



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

Achtergrondwaarden perfluoralkylstoffen (PFAS) in de Nederlandse landbodem

RIVM-briefrapport 2020-0100
A. Wintersen et al.



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

Achtergrondwaarden perfluoralkylstoffen (PFAS) in de Nederlandse landbodem

RIVM-briefrapport 2020-0100
A. Wintersen et al.

Colofon

© RIVM 2020

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

DOI 10.21945/RIVM-2020-0100

A. Wintersen (auteur), RIVM
J. Spijker (auteur), RIVM
P. van Breemen (auteur), RIVM
H. van Wijnen (auteur), RIVM

Contact:

Arjen Wintersen
Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid\Duurzaamheid, Drinkwater en Bodem
arjen.wintersen@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in het kader van opdracht M/270054/01 'Risicogrenzen en landsdekkend beeld PFAS'.

De auteurs van het rapport bedanken Frank Lamé voor de waardevolle informatie en toelichtingen bij het AW2000-project. Daarnaast worden de veldwerkers en veldwerkorganisatie bedankt voor hun inzet om in relatief korte tijd een landsdekkende bemonstering uit te voeren.

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

Publiekssamenvatting

Achtergrondwaarden perfluoralkylstoffen (PFAS) in de Nederlandse landbodem

Het RIVM heeft onderzocht wat de concentraties van de stoffen PFAS zijn in de bodem op landbouw- en natuurlocaties verspreid over Nederland. PFAS staat voor poly- en perfluoralkylstoffen. Dit zijn door de mens gemaakte stoffen die van nature niet in het milieu voorkomen. Bekende PFAS zijn PFOS, PFOA en GenX. PFAS worden in veel producten gebruikt. Daardoor zijn deze stoffen in het milieu terechtgekomen. Dat is ook gebeurd doordat fabrieken PFAS hebben uitgestoten en door incidenten waarbij de stoffen vrijkwamen. De stoffen zitten nu onder andere in de bodem, in bagger en in het grond- en oppervlaktewater.

Op basis van de concentraties zijn voor twee veelvoorkomende PFAS (PFOS en PFOA) zogenoemde achtergrondwaarden bepaald. Een achtergrondwaarde geeft aan hoeveel PFAS er al in de bodem zit. Als grond een lagere concentratie PFAS heeft dan de achtergrondwaarde, dan kan deze grond verplaatst worden binnen de regels van het Besluit bodemkwaliteit.

De achtergrondwaarden gelden voor heel Nederland. In 2019 heeft het RIVM al tijdelijke achtergrondwaarden bepaald. Die waarden waren gebaseerd op beschikbare metingen van derden van PFAS-concentraties in relatief schone gebieden. Om een compleet landelijk beeld te krijgen van de concentraties PFAS in de bodem heeft het RIVM nieuw onderzoek gedaan op meer dan 100 locaties in Nederland.

De nieuwe, landelijke achtergrondwaarden zijn hoger dan de tijdelijke achtergrondwaarden uit 2019. Dit komt omdat toen een extra marge is gebruikt. Door de manier waarop dit onderzoek is uitgevoerd, is dat niet meer nodig.

In het huidige onderzoek zijn niet alleen bodemonsters van landbouw- en natuurlocaties onderzocht, maar ook van bebouwd gebied. Hieruit blijkt dat de concentraties PFAS op deze plekken doorgaans hoger zijn dan op locaties met landbouw- en natuur.

Kernwoorden: PFAS, achtergrondwaarden, bodemonderzoek, PFOS, PFOA, bodemkwaliteit/concentratie

Synopsis

Background values of perfluoroalkyl substances (PFAS) in Dutch soil

RIVM has investigated the concentrations of PFAS substances in the soil at agricultural and natural locations throughout the Netherlands. PFAS stands for polyfluoroalkyl and perfluoroalkyl substances. These are man-made substances that do not occur naturally in the environment. Well-known PFAS are PFOS, PFOA and GenX. PFAS are used in a great many products. As a result, these substances have ended up in the environment. This also occurred due to emissions of PFAS by factories and incidents whereby the substances were released. The substances can now also be found in the soil, in dredging spoil, and in groundwater and surface water.

Based on their concentrations, so-called background values have been determined for two commonly occurring PFAS (PFOS and PFOA). A background value indicates the quantity of PFAS already present in the soil. If the PFAS concentration in a soil is lower than the background value, then that soil may be moved elsewhere according to the rules of the Soil Quality Decree.

The background values apply to all of the Netherlands. In 2019, RIVM already determined temporary background values. These values were based on available measurements of PFAS concentrations by third parties in relatively clean areas. RIVM has carried out a new study at more than 100 locations in the Netherlands in order to obtain a complete national overview of the concentrations of PFAS in the soil.

The new national background values are higher than the temporary background values from 2019. This is because an extra margin was applied in 2019. That is no longer necessary due to the manner in which the new study was carried out.

In the present study, in addition to soil samples from agricultural and natural locations, soil samples were also analysed from built-up areas. The results show that the concentrations of PFAS in the latter areas are generally higher than in agricultural and natural locations.

Keywords: PFAS, background values, soil survey, PFOS, PFOA, soil quality/concentration

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1 Inleiding — 11

- 1.1 Aanleiding en doelstelling — 11
- 1.2 Doelstelling — 11
- 1.3 Leeswijzer — 12

2 Locatieselectie — 13

- 2.1 Algemeen — 13
- 2.2 Uitgangspunten locatieselectie AW2000 (landbouw en natuur) — 13
- 2.3 Uitgangspunten locatieselectie in potentieel beïnvloed gebied — 14
- 2.4 Definitieve vaststelling locaties — 17
- 2.5 Selectie locaties voor TOP-analyse en GenX-bepaling — 19

3 Uitvoering bemonstering en analyse — 21

- 3.1 Inrichting veldwerkzaamheden — 21
 - 3.1.1 Aanvang en verificatie locaties — 21
 - 3.1.2 Samenstellen mengmonsters — 21
 - 3.1.3 Diepte bemonstering — 21
 - 3.1.4 Bijmengingen van bodemvreemd materiaal — 21
 - 3.1.5 Registratie monsternamen — 22
- 3.2 Analyses — 22
- 3.3 Verwerking data — 23

4 Resultaten — 25

- 4.1 Kengetallen PFOS en PFOA — 25
- 4.2 Oppervlaktegewogen achtergrondwaarden PFOS en PFOA — 25
- 4.3 Ruimtelijke verdeling concentraties — 26
- 4.4 Data analyse — 29
 - 4.4.1 Verdelingen PFOS en PFOA — 29
 - 4.4.2 Mate van diffuse belasting: bebouwd/onbebouwd, top laag/ondergrond — 30
 - 4.4.3 Relatie met organisch stof — 31
 - 4.4.4 Relatie met bodemtype en -gebruik achtergrondwaardelocaties — 32
 - 4.4.5 Aanwezigheid PFOS en PFOA in relatie tot aanwezigheid overige PFAS — 33
 - 4.4.6 Relatie afstand tot Chemours — 35
 - 4.4.7 TOP-analyse — 36
 - 4.4.8 GenX — 37

5 Discussie en conclusies — 39

- 5.1 Discussie — 39
 - 5.1.1 De achtergrondwaarden PFAS in relatie tot bestaande achtergrondwaarden — 39
 - 5.1.2 De achtergrondwaarden PFAS in relatie tot de tijdelijke achtergrondwaarden voor PFAS — 39
 - 5.1.3 Regionale verschillen in achtergrondwaarden PFAS — 40
 - 5.1.4 Belasting landbouw/natuur locaties en de bebouwde omgeving — 40
 - 5.1.5 Invloed van diepte op concentraties PFAS — 40
 - 5.1.6 Overige PFAS en precursors — 40

- 5.1.7 Relatie met risicogrenzen voor PFAS in grond — 41
- 5.1.8 Meetnauwkeurigheid en reproduceerbaarheid — 41
- 5.2 Aanbevelingen — 41
 - 5.2.1 Voorzorg risico's beïnvloeding grondwaterkwaliteit — 41
 - 5.2.2 Bodemtypecorrectie — 42
 - 5.2.3 Omgaan met overige PFAS — 42
 - 5.2.4 Onderzoek naar bronnen van PFAS en non-target screening — 42
 - 5.2.5 Vroege signalering door monitoring en beoordeling niet-genormeerde stoffen — 43

6 Literatuur — 45

Bijlage 1. Analysepakket PFAS in grond — 47

Bijlage 2. Kengetallen per component — 48

Samenvatting

Het RIVM heeft onderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid van 29 PFAS-verbindingen in de Nederlandse bodem. Op basis van dit onderzoek kunnen definitieve achtergrondwaarden worden vastgesteld voor twee soorten PFAS: PFOS en PFOA. De achtergrondwaarden geven de bovengrens aan van de concentraties van PFOS en PFOA die in onverdachte gebieden aangetroffen kunnen worden. Dat zijn gebieden waar geen PFAS in grond verwacht kan worden door de nabijheid van puntbronnen.

Voor PFOS adviseert het RIVM een achtergrondwaarde van 1,4 microgram per kilogram droge stof. Voor PFOA is dit 1,9 microgram per kilogram droge stof. De waarden zijn opgenomen in Tabel 1.1. Op basis van deze achtergrondwaarden kan het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat besluiten om het 'Tijdelijk handelingskader voor hergebruik van PFAS-houdende grond en baggerspecie' (hierna Tijdelijk handelingskader PFAS) (Ministerie van IenW, 2019) aan te passen. Wanneer de concentraties van PFOS en PFOA in grond of bagger niet hoger zijn dan de achtergrondwaarden, is deze volgens de uitgangspunten van het Besluit bodemkwaliteit geschikt voor elke functie en mag deze overal op de landbodem worden toegepast.

Tabel 1.1 Achtergrondwaarden PFOS en PFOA in grond

Stof	Achtergrondwaarde (µg/kg ds)
PFOS	1,4
PFOA	1,9

Toetsing aan de eerder door RIVM afgeleide risicogrenzen voor deze PFAS (Wintersen & Otte, 2019) laat zien dat er op het niveau van de achtergrondwaarden geen sprake is van risico's voor de gezondheid of overschrijding van effectniveaus voor het ecosysteem.

De achtergrondwaarden uit dit rapport zijn gebaseerd op concentraties in relatief onbelaste gebieden. Dit betekent dat op belaste locaties deze achtergrondwaarden overschreden kunnen worden, waardoor toepassing van grond of bagger niet mogelijk is. Dit geldt bijvoorbeeld voor de omgeving van Chemours in Zuid-Holland en voor Helmond. In die gebieden kan met het vaststellen van bodemkwaliteitskaarten en/of regionale achtergrondwaarden het grondverzet worden geregeld.

Op dit moment is nog niet goed bekend hoe PFAS zich verplaatsen door bodem en grondwater. Daarom wordt geadviseerd om bij het verplaatsen van grond en bagger naar grondwaterbeschermingsgebieden gebruik te maken van materiaal dat minstens van dezelfde kwaliteit als de bodem die op die plaatsen al aanwezig is.

De overige PFAS die in dit onderzoek zijn geanalyseerd werden slechts sporadisch in landbouw- en natuurgebieden aangetroffen. Voor deze stoffen worden daarom geen achtergrondwaarden voorgesteld. Om problemen door incidenteel verhoogde concentraties van andere PFAS dan PFOS en PFOA te voorkomen, adviseert het RIVM de norm voor

landbouw en natuur voor deze stoffen gelijk te stellen aan de (lagere) norm voor PFOS.

Over PFAS

PFAS (poly- en perfluoralkylstoffen) zijn door de mens gemaakte stoffen die van nature niet in het milieu voorkomen. Ze zitten in allerlei producten omdat ze water, vet en vuil afstoten. Door gebruik van deze producten, door fabrieksemissies en incidenten zijn PFAS in het milieu terechtgekomen en zitten ze in de bodem, in bagger en in het grond- en oppervlaktewater. De laatste jaren bleek PFAS op meer plekken in het milieu voor te komen dan eerder gedacht.

Relatie met tijdelijke achtergrondwaarden 2019

Bij het vaststellen van het Tijdelijk handelingskader PFAS was de landelijke achtergrondwaarde voor PFAS in Nederland nog niet beschikbaar. Daarom heeft het Ministerie het RIVM eerder verzoekt om vóór 1 december 2019 tijdelijke achtergrondwaarden te bepalen. De tijdelijke achtergrondwaarden werden gebaseerd op onderzoeken van derden die op dat moment beschikbaar waren. Voor de definitieve landelijke achtergrondwaarden uit dit rapport heeft nieuw bodemonderzoek plaatsgevonden. De achtergrondwaarden zijn gebaseerd op meer dan 100 monsters die verspreid over Nederland zijn verzameld in landbouw- en natuurgebieden. Daarmee vormt dit onderzoek een afspiegeling van het bereik van de concentraties die kunnen worden aangetroffen in het landelijk gebied.

PFAS in bebouwd gebied en overige PFAS

Omdat er nog veel onbekend is over de verspreidingsroutes en bronnen van PFAS in ons milieu, is er bij dit onderzoek gekeken naar meer dan alleen het voorkomen van PFAS in landbouw- en natuurgebieden. Hiervoor is een selectie van locaties in bebouwd gebied (stedelijk en industrie) bemonsterd. Daarnaast is met een zogenaamde TOP-analyse onderzocht of er mogelijk nog andere PFAS verbindingen dan PFOS en PFOA in de bodem verwacht kunnen worden.

Het aanvullend onderzoek laat zien dat de belasting van de bodem met PFAS in bebouwd gebied hoger is dan die in landelijk gebied. Dit geldt zowel voor de toplaag (0-20 cm) van de bodem als voor de wat dieper gelegen laag tot 1 meter beneden het maaiveld. Een mogelijke verklaring hiervoor is het gebruik van PFAS in uiteenlopende toepassingen, zoals brandblusschuim, textiel en tal van andere producten.

De TOP-analyse heeft niet uitgewezen dat er naast PFOS en PFOA ook nog in grote mate andere PFAS aanwezig zijn in de landbodem. Dit is een aanwijzing dat PFOS en PFOA de belangrijkste PFAS zijn die we op dit moment in de bodem kunnen verwachten. Echter, met een TOP-analyse kunnen niet alle PFAS in relatief lage concentraties in beeld worden gebracht. Het is daarom aan te raden om in de toekomst steekproefsgewijs de bodem en het grondwater te screenen op PFAS en andere opkomende stoffen, om te voorkomen dat er opnieuw grootschalige diffuse verontreinigingen in de bodem kunnen ontstaan.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doelstelling

PFAS (poly- en perfluoralkylstoffen) zijn in veel producten toegepast. Daardoor, en door fabrieksemissies en incidenten, zijn PFAS in het milieu terechtgekomen en worden zij onder andere aangetroffen in de bodem, in bagger en in het grond- en oppervlaktewater. Voor het bodembeheer, en met name het grondverzet, vormen de achtergrondwaarden de 'altijd toepasbaar-grens' (Figuur 1.1). Beneden de achtergrondwaarde is grond vrij toepasbaar op de landbodem. De argumentatie hiervoor is dat we aan bestaande diffuse verontreinigingen nu niets meer kunnen veranderen (NOBO, 2008).

Figuur 1.1 Achtergrondwaarden in beleid voor hergebruik



Bij het vaststellen van het 'Tijdelijk handelingskader voor hergebruik van PFAS-houdende grond en baggerspecie' (Ministerie van IenW, 2019) (hierna Tijdelijk handelingskader PFAS) was de landelijke achtergrondwaarde voor PFAS in Nederland nog niet beschikbaar. Daarom werd door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, overeenkomstig het voorzorgbeginsel de (laboratorium)bepalingsgrens als voorlopige achtergrondwaarde gehanteerd.

In het najaar van 2019 zijn voor het eerst tijdelijke achtergrondwaarden vastgesteld voor PFOS en PFOA van respectievelijk 0,9 µg/kg en 0,8 µg/kg (Wintersen et al., 2019). Om in korte tijd tot een advies voor tijdelijke achtergrondwaarden te komen is toen gebruik gemaakt van beschikbare PFAS meetgegevens in onverdachte gebieden. Deze data zijn verkregen van provincies, gemeenten en waterschappen. Bij het vaststellen van de tijdelijke achtergrondwaarden is rekening gehouden met de beperkingen van de beschikbare onderzoeken, zoals de beperkte mate van geografische spreiding en verschillen in monsterdiepte en analysemethoden. Om te voorkomen dat onbedoeld toch concentraties uit brongebieden werden meegenomen, is een lagere percentielwaarde (P80) uit de verdeling van concentraties gekozen dan de gebruikelijke P95-waarde.

