

Trifluorazijnzuur in Nederland

Literatuurstudie naar het vóórkomen en mogelijke bronnen van trifluorazijnzuur (TFA) in Nederland



Trifluorazijnzuur in Nederland

Literatuurstudie naar het vóórkomen en mogelijke bronnen van trifluorazijnzuur (TFA) in Nederland

Auteur(s)

Imke Falkena

Trifluorazijnzuur in Nederland

Literatuurstudie naar het vóórkomen en mogelijke bronnen van trifluorazijnzuur (TFA) in Nederland

Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Contactpersoon	Lieke van der Sanden
Referenties	--
Trefwoorden	Trifluorazijnzuur; TFA; PFAS

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	03-12-2025
Projectnummer	11211543-004
Document ID	11211543-004-BGS-0002
Pagina's	34
Classificatie	
Status	Definitief

Auteur(s)

	Imke Falkena	

Samenvatting

PFAS (per- en polyfluoralkylstoffen) worden veel toegepast in de industrie en consumentenproducten. PFAS is een groep waar duizenden verschillende stoffen onder vallen. TFA is een zeer korte keten PFAS (C2). In het buitenland is TFA wijdverbreid in het milieu aangetroffen in concentraties die vaak hoger liggen dan die van andere PFAS. Bovendien is TFA zeer mobiel en persistent. In 2023 heeft het RIVM een indicatieve drinkwaterrichtwaarde van 2,2 µg/l vastgesteld voor TFA (RIVM, 2023a). In Nederland wordt TFA zelden meegenomen bij de monitoring van bodem, oppervlakte- en grondwater. Om te weten of TFA een probleem is in het milieu in Nederland is het van belang te onderzoeken waar het vóórkomt en wat de belangrijkste bronnen zijn.

Het vóórkomen van TFA

TFA is in Nederland gemeten in oppervlaktewater van het Rijn- en Maasstroomgebied, en in de Drentsche Aa. In de provincies Utrecht, Noord-Brabant, en Limburg is TFA gemeten in het grondwater. In grondwater is de TFA concentratie met grote regelmaat boven de indicatieve drinkwaterrichtwaarde van 2,2 µg/l. Ook in oppervlaktewater wordt deze richtwaarde incidenteel overschreden. Daarnaast is er bij meerdere drinkwaterinnamepunten verspreid over Nederland TFA aangetroffen boven de signaleringswaarde van 1 µg/l. In het buitenland is TFA ook aangetroffen in neerslag, bodem, en planten. Waarschijnlijk komt TFA in Nederland ook voor in neerslag, bodem, en planten. Op basis van onderzoeken naar het voorkomen van TFA in bijvoorbeeld ijskernen in Canada, planten uit Duitsland, en wijn uit verscheidene Europese landen, blijkt dat TFA concentraties in het milieu de afgelopen decennia zijn toegenomen.

Bronnen van TFA

Er zijn veel verschillende (mogelijke) bronnen van TFA. Dit komt omdat TFA een stof is die op zichzelf gebruikt wordt bij bepaalde chemische reacties. Daarnaast is TFA een bekend afbraakproduct van onder meer bepaalde koude-, genees- en bestrijdingsmiddelen. Een belangrijke bekende bron van TFA is de afbraak van u-HFC-1234yf en HFC-134a. Dit zijn gassen die onder meer gebruikt worden als koudemiddel in de airconditioning van auto's en in warmtepompen. Bij de afbraak van deze gassen in de atmosfeer ontstaat TFA. Via neerslag komt deze TFA terecht in oppervlaktewater en de bodem. Of er TFA in neerslag zit, wordt niet gemeten in Nederland. Maar gezien het voorgaande is het aannemelijk dat er ook in Nederlandse neerslag TFA zit.

Naast TFA uit koudemiddelen, zijn bestrijdingsmiddelen ook een zeer aannemelijke bron van TFA in het milieu in Nederland. In Duitsland en Zwitserland komen relatief hoge TFA concentraties voor in grondwater in landbouwgebieden. In Nederland geldt hetzelfde voor de provincie Utrecht. Van onder andere de bestrijdingsmiddelen flufenacet, fluopyram, en tembotrione is bekend dat deze TFA als metaboliet hebben. Deze middelen zijn toegelaten in Nederland. Er zijn nog 29 andere bestrijdingsmiddelen in Nederland toegelaten die een -CF₃ groep bevatten en dus mogelijk kunnen afbreken tot TFA.

We kunnen ook aannemen dat TFA in Nederland ontstaat via de afbraak van bepaalde geneesmiddelen, bijvoorbeeld isofluraan (anesthetica), fluoxetine (antidepressiva), of sitagliptine (medicatie bij diabetes). De hoeveelheid TFA die hierbij vrijkomt ligt vermoedelijk significant lager dan die via afbraak van koudemiddelen of bestrijdingsmiddelen in het milieu terecht komt. Tenslotte komt er mogelijk ook TFA in het milieu terecht via industriële lozingen en via afbraak van langere keten PFAS. Doordat gegevens hierover ontbreken is het niet mogelijk in te schatten in welke mate deze bronnen relevant zijn.

Aanbeveling

Om meer inzicht te vergaren in welke mate TFA in het milieu in Nederland vóórkomt, en welke bronnen relevant zijn zodat verspreiding van TFA kan worden beperkt, dienen meer metingen gedaan te worden. Belangrijke gebieden om te monitoren op het vóórkomen zijn onder meer oppervlakte- en grondwater. Ook het meten van neerslag geeft meer inzicht. Voor wat betreft de verspreiding in het milieu en eventuele maatregelen is het aan te raden in de buurt van veronderstelde bronnen, bijvoorbeeld RWZI's, te meten.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	8
1.1	Aanleiding	8
1.2	Wet- en regelgeving	8
1.3	Voorkomen TFA	9
1.4	Doel	9
1.5	Aanpak	9
2	Trifluorazijnzuur	10
2.1	Eigenschappen	10
2.1.1	Mobiliteit	10
2.1.2	Afbraak	10
2.1.3	Toxiciteit	10
2.2	Gebruik TFA	10
2.3	TFA als metaboliet	11
2.4	Synthese	11
3	Bronnen TFA	12
3.1	Lozingen	12
3.2	Koudemiddelen	12
3.3	Bestrijdingsmiddelen	13
3.4	Farmaceutica	14
3.5	Afbraak van andere PFAS	14
3.6	Natuurlijk voorkomen	15
3.7	Overige bronnen	15
3.8	Synthese	15
4	Voorkomen in het milieu	17
4.1	Grondwater	17
4.2	Oppervlaktewater	18
4.3	Rioolwaterzuiveringsinstallaties	19
4.4	Drinkwater	19
4.5	Overige milieucompartimenten	20
4.6	Toename TFA in milieu	21
4.7	Synthese	22

5	TFA in Nederland	24
5.1	Neerslag	24
5.2	Landbouw	24
5.3	Geneesmiddelen	25
5.4	Industriële lozingen	25
5.5	Overige bronnen	25
5.6	Synthese	26
6	Conclusie	27
6.1	Aanbevelingen	27
7	Literatuurlijst	29
A	Lijst van werkzame stoffen in bestrijdingsmiddelen die mogelijk TFA als metaboliet hebben	32
B	Lijst van in Nederland geregistreerde geneesmiddelen die mogelijk TFA als metaboliet hebben	33

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De aandacht voor de groep poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) neemt de laatste jaren steeds meer toe. Door de OECD (2021) worden PFAS gedefinieerd als gefluoreerde stoffen die ten minste een volledig 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. Onder deze definitie van PFAS vallen duizenden stoffen. PFAS worden wijdverbreid toegepast in onder meer de industrie en consumentenproducten vanwege de water-, vuil- en vetafstotende eigenschappen.

Trifluorazijnzuur (TFA) is een zeer korte keten PFAS (C2). TFA is zowel een afbraakproduct van onder meer bepaalde koude-, genees- en bestrijdingsmiddelen, als een stof die op zichzelf gebruikt wordt bij bepaalde chemische reacties (Behringer et al., 2021; Scheurer et al., 2017; Lopez en Salazar, 2013). In Nederland is TFA in het milieu nog weinig gemonitord. Hierdoor is er op dit moment nog geen zicht op in welke mate en waar TFA voorkomt in het milieu. Ook is niet bekend wat belangrijke bronnen van TFA in Nederland zijn.

1.2 Wet- en regelgeving

De aandacht voor TFA is recentelijk pas toegenomen. Hierdoor zijn er nog geen wettelijk vastgestelde normen voor TFA in het milieu. Wel heeft het RIVM in 2023 een indicatieve drinkwaterrichtwaarde voor TFA afgeleid. Deze is voor TFA vastgesteld op 2200 ng/l, en gaat op wanneer er alleen TFA aanwezig is in het water (RIVM, 2023a). Wanneer er ook andere PFAS in het water aanwezig zijn, wat vrijwel altijd het geval is, geldt de drinkwaterrichtwaarde van 4,4 ng/l PFOA-equivalenten (PEQ/l) voor de som van PFAS (RIVM, 2023a). Om TFA mee te nemen in de berekening van de som PFAS in PFOA-equivalenten is een relatieve potentie factor voor TFA ten opzichte van PFOA bepaald van 0,002¹. Ook zijn door Rijkswaterstaat in het document *HandelingsOpties Omtrent PFAS-lozingen (HOOP)*, op basis van advies van het RIVM, indicatieve risicogrenswaarden voor oppervlaktewater vastgelegd (Rijkswaterstaat, 2025). Voor zoet oppervlaktewater is de indicatieve JG-MKN voor TFA vastgesteld op 30 µg/l en de indicatieve MAC-MKN op 640 µg/l, en voor zout oppervlaktewater is de indicatieve JG-MKN vastgesteld op 3 µg/l en de indicatieve MAC-MKN op 64 µg/l (Rijkswaterstaat, 2025). De indicatieve drinkwaterrichtwaarde en risicogrenswaarden voor TFA zijn door de overheid niet wettelijk of beleidsmatig vastgelegd. Naast het vaststellen van een indicatieve drinkwaterrichtwaarde en risicogrenswaarden, worden er ook andere stappen genomen met betrekking tot wet- en regelgeving voor TFA. Zo is TFA sinds 2024 opgenomen in de lijst zeer zorgwekkende stoffen (ZZS)². In het [Besluit activiteiten leefomgeving](#) is vastgelegd dat de uitstoot van ZZS naar lucht en water vermeden moet worden, en geminimaliseerd wanneer vermijden niet mogelijk is. Daarnaast is er op EU-niveau een voorstel in de maak waarbij alle PFAS, waaronder dus TFA, verboden worden³. In mei 2025 heeft de Duitse overheid bij ECHA een dossier ingediend om TFA te laten classificeren als toxisch voor de reproductie en als zeer persistent en zeer mobiel (BAuA, 2025). Als laatste heeft de EU een voorstel voor de wijziging van de kaderrichtlijn water gedaan, waarbij TFA wordt opgenomen in de somnorm van PFAS in oppervlaktewater⁴.

¹ De drinkwaterrichtwaarde voor TFA van 2200 ng/l is bepaald aan de hand van de RPF van 0,002 en de drinkwaterrichtwaarde in PFOA equivalenten voor de som PFAS van 4,4 ng/l ($4,4/0,002=2200$) (RIVM, 2023a).

² [Alle PFAS geclassificeerd als Zeer Zorgwekkende Stof | Nieuwsbericht | Rijksoverheid.nl](#).

³ [Registry of restriction intentions until outcome - ECHA](#).

⁴ [Water pollution: Council and Parliament reach provisional deal to update priority substances in surface and ground waters - Consilium](#).

1.3 Voorkomen TFA

Op basis van studies uit het buitenland (waaronder Duitsland, China, en de VS) komt TFA wijdverbreid voor in het milieu in relatief lage concentraties (Garavagno et al., 2024). Desalniettemin zijn TFA concentraties in het milieu in vergelijking met andere PFAS relatief hoog. In Nederland is TFA gemeten in oppervlaktewater en grondwater (Arcadis, 2023; Jonker, 2024). Uit verscheidene onderzoeken blijkt dat TFA aanwezig is in voedsel, drinkwater, en wijn, alsmede in urine en bloed van mensen (Garavagno et al., 2024; Zheng et al., 2023; Burtscher-Schaden et al., 2025).

