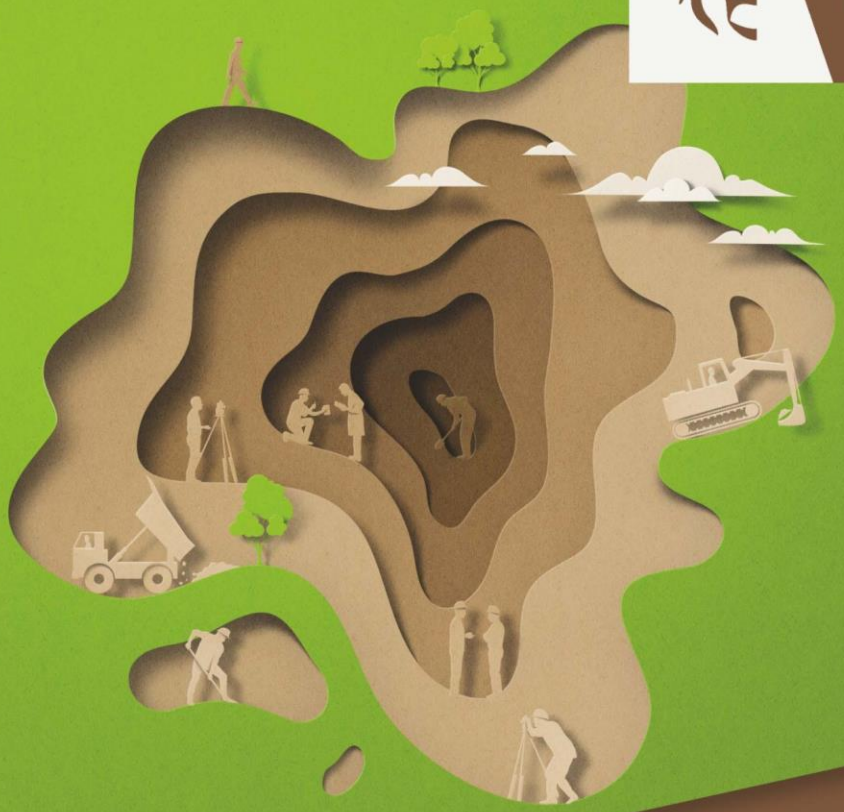
Vlaanderen
is bodembewust



PFAS-VERDACHTE ACTIVITEITEN VOOR GROND-, GRONDWATER- EN WATERBODEM-VERONTREINIGING

SAMEN MAKEN WE MORGEN MOOIER

OVAM

WWW.OVAM.BE

PFAS-VERDACHTE ACTIVITEITEN VOOR GROND-, GRONDWATER- EN WATERBODEM-VERONTREINIGING

publicatiedatum / 26.11.2024

DOCUMENTBESCHRIJVING

1 *Titel van publicatie:*
PFAS-VERDACHTE ACTIVITEITEN VOOR GROND-, GRONDWATER- EN WATERBODEM-VERONTREINIGING

2 *Verantwoordelijke Uitgever:*
OVAM

3 *Wettelijk Depot nummer:* D/2024/5024/30

4 *Trefwoorden:*
PFAS, VLAREM, VLAREBO, toepassingen

5 *Samenvatting:*
Dit rapport bevat een beschrijving van de voornaamste PFAS-toepassingen en een inschatting van de kans op het veroorzaken van grond-,grondwater- of waterbodemverontreiniging. De activiteiten werden, in de mate van het mogelijke, gekoppeld aan VLAREM/VLAREBO-rubrieken.

6 *Aantal bladzijden: 83*

7 *Aantal tabellen en figuren:*

8 *Datum publicatie:*
26/11/2024

9 *Prijs*:/*

10 *Begeleidingsgroep en/of auteur:*
Annelien Aerts, Dorien Gorteman, Karen Van Geert (Arcadis)
Nele Bal, Laetitia Six, Johan Ceenaeme, Sam Fonteyne, Griet Van Gestel, Bruno Billiaert, Kristel Declercq (OVAM)

11 *Contactpersonen:*
Laetitia Six (OVAM), Sam Fonteyne (OVAM)

12 *Andere titels over dit onderwerp: /*

U hebt het recht deze brochure te downloaden, te printen en digitaal te verspreiden. U hebt niet het recht deze aan te passen of voor commerciële doeleinden te gebruiken.

De meeste OVAM-publicaties kunt u raadplegen en/of downloaden op de OVAM-website:
http://www.ovam.be

* Prijswijzigingen voorbehouden.

INHOUD

Lijst met afkortingen 6
Samenvatting 8
Summary 9
1 Inleiding 10
2 Overzicht PFAS-stofgroep 12
2.1 Perfluorverbindingen 13
2.2 Gepolyfluoreerde verbindingen 14
2.3 Fluorpolymeren 15
2.4 Gasvormige/Vluchtige PFAS 16
3 Methodiek 18
3.1 PFAS-verdachte activiteiten en VLAREBO- of VLAREM-rubrieken 19
3.2 Inschatting kans op bodemverontreiniging 19
4 Overzicht PFAS-verdachte activiteiten 22
4.1 Samenvattende tabel met PFAS-verdachte activiteiten 22
4.2 Evaluatie van gebruik PFAS bij activiteiten zonder vlarebo-rubriek 27
5 Toepassingen PFAS 36
5.1 PFAS-producerende industrie 36
5.2 PFAS-verwerkende industrie 37
5.2.1 Productie en verwerking gefluoreerde polymeren en fluorpolymeren 37
5.2.2 Textiel 39
5.2.3 Papier- en verpakkingsindustrie 40
5.2.4 Toepassing bij galvanisatie en het maken van metalen producten 42
5.2.5 Lak, inkt- en verfindustrie 44
5.2.6 Bedekkingsmiddelen 44
5.2.7 Lijmen en kleefstoffen 46
5.2.8 Elektronische industrie en halfgeleiders 47
5.2.9 Fabricage van cosmetica 48
5.2.10 Fabricage van reinigings- en onderhoudsmiddelen 49
5.2.11 Hydraulische vloeistoffen en smeermiddelen 49
5.2.12 Productie brandblusschuim 50
5.2.13 Productie van medische materialen 52
5.2.14 Productie van gewasbeschermingsmiddelen, biociden en medicinale producten 53
5.2.15 Productie van bouwmaterialen 54
5.3 Gebruik van PFAS-houdende producten 55
5.3.1 Gebruik van gefluoreerde gassen 55
5.3.2 Inkt en drukkerijen 55
5.3.3 Foto industrie 56
5.3.4 (Jacht)havens en scheepswerven 56
5.3.5 Auto- en treinwasserijen (carwash) 57
5.3.6 Garage en carrosseriebedrijven 57
5.3.7 Gebruik in transportindustrie 58
5.3.8 Textiel wasserijen en droogkuis 58
5.3.9 Gebruik van medische toestellen en materialen 59
5.3.10 Consumentenproducten 60
5.3.11 Voedingsindustrie 60
5.3.12 PFAS in landbouw 61
5.3.13 Gebruik van PFAS-houdend brandblusschuim 63
5.3.14 Productie, recycleren of afvullen van brandblusapparaten met PFAS-houdende blusschuim 65

5.4 Afvalverwerking, reiniging en recyclage 66
5.4.1 Afvalinzamelaars- verwerkers, recyclagebedrijven 66
5.4.2 Stortplaatsen 67
5.4.3 Grondverwerking, - verzet en stort 68
5.4.4 Verbrandingsinstallaties 69
5.4.5 Afvalwater (bedrijfs- en huishoudelijk afvalwater) 71
5.4.6 Containerreinigingsbedrijven – vatenspoelers/cleaning – tankauto's – afvaltransportbedrijven 74
5.5 Minder relevant voor Vlaanderen 75
5.5.1 Ski wax 75
5.5.2 Oliewinning en mijnbouw 75
6 Verdere details omtrent PFAS-toepassingen 76
7 Restricties in gebruik 77
8 Bibliografie 79
Bijlage 1 Uitgebreid overzicht PFAS-verdachte activiteiten – specifieke stoffen en kans op bodem- of grondwaterverontreiniging 82

LIJST MET AFKORTINGEN

ADONA	4,8-dioxa-3H-perfluorononanoaat
AFFF	Aqueous film forming foam
AR-AFFF	Alcohol resistente film vormende schuimen
AR-FFFP	Alcohol resistente film vormende fluor proteïne schuimen
ECF	Elektrochemische fluorering
EEA	European Economic Area (Europese economische ruimte)
ETFE	Chlorotrifluorethyleen copolymeer
FEP	Geperfluoreerd ethyleen-propyleenhars
FFF of F3	Fluorvrije schuimen
FFFP	Film vormende fluor proteïne schuimen
FKM	Fluorine Kautschuk Material (fluorrubbers)
FP	Fluor proteïne schuimen
FTOH	Fluortelomeeralcohol
FTS	Fluortelomeersulfonzuur
FOSA	Gefluoreerde sulfonamide
FOSE	Gefluoreerde sulfonamido ethanol
GenX	Ammonium 2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluorpropoxy)-propanoaat
HFA	Hexafluoraceton
HFP	Hexafluorpropyleen polymeer
MSDS	Material safety datasheet
PAP	Perfluorfosforzuren
PCTFE	Polychloortrifluorethylene
PFA	Perfluoralkoxypolymeren
PFAA’s	Perfluoralkylzuren
PFAS	Poly- en perfluoralkyl verbindingen
PFBA	Perfluorbutaanzuur
PFC	Perfluor componenten
PFCA’s	Perfluorcarbonzuren
PFDA	Perfluordecaanzuur
PFHpA	Perfluorheptaanzuur
PFHxA	Perfluorhexaanzuur
PFHxS	Perfluorhexaansulfonzuur
PFNA	Perfluornonaanzuur
PFOA	Perfluoroctaanzuur
PFOS	Perfluoroctaansulfonzuur
PFPA	Perfluorpropaanzuur
PFPeA	Perfluorpentaanzuur
PFPrA	Perfluorpropionzuur
PFSA’s	Perfluorsulfonzuren
Ppm	Parts per million
PTFE	Polytetrafluoretheen
PVDF	Polyvinyleenfluoride

POP	Persistente organische stof
RIVM	Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
TDI	Toelaatbare dagelijkse inname
TFMS	Trifluormethaansulfonzuur
TM	Telomerisatie
TOP	Tussentijdse opslagplaats
US-EPA	United States environmental protection agency
WZI	Waterzuiveringsinstallatie

SAMENVATTING

Het 'Onderzoeksprotocol verkennend bodemonderzoek naar PFAS-verontreiniging door fluorhoudend blusschuim en t.h.v. PFAS-verdachte risicolocaties' (d.d. 19/04/2022) bevat een lijst van activiteiten waarbij PFAS als verdachte stof beschouwd kan worden (Tabel 1). Deze lijst is gebaseerd op een studie uit 2018 (Onderzoek naar aanwezigheid van PFAS in grondwater, bodem en waterbodem ter hoogte van risicoactiviteiten in Vlaanderen). Gezien de voortdurende evolutie van kennis over het gebruik van PFAS is de lijst aan een actualisatie toe. Daarom werd de meest actuele informatie over PFAS-verdachte activiteiten verzameld in dit rapport.

Dit rapport dient als leidraad voor erkende bodemsaneringsdeskundigen en biedt handvaten om te beoordelen of een activiteit al dan niet PFAS-verdacht is. In dit rapport wordt beschreven in welke processen PFAS werden/worden gebruikt, zodat deskundigen kunnen beoordelen of het nodig is om PFAS te onderzoeken in een bodemonderzoek, rekening houdend met locatiespecifieke omstandigheden zoals het type proces, aanwezige (bodem)beschermende maatregelen, verwachte emissies naar bodem, water of lucht, gebruikte volumes en uitvoeringsperiode van de activiteiten.

De PFAS-familie omvat 42 subfamilies en enkele duizenden stoffen. Dit rapport focust op de belangrijkste families en subfamilies. Drie grote subgroepen kunnen worden onderscheiden: perfluorverbindingen, polyfluorverbindingen en fluorpolymeren.

Aan de hand van een uitgebreide literatuurstudie werden alle mogelijke PFAS-verdachte activiteiten verzameld en verdeeld in 4 verschillende categorieën van PFAS-verdachte locaties:

- PFAS-producerende industrie
- PFAS-verwerkende industrie
- Gebruik van PFAS-houdende producten
- Afvalverwerking

Deze PFAS-verdachte activiteiten zijn waar mogelijk vertaald naar hun overeenkomstige VLAREM en VLAREBO-rubrieken. Het is belangrijk op te merken dat deze rubrieken slechts als hulpmiddel dienen en dat een grondige voorstudie altijd noodzakelijk is. Vaak dienen de gekoppelde rubrieken genuanceerd te worden en werd/wordt niet ter hoogte van alle sites met een bepaalde rubriek PFAS gebruikt. Sommige 'PFAS-verdachte' rubrieken zijn immers heel breed en omvatten zeer diverse activiteiten.

Waar mogelijk werd bij elke activiteit bijkomende informatie opgenomen betreffende welke specifieke stappen in bepaalde processen voornamelijk van belang zijn, in welke tijdsperiode PFAS gebruikt werden en welke PFAS-stoffen het meest relevant zijn. Hierbij werd ook een kwalitatieve inschatting gemaakt van de kans dat een bepaalde activiteit een bodemverontreiniging kan veroorzaken op basis van het gebruikte volume aan PFAS in de sector binnen de EEA (ton/jaar) en de verwachte directe of indirecte emissies.

De lijst met activiteiten is uitgebreider dan deze uit 2018. Dit komt omdat er meer gegevens beschikbaar zijn omtrent toepassingen waarin PFAS worden gebruikt, maar ook omdat in voorliggende studie alle VLAREM-subrubrieken worden opgesomd, daar waar in de vorig lijst vaak enkel hoofdrubrieken vermeld werden.

SUMMARY

The 'Exploratory soil investigation protocol for PFAS contamination by fluorinated firefighting foam and at PFAS-suspected risk sites' (dd. 19/04/2022) contains a list of various activities where PFAS may be present as a possible contaminant. This list is based on a 2018 study (2018 (Onderzoek naar aanwezigheid van PFAS in grondwater, bodem en waterbodem ter hoogte van risicoactiviteiten in Vlaanderen). Meanwhile, knowledge about these potential risk activities has further evolved and the list is in need of an update. The present report compiles the most up-to-date information on PFAS suspect activities based on a literature review.

The report describes the processes in which PFAS were used, aiming to assist experts in determining the necessity to investigate PFAS in a soil study, whilst taking into account location-specific conditions such as the type of process, existing (soil) protective measures, expected emissions to soil, water, or air, volumes used, and duration of the activities.

The PFAS family includes 42 subfamilies and several thousand substances. This report focuses on the 3 main families and subfamilies: perfluorinated compounds, polyfluorinated compounds and fluoropolymers.

Based on an extensive literature review, all possible PFAS-suspect activities were collected and divided into 4 different categories of PFAS-suspect sites:
- PFAS-producing industry
- PFAS-processing industry
- Use of PFAS-containing products
- Waste processing

These PFAS-suspected activities were translated, where possible, to their corresponding VLAREM and VLAREBO-categories. It is important to note that these categories serve as tools only, and a thorough preliminary study is always necessary. Often, the associated categories need to be nuanced, and PFAS was/is not used at all sites under a specific category. Some 'PFAS-suspected' categories are very broad and cover a wide range of activities.

Where possible, additional information was included for each activity regarding which specific steps in certain processes are relevant for PFAS emissions, in which period PFAS were used and which PFAS substances are most relevant. This included a qualitative estimation of the likelihood that a given activity could cause soil contamination based on the volume of PFAS used in the sector within the EEA (tons/year) and the expected direct or indirect emissions.

The list of activities is more extensive than the list of 2018. This is because more data is available regarding applications in which PFAS are used, but also because in the current study, all VLAREM subcategories are listed, whereas the previous list often only mentioned main categories.

1 INLEIDING

Het 'Onderzoeksprotocol verkennend bodemonderzoek naar PFAS-verontreiniging door fluorhoudend blusschuim en t.h.v. PFAS-verdachte risicolocaties' (dd. 19/04/2022) bevat een lijst van activiteiten waarbij PFAS als verdachte stof beschouwd kan worden. Deze lijst is gebaseerd op een studie uit 2018 (Onderzoek naar aanwezigheid van PFAS in grondwater, bodem en waterbodem ter hoogte van risicoactiviteiten in Vlaanderen).

Gezien de voortdurende evolutie van kennis over het gebruik van PFAS is de lijst aan een actualisatie toe. Daarom werd de meest actuele informatie over PFAS-verdachte activiteiten verzameld in dit rapport.

Dit rapport dient als leidraad voor erkende bodemsaneringsdeskundigen en biedt handvaten om te beoordelen of een activiteit al dan niet PFAS-verdacht is.

In dit rapport wordt beschreven in welke processen PFAS worden of werden gebruikt en wordt een kwalitatieve inschatting gemaakt van de kans op het veroorzaken van grond, grondwater en waterbodemverontreiniging, rekening houdend met locatiespecifieke omstandigheden zoals het type proces, aanwezige (bodem)beschermende maatregelen, verwachte emissies naar bodem, water of lucht, gebruikte volumes en de historiek (bv. uitvoeringsperiode) van de activiteiten.

Deze PFAS-verdachte activiteiten zijn waar mogelijk vertaald naar hun overeenkomstige VLAREM- en VLAREBO-rubrieken. Het is belangrijk op te merken dat deze rubrieken slechts als hulpmiddel dienen en dat een grondige voorstudie altijd noodzakelijk is. Vaak dienen de gekoppelde rubrieken genuanceerd te worden en werd/wordt niet ter hoogte van alle sites met een bepaalde rubriek PFAS gebruikt. Sommige 'PFAS-verdachte' rubrieken zijn immers heel breed en omvatten zeer diverse activiteiten.

Hoofdstuk 2 biedt een overzicht van verschillende PFAS-subgroepen.

Hoofdstuk 3 beschrijft de methodologie gebruikt voor het inschatten van de kans op een bodemverontreiniging met PFAS per activiteit. Dit gebeurde op basis van:

- het gebruikte volume aan PFAS in de sector binnen de EEA (Europese Economische ruimte) en, waar mogelijk, aangevuld met data voor België.
- de verwachte directe emissies naar bodem en grondwater of indirecte emissie via lucht en/of water.

Het gaat om indicatieve risico-inschattingen gezien de kans op bodemverontreiniging sterk afhankelijk is van de locatiespecifieke omstandigheden die in elk bodemonderzoek moeten worden beoordeeld: Hoe werd het proces uitgevoerd? In welke tijdsperiode? Welke volumes aan PFAS werden op de site gebruikt? Was/is er een verharding aanwezig? In welke staat is deze? Hoe zorgvuldig werd omgesprongen met afvalstromen? Zijn bodembeschermende maatregelen aanwezig? Zijn er lozingen en uitstoot (emissies) naar lucht? In welke staat zijn de rioleringen? Zijn er incidenten (bv. branden, morsen) geweest? …

Belangrijk om op te merken is dat bij veel PFAS-toepassingen de geschatte kans op bodemverontreiniging als gevolg van directe emissie naar de grond of het grondwater in theorie beperkt is, als wordt aangenomen dat de processen zorgvuldig en met de nodige bodembeschermende maatregelen verlopen. Gezien dit zeker in het verleden maar ook vandaag niet op elke locatie het geval is, werd uitgegaan van een conservatieve inschatting indien het gaat om industrieën met een lange historiek (bv. papierproductie, textiel etc.). De inschatting verwijst enkel naar de waarschijnlijkheid dat een activiteit kan leiden tot een bodem- of grondwaterverontreiniging met PFAS, niet naar de verwachte concentraties in de verschillende milieucompartimenten.

Bij veel activiteiten is de aanwezigheid van PFAS in het afvalwater of uitstoot naar lucht niet uit te sluiten, waardoor de impact naar de waterbodem of naar bodem via depositie wel significant kan zijn. Zuiveringstechnieken voor afvalwater of lucht zijn vaak niet specifiek voorzien op het behandelen van PFAS of waren in het verleden zelfs volledig afwezig. Een goed uitgevoerde voorstudie, met ook voldoende aandacht voor de lozingspunten naar water en lucht, is bijgevolg essentieel om het werkelijke risico in te schatten.

Figuur 1: Te doorlopen stappen voorstudie

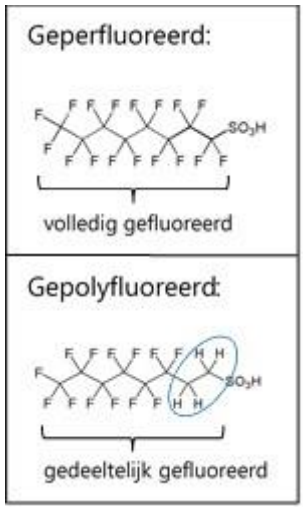
Een samenvattende tabel van de PFAS-verdachte activiteiten is opgenomen in hoofdstuk 4.

Hoofdstuk 5 geeft een beknopte beschrijving van elke PFAS-verdachte activiteit. Waar mogelijk werd bij elke activiteit bijkomende informatie opgenomen betreffende welke specifieke stappen in bepaalde processen voornamelijk van belang zijn, in welke tijdsperiode en welke PFAS-stoffen het meest relevant zijn.

Een volledig overzicht van de verzamelde informatie is opgenomen in Bijlage 1.

2 OVERZICHT PFAS-STOFGROEP

De groep poly- en geperfluoreerde alkylverbindingen (PFAS) omvat een grote groep van meer dan 6000 individuele stoffen. PFAS hebben als overeenkomst dat ze een compleet (per-) of gedeeltelijk (poly-) gefluoreerde koolstofketen bevatten, met een variërende lengte, normaal gesproken 2 tot 16 koolstofatomen. De bekendste PFAS zijn PFOS (perfluoroctaansulfonzuur) en PFOA (perfluoroctaanzuur). In Buck et al. (2011 (1)) worden PFAS gedefinieerd als stoffen die de eenheid C_nF_{2n+1}- bevatten. Meer specifiek betekent dit:



- Geperfluoreerde alkylverbindingen: alifatische stoffen waarvan **alle** H-atomen die gebonden zijn aan C-atomen in de koolstofketen, zijn vervangen door F-atomen, behalve de H-atomen waarvan de vervanging de aard van de functionele groepen zou veranderen (bv. een hydroxylgroep -OH).
- Gepolyfluoreerde alkylverbindingen: alifatische stoffen waarvan H-atomen die gebonden zijn aan tenminste één C-atoom (maar niet allemaal) zijn vervangen door F-atomen, zodat ze minimaal de geperfluoreerde eenheid C_nF_{2n+1-} bevatten. Ook hier zijn de H-atomen waarvan de vervanging de aard van de functionele groepen zou veranderen nog aanwezig.

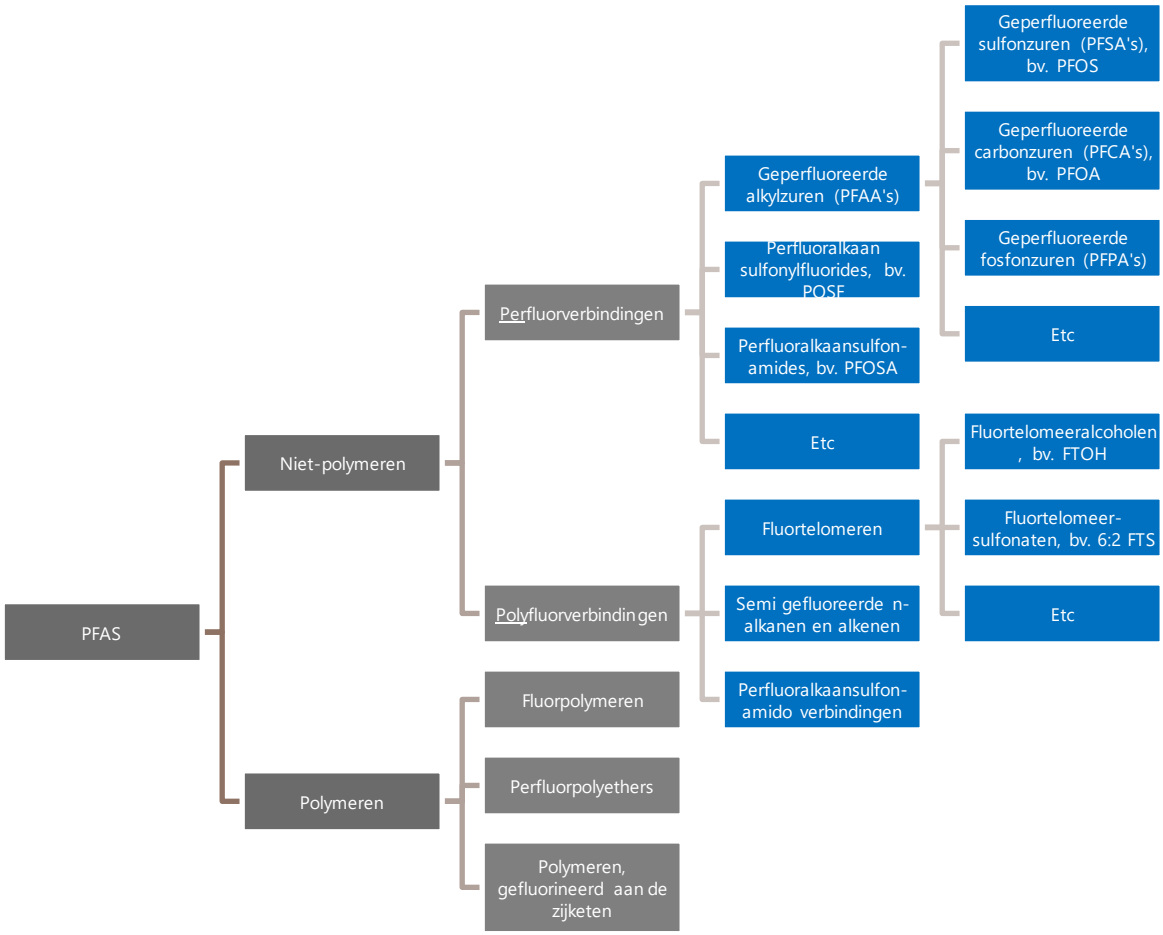
PFAS worden onder meer gebruikt vanwege hun unieke oppervlakte-actieve eigenschappen. Hierdoor zijn ze zowel water- als vetafstotend en zijn ze goed bestand tegen bv. hitte of zuren. Deze stoffen bestaan uit een basisketen van koolstof (C) en fluor (F) atomen, met een specifieke functionele groep eraan toegevoegd. Chemici waren in staat om veel verschillende variaties te maken en zo ontstond een stofgroep met meer dan 6.000 verschillende verbindingen. De toepassing van deze verbindingen in industriële of huishoudelijke producten is zeer breed. Ze zijn toegepast als vlekkenbescherming in tapijten, voor het waterafstotend maken van textiel, voor metaalbewerkingsprocessen, voor de productie van anti-aanbak materiaal, of als hulpstof in bepaalde soorten brandblusschuim. Sinds 2000 komen de stoffen uit de PFAS-stofgroep steeds meer onder de aandacht omdat wetenschappelijk onderzoek aantoont dat deze stoffen persistent, bioaccumulatief en toxisch zijn. Daarnaast tonen metingen aan dat deze stoffen op grote schaal in ons milieu aanwezig zijn (2).