1.2 Doelstelling

In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd ten behoeve van de vaststelling van definitieve achtergrondwaarden voor de stoffen PFOS en PFOA op basis van een nieuw landsdekkend bodemonderzoek. De doelstellingen van het onderzoek waren:

1. Bepalen van het voorkomen van en – indien mogelijk – vaststellen van de achtergrondwaarden voor de 28 PFAS uit het analysepakket behorende bij het tijdelijk handelingskader PFAS

- op basis van 100 landbouw- en natuurlocaties verspreid over Nederland;
2. Bepalen van de diffuse belasting van de bodem met PFAS in bebouwde gebieden ('wonen' en 'industrie') en vaststellen of er een verschil is in belasting ten opzichte van de landbouw- en natuurlocaties uit doelstelling 1;
 3. Nadere analyse op een subselectie van 100 monsters gericht op oxideerbare precursors middels een TOP-analyse¹ en aanvullende analyse op de PFAS-verbinding GenX².

Doelstellingen 2 en 3 vormen een uitbreiding op de 'reguliere' onderzoeksstrategie voor de bepaling van achtergrondwaarden in bodem. PFAS vormen een nieuwe groep van diffuus voorkomende stoffen in bodem. Door ook de aanwezigheid van PFAS in de bodem in bebouwd gebied te onderzoeken (doelstelling 2) wordt een indicatie verkregen van de belasting van de bodem in meer door mensen beïnvloed gebied. Een verschil in belasting kan het resultaat zijn van een intensiever gebruik van PFAS houdende producten en toepassingen op deze locaties.

Tenslotte, door op een subselectie van de monsters aanvullend een analyse op GenX en zogenaamde precursors uit te voeren, wordt een indicatie verkregen van het voorkomen van PFAS in de bodem die niet in het huidige standaardanalysepakket zijn opgenomen.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 gaat in op de selectie van locaties in relatie tot eerder uitgevoerd achtergrondwaarde-onderzoek en de identificatie van bemonsteringslocaties passend bij doelstellingen 2 en 3.

In Hoofdstuk 3 worden de belangrijkste uitgangspunten van de bemonstering en analyse beschreven.

Hoofdstuk 4 bevat de resultaten van het onderzoek. Naast de achtergrondwaarden zelf, worden hier ook de resultaten van het aanvullend onderzoek getoond en worden relaties gelegd tussen de waarnemingen van PFAS en andere bodemparameters en bodemeigenschappen.

Tenslotte volgen in Hoofdstuk 5 de discussie en conclusies op basis van het onderzoek.

Het bodemonderzoek is in opdracht van het ministerie van IenW en het RIVM uitgevoerd door Tauw Nederland. De analyses van de bodemonsters zijn uitgevoerd door Eurofins. Dit rapport vat de resultaten van het bodemonderzoek samen. Een meer gedetailleerde beschrijving van het onderzoek en de individuele analyseresultaten op het niveau van individuele monsters vindt u op de website van het RIVM. De data die zijn verkregen met dit achtergrondwaardeonderzoek worden daarnaast enige tijd na publicatie ook ontsloten op de Atlas Leefomgeving: <https://www.atlasleefomgeving.nl/kaarten>.

¹ TOP: Total Oxidizable Precursors

² Commerciële benaming voor de PFAS-verbinding HFPO-DA (2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluoropropoxy) propaanzuur, of FRD902/FRD903). GenX maakt geen onderdeel uit van het analysepakket onder het Tijdelijk handelingskader PFAS omdat de bepaling relatief kostbaar is en omdat GenX op grond van de relatief hoge mobiliteit waarschijnlijk slechts kort in de bovengrond verblijft voordat uitspoeling plaatsvindt.

2 Locatieselectie

2.1 Algemeen

De bemonstering beslaat twee tranches van locaties:

- a) 100 AW2000-locaties (landbouw en natuur, zie 2.2);
- b) 100 locaties in bebouwd gebied (stedelijk en industrie).

Evenals voor de al bestaande achtergrondwaarden voor diffuus voorkomende stoffen zijn in dit onderzoek 100 landbouw- en natuurlocaties verspreid over Nederland geselecteerd voor de bemonstering. Daarnaast zijn 100 aanvullende locaties in bebouwd gebied geïdentificeerd. De bemonstering vindt plaats op twee dieptes: 0 – 20 cm minus maaiveld en 50 – 100 cm minus maaiveld.

2.2 Uitgangspunten locatieselectie AW2000 (landbouw en natuur)

AW2000 staat voor het onderzoek naar de achtergrondgehalten in Nederland van een selectie van stoffen die algemeen in de Nederlandse landbodem kunnen worden aangetroffen (Lamé et al., 2004). De term achtergrondgehalte werd in het kader van dit onderzoek als volgt gedefinieerd:

'De gehalten zoals die op dit moment voorkomen in de bodem van natuur- en landbouwgronden waarvoor geldt dat er geen sprake is van belasting door lokale verontreinigingsbronnen.'

In het kader van het opstellen van het programma van eisen voor de uitvoering van de veldwerkzaamheden in 2002 zijn door Alterra 100 locaties geselecteerd waar monsters dienen te worden genomen. De selectie heeft in eerste instantie plaatsgevonden op basis van kaartmateriaal in combinatie met de vastgestelde indeling van Nederland op basis van bodemgebruik, bodemtype en geologische kenmerken. Na deze eerste selectie is op basis van een nadere beschouwing vastgesteld of de geselecteerde punten daadwerkelijk binnen de vastgestelde indeling vielen en of deze voldeden aan andere gestelde randvoorwaarden zoals de afstand tot (mogelijke) lijn- of puntbronnen (Lamé et al., 2004).

Voor het huidige onderzoek vormde in de eerste plaats de bestaande set van 100 AW2000 locaties het vertrekpunt. Voor iedere locatie is opnieuw nagegaan of de eisen ten aanzien van 'relatief niet beïnvloed' nog altijd van toepassing zijn. Indien een locatie afviel, vanwege een gewijzigd bodemgebruik, de (mogelijke) nabijheid van bronnen van PFAS of bijvoorbeeld doordat toestemming voor bemonstering niet werd gegeven, dan werd een alternatieve locatie in de nabijheid van het oorspronkelijke punt genomen binnen dezelfde categorie (bodemgebruik en -type). Dit heeft geleid tot de volgende verdeling (zie Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Verdeling meetlocaties over type landgebruik en grondsoort voor de beïnvloede locaties.

Landgebruik	Grondsoort	Aantal locaties
Landbouw	rivierklei	10
	veen	5
	zand	35
	zeeklei	29
Landbouw totaal		79
Natuur	rivierklei	2
	veen	3
	zand	14
	zeeklei	2
Natuur totaal		21
Totaal		100

Er bleken 10 locaties binnen een straal van 50 km van Chemours te liggen. Deze locaties zijn gehandhaafd, maar worden aangemerkt als 'potentieel beïnvloed'. Aanvullend zijn er 10 alternatieve locaties gezocht die verder dan 50 km van Chemours verwijderd liggen. Hierbij is rekening gehouden met de verdeling uit Tabel 2.1, zodat deze hetzelfde bleef als bij de oorspronkelijke 100 locaties. Verder zijn er per categorie 200 reservelocaties geselecteerd, voor het geval er geen toestemming zou worden verleend voor bemonstering, of als een locatie niet toegankelijk bleek te zijn. Deze reservelocaties zijn geselecteerd op basis van een gestratificeerde aselecte steekproef, waarbij de volgende voorwaarden gelden:

- een minimaal aaneengesloten zacht oppervlak van 100 m²;
- niet in de uiterwaarden;
- niet binnen 50 km van Chemours.

2.3 Uitgangspunten locatieselectie in potentieel beïnvloed gebied

Eén van de doelen van dit project is het verkrijgen van een landsdekkend beeld van de verspreiding van PFAS over Nederland op twee dieptes (0-20 cm en 50 – 100 cm ten opzichte van het maaiveld). Daarbij gaat de belangstelling niet uitsluitend uit naar de relatief onbeïnvloede AW2000-locaties, maar ook naar een doorsnede van de in Nederland voorkomende bodemgebruiken waarbij juist wel sprake is van beïnvloeding door mensen. Hiervoor werden verspreid over Nederland 100 locaties geselecteerd, waarbij de indeling naar bodemtype uit AW2000 werd overgenomen, maar de indeling naar bodemgebruik werd vervangen door de volgende gebruiken: stedelijk en industrie. De omvang van de verschillende categorieën werd bepaald aan de hand van het voorkomen van de bodemtypes en -gebruiken in Nederland op basis van de actuele Landgebruik kaart (CBS, 2015) en de grondsoorten kaart (zie Tabel 2.2).

Tabel 2.2 Verdeling meetlocaties over type landgebruik en grondsoort voor de potentieel beïnvloede locaties.

Landgebruik	Bodemtype	Aantal locaties
Stedelijk	rivierklei	5
	veen	4
	zand	22
	zeeklei	14
Stedelijk totaal		45
Industrie	rivierklei	5
	veen	4
	zand	22
	zeeklei	14
Industrie totaal		45
Sub Totaal		90
AW2000 locaties binnen 50 km Chemours		10
Totaal		100

De locaties zijn geselecteerd op basis van een gestratificeerde aselecte steekproef. Bij de selectie van locaties in stedelijk gebied gelden de volgende randvoorwaarden:

- Binnen grenzen stedelijk gebied (zie lijst hieronder);
- minimaal 100 m² aaneengesloten zacht oppervlak;
- Geen locaties in de uiterwaarden;
- Geen locaties in gebieden met glastuinbouw;
- Geen locaties op de waddeneilanden.

Stedelijk gebied is hierbij gedefinieerd volgens het bestand Bodemstatistiek 2015 (CBS, 2015):

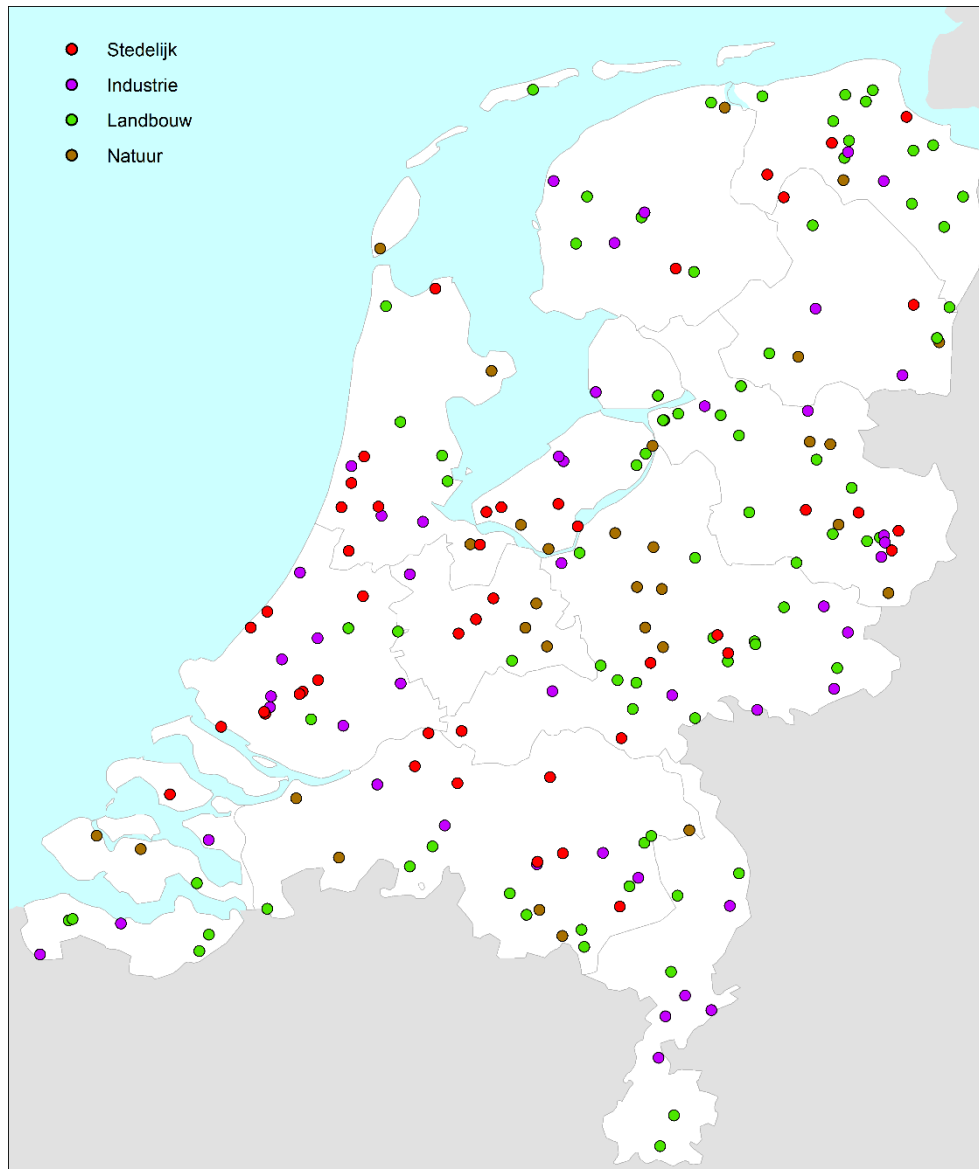
- Woongebied;
- Detailhandel;
- Openbare voorziening;
- Sociaal-culturele voorziening;
- Begraafplaats;
- Sportterrein;
- Volkstuin;
- Verblijfsrecreatie.

Bij de selectie van locaties in industriegebieden gelden de volgende randvoorwaarden:

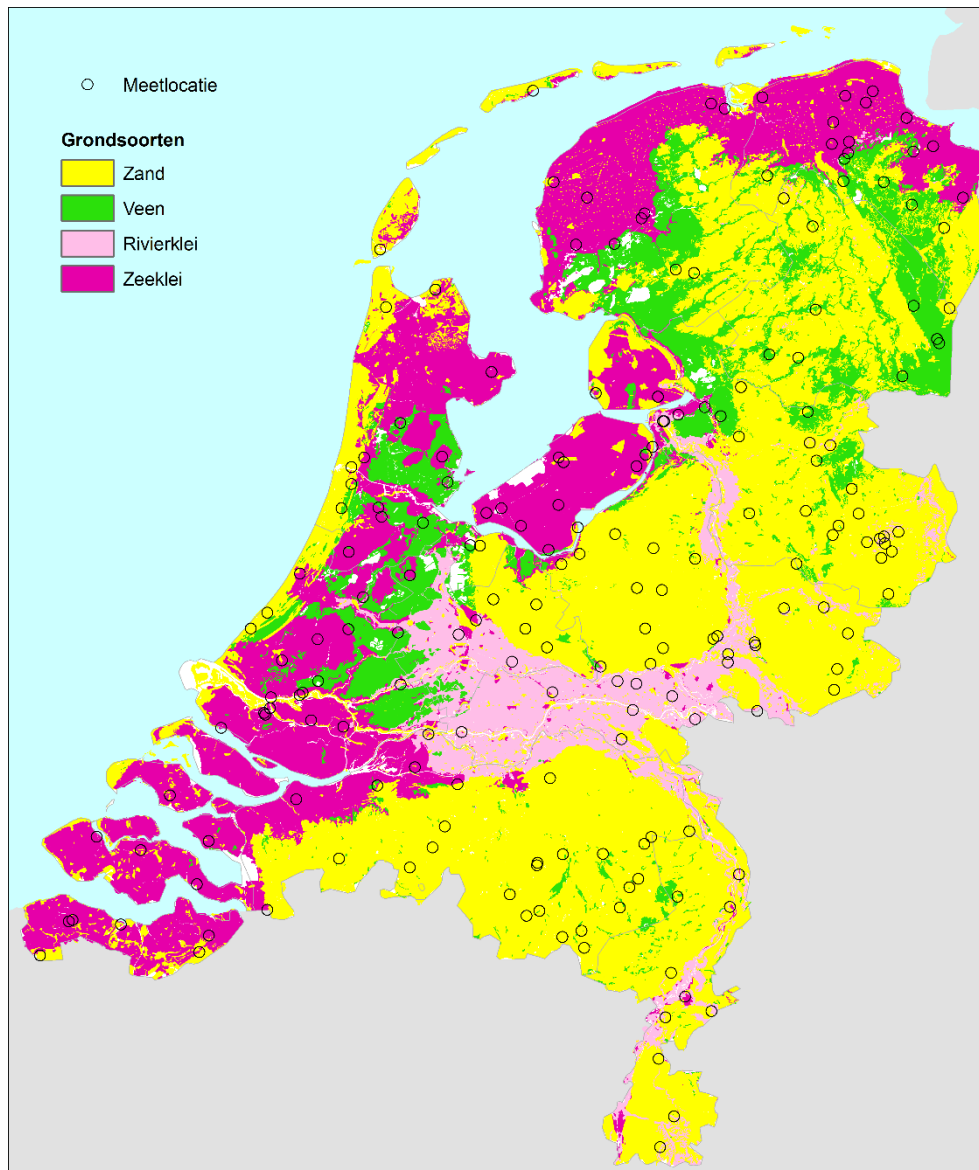
- Binnen grenzen industriegebied;
- Niet binnen terreingrens van BRZO (Besluit risico's zware ongevallen) i.v.m. toegankelijkheid;
- minimaal 100 m² aaneengesloten zacht oppervlak;
- geen locaties in de uiterwaarden;
- Geen locaties in gebieden met glastuinbouw;
- Geen locaties op de waddeneilanden.