1.4 Doel

Het doel van dit rapport is om mogelijke bronnen van TFA inzichtelijk te maken. Hierbij ligt de nadruk op het achterhalen van welke bronnen van TFA in Nederland relevant zijn.

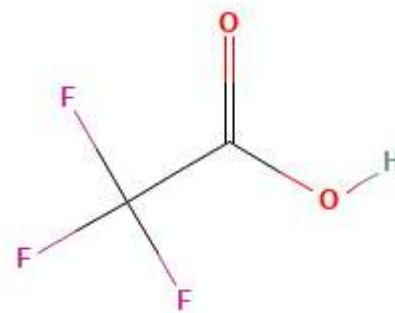
1.5 Aanpak

Middels een uitgebreide literatuurstudie worden mogelijke bronnen van TFA in Nederland in kaart gebracht. Hiervoor is eerst gekeken naar wat voor stof TFA is, waar TFA voor gebruikt wordt, alsmede welke stoffen TFA als metaboliet hebben (hoofdstuk 2). Daarna is een overzicht gegeven van alle bekende (mogelijke) bronnen van TFA (hoofdstuk 3). Als derde is een overzicht gegeven van de mate waarin TFA voorkomt in Nederland (hoofdstuk 4). Wanneer nodig is deze informatie aangevuld met gegevens uit andere landen. In hoofdstuk 5 wordt de informatie uit voorgaande hoofdstukken gecombineerd om zo een overzicht te geven van in welke (verwachte) mate TFA in het milieu in Nederland voorkomt en wat de belangrijkste bronnen van TFA in Nederland (vermoedelijk) zijn.

2 Trifluorazijnzuur

2.1 Eigenschappen

TFA ($C_2HF_3O_2$) is een korte keten PFAS met een volledig gefluoreerd koolstofatoom ($-CF_3$) en een zuurgroep ($-COOH$) (Figuur 2-1).



2.1.1 Mobiliteit

TFA is zeer mobiel en verspreid zich relatief snel in het milieu. Dit komt doordat TFA een hoge mate van oplosbaarheid in water heeft en slecht bindt aan de bodem (Adlunger et al., 2021). De retentie⁵ van TFA in de bodem correleert met de hoeveelheid organisch materiaal, waarbij hogere concentraties organisch materiaal correleren met een hogere retentie van TFA (Richey et al., 1997). Desalniettemin blijft de retentie van TFA in de bodem laag (Richey et al., 1997).

Figuur 2-1. Structuurformule van trifluorazijnzuur. Afbeelding van [Trifluoroacetic acid | CF3COOH | CID 6422 - PubChem](#).

2.1.2 Afbraak

TFA breekt niet af in het milieu en is daardoor zeer persistent (Adlunger et al., 2021). In een labstudie door Visscher et al. (1994) bleek TFA microbiel afbreekbaar tot fluoroomer onder zowel zuurstofrijke, als zuurstofarme condities. Echter zijn er tot op heden geen andere onderzoeken geweest waarin afbraak van TFA is aangetoond, ook niet onder vergelijkbare omstandigheden (Adlunger et al., 2021). Er is dus geen bewijs dat TFA in het milieu afgebroken kan worden.

2.1.3 Toxiciteit

Op basis van huidig onderzoek kan gesteld worden dat de meeste organismen niet gevoelig zijn voor TFA en de toxiciteit dus laag is (Garavagno et al., 2024). NOEC concentraties voor de meeste aquatische organismen liggen boven de 110 mg/l (Garavagno et al., 2024), wat ruim boven de concentraties is die in het milieu worden aangetroffen.

De mate waarin bioaccumulatie relevant is voor TFA is onduidelijk. TFA komt voor in uitwerpselen van organismen, wat erop wijst dat de mate van bioaccumulatie laag is (Garavagno et al., 2024). Echter, uit onderzoek van Duan et al. (2020) naar TFA concentraties in menselijk bloed blijkt dat de TFA concentratie correleert met leeftijd. Dit is juist indicatief voor mogelijke bioaccumulatie van TFA.

2.2 Gebruik TFA

TFA wordt wijdverbreid gebruikt bij de synthese van organische gefluoreerde stoffen (Lopez en Salazar, 2013). TFA kan gebruikt worden voor een verscheidenheid aan chemische reacties, waaronder reducties en oxidaties, en de toevoeging van een $-CF_3$ groep aan moleculen (Lopez en Salazar, 2013; Sturm et al., 2023). TFA vormt een belangrijke grondstof voor de productie van vele geneesmiddelen en bestrijdingsmiddelen, waaronder penthiopyrad (fungicide), fluoxetine (antidepressiva), efavirenz (HIV-remmer), en mefloquine (antimalaria middel) (Lopez en Salazar, 2013).

⁵ Met retentie wordt de mate waarin een stof aan de bodem bindt bedoeld. Stoffen met een hoge retentie binden sterk aan de bodem waardoor deze stoffen minder snel in het grondwater terechtkomen.

2.3 TFA als metaboliet

Er zijn meerdere stoffen bekend waarvan TFA een afbraakproduct kan zijn. Belangrijke categorieën stoffen zijn koudemiddelen⁶, bestrijdingsmiddelen⁷, en medicijnen⁸ (CTGB, 2025). Daarnaast kunnen bepaalde PFAS met een langere koolstofketen onder bepaalde omstandigheden afbreken tot TFA. 6:2 FTOH, 4:2 FTOH, en TFMAA kunnen bijvoorbeeld microbieel afgebroken worden waarbij TFA ontstaat (Sun et al., 2020).

In theorie kunnen vrijwel alle stoffen die een C-CF₃ groep bevatten afbreken tot TFA (Adlunger et al., 2021). Op basis van onderzoek van Scheurer et al. (2017) lijkt er een indicatie te zijn dat stoffen waarbij de CF₃ groep aan een benzeenring zit, mogelijk relatief meer TFA vormen.

Van pakweg 8 werkzame stoffen van bestrijdingsmiddelen, waaronder de in Nederland toegelaten stoffen flufenacet, fluopyram, en tembotrione, is aangetoond dat deze kunnen afbreken tot TFA (Scheurer et al., 2017; Joerss et al., 2024). De lijst van bestrijdingsmiddelen met een werkzame stof die een C-CF₃ groep bevat, en dus mogelijk tot TFA kunnen afbreken, is vele malen langer. Bij de CTGB zijn 32 werkzame stoffen van bestrijdingsmiddelen bekend die mogelijk TFA als afbraakproduct hebben (CTGB, 2025; zie bijlage A voor de volledige lijst). Het verschil tussen stoffen die vermoedelijk TFA als metaboliet hebben en stoffen waarvan aangetoond is dat ze TFA als metaboliet hebben komt niet alleen bij bestrijdingsmiddelen voor, maar ook bij medicijnen. In bijlage B is een lijst te vinden met 66 in Nederland geregistreerde geneesmiddelen die onder de PFAS-definitie vallen, en dus mogelijk TFA als metaboliet hebben.

2.4 Synthese

TFA is een zeer korte keten PFAS (C2). TFA in het milieu is zeer mobiel en breekt niet af. De beperkte onderzoeken die er zijn, lijken aan te geven dat TFA beperkt toxisch is. Onbekend is in welke mate bioaccumulatie voor TFA van belang is. TFA is een stof die veel gebruikt wordt bij chemische processen en als grondstof voor de productie van onder meer bestrijdingsmiddelen en geneesmiddelen. TFA is een metaboliet van onder meer bepaalde koudemiddelen, bestrijdingsmiddelen, geneesmiddelen, en langere keten PFAS.

⁶ Koudemiddelen die vallen binnen de groep HCFCs, HFCs, of HFOs vormen TFA bij afbraak in de atmosfeer (bijvoorbeeld u-HFC-1234yf, HFO-1234yf en HCFC-123) (Behringer et al., 2021; Garavagno et al., 2024).

⁷ Bestrijdingsmiddelen waarvan is aangetoond dat TFA een metaboliet is zijn onder meer flurtamone, fluopyram, flufenacet, tembotrione, saflufenacil, tritosulfuron, penoxsulam, fluroxypryr, en fipronil (Scheurer et al., 2017; Joerss et al., 2024; Baqar et al., 2024).

⁸ Medicijnen die TFA als metaboliet hebben zijn fluoxetine (antidepressiva) en sitagliptine (diabetes medicatie) (Scheurer et al., 2017).

3 Bronnen TFA

Op dit moment is er vrijwel geen zicht op welke bronnen van TFA in Nederland relevant zijn. In dit hoofdstuk zal op basis van wetenschappelijk onderzoek, en onderzoek uit andere landen in kaart worden gebracht uit welke bronnen TFA kan vrijkomen. Op basis hiervan zal worden gekeken naar zoveel mogelijk verschillende potentiële bronnen van TFA en in hoeverre deze bronnen mogelijk ook in Nederland van belang zijn. Aan de basis van deze analyse liggen onder meer ruimtelijke correlaties, lab studies, en modelberekeningen.

3.1 Lozingen

Lozingen kunnen een bron van TFA in het milieu zijn. Uit onderzoek van Scheurer et al. (2017) in Duitsland blijkt dat TFA concentraties in rivieren na een industriegebied waar fluorchemicaliën verwerkt worden regelmatig significant verhoogd zijn ten opzichte van TFA concentraties bovenstrooms in dezelfde rivier. In Jinan in China blijkt dat concentraties van TFA in de buurt van chemische industrie verhoogd zijn in bodem, oppervlaktewater (stromend en stilstaand water), en atmosfeer (Xie et al., 2020). Xie et al. (2020) stelt dat het aannemelijk is dat dit gerelateerd is aan (intentionele) lozingen van TFA in het milieu. Ook kunnen industriële lozingen van TFA leiden tot verhoogde TFA concentraties in grondwater in de buurt van de lozing (Sturm et al., 2023; Adlunger et al., 2021).

Directe lozingen van TFA in het milieu komen voor, maar de precieze mate waarin directe lozingen bijdragen aan TFA concentraties in het milieu in Nederland is onbekend. Dit komt ten dele doordat bedrijven alleen stoffen die in de lozingsvergunning zijn opgenomen hoeven te meten. In 2023 heeft DCMR een last onder dwangsom opgelegd alsmede een strafrechtelijk onderzoek gestart vanwege het lozen van TFA op het riool door Chemours⁹. Daarnaast heeft Chemours in 2023 een aanvraag gedaan voor een lozingsvergunning voor TFA voor zowel een directe lozing op oppervlaktewater, als een indirecte lozing op het riool (ILT, 2024a). Bovendien is het aannemelijk dat er meer bedrijven mogelijk (onbewust) TFA of stoffen die tot TFA afbreken lozen. Dit komt omdat TFA een belangrijke grondstof is in de productie van een grote verscheidenheid aan gefluoreerde stoffen (Lopez en Salazar, 2013), alsmede dat er vele stoffen zijn waarvan TFA (vermoedelijk) een metabooliet is (2.3).

3.2 Koudemiddelen

Een van de bekendere bronnen van TFA in het milieu is de afbraak van HCFC's (hydrochlorofluorocarbons) en HFC's (hydrofluorocarbons) (Behringer et al., 2021). HCFC's en HFC's worden gebruikt als koudemiddel, drijfgas, of schuimmiddel (Behringer et al., 2021). Bovendien zijn HCFC's en HFC's de vervanger van CFK's (chloorfluorkoolstof), die in 1989 verboden zijn vanwege hun potentie om ozon af te breken in de stratosfeer. Er vallen vele stoffen onder HCFC's en HFC's. Bovendien breken niet alle HCFC's en HFC's in dezelfde mate af tot TFA. Behringer et al. (2021) schat dat u-HFC-1234yf en HFC-134a de grootste bijdrage leveren aan de TFA formatie van HCFC's en HFC's in Duitsland. Op jaarbasis wordt in de EU van zowel HFC-134a als u-HFC-1234yf jaarlijks tussen de 10.000 en 100.000 ton gebruikt¹⁰.