In dit rapport wordt een overzicht gegeven van de verschillende typen PFAS, hun toepassingen en wordt een inschatting gemaakt van de kans op het veroorzaken van bodemverontreiniging.

De PFAS-familie omvat 42 subfamilies (1). Dit rapport focust op de belangrijkste families en subfamilies. Drie grote subgroepen kunnen worden onderscheiden: perfluorverbindingen, polyfluorverbindingen en fluorpolymeren.

- Perfluorverbindingen
    - Perfluorsulfonzuren (PFSA's)
    - Perfluorcarbonzuren (PFCA's)
- Polyfluorverbindingen
    - Fluortelomeren
    - Precursoren
- Fluorpolymeren - kunnen eveneens precursoren zijn

In Figuur 2 is een meer uitgebreid overzicht weergegeven van (een deel van) de verschillende typen PFAS.



Figuur 2 Overzicht van klassen van PFAS-verbindingen

2.1 PERFLUORVERBINDINGEN

Perfluorverbindingen (alkylzuren) zijn verbindingen met een volledig gefluoreerde koolstofketen variërend in lengte, in het algemeen van C2 tot C16. De groep met geperfluoreerde alkylzuren (perfluoralkylzuren; PFAA's) kan weer worden onderverdeeld in de verschillende alkylzuren (Figuur 3), zoals bv. de sulfonzuren (waar PFOS onder valt), de carbonzuren (waar PFOA onder valt), maar ook andere geperfluoreerde alkylzuren zoals geperfluoreerde fosfonzuren vallen hieronder.

De functionele groep varieert tussen een sulfonzuurgroep bij de perfluorsulfonzuren (PFSA's) en een carbonzuurgroep bij de perfluorcarbonzuren (PFCA's). Daarnaast bestaan er geperfluoreerde alkylzuren met andere functionele groepen (zoals onder andere de fosfonzuren) (3).

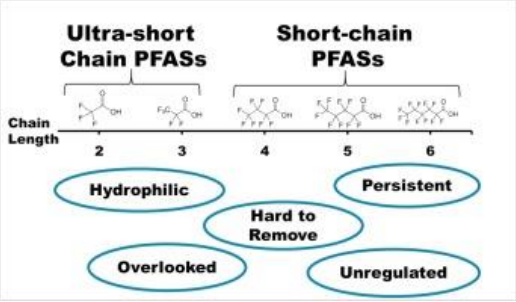
Figuur 3: Chemische structuur van PFOS (links) en PFOA (rechts)

Bij de productie van PFAS ontstaan vaak mengsels van stoffen, waaronder een mengsel van lineaire en vertakte isomeren. Daarnaast ontstaan ook kortere en langere PFAS als bijproducten (3).

Ultrakorte PFAS-verbindingen
Met ultrakorte PFAS-verbindingen verwijst men meestal naar perfluorverbindingen met een koolstofketenlengte van 2 of 3 koolstofatomen (Figuur 4). Vanaf 4 tot 6 koolstofatomen wordt gesproken over korte PFAS-verbindingen. Voorbeelden van ultrakorte PFAS-verbindingen zijn trifluorazijnzuur (TFA), perfluorpropaanzuur (PFPA), trifluormethaansulfonzuur (TFMS), perfluorethaansulfonzuur (PFEtS), perfluorpropaansulfonzuur (PFPS) (4).

TFA is een afbraakproduct van zeer veel chemicaliën waaronder farmaceutica, pesticiden, polymeren en HFC's en HCFC's die na de uitfasering van de CFK's (chloorfluorkoolstofverbindingen) geïntroduceerd zijn als koelmiddel. Ze zijn even persistent als langere ketens (5).

De ultrakorte PFAS-verbindingen werden reeds teruggevonden in sneeuw en oppervlaktewater op zeer afgelegen gebieden en in het noordpoolgebied. Eén van de verspreidingsroutes is de atmosferische afbraak van vluchtige precursoren naar deze korte keten PFAS. Het gaat dan om fluortelomeeralcoholen, perfluoralkaansulfonamides en perfluoralkaansulfonamide-ethanolen (4).



Figuur 4: Ultrakorte en korte keten PFAS (8)

2.2 GEPOLYFLUOREERDE VERBINDINGEN

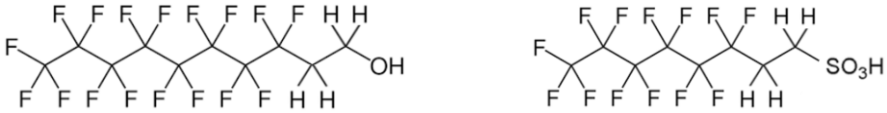
Gepolyfluoreerde verbindingen zijn verbindingen waarvan de koolstofketen niet volledig gefluoreerd is, maar slechts gedeeltelijk. Gepolyfluoreerde verbindingen worden veelal ingezet als vervangers voor PFOS en PFOA.

Fluortelomeren

Onder de gepolyfluoreerde verbindingen vallen de fluortelomeren. Deze bevatten een ethylgroep (CH_2CH_2) tussen de volledig gefluoreerde koolstofketen en de functionele groep. Ze hebben de naam fluortelomeren gekregen vanwege het productieproces fluortelomerisatie.

Fluortelomeren worden geproduceerd met grote variëteit aan functionele groepen, zoals alcoholen, sulfonamides, sulfonamido-ethylacrylaten en methylacrylaten en sulfonamido-azijnzuren. Het grootste deel van de fluortelomeren wordt gebruikt in productieprocessen, zoals bv. als bouwstenen voor polymeren, oppervlakte-actieve stoffen en polymeren met gefluoreerde zijketens. Vele van deze producten zijn zogenaamde precursoren (zie verderop) en worden in het milieu worden omgezet in PFSA's en PFCA's, welke niet verder afgebroken worden (5).

In Figuur 5 zijn twee voorbeelden gegeven, met links 8:2 fluortelomeeralcohol (FTOH) en rechts 6:2 fluortelomeer sulfonaat (6:2 FTS). 8:2 FTOH bestaat uit 8 volledig gefluoreerde koolstofatomen, een ethylgroep en een alcoholgroep en is een voorbeeld van een PFCA-precursor: een verbinding die in het milieu kan worden omgezet in o.a. PFOA (6). 6:2 FTS bestaat uit 6 volledig gefluoreerde koolstofatomen, een ethylgroep en een sulfonaatgroep, en is tevens een voorbeeld van een PFCA-precursor.



Figuur 5: Voorbeelden telomeren, 8:2 FTOH (links) en 6:2 FTS (rechts)

6:2 FTS wordt voor verschillende doeleinden als vervanger van PFOS gebruikt, onder andere in klasse B brandblusschuim en als oppervlakte-actieve stof bij industriële toepassingen. 8:2 FTOH is veel gebruikt voor het waterafstotend maken van textiel.

PFAS-precursoren

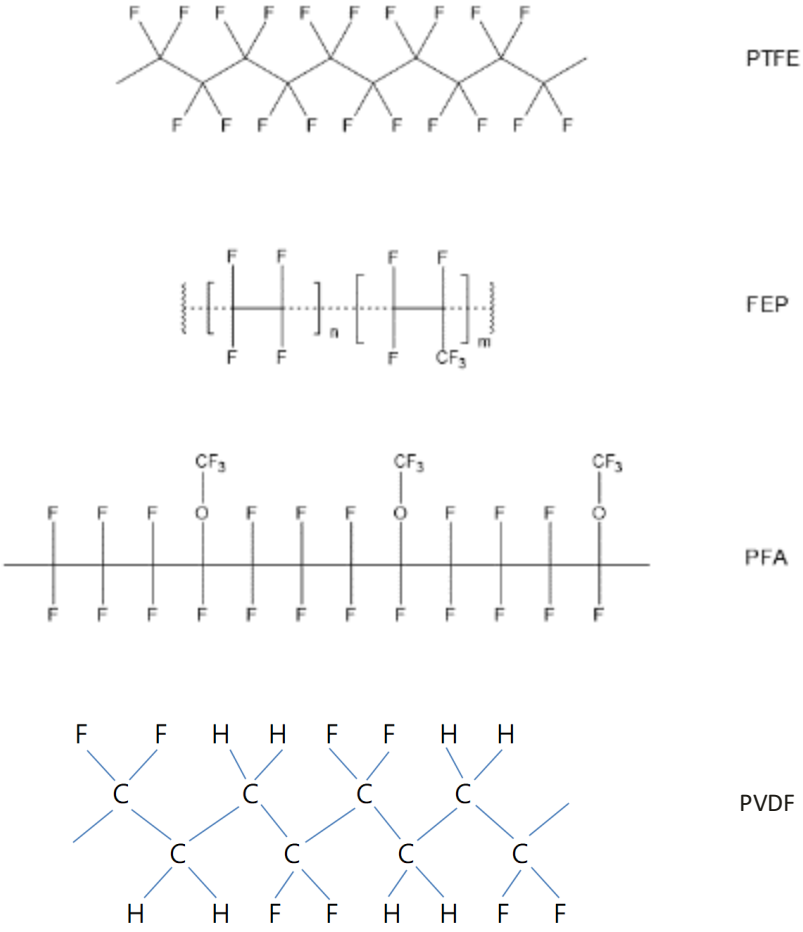
PFAS-precursoren zijn stoffen die in het milieu af kunnen breken naar PFSA's en PFCA's zoals respectievelijk PFOS en PFOA. Het gaat om een zeer grote groep van veelal onbekende en niet of moeilijk te analyseren verbindingen. Ook de telomeren, zoals hierboven omschreven, vallen hieronder. Precursoren zijn significante bronnen van PFAS naar het milieu. De wereldwijde productie van polyfluorchemicaliën, waarvan de meeste precursoren zijn, is vele malen groter is dan die van PFOS en PFOA (5).

Bij commercieel gangbare analysemethoden voor PFAS worden voornamelijk PFCA's en PFSA's gemeten, en enkele precursoren. Onderzoek van stedelijk (regen)afvoerwater waarin precursoren aanwezig waren in de San Francisco Bay heeft aangetoond dat PFSA's en PFCA's minder dan 25% van het totale PFAS-gehalte uitmaken (6). Inzicht in de aanwezigheid van precursoren is daarom belangrijk.

2.3 FLUORPOLYMEREN

Gefluoreerde polymeren kunnen al dan niet onder de PFAS vallen, afhankelijk van of ze wel of niet perfluoralkylgroepen bevatten. Het fluorpolymeer polytetrafluoroethyleen (Teflon, PTFE) behoort wel tot de PFAS en wordt gebruikt als antiaanbaklaag in pannen. Het is zo goed als inert bij normale temperaturen en breekt af bij temperaturen boven de 260 °C. Teflon harsen bevatten kleine concentraties (orde van grootte ppm, parts per million) hexafluoraceton (HFA). PFOA was een essentiële hulpstof bij het samenstellen van deze polymeren. Sinds 2012 is PFOA in het PTFE-productieproces van Du Pont/ Chemours vervangen door een andere PFAS: GenX. Onderdeel van het productieproces van antiaanbaklagen is een sinterproces bij hoge temperatuur, waarbij in theorie resterend PFOA zou moeten verdampen.

In textiel gecoat met PTFE (jassen, tafelkleden etc.) worden voornamelijk fluortelomeer alcoholen en fluortelomeer carbonzuren in relatief grote hoeveelheden aangetroffen (7). Andere veelgebruikte fluorpolymeren zijn fluorethyleenpropyleen FEP), perfluoroalkoxy (PFA) en polyvinylideenfluoride (PVDF).



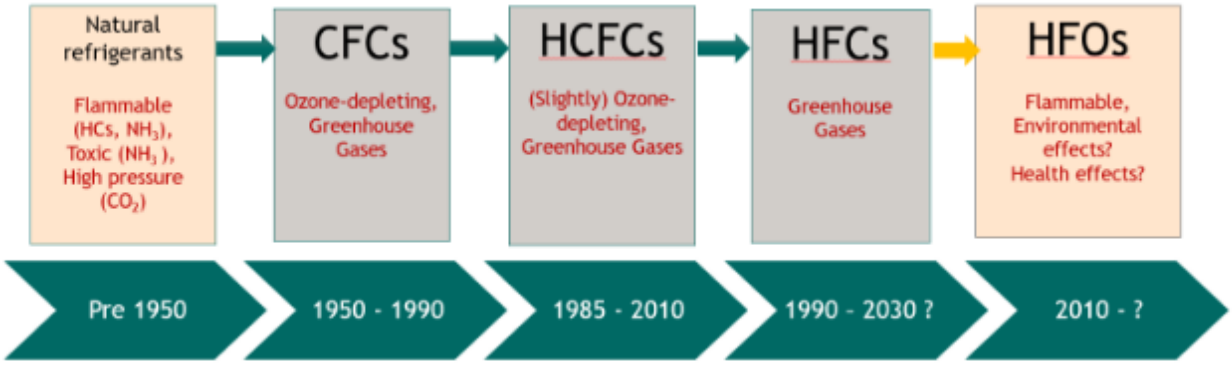
Figuur 6: Structuurformules van enkele fluorpolymeren (49), (51)

Daarnaast bestaan er ook polymeren met gefluoreerde zijketens. Bij afbraak van de polymeren komen de gefluoreerde zijketens vrij en kunnen PFAA's gevormd worden. Deze polymeren kunnen dus ook precursoren zijn.

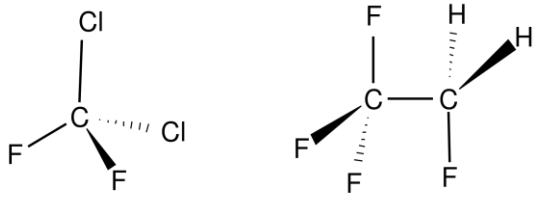
2.4 GASVORMIGE/VLUCHTIGE PFAS

Hoewel niet alle F-gassen als PFAS worden beschouwd, zijn er bepaalde PFAS-componenten die vluchtig of gasvormig zijn en niet opgenomen zijn in de reguleringen voor fluorgassen, zoals bv. fluortelomeer alcoholen en geperfluoreerde tri-alkylamines. Deze gassen worden voornamelijk gebruikt als startmateriaal voor fluorpolymeren of als koelmiddel in koelinstallaties en airconditioning (8).

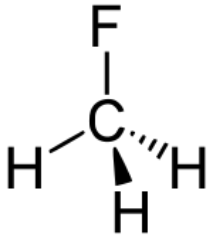
Na de uitfasering van CFC (volledig gehalogeneerd met fluor en/of chloor) en HCFC's (gedeeltelijk gehalogeneerd met fluor en/of chloor) als koelgassen omwille van hun effect op de ozonlaag werd overgeschakeld op fluorkoolwaterstoffen (HFC, bevatten geen chloor), deze stoffen bleken een grote bijdrage aan de klimaatopwarming te hebben waardoor nu stilaan wordt overgeschakeld naar hydrofluorolefinen (onverzadigde ketens, geen chloor). Deze hebben geen effect op de ozonlaag en hebben een laag potentieel voor klimaatopwarming maar breken af in persistente stoffen (8).



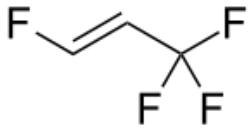
Figuur 7: schematische voorstelling van het gebruik van synthetische koelmiddelen (9)



Figuur 8: dichlorofluormethaan en tetrafluorethaan, voorbeelden van respectievelijk CFC's en HCFC's



Figuur 9: fluormethaan, voorbeeld van een HFC



Figuur 10: 1,3,3,3-tetrafluorpropeen (HFO-1234ze,) voorbeeld van een HFO

Na het vrijkomen in de atmosfeer worden gefluoreerde gassen geoxideerd tot een verscheidenheid aan afbraakproducten. Sommige breken gemakkelijk af in de atmosfeer, terwijl andere stabieler zijn en veel meer tijd nodig hebben. Gefluoreerde gassen hebben een complexe atmosferische chemie die vaak gebaseerd is op radicale oxidatieprocessen via trifluoracetaldehyde (CF_3CHO) of trifluoracetylfluoride (CF_3COF) als tussenproducten. De laatste van deze belangrijke tussenproducten wordt verder gehydrolyseerd in hoge opbrengst tot trifluorazijnzuur (TFA) in waterdruppels die neerslaan met regen en sneeuw. Andere belangrijke afbraakproducten van gefluoreerde gassen zijn stoffen met een langere keten, zoals PFBA, dat bv. gevormd kan worden uit de fluorether HFE-7100 ($C_4F_9OCH_3$). (10)

De belangrijkste HFO zijn HFO-1234yf en HFO 1234ze(E), waarvan respectievelijk 10.000 tot 1.000 ton/jaar en 1.000 tot 10.000 ton/jaar geregistreerd zijn onder REACH (9). Het gebruik van gasvormige PFAS is zeer groot en wordt voor de EEA geschat op 520.000 ton/jaar (productie, stocks en afvalfase samen) (9).

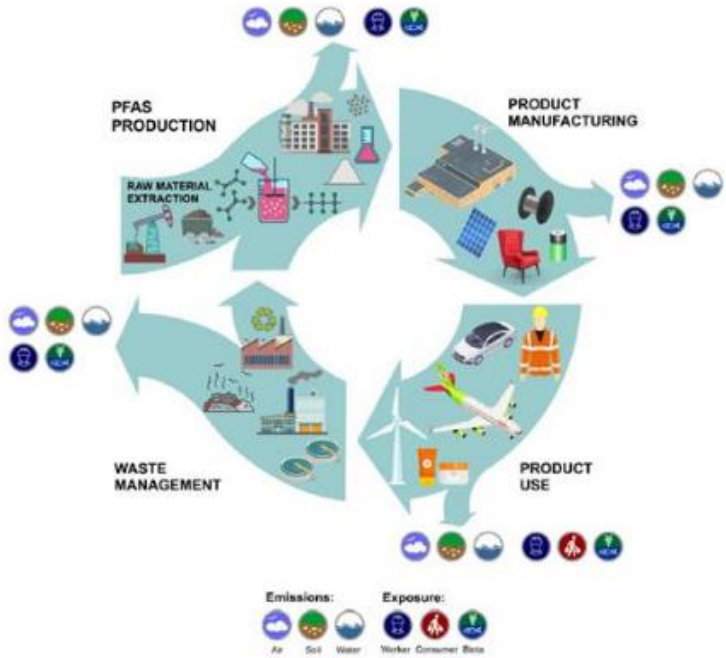
3 METHODIEK

Sinds de vorige versie van deze studie (2018) is er meer informatie beschikbaar over het gebruik van PFAS in verschillende toepassingen.

Dit rapport tracht de belangrijkste toepassingen en PFAS-componenten in het kader van bodem- en grondwaterverontreiniging te actualiseren en vervolgens te linken aan de overeenkomstige VLAREM- en VLAREBO-rubrieken.

De PFAS-toepassingen werden volgens deze categorieën gegroepeerd:

- PFAS-producerende industrie
- PFAS-verwerkende industrie – activiteiten waar PFAS gebruikt worden in de processen
- Gebruik van PFAS-houdende producten
    - Gebruik van brandblusschuimen
    - Industrieën/activiteiten waar PFAS-houdende producten of artikels worden gebruikt (eindgebruik)
- Afvalverwerking



Figuur 11: Cyclus van PFAS (8)

In een eerste stap werd elke toepassing waar PFAS mogelijk een verdachte parameter is (o.b.v. beschikbare literatuur) geïnventariseerd. Deze toepassingen werden vervolgens zo goed mogelijk gelinkt aan de overeenkomstige VLAREBO- of VLAREM-rubriek, ook relevante activiteiten zonder overeenkomstige rubriek werden opgelijst (zie paragraaf 3.1).

In een tweede stap werd voor de relevante activiteiten met een inschatting gemaakt van de kans op het veroorzaken van bodemverontreiniging (zie paragraaf 3.2).

3.1 PFAS-VERDACHTE ACTIVITEITEN EN VLAREBO- OF VLAREM-RUBRIEKEN

VLAREM-rubrieken zijn een indeling van activiteiten zoals opgenomen in bijlage I van titel II van het VLAREM (bijlage I, VLAREM II). Voor het uitvoeren van deze activiteiten is een melding of omgevingsvergunning noodzakelijk.

VLAREBO-rubrieken zijn een selectie van VLAREM-rubrieken die activiteiten betreffen waarvoor in bepaalde situaties een bodemonderzoek noodzakelijk is. Zij worden in kolom 8 van de indelingslijst aangeduid met de letter O, A, B of S en in bijlage van het VLAREBO (Bijlage I, VLAREBO).

Bij het koppelen van de PFAS -verdachte activiteiten aan rubrieken werd als volgt te werk gegaan:

- Elke rubriek met een link met één PFAS-verdachte toepassingen werd weerhouden (worst case).
- Indien enkele subrubrieken onder een hoofdrubriek niet opgenomen zijn in de VLAREBO-lijst, werden deze in regel ook niet weerhouden in de lijst in Bijlage 1. Uitzonderingen hierop worden besproken in paragraaf 4.2.
- In de kolom met opmerkingen in Bijlage 1 wordt genuanceerd waarom de rubriek werd weerhouden en in welke gevallen PFAS worden gebruikt.
- In de categorie afval werden alle rubrieken m.b.t. tot verwerking of opslag van afval die PFAS kunnen bevatten weerhouden.

3.2 INSCHATTING KANS OP BODEMVERONTREINIGING

Voor de inschatting van de kans op bodemverontreiniging werd in voorliggende studie rekening gehouden met de volgende criteria:

1. de hoeveelheid PFAS (grootteorde) die mogelijk werd/wordt gebruikt bij deze activiteit in de EEA (8). Waar mogelijk werd dit aangevuld met cijfers voor België (9).
2. verwachte directe emissies naar grond en grondwater of indirecte emissies via water en lucht.

De **gebruikte hoeveelheden PFAS** zijn als volgt in klassen onderverdeeld op basis van de schattingen van het jaarlijks gebruik in de EEA zoals opgenomen in het REACH-restrictiedocument voor PFAS (8):

- Zeer klein: grootteorde <10 ton/jaar
- Klein: grootteorde 10-100 ton/jaar
- Matig: grootteorde 100-1.000 ton/jaar
- Groot: grootteorde 1.000-10.000 ton/jaar
- Zeer groot: grootteorde meer dan 10.000 ton/jaar

De inschatting van de gebruikte hoeveelheid en bijgevolg mogelijke bijdrage aan de impact naar bodemverontreiniging is indicatief, o.a. omwille van volgende onzekerheden:

- Toepassingen – zoals afvalverwerking – die niet zijn opgenomen in het REACH-restrictiedocument, werden ingeschat op basis van diverse studies uit binnen- en buitenland (10) en resultaten uit een eerder onderzoek naar PFAS-verdachte locaties (11) en expert judgement.
- Bij de inschatting van de hoeveelheid PFAS op basis van het REACH-restrictiedocument wordt vaak geen onderscheid gemaakt in het type PFAS dat gebruikt wordt.
- Inschatting van gebruikte hoeveelheden PFAS varieert in de tijd. Vaak zal in het verleden PFOS of PFOA gebruikt zijn terwijl deze stoffen later zijn vervangen door andere PFAS-verbindingen. Ook bij de PFAS-polymeren of polymeren met gefluoreerde zijketens gaat het om een heel scala aan stoffen, waarvan eventuele afbraakroutes en dochterproducten niet (goed) gekend zijn.

- De effectief gebruikte hoeveelheid PFAS op een specifieke site is sterk site-afhankelijk en dient dus nagevraagd te worden tijdens de voorstudie.

Voor het type gebruik en type productieproces onderscheiden we volgende klassen:

- Geen emissies verwacht: gesloten systemen met weinig tot geen kans op het vrijkomen van PFAS (bodembeschermende maatregelen, geen uitstoot naar lucht of water)
- Indirecte emissies: emissie via lucht of via water mogelijk. Geen rechtstreeks emissies naar de grond of het grondwater verwacht.
- Directe emissies: direct vrijkomen van PFAS naar het grond en/of grondwater is mogelijk, bv. door toepassing van brandblusschuimen, morsen of lekkages, processen met open baden of onvoldoende bodembeschermende maatregelen, ...

De inschatting van de emissie en bijgevolg mogelijke bijdrage aan de impact naar bodemverontreiniging is indicatief, o.a. omwille van volgende onzekerheden:

- Precieze omstandigheden op de site: bepaalde activiteiten kunnen op de ene site verlopen zonder emissies en op andere met indirect of direct emissies afhankelijk van de aanwezigheid van een zuiveringssysteem, de uitvoeringswijze van het proces en de bodembeschermende maatregelen.
- Veranderingen doorheen de tijd: bepaalde activiteiten gebeurden mogelijk in het verleden met emissies (bv. open baden, verharding in slechte staat, riolering in slechte staat, ...), terwijl het bij recente inrichtingen om gesloten processen gaat, met bv. lucht en waterzuiveringen, gesloten productielijnen en vloeistofdichte vloeren.
- Belangrijk om op te merken is dat bij gesloten PFAS-toepassingen het risico op bodemverontreiniging omwille van directe emissies naar grond of grondwater beperkt is. Echter, bij de meeste activiteiten is de aanwezigheid van PFAS in het afvalwater of uitstoot naar lucht niet uit te sluiten, waardoor de impact op bodem of de waterbodem via deze indirecte emissies wel significant kan zijn. Zuiveringstechnieken voor afvalwater of lucht zijn vaak niet specifiek voorzien op het behandelen van PFAS. PFAS-onderzoek ter hoogte van lozingspunten of rioleringen of onderzoek in kader van depositie ter hoogte van sites waar PFAS-verdachte activiteiten plaatsvinden of hebben plaatsgevonden is daarom aangewezen.

Op basis van bovenstaande criteria worden de activiteiten ingedeeld volgens **kans op het veroorzaken van een bodemverontreiniging**. Deze indeling, weergegeven in de algemene beoordelingstabel in Tabel 1, is gebaseerd op de beschikbare gegevens in de literatuur en expert judgement. De indeling is een leidraad aangezien de specifieke hoeveelheden, PFAS-parameters, manier van gebruiken en bodembeschermende maatregelen kunnen variëren van site tot site. Bij elke rubriek/activiteit in hoofdstuk 5 en Bijlage 1 werd in eerste instantie deze tabel als beoordeling gebruikt maar wordt vervolgens op basis van expert judgement bekeken of de kans op bodemverontreiniging moet worden bijgesteld. De motivering per rubriek is ook opgenomen. Een deskundige dient deze gegevens steeds te verifiëren bij uitvoering van de voorstudie van een bodemonderzoek.

Voorlopig zijn er niet voldoende gegevens beschikbaar om voor bepaalde activiteiten met grote zekerheid uitspraken te doen. Rond heel veel activiteiten waar PFAS zijn gebruikt, is nog onvoldoende onderzoek gebeurd om de kans op bodemverontreiniging adequaat te kunnen inschatten. OVAM blijft dit verder opvolgen en zal bij nieuwe toekomstige inzichten evalueren of een bijstelling nodig is.

Tabel 1: Beoordelingstabel inschatting kans op bodemverontreiniging

Inschatting gebruikte hoeveelheid in de EEA (ton/jaar)	Beoordeling op basis van hoeveelheid	Emissies	Kans op bodemverontreiniging op basis van hoeveelheid en emissie
<10	Zeer klein	Geen	Geen
		Indirect	Zeer beperkt
		Direct	Beperkt
10-100	Klein	Geen	Zeer beperkt
		Indirect	Zeer beperkt
		Direct	Beperkt
100-1000	Matig	Geen	Beperkt
		Indirect	Beperkt
		Direct	Groot
1000-10000	Groot	Geen	Beperkt
		Indirect	Groot
		Direct	Zeer groot
>10000	Zeer groot	Geen	Groot
		Indirect	Zeer groot
		Direct	Zeer groot

4 OVERZICHT PFAS-VERDACHTE ACTIVITEITEN

4.1 SAMENVATTENDE TABEL MET PFAS-VERDACHTE ACTIVITEITEN

Tabel 2 geeft een volledig overzicht van alle mogelijke PFAS-verdachte VLAREM-rubrieken. Daarnaast zijn in deze tabel ook een aantal relevante activiteiten zonder VLAREM-rubriek opgenomen. Een meer gedetailleerde evaluatie van de selectie van deze weerhouden activiteiten waarvoor geen VLAREBO/ VLAREM rubriek bestaat, wordt verder toegelicht in paragraaf 4.2. Tabel 2 geeft vervolgens ook een inschatting weer van de kans op bodemverontreiniging. Deze inschatting verwijst enkel naar de waarschijnlijkheid/kans dat het gebruik van PFAS kan leiden tot bodemverontreiniging, niet naar de verwachte concentraties in bodem en grondwater. Een beschrijving van de verschillende activiteiten, met meer details omtrent de gebruikte PFAS, de volumes, het gebruikte proces, de historiek van het gebruik, emissie en bijhorende inschatting van de kans op bodemverontreiniging is opgenomen in hoofdstuk 5.

Vaak dienen de gekoppelde rubrieken genuanceerd te worden en werd/wordt niet ter hoogte van alle sites met een bepaalde rubriek effectief PFAS gebruikt. Sommige 'PFAS-verdachte' (sub)rubrieken zijn immers heel breed en omvatten zeer diverse activiteiten. De lijst met (sub)rubrieken is bijgevolg enkel een hulpmiddel. Een grondige voorstudie is steeds noodzakelijk om na te gaan of PFAS daadwerkelijk verdachte stoffen zijn op de te onderzoeken locatie.

Tabel 2: Samenvatting PFAS-verdachte activiteiten (Vlarebo en niet-Vlarebo), met inschatting kans op bodemverontreiniging met PFAS. Rood: zeer grote kans, oranje: grote kans, geel: beperkte kans, groen: zeer beperkte kans.

Sector	Activiteit	VLAREM-rubriek	Inschatting kans bodem-verontreiniging
PFAS producerende industrie			
PFAS-productie	Productie PFAS	7.11.1.f, 20.4.2.1, 20.4.2.2	Zeer groot
PFAS verwerkende industrie			
Productie en behandeling van kunststof en fluorrubbers	Productie van fluorpolymeren en polymeren met gefluoreerde zijketens	7.11.1.h, 20.4.1.1, 20.4.1.2	Zeer groot
	Productie en oppervlaktebehandeling van kunststoffen	23.4*, 23.2.2.a, 23.2.2.b, 23.1.1b, 23.1.1c	Zeer groot
	Productie van fluorrubbers en elastomeren	7.11.1.i, 7.12.2.c, 59.15, 36.1, 36.3.1.b.1, 36.3.1.b.2, 36.3.2	Zeer groot
Textielindustrie (inclusief leer, meubels en tapijten)	Voorbehandelen en behandelen van textiel, textielveredeling	41.4.1a, 41.4.1b, 41.4.2a, 41.4.2b, 41.4.3a, 41.4.3b, 41.10, 41.3.1a en b, 41.3.2a en b, 41.3.3a en b	Groot voor regulier textiel
			Zeer groot voor water- en vuilafstotend textiel en textielveredeling
	Tapijt	41.6.2a, 41.6.2b, 41.7	Zeer groot
		41.6.1a*, 41.6.1b*	Beperkt
	Leer	25.1.1, 25.1.2, 25.1.3	Groot
	Schoenen	59.11	Groot
Papier en karton	Productie en behandeling van papier	33.1, 33.2.a.1a, 33.2.a.1b 33.2.a.2a, 33.2.a.2b, 33.2.a.3a, 33.2.a.3b, 33.2.b.1a, 33.2.b.1b, 33.2.b.2a, 33.2.b.2b, 33.2.b.3a,	Beperkt voor productie-installaties zonder directe emissies

Sector	Activiteit	VLAREM-rubriek	Inschatting kans bodem-verontreiniging
		33.2.b.3b, 33.2.c.1a, 33.2.c.1b 33.2.c.2a, 33.2.c.2b, 33.2.c.3a, 33.2.c.3b, 33.2.d.1a, 33.2.d.1b, 33.2.d.2a, 33.2.d.2b, 33.2.d.3a, 33.2.d.3b, 33.2.e, 20.5.1, 20.5.2, 41.9.1, 41.9.2, 41.9.3, 41.11	Groot voor locaties waar gerecycleerd papier wordt gebruikt/ locaties met directe emissies
Metaalindustrie	Metaaloppervlakte-behandeling /galvanisatie	29.5.5.2a, 29.5.5.2b, 29.5.5.3, 29.5.5.4	Beperkt voor recente installaties zonder directe emissies
			Groot voor locaties met directe emissies
		29.5.5.1a*, 29.5.5.1b*	Beperkt
	Reinigen van metalen	29.5.10.2.a, 29.5.10.2.b	Zeer beperkt
Lak- en verfindustrie	Productie van lak en verf met gebruik van PFAS	4.1.2, 4.1.3, 7.12.2.c	Beperkt
Aanbrengen van bedekkingsmiddelen	Indompeling	4.2	Groot tot zeer groot
	Mechanisch, pneumatisch of elektrostatisch	4.3.a.1.i, 4.3.a.1.ii, 4.3.a.2.i, 4.3.a.2.ii, 4.3.a.2.3, 4.3.b.1.i, 4.3.b.1.ii, 4.3.b.2.i, 4.3.b.2.ii, 4.3.b.2.3, 4.3.c.1.i, 4.3.c.1.ii, 4.3.c.2.i, 4.3.c.2.ii, 4.3.c.2.3	
	Oppervlaktebehandeling	4.6.a, 4.6.b, 59.2.1.1, 59.2.1.2	
	Coating	59.3, 59.4.1, 59.5.1.1, 59.5.1.2, 59.5.2.1, 59.5.2.2, 59.6.1, 59.7.1, 59.7.2, 59.9.1, 59.10.1, 59.10.2, 59.14.1, 59.14.2	
	Gebruik van lijmen	59.12, 59.13	
Lijmproductie	Fabricage van lijmen	26.1.1.a, 26.1.1.b, 26.1.2.a, 26.1.2.b, 26.1.3.a, 26.1.3.b	Beperkt
Elektronische industrie en halfgeleiderindustrie	Productie van elektronica	12.4.2.a, 12.4.2.b, 12.4.3.a, 12.4.3.b	Groot
Cosmetica	Fabricage van cosmetica	22.1.1.a, 22.1.1.b, 22.1.2.a, 22.1.2.b	Zeer beperkt
Schoonmaakmiddelen, onderhoudsmiddelen	Productie schoonmaakmiddelen	34.2.1.a, 34.2.1.b, 34.2.2.a, 34.2.2.b, 34.2.3.a, 34.2.3.b	Zeer beperkt
Smeermiddelen en hydraulische vloeistoffen	Fabricage van smeermiddelen en hydraulische vloeistoffen	44.2.2.a, 44.2.2.b, 44.2.3.a, 44.2.3.b	Beperkt
Brandblusschuimen	Productie brandblusschuimen	7.1.1, 7.1.2, 7.1.3	Groot
Productielocaties medische materialen	Productie van medische producten en toestellen	Geen specifieke rubriek, zie bedekkingsmiddelen, textiel, elektronica, kunststof, metaal, …	Beperkt
Fabricage farmaceutica	Productie van PFAS-houdende farmaceutische producten	7.2.5, 7.11.4, 7.12.2.b 13.1, 59.17	Beperkt
Productielocaties pesticiden en biociden	Productie van pesticiden	5.4.1, 5.4.2, 5.5, 7.2.4, 7.12.2.a	Groot

Sector	Activiteit	VLAREM-rubriek	Inschatting kans bodem-verontreiniging
Bouwmaterialen	Productie van bouwmaterialen zoals glas, laminaat, tegels, roofing, gipsplaten, …	19.1.2.a, 19.1.2.b, 19.1.3.a, 19.1.3.b, 19.2.2.a, 19.2.2.b, 19.2.3.a, 19.2.3.b, 19.4.1, 19.4.2, 19.4.3, 19.4.4, 19.7, 20.3.4.2, 20.3.8	Groot
Locaties waar PFAS-houdende producten gebruikt worden			
Drukkerijen en grafische industrie/ foto industrie	Drukken	59.1.1.1, 59.1.1.2, 59.1.2.1, 59.1.3.1.1, 59.1.3.1.2, 59.1.3.2.1, 59.1.3.2.2, 59.1.3.3.1, 59.1.3.3.2, 59.1.3.4.1, 59.1.3.4.2, 59.1.3.5, 59.1.3.6.1, 59.1.3.6.5, 11.1.2.a, 11.1.2.b, 11.1.3.a, 11.1.3.b	Zeer beperkt
	Foto industrie	11.2.2.a, 11.2.2.b, 11.2.3.a 11.2.3.b, 14.1.a, 14.1.b, 14.2.a, 14.2.b, 14.3.a, 14.3.b	Zeer beperkt
(Jacht)havens en scheepswerven	Zeehavengebieden en havens	48.1.1.1a en b, 48.1.1.2	Beperkt
	Scheepswerf	42.2.1a en b, 42.2.2	Beperkt voor kleinere scheepswerven
			Groot voor grote scheepswerven
Auto- en treinwasserijen (carwash)	Wassen van brandweerwagens	15.4.1*, 15.4.2.a*, 15.4.2.b*	Groot
	Andere		Beperkt, in afwachting van verder onderzoek
Transport	Garages / carrosseriebedrijven	15.3.1, 15.3.2, 15.2	Zeer beperkt
	Transportmiddelenfabrieken	42.1, 42.3, 42.4.2, 42.5	Beperkt
Textiel	Wasserijen en droogkuis	41.4.1a, 41.4.1b, 41.4.2a, 41.4.2b, 41.4.3a, 41.4.3b, 46.2.a, 46.2.b, 46.3.a, 46.3.b, 59.8	Zeer beperkt voor regulier textiel
			Beperkt voor textiel dat water en vetafstotend is gemaakt
Medische materialen	Verzorgingsinstellingen (poliklinieken, woonzorgcentra en ziekenhuizen)	49.1*, 49.2*	Beperkt, en enkel t.h.v. lozingspunt bij lozing in oppervlaktewater
Voedingsindustrie	Afvalwater voedingsindustrie	Zie rubrieken bij afvalwater	Beperkt, en enkel t.h.v. lozingspunt bij lozing in oppervlaktewater
Landbouw	Gebruik Gewasbeschermingsmiddelen en biociden	/	Beperkt, in afwachting van verder onderzoek
Gebruik PFAS-houdende smeermiddelen	Zie luchtvaart, transport, consumentenproducten		
PFAS-houdend brandblusschuim			
Brand blussen bij calamiteit	Calamiteiten	/	Beperkt voor kleine tot gemiddelde calamiteiten
			Groot voor grote calamiteiten
Testen van blusinstallaties (incl. sprinklers)	Testen	/	Beperkt

Sector	Activiteit	VLAREM-rubriek	Inschatting kans bodem-verontreiniging
Wasplaatsen brandweerwagens	Brandweer of bedrijfsbrandweer	15.4.1*, 15.4.2.a*, 15.4.2.b*	Groot
Opslag brandblusschuim (incl. voor sprinklers)	Brandweer/industriële sites/ vliegvelden	/	Beperkt
Brandweeroefenplaatsen /opleidingscentra/ plaatsen voor demonstraties (incl. militaire oefenplaatsen)	Brandweeroefeningen en demonstraties	/	Groot
Brandblusapparaten	Productie, recycleren of afvullen van brandblusapparaten	/	Groot
	Testen/demonsteren	/	Beperkt
Vliegvelden (burger-luchtvaart/ militair)	Calamiteiten en/of brandweeroefeningen	57.1.1, 57.1.2	Groot
Afvalverwerking en recycling			
Afvalinzamelaars- en verwerkers	Opslag van afvalstoffen	2.1.1 (a.1, a.2, b), 2.1.2. d.1, 2.1.2.d.2	Beperkt tot groot – sterk afhankelijk van type afval, hoeveelheden en omstandigheden
	Opslag en sortering van afvalstoffen, met oog op nuttige toepassing	2.2.1.a,b, 2.2.1.c.1, 2.2.1.c.2, 2.2.1.d.1, 2.2.1.d.2	
	Opslag en mechanische behandeling van afvalstoffen, met oog op nuttige toepassing	2.2.2.a.1, 2.2.2.a.2, 2.2.2.b.1, 2.2.2.b.2, 2.2.2.c.1, 2.2.2.c.2, 2.2.2.c.3, 2.2.2.c.4, 2.2.2.d.1.b, 2.2.2.d.2.b, 2.2.2.d.3, 2.2.2.e, 2.2.2.f.1, 2.2.2.f.2, 2.2.2.g.2	
	Opslag en fysisch-chemische behandeling, met oog op nuttige toepassing	2.2.5.a.1, 2.2.5.a.2, 2.2.5.a.3, 2.2.5.b.1, 2.2.5.b.2, 2.2.5.c.1, 2.2.5.c.2, 2.2.5.d.1, 2.2.5.d.2, 2.2.5.e.2, 2.2.5.e.3, 2.2.5.f.2,	
	Opslag en verwijdering met oog op definitieve opslag of vernietiging	2.3.1.a, 2.3.1.a	
	Opslag en fysisch-chemische behandeling, met oog op definitieve opslag/vernietiging	2.3.2.a.1, 2.3.2.a.2, 2.3.2.b, 2.3.2.c, 2.3.2.d, 2.3.2.e.1, 2.3.2.e.2, 2.3.2.g	
	Opslag en biologische behandeling, met oog op definitieve opslag/vernietiging	2.3.3.c	
		2.3.3.a.1*, 2.3.3.a.2*,	Beperkt, in afwachting van verder onderzoek
	Compostering van organisch-biologische bedrijfsafvalstoffen	2.2.3.c.1*, 2.2.3.c.2*, 2.2.3.c.3*	Beperkt, in afwachting van verder onderzoek
Stortplaatsen	Alle types	2.3.6.a tem 2.3.6.c	Beperkt voor stortplaatsen stopgezet voor 1960
			Groot voor stortplaatsen gestart na 1960
			Zeer groot voor stortplaatsen met PFAS-houdend afval
Grondverwerking, verzet en storten van gronden	Grond	2.1.3.1, 2.1.3.2, 60.2, 61.2.2	Beperkt
		61.2.1*, 60.1*	Beperkt voor oudere TOP's en aanvullingen waarvoor

Sector	Activiteit	VLAREM-rubriek	Inschatting kans bodem-verontreiniging
			het inkomende bodemmateriaal niet gecontroleerd werd op PFAS (voor 2022)
	Bagger en ruimingspecie	2.2.8.a, 2.2.8.b, 2.3.7.a, 2.3.7.c, 2.3.7.d	Beperkt
		63.1*, 63.2*	Beperkt voor oudere activiteiten waarvoor het inkomende bodemmateriaal niet gecontroleerd werd op PFAS (voor 2022).
Afvalverbranding	Opslag en verbranding / opslag en meeverbranding afvalstoffen	2.3.4.1.a.1*, 2.3.4.2.a.1*, 2.3.4.1.a.2*, 2.3.4.2.a.2*, 2.3.4.1.b, 2.3.4.2.b, 2.3.4.1.c, 2.3.4.2.c, 2.3.4.1.e, 2.3.4.1.f, 2.3.4.1.g*, 2.3.4.1.h, 2.3.4.1.j, 2.3.4.2.d, 2.3.4.1.k, 2.3.4.2.e, 2.3.4.2.g	Groot voor installaties die veel PFAS-houdend afval ontvangen (papierindustrie, medisch afval, industrieel afval, textiel..)
			Beperkt voor de overige
Afvalwater	Waterzuiveringsinstallatie (RWZI)	3.6.4.3, 3.6.4.4	Groot
	Waterzuiveringsinstallatie (bedrijfsafvalwater)	3.4.1b*, 3.4.2*, 3.4.3*, 3.6.3.1b*, 3.6.3.2, 3.6.3.3, 3.6.6, 3.6.7	Zeer beperkt tot groot, indien op het terrein activiteiten uit dit rapport worden uitgevoerd – zie kans bij deze activiteiten
	Lozing in grondwater	52.1.1.2, 52.1.1.3, 52.1.2, 52.2.2, 52.2.3	Beperkt
Containerreinigings-bedrijven/vatenspoelers/ cleaning tankauto's/ afvaltransportbedrijven	Reinigen van lege recipiënten	2.2.6.a, 2.2.6.b, 2.2.6.c, 2.2.6.d	Groot
	Opslag en reiniging van metalen recipiënten door uitbranden	2.3.5	Beperkt

* Deze rubrieken zijn niet opgenomen in het VLAREBO

4.2 EVALUATIE VAN GEBRUIK PFAS BIJ ACTIVITEITEN ZONDER VLAREBO-RUBRIEK

Er zijn een aantal activiteiten die mogelijk als PFAS-verdacht kunnen worden beschouwd waar

- ofwel geen VLAREM-rubriek (en dus ook geen VLAREBO-rubriek) aan kon worden gekoppeld
- ofwel wel een VLAREM-rubriek aan kon worden gekoppeld maar geen VLAREBO-rubriek;

Het gaat onder meer om:

- een selectie van PFAS risico-activiteiten, waarvan de subrubrieken met de kleinste vermogens of volumes niet zijn opgenomen in het VLAREBO, en waar PFAS mogelijk toch een (significante) impact op de bodem kunnen hebben (bv. tussentijds opslagplaatsen voor bodem, kleinschalige tapijtproductie);
- activiteiten die geen VLAREBO-noch VLAREM-rubriek hebben, bv. blusschuimen, gewasbeschermingsmiddelen/landbouw;
- activiteiten die wel een VLAREM-, maar geen VLAREBO-rubriek hebben, bv. het verpakken van farmaceutische stoffen.

Voor elk van deze activiteiten wordt in Bijlage 1 en Tabel 3 een motivering opgenomen omtrent waarom aan deze activiteiten al dan niet een kans op het veroorzaken van bodemverontreiniging werd toegekend.

De activiteiten waaraan een kans op PFAS-verontreiniging gekoppeld werd zijn ook opgenomen in de samenvattende tabel (paragraaf 4.1).

Tabel 3: Evaluatie van mogelijke PFAS-gerelateerde activiteiten die **niet** opgenomen zijn in het VLAREBO of het VLAREM

VLAREM-rubriek	Omschrijving	Motivatie	Besluit kans bodemverontreiniging
PFAS-verdachte activiteiten			
2.3.4.1.a.1 en 2.3.4.2.a.1 2.3.4.1.a.2 en 2.3.4.2.a.2	Verbranding van biomassa afval – van land en bosbouw, levensmiddelenindustrie en vezelachtig plantaardig afval afkomstig van de ruwe pulp en van de productie van papier uit pulp, kurkafval, onbehandeld houtafval tot 5 MW meer dan 5 MW	PFAS kunnen toegevoegd worden aan papierpulp, bij verbranding worden vnl. langere ketens afgebroken maar korte ketens hebben erg hoge temperaturen nodig (1400°C) alvorens afgebroken te kunnen worden	Groot voor installaties die veel PFAS-houdend afval ontvangen (papierindustrie)
2.3.4.1.g	Verbranding vast niet-risico houdend medisch afval	PFAS worden toegepast in allerhande medisch materiaal	Groot voor installaties die veel PFAS-houdend afval ontvangen (medische materialen)
3.4.1b 3.4.2 3.4.3	Zonder zuivering lozen van bedrijfsafvalwater: - - tot 2 m³/h met gevaarlijke stoffen - 2-100 m³/h - meer dan 100 m³/h	De kans op verontreiniging is afhankelijk van de activiteiten op het terrein.	Zie kans activiteiten uitgevoerd op het terrein
3.6.3.1b	Afvalwaterzuiveringsinstallaties, met inbegrip van het lozen van het effluentwater en het ontwateren van de bijbehorende slibproductie: -bedrijfsafvalwater- 1 tot en met 5 m³/h b) met gevaarlijke stoffen boven indelingscriterium	De kans op verontreiniging is afhankelijk van de activiteiten op het terrein.	Zie kans activiteiten uitgevoerd op het terrein
23.4	Oppervlaktebehandeling, met inbegrip van ontvetting van kunststoffen door middel van een elektrolytisch of chemisch procedé, als de inhoud van de gebruikte	PFAS worden door oppervlakte-actieve eigenschappen vaak gebruikt bij oppervlaktebehandeling. De rubriek omvat bovendien grote volumes.	Zeer groot

VLAREM-rubriek	Omschrijving	Motivatie	Besluit kans bodemverontreiniging
	behandelingsbaden (exclusief spoelbaden) meer dan 30.000 liter bedraagt		
15.4.1 15.4.2.a 15.4.2.b	Niet-huishoudelijke inrichtingen voor het wassen van motorvoertuigen en hun aanhangwagens: in industriegebied niet in industriegebied, < 10 voertuigen per dag niet in industriegebied > 10 voertuigen per dag	PFAS worden gebruikt in o.a. hydraulische vloeistoffen, smeermiddelen, autowax.	Voor het wassen van brandweerwagens: groot Andere wasplaatsen: beperkt, verder onderzoek is nodig om deze kans beter in te schatten.
60.1	Geheel of gedeeltelijk opvullen van groeven, graverijen, uitgravingen en andere putten, met inbegrip van waterplassen en vijvers met een capaciteit van 1000-10.000 m³	De subrubriek met capaciteit >10.000 m³ is wel VLAREBO. In principe geldt deze rubriek enkel voor gronden die kunnen hergebruikt worden. Voor oude activiteiten (voor ca. 2022) zal echter niet altijd gecontroleerd zijn op PFAS (of andere emerging contaminants). Voor huidige activiteiten wordt gecontroleerd op aanwezigheid van PFAS.	Voor activiteiten waar inkomende bodemmaterialen gecontroleerd zijn op PFAS (vanaf 2022), geen bodemverontreiniging verwacht
61.2.1	Tussentijdse opslagplaats voor uitgegraven bodem die voldoet aan de bepaling voor het gebruik van bodemmaterialen met een capaciteit van 1000-10.000 m³		Beperkt voor oudere TOP's en aanvullingen waarvoor het inkomende bodemmateriaal niet gecontroleerd werd op PFAS (voor 2022).
63.1 63.2	Opslag en ontwatering van bagger- of ruimingsspecie die voldoet aan de bepalingen voor het gebruik van bodemmaterialen	Voor oude activiteiten zal niet altijd gecontroleerd zijn op PFAS (of andere emerging contaminants). Voor huidige activiteiten wordt gecontroleerd op PFAS.	Voor activiteiten waar inkomende bodemmaterialen reeds gecontroleerd zijn op PFAS (vanaf 2022), geen bodemverontreiniging verwacht Beperkt voor oudere activiteiten waarvoor het inkomende bodemmateriaal niet gecontroleerd werd op PFAS (voor 2022).
49.1 49.2	Verzorgingsinstellingen (poliklinieken, woonzorgcentra en ziekenhuizen)	Veel medisch materiaal bevat PFAS, maar dit komt normaal pas in het milieu terecht via afval(water) en hiervoor is een apart rubriek opgenomen. De PFAS zijn hier reeds verwerkt in producten en	Geen bodemverontreiniging verwacht bij het gebruik van het materiaal, of bij lozing van afvalwater in riolering. Beperkte kans t.h.v. lozingspunt bij lozing op oppervlaktewater

VLAREM-rubriek	Omschrijving	Motivatie	Besluit kans bodemverontreiniging
		materialen, dus eerder gesloten toepassingen op deze locaties.	
/	Brand blussen bij calamiteit	Indien PFAS-houdend blusschuim werd gebruikt	Beperkt voor kleine tot gemiddelde calamiteiten
			Groot voor grote calamiteiten
/	Testen van blusinstallaties (incl. sprinklers)	Indien PFAS-houdend blusschuim wordt of werd gebruikt	Beperkt
/	Opslag blusschuim (incl. voor sprinklers) van PFAS-houdend schuim	Geen specifieke rubriek, kan onder verschillende van subrubrieken van rubriek 17 vallen. Steeds aandachtspunt bij onderzoek op brandweeroefenplaatsen of grote industriële terreinen, luchthavens	Beperkt, niet gekoppeld aan specifieke rubriek
/	Brandweeroefenplaatsen (incl. militair)/ opleidingscentra/ plaatsen voor demonstraties	Indien PFAS houdend blusschuim wordt of werd gebruikt	Groot
/	Productie, recycleren en afvullen van brandblusapparaten voor PFAS-houdend blusschuim	Morsen bij afvullen, afvoer spoelwater en restvloeistoffen.	Groot
/	Testen/demonsteren van brand brandblusapparaten voor PFAS-houdend blusschuim	Afvoer (spoel)water en restvloeistoffen	Beperkt
/	Landbouw: gebruik gewasbeschermingsmiddelen, biociden	Zeer specifieke componenten.	Beperkt, verder onderzoek is nodig om deze kans beter in te schatten.
41.6.1a 41.6.1b	Inrichtingen voor het vervaardigen van tapijten met een geïnstalleerde drijfkracht van 5-200 kW in industriegebied of 5-100 kW niet in industriegebied	Bij tapijten wordt een grote hoeveelheid PFAS gebruikt. Er wordt verwacht dat de hoeveelheid PFAS gebruikt in deze subrubrieken als klein beschouwd kan worden, gezien de beperkte geïnstalleerde drijfkracht. In dit gesloten proces wordt de kans op bodemverontreiniging bijgevolg als klein. Subrubrieken met groter vermogen zijn wel VLAREBO.	Beperkt

VLAREM-rubriek	Omschrijving	Motivatie	Besluit kans bodemverontreiniging
29.5.5.1a 29.5.5.1b	Oppervlaktebehandeling, met inbegrip van ontvetting van metalen door middel van een elektrolytisch of chemisch procedé, als de gezamenlijke inhoud van de gebruikte behandelingsbaden en spoelbaden of van de opvangrecipiënten voor de opvang van de gebruikte chemicaliën uit volgende volumes bestaat 10-1000l in industriegebied 10-300l niet in industriegebied	Bij nieuwe locaties is dit een gesloten proces dus zeer beperkt (tot geen) risico. Bij oude locaties was dit een open proces dus een groter risico op bodemverontreiniging. Deze hoeveelheden kunnen echter beschouwd worden als klein, waardoor de kans op bodemverontreiniging door deze activiteiten als klein beschouwd kan worden. Subrubrieken met grotere volumes zijn wel VLAREBO.	Beperkt
2.2.3.c.1 2.2.3.c.2 2.2.3.c.3	Compostering van organisch-biologische bedrijfsafvalstoffen: max 25 m³ en uitsluitend bedrijfseigen materiaal Andere, maximaal 2000 m³ Meer dan 2000 m³	Bij rubriek 2.2.3.c.1 betreft het een beperkt volume. Bij rubrieken 2.2.3.c.1 tem c.3: sterk afhankelijk van welke afvalstoffen worden gecomposteerd. Het risico ligt eerder bij het gebruik van het compost indien dit PFAS bevat.	Beperkt
2.3.3.a.1 2.3.3.a.2	Opslag en biologische behandeling, met oog op definitieve opslag of vernietiging, van niet-gevaarlijke afvalstoffen max 25 m³ meer dan 25 m³	Biologische behandeling: compostering of vergisting: sterk afhankelijk van type afvalstof. Risico ligt eerder bij gebruik van gecomposteerd of vergist materiaal.	Beperkt
Overige activiteiten			
33.3.1a 33.3.1b 33.3.2a 33.3.2b 33.3.3a 33.3.3b	Inrichtingen voor het behandelen van papier en karton voor het vervaardigen van waren uit papier of karton 5-200 kW in industriegebied 5-100 kW niet in industriegebied 200-1000 kW in industriegebied	Rubriek betreft behandelen van papier waaronder eerder mechanisch behandelen wordt verwacht (o.a. vouwen, walsen) wat minder verdacht is dan papierproductie zelf. Mogelijk ook wel lijmen en plakken wat dan weer meer PFAS-verdacht is, maar deze activiteiten zijn dan normaal ook in een andere rubriek uit de lijst vergund. Gezien de PFAS	Geen bodemverontreiniging verwacht

VLAREM-rubriek	Omschrijving	Motivatie	Besluit kans bodemverontreiniging
	100-500 kW niet in industriegebied >1000 kW in industriegebied >500 kW niet in industriegebied	bij het mechanisch behandelen van papier reeds in of op het papier aanwezig zijn kan dit worden beschouwd als een gesloten proces, met zeer kleine kans op bodemverontreiniging	
13.2.1.a 13.2.1.b 13.2.2.a 13.2.2.b	Inrichtingen voor het conditioneren en het verpakken van farmaceutische stoffen met een geïnstalleerde totale drijfkracht van: 5-200 kW in industriegebied 5-100 kW niet in industriegebied 200-1000 kW in industriegebied 100-500 kW niet in industriegebied	Verpakkingen van farmaceutische stoffen bevatten PFAS. Deze rubriek omvat echter het verpakken van de farmaceutische stoffen waarbij de verpakking vermoedelijk aangeleverd wordt en dus niet ter plaatse geproduceerd. Niet weerhouden aangezien vooral productie en afvalverwerking van verpakkingen verdacht is.	Geen bodemverontreiniging verwacht
36.2	Bandenfabrieken	Nergens wordt letterlijk vermeld dat PFAS ook in banden zou zitten. Er is enkel sprake van PFAS in rubbers in het algemeen. Indien al PFAS zouden aanwezig zijn, zullen deze eerder door slijtage vrijkomen in het milieu.	Geen bodemverontreiniging verwacht
2.3.2.f	Opslag en fysicochemische verwerking restvloeistoffen afkomstig van het vullen en schoonmaken van apparatuur voor de toepassing van gewasbeschermingsmiddelen	Sterk afhankelijk van welk gewasbeschermingsmiddel. Ook relevant voor andere pesticiden. Er wordt echter verwacht dat de gebruikte hoeveelheden beperkt zijn en dan de opslag en verwerking als een gesloten proces kan worden beschouwd.	Geen bodemverontreiniging verwacht
2.3.3.b	Opslag en biologische verwerking van restvloeistoffen afkomstig van het vullen en schoonmaken van apparatuur voor de toepassing van gewasbeschermingsmiddelen		Geen bodemverontreiniging verwacht

VLAREM-rubriek	Omschrijving	Motivatie	Besluit kans bodemverontreiniging
3.6.1 3.6.3.1a	Afvalwaterzuiveringsinstallaties, met inbegrip van het lozen van het effluentwater en het ontwateren van de bijbehorende slibproductie: - huishoudelijk, niet van woongelegenheden – meer dan 600 m³/jaar -bedrijfsafvalwater- 1 tot en met 5 m³/h a) zonder gevaarlijke stoffen boven indelingscriterium	Kleine lozingen maar kan invloed hebben op waterbodem/oppervlakte water. Ook indien geen gevaarlijke stoffen boven indelingscriterium: PFAS mogelijk niet altijd gecheckt in het verleden. Voor 3.4.2 en 3.4.3 – relevant voor activiteiten opgenomen in deze studie. Andere PFAS-verdachte rubrieken zullen dus reeds van toepassing zijn op dergelijke sites.	Indien het gaat om lozingspunten van activiteiten uit deze studie, is PFAS-onderzoek sowieso reeds aangewezen en hier wordt verwezen naar de inschatting van de kans voor de desbetreffende activiteit op het terrein.
3.6.4.2	Afvalwaterzuiveringsinstallaties, met inbegrip van het lozen van het effluentwater en het ontwateren van de bijbehorende slibproductie: RWZI – 20-500 IE		
3.2.2.a 3.2.2.b	Lozen zonder zuivering van huishoudelijk afvalwater niet afkomstig van woongelegenheden – meer dan 600 m³/jaar		
52.1.1.1 52.2.1	Indirecte lozing in grondwater binnen waterwingebied en beschermingszone indirecte lozing van gevaarlijke stoffen - huishoudelijk afvalwater Buiten waterwingebied en beschermingszone indirecte lozing van gevaarlijke stoffen - huishoudelijk afvalwater		
3.4.1a	Zonder zuivering lozen van bedrijfsafvalwater: - tot 2 m³/h en geen gevaarlijke stoffen		

VLAREM-rubriek	Omschrijving	Motivatie	Besluit kans bodemverontreiniging
34.1.1.a,b 34.1.2.a,b 34.1.3.a,b	Zeepziederijen en inrichtingen die grondstoffen vervaardigen voor de producten van oppervlakteactieve stoffen of verwerken voor technische doeleinden 5-200 kW in industriegebied 5-100 kW niet in industriegebied 200-1000 kW in industriegebied 100-500 kW niet in industriegebied >1000 kW in industriegebied >500 kW niet in industriegebied	PFAS worden vaak aan producten toegevoegd omwille van oppervlakteactieve eigenschappen. Deze rubriek omvat echter het vervaardigen van grondstoffen, dus niet het bereiden of mengen. Er wordt bijgevolg een zeer kleine tot kleine hoeveelheid PFAS verwacht in een gesloten proces, waardoor de kans op bodemverontreiniging zeer beperkt is.	Geen PFAS-verontreiniging verwacht
58	Crematoria	Verhoogde PFAS-concentraties worden gemeten in bloed van mensen (+ textiel etc) Bij verbranding worden vnl. langere ketens afgebroken maar korte ketens hebben erg hoge temperaturen nodig (1400°C) alvorens afgebroken te kunnen worden Dit zijn echter zeer kleine hoeveelheden. Raming: op basis van een gemiddelde PFAS-concentratie van 5 ng PFAS/ml bloed, rekening houdend met cijfers i.v.m. aantal crematies in Nederland (overschatting t.o.v de rest van de EU) en geëxtrapoleerd naar de gehele EU-bevolking resulteren in een uitstoot van ca. 62 g/ jaar voor de hele EU. Door deze zeer kleine hoeveelheid wordt de kans op bodemverontreiniging bij deze activiteit als zeer beperkt beschouwd.	Geen PFAS-verontreiniging verwacht

VLAREM-rubriek	Omschrijving	Motivatie	Besluit kans bodemverontreiniging
30.8.1.a 30.8.1.b 30.8.2.a 30.8.2.b 30.8.3.a 30.8.3.b	Het vervaardigen en behandelen van voorwerpen uit glas met een geïnstalleerde totale drijfkracht van: 5-200 kW in industriegebied 5-100 kW niet in industriegebied 200-1000 kW in industriegebied 100-500 kW niet in industriegebied >1000 kW in industriegebied >500 kW niet in industriegebied	Het is onduidelijk in welke stap(pen) PFAS worden toegevoegd bij het vervaardigen en behandelen van glas. Dit wordt mogelijk al omvat in VLAREBO-rubriek 20.3.4.2 maar niet uit te sluiten dat bij deze rubriek ook PFAS gebruikt wordt. De hoeveelheid PFAS die hierbij gebruikt wordt, wordt echter beschouwd als zeer klein tot klein, waardoor de kans op bodemverontreiniging bij deze activiteiten als zeer klein beschouwd kan worden.	Geen PFAS-verontreiniging verwacht

5 TOEPASSINGEN PFAS

In voorliggend hoofdstuk worden de belangrijkste toepassingen van PFAS kort beschreven. Zoals eerder vermeld worden deze ingedeeld in verschillende categorieën:

- PFAS-producerende industrie
- PFAS-verwerkende industrie – activiteiten waar PFAS gebruikt worden in de processen
- Gebruik van PFAS-houdende producten
    - Gebruik van brandblusschuimen
    - Industrieën/activiteiten waar PFAS-houdende producten of artikels worden gebruikt
- Afvalverwerking

In dit hoofdstuk wordt elk van deze activiteiten in meer detail beschreven en wordt de inschatting op kans op bodemverontreiniging gedocumenteerd.

5.1 PFAS-PRODUCERENDE INDUSTRIE

In het verleden werden twee processen gebruikt voor de productie van PFAS: elektrochemische fluorering (ECF) en telomerisatie (TM). Op de twee meest bekende productielocaties van PFAS-grondstoffen in Europa, nl. 3M in Zwijndrecht (België, sinds midden jaren 1970) en Miteni in Trissino (Italië), werden PFAS door ECF vervaardigd (2).

De PFAS-productie vóór 2001 werd voornamelijk gedomineerd door het elektrochemische fluoreringsproces van 3M, waarbij als belangrijkste product (30-45% van de productie) perfluoroctaan sulfonfluoride (POSF) werd gevormd, met daarnaast een verzameling van andere PFCA's en PFSA's. POSF kan afbreken tot langketenige PFCA's of PFSA's (bv. PFOS) en was de grondstof voor de productie van PFOS-gerelateerde chemicaliën. ECF is ook op de 3M locatie in Zwijndrecht toegepast. Dit proces was economisch zeer interessant vanwege de lage energiekosten en het relatief goedkope uitgangsproduct. Bij het proces werden wel vele bij- en afvalproducten gevormd (2).

Sinds 2001 is de productie van PFAS door elektrochemische fluorering sterk verminderd vanwege zorgen rondom de milieueffecten van PFOS en werd telomerisatie (TM) de voornaamste manier van PFAS-productie. Hierbij worden geen PFOS of precursoren van PFOS gevormd, maar fluortelomeren.

De twee syntheseroutes resulteren in een verschillende graad van zuiverheid van het product. In het algemeen ontstaan bij het ECF-proces even- en oneven, vertakte en lineaire geperfluoreerde koolstofketens. Bij TM ontstaan alleen even lineaire ketens.

De omgeving rond de PFAS-productielocaties is verontreinigd met PFAS vanwege jarenlange (vergunde) lozingen van afvalstoffen in het milieu. In het gebied rond Trissino (Italië) heeft dit geleid tot een verontreinigd gebied van meer dan 200 km² (WHO, 2016). In het Antwerpse havengebied is het gebied rondom de productielocatie van 3M verontreinigd.

Activiteit	Geraamde jaarlijkse productie PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Productie PFOS/PFOA, telomeren	53.000-118.000 ton/jaar	Zeer groot	Indirect	Emissies naar lucht en water, kans op incidenten	Zeer groot	7.11.1.f, 20.4.2.1, 20.4.2.2

5.2 PFAS-VERWERKENDE INDUSTRIE

5.2.1 Productie en verwerking gefluoreerde polymeren en fluorpolymeren

Toepassing
De PFAS-verwerkende industrie omvat de productie en verwerking van fluorpolymeren (o.a. teflon en FEP), polymeren met gefluoreerde zijketens, fluorrubbers en het drogen en het aanbrengen van polymeren. Teflon en andere gefluoreerde polymeren worden als halffabricaat gebruikt voor verschillende industrieën (kunststof (proces)leidingen, antiaanbakpannen etc.). De meest gebruikte types PFAS hiervoor zijn PFOA en GenX. PFAS worden op deze manier gebruikt sinds de jaren '60.

Voor de productie van fluorpolymeren worden gefluoreerde stoffen niet alleen gebruikt als grondstof maar ook als hulpstof: als katalysatoren, suspensiemedium, surfactant of bij de afwerking in het extrusieproces om de fluorpolymeren hun gewenste vorm te geven (8).

Volumes
De productie en verwerking van gefluoreerde polymeren en fluorpolymeren is doorgaans een grootschalige chemische industrie waar gedurende lange tijd zeer grote hoeveelheden PFAS gebruikt worden.
Bij de PFAS-verwerkende industrie, zoals bij teflon® productie, worden grote hoeveelheden PFAS toegepast. Door de grote hoeveelheden die gebruikt is de kans op een ernstige bodemverontreiniging met PFAS bij deze locaties daarom groot.

5.2.1.1 PFAS als hulpstof bij de polymerisatie

Type PFAS-componenten en toepassing
Stoffen die gebruikt worden in het polymerisatieproces zijn PFOA, PFNA, PFHxA, 6:2 FTSA, HFPO-DA en dodecafluoro-3H-4,8dioxanoaat.

PFOA is tot circa 2012 gebruikt tijdens het productieproces van fluorpolymeren zoals polytetrafluoretheen (PFTE, Teflon). Bij Chemours (vml. Du Pont) in Dordrecht, Nederland, is PFOA gebruikt voor de productie van Teflon, FEP (geperfluoreerd ethyleen-propyleen) en Viton (een bepaald type rubber). PFOA werd ook gebruikt in het productieproces van perfluoralkoxy polymeren (PFA-polymeren).
Vanaf 2013 is PFOA in Dordrecht volledig vervangen door het GenX proces. Het GenX proces is gebaseerd op de perfluorverbindingen FRD-902/903 (ammonium of waterstof) -2,3,3,3-tetrafluoro-2(heptafluoropropoxy)propanoaat) en het omzettingsproduct E1 (heptafluoropropyl-1,2,2,2-tetrafluorethyl ether) (12). In Mechelen en Zwijndrecht zijn tevens productielocaties gelegen, waar PTFE wordt geproduceerd.

Volumes
Studies hebben uitgewezen dat indien PFOA als hulpstof wordt gebruikt bij de productie van polymeren, het eindproduct een relatief hoog gehalte PFOA kan bevatten (0,1-0,5%). Dit betekent ook dat door import van PTFE uit landen waar PFOA nog steeds als hulpstof wordt gebruikt, significante hoeveelheden PFOA worden geïmporteerd (inschatting van 3-16 ton PFOA per jaar in de EU) (13).

5.2.1.2 PFAS gebruikt bij extrusie van thermoplastische plastics

Type PFAS-componenten en toepassing
Bij de extrusie van plastics worden PFAS gebruikt als additief, bv. bij de productie van LDPE, en HDPE. Typische processen waarin dit gebruikt wordt zijn productie van films, pijpen, platen, kabels, extrusiemallen, tape en vezels. Typische PFAS die hiervoor gebruikt worden zijn PTFE, FEP en perfluoro-alkoxyalkanen (PFA) (8).

Productie en verwerking gefluoreerde polymeren en fluorpolymeren	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS in EEA	Beoordeling hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Fluorpolymeren en polymeren met gefluoreerde zijketens	Fluorpolymeren: 49.000-102.000 ton/jaar Polymeren met gefluoreerde zijketens: 54.000-118.000 ton/jaar	Zeer groot	Indirect	Grootschalige chemische industrie, lange tijd zeer grote hoeveelheden PFAS gebruikt Vaak sprake van onvolledig gezuiverde lozingen naar lucht en water, atmosferische depositie mogelijk	Zeer groot	7.11.1.h, 20.4.1.1, 20.4.1.2
Productie en oppervlaktebehandeling van kunststoffen						23.4, 23.2.2.a, 23.2.2.b, 23.1.1b, 23.1.1c
Fluorrubbers	8.300 ton in 2020, vroeger mogelijk meer	Groot tot zeer groot	Indirect	Vroeger vermoedelijk grotere hoeveelheden gebruikt	Zeer groot	7.11.1.i, 7.12.2.c, 59.15, 36.1, 36.3.1.b.1, 36.3.1.b.2, 36.3.2

5.2.2 Textiel

Toepassing
PFAS worden gebruikt bij het water- en vuilafstotend maken van o.a. kleding, schoenen, tenten, paraplu's, tapijten en meubels (bv. Scotchgard™) (14). De hoeveelheid PFAS in deze materialen varieert van 2-3 % van het vezelgewicht tot 15 % in synthetische tapijten (13). Vaak worden polymeren van PFAS toegepast. Deze polymeren kunnen residuen van PFAS vanuit het productieproces bevatten (restanten van niet gereageerd monomeren en/of hulpstoffen) of ze kunnen worden afgebroken tot fluortelomeren, zoals FTOH's, maar ook tot perfluorcarbonzuren zoals PFOA en PFHxA.

Type PFAS-componenten
Er worden hoofdzakelijk twee soorten (polymeren van) PFAS toegepast voor het water- en vuil afstotend maken:

- Polytetrafluorethyleen (PTFE/Teflon) voor het waterdicht maken van (buitensport)kleding en tenten. PTFE is een fluorpolymeer met een hoog molecuulgewicht en wordt daarom gebruikt bij de fabricage van poreuze stoffen zoals Gore-Tex ®. Een dunne laag PTFE wordt aan het materiaal toegevoegd om het materiaal te versterken en ademend te maken. De dunne laag PTFE heeft 1,4 miljard poriën per cm^2. De poriën zijn kleiner dan regendruppels maar groter dan waterdamp moleculen, waardoor de stof waterdicht is, en toch kan ademen. De meest gebruikte fluorpolymeren, naast teflon zijn Polyvinylideenfluoride (PVDF), perfluorpolyethers (PFPE), fluorethyleenpropyleen (FEP) en perfluoralkoxy PFA (8).
- Polymeren met gefluoreerde zijketens, zoals bv. fluortelomeeracrylaatpolymeren. De methode wordt bv. gebruikt in textiel, tapijten en leer vanwege de water- en vuilafstotende eigenschappen. Bij afbraak van het polymeer komen de gefluoreerde zijketens vrij. Dit kan gebeuren tijdens gebruik, maar ook tijdens wassen.

Over het algemeen werden C8-gebaseerde fluorchemicaliën (o.a. PFOS, PFOSA, PFOA) gezien als het beste product in de textielindustrie (bv. Scotchgard™). Deze C8-verbindingen zijn later vervangen door PFAS met kortere ketens. Volgens het RIVM-onderzoek 'Impregneermiddelen' werkt de Nederlandse leerindustrie met C4-polymeren als alternatief voor de C8-verbindingen. Andere bronnen verwijzen ook naar C2-C3 en C6 PFAS.

Informatie over vervuiling met PFAS voor deze toepassing
Volgens een studie van de VMM uitgevoerd in 2022 waarbij via een grootschalige monitoringscampagne de dominante PFAS-parameters in afvalwater van verschillende sectoren werden onderzocht, worden in het afvalwater van de textielsector voornamelijk PFPeA, PFHxA en PFOA aangetroffen (15).

Volumes en type proces
De hoeveelheden PFAS die worden gebruikt in de textielsector zijn groot t.o.v. andere toepassingen. Op jaarlijkse basis wordt in de EEA naar schatting ca. 40.000 – 145.000 ton PFAS in deze sector gebruikt, verspreid over de verschillende subcategorieën zoals huishoudelijk textiel, consumentenkleding, professionele kleding, technisch textiel, medisch textiel, leer, … (8). De Belgische industrie is voornamelijk gespecialiseerd in technisch textiel en textiel voor in het interieur (tapijten, meubels, matrassen, …). Het PFAS verbruik bij de productie in België werd geschat op 200-3500 ton (exclusief medisch textiel) (9).

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Inrichtingen voor het voorbehandelen en behandelen van textiel en wol, textielveredeling	41.000-142.00 ton/jaar	Zeer groot	Indirect	Afhankelijk van type textiel	Groot voor regulier textiel	41.4.1a, 41.4.1b, 41.4.2a, 41.4.2b, 41.4.3a
					Zeer groot voor textiel dat water- en vetafstotend wordt gemaakt	41.4.3b 41.10, 41.3.1a en b, 41.3.2a en b, 41.3.3a en b
Tapijtproductie		Zeer groot	Indirect	/	Zeer groot	41.6.2a, 41.6.2b, 41.7
		Klein tot matig	indirect	Kleinere inrichtingen met beperkte drijfkracht	Beperkt	41.6.1a 41.6.1b
Leerproductie		Geschat op matig tot groot	Indirect	/	Groot	25.1.1, 25.1.2, 25.1.3
Schoenenproductie		Geschat op matig tot groot	Indirect	/	Groot	59.11

5.2.3 Papier- en verpakkingsindustrie

Toepassing

PFAS worden gebruikt bij de productie van vet- en waterafstotend papier of verpakkingen, dat vaak, maar niet uitsluitend, wordt gebruikt in de voedingsindustrie. Geperfluoreerde surfactants worden toegevoegd aan de natte pulp waarbij ze gemixt worden met cellulose vezels voordat het papier gevormd wordt, om de bevochtiging en zo ook de efficiëntie van het pulp-proces te verhogen (16) (17).

PFAS komen onder andere voor in volgende toepassingen:

- Voedselverpakkingen/voederverpakkingen: bakpapier, hitteresistente verpakkingen, melkverpakkingen, folies, verpakkingen van diepvriesvoedsel, coatings in blikken (o.a. drankblikjes), wegwerpbordjes, bestek, rietjes, potjes, dierenvoeding, veevoeder
- Verpakking algemeen: papier en karton, behangpapier, tafelkleed, carbonpapier, plastic potjes (coating), gecoat plastic, glas, metaal
- Andere: toiletpapier, vuurwerk

Types PFAS-componenten
Water- en vetafstotend papier is vaak behandeld met gefluoreerde polymeren. Deze groep bestaat uit een groot aantal verschillende stoffen (6). Enkel voorbeelden zijn PFOA, PFOS, PFPeA, PFHxA, GENX/HFPO-DA, perfluoralkylethers en perfluoralkyl fosfonzuren (PAP en diPAP's), perfluorpolyethers en fluortelomeer alcoholen (6:2 8:2, 10:2, 12:2, 14:2 en 16:2 FTOH) (8), (9). Ter hoogte van een historische papierfabriek in Willebroek werden naast PFOS eveneens PAP's en diPAP's en etPFOSAA vastgesteld. In het afvalwater van de papiersector zou voornamelijk 6:2 FTS aangetroffen worden (zie ook paragraaf 5.4.5) (15).

PAP's kunnen migreren van de verpakkingen naar het voedsel en worden zo opgenomen in het lichaam. Via biotransformatie kunnen PAP's omgezet worden tot PFCA's (zoals PFOA), dus desondanks het gebrek aan toxicologische data over PAP's kunnen de gezondheidseffecten van PFCA's mogelijk ook aan deze groep gelinkt worden (18). In drankblikjes gaat het vaak om PTFE-was of PTFE-micropoeder.

De PFAS-parameters die gebruikt worden in niet-voeding gerelateerde verpakkingen varieerden ook doorheen de tijd. Tussen 1960 en 2000 werden voornamelijk lange keten PFAS (>C6) gebruikt terwijl momenteel voornamelijk C6-fluortelomeren en poly- en perfluorpolyethers gebruikt worden (16). Deze PFAS worden ook gebruikt bij de productie van plastic verpakkingen (zie ook paragraaf 5.2.1). Ook fluorplastics zoals fluorethyleenpropyleen (FEP), Perfluoralkoxy (PFA) en fluorrubbers (FKM – Fluor Kautschuk Material) worden hierbij gebruikt (8).

Volumes en type proces
Jaarlijks zou ca. 800 – 5.000 ton PFAS per jaar gebruikt worden door de papierindustrie, verspreid over de verschillende toepassingen. De grootste hoeveelheden zullen zich bevinden in geïmporteerd of gerecycleerd papier. De papierindustrie is op dit moment overwegend een gesloten proces, maar emissies naar lucht en water zijn mogelijk. In het verleden waren directe emissies waarschijnlijk omwille van beperkte bodembeschermende maatregelen. Papierslib werd ook aangebracht in de bodem als verbeterend middel, al dan niet in de onmiddellijke omgeving van de productielocatie (zie ook paragraaf 5.3.12).

Een onderzoek in Amerika toonde aan dat in 90% van de geteste voedselverpakking FTOH aanwezig was met een mediaan gehalte van ca. 0,4 mg/kg (19). Onderzoek van Kotthoff (20) gaf aan dat er veel PFCA's aanwezig waren in bakpapier van vóór 2010 (bakpapier muffin, PFNA+PFDA=1 mg/kg), maar dat er veel lagere waarden zijn gemeten in de monsters van 2015 (14 en 18 µg/kg voor respectievelijk PFOA en PFPeA). In bakpapier en papier om brood in te pakken zijn in 2015 lage concentraties PFAA's aangetroffen (20).

Naast verpakkingen wordt PFAS ook toegepast in andere vormen van papier, waaronder in toiletpapier. In toiletpapier en slib van afvalwater werd voornamelijk 6:2 diPAP gedetecteerd. Bovendien wordt toiletpapier vaak vervaardigd uit gerecycleerd papier waarvan geweten is dat het vaak PFAS bevat omwille van de water- en olie-afstotende eigenschappen en de bevordering van het pulp-proces als wetting agent, zoals hierboven beschreven (17).

Activiteit	Geraamde jaarlijks gebruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Productie en be-handeling papier	800-5.000 ton/jaar	Groot, mogelijk nog groter bij gerecycleerd materiaal en papierslib	Indirect, mogelijk ook direct indien onvoldoende bodem-beschermende maatregelen, of indien afval uitgereden rondom fabriek	Vroeger vermoedelijk grotere hoeveelheden gebruikt	Beperkt voor productie-installaties zonder directe emissies	33.1, 33.2.a.1a, 33.2.a.1b 33.2.a.2a, 33.2.a.2b, 33.2.a.3a, 33.2.a.3b, 33.2.b.1a, 33.2.b.1b, 33.2.b.2a, 33.2.b.2b, 33.2.b.3a, 33.2.b.3b, 33.2.c.1a, 33.2.c.1b 33.2.c.2a, 33.2.c.2b, 33.2.c.3a, 33.2.c.3b, 33.2.d.1a, 33.2.d.1b, 33.2.d.2a, 33.2.d.2b, 33.2.d.3a, 33.2.d.3b, 33.2.e, 20.5.1, 20.5.2, 41.9.1, 41.9.2, 41.9.3, 41.11
					Groot voor locaties waar gerecycleerd papier wordt gebruikt/locaties met directe emissies	

5.2.4 Toepassing bij galvanisatie en het maken van metalen producten

Toepassing

Bij galvanisatie is PFOS vooral gebruikt bij het verchromen. Het werd (en wordt nog steeds) toegepast om de blootstelling van medewerkers aan chroom-VI te reduceren. Tijdens het verchromen wordt een elektrische stroom door een bad met chroomzuur geleid. Hierbij ontstaan zuurstof en waterstofgasbellen die aan de oppervlakte uit elkaar barsten. PFOS wordt gebruikt om de oppervlaktespanning van het bad met chroomzuur te verlagen, waardoor de grootte van de bellen vermindert en minder bellen op het grensvlak barsten, waardoor minder kankerverwekkend chroom-VI in de lucht vrijkomt (21).

PFAS worden ook gebruikt bij galvanisatie met nikkel, koper, tin en zink als 'wetting agent' eveneens om de oppervlaktespanning te verminderen en schuimvorming te voorkomen. Ook op staal worden fluorpolymeer deeltjes aangebracht (8) als beschermende coating.

Figuur 12: Verchromingsbad (met oranje schuim) met spoelbaden (EPA, 2009)

Na het verchromingsbad wordt het verchroomde metaal in meerdere spoelbaden met water afgespoeld. Deze spoelbaden raken zo verontreinigd met PFOS. Als alternatief voor PFOS wordt momenteel voornamelijk 6:2 FTS gebruikt. Deze stof is vergelijkbaar met PFOS, echter de twee koolstofatomen naast het sulfaatatoom zijn niet gefluoreerd. 6:2FTS is een precursor van PFHxA.

Ander toepassingen in de metaalindustrie zijn:

- het gebruik als hulpstof bij het aanbrengen van coatings op metaal: PFAS verlagen de oppervlaktespanningen en bevorderen zo de stroom van de coating en vermijden barsten bij het drogen
- het wordt eveneens gebruikt bij de verwerking van aluminium tijdens het etsen om de efficiëntie van alkali baden te verhogen en om de oxide laag op te lossen bij het fosfateringsproces
- als corrosie inhibitor (beschermende coating)
- voor elektrische isolatie van metaal
- het schoonmaken van metalen oppervlaktes: gefluoreerde surfactants bevorderen de verwijdering van vuil uit de baden, versnellen het afspoelen van de zuren als de metalen voorwerpen uit de baden worden gehaald en verlengen de levensduur van de baden.
- en in antikleeflagen bv. in mallen (bv. in de auto-industrie).

Volumes en type proces

De hoeveelheid gebruikt in galvanisatie in de EU wordt aanzienlijk lager (2-57 ton/jaar) geschat dan de hoeveelheden gebruikt bij de productie van metalen voorwerpen (960 ton/jaar) (8). Specifiek voor België worden de hoeveelheden geschat op respectievelijk 1.7 ton/jaar en 25 ton/jaar (9). Vaak worden tegenwoordig gesloten baden en productielijnen gebruikt, maar het gebruik van open baden is nog steeds mogelijk en was in het verleden wijdverspreid. Bij oude locaties is de kans op het aantreffen van PFAS bijgevolg groter.

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Metaal-oppervlakte-behandeling/ galvanisatie	Geschat op ca. 2-57 ton/jaar voor galvanisatie, 960 ton/jaar voor productie	Matig tot groot	Indirect en direct (morsen, onzorgvuldig gebruik)	Kleinere activiteiten met beperkte inhoud behandelingsbaden	Beperkt	29.5.5.1a 29.5.5.1b
				Reeds op enkele locaties in Vlaanderen vastgesteld	Beperkt bij recente installaties zonder directe emissies	29.5.5.2a, 29.5.5.2b, 29.5.5.3, 29.5.5.4
					Groot bij locaties met directe emissies/oudere locaties	
Reinigen van metalen	Onbekend	Geschat op klein	Indirect	/	Zeer beperkt	29.5.10.2.a, 29.5.10.2.b

5.2.5 Lak, inkt- en verfindustrie

Toepassing
PFAS worden gebruikt in de productie van lak en verf o.a. om de uitvloeiing te verbeteren, maar ook vanwege de vuilafstotende eigenschappen (14). De gebruikte hoeveelheden zijn waarschijnlijk klein omdat het om specifieke toepassingen gaat en er goedkopere alternatieven zijn (13).

Type PFAS-componenten
Er worden fluorpolymeren, waaronder voornamelijk PTFE, gebruikt. Daarnaast worden ook enkelvoudige PFAS (o.a. PFSA's en PFCA's) en sulfonamides gebruikt.

Volumes en type proces
Qua hoeveelheid wordt geschat dat ca. 500 ton PFAS/jaar wordt gebruikt enkel in inkt van verpakkingen in de EEA. Aangezien inkten ook in andere toepassingen gebruikt worden, zal de totale hoeveelheid PFAS hieraan gerelateerd nog hoger liggen (8). Enkel al in Zweden, Finland, Noorwegen en Denemarken zou tussen het jaar 2000 en 2017 ca. 5.000 ton PFAS in deze industrie gebruikt zijn, wat neerkomt op ca. 300 ton/jaar. Bijgevolg kan de jaarlijkse productie binnen deze industrie geschat worden op meer dan 1.000 ton/jaar in de EEA.

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS in de EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Productie van lak en verf met gebruik van PFAS	300 ton/jaar voor coatings en verf, 500 ton/jaar voor lak en inkt in verpakkingen	Geschat op groot	Geen verwacht	Geen concrete gegevens beschikbaar omtrent indirecte emissie	Beperkt	4.1.2, 4.1.3, 7.12.2.c

5.2.6 Bedekkingsmiddelen

Toepassing
Door de oppervlakte-actieve eigenschappen worden PFAS vaak toegevoegd in coatings waardoor deze onder meer beter worden opgenomen op oppervlakken, meer uniform verspreiden en vuilafstotend worden (22). Daarnaast kunnen PFAS ook zorgen voor antistatische eigenschappen (16). PFAS houdende coatings worden gebruikt in tal van toepassingen: voedselverpakkingen, drankblikjes, medische toestellen, textiel, bouwmaterialen, papier … Veel van deze sectoren worden ook elders in dit document vermeld waardoor er sprake is van enige overlap. Indien er op een site activiteiten worden uitgevoerd waar coatings worden aangebracht dient dit steeds verder in detail bekeken te worden.

Globale volumes van het PFAS gebruik i.k.v het aanbrengen van coatings zijn niet beschikbaar. Wel zijn er voor enkele sectoren ramingen gekend – welke zijn opgenomen in de tabel met het geraamd jaarlijks verbruik. Hieruit kunnen we besluiten dat het gebruikte volume van PFAS in coatings zeer groot is.

Type PFAS-componenten
Heel vaak worden in coatings PTFE (als was of micropoeder) of andere polymeren (PCTFE, HFP, PVDF) gebruikt. Bij antikleef en anticorrosieve toepassingen vooral PTFE, FEP, en ETFE. Bij coating van metalen worden ook sulfonamides en carboxylaten gebruikt. Ook perfluoalkylfosfonzuren, fluortelomeren, en FTOH's zijn mogelijk.

Volumes
Het geschatte jaarlijkse verbruik in deze toepassingen varieert tussen ca. 500 en 100.000 ton afhankelijk van de sector waardoor bijgevolg een zeer grote hoeveelheid PFAS gebruikt wordt (23).

In een studie voor de FOD Economie werden volgende schattingen gemaakt van het gebruik van PFAS in de coatingindustrie. De schattingen werden gemaakt door de sector zelf.

Tabel 4: Verdeling van de Belgische verf- en coatings sector per toepassing met een schatting van het PFAS verbruik volgens de Belgische IVP coatings federatie (9)

Sub-sector	Beschrijving	Grootte Belgische industrie	PFAS gebruik
Spuiten van auto's	Carrosserie beschermende coatings en verf voor beschadigde voertuigen	++	Vermoedelijk geen
Decoratieve coatings	Architecturale verven, inclusief anti-graffiti coatings	++++	Ja
Waterbestendig maken	Beschermende bouwcoatings, dakcoatings	+	Vermoedelijk geen
Beschermende coatings voor industrie en transport	Coatings voor de auto-industrie, chemische en voedselproductie-installaties, boten en offshore structuren, bruggen en bouwkundige constructies, havenfaciliteiten en windturbines	+++	Ja, belangrijkste gebruik voor de Belgische coating industrie
Thermische isolatie	Thermische isolatiesystemen voor buitenmuren die decoratieve en/of beschermende coatings bevatten	+	Vermoedelijk geen
Printinkt	Flexografie, zeefdruk, diepdruk	+	Ja, - PTFE

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Indompeling	Papier en aluminium voedselverpakkingen: >500 ton/jaar Keukengerei: 3.500-5.600 ton/jaar Bakplaten voor industriële toepassingen: 3.000-6.000 ton/jaar Medische toestellen: 4.000-12.800 ton/jaar Transportsector: 1.000-10.000 ton/jaar Textielsector: 41.000-142.000 ton/jaar Bouwmaterialen: 5.000-9.000 ton/jaar	Zeer groot	Indirect en direct bij onvoldoende bodem-beschermende maatregelen	/	Groot tot zeer groot	4.2
Mechanisch, pneumatisch/ elektrostatisch						4.3.a.1.i, 4.3.a.1.ii, 4.3.a.2.i, 4.3.a.2.ii, 4.3.a.2.3, 4.3.b.1.i, 4.3.b.1.ii, 4.3.b.2.i, 4.3.b.2.ii, 4.3.b.2.3, 4.3.c.1.i, 4.3.c.1.ii, 4.3.c.2.i, 4.3.c.2.ii, 4.3.c.2.3
Oppervlakte-behandeling						4.6.a, 4.6.b, 59.2.1.1, 59.2.1.2
Coating						59.3, 59.4.1, 59.5.1.1, 59.5.1.2, 59.5.2.1, 59.5.2.2, 59.6.1, 59.7.1, 59.7.2, 59.9.1, 59.10.1, 59.10.2, 59.14.1, 59.14.2
Aanbrengen van lijmen						59.12, 59.13
Coaten van blikjes	4.880 ton/jaar	Groot tot zeer groot	Geen verwacht	/	Beperkt tot groot	/

5.2.7 Lijmen en kleefstoffen

Toepassing

PFAS worden gebruikt in solvent- en watergebaseerde kleefstoffen en lijmen om het contactoppervlak tussen substraten te vergroten. Daarnaast verbeteren ze de penetratie van het adhesief in de poriën van het substraat waardoor de hechting versterkt wordt (16). Nog enkele voorname toepassingen waarin PFAS-houdende adhesieven gebruikt worden zijn bouwmaterialen (tegels, plafonds, vloeren), kleefstrips, leidingaansluitingen, zonnecollectoren en fotovoltaïsche cellen (8) (23).

Type PFAS-componenten
In luchtvaart wordt vaak gebruik gemaakt van tape met lijm gebaseerd op PTFE voor het markeren van vliegtuigen. PFCA's (bv. PFOA) worden gebruikt in onder andere stickers, labels en onderdelen waaraan stickers en labels zijn gehecht (22).

Volumes en type proces
De toepassing van PFAS in adhesieven wordt in veel verschillende sectoren vermeld. Er is geen cijfer beschikbaar over de jaarlijkse productie maar het wordt geschat op een matige tot grote hoeveelheid PFAS. De productie van lijmen kan beschouwd worden als een gesloten proces.

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Fabricage van lijmen en kleefstoffen	Geen cijfer beschikbaar	Geschat op matig tot groot	Geen verwacht	/	Beperkt	26.1.1.a, 26.1.1.b, 26.1.2.a, 26.1.2.b, 26.1.3.a, 26.1.3.b

5.2.8 Elektronische industrie en halfgeleiders

Toepassingen
PFAS worden gebruikt in elektronica en halfgeleiders om hun functionaliteit te verbeteren. Het gaat onder meer om gebruik in kabels, als coating van membranen, filters, schakelaars, moederborden, antennes, LCD-schermen, OLED schermen, optische vezels, lenzen, als brandvertrager, als warmtetransfer vloeistof, als verzegeling, als solvent, aerosol, voor het schoonmaken van componenten, als smeermiddel en verpakkingen van halfgeleiders (8).

Een zeer typische toepassing is de productie van halfgeleiders. Algemeen wordt een dunne laag van een lichtgevoelig polymeer of, aangebracht op een substraat zoals siliconen 'wafels'. Vervolgens wordt licht gebruikt om een geometrisch patroon aan te brengen in het lichtgevoelige polymeer. Het polymeer wijzigt bij blootstelling aan licht, zodat het makkelijker of moeilijker wordt om te verwijderen. Op deze manier worden structuren opgebouwd op het substraat.

- Positieve lichtgevoelige stoffen (meest voorkomend) worden oplosbaar in ontwikkelvloeistof bij blootstelling aan licht
- Bij negatieve lichtgevoelige stoffen is het niet blootgestelde oplosbaar in ontwikkelvloeistof.

Er worden zogenaamde 'foto-zuur'-generatoren gebruikt om de gevoeligheid van de lichtgevoelige stoffen aan licht te verhogen. PFAS kunnen in dit proces verschillende functies hebben:

- Ze kunnen deel uitmaken van het lichtgevoelige polymeer
- Fungeren als de foto-zuur generator of als hulpstof om het effect van blootstelling aan licht te versterken
- Ze kunnen gebruikt worden om een dunne coating toe te voegen aan het polymeer om reflectie te voorkomen, zowel bovenop als onder het lichtgevoelige polymeer
- Ze worden gebruikt als surfactants in de ontwikkelvloeistoffen of in andere hulpstoffen; (16)

PFAS kennen ook verschillende toepassingen in de energiesector, bv. in zonnecollectoren, fotovoltaïsche cellen, warmtewisselaars, kolencentrales, kerncentrales, lithium-, vanadium-, zink en alkalinebatterijen, brandstofcellen, transformatoren en elektrische componenten. Ze worden er gebruikt als kleefmiddel, coating, in filters, in gasscrubbers, bindmiddel voor elektrodes, in membranen, om corrosie van de elektroden te voorkomen, als koelmiddel, als isolatie en als vlamvertrager (8)

Specifiek voor de assemblage van lithiumbatterijen wordt het gebruik in België geschat op 38.4 ton/jaar en ca. 40 ton/jaar voor de productie van kabels. (9); de schatting voor halfgeleiders is 66 ton/jaar.

Type PFAS-componenten, volumes en type proces
De voornaamste PFAS die gebruikt worden bij de productie van elektronica zijn PTFE, PFA, PVDF, ETFE, FEP en PFBS. De jaarlijkse productie in de EEA wordt geschat op 2.500 tot 6.300 ton/jaar. De productie van elektronica kan beschouwd worden als een gesloten proces.
De voornaamste PFAS die gebruikt worden in de energiesector zijn PTFE (en PVDF) (65%), PFA (14%), PFSA-ionomeer (5%). Het verbruik in de EEA wordt geschat op 2.800 – 3.200 ton/jaar. Voornamelijk de productie van de materialen gebruikt in deze sector en de afvalverwerking ervan kunnen beschouwd worden als mogelijke bronnen voor bodemverontreiniging, in veel mindere mate het gebruik ervan.

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreinigin g	Rubrieken
Productie van elektronica	2.600 -6.500 ton/jaar	Groot	Indirect	/	Groot	12.4.2.a, 12.4.2.b, 12.4.3.a, 12.4.3.b

5.2.9 Fabricage van cosmetica

Toepassing
In de cosmetica-industrie worden PFAS gebruikt om diverse redenen. Het kan in zonnebrandcrème en bodylotion zitten om de crème waterafstotend te maken. PFAS worden in cosmetica ook gebruikt als antiklontermiddel, oplosmiddel, emulgatoren, antistatica, stabilisatoren, oppervlakte-actieve stoffen, filmvormers en viscositeitsregelaars.

Type PFAS-componenten
De meest gebruikte stoffen zijn PTFE, C9-C15 fluoralcohol fosfaat, perfluordecaline, perfluoroctyl trietoxysilaan, perfluornonyl demethicon, polyperfluormethylisopropyl ether, octafluorpentyl methacrylaat, acetyltrifluormethylfenyl valylglycine en methyl perfluorobutyl ether (8).

Er worden ook polyfluoralkyl fosforzuren (PAPs/diPAPs) gebruikt en uit een analyse van diverse cosmeticaproducten blijkt dat er ook PFCA's (o.a. PFOA, PFHxA en PFHpA) in cosmetica kunnen zitten (24).

Volumes en type proces
Het gebruik in de EU wordt geschat op 0,028 tot 64,2 ton/jaar (8). De fabricage van cosmetica kan beschouwd worden als een gesloten proces.

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Fabricage van cosmetica	0,03-64 ton/jaar	Klein	Geen verwacht	/	Zeer beperkt	22.1.1.a, 22.1.1.b, 22.1.2.a, 22.1.2.b

5.2.10 Fabricage van reinigings- en onderhoudsmiddelen

Toepassingen
PFAS worden ook gebruikt bij de productie van schoonmaakmiddelen (ontvetters, vaatwasmiddelen, schoonmaakmiddelen) en onderhoudsproducten (ruitenbeschermers, coatings voor o.a. textiel en wassen). Vaak worden PFAS gebruikt in producten voor het schoonmaken van harde oppervlakken zoals hout, glas en vloeren (16).

Type PFAS-componenten
Het gebruikte type PFAS is zeer divers. Het gaat o.a. om PAP's en PFCA's, maar ook om polymeren met gefluoreerde zijketens. In het verleden werd ook PFOS gebruikt.

Er is een aantal op PFAS gebaseerde coatings voor textielproducten in de handel voor gebruik door consumenten. De producten bestaan gewoonlijk uit een mengsel van onder andere PFAS en oplosmiddelen. De impregnatiemiddelen worden met een spuitbus als een dunne laag aangebracht op de stof, waarbij een dunne polymeerstructuur van zowel polyfluorgealkyleerde als niet-gefluoreerde zijketens op het oppervlak wordt gevormd. Deze zijketens zorgen voor de vuil- en waterafstotendheid (20). In deze impregnatiemiddelen worden vooral FTOH aangetroffen, wat uiteindelijk weer af kan breken naar PFCA’s. Mediane concentraties in de impregnatiemiddelen kunnen oplopen tot 146 mg/kg voor 8:2 FTOH (precursor van PFOA), met een maximum van 719 mg/kg (20).

Volumes en type proces
Het jaarlijkse verbruik voor de productie van onderhoudsmiddelen voor thuisgebruik wordt geschat op ca. 21-30 ton/jaar (8). De productie kan beschouwd worden als een gesloten proces.

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Productie schoonmaakmiddelen	Geschat op 21-30 ton	Klein	Geen verwacht	/	Zeer beperkt	34.2.1.a, 34.2.1.b, 34.2.2.a, 34.2.2.b, 34.2.3.a, 34.2.3.b

5.2.11 Hydraulische vloeistoffen en smeermiddelen

Toepassingen
PFAS werden gebruikt als toevoeging aan hydraulische vloeistoffen bij het vullen en navullen van de vloeistof en dit minstens sinds 1970. Het voornaamste gebruik is gerelateerd aan vliegtuigbouw en onderhoud (3).

PFAS worden eveneens gebruikt in smeermiddelen met lage viscositeit, in motorolie (eerder beperkt), in smeervet en oliën. Vaak wordt PTFE micro-poeder toegevoegd (8). Smeermiddelen met PFAS worden gebruikt wanneer het smeermiddel bestand moet zijn tegen hoge temperaturen of buitentoepassingen, zoals luchtvaart, ruimtevaart en offshore technologie. Smeermiddelen met PFAS worden hierdoor gebruikt in zeer veel sectoren waar er sprake is van een hoge of lage temperaturen zoals de voedingsindustrie, burger- en militaire luchtvaart en ruimtevaart, militaire toepassingen, auto-industrie, treinen, nucleaire industrie, horloges, productie van hoorapparaten, elektronica, laboratorium apparatuur, medische apparatuur, hernieuwbare energie-industrie zoals windmolens en batterijcellen, offshore olie- en gasindustrie, chemische industrie , gasindustrie, metaalbewerking, staalindustrie, afvalwaterbehandeling, duikmateriaal, protheses, rolstoelen, papierproductie, plasticproductie, rubberproductie, textielproductie , farmaceutische industrie, ... (8)

Type PFAS-componenten
38 PFAS konden worden geïdentificeerd voor gebruik in smeermiddelen – deze zijn opgenomen tabel A.107 van Annex A van het REACH-restrictiedocument voor PFAS[1]. PTFE en PFPE zijn hierbij de voornaamste.

Bij analyse van 18 verschillende smeermiddelen en hydraulische vloeistoffen voor auto's in de Verenigde Staten werden in alle 18 producten minstens 9 van 13 onderzochte PFAS aangetroffen. De gemiddelde totale concentratie bedroeg 1.880 ng/g na oxidatie in de TOP assay van de PFAS. De concentraties lagen veel hoger na oxidatie, wat er op wijst dat er voornamelijk precursoren aanwezig zijn (25).

Volumes en type proces
Het totaal verbruik in de EEA wordt geschat op 1.200-2.200 ton/jaar (8). De productie van smeermiddelen kan beschouwd worden als een gesloten proces.

Activiteit	Geraamd jaarlijks gebruik PFAS	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	rubrieken
Fabricage smeermiddelen en hydraulische vloeistoffen	1.200-2.200 ton/jaar	Groot	Geen verwacht	/	Beperkt	44.2.2.a, 44.2.2.b, 44.2.3.a, 44.2.3.b

5.2.12 Productie brandblusschuim

Toepassing
PFAS worden in brandblusmiddelen gebruikt, voornamelijk in de klasse B AFFF schuimen (AFFF: aqueous film forming foam). Deze AFFF-producten worden geproduceerd door koolwaterstof schuimmiddel te combineren met gefluoreerde surfactants. Schuimvormende middelen bestaan uit een grote range aan stoffen, welke samen zorgen voor de effectieve verspreiding van het schuim over de vloeistof, de houdbaarheid tijdens opslag en tijdens brand. Het schuimvormende middel bevat onder andere verschillende surfactants (bv. Fluorchemicaliën, proteïnen, koolwaterstoffen, siliconen), stabilisatoren, oplosmiddelen en speciale ingrediënten voor anti-corrosie en biociden.

[1] d2f7fce1-b089-c4fd-1101-2601f53a07d1 (europa.eu)

Er zijn vele typen brandblusschuim:

- Klasse A schuimen werden ontwikkeld voor de bestrijding van bosbranden. Het verlaagt de oppervlaktespanning van water waardoor het dieper kan doordringen in het brandend materiaal. Het wordt daarom ook ingezet voor het blussen van gebouwen. Deze schuimen bevatten doorgaans geen PFAS, tenzij ze gemengd worden met klasse B schuim (26).
- Klasse B schuimen worden gebruikt voor het blussen van brandbare vloeistoffen. Er worden twee grote groepen onderscheiden:
    - Synthetische schuimen
        - **Aqueous film forming foam (AFFF):** bevatten PFAS (27)
        - **Alcohol resistente AFFF (AR-AFFF):** bevatten PFAS (27)
    - Proteïneschuimen – deze zijn biodegradeerbaar. Ook hier zijn er verschillende subgroepen waarvan er enkele PFAS bevatten:
        - Gewone proteïne schuimen – bevatten geen PFAS
        - **Fluor proteïne schuimen (FP)** – bevatten PFAS
        - **Film vormende proteïne schuimen (FFFP**) – bevatten PFAS (27)
        - **Alcohol-resistente fluor proteïne schuimen (FPAR**) – bevatten PFAS (27)

Er bestaan eveneens fluorvrije schuimen (FFF – fluorine free foam of F3-schuimen) – deze bevatten geen gefluoreerde stoffen. Het gaat dan om gewone proteïne schuimen, alcohol-resistente proteïneschuimen (AR-P), synthetisch fluorvrije schuimen (FFF) en synthetische alcohol resistente fluorvrije schuimen (AR-FFF).

PFAS zijn geschikt voor **de klasse B** schuimen vanwege hun vermogen tot het zeer snel produceren van een afsluitende filmlaag. De fluorcomponenten zijn chemisch en thermisch zeer stabiel, zelfs onder extreem hoge temperaturen en bij extreme omstandigheden blijven de verbindingen intact en blijft het schuim werken (bv. bij zeer agressieve zure of basische brandstoffen en chemicaliën). Door de unieke eigenschap dat ze zowel hydrofiele (water) als hydrofobe (vet, olie, brandstoffen) verbindingen afstoten is er bij het gebruik van AFFF daarom weinig risico dat de brandstof opgenomen wordt in het schuim.

Type PFAS-componenten

PFOS en de daarvan afgeleide verbindingen werden sinds eind jaren ‘60 tot 2001 gebruikt in brandblusschuimen. Daarna is de productie van PFOS vanwege milieuoverwegingen uitgefaseerd. Sinds 2001 worden brandblusschuimen geproduceerd met behulp van fluor-oppervlakte-actieve stoffen gebaseerd op fluortelomeren, zoals 6:2 FTS en 8:2 FTS (fluortelomeersulfonaten). Ook PFHxS wordt sinds 2011 in grotere hoeveelheden geproduceerd (28).

PFOA is in mindere mate dan PFOS in AFFF toegepast, maar is wel vaak in AFFF aanwezig, meestal als bijproduct van de productie van de PFAS die in AFFF gebruikt worden.

In AFFF is een breed spectrum aan fluorhoudende precursoren aanwezig. De samenstelling van de AFFF varieert per producent, en is vaak bedrijfsgeheim. De informatie die op een MSDS (material safety datasheet) van het brandblusschuim gegeven wordt, is vaak niet afdoende om te kunnen bepalen welke PFAS in de desbetreffende AFFF aanwezig zijn (toegepaste stoffen zijn bedrijfsgeheim of concentraties te laag om weer te moeten geven op het MSDS). De termen PFOS-vrij en PFOA-vrij geven veelal aan dat er wel andere PFAS in het brandblusschuim aanwezig zijn. Enkel wanneer de term PFAS-vrij gebruikt wordt (of vrij van PFC), kan verwacht worden dat er ook geen of zeer beperkt andere PFAS in het schuim aanwezig zijn. Omwille van de specifieke PFAS-eigenschappen (sterke hechting en vet/waterafstotend), moeten leidingen, pompen, reservoirs, … waar PFAS houdend schuim in aanwezig was, specifiek gereinigd worden om PFAS-vrij te zijn. Dit spoelwater wordt gewoonlijk opgevangen en afgevoerd voor verwerking. Indien deze reiniging niet intensief gebeurd is, zal zelfs bij transitie naar niet-PFAS houdend schuim het voorkomen/naleveren van resterende

PFAS niet uitgesloten kunnen worden. AFFF bevat doorgaans meerdere typen PFAS-verbindingen, inmiddels zijn 240 individuele PFAS in AFFF gedetecteerd (29).

Volumes en type proces
De hoeveelheid PFAS-houdende schuimen geproduceerd in de EU wordt geschat op 14.000 tot 20.000 ton/jaar, wat resulteert in een PFAS-gebruik van ca. 500 ton/jaar (30) – geschat op basis van data uit de periode 2018-2020 en een gemiddelde PFAS-concentratie van 2.5 à 3.5 %.

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Productie brandblus-schuim	500 ton/jaar PFAS (14.000-20.000 ton schuim) - vroeger vermoedelijk meer	Matig	Indirect, direct indien onvoldoende bodem-beschermende maatregelen	Ervaring met productiesites in België wijst op significante verontreiniging	Groot	7.1.1, 7.1.2, 7.1.3

5.2.13 Productie van medische materialen

Toepassingen
PFAS worden gebruikt in een brede waaier van medische materialen. De voornaamste worden hieronder opgesomd (8):

- Gaas en wondbeddekking – vooral bij herniaoperaties (PTFE of PVDF), chirurgische nietjes (PBSF-coating) en siliconen tape
- Implantaten (PTFE, ook PVDF en FEP)
- Buizen en katheters (PTFE, FEP, PVDF)
- Coatings (PTFE, fluorelastomeren)
- Reiniging en warmtetransfer – technische vloeistoffen: gebruikt om coatings aan te brengen op naalden, scalpels, bloedzakjes, filters en PVC-buisjes
- Sterilisatiegassen: gefluoreerde gassen als vervanging van de uitgefaseerde CFK's
- Verpakking: coaten van de binnenkant van verpakkingen van vloeibare medicatie (vaak ETFE of PTFE)
- Elektronische apparatuur – zie ook paragraaf 5.3.3 – denk aan scanners, schermen, …
- Diagnostische laboratoriumonderzoek: koelkasten, ultra lage temperatuur diepvriezers, cryogene opslag, vriesdrogen
- Contactlenzen: typisch fluormethylacrylaten
- Brillenglazen: gecoat met PFAS om ze makkelijk schoon te houden, vet en waterafstotende te maken en krasbestendig
- Inhalatoren – vaak gemaakt van aluminium dat gecoat is met een fluorpolymeer (PFA of FEP), ook het drijfgas kan een gefluoreerd gas zijn
- Additief bij HPLC in analyses (trifluorazijnzuur (TFA))
- Medisch textiel (voornamelijk fluortelomeren)

Voor productie van PFAS houdende materialen in medische kledij, verpakkingen en elektronica wordt ook verwezen naar paragrafen 5.2.2, 5.3.3 en 5.2.15.

Type PFAS-componenten en volumes
Het totale jaarlijkse verbruik in de EEA wordt geschat op 25.000 tot 61.000 ton geschat – exclusief textiel (8). Voor België wordt dit geschat op 3175 ton/jaar. (9)

Er is geen specifieke rubriek voor het produceren men producten bedoeld voor de medische sector. Zie daarom de paragrafen over o.a. bedekkingsmiddelen, textiel, elektronica, kunststof, metaal,

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Productie van medische materialen	25.000 – 61.000 ton/jaar	Groot	Indirect	Streng gereglementeerde productielocaties	Beperkt	Zie gerelateerde rubrieken bij bedekkingsmiddelen, textiel elektronica, kunststof.

5.2.14 Productie van gewasbeschermingsmiddelen, biociden en medicinale producten

Toepassingen en type PFAS-componenten
Sommige actieve stoffen gebruikt in deze toepassingen behoren tot de PFAS-groep. Deze stoffen zijn chemisch vaak verschillend van andere PFAS-subgroepen. Vaak zijn er een of meer CF_3-groepen aanwezig in de moleculaire structuur. De metabolieten en afbraakproducten van deze stoffen kunnen hierdoor zeer stabiel zijn. Trifluoroazijnzuur (TFA) is een van deze mogelijke afbraakproducten is extreem persistent in het milieu (8). In Belgie zijn er momenteel 32 werkzame stoffen aanwezig in gewasbeschermingsmiddelen die behoren tot de PFAS groep (31).

PFSA's, perfluoralkyl fosfinezuren en fluortelomeeralcoholen worden ook gebruikt als inactief ingrediënt (hulpstof) in pesticiden. Ze worden vermeld op patenten als antischuimvormend middel voor herbiciden, fungiciden of insecticidemengsels. Ook het gebruik als dispergeermiddel wordt vermeld. Er worden gehaltes vermeld van 0,01 tot 3% van het mengselgewicht, terwijl andere patenten concentraties van 0,1 tot 20 g/l vermelden. Het is niet duidelijk in hoeverre PFAS voor deze toepassingen zijn ingezet in Europa en Vlaanderen. Dit gebruik als dispergeermiddel werd in de Verenigde Staten verboden vanaf 2008. In Belgie zijn er nog 3 PFAS-stoffen die als hulpstof aanwezig zijn in 5 gewasbeschermingsmiddelen. 1 ervan betreft een drijfgas (31). PFAS waren mogelijk ook aanwezig in meststoffen. Een patent refereert aan het coaten van mestpartikels met PFAS-polymeren om stofvorming te verminderen (22).

Het gebruik van PFAS als actief ingrediënt (stof die het effect veroorzaakt) in medicinale producten in de EEA wordt geschat op meer dan 500 ton/jaar voor humaan gebruik. Er zijn geen gegevens voor veterinair gebruik. Een overzicht van gekende stoffen is opgenomen in tabellen A.108 en A.110 van annex A van het PFAS-restrictiedocument[2].

Het totale verbruik van actieve bestanddelen voor gewasbeschermingsmiddelen in de EEA bedraagt 5479 ton/jaar voor gewasbeschermingsmiddelen – 2% van het totale PFAS-verbruik. Voor België wordt dit geschat op 529 ton (9). Data van gebruik als inactief bestanddeel is onbekend (9). Er zijn geen gebruikshoeveelheden voor biociden gekend in de EEA (8). De productie van bestrijdingsmiddelen kan beschouwd worden als een gesloten proces. Het gebruik (zie paragraaf 5.3.11) van bestrijdingsmiddelen veroorzaakt eerder een diffuus probleem.

[2] tabellen A.108 en A.110 van annex A van het PFAS-restrictiedocument

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Productie van pesticiden	Productie: onbekend Gebruik: 5.500 ton/jaar	Groot	Indirect	/	Groot	5.4.1, 5.4.2, 5.5, 7.2.4, 7.12.2.a, b en c
Productie van PFAS-houdende farmaceutische producten	Actieve bestanddelen: 500 ton/jaar	Matig	Indirect	/	Beperkt	7.2.5, 7.11.4, 7.12.2.a, b en c, 13.1, 59.17

5.2.15 Productie van bouwmaterialen

Toepassingen
PFAS houdende producten worden verwerkt in vele bouwmaterialen zoals roofing, kabels en leidingen, schuimisolatie, bruggen, afdichtingen en kleefmiddelen voor bv. tegels, beton, vloeren, gipsplaten, plafonds, keramiek, linoleum, laminaat. Ze worden ook toegevoegd aan vele plastics gebruikt in de bouw, verwerkt in materiaal als vlamvertrager, gebruikt in de houtconservering, in verf (zie ook paragraaf 0), voor het behandelen van het oppervlak van glas, deuren en spiegels, de buitenkant van gebouwen, industriële constructies, liften, etc.

Specifiek voor glas worden PFAS gebruikt voor (16):

- De oppervlaktebehandeling om glas vet- en waterafstotend te maken. Bv. voor lenzen in camera's of andere optische instrumenten om ze resistent te maken voor vingerafdrukken, maar ook in glazen oppervlakken van smartphones en zonnecellen. Daarnaast zijn er ook PFAS-coatings gebruikt om het aandampen van glas in vochtige omstandigheden te voorkomen zoals in spiegels voor badkamers, autoruiten, brillenglazen en glas voor serres.
- Het etsen en polijsten van glas
- Drogen van glas bij het afwerken

Type PFAS-componenten, volumes en type proces
Het totale verbruik aan PFAS in de EEA wordt geschat op 5.000 tot 13.000 ton/jaar, waarvan het overgrote deel PFAS-polymeren zijn (97% betreft PTFE, ETFE en PVDF).

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Productie van bouwmaterialen	5.000-13.000 ton/jaar	Groot	Indirect	/	Groot	19.1.2.a,b; 19.1.3.a,b; 19.2.2.a,b; 19.2.3.a,b; 19.4.1, 19.4.2, 19.4.3, 19.4.4, 19.7, 20.3.4.2, 20.3.8

5.3 GEBRUIK VAN PFAS-HOUDENDE PRODUCTEN

5.3.1 Gebruik van gefluoreerde gassen

Indien PFAS gedefinieerd worden als componenten met minstens 1 volledig gefluoreerd koolstofatoom, vallen hier ook verschillende kleine gefluoreerde moleculen onder die vaak voorkomen onder gasvorm. Deze worden gebruikt als warmtetransfer middel in diepvriezers, warmtepompen, airconditioning en andere applicaties.

Andere toepassingen van gefluoreerde gassen zijn:

- Basisproduct voor de productie van fluor chemicaliën en polymeren.
- Gebruik in medische applicaties (zie paragraaf 5.3.8)
- Gebruik als schuimvormend middel (bv. voor polyurethaanschuim of ander isolatieschuimen)
- Als solvent bij het schoonmaken van metaal in industriële toepassingen (elektronica productie, optische vezels, materiaal voor luchtvaart, medische toestellen, ...)
- Drijfgas voor aerosolen
- Beschermgas, gebruikt om snelle oxidatie van een gesmolten metalen oppervlak te voorkomen.
- Brandbestrijders/-vertragers bv. in archieven en musea en in militaire toepassingen.

Gezien het gaat om gassen wordt geen bodemverontreiniging met PFAS verwacht.

5.3.2 Inkt en drukkerijen

PFAS worden gebruikt in toners en inkten, printpapier en lithografische printplaten. Voornamelijk PTFE wordt gebruikt in print inkt. PFOS wordt ook gedetecteerd in transportriemen van kleurprinters en -kopiemachines. In de EEA zou ca. 500 ton PFAS per jaar gebruikt worden in lakken en inkten voor verpakkingen. Aangezien lakken en inkten ook gebruikt worden in niet-verpakking gerelateerde toepassingen, zal deze hoeveelheid mogelijk hoger liggen (8) (16).

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS in EEA	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Drukken	Vermoedelijk kleinere hoeveelheden dan op productiesites (zie 0)	Geschat op matig	Geen verwacht	/	Zeer beperkt	59.1.1.1, 59.1.1.2, 59.1.2.1, 59.1.3.1.1, 59.1.3.1.2, 59.1.3.2.1, 59.1.3.2.2, 59.1.3.3.1, 59.1.3.3.2, 59.1.3.4.1, 59.1.3.4.2, 59.1.3.5, 59.1.3.6.1, 59.1.3.6.5, 11.1.2.a, 11.1.2.b, 11.1.3.a, 11.1.3.b

5.3.3 Foto industrie

PFAS worden in de foto industrie gebruikt in zowel apparatuur voor beeldvorming zoals films (negatieven, kleurenfilm, …), fotopapier en reprografische platen, als in oplossingen voor de verwerking van beelden. Ze fungeren als antischuimproduct en voorkomen de vorming van luchtbellen in de oplossingen om mislukkingen bij de beeldoverdracht te vermijden. Ze zijn een additief bij emulsies, stabilisatoren en antistatica. PFOS en lithium perfluoroctaansulfonaat werden gebruikt als anti-reflectiemiddel (16).

De hoeveelheid PFAS die gebruikt worden in de foto industrie is op heden onbekend. Er wordt verwacht dat het om een kleine hoeveelheid gaat.

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Foto industrie	Onbekend	Geschat op klein	Geen verwacht	/	Zeer beperkt	11.2.2.a, 11.2.2.b, 11.2.3.a 11.2.3.b, 14.1.a, 14.1.b, 14.2.a, 14.2.b, 14.3.a, 14.3.b

5.3.4 (Jacht)havens en scheepswerven

PFAS worden toegepast in sommige coatings en als anti-fouling middel bij (jacht)havens en scheepswerven. De stoffen die hierbij gebruikt worden zijn voornamelijk geperfluoreerde urethanen, acrylaten, PTFE en PVDF. (16) De hoeveelheden PFAS op deze locaties zijn onbekend en hangen sterk af van het aantal incidenten die zich met schuimen hebben voorgedaan en van hoe groot de scheepswerf is. De gebruikte hoeveelheden bij zeehavens worden geschat op klein en bij scheepswerven op klein tot groot. Deze locaties kunnen beschouwd worden als (half)open processen waar niet altijd bodembeschermende middelen aanwezig zijn. Deze hebben mogelijk voornamelijk een impact op de waterbodem.

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Zeehavengebieden en haven	Onbekend	Klein	Direct	Niet altijd bodem-beschermende maatregelen	Beperkt	48.1.1.1a en b, 48.1.1.2
Scheepswerven	Onbekend	Klein tot groot	Direct	Niet altijd bodem-beschermende maatregelen	Beperkt voor kleinere scheeps-werven Groot voor grote scheepswerven	42.2.1, 42.2.2

5.3.5 Auto- en treinwasserijen (carwash)

Gezien de mogelijke aanwezigheid van PFAS in bv. autowax en smeeroliën kunnen deze mogelijk ook vrijkomen bij auto- en treinwasserijen. De hoeveelheid wordt echter als klein ingeschat. Uit een studie in Nederland bleekt dat effluent van een carwash kleine hoeveelheden PFAS bevat. De hoogst gemeten concentratie werd vastgesteld voor PFOA en bedraagt 20,0 ng/l (10). Verder onderzoek is aangewezen om meer inzicht te krijgen in de kans op bodemverontreiniging.

Locaties waar brandweerwagens gereinigd worden (denk hierbij aan bv. brandweerkazernes of wasplaatsen op sites met een bedrijfsbrandweer) vormen hierop de uitzondering daar bij het wassen PFAS-houdend brandblusschuim afgewassen wordt van de wagens.

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Wasplaatsen voor brand-weerwagens	onbekend, vermoedelijk beperkte hoeveelheden	Geschat op zeer klein	Indirect	Hogere PFAS-gehaltes verwacht t.o.v andere voertuigen	Groot	15.4.1, 15.4.2.a, 15.4.2.b
Andere wasplaatsen				Verder onderzoek aangewezen	Beperkt, in afwachting van verder onderzoek	

5.3.6 Garage en carrosseriebedrijven

Gezien de aanwezigheid van PFAS in veel producten gerelateerd aan auto's, kunnen deze ook vrijkomen bij garage en carrosseriebedrijven (coatings, smeermiddelen, autowax, …).

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Garages en carrosseriebedrijven	Vermoedelijk eerder klein	Geschat op zeer klein	Indirect	/	Zeer beperkt	15.3.1, 15.3.2, 15.2

5.3.7 Gebruik in transportindustrie

Toepassingen
PFAS worden in de transportsector onder andere gebruikt in de constructie van carrosserie, smeermiddelen, brandstofmotoren, hydraulische vloeistoffen, elektronica, textiel en coatings van transportvoertuigen zoals auto's, schepen, vliegtuigen en treinen (8). Voor meer details verwijzen we naar paragrafen 5.2.2, 5.2.4, 5.2.6, 5.2.11 en 5.3.3.

Type PFAS-componenten, verbruik en type proces
Gezien de grote diversiteit aan toepassingen in de transportsector gaat het in zijn geheel om aanzienlijke hoeveelheden PFAS, geschat op 6.000-14.500 ton/jaar voor PFAS-polymeren. Een auto zou ca. 350-800 g PFAS-polymeren bevatten, wat neerkomt op een stock van ca. 222.000 ton PFAS-polymeren in alle geregistreerde auto's in de EEA (8).

De PFAS zullen meestal al verwerkt zijn in de vaste materialen bij aankomst in de assemblagefabriek.

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Transportmiddelen-fabriek	6.000-14.500 ton/jaar	Groot	Indirect	Meestal zijn de PFAS al verwerkt bij de aankomst in de inrichting voor het vervaardigen van de voertuigen	Beperkt	42.1, 42.3, 42.4.2, 42.5

5.3.8 Textiel wasserijen en droogkuis

Bij het wassen of chemisch reinigen van textiel dat water- en vetafstotend werd gemaakt, kan PFAS vrijkomen.

In Florida werd een verkennende studie uitgevoerd naar het grondwater op enkele droogkuissites. In 14 van de 15 onderzochte sites werden PFAS aangetroffen. Concentraties voor PFOS en PFOA varieerden tussen de detectielimiet en resp. 3480 ng/l en 2640 ng/l. De hoogste concentraties werden aangetroffen ter hoogte van de droogkuismachines en rioleringen, die vaak ook de bronnen waren van een VOCl-verontreiniging. Er werd geen sterke correlatie gevonden met concentraties aan PCE en afbraakproducten, maar PFAS en VOCl's kwamen vaak in dezelfde zones voor, hoewel er verschillen waren in het verspreidingspatroon: de peilbuizen

met hoogste VOCl-concentraties bevatten zelden ook de hoogste PFAS-gehaltes. Uit analyses van de verschillende stromen binnen de nog actieve droogkuissites bleken de PFAS voornamelijk aanwezig in de vaten met afval en in gebruikte solventen en veel minder in influentwater, ruwe solventen, detergent of zepen. Concentraties in de afvalstromen zijn 2 tot 3 grootteordes hoger dan de concentraties in het grondwater. Voor deze studie werd besloten dat, hoewel er mogelijk een bijdrage is van PFAS in het influentwater of de ruwe solventen en zepen, de voornaamste bijdrage geleverd wordt door het uitlogen van PFAS uit het textiel tijdens het wassen (32).

Er zijn patenten gekend voor het gebruik van PFAS in droogkuistoepassingen, hoewel het niet duidelijk is in hoeverre deze producten effectief werden gebruikt in Vlaanderen.

Locaties waar veel water- en vetafstotend textiel gereinigd wordt zijn meer verdacht (vb. ziekenhuizen, verzorgingsinstellingen, tapijtreiniging…)

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Wasserijen en droogkuis	Geschat op zeer klein	Zeer klein	Indirect, Ook direct bij onvoldoende bodem-beschermende maatregelen	/	Zeer beperkt voor regulier textiel	41.4.1a, 41.4.1b, 41.4.2a, 41.4.2b, 41.4.3a, 41.4.3b, 46.2.a, 46.2.b, 46.3.a, 46.3.b, 59.8
					Beperkt voor textiel dat water en vuilafstotend is gemaakt	

5.3.9 Gebruik van medische toestellen en materialen

Toepassingen
PFAS worden gebruikt in een brede waaier van medische materialen, zie paragraaf 5.2.13.

Type PFAS-componenten en volumes
Het totale jaarlijkse verbruik in de EEA van PFAS in medische materialen wordt geschat op 25.000-61.000 ton – exclusief textiel (8). Er zijn geen cijfers beschikbaar van hoeveel hierbij zou vrijkomen tijdens het gebruik van de materialen. Als de PFAS vrijkomen, komen ze normaal pas terecht in het milieu via de riolering en het afval(water) (zie paragraaf 5.4.5) dus het gebruik van deze materialen zelf wordt niet beschouwd als een bron voor bodemverontreiniging. Indien geloosd wordt op een waterloop is er aan het lozingspunt wel kans op verontreiniging.

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Gebruik van medisch materiaal	/	Geschat op matig	indirect	bij gebruik van de materialen zal geen PFAS vrijkomen naar grond en grondwater. Mogelijk wel in het afvalwater	Beperkt, en enkel t.h.v. het lozingspunt bij lozing op oppervlaktewater	49.1, 49.2

5.3.10 Consumentenproducten

Toepassingen
PFAS kunnen aanwezig zijn in groot aantal toepassingen die gebruikt worden door consumenten, zoals hierboven reeds aan bod is gekomen. Het gaat om bv. (8):

- Schoonmaakmiddelen voor glas, metaal, keramiek, tapijt en meubelbekleding, wassen en poetsmiddelen voor meubels, vloeren en auto's
- Producten om vloerwas te verwijderen
- Spoelglansmiddel in vaatwasproducten
- Producten voor autoruiten en ruitenwisservloeistoffen; schoonmaakmiddelen voor auto's
- PTFE-sprays voor het smeren van deuren, sloten, fietskettingen, motorfietsen ed.
- Muziekinstrumenten: smeermiddelen, gitaarsnaren, in pianotoetsen
- Anti-aandampspray (22)

Ook in vuurwerk wordt met PFAS behandeld papier gebruikt omwille van de waterbestendig eigenschappen. In België wordt jaarlijks ca. 1000 ton vuurwerk geïmporteerd. De voornaamste parameter die gedetecteerd wordt, is de korte keten PFAS PFPrA (perfluorpropionzuur) met een C3-structuur. Deze korte keten PFAS heeft ook een groot aandeel in papierpulp maar wordt vaak nog niet mee geanalyseerd. Hoewel er aanzienlijke hoeveelheden PFAS gemeten worden in vuurwerk en het gebruik ervan aanzien kan worden als een open proces, is het gebruik ervan eerder lokaal en zeer beperkt waardoor vuurwerk niet weerhouden wordt als aanzienlijke bron voor PFAS in bodem (23).

Type PFAS-componenten
Het gaat om een grote variatie aan producten. Geïnventariseerde producten zijn opgenomen in tabel A.84 tot A90 van de bijlage A van het PFAS-restrictiedocument. Het gaat om onder meer fluortelomeer alcoholen en ethoxylaten, PFCA's, perfluoralkylethers, perfluoralkaansulfonamide acetaten en polymeren zoals PTFE.

Kookgerei is vaak ook behandeld met een antikleef coating. Het gaat om voorwerpen zoals pannen, bakvormen, het oppervlak van elektrische kookapparaten zoals grills, wafelijzers, koffiemachines en vaatwassers. Deze toepassingen bevatten voornamelijk copolymeren van tetrafluorethyleen (PTFE), maar ook ETFE, ECTFE, FEP, hexafluorpropyleen, PFA en perfluorelastomeren (8).

Het vrijkomen van PFAS naar het milieu gebeurt voornamelijk via afvalwater, hiervoor wordt verwezen naar paragraaf 5.4.5.

5.3.11 Voedingsindustrie

Toepassingen

In de voedingsindustrie worden PFAS (naast verpakkingen) vooral gebruikt als coating op de apparatuur gebruikt voor het produceren en verwerken van voedsel en voeders. Het gaat vooral om fluorpolymeren zoals PFTE en PVDF.

Andere toepassingen in de voedingsindustrie zijn:

- Leidingwerk, afsluitringen etc. in drinkwater en voedselverwerking toepassingen
- Filters bij gebruik van stoomfiltratie in voedselverwerking
- Kleppen, lopende banden, trechters, glijplaten, snijvlakken van messen en scharen, veren, afdekkingen van sensoren, smeermiddelen.

Type PFAS-componenten
De voornaamste PFAS zijn PTFE, ETFE, ECTFE, FEP, hexafluorpropyleen variaties, PVDF-polymeren, PFA, perfluorelastomeren, PFMVE.

Risico's naar bodem toe zijn vooral gerelateerd aan het hergebruik van afvalstoffen uit de voedingsindustrie en afvalwater. Voor inschatting van de kans op bodemverontreiniging verwijzen we naar paragraaf 5.4.5 en 5.3.12.

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Voedingsindustrie	/	Geschat op beperkt	Indirect via afvalwater, direct indien afvalstoffen gebruikt als bodemverbeterend middel	Geen verontreiniging t.h.v. productie zelf verwacht	Beperkt, en enkel t.h.v. het lozingspunt bij lozing op oppervlaktewater	Zie paragraaf 5.4.5 en 5.3.12

5.3.12 PFAS in landbouw

Gewasbeschermingsmiddelen en biociden
Sommige gewasbeschermingsmiddelen en biociden bevatten PFAS hetzij als actieve stof hetzij als inactief ingrediënt (antischuimvormend middel of als dispergeermiddel) – zie ook paragraaf 5.2.14.

Het best gekende gebruik als biocide is het gebruik van PFOS tegen bladsnijdersmieren (sulfluramid of voluit sulfuramid(n-ethyl)perfluoroctaansulfonamide – N-EtPFOSA). Dit product is niet gebruikt in Europa (23). Andere voorbeelden zijn trifluraline, flursulamid, lithium perfluoroctaan sulfonaat, novaluron, Flufenacet en nifluridide. Fipronil is een ander goedgekend insecticide met CF_3 groepen dat toegelaten was in Europa tot 2017 voor landbouwtoepassingen (nu enkel voor veterinaire toepassingen) (8).

Veel van deze complexe PFAS-verbindingen kunnen afbreken tot trifluoracetaat (TFA).

Daarnaast blijkt uit onderzoek van de EPA dat PFAS ook kunnen vrijkomen uit de verpakkingen van deze producten. Ze onderzochten verschillende HDPE-verpakkingen, nadat er een PFAS-contaminatie werd vastgesteld in een muggenwerend product. De studie bevestigde dat er kwantificeerbare hoeveelheden PFAS kunnen vrijkomen in water of methanol opgeslagen in dergelijke verpakking. De hoeveelheid vrijgekomen PFAS varieerde per merk. In methanol werden hogere concentraties gevonden dan in water en de concentraties namen toe met de tijd (33).

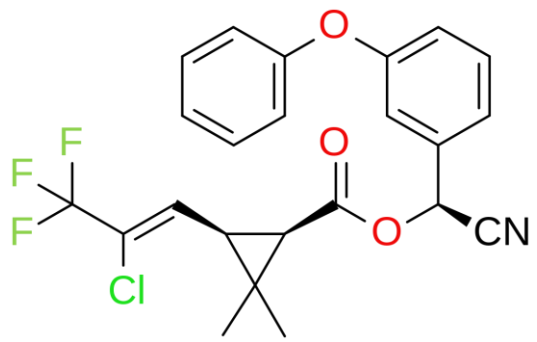
Volumes en type proces

In onderstaande tabel worden de verkoopgegevens voor België weergegeven van de stoffen opgenomen in tabel A.109 van het PFAS-restrictiedocument. Niet elke stof van de tabel uit het restrictiedocument is opgenomen in het verkoop overzicht van fytoweb. De hoeveelheden worden uitgedrukt in kg actieve stof.

Tabel 5: Verkoopgegevens pesticiden met PFAS als actieve stof in België (kg actieve stof) (C: confidentieel) (34)

SUBSTANCES COMMON NAMES	CAS or CIPAC	Detail	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BIFENTHRIN	82657043	BIFENTHRIN					1			-	-	-
LAMBDA-CYHALOTHRIN	91465086	CYHALOTHRIN, LAMBDA-	1.653	2.031	1.392	1.531	1.659	1.968	2.004	C	C	C
Fipronil			-	-	-	-	C	C				

Van de stof lambda-cyhalothrin werd in 2017 nog meer dan 2000 kg verkocht.



Figuur 13: Chemische structuur van lambda-cyhalothrin

Op basis van de gegevens van fytoweb zijn er momenteel in België 32 actieve stoffen in gewasbeschermingsmiddelen die kunnen worden beschouwd als PFAS. Daarnaast zijn er 3 stoffen die als hulpstof aanwezig zijn in 5 gewasbeschermingsmiddelen. Het gaat om 2 stoffen waarvan er de laatste 5 jaar ca. 82 kg/jaar in het milieu zou zijn terecht gekomen. De derde stof betreft een PFAS-verbinding die als drijfgas wordt gebruikt. Hiervan zou de laatste 5 jaar gemiddelde 232 kg/jaar in het milieu zijn gebracht in België (31).

Bodemverbeterende middelen

Verschillende afvalstromen, zoals slib uit de papierindustrie, voedingsindustrie of waterzuivering worden of werden in het verleden ingezet als bodemverbeterend middel. Zo werd in Nordrhein-Westfalen op grote schaal verontreiniging vastgesteld van landbouwgronden met PFAS als gevolg van het gebruik van PFAS-houdend papierslib. Uit steekproefsgewijze controles van bodemverbeterende middelen (vooraleer ze werden toegepast op het land) blijkt dat ook in Vlaanderen af en toe PFAS in werden aangetroffen (schriftelijke vraag Vlaams Parlement nr. 240 (2020-2021)). In de verenigde Staten werden ook verhoogde PFAS-gehaltes gemeten in zogeheten 'slow release' meststoffen. Deze werden gemaakt van het gedroogde slib uit rioolwaterzuiveringsinstallaties.

Slib van rioolwaterzuiveringsinstallaties mag in Vlaanderen sinds 2007 niet meer worden toegepast in de landbouw. Slib van voedingsbedrijven wel. Ook in voedingsbedrijven wordt apparatuur gebruikt dat gecoat is met PFAS. PFAS, voornamelijk PFBA, werden ook aangetroffen in het afvalwater uit deze sector (15) (zie ook paragraaf 5.4.5).

Beoordeling
Door het gebruik van PFAS-houdende producten in de landbouw kan diffuse bodemverontreiniging niet uitgesloten worden.

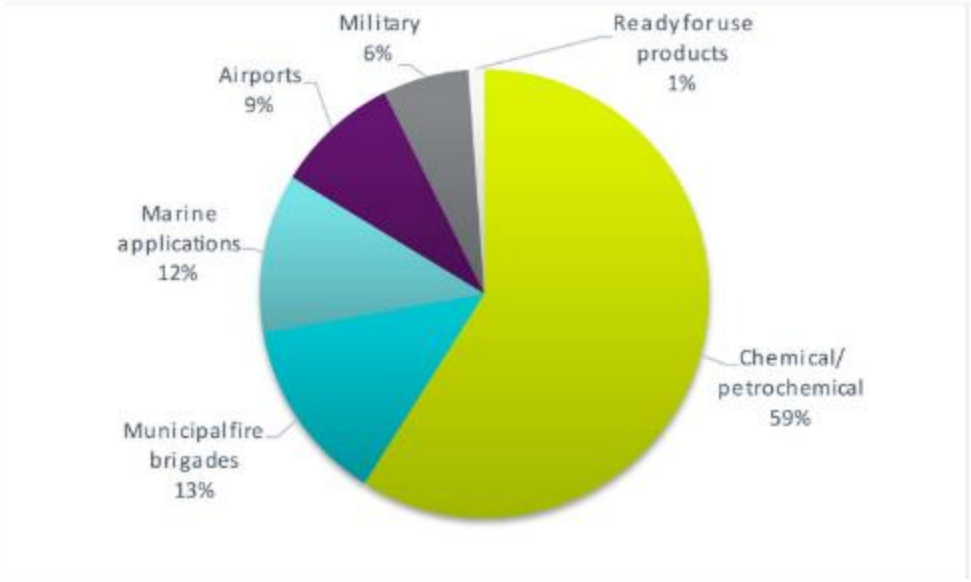
Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Landbouw	5479 ton/jaar – vermoedelijk overschatting	Geschat op matig	direct	Zeer specifieke componenten. Bijkomend onderzoek is nodig om de kans op verontreiniging in te schatten	Beperkt, in afwachting van verder onderzoek	/

5.3.13 Gebruik van PFAS-houdend brandblusschuim

Op PFAS gebaseerde klasse B brandblusschuimen (zie ook5.2.12) worden sinds de jaren '70 gebruikt wijdverspreid gebruikt voor het blussen van brand op vliegvelden, raffinaderijen, bulkopslag chemicaliën en andere locaties waar gewerkt wordt met grote volumes van brandbare vloeibare koolwaterstoffen. De productie van deze producten startte sinds 1965. Ook wordt AFFF gebruikt bij brandblustrainingen op dit type locaties en op brandweeroefenterreinen en kan het vrijkomen bij het testen en het gebruik van automatische blusinstallaties (sprinklers) (3).

Afhankelijk van de specificaties van het schuimvormende middel vindt een bijmenging in verschillende concentraties plaats. Bij een schuimvormend middel met bv. de aanduiding 3% (bijmengpercentage) vindt een bijmenging plaats van 3 delen schuimvormend middel en 97 delen water. Fluorhoudende schuimvormende middelen bevatten in de ordegrootte van 5% aan PFAS. De hoeveelheid schuimvormend middel die in wordt gezet is afhankelijk van de grootte en het type brand. Dit kan gaan om tientallen tot duizenden liters schuimvormend middel. Bij de inzet van schuimvormende middelen door de (bedrijfs)brandweer kunnen hierdoor bij grote branden tientallen kilo's PFAS vrijkomen.

In het voorstel aan de EC voor de restrictie van PFAS in brandblusschuimen zijn meer gegevens opgenomen over de verkoop van PFAS-houdende schuimen aan diverse sectoren – de voornaamste is de chemische en in petrochemische industrie, de brandweer, luchthavens en Defensie.



Figuur 14: Verdeling van het gebruik van PFAS-houdende brandblusschuimen over verschillende sectoren in de EU (31)

Op basis van deze informatie kunnen volgende risicolocaties worden onderscheiden – deze worden beschouwd als open toepassing:

- Militaire oefenplaatsen en vliegvelden
- Vliegvelden(burgerluchtvaart)
- Brandweeroefenplaatsen en industriële oefenplaatsen
- Groothandel brandblusschuim met demonstratieruimte
- Alle locaties waar branden werden geblust – ook industriële sites, al dan niet via sprinkler systemen

Hieraan gekoppeld moet er ook voldoende aandacht zijn voor:

- Locaties waar brandweerwagens worden gewassen (zie ook 5.3.5)
- Locaties waar brandblusschuimen worden opgeslagen (zie ook 5.3.14).

Activiteit	Geraamd jaarlijks gebruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Brand blussen bij calamiteit	500 ton (raming voor België: 16-20 ton (9))	Matig	Direct	Kans op verontreiniging afhankelijk van type en grootte van de brand	Beperkt voor kleine tot gemiddelde calamiteiten Groot voor grote calamiteiten	/

Testen van testen van blusinstallaties (incl. sprinklers)			Direct	/	Beperkt	/
Opslag brandblusschuim (incl. voor sprinklers)			Geen verwacht	Kans op morsen	Beperkt	/
Oefenterreinen (brandweer, opleidingscentra, demonstratieplaatsen, militaire oefenplaatsen)			Direct	/	Groot	/
Vliegvelden (burgerluchtvaart en militair			Direct	/	Groot	57.1

5.3.14 Productie, recycleren of afvullen van brandblusapparaten met PFAS-houdende blusschuim

Ook brandblusapparaten kunnen PFAS houdend blusschuim bevatten. Op basis van het REACH-restrictiedocument voor PFAS in blusschuimen (30) werd het aantal brandblusapparaten in de EU met PFAS-houdend schuim geschat op 15 miljoen stuks. De hoeveelheid schuim wordt geschat op 140-200 ton (1% van de totale hoeveelheid PFAS-houdend schuim – zie Figuur 15 – 'ready for use products'). Op locaties waar dergelijke brandblussers worden afgevuld of gereinigd en opnieuw gevuld worden, kunnen eveneens PFAS vrijkomen.

Deze activiteiten zijn niet specifiek vermeld in het VLAREM maar kunnen gekoppeld worden aan de NACE-code 28.293: 'vervaardiging van toestellen voor het spuiten van vloeistoffen of poeder'.

Op basis van de huidige ervaring kan ook het testen en demonstreren van brandblustoestellen met PFAS-houdend blusschuim aanleiding geven tot een bodemverontreiniging.

Activiteit	Geraamd jaarlijks gebruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Productie, recyclage en afvullen van brandblustoestellen	140-200 ton schuim (geschat op maximaal 14-20 ton PFAS)	Klein	Indirect en direct	Vaak kleinschalige activiteit, niet noodzakelijk vergunningsplichtig – mogelijk minder bodembeschermende maatregelen – op basis van gekende terreinen bijgesteld naar groot	Groot	/

Activiteit	Geraamd jaarlijks gebruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Testen en demonsteren van brandblustoestellen			Direct	Vaak kleinschalige activiteit, niet noodzakelijk vergunningsplichtig – mogelijk minder bodembeschermende maatregelen – op basis van huidige ervaring bijgesteld naar beperkt	Beperkt	/

5.4 AFVALVERWERKING, REINIGING EN RECYCLAGE

Het gebruik van PFAS en PFAS houdende producten impliceert dat PFAS ook aanwezig kunnen zijn in een aantal afvalstromen.
Er wordt verwacht dat PFAS aanwezig zijn in afval van de textiel-, leer- en tapijtindustrie, papier en kartonindustrie, afvalwater en slib van RWZI's. Ook zullen er PFAS aanwezig zijn in gebruikte tapijten en textiel die worden verbrand in verbrandingsovens of zijn gestort. Tapijten en kleding worden regelmatig gerecycleerd, zo worden tapijten hergebruikt in de cementindustrie, waar de tapijtvlokken gebruikt worden als brandstof en als additief voor cement. Ook buitenmeubels en bloempotten kunnen gemaakt worden van hergebruikte tapijten. Textielvlokken kunnen gebruikt worden als coating voor drainagebuizen, in de wegenbouw en bij de productie van kleding.
De verschillende risicolocaties verbonden aan afval worden in onderstaande paragrafen beschreven. Het type PFAS zal per locatie verschillen, maar waarschijnlijk zullen PFOS en PFOA het meest voorkomen aangezien die in het verleden het meest zijn gebruikt. Vooral locaties die na de jaren '60 nog in gebruik zijn geweest zijn relevant.

5.4.1 Afvalinzamelaars- verwerkers, recyclagebedrijven

Verontreiniging met PFAS kan ook ontstaan op locaties waar afval wordt verzameld, verwerkt of gerecycleerd. Voor huishoudelijk afval wordt het risico ingeschat als beperkt. Voor verwerking van gevaarlijk afval wordt het risico ingeschat als groot (met name olie en schuimen).
Aangezien er vooral veel PFAS aanwezig zijn in textiel en papier kunnen locaties waar papier en textiel gerecycled worden ook potentiële bronlocaties zijn. Ook autosloperijen kunnen hieronder vallen.

De kans op bodemverontreiniging is bijgevolg sterk afhankelijk van het type afval, hoeveelheden en omstandigheden op de site.

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Afval-inzamelaars-verwerkers, recyclagebedrijven	/	/	Indirect en direct mogelijk	Sterk afhankelijk van type afval, hoeveelheid, omstandigheden	Beperkt tot groot	2.1.1 (a.1, a.2, b), 2.1.2. d.1, 2.1.2.d.2 2.2.1.a,b, 2.2.1.c.1, 2.2.1.c.2, 2.2.1.d.1, 2.2.1.d.2 2.2.2.a.1, 2.2.2.a.2, 2.2.2.b.1, 2.2.2.b.2, 2.2.2.c.1, 2.2.2.c.2, 2.2.2.c.3, 2.2.2.c.4, 2.2.2.d.1.b, 2.2.2.d.2.b, 2.2.2.d.3, 2.2.2.e, 2.2.2.f.1, 2.2.2.f.2, 2.2.2.g.2 2.2.5.a.1, 2.2.5.a.2, 2.2.5.a.3, 2.2.5.b.1, 2.2.5.b.2, 2.2.5.c.1, 2.2.5.c.2, 2.2.5.d.1, 2.2.5.d.2, 2.2.5.e.2, 2.2.5.e.3, 2.2.5.f.2, 2.3.1.a, 2.3.1.a 2.3.2.a.1, 2.3.2.a.2, 2.3.2.b, 2.3.2.c, 2.3.2.d, 2.3.2.e.1, 2.3.2.e.2, 2.3.2.g 2.3.3.c
				Composteren, opslag en biologische behandeling van afvalstoffen	Beperkt	2.2.3.c.1, 2.2.3.c.2, 2.2.3.c.3, 2.3.3.a.1, 2.3.3.a.2

5.4.2 Stortplaatsen

Aangezien er in veel huishoudelijke producten PFAS kunnen zitten (o.a. vetvrij papier, Gore-Tex jassen, textiel en meubels met vuil afstotende coating) kan bij stortlocaties PFAS vrijkomen in het grondwater. Daarnaast kan plaatselijk ook afval van PFAS- productielocaties of de PFAS verwerkende industrie zijn gestort. Stortplaatsen die gesloten zijn voor 1960 zijn niet verdacht voor PFAS. Op andere stortplaatsen is de aanwezigheid van PFAS mogelijk. De mate waarin de stortplaats verdacht is voor het voorkomen van PFAS, hangt af van het materiaal dat gestort werd. Ook stortplaatsen waar PFAS-verdacht baggerslib of ruimingsspecie gestort werd zijn verdacht voor PFAS. Een grondige evaluatie is nodig om na te gaan of PFAS voor de betrokken stortplaats al dan niet als een verdachte stof te beschouwen is. (35).

Het risico op bodemverontreiniging wordt in stortplaatsen ingeschat als groot. Voor stortplaatsen met PFAS-houdend afval als zeer groot. Voor stortplaatsen stopgezet voor 1960 is het risico beperkt.

Uit onderzoeken naar PFAS bij stortlocaties in Dordrecht blijkt dat er inderdaad PFAS aanwezig is in het grondwater bij stortlocaties. In de stortlocaties rond Dordrecht wordt voornamelijk PFOA aangetroffen, maar dat komt mede door de aanwezigheid van de fabriek van DuPont/Chemours waar in het verleden veel PFOA is gebruikt.

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Stortplaatsen	Onbekend	Beperkt	Indirect en direct	Afhankelijk van type afval in de stortplaats en tijdsperiode	Beperkt voor stortplaatsen stopgezet voor 1960 Groot voor stortplaatsen gestart na 1960 Zeer groot voor stortplaatsen met PFAS-houdend afval	2.3.6.a t.e.m. 2.3.6.c

5.4.3 Grondverwerking, - verzet en stort

Locaties voor het verwerken, storten, opslaan en hergebruiken van met PFAS verontreinigde grond en slib zijn ook potentiële bronlocaties voor verontreiniging.

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Grond	/	/	Indirect	Afhankelijk van herkomst grond en bodembeschermende maatregelen	Beperkt	2.1.3.1, 2.1.3.2, 60.2, 61.2.2
				Sinds 2022 zou de grond op PFAS moeten zijn gecontroleerd	Beperkt voor oudere TOP's en aanvullingen waarvoor het inkomende bodemmateriaal niet gecontroleerd werd op PFAS (voor 2022).	60.1, 61.2.1
Bagger en ruimingspecie	/	/	Indirect	Afhankelijk van herkomst slib en bodembeschermende maatregelen	Beperkt	2.2.8.a, 2.2.8.b, 2.3.7.a, 2.3.7.c, 2.3.7.d
				Sinds 2022 zou de specie op PFAS moeten zijn gecontroleerd	Beperkt voor oudere activiteiten waarvoor het inkomende bodemmateriaal niet gecontroleerd werd op PFAS (voor 2022).	63.1, 63.2

5.4.4 Verbrandingsinstallaties

PFAS worden afgebroken bij de klassieke verbranding maar vermoedelijk niet volledig. Doorgaans is de temperatuur van de verbrandingsoven (ca. 850 °C) onvoldoende om de PFAS, met voornamelijk korte ketens, volledig af te breken. Hierdoor komen PFAS vrij via de rookgassen, die doorgaans niet gereinigd worden op PFAS. Bij onderzoek naar dergelijke sites dient er aandacht te zijn voor het effect van atmosferische depositie naar de bodem (2) (3).De kans op bodemverontreiniging wordt ingeschat als beperkt (3).

In Nederland werd een literatuurstudie uitgevoerd naar de aanwezigheid van PFAS in deze rookgassen (36). Zij concludeerden dat in praktijk waarschijnlijk steeds vorming van gasvormige organische fluorhoudende producten zou plaatsvinden. Dit zou voornamelijk beperkt zijn tot tot de kleinste leden van de PFAS-groep geperfluoreerde koolstoffen namelijk perfluormethaan (CF_4) en perfluorethaan (C_2F_6). Beide zijn krachtige broeikasgassen, die bestand zijn tegen hoge temperaturen en de meeste kans hebben om gevormd te worden en het verbrandingsproces te overleven (36).

Op basis van de in de literatuur gevonden experimentele gegevens wordt verwacht dat PTFE volledig thermisch zal degraderen bij de minimaal vereiste verbrandingstemperatuur van 850 °C. Echter voor vaste stoffen zoals polymeren zijn de omstandigheden in het verbrandingsbed misschien nog wel belangrijker dan de temperatuur in de verbrandingskamer. De verblijftijd en menging van het verbrandingsbed op het rooster moeten voldoende zijn om vaste stoffen te laten uitbranden, dat wil zeggen thermisch af te laten breken tot kleinere vluchtige componenten die vervolgens in de verbrandingskamer worden verbrand. PTFE als zodanig zal niet vervluchtigen en vervolgens worden verbrand in de verbrandingskamer. Bij de heersende temperaturen in het verbrandingsbed van tussen de 900 en 1100 °C, wordt verwacht dat PTFE en andere gefluoreerde polymeren volledig zullen afbreken tot kleine fluorkoolstofverbindingen (36).

De soorten PFAS met de grootste kans om ongehinderd door het rookgasbehandelingssysteem te gaan zijn: jodiumhoudende PFAS, fluortelomeerolefinen (FTO's), de perfluoralkanen (PFC's), de fluortelomeeralcoholen met een korte geperfluoreerde keten van drie tot vijf gefluoreerde koolstofatomen (3-5:2 FTOH) en de fluortelomeeracrylaten (FTAC's). Ten minste, als deze verbindingen het verbrandingsproces zouden overleven. (36).

Deze conclusies zijn grotendeels gebaseerd op gepubliceerde laboratoriumexperimenten en kwalitatieve theoretische beoordelingen. Uit gepubliceerde gegevens van praktijkmetingen blijkt volgens deze studie dat verschillende PFAS worden aangetroffen in de rookgassen en verbrandingsresten zoals bodemas en vliegas. De totale PFAS-concentratie in het rookgas na de rookgasreiniging is ongeveer 20 ng/m³ (36).

Op basis van een overzicht van de wetenschappelijke literatuur en de theorie over verbrandingsprocessen en rookgasreinigingstechnieken concludeert het RIVM dat (36):
- PFAS, aanwezig in het huishoudelijk, stedelijk en industrieel afval, tot andere stoffen afbreken bij de verbranding van dit afval onder verbrandingscondities die voldoen aan de wettelijke eisen voor afvalverbrandingsinstallaties in Nederland.
- Tegelijkertijd een nieuwe PFAS-groep wordt gevormd die sterke broeikasgassen zijn zoals perfluormethaan en perfluorethaan.
- Enkele publicaties over metingen in de schoorsteen van een afvalverbrandingsinstallatie niet uitsluiten dat er toch nog PFAS in de rookgassen kunnen zitten en ze daardoor kunnen worden geëmitteerd.

Vanwege het ontbreken van voldoende nauwkeurige PFAS-metingen is het onzeker wat de samenstelling en de hoeveelheid van PFAS in de gereinigde rookgassen.

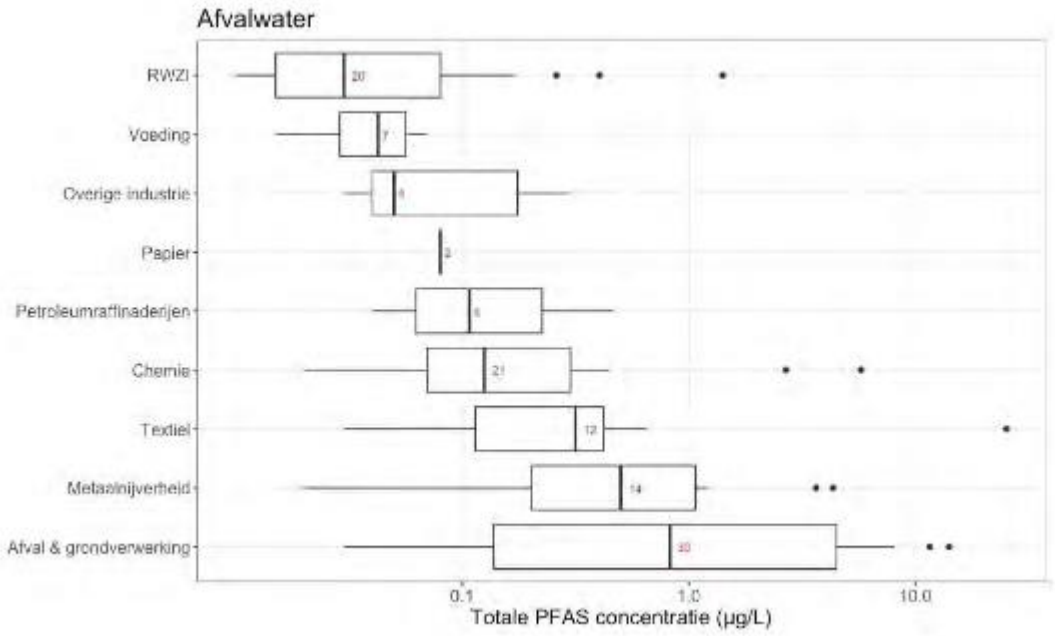
Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Afval-verbrandings-installaties	/	Beperkt	Indirect	Type afval dat verbrand wordt zal een rol spelen	Groot voor installaties die veel PFAS-houdend afval ontvangen (papierindustrie, medisch afval, industrieel afval), …	2.3.4.1.a.1, 2.3.4.2.a.1, 2.3.4.1.a.2, 2.3.4.2.a.2, 2.3.4.1.b, 2.3.4.2.b, 2.3.4.1.c, 2.3.4.2.c, 2.3.4.1.e, 2.3.4.1.f, 2.3.4.1.g*, 2.3.4.1.h, 2.3.4.1.j, 2.3.4.2.d, 2.3.4.1.k, 2.3.4.2.e, 2.3.4.2.g
					Beperkt voor de overige	

5.4.5 Afvalwater (bedrijfs- en huishoudelijk afvalwater)

Bedrijven lozen hun (bedrijfs)afvalwater rechtstreeks op oppervlaktewater (al dan niet na zuivering) of lozen op het openbare riool. In dit laatste geval komt het water uiteindelijk in afval- en/of rioolwaterzuiveringsinstallaties (AWZI/RWZI) terecht. Zowel de bedrijfseigen waterzuiveringsinstallaties als de rioolwaterzuiveringsinstallaties zijn doorgaans niet uitgerust voor het zuiveren van de afvalwaterstroom op PFAS. Ook huishoudelijk afvalwater kan PFAS bevatten, zo wordt geschat dat toiletpapier ongeveer 6,4-80 µg/persoon/jaar aan 6:2 diPAP bijdraagt aan afvalwaterstromen en bijgevolg beschouwd kan worden als een aanzienlijke bron van PFAS (17).
Bij onderzoek van RWZI's in Nederland werden zowel in het influent, effluent als zuiveringsslib PFAS aangetroffen (37). Het afvalwater en slib komt gewoonlijk niet in contact komt met de omliggende bodem. Bij schuimvorming en verspreiding kan wel PFAS in de omgeving terechtkomen. Het risico op het ontstaan van bodemverontreiniging ter hoogte van de zuiveringsinstallatie wordt ingeschat als beperkt. Mogelijk is er wel een grote tot zeer grote kans op een verontreiniging in het water(bodem)systeem. Een studie naar effluent concentraties in RWZI's in Vlaanderen (15) resulteerde in een mediane concentratie van ca. 50 ng/l voor de som van de PFAS.

In een monitoringscampagne van de VMM uitgevoerd in 2022, werd het afvalwater van verschillende sectoren gemonitord. Hier werden 34 van de 43 onderzochte PFAS-parameters gedetecteerd. De 9 parameters die niet gedetecteerd werden, worden gekenmerkt door langere koolstofketens die minder oplosbaar zijn in water. In meer dan de helft van de locaties in Vlaanderen wordt een totale PFAS-concentratie in het afvalwater van meer dan 100 ng/l vastgesteld en in 10% van de gemeten locaties wordt een concentratie van meer dan 3800 ng/l vastgesteld (15).

De PFAS-concentraties in het afvalwater van verschillende sectoren onderzocht door VMM liggen in dezelfde grootteorde (15). Het verschil tussen de laagste mediaan (sector RWZI) en hoogste mediaan (sector afval en grondverwerking) bedraagt een factor 10.



Figuur 15: Boxplot voor PFAS totaal in afvalwater in Vlaanderen per sector (rode cijfers stellen het aantal meetlocaties voor). Het totaal PFAS-gehalte werd per locatie bepaald op basis van de mediaan van de som van de gemeten PFAS (16)

Ter hoogte van RWZI's werd voornamelijk PFHxA, PFOA, PFPeA en PFOS gemeten. De dominante PFAS per sector worden opgelijst in onderstaande tabel (13):

Tabel 6: Synthese van dominante PFAS per sector o.b.v. studie VMM (meetdata uit 2022) (17)

Afval* & grondverwerking	PFBA, PFOA, 8:2 diPAP, HFPO-DA
Chemie	PFBA, PFOS
Metaalnijverheid	PFOS
Papier	6:2 FTS
Petroleum	PFBA, PFOS
Textiel	PFPeA, PFHxA,…
Voeding	PFBA, PFHxA, PFBS
RWZI	PFOA, PFOS, PFHxA, PFPeA
Overige industrie	PFPeA, PFBA

* er werd geen onderscheid gemaakt tussen primaire en secundaire afvalstoffen

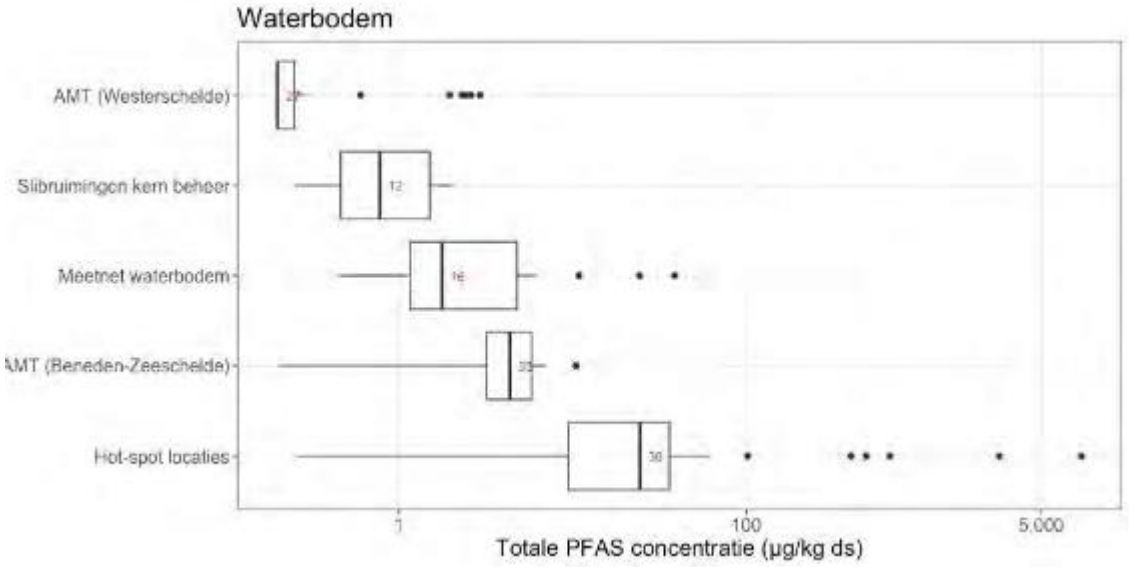
De dominante PFAS per sector kan als volgt samengevat worden:

- PFBA is heel dominant voor de sector voeding, en is ook sterk aanwezig in de sectoren 'afval-en grondverwerking' en 'chemie' maar ook in 'petroleumsector'. De 'afval- en grondverwerking'-sector hebben naast dominante aanwezigheid van PFBA ook de hoogste PFBA-concentraties (13)
- PFOS (totaal) kan vooral sterke contributie hebben in de metaalnijverheid, de chemie en RWZI
- PFPeA is dominant in textiel en overige industrie
- PFOA (totaal) is vooral dominant in RWZI's

- PFHxA is in de meeste sectoren merkbaar aanwezig (behalve voeding)
- 6:2 FTS, PFBS, PFHpA, PFHxS zijn andere PFAS die merkbaar aanwezig zijn in verschillende sectoren

Er werd ook een verschil waargenomen tussen de PFAS-fingerprinting in het afvalwater en de fingerprinting in het oppervlaktewater stroomafwaarts. Zo werd een hogere contributie van PFOS en PFBS en in mindere mate PFPeA en PFHxA in het oppervlaktewater stroomafwaarts van een lozingspunt aangetroffen, in vergelijking met het afvalwater. PFBA werd in deze monitoring amper nog gedetecteerd in het oppervlaktewater stroomafwaarts (15).

In dezelfde studie werd onderzoek gedaan naar waterbodems o.b.v. data uit verschillende meetnetten, maar niet specifiek per industriële sector. Er werd wel een onderscheid gemaakt tussen het reguliere meetnet waterbodem en 'hotspot-locaties' die nabij een gekende bron liggen en geïnventariseerd werden door OVAM. Het reguliere netwerk (meetnet waterbodem), dat als niet-verdacht aanschouwd wordt, heeft een mediaanconcentratie aan totaal PFAS van 1,7 µg/kg ds. Deze ligt ongeveer een factor 14 lager dan de mediaanconcentratie totaal PFAS van de 'hotspot-locaties', die op 24,4 µg/kg ds ligt. De hoogste concentraties werden gevonden in de Westerschelde. (13)



Figuur 16: Boxplot voor PFAS totaal in waterbodem in Vlaanderen per motief (rode cijfers (16)

Indien een PFAS verdachte activiteit op het terrein aanwezig is of in het verleden was, kan de afvalwaterzuiveringsinstallatie – zowel ter hoogte de zuivering zelf (bvb schuimvorming, calamiteiten, slibontwatering, ...) als de waterbodem rond het lozingspunt een bron van PFAS naar het milieu zijn. Dit geldt eveneens voor zuiveringsinstallaties voor huishoudelijk afvalwater, gezien dit ook PFAS kan bevatten.

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
RWZI	/	/	Indirect	Zowel op het terrein zelf (bvb schuimvorming zuivering) als aan het lozingspunt	Groot	3.6.4.3, 3.6.4.4
lozing van bedrijfsafval-water met en zonder zuivering	/	/	indirect	Bedrijfsafvalwater: afhankelijk van de activiteiten op het terrein – indien PFAS verdachte activiteiten: ook lozingspunt en omgeving waterzuivering verdacht	Zeer beperkt tot groot, indien de activiteiten op het terrein vermeld worden in deze studie – zie kans bij deze activiteiten	3.4.1b 3.4.2 3.4.3 3.6.3.2, 3.6.3.3, 3.6.6, 3.6.7
Lozing in grondwater	/	/	Direct	Enkel relevant indien dit geloosde water PFAS kan bevatten	Beperkt	52.1.1.2, 52.1.1.3, 52.1.2, 52.2.2, 52.2.3

5.4.6 Containerreinigingsbedrijven – vatenspoelers/cleaning – tankauto's – afvaltransportbedrijven

Bedrijven die containers en tankauto’s schoonmaken zijn ook een mogelijke bron van PFAS-verontreiniging. Dit blijkt onder andere uit een onderzoek van de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) (38) en een onderzoek bij een vatenspoeler (11).

Activiteit	Geraamd jaarlijks verbruik PFAS in EEA	Beoordeling o.b.v. hoeveelheid PFAS	Emissies	Bijkomende overweging	Inschatting kans op bodem-verontreiniging	Rubrieken
Reinigen van lege recipiënten	/	/	Indirect	Afhankelijk van afvalstof in de recipiënten. Gebaseerd op een onderzochte locatie (vatenspoeler) en ILT-rapport over afvaltransport wordt de kans groot geacht	Groot	2.2.6.a, 2.2.6.b, 2.2.6.c, 2.2.6.d
Opslag en reiniging van metalen recipiënten door uitbranden	/	/	Indirect	/	Beperkt	2.3.5

5.5 MINDER RELEVANT VOOR VLAANDEREN

5.5.1 Ski wax

PFAS werden gebruikt in ski wax voor de behandeling van ski's en snowboards. Soms worden ze ook gebruikt in skischoenen en ander skimateriaal. Het gaat vooral om deels gefluoreerd alkanen (SFA's) die gemengd worden met de normale parafines in de skiwas. PFCA's worden vaak gevonden in deze wassen als onzuiverheid (C6-C22) PFSA's komen ook voor maar in lagere concentraties (8). Ook fluorpolymeren komen voor.

De piek van het gebruik van PFAS-houdende wassen dateert van 1978, sinds 2017 is de markt van deze wassen sterkt gekrompen. Het gebruik in 2020 wordt voor de EU geschat op 1.6 ton en verwacht wordt dat dit de komende jaren verder uitdooft.

5.5.2 Oliewinning en mijnbouw

PFAS worden gebruikt als surfactants bij boringen voor de olie-industrie en in de mijnbouw (vnl. metalen – zoals koper en goud).

6 VERDERE DETAILS OMTRENT PFAS-TOEPASSINGEN

Indien nog meer detail gewenst over het gebruik van welke PFAS-component in welke toepassingen en in welke hoeveelheden, bv. in kader van een voorstudie van een bodemonderzoek, kunnen ook onderstaande documenten aanbevolen worden:

- Bijlage A van het PFAS-restrictiedocument (8)
- De studie 'An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS)' (16) met bijhorende bijlagen (pdf en excel). Deze omvatten uitgebreide documenten die zowel per PFAS-component de mogelijk toepassingen aangeven als per toepassingen de gebruikte/gepatenteerde of gemeten PFAS.
- De PFAS-guide ontwikkeld door ChemSec (39) biedt een overzicht van tal van productcategorieën waar mogelijk PFAS in voorkomt
- De Marketplace ontwikkeld door ChemSec (40) biedt een overzicht van mogelijke alternatieven voor PFAS in verschillende toepassingen
- ZeroPM ontwikkelde eveneens een database met een oplijsting van toepassingen van specifieke PFAS-componenten en mogelijke alternatieven (41)

7 RESTRICTIES IN GEBRUIK

PFAS werden uitgevonden eind jaren 30. De grootschalige productie en toepassing van PFAS kwam op gang in de jaren 60. Door de jaren heen zijn steeds meer gebruiksmogelijkheden voor PFAS ontdekt en worden PFAS-verbindingen in steeds meer bedrijfstakken gebruikt. Van 1966 tot 1990 groeide de productie van PFAS en het gebruik vanwege hun unieke chemische stabiliteit en hun water- en vuilafstotende eigenschappen. De jaarlijkse productiehoeveelheid vermeerderde aanzienlijk van 500 ton per jaar in de jaren 70 tot bijna 5000 ton per jaar in 2000 (42).

PFOS

- In 2000 begon de belangrijkste wereldwijde producent van PFOS, 3M, met het uitfaseren van de productie van PFOS. Als gevolg van dit initiatief daalde de wereldwijde productie aanzienlijk tussen 2000 en 2003.
- In 2006 is het gebruik van PFOS in producten en halffabricaten reeds aan banden gelegd (Directive 2006/112/EC). In 2009 is dit aan de REACH regelgeving toegevoegd (EC 552/2009, Annex XVII van EC 1907/2006).
- In mei 2009 is PFOS toegevoegd aan Annex B13 van de Stockholm Conventie, als zijnde een POP (Persistent Organic Pollutant). Dit houdt in dat er maatregelen genomen moeten worden om het gebruik van PFOS uit te faseren.
- Deze beslissing is opgenomen in de Europese regelgeving in 2010 (850/2004/EC, 757/2010). Hierbij is het maximaal toegestane gehalte PFOS verlaagd naar 0,001 gewichtsprocent of 10 mg/kg.
- De uitzonderingen zijn in 2015 opnieuw geëvalueerd, wat heeft geleid tot het intrekken van een aantal uitzonderingen (waaronder hydraulische vloeistoffen voor de luchtvaart, blusschuim) in april 2017 (EU 2017/758).
- In 2019 werden opnieuw een aantal uitzonderingen ingetrokken (EU 2019/639). Specifieke uitzonderingen worden nog steeds voorzien voor het gebruik van PFOS in blusschuim voor de bestrijding van dampen en branden van vloeibare brandstoffen (als onbedoelde sporenverontreiniging tot 10 mg/kg), het gebruik bij galvanisatie in gesloten systemen en het gebruik in de landbouw als lokstof voor mieren.
- Wanneer de restrictie van het gebruik van PFAS in brandblusschuimen (zie ook verder bij 'overige PFAS') definitief wordt goedgekeurd in de EU wordt deze grens verlaagd naar 1 mg/kg.

PFOA

- In juni 2015 is PFOA (en zouten en PFOA gerelateerde componenten) toegevoegd aan de lijst van te evalueren stoffen in het kader van de Stockholm Conventie, waarna ze sinds juli 2020 aan de conventie werden toegevoegd.
- Per 13 juni 2017 zijn PFOA en de zouten daarvan toegevoegd aan de lijst van zeer zorgwekkende stoffen binnen REACH en aan Annex XVII van EC 1907/2016, alsmede elke aanverwante stof die C7H15- als één van de structurele elementen heeft. In Annex XVII is het volgende opgenomen: Deze stoffen mogen vanaf 4 juli 2020 niet in de handel gebracht worden als stof zelf. Het mag daarnaast niet meer gebruikt worden als bestanddeel van een andere stof, voorwerp of mengsel in een concentratie gelijk aan of groter dan 25 ppb (25 µg/kg) als PFOA zelf of 1000 ppb (1 mg/kg) als aanverwante stof, hoewel er verschillende uitzonderingen zijn voorzien (3).

Overige PFAS

- Sinds juni 2022 werden ook PFHxS en aanverwante stoffen toegevoegd aan de Stockholm Conventie.
- Sinds augustus 2023 is de stofgroep ook opgenomen in de EU-regulering voor persistente organische stoffen.

- Langere keten PFCA's worden momenteel geëvalueerd voor toevoeging aan de Stockholm Conventie.
- C9-C14 PFCA's zijn sinds februari 2023 beperkt onder de REACH regelgeving
- Op 19/4/2024 werd beslist om ook PFHxA strikter te reguleren in de EU – na een transitieperiode variërende van 18 maanden tot 5 jaar (afhankelijk van de toepassing) wordt het gebruik verboden in textiel, voedselverpakkingen, consumentenproducten, cosmetica en brandblusschuimen tijdens training en testen in concentraties groter dan 25 ppb voor PFHxA en 1000 ppb voor de som van aan PFHxA verwante stoffen. Andere toepassingen zoals gebruik in halfgeleiders blijven wel toegestaan.
- Er is ook restrictievoorstel voor een brede groep aan PFAS-toepassingen ingediend in januari 2023, dit wordt nu geëvalueerd.
- Een restrictievoorstel specifiek voor brandblusschuimen werd ingediend in januari 2022, ook hierover is er nog geen beslissing

Een aantal PFAS staan op de kandidaat lijst van zeer zorgwekkende stoffen: HFPO-DA (GenX), PFBS en PFHpA.

Na de uitfasering van PFOS en PFOA zijn deze stoffen vervangen door andere PFAS-verbindingen, zoals 6:2 FTS, GenX en ADONA. Deze verbindingen zijn ook volledig of gedeeltelijk gefluoreerd, maar hebben vaak net een andere structuur dan de PFAS die ze vervangen. GenX en ADONA zijn perfluorethers en hebben één of meerdere ether (-O-) groepen in de molecuulstructuur. 6:2 FTS is vergelijkbaar met PFOS, echter de twee koolstofatomen naast het sulfaatatoom zijn niet gefluoreerd. 6:2 FTS is een precursor van PFHxA.
Van de vervangende verbindingen wordt aangegeven dat ze over het algemeen minder bioaccumulatief zijn, alhoewel dat nog wel ter discussie staat. Door de gefluoreerde keten zijn ze wel persistent.
Het is waarschijnlijk dat op locaties waar voorheen PFOS en/of PFOA zijn gebruikt, tegenwoordig andere PFAS-verbindingen worden gebruikt. Dit geldt ook andersom; op locaties waar nu andere PFAS-verbindingen worden gebruikt is de kans groot dat in het verleden PFOS en/of PFOA zijn gebruikt.

8 BIBLIOGRAFIE

1. **Buck, Robert, Franklin, James, Berger Urs, Conder, Jason, et al.** Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: Terminology, classification, and origins. *Integr Environ Assess Manag.* 2011, Vol. 7, pp. 513-541.
2. **Pancras Tessa, van Bentum ELisabeth, Slenders Hans.** *Kennisdocument over stofeigenschappen, gebruik, toxicologie, onderzoek en sanering van PFAS in grond en grondwater.* sl : expertisecentrum PFAS, 2018.
3. **OVAM.** *Onderzoek naar aanwezigheid van PFAS in grondwater, bodem enwaterbodem ter hoogte van risicoactiviteiten in Vlaanderen.* 2018.
4. **Björnsdotter, Maria K, et al.** Levels and Seasonal Trends of C1−C4 Perfluoroalkyl Acids and the Discovery of Trifluoromethane Sulfonic Acid in Surface Snow in the Arctic. *Environmental science & technology.* 55, 2021, pp. 15853-15861.
5. *Polyfluorinated compounds: past, present and future.* **Lindstrom A.B., M.J. Strynar, E.L. Libelo.** 45, 2011, Environ. Sci. Technol, Vol. 19, pp. 7954-7961.
6. **Sáez, Monica, de Voogt, Pim en Parsons, John R.** *Persistence of perfluoroalkylated substances in closed bottle.* sl : Environmental Science and Pollution Research, 2008.
7. *Per- and polyfluorinated alkyl substances (PFAS) extracted from textile samples.* **Berger, Urs & Herzke.** Dorte : sn, 2006, Organohalogen Compd, Vol. 68, pp. 2023-2026.
8. **ECHA.** *Annex A to the Annex XV restriction report - PFASs.* 2023.
9. **Boudin, Stéphane, et al.** *PFAS in Belgian Industry - market study.* ERDYN, RDc ENVIRONMENT. sl : FOD Economie, 2023.
10. **Jans, A., & Berbee, R.** *Bronnen van PFAS voor het Nederlandse oppervlaktewater.* 2020.
11. *Aanwezigheid van PFAS in Nederland, Deelrapport B - Onderzoek van PFAS op potentiële risicolocaties.* **Pancras, T., van Bentum, E., & Slenders, H.** sl : Expertisecentrum PFAS, 2018.
12. **Beekman, M., P. Zweers, A. Muller, W. de Vries, P. Janssen, M. Zeilmaker.** *Evaluation of substances used in the GenX technology by Chemours, Dordrecht.* RIVM. 2016.
13. **KEMI.** *Occurrence and use of highly fluorinated substances and alternatives.* Report from a government assignment; Report 7/15,. Stockholm, Sweden : sn, 2015.
14. **Seth Rojello Fernández, Carol Kwiatkowski, Tom Bruton.** *Building a better world - Eliminating unnecessary PFAS in building materials.* 2021 : Green science policy institute.
15. **Vlaeminck, Karel, et al.** *Oriënterend onderzoek naar verspreiding van PFAS in Vlaanderen - afvalwater, oppervlaktewater, waterbodem, biota & grondwater.* Gent : ARCHE Consulting, 2023. D/2023/3241/110.
16. **Glüge, Juliane, et al.** an overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl. *Environmental Science - processes & impacts.* 2020, Vol. 22, pp. 2345-2373.
17. **Thompson, Jake T., et al.** *Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Toilet Paper and the Impact on Wastewater Systems.* sl : Environmental Science & Technology Letters, 2023.
18. **Taxvig, C., Rosenmai, A.K. en Vinggaard, A.M.** *Polyfluorinated Alkyl Phosphate Ester Surfactants – Current Knowledge and Knowledge Gaps.* sl : Basic Clin Pharmacol Toxicol, 2014.

19. *Microbial degradation of polyfluoroalkyl chemicals in the environment: a review.* **Liu, J., S.M. Avendaño.** 2013, Environment International, Vol. 61, pp. 98-114.
20. *Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in consumer products.* **Kotthoff, M., J. Müller, H. Jürling, M. Schlummer, D. Fiedler.** 2015, Environmental Science Pollution Research, Vol. 22, pp. 14546-14559.
21. **Brunn-Poulsen, P., Gram, L., Jensen, A. A., Rasmussen, A. A., Ravn, C., Møller, P.,Løkkegaard, K.** *Substitution of PFOS for use in non-decorative hard chrome plating.* Danish Ministry of the Environment, Environmental Project no. 1371. 2011.
22. **Gaines, Linda G. T.** Historical and current usage of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS): A literature review. *American Journal of industrial Medicine.* 25 april 2022.
23. **Pancras, Tessa.** *PFAS in producs and waste streams in the Netherlands.* sl : Arcadis, 2021.
24. *Occurrence of perfluorinated carboxylic acids (PFCAs) in personal care products and compounding agents.* **Fujii Y, K.H. Harada, A. Koizumi.** 2013, Chemosphere, Vol. 93, pp. 538–544.
25. **Hongkai Zhu, Kurunthachalam Kannan.** *A pilot study of per-and polyfluoroalkyl substances in automotive lubricant oils from the United States.* sl : Elsevier, 2020.
26. **Services, New Hampshire Department of Environmental.** Firefighting foam. *New Hampshire PFAS Response.* [Online] [Citaat van: 05 01 2024.] https://www.pfas.des.nh.gov/firefighting-foam.
27. **ITRC.** *Aqueous film-forming Foam (AFFF).* 2020.
28. **J., Seow.** *Fire Fighting Foams with Perfluorochemicals – Environmental Review.* Department of Environment and Conservation Western Australia. 2013.
29. *Discovery of 40 classes of per- and polyfluoroalkyl substances in historical aqueous film-forming foams (AFFFs) and AFFF-impacted groundwater.* **Barzen-Hanson, K.A., S.C. Roberts, S. Choyke, K. Oetjen, A. McAlees, N. Ridell, R. McCrindle, P.L. Ferguson, C.P. Higgins, J.A. Field.** Environmental Science and Technology, Vol. 51:4, pp. 2047-2057.
30. **ECHA.** *Annexes to annex XV restriction report: per- and polyfluoralkyl substances (PFASs) in firefighting foams.* 2022.
31. **Fytoweb.** www.fytoweb.be. [Online] [Citaat van: 06 09 2024.] https://fytoweb.be/nl/gewasbeschermingsmiddelen/gebruik/professionele-gebruiker/pfas#gebruik-gewasbeschermingsmiddelen.
32. **Florida Department of environmental Protection Waste Site cleanup Program.** *Florida statewide PFAS pilot study at drycleaning sites.* Florida : HSW, 2021.
33. **EPA.** Data on Leaching of PFAS in Fluorinated Packaging. *www.epa.gov.* [Online] 2022.
34. **Fytoweb.** [Online] https://fytoweb.be/nl/reductieplan/waakzaamheid/verkoopgegevens.
35. **OVAM.** *Onderzoeksprotocol verkennend bodemonderzoek naar PFAS verontreiniging door fluorhoudend blusschuim en t.h.v. PFAS-verdachte risicolocaties.* sl : OVAM, 2022.
36. **RIVM.** *Per- and polyfluorinated substances in waste incinerator flue gases.* 2021.
37. **Derksen Anja, Baltussen Joop.** *PFAS in influent, effluent en zuiveringsslib.* stowa. sl : Stichting toegepast Onderzoek Waterbeheer, 2021. 46.
38. **ILT.** *afvalstoffen van Chemours.* 2018.
39. **ChemSec.** *ChemSec PFAS Guide.* [Online] 2023. https://pfas.chemsec.org/.
40. —. *ChemSec Marketplace.* [Online] 2023. https://marketplace.chemsec.org/.

41. **ZeroPM.** https://zeropm.eu/alternative-assessment-database/. *https://zeropm.eu.* [Online] [Citaat van: 14 06 2024.]
42. **Carloni, D.** *Perfluorooctane sulfonate (PFOS) production and use: past and current evidence.* 2009.
43. *Oxidative conversion as a means of detecting precursors to perfluoroalkyl acids in urban runoff.* **Houtz, E.F., Sedlak, D.L.** 2021, Environ. Sci. Technol, Vol. 40, p. 9342–9349.
44. **Ateia, Mohamed, Maroli, Amith, Tharayil, Nishanth, Karanfil.** The overlooked short- and ultrashort-chain poly- and perfluorinated substances: A review. *Chemosphere.* 220, 2019, pp. 866-882.
45. **Marloes Luitwieler, Hans Slenders, Arne Alphenaar, Marloes Ruis, Shakti Lieten, Jetske Vaas, Jan Willem Slaa, Inge van Putten.** *opkomende stoffen in bodem en ondergrond - handreiking voor decentrale overheden.* Uitvoeringsprogramma Convenant Bodem en Ondergrond (2016-2020) . 2020.
46. **Zeilmaker, M.J., P. Janssen, A. Versteegh, A. Van Pul, W. De Vires, B. Bokkers, S. Wuijts, A. Oomen, J. Herremans.** *Risicoschatting emissie PFOA voor omwonenden. Locatie: DuPont/Chemours, Dordrecht, Nederland.* RIVM Briefrapport. 2016.
47. *Sorption of perfluorinated surfactants on sediments.* **Higgins, C., R.G. Luthy.** Environmental Science and Technology, Vol. 40, pp. 7251-7256.
48. **Plasmann, Merle, et al.** *Levels of ultra-short chain perfluoroalkyl substances (PFAS) in urine sample from first-time mothers in Uppsala, Sweden.* sl : Swedish EPA, 2022.
49. **Swedish EPA.** *Levels of ultra-short perfluoralkyl substances (PFAS) in urine samples from dirst-time mothers in Uppsala, Sweden.* 2022.
50. **ECHA.** *Annex B to the Annex XV restriction report: per- and perfluoralkyl substances (PFASs).* 2023.
51. **Pancras, Tessa, van Bentum, Elisabeth en Slenders, Hans.** *Kennisdocument over stofeigenschappen, gebruik, toxicologie, onderzoek en sanering van PFAS in grond en grondwater.* sl : Expertisecentrum PFAS, 2018.
52. **https://www.unictron.com/piezoelectric-components/piezoelectric-technologies/pvdf/. [Online] [Citaat van: 10 06 2024.]**

BIJLAGE 1 UITGEBREID OVERZICHT PFAS-VERDACHTE ACTIVITEITEN – SPECIFIEKE STOFFEN EN KANS OP BODEM- OF GRONDWATERVERONTREINIGING

DRAFT

DRAFT