De grenzen van industriegebied zijn afgeleid van de categorie "Bedrijfsterrein" volgens het bestand Bodemstatistiek 2015.

De ruimtelijke ligging van de meetlocaties en de onderverdeling naar categorieën is zichtbaar gemaakt in Figuren 2.1 en 2.2.



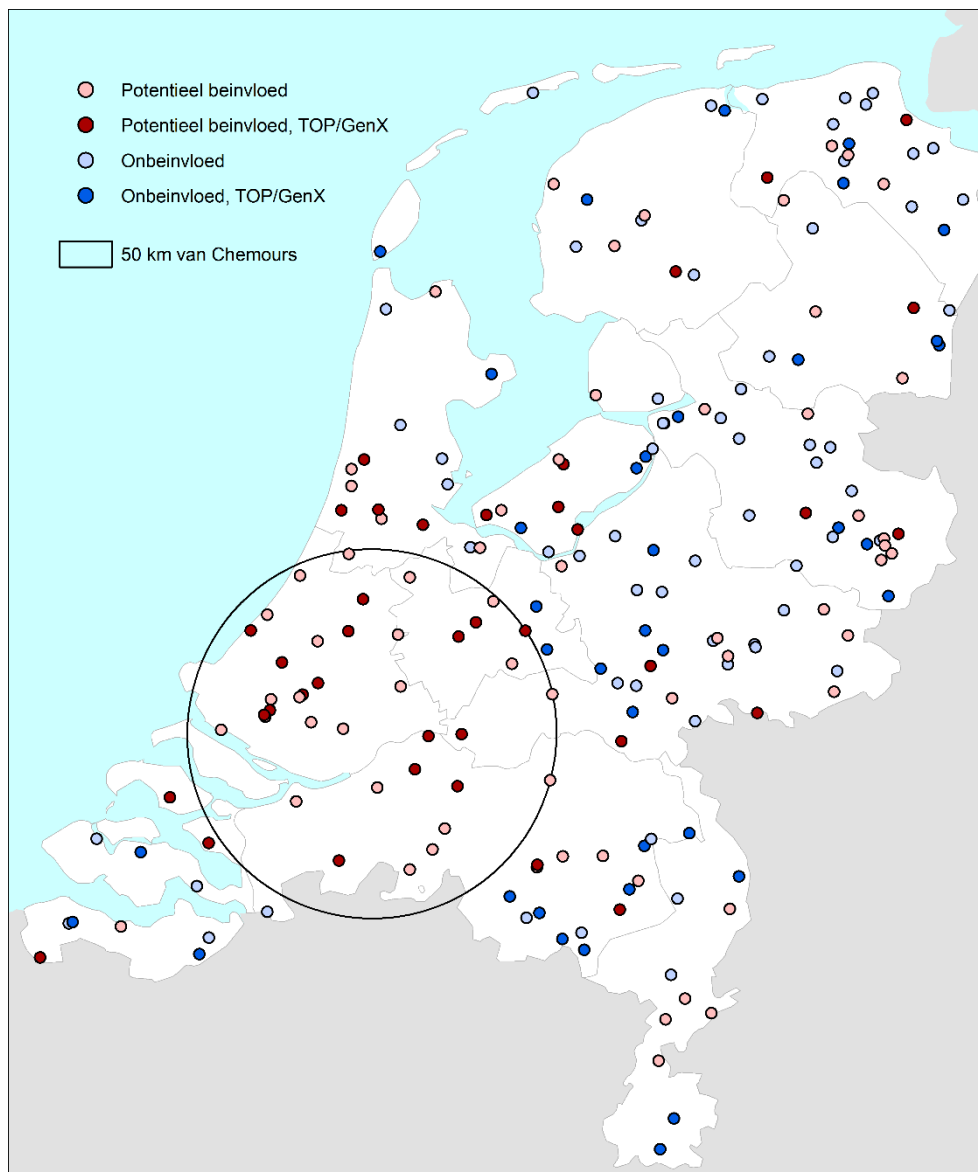
Figuur 2.1 Ligging van de definitieve meetlocaties en onderverdeling naar type landgebruik. Landbouw en natuurlocaties binnen 50km van Chemours zijn wel bemonsterd, maar niet gebruikt voor de bepaling van de achtergrondwaarden.



Figuur 2.2 Ligging van de definitieve meetlocaties met de verdeling naar grondsoorten in Nederland.

2.4 Definitieve vaststelling locaties

Uiteindelijk zijn er 201 locaties geselecteerd, waarvan er 100 locaties beïnvloed zijn en 101 locaties potentieel beïnvloed (Figuur 2.3).



Figuur 2.3 Ligging van de definitieve meetlocaties met onderverdeling naar type. De cirkel betreft een straal van 50 kilometer om Chemours

Van de 200 oorspronkelijk geplande locaties zijn 55 locaties komen te vervallen. De reden voor het vervallen was veelal het niet krijgen van toestemming voor onderzoek op de locaties met landgebruik landbouw. De vervallen locaties zijn vervangen voor reservelocaties. Binnen deze reservelocaties is zoveel mogelijk gestreefd om de indeling uit de oorspronkelijke selectie in stand te houden. Echter in 6 gevallen is omwille van het tijdig afronden van het onderzoek het landgebruik van de locatie veranderd van landbouw naar natuur. Hierbij is het bodemtype wel gelijk gehouden.

Daarnaast is op één locatie enkel de bovengrond bemonsterd. Om deze reden is op een extra locatie enkel de ondergrond bemonsterd. In totaal zijn er daarom op 201 definitieve locaties bemonsterd.

2.5 Selectie locaties voor TOP-analyse en GenX-bepaling

Uit de 200 definitieve monsterlocaties zijn 25 locaties geselecteerd voor een aanvullende GenX en TOP-analyse op beide dieptes. Daarnaast zijn nog eens 50 locaties geselecteerd voor aanvullende GenX en TOP-analyse op enkel de bovengrond. Bij de selectie van deze locaties is rekening gehouden met de geografische spreiding, hoofdcategorie, landgebruik en bodemtype. Tabel 2.3 geeft een overzicht van de verdeling van de bodemtypen over de geselecteerde locaties. De locaties waar TOP en GenX zijn bepaald, zijn aangegeven in Figuur 2.3.

Tabel 2.3 Verdeling locaties voor analyse op GenX en TOP-analyse
Hoofdcategorie Landgebruik Bodemtype Bovengrond Boven- en ondergrond

Bodemtype	beïnvloed	onbeïnvloed	Totaal
Boven- en ondergrond	13	12	25
rivierklei	2	4	6
veen	2	1	3
zand	6	4	10
zeeklei	3	3	6
Bovengrond	25	25	50
rivierklei	4	1	5
veen	3	2	5
zand	9	17	26
zeeklei	9	5	14
Eindtotaal	38	37	75

3 Uitvoering bemonstering en analyse

3.1 Inrichting veldwerkzaamheden

3.1.1

Aanvang en verificatie locaties

Nadat de locatieselectie definitief werd gemaakt, zijn de veldwerkzaamheden uitgevoerd in de periode van 27 januari tot en met 27 februari 2020. Op de eerste veldwerkdag is de onderzoeksopzet met alle betrokken veldmedewerkers besproken en is één locatie gezamenlijk bemonsterd. Op deze manier is een zoveel mogelijk uniforme wijze van monsternamen als vertrekpunt gehanteerd. Bijzondere aandacht is besteed aan het voorkomen van contaminatie van monstermateriaal.

Ter plekke werd geverifieerd of de locatie voldeed aan de uitgangspunten van de selectie beschreven in Hoofdstuk 2 en of er voldoende ruimte was om bemonstering op basis van het vereiste raster plaats te laten vinden. Indien nodig zijn kleine verplaatsingen ten opzichte van de oorspronkelijke coördinaten doorgevoerd. Het uitgangspunt daarbij was dat steeds aan de voorwaarden van de locatieselectie werd voldaan. De definitieve coördinaten van bemonstering zijn opgeslagen in een projectdatabase en terug te vinden in de begeleidende informatie bij dit rapport.

3.1.2

Samenstellen mengmonsters

Nadat een locatie definitief geschikt is bevonden als bemonsteringslocatie op basis van de uitgangspunten beschreven in Hoofdstuk 2 en de verificatiestap, zijn de veldwerkzaamheden uitgevoerd conform de beoordelingsrichtlijn 2000, protocol 2001 (SIKB, 2018). Een afwijking ten opzichte van dit protocol is dat is gekozen voor samenstelling van de mengmonsters in het veld in plaats van in het laboratorium. Dit is consistent met de aanpak in het AW2000 project en tevens levert het meer relatief homogeen monstermateriaal op voor eventuele heranalyses of vervolgonderzoeken gebaseerd op hetzelfde materiaal. Bij de monsternamen is zoveel mogelijk rekening gehouden met het voorkomen van contaminatie (Expertisecentrum PFAS, 2019).

3.1.3

Diepte bemonstering

De bemonstering vond plaats in het traject van 0-20 cm beneden maaiveld en het traject van 50 – 100 cm beneden maaiveld. Dit betreft een beperkte afwijking ten opzichte van de opzet van het AW2000 project, waarin voor de ondiepe monsters een traject van 0 – 10 cm werd aangehouden. De reden hiervoor is dat een traject van 20 centimeter ten opzichte van het maaiveld reproduceerbaarder is te bemonsteren dan een relatief kort traject van 10 centimeter.

3.1.4

Bijmengingen van bodemvreemd materiaal

Bij bemonstering van bodem bestaat de kans dat zogenaamd bodemvreemd materiaal (bijvoorbeeld puin, afval) wordt aangetroffen. Deze kans is groter in bebouwd gebied. De bemonsteringsstrategie had tot doel om:

1. De hoeveelheid bodemvreemd materiaal in monsters te beperken;

2. De monsternamerasters zo veel mogelijk in stand te houden, met het oog op insluiting van een zo groot mogelijk bodemvolume met de monstername;
3. Voorkomen van te snelle afkeur van locaties in verband met bijmengingen.

Doelen 1 en 2 zijn niet verenigbaar met doelstelling 3, daarom is voor het volgende compromis gekozen tussen het waarborgen van representatieve en kwalitatieve monsters enerzijds en uitvoerbaarheid anderzijds.

1. Indien geen van de boringen meer dan 2% bodemvreemd materiaal wordt aangetroffen, wordt het mengmonster samengesteld uit alle boringen;
2. Indien tot maximaal de helft van de boringen meer dan 2% bodemvreemd materiaal bevat, wordt het mengmonster samengesteld uit uitsluitend de boringen met minder dan 2% bijmenging;
3. Indien meer dan de helft van de boringen bestaat uit bijmengingen tussen 2 en 20%, wordt het monster samengesteld uit de boringen met maximaal 20% bijmenging;
4. Indien meer dan de helft van de boringen meer dan 20% bijmenging bevat wordt de locatie afgekeurd;
5. Indien asbest wordt aangetroffen wordt de locatie afgekeurd (in verband met arboregeling).

In verband met het aantreffen van heterogeen verdeelde bodemvreemde bijmengingen is op drie locaties een aangepaste werkwijze gehanteerd. Hierbij is grond van één (van de negen) boringen buiten het mengmonster van de ondergrond gehouden. Bij één van deze drie locaties is ook grond uit de bovengrond van één boring buiten het mengmonster gehouden. Voor de details van de aangetroffen bodemvreemde bijmenging wordt verwezen naar het begeleidende rapport (TAUW, 2020).

3.1.5 *Registratie monstername*

De monstername werd afgesloten met het vastleggen van de boringen (coördinaten, profielen) in een projectdatabase en het maken van tenminste één overzichtsfoto van de monsternamelocatie.

In totaal zijn 201 locaties bemonsterd, één locatie meer ten opzichte van de onderzoeksopzet. De reden hiervoor is dat op één locatie de ondergrond niet bemonsterd kon worden, omdat deze handmatig niet doorbaarbaar was. Hiervoor is een nabijgelegen reservelocatie geselecteerd waar de ondergrond is bemonsterd. Gedetailleerde informatie over de monsterlocaties kan worden gevonden in de begeleidende informatie bij dit rapport.

3.2 **Analyses**

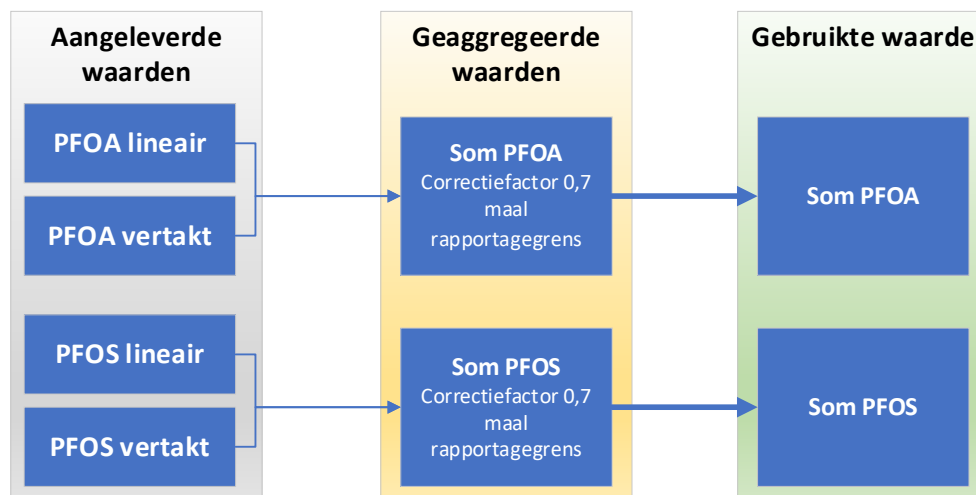
De mengmonsters zijn getransporteerd naar een laboratorium van Eurofins. Van elke locatie zijn de boven- en ondergrondmonsters geanalyseerd op:

- Analysepakket advieslijst PFAS – zie Bijlage 1;
- Zuurgraad (pH-CaCl₂);
- Organisch stof en lutum.

Bij 25 van de 200 locaties is de boven- en ondergrond aanvullend geanalyseerd op GenX en is een TOP-analyse uitgevoerd. Daarnaast is bij 50 locaties alleen de bovengrond aanvullend geanalyseerd op GenX en is een TOP-analyse uitgevoerd. De PFAS verbindingen zijn geanalyseerd op basis van protocol DIN 38414-14 (DIN, 2011).

3.3 Verwerking data

Voor enkele van de PFAS zijn bodemgehalten gerapporteerd voor zowel de som van alle isomeren als de afzonderlijke lineaire en vertakte isomeren. In dit onderzoek is gekozen om zelf de somwaarde te berekenen door de gehalten van de afzonderlijke isomeren te sommeren. Hierbij is rekening gehouden met waarden onder rapportagegrens door een correctiefactor van 0,7 maal de rapportagegrens toe te passen wanneer één van de isomeren als 'onder rapportagegrens' gemeten is. Figuur 3.1 geeft een schematische weergave van de berekening van somwaarden voor PFOS en PFOA.



Figuur 3.1 Schematische weergave berekening van somwaarden

4 Resultaten

4.1 Kengetallen PFOS en PFOA

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het bodemonderzoek op de 200 locaties verspreid over Nederland gepresenteerd. Voor de stoffen PFOS en PFOA worden enkele kengetallen uit de dataset weergegeven in Tabellen 4.1a en 4.1b. Voor de overige PFAS zijn de kengetallen opgenomen in Bijlage 2. De 95-percentiel-waarden in tabellen 4.1a en 4.1b zijn ongewogen naar de strata (zie paragraaf 4.2).