Veruit de belangrijkste toepassing van u-HFC-1234yf en HFC-134a is het gebruik in airconditioning van personenauto's (Behringer et al., 2021). Daarnaast wordt voornamelijk HFC-134a ook gebruikt voor bijvoorbeeld (industriële) koelinstallaties, warmtepompen, en inhalatoren voor bijvoorbeeld astmamedicatie (Behringer et al., 2021). Bovendien kunnen u-HFC-1234yf en HFC-134a ook voorkomen in een mix van gassen die als koudemiddel

⁹ [DCMR doet aangifte tegen Chemours om onvergunde lozing | DCMR](#).

¹⁰ HFC-134a: [Registration Dossier - ECHA](#), u-HFC-1234yf: [Registration Dossier - ECHA](#).

gebruikt worden, zoals bijvoorbeeld R513A en R454C/R455A (Behringer et al., 2021). Deze twee gassen kunnen gebruikt worden in warmtepompen en airconditioning in huizen. In Nederland is het meest voorkomende koudemiddel in warmtepompen R32¹¹. R32 is volgens de OECD definitie geen PFAS en er zijn geen indicaties dat R32 afbreekt tot TFA in de atmosfeer. De voornaamste uitstoot van TFA uit koudemiddelen komt vermoedelijk voornamelijk voort uit het gebruik in airconditioning van personenauto's. Desalniettemin is het van belang om ook zicht te houden op het gebruik van koudemiddelen die tot TFA kunnen afbreken in warmtepompen en airco's in woningen, omdat het aantal warmtepompen en airco's in Nederland toeneemt.

De afbraak van synthetische koudemiddelen zoals HCFC's en HFC's vindt in principe in de atmosfeer plaats. Afbraak van HCFC's en HFC's vormen waarschijnlijk een belangrijke bron voor TFA in neerslag.

3.3 Bestrijdingsmiddelen

Bestrijdingsmiddelen waarvan is aangetoond dat TFA een metaboliet is zijn onder meer: flurtamone, fluopyram, flufenacet, tembotrione, saflufenacil, tritosulfuron, penoxsulam, en fluroxypyr (Scheurer et al., 2017; Joerss et al., 2024). Van deze stoffen zijn flufenacet, fluopyram, en tembotrione toegelaten in Nederland. Zoals al besproken in 2.3 is het niet uit te sluiten dat andere bestrijdingsmiddelen dan de hierboven genoemden die een -CF₃ groep bevatten ook TFA als afbraakproduct hebben. Op basis van een inventarisatie van het CTGB (2025) zou het gaan om 32 bestrijdingsmiddelen die mogelijk TFA als metaboliet hebben (zie ook bijlage A).

Uit onderzoek naar TFA in het milieu komt regelmatig een correlatie met landbouwgebieden naar voren. Zo blijkt uit metingen uit 2023 dat de TFA concentratie in grondwater in de provincie Utrecht vele malen hoger is in gebieden met landgebruik akker of boomgaard, dan in gebieden met andere typen landgebruik (Sweco, 2023). Leendertse et al. (2025) heeft een analyse gedaan waarbij gekeken is naar de aanwezigheid in het grondwater van bestrijdingsmiddelen die onder de PFAS definitie vallen. Hieruit bleek dat bij een tiental meetpunten in Nederland PFAS-bestrijdingsmiddelen werden aangetroffen boven de drinkwaternorm. Op al deze punten werd ook TFA in verhoogde concentraties aangetroffen (Leendertse et al., 2025). Bovendien bleek dat boven deze punten gewassen werden geteeld waar PFAS-bestrijdingsmiddelen voor zijn toegelaten (Leendertse et al., 2025).

De correlatie tussen hoge TFA concentraties in grondwater en landbouwgebieden is ook aangetroffen in Zwitserland (BAFU, 2025). Uit een data-analyse van TFA metingen in grondwater in de Duitse deelstaat Baden-Württemberg uitgevoerd door Joerss et al. (2024) komt eveneens naar voren dat de gemiddelde TFA concentraties in grondwater significant hoger zijn in gebieden waar meer dan 50% van het oppervlakte voor landbouw gebruikt wordt dan in gebieden waar minder dan 50% van het oppervlakte voor landbouw gebruikt wordt. De link tussen landbouwgebieden en verhoogde TFA concentraties in het grondwater werd volgens Joerss et al. (2024) versterkt door de correlatie tussen hoge nitraatconcentraties en hoge TFA concentraties in grondwater. De analyse van Sturm et al. (2023) waarbij op basis van de geschatte bijdrage uit verscheidene bronnen is gekeken welke bronnen bijdragen aan de TFA concentratie in het milieu in Duitsland, kwam naar voren dat in het grootste deel van Duitsland TFA uit landbouw de grootste bijdrage levert. Enkel in gebieden met PFAS-industrie en gebieden waar zeer weinig tot geen landbouw wordt bedreven was landbouw niet de belangrijkste bron (Sturm et al., 2023).

TFA van bestrijdingsmiddelen komt voornamelijk in het grondwater terecht. Waarschijnlijk komt dit doordat TFA een afbraakproduct is van bestrijdingsmiddelen en TFA niet op zichzelf in de landbouw wordt gebruikt. Vermoedelijk breken bepaalde bestrijdingsmiddelen in de bodem af tot TFA, waarna de TFA uitloopt naar het grondwater (Adlunger et al., 2021).

¹¹ [Warmtepomp: tips en uitleg | Milieu Centraal.](#)

3.4 Farmaceutica

Van enkele farmaceutica is bekend dat ze kunnen afbreken tot TFA. Een deel van deze stoffen wordt gebruikt als dampvormige anesthetica, namelijk: isofluraan, desfluraan, en sevofluraan (Behringer et al., 2021). De TFA die bij de afbraak van deze stoffen wordt gevormd komt in de atmosfeer terecht. De verblijftijd van deze 3 stoffen in de atmosfeer is relatief lang (tussen de 1 en 14 jaar) (Adlunger et al., 2021). De TFA die door afbraak van deze stoffen gevormd wordt zal zich hierdoor waarschijnlijk verspreiden over een groot gebied als diffuse verontreiniging. Via neerslag kan de TFA van dampvormige anesthetica in het oppervlakte- en grondwater terecht komen, net als TFA gevormd uit bijvoorbeeld koudemiddelen.

Naast de dampvormige anesthetica zijn er ook andere geneesmiddelen die tot TFA kunnen afbreken. Uit de studie van Scheurer et al. (2017) blijkt dat onder invloed van ozonisatie Sitagliptine (diabetes medicatie) en fluoxetine (antidepressivum) tot TFA kunnen afbreken. Daarnaast is voor fluoxetine ook aangetoond dat het bacterieel kan worden afgebroken tot TFA (Khan en Murphy, 2021). In het onderzoek van Baqar et al. (2024) kwam naar voren dat Efavirenz en Celecoxib af kunnen breken tot TFA. Adlunger et al. (2021) schat op basis van een theoretische vorming van TFA van geneesmiddelen met een C-CF₃ groep dat het gros van de TFA die door geneesmiddelen gevormd wordt in Duitsland van sitagliptine, celecoxib (pijnstiller), flecainide (medicatie bij hartritmestoornis), fluoxetine, bicalutamide (testosteronblokker), en efavirenz (HIV-remmer) komt. TFA wat via dit type geneesmiddelen in het milieu terecht komt zal in eerste instantie vooral in oppervlaktewateren terecht komen, eventueel via rioolwaterzuiveringsinstallaties (Adlunger et al., 2021).

3.5 Afbraak van andere PFAS

Bepaalde (langere keten) PFAS kunnen afbreken tot TFA. Zo bleek uit het onderzoek van Sun et al. (2020) dat 6:2 FTOH, 4:2 FTOH, en TFMAA in experimentele setting microbiëel kunnen afbreken tot onder meer TFA. Sun et al. (2020) gebruikte voor zijn onderzoek microbiële culturen afkomstig van een vuilstort. Mogelijk breken de onderzochte PFAS ook in de praktijk af tot TFA (Sun et al., 2020).

Naast microbiële afbraak kunnen bepaalde PFAS ook middels thermolyse afbreken tot TFA. Zo liet Ellis et al. (2001) zien dat bij verhitting van fluoropolymeren zoals PTFE, CPTFE, ECTFE, en PFEPE, TFA vrij kan komen. De onderzochte fluoropolymeren komen voor in commerciële producten zoals bijvoorbeeld pannen met een PTFE antiaanbaklaag (ook wel bekend onder de merknaam teflon) of motoronderhoudsmiddelen zoals slick-50. De TFA vormt niet direct bij thermolyse van fluoropolymeren. In het geval van PTFE wordt het gas hexafluoropropeen gevormd bij verbranding, wat in de atmosfeer afbreekt tot TFA (Ellis et al., 2001). De mate van verhitting die in de experimenten is toegepast (360-500°C), is vergelijkbaar met de omstandigheden die in afvalverbrandingsinstallaties voor kunnen komen (Ellis et al., 2001). Ook uit labexperimenten uitgevoerd door Cui et al. (2019) kwam naar voren dat de verbranding van fluoropolymeren, in dit onderzoek PTFE, PVDF-HFP, en PVDF-CTFE, bijdraagt aan TFA in het milieu. Cui et al. (2019) schatte op basis van modelberekeningen dat verbranding van fluoropolymeren voor 1,6-14% van de TFA in neerslag in Beijing, China kan verklaren. Niet ieder onderzoek naar de mate waarin PFAS gevormd worden bij de verbranding van fluoropolymeren wijst uit dat er TFA gevormd wordt. Zo werd er in het onderzoek van Gehrmann et al. (2024) geen TFA of andere PFAS aangetroffen bij de verbranding van een mix van PTFE, FKM, PFA, en PVDF.

Op basis van de hiervoor besproken onderzoeken zou er eventueel TFA vrij kunnen komen bij vuilstorten, afvalverbrandingsinstallaties voor huishoudelijk afval of andere verbrandingsinstallaties waar mogelijk producten of grond met PFAS in terecht komt. Bewijs voor het ontstaan van TFA door microbiële afbraak of verbranding van lange keten PFAS is echter niet eenduidig. Mocht er TFA vrijkomen bij afvalverbranding dan zal dit voornamelijk bijdragen aan de TFA concentraties in neerslag. Als er TFA door microbiële afbraak vrijkomt

in vuilstortplaatsen, dan zal deze TFA vermoedelijk via de bodem in het grondwater terecht komen, of via oppervlakkige afspoeling in het oppervlaktewater.

3.6 Natuurlijk voorkomen

In meerdere papers is in het verleden gesteld dat TFA mogelijk van nature voorkomt. Het natuurlijk voorkomen van TFA is gebaseerd op metingen van verhoogde TFA concentraties in de diepe oceaan door Frank et al. (2002) en Scott et al. (2005).

De verklaring die gegeven wordt voor de vorming van TFA in de diepe oceaan is dat het gevormd wordt bij hydrothermale bronnen op de zeebodem (Scott et al., 2005). Dit is gebaseerd op de aanwezigheid van CF_4 , NF_3 , en SF_6 gassen in de buurt van continentale tektonische gebieden. De aanwezigheid van deze gassen werd toegeschreven aan de vermoedelijke vorming door het mineraal fluoriet. Het is echter niet aannemelijk dat TFA via een vergelijkbare weg gevormd wordt in de diepe oceaan. Dit komt omdat er ten eerste geen fluoriet aanwezig is in de diepe oceaan, en ten tweede omdat TFA vorming de aanwezigheid van zuurstof vereist, wat niet aanwezig is bij hydrothermale bronnen (Joudan et al., 2021). Als meer plausibele mechanismes waardoor TFA in de diepe oceaan terecht kan komen geeft Joudan et al. (2021) oceaanstromingen die water van de oppervlakte naar grotere diepte brengen, oceaانwater wat van een continentaal plat naar de diepzee zakt omdat het kouder is, of het zinken van deeltjes van de oppervlakte van de oceaan naar de diepe oceaan. Voor alle drie deze mechanismen is al aangetoond dat andere typen PFAS alsmede andere antropogene stoffen, op deze manier in de diepe oceaan terecht komen (Joudan et al., 2021).

Het onderzoek van Joudan et al. (2021) laat zien dat er tot op heden geen overtuigend bewijs is dat TFA naast een antropogene ook een natuurlijke oorsprong kent. TFA wordt dan wel in de diepe oceaan aangetroffen, maar er zijn meerdere routes waarlangs stoffen van antropogene oorsprong in de diepe oceaan terecht kunnen komen. Het aantreffen van TFA in de diepe oceaan is dus geen afdoende bewijs voor een natuurlijke oorsprong van TFA. De mate waarin TFA van eventuele natuurlijke oorsprong relevant zou zijn voor TFA concentraties in het milieu in Nederland is zeer beperkt, omdat dit voornamelijk om TFA in oceanen gaat.

3.7 Overige bronnen

Naast de hierboven besproken bronnen zijn er ook enkele andere mogelijke bronnen van TFA in het milieu. Zo blijkt uit onderzoek in Pakistan dat TFA concentraties in de bodem verhoogd zijn op plekken waar elektronisch afval wordt opgeslagen of ontmanteld, en op plekken waar zowel elektronisch als niet elektronisch afval wordt gedumpt (Baqar et al., 2024). Daarnaast stelt Joudan et al. (2021) dat TFA vorming in hogere mate voorkomt bij de afbraak van stoffen waarbij de $-CF_3$ groep gebonden is aan een benzeenring. Mogelijk kunnen nieuwe bronnen van TFA geïdentificeerd worden middels onderzoek naar stoffen waarbij de $-CF_3$ groep gebonden is aan een benzeenring.

3.8 Synthese

Mogelijke bronnen van TFA in het milieu zijn lozingen, en de afbraak van onder meer HFC- en HCFC-gassen, bestrijdingsmiddelen, geneesmiddelen, en langere keten PFAS. Er is geen sluitend bewijs voor een natuurlijke oorsprong van TFA. De mate waarin bepaalde bronnen van belang zijn is niet eenduidig in te schatten. Dit komt omdat het wisselt per land in welke mate stoffen die tot TFA kunnen afbreken gebruikt worden, en in welke mate TFA geloosd wordt. Ook is er een groot aantal stoffen waarvan op basis van de molecuulstructuur het aannemelijk is dat ze tot TFA kunnen afbreken, maar waarvan dat nog niet met zekerheid is vastgesteld. Bovendien wisselt het per bron waar de ontstane TFA terecht komt. Zo zal TFA gevormd in de atmosfeer door de afbraak van koudemiddelen en dampvormige anesthetica zich over grotere afstanden verspreiden en via neerslag weer in bodem of oppervlaktewater

terecht kunnen komen. Daarentegen wijst de ruimtelijke correlatie tussen hoge TFA concentraties in het grondwater en gebieden met veel landbouw erop dat TFA die gevormd wordt bij de afbraak van bestrijdingsmiddelen vooral lokaal leidt tot verhoogde TFA concentraties.

4 Voorkomen in het milieu

Zoals besproken in hoofdstuk 2 is TFA zeer mobiel, en slecht tot niet afbreekbaar. Bovendien wordt TFA gebruikt bij de productie van een breed scala aan stoffen, waaronder geneesmiddelen en bestrijdingsmiddelen. Daarnaast zijn er verscheidene groepen stoffen, die een brede toepassing genieten, waarvan bekend is, of vermoed wordt, dat ze af kunnen breken tot TFA. Op basis van hiervoor genoemde punten is het aannemelijk dat TFA wijdverbreid in het milieu voorkomt. Dit wordt ondersteund door internationaal onderzoek (Adlunger et al., 2021; Sturm et al., 2023). Desalniettemin is het aantal metingen van TFA in het milieu in Nederland zeer beperkt.

In dit hoofdstuk zal ingegaan worden op het voorkomen van TFA in het milieu in Nederland. De informatie is gebaseerd op metingen van TFA in Nederland, en aangevuld met gegevens over het voorkomen van TFA in het milieu in andere landen. Bij vergelijkingen met het voorkomen van TFA in het milieu in andere landen zal primair teruggegrepen worden op Duitsland. Het aantal TFA-metingen in Duitsland ligt relatief hoog en de gegevens zijn relatief goed ontsloten. Bovendien is het aannemelijk dat een deel van de Duitse TFA in Nederland terecht komt via bijvoorbeeld de Rijn.

4.1 Grondwater

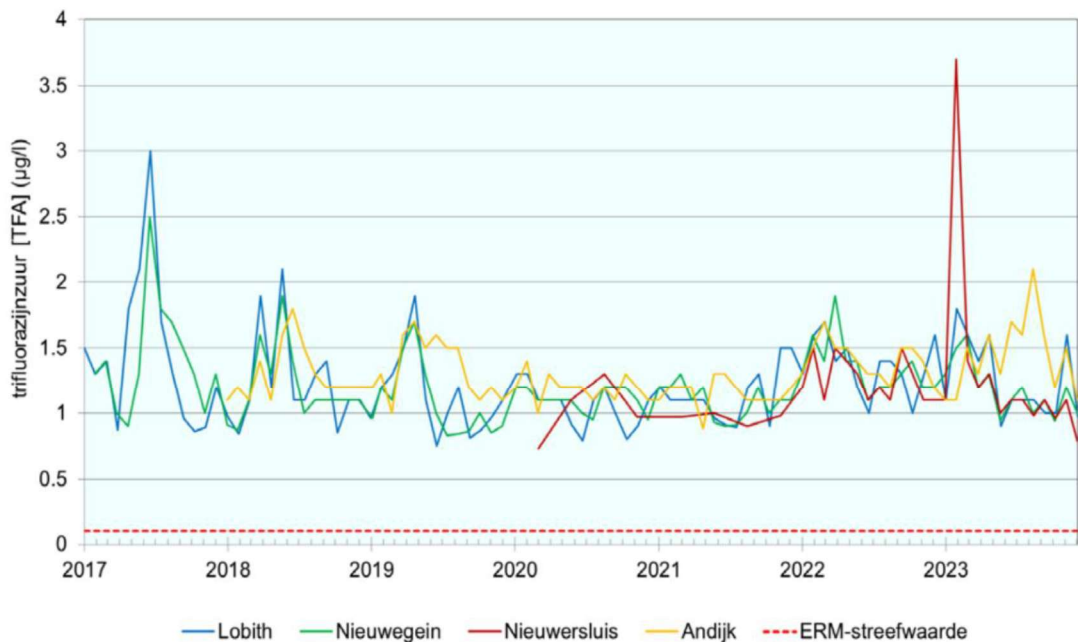
In enkele provincies in Nederland is TFA gemeten in grondwater. Omdat TFA geen onderdeel is van het standaard analysepakket voor grondwater, betreft het enkel metingen die aanvullend zijn uitgevoerd. De metingen zijn hierdoor niet ruimtelijk dekkend.

In de provincie Utrecht is in 2023 in 100% van de metingen TFA aangetroffen, met een gemiddelde concentratie van 2080 ng/l (SWEKO, 2023). Uit de analyse van SWEKO (2023) van de grondwaterkwaliteit in de provincie Utrecht kwam naar voren dat TFA concentraties relatief hoog waren in gebieden met akkers en boomgaarden. In deze gebieden overschrijden de TFA concentraties in grondwater veelal de drinkwaterrichtwaarde van 2200 ng/l opgesteld door het RIVM (SWEKO, 2023).

In 2021 en 2022 is in Noord-Brabant en Limburg ook TFA meegenomen in de grondwatermetingen. In deze meetronde werd in meer dan 90% dan de ondiepe grondwaterfilters TFA aangetroffen (Arcadis, 2023). Bij toetsing van de TFA metingen aan de som-norm van 4,4 ng/l PFOA equivalent overschrijdt TFA in 23,6% van de metingen de norm (Arcadis, 2023).

In de studie van Adlunger et al. (2021) wordt benoemd dat de TFA concentraties in grondwater in Duitsland over het algemeen in de range van <0,1 µg/l tot >10 µg/l liggen, en dat concentraties TFA in grondwater duidelijk hoger zijn in ondiep grondwater dan in diep grondwater. Bij puntbronnen, zoals lozingslocaties of gebieden met veel landbouw, kunnen de concentraties hoger liggen (Adlunger et al., 2021). Zo zijn in grondwater in de omgeving van een industriële lozer van TFA op de Neckar concentraties TFA aangetroffen van meer dan 20 µg/l (Adlunger et al., 2021). Ook grondwater in gebieden met veel landbouw bevat vaak TFA concentraties >3 µg/l (Adlunger et al., 2021). De verhoogde TFA concentraties in het grondwater onder landbouwgebieden in Duitsland zijn in lijn met de verhoogde TFA concentraties in gebieden met akkers en boomgaarden in de provincie Utrecht.

4.2 Oppervlaktewater



Figuur 4-1. TFA concentraties gemeten op locaties in het Rijnstroomgebied in de periode 2017-2023. De ERM-streefwaarde is 0,1 µg/l. Afbeelding uit RIWA-Rijn (2024).

Vrijwel alle TFA metingen in het Nederlandse oppervlaktewater zijn uitgevoerd in het kader van metingen van de kwaliteit van de Rijn door RIWA. Sinds 2017 is TFA opgenomen in de metingen in de Rijn, nadat hoge concentraties TFA waren ontdekt in Duitsland (RIWA-Rijn, 2018). In Figuur 4-1 is te zien dat de TFA concentraties gemeten in het Rijnstroomgebied pakweg tussen de 0,7 en 3,7 µg/l liggen, en de gemiddelde concentratie rond de 1,2-1,3 µg/l ligt (RIWA-Rijn, 2024). TFA concentraties in de Maas liggen gemiddeld iets lager dan TFA concentraties in de Rijn (Jonker, 2024). Desalniettemin liggen de TFA concentraties ook in het Maasstroomgebied structureel boven de ERM-streefwaarde¹² van 0,1 µg/l (RIWA-Maas 2023; 2024).

Door Global2000 is in 2024 eenmalig TFA gemeten in 23 Europese oppervlaktewateren. Een van deze meetpunten was in de Drentsche Aa, de enige Nederlandse locatie. De TFA concentratie in de Drentsche Aa lag rond de 1,6 µg/l. Dit was de op vijf na hoogste gemeten concentratie van alle bemonsterde oppervlaktewateren, en tevens boven het gemiddelde van alle 23 metingen (Global2000, 2024).

Ter indicatie kunnen de in oppervlakte aangetroffen TFA concentraties worden vergeleken met de drinkwaterrichtwaarde van 2,2 µg/l. In de meeste gevallen blijven in oppervlaktewater gemeten TFA concentraties onder de drinkwaterrichtwaarde. Desalniettemin komt het incidenteel voor dat concentraties TFA in oppervlaktewater boven de 2,2 µg/l uitkomen (Figuur 4-1). Omdat oppervlaktewater zonder zuivering niet als drinkwater dient, is het niet vereist dat het oppervlaktewater aan de richtwaarde voldoet. Echter is TFA een slecht verwijderbare stof uit water en is een deel van Nederland afhankelijk van drinkwater wat wordt gewonnen uit Rijn en Maaswater. Daarom is het relevant om zicht te hebben op de hoeveelheid TFA in oppervlaktewater.

De gemiddelde TFA concentratie in oppervlaktewater in Duitsland ligt voor de meeste gebieden tussen de 0,3 en 3 µg/l (Sturm et al., 2023). De hoogst gemeten TFA concentraties in oppervlaktewater zijn voornamelijk in het stroomgebied van de Rijn en de Elbe zeer hoog

¹² Een ERM-streefwaarde is vastgelegd in het European River Memorandum (ERM). ERM-streefwaarden houden rekening met wettelijke kaders zoals de KRW, en zorgen ervoor dat het water in de rivier na natuurlijke zuivering geschikt is als drinkwater (ERM, 2020).

en komen boven de 30 µg/l uit (Sturm et al., 2023). Deze maximale concentraties zijn stukken hoger dan de maximale concentraties die in Nederland gemeten worden. De maximale concentraties TFA in Duitsland zijn in de Rijn vermoedelijk gerelateerd aan industriële lozingen.

4.3 Rioolwaterzuiveringsinstallaties

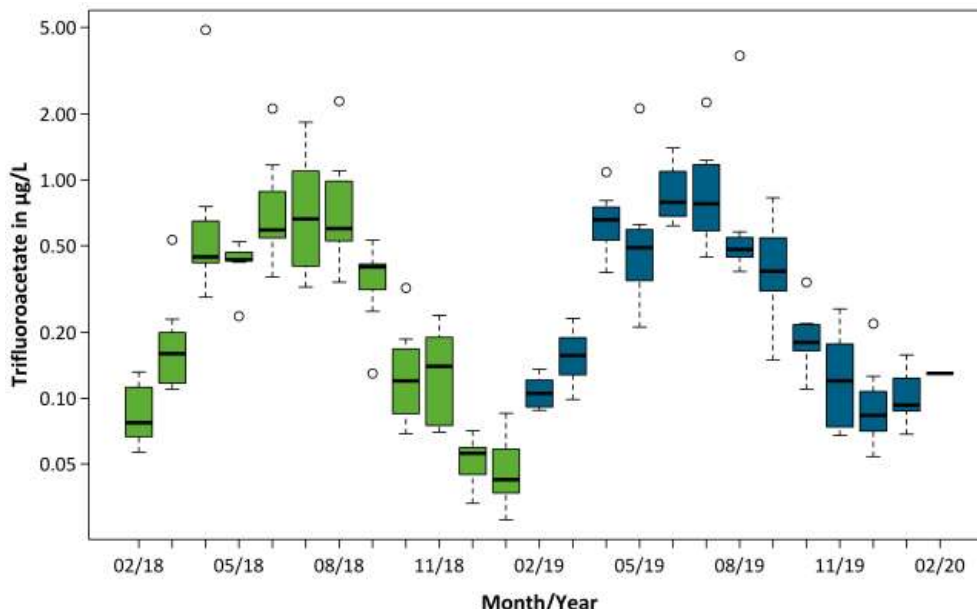
In Nederland zijn slechts twee TFA metingen bekend bij RWZI's. In 2017 zijn twee effluentmetingen gedaan bij de RWZI Wervershoof, waarbij TFA concentraties zijn gemeten van 1,5 µg/l en 1,9 µg/l ([Watson database](#)). In 2018 zijn ook in Duitsland 4 TFA metingen in het effluent van RWZIs gedaan in de regio Noordrijn-Westfalen. Gemeten TFA concentraties lagen tussen de 1,7 en 4,5 µg/l (Adlunger et al., 2017). In het onderzoek van Scheurer et al. (2017) bij 3 Duitse RWZI's lagen de concentraties TFA in water uit RWZI's na alle zuiveringsstappen tussen de 0,5 en 1,4 µg/l. Bovendien kwam uit ditzelfde onderzoek naar voren dat er vrijwel geen verschil is in TFA concentratie tussen het influent en effluent van RWZI's (Scheurer et al., 2017). Op basis van de twee Duitse onderzoeken wordt geconcludeerd dat de TFA concentraties in effluent van RWZI's voornamelijk een afspiegeling is van de TFA concentraties in drinkwater in het gebied waar het water voor de RWZI vandaan komt (Scheurer et al., 2017; Adlunger et al., 2021). De RWZI Wervershoof ligt in de buurt van Andijk. De gemeten concentraties in het effluent van de RWZI liggen binnen de range aan TFA concentraties die bij Andijk gemeten worden in het kader van oppervlaktewaterkwaliteit metingen in het Rijnstroomgebied (Figuur 4-1).

4.4 Drinkwater

In 2023 is op een totaal van 567 metingen van TFA, 83 keer de signaleringswaarde van 1 µg/l overschreden voor TFA bij drinkwaterwinningen (ILT, 2024b). De hoogst gemeten TFA concentratie was 1,7 µg/l bij Andijk (ILT, 2024b). De mate waarin TFA wordt gemeten bij drinkwaterinnamepunten, alsmede hoe vaak de TFA concentratie de signaleringswaarde overschrijdt, wisselt sterk. Zo is de TFA concentratie bij twee drinkwatermeetpunten van Dunea (Katwijk en Monster), een van Oasen (C. Rodenhuis), twee van PWN (Andijk en Wijk aan zee-Wim Mensink), en een van Waternet (Leiduin) tussen de 78% en 92% van de metingen boven de signaleringswaarde (ILT, 2024b). Daar tegenover staat dat bij de meetpunten van Evides slechts tussen de 4% en 8% van de metingen de signaleringswaarde van TFA wordt overschreden (ILT, 2024b). Mogelijk is dit te verklaren door verschillen in TFA concentraties van het innamewater. Zo is bekend dat in ieder geval bij Andijk het innamewater uit het IJsselmeer komt, waarin TFA concentraties van dezelfde orde grootte worden gemeten (Figuur 4-1).

In de studie van Jonker (2024) is tevens gekeken in welke mate TFA in oppervlaktewater en drinkwater bereid uit Rijn- en Maaswater bijdraagt aan de somPEQ waarde. De somPEQ waarde kan worden getoetst aan de drinkwaterrichtwaarde van 4,4 ng PEQ/l. Door de lage relatieve potentiefactor draagt TFA ongeveer 5-10% bij aan de somPEQ waarde in oppervlaktewater, ondanks de relatief hoge concentraties van TFA (Jonker, 2024). Wanneer gekeken wordt naar drinkwater, dan is de relatieve bijdrage van TFA aan de somPEQ waarde een stuk hoger, namelijk tussen de 11 en 46% (Jonker, 2024). Deze relatief hoge bijdrage aan de somPEQ waarde betekent dat TFA een relatief belangrijke bijdrage levert voor het al dan niet voldoen aan de drinkwaterrichtwaarde van drinkwater bereid uit oppervlaktewater.

Ook in enkele merken bronwater wordt inmiddels TFA aangetroffen. PAN (2024) heeft 19 merken bronwater uit verschillende Europese landen op de aanwezigheid van TFA getest. In het bronwater van 7 merken bronwater is TFA aangetroffen in concentraties boven de drinkwaterlimiet voor metabolieten van bestrijdingsmiddelen (0,1 µg/l) (PAN, 2024). Ook het in Nederland gewonnen bronwater van Bar-le-Duc is getest op TFA, maar dat werd niet aangetroffen (PAN, 2024). Omdat TFA in hoge mate mobiel is en al in andere bronnen is



Figuur 4-2. TFA concentraties in neerslag in Duitsland tussen 2018 en 2020. Afbeelding uit Behringer et al. (2021).

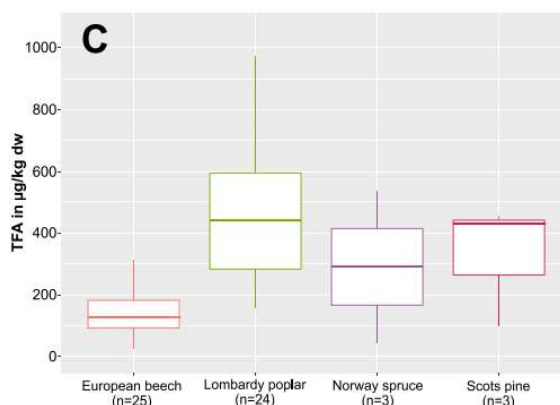
aangetroffen, is het niet uit te sluiten dat op de lange termijn TFA in meer bronwateren zal voorkomen.

4.5 Overige milieucompartmenten

Naast de hierboven besproken compartimenten, komt TFA ook in andere milieucompartmenten voor, zoals bijvoorbeeld neerslag, bodem, en planten. Van deze compartimenten zijn geen Nederlandse data met betrekking tot TFA concentraties beschikbaar.

Met betrekking tot neerslag zijn in Duitsland tussen 2018 en 2020 TFA concentraties gemeten. De mediane concentratie TFA in neerslag per maand lagen in Duitsland tussen de 0,042 en 0,789 µg/l varieerde (Behringer et al., 2021). Bovendien is er een seizoens-effect zichtbaar, waarbij TFA concentraties in neerslag over het algemeen lager zijn in de winter ten opzichte van de zomer (Figuur 4-2; Behringer et al., 2021). Ook in andere landen, waaronder Canada, Chili, Malawi, en China, is TFA in neerslag gemeten (Solomon et al., 2016). Het wereldwijd voorkomen van TFA in neerslag geeft aan dat het aannemelijk is dat ook in Nederland TFA in neerslag voorkomt.

In Duitsland zijn op acht locaties bodems bemonsterd en op TFA getest. De gemiddelde concentratie was 0,97 µg/kg d.w. in de bovenste 30cm van de bodem, en 0,49 µg/kg d.w. tussen de 30 en 60 cm diepte (Behringer et al., 2021). Deze gemiddelde concentraties liggen lager dan de door het RIVM vastgestelde achtergrondwaarden van 1400 ng/kg droge stof voor PFOS en 1900 ng/kg droge stof voor PFOA (RIVM, 2020). Er is 1 locatie waar de concentraties in de bodem hoger zijn dan de achtergrondwaarden die het RIVM voor PFOA en PFOS heeft vastgesteld (Behringer et al., 2021).



Figuur 4-3. TFA concentraties in bomen. Bemonsterde bomen zijn respectievelijk de beuk (rood), de zwarte populier (groen), de fijnspar (paars), en de grove den (roze). De bemonstering betreft bladeren uit de periode 1989 tot 2020. Afbeelding uit Freeling et al. (2022).

Behringer et al. (2021) geeft geen verklaring voor waarom op deze locaties TFA concentraties relatief hoog zijn. Eventueel draagt de relatief hoge hoeveelheid organisch koolstof in de bodem bij aan de hoge TFA concentraties. Dit zou in lijn zijn met het onderzoek van Richey et al. (1997), wat stelt dat bodems met meer organisch koolstof sterker TFA adsorberen. Mogelijk zijn de gemiddeld lage TFA concentraties in de bodem een indicatie dat de bodem geen reservoir voor TFA is. Ook dit is in lijn met het onderzoek van Richey et al. (1997), waaruit blijkt dat TFA slecht aan de bodem bindt.

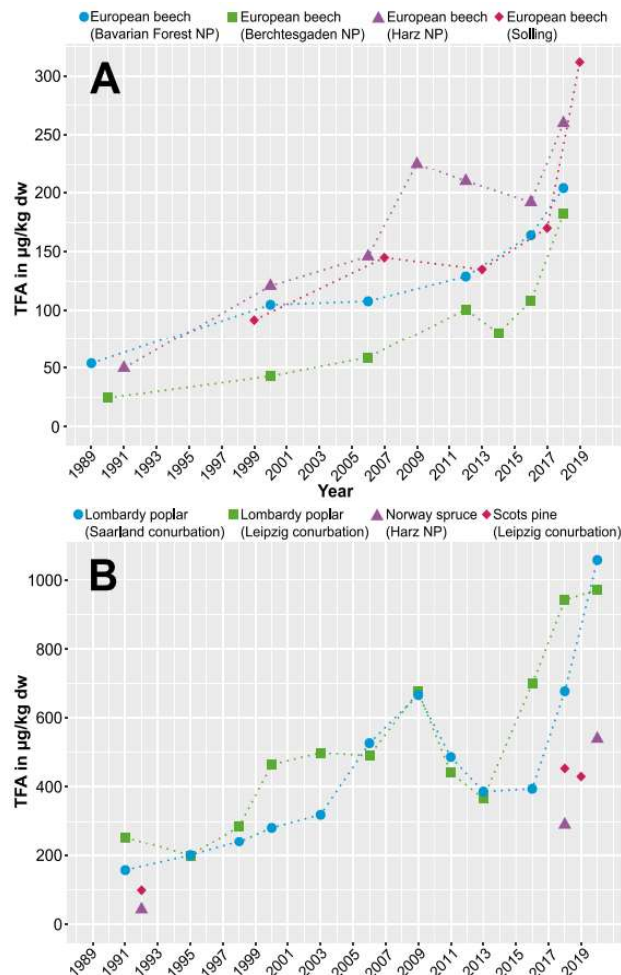
Naast neerslag en bodems, wordt TFA ook in planten aangetroffen. In het onderzoek van Behringer et al. (2021) zijn 6 verschillende planten bemonsterd in Duitsland, waarbij concentraties tussen de 35 en 120 µg/kg d.w. TFA zijn aangetroffen. De gemeten TFA concentraties in bomen door Freeling et al. (2022) liggen over het algemeen een stuk hoger, met concentraties tussen de 24,6 en 312 µg/kg d.w. voor de beuk, concentraties tussen de 156 en 1060 µg/kg d.w. voor de zwarte populier, concentraties tussen de 42,8 en 538 µg/kg d.w. voor de fijnspar, en concentraties tussen de 98,5 en 453 µg/kg d.w. voor de grove den (Figuur 4-3). De metingen in Freeling et al. (2022) betroffen bladmonsters genomen tussen 1989 en 2020. De hoogst gemeten concentraties betreffen voor iedere boomsoort een monster genomen tussen 2017 en 2020, terwijl de laagste concentraties allemaal van monsters genomen tussen 1989 en 1992 waren (Figuur 4-4; Freeling et al., 2022).

Het is aannemelijk dat TFA concentraties in planten en bomen afhankelijk zijn van de soort. Zo zijn in het onderzoek van Freeling et al. (2022) de TFA concentraties in de beuk over het algemeen lager dan de concentraties in de andere drie boomsoorten (zwarte populier, de fijnspar, en de grove den, zie ook Figuur 4-3; Figuur 4-4). Dit zou ook het verschil tussen de gemeten concentraties in het onderzoek van Behringer et al. (2021) en Freeling et al. (2022) kunnen verklaren.

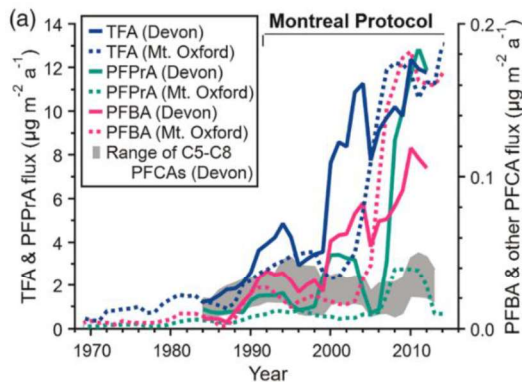
4.6 Toename TFA in milieu

Over de afgelopen decennia is een toename van de TFA concentratie in het milieu geobserveerd. Deze toename is zichtbaar in meerdere compartimenten. Zo is de TFA concentratie in neerslag in Duitsland sinds 1995/1996 3 tot 4 keer hoger geworden (Sturm et al., 2023). Deze trend van toenemende TFA concentraties is ook geobserveerd in bladeren tussen 1989 en 2020 (Figuur 4-4; Freeling et al., 2022).

Uit onderzoek naar de TFA concentraties in wijn, waarbij wijn uit meerdere Europese landen is geanalyseerd uit jaren tussen 1974 en 2023, komt tevens naar voren dat de TFA



Figuur 4-4. TFA concentraties in bladeren van Duitse bomen tussen 1989 en 2019. In panel A zijn metingen weergegeven van bladeren van de beuk. In panel B zijn metingen weergegeven van bladeren van de zwarte populier, de fijnspar, en de grove den. Afbeelding uit Freeling et al., (2022).



Figuur 4-5. Berekende TFA flux (blauw) op basis van metingen in ijskernen uit de Devon (doorgetrokken lijn) en de Mt. Oxford (stippellijn) gletsjers in noord-Canada. Afbeelding uit Pickard et al. 2020.

concentraties met de tijd toenemen (Burtscher-Schaden et al., 2025). Sinds 2010 lijken de TFA concentraties in wijn zelfs exponentieel toe te nemen, al is het aantal metingen waar dit op gebaseerd is beperkt (Burtscher-Schaden et al., 2025).

Hierdoor is het verband op een te beperkt aantal datapunten gebaseerd om de precieze trend hard te maken (Burtscher-Schaden et al., 2025).

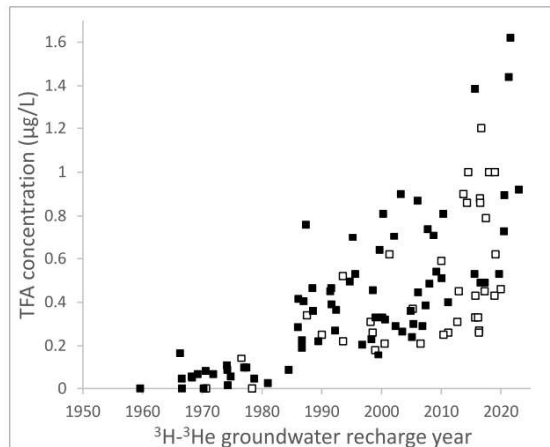
Ook in Canadese gletsjers is een toename in TFA concentraties zichtbaar (Pickard et al., 2020). In de twee bemonsterde ijskernen uit het onderzoek van Pickard et al. (2020) kwam naar voren dat de TFA concentratie in de ijskern vanaf 1990 begint toe te nemen ten opzichte van de periode 1970-1989, waarna vanaf 2000 TFA concentratie snel toeneemt (Figuur 4-5). De verklaring die Pickard et al. (2020) geeft voor de toename in TFA concentratie na 1990 is de invoering van het Montreal protocol in 1989. In het Montreal protocol werd afgesproken dat het gebruik van ozonafbrekende CFK-gassen verboden is. De CFK-gassen werden vervangen door fluorhoudende gassen, die in de atmosfeer af kunnen breken tot onder meer TFA.

Deze toename in TFA concentraties in ijskernen onderzocht door Pickard et al. (2020) komt ook naar voren in onderzoek naar Deens grondwater (Albers en Sültenfuss, 2024). Het onderzoek van Albers en Sültenfuss (2024) laat zien dat tussen 1960 en 2023 de TFA concentratie significant is toegenomen (Figuur 4-6). Tot pakweg 1980 waren de TFA zeer laag, waarna de TFA concentraties flink toenamen (Figuur 4-6; Albers en Sültenfuss, 2024). Tegelijkertijd nam ook de spreiding in TFA concentraties in grondwater toe, wat volgens Albers en Sültenfuss (2024) waarschijnlijk duidt op een combinatie van verschillende bronnen van TFA.

Door het gebrek aan historische TFA metingen in Nederland is het niet mogelijk om met zekerheid vast te stellen dat er ook in Nederland gedurende de afgelopen 30 à 40 jaar een toename in TFA concentraties in het milieu is geweest. Desalniettemin is het wel aannemelijk dat ook in Nederland de TFA concentraties in het milieu over de afgelopen decennia zijn toegenomen. Dit komt omdat in landen nabij Nederland, zoals Duitsland de trend is vastgesteld, alsmede dat een belangrijke bron die bijdraagt aan deze verklaring, namelijk het gebruik van drijfgassen die onder meer TFA als metaboliet hebben ter vervanging van de sinds eind jaren '80 verboden CFK gassen, ook in Nederland relevant is.

4.7 Synthese

TFA is in Nederland al gemeten in onder meer oppervlaktewater, grondwater, het effluent van RWZI's, en in drinkwater. Op dit moment zijn de TFA concentraties in deze compartimenten



Figuur 4-6. Toename TFA concentraties in grondwater in Denemarken sinds 1960. De datering van het grondwater is op basis van tritium/helium datering. De gesloten vierkanten betreft metingen uitgevoerd in het kader van het onderzoek van Albers en Sültenfuss (2024). De open vierkanten betreffen overige metingen aan TFA in grondwater uitgevoerd tussen 2013 en 2021. Afbeelding uit Albers en Sültenfuss (2024).

meestal lager dan de door het RIVM vastgestelde drinkwaterrichtwaarde van 2,2 µg/l. In andere landen is TFA ook aangetroffen in onder meer neerslag, de bodem, en planten. Het is aannemelijk dat TFA in Nederland ook in deze compartimenten voorkomt, al is niet goed in te schatten om wat voor concentraties dat zou gaan.

Op basis van metingen uit historische archieven, waaronder Deens grondwater, Canadese ijskernen, en Duitse bladeren, komt naar voren dat TFA concentraties tot pakweg 1980 á 1990 verwaarloosbaar waren, waarna de concentratie TFA toenam. Afhankelijk van het compartiment, neemt de TFA concentratie sterker toe vanaf pakweg 2000 (ijskernen) of 2015 (grondwater en bladeren). Toenemende TFA concentraties in het milieu zijn in lijn met de toenemende mate van gebruik van producten die tot TFA kunnen afbreken, waaronder drijfgassen en bestrijdingsmiddelen. Het is tevens aannemelijk dat deze trend van toenemende TFA concentraties zich over de afgelopen decennia ook in Nederland heeft voorgedaan. Mocht de trend van stijgende TFA concentraties in het milieu zich blijven voordoen, dan is het niet uit te sluiten dat grond-, of oppervlaktewater wat voor drinkwaterbereiding gebruikt wordt in de toekomst niet meer aan de door het RIVM vastgestelde drinkwaterrichtwaarde van 2,2 µg/l zal voldoen. Omdat TFA tot op heden niet te verwijderen is, zal ten gevolge ook drinkwater niet meer aan de drinkwaterrichtwaarde voldoen.

5 TFA in Nederland

Op basis van de informatie uit hoofdstuk 3 en 4 zal in dit hoofdstuk een eerste inschatting gemaakt worden van in welke mate TFA in Nederland waarschijnlijk in het milieu terecht komt, alsmede wat mogelijke bronnen kunnen zijn. Gezien de beperkte hoeveelheid monitoringsdata is het in de meeste gevallen niet mogelijk om de hoeveelheid TFA te kwantificeren. Desalniettemin zal er een eerste basis gelegd worden voor een kwalitatieve inschatting van relevante bronnen.

5.1 Neerslag

Ondanks dat er geen gegevens zijn van TFA concentraties in neerslag in Nederland, is het aannemelijk dat de neerslag in Nederland TFA bevat. TFA geproduceerd door de afbraak van HFC- en HCFC-gassen, en dampvormige anesthetica verspreidt zich over grote afstanden in de atmosfeer vanwege de relatief lange verblijftijden van de betreffende stoffen. Doordat deze stoffen zich over grotere afstanden verspreiden is het niet mogelijk om op basis van gebruikshoeveelheden in Nederland in te schatten hoeveel TFA via deze route in het Nederlandse milieu terecht komt. Wel kan het zijn dat het Nederlandse aandeel in TFA in de atmosfeer mogelijk toeneemt. Dit komt omdat HFC- en HCFC-gassen gebruikt worden in onder meer airconditioning van auto's en woningen, en in warmtepompen. Het is de verwachting dat het gebruik van warmtepompen en airconditioning in huizen de komende jaren toe zal nemen, onder andere vanwege klimaatverandering. Een deel van de koudemiddelen die hiervoor gebruikt worden breekt af tot TFA in de atmosfeer. Om meer zicht te krijgen op hoeveel TFA via neerslag in Nederland terecht komt zal de TFA concentratie in neerslag gemeten moeten worden.

5.2 Landbouw

Het is aannemelijk dat TFA vanuit landbouw een relevante bron is. In de grondwatermonitoring uit 2023 in de provincie Utrecht kwam naar voren dat TFA concentraties relatief hoog waren in gebieden met landgebruik akker of boomgaard (SWECO, 2023). De hoge TFA concentraties in de Drentsche Aa, een oppervlaktewater wat voornamelijk door landbouw wordt beïnvloed, worden door Pesticide Action Network Netherlands gelinkt aan het gebruik van bestrijdingsmiddelen¹³. In gebieden waar bestrijdingsmiddelen in het grondwater worden gemeten wordt ook vaak TFA gemeten (Leendertse et al., 2025).

De correlatie tussen verhoogde TFA concentraties in grond- of oppervlaktewater wordt niet alleen in Nederland gezien, maar komt ook voor in landen als Duitsland en Zwitserland (zie paragraaf 4.1; Sturm et al., 2023). Bovendien is het van meerdere bestrijdingsmiddelen die in Nederland zijn toegelaten bekend dat deze af kunnen breken tot TFA, waaronder flufenacet, fluopyram, en tembotrione. Daarnaast is er een grotere lijst van 32 werkzame stoffen van bestrijdingsmiddelen die in Nederland zijn toegelaten waarbij de werkzame stof een -CF₃ groep bevat en die dus mogelijk TFA als metaboliet hebben (bijlage A).

De data-analyse van Sturm et al. (2023), waarbij een inschatting is gemaakt van de hoeveelheid TFA die via bepaalde bronnen in het milieu in Duitsland terecht komt, laat zien dat van de bronnen die te kwantificeren waren in theorie 434 ton/jaar TFA in Duitsland afkomstig kan zijn van bestrijdingsmiddelen. Dit is meer dan 4 keer zoveel TFA als wat geschat wordt dat afkomstig is van neerslag, en bijna 20 keer zoveel als wat geschat wordt wat via rioolwaterzuiveringsinstallaties in het milieu terecht komt (Sturm et al., 2023). Op basis van een analyse van Leendertse et al. (2025) was de afzet van bestrijdingsmiddelen

¹³ [Afbraakproduct TFA bedreigt ons water.](#)

die onder de PFAS definitie vallen in Nederland in 2023 ongeveer 270 ton. De totale hoeveelheid TFA van bestrijdingsmiddelen die in Nederland in het grondwater terecht komt ligt dus lager dan in Duitsland. Desalniettemin is Nederland ook significant kleiner, waardoor de vrijgekomen TFA in een kleiner gebied terecht komt.

In landbouwgebieden zou TFA niet alleen via bestrijdingsmiddelen in het milieu terecht kunnen komen, maar ook via vloeibare mest (Sturm et al., 2023). De TFA komt waarschijnlijk in mest terecht omdat TFA opgenomen wordt door planten (Sturm et al., 2023). Vloeibare mest is in die zin dus geen bron van nieuwe TFA in het milieu, maar eerder een manier waarop TFA op andere locaties terecht komt. Sturm et al. (2023) schat in dat in Duitsland 19 ton/jaar aan TFA via vloeibare mest in het milieu terecht komt. Dit is slechts een fractie van de 434 ton/jaar via bestrijdingsmiddelen.

5.3 Geneesmiddelen

Er zijn 66 geneesmiddelen op de markt die mogelijk TFA als metaboliet zouden kunnen hebben (bijlage B; RIVM, 2023b). Het RIVM (2025) heeft op basis van verkoopcijfers een inschatting gemaakt hoeveel TFA er in theorie kan ontstaan uit 41 geanalyseerde geneesmiddelen die onder de PFAS definitie vallen. De uitgifte van de 41 PFAS geneesmiddelen in de berekening lag tussen de 4500 en 9000 kg in 2024, waaruit in theorie tussen de 1079 en 3737 kg TFA per jaar kan ontstaan (RIVM, 2025). Deze berekening is waarschijnlijk een onderschatting omdat niet alle apotheken cijfers over de uitgifte van geneesmiddelen aanleveren. De TFA van de meeste geneesmiddelen komt waarschijnlijk via RWZI's in het milieu terecht. In de onderzochte lijst staat ook sevofluraan. Dit middel is dampvormig en komt hierdoor in de atmosfeer terecht, waar het een lange verblijfstijd heeft. Uit sevofluraan gevormde TFA kan weer in neerslag terecht komen. De theoretische hoeveelheid TFA die kan ontstaan uit sevofluraan is slechts 0-1 kg (RIVM, 2025). Ten opzichte van de totale hoeveelheid TFA uit geneesmiddelen is dit slechts een klein aandeel. Gezien het gebrek aan meetgegevens is het niet mogelijk om een indicatie te geven of TFA uit geneesmiddelen via RWZI's een significante bijdrage kan leveren aan TFA in het milieu in Nederland. Bovendien zal niet alle TFA in het effluent van RWZI's van geneesmiddelen afkomstig zijn. Dit komt omdat andere middelen die mogelijk tot TFA kunnen afbreken ook in rioolwater terecht zouden kunnen komen. Een voorbeeld is fipronil, wat een -CF₃ groep bevat en gebruikt wordt als antivlooienmiddel bij huisdieren.

5.4 Industriële lozingen

Gezien het gebrek aan zowel lozingsgegevens van TFA, als de beperkte hoeveelheid TFA metingen in oppervlaktewater is het niet goed in te schatten in welke mate industriële lozingen van TFA relevant zijn in Nederland. Desondanks is het niet uit te sluiten dat er TFA in industriële lozingen zit, of dat er stoffen geloosd worden die mogelijk tot TFA kunnen afbreken. Bovendien kan het zijn dat een bedrijf er niet van op de hoogte is dat er TFA in de lozing zit, omdat TFA een (vermoedelijk) afbraakproduct van een grote verscheidenheid aan stoffen is. TFA hoeft dus niet persé in het proces gebruikt te worden, om toch mogelijk in de lozing terecht te komen. Bedrijven die mogelijk TFA zouden kunnen lozen zijn niet alleen de fluorochemische industrie, zoals bijvoorbeeld Chemours waarvan bekend is dat er in het verleden TFA in de lozing heeft gezeten (zie 3.1), maar het kan ook gaan over bedrijven die bijvoorbeeld bestrijdings- of geneesmiddelen maken met een -CF₃ groep.

5.5 Overige bronnen

Afbraak van lange keten PFAS draagt waarschijnlijk ook bij aan de TFA concentraties in het milieu in Nederland. Echter is niet goed in te schatten via welke routes en in welke mate dit in het milieu terecht zou komen. Dit komt ten eerste omdat er meerdere mogelijke routes kunnen zijn, die niet allemaal even goed in kaart zijn gebracht. Zo kan er mogelijk TFA ontstaan bij afvalverbrandingsinstallaties waar producten van teflon in terecht komen, maar

weten we niet waar de gevormde TFA vervolgens terecht komt. Ook in het geval van microbiële afbraak is bekend dat langere keten PFAS kunnen afbreken tot TFA (Sun et al., 2020), maar is onbekend waar deze omstandigheden zich eventueel voor zouden kunnen doen.

Naast dat er onduidelijkheid is over waar TFA van afbraak van langere keten PFAS terecht zou komen, is er ook niet voldoende zicht op in welke hoeveelheden lange keten PFAS überhaupt terechtkomen op plekken waar de omstandigheden juist zijn om tot TFA af te breken. Dit gaat niet alleen op voor de afbraak van lange keten PFAS, maar zeker ook voor stoffen waarbij de $-CF_3$ groep aan een benzeenring vastzit.

5.6 Synthese

Ondanks het gebrek aan metingen is het aannemelijk dat er TFA in neerslag zit in Nederland. Deze TFA vindt zijn oorsprong in de afbraak van onder meer koudemiddelen zoals HFC- en HCFC-gassen, en anesthetica zoals bijvoorbeeld isofluraan. Daarnaast is het zeer aannemelijk dat er een significante hoeveelheid TFA via de afbraak van fluorhoudende bestrijdingsmiddelen in grond- en oppervlaktewater terecht komt. Ook de afbraak van fluorhoudende geneesmiddelen zal bijdragen aan TFA in Nederland, maar vermoedelijk in significant mindere mate dan TFA afkomstig van bestrijdingsmiddelen. Bovendien is door een gebrek aan metingen bij RWZI's de hoeveelheid TFA die onder meer van geneesmiddelen via deze route in oppervlaktewater terecht zou kunnen komen niet te kwantificeren. Ook TFA vanuit mogelijke industriële lozingen is niet te kwantificeren vanwege het gebrek aan meetgegevens in oppervlaktewater, en het gebrek aan inzicht in vergunningen. Bovendien is niet uit te sluiten dat bedrijven mogelijk TFA in hun lozing hebben zonder dat zij dat weten. Op basis van de huidige gegevens is het niet mogelijk om een massabalans op te stellen van TFA in Nederland. Het meenemen van TFA in meetcampagnes voor oppervlaktewater, grondwater, effluent van RWZI's, en neerslag is een belangrijke eerste stap voor het opstellen van een massabalans in Nederland.

6 Conclusie

TFA is een zeer korte keten PFAS (C2) die zeer mobiel en persistent is. Op basis van huidig onderzoek lijkt de toxiciteit van TFA beperkt. Onduidelijk is in welke mate TFA bioaccumulatief is. TFA wordt gebruikt voor een grote verscheidenheid van chemische reacties en als grondstof voor onder meer bepaalde geneesmiddelen en bestrijdingsmiddelen. Daarnaast is TFA een bekende metaboliet van onder meer HFC-134a en u-HFC-1234yf, die gebruikt worden als koudemiddel in airconditioning van auto's, woningen, en warmtepompen. Ook is TFA een bekende metaboliet van geneesmiddelen zoals bijvoorbeeld fluoxetine en sitagliptine, en van bestrijdingsmiddelen zoals fluopyram, flufenacet, en tembotrione.

In Nederland is TFA gemeten in oppervlaktewater (Rijn- en Maasstroomgebied), in grondwater, en bij drinkwaterinnamepunten. In grondwater zijn de TFA concentraties regelmatig hoger dan de drinkwaterrichtwaarde van 2,2 µg/l. In oppervlaktewater zijn de TFA concentraties incidenteel hoger dan de drinkwaterrichtwaarde. Bovendien levert TFA een significante bijdrage aan het al dan niet voldoen aan de norm voor som PFAS. In het buitenland is TFA ook gemeten in neerslag, bodem, en planten. De TFA concentratie in het milieu neemt toe over de afgelopen decennia.

TFA kan via verschillende bronnen in het milieu terecht komen. Zo komt TFA die ontstaat in de atmosfeer door afbraak van koudemiddelen en dampvormige anesthetica zoals isofluraan, desfluraan, en sevofluraan via neerslag in bodem en oppervlaktewater terecht. De verblijftijd van deze stoffen in de atmosfeer is relatief lang, waardoor de TFA over grote afstanden verspreid wordt. Ondanks het gebrek aan metingen is het zeer aannemelijk dat TFA ook in Nederland in neerslag voorkomt.

Daarnaast is er in onder meer de provincie Utrecht, en Duitsland en Zwitserland een correlatie geobserveerd tussen relatief hoge TFA concentraties in het grondwater en gebieden waar veel landbouw bedreven wordt. Van enkele bestrijdingsmiddelen is bekend dat ze kunnen afbreken tot TFA. Daarnaast wordt er van enkele tientallen bestrijdingsmiddelen die in Nederland zijn toegelaten vermoed dat deze kunnen afbreken tot TFA. Van bestrijdingsmiddelen die onder de PFAS definitie vallen was de afzet in Nederland in 2023 ongeveer 270 ton. Het is zeer aannemelijk dat bestrijdingsmiddelen met een -CF₃ groep een belangrijke bron zijn van TFA in grond- en oppervlaktewater.

Overige mogelijk relevante bronnen van TFA in Nederland zijn geneesmiddelen, langere keten PFAS, en industriële lozingen. De hoeveelheid TFA die ontstaat door afbraak van geneesmiddelen is waarschijnlijk significant kleiner dan de hoeveelheid TFA die ontstaat door de afbraak van bepaalde bestrijdingsmiddelen. In hoeverre afbraak van langere keten PFAS relevant is en waar deze TFA terecht komt, is op basis van de huidige gegevens niet in te schatten. Industriële lozingen dragen vermoedelijk bij aan de TFA concentratie in het milieu, maar door het gebrek aan metingen in oppervlaktewater en informatie uit vergunningen is het niet mogelijk in te schatten hoe groot deze bron is.

Het is aannemelijk dat de TFA concentratie in Nederland zal blijven toenemen wanneer er niet wordt ingegrepen middels bijvoorbeeld bronmaatregelen. Dit komt doordat TFA zeer mobiel is, niet afbreekt, en een grote verscheidenheid aan (vermoedelijke) bronnen kent. Op dit moment zijn TFA concentraties in grond- en oppervlaktewater al incidenteel hoger dan de door het RIVM vastgestelde drinkwaterrichtwaarde. Zonder ingrijpen in bronnen zal de TFA concentratie in de toekomst vaker de drinkwaterrichtwaarde overschrijden.

6.1 Aanbevelingen

- Om meer zicht te krijgen op in welke concentraties TFA in het milieu voorkomt is het belangrijk om meer te monitoren. Deze monitoring moet zich focussen op neerslag,

grond- en oppervlaktewater. Deze metingen kunnen als basis dienen om een eerste begrip te krijgen van of en in welke mate TFA een mogelijk probleem vormt. Ook kan deze informatie gebruikt worden om een eerste inschatting te maken van mogelijk belangrijke bronnen op basis van ruimtelijke variaties in TFA concentraties.

- Voor een gedegen bronaanpak is het van belang om de verschillende bronnen van TFA in Nederland in kaart te brengen. Hiervoor is in eerste instantie het meten van TFA in neerslag en bij RWZI's van belang. Voor de bijdrage van RWZI's aan TFA concentraties in het milieu is het van belang om het effluent te meten. Metingen aan het influent dragen bij aan het begrip of er ook nieuwe TFA ontstaat bij RWZI's. Ook het vergaren van inzicht in hoeverre industriële lozingen van belang zijn, is van waarde. Dit kan gedaan worden door mogelijke lozers te verplichten te meten of er TFA in de lozing zit, en door te meten in oppervlaktewater boven- en benedenstrooms bij een industriegebied waar mogelijk TFA geloosd wordt.

7 Literatuurlijst

- Adlunger, K., et al., 2021. Reducing the input of chemicals into waters: trifluoroacetate (TFA) as a persistent and mobile substance with many sources. UBA, ISSN 2363-829X.
- Albers, C.N., en Sültenfuss, J., 2024. A 60-Year Increase in the Ultrashort-Chain PFAS Trifluoroacetate and Its Suitability as a Tracer for Groundwater Age. *Environmental Science & Technology letters*, 11: 1090-1095.
- Arcadis, 2023. Grondwaterkwaliteit Nederland 2021-2022. In opdracht van Platform Meetnetbeheerders Grondwaterkwaliteit.
- BAFU (Bundesamt für Umwelt), 2025. TFA in groundwater. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/water/groundwater/groundwater-quality/tfa-im-grundwasser.html> (geraadpleegd op 13-8-2025).
- Baqar, M., et al., 2024. Identification of Emerging Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in E-waste Recycling Practices and New Precursors for Trifluoroacetic Acid. *Environmental Science and Technology*, 58: 16153-16163.
- BAuA, 2025. Proposal for Harmonised Classification and Labelling Based on Regulation (EC) No 1272/2008 (CLP Regulation), Annex VI, Part 2 International Chemical Identification: Trifluoroacetic Acid ... %. CLH report.
- Behringer, D., et al., 2021. Persistent degradation products of halogenated refrigerants and blowing agents in the environment: type, environmental concentrations, and fate with particular regard to new halogenated substitutes with low global warming potential. TEXTE 73/2021, UBA, report no.: FB000452/ENG.
- Burtscher-Schaden, H., et al., 2025. Message from the Bottle, The Rapid Rise of TFA Contamination Across the EU.
- CTGB, 2025. Versnelling beoordeling potentiële TFA-precursors in gewasbeschermingsmiddelen. Adviesbrief: 2025A50062-157590503-3.
- Cui, J., et al., 2019. The contribution of fluoropolymer thermolysis to trifluoroacetic acid (TFA) in environmental media. *Chemosphere*, 222: 637-644.
- Duan, Y., et al., 2020. Distribution of novel and legacy per-/polyfluoroalkyl substances in serum and its associations with two glycemic biomarkers among Chinese adult men and women with normal blood glucose levels. *Environment International*, 134: 105295.
- Ellis, D.A., et al., 2001. Thermolysis of fluoropolymers as a potential source of halogenated organic acids in the environment. *Nature*, 412: 321-324.
- ERM, 2020. Europees Rivierenmemorandum voor de kwalitatieve waarborging van de winning van drinkwater. Publicatie: 02/2020. ISBN/EAN: 978-90-6683-180-3.
- Frank, H., et al., 2002. Trifluoroacetate in ocean waters. *Environmental Science and Technology*, 36: 12–15.

Freeling, F., et al., 2022. Levels and Temporal Trends of Trifluoroacetate (TFA) in Archived Plants: Evidence for Increasing Emissions of Gaseous TFA Precursors over the Last Decades. *Environmental Science & Technology*, 9: 400-405.

Garavagno, M., et al., 2024. Trifluoroacetic Acid: Toxicity, Sources, Sinks and Future Prospects. *Sustainability*, 16: 2382.

Gehrmann, H., et al., 2024. Mineralization of fluoropolymers from combustion in a pilot plant under representative european municipal and hazardous waste combustor conditions. *Chemosphere*, 365: 143403.

Global 2000, 2024. TFA in Water: Dirty PFAS Legacy Under the Radar.

ILT, 2024a. Advies aanvraag indirecte lozing van trifluorazijnzuur (TFA) van Chemours Netherlands BV.

ILT, 2024b. Drinkwaterkwaliteit 2023.

Joerss, H., et al., 2024. Pesticides can be a substantial source of trifluoroacetate (TFA) to water resources. *Environment International*, 193: 109061.

Jonker, M.T.O., 2024. Poly- en perfluoralkylstoffen (PFAS) in Rijn-, Maas- en drinkwater - Meetwaarden, normen en risicogrenzen. Institute for Risk Assessment Sciences, Universiteit Utrecht. In opdracht van Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT).

Joudan, S., et al., 2021. Insufficient evidence for the existence of natural trifluoroacetic acid. *Environmental Science Processes & Impacts*, 23: 1641-1649.

Khan, M.F., en C.D. Murphy, 2021. Bacterial degradation of the anti-depressant drug fluoxetine produces trifluoroacetic acid and fluoride ion. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 105: 9359-9369.

Leendertse, P., et al., 2025. Gebruik van PFAS-pesticiden en risico's voor grondwater en bodem. CLM-1236.

Lopez, S.E., en J. Salazar, 2013. Trifluoroacetic Acid: Uses and Recent Applications in Organic Synthesis. *Journal of Fluorine Chemistry*, 156, 73-100.

OECD, 2021. Reconciling terminology of the universe of per- and polyfluoroalkyl substances: recommendations and practical guidance. OECD Series on Risk Management, No. 61. OECD Publishing, Paris.

PAN (Pesticide Action Network), 2024. TFA: The 'Forever Chemical' in European Mineral Waters.

Richey, D.G., et al., 1997. Soil Retention of Trifluoroacetate. *Environmental Science & Technology*, 31: 1723-1727.

Rijkswaterstaat, 2025. HandelingsOpties Omtrent PFAS-lozingen (HOOP).

RIVM, 2020. Achtergrondwaarden perfluoralkylstoffen (PFAS) in de Nederlandse landbodem. RIVM-briefrapport 2020-0100.

RIVM, 2023a. Advies Indicatieve drinkwaterrichtwaarde voor stof trifluorazijnzuur (TFA, CAS-nr. 76-05-1). Brief aan ILT, DMG-2023-0011.

RIVM, 2023b. Nota: PFAS in medische producten. Nota nummer GZB 2023 – 0026.

RIVM, 2025. Trifluorazijnzuur (TFA) uit geneesmiddelen. [Genees- en hulpmiddelen en lichaamsmaterialen | Gevolgen | Volksgezondheid en Zorg](#). Geraadpleegd op 18 september 2025.

RIWA-Maas, 2023. Jaarrapport 2022: De Maas. ISBN: 9789083075990.

RIWA-Maas, 2024. Jaarrapport 2023: De Maas. ISBN: 9789083357416.

RIWA-Rijn, 2018. Jaarrapport 2017: De Rijn. ISBN: 978-90-6683-168-1.

RIWA-Rijn, 2024. Jaarrapport 2023: De Rijn. ISBN: 978-90-6683-190-2.

Scheurer, M., et al., 2017. Small, mobile, persistent: Trifluoroacetate in the water cycle – Overlooked sources, pathways, and consequences for drinking water supply. *Water Research*, 126: 460-471.

Scott, B.F., et al., 2005. Trifluoroacetate profiles in the Arctic, Atlantic, and Pacific Oceans. *Environmental Science and Technology*, 39: 6555–6560.

Solomon, K.R., et al., 2016. Sources, fates, toxicity, and risks of trifluoroacetic acid and its salts: Relevance to substances regulated under the Montreal and Kyoto Protocols. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 19: 289-304.

Sturm, S., et al., 2023. Trifluoroacetate (TFA): Laying the foundations for effective mitigation – Spatial analysis of the input pathways into the water cycle. UBA: TEXTE 167/2023.

Sun, M., et al., 2020. Fluorochemicals biodegradation as a potential source of trifluoroacetic acid (TFA) to the environment. *Chemosphere*, 254: 126894.

SWECO, 2023. Meetronde freatische grondwaterkwaliteit Provincie Utrecht 2023. Referentienummer: 51016742.

Visscher, P.T., et al., 1994. Degradation of trifluoroacetate in oxic and anoxic sediments. *Nature*, 369: 729–731.

Xie, G., et al., 2020. Distribution characteristics of trifluoroacetic acid in the environments surrounding fluorochemical production plants in Jinan, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 27: 983-991.

Zheng, G., et al., 2023. Elevated Levels of Ultrashort- and Short-Chain Perfluoroalkyl Acids in US Homes and People. *Environmental Science & Technology*, 57: 15782-15793.

A Lijst van werkzame stoffen in bestrijdingsmiddelen die mogelijk TFA als metaboliet hebben

Lijst op basis van CTGB (2025).

Beflubutamid	Fluopicolide	Penthiopyrad
Cyflufenamid	Fluopyram	Picolinafen
Cyflumetofen	Flurochloridone	Prosulfuron
Diflufenican	Flutianil	Pyroxsulam
Flazasulfuron	Flutolanil	Sulfoxaflor
Flonicamid	Isoxaflutole	Tau-Fluvalinate
Fluazaindolizine	Lambda-Cyhalothrin	Tefluthrin
Fluazifop-P	Mefentrifluconazole	Tembotrione
Fluazinam	Oxathiapiprolin	Tetraconazole
Flufenacet	Oxyfluorfen	Trifloxystrobin
Fluometuron	Penoxsulam	

B Lijst van in Nederland geregistreerde geneesmiddelen die mogelijk TFA als metaboliet hebben

Lijst op basis van RIVM (2023b).

Alpelisib	Fluoxetine	Perflutren
Apalutamide	Flupentixol	Ponatinib
Aprepitant	Fluvoxamine	Pretomanid
Asciminib	Fosaprepitant	Regorafenib
Avacopan	Fulvestrant	Riluzole
Bertralstat	Gemcitabine	Roflumilast
Bicalutamide	Glecaprevir	Sevofluraan
Bivalirudin	Isoflurane	Silodosine
Cangrelor	Lansoprazol	Siponimod
Celecoxib	Ledipasvir	Sitagliptine
Cinacalcet	Leflunomide	Sonidegib
Corticoreslin	Letermovir	Sorafenib
Delamanid	Lomitapide	Tafluprost
Desflurane	Lumacaftor	Telotristat
Doravirine	Maraviroc	Teriflunomide
Dutasteride	Mefloquine	Tezacaftor
Efavirenz	Methoxyflurane	Tipranavir
Eflornithine	Nilotinib	Travoprost
Elexacaftor	Nilutamide	Trifluridine
Enzalutamide	Nitisonon	Upadacitinib
Etofenamate	Pantoprazol	Vinflunine
Flecainide	Paxlovid	Voxilaprevir

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl