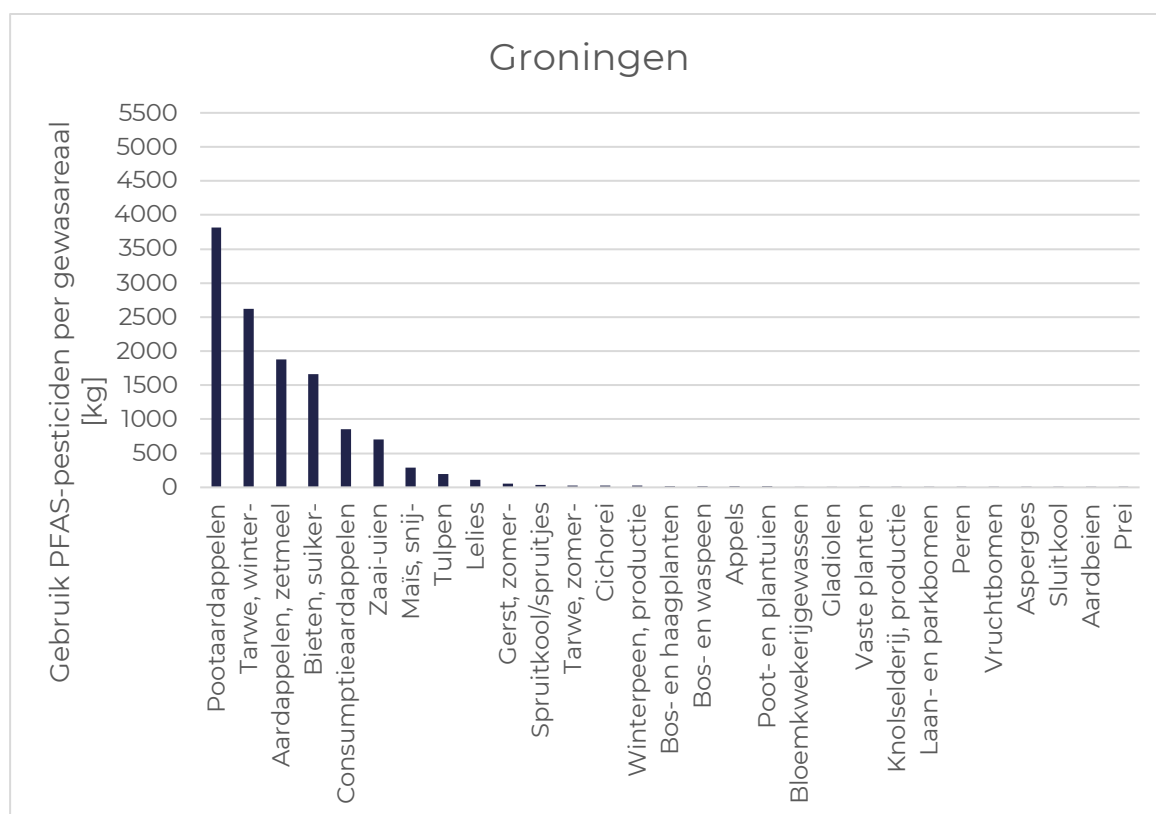


Figuur 3.6 Indicatie van het gebruik van PFAS-pesticiden per gewasareaal in de Provincie Gelderland in 2020 (Schatting op basis gecorrigeerde CBS-data en BRP-area-len)

3.4.4 Gebruik PFAS-pesticiden per gewasareaal Provincie Groningen

Op Noord-Holland na worden er in de Provincie Groningen de meeste PFAS-pesticiden gebruikt. Dit hangt samen met het feit dat in Groningen op een groot areaal aardappels worden geteeld, vooral pootaardappelen, maar zeker ook zetmeel- en consumptieaardappelen. Ook in andere frequent geteelde gewassen als wintertarwe, suikerbieten en zaai-uien, worden PFAS-pesticiden ingezet.

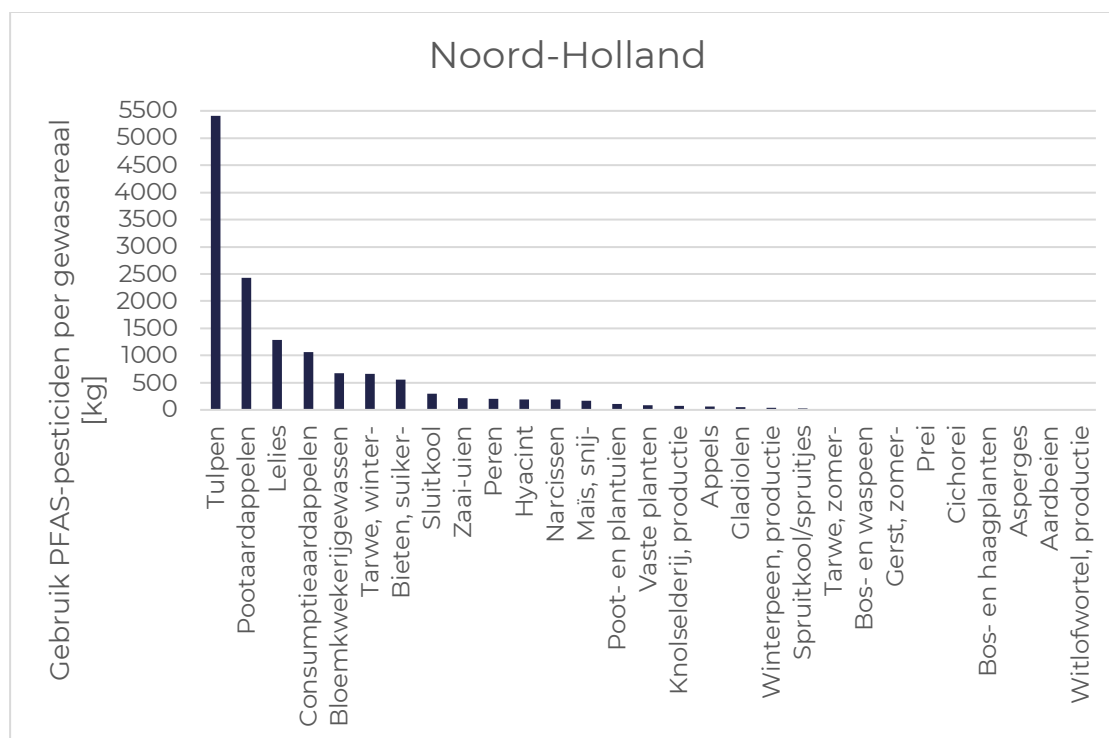
Het gebruik van PFAS-pesticiden in gewassen als snijmaïs, tulpen en lelies was in Groningen in 2020 beperkt omdat deze gewassen op een klein areaal geteeld zijn (zie Figuur 3.7).



Figuur 3.7 Indicatie van het gebruik van PFAS-pesticiden per gewasareaal in de Provincie Groningen in 2020 (Schatting op basis gecorrigeerde CBS-data en BRP-area-len)

3.4.5 Gebruik PFAS-pesticiden per gewasareaal Provincie Noord-Holland

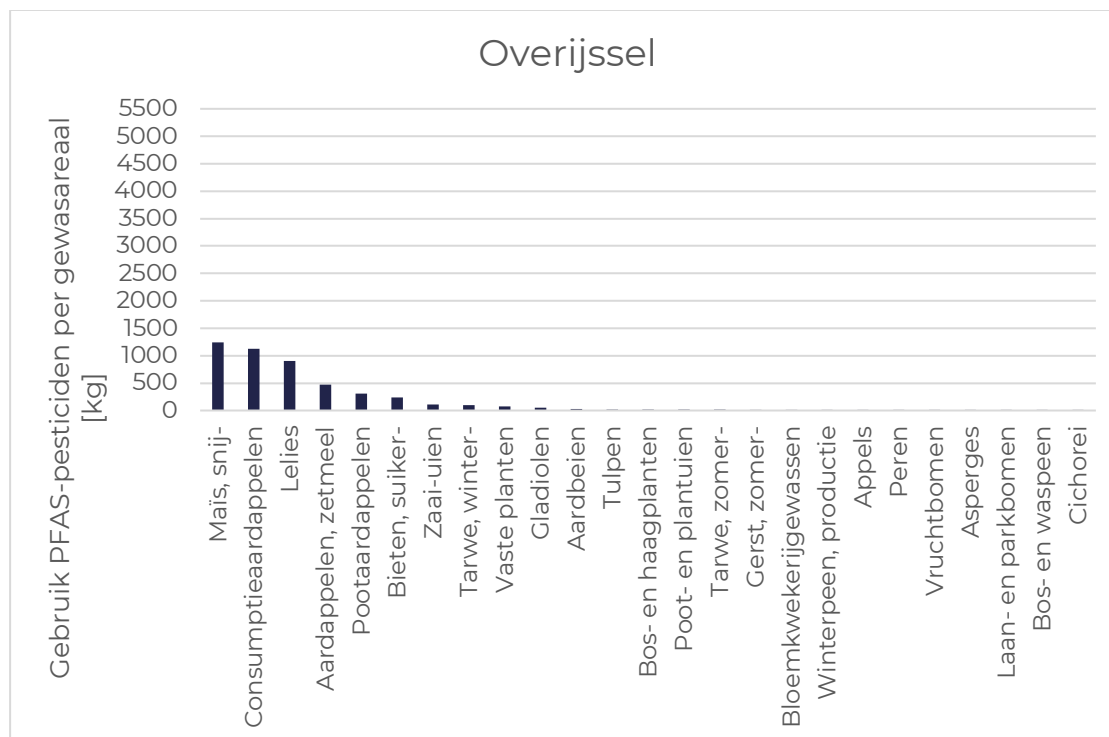
Van de onderzochte provincies heeft provincie Noord-Holland, met bijna 14.000 kg op het totale landbouwareaal, op basis van de gegevens uit 2020, te maken met het meest omvangrijke gebruik van PFAS-pesticiden. 40% van de PFAS-pesticiden worden toegepast in de teelt van tulpenbollen, dat in de provincie op een aanzienlijk areaal plaatsvindt. De teelt van aardappelen, met name pootaardappelen, maar in mindere mate ook consumptieaardappelen, beslaan in Noord-Holland ook een aanzienlijk areaal en leveren daarmee ook een aanzienlijk aandeel in het totale gebruik van PFAS-pesticiden. Daarnaast worden PFAS-pesticiden gebruikt in gewassen als lelies, bloemkwekerijgewassen, wintertarwe, suikerbieten en een aantal kleinere teelten (zie Figuur 3.8).



Figuur 3.8 Indicatie van het gebruik van PFAS-pesticiden per gewasareaal in de Provincie Noord-Holland in 2020 (Schatting op basis gecorrigeerde CBS-data en BRP arealen).

3.4.6 Gebruik PFAS-pesticiden per gewasareaal Provincie Overijssel

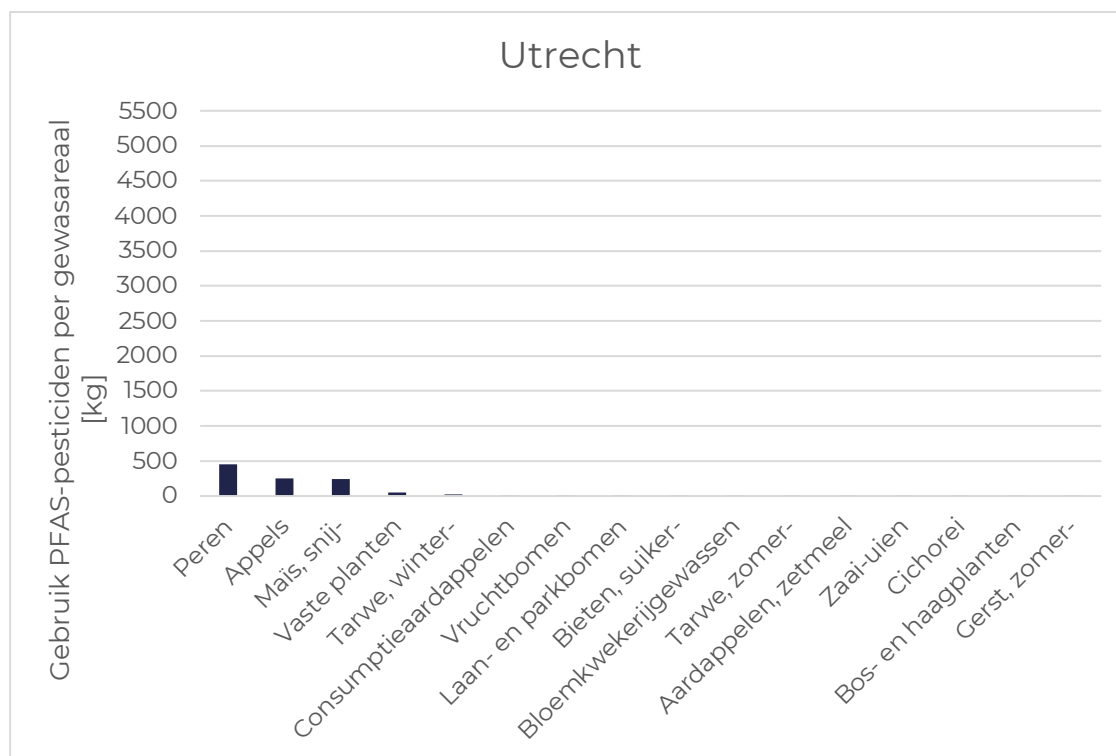
In vergelijking met de andere onderzochte provincies is het gebruik van PFAS-pesticiden in Overijssel beperkt. In Overijssel worden relatief kleine arealen van gewassen geteeld waarin de meeste PFAS-pesticiden worden gebruikt. Van het totale gebruik aan PFAS-pesticiden is twee derde toegepast in snijmaïs, consumptieaardappelen en lelies. (zie Figuur 3.9).



Figuur 3.9 Indicatie van het gebruik van PFAS-pesticiden per gewasareaal in de Provincie Overijssel in 2020 (Schatting op basis gecorrigeerde CBS-data en BRP-arealen).

3.4.7 Gebruik PFAS-pesticiden per gewasareaal Provincie Utrecht

Van alle zeven onderzochte provincies is in Utrecht het gebruik van PFAS-pesticiden, met 1.080 kg in 2020, het laagst. In de teelt van hard fruit (peren en in mindere mate appels) en snijmaïs is het gebruik het hoogst (zie Figuur 3.10).



Figuur 3.10 Indicatie van het gebruik van PFAS-pesticiden per gewasareaal in de Provincie Utrecht in 2020 (Schatting op basis gecorrigeerde CBS-data en BRP-arealen).

3.4.8 Gebruik PFAS-pesticiden in de glastuinbouw per provincie

Het gebruik van PFAS-pesticiden in de glastuinbouw is geschat op basis van de gecorrigeerde CBS-gebruiksgegevens 2020 gekoppeld aan de glasarealen voor de verschillende kasteelten²⁷. Het hoogste gebruik is in Noord-Holland te vinden, op de voet gevolgd door Gelderland (met name in de chrysantenteelt). In Groningen is glastuinbouw zeer beperkt en het gebruik laag (Tabel 3.2).

Tabel 3.2 Schatting van het totale gebruik per areaal glastuinbouwgewas per provincie in 2020 (kg). Op basis van gebruik per ha via gecorrigeerde CBS data 2020 en glastuinbouwwarealen per provincie op basis van CBS Statline)

Glastuinbouwgewas	Totaal	DR	FR	GL	GR	NH	OV	UT
Bloemkwekerijgewassen Pot-planten Blad	169	13	1	14	19	121	0	1
Bloemkwekerijgewassen Pot-planten voor de bloei	240	29	0	92	11	94	4	10
Bloemkwekerijgewassen Snij-bloemen Chrysanten	248	5	1	204	0	38	0	0
Bloemkwekerijgewassen Snij-bloemen Gerbera's	37	5	0	20	0	7	0	5
Bloemkwekerijgewassen Snij-bloemen Rozen	12	3	0	3	0	5	0	1
Glasgroenten Aardbeien Aard-beien onder glas	104	1	0	96	2	1	2	2
Glasgroenten Komkommers	104	36	8	6	0	17	33	4
Glasgroenten Paprika's Pa-prika's totaal	419	13	15	50	0	258	45	38
Glasgroenten Tomaten Toma-ten totaal	346	4	71	0	0	231	29	11
Totaal areaal glastuinbouwge-wassen	1.679	109	96	485	32	772	113	72

²⁷ De arealen glastuinbouw zijn geen onderdeel van de BRP. Daarom zijn deze gegevens apart weergegeven op basis van CBS.

4. METABOLIETEN VAN DE PFAS-PESTICIDEN

Wanneer de PFAS-pesticiden in de bodem terechtkomen vindt afbraak plaats en worden metabolieten gevormd. Per pesticide worden meerdere metabolieten gevormd, die zelf ook PFAS-verbindingen kunnen zijn. Stapsgewijs breekt het molecuul verder af: er vormen zich vanuit de metabolieten ook weer nieuwe metabolieten. Een deel hiervan zal de PFAS-verbinding nog bevatten, een ander deel breekt los van dit deel van het molecuul. Momenteel is er veel aandacht voor de metaboliet TFA die vaak een eindstation is van de afbraak van PFAS-verbindingen. TFA is ook een PFAS-verbinding. Data over aantallen en identificatie van metabolieten zijn op een rij gezet.

4.1 Metabolieten van PFAS-pesticiden

Voor alle 25 PFAS-pesticiden is onderzocht welke metabolieten worden gevormd en in hoeverre de metabolieten ook nog PFAS-verbindingen zijn. Als bron is gebruik gemaakt van de EFSA-dossiers van elk van de PFAS-pesticiden.

Het aantal metabolieten dat wordt gevormd en met de huidige technieken geïdentificeerd kan worden, varieert tussen nul en dertien. In totaal betreft het minstens 134 metabolieten, waarvan 130 uniek.²⁸ Het gemiddelde aantal metabolieten per PFAS-pesticide is ruim vijf en van deze metabolieten is 75% zelf ook nog een PFAS-verbinding (Tabel 4.1 en Bijlage 1).

²⁸ Tijdens de risicobeoordeling van werkzame stoffen worden *major* metabolieten beoordeeld, dat wil zeggen: metabolieten die meer dan 10% van de werkzame stof vormen, of meer dan 5% in 2 opeenvolgende metingen in de studies, of meer dan 5% aan het einde van een studie en toenemen. Voor deze metabolieten wordt bepaald waar ze terechtkomen (bv. bodem, water, (volg)gewassen) en in welke concentratie. Afhankelijk van de stoffeigenschappen volgt dan een milieubeoordeling en/of een humane toxicologische beoordeling

Tabel 4.1 Het aantal geïdentificeerde metabolieten dat per PFAS-pesticide (moederstof) wordt gevormd in bodem, sediment en water, inclusief het aantal van deze metabolieten dat nog een PFAS-verbinding is (bron: EFSA-dossiers van de stoffen).

Moederstof	Aantal metabolieten	Waarvan PFAS	Moederstof	Aantal metabolieten	Waarvan PFAS
Cyflumetofen	10	8	Mefentrifluconazool	6	2
Cyflufenamide	7	4	Metaflumizone	3	1
Diflufenican	3	2	Oxathiapiroline	9	1
Fluazinam	7	7	Penthiopyrad	7	7
Fludioxonil	5	5	Picolinafen	2	1
Fluopyram	2	2	Prosulfuron	9	7
Fluopicolide	9	8	Pyridalyl	5	5
Fluazifop-P-butyl	4	2	Pyroxsulam	5	3
Flufenacet	7	4	Sulfoxaflor	4	4
Flutianil	4	4	Tefluthrin	3	1
Flutolanil	0	0	Tembotrione	5	4
Isoxaflutool	3	3	Trifloxystrobin	13	13
Lambda-cyhalothrin	2	1			
			Totaal	134	99

Belangrijke parameters voor de afbraak van metabolieten zijn het vormingspercentage en de halfwaardetijd ($t_{1/2}$).²⁹ Beide verschillen sterk tussen de verschillende metabolieten. Regelmatig blijkt van een of beide parameters geen informatie beschikbaar. De metabolieten en deze parameters zijn weergegeven in Bijlage 1. Ter illustratie zijn de metabolieten van cyflumetofen en fluopicolide weergegeven in Tabel 4.2. Van cyflumetofen zijn 10 metabolieten bekend die stapsgewijs worden gevormd (waarvan 8 nog PFAS zijn). De vormingspercentages variëren tussen 10% en 53,2% en de halfwaardetijd tussen 15 en 83 dagen. Fluopicolide heeft zes metabolieten (waarvan vijf nog PFAS zijn). De vormingspercentages variëren tussen 16% en 40% en de halfwaardetijd tussen 5 en -minstens- 1831 dagen.

²⁹ De halfwaardetijd is een gebruikelijk maat voor afbraak en geeft aan hoe lang het duurt voordat de helft van de stof is afgebroken. Het is afhankelijk van het type pesticide en bodemomstandigheden.

Tabel 4.2 Metabolieten van cyflumetofen en fluopicolide inclusief vormingspercentage en halfwaardetijd ($t_{1/2}$) in dagen. De percentages tellen op tot hoger dan 100%, omdat sommige metabolieten de precursor zijn van een volgende. Dit zijn dus niet allemaal eindmetabolieten. PFAS-metabolieten zijn dikgedrukt (bron: EFSA-dossiers).

Moederstof	Metabool	Vormings%	$t_{1/2}$ bodem (d)
Cyflumetofen	α,α,α -trifluoro-o-toluic acid	max 53,2	16,8
Cyflumetofen	α,α,α -trifluoro-o-toluic anhydride	28	onbekend
Cyflumetofen	2-(trifluoromethyl) benzamide	onbekend	15,1
Cyflumetofen	(RS)-2-(4-tert-butylphenyl)-3-oxo-3-(α,α,α -trifluoro-o-tolyl)propionitrile	21,6	82,99
Cyflumetofen	2-methoxyethyl (RS) – [4-tert-butyl-2-(α,α,α -trifluoro-o-toluoyl)phenyl]cyanoacetate	10,8	onbekend
Cyflumetofen	isopropyl (RS)-2-(4-tert-butylphenyl)-2-cyano-3-oxo-3-(α,α,α -trifluoro-o-tolyl)propionate	10	onbekend
Cyflumetofen	5-tert-butyl-2-(2-cyano-1-(2-(trifluoromethyl)phenyl)-4-methoxy-1-oxobutan-2-yl)benzoic acid	54,7	onbekend
Cyflumetofen	(4-tert-butylphenyl) acetonitrile	18,4	onbekend
Cyflumetofen	(4-tert-butylphenyl) cyanoacetic acid	max 48,8	onbekend
Cyflumetofen	ethyl 2-(4-tert-butylphenyl)-3-oxo-3-[2-(trifluoromethyl)phenyl]propanoate	10,7	onbekend
Fluopicolide	4-N-[3-chloro-5-trifluoromethylpyridin-2-yl](hydroxyl)methyl]-2,6-dichlorobenzamide	10,6	5
Fluopicolide	3-chloro-5-trifluoromethylpyridine-2-carboxylic acid	16	4,6
Fluopicolide	2,6-dichlorobenzamide	40,2	1831
Fluopicolide	3-methylsulfinyl-5-trifluoromethylpyridine-2-carboxylic acid	onbekend	130
Fluopicolide	3-sulfo-5-trifluoromethylpyridine-2-carboxylic acid	onbekend	253
Fluopicolide	isomers x-hydroxy -y-sulfo-5-trifluoromethylpyridine-2-carboxylic acid	onbekend	onbekend

4.2 PFAS-pesticiden en TFA-vorming

Er is -ook in de literatuur- veel aandacht voor de metabool TFA die vaak een eindstation is van de afbraak van PFAS-verbindingen. Waterbeheerders maken zich ernstig zorgen over de hoge gehalten TFA die in oppervlakte- en grondwater worden aangetroffen. Ook het gebruik van PFAS-pesticiden kan een bron zijn van TFA in water (zie ook H6 t.a.v. grondwater).

Opvallend is dat TFA in de EFSA-dossiers³⁰ bij een aantal PFAS-pesticiden niet als (eind-) metaboliet wordt genoemd. De inschatting is dat TFA voor alle PFAS-pesticiden eindmetaboliet is. Op basis van de studie van Bhat et al. (2022) wordt de maximale vorming geschat op 53% voor de PFAS-pesticiden met een benzeenring. Voor de PFAS-pesticiden zonder benzeenring zal dit percentage waarschijnlijk hoger liggen.

³⁰ Ctgb heeft t.a.v. TFA het volgende laten weten: De standaardmethode om de vormingsfractie te bepalen blijkt niet altijd geschikt voor TFA. Daarom is in veel stofdossiers vastgesteld dat TFA geen *major* metaboliet is terwijl dat mogelijk wel zo is. Daarnaast werd TFA lange tijd als niet relevant beschouwd voor de menselijke gezondheid. Inmiddels zijn er studies uitgevoerd op basis waarvan Duitsland een voorstel heeft ingediend om TFA te classificeren als reprotoxisch. Binnen Europa wordt TFA nu dus wél als relevant beschouwd.

5. HULPSTOFFEN

In toenemende mate worden hulpstoffen die de werking van gewasbeschermingsmiddelen aanvullen op de markt gebracht. Er worden drie categorieën hulpstoffen onderscheiden, te weten co-formulanten, beschermstoffen/synergisten en toevoegingsstoffen. In deze studie is onderzocht in welke mate deze hulpstoffen ook PFAS-verbindingen zijn of bevatten. Opmerkelijk is dat informatie over de stoffen moeilijk te vinden is en niet altijd openbaar gemaakt mag worden door het Ctgb. Ook ontbreekt voor de toevoegingsstoffen nog steeds een beoordeling van risico's voor mens en milieu.

5.1 Hulpstoffen: definities en (niet) beschikbare informatie

Er wordt in Verordening 1107/2009³¹ onderscheid gemaakt in drie categorieën hulpstoffen :

- **(Formulerings)hulpstoffen** (ook wel co-formulanten³² genoemd): stoffen die onderdeel uitmaken van de samenstelling van een gewasbeschermingsmiddel of biocide. Deze worden meegenomen bij de beoordeling van middelen.
- **Beschermstoffen (ook wel safeners genoemd) en synergisten:** net als de formuleringshulpstoffen zijn deze onderdeel van de samenstelling van een gewasbeschermingsmiddel of biocide. Beschermstoffen beschermen het gewas tegen schadelijke bijwerkingen van het middel zelf en synergisten versterken de werking van de werkzame stof. Voor beschermstoffen en synergisten is net als voor werkzame stoffen een Europese goedkeuring nodig.³³

³¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1107>

³² niet alle informatie over co-formulanten mag openbaar gemaakt worden op basis van artikel 63 van Vo 1107/2009.

³³ Beschermstoffen staan vermeld onder 'stoffen' op de toelatingendatabank, zie bijvoorbeeld BASIS FLEX <https://toelatingen.ctgb.nl/nl/authorisations/25590> met als beschermstof isoxadifen-ethyl. Synergisten staan vermeld in het hoofdstuk identity.

- **Toevoegingsstoffen** (ook wel adjuvantia genoemd): stoffen of mengsels van stoffen die als afzonderlijk product op de markt worden gebracht. Een teler kan deze dus zelf bij het spuiten vermengen met een gewasbeschermingsmiddel. Toevoegingsstoffen hebben een eigen toelating.

Ten aanzien van de bovenste twee categorieën is geen overzicht beschikbaar van merknamen of identiteit van de stoffen.

Ten aanzien van de derde categorie, toevoegingsstoffen, is een overzicht beschikbaar van de merknamen die het Ctgb als toevoegingsstof heeft toegelaten in Nederland:

In Nederland zijn 181 toevoegingsstoffen toegelaten volgens de website van het Ctgb (<https://toelatingen.ctgb.nl/nl/authorisations>). In de besluiten wordt soms de identiteit van de stof(fen) genoemd, echter lang niet altijd. CLM heeft voor dit onderzoek daarom naast de besluiten van het Ctgb ook in openbare bronnen gezocht naar de identiteit. De toevoegingsstoffen en identiteit zijn weergegeven in Bijlage 2. Helaas bleek van 20% van deze hulpstoffen geen informatie te vinden over de identiteit. De toevoegingsstoffen waar wel informatie over bekend is bevatten geen PFAS-verbindingen en zijn meestal stoffen zoals minerale of plantaardige oliën, gemodificeerd zetmeel, alcoholen, vetzuren, plantextracten (yucca, guar en eucalyptus).

Naar aanleiding van vragen over PFAS heeft Ctgb alle toegelaten toevoegingsstoffen gescreend. Daaruit is naar voren gekomen dat tussen de toegelaten toevoegingsstoffen geen stoffen zitten die aan de PFAS-definitie voldoen.

Los hiervan is het opmerkelijk dat de 181 toevoegingsstoffen niet beoordeeld zijn door het Ctgb op risico's voor mens en milieu, maar wel zijn toegelaten. Ook is geen informatie bekend over het gebruik en de afzet van deze stoffen in de landbouw. Voor drinkwaterbedrijven en provincies is dit een ongewenste situatie omdat onduidelijk is of er toevoegingsstoffen zijn die voor grondwater als bron voor drinkwater een knelpunt kunnen vormen.

Het ontbreken van een risicobeoordeling wordt bij elk van de 181 hulpstoffen als volgt toegelicht in de besluiten:

Aangezien de regels voor toevoegingsstoffen nog in Europese procedures moeten worden vastgelegd, is er uitsluitend gekeken of de toevoegingsstof geen formuleringshulpstoffen bevat die in Bijlage III van verordening (EG) 1107/2009 zijn opgenomen, of het middel geen werkzame stoffen bevat die genoemd zijn op de werkzame stoffen lijst voor gewasbeschermingsmiddelen van EFSA (tenzij deze niet werkzaam zijn), of het middel geen

beschermstoffen of synergisten bevat, en of het Wettelijk Gebruiksvoorschrift aan de basisvereisten voldoet.

Het door de aanvrager ingediende wettelijk gebruiksvoorschrift, de gebruiksaanwijzing en de etikettering zijn dus niet beoordeeld op mogelijke risico's voor mens en milieu. Ook de werkzaamheid is niet beoordeeld.

5.2 Hulpstoffen die een PFAS-verbinding zijn

In 2024 gaf het ministerie van LNV aan dat 5 toegelaten gewasbeschermingsmiddelen en 1 toegelaten biocide PFAS als hulpstof bevatte³⁴. Dit betrof de volgende 3 PFAS-hulpstoffen: Trans-1,3,3,3-tetrafluoroprop-1-ene, bis(perfluoroalkyl (C6-C12)) fosforzuur-, en perfluoroalkyl (C6-C12) fosforzuur.

Bij navraag door CLM heeft Ctgb in augustus 2025 laten weten dat er op dat moment nog 3 gewasbeschermingsmiddelen en 1 biocide toegelaten waren die minstens één van deze PFAS-hulpstoffen bevatten. Dit betreft waarschijnlijk bis(perfluoroalkyl (C6-C12)) fosforzuur-, en perfluoroalkyl (C6-C12) fosforzuur. Het is niet openbaar welke gewasbeschermingsmiddelen deze PFAS-stoffen bevatten. Ctgb geeft aan deze informatie niet te kunnen delen: *“De samenstelling van gewasbeschermingsmiddelen en biociden betreft vertrouwelijke informatie.”* (e-mail Ctgb servicedesk 3 juni 2025).

De voorgestelde derogatie voor gewasbeschermingsmiddelen en biociden van het restrictievoorstel geldt uitsluitend voor werkzame stoffen. De hulpstoffen vallen niet onder de voorgestelde derogatie en zullen verboden gaan worden zodra het restrictievoorstel (vermoedelijk in 2026) van kracht wordt.

³⁴ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/ah-tk-20232024-1052.pdf> en aanvullende mededeling van Ctgb email 25 augustus 2025

6. RISICO'S VOOR UITSPOELING NAAR HET GRONDWATER

PFAS-pesticiden verschillen in de gevoeligheid voor uitspoeling naar het grondwater. In dit hoofdstuk wordt eerst met behulp van de CLM-milieumeetlat het risico op uitspoeling naar grondwater in kaart gebracht. De mate waarin de PFAS-pesticiden worden gebruikt is daarin meegewogen. Dit geeft een modelmatige voorspelling van het risico op uitspoeling. Daarnaast zijn ook meetgegevens van PFAS-pesticiden en metabolieten in grondwater op een rij gezet. Dat geeft inzicht in het daadwerkelijk aantreffen in het grondwater. Data uit de grondwateratlas en grondwatergegevens van de provincies uit 2024 zijn geanalyseerd.

6.1 Risico's voor uitspoeling naar het grondwater: milieumeetlat

De mate waarin de PFAS-pesticiden gevoelig zijn voor uitspoeling naar het grondwater is onderzocht met behulp van de CLM-milieumeetlat.³⁵ Daarbij is uitgegaan van een gemiddeld organischestofgehalte van 1,5-3% en toepassing in de periode 1 maart-1 september. Voor zandige duingronden is het organischestofgehalte soms lager dan 1,5%. Dan zal de uitspoeling hoger zijn omdat minder binding aan organisch materiaal plaatsvindt.

Voor alle individuele PFAS-pesticiden zijn de milieubelastingspunten (MBP) voor grondwater vermenigvuldigd met de afzet van het middel in 2023.³⁶

³⁵ De milieumeetlat heeft als basis de stofeigenschappen en risicobeoordeling voor uitspoeling naar het grondwater zoals die door EFSA en Ctgb wordt gehanteerd. De milieumeetlat is een vereenvoudiging maar blijkt een goede indicatie van uitspoelingsrisico te geven (Leendertse et al. 2019). In enkele gevallen blijken stoffen met een laag uitspoelingsrisico toch in grondwater te worden aangetroffen.

³⁶ Deze methode is bruikbaar om de trend in uitspoeling weer te geven.

Om inzicht te geven in de uitspoelingsgevoeligheid van de 26 PFAS-pesticiden die in 2023 waren toegelaten is aan elke stof een kleurcode gegeven (zie Tabel 6.1 en de onderstaande legenda). De rood gemarkeerde stoffen hebben meer dan 1.000 MBP grondwater en zijn daarmee het meest gevoelig voor uitspoeling. De oranje gemarkeerde stoffen vallen in de categorie 100-1.000 MBP grondwater. De groen gemarkeerde stoffen hebben minder dan 100 MBP grondwater.

9 van de groen gemarkeerde stoffen hebben 0 MBP grondwater en zijn niet gevoelig zijn voor uitspoeling naar het grondwater.

In de derde kolom is voor alle PFAS-pesticiden het aantal MBP grondwater vermenigvuldigd met de totale afzet van de betreffende werkzame stof in 2023.

Tabel 6.1 Milieubelastingspunten (MBP) grondwater per kg en vermenigvuldigd met de afzet in 2023 voor 26 PFAS-pesticiden, gerangschikt van hoogste naar laagste milieubelasting grondwater x afzet.

Werkzame stof	MBP grondwater per kg	MBP grondwater x afzet in 2023
Fluopyram	7.665	2,74E+08
Mefentrifluconazole	1.596	4,77E+07
Fluopicolide	500	1,98E+07
Fluazinam	260	1,07E+07
Tritosulfuron*	5.600	8,50E+06
Triflusulfuron-methyl*	10.000	7,92E+06
Flufenacet*	279	6,43E+06
Fluazifop-P-butyl	800	3,22E+06
Flutolanil	50	6,78E+05
Prosulfuron	4.800	3,60E+05
Tembotrione	29	3,81E+05
Flonicamid	2	6,33E+04
Trifloxystrobin	1	8,80E+03
Pyroxsulam	1	7,98E+02
Cyflumetofen	0,1	1,46E+02
Isoxaflutool	860	0**
Penthiopyrad	366	0**
Sulfoxaflor	0	0**
Diflufenican	0	0
Pyridalyl	0	0
Lambda-cyhalothrin*	0	0
Oxathiapiproline	0	0
Metaflumizone	0	0
Cyflufenamide	0	0
Flutianil	0	0
Picolinafen	0	0
Totaal	32.901	3,80E+08

*Voor deze middelen gelden wijzigingen in de toelating. Zie het onderschrift bij Tabel 2.1.

**= geen afzet in 2023

Legenda

	>= 1000 MBP grondwater
	100-1.000 MBP grondwater
	<= 100 MBP grondwater

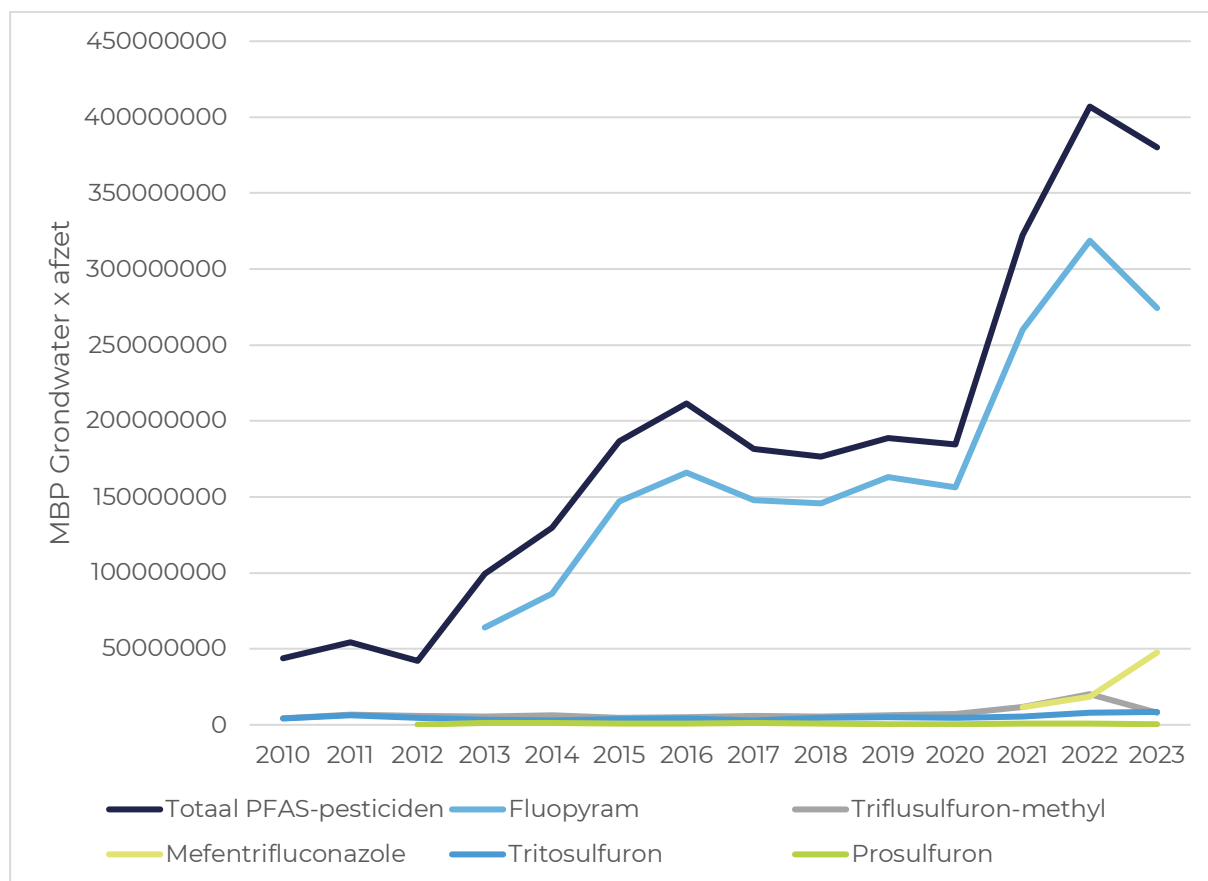
Niet alle PFAS-pesticiden zijn even gevoelig voor uitspoeling naar het grondwater. Vijf PFAS-pesticiden komen uit op meer dan 1.000 MBP grondwater. Het gaat om twee fungiciden en drie herbiciden. De bovenste twee, fluopyram en mefentrifluconazole, leveren, in combinatie met de mate waarin deze middelen in 2023 zijn afgezet, de hoogste risico's op voor uitspoeling naar het grondwater.

De fungicide fluopyram is van alle PFAS-pesticiden het meest bepalend voor het risico op uitspoeling. Fluopyram kent een brede toepassing in de volle grond groententeelt, in tomaten (onder bescherming), in de sierteelt en in de teelt van hard en zacht fruit. De fungicide mefentrifluconazole, nog maar een paar jaar op de markt, speelt een groeiende rol in het uitspoelingsrisico.³⁷ De afzet van dit middel is in een korte tijd sterk toegenomen.

6.2 Ontwikkeling risico's voor het grondwater

In Figuur 6.1 is voor de periode 2010-2023 de ontwikkeling van de milieubelasting grondwater x afzet van alle PFAS-pesticiden weergegeven met een donkerblauwe lijn. Daartegen is de milieubelasting x afzet afgezet van de vijf PFAS-pesticiden met een aantal milieubelastingspunten grondwater dat meer dan 1.000 bedraagt.

³⁷ Sommige pesticiden, waaronder fluopyram en ook mefentrifluconazole kennen deels wettelijke beperkingen in grondwaterbeschermingsgebieden. Reden is dat in de toelatingsbeoordeling van het Ctgb duidelijk naar voren komt dat fluopyram een verhoogd risico voor uitspoeling heeft. Hoewel de NVWA heeft gerapporteerd dat de naleving van beperkingen in grondwaterbeschermingsgebieden tekortschiet, zal de wettelijke beperking betekenen dat de werkelijke uitspoeling in deze gebieden lager zal zijn dan deze eerste inschatting op basis van milieubelasting en afzet.



Figuur 6.1 Ontwikkeling milieubelastingspunten grondwater x afzet voor alle PFAS-pesticiden (donkerblauwe lijn) en voor de vijf PFAS-pesticiden waarvan het aantal MBP grondwater meer dan 1.000 bedraagt, 2010-2023.

Tussen 2012 en 2016 vindt een sterke stijging plaats van het risico van uitspoeling. Tussen 2020 en 2022 treedt opnieuw een sterke stijging op, met in 2023 een beperkte daling. Dit hoeft niet te betekenen dat er sprake is van een trendbreuk. Er kan ook sprake zijn van een jaareffect als gevolg van verschillen in schimmeldruk en gebruik van de fungiciden tussen de jaren.

6.3 Monitoring PFAS-pesticiden in het grondwater: grondwateratlas

Als eerste indicatie is via de Grondwateratlas³⁸ nagegaan welke PFAS-pesticiden afgelopen jaren zijn gemonitord en zijn aangetroffen in grondwatermetingen. Er is gezocht op alle jaren, op alle dieptes en alle meetlocaties. Er blijken grote verschillen te zijn in meetfrequentie tussen de stoffen. Sommige stoffen zijn slechts in enkele jaren gemonitord, andere gedurende een aantal jaren. Van sommige stoffen (9) is recente informatie (2021), van andere stoffen (10) is 2016 het meest recente jaar.

³⁸ Nieuwste versie 4.3.2. <https://www.pesticidemodels.eu/groundwateratlas/home>

Zes van de 25 pesticiden blijken niet in de grondwateratlas te zijn opgenomen en worden -blijkbaar- niet gemonitord. Ook zijn de data in de atlas een doorsnede van diverse -sterk verschillende- meetlocaties, inclusief meetlocaties met gronden die niet gevoelig zijn voor uitspoeling. Grondwaterbeschermingsgebieden zijn over het algemeen gevoelig voor uitspoeling; al zijn er regionale verschillen die samenhangen met grondsoort en hydrologie. De grondwateratlas is niet representatief voor al deze gebieden en kan daardoor - gemiddeld - een onderschatting van de uitspoeling laten zien.

Om toch een eerste indicatie te geven is nagegaan welke stoffen zijn aangetroffen en welke de drinkwaternorm (van 100 ng/l) overschrijden. Acht PFAS-pesticiden zijn aangetroffen, variërend van 1 (trifloxystrobin), 7 (fluopyram) tot 24 keer (flutolanil). Drie van de stoffen (flutolanil, diflufenican en lambda-cyhalothrin) zijn elk drie keer boven de drinkwaternorm aangetroffen, en fluazifop-B-butyl eenmaal.

6.4 Monitoring PFAS-pesticiden in het grondwater: metingen provincies 2024

Door het InformatieHuis Water (IHW) zijn van alle provincies grondwatergegevens 2024 beschikbaar gesteld. Uit deze database blijkt dat slechts 6 van de 25 PFAS-pesticiden (te weten diflufenican, fluazifop-P-methyl, fluopyram, fluopicolide, flutolanil en triflusulfuron-methyl) in het meetpakket zaten, alsmede de metaboliet TFA (trifluorazijnzuur). TFA is een metaboliet van diverse PFAS-verbindingen, ook van PFAS-pesticiden.

Op een tiental meetpunten in Nederland zijn PFAS-pesticiden boven de drinkwaternorm aangetroffen. Op deze punten zijn tevens verhoogde concentraties TFA³⁹ geconstateerd. De meetpunten zijn via GIS gekoppeld aan de gewassen boven het meetpunt (in een straal van 500 meter). Dit om te zien of het aantreffen van PFAS-pesticiden en/of TFA in de meetpunten gerelateerd kan zijn aan (het gebruik van de PFAS-pesticiden in) de gewassen.

Als voorbeeld zijn grafisch drie van deze punten weergegeven.

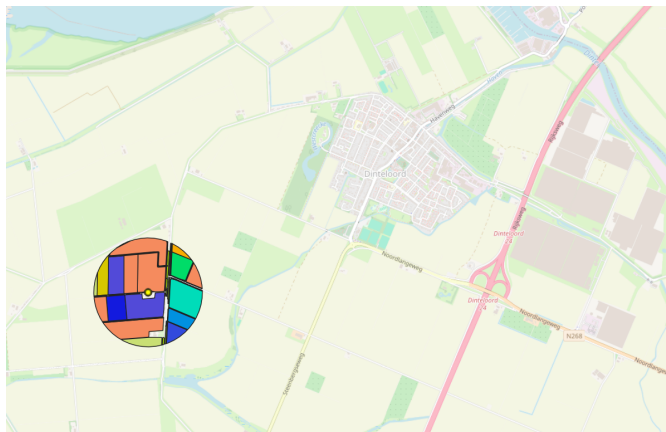
Bij het meetpunt in Dinteloord zijn op twee dieptes vier PFAS-pesticiden en TFA aangetroffen, bijna alle boven de drinkwaternorm (Tabel 6.2). Er zijn boven het meetpunt gewassen geteeld waarin de PFAS-pesticiden worden gebruikt (met name granen en aardappelen, Figuur 6.2).

³⁹ regenwater bevat 0,1-0,2 µg/l TFA.

Tabel 6.2 PFAS-pesticiden en TFA in ondiep en diep grondwater in grondwatermeetpunt bij Dinteloord (ug/l).

	Ondiep	Diep
diflufenican	0,01	0,19
fluopicolide	0,63	0,16
fluopyram	0,37	0,25
flutolanil	0,52	1,00
TFA	0,63	0,3

Dinteloord



2024

Gewas	Opp	Landbouw	Totaal
Aardappelen, consumptie	124356	17%	16%
Agrarisch natuurmengsel	17714	2%	2%
Bieten, suiker-	28460	4%	4%
Gerst, winter-	27147	4%	3%
Gerst, zomer-	20651	3%	3%
Grasland, blijvend	15557	2%	2%
Groene braak, spontane opkomst	1008	0%	0%
Mais, suiker-	36341	5%	5%
Pompoen, productie	8975	1%	1%
Rietzwenkgras, graszaad	77193	10%	10%
Sloot	15583	2%	2%
Stamperziebonen (=stamslabonen), productie	30102	4%	4%
Tarwe, winter-	301182	41%	38%
Uien, gele zaai-	39327	5%	5%

Figuur 6.2 Aandeel van gewassen (%) in een straal van 500 meter boven het grondwatermeetpunt bij Dinteloord.

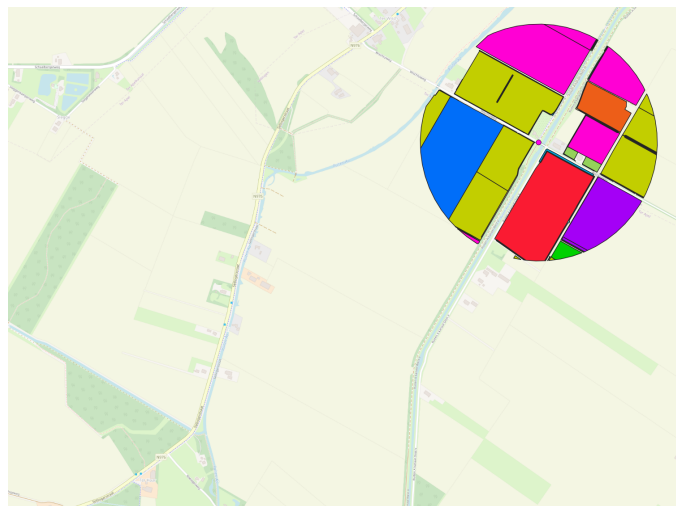
Bij het meetpunt bij Ter Apel is de PFAS-pesticide flutolanil en TFA aangetroffen (Tabel 6.3). TFA ver boven de drinkwaternorm.

Tabel 6.3 PFAS-pesticiden en TFA in ondiep en diep grondwater in grondwatermeetpunt bij ter Apel (ug/l).

	Ondiep	Diep
diflufenican	< 0,05	< 0,05
fluopycolide	< 0,05	< 0,05
fluopyram	< 0,03	< 0,03
flutolanil	0,026	<0,02
TFA	2,30	1,14

Er zijn boven het meetpunt gewassen geteeld waarin PFAS-pesticiden worden gebruikt (met name zetmeelaardappelen, suikerbieten en bollen, zie Figuur 6.3).

Ter Apel



2024			
Gewas	Opp	Landbouw	Totaal
Aardappelen, poot TBM	25762	4%	3%
Aardappelen, zetmeel	141002	21%	18%
Agrarisch natuurmengsel	6076	1%	1%
Bieten, suiker-	215805	33%	27%
Bossingel	133	0%	0%
Cichorei	99531	15%	13%
Groene braak, spontane opkomst	2157	0%	0%
Kootzaad, winter (incl. boterzaad)	54514	8%	7%
Krokus, bloembollen en -knollen	96646	15%	12%
Landschapselement, overig	389	0%	0%

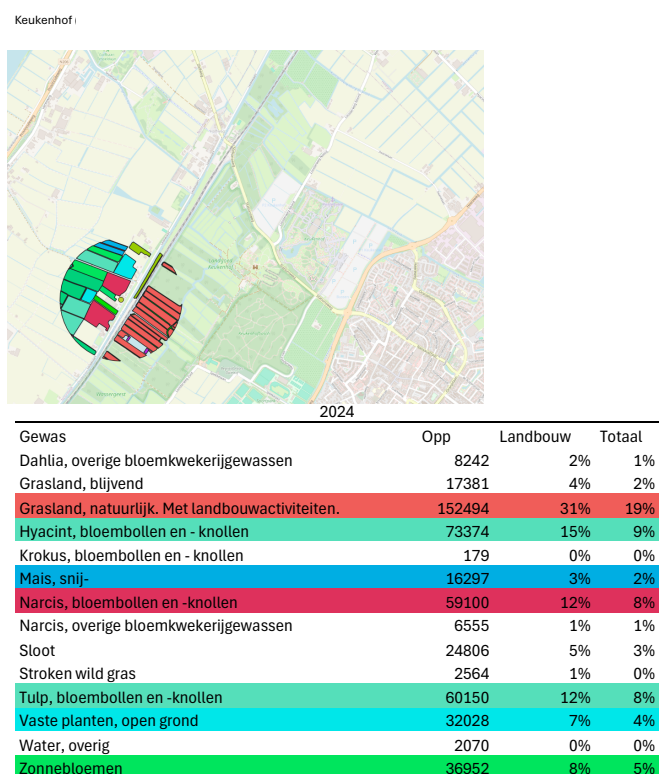
Figuur 6.3 Aandeel van gewassen (%) in een straal van 500 meter boven het grondwatermeetpunt bij Ter Apel.

Bij het meetpunt bij de Keukenhof zijn ondiep twee PFAS-pesticiden en TFA aangetroffen (Tabel 6.4). In het diepere grondwater liggen de gehalten van de PFAS-pesticiden onder de detectielimiet en wordt daarnaast TFA aangetroffen.

Tabel 6.4 PFAS-pesticiden en TFA in ondiep en diep grondwater in grondwatermeetpunt bij de Keukenhof (ug/l).

	Ondiep	Diep
diflufenic	<0,05	<0,05
fluopicoli	<0,05	<0,05
fluopyram	0,05	<0,03
flutolanil	0,12	<0,02
TFA	1,99	0,79

Er zijn boven het meetpunt gewassen geteeld waarin PFAS-pesticiden worden gebruikt (met name bollen zoals hyacint, narcis en tulp, zie Figuur 6.4.



Figuur 6.4 Aandeel van gewassen (%) in een straal van 500 meter boven het grondwatermeetpunt bij de Keukenhof.

Deze voorbeelden sluiten aan bij de bevindingen die eerder (inter)nationaal zijn gepubliceerd. Zo gaven Joerss et al. (2024) aan dat PFAS-pesticiden behorend tot de C-CF₃ groep een substantiële bron vormen voor grondwaterverontreiniging met TFA. Ook Bakker (2024) signaleerde in het "Memorandum Toelichting Rapportage Freatisch Grondwaterkwaliteit Meetronde 2023 uitgevoerd in de Provincie Utrecht" hoge gehalte TFA onder landbouwpercelen, met waarden tot 4000 ng/l.

6.5 Monitoring van TFA in het grondwater en landgebruik

De grondwatergegevens 2024 van alle provincies zijn gebruikt voor een verdiepende analyse van TFA-concentraties in het grondwater en landgebruik. Dit om te zien of het landgebruik en de aanwezigheid van landbouw invloed heeft op de TFA-concentraties. In totaal waren 1575 monsters beschikbaar van locaties in alle provincies. Bij 608 van deze monsters (39%) is TFA niet boven de rapportagegrens aangetroffen, bij 966 van de monsters (61%) was dit wel het

geval. Werkwijze en uitkomsten zijn weergegeven in bijlage 4. Deze paragraaf vat de aanpak en uitkomsten samen.

6.5.1 Aanpak

Het landgebruik en mogelijke invloed van landbouw in de buurt van elk meetpunt op TFA-concentraties is op twee manieren geschat:

1. Schatting via GIS en de Bedrijfsregistratie Percelen (BRP): De meetpunten zijn via GIS gekoppeld aan de gewassen die zijn geteeld boven het meetpunt. Er is berekend welk percentage landbouw en natuur in een straal van 500 meter boven het meetpunt aanwezig was in de periode 2014-2023. Het gemiddelde van deze periode is als maat van landgebruik genomen. Aansluitend zijn de gewassen gegroepeerd en zijn de volgende gewassen aangemerkt als 'hoog risico' voor het gebruik van PFAS-pesticiden: pootaardappelen, consumptie- en zetmeelaardappelen, uien, vollegrondsgroente, fruit, bloembollen en sierteelt. Deze dataset is aangevuld met dieptecategorie, provincie, en gemeten TFA-concentratie.
2. Schatting via aantal aangetroffen pesticiden: Aan de dataset zijn het aantal aangetroffen pesticiden per meetpunt toegevoegd. Meetpunten waar pesticiden worden aangetroffen zijn in de regel sterk door landbouw beïnvloed. Aantal pesticiden is afgezet tegen wel of geen aantreffen van TFA en tegenover TFA-concentraties⁴⁰.

Op basis van deze dataset zijn analyses uitgevoerd in RStudio.

6.5.2 Resultaten

TFA op verschillende dieptes

Het percentage monsters met TFA is het hoogst in de bovenlaag van de grond, en neemt af naarmate de diepte toeneemt (Tabel 6.5). De gemiddelde concentratie is het hoogst in de bouwvoor en in dieptelaag 1, en neemt af naarmate de diepte toeneemt. De gemiddelde concentraties liggen ver boven de drinkwaternorm van 0,1 µg/L voor relevante metabolieten.

⁴⁰ Als de gemeten concentratie van een stof boven de rapportagegrens ligt, spreken we van "aantreffen" van de stof. Een stof is aangetroffen als de gemeten concentratie gelijk is aan of hoger is dan de rapportagegrens. Verschillende analysetechnieken kunnen worden toegepast om een bepaalde stof te meten en afhankelijk van de analysetechniek varieert de rapportagegrens. Als een stof niet wordt aangetroffen dan betekent dit dus niet dat met zekerheid kan worden gesteld dat de stof niet aanwezig is, maar wel dat de concentratie van de stof in ieder geval beneden de bij de analysetechniek behorende rapportagegrens ligt.

Tabel 6.5 Aantal monsters en % en gemiddelde concentratie TFA op verschillende dieptes in grondwater in 2024 (Grondwatermetingen provincies).

Dieptelaag	Aantal monsters	Aantal monsters > rapportagegrens (% van totaal)	Gemiddelde TFA concentratie bij monsters met TFA > rapportagegrens
Bouwvoor	43	41 (95%)	1.53 (µg/L)
0 (< 5 m)	25	24 (96%)	0.69 (µg/L)
1 (5-10 m)	769	566 (74%)	1.36 (µg/L)
2 (10-25 m)	251	140 (56%)	0.879 (µg/L)
3	346	142 (41%)	0.814 (µg/L)
4	100	40 (40%)	0.807 (µg/L)
5	1	0 (0%)	-

Gemiddelde areaal landbouwgrond met of zonder TFA

Per dieptelaag is nagegaan of bij meetpunten met en zonder TFA het areaal landbouwgrond boven het meetpunt van elkaar verschilt. Voor de meeste dieptes is geen verschil aangetroffen. Alleen bij dieptelaag 1 is een hoger aandeel landbouwgrond aangetoond rondom meetpunten zonder TFA. Hiervoor is geen duidelijke verklaring te geven. Wellicht speelt het aandeel grasland een rol. Het aandeel grasland is bij de meeste punten hoog en in grasland vindt geen gebruik van PFAS-pesticiden plaats.

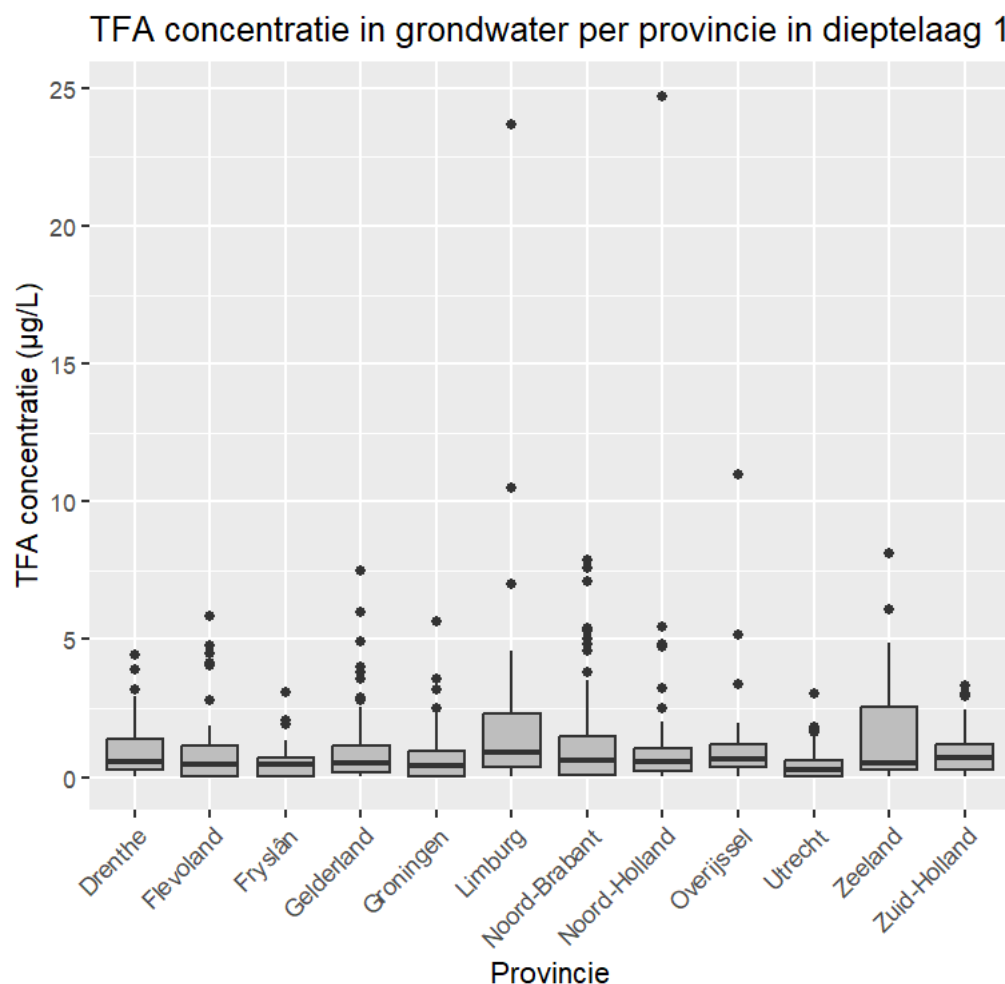
Aandeel landbouwgrond en de concentratie TFA

Via een regressie-analyse is nagegaan of er een lineaire relatie is tussen het aandeel landbouwgrond boven de meetpunten en de gemeten concentratie TFA. De resultaten laten zien dat voor het aandeel landbouwareaal geen lineair verband met de TFA-concentratie is vast te stellen. Vervolgens is nagegaan of er een relatie is tussen het aandeel hoog-risicogewassen en de gemeten concentratie TFA. Er blijkt een beperkt verband tussen hoog-risicogewassen en de TFA-concentratie, in enkele dieptelagen, met name bij diepte 2 en 4.

Vergelijking TFA-concentraties tussen provincies

De metingen van TFA-concentraties in verschillende provincies zijn op een rij gezet om na te gaan of er verschillen zijn. Het aantal metingen dat per provincie is verzameld, wisselt sterk en alleen in dieptelaag 1 is het aantal geschikt voor het maken van een (statistische) vergelijking.

In dieptelaag 1 valt op dat regelmatig sprake is van uitschieters, metingen met relatief hoge TFA-concentraties (Figuur 6.5). Flevoland en Zeeland komen naar voren als provincies met een relatief hoge concentratie TFA, terwijl Utrecht een relatief lage concentratie TFA heeft in vergelijking met andere provincies (Tabel 6.6).

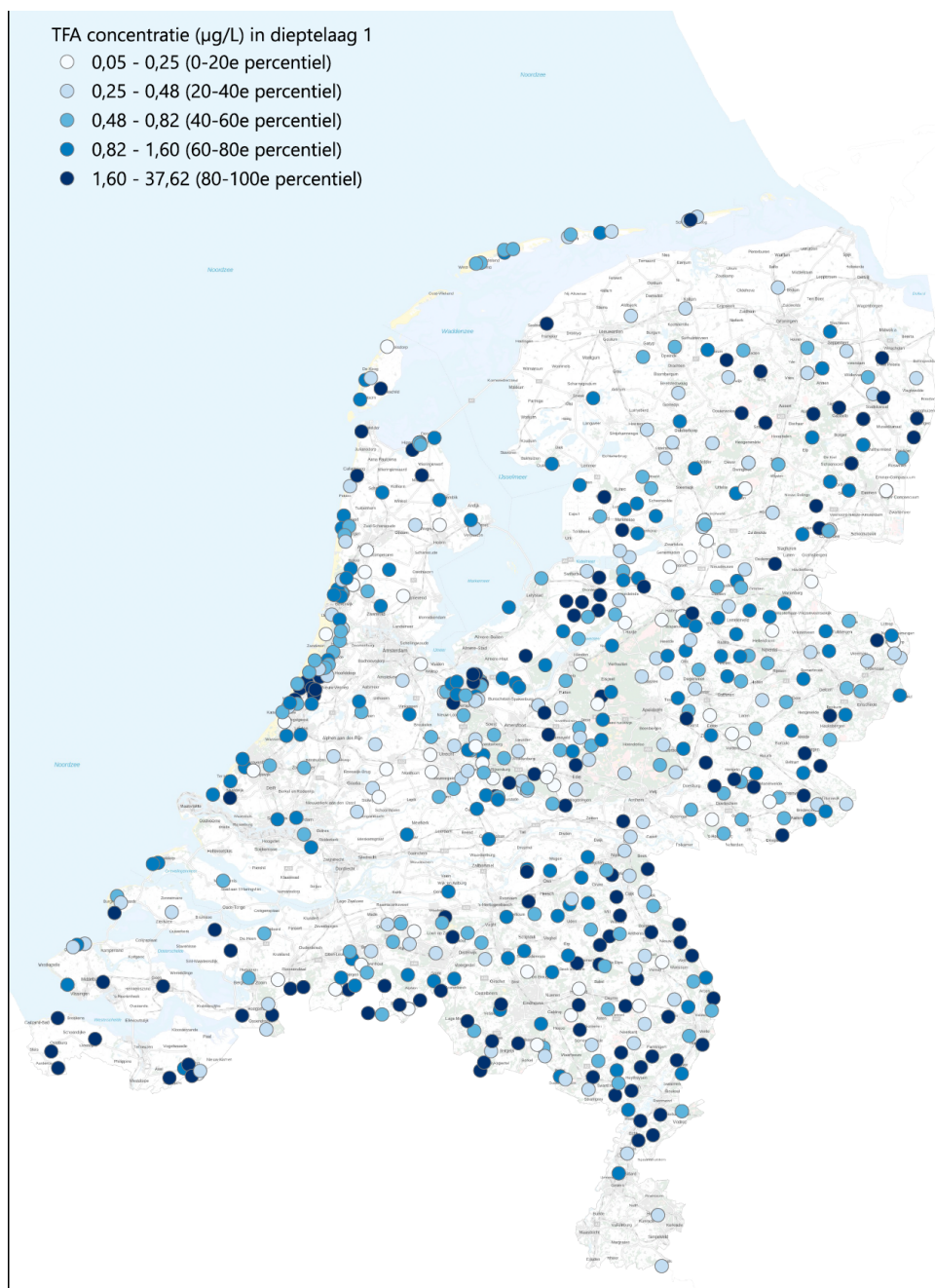


Figuur 6.5 Boxplot van TFA-concentraties in grondwater (dieptelaag 1) in alle 12 provincies (µg/L, data IHW 2024).

Tabel 6.6 Mediane TFA concentratie in grondwater (meetpunten dieptelaag 1) in alle 12 provincies (µg/L, data IHW 2024).

Provincie	Mediane TFA concentratie
Drenthe	0.86
Flevoland	1.16
Friesland	0.8
Gelderland	0.63
Groningen	0.77
Limburg	1.12
Noord-Brabant	0.99
Noord-Holland	0.74
Overijssel	0.70
Utrecht	0.52
Zeeland	1.86
Zuid-Holland	0.94

De TFA-concentraties in dieptelaag 1 zijn ook op de kaart van Nederland weer-gegeven (zie Figuur 6.6). Het valt op dat zich in alle provincies diverse meet-punten met concentraties TFA boven de 0,5 µg/L bevinden.



Figuur 6.6 Ruimtelijk overzicht van TFA-concentraties in grondwater (dieptelaag 1) op de meetpunten in Nederland (µg/L, data IHW 2024). De intensiteit van de blauwe kleur reflecteert de hoogte van de concentraties.

Aantreffen van pesticiden en van TFA

Voor elke unieke meting (locatie en dieptelaag) is eerst in beeld gebracht hoeveel pesticiden zijn aangetroffen. Vervolgens is per dieptelaag getoetst of er een verband is tussen aanwezigheid van pesticiden en TFA. Aantreffen van pesticiden is een indicatie dat het meetpunt door landbouw is beïnvloed. In alle dieptelagen bleek op punten met één of meer pesticiden, de kans groter dat daar ook TFA wordt aangetroffen. Als er geen pesticiden worden aangetroffen, is de kans groter dat er ook geen TFA wordt aangetroffen.

Een kwantitatieve relatie tussen het aantal aangetroffen pesticiden en de concentratie TFA via lineaire regressie is niet aangetoond (zie Figuur 6.5).

Discussie

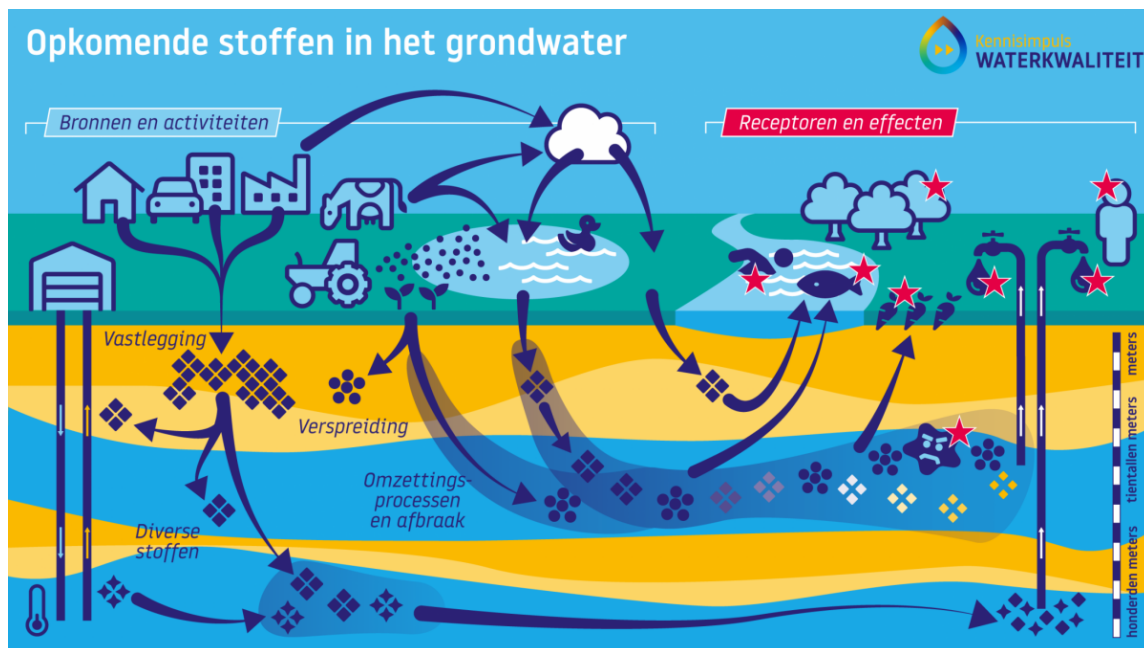
De uitgevoerde analyse met de dataset laat een -beperkte- relatie zien tussen hoog-risicogewassen en de TFA-concentratie, en geen relatie tussen landbouw en niet landbouw. De analyse kent enkele belangrijke beperkingen. Allereerst is standaard boven elk meetpunt het grondgebruik in een straal van 500 meter in beeld gebracht. Het is niet bekend in hoeverre dit representatief is voor de verschillende meetpunten. Ook is alleen de relatie tussen het gehalte TFA en grondgebruik geanalyseerd. De metingen zonder TFA zijn hierbij buiten beschouwing gelaten. Ook dit kan een bias geven in de analyse, doordat we alleen inzoomen op plekken waar TFA wordt aangetroffen.

6.6 Beperkingen van grondwatermetingen

Bij het onderzoek naar een mogelijke relatie tussen PFAS-pesticiden en milieubelasting van het grondwater hebben we te maken met een aantal beperkingen.

Allereerst is er de vraag in hoeverre de meetpunten representatief zijn voor de regionale variatie in grondsoort en grondgebruik. Ten tweede wordt niet op alle locaties even frequent gemeten, waardoor de meetfrequentie sterk uiteenloopt. Ten derde hebben we te maken met een PFAS-belasting vanuit een aantal bekende puntbronnen, naast de diffuse belasting vanuit de landbouw. Ten vierde, staat het grondwater niet stil; het kan zich zowel verticaal als horizontaal verplaatsen. En ten vijfde spoelen niet alle stoffen uit; stoffen die zich hechten aan bodemdeeltjes en/of organische stof zullen zich vooral ophopen in de bodem.

De complexiteit van hoe opkomende stoffen in het grondwater terechtkomen en zich vanuit het grondwater verder kunnen verspreiden is door Stowa inzichtelijk gemaakt in onderstaande infographic.



Figuur 6.7 Infographic opkomende stoffen in grondwater. Opkomende stoffen komen vanuit diverse bronnen het grondwater in, gaan via verschillende paden in de ondergrond en hebben op diverse receptoren effecten. N.B. de weergave van bronnen, paden en effecten is niet uitputtend. <https://www.stowa.nl/delta-facts/waterkwaliteit/kennisimpuls-waterkwaliteit/opkomende-stoffen-grondwater>

Grondwatermetingen vinden op een aantal momenten per jaar plaats; de frequentie tussen verschillende meetpunten loopt uiteen.

Waar zich grondwaterstromen voordoen - zowel verticaal als horizontaal – zullen ook de PFAS die in het grondwater worden aangetroffen, ook de metaboliëten, zich verplaatsen. Stoffen die in het grondwater worden aangetroffen kunnen dus niet zonder meer worden gerelateerd aan de agrarische activiteiten (of andere activiteiten) die in het gebied plaatsvinden. Met een reeks van grondwatermetingen kan wel met een grotere mate van zekerheid een correlatie tussen grondgebruik en gehalten van stoffen in het grondwater worden gelegd. Waar metaboliëten worden vastgesteld in het grondwater is echter niet meer te herleiden of deze het gevolg zijn vanuit de landbouw of vanuit een andere bron.

In deze studie kunnen we niet voor alle meetpunten grondwatermodellen gebruiken om de grondwaterstromen in verschillende gebieden in beeld te brengen. In algemene zin kan wel worden gesteld dat grondwaterstromingen worden beïnvloed door de horizontale waterdoorlatendheid (K_h) en de verticale waterdoorlatendheid (K_v) van bodemlagen.

Bodems die zijn opgebouwd uit sedimenten die in lagen zijn afgezet (zand- en kleibodems) hebben een horizontale gelaagdheid. Water kan zich in dergelijke bodems gemakkelijk horizontaal (zijwaarts) verplaatsen, bijvoorbeeld in een watervoerende zandlaag. De kans dat grondwater zich horizontaal verplaatst is extra groot als zich dieper in de bodem ondoordringbare lagen voordoen. Dat zijn vaak klei- of leemlagen. Door agrarische activiteiten (berijden van de percelen) kan de bodem (zowel in de bovengrond als in de ondergrond) verder worden verdicht. Naarmate er minder verticaal transport van water mogelijk is, zal het grondwater zich vooral horizontaal verplaatsen.

Een ander belangrijk onderscheid moet worden gemaakt tussen grondwatersystemen die gevoed worden door regen (infiltratiegebieden) en kwel gevoede systemen. In infiltratiegebieden vindt veel verticaal transport van water plaats. Het meest duidelijke voorbeeld in Nederland zijn de hoge zandgronden. Het regenwater kan zich in een zandbodem gemakkelijk verticaal verplaatsen, totdat het water in de verzadigde zone terecht komt. In de verzadigde zone zijn alle poriën gevuld met water, waardoor het water zich zijwaarts en opwaarts gaat verplaatsen en zich in een aanpalend gebied als kwelwater manifesteert.

6.7 Onderzoek naar TFA in onttrokken grondwater

In Nederland heeft KWR onderzoek gedaan naar risico's van TFA en andere ultrakorte PFAS voor de kwaliteit van het grondwater dat wordt gebruikt voor de bereiding van drinkwater (Amato et al. 2025). Zij stellen vast dat TFA steeds vaker in drinkwater wordt gemeten. Concentraties blijven wel consequent onder de indicatieve drinkwater richtlijnwaarde van 2200 ng/l.

In ruw grondwater wordt TFA in veel hogere mate wordt vastgesteld dan andere PFAS-verbindingen. TFA wordt vooral aangetroffen in grondwaterwinningen uit watervoerende pakketten die zijn geclassificeerd als 'kwetsbaar' (in 89% van de winningen werd TFA vastgesteld), maar ook in winningen in de categorie 'matig kwetsbaar' (41%) en 'niet kwetsbaar' (15%).

Zes andere PFAS met ultrakorte ketens zijn onder de kwantificeringslimiet aangetroffen. PFPrA en TFMS werden juist in resp. 17% en 13% van de monsters aangetroffen. Van deze verbindingen zijn weinig toxicologische gegevens beschikbaar.

Amato et al. (2025) stellen een correlatie vast tussen water jonger dan 25 jaar en TFA-concentraties in grondwater (enkele 'uitbijters' uitgezonderd). Dit duidt op input vanuit diffuse bronnen met een piek in de jaren 1975-2000. In onttrokken grondwater ouder dan 50 jaar werd geen TFA boven de rapportagegrens aangetroffen. Zij vermoeden dat TFA nog onderweg is naar deze winningen.

Bij het benoemen van mogelijke bronnen van de TFA baseren Amato et al. (2025) zich voor een groot deel op Arp et al. (2024), die voor Duitsland ook het aandeel van PFAS-pesticiden kwantificeerden (zie paragraaf 2.1). Aanvullend maken Amato et al. (2025) ook melding van het grondwateronderzoek in de Provincie Utrecht, waarin TFA ook in hogere concentraties werd aangetroffen dan andere PFAS en een relatie werd gelegd met het landgebruik akkerbouw en boomgaard (Provincie Utrecht, 2023).

In de analyse die wij met de beschikbare grondwaterdata hebben uitgevoerd, kan een correlatie met landbouwkundig grondgebruik niet worden vastgesteld. Wel blijkt er een verband tussen hoog risico gewassen en de TFA concentratie, in enkele dieptelagen, met name bij diepte 2 en 4. Tevens blijkt op meetpunten waar 1 of meer pesticiden zijn aangetroffen ook TFA te worden aangetroffen. Dit wijst op een relatie met gewassen waarin hoog gebruik van (PFAS-)pesticiden plaatsvindt

Verder is duidelijk dat PFAS-pesticiden die tot de C-CF₃ groep behoren precursor zijn voor de vorming van TFA en daarmee bijdragen aan TFA-concentraties in grondwater en andere media. (Johnsen, Henriksen en Albers, 2024) (Joerss et al. 2024).

In Denemarken is die constatering voldoende grond geweest om de toelating van alle PFAS-pesticiden uit deze groep te beëindigen. Zoals in hoofdstuk 1 al is aangegeven heeft ook het Ctgb zorgen geuit over mogelijke precursoren van TFA in een adviesbrief aan de minister.

6.8 Normering van PFAS in drinkwater

In het drinkwater wordt PFAS uit verschillende bronnen aangetroffen. Verschillende instanties hebben uiteenlopende richtlijnen opgesteld over de hoeveelheid PFAS die drinkwater mag bevatten.

In 2020 is de Europese Drinkwaterrichtlijn (DWR) aangescherpt, op 12 januari 2021 trad deze in werking. De DWR kent geen normen voor individuele PFAS, maar stelt de norm voor de som van PFAS, ook wel '20PFAS' genoemd, op 100 nanogram per liter (ng/l) en de minimale kwaliteitseis voor 'totaal-PFAS' op 500 ng/l (Kools, Meekel en Béen (2022).

In 2022 stelde het RIVM dat het Nederlandse drinkwater al voldoet aan de nieuwe Europese norm.

In de tussentijd heeft de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA) echter, op basis van nieuwe wetenschappelijke kennis over gezondheidsrisico's van PFAS, een 'gezondheidskundige grenswaarde' vastgesteld. Zij heeft een 'tolereerbare wekelijkse inname' (TWI) afgeleid voor de som van vier soorten PFAS, ook wel 'de EFSA-4' genoemd. Op basis van deze EFSA TWI is door

RIVM een drinkwaterrichtwaarde voor PFAS vastgesteld van 4,4 ng/l, uitgedrukt in PFOA-equivalenten.

Volgens het RIVM ligt de hoeveelheid PFAS die de Nederlandse bevolking via drinkwater binnenkrijgt beneden deze gezondheidkundige grenswaarde. Het RIVM stelt tegelijkertijd vast dat de inname van PFAS via voedsel veel hoger ligt dan via drinkwater. Via voedsel krijgen mensen in Nederland drie keer zoveel PFAS binnen als via drinkwater. En die totale inname via voedsel en drinkwater ligt boven de 'gezondheidkundige grenswaarde'.⁴¹

De Wereldgezondheidsorganisatie hanteert als uitgangspunt dat mensen maximaal 20% van de gezondheidkundige grenswaarde via drinkwater binnen mogen krijgen. Die garantie is er nu in Nederland niet. Bij metingen van drinkwater uit rivierwater blijken in ruim de helft van de monsters de concentraties te hoog, bij metingen grondwater gaat het om 10% van de monsters.⁴² Zoals aangegeven in het eerste hoofdstuk, wil het RIVM de blootstelling van de Nederlandse bevolking aan PFAS verminderen. In 2022 is daarom een drinkwaterrichtwaarde voor PFAS vastgesteld van 4,4 ng/l, uitgedrukt in PFOA-equivalenten. Deze drinkwaterrichtwaarde zal op termijn in het Drinkwaterbesluit worden vastgelegd.

PFOA (perfluorooctaanzuur) is een van de vele vormen van PFAS. Van PFOA zijn de schadelijke effecten voor o.a. het immuunsysteem, de voortplanting en de ontwikkeling van het ongeboren kind bekend.

Om andere PFAS mee te nemen in de richtlijn én de effecten van stapeling van verschillende PFAS te beoordelen, vergelijkt het RIVM andere PFAS met PFOA. Voor zoveel mogelijk PFAS wordt een 'relatieve potentie factor (RPF)' bepaald⁴³, waarmee de aanwezigheid van een PFAS wordt gelijkgesteld aan de aanwezigheid van een bepaalde hoeveelheid PFOA. Voor toetsing aan de drinkwaterrichtwaarde van 4,4 ng/l wordt vervolgens gekeken naar de totale som van deze PFOA-equivalenten.

Momenteel zijn de RPF's bepaald voor een dertigtal PFAS, waar de gewasbeschermingsmiddelen in dit rapport niet onder vallen. Deze worden dus (nog) niet meegenomen in de drinkwaterrichtwaarde. Voor de normering van het Nederlandse drinkwater maakt de bron van de PFAS overigens niet uit.

Voor TFA in drinkwater geldt nog geen Europese richtlijn. Het RIVM hanteert een 'indicatieve drinkwaterrichtwaarde' van 2200 ng/l (Janssen en Affourtit, 2022). Als (relevante) metabooliet van PFAS-pesticiden geldt voor TFA overigens de drinkwaternorm van 100 ng/l.

⁴¹ <https://www.rivm.nl/nieuws/nieuw-onderzoek-bevestigt-mensen-in-nederland-krijgen-te-veel-pfas-binnen>

⁴² Deze metingen hebben plaatsgevonden in de periode 2015-2021. Zie: Van der Aa et al. (2022).

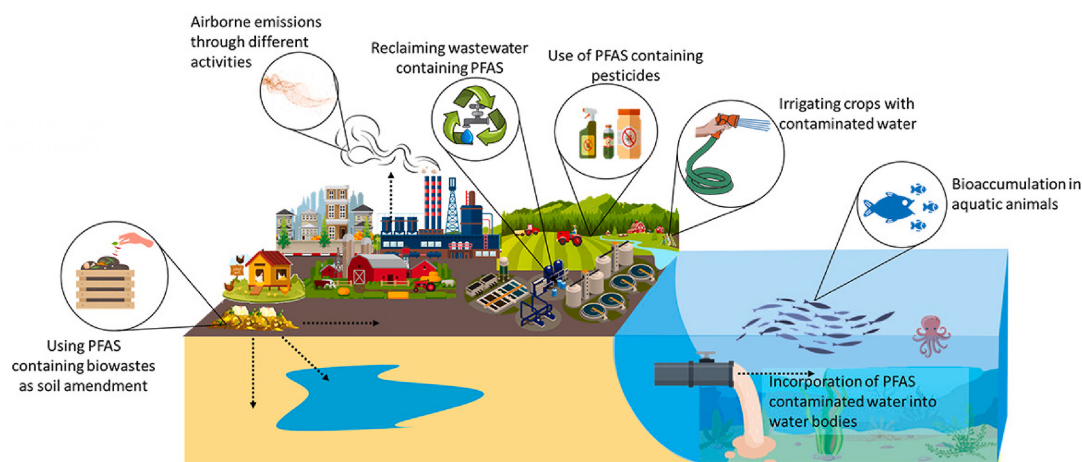
⁴³ <https://www.rivm.nl/pfas/rpf>

7. PFAS-PESTICIDEN IN DE BODEM

Afhankelijk van stofeigenschappen en bodemeigenschappen kunnen PFAS-pesticiden zich ophopen in de bodem door binding aan organisch stof en/of bodemdeeltjes. Naast PFAS-pesticiden zijn er andere PFAS-verbindingen die in landbouwbodems terecht kunnen komen. PFAS kunnen vervolgens worden opgenomen door het (volg)gewas en door bodemorganismen, met als risico dat ze onderdeel worden van de voedselketen van mens en dier en er bio-accumulatie optreedt. Metingen aan PFAS-pesticiden in de bodem zijn schaars. Normen voor PFAS in de bodem zijn vooralsnog gebaseerd op metingen van de zg. PFAS-4.

7.1 PFAS in landbouwbodems

In landbouwbodems kunnen verschillende PFAS-verbindingen terecht komen. Biswas et al. (2025) hebben in onderstaande figuur een aantal belangrijke bronnen weergegeven, waaronder het gebruik van PFAS-pesticiden. Ook het gebruik van compost en het beregenen met door PFAS verontreinigd water kunnen bijdragen aan ophoping van PFAS in landbouwbodems. Via diverse andere routes, ook door depositie vanuit de lucht en met regen, kunnen PFAS in landbouwbodems terecht komen.



Figuur 7.1 Bronnen van PFAS in landbouwgrond en in de voedselketen (Biswas et al. 2025)

7.2 RIVM-Metingen van PFAS-verbindingen in de bodem

In het meerjarige PFAS-onderzoeksprogramma door het RIVM zijn in 2020 PFAS-gehalten 29 verschillende PFAS-verbindingen in de bodem gemeten op meer dan 100 locaties, zowel stedelijke en industriële locaties als landbouw- en natuurlocaties, geselecteerd op vier verschillende grondsoorten. Bij de selectie van meetpunten is ook gezorgd voor een representatie van '(potentieel) beïnvloede' en 'onbeïnvloede' meetlocatie, waar geen sprake is van verontreiniging vanuit een bekende puntbron.⁴⁴ (Wintersen et al., 2020).

In de analyse lijken de landbouwlocaties te worden gekenschetst als 'onbeïnvloed'. De landbouw wordt niet genoemd als een mogelijke bron van PFAS. Hoewel in de afbakening van het RIVM-onderzoeksprogramma de toepassing van gewasbeschermingsmiddelen wel wordt genoemd als één van de bronnen van waaruit mensen kunnen worden blootgesteld aan PFAS, is deze bron niet meegenomen in de aanpak van het onderzoek (Bulder, et al., 2024).

Op basis van de bodemmetingen op '(potentieel) beïnvloede' en 'onbeïnvloede' meetlocaties heeft het RIVM **achtergrondwaarden** bepaald voor uitsluitend de som-PFOS en de som-PFOA (zie Tabel 7.1).

Tabel 7.1 Door het RIVM vastgestelde achtergrondwaarden voor PFOS en PFOA op basis van in 2020 gemeten concentraties in relatief onbelaste gebieden (Bron: Wintersen et al. 2020)

Stof	Achtergrondwaarde (microgram/kg ds)
Som-PFOS	1,4
Som-PFOA	1,9

Wintersen et al. (2020) stellen een hogere diffuse belasting⁴⁵ van de grond vast op industriële/stedelijke locaties dan op landbouw/natuurlocaties. In de toplaag van de bodem (0-20 cm) zijn hogere concentraties PFOS en PFOA vastgesteld dan dieper in de bodem (50-100 cm). Een duidelijk verband tussen het percentage organische stof en de concentraties PFOS en PFOA kan niet worden vastgesteld, vermoedelijk als gevolg van atmosferische depositie. In bodemsoorten met een lagere soortelijke massa, zoals humusrijke veengronden, worden de hoogste concentraties gevonden. Verhoogde concentraties worden vooral vastgesteld in het westen van het land. Concentraties PFOA

⁴⁴ Het gaat om PFAS die door fabrieken zijn uitgestoten, door incidenten zijn vrijgekomen of door toepassing of gebruik van brandblusschuim, textiel of andere producten in de bodem terecht zijn gekomen.

⁴⁵ Diffuse belasting betekent belasting van de bodem over een groot oppervlak.

zijn vooral sterk verhoogd binnen een straal van 50 km van Chemours in vergelijking met die op meetpunten op grotere afstand van deze fabriek.

Achtergrondwaarden vormen een bovengrens. Grond met een lagere concentratie PFAS dan de achtergrondwaarde, mag worden verplaatst binnen de regels van het Besluit bodemkwaliteit. Vanwege de onduidelijkheden over de verspreiding van PFAS in grond en grondwater kunnen Wintersen et al. niet aangegeven of toepassing van grond of bagger tot het niveau van de achtergrondwaarden voldoende bescherming biedt voor het gebruik van grondwater voor de winning van drinkwater. Het RIVM adviseert daarom om in grondwaterbeschermingsgebieden uitsluitend gebiedseigen grond of bagger te gebruiken.

Risicogrenzen, maximale waarden en interventiewaarden

Het RIVM heeft **risicogrenzen** vastgesteld ter onderbouwing van twee soorten bodemnormen: de maximale waarden en de interventiewaarden. De **maximale waarden** vormen de bovengrens van concentraties van stoffen in grond en bagger om deze nog te kunnen gebruiken. De **interventiewaarden** vormen het startpunt van een beoordeling waarin beoordeeld wordt of bodemverontreiniging voor onaanvaardbare risico's zorgt. Voor landbouwgrond zijn specifieke risicogrenzen opgesteld, om overheden te helpen bij het maken van beleid over hergebruik van grond en bagger in landbouwgebieden.⁴⁶

Het RIVM stelt dat er op het niveau van de achtergrondwaarden geen risico's zijn "voor de gezondheid of voor overschrijding van effectniveaus voor het ecosysteem." (Wintersen et al. 2020, p. 9) De risicobeoordeling door het RIVM met behulp van achtergrondwaarden en risicogrenzen is echter vooralsnog gebaseerd op metingen van concentraties van som-PFOS en som-PFOA, waarbij natuur- en landbouwlocaties worden beschouwd als onbeïnvloed. De belasting door andere PFAS-verbindingen zoals de PFAS-pesticiden en PFAS-metabolieten, waaronder TFA, maakt vooralsnog geen onderdeel uit van het meetprogramma en speelt eveneens geen rol bij het vaststellen van waarden en risicogrenzen.

Bij PFAS-pesticiden gaat het om andere typen verbindingen die niet tot de som-PFOS of som-PFOA gerekend. Ook TFA behoort niet tot deze groepen.

7.3 Ophoping van PFAS-verbindingen in de bodem

Voor zover bekend zijn geen specifieke studies uitgevoerd naar de aanwezigheid en mogelijke ophoping van PFAS-pesticiden in de bodem. Onderzoek naar het gedrag van PFAS in de bodem is doorgaans gebaseerd op PFAS-

⁴⁶ <https://www.rivm.nl/pfas/bodem>

verbindingen vanuit ‘bekende puntbronnen’. Hoewel het bij PFAS-pesticiden om andere verbindingen gaat, geven we in deze paragraaf kort de bestaande inzichten over het gedrag van PFAS in de bodem weer.

De mate waarin ophoping van PFAS in de bodem op kan treden is afhankelijk van verschillende variabelen, met name de eigenschappen van de PFAS-verbindingen en de eigenschappen van de bodem.

PFAS-verbindingen zullen zich vooral hechten aan bodemdeeltjes als ze **hydrofoob** zijn, dat wil zeggen dat ze niet goed oplosbaar zijn in water en water afstoten, en/of als de **electrostatische lading** van de PFAS tegengesteld is aan die van de bodem (Feng, et al., 2024).

Wat de hydrofobe eigenschappen betreft: PFAS die relatief goed oplosbaar zijn in water (hydrofiel) vertonen een lage adsorptie⁴⁷ aan de bodem. In dat geval vindt bij regenval of beregening verticaal transport plaats van de PFAS en is de kans groot dat stoffen uitspoelen naar het grondwater. PFAS die hydrofobe eigenschappen vertonen zijn minder gevoelig voor uitspoeling en hechten zich sterker aan bodemdeeltjes.

Deze algemene uitspraak vraagt meteen om een nuancering. PFAS-verbindingen zijn immers niet zonder meer te kenschetsen als ofwel hydrofiel ofwel hydrofoob, ze zijn zowel hydrofiel als hydrofoob. PFAS-verbindingen hebben namelijk een hydrofiele polaire kop en een hydrofobe apolaire staart en worden daarom ook wel amfifiel genoemd.⁴⁸

Korte ketenverbindingen hebben sterkere hydrofiele eigenschappen dan verbindingen met langere ketens, die sterkere hydrofobe eigenschappen hebben. PFAS met langere ketens hechten zich sterker aan bodemdeeltjes dan PFAS met korte ketens. PFAS met langere ketens hechten zich niet alleen aan bodemdeeltjes, maar ook aan organisch materiaal (van Leeuwen, van der Grift, & Been, 2022).

De mate waarin PFAS zich hechten aan de bodem is ook afhankelijk van de eigenschappen van de bodem. Adsorptie van PFAS lijkt in sterkere mate op te treden in bodems met een hoog **organischestofgehalte**. Wintersen et al. (2020) benoemden al dat de hoogste gehalten aan PFAS werden vastgesteld in bodem met een lage soortelijke massa, zoals humusrijke veengronden. Dat kan te maken hebben met het feit dat PFAS zich hecht aan bodemdeeltjes, en ook aan organische stof.

⁴⁷ Adsorptie is het proces waarbij bestanddelen van een oplossing (ionen of moleculen) zich hechten aan het oppervlak van bodemdeeltjes.

⁴⁸ <https://www.lenntech.nl/processes/pfas.htm>

Daarnaast lijkt ook de **zuurgraad** van de bodem van invloed te zijn.

De meeste PFAS zijn in de bodem aanwezig als anion, dat wil zeggen als een ion met een negatieve lading. In zure bodems zijn bodemdeeltjes veelal positief geladen waardoor de PFAS zich sterker zal hechten.

De **aanwezigheid van aluminium- en ijzeroxides** kan ook een rol spelen bij de hechting van PFAS aan bodemdeeltjes, omdat de aluminium- en ijzeroxides (afhankelijk van de zuurgraad van de bodem) positief geladen kunnen zijn, met een sterke adsorptie van PFAS tot gevolg.

Verder wordt **de mobiliteit van bodemorganische stof** als factor genoemd. Als organische stof mobiel is (opgeloste organische koolstof of opgeloste humuszuren), dan kunnen PFAS gebonden mee migreren.

Ook het **klei/lutumgehalte** is van invloed: bij een hoger lutumgehalte kan er meer adsorptie optreden, waardoor er minder verticaal transport plaatsvindt.

Tot slot benoemen Wintersen et al. (2020) dat - vanwege de specifieke zeepachtige eigenschappen van PFAS-stoffen zich kunnen ophopen op het **grensvlak van water en bodemlucht**. Bodemlucht is de lucht die de poriën in de bodem vult, die niet door water worden ingenomen. De PFAS is dan in de bodem aanwezig, zonder dat het zich hecht aan bodemdeeltjes en/of organische stof.

7.4 PFAS-pesticiden in de bodem: meetresultaten SPRINT

Naast bovengenoemde algemene inzichten over PFAS in de bodem, kunnen bestaande studies naar de aanwezigheid van pesticiden in de bodem gebruikt worden, daar waar in die studies PFAS-pesticiden onderdeel zijn van het monitoringspakket. De meest recente studie naar pesticiden in de bodem is het EU-project SPRINT (<https://sprint-h2020.eu>). In deze studie zijn pesticiden in bodems in verschillende EU-landen bepaald, waaronder Nederland.

Aloui et al. (2024) onderzochten gehalten van 20 pesticiden in bodem, gewas, water en sediment, waaronder 4 PFAS-pesticiden. In de bodem werden deze vier in 10,5-14% van de monsters aangetroffen (tabel 11). Voor alle pesticiden werd een duidelijke correlatie vastgesteld tussen contaminatie van bodem en gewassen. gehalten van fungiciden in zowel bodem als gewas lagen hoger dan gehalten van insecticiden en herbiciden. De fungiciden bleken vooral in de bodem redelijk tot sterk persistent te zijn.

Bij een analyse van de gehalten in gewassen werd bij de metingen op gangbare aardappelakkers in Noord-Nederland redelijk hoge gehalten vastgesteld

van alle vier de PFAS-pesticiden: lambda-cyhalothrin, fluopyram, diflufenican en fluopicolide, naast veelvuldige waarneming van een groot aantal andere pesticiden (zonder PFAS). De onderzoekers pleiten voor meer onderzoek naar de effecten van combinaties van middelen, inclusief biociden (Alaoui, Christ, Abrantes, Silva, & et al., 2024).

Tabel 7.2 PFAS-pesticiden in bodems in het SPRINT onderzoek in Europa en Argentinië (Alaoui, Christ, Abrantes, Silva, & et al., 2024)

Werkzame stof	Totaal aantal monsters (N)		Monsters waarin stoffen zijn gedetecteerd		Type & status	
	Geanalyseerd	Gedetecteerd	% gangbaar	% biologisch	Type	Status
Lambda-cyhalothrin	215	30	13	1	Insecticide	App
Fluopyram	215	26	11	1	Fungicide	App
Diflufenican	215	23	10	1	Herbicide	App
Fluopicolide	215	23	9	2	Fungicide	App

Knuth et al. (2024) hebben op 10 Europese onderzoekslocaties in totaal 201 bodemonsters genomen, in het groeiseizoen van 2021. Zij vonden combinaties tot 21 verschillende pesticiden in 96% van de monsters genomen op gangbare landbouwpercelen en tot 12 verschillende pesticiden in 79,2% van de bodemonsters. Onder de gemeten residuen bevinden zich de volgende PFAS-pesticiden en enkele metabolieten daarvan:

- Cyflufenamide (fungicide)
- Diflufenican (herbicide)
 - › Diflufenican AE-B107137
- Flonicamid (insecticide)
- Fluazifop (herbicide)
- Fluazinam (fungicide)
- Flufenacet (herbicide)
- Fluopicolide (fungicide)

- Fluopyram (fungicide)
 - › Fluopyram benzamide
- Flutolanil (fungicide)
- Isoxaflutool (herbicide)
- Lambda-cyhalothrin (insecticide)
- Pyroxsulam (herbicide)
- Trifloxystrobin (fungicide)
 - › Trifloxystrobin metabolite CGA 321113

De aangetroffen pesticiden (PFAS en niet-PFAS) werden in zeer uiteenlopende concentraties gemeten op 5 of 20 cm diepte, tot 28,7 mg kg⁻¹ op

gangbare percelen en tot 5,46 mg kg⁻¹ op biologische percelen. De gevonden gehalten in de bodem zijn vervolgens gerelateerd aan de toegepaste hoeveelheid en de datum waarop de middelen zijn toegepast. 79% van de gevonden stoffen bleken niet in het betreffende groeiseizoen op de bemonsterde percelen te zijn toegepast, terwijl van 48,5% van de toegepaste pesticiden die wel in het groeiseizoen van 2021 op de percelen zijn toegepast geen residuen in de bodem zijn gevonden. (Knuth, Gai, Silva, Harkes, & et al., 2024)

Residuen van PFAS-pesticiden zijn gevonden in 69 van de 201 bodemmonsters, waaronder 10 monsters genomen op biologische percelen.

- De volgende vier PFAS-pesticiden werden regelmatig aangetroffen in de bodem (19 tot 26 keer):
- Diflufenican (waarvan 1x de metaboliet)(herbicide)
- Fluopicolide (fungicide)
- Fluopyram (fungicide)
- Lambda-cyhalothrin (insecticide)

Twee PFAS-pesticiden werden slechts enkele keren aangetroffen:

- Cyflufenamide 1x (fungicide)
- Trifloxystrobin 3x (fungicide)

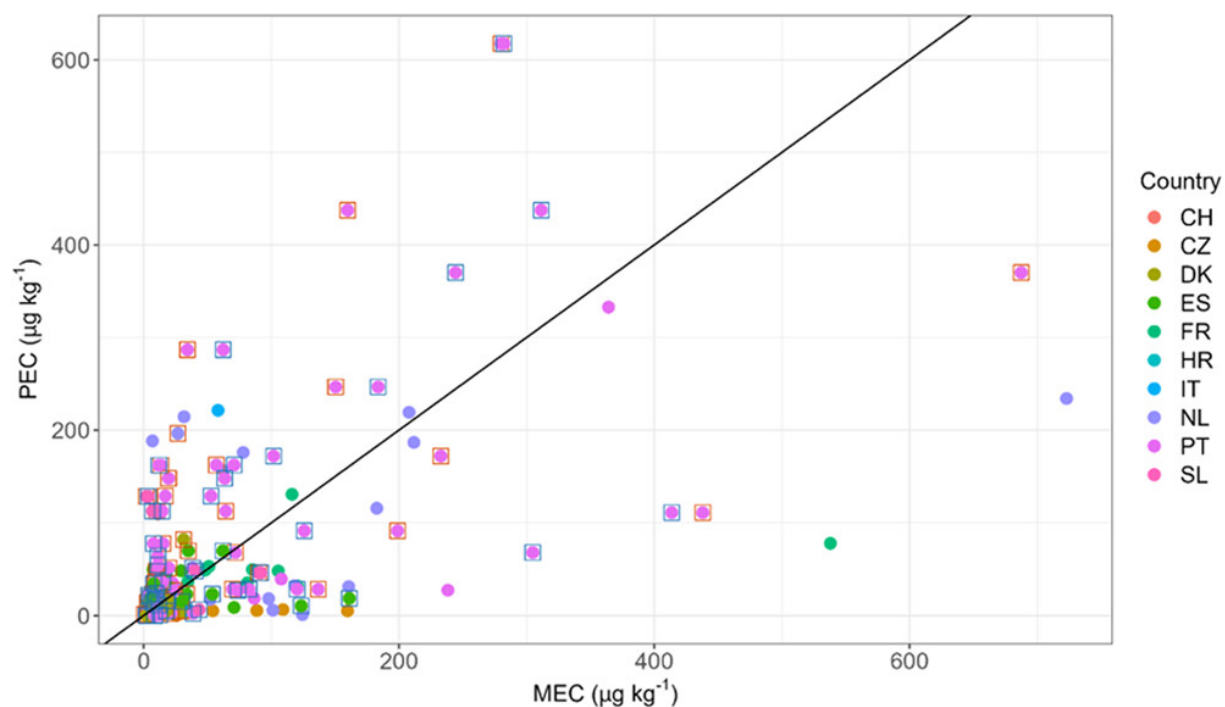
De gehalten van deze PFAS-pesticiden in de bodem variëren tussen 0,5 en 161 microgram/kg. Fluopicolide en Lambda-cyhalothrin hebben de hoogste waarden.

Voor verschillende landbouwpercelen konden de gemeten concentraties van PFAS-pesticiden worden gerelateerd aan de toepassing ervan in specifieke gewassen (zie Tabel 7.3).

Tabel 7.3 PFAS-pesticiden in bodem (op basis van de door Knuth aangeleverde ruwe data)

Werkzame stof	Gemeten concentratie in bodem (µg/kg)	Diepte (cm?)	Gewas waarin stof is toegepast	Application rate	Land	Status
Cyflufenamide	3,9	5	Druiven	14,1	Frankrijk	Toegelaten
Fluopicolide	120,2	5	Druiven	90,132	Frankrijk	CFS
Fluopicolide	85,2	5	Druiven	133,2	Frankrijk	CFS
Fluopicolide	48,3	5	Druiven	133,2	Frankrijk	CFS
Diflufenican	12,5	20	Voorjaarsgerst	15	Denemarken	CFS
Diflufenican	11,8	20	Wintertarwe	50	Denemarken	CFS
Diflufenican	17,6	20	Wintertarwe	40	Denemarken	CFS
Diflufenican	19,1	20	Winterrogge	60	Denemarken	CFS
Diflufenican	29,0	20	Winterrogge	30	Denemarken	CFS
Diflufenican	17,8	20	Winterrogge	30	Denemarken	CFS
Fluopyram	31,7	20	Raapzaad	100	Tsjechië	Toegelaten
Fluopyram	2,9	20	Voorjaarsgerst	50	Denemarken	Toegelaten
Fluopyram	7,1	20	Voorjaarsgerst	50	Denemarken	Toegelaten
Fluopyram	13,6	5	Druiven	36,5	Frankrijk	Toegelaten
Lambda cyhalothrin	2,4	20	Raapzaad	7,5	Tsjechië	CFS
Lambda cyhalothrin	2	20	Paprika	170	Italië	CFS
Lambda cyhalothrin	7,6	20	Aardappelen	5	Nederland	CFS
Lambda cyhalothrin	5,8	20	Aardappelen	5	Nederland	CFS
Lambda cyhalothrin	0,5	20	Aardappelen	5	Nederland	CFS
Lambda cyhalothrin	5,2	20	Broccoli	40	Spanje	CFS
Lambda cyhalothrin	17,9	20	Broccoli	25	Spanje	CFS
Lambda cyhalothrin	161,1	20	Broccoli	40	Spanje	CFS
Lambda cyhalothrin	30	20	Broccoli	25	Spanje	CFS
Trifloxystrobin	3,1	5	Druiven	62,5	Frankrijk	Toegelaten
Trifloxystrobin	9,6	5	Druiven	62,5	Frankrijk	Toegelaten

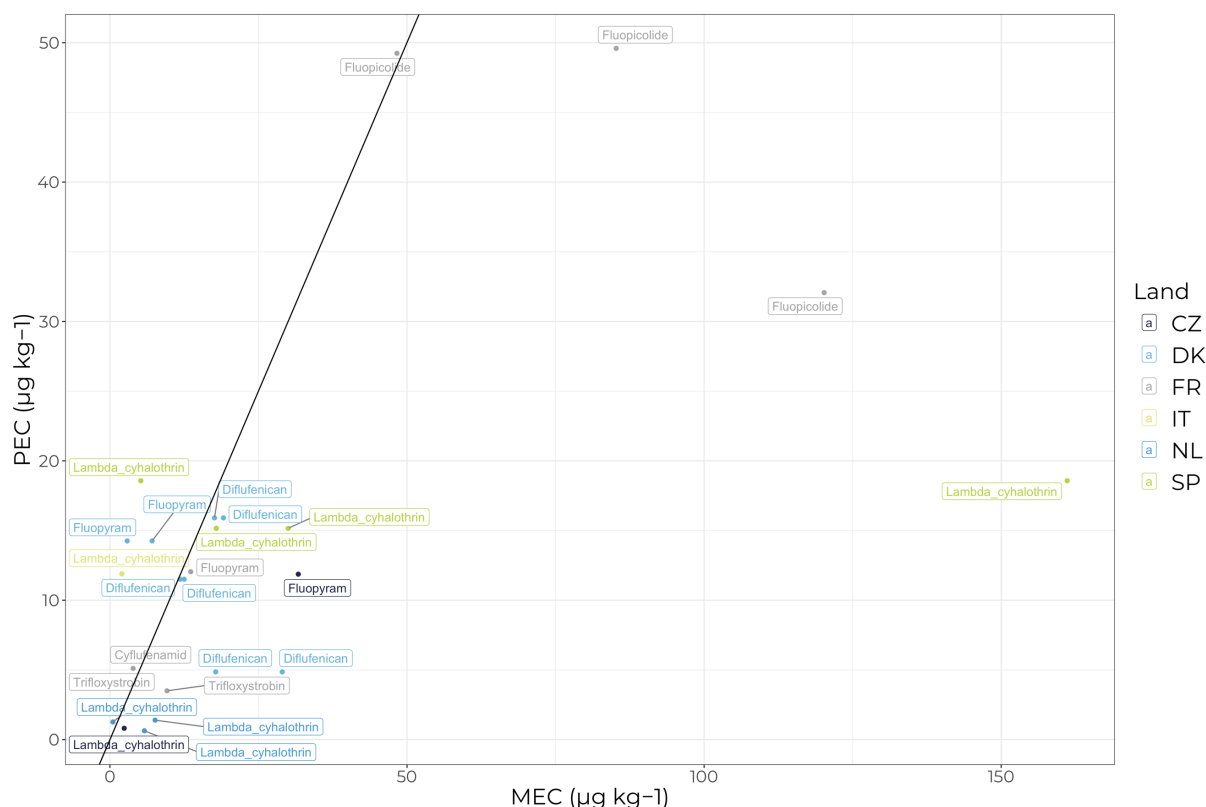
Knuth et al. hebben ook de MEC/PEC -ratio bepaald om te onderzoeken of de gemeten concentraties en de modelberekeningen overeenkomen. Bij het bepalen van deze ratio stellen zij vast dat de 'predicted environmental concentrations' (PEC), die in EU-dossiers worden gebruikt voor de toelating van werkzame stoffen, niet goed corresponderen met de 'measured environmental concentrations' (MEC) in de bodems op de onderzoekslocaties in 2021 (zie Figuur 7.2).



Figuur 7.2 MECs versus PECs van alle gemeten pesticiden. De stippen representeren de gecombineerde data van aangetroffen residuen en toegepaste middelen. (Knuth et al., 2024)

Deze analyse is uitgevoerd voor alle aangetroffen pesticiden. Knuth et al. (2024) hebben ook gekeken naar de MEC/PEC ratio voor verschillende klassen van pesticiden met een uiteenlopende persistentie. Op basis van die analyse concluderen zij dat via de PEC de levensduur van niet- of matig-persistente pesticiden wordt onderschat.

Met behulp van de ruwe data aangeleverd door Knuth hebben we zelf de MEC/PEC-ratio voor uitsluitend de PFAS-pesticiden in beeld gebracht (Figuur 7.3).



Figuur 7.3 MECs versus PECs van alleen de gemeten PFAS-pesticiden. De stippen representeren de gecombineerde data van aangetroffen residuen en toegepaste middelen. (Knuth et al., 2024)

Hieruit blijkt eveneens dat ook voor PFAS-pesticiden de PEC niet zonder meer een goede voorspeller is van de MEC. Metingen zijn nodig om goed inzicht te krijgen in de concentraties van PFAS-pesticiden in de bodem. Modelmatige voorspellingen zijn ontoereikend.

7.5 Risico's van PFAS-pesticiden en -metabolieten in de bodem

Accumulatie van PFAS-pesticiden en metabolieten in de bodem kan de volgende risico's met zich meebrengen:

1. Opname in het (volg)gewas

PFAS kunnen vanuit de bodem worden opgenomen door gewassen in de wortel of knol, in de stengel en/of in het blad. PFAS met kortere ketens worden makkelijker opgenomen dan PFAS met langere ketens. Bij meerjarige gewassen kunnen PFAS zich ophopen in de plant. Na de oogst kunnen bij de afbraak van gewasresten of bij het onderwerken van gewasresten, mechanisch dan wel door regenwormen, de PFAS weer in de bodem terecht komen. (Schilling Costello & Slee, 2024)

De mate waarin gewassen PFAS opnemen is – naast de lengte van de koolstofketen van de PFAS - van veel factoren afhankelijk, zoals bijvoorbeeld het zoutgehalte, de temperatuur en de pH. (Biswas et al., 2025) Mei et al. (2021) stellen dat het nodig is om meer inzicht te krijgen in de rol van 3 functionele groepen PFAS bij de opname van PFAS door planten. Ze onderscheiden cationische, neutrale en zwitterionische PFAS. Hydrofobe reacties zijn het meest typisch voor zwitterionische PFAS. Deze hechten zich daarmee het sterkst aan bodemdeeltjes (Kabiri et al. 2024).

Bij opname van de PFAS-pesticiden in de bodem door het volggewas kunnen de PFAS (of metabolieten daarvan) in de voedselketen van mens en dier terechtkomen. Zo accumuleert metaboliet TFA in allerlei gewassen⁴⁹ en worden diverse PFAS-pesticiden in toenemende mate in groente en fruit aangetroffen⁵⁰. Bij teelt van veevoedergewassen is er kans op accumulatie in melk, vlees en eieren. Bij toename van PFAS-gehalten in producten voor humane consumptie kan de inname van PFAS door de bevolking boven de door de EFSA vastgestelde 'gezondheidskundige grenswaarde' te komen.

2. Effecten op bodemleven

Effecten van PFAS op het bodemleven zijn nog niet goed onderzocht. Wel zijn er diverse onderzoeken uitgevoerd naar PFAS in eieren van hobbykippen (Nederlof, Vrijenhoek en Boon, 2025) (Arcadis, 2024) (Geerlings, Bestman en van Eekeren, 2024). In het onderzoek voor de regio Zuid-Holland-Zuid en de gemeente Altena bleek dat regenwormen een belangrijke bron zijn van PFAS in de eieren. In het landelijke onderzoek naar PFAS in eieren van hobbykippen legt het RIVM een relatie met diverse bronnen, zoals bodem, water, voer en omgevingsfactoren. Van regenwormen is dus bekend dat er bioaccumulatie plaatsvindt. Dit ligt ook wel voor de hand, gezien hun rol als opruimer van onder andere gewasresten en ander organisch afval in het bodemecosysteem. Effecten van PFAS pesticiden op bodemleven zijn deels af te leiden uit de Europese en Nederlandse toelatingsdossiers, waarin risico's voor bodemleven een van de parameters is. In de milieumeetlat zijn voor bodemleven -naast grondwater en waterleven-milieubelastingspunten vastgesteld, gebaseerd op deze toelatingsdossiers. PFAS pesticiden zoals cyflufenamide, sulfoxaflor, tefluthrin en tritosulfuron hebben een hoge milieubelasting (>1000 mbp) voor het bodemleven.

⁴⁹ https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/uxcnaa2c/eurofins_tfa_tfms_juice_24_final.pdf

⁵⁰ https://www.pan-europe.info/sites/pan-europe.info/files/public/resources/reports/Report_Toxic%20Harvest%20The%20rise%20of%20forever%20PFAS%20pesticides%20in%20fruit%20and%20vegetables%20in%20Europe%2027022024%20%281%29.pdf

3. Uitspoeling naar het grondwater

Dit risico is al uitgebreid aan bod geweest in hoofdstuk 6. Aanvullend is het goed om te weten dat PFAS die zich heeft opgehoopt in de bodem op een later stadium alsnog kan uitspoelen. Dit effect kan vooral worden verwacht waar PFAS zich heeft gehecht aan organische stof die mobiel is of wordt. Als er verticaal transport plaatsvindt van opgeloste organische koolstof of opgeloste humuszuren, dan kunnen de PFAS mee migreren.

7.6 Afbraak van PFAS-pesticiden in de bodem

Vanuit de toelatingsdossiers van de PFAS-pesticiden is informatie bekend over de afbraak van deze pesticiden in de bodem. De afbraaksnelheid varieert tussen de verschillende stoffen, en er vindt vorming van metabolieten plaats (zie hoofdstuk 5), waarbij -uiteindelijk- bij de meeste PFAS-pesticiden de metaboliet TFA wordt gevormd.



8. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Tot voor kort was er in Nederland nog weinig bekend over PFAS-pesticiden. Deze studie geeft inzicht in de toelating en afzet van PFAS-pesticiden in de periode 2010-2023. De afzet van PFAS-pesticiden is afgelopen drie jaar (2020-2023) sterk toegenomen. Op basis van diverse data is een inschatting gemaakt van het gebruik van PFAS-pesticiden in diverse open teelten en in de glastuinbouw in de zeven provincies. Informatie over de impact van het gebruik van deze middelen is nog onvolledig. De meetpakketten in grondwater zijn incompleet; bij bodemmetingen en drinkwatermetingen worden voornamelijk PFAS-verbindingen gemeten die afkomstig zijn uit andere bronnen dan de landbouw. De beschikbare data en literatuur die in deze studie zijn onderzocht bevestigen de zorgen dat ongewenste verspreiding van PFAS-pesticiden naar grondwater en bodem plaatsvindt. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste conclusies getrokken, gevolgd door een aantal aanbevelingen.

8.1 Conclusies

1. In Nederland zijn sinds begin jaren '90 PFAS-pesticiden toegelaten. In augustus 2025 gaat het om 25 PFAS-pesticiden (werkzame stoffen). Het betreft tien fungiciden, acht herbiciden en zeven insecticiden. In totaal zijn er 116 middelen op de markt die deze 25 PFAS-pesticiden bevatten. Sommige PFAS-pesticiden zijn slechts toegelaten in één of enkele gewassen (zoals pyroxsulam) en anderen in een groot aantal gewassen (zoals fluopyram en flonicamid).
2. De laatste drie jaar (2020-2023) is een sterke stijging te zien in de afzet van PFAS-pesticiden (tot 67% toename in 2023). De grootste afzet van PFAS-pesticiden betreft de groep van fungiciden. Ook de sterkste stijging in de afzet doet zich voor binnen deze groep. De drie meest verkochte fungiciden zijn fluazinam, fluopyram en fluopicolide. Deze middelen kennen een brede toepassing in diverse teelten. Het aandeel

PFAS-pesticiden in de totale afzet van gewasbeschermingsmiddelen is toegenomen van 1,5% in 2010 naar 3,6% in 2023.

3. Inzicht in het gebruik van PFAS-pesticiden in verschillende gewassen en provincies is volstrekt onvoldoende. De meest recente data van de CBS-enquête zijn van het jaar 2020 en zijn een factor 2 lager dan de afzetcijfers die de rijksoverheid jaarlijks openbaar maakt. Om toch een globale indicatie te krijgen zijn de gegevens gecorrigeerd voor de afzet en is een inschatting gemaakt van gebruik in gewassen en provincies, met de volgende indicatie:
4. Het aantal PFAS-pesticiden in de gewassen varieerde in 2020 tussen 0 (koolzaad) en 7 (blad- en potplanten onder glas en pootaardappelen). In gewassen zoals appels, gerbera's, lelies, granen en tulpen is het aantal 5-6 PFAS-pesticiden. De gebruikte kilogrammen PFAS-pesticiden per hectare geven een enigszins ander beeld. Met name in gerbera's, chrysanten en rozen onder glas was het gebruik per hectare in 2020 hoog (3,7 – 5,4 kg/ha).
5. Het totale gebruik per gewas hangt af van de arealen van het gewas. Op basis van de arealen van de Basisregistratie Percelen (BRP) in 2020 is het totale gebruik met name in de akkerbouwgewassen (aardappelen, wintertarwe, suikerbieten, maïs) en bollen (lelies en tulpen) het hoogst.
6. Vanuit de 25 momenteel toegelaten PFAS-pesticiden blijken minstens 134 metabolieten gevormd te kunnen worden. Per pesticide worden meerdere metabolieten gevormd, die zelf ook PFAS-verbindingen kunnen zijn. Stapsgewijs breekt het molecuul verder af: er vormen zich vanuit de metabolieten ook weer nieuwe metabolieten. Het aantal metabolieten dat wordt gevormd verschilt per PFAS-pesticide en varieert tussen 0 en 13. Van de 134 metabolieten is 75% zelf ook nog een PFAS-verbinding.
7. De in Nederland toegelaten hulpstoffen bestaan uit drie categorieën, te weten co-formulanten, beschermstoffen/synergisten en toevoegingsstoffen. Op dit moment zijn volgens het Ctgb alleen nog 3 gewasbeschermingsmiddelen en 1 biocide toegelaten die als co-formulanten PFAS-verbindingen bevatten. Opmerkelijk is dat informatie over de stoffen moeilijk te vinden is en deels niet openbaar mag worden gemaakt

door het Ctgb⁵¹. Ook ontbreekt voor de 181 toevoegingsstoffen die nu zijn toegelaten nog steeds een beoordeling van risico's voor mens en milieu.

8. De mate van uitspoeling naar het grondwater van de PFAS-pesticiden varieert. Op basis van de milieumeetlat geven vijf PFAS-pesticiden (twee fungiciden en drie herbiciden) het grootste uitspoelingsrisico.
9. In de periode 2010-2022 is de milieubelasting voor het grondwater van de PFAS-pesticiden - die in deze periode of in een deel daarvan waren toegelaten - gezamenlijk sterk toegenomen. De cijfers voor 2023 laten een lichte afname zien, die kan samenhangen met fluctuaties in schimmeldruk en gebruik tussen de jaren. De recent toegelaten fungicide mefentrifluconazole speelt een groeiende rol in het uitspoelingsrisico. De afzet van dit middel is in een korte tijd snel gestegen.
10. Raadpleging van de grondwateratlas geeft een eerste indicatie van het aantreffen van de PFAS-pesticiden in het grondwater. In de atlas worden verschillende PFAS-pesticiden aangetroffen. Een gering aantal PFAS-pesticiden is in de grondwateratlas aangetroffen boven de drinkwaternorm voor pesticiden van 100 ng/l. Er blijken echter grote verschillen te zijn in de meetfrequentie van de stoffen. Een aantal PFAS-pesticiden en metabolieten (waaronder TFA) is niet in de grondwateratlas opgenomen en wordt niet gemonitord. Ook zijn de meetlocaties zeer divers en mogelijk onvoldoende representatief. De grondwateratlas biedt daarom slechts beperkt informatie.
11. In het grondwatermeetnet van de provincies zijn in 2024 slechts zes van de 25 PFAS-pesticiden geanalyseerd. Vijf van de zes PFAS-pesticiden zijn aangetroffen, soms boven de drinkwaternorm. Dit laatste is het geval op een tiental punten in Nederland. Op deze punten zijn tevens verhoogde concentraties TFA geconstateerd en is sprake van grondgebruik van gewassen waarin PFAS-pesticiden worden gebruikt. Dit komt overeen met de bevindingen in onderzoeken in Duitsland, Denemarken en Utrecht. De uitgevoerde statistische analyse van TFA-concentraties en grondgebruik bij de provinciale meetpunten in 2024 laat geen verband zien tussen landbouwkundig grondgebruik en TFA-concentraties. Wel blijkt er een beperkt verband tussen hoog risico gewassen en de TFA concentratie, in enkele dieptelagen, met name bij diepte

⁵¹ Het Ctgb geeft aan dat informatie over de volledige samenstelling van toegelaten gewasbeschermingsmiddelen en toevoegingsstoffen volgens Verordening 1107/2009 (artikel 63) niet zonder toestemming van de toelatinghouders openbaar gemaakt mag worden.

2 en 4. Tevens blijkt op meetpunten waar 1 of meer pesticiden zijn aangetroffen ook TFA te worden aangetroffen. Dit wijst op een relatie met gewassen waarin hoog gebruik van (PFAS-)pesticiden plaatsvindt.

12. Vanuit verschillende bronnen (naast PFAS-pesticiden gaat het om industrie, brandbluslocaties, gebruik van verontreinigd water, slib of compost en bijvoorbeeld ook depositie vanuit de lucht) kunnen PFAS zich ophopen in de bodem en accumuleren in gewassen, in het bodemleven en/of alsnog uitspoelen naar het grondwater. Metingen van PFAS-concentraties in de bodem door het RIVM betreffen uitsluitend PFAS die tot de som-PFOS en de som-PFOA kunnen worden gerekend. Landbouwlocaties zijn - samen met natuurlocaties - aangemerkt als 'onbeïnvloed'. Achtergrondwaarden, risicogrenzen, maximale waarden en interventiewaarden zijn enkel gebaseerd op gemeten concentraties op gronden die vanuit puntbronnen met PFAS zijn belast. Kennis over het gedrag van PFAS in de bodem is gebaseerd op dezelfde groepen PFAS.
13. Metingen van concentraties PFAS-pesticiden zijn schaars. In het EU-project SPRINT waren in bodemmetingen de helft van de in Nederland toegelaten PFAS-pesticiden onderdeel van het analysepakket. Vier PFAS-pesticiden werden regelmatig aangetroffen in de bodem (19 tot 26 keer), te weten diflufenican, fluopicolide, fluopyram en lambda-cyhalothrin. Twee PFAS-pesticiden (cyflufenamide en trifloxystrobin) werden slechts enkele keren aangetroffen. Dit waren cyflufenamide en trifloxystrobin. De gehalten van deze PFAS-pesticiden in de bodem varieerden tussen 0,5 en 161 microgram/kg. Flupicolide en lambda-cyhalothrin hadden de hoogste waarden.
14. De normering van Normering drinkwater in de Europese Drinkwater-richtlijn (EU), in de vorm van de toelateerbare wekelijkse inname (EFSA) en de drinkwaterrichtwaarde (RIVM) zijn gebaseerd op een beperkte groep PFAS. Voor TFA geldt nog geen Europese richtlijn, maar heeft het RIVM wel een indicatieve drinkwaterrichtwaarde bepaald. De Nederlandse bevolking krijgt via alleen drinkwater niet meer PFAS binnen dan de gezondheidkundige grenswaarde toestaat. Als het gaat om de inname van de combinatie van drinkwater en voedsel is dat wel het geval.

8.2 Aanbevelingen

1. Het advies is actief te communiceren naar de sector om gebruikers inzicht te geven in welke PFAS-pesticiden in welke middelen op de markt zijn, bijvoorbeeld via vakbladen en de milieumeetlat.
2. Het advies aan de Rijksoverheid is de verplichte registratie⁵² van gewasbeschermingsmiddelen centraal beschikbaar te maken voor analyse en evaluatie van risico's voor mens en milieu. Hiermee wordt het mogelijk een betrouwbare analyse van bronnen uit te voeren en een koppeling te maken met gerichte maatregelen, ook voor de PFAS pesticiden.
3. Het verdient aanbeveling de belangrijkste metabolieten onderdeel te maken van het meetpakket in grondwater en bij de Rijksoverheid en Ctgb aan te dringen op een grondige analyse van de PFAS-metabolieten.
4. We adviseren de Rijksoverheid de toelating van PFAS-hulpstoffen in gewasbeschermingsmiddelen zo spoedig mogelijk te beëindigen. En tevens in Europa te bepleiten om de identiteit van toevoegingsstoffen verplicht openbaar te maken en aan te dringen op een snelle toelatingsbeoordeling van deze stoffen ten aanzien van risico's voor mens en milieu.
5. We adviseren de monitoring via provinciale grondwatermetingen en de Grondwateratlas uit te breiden met alle PFAS-pesticiden en met relevante PFAS-metabolieten, en de resultaten te rapporten en evalueren.
6. Het verdient aanbeveling gericht metingen van alle PFAS-pesticiden in landbouwbodems uit te voeren om het risico voor het bodemleven en de doorwerking van PFAS in de voedselketen beter in te kunnen schatten. Advies is deze metingen uit te voeren in bodems waar gewassen met intensief gebruik van PFAS-pesticiden geteeld worden (zoals aardappelen, wintertarwe, suikerbieten, maïs, bollen- en fruitteelt).
7. We bevelen provincies en Vewin aan de bevindingen van het rapport te agenderen bij de ministeries van LNV en I&W en het Ctgb. En aan te geven dat actie vanuit het beleid en de toelating gewenst is. Aanbeveling aan de ministeries en Ctgb is actie te ondernemen met als aandachtspunten de noodzaak van centrale registratie van

⁵² Gebruikers hoeven nu het gebruik slechts op het bedrijf beschikbaar te hebben bij controle. Door de registraties in een centraal register beschikbaar te maken is analyse van bronnen te koppelen aan maatregelen.

gebruiksgegevens, uitbreiding van het meetpakket, het gebrek aan transparantie t.a.v. hulpstoffen, PFAS-metabolieten (TFA en andere metabolieten) en de risico's van de stoffen voor grondwater, bodem en gewas. De Rijksoverheid kan het grondwater als bron voor drinkwater beter beschermen door het gebruik van risicovolle (PFAS-)pesticiden in te perken. Provincies⁵³ zelf kunnen via de omgevingsverordening de grondwaterbescherming versterken door het gebruik van risicovolle (PFAS-)pesticiden in te perken⁵⁴.

⁵³ Natuur & Milieu en Urgenda 2025

⁵⁴ Een deel van de PFAS pesticiden past goed in IPM (geïntegreerde gewasbescherming) omdat ze een beperkt effect hebben op biologische bestrijders. Bij verbieden of inperken van PFAS pesticiden is het aan te bevelen hier rekening mee te houden.

REFERENTIES

- Aa, N.G.F.M. van der, J. Hartmann en C.E. Smit (2022), *PFAS in Nederlands drinkwater vergeleken met de nieuwe Europese Drinkwaterrichtlijn en relatie met gezondheidkundige grenswaarde van EFSA*. Bilthoven: RIVM-briefrapport 2022-0149.
- Alexandrino, D.A.M., C.M.R. Almeida, A.P. Mucha, M.F. Carvalho (2022), *Revisiting pesticide pollution: the case of fluorinated pesticides*. In: Environmental Pollution 292 (Part A): 118315.
- Aloui, A. et al. (2024), Assessing pesticide residue occurrence and risks in the environment across Europe and Argentina. In: Environmental Pollution, Volume 363, p. 125056.
- Amato, E., D. Vughs, S.M. Shaikh, J. van Leeuwen (2025), Trifluoroacetic acid (and other short chain PFAS) in abstracted groundwater for drinkwater production. Nieuwegein: KWR.
- Arcadis (2024), Rapportage onderzoek PFAS in eieren en mogelijke bronnen in de regio Zuid-Holland-Zuid en gemeente Altena. Arnhem: Arcadis Nederland BV.
- Arp, H.P.H., A. Gredelj, J. Glüge, M. Scheringer en A.T. Cousins (2024), The Global Threat from the Irreversible Accumulation of Trifluoroacetic Acid (TFA). In: Environmental Science & Technology 2024, 58, 19925-19935.
- Bakker, H. (2024), Memorandum Toelichting Rapportage Grondwaterkwaliteit 2024. Utrecht: Provincie Utrecht.
- Bhat, A.P., Pomerantz, W.C.K., Arnold, W.A., 2022. Finding Fluorine: Photoproduct Formation during the Photolysis of Fluorinated Pesticides. Environ. Sci. Technol. 56, 12336–12346. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04588>
- Biswas, B. et al. (2025), *Contamination of per- and poly-fluoroalkyl substances in agricultural soils, A review*. In: Journal of Environmental Management, Volume 380, p. 124993.
- Buck R.C. et al. (2011), *Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: terminology, classification, and origins*. Integrated Environmental Assessment and Management 7(4), 513–541.
<https://doi.org/10.1002/ieam.258>

- Bulder, A. et al. (2024), *PFAS-onderzoeksprogramma RIVM; Inventarisatie beschikbare informatie en afbakening onderzoek*. Bilthoven: RIVM.
- CBS, 2020. <https://opendata.cbs.nl/?searchKeywords=85130ned#/CBS/nl/dataset/85130NED/table>
- Dekker, A., P. Leendertse, H. Bosland en S. Holleman (2024), *PFAS pesticiden en grondwater*. CLM rapport 1193. Culemborg: CLM Onderzoek en Advies.
- EU (2025), *Uitvoeringsverordening (EU) 2025/910 van de Commissie van 20 mei 2025*. http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2025/910/oj
- Feng, G. et al. (2024), *Influence of soil composition and environmental factors on the adsorption of per- en polyfluoroalkyl substances: A review*. In: Science of The Total Environment, Volume 925 (15 May 2024), p. 171785.
- Geerlings, E., M. Bestman en N. van Eekeren (2024), Verkenning van PFAS in eieren van hobbykippen en mogelijke oorzaken. Bunnik: Louis Bolk Instituut.
- Internationale commissie ter bescherming van de Rijn (2019). Trifluoracetaat in (TFA) in oppervlaktewater, drinkwater en afvalwater. Koblenz: ICBR.
- Janssen, P. en F. Affourtit (2022), Advies Drinkwaterrichtwaarde voor Trifluorazijnzuur. Bilthoven: RIVM.
- Johnsen, A.R., T. Henriksen en C.N. Albers (2024), TriFluPest, Trifluoreddikesyre (TFA) fra pesticider. Kopenhagen: Miljøstyrelsen.
- Jonker, M.T.O. (2024), PFAS-bronnen in Nederland. Bronnenonderzoek op basis van monitoringsdata. Utrecht: Utrecht University, Institute for Risk Assessment Sciences (IRAS).
- Kabiri, S., Monaghan, C., Navarro, D. en M. McLaughlin (2024), *Hydrophobic interaction is the dominant mechanism of zwitterionic PFAS adsorption to carbon-based sorptive materials in water and soil*. In: Environmental Science: Water Research & Technology, Volume 2.
- Kools, S. N. Meekel en F. Béen (2022). *PFAS in Europees watereen verkenning. Rapport KWR 2022.130*. KWR Nieuwegein
- Knuth, D. et al. (2024), *Pesticide Residues in Organic and Conventional Agricultural Soils across Europe: Measured and Predicted Concentrations*. In: Environmental Science & Technology, Volume 58, pp. 6744-6752.

- Leendertse, P.C., E. Hoftijser en L. Lageschaar (2019). *Milieumeetlat voor bestrijdingsmiddelen in de open teelten*. Achtergrondnotitie. CLM rapport 1007. Culemborg: CLM Onderzoek en Advies.
- Leerdam, R.C., K.S. As en N.G.F.M. van der Aa (2025), De drinkwatervoorziening van de toekomst, Ontwikkeling bronnen, zuiveringstechnologie en klimaatrisico's 2030 tot 2050. Bilthoven: RIVM.
- Leeuwen, J. van, B. van der Grift en F. Been (2022), *Kennisdocument PFAS gedrag in bodem*. Nieuwegein: KWR Water.
- Mark, J. et al. (2024), *Selected farm-level crop protection practices in Europe and Argentina: Opportunities for moving toward sustainable use of pesticides*. In: Journal of Cleaner Production, Volume 477, p. 143577.
- Mei, W. et al. (2021), *Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in the soil-plant system: Sorption, root uptake, and translocation*. In: Environment International, Volume 156, p. 106642.
- Natuur & Milieu en Urgenda (2025), Provinciale handleiding Regulering bestrijdingsmiddelen. Utrecht: Natuur & Milieu.
- Nederlof, R., N.G. Vrijenhoek en P.E. Boon (2025), Risk assessment of PFAS through consumption of home-produced eggs in the Netherlands. Bilthoven: RIVM.
- Negash, N. (2021), *Fate and Transport of Per- and Polyfluoroalkyl Substances in the Unsaturated Zone*. Bilthoven: RIVM.
- Oviedo-Vargas, D., J. Anton, S. Coleman-Kammula en X. Qin (2025), Quantification of PFAS in soils treated with biosolids in ten northeastern US farms. In: Scientific reports 15, article number: 5582.
- Pancras, T., E. van Bentum en H. Slenders (2018), *Per- en PerFluor Alkyl Stoffen (PFAS), Kennisdocument over stofeigenschappen, gebruik, toxicologie, onderzoek en sanering van PFAS in grond en grondwater*. Expertisecentrum PFAS.
- PAN Europa en PAN Nederland (2024), *Giftige oogst, De toename van PFAS-pesticiden in groenten en fruit in Europa*. Assen: PAN Nederland.

Pesticide Action Network Europe and Générations Futures (2023), *Europe's toxic harvest, unmasking PFAS pesticides authorized in Europe*. Brussel: PAN, Parijs: Générations Futures.

Provincie Utrecht (2023), *Memorandum Toelichting Rapportage Freatische Grondwaterkwaliteit Meetronde 2023 uitgevoerd in de Provincie Utrecht*.

Röhler, K., A.A. Haluska, B. Susset, B. Liu en P. Grathwohl (2021), Long-term behavior of PFAS in contaminated agricultural soils in Germany. In: *Journal of Contaminant Hydrology*, Volume 241, August 2021, 103812.

Rijksoverheid (2025), *Gewasbeschermingsmiddelen met PFAS*. Den Haag: Nederlandse Arbeidsinspectie, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid.

Saliu, T.J. en S. Sauvé (2024), A review of per- and polyfluoroalkyl substances in biosolids: geographical distribution and regulations. In: *Frontiers in Environmental Chemistry*, Volume 5, 10.3389.

<https://doi.org/10.3389/fenvc.2024.1383185>

Schilling Costello, M. en L. Slee (2024), *Sources, Fate, and Plant Uptake in Agricultural Systems of Per- and Polyfluoroalkyl Substances*. In: *Current Pollution Reports*, Volume 10, pp. 799-819.

Scheurer, M., Nödler, K., Freeling, F., Janda, J., Happel, O., Riegel, M., Müller, U., Storck, F.R., Fleig, M., Lange, F.T., Brunsch, A., Brauch, H.-J., 2017. Small, mobile, persistent: Trifluoroacetate in the water cycle – Overlooked sources, pathways, and consequences for drinking water supply. *Water Res.* 126, 460–471.

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.09.045>

Slagter, L. et al. (2024), Koepelrapport tussenevaluatie KRW. AT Osborne, Witteveen en Bos en FLO Legal in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

Wang, Y., U. Munir en Q. Huang (2023), Occurrence of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in soil: Sources, fate, and remediation. In: *Soil & Environmental Health* 1 (2023) 100004.

Wintersen, A., J. Spijker, P. van Breemen en H. van Wijnen (2020), *Achtergrondwaarden perfluoralkylstoffen (PFAS) in de Nederlandse landbodem*. Bilthoven: RIVM.



BIJLAGEN

Bijlage 1. Start- en expiratedatum van de 27 PFAS-pesticiden

Let op: In rood zijn de werkzame stoffen aangegeven die reeds verboden zijn. In oranje de werkzame stoffen die een opgebruiktermijn hebben (en daarna niet meer gebruikt mogen worden. Voor de andere werkzame stoffen betekent de expiratedatum niet dat dan de toelating definitief wordt beëindigd. Vóór die datum vindt namelijk meestal herbeoordeling of procedurele verlenging plaats.

Fungiciden	Startdatum	Expiratedatum
Cyflufenamide	24-08-2012	30-06-2028
Fluazinam	16-11-1990	15-04-2027
Fluopyram (<i>tevens nematocide</i>)	18-01-2013	30-06-2027
Fluopicolide	01-06-2007	15-06-2026
Flutianil	04-05-2023	14-04-2030
Flutolanil	14-12-2008	15-06-2027
Mefentrifluconazole	31-07-2020	20-03-2030
Oxathiapiproline	10-08-2018	03-03-2028
Penthiopyrad	06-11-2015	31-10-2028
Trifloxystrobin	29-03-2002	31-07-2034

Herbiciden	Startdatum	Expiratedatum
Diflufenican	10-10-1991	15-01-2027
Fluazifop-P-butyl	20-10-1992	31-05-2027
Flufenacet	26-04-2002	10-12-2026
Isoxaflutol	20-02-1998	31-07-2035
Picolinafen	09-01-2019	30-06-2032
Prosulfuron	03-02-2012	01-05-2026
Pyroxsulam	06-11-2009	30-09-2028
Tritosulfuron	09-01-2009	31-07-2025
Tembotrione	05-03-2010	31-12-2027
Triflusulfuron-methyl	14-10-1996	20-02-2024

(vervolg volgende pagina)

Insecticiden	Startdatum	Expiratiedatum
Cyflumetofen	22-04-2011	01-06-2026
Flonicamid	16-12-2005	30-11-2027
Lambda-cyhalothrin	07-04-1992	31-08-2027
Metaflumizone	03-05-2019	30-06-2026
Pyridalyl	30-07-2010	31-12-2025
Sulfoxaflor	23-05-2020	18-05-2029
Tefluthrin	28-09-1992	31-05-2028

Bijlage 2. Metabolieten van de PFAS-pesticiden

Moederstof	Metabool	PFAS?	Vormingspercentage	T1/2 bodem. (jaar)
Cyflumetofen	α,α,α -trifluoro-o-toluic acid	Ja	53,20%	16,8
	α,α,α -trifluoro-o-toluic anhydride	Ja	28%	
	2-(trifluoromethyl) benzamide	Ja		15,1
	(RS)-2-(4-tert-butylphenyl)-3-oxo-3-(α,α,α -trifluoro-o-tolyl)propionon	Ja	21,60%	82,99
	2-methoxyethyl (RS) - [4-tert-butyl-2-(α,α,α -trifluoro-o-tolyl)phenyl]c	Ja	10,80%	
	isopropyl (RS)-2-(4-tert-butylphenyl)-2-cyano-3-oxo-3-(α,α,α -trifluoro-	Ja	10%	
	5-tert-butyl-2-(2-cyano-1-(2-(trifluoromethyl)phenyl)-4-methoxy-1-oxo-	Ja	54,70%	
	(4-tert-butylphenyl) acetonitrile	Nee	18,40%	
	(4-tert-butylphenyl) cyanoacetic acid	Nee	48,80%	
	ethyl 2-(4-tert-butylphenyl)-3-oxo-3-[2-(trifluoromethyl)phenyl]propan	Ja	10,70%	
Cyflufenamide	N-cyclopropylmethoxy-2,3-difluoro-6-trifluoromethylbenzamidine	Ja	34,70%	8,9
	(Z)-N-(cyclopropylmethoxyimino)-2,3-difluoro-6-trifluoromethylbenzyl	Ja	18,50%	2,3
	2,3-difluoro-6-trifluoromethylbenzamidine	Ja	22,90%	168,5
	2,3-difluoro-6-trifluoromethylbenzamide	Ja	9%	1247
	N-((Z)-[(cyclopropylmethoxy)imino][2,3-difluoro-6-	Ja		
	N-((Z)-[(cyclopropylmethoxy)imino][2,3-difluoro-6-	Ja		
	N-((Z)-[(cyclopropylmethoxy)imino][2,3-difluoro-6-	Ja		
	N-((Z)-[2,3-difluoro-6-trifluoromethyl-(β -glucopyranosylimino)benzyl]-	Ja		
	phenylacetic acid	Nee		
	cyclopropanecarboxylic acid	Nee		
	cyclopropylmethanol	Nee		
Diflufenican	2-[3-(trifluoromethyl)phenoxy]pyridine-3-carboxamide	Ja	15,7	22,9
	2-[3-(trifluoromethyl)phenoxy]pyridine-3-carboxylic acid	Ja	8,79	10,3
	2,4-difluoroaniline	Nee		
Fonicamid	N-(4-trifluoromethylnicotinoyl)glycine	Ja	3,9	0,5
	4-trifluoromethylnicotinic acid	Ja	36,4	0,4
	4-trifluoromethylnicotinamide	Ja	7,6	0,5
	N-(4-trifluoromethylnicotinoyl)glycinamide	Ja	10,2	0,5
	6-hydroxy-4-trifluoromethylnicotinic acid	Ja	21,3	1,6
	4-trifluoromethylpyridine	Ja		
Fluazinam	5-(3-chloro-5-trifluoromethyl-2-pyridylamino)- α,α,α -trifluoro-4,6-dinit	Ja	13,9	117,6
	2-chloro-6-(3-chloro-5-trifluoromethyl-2-pyridylamino)- α,α,α -trifluoro	Ja	31,2	
	4-chloro-2-(3-chloro-5-trifluoromethyl-2-pyridylamino)-5-trifluoromet	Ja	12	
	5-chloro-6-(3-chloro-2,6-dinitro-4-trifluoromethylanilino) nicotinic aci	Ja	95,1	
	4,9-dichloro-6-nitro-8-(trifluoromethyl)-pyrido-[1,2-a]benzimidazole-2	Ja	17,1	
	4-chloro-6-(3-chloro-5-trifluoromethyl-2-pyridylamino)- α,α,α -trifluoro-	Ja	10	
	trifluoro acetic acid			
Fluopicolide	4-N-[3-chloro-5-trifluoromethylpyridin-2-yl](hydroxyl)methyl]-2,6-dich	Ja	10,6	5
	3-chloro-5-trifluoromethylpyridine-2-carboxylic acid	Ja	16	4,6
	2,6-dichlorobenzamide	Nee	40,2	1831
	3-methylsulfinyl-5-trifluoromethylpyridine-2-carboxylic acid	Ja		130
	3-sulfo-5-trifluoromethylpyridine-2-carboxylic acid	Ja		253
	isomers x-hydroxy-y-sulfo-5-trifluoromethylpyridine-2-carboxylic acid	Ja		
	3-mesyl-5-(trifluoromethyl)pyridin-2-ol	Ja		
Fluopyram	N-{2-[3-chloro-5-(trifluoromethyl)-2-pyridinyl]-2-hydroxyethyl}-2-(triflu	Ja	4	8,1
	2,9-bis(trifluoromethyl)-6,7-dihydropyrido[2,3-e][2]benzazocin-8(5H)-	Ja		
Fluazifop-P-butyl	fluazifop-P		80	9,1
	5-(trifluoromethyl)-2(1H)-pyridinone	Ja	25	
	4-[[5-(trifluoromethyl)-2-pyridinyl]oxy]phenol	Ja	12,9	
	4H-pyrano[2,3-b]pyridine-6-carboxylic acid	Nee	12,4	
	6-(trifluoromethyl)-2-azabicyclo[2.2.0]hex-5-en-3-one	Nee	10,8	

Moederstof	Metabool	PFAS?	Vormingspercentage	T1/2 bodem. (jaar)
Flufenacet	[(4-fluorophenyl)(propan-2-yl)amino](oxo)acetic acid	Nee	26	
	2-[(4-fluorophenyl)(propan-2-yl)amino]-2-oxoethane-1-sulfonic acid	Nee	26	
	trifluoroacetic acid	Ja	81	
	N-(4-fluorophenyl)-2-(methanesulfonyl)-N-(propan-2-yl)acetamide	Nee	7,6	
	5-(trifluoromethyl)-1,3,4-thiadiazol-2(3H)-one	Ja	82	
	2,2,2-trifluoroethane-1-sulfonic acid	Ja	6	
	N-(4-fluorophenyl)-2-(methylsulfonyl)-N-(propan-2-yl)acetamide		8	
Flutianil	(2Z)-[[2-fluoro-5-(trifluoromethyl)phenyl]sulfonyl]-3-(2-methoxyphenyl)	Ja	18,9	119
	(2Z)-[[2-fluoro-5-(trifluoromethyl)phenyl]sulfonyl]-3-(2-methoxyphenyl)	Ja	8,6	
	2-fluoro-5-(trifluoromethyl)benzenesulfonic acid	Ja	10,7	
	(2Z)-[[2-fluoro-5-(trifluoromethyl)phenyl]sulfonyl]-4-hydroxy-3-(2-methoxyphenyl)	Ja	15,8	
Flutolanil	Mineralization		0,4-27	
	Unextractable		3-27,9	
Isoxaflutol	(2RS)-3-cyclopropyl-2-[2-(methylsulfonyl)-4-(trifluoromethyl)benzoyl]-2-mesyl-4-trifluoromethylbenzoic acid	Ja	96,4	44,9
	2-mesyl-4-trifluoromethylbenzoic acid	Ja	90	49
	2-aminomethylene-1-cyclopropyl-3-(2-mesyl-4-trifluoromethylphenyl)	Ja	28	
lambda-cyhalothrin	(1RS,3RS)-3-[[1Z]-2-chloro-3,3,3-trifluoro-1-propen-1-yl]-2,2-dimethyl-4-cyano-3-(4-hydroxyphenoxybenzyl)	Ja	22,9	19,1
	(1RS,3RS)-3-[[1Z]-2-chloro-3,3,3-trifluoro-1-propen-1-yl]-2,2-dimethyl-4-cyano-3-(4-hydroxyphenoxybenzyl)	Ja	12,1	24,2
	3-phenoxybenzoic acid	Nee	31,4	61,9
Mefentrifluconazole	1H-1,2,4-triazole	Nee	5,1	67,1
	4-[2-hydroxy-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)propan-2-yl]-3-(trifluoromethyl)pyridine	Ja	3,8	
	4-[4-[2-hydroxy-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)propan-2-yl]-3-(trifluoromethyl)pyridin-2-yl]benzoic acid	Ja	32,2	
	6-(4-chlorophenoxy)-3-methyl-3-[[1H-1,2,4-triazol-1-yl)methyl]-2-benzimidazolecarboxylic acid	Nee	30,7	
	6-(4-hydroxyphenoxy)-3-methyl-3-[[1H-1,2,4-triazol-1-yl)methyl]-2-benzimidazolecarboxylic acid	Nee	43,9	
	6-(5-chloro-2-hydroxyphenyl)-3-methyl-3-[[1H-1,2,4-triazol-1-yl)methyl]-2-benzimidazolecarboxylic acid	Nee	7,3	
Metaflumizone	4-[[5-(5RS)-5-hydroxy-3-oxo-4-[4-(trifluoromethoxy)phenyl]-6-[3-(trifluoromethyl)phenyl]-2-oxo-1,2,4-triazol-3-yl]-1,3,4-thiazol-2-yl]benzoic acid	Ja	8,1	685
	4-cyanobenzoic acid	Nee	8,4	0,634
	3-(trifluoromethyl)benzoic acid	Ja	21,1	4,1
	4-[2-oxo-2-[3-(trifluoromethyl)phenyl]ethyl]benzonitrile	Ja	minor	
Oxathiapiprolin	1-[2-(4-{4-[[5RS)-5-(2,6-difluorophenyl)-4,5-dihydro-1,2-oxazol-3-yl]-1,3,4-thiazol-2-yl]-1,3,4-thiazol-2-yl}phenyl)-1,3,4-thiazol-2-yl]pyridine	Ja	13,5	60,5
	1-(4-{4-[[5RS)-5-(2,6-difluorophenyl)-4,5-dihydro-1,2-oxazol-3-yl]-1,3,4-thiazol-2-yl}phenyl)-1,3,4-thiazol-2-yl	Ja		160
	4-{4-[[5RS)-5-(2,6-difluorophenyl)-4,5-dihydro-1,2-oxazol-3-yl]-1,3,4-thiazol-2-yl}phenyl	Nee		75,9/564,9
	3-(trifluoromethyl)-1H-pyrazole-5-carboxylic acid	Ja		310,2
	2-(1-[[5-methyl-3-(trifluoromethyl)-1H-pyrazol-1-yl]acetyl]piperidin-4-yl)-1,3,4-thiazol-2-yl	Ja	14	
	1-(4-{4-[[1RS,3RS)-3-(2,6-difluorophenyl)-1,3-dihydroxypropyl]-1,3-thiazol-2-yl}phenyl)-1,3,4-thiazol-2-yl	Ja	14,7	
	1-(4-{4-[[5-(2,6-difluorophenyl)-1,2-oxazol-3-yl]-1,3-thiazol-2-yl]piperidin-2-yl}phenyl)-1,3,4-thiazol-2-yl	Ja	10,5	
	1-(4-{4-[[1RS)-3-(2,6-difluorophenyl)-1-hydroxypropyl]-1,3-thiazol-2-yl}phenyl)-1,3,4-thiazol-2-yl	Ja	7	
	(3RS)-3-(2,6-difluorophenyl)-3-hydroxy-1-[2-(1-[[5-methyl-3-(trifluoromethyl)-1H-pyrazol-1-yl]acetyl]piperidin-4-yl)-1,3,4-thiazol-2-yl]pyridine	Ja	10,4	
Penthiopyrad	3-trifluoromethyl-1H-pyrazole-4-carboxylic acid	Ja	10	90,4
	N-[2-(3-hydroxy-1,3-dimethylbutyl)thiophen-3-yl]-1-methyl-3-trifluoromethyl-1H-pyrazole-4-carboxylic acid	Ja		23,1
	N-[5-hydroxy-5-(1,3-dimethylbutyl)-2-oxo-2,5-dihydrothiophen-4-yl]-1-methyl-3-trifluoromethyl-1H-pyrazole-4-carboxylic acid	Ja		25,9
	3-methyl-1-{3-[[1-methyl-3-trifluoromethyl-1H-pyrazole-4-carbonyl]amino]-2-oxo-1,2,4-triazol-5-yl}benzoic acid	Ja		
	N-[2-(1-hydroxymethyl-1,3-dimethylbutyl)thiophen-3-yl]-1-methyl-3-trifluoromethyl-1H-pyrazole-4-carboxylic acid	Ja		
	1-methyl-3-trifluoromethyl-1H-pyrazole-4-carboxamide	Ja	47	19,9
	1-methyl-3-trifluoromethyl-1H-pyrazole-4-carboxylic acid	Ja	36	13,7
Picolinafen	6-(3-trifluoromethylphenoxy)-pyridine-2-carboxylic acid	Ja	66,4	
	4-fluoroaniline	Nee	7,6	

Bijlage 3. In Nederland toegelaten toevoegingsstoffen

Middelnaam	Toelatingsnr	Actieve ingredient(en)
ABION-E	15127	op basis van paraffine
ACCESS	16395	?
ACTIROB	13795	geësterde koolzaadolie 812 g/l (92,8%)
ACTIROB B	13796	geësterde koolzaadolie 812 g/l (92,8%)
ADDIT	15116	Koolzaadtriglyceriden
		An emulsifiable concentrate formulation containing 747.8 g/l oil (rapeseed fatty acid esters) and 99.64 g/l rosin and resin esters.
Adhere	16191	
Adigor	15745	47 % w/w. methylated rapeseed oil
ADNEM	16515	hechtmiddel op basis van gemodificeerd zetmeel
Adpro ADDIT	15382	
Agral Gold	14658	sulfosuccinaat (750 g/l)
Agro-Vital FoliFix	16806	Styrene-butadiene co-polymer 10.0% w/w, Polyoxyethylene (7) tridecyl ether 5.0% w/w
Agro-Vital Guard	14385	een mengsel van organische polymeren
Agro-Vital Intake	14866	?
Agro-Vital Rhino	16812	Polyalkylenoxide gemodificeerd heptamethyltrisiloxaan 85%
AgroFix	16061	?
AgroSpred Citra	16815	(4R)-1-methyl-4-prop-1-en-2-ylcyclohexene, Secundair alcohol ethoxylaar, Terpenes
Align	16062	?
Amelio	15769	?
Amelio L	16281	?
Aminosol	14232	?
AMPLI	16716	467 g/l esters méthuliniques d'acides gras C16-C18 et C18 insaturés et 152,2 g/L de sulfate d'ammonium
Amulix S F8349 Yellow	16636	De volgende vier olie stoffen in het mengsel der ingrediënten van de oplossing verhol menigen: 1. Isopropylalcohol 2. Ethanol-Olefinol-Di-carbonaat-8-on and 2-methyl-Di-carbonaat-8-on (3:2) 3. Methyl-Di-carbonaat-8-on 4. Benzofuranol-8(2H)-one 5. 2-methyl-2-butanol-8-on 6. Decalin-2-vinylpropion-1,2-diol 7. 2-methyl-2-propionol-2-butylcarbonaat
Amulix S F8359 Green	16635	
Anti Foam	14238	
AQUASCOPE	14160	?
Arrest P	16379	?
ASSIST M36	15658	veresterde raapzaad olie (80%) en een emulgator systeem (20%).
ASSISTANT	16432	polyalkyleneoxide modified heptamethyltrisiloxane
Astuss	14206	?
Atplus MSO-HS-500	15908	hybride oli
ATPLUS UCL 1007	14375	Ethoxylated alcohol and urea blend
ATTAK	14830	citric acid
BCP OIL 850	14907	Minerale olie
Bellagio	15635	Amines, tallow alkyl, ethoxylated propoxylated
Biopower	13760	?
BioSyl	14831	ALCOHOLS, C12-C15, ETHOXYLATED (7 EO), 2-(2-BUTOXYETHOXY)ETHANOL, TRISILOXANE, POLYETHER MO
BOND	14146	?
BOOSTER	15131	2,6-Dimethyloct-7-en-2-ol
Buffer Protect	15623	?
Buffer Protect NT™	15954	?
BUZZ	14545	?
Carrier	14686	2,2'-oxydiethanol
Certain	14685	Alcohol, alkoxylated
Certis onkruidolie	16093	?
Certis onkruidolie Plus	16115	Paraffine olie
Chrysal Surflow	16657	uitvloeier op basis van een organische silicone
Cloak Spray Oil	14961	omega-3 visolie met koud geperste koolzaadolie
Codacide	13843	95% plantaardige olie, 5% emulgatoren
combi-protec	14919	lokstof op basis van eiwitten
Companion Gold	14305	16% w/w ammonium sulphate, 0.95% w/w polyacrylamide
Concrete HF	13980	?
CropCover CC-2000	15928	gemodificeerd zetmeel en meel in waterige oplossing
CropCover-1000	15546	gemodificeerd zetmeel en meel in waterige oplossing
Crusade HF	16157	?
CTRL-PLUS	16126	bevat o.a. polyglycerol
Dash	13951	46,5 g/l Oliezuur, 209,25 g/l Vetalcoholen, 348,75 g/l Methylesters van vetzuren
Delicate	15671	Mengsel van vetzureesters
Deruned FungaBlock	16818	Tetrahydroxysilane
DESIGNER	14159	An emulsifiable concentrate formulation containing 25.0% w/w styrene-butadiene co-polymer and 8.44% p
DETONE	16658	synergie van de twee oppervlakte-actieve stoffen,
Drop Keeper	14378	guar gum based
Drop-Kick	13981	een organische uitvloeier op silicone basis
DYNETIC	14156	?
DYNEX	16164	?
EKO-MIST	13761	Diethyleenglycol
Elan Xtra	14832	Poly(oxy-1,2-ethanediyl), amethyl- w-[3-[1,3,3,3- tetramethyl-1- [(trimethylsilyl)oxy]disiloxanyl] propoxy]
Elasto GS	14377	een op polyglycerol gebaseerde hulpstof

Middelnaam	Toelatingsnr	Actieve ingredient(en)
ErosionControl EC-1000	15930	waterige oplossing gering gemodificeerd zetmeel/tarwemeel van 10%
ErosionControl EC-2000	15929	waterige oplossing gering gemodificeerd zetmeel/tarwemeel van 10%
ErosionControl-EC 3000	15951	waterige oplossing gering gemodificeerd zetmeel/tarwemeel van 10%
Evident	15670	glycolipide
Evoque	14833	TRISILOXANE, POLYETHER MODIFICATED, ALCOHOLS, C12-C15, ETHOXYLATED (3 EO), POLYETHYLENE GLYCOL
EVR	15114	Yucca schidigera (98%), citric acid (preservative/
FIELDOR MAX	14960	Alkypolyglucoside
FOAM FIGHTER	14148	?
FoamEx	14241	Alkohol, C12-14, geëthoxyleerd 1,2-benzisothiazolin3-(2H)-on
Foliar Performer Fungone	16247	Fungone uses atomair oxygen (O3) to oxidize bacteria and fungi.
Foliar Performer Insect Ca	16248	?
Fortuna	15018	emulgeerbare olie op basis van koolzaadolie
Fulvic 25	16060	?
GAON	14149	?
GONDOR	14732	Lecitina di soia
GONDOR	14150	?
Greenoil	13982	methyated rapeseed
Greenoil AX	14416	?
Grounded	14234	Long chain oils
Hasten	14376	?
Hasten EA Spray Adjuvant	15743	veresterde koolzaad olie en een emulgator systeem
Hasten Spray Adjuvant	16052	veresterde koolzaad olie en een emulgator systeem
HELIOSOL	15133	Terpineol Multiconstituent (CAS 8000-41-7)
HELIOTERPEN FILM	15130	terpeenhoudende oligomeren
Helm Surfer Plus	15914	Alcools gras, C9-11, éthoxylé propoxylé 998 g/l
Herbi Safe	15002	fuvinezuur + vis-olie + koolzaad-olie
HI WETT	14151	mengsel van non-ionische organosiliconen
HI-WETT	14731	?
Hydrovant-fa	16282	?
Imex-Antischuim	13805	methyl isothiazol en chloor ethyl isothialozine
Imex-Antischuim Concent	13806	methyl isothiazol en chloor ethyl isothialozine
Inferno	15678	?
Intra Eco Boost	16303	?
Kantor	13983	The triglyceride structure
Kona	14808	suikerderivaat en gemodificeerd vetzuuramine
KYLIX	15628	?
LE 846	16449	Alkohol, C16-18 en C18- onverzadigd, geethoxyleerd
LI 700	14152	?
LINK	16743	eucalyptus, sulfonic aacid en meer
Liposam	16529	een in water oplosbare gel op basis van Enposam, een natuurlijk biopolymeer (polysaccharide).
Liquidseal post harvest	14700	Copolymeer uit vinylacetaat + ethyleen, Glycerol
MaximalFlow	13950	?
Mero	16744	?
Minerale Olie HF	13984	? Vreemd dat dit mag
MOTTO	14339	?
Nelson	16144	?
Oil 827	16478	Witte minerale olie
OIL 850	14171	?
OLEO	14456	?
OLIWAR	16552	C12-18-alkyldimethyl, N-oxides, 30 % in water, Alcohols, C12-14, ethoxylated, (>2-5 EO),
Onkruidolie	13985	Paraffine olie
Onkruidolie AX	14410	D-Glucopyranose, oligomers, decyl octyl glycosides, 70% in water, D-Glucopyranose, oligomers, decyl octyl
pHixer	16081	Bevat fosforzuur; Alcohol C6-C12 geëthoxyleerd
Plantolie HF	13986	Bevat 5% kokosnootolie
POD-STIK	14551	ALCOHOLS, C9-C11, ETHOXYLATE
POD-STIK ULTRA	14730	Alcohol C6-C12 geëthoxyleerd
Pottok	16553	Vet alcohol alkoxylaat
Poweroil	14239	?
Predict	14795	AMIDES, COCO, N,N-BIS(HYDROXYETHYL)
PREV-MAGNUM	14174	een met magnesium versterkte toevoegingsstof
Prolong	14306	synthetische latex
Prolong XP	13987	een micro-emulsie van alkylpyrrolidones met een gehalte van 29,2%
Prolong*Xtra	16291	Is een micro-emulsie van alkylpyrrolidones en ligno-sulfonaten.
Prolong flex		synthetische latex
ProMix DMA	14236	N,N-dimethyldekan-1-amid (N,N-dimethyldecan-1-amide) 880 g/l
Promotor	14340	modified fatty amine polymer with a sugar based surfactant
ProNet-Alfa	14296	op basis van natuurlijke melk-eiwitten
Quantum	15636	?
Rino	14865	?
ROBBESTER	13797	842 g/l veresterde koolzaadolie
Roller	16146	Non-ionic surfactants and humectants

Middelnaam	Toelatingsnr	Actieve ingredient(en)
Rose Protect	16037	?
SAS 90	14796	POLY(OXY-1,2-ETHANEDIYL), ALPHA, METHYL, OMEGA -[3-[1,3,3,3-TETRAMETHYL-1-, [(TRIMETHYLSILYL)O
Schuimblocker HF	14415	?
SCORCH	14729	Solução de ácido fosfórico, Ácido acético
Secompla Hechter	15677	
Segol A/7	16171	Witte minerale olie
Sepiret Lemon	15676	(R)-p-mentha-1,8-diene; d-limonene.
Signaal rood	13803	?
Silwet Gold	14657	polyalkaleneoxide modified heptamethyl trisiloxane
Silwet Stik	16006	?
Sinergy GrowShield	16179	op basis van raapzaadolie en tetrahydroxysilane(= siliciumverbinding)
Sinergy ImmuneSupport	16479	?
SIPSPRAY12E	15028	?
Solar Plus	14797	ALCOHOLS, C9-C11, ETHOXYLATE (6 EO), 2-PHOSPHONOBUTANE-1,2,4-TRICARBOXYLIC ACID
SPECTRE	15979	?
Spodnam	14237	di-1-p-menthene polymer, emulsifiers, and surfactants
Spoiler	13802	?
Spray Synergizer PRO RS	16250	?
Spray Synergizer PRO SF	16249	?
Sprayfix	13988	?
Spur	14947	een organische uitvloeier op siliconen basis
SQUAD	14959	Alkypolyglucoside
Squall	14341	oplossing van een langdradig polymeer molecuul.
STICMAN PRO	16010	?
STIKA	14552	22.5% w/w styrene butadiene co-polymer and 10% w/w alcohol alkoxylate
SUP4FYT	16079	C16-18 en C18-onverzadigde verzuur-methylesters
Super AA Oil	16517	?
Thibault	15460	?
TIPO	13952	842 g/l geësterde koolzaadolie Fatty alcohol alkoxylate
TORPEDO	14158	
TREND 90	13830	Polyethylene oxide monoisodecyl ether (CAS-Nr.61827-42-7)
Trips-flow	14297	?
Tulipfoam	15344	?
Uitvloeier H	14240	2-Propylheptanol ethoxylate
Uni Drop	16630	? (glastuinbouw)
UpTake	15017	Propaan-2-ol CAS-nr. 67-63-0 10.0 %, Didecyltrimethylammoniumchloride CAS-nr. 7173-51-5 7.5 %
Uptake pH	16664	?
V Synthetisch Zand	15362	[(trimethylsilyl)oxy]-1-disiloxanyl]propyl ether
Vector	16633	?
Vegoil	15570	plantaardige olie?
Velocity	14235	Organosilicone surfactants and humectants
VEXTASIL	16049	Oxirane, 2-methyl-, polymer with oxirane, mono[3-[1,3,3,3-tetramethyl-1-[(trimethylsilyl)oxy]-1-disiloxanyl
VEXZONE	16050	Fatty acids, coco, ethoxylated ; Poly[oxy(methyl-1,2-ethanediyl)], alpha.-hydro.-omega.-hydroxy- ;Poly(oxy-1
VIVOLT	15915	Poly(oxy-1,2-ethanediyl), .alpha.-isodecyl-.omega.-hydroxy-
Webo Wett	13799	Alcohols, C12-15, ethoxylated
WellPower	16343	Alcohols, C11, branched, ethoxylated
WETCIT	14036	The product contains a blend of natural plant derived extracts with bio-degradable wetting agents
WETCIT NEO	15975	technology comprehends a unique blend of botanic oils, proprietary surfactants and other ingredients
Wilicon	15742	Polyalkyleneoxide Modified Heptamethyl trisiloxane
X WET	14157	?
X-CHANGE	14153	AMMONIUM PROPIONATE , ETHOXYLATED ALCOHOL PHOSPHATE, CITRIC ACID
Yuccah	15505	Yuccah Shidigera
Zentero SPR	16507	45% sophorolipiden
Zipper	14684	organic modified trisiloxane

Bijlage 4. Aantal PFAS-pesticiden (werkzame stoffen) in diverse gewassen

Aantal PFAS-pesticiden (werkzame stoffen) in diverse gewassen, het gebruik van de PFAS-pesticiden (in kg/ha) en het totale gebruik per gewas op Nederlands areaal in 2020, gerangschikt van hoog naar laag (kleurverloop rood-oranje-groen). Op basis van gecorrigeerde CBS-data 2020 en CBS-areaal overzichten.

aantal PFAS middelen	gewas		totale kg PFAS/ha	gewas	Totaal	gewas
7	Bladplanten onder glas		5,35	Gerbera's onder glas	30230	Consumptieaardappelen
7	Chrysanten onder glas		3,97	Rozen onder glas	16231	Pootaardappelen
7	Pootaardappelen, totaal		3,66	Chrysanten onder glas	11806	Tulpen open grond
7	Potplanten onder glas		1,78	Bladplanten onder glas	9893	Tarwe, winter
6	Appels		1,54	Paprika's	9759	Suikerbieten
6	Bloemkwekerijgewassen		1,43	Tomaten	7684	Maïs, snijmaïs
6	Gerbera's onder glas		1,33	Lelies (bol)	7040	Lelies (bol)
5	Komkommers		1,14	Komkommers	5881	Zaai-uien
5	Lelies (bol)		1,09	Potplanten onder glas	5832	Zetmeelaardappelen
5	Rozen onder glas		1,04	Aardbeien, onder glas	3218	Peren
5	Tarwe, winter		0,79	Tulpen open grond	3107	Appels
5	Tomaten, totaal		0,69	Gladiolen	2672	Tomaten
5	Tulpen open grond		0,64	Aardbeien, productie	2355	Paprika's
5	Vaste planten		0,53	Vaste planten	1627	Chrysanten onder glas
5	Vruchtbomen		0,50	Appels	1232	Stamsperziebonen
4	Aardbeien, onder glas		0,44	Vruchtbomen	1224	Poot- en plantuien
4	Bos- en haagplantsoen		0,43	Stamsperziebonen	1044	Potplanten onder glas
4	Consumptieaardappelen		0,39	Consumptieaardappelen	879	Gerbera's onder glas
4	Gladiolen		0,37	Pootaardappelen	865	Bloemkwekerijgewassen
4	Hyacinten		0,36	Prei	817	Bladplanten onder glas
4	Laan- en parkbomen		0,32	Peren	813	Prei
4	Narcissen		0,22	Bloemkwekerijgewassen	810	Rozen onder glas
4	Paprika's, totaal		0,22	Zaai-uien	787	Vaste planten
4	Peren		0,20	Hyacinten	702	Vruchtbomen
4	Prei		0,20	Spruitkool	681	Komkommers
4	Spruitkool		0,18	Narcissen	646	Aardbeien, productie
4	Suikerbieten		0,17	Bos- en haagplantsoen	587	Laan- en parkbomen
4	Tarwe, zomer		0,16	Bos- en waspeen	577	Winterpeen
4	Zetmeelaardappelen		0,16	Sluitkool, totaal	573	Spruitkool
3	Asperges		0,13	Poot- en plantuien	561	Gladiolen
3	Bos- en waspeen		0,13	Zetmeelaardappelen	470	Bos- en haagplantsoen
3	Cichorei		0,12	Laan- en parkbomen	436	Aardbeien, onder glas
3	Poot- en plantuien		0,12	Suikerbieten	435	Bos- en waspeen
3	Sluitkool, totaal		0,11	Tarwe, winter	414	Sluitkool
3	Witlofwortel		0,10	Asperges, totaal	348	Asperges
3	Zaai-uien		0,09	Winterpeen	309	Cichorei
2	Aardbeien, productie		0,08	Cichorei	285	Hyacinten
2	Gerst, zomer		0,04	Maïs, snijmaïs	270	Narcissen
2	Maïs, snijmaïs		0,01	Tarwe, zomer	230	Gerst, zomer
2	Stamsperziebonen		0,01	Gerst, zomer	209	Tarwe, zomer
1	Winterpeen		0,01	Witlofwortel	25	Witlofwortel
0	Koolzaadaal		0,00	Koolzaad	0	Koolzaad

Bijlage 5. Werkwijze en statistische analyse van TFA-metingen in grondwater, grondgebruik en aantal pesticiden

Aanpak

De grondwatergegevens 2024 van alle provincies zijn gebruikt voor een verdiepende analyse van TFA-concentraties in het grondwater en landgebruik. De basis voor deze analyse is de dataset met metingen van verontreinigingen in het grondwater. In totaal zijn 1575 monsters beschikbaar van locaties in alle provincies. Bij 608 van deze monsters is TFA niet boven de rapportagegrens aangetroffen, bij 966 van de monsters was dit wel het geval.

Enkele monsters bevatten incomplete of niet bestaande GPS coördinaten en zijn buiten beschouwing gelaten. Na exclusie van deze punten is gewerkt met een dataset met 582 metingen met TFA onder de rapportagegrens en 953 metingen met TFA boven de rapportagegrens. De monsters zijn verzameld op verschillende dieptes, categorisch weergegevens als 'diepte 1', 'diepte 2', etc.

De dataset met TFA-metingen bevat een GPS-coördinaat en informatie over het gehalte TFA, maar geen informatie over het grondgebruik in recente jaren. In samenwerking met Koen Verhoeven (Terralytics) hebben we een cirkel met een straal van 500 m getrokken rondom elk GPS punt waar een meting beschikbaar is (vanaf nu te noemen: 'de directe omgeving', zowel voor de locaties waar TFA boven als onder de rapportagegrens is gemeten). Voor elk jaar in de periode 2014-2023 is bepaald hoe groot het aandeel landbouwgrond binnen de directe omgeving was, en welke gewassen er werden geteeld op basis van de Bedrijfsregistratie Percelen (BRP). Vervolgens hebben we een gemiddelde waarde berekend voor deze periode.

Aansluitend zijn de gewassen gegroepeerd (aanvankelijk was er sprake van een groot aantal gewascode's, die slechts één of enkele keren voorkwamen in de dataset). De groepering is als volgt:

1. Poot aardappelen
2. Consumptie- en zetmeelaardappelen
3. Suikerbieten
4. Granen
5. Uien
6. Vollegrondsgroente
7. Maïs
8. Grasland
9. Fruit
10. Bloembollen
11. Sierteelt (inclusief boomkwekerij)

12. Overige landbouwgewassen
13. Overige elementen en niet-productief grondgebruik. Hieronder vallen o.a. landschapselementen, natuurmengsels, (voeder)hagen), braak, randen en andere oppervlaktes met agrarische grond waar geen gewas op wordt verbouwd.

Van bovenstaande gewasgroepen zijn een aantal aangemerkt als 'hoog risico' voor het gebruik van PFAS-pesticiden (gebaseerd op de gecorrigeerde data CBS 2020). Het betreft pootaardappelen, consumptie- en zetmeelaardappelen, uien, vollegrondsgroente, fruit, bloembollen en sierteelt. De optelsom van de arealen van deze gewassen is in de dataset opgenomen.

In aanvulling op het gemiddelde aandeel van bovenstaande gewasgroepen in de afgelopen 10 jaar in de directe omgeving van het meetpunt is ook een kolom toegevoegd met de provincie waarin het meetpunt is gelegen.

Het resultaat is een dataset met een unieke meetobjectcode, GPS coördinaat, dieptecategorie, provincie, bodemsoort, gemeten TFA-concentratie (of: uitslag 'onder rapportagegrens') en het gemiddelde oppervlak totale landbouwgrond en losse gewasgroepen binnen de directe omgeving van het GPS coördinaat. Op basis van deze dataset hebben we diverse analyses uitgevoerd. De data-analyse is uitgevoerd in RStudio.

Vragen

De volgende vragen hebben centraal gestaan bij het analyseren van de data:

1. Zit er een verschil in het aandeel landbouwgrond in de directe omgeving tussen de groep monsters met TFA boven en onder de rapportagegrens?
2. Is er een verband tussen het aandeel landbouwgrond in de directe omgeving en de concentratie TFA in het grondwater?
3. Is er een verband tussen het aandeel hoog risicogewassen in de directe omgeving en de concentratie TFA in het grondwater?
4. Is er een verschil tussen het gehalte TFA in grondwater in provincies?
5. Is er een relatie tussen het aantreffen van pesticiden en het aantreffen van TFA?

Resultaten

TFA-metingen op verschillende dieptelagen

De metingen zijn verzameld op verschillende dieptes. Het totale aantal monsters per dieptelaag verschilt sterk. In de tabel hieronder is het aantal monsters per diepte weergegeven, samen met het aantal en percentage monsters waarbij de TFA-concentratie boven de rapportagegrens uitkomt.

Aantal monsters en % en gemiddelde concentratie TFA op verschillende dieptes in grondwater in 2024.

Dieptelaag	Aantal monsters	Aantal monsters > rapportagegrens (% van totaal)	Gemiddelde TFA concentratie bij monsters met TFA > rapportagegrens
Bouwvoor	43	41 (95%)	1.53 (µg/L)
0	25	24 (96%)	0.69 (µg/L)
1 (5-10 m)	769	566 (74%)	1.36 (µg/L)
2	251	140 (56%)	0.879 (µg/L)
3	346	142 (41%)	0.814 (µg/L)
4	100	40 (40%)	0.807 (µg/L)
5	1	0 (0%)	-

Uit bovenstaande tabel blijkt duidelijk dat het percentage monsters met TFA boven de rapportagegrens het hoogst is in de bovenlaag van de grond, en afneemt naarmate de diepte toeneemt. In de volgende stappen is onderzocht of een relatie met agrarisch grondgebruik is vast te stellen (voor elke dieptelaag waarvan de data zich voor de specifieke deelvragen leent). Dieptelaag 5 is buiten beschouwing gelaten omdat dit maar 1 waarneming betreft.

Is er een verschil tussen het gemiddelde areaal landbouwgrond voor de monsters met een TFA-concentratie boven versus onder de rapportagegrens?

Per dieptelaag kijken we naar monsters met een TFA-gehalte boven versus onder de rapportagegrens: hebben deze twee groepen een gemiddeld totaal areaal landbouwgrond dat van elkaar verschilt? De data voldoen niet aan de voorwaarden om statistische analyse met een t-toets uit te voeren. Daarom is gekozen voor de non-parametrische Mann-Whitney test, waarbij we vergelijken of de mediane waarde (in plaats van de gemiddelde waarde) van het totale landbouwareaal verschilt tussen de groep met metingen boven of onder de rapportagegrens voor TFA. In de tabel hieronder vatten we de resultaten voor deze procedure voor elke dieptelaag samen:

Diepte-laag	toets waarde	Conclusie
Bouwvoor		Geen test uitgevoerd, omdat vrijwel alle metingen op deze diepte in categorie 'TFA > rapportagegrens' vallen
0		Geen test uitgevoerd, omdat vrijwel alle metingen op deze diepte in categorie 'TFA > rapportagegrens' vallen
1	Mann-Whitney, $p=0.0005$	Metingen met TFA < rapportagegrens hebben een significant hoger aandeel landbouwgrond ($M=0.63$) dan metingen met TFA > rapportagegrens ($M=0.51$)
2	Mann-Whitney, $p=0.13$	Metingen met TFA < rapportagegrens hebben een mediaan aandeel landbouwgrond van 0.6 en metingen met TFA > rapportagegrens een mediaan aandeel van 0.49 maar dit verschil is niet significant.
3	Mann-Whitney, $p=0.79$	Metingen met TFA < rapportagegrens wijken niet significant af in het mediane aandeel landbouwgrond ($M=0.65$) t.o.v. metingen met TFA > rapportagegrens ($M=0.68$)
4	Mann-Whitney, $p=0.19$	Metingen met TFA < rapportagegrens hebben een mediaan aandeel landbouwgrond van 0.48 en metingen met TFA > rapportagegrens een mediaan aandeel van 0.64 maar dit verschil is niet significant.

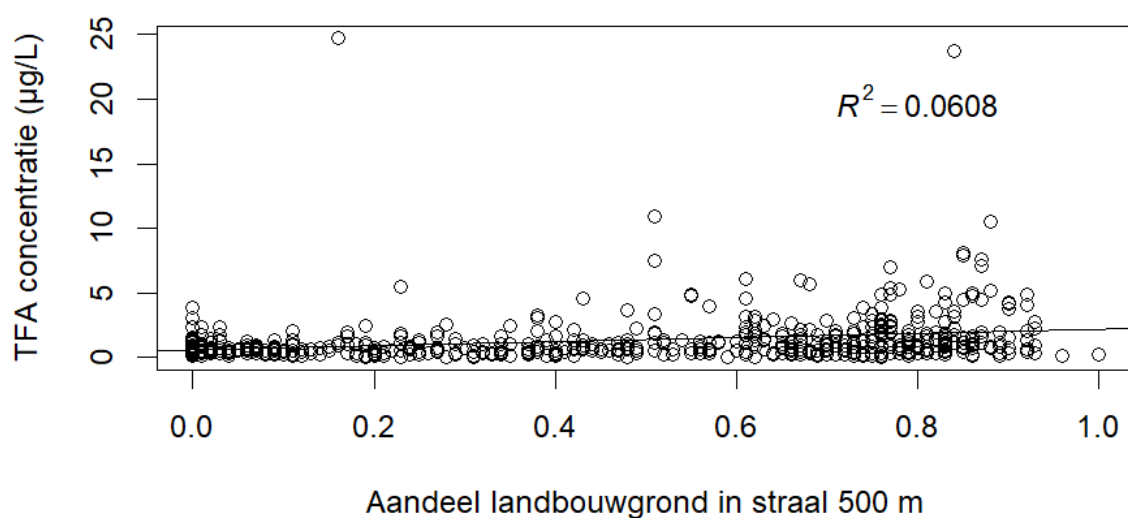
De enige dieptelaag waar een significant verschil is aangetoond in het aandeel landbouwgrond rondom meetpunten met TFA boven dan wel onder de rapportagegrens, is dieptelaag 1. Hier is sprake van een hoger aandeel landbouwgrond in de groep metingen met TFA onder de rapportagegrens. Een mogelijke verklaring kan zijn dat een groot deel van de arealen grasland betreft waar geen PFAS-pesticiden op worden gebruikt

Is er voor de monsters met TFA > rapportagegrens een relatie tussen het aandeel landbouwgrond in de directe omgeving en de concentratie TFA die is gemeten?

Met de waarnemingen waar TFA boven de rapportagegrens is gemeten is een regressie analyse uitgevoerd. We verkennen of er een lineaire relatie is tussen het totale aandeel landbouwgrond en de gemeten concentratie TFA. Vervolgens kijken we of er een relatie is tussen het aandeel hoog risicogewassen en de gemeten concentratie TFA. Dit doen we met behulp van een model voor lineaire regressie, waarbij de TFA concentratie wordt geplot als een afgeleide van het totale landbouwareaal of areaal hoog risicogewassen. De sterkte van het verband tussen deze variabelen beoordelen we met behulp van R^2 , de determinatiecoëfficiënt. Dit getal ligt tussen 0 en 1. Bij een waarde van 1 is er een compleet eenduidig, lineair verband. Bij een waarde van 0 is er geen lineair verband tussen x (landbouwareaal) en y (TFA-concentratie). Er zijn geen harde grenswaardes voor R^2 , maar over het algemeen wordt gesproken van een beperkt verband $R^2 > 0.3$, bij een matig verband bij een $R^2 > 0.5$, en redelijk verband als $R^2 > 0.7$ en een sterk verband als $R^2 > 0.8$ of hoger is.

In de figuur hieronder is een voorbeeld te zien van de relatie tussen het aandeel totale landbouwgrond en de concentratie TFA in dieptelaag 1. De determinatiecoëfficiënt is ook weergegeven en heeft een waarde van 0.06. Er is dus geen lineair verband tussen het aandeel landbouwgrond en de concentratie TFA.

TFA concentratie vs. aandeel landbouwgrond in dieptelaag 1



In de tabel hieronder hebben we de relevante resultaten samengevat voor de verschillende dieptelagen. Zowel de R^2 voor de relatie tussen totale aandeel landbouwgrond en TFA concentratie als het aandeel hoog risicogewassen en TFA-concentratie is weergegeven.

Dieptelaag	Relatie totale aandeel landbouwgrond en TFA-concentratie	Relatie aandeel hoog risicogewassen en TFA-concentratie
Bouwvoor	$R^2 = 0.00$	$R^2 = 0.02$
0	$R^2 = 0.15$	$R^2 = 0.24$
1	$R^2 = 0.06$	$R^2 = 0.10$
2	$R^2 = 0.05$	$R^2 = 0.31$
3	$R^2 = 0.01$	$R^2 = 0.00$
4	$R^2 = 0.00$	$R^2 = 0.30$

De resultaten in de tabel laten zien dat voor het aandeel totaal landbouwareaal geen lineair verband is met de TFA-concentratie. Voor het aandeel hoog risicogewassen is een beperkt verband voor dieptelaag 2 en 4.

Is er sprake van een verschil in TFA-concentraties tussen provincies?

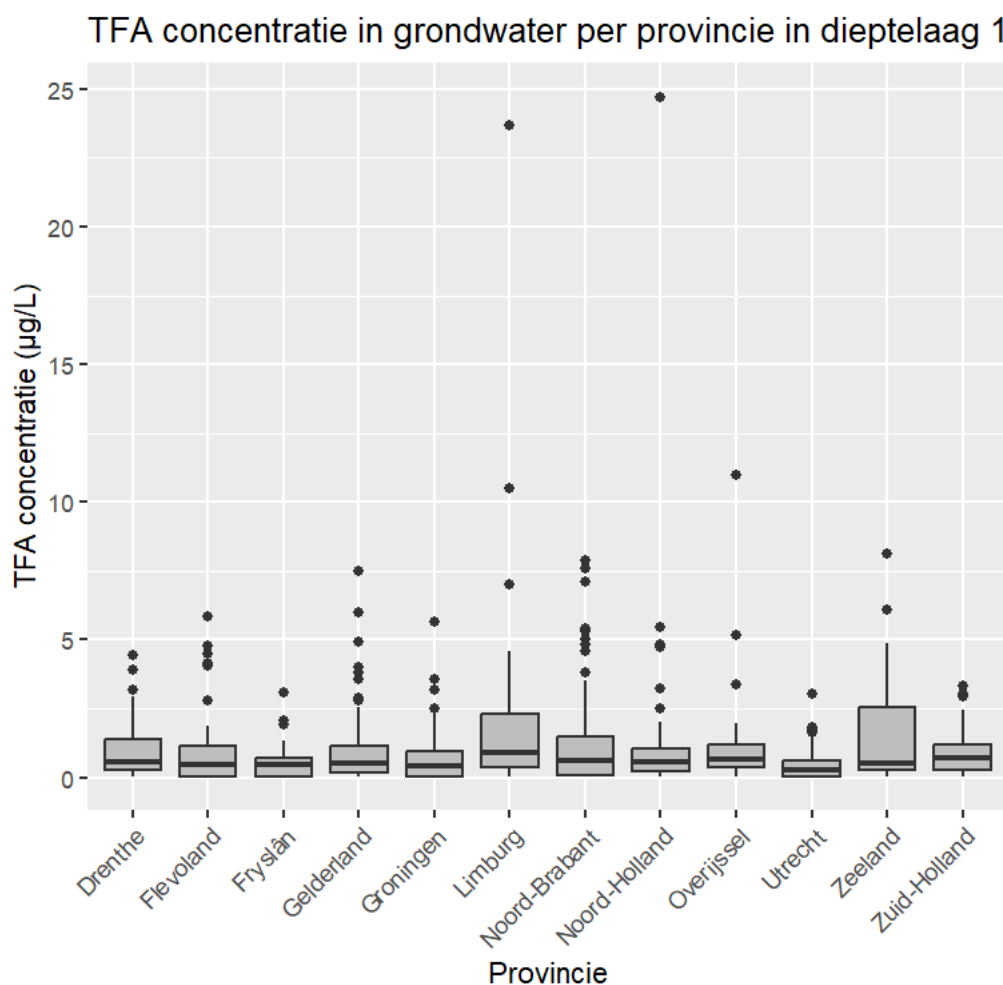
In de tabel hieronder is weergegeven hoe per dieptelaag metingen van TFA-concentraties boven de rapportagegrens zijn verdeeld over verschillende provincies. Tussen haakjes staat het totale aantal metingen dat in een dieptelaag is verzameld, inclusief metingen met TFA onder de rapportagegrens.

	Bouw-voor	Diepte 0	Diepte 1	Diepte 2	Diepte 3	Diepte 4
Drenthe			54 (62)	2 (4)	22 (45)	
Flevoland			28 (56)	3 (18)	1 (12)	1 (3)
Friesland			26 (50)	16 (32)	11 (43)	4 (8)
Gelderland	41 (43)		77 (95)	40 (57)	20 (46)	
Groningen			15 (32)	0 (6)	5 (22)	
Limburg		24 (25)	42 (47)	6 (7)	22 (41)	0 (1)
Noord-Brabant			90 (118)	1 (1)	25 (49)	9 (19)
Noord-Holland			76 (101)	8 (15)	3 (18)	0 (3)
Overijssel			58 (64)	23 (27)	24 (38)	8 (17)
Utrecht			36 (53)	7 (21)	8 (17)	2 (5)
Zeeland			23 (37)	13 (19)	0 (5)	
Zuid-Holland			41 (54)	21 (44)	1 (10)	16 (44)

Het aantal metingen dat per provincie is verzameld, wisselt sterk. In dieptelagen met een heel sterk wisselend aantal waarnemingen, is het lastig om vergelijkingen te maken tussen provincies.

Met name dieptelaag 1 lijkt geschikt voor het maken van een vergelijking, omdat hier de meeste metingen in liggen en alle provincies in redelijke mate vertegenwoordigd zijn in de data. In dieptelaag 2 en 3 zijn er diverse provincies waar slechts enkele meetpunten liggen, en soms geen enkel meetpunt een TFA-concentratie boven de rapportagegrens heeft. We zoomen dus in op dieptelaag 1.

In de boxplot hieronder is de verdeling van de concentratie TFA per provincie weergegeven, voor metingen uit dieptelaag 1 met een TFA gehalte boven de rapportagegrens. Wat opvalt is dat vaak sprake is van uitschieters omhoog, dit zijn metingen met relatief hoge TFA-concentraties.



De vergelijking tussen provincies is getoetst met de non-parametrische variant: de Kruskal-Wallis test.

De mediane concentratie TFA per provincie op dieptelaag 1 is als volgt:

Provincie	Mediane TFA concentratie
Drenthe	0.857
Flevoland	1.16
Friesland	0.578
Gelderland	0.627
Groningen	0.773
Limburg	1.12
Noord-Brabant	0.989
Noord-Holland	0.738
Overijssel	0.7
Utrecht	0.521
Zeeland	1.86
Zuid-Holland	0.942

De Kruskal-Wallis test levert een p-waarde op van 0.0001. Er is dus significant aangetoond dat er verschillen zijn in de TFA concentratie van provincies, gemeten op dieptelaag 1. Vervolgens hebben we paarsgewijs getoetst welke provincies significant van elkaar verschillen ($\alpha=0.05$).

De metingen uit Flevoland hebben een significant hogere concentratie TFA dan de metingen uit Friesland, Gelderland, Noord-Holland, Overijssel en Utrecht. Utrecht verschilt daarnaast significant van Limburg, Zuid-Holland en Noord-Brabant, waarbij Utrecht een lagere concentratie TFA heeft. Tot slot wijken de metingen uit Zeeland significant af van die in Friesland, Gelderland, Noord-Holland, Overijssel en Utrecht, waarbij Zeeland relatief hoge TFA-concentraties heeft. Samengevat: op dieptelaag 1 komen Flevoland en Zeeland naar voren als provincies met een relatief hoge concentratie TFA, terwijl Utrecht een relatief lage concentratie TFA heeft in vergelijking met andere provincies.

Discussie

De uitgevoerde analyse met de dataset laat geen relatie zien met het landbouwgrondgebruik, wel een beperkt verband voor het aandeel hoog-risicogewassen voor dieptelaag 2 en 4. De analyse kent enkele belangrijke beperkingen. Allereerst is standaard boven elk meetpunt het grondgebruik in een straal van 500 meter in beeld gebracht. Het is niet bekend in hoeverre dit representatief is voor de verschillende meetpunten. Ook is alleen de relatie tussen het gehalte TFA en grondgebruik geanalyseerd. De metingen met waarden onder de rapportagegrens zijn hierbij buiten beschouwing gelaten omdat er geen waarde beschikbaar is. Ook dit kan een bias geven in de analyse, doordat we alleen inzoomen op plekken waar TFA wordt aangetroffen.

Is er een relatie tussen het aantreffen van pesticiden en het aantreffen van TFA?

Op de meetpunten waar TFA is gemeten, is ook gecontroleerd op de aanwezigheid van andere pesticiden. In voorgaande deelvragen hebben we de relatie tussen TFA en agrarisch grondgebruik verkend door te kijken naar 'de directe omgeving van een meetpunt', dat wil zeggen de zone van 500 m rondom de meetlocatie. In deze deelvraag benaderen we het op een andere manier: op locaties waar in het grondwater veel soorten pesticiden uit de landbouw worden aangetroffen, is het redelijk om te zeggen dat de invloed van landbouw en gebruikte bestrijdingsmiddelen daar groot is. Het is dan interessant om te kijken of op diezelfde plekken ook relatief hoge concentraties TFA worden aangetroffen. Voor elke unieke meting (locatie en dieptelaag) hebben we in beeld gebracht hoeveel pesticiden boven de rapportagegrens zijn waargenomen. Vervolgens hebben we op twee manieren verkend of een relatie zichtbaar is:

Kwalitatief met behulp van een chi-kwadraat test.

Alle monsters vallen onder de volgende categorieën: TFA is wel of niet boven de rapportagegrens aangetroffen; en er zijn wel of geen pesticiden aangetroffen boven de rapportagegrens. Er zijn dus 4 mogelijke combinaties waarbinnen een meetpunt kan vallen:

1. Wel TFA > rapportagegrens, geen pesticiden > rapportagegrens
2. Wel TFA > rapportagegrens, wel pesticiden > rapportagegrens
3. Geen TFA > rapportagegrens, geen pesticiden > rapportagegrens
4. Geen TFA > rapportagegrens, wel pesticiden > rapportagegrens

Als er sprake is van een verband tussen de aanwezigheid van TFA en van pesticiden, verwacht je relatief veel metingen in categorie 2 en 3. Of dit het geval is, testen we met behulp van een chi-kwadraat test ($\alpha=0.05$). Deze test verkent of er een relatie is tussen de aanwezigheid van TFA en van pesticiden. De test is per dieptelaag uitgevoerd en de resultaten zijn in de tabel hieronder beschreven. Een voorwaarde voor de test is dat er in elke 'groep' met mogelijke uitkomsten minimaal 5 waarnemingen vallen.

Dieptelaag	Uitskomst chi-kwadraat test	Conclusie
Bouwvoor	Voldoet niet aan Eisen test, in 2 van de 4 groepen met mogelijke uitkomsten zitten minder dan 5 metingen.	-
0	Voldoet niet aan eisen test, in 3 van de 4 groepen met mogelijke uitkomsten zitten minder dan 5 metingen.	-
1	$\chi^2 = 24.073$, $p=0.00$	Er is een verband tussen aanwezigheid TFA en pesticiden boven rapportagegrens. Als er pesticiden zijn aangetroffen, is de kans ook groter dat TFA wordt aangetroffen. Als er geen pesticiden worden aangetroffen, is de kans groter dat er ook geen TFA wordt aangetroffen.
2	$\chi^2 = 32.02$, $p=0.00$	Er is een verband tussen aanwezigheid TFA en pesticiden boven rapportagegrens. Als er pesticiden zijn aangetroffen, is de kans ook groter dat TFA wordt aangetroffen. Als er geen pesticiden worden aangetroffen, is de kans groter dat er ook geen TFA wordt aangetroffen.
3	$\chi^2 = 51.72$, $p=0.00$	Er is een verband tussen aanwezigheid TFA en pesticiden boven rapportagegrens. Als er pesticiden zijn aangetroffen, is de kans ook groter dat TFA wordt aangetroffen. Als er geen pesticiden worden aangetroffen, is de kans groter dat er ook geen TFA wordt aangetroffen.
4	$\chi^2 = 11.1$, $p=0.001$	Er is een verband tussen aanwezigheid TFA en pesticiden boven rapportagegrens. Als er pesticiden zijn aangetroffen, is de kans ook groter dat TFA wordt aangetroffen. Als er geen pesticiden worden aangetroffen, is de kans groter dat er ook geen TFA wordt aangetroffen.

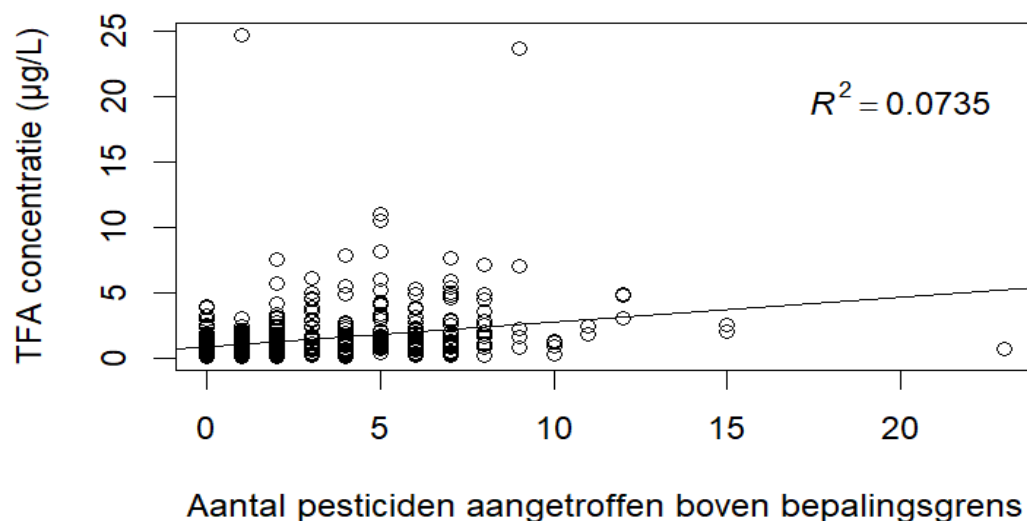
Er komt in alle dieptelagen waar de data zich leent voor een chi-kwadraat test een duidelijk beeld naar voren, dat op punten waar één of meer pesticiden boven de rapportagegrens worden gemeten, de kans relatief groter is dat men daar ook TFA boven de rapportagegrens zal aantreffen in vergelijking met meetpunten waar géén pesticiden zijn aangetroffen boven de rapportagegrens.

Kwalitatief met een lineaire regressie-analyse

In deze stap hebben we verkend of er ook een kwantitatieve relatie kan worden aangetoond tussen het aantal pesticiden dat boven de rapportagegrens is gemeten en de concentratie TFA. Omdat we naar de concentratie TFA kijken, focussen we ons op de metingen waar TFA boven de rapportagegrens is gemeten. Per dieptelaag hebben we een lineaire regressie toegepast en de determinatiecoëfficiënt bepaald (zie de paragraaf over de relatie tussen TFA concentratie en aandeel landbouwgrond voor een uitleg bij deze methode).

Als voorbeeld is hieronder de relatie tussen aantal aangetroffen pesticiden en de concentratie TFA in dieptelaag 1 weergegeven. Zoals de grafiek en de waarde van R^2 (0.07) laten zien, is er geen duidelijk verband.

TFA concentratie vs. aantal aangetroffen pesticiden Dieptelaag 1



In de tabel zijn de uitkomsten van de regressie-analyse voor alle dieptelagen weergegeven. Alleen in dieptelaag vier is een beperkt verband tussen het aantal aangetroffen pesticiden en de TFA-concentratie.

Dieptelaag	Relatie aantal aangetroffen pesticiden en TFA-concentratie
Bouwvoor	$R^2 = 0.01$
0	$R^2 = 0.23$
1	$R^2 = 0.07$
2	$R^2 = 0.18$
3	$R^2 = 0.01$
4	$R^2 = 0.30$

CLM Onderzoek en Advies

Postadres

Postbus 62
4100 AB Culemborg

Bezoekadres

Gutenbergweg 1
4104 BA Culemborg

T 0345 470 700

www.clm.nl

Laat het goede groeien.