Tabel 4.1a Kengetallen dataset som-PFOS (eenheid: $\mu\text{g}/\text{kg}$ droge stof)

Subdataset	Laag	Gemiddelde	StDev	p25	mediaan	p75	p80	p95
Landbouw/ natuur	0-20	0,56	0,46	0,27	0,37	0,80	0,90	1,4
Landbouw/ natuur	50-100	0,17	0,11	0,14 ³	0,14	0,14	0,14	0,40
Bebouwd	0-20	0,89	0,89	0,37	0,53	1,0	1,4	2,7
Bebouwd	50-100	0,30	0,37	0,14	0,14	0,27	0,30	1,1

Tabel 4.1b Kengetallen dataset som-PFOA (eenheid: $\mu\text{g}/\text{kg}$ droge stof)

Subdataset	Laag	Gemiddelde	StDev	p25	mediaan	p75	p80	p95
Landbouw/ natuur	0-20	0,70	0,63	0,34	0,47	0,87	0,97	1,9
Landbouw/ natuur	50-100	0,28	0,60	0,14	0,14	0,17	0,19	0,49
Bebouwd	0-20	1,1	1,4	0,27	0,47	1,3	1,4	3,3
Bebouwd	50-100	0,40	0,53	0,14	0,24	0,37	0,47	1,3

De stoffen PFOS en PFOA werden op meer dan 89% van alle locaties in de bovengrond boven de rapportagegrens van $0,1 \mu\text{g}/\text{kg}$ aangetroffen. Van de overige PFAS wordt Perfluorbutaan zuur (PFBA) het vaakst boven rapportagegrens aangetroffen. De andere PFAS verbindingen werden nog meer sporadisch aangetroffen (zie Bijlage 2), voor PFBA en de overige PFAS wordt daarom geen achtergrondgehalte voorgesteld op basis van de verdelingen van concentraties.

4.2 Oppervlaktegewogen achtergrondwaarden PFOS en PFOA

Tabel 4.2 geeft de achtergrondwaarden weer voor PFOS en PFOA, gebaseerd op de 95 percentiel van de gewogen concentraties (naar de oppervlakten van de categorieën: indeling naar bodemgebruik en -type zie hoofdstuk 2). Paragraaf 4.4 gaat nader in op de verdelingen van concentraties. Op basis van deze verdelingen, wordt voorgesteld om de waarden uit Tabel 4.2 voor de stoffen PFOS en PFOA te hanteren als achtergrondwaarden. De waarden die zo worden verkregen zijn vergelijkbaar met de op AW2000 gebaseerde achtergrondwaarden voor de stoffen die reeds in de Regeling bodemkwaliteit zijn genormeerd (Infrastructuur en Milieu, 2018).

³ Merk op dat een waarde van $0,14 \mu\text{g}/\text{kg}$ het resultaat is van waarnemingen ter hoogte van de rapportagegrens (zie par. 3.3).

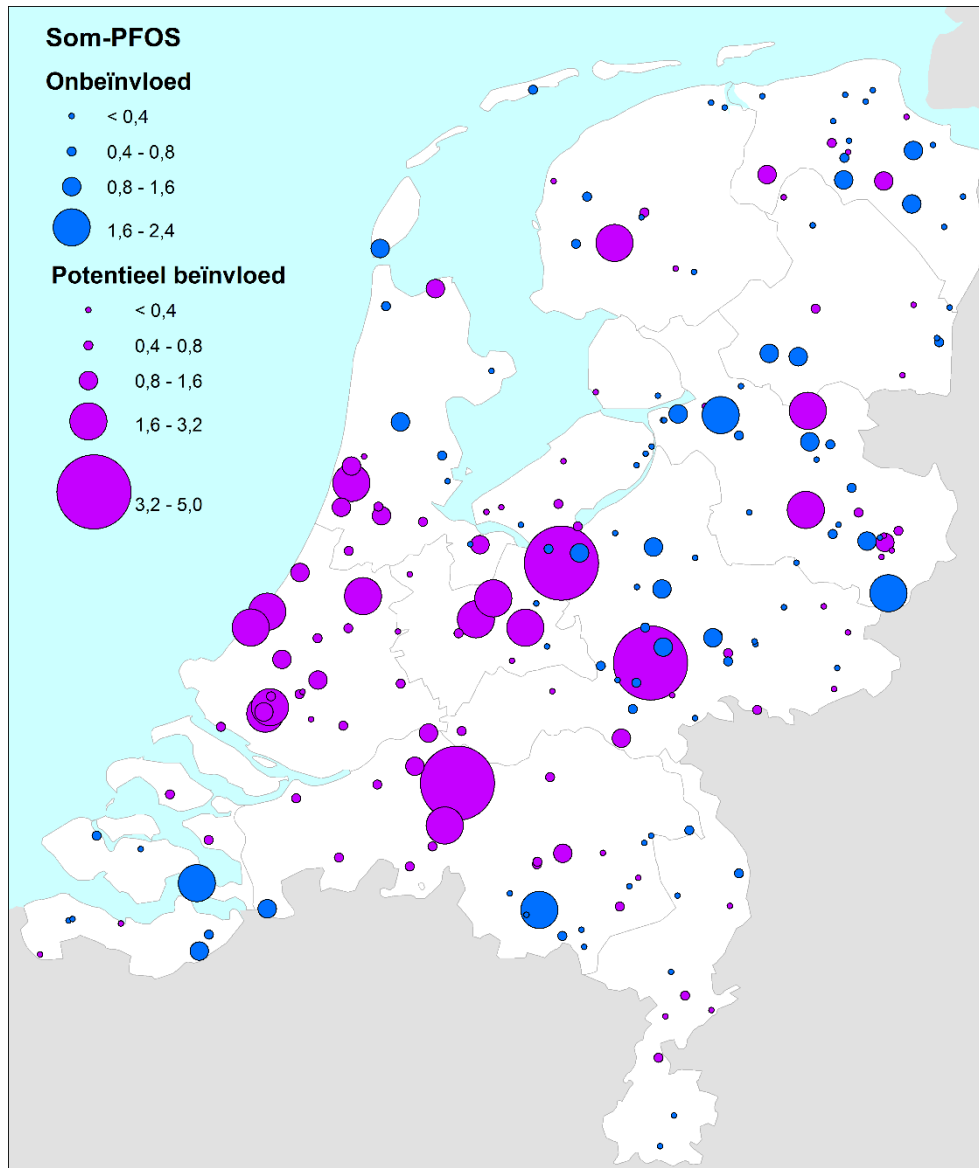
Tabel 4.2 Achtergrondwaarden PFOS en PFOA

Stof	Achtergrondwaarde ($\mu\text{g}/\text{kg ds}$)
PFOS	1,4
PFOA	1,9

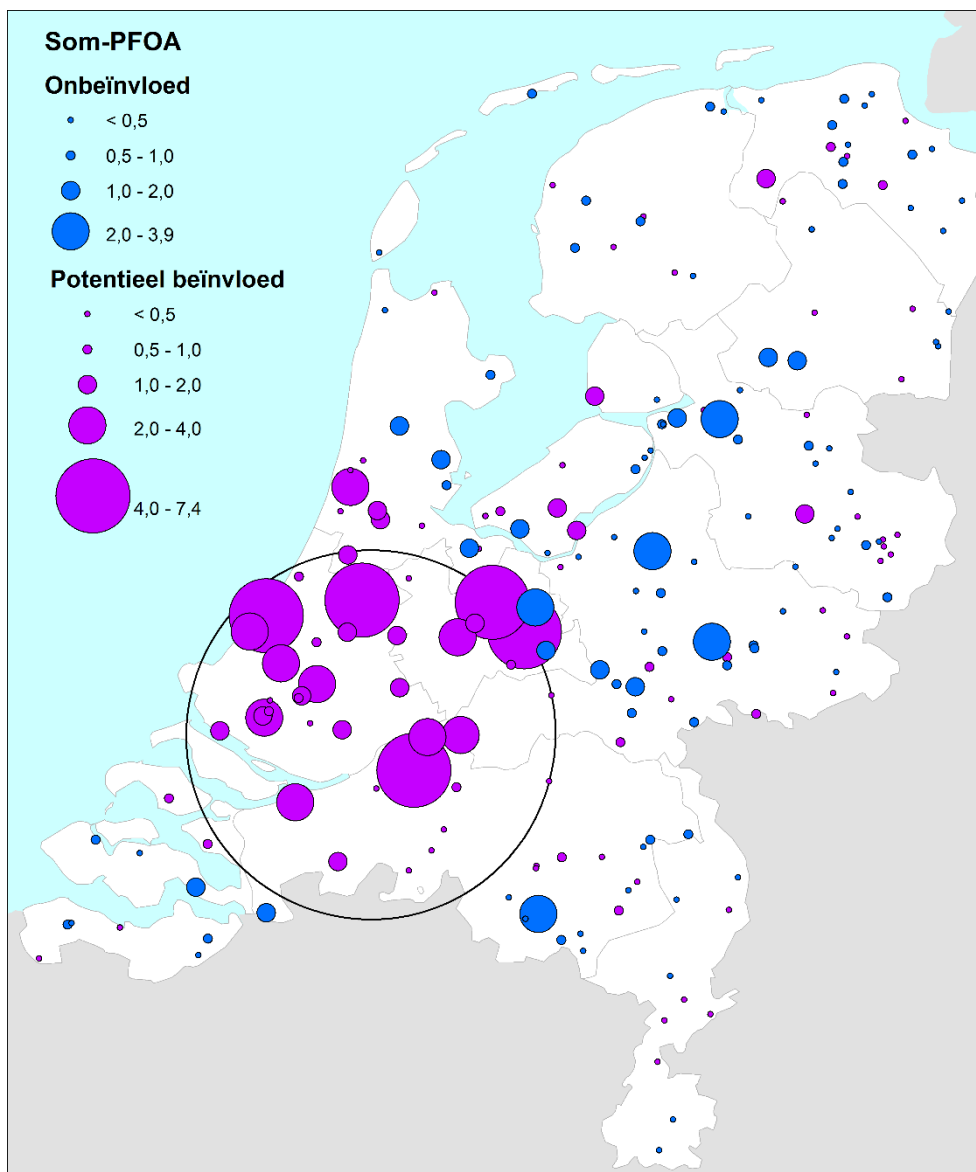
De waarden uit Tabel 4.2 verschillen afgerond op één decimaal niet van de P95 waarden uit tabellen 4.1a en 4.1b. Dit betekent dat de weging op basis van de oppervlakten van de categorieën bodemgebruik en -type niet tot grote verschuivingen leidt, en dat de geselecteerde monsterlocaties voor het achtergrondwaardenonderzoek een goede afspiegeling vormen van de oppervlakten van deze categorieën. Meer informatie over de berekening van de oppervlaktegewogen percentielwaarden kan worden gevonden in de begeleidende documentatie bij dit rapport en in Brus et al. (2009).

4.3 Ruimtelijke verdeling concentraties

De figuren 4.1 en 4.2 geven de ligging van alle monsterlocaties weer. De grootte van de cirkels is een aanduiding van de relatieve concentratie. De kleur geeft aan of het om locaties uit de selectie van landbouw/natuurgebieden gaat, of om een locatie nabij bebouwing.



Figuur 4.1 Ligging meetlocaties en indicatie van de som-PFOS concentratie (toplaag). Concentraties in $\mu\text{g}/\text{kg}$ droge stof.



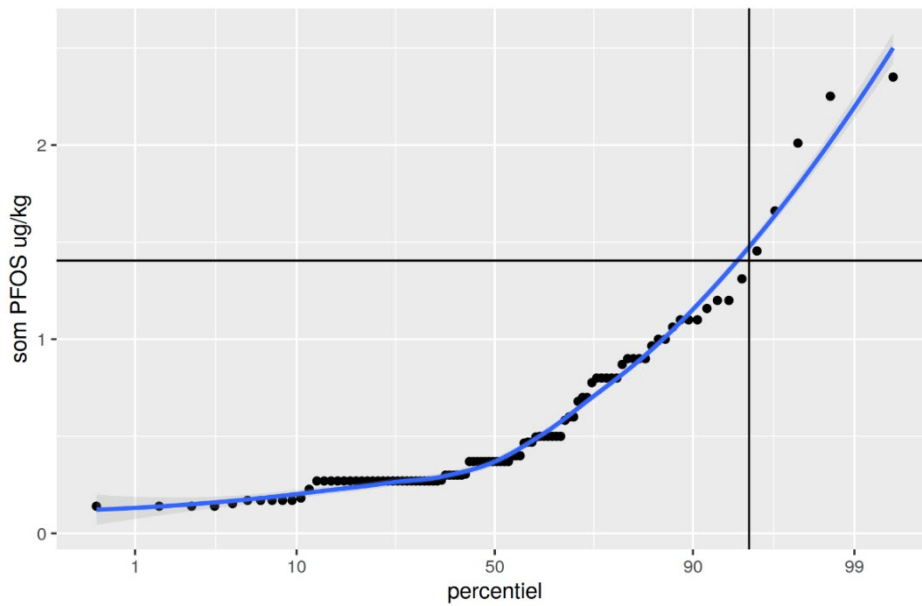
Figuur 4.2 Ligging meetlocaties en indicatie van de som-PFOA concentratie (toplaag). Concentraties in $\mu\text{g}/\text{kg}$ droge stof. De cirkel met straal van 50km is getrokken om de productielocatie in Dordrecht.

De kaarten tonen aan dat de concentraties PFAS over het algemeen hoger zijn in West-Nederland, maar daarnaast zijn een deel van de relatief hoge concentraties uit de verdelingen voor PFOS en PFOA ook uit de rest van Nederland afkomstig. Dit geldt zowel voor de landbouw/natuurgebieden als voor het bebouwd gebied. Voor PFOA is in Figuur 4.2 ook te zien dat de concentraties in het gebied rond Dordrecht duidelijk verhoogd zijn. Alle locaties binnen een straal van 50 kilometer rond Chemours zijn daarom als 'beïnvloed' bestempeld en doen niet mee voor de bepaling van de achtergrondwaarde. Verderop in dit hoofdstuk wordt dit nader beschouwd.

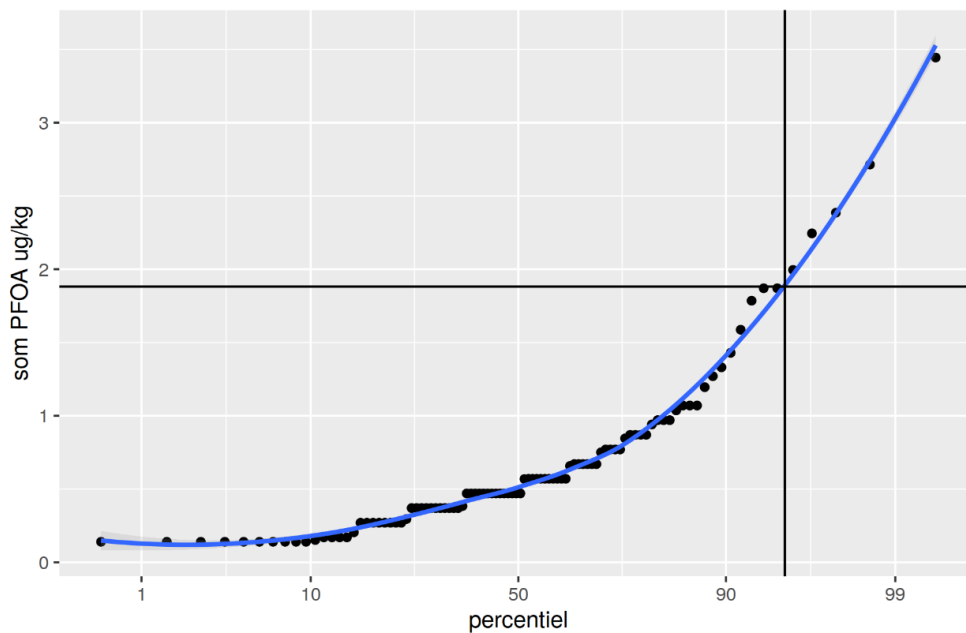
4.4 Data analyse

4.4.1 Verdelingen PFOS en PFOA

De figuren 4.3a en 4.3b tonen de verdelingen van concentraties PFOS en PFOA in de toplaag (0-20 cm-mv) op de landbouw- en natuurlocaties. De verdelingen laten zien dat de invloed van uitbijters beperkt is en daarom kan de 95 percentiel met voldoende betrouwbaarheid geschat worden.



Figuur 4.3a Verdereiding concentraties PFOS achtergrondwaardelocaties (toplaag). De blauwe lijn in deze verdeling en die in de figuur hierna is een hulplijn en is geen representatie van een type verdeling.

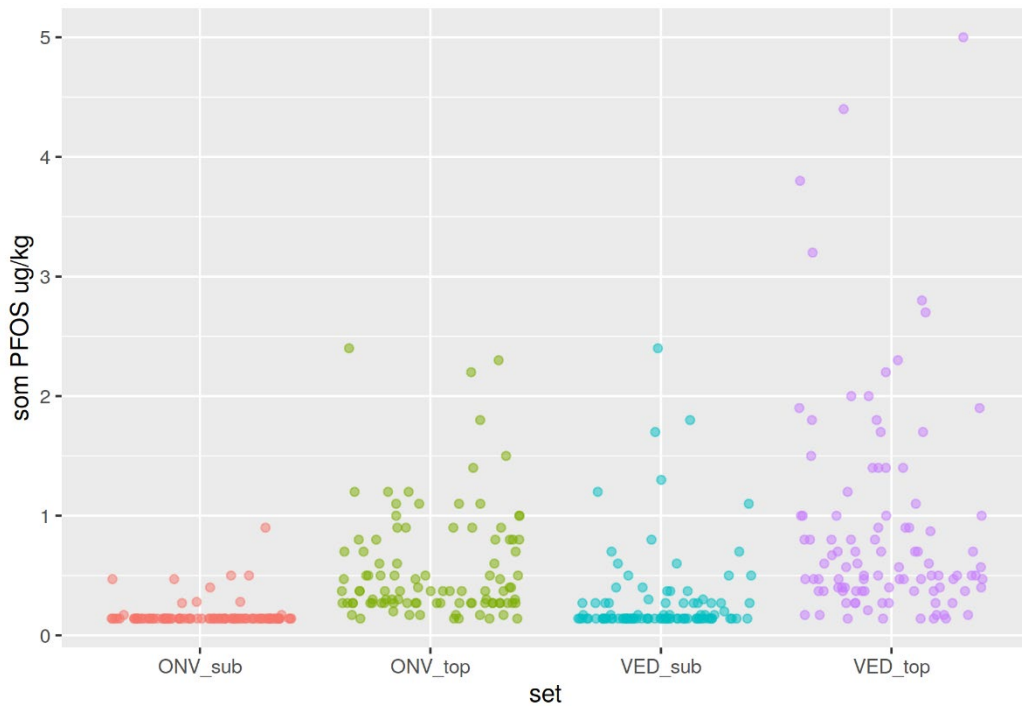


Figuur 4.3b Verdereiding concentraties PFOA achtergrondwaardelocaties (toplaag)

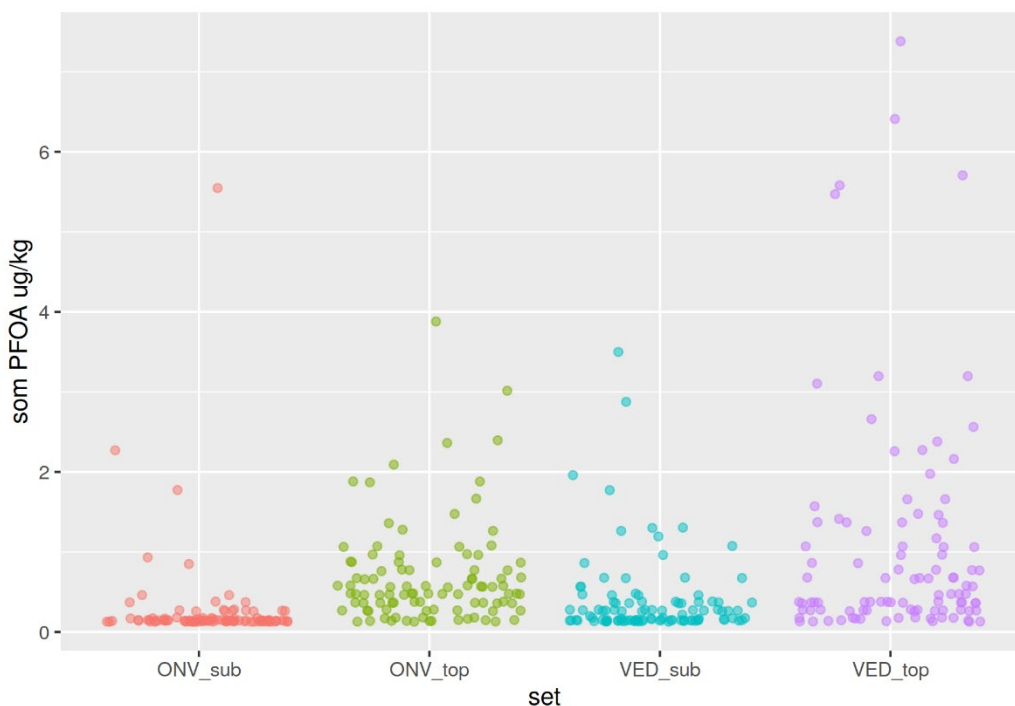
4.4.2

Mate van diffuse belasting: bebouwd/onbebouwd, toplaag/ondergrond

De figuren 4.4a en 4.4b tonen de ligging van alle concentraties voor PFOS en PFOA in zogenaamde jitterplots voor de vier subdatasets (bebouwd/onbebouwd en toplaag (0-20 cm-mv)/ondergrond (50-100 cm-mv)). Te zien is dat de diffuse belasting hoger is in de toplaag en in de bebouwde omgeving. Met andere woorden, de hoogste concentraties PFOS en PFOA worden aangetroffen in de toplaag van de monsters die zijn verkregen op de locaties in bebouwde omgeving.



Figuur 4.4a Subdatasets voor PFOS. ONV = Landbouw/natuur, VED = Stedelijk/industrie. top = 0 - 20 cm-mv, sub = 50 - 100 cm-mv.

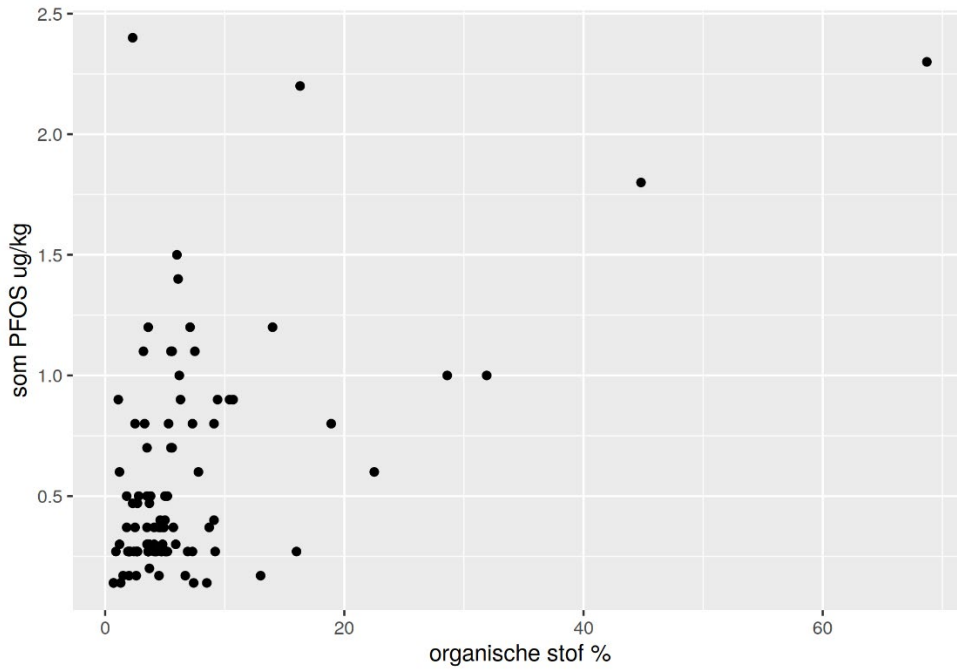


Figuur 4.4b Subdatasets voor PFOA

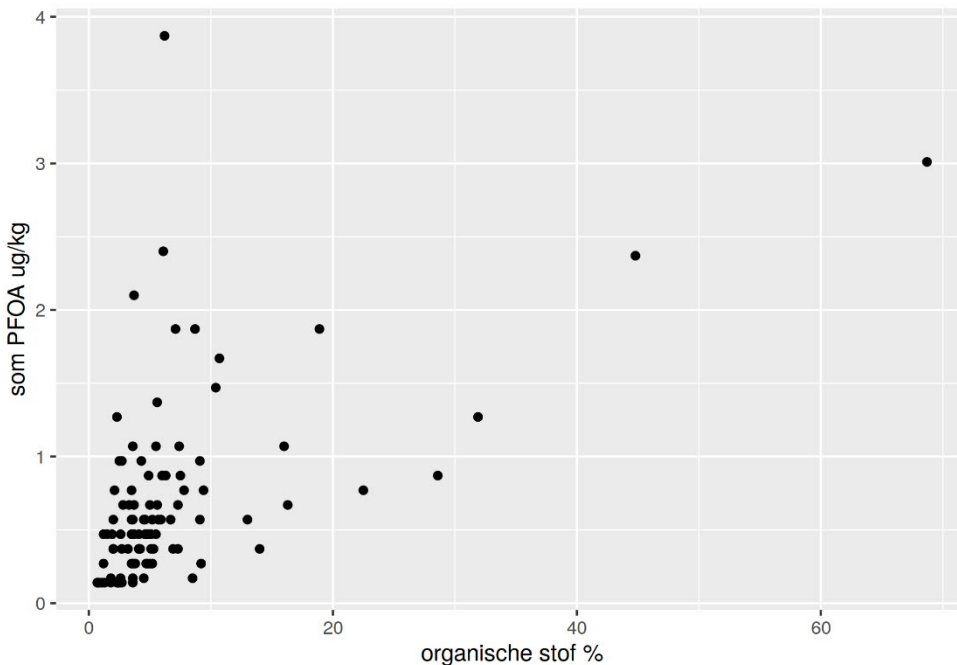
4.4.3

Relatie met organisch stof

De Figuren 4.5a en 4.5b tonen concentraties voor som-PFOS en som-PFOA uitgezet tegen het organisch-stofgehalte (OM in %). Visueel is er geen duidelijk verband zichtbaar tussen het percentage organisch stof en de concentraties PFOS en PFOA. Dit wordt bevestigd door een determinatiecoëfficiënt (R^2) lager dan 0,3 voor beide parameters. Het zwakke verband tussen organisch stof en de PFAS verbindingen wordt waarschijnlijk verklaard doordat de bodem primair door atmosferische depositie is belast. Bodemsoorten met een lagere soortelijke massa, zoals humusrijke veengronden, vertonen als gevolg daarvan relatief de hoogste concentraties.



Figuur 4.5a Som-PFOS ($\mu\text{g}/\text{kg ds}$) in toplaag landbouw/natuur (y-as) vs. Organisch-stofgehalte (als %, x-as)



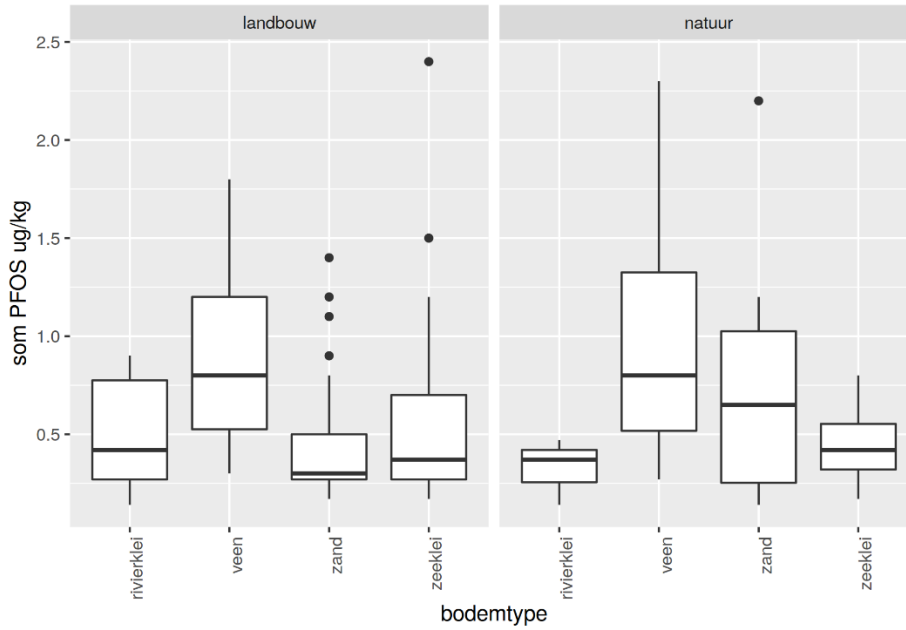
Figuur 4.5b Som-PFOA ($\mu\text{g}/\text{kg ds}$) in toplaag landbouw/natuur (y-as) vs. Organisch-stofgehalte (als %, x-as)

4.4.4

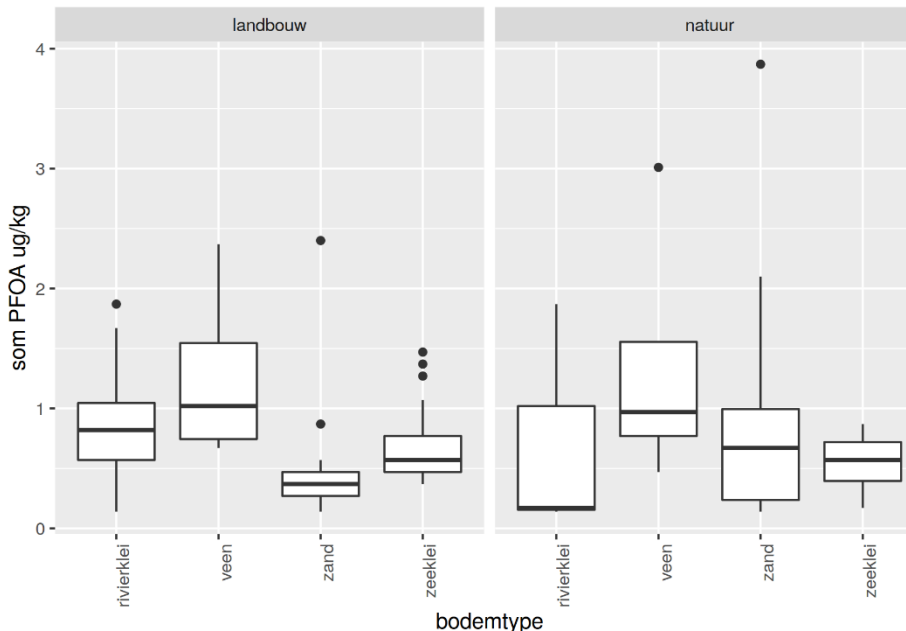
Relatie met bodemtype en -gebruik achtergrondwaardelocaties

In de figuren 4.6a en 4.6b is de spreiding van concentraties som-PFOS en som-PFOA te zien in de toplaagmonsters van de achtergrondwaardelocaties, uitgesplitst naar bodemtype- en gebruik. De relatief hoogste concentraties worden aangetroffen op veengronden.

Verder is te zien dat de bandbreedte van concentraties voor de verschillende bodemtypes grotendeels vergelijkbaar is voor de landbouw- en natuurlocaties.



Figuur 4.6a Boxplot van som-PFOS naar bodemtype en -gebruik



Figuur 4.6b Boxplot van som-PFOA naar bodemtype en -gebruik

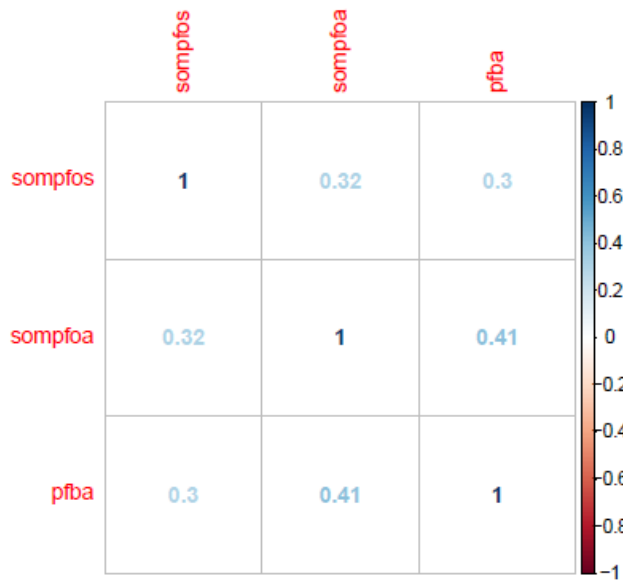
4.4.5

Aanwezigheid PFOS en PFOA in relatie tot aanwezigheid overige PFAS

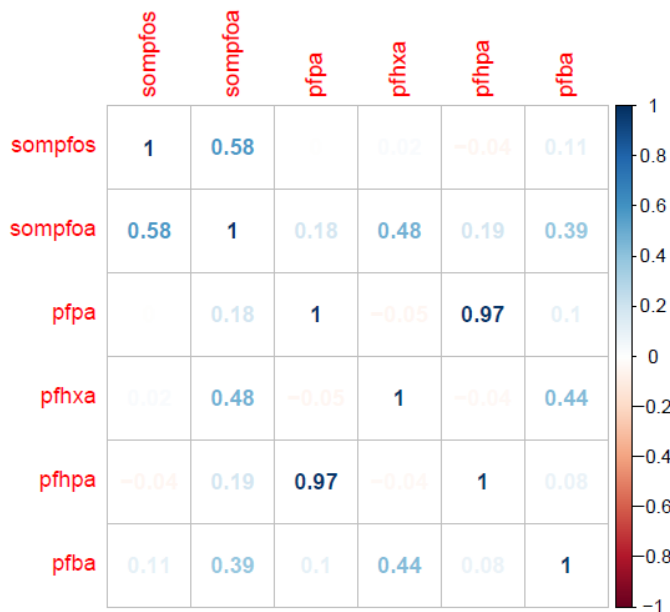
Op de achtergrondwaardelocaties komen de andere PFAS dan PFOS en PFOA slechts sporadisch en in lage concentraties voor. Om na te gaan of de aanwezigheid van verschillende PFAS verbindingen met elkaar gecorreleerd zijn is een statistische analyse uitgevoerd. In deze analyse zijn alleen verbindingen meegenomen die in voldoende mate boven de

rapportagegrens werden aangetroffen. Uit Figuur 4.7 blijkt dat er een zwak verband is tussen het voorkomen van PFAS in de bovengrond van de achtergrondwaardelocaties.

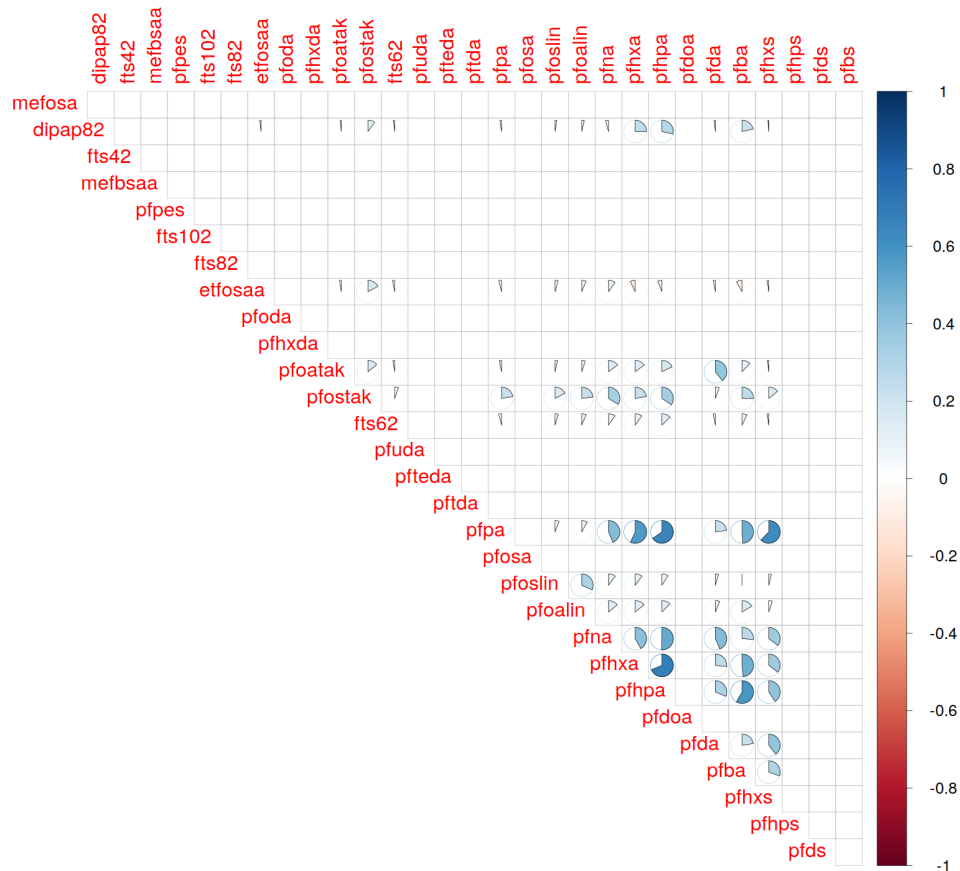
In bebouwd gebied (figuur 4.8) is er daarentegen sprake van een sterkere samenhang tussen het voorkomen van verschillende PFAS. De stoffen perfluoropentaanzuur (PFPA) en perfluorheptaanzuur (PFHpA) zijn sterk aan elkaar gerelateerd.



Figuur 4.7 Correlatiecoëfficiënten PFAS concentraties in bovengrond achtergrondwaardelocaties



Figuur 4.8 Correlatiecoëfficiënten PFAS concentraties in bovengrond locaties bebouwd gebied



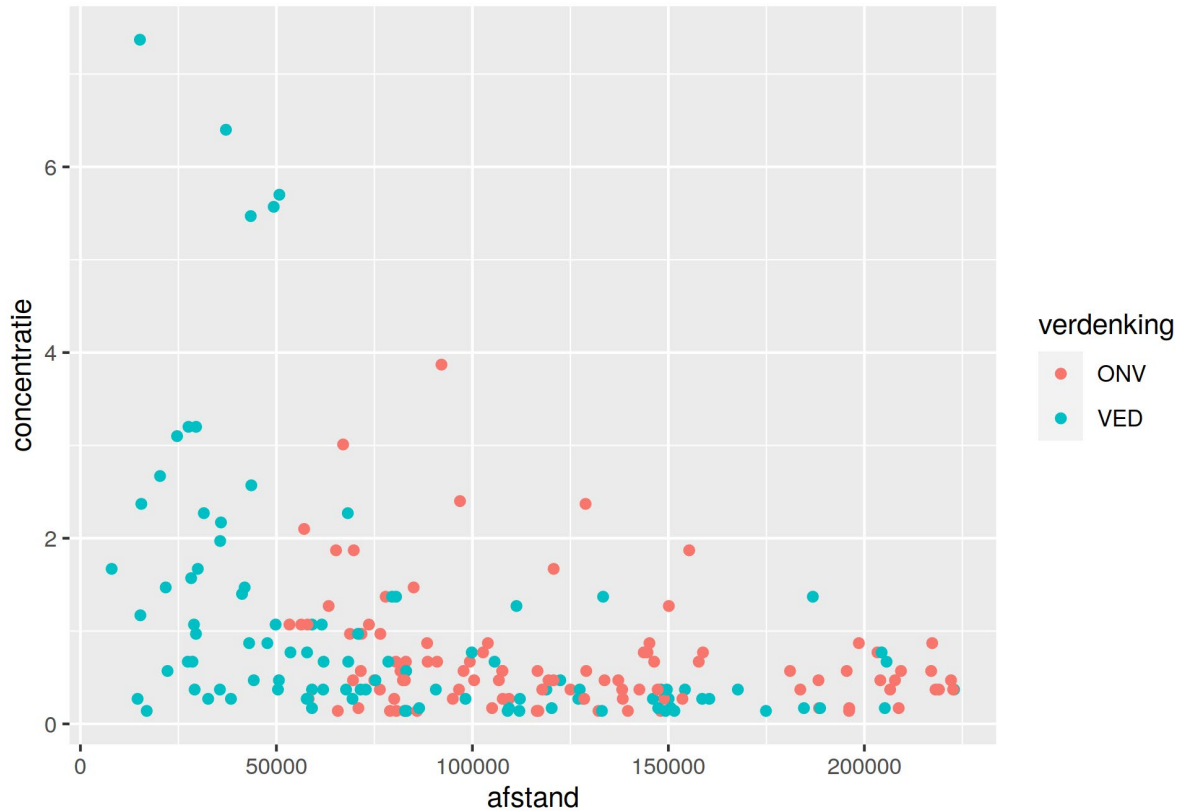
Figuur 4.9 Correlatie PFAS boven rapportagegrens, toplaag landbouw-natuurlocaties. Kleur en grootte van taartdiagram geeft de correlatiecoëfficiënt aan.

Figuur 4.9 geeft de correlatie aan van de aantoonbaarheid tussen de verschillende stoffen. Een stof is aantoonbaar als deze is gemeten in een concentratie boven de detectielimiet. Een stof is niet aantoonbaar als de concentratie beneden de detectielimiet is gerapporteerd. Door de aantoonbaarheid voor ieder monster te vertalen in een binaire indicator (wel/niet aantoonbaar), kan per stof de correlatie bepaald worden met de andere stoffen. De statistische betekenis van de hoogte van de correlatiecoëfficiënt is beperkt doordat veel stoffen slechts in enkele gevallen zijn gemeten boven de detectielimiet, maar het geeft wel een indicatie van het voorkomen van meerdere stoffen tegelijk. Uit Figuur 4.9 blijkt bijvoorbeeld dat PFPA regelmatig wordt aangetroffen in combinatie met PFBA, PFHxA, PFHpA en PFHxS.

4.4.6 Relatie afstand tot Chemours

Figuur 4.10 toont de concentraties van PFOA in alle monsters uit de bovengrond in relatie tot de afstand tot Chemours in Dordrecht. Op basis van de gegevens die in 2019 werden gebruikt voor de vaststelling van de tijdelijke achtergrondwaarden werd geconstateerd dat de concentraties PFOA binnen een straal van 50 kilometer van Chemours duidelijk verhoogd zijn ten opzichte van de gehalten op grotere afstand van de fabriek in Dordrecht. De huidige dataset laat een vergelijkbaar beeld zien. De keuze om de AW2000 monsterlocaties binnen de straal van 50 kilometer rondom Chemours toe te kennen aan de dataset

'bebouwd', en daarmee uit te sluiten voor de berekening van de achtergrondwaarden is op basis hiervan gehandhaafd.



Figuur 4.10 Concentraties PFOA in relatie tot afstand (in meters) tot Chemours. ONV = landbouw/natuur. VED = stedelijk/industrie.

4.4.7 TOP-analyse

In de TOP-analyse worden dezelfde stoffen geanalyseerd als voor de reguliere PFAS-analyse. Deze wordt echter voorafgegaan door een oxidatiestap. Tijdens deze stap kunnen PFAS-verbindingen die niet in het reguliere onderzoek aan het licht komen, worden omgezet in PFAS-verbindingen die wel bepaald kunnen worden. In de praktijk zullen dit meestal de relatief stabiele componenten PFOS en PFOA zijn. De oxideerbare precursors zijn in dat geval 'varianten' op PFOS en PFOA met functionele groepen die verdwijnen tijdens de oxidatiestap. De analyse van zogenaamde oxideerbare precursors leverde voor een beperkt aantal monsters PFAS-concentraties boven rapportagegrens op. De volledige set resultaten voor de 75 monsters waarop een TOP-analyse is uitgevoerd kan teruggevonden worden in de begeleidende informatie bij dit rapport. In Tabel 4.2 zijn de concentraties voor PFOS of PFOA boven rapportagegrens weergegeven en worden deze vergeleken met de resultaten uit de reguliere analyse van hetzelfde monster. Te zien is dat de orde grootte van de concentraties overeenkomen. De TOP-analyse in dit onderzoek heeft een beperkte gevoeligheid door de relatief hoge rapportagegrenzen. Op basis van de hier gepresenteerde uitkomsten van de TOP-analyse kan worden vastgesteld dat er geen oxideerbare PFAS precursors in de bodem

voorkomen in concentraties die vergelijkbaar zijn met de afgeleide achtergrondwaarden voor PFOS en PFOA. Was dit wel het geval geweest, dan was dit ook met de huidige rapportagegrens tot uiting gekomen in de vorm van structureel hogere concentraties van de stoffen PFOS en PFOA voor een groter aantal monsters (ten opzichte van de resultaten zonder TOP analyse).

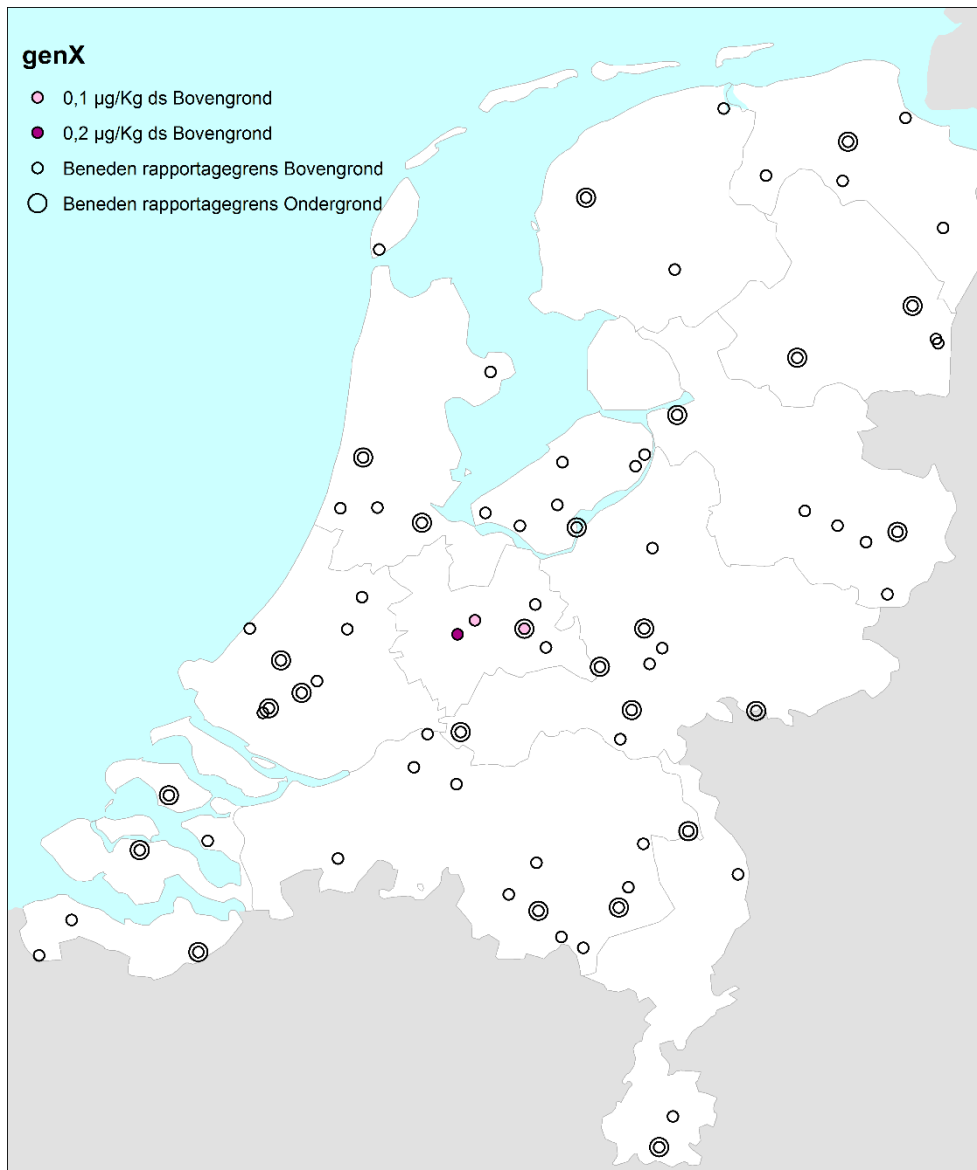
Tabel 4.2 TOP-analyse boven rapportagegrens

Monsteromschrijving	Parameter	Resultaat [$\mu\text{g}/\text{kg ds}$]	
		TOP	Regulier
132A	som-PFOA (TOP)	3	2,1
135A	som-PFOA (TOP)	2,7	3,9
547A	som-PFOA (TOP)	2,5	2,4
549A	som-PFOA (TOP)	3	3,1
550A	som-PFOA (TOP)	2,3	2,2
551A	som-PFOA (TOP)	5,2	6,4
552A	som-PFOA (TOP)	2,5	2,7
568A	som-PFOS (TOP)	5,1	5
575A	som-PFOS (TOP)	2,6	3,8
589A	som-PFOA (TOP)	4,4	7,4
600A	som-PFOA (TOP)	4,4	5,7

4.4.8

GenX

De monsters waarop een TOP-analyse werd uitgevoerd zijn eveneens onderzocht op aanwezigheid van GenX. Figuur 4.11 toont de ligging van drie van de 100 monsters waarin GenX boven de rapportagegrens werd aangetroffen. De verhogingen ten opzichte van de rapportagegrens zijn minimaal. Het betreffen alle drie monsters uit de subdataset 'potentieel beïnvloed' (stedelijk/industrie).



Figuur 4.11 Resultaten GenX analyse in 100 monsters.

5 Discussie en conclusies

5.1 Discussie

5.1.1 *De achtergrondwaarden PFAS in relatie tot bestaande achtergrondwaarden*

De opzet van dit onderzoek is erop gericht om waar mogelijk aan te sluiten bij de inrichting van het onderzoek uit 2004. Het vertrekpunt voor de locatieselectie werd gevormd door de lijst van 100 locaties uit landbouw- en natuurgebieden die voor AW2000 zijn bemonsterd. Voor zover het nodig was om alternatieve locaties te bemonsteren, bijvoorbeeld in verband met het niet verkrijgen van toestemming voor het betreden van een terrein, zijn deze locaties geselecteerd op basis van dezelfde criteria en binnen dezelfde indeling. Hiermee zijn de achtergrondwaarden voor PFAS gebaseerd op een vergelijkbare afspiegeling van landbouw- en natuurlocaties als de AW2000-waarden voor andere stoffen en kunnen ze op vergelijkbare wijze worden gebruikt voor het beslissen over het toepassen van grond en bagger. De bemonsteringsstrategie van het huidige onderzoek kent enkele kleine afwijkingen ten opzichte van het AW2000-onderzoek. Dit betreft in de eerste plaats het traject van bemonstering van de toplaag: in het huidige onderzoek is gekozen voor een bemonsteringsdiepte van 20 centimeter, tegenover 10 centimeter in het AW2000-onderzoek. De overweging hierbij is dat de bovenste 10 centimeter lastiger reproduceerbaar is te bemonsteren dan een iets dikkere laag, met name in situaties waarbij er sprake is van vegetatie of een relatief dikke strooisellaag. Met het oog op het beeld van afnemende concentraties PFAS in de diepte, kan verwacht worden dat de keuze om het traject van 20 centimeter te bemonsteren tot licht lagere achtergrondwaarden heeft geleid, dan wanneer de bovenste 10 centimeter waren bemonsterd.

5.1.2 *De achtergrondwaarden PFAS in relatie tot de tijdelijke achtergrondwaarden voor PFAS*

De verdelingen van concentraties PFOS en PFOA in de bovengrondmonsters uit landbouw/natuurgebieden zijn in eerste bereik (tot de 80-percentiel) vergelijkbaar met de verdelingen van concentraties die beschikbaar waren voor het vaststellen van de tijdelijke achtergrondwaarden eind 2019. De concentraties aan de bovenkant van deze verdelingen blijken sterker op te lopen dan de concentraties uit het huidige onderzoek. Dit bevestigt de veronderstelling dat de data uit de onderzoeken die zijn gebruikt voor de bepaling van tijdelijke achtergrondwaarden voor een beperkt deel niet voldoen aan de criteria voor achtergrondwaardenonderzoek. Met andere woorden, op deze locaties is er waarschijnlijk sprake geweest van een belasting uit een puntbron, of diffuse bronnen die doorgaans niet op landbouw- en natuurlocaties worden aangetroffen. Omdat dit in het huidige onderzoek bij de voorselectie van locaties is uitgesloten, is het vaststellen van de achtergrondwaarden op basis van de 95-percentiel uit de verdelingen te verantwoorden en consistent met de totstandkoming van de bestaande AW2000-waarden.

5.1.3 *Regionale verschillen in achtergrondwaarden PFAS*

Zowel de onderzoeken die zijn gebruikt voor de bepaling van de tijdelijke achtergrondwaarden, als het huidige onderzoek, wijzen op verhoogde PFAS concentraties in de westelijke helft van het land. Uit Figuur 4.2 blijkt echter ook dat de achtergrondwaarde-monsters met de hogere concentraties uit de verdelingen niet uitsluitend afkomstig zijn uit West-Nederland. Concentraties ter hoogte van de achtergrondwaarden voor PFOS en PFOA uit dit rapport, op basis van de 95-percentielwaarde van de verdeling van concentraties in de toplaag van de landbouw- en natuurlocaties, kunnen verspreid over het land worden aangetroffen.

5.1.4 *Belasting landbouw/natuur locaties en de bebouwde omgeving*

Uit dit onderzoek blijkt dat de diffuse concentraties PFAS in bebouwd gebied verhoogd zijn ten opzichte van de concentraties in landbouw- en natuurgebied (zie bijvoorbeeld figuren 4.4a en 4.4.b). Een mogelijke verklaring is dat naast de belasting door atmosferische depositie, die voor beide type locaties gelijk is, op meer intensief gebruikte bodems er ook sprake is van een (historische) belasting door gebruik van PFAS-houdende producten. Een andere mogelijke verklaring is dat juist de atmosferische depositie in bebouwd gebied (ook) hoger is dan die in landbouw- en natuurgebieden, als gevolg van meerdere diffuse atmosferische bronnen.

5.1.5 *Invloed van diepte op concentraties PFAS*

De Figuren 4.4a en 4.4b laten verder zien dat de concentraties PFOS en PFOA in de toplaag van de bodem hoger zijn dan in de laag tussen 50-100cm-mv. Wanneer we dit vergelijken met andere stoffen waarvoor achtergrondwaarden zijn bepaald in de bodem (Lamé, 2004), dan blijkt dat dit beeld vergelijkbaar is met dat voor andere stoffen van antropogene oorsprong, zoals persistente bestrijdingsmiddelen (bijvoorbeeld DDT, HCH). Voor andere stoffen, zoals aromatische oplosmiddelen als benzeen en toluen, waren de verschillen in het achtergrondwaardenonderzoek van 2004 tussen de concentraties in de toplaag en de laag daaronder nog groter.

5.1.6 *Overige PFAS en precursors*

Van de 28 PFAS verbindingen uit het analysepakket en GenX werden alleen PFOS en PFOA structureel boven de rapportagegrens aangetroffen in de toplaag van de landbouw- en natuurlocaties. In bebouwd gebied worden daarnaast ook regelmatig enkele andere PFAS verbindingen aangetoond (zie Bijlage 2). Door een TOP-analyse uit te voeren op een deel van de monsters, is nagegaan of er daarnaast mogelijk nog meer oxideerbare precursors aanwezig waren in de bodem. In Hoofdstuk 4 is beschreven dat dit op basis van de huidige onderzoeksopzet niet kon worden aangetoond. Daarbij moet worden opgemerkt dat de rapportagegrenzen van de TOP-analyse hoger waren dan die van de reguliere analyse (vanaf 2 µg/kg ds). Daarmee is de TOP-analyse in dit onderzoek geen bijzonder gevoelige methode om precursors te identificeren. Daartegenover staat de verwachting dat na de oxidatiestap vooral PFOS en PFOA in hogere concentraties dan in het reguliere onderzoek aanwezig zullen zijn. Aangezien in een deel van de monsters de hogere rapportagegrenzen zondermeer al gehaald worden, zou een cumulatief effect door aanwezigheid van precursors terug te zien

moeten zijn, indien deze in beduidende mate in de monsters aanwezig waren.

In drie monsters afkomstig uit de bovengrond (0 – 20 cm-mv) werden lage concentraties GenX aangetroffen. Deze monsters waren allen afkomstig uit dezelfde regio binnen de provincie Utrecht. Het aantal is te klein om een uitspraak te kunnen doen over herkomst van GenX in deze monsters. De meest aannemelijke verklaring is dat de concentraties het gevolg zijn van emissies in het verleden door Chemours in Dordrecht.

5.1.7 *Relatie met risicogrenzen voor PFAS in grond*

De voor PFOS en PFOA geadviseerde achtergrondwaarden zijn lager dan de nu bekende risicogrenzen (Wintersen & Otte, 2019). Hieruit kan worden afgeleid dat toepassingen van grond en bagger tot het niveau van de tijdelijke achtergrondwaarden geen gezondheidsrisico's en geen onaanvaardbare effecten op het ecosysteem veroorzaken bij de huidige risicogrenzen. Bij de inventarisatie van beschikbare risicogrenzen in 2019 is geconstateerd dat er nog onzekerheden zijn die niet geadresseerd worden in de huidige set risicogrenzen. De belangrijkste daarvan is de onzekerheid ten aanzien van het verspreidingsgedrag van PFAS in grond en grondwater.

5.1.8 *Meetnauwkeurigheid en reproduceerbaarheid*

Om beter zicht te krijgen op de meetnauwkeurigheid en reproduceerbaarheid van PFAS bepalingen in bodem is eind 2019 een zogenoemd ringonderzoek onder negen laboratoria georganiseerd (WEPAL, 2020). Het laboratorium dat de bodemmonsters voor dit achtergrondwaardenonderzoek heeft geanalyseerd was één van de deelnemende laboratoria. Het ringonderzoek laat zien dat de precisie van de laboratoria bij de analyse van PFAS in grond en sediment bij concentraties in de orde grootte van de tijdelijke achtergrondwaarden ($\sim 1 \mu\text{g}/\text{kg}$ droge stof) over het algemeen goed is. De spreiding tussen de laboratoria is vergelijkbaar met de afwijkingen die voor andere gehalogeneerde organische stoffen zoals PCB (polychloorbifenylen) en PBDE (polybroomdifenylethers) in relatief lage concentraties worden gehaald.

5.2 **Aanbevelingen**

5.2.1 *Voorzorg risico's beïnvloeding grondwaterkwaliteit*

Het gedrag van PFAS in het bodem-watersysteem is complex en nog niet volledig doorgrond. De mate waarin PFAS zich verspreiden is situatie en locatie-afhankelijk. Sommige PFAS hebben een relatief goede oplosbaarheid in water en onder omstandigheden een lage adsorptie aan de bodem. Bij een natuurlijke zuurgraad van de bodem (pH 5-9) zijn de meeste PFAS aanwezig als anion. PFAS met lange ketens adsorberen beter aan de vaste bodem dan de PFAS met korte ketens. Vanwege de specifieke zeepachtige eigenschappen van PFAS kunnen deze stoffen zich ook ophopen op het grensvlak van water en bodemlucht.

Door de onduidelijkheden over de mate van verspreiding van PFAS in grond en grondwater kan nog niet worden aangegeven of toepassingen van grond en bagger tot het niveau van de achtergrondwaarden voldoende bescherming biedt voor het gebruik van grondwater voor de winning van drinkwater. Om deze reden wordt geadviseerd om bij de vaststelling van grond- en baggerverzet op basis van de tijdelijke

achtergrondwaarden een voorbehoud te maken voor grondwaterbeschermingsgebieden. Voor deze gebieden wordt geadviseerd om bij toepassingen aan te sluiten bij de gebiedskwaliteit, bijvoorbeeld door gebruikmaking van gebiedseigen grond of bagger, om verslechtering van de grondwaterkwaliteit zoveel mogelijk uit te sluiten.

5.2.2 *Bodemtypecorrectie*

Er kon geen duidelijke relatie worden vastgesteld tussen het bodemorganisch stofgehalte en het PFAS gehalte. Aanbevolen wordt om de bodemtypecorrectie voor PFAS expliciet te adresseren bij de invulling van een definitief handelingskader voor PFAS.

5.2.3 *Omgaan met overige PFAS*

Op basis van dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat op de landbouw- en natuurlocaties andere PFAS dan PFOS en PFOA slechts sporadisch worden aangetroffen. Van de groep 'overige PFAS' wordt Perfluorbutaan zuur (PFBA) het vaakst boven rapportagegrens aangetroffen. De concentraties van PFBA zijn echter beduidend lager dan die van PFOS en PFOA. De verwachting is daarom dat toetsing aan de Achtergrondwaarden voor PFOS en PFOA vrijwel altijd ook garandeert dat de overige PFAS niet (sterk) verhoogd aanwezig zullen zijn in de toe te passen grond of baggerspecie. Als extra waarborg om incidentele verhogingen van PFAS anders dan PFOS en PFOA te voorkomen, wordt geadviseerd om voor de functieklassie Landbouw/natuur alle overige PFAS te normeren ter hoogte van de waarde voor PFOS. Dit is overeenkomstig de wijze van toetsen voor de functieklassen 'Wonen' en 'Industrie' onder het tijdelijk handelingskader, waarbij de overige PFAS op het niveau van de laagste risicogrens zijn genormeerd.

5.2.4 *Onderzoek naar bronnen van PFAS en non-target screening*

Binnen de reikwijdte van dit onderzoek was er beperkt gelegenheid om de bodemmonsters te onderzoeken op andere PFAS dan de PFAS die zijn opgenomen in het reguliere analysepakket. Daarnaast is de opzet van een landelijk bodemonderzoek minder geschikt om uitspraken te doen over de invloed van lokale en regionale bronnen op de bodemkwaliteit. In algemene zin kan op basis van dit onderzoek wel geconcludeerd worden dat er historische bronnen in bebouwd gebied waren (zijn) die tot een relatief hogere belasting van de bodem met PFAS in deze gebieden hebben geleid.

Onderzoeken naar mogelijke bronnen van (water)bodemverontreiniging worden voor een deel binnen andere kaders verder uitgevoerd, maar zijn over het algemeen nog verkennend van karakter. Het verdient daarom de aanbeveling om verder te verkennen of het mogelijk is om historische bronnen te identificeren zodat bij bodemonderzoeken beter geanticipeerd kan worden op de aanwezigheid van PFAS.

Een mogelijk instrument om al vroegtijdig inzicht te krijgen in relatief nieuwe belastingen met nog niet eerder geïdentificeerde PFAS is de zogenaamde non-targetscreening, waarmee naar de aanwezigheid van functionele groepen kan worden gezocht. Met deze methoden zijn voor PFAS al ervaringen opgedaan bij de analyse van grond- en oppervlaktewater. De resultaten van een non-target screening zijn meer indicatief van karakter dan analyses op doelcomponenten en kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden om vroegtijdig nieuwe verontreinigingen

op te sporen. Aanbevolen wordt om de inzet van non-target screening voor bodemonderzoek als hulpmiddel in het preventief beleid nader te verkennen.

5.2.5 *Vroege signalering door monitoring en beoordeling niet-genormeerde stoffen*

Deze monitoringronde levert een landsdekkend beeld op van de concentraties PFAS in de bovengrond. Op dit moment vindt er geen structurele monitoring plaats van opkomende stoffen in de bodem. Het is aannemelijk dat naast PFAS, ook andere (groepen van) stoffen diffuus in de bodem aanwezig zijn. Of dit soort stoffen een risico vormen voor mens en ecosysteem, hangt af van de milieuconcentraties en eigenschappen van de specifieke stof. Aanbevolen wordt om een landelijke monitoringronde periodiek te herhalen; gericht op de vroege signalering van opkomende stoffen.

Naast het opstellen van een monitoringstrategie voor bodem, verdient het de aanbeveling om toe te werken naar een nieuwe wijze van inventariseren en beoordelen van niet-genormeerde stoffen. Gebleken is dat het verkrijgen van de noodzakelijke informatie om niet-genormeerde stoffen in bodem te kunnen beoordelen tijd kost. Aanbevolen wordt om tot een kader te komen waarin is vastgelegd welke stappen moeten worden doorlopen na het aantreffen van mogelijk diffuus aanwezige, niet-genormeerde stoffen in bodem in relatie tot eerder genoemde monitoringsstrategie.

6 Literatuur

- Brus, D. J., Lamé, F. P., & Nieuwenhuis, R. H. (2009). National baseline survey of soil quality in The Netherlands. *Environ Pollut*, 157(7), 2043-2052. doi:10.1016/j.envpol.2009.02.028
- CBS. (2015). Bestand Bodemgebruik - BBG. Retrieved from <https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/classificaties/overig/bestand-bodemgebruik-bbg>
- DIN. (2011). DIN 38414-14:2011-08. Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung - Schlamm und Sedimente (Gruppe S) - Teil 14: Bestimmung ausgewählter polyfluorierter Verbindungen (PFC) in Schlamm, Kompost und Boden - Verfahren mittels Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie und massenspektrometrischer Detektion (HPLC-MS/MS) (S 14). In.
- Expertisecentrum PFAS. (2019). *Bemonstering PFAS-verbindingen in grond- en grondwater*. Retrieved from https://www.bodemplus.nl/publish/pages/164348/kennisdocument_pfas_veldwerk_en_analyse_juli_2019.pdf
- Infrastructuur en Milieu. (2018). *Regeling Bodemkwaliteit*. Retrieved from <https://wetten.overheid.nl/BWBR0023085/2018-11-30>
- Lamé, F. P. J., Brus, D. J., & Nieuwenhuis, R. H. (2004). *Achtergrondwaarden 2000. Hoofdrapport AW2000 fase 1*. Retrieved from Utrecht:
- Lamé, F. P. J. B., D.J.; Nieuwenhuis, R.H. (2004). *Achtergrondwaarden 2000. Bijlage rapport 2 AW2000: Diverse bijlagen*. Retrieved from
- Ministerie van IenW. (2019). *Tijdelijk handelingskader voor hergebruik van PFAS-houdende grond en baggerspecie. Bijlage bij kamerbrief 8 juli 2019*. Retrieved from <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/07/08/tijdelijk-handelingskader-voor-hergebruik-van-pfas-houdende-grond-en-baggerspecie>.
- NOBO. (2008). *Normstelling en bodemkwaliteitsbeoordeling, onderbouwing en beleidsmatige keuzes voor bodemnormen in 2005, 2006 en 2007. Ministerie van VROM, publicatie 8395*. Retrieved from https://www.bodemplus.nl/publish/pages/91751/rapportage_nobo_normstelling_en_bodemkwaliteitsbeoordeling_24_263999.pdf
- SIKB. (2018). SIKB Beoordelingsrichtlijn BRL 2000: Veldwerk bij milieuhygiënisch bodemonderzoek. Protocol 2001: plaatsen van handboringen en peilbuizen, maken van boorbeschrijvingen, nemen van grondmonsters en waterpassen. In.
- TAUW. (2020). *Bodemonderzoek PFAS voor landsdekkend beeld achtergrondconcentraties*. Retrieved from
- WEPAL. (2020). *Per- en polyfluoro Alkyl substances ('round robin/ringonderzoek')*. Retrieved from <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/04/15/resultaten-ringonderzoek-pfas>

- Wintersen, A. M., & Otte, P. F. (2019). *Risicogrenzen voor PFOS, PFOA en GenX voor toepassen van grond en bagger*. Retrieved from <https://www.rivm.nl/risicogrenzen-voor-pfos-pfoa-en-genx-voor-toepassen-van-grond-en-bagger>
- Wintersen, A. M., Spijker, J., Breemen, P. v., Wijnen, H. v., & Otte, P. (2019). *Tijdelijke landelijke achtergrondwaarden bodem voor PFOS en PFOA* Retrieved from Bilthoven: <https://www.rivm.nl/nieuws/tijdelijke-achtergrondwaarden-voor-pfas-in-nederlandse-bodem>

Bijlage 1. Analysepakket PFAS in grond

Analyse	Rapportagegrens ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Alle monsters	
som PFOS	0,2
perfluorooctaansulfonzuur (PFOS) lineair	0,1
perfluorooctaansulfonzuur (PFOS) vertakt	0,1
som PFOA	0,2
perfluorooctaanzuur (PFOA) lineair	0,1
perfluorooctaanzuur (PFOA) vertakt	0,1
perfluorbutaanzuur (PFBA)	0,1
perfluorpentaanzuur (PFPeA)	0,1
perfluorhexaanzuur (PFHxA)	0,1
perfluorheptaanzuur (PFHpA)	0,1
perfluornonaanzuur (PFNA)	0,1
perfluordecaanzuur (PFDA)	0,1
perfluorundecaanzuur (PFUnDA)	0,1
perfluordodecaanzuur (PFDoA)	0,1
perfluortridecaanzuur (PFTrDA)	0,1
perfluortetradecaanzuur (PFTeDA)	0,1
perfluorhexadecaanzuur (PFHxDA)	0,1
perfluorooctadecaanzuur (PFODA)	0,1
perfluorbutaansulfonzuur (PFBS)	0,1
perfluorpentaansulfonzuur (PFPeS)	0,1
perfluorhexaansulfonzuur (PFHxS)	0,1
perfluorheptaansulfonzuur (PFHpS)	0,1
perfluordecaansulfonzuur (PFDS)	0,1
4:2 fluortelomeer sulfonzuur (4:2 FTS)	0,1
6:2 fluortelomeer sulfonzuur (6:2 FTS)	0,1
8:2 fluortelomeer sulfonzuur (8:2 FTS)	0,1
10:2 fluortelomeer sulfonzuur (10:2 FTS)	0,1
perfluorooctaansulfonamide (PFOSA)	0,1
N-methylperfluorooctaansulfonamide (MeFOSA)	0,1
N-methylperfluorooctaansulfonamide acetaat (MeFOSAA)	0,1
N-ethylperfluorooctaansulfonamide (EtFOSAA)	0,1
8:2 polyfluoralkylfosfaatdiester (8:2 diPAP)	0,1
Subselectie 100 monsters	
GenX (HFPO-DA)	0,1
TOP (Total Oxidizable Precursors)	Varieert per component ¹

¹ Zie resultaten in begeleidende informatie

Bijlage 2. Kengetallen per component

Tabel B2.1 Sleutel tabel stofnamen en bodemparameters

code	Parameter	code	parameter
Kolomnamen tabellen B2.2 e.v.			
n	Aantal waarnemingen		
nloq	Aantal waarnemingen boven rapportagegrens		
mean	Gemiddelde		
sd	Standaarddeviatie		
pxx	xx percentielwaarde uit verdeling		
median	Mediaan		
mad	Mean absolute deviation, gemiddelde absolute afwijking		
Bodemparameters			
om	Humus		
loi	Gloeirest		
ds	Droge stof		
ph	Zuurgraad		
gf2	Lutum		
PFAS			
dipap82	bisperfluordecyl fosfaat (8:2 diPAP)	pfhxda	perfluorhexadecaanzuur (PFHxDA)
etfosaa	perfluorooctaansulfonylamide(N-ethyl)acetaat (EtFOSAA)	pfhxs	perfluor-1-hexaansulfonaat (PFHxS)
fts102	10:2 FTS	pfna	perfluornonaanzuur (PFNA)
fts42	4:2 FTS	pfoalin	perfluorooctaanzuur (PFOA lineair)
fts62	6:2 FTS	pfoatak	som vertakte PFOA-isomeren (PFOA-tak)
fts82	8:2 FTS	pfoda	perfluorooctadecaanzuur (PFODA)
genx	GenX	pfosa	perfluorooctaansulfonamide (PFOSA)
mefbsaa	perfluorbutaansulfonylamide(N-methyl)acetaat (MeFBSAA)	pfoslin	perfluorooctaansulfonaat (PFOS lineair)
mefosa	N-methyl perfluorooctaansulfonamide (MeFOSA)	pfostak	som vertakte PFOS-isomeren (PFOS-tak)
pfba	perfluorbutaanzuur (PFBA)	pfpa	perfluorpentaanzuur (PFPA)
pfbs	perfluor-1-butaansulfonaat (PFBS)	pfpes	perfluorpentaan-1-sulfonzuur (PFPeS)
pfda	perfluordecaanzuur (PFDA)	pftda	perfluortridecaanzuur (PFTDA)
pfdoa	perfluordodecaanzuur (PFDoDA)	pfteda	perfluortetradecaanzuur (PFTeDA)
pfds	perfluor-1-decaansulfonaat (PFDS)	pfuda	perfluorundecaanzuur (PFUdA)
pfhpa	perfluorheptaanzuur (PFHpa)	sompfoa	som PFOA
pfhps	perfluor-1-heptaansulfonaat (PFHpS)	sompfos	som PFOS
pfhxa	perfluorhexaanzuur (PFHxA)		

Tabel B2.2 Kentgetallen landbouw-natuurlocaties 0-20cm-mv

stof	n	nlog	mean	sd	p25	median	mad	p75	p80	p95
Bodemeigenschappen										
om	100	100	6,79	8,99	2,77	4,65	2,89	6,75	7,42	19,08
loi	100	100	92,33	9,15	92	94,85	2,74	96,3	96,52	98,03
ds	100	100	76,07	11,37	72,68	78,7	6,75	82,12	83,12	88,43
ph	100	100	5,69	1,27	5	5,6	1,48	6,82	7	7,5
gf2	100	100	13,13	12,47	2,85	7,55	8,23	21,8	23,46	38,45
PFAS										
dipap82	100	1	0,07	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
etfosaa	100	3	0,07	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
fts102	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
fts42	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
fts62	100	3	0,09	0,09	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,2
fts82	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
genx	37	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
mefbsaa	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
mefosa	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfba	100	18	0,14	0,11	0,07	0,07	0	0,14	0,2	0,3
pfbs	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfda	100	3	0,07	0,03	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfdoa	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfds	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfhpa	100	11	0,08	0,03	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,1
pfhps	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfhxa	100	14	0,08	0,04	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,14
pfhxda	100	0	0,07	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfhxs	100	2	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfna	100	14	0,08	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,1
pfoalin	100	89	0,62	0,63	0,27	0,4	0,3	0,8	0,9	1,81
pfoatak	100	2	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfoda	100	0	0,07	0,03	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfosa	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfoslin	100	94	0,42	0,35	0,2	0,3	0,15	0,6	0,62	1
pfostak	100	51	0,15	0,13	0,07	0,1	0,04	0,2	0,2	0,4
pfpa	100	5	0,07	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,1
pfpes	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pftda	100	0	0,07	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfteda	100	0	0,07	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfuda	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
sompfoa	100	100	0,7	0,63	0,34	0,47	0,3	0,87	0,97	1,88
sompfos	100	100	0,56	0,46	0,27	0,37	0,19	0,8	0,9	1,4

Tabel B2.3 Kentgetallen landbouw-natuurlocaties 50-100cm-mv

stof	n	nlog	mean	sd	p25	median	mad	p75	p80	p95
Bodemeigenschappen										
om	100	100	4,8	14,97	0,7	1,2	0,74	2,42	3,04	10,36
loi	100	100	94,48	15,14	96	98	1,7	99	99,2	99,7
ds	100	100	77,89	15,33	74,12	81,4	7,86	85,85	87,1	94,5
ph	100	100	6,16	1,29	5	6,25	1,7	7,4	7,5	7,9
gf2	100	100	11,77	13,08	2,18	4,55	3,78	18,6	20,74	36,75
PFAS										
dipap82	100	0	0,07	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
etfosaa	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
fts102	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
fts42	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
fts62	100	1	0,08	0,03	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
fts82	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
genx	12	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
mefbsaa	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
mefosa	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfba	100	2	0,09	0,09	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,14
pfbs	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfda	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfdoa	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfds	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfhpa	100	2	0,08	0,03	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfhps	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfhxa	100	3	0,07	0,03	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfhxda	100	0	0,07	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfhxs	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfna	100	1	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfoalin	100	30	0,2	0,6	0,07	0,07	0	0,1	0,12	0,41
pfoatak	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfoda	100	0	0,07	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfosa	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfoslin	100	8	0,09	0,08	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,2
pfostak	100	5	0,08	0,04	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,14
pfpa	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfpes	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pftda	100	0	0,07	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfteda	100	0	0,07	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfuda	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
sompfoa	100	100	0,28	0,6	0,14	0,14	0	0,17	0,19	0,49
sompfos	100	100	0,17	0,11	0,14	0,14	0	0,14	0,14	0,4

Tabel B2.4 Kentgetallen bebouwd (stedelijk/industrie) 0-20cm-mv

stof	n	nlog	mean	sd	p25	median	mad	p75	p80	p95
Bodemeigenschappen										
om	100	100	5,28	3,75	3	4,25	2,3	6,08	7,24	12,2
loi	100	100	94,05	4,02	92,8	95,1	2,59	96,43	96,92	98,3
ds	100	100	79,22	7,46	75,27	80,35	7,19	84,7	85,82	88,02
ph	100	100	6,24	1,14	5,4	6,4	1,33	7,2	7,3	7,6
gf2	100	100	10,12	9,66	3,4	6,9	6,23	13,7	16,34	25,9
PFAS										
dipap82	100	0	0,08	0,05	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,14
etfosaa	100	3	0,08	0,07	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
fts102	100	1	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
fts42	100	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
fts62	100	4	0,09	0,09	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,2
fts82	100	1	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
genx	38	3	0,08	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,1
mefbsaa	100	1	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
mefosa	100	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfba	100	25	0,23	0,23	0,07	0,14	0,1	0,23	0,3	0,9
pfbs	100	3	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfda	100	7	0,08	0,03	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,1
pfdoa	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfds	100	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfhpa	100	28	0,11	0,14	0,07	0,07	0	0,1	0,1	0,2
pfhps	100	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfhxa	100	32	0,11	0,11	0,07	0,07	0	0,1	0,1	0,2
pfhxda	100	0	0,07	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfhxs	100	5	0,07	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfna	100	21	0,09	0,06	0,07	0,07	0	0,07	0,1	0,2
pfoalin	100	91	0,97	1,38	0,2	0,4	0,44	1,2	1,32	3,21
pfoatak	100	6	0,08	0,03	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,1
pfoda	100	0	0,07	0,03	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfosa	100	1	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfoslin	100	94	0,7	0,72	0,3	0,4	0,3	0,8	1,02	1,82
pfostak	100	58	0,19	0,2	0,07	0,1	0,04	0,2	0,3	0,6
pfpa	100	27	0,14	0,24	0,07	0,07	0	0,1	0,1	0,3
pfpes	100	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pftda	100	0	0,07	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,14
pfteda	100	0	0,08	0,03	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,14
pfuda	100	1	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
sompfoa	100	100	1,05	1,39	0,27	0,47	0,44	1,29	1,41	3,31
sompfos	100	100	0,89	0,89	0,37	0,53	0,39	1	1,4	2,7

Tabel B2.5 Kentgetallen bebouwd (stedelijk/industrie) 50-100cm-mv

stof	n	nlog	mean	sd	p25	median	mad	p75	p80	p95
Bodemeigenschappen										
om	100	100	2,83	3,22	0,7	1,9	1,78	3,47	4,1	8,37
loi	100	100	96,53	3,62	95,47	97,65	2,15	98,9	99	99,5
ds	100	100	81,87	9,53	78,22	82,45	6,97	87,6	88,96	93,61
ph	100	100	6,58	1,13	5,68	7,05	1,04	7,5	7,6	7,8
gf2	100	100	10,48	10,49	2,88	6,55	6,75	14,72	16,22	36,31
PFAS										
dipap82	100	0	0,08	0,05	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,14
etfosaa	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
fts102	100	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
fts42	100	0	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
fts62	100	2	0,08	0,08	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
fts82	100	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
genx	13	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
mefbsaa	100	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
mefosa	100	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfba	100	3	0,09	0,05	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,2
pfbs	100	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfda	100	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfdoa	100	0	0,07	0,03	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfds	100	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfhpa	100	6	0,07	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,1
pfhps	100	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfhxa	100	6	0,08	0,03	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,1
pfhxda	100	0	0,08	0,05	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,21
pfhxs	100	1	0,07	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfna	100	2	0,07	0,02	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfoalin	100	59	0,33	0,52	0,07	0,17	0,15	0,3	0,4	1,1
pfoatak	100	4	0,08	0,06	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfoda	100	0	0,07	0,03	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfosa	100	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfoslin	100	41	0,19	0,26	0,07	0,07	0	0,2	0,2	0,9
pfostak	100	19	0,11	0,13	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,3
pfpa	100	3	0,07	0,01	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfpes	100	0	0,07	0	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pftda	100	1	0,08	0,07	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
pfteda	100	0	0,08	0,04	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,14
pfuda	100	1	0,08	0,11	0,07	0,07	0	0,07	0,07	0,07
sompfoa	100	100	0,4	0,53	0,14	0,24	0,15	0,37	0,47	1,3
sompfos	100	100	0,3	0,37	0,14	0,14	0	0,27	0,3	1,1

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag