



**Vlaanderen**  
is bodembewust



# AANWEZIGHEID VAN PFAS IN GROND EN GRONDWATER OP BRANDWEERLOCATIES

EERSTE TRENDS EN INZICHTEN

SAMEN MAKEN WE  
MORGEN MOOIER

**OVAM**

[WWW.OVAM.BE](http://WWW.OVAM.BE)



# **AANWEZIGHEID VAN PFAS IN GROND EN GRONDWATER OP BRANDWEERLOCATIES**

eerste trends en inzichten  
publicatiedatum / 10.01.2022



## DOCUMENTBESCHRIJVING

- |  |  |
|--|--|
| 1 <i>Titel van publicatie:</i><br>Aanwezigheid van PFAS in grond en grondwater op brandweer(oefen)locaties/branden: eerste trends en inzichten | 2 <i>Verantwoordelijke Uitgever:</i><br>OVAM                       |
| 3 <i>Wettelijk Depot nummer:</i> 2016  | 4 <i>Trefwoorden:</i><br>PFAS, brandweer, brand, bodem, grondwater |

*Samenvatting:*

xxxx

- |   |  |
|---|--|
| 5 <i>Aantal bladzijden:</i> 50  | 6 <i>Aantal tabellen en figuren:</i> /     |
| 7 <i>Datum publicatie:</i>  | 8 <i>Prijs*:</i> /                         |
| 9 <i>Begeleidingsgroep en/of auteur:</i><br>Annelien Aerts (Arcadis), Karen Van Geert (Arcadis), Nele De Groof (Arcadis), Anja Vandercappellen (Arcadis), Griet Van Gestel (OVAM), Sam Fonteyne (OVAM), Kristel Declercq (OVAM) | 10 <i>Contactpersonen:</i><br>Sam Fonteyne |
- 11 *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

1	Inleiding.....	7
2	Werkwijze evaluatie trends .....	8
2.1	Inventarisatie .....	8
2.2	Uitgangspunten.....	8
3	Evaluatie.....	10
3.1	Inventarisatie algemeen .....	10
3.1.1	Aantal dossiers en type activiteit.....	10
3.1.2	DAEB (duidelijke aanwijzing van een ernstige bodemverontreiniging).....	11
3.1.3	Inventarisatie van PFAS-parameters in vaste deel van de aarde en grondwater.....	12
3.2	Effecten .....	15
3.2.1	Type activiteit + verharding .....	15
3.2.2	Grondwaterstand.....	18
3.2.3	Exploitatieperiode.....	19
3.3	Fingerprinting.....	21
3.3.1	Algemene fingerprinting .....	21
3.3.2	Fingerprinting per periode.....	26
4	Conclusie .....	45
4.1	Algemene trends.....	45
4.1.1	PFAS-parameters.....	45
4.1.2	Effecten .....	46
4.1.3	Indicatieve fingerprinting.....	46
4.2	Antwoorden op onderzoeksvragen .....	46
5	samenvatting .....	49

## TABELLEN

Tabel 1: Aantal rapporten beschikbaar per type activiteit .....	10
Tabel 2: Aantal rapporten met DAEB in vaste deel van de aarde en grondwater .....	11
Tabel 3: Aantal rapporten met DAEB, totaal aantal rapporten en percentage rapporten met DAEB in vaste deel van de aarde en grondwater per type activiteit.....	11
Tabel 4: Gemiddelde van de maximale concentraties van elke PFAS-parameter doorheen alle rapporten, aantal rapporten met gemeten maximale concentratie hoger dan gekozen waarde, aantal rapporten met gemeten maximale concentratie boven DL, mediaan en hoogste waarde van de maximaal gemeten concentraties per PFAS-parameter.....	13

## FIGUREN

Figuur 1: Gemiddelde van de maximale concentraties van som PFAS in het vaste deel van de aarde ( $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ ) in functie van activiteit (brand, brandweerkazerne, brandweerkazerne + oefenplaats of brandweer oefenplaats) en type verharding (deels (on)verhard, onverhard, verhard) met n = aantal rapporten. ....	16
Figuur 2: Gemiddelde van de maximale concentraties van som PFAS in het grondwater ( $\text{ng}/\text{l}$ ) in functie van activiteit (brand, brandweerkazerne, brandweerkazerne + oefenplaats of brandweer oefenplaats) en type verharding (deels (on)verhard, onverhard, verhard) met n = aantal rapporten. ....	16
Figuur 3: Gemiddelde van de maximale concentraties van som PFAS in het vaste deel van de aarde ( $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ ) in functie van activiteit (brand, brandweerkazerne, brandweerkazerne + oefenplaats of brandweer oefenplaats) en type verharding (deels (on)verhard, onverhard, verhard), ingezoomd op concentraties onder $500 \mu\text{g}/\text{kg ds}$ . ....	17
Figuur 4: Gemiddelde van de maximale concentraties van som PFAS in het grondwater ( $\text{ng}/\text{l}$ ) in functie van activiteit (brand, brandweerkazerne, brandweerkazerne + oefenplaats of brandweer oefenplaats) en type verharding (deels (on)verhard, onverhard, verhard), ingezoomd op concentraties onder $50.000 \text{ng}/\text{l}$ . ....	17
Figuur 5: Onderzoekslocatie uit dossier 96402.....	18
Figuur 6: Maximale concentratie van de som PFAS uit elk rapport waar grondwater gemeten werd (55) in functie van de grondwaterstand (m-mv).....	19
Figuur 7: Maximale concentraties van som PFAS in het vaste deel van de aarde ( $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ ) in functie van de duur van de bluswerken (jaar). ....	20
Figuur 8: Maximale concentraties van som PFAS in het grondwater ( $\text{ng}/\text{l}$ ) in functie van de duur van de bluswerken (jaar). ....	20
Figuur 9: Concentraties van alle PFAS-parameters per rapport gemeten in het vaste deel van de aarde ( $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ ). Op de x-as staat steeds de brandweer-activiteit per rapport weergegeven. ....	22
Figuur 10: Percentage dat de concentraties van de individuele PFAS-parameters innemen van de totale PFAS-concentratie gemeten in elk rapport in het vaste deel van de aarde.....	23
Figuur 11: Concentraties van alle PFAS-parameters per rapport gemeten in het grondwater ( $\text{ng}/\text{l}$ ). Op de x-as staat steeds de brandweer-activiteit per rapport weergegeven. ....	24
Figuur 12: Percentage dat de concentraties van de individuele PFAS-parameters innemen van de totale PFAS-concentratie gemeten in elk rapport in het grondwater. ....	25
Figuur 13: Concentratie van PFAS-parameters in vaste deel van de aarde ( $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ ) per onderzoekslocatie voor 2011.....	27
Figuur 14: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie in het vaste deel van de aarde voor 2011. ....	28
Figuur 15: Concentratie van PFAS-parameters in grondwater ( $\text{ng}/\text{l}$ ) per onderzoekslocatie voor 2011. ....	29
Figuur 16: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie in het vaste deel van de aarde voor 2011. ....	30
Figuur 17: Concentratie van PFAS-parameters in het vaste deel van de aarde ( $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ ) per onderzoekslocatie na 2011. ....	32
Figuur 18: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie in het vaste deel van de aarde na 2011.....	33
Figuur 19: Concentratie van PFAS-parameters in het grondwater ( $\text{ng}/\text{l}$ ) per onderzoekslocatie na 2011. ....	34
Figuur 20: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie in het grondwater na 2011. ....	35
Figuur 21: Concentratie van PFAS-parameters in vaste deel van de aarde ( $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ ) per onderzoekslocatie bij activiteiten die plaatsvonden voor en na 2011. ....	37

Figuur 22: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie in het vaste deel van de aarde voor en na 2011. ....	38
Figuur 23: Concentratie van PFAS-parameters in grondwater (ng/l) per onderzoekslocatie voor en na 2011. ....	39
Figuur 24: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie in het grondwater voor en na 2011.....	40
Figuur 25: Concentratie PFAS in het vaste deel van de aarde ( $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ ) per onderzoekslocatie. In de x-as is het jaartal vermeld waarin een brand geblust werd. ....	42
Figuur 26: Percentage van PFAS-concentraties in het vaste deel van de aarde van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie. In de x-as is het jaartal vermeld waarin een brand geblust werd. ....	43
Figuur 27: Concentratie PFAS in het grondwater (ng/l) per onderzoekslocatie. In de x-as is het jaartal vermeld waarin een brand geblust werd.....	43
Figuur 28: Percentage van PFAS-concentraties in het grondwater van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie. In de x-as is het jaartal vermeld waarin een brand geblust werd.....	44

# 1 INLEIDING

In juli 2021 startte de OVAM met het uitvoeren van specifiek op PFAS-gerichte verkennende bodemonderzoeken op de brandweerlocaties (brandweeroefenterreinen, -kazernes en incidenten) die geïnventariseerd werden.

In een verkennend bodemonderzoek wordt met een beperkte veld- en analysecampagne onderzocht of en in welke concentraties PFAS op een bepaalde locatie aanwezig is in bodem en grondwater. Ook wordt in dit specifiek op PFAS-gericht onderzoek een eerste inzicht verworven over de mogelijke blootstelling, zodat prioriteiten kunnen worden gesteld voor verder onderzoek. Om de verkennende bodemonderzoeken op mogelijke risicolocaties voor PFAS zo uniform mogelijk te laten uitvoeren en evalueren, werd een onderzoeksprotocol opgesteld.

Het onderzoeksprotocol geeft richtlijnen over de uitvoering van het specifiek op PFAS gericht verkennend bodemonderzoek (o.a. de staalname en de analyses). Er is aandacht voor staalname in de bronzones (waar de hoogste concentraties verwacht worden) en in de richting van de omgeving (zodat een eerste inschatting voor de mogelijke blootstelling naar de omgeving kan gemaakt worden). Daarnaast wordt er ook beschreven hoe de interpretatie van de analyseresultaten dient te gebeuren. Er wordt bepaald welke vervolgstappen in het bodemonderzoek er nodig zijn en wie deze dient te nemen. Op basis van het verkennend bodemonderzoek zal het Agentschap Zorg en Gezondheid (AZG) ook bepalen welke no regret maatregelen er nodig zijn in afwachting van de verdere stappen. Ook wordt er in het verkennend bodemonderzoek een prioriteitsklasse bepaald zodat de termijn waarbinnen verder onderzoek noodzakelijk is hierop afgestemd kan worden.

Deze memo geeft een eerste reeks inzichten in algemene trends van PFAS op brandweer(oefen)terreinen of branden uitgaande van 68 reeds uitgevoerde verkennende bodemonderzoeken in de periode vanaf augustus 2021 tot en met november 2021. Deze verkennende bodemonderzoeken werden nog niet door OVAM en/of het AZG beoordeeld en bevatten dus enkel ruwe gegevens.

Aanvullend wordt meer specifiek getracht een eerste antwoord te geven op volgende onderzoeksvragen:

- Kunnen we op basis van het type blusschuim weten welke PFAS-componenten er inzitten?
- Kunnen we op basis van het jaar van de bluswerken weten welke PFAS-componenten er inzitten?
- Is er onderscheid tussen eenmalige en langdurige bluswerken?
- Kan op basis van de hoeveelheid schuim een conclusie getrokken worden?
- Speelt verharding een duidelijke rol?
- Zijn er deelzones op de locaties die een goede indicator zijn voor het karakter van de verontreiniging? Is er extra aandacht nodig voor het lozingspunt?
- Zijn er indicaties dat waszones een risico inhouden?
- Zijn er fingerprints te herkennen in de PFAS-concentraties in bodem/grondwater die aan een bepaalde activiteit gelinkt kunnen worden?
- Welke PFAS komen vaak voor en in welke concentraties?

## 2 WERKWIJZE EVALUATIE TRENDS

### 2.1 INVENTARISATIE

OVAM heeft 68 rapporten van verkennende bodemonderzoeken ter beschikking gesteld.

Van deze onderzoeken werd volgende informatie geïnventariseerd per onderzoekslocatie:

- PFAS-activiteit: PFAS-verdachte brand, brandweerkazerne, brandweeroefenterrein (of combinatie)
- grondwaterdiepte
- periode van activiteiten
- type verharding op locatie
- duurtijd van de activiteiten
- DAEB
- bodem op onderzoekslocatie werd al dan niet afgegraven
- grond en/of grondwater onderzocht

Aanvullend heeft OVAM een Excel-bestand ter beschikking gesteld (uit MISTRAL database) met de hoogste concentraties van individuele PFAS in respectievelijk het vaste deel van de aarde en het grondwater per onderzoekslocatie (afkomstig uit verschillende boringen/peilbuizen).

### 2.2 UITGANGSPUNTEN

Voor de evaluatie van trends werden volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Verharding opgedeeld als: verhard / onverhard / deels (on)verhard
  - o Deels (on)verhard: oefenplaats op verharde ondergrond, maar bijvoorbeeld omgeven door gras (afwatering)
  - o Onverhard: volledig onverharde oefenzone
  - o Verhard: volledig verhard en omliggende zones ook verhard (vb. parking vooraan aan brandweerkazerne)
- Periode: voor en/of na 2011
  - o 2011 wordt vooropgesteld als datum van uitfasering van PFOS  
*Overeenkomstig Richtlijn 2006/122/EG 1 jo. Richtlijn 76/769/EEG 2 mocht vanaf 27 juni 2008 geen nieuwe PFOS-houdende blusschuimen meer op de markt worden gebracht of gebruikt. Enkel blusschuimen met PFOS-componenten die vóór 27 december 2006 (datum van inwerkingtreding van Richtlijn 2006/122/EG) op de markt werden gebracht, mochten nog tot 27 juni 2011 gebruikt worden indien deze uiterlijk op 27 december 2008 aan de Europese Commissie werden gemeld. Deze verplichting werd in het Belgische recht omgezet bij artikelen 3 en 4 van het Koninklijk besluit van 2 november 2007 tot wijziging van het Koninklijk besluit van 25 februari 1996 tot beperking van het op de markt brengen en van het gebruik van bepaalde gevaarlijke stoffen en preparaten. Zodoende dient te worden vastgesteld dat de uiterste datum waarop PFOS-houdende blusschuimen konden worden gebruikt - en, daarmee samenhangend, PFOS-verontreiniging kon worden veroorzaakt gesitueerd dient te worden op 27 juni 2011.*
- PFAS-concentraties voor het vaste deel van de aarde en het grondwater:
  - o Er werd enkel rekening gehouden met concentraties boven de detectielimiet (> DL)
  - o Concentraties onder de DL werden gelijkgesteld aan nul. Deze DL verschilt tussen verschillende labo's en binnen eenzelfde labo omwille van matrixstoringen.



- De maximale concentraties per PFAS-parameter werd opgenomen (= aangeleverd Excel-bestand van OVAM). Deze maximale concentraties kan per PFAS-parameter afkomstig zijn uit verschillende boringen/peilbuizen.  
Voor het onderzoek naar trends in de PFAS-concentraties in functie van verschillende factoren (type verharding, type locatie...), zijn onder andere de gemiddeldes genomen van deze maximale concentraties van elke PFAS-parameter al dan niet in verschillende boringen/peilbuizen, dus de gemiddeldes hiervan moeten voorzichtig geïnterpreteerd worden.
- Voor het berekenen van het gemiddelde van de maximale concentraties is er onderscheid gemaakt tussen:
  - medium niet onderzocht en concentratie in medium kleiner dan detectielimiet
    - medium niet onderzocht: vb. bij grondwaterstand dieper dan 5 meter werd in een aantal onderzoeken het grondwater niet onderzocht. In dat geval werd het dossier niet meegenomen in de berekening van het gemiddelde van de maximale concentraties voor dat medium.
    - concentraties onder detectielimiet: deze krijgen een concentratie gelijk aan 0 en deze 0 µg/kg ds of 0 ng/l wordt wel meegerekend in de gemiddelde concentratie.
  - bodem afgegraven en niet afgegraven:
    - indien in het verkennend bodemonderzoek vermeld wordt dat de bodem is afgegraven alvorens het bodemonderzoek plaatsvond, zijn de concentraties gemeten in de bodem uit dat rapport niet meegenomen bij de berekening van het gemiddelde van de maximale concentraties over alle rapporten.
- Som PFAS is steeds de som van kwantitatieve en indicatieve PFAS cfr. de bij staalname van toepassing zijnde CMA/WAC. Het PFAS-analysepakket werd aangepast in de periode 2020-2021, bijgevolg kan het geanalyseerde PFAS-pakket variëren in de database en is dus vooral een vergelijking in grootteorde mogelijk.

## 3 EVALUATIE

### 3.1 INVENTARISATIE ALGEMEEN

#### 3.1.1 Aantal dossiers en type activiteit

In de beschikbaar gestelde dossiers kan onderscheid gemaakt worden tussen volgende PFAS-verdachte locaties:

- PFAS-verdachte brand
- brandweerkazerne
- brandweer oefenplaats gelegen op brandweerkazerne
- brandweer oefenplaats (zonder kazerne)
- brandweer opslagplaats
- jaarlijks schuimtapijt aangelegd door de brandweer

Tabel 1 geeft overzicht van het aantal onderzoeken per type activiteit:

Tabel 1: Aantal rapporten beschikbaar per type activiteit

	Aantal onderzoeken
brand	16
brandweerkazerne	4
oefenplaats gelegen op brandweerkazerne	34
brandweer oefenplaats	12
brandweer opslagplaats	1
jaarlijks schuimtapijt	1
<b>Totaal aantal dossiers</b>	<b>68</b>

De meeste rapporten situeren zich op een brandweer oefenplaats gelegen op een brandweerkazerne. Aangezien er telkens slechts 1 rapport beschikbaar is over een brandweer opslagplaats en het aanleggen van een jaarlijks schuimtapijt, worden de concentraties op deze locaties verder niet in detail besproken.

In 9 rapporten is de bodem afgegraven, dus voor de evaluatie van concentraties in de **bodem** zijn PFAS-concentraties uit **59 rapporten** waarin de bodem niet werd afgegraven voorafgaand aan de staalname weerhouden. Het aantal rapporten waarin het **grondwater** onderzocht werd, is **55**.

### 3.1.2 DAEB (duidelijke aanwijzing van een ernstige bodemverontreiniging)

In Tabel 2 wordt het aantal rapporten met DAEB in de vaste deel van de aarde en het grondwater weergegeven.

Tabel 2: Aantal rapporten met DAEB in vaste deel van de aarde en grondwater

Wel of geen DAEB	Aantal in vaste deel van aarde (59)	% dossiers	Aantal in grondwater (55)	% dossiers
DAEB	23	39%	47	85%
Geen DAEB	36	61%	8	15%

Van de 36 rapporten waarin geen DAEB in vaste deel van de aarde werd besloten:

- is er in 24 rapporten wel een DAEB in grondwater besloten;
- is er in 5 rapporten noch een DAEB vaste deel van de aarde noch een DAEB grondwater;
- werd in 7 rapporten geen grondwater onderzocht- dus is er geen uitspraak over DAEB grondwater beschikbaar.

Van de 8 rapporten waar geen DAEB grondwater werd besloten:

- werd in 2 rapporten wel een DAEB in vaste deel van de aarde besloten;
- is er in 5 rapporten noch een DAEB vaste deel van de aarde noch een DAEB grondwater;
- werd in 1 rapport bodem afgegraven waardoor er geen initiële evaluatie DAEB vaste deel van de aarde op basis van concentraties voorafgaand aan ontgraving beschikbaar is.

#### Algemene interpretatie DAEB:

Er zijn minder dossiers waar DAEB besloten werd in het vaste deel van de aarde dan dossiers waar DAEB besloten werd in het grondwater. In 85% van de dossiers wordt een DAEB grondwater besloten terwijl er slechts in 39% een DAEB bodem wordt besloten. Bijgevolg is het belangrijk om steeds beide media in een BBO verder te onderzoeken wanneer er sprake is van DAEB voor één van beide media.

In Tabel 3 wordt het aantal rapporten met DAEB in het vaste deel van de aarde en het grondwater weergegeven per type activiteit.

Tabel 3: Aantal rapporten met DAEB, totaal aantal rapporten en percentage rapporten met DAEB in vaste deel van de aarde en grondwater per type activiteit

Activiteit	DAEB in vaste deel van de aarde	Aantal rapporten in vaste deel van de aarde (59)	%DAEB in vaste deel van de aarde	DAEB in grondwater	Aantal rapporten in grondwater (55)	%DAEB in grondwater
brand	3	11	27%	13	14	93%
brandweerkazerne	2	4	50%	4	5	80%
brandweer kazerne + oefenplaats	14	30	47%	22	23	96%
brandweer oefenplaats (niet op locatie van kazerne)	4	12	33%	6	11	55%
brandweer opslagplaats	0	1	0%	1	1	100%
jaarlijks schuimtapijt	0	1	0%	1	1	100%

#### Interpretatie DAEB op verschillende locaties:

De hoogste percentages van DAEB lijken voor te komen bij brandweerkazernes met en zonder oefenplaats, waar de frequentie van bluswerken het hoogst is.

#### **3.1.3 Inventarisatie van PFAS-parameters in vaste deel van de aarde en grondwater**

In Tabel 4 wordt het volgende weergegeven:

- De gemiddeldes van de maximale concentraties van de PFAS-parameters over alle rapporten in vaste deel van de aarde (59) en grondwater (55)
- Het aantal rapporten waarin de gemeten maximale concentratie van de PFAS-parameters boven 3 µg/kg ds (= toetsingswaarde RW voor PFOS/PFOA) liggen in het vaste deel van de aarde en boven 96 ng/l (= 80% toetsingswaarde BSN voor PFOS/PFOA) liggen in het grondwater
- De mediaan
- De grootste maximale concentratie per PFAS-parameter gegeven

Door de concentraties gemeten in het vaste deel van de aarde en het grondwater naast elkaar te leggen, kan een eerste indicatie verkregen worden van de meest aanwezige parameters, alsook de parameters die weinig voorkomen.

Tabel 4: Gemiddelde van de maximale concentraties van elke PFAS-parameter doorheen alle rapporten, aantal rapporten met gemeten maximale concentratie hoger dan gekozen waarde, aantal rapporten met gemeten maximale concentratie boven DL, mediaan en hoogste waarde van de maximaal gemeten concentraties per PFAS-parameter.

PFAS-parameter s	Vaste deel van de aarde					Grondwater				
	Gem. van max gemeten conc.'s per rapport (µg/kg ds)	Aantal rapporten met max gemeten conc. > DL	Aantal rapporten met max gemeten conc. > 3 µg/kg ds	Mediaan van max gemeten conc.'s (µg/kg ds)	Hoogste waarde van max gemeten conc.'s (µg/kg ds)	Gem. van max gemeten conc.'s per rapport (ng/l)	Aantal rapporten met max gemeten conc. > DL	Aantal rapporten met max gemeten conc. > 96 ng/l	Mediaan van max gemeten conc.'s (ng/l)	Hoogste waarde van max gemeten conc.'s (ng/l)
PFOS	405,38	57	37	8,80	5.700,00	6.717,75	50	22	31,00	70.000,00
PFHxS	7,98	26	18	0,00	140,00	10.192,80	41	22	44,00	390.000,00
PFHpS	2,54	20	8	0,00	64,00	424,65	24	10	0,00	8.200,00
4:2 FTS	<DL	0	0	<DL	<DL	8,31	8	2	0,00	200,00
6:2 FTS	49,10	38	26	1,40	820,00	24.563,62	38	27	68,00	470.000,00
8:2 FTS	15,26	27	15	<DL	249,00	15,82	14	4	<DL	220,00
10:2 FTS	10,19	25	14	0,00	158,00	0,29	2	0	0,00	10,00
PFPA	7,87	40	27	2,28	59,00	1.659,41	48	36	340,00	140.000,00
PFBA	1,59	35	12	0,80	10,00	5.025,90	47	30	105,00	38.000,00
PFHxA	7,46	42	23	1,70	140,00	4.417,60	49	35	356,00	85.300,00
PFHpA	2,15	33	12	0,74	17,00	567,99	47	30	110,00	12.200,00
PFOA	2,81	51	13	0,90	44,60	901,84	52	22	68,00	8.900,00
PFDA	2,33	35	10	0,30	34,10	6,25	17	1	<DL	110,00
PFOSA	7,17	19	15	<DL	182,00	12,58	16	3	<DL	250,00
PFNS	4,03	20	14	<DL	47,00	4,25	8	0	<DL	70,50
PFDS	3,76	16	9	<DL	74,60	<DL	0	0	<DL	<DL
PFUdA	2,31	27	11	<DL	35,00	3,84	9	0	<DL	92,00
PFDoA	2,17	26	9	<DL	79,20	0,16	1	0	<DL	9,00
PFDoS	2,04	12	7	<DL	51,70	<DL	0	0	<DL	<DL
PFNA	1,43	32	11	0,30	10,10	52,94	28	7	<DL	800,00
PFTeDA	0,73	12	2	<DL	32,10	<DL	0	0	<DL	<DL
PFTTrDA	0,68	13	4	<DL	11,70	<DL	0	0	<DL	<DL
HFPO-DA (GenX)	0,58	6	1	<DL	32,00	2,24	9	0	<DL	62,00
PFPeS	0,52	13	3	<DL	11,00	1.106,27	35	15	3,00	37.000,00
PFBS	0,25	9	2	<DL	4,30	1.525,16	47	15	16,00	36.000,00
PFECHS	<DL	1	0	<DL	0,18	11,56	5	1	<DL	460,00
PFHxDA	0,15	6	1	<DL	7,69	0,51	1	0	<DL	28,00
PFODA	0,01	2	0	<DL	0,27	5,76	4	1	<DL	200,00
MeFOSA	0,14	4	1	<DL	6,45	<DL	0	0	<DL	<DL
MeFOSAA	0,13	4	1	<DL	3,89	0,89	4	0	<DL	43,00
EtFOSA	3,57	2	2	<DL	118,00	<DL	0	0	<DL	<DL
EtFOSAA	2,45	6	3	<DL	96,80	28,05	5	1	<DL	1.530,00
6:2 diPA	0,31	3	2	<DL	10,00	<DL	0	0	<DL	<DL
8:2 diPA	0,01	2	0	<DL	0,60	1,75	5	0	<DL	90,00

Legende:

Veel voorkomende parameters met duidelijke verhoogde concentraties in vaste deel van de aarde en/of in grondwater, zij worden hier indicatief gedefinieerd als parameters die aan volgende voorwaarden voldoen:

- voorkomen in meer dan 25% van de rapporten voor boven 3 µg/kg ds in het vaste deel van de aarde of boven 96 ng/l in het grondwater én
- het gemiddelde van de gemeten maximale concentraties van de parameters is > 8 µg/kg ds in vaste deel van de aarde of > 500 ng/l in grondwater

Parameters die zelden voorkomen, zij worden hier indicatief gedefinieerd als parameters die aan volgende voorwaarden voldoen:

- voorkomen in minder dan 10 rapporten boven de DL én
- het gemiddelde van de gemeten maximale concentraties van de parameters is < 1 µg/kg ds in het vaste deel van de aarde of < 10 ng/l in het grondwater

Op basis van Tabel 4 kunnen we een aantal parameters definiëren die aan volgende voorwaarden voldoen:

- vastgesteld in meer dan 25% van de rapporten met een concentratie hoger dan 3 µg/kg ds in het vaste deel van de aarde of hoger dan 96 ng/l in het grondwater én
- het gemiddelde van de gemeten maximale concentraties van de parameters is ongeveer gelijk aan 8 µg/kg ds of hoger in vaste deel van de aarde, of is hoger dan 500 ng/l in het grondwater

Deze parameters zijn in zowel het vaste deel van de aarde als grondwater de volgende:

- PFOS
- PFHxS
- 6:2 FTS
- PFPA

Parameters die enkel in het grondwater aan deze voorwaarden voldoen zijn:

- PFBA
- PFHxA
- PFHpA
- PFOA
- PFPeS
- PFBS

Een parameter die enkel in het vaste deel van de aarde aan deze voorwaarden voldoet is:

- 8:2 FTS
- 10:2 FTS

Op basis van Tabel 4 kunnen we ook enkele PFAS-parameters benoemen die zelden worden vastgesteld in het kader van activiteiten waar **brandblusschuim** gebruikt wordt. Zij worden hier indicatief gedefinieerd als parameters die aan volgende voorwaarden voldoen:

- Ze komen in minder dan 10 rapporten voor met een kwantificeerbare concentratie (groter dan DL) én
- Het gemiddelde van de gemeten maximale concentraties van de parameters is < 1 µg/kg ds in het vaste deel van de aarde en/of < 10 ng/l in het grondwater

Deze parameters zijn in zowel het vaste deel van de aarde als het grondwater de volgende:

- 4:2 FTS
- HFPO-DA (GenX)
- PFHxDA
- PFODA
- MeFOSA
- MeFOSAA
- 6:2 diPA
- 8:2 diPA

Parameters die enkel in het grondwater aan deze voorwaarden voldoen zijn:

- PFNS
- PFDS
- PFUdA
- PFDoA
- PFDoS
- PFTeDA

- PFTTrDA
- EtFOSA

Er zijn geen PFAS-parameters die enkel in het vaste deel van de aarde aan deze voorwaarden voldoen.

## 3.2 EFFECTEN

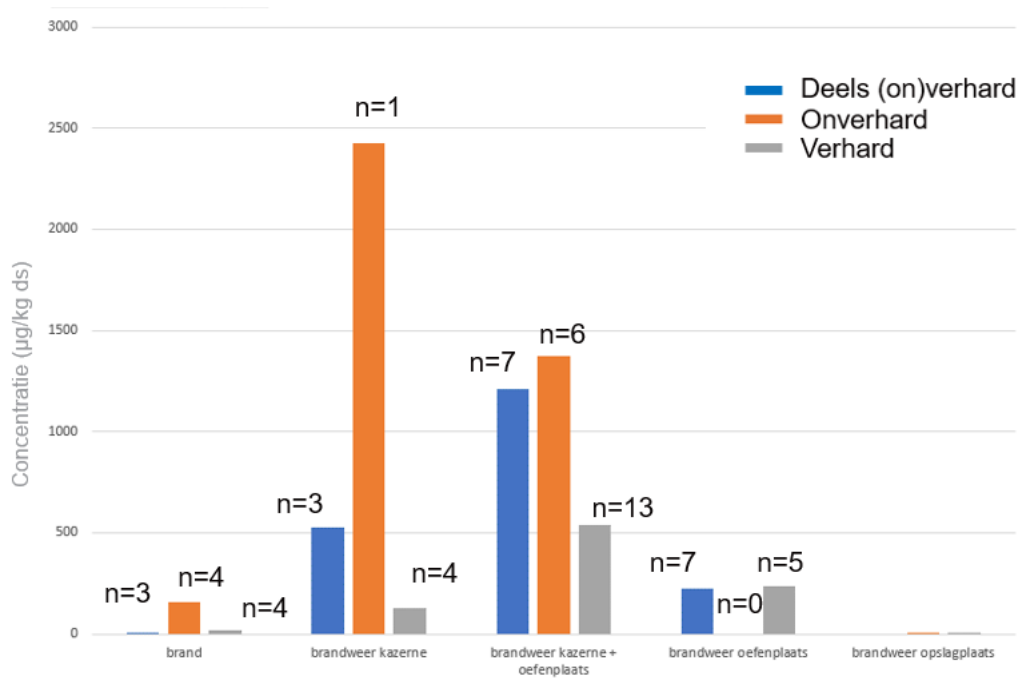
### 3.2.1 Type activiteit + verharding

Om het effect van type activiteit en verharding te kunnen inschatten werd als volgt een onderscheid gemaakt in verschillende categorieën:

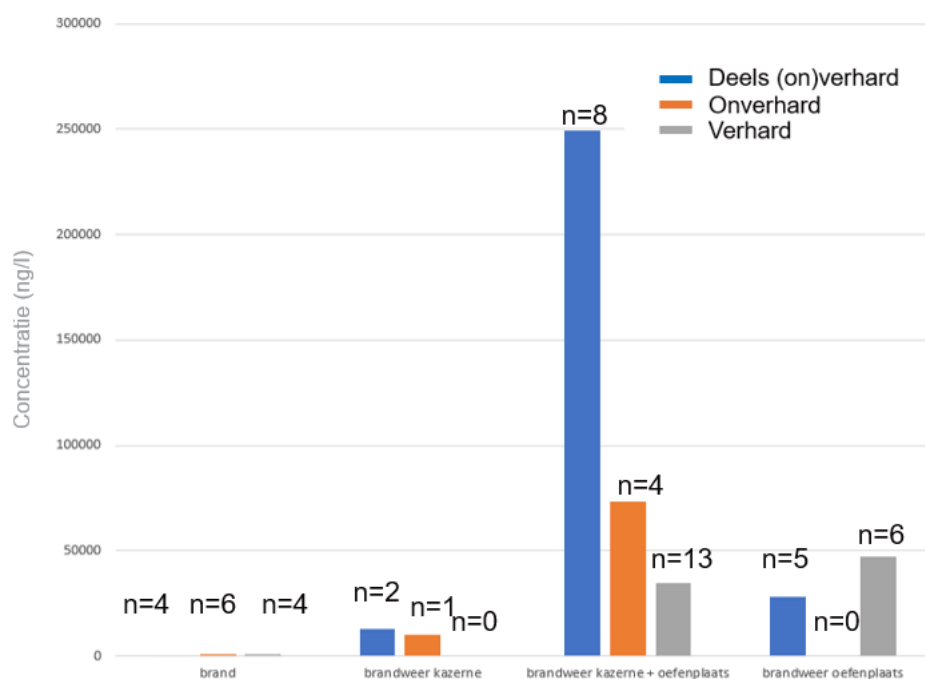
- Type activiteit:
  - o Branden – het betreffen steeds eenmalige industriële branden
  - o Brandweerkazerne: dit zijn brandweerkazernes waar volgens de voorstudie geen oefenplaats aanwezig is
  - o Brandweerkazerne met oefenplaats: dit zijn brandweerkazernes waar op dezelfde locatie ook een oefenterrein aanwezig is
  - o Brandweeroefenterreinen: dit zijn locaties die niet gelegen zijn aan een kazerne, soms ook tijdelijke oefenterreinen
- Verharding
  - o Verhard: dit zijn terreinen waar de oefenplaats volledig verhard is en rondom de oefenplaats volledige verharding aanwezig is, bijvoorbeeld parking aan de kazerne
  - o Deels (on)verhard: dit zijn oefenplaatsen waar de oefenplaats zelf verhard is maar waar rondom een groenzone aanwezig is
  - o Onverhard: dit zijn volledig onverharde oefenplaatsen (gras)

Op Figuur 1 en Figuur 2 is het gemiddelde van de maximale concentraties van som PFAS in respectievelijk 59 rapporten in vaste deel van de aarde ( $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ ) en 55 rapporten in grondwater ( $\text{ng}/\text{l}$ ) weergegeven **in functie van activiteit en type verharding**.

Aangezien de concentraties bij een brand zodanig laag zijn, wordt op Figuur 3 en Figuur 4 ingezoomd op de concentraties onder  $500 \mu\text{g}/\text{kg ds}$  in het vaste deel van de aarde en onder  $50.000 \text{ng}/\text{l}$  in grondwater.

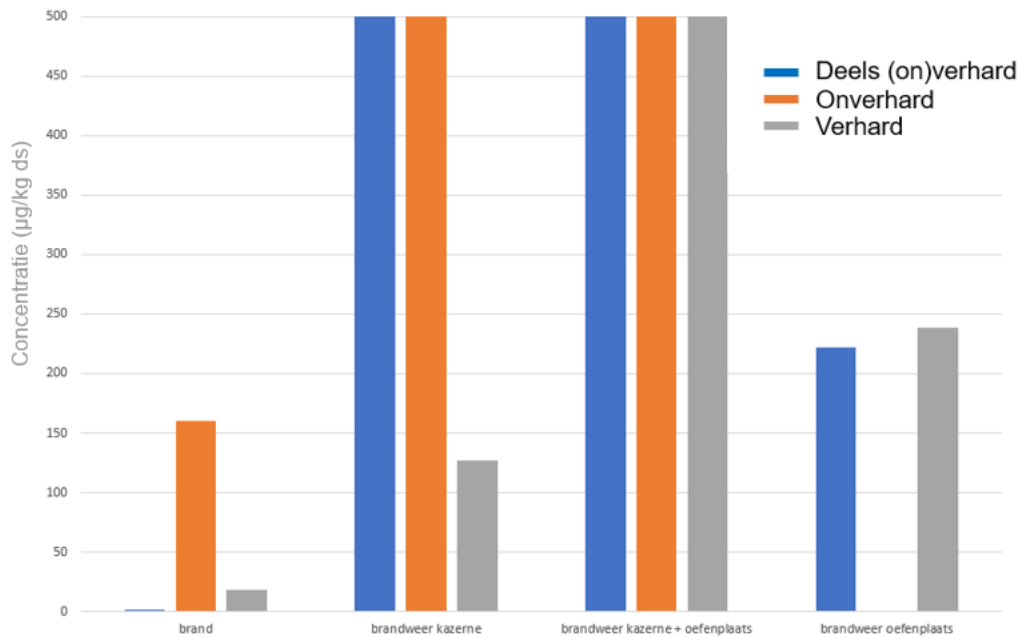


Figuur 1: Gemiddelde van de maximale concentraties van som PFAS in het vaste deel van de aarde (µg/kg ds) in functie van activiteit (brand, brandweerkazerne, brandweerkazerne + oefenplaats of brandweer oefenplaats) en type verharding (deels (on)verhard, onverhard, verhard) met n = aantal rapporten.

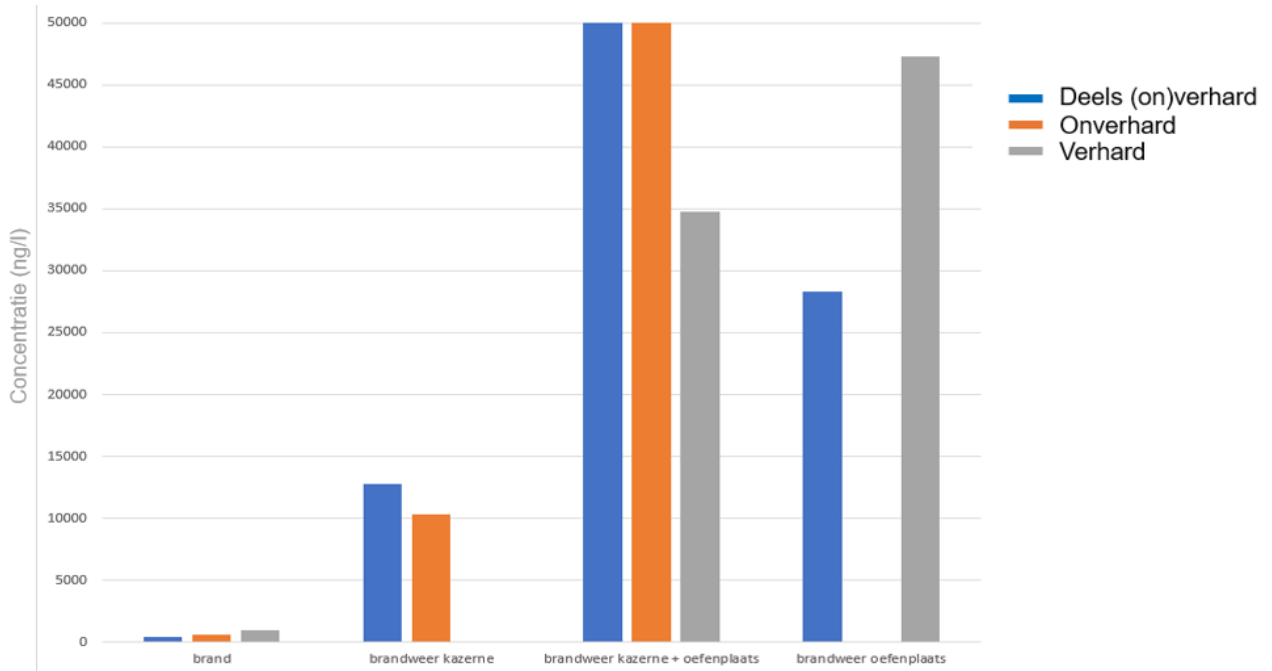


Figuur 2: Gemiddelde van de maximale concentraties van som PFAS in het grondwater (ng/l) in functie van activiteit (brand, brandweerkazerne, brandweerkazerne + oefenplaats of brandweer oefenplaats) en type verharding (deels (on)verhard, onverhard, verhard) met n = aantal rapporten.





Figuur 3: Gemiddelde van de maximale concentraties van som PFAS in het vaste deel van de aarde (µg/kg ds) in functie van activiteit (brand, brandweerkazerne, brandweerkazerne + oefenplaats of brandweer oefenplaats) en type verharding (deels (on)verhard, onverhard, verhard), ingezoomd op concentraties onder 500 µg/kg ds.



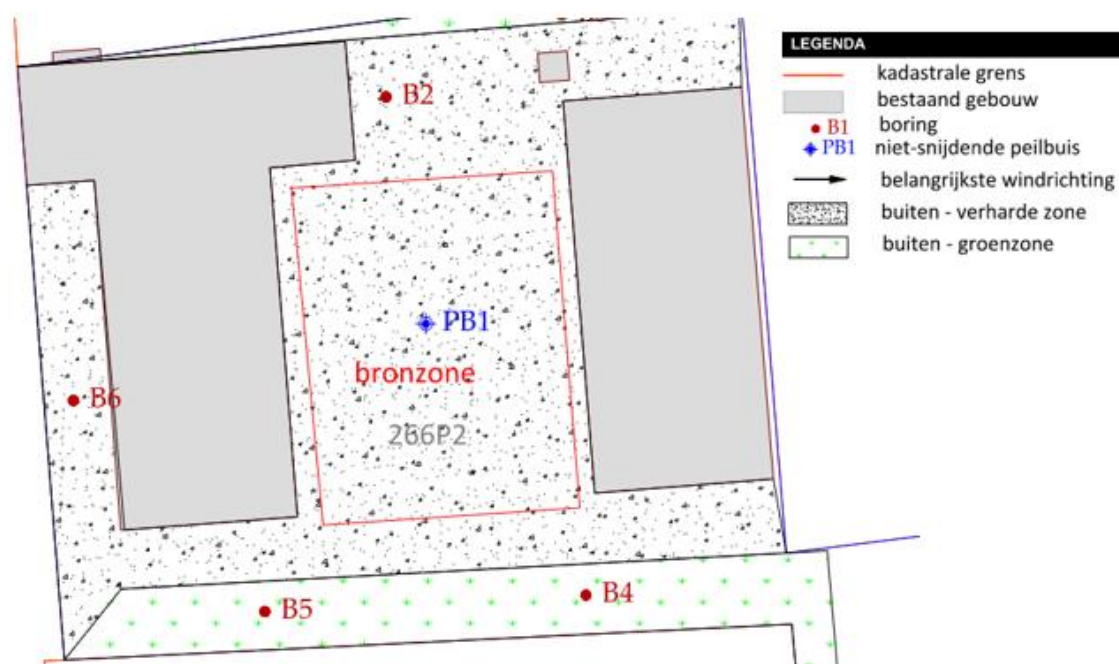
Figuur 4: Gemiddelde van de maximale concentraties van som PFAS in het grondwater (ng/l) in functie van activiteit (brand, brandweerkazerne, brandweerkazerne + oefenplaats of brandweer oefenplaats) en type verharding (deels (on)verhard, onverhard, verhard), ingezoomd op concentraties onder 50.000 ng/l.

#### Interpretatie type verharding en brandweer activiteit:

- De concentraties bij een brand en bij een brandweer oefenplaats op een locatie waar geen kazerne aanwezig is, liggen lager dan de concentraties op locaties met brandweerkazerne met of zonder oefenplaats. Op oefenterreinen gelegen op dezelfde locatie als een kazerne wordt vermoedelijk meer frequent gebruik gemaakt van het brandblusschuim waardoor de

concentraties som PFAS hoger zijn. Dit geldt zowel in het vaste deel van de aarde als in het grondwater.

- De concentraties som PFAS op locaties met verharde ondergrond (grijs) is lager dan bij (deels) onverharde ondergrond (blauw en oranje) zowel in het vaste deel van de aarde als het grondwater. De concentraties op deels (on)verharde ondergrond zijn in het vaste deel van de aarde in zelfde grootteorde als de volledig onverharde ondergrond en zijn in grondwater in deze dossiers gemiddeld hoger. De hogere concentraties zijn vermoedelijk te verklaren door de afwatering van verharde naar onverharde zone waarin de stalen telkens genomen werden, zie Figuur 5 ter illustratie.

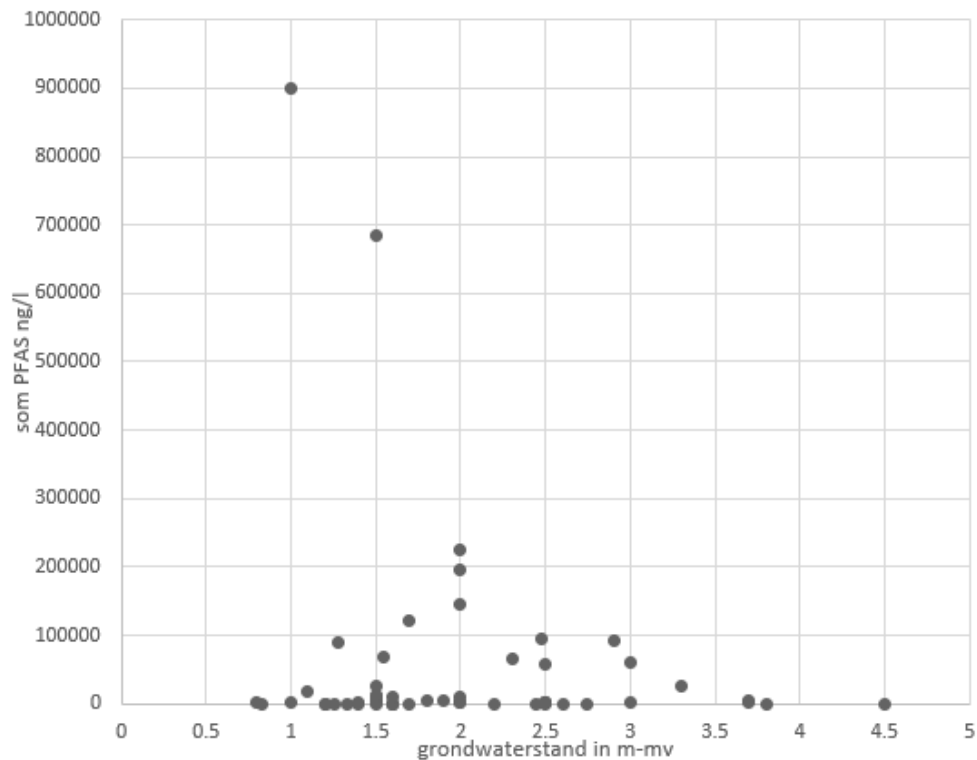


Figuur 5: Onderzoekslocatie uit dossier 96402.

Op de onderzoekslocatie afgebeeld op Figuur 5 werden de hoogste concentraties in het vaste deel van de aarde gemeten in de groenzone (B4 en B5) en niet in de bronzone. Deze hoge concentraties in de groenzone, naast het verhard terrein, tonen het effect van afwatering naar de groenzone. Het grondwater werd enkel in de bronzone bemonsterd. Dus ondanks het feit dat de eigenlijke brandweer oefenplaats volledig verhard is, is de groenzone rondom langs waar de afwatering plaats vindt het meest verontreinigd.

### 3.2.2 Grondwaterstand

De diepte van de grondwatertafel werd uit elk rapport in de datatabel meegenomen, om zo een mogelijk verband tussen deze grondwaterstand en de concentratie PFAS in het grondwater na te gaan. Op Figuur 6 is dit verband weergegeven.



Figuur 6: Maximale concentratie van de som PFAS uit elk rapport waar grondwater gemeten werd (55) in functie van de grondwaterstand (m-mv).

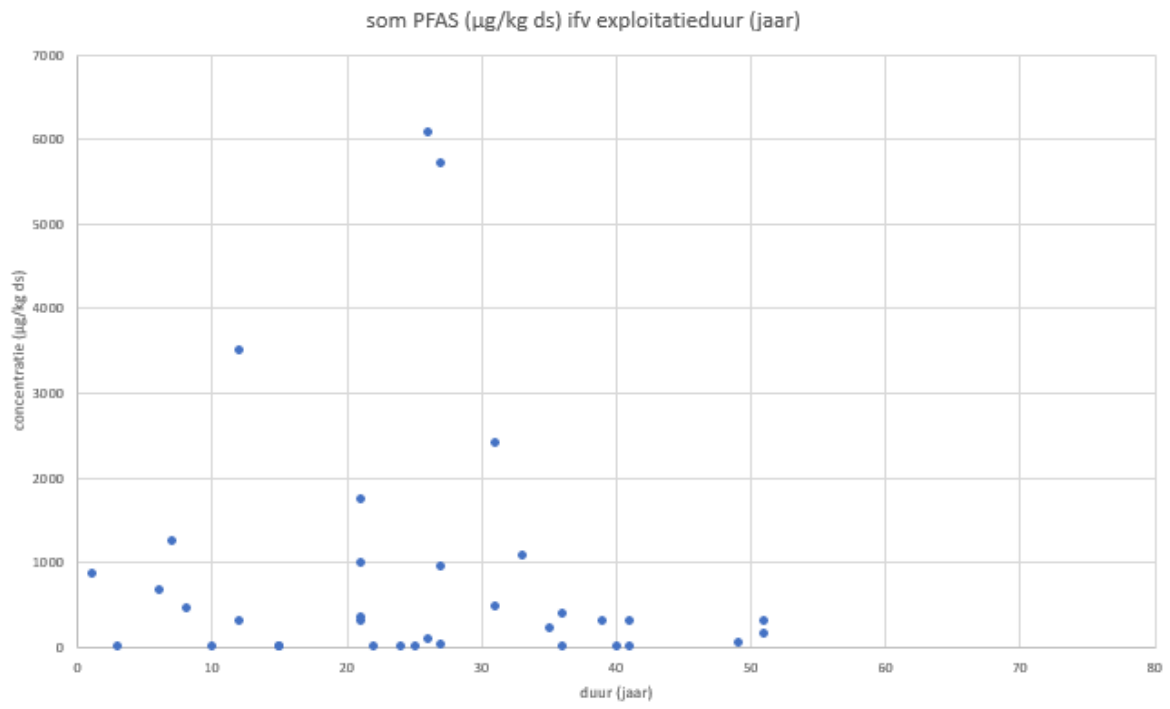
#### Interpretatie grondwaterstand:

- Er is geen eenduidige correlatie tussen concentratie som PFAS en grondwaterstand tussen 0 en 3,5 m-mv
- Het aantal rapporten met grondwaterstand dieper dan 3,5 m-mv is beperkt en dieper dan 4,5 m-mv zelfs gelijk aan nul, waardoor nog geen uitspraak gedaan kan worden over diepe grondwaterstanden.

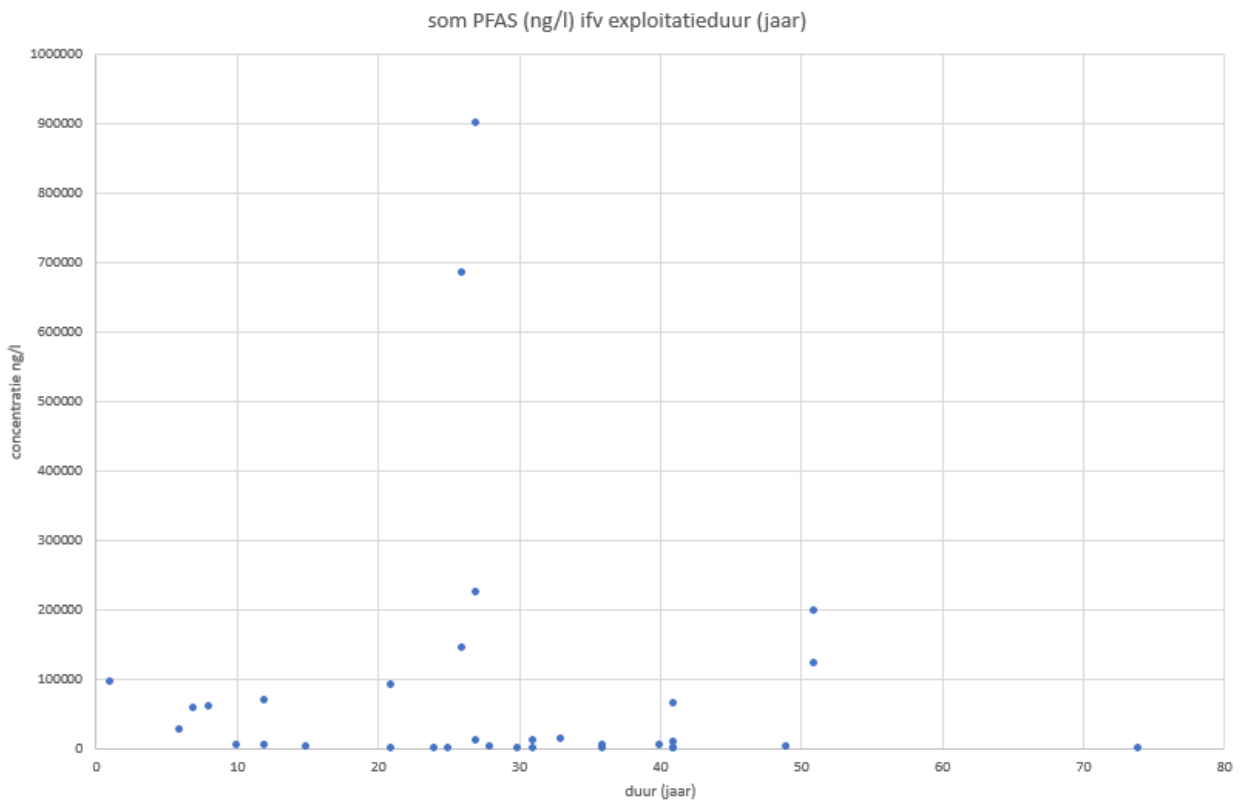
#### **3.2.3 Exploitatieperiode**

Onder exploitatieperiode wordt verstaan: de periode van uitvoering van brandblus oefeningen op het oefenterrein of de periode van aanwezigheid van kazerne waar een oefenterrein aanwezig is. De exploitatieperiode werd uit de rapporten waarin deze vermeld was meegenomen in de datatabel, om een mogelijk verband met de concentratie PFAS in vaste deel van de aarde en grondwater na te gaan. Aangezien PFAS pas frequenter gebruikt werden vanaf de jaren 1970, wordt de exploitatieduur telkens berekend zonder de jaren voor 1970 mee te tellen (in 4 rapporten zijn de activiteiten gestart voor 1970). Dit verband is weergegeven op Figuur 7 voor de concentraties in het vaste deel van de aarde en op Figuur 8 voor de concentraties in het grondwater.

Soms was de start- of eindperiode onbekend, dus konden de concentraties uit deze rapporten niet meegenomen worden in de grafiek. Ook werd in de rapporten soms 2011 als eindjaar benoemd omdat het gebruik van PFOS toen verboden werd, terwijl de bluswerken mogelijk nog langer plaatsvonden. Deze figuren moeten dus opnieuw voorzichtig benaderd worden.



Figuur 7: Maximale concentraties van som PFAS in het vaste deel van de aarde (µg/kg ds) in functie van de duur van de bluswerken (jaar).



Figuur 8: Maximale concentraties van som PFAS in het grondwater (ng/l) in functie van de duur van de bluswerken (jaar).

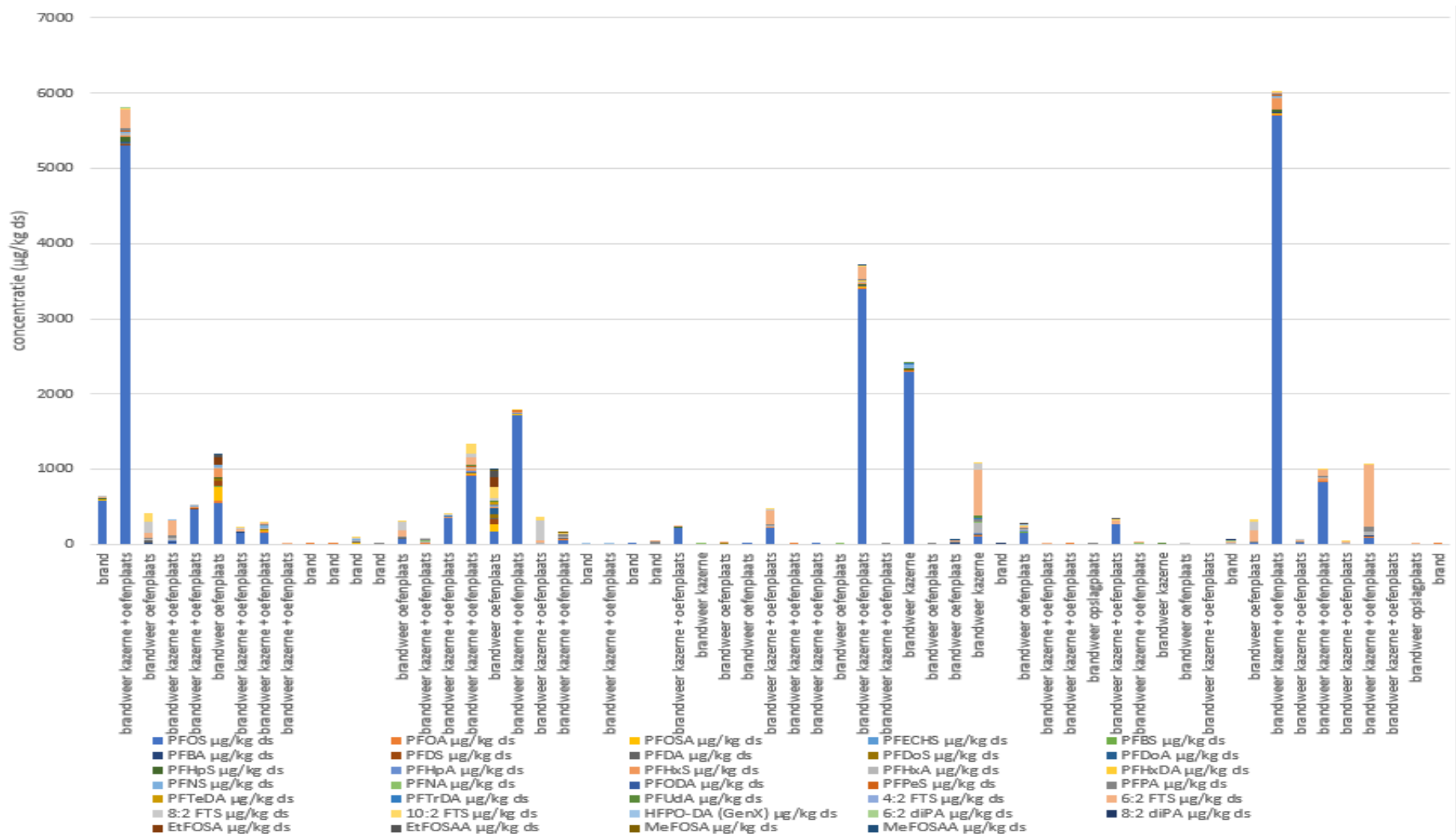
#### Interpretatie exploitatieduur:

- Er is geen eenduidige link tussen PFAS-concentraties in het vaste deel van de aarde of grondwater en exploitatieduur
- De hoge concentratie bij de exploitatieduur van 1 jaar is een tijdelijke brandweer oefenplaats waarbij 3 keer blusoefeningen uitgevoerd werden. Het vaste deel van de aarde op deze locatie bestond uit matig fijn zand, waardoor gemakkelijkere infiltratie en uitloging een rol kan gespeeld hebben.

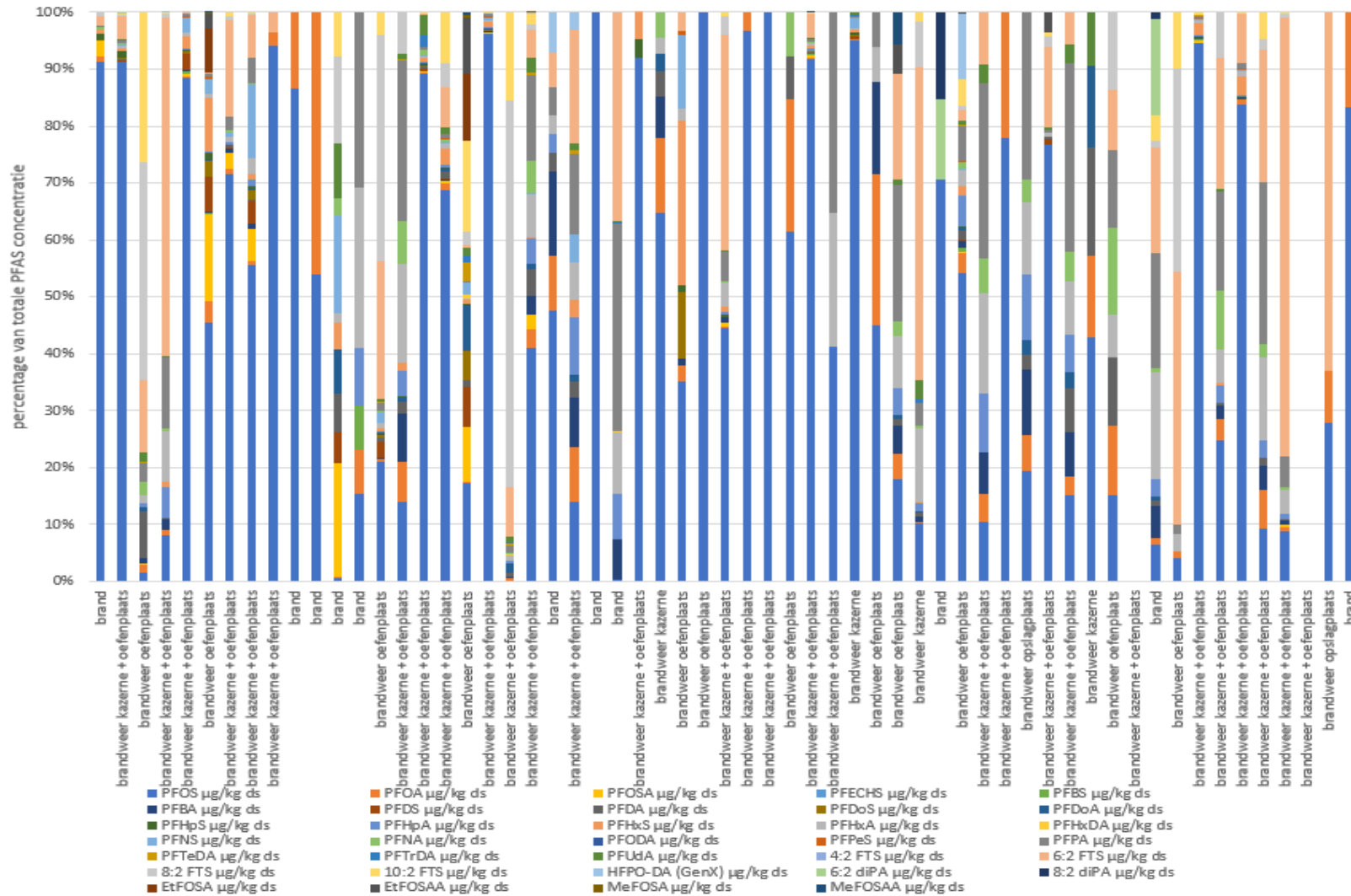
### **3.3 FINGERPRINTING**

#### **3.3.1 Algemene fingerprinting**

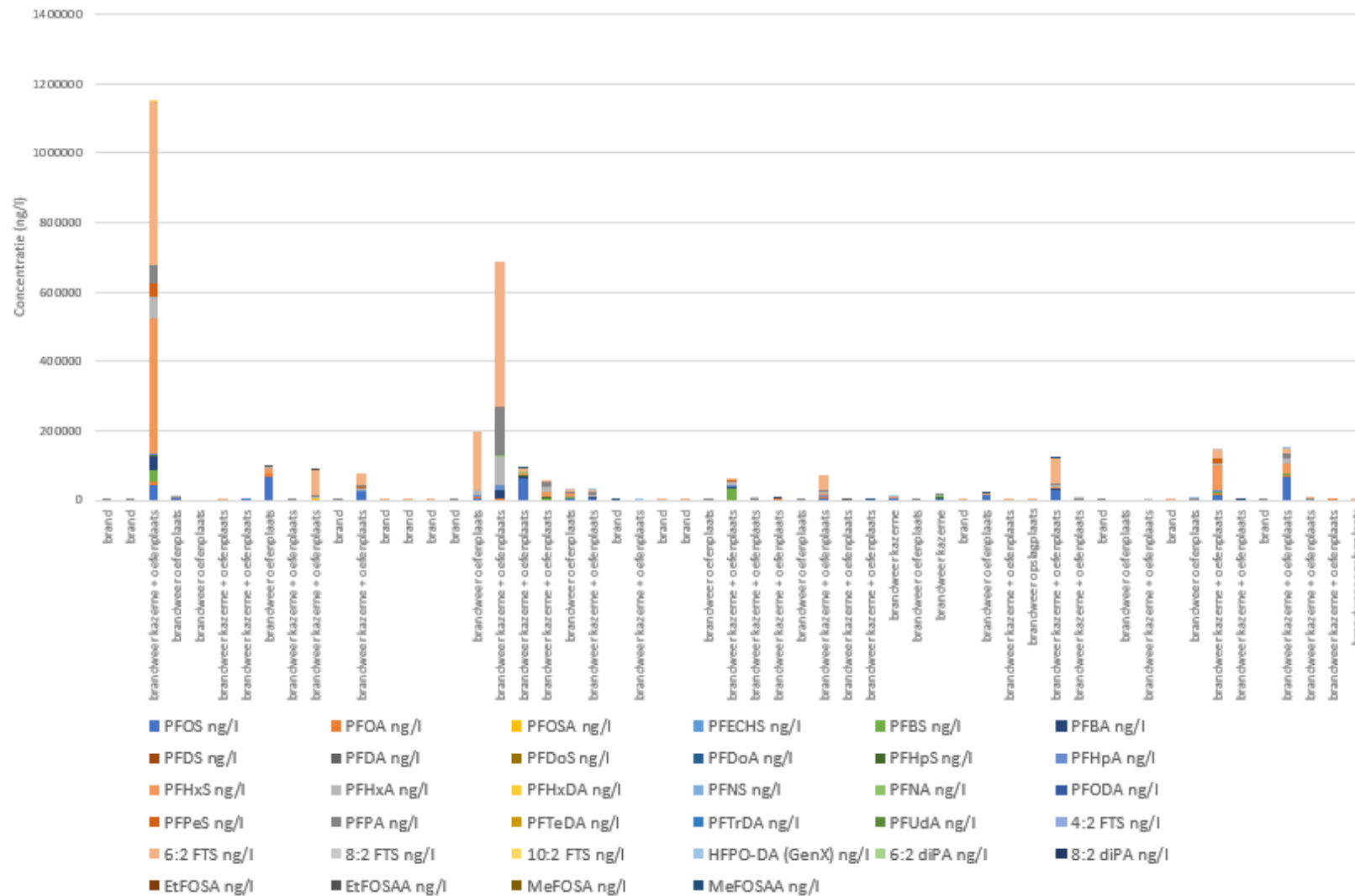
Behalve de concentraties, werd ook de samenstelling van de verschillende PFAS in het vaste deel van de aarde en grondwater bekeken. Op Figuur 9 en Figuur 11 is telkens de samenstelling afgebeeld op basis van de maximale concentraties van de PFAS-componenten per rapport in respectievelijk vaste deel van de aarde en grondwater. Op Figuur 10 en Figuur 12 zien we de percentages van die concentraties per locatie. De X-as geeft het type onderzoekslocatie weer.



Figuur 9: Concentraties van alle PFAS-parameters per rapport gemeten in het vaste deel van de aarde (µg/kg ds). Op de x-as staat steeds de brandweer-activiteit per rapport weergegeven.

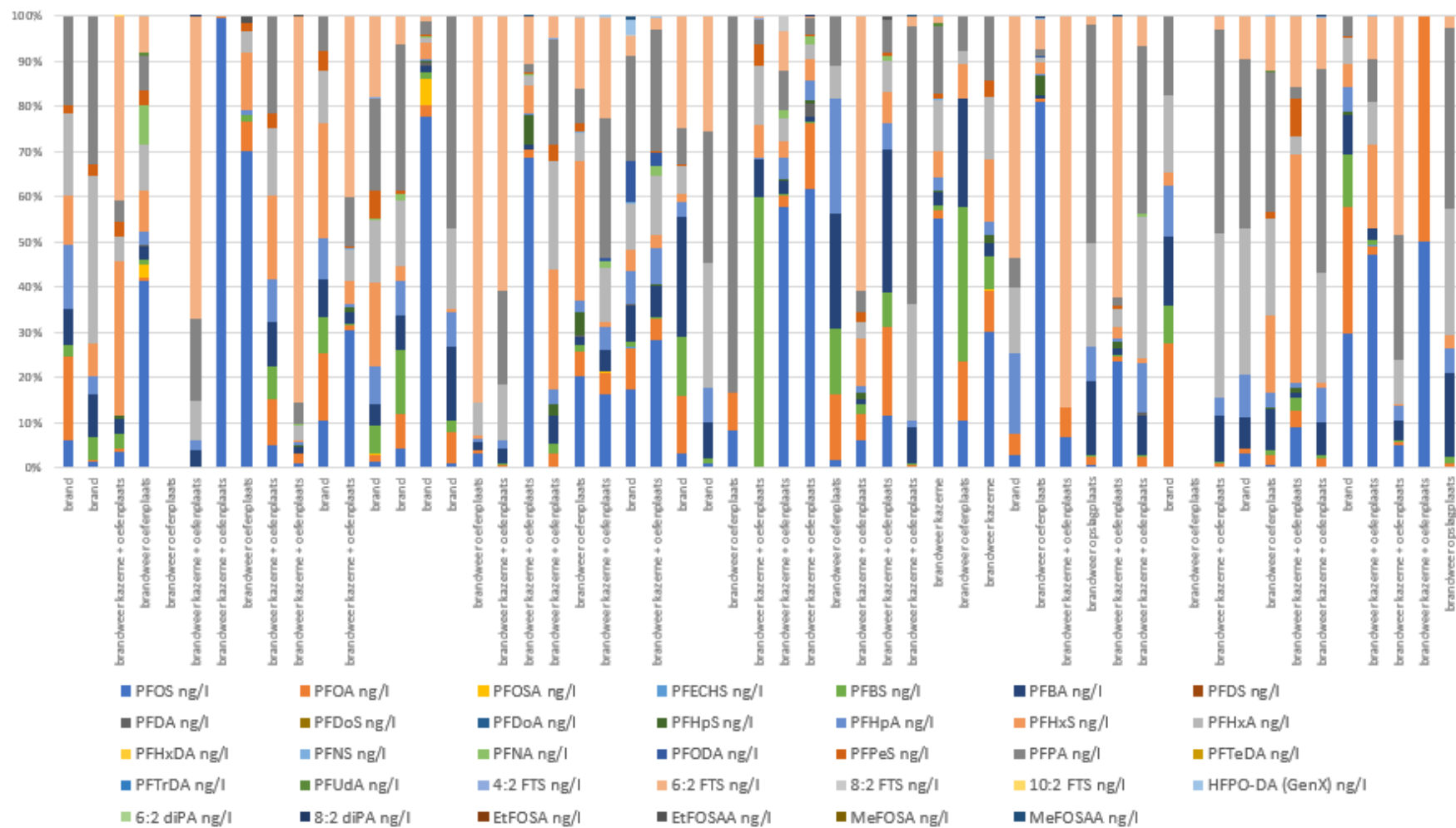


Figuur 10: Percentage dat de concentraties van de individuele PFAS-parameters innemen van de totale PFAS-concentratie gemeten in elk rapport in het vaste deel van de aarde.



Figuur 11: Concentraties van alle PFAS-parameters per rapport gemeten in het grondwater (ng/l). Op de x-as staat steeds de brandweer-activiteit per rapport weergegeven.





Figuur 12: Percentage dat de concentraties van de individuele PFAS-parameters innemen van de totale PFAS-concentratie gemeten in elk rapport in het grondwater.

### Interpretatie:

- Over alle geëvalueerde dossiers waarbij brandblusschuim gebruikt werd, is er een grote variabiliteit in samenstelling en concentraties van PFAS.
- Er kan een duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen
  - o locaties waar overwegend verontreiniging aanwezig is als gevolg van ouder schuim (PFOS-houdend). Op deze locaties is PFOS een belangrijke parameter en worden ook daaraan gelinkte andere PFAS aangetroffen zoals PFPeS, PFHxS, PFHpS
  - o locaties waar overwegend nieuwere schuimen wordt vastgesteld. Op deze locaties is vaak 6:2 FTS een belangrijke parameter, evenals de daaraan gelinkte andere PFAS zoals 8:2 FTS, 10:2 FTS, PFBA, PFPA, PFHxA
- Er is een verschillende samenstelling in het vaste deel van de aarde versus het grondwater, dit bevestigt ook het complexe uitloggedrag van de groep PFAS:
  - o Algemeen is bij locaties waar PFOS-houdende schuimen gebruikt werden in het vaste deel van de aarde een groter aandeel PFOS aanwezig dan in het grondwater. In het grondwater worden vaak een hele reeks aan ouder schuim gerelateerde stoffen gedetecteerd die in het vaste deel van de aarde niet /weinig aanwezig zijn.
  - o Bij locaties waar overwegend nieuwere schuimen worden vastgesteld, is ook een verschillende samenstelling in het vaste deel van de aarde aanwezig versus grondwater. Het aandeel 6:2 FTS is zowel in grond als grondwater het belangrijkste. De aandelen van de aan nieuwere schuimen gerelateerde stoffen zijn echter verschillend in het vaste deel van de aarde versus grondwater. Zo komt 10:2 FTS bijvoorbeeld voor in het vaste deel van de aarde maar niet /weinig in het grondwater.

### 3.3.2 Fingerprinting per periode

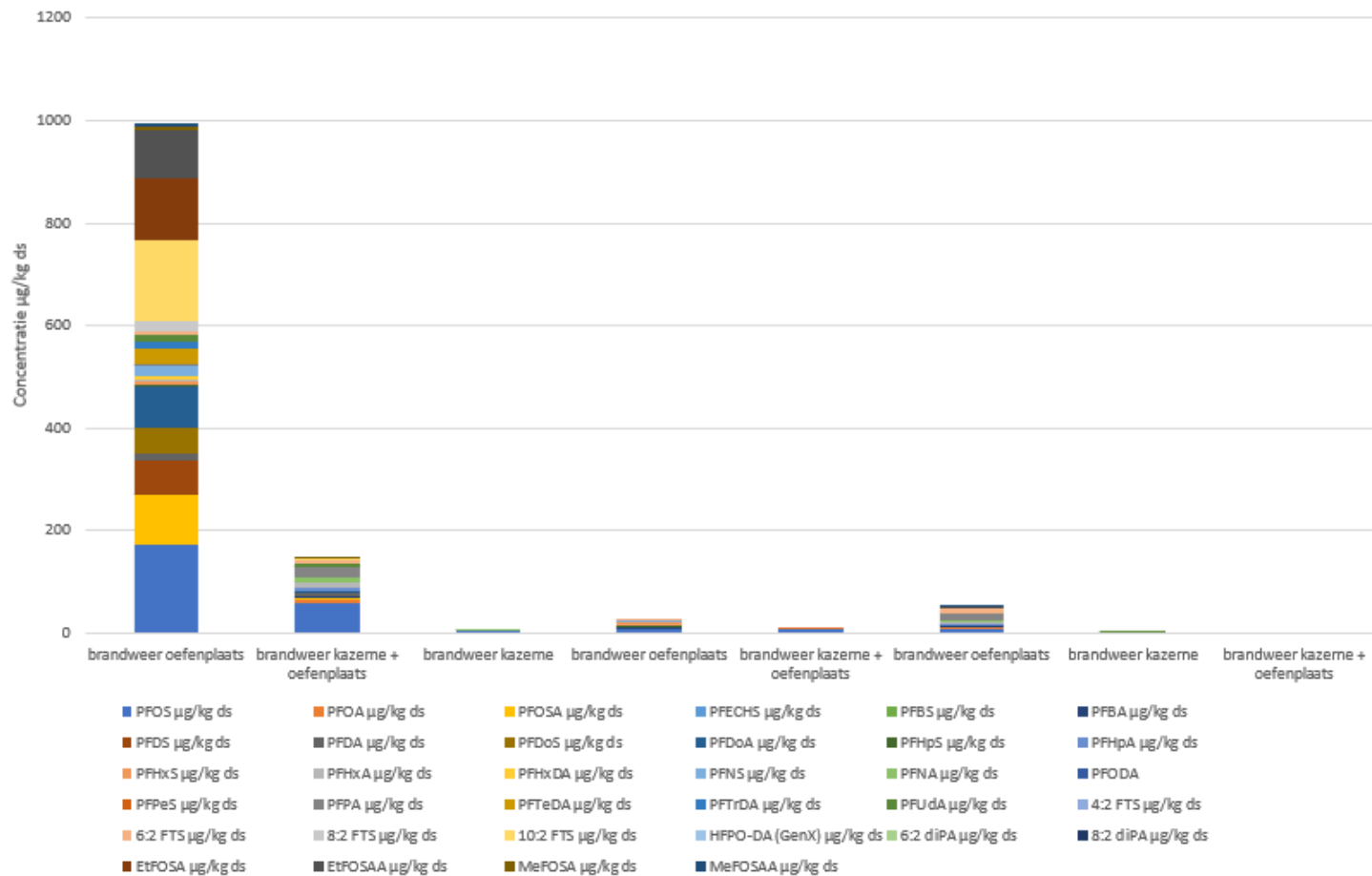
#### **3.3.2.1 PFAS bij brandweerkazernes en brandweer oefenplaats in functie van exploitatieperiode**

Op Figuur 13 en Figuur 15 zijn telkens de PFAS-concentraties weergegeven bij brandweerkazernes en brandweer oefenplaats in **de periode voor 2011**, respectievelijk voor vaste deel van de aarde en grondwater. Op Figuur 14 en Figuur 16 zijn die concentraties uitgezet als percentages van de totale PFAS-concentraties.

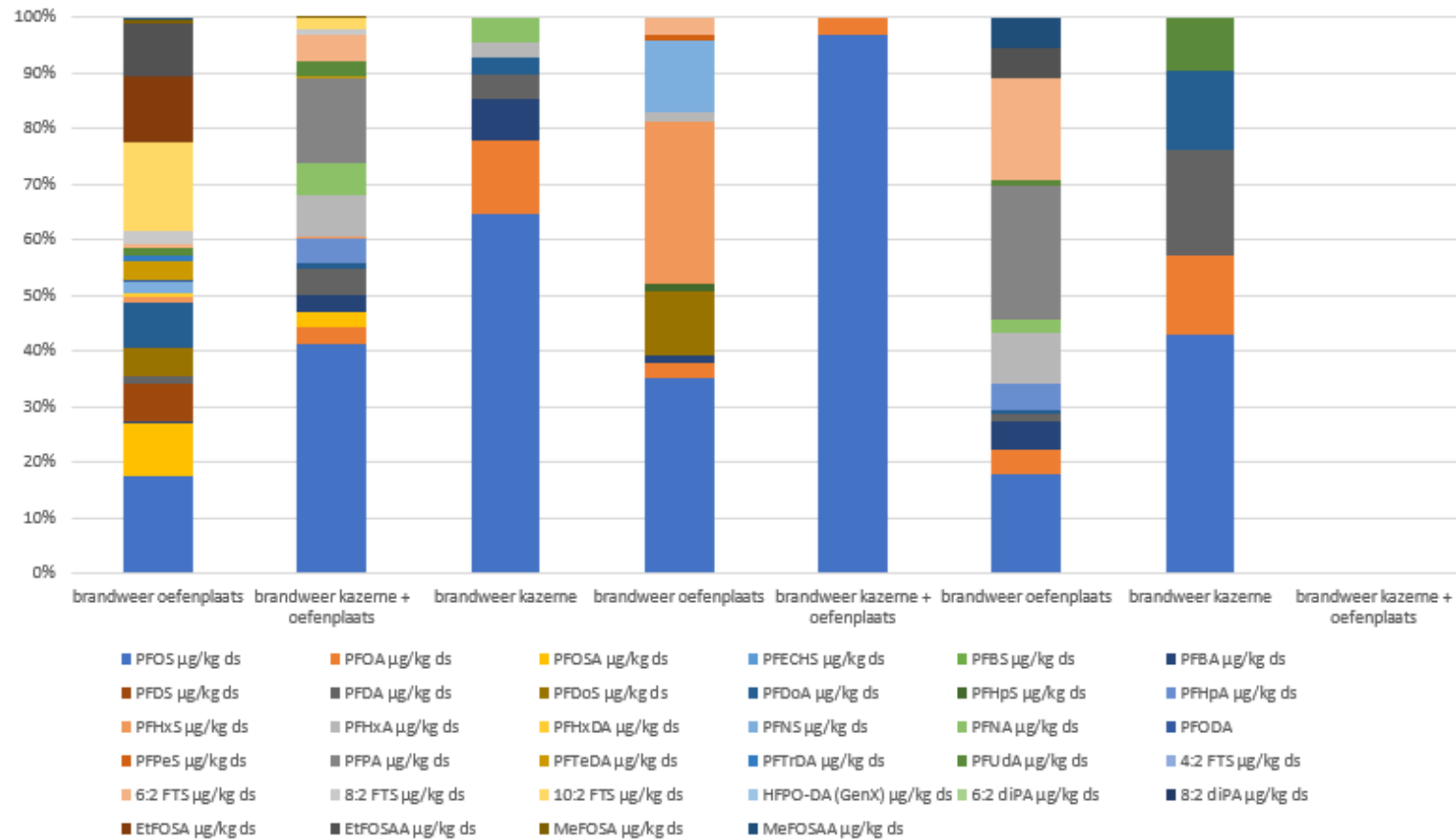
Op de X – as staan de onderzoekslocaties die aan volgende voorwaarden voldoen:

- In het vaste deel van de aarde is de bodem niet afgegraven voor de staalname plaatsvond
- De activiteiten vonden uitsluitend plaats in de periode voor 2011

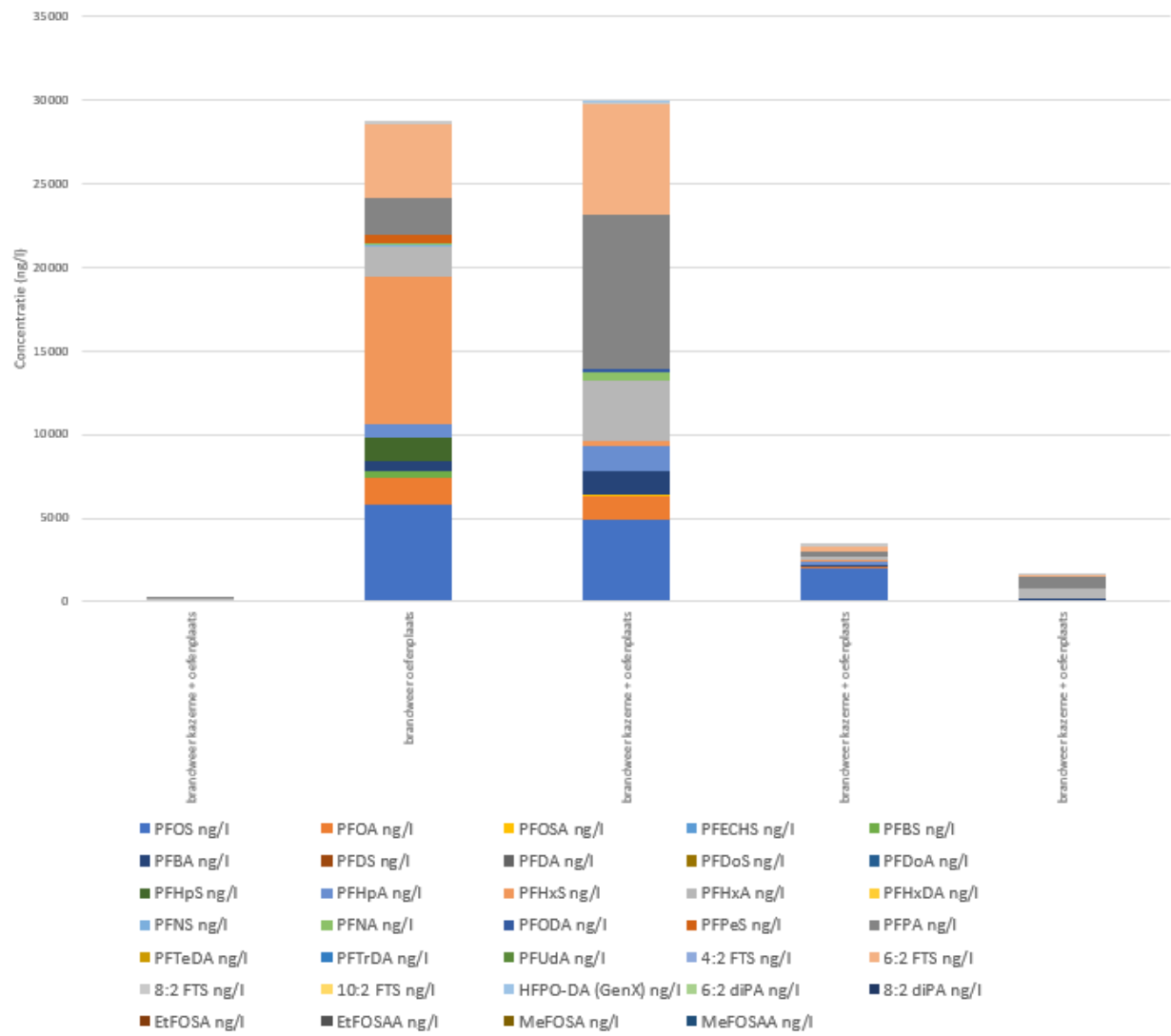
Voor het vaste deel van de aarde voldoen 8 verschillende onderzoekslocaties aan deze criteria, en voor het grondwater zijn 5 verschillende onderzoekslocaties binnen deze criteria onderzocht.



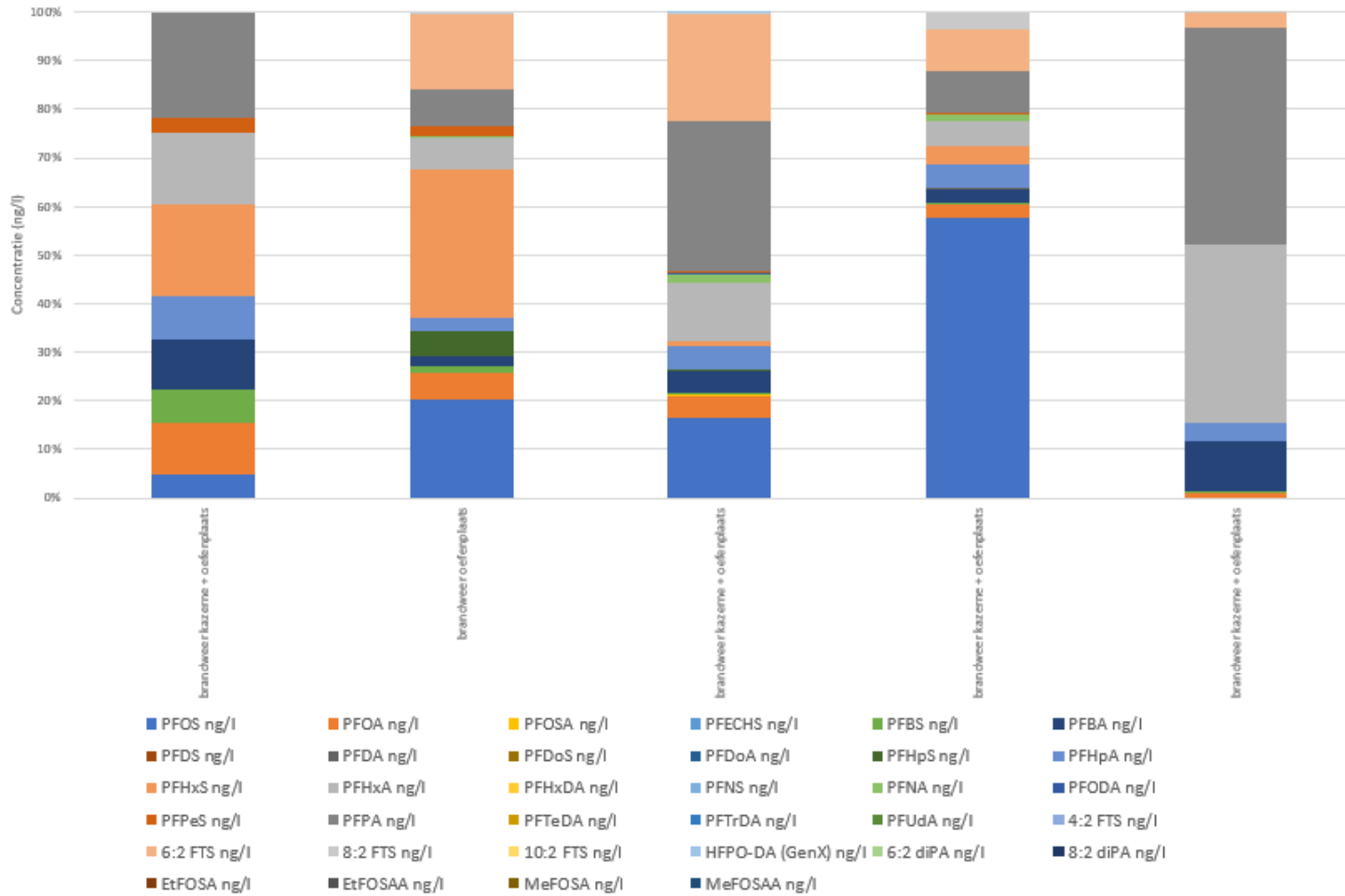
Figuur 13: Concentratie van PFAS-parameters in vaste deel van de aarde ( $\mu\text{g}/\text{kg ds}$ ) per onderzoekslocatie voor 2011.



Figuur 14: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie in het vaste deel van de aarde voor 2011.



Figuur 15: Concentratie van PFAS-parameters in grondwater (ng/l) per onderzoekslocatie voor 2011.



Figuur 16: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie in het vaste deel van de aarde voor 2011.

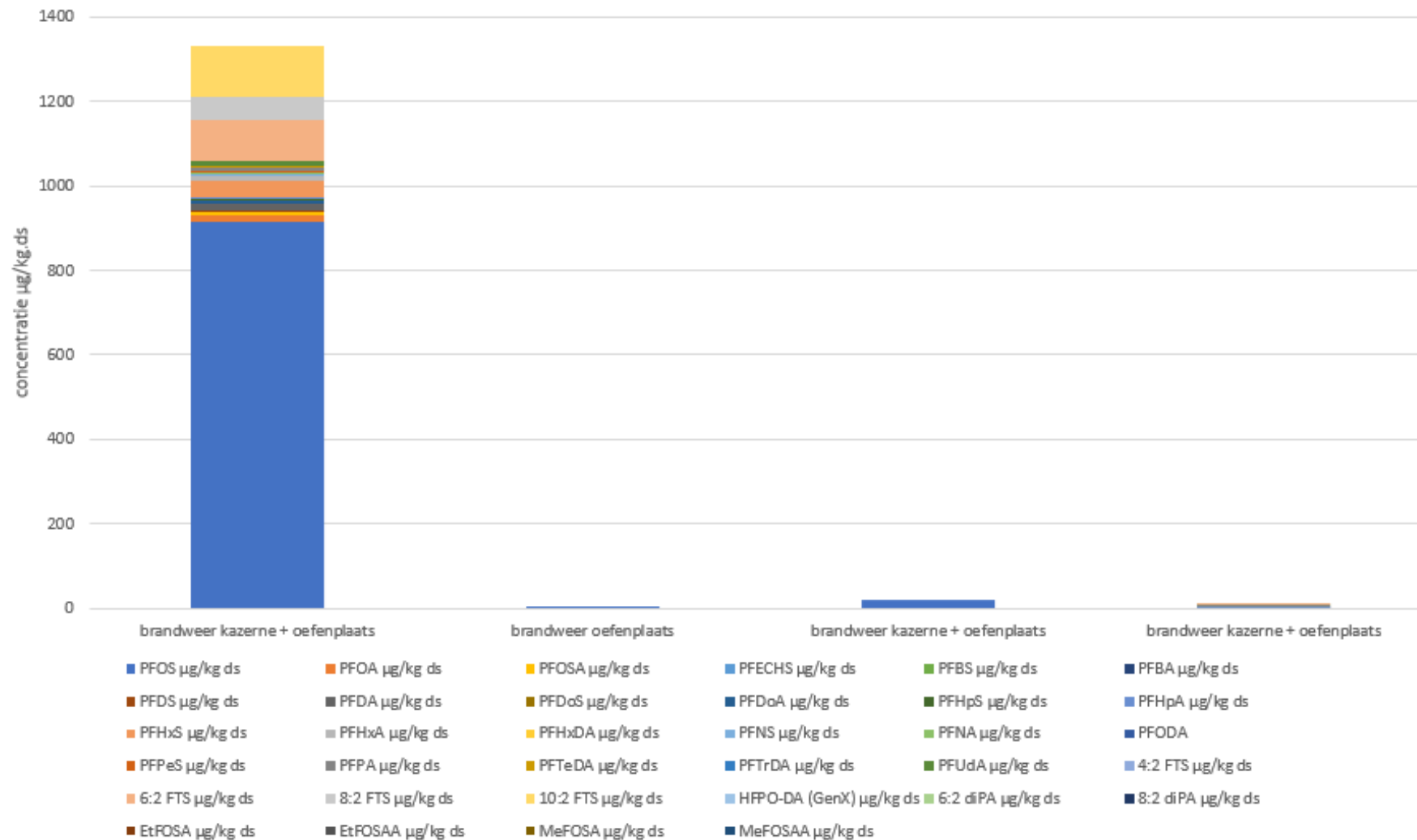
#### Interpretatie exploitatieperiode voor 2011:

Op brandweerlocaties waar de exploitatie uitsluitend voor 2011 plaatsvond, wordt steeds PFOS in een belangrijk aandeel van de totale PFAS vastgesteld in het vaste deel van de aarde. Er komen echter ook PFAS voor die gelinkt kunnen worden aan nieuwere niet PFOS-houdende schuimen (6:2 FTS).

De aanwezigheid van nieuwere blusschuimen is ook duidelijker in het grondwater vast te stellen.

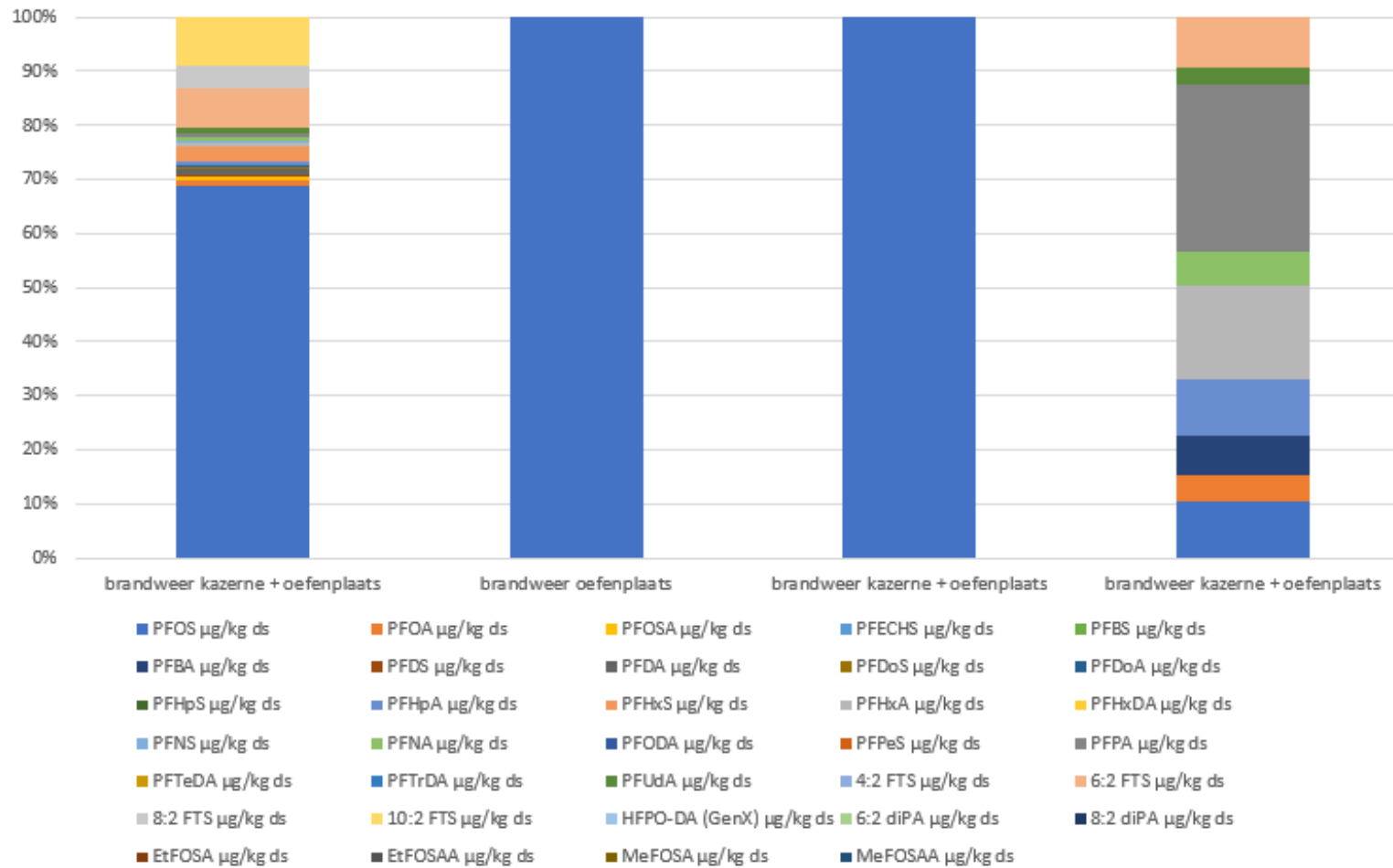
Op de volgende figuren worden de concentraties per onderzoekslocatie weergegeven voor de **periode na 2011**, in het vaste deel van de aarde op Figuur 17 en Figuur 18 en in het grondwater op Figuur 19 en Figuur 20 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..**

Voor het vaste deel van de aarde zijn er 4 onderzoekslocaties beschikbaar waarbij de activiteiten uitsluitend na 2011 plaatsvonden én waarbij de bodem niet is afgegraven alvorens de bodemstalen genomen werden. Voor het grondwater zijn er 3 onderzoekslocaties onderzocht waarbij de activiteiten uitsluitend na 2011 plaatsvonden.

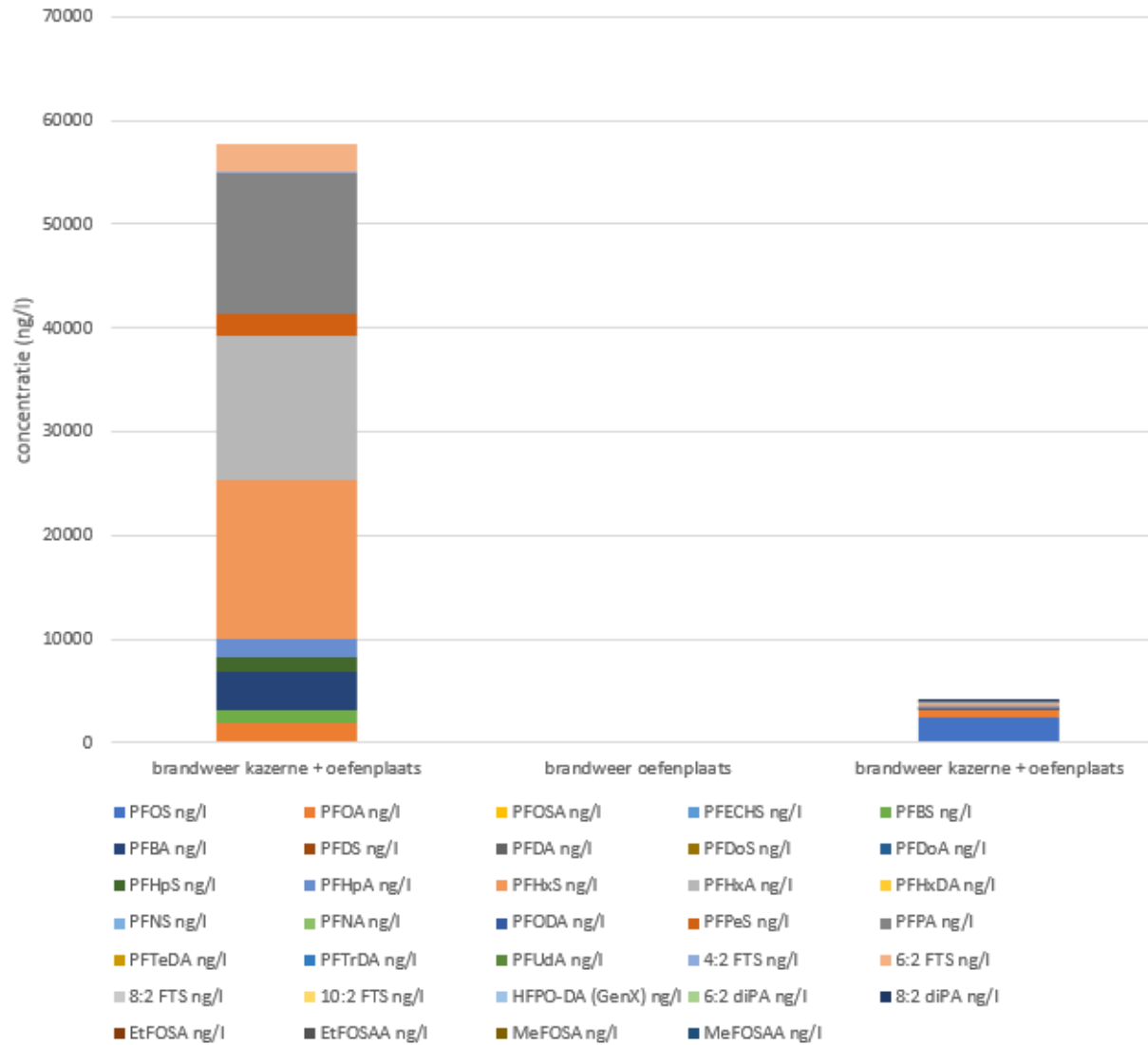


Figuur 17: Concentratie van PFAS-parameters in het vaste deel van de aarde (µg/kg ds) per onderzoekslocatie na 2011.

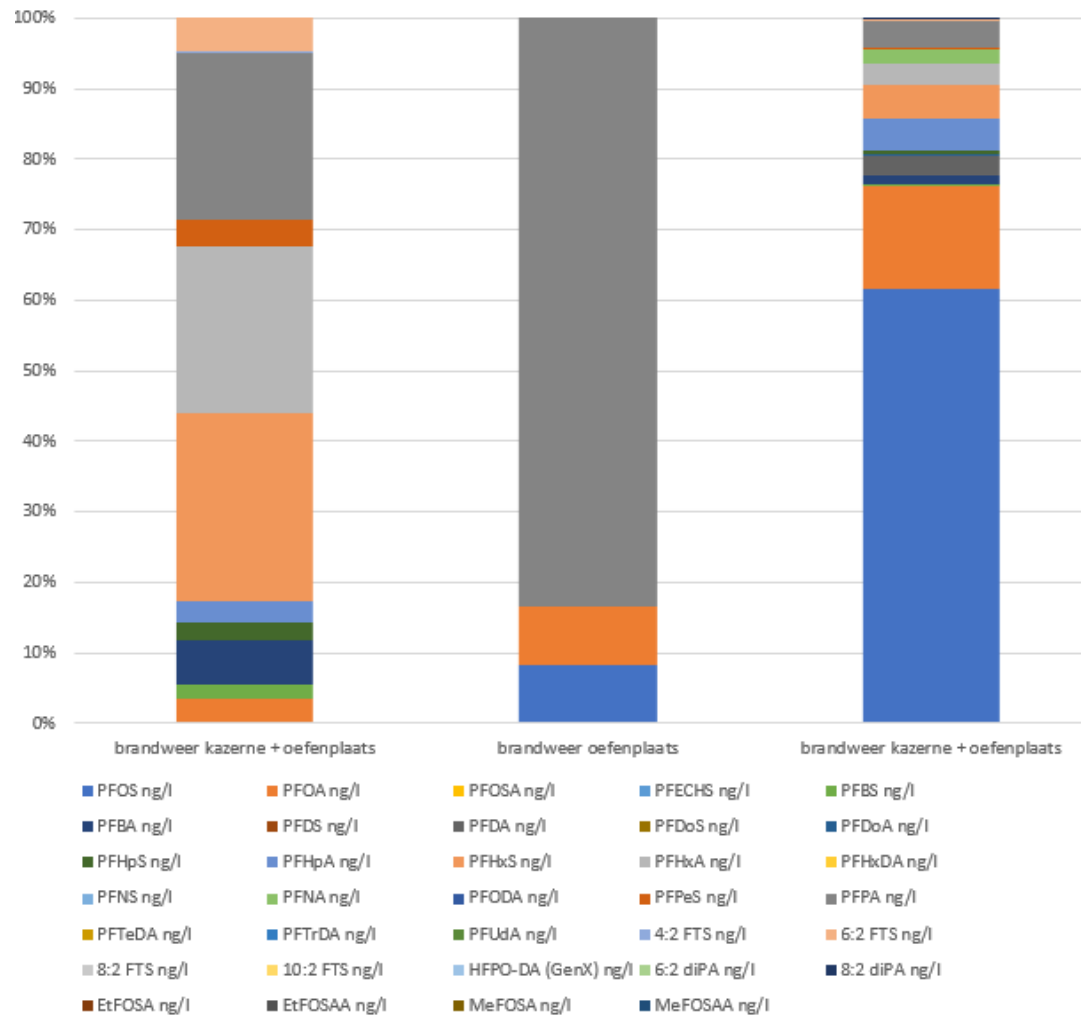




Figuur 18: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie in het vaste deel van de aarde na 2011.



Figuur 19: Concentratie van PFAS-parameters in het grondwater (ng/l) per onderzoekslocatie na 2011.



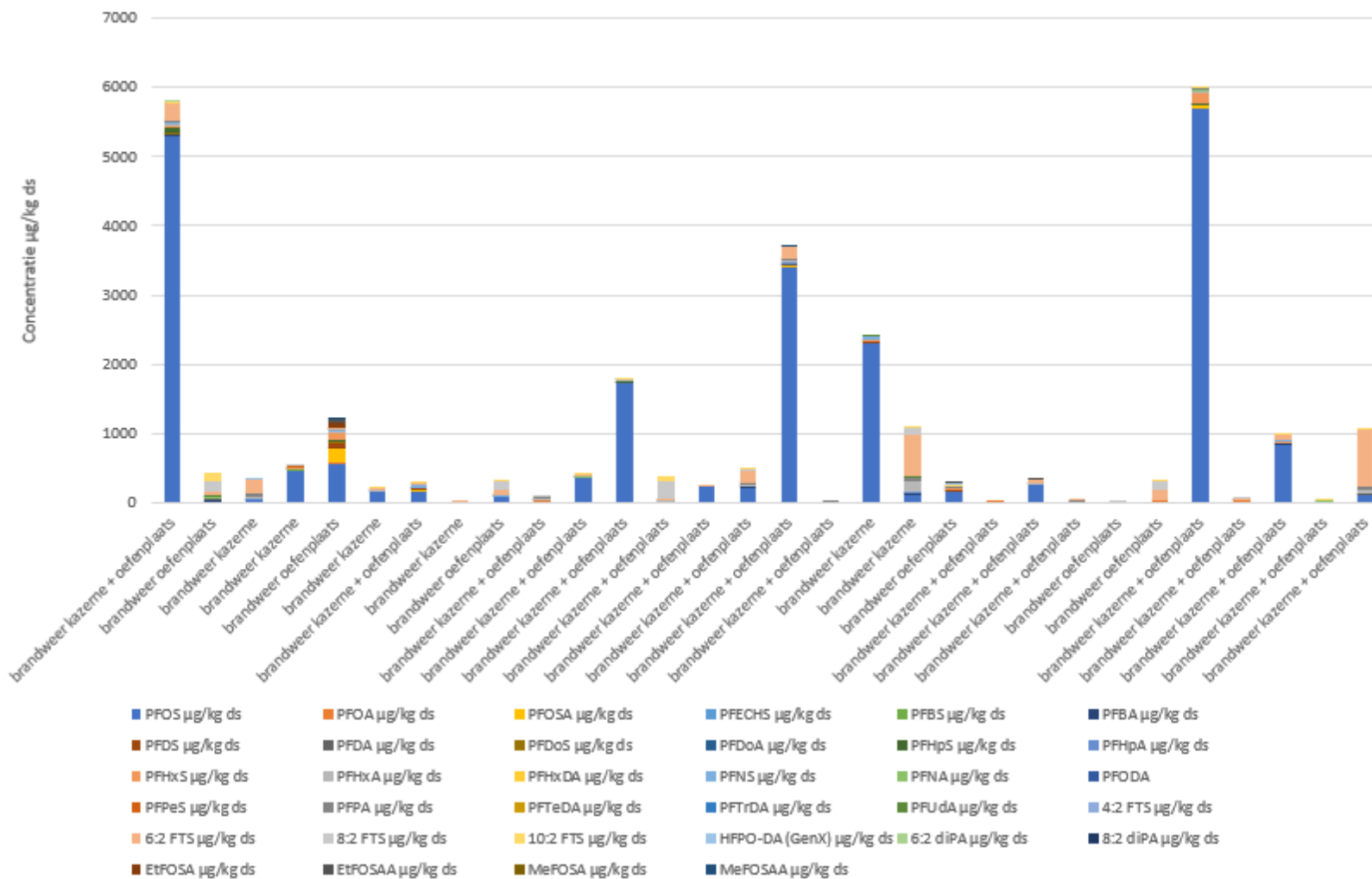
Figuur 20: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie in het grondwater na 2011.

#### Interpretatie exploitatieperiode na 2011:

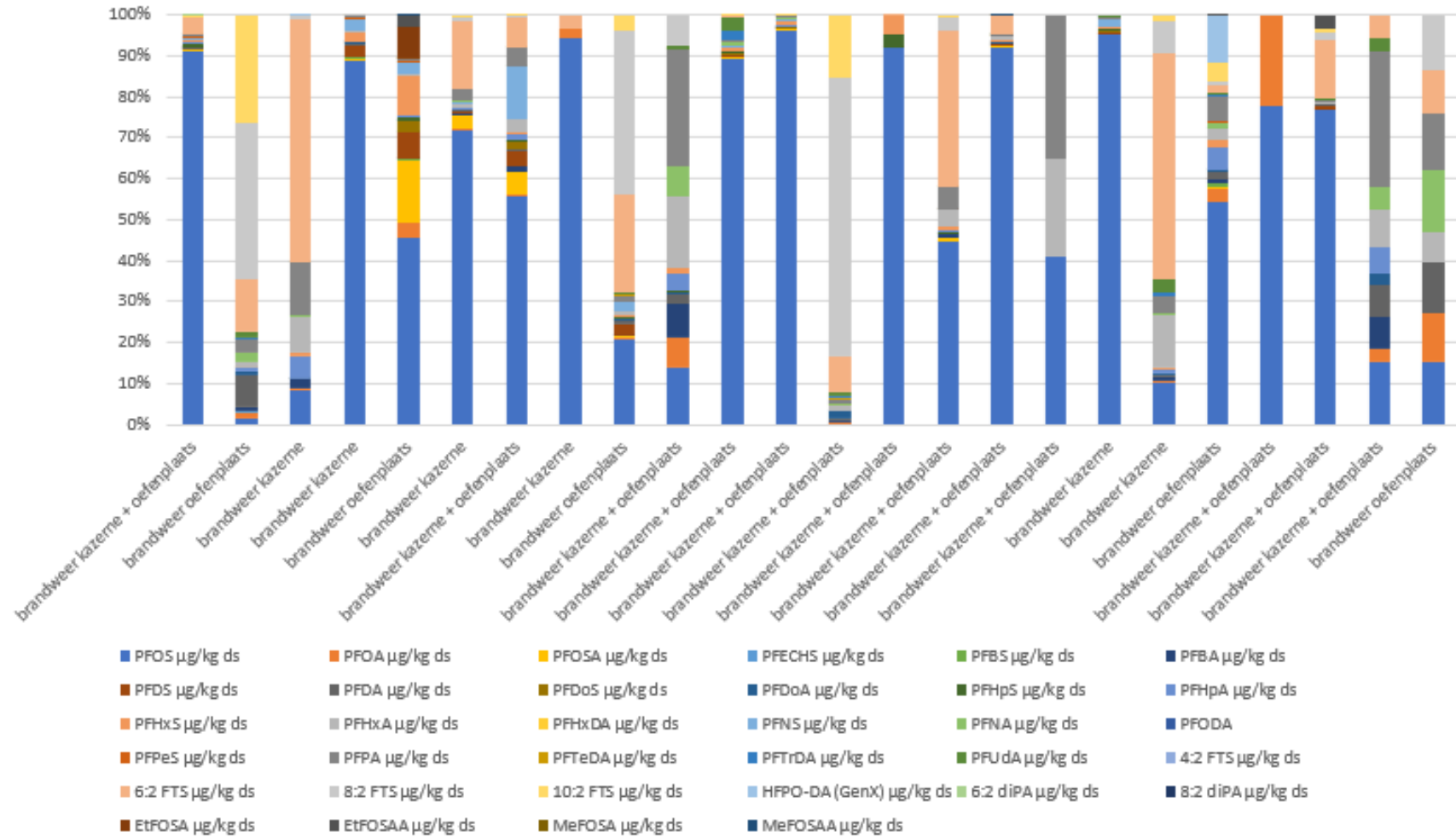
- Op locaties waarbij de exploitatieperiode gestart is na 2011 (= nadat PFOS buiten gebruik gesteld werd), worden niet enkel PFAS-componenten gelinkt aan nieuw blusschuim aangetroffen in het vaste deel van de aarde en in het grondwater maar wordt ook verontreiniging met PFOS vastgesteld. Een mogelijke verklaring hier is dat in uitzonderlijke gevallen nog PFOS-houdend schuim opgeslagen/gebruikt werd.
- De conclusies zijn gebaseerd op een beperkt aantal sites, sommigen met lage concentraties, en dienen bijgevolg met de nodige omzichtigheid geïnterpreteerd worden.

Op Figuur 21 en Figuur 22 zijn tenslotte de concentraties in vaste deel van de aarde weergegeven van activiteiten die **zowel voor als na 2011** plaatsvonden en op Figuur 23 en Figuur 24 de concentraties in het grondwater.

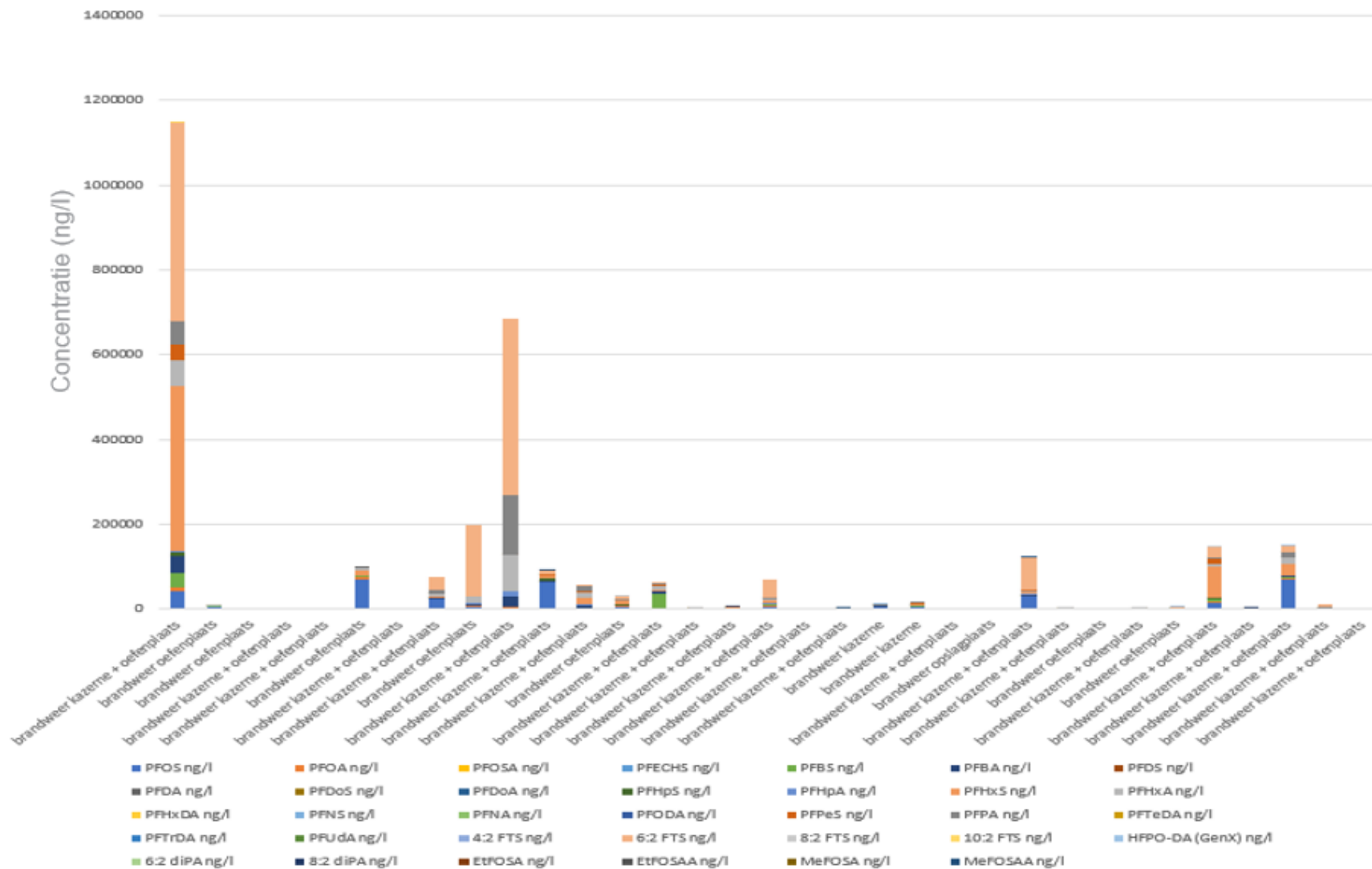
In totaal zijn er 30 dossiers waarbij de exploitatieperiode deels voor en deels na 2011 plaatsvond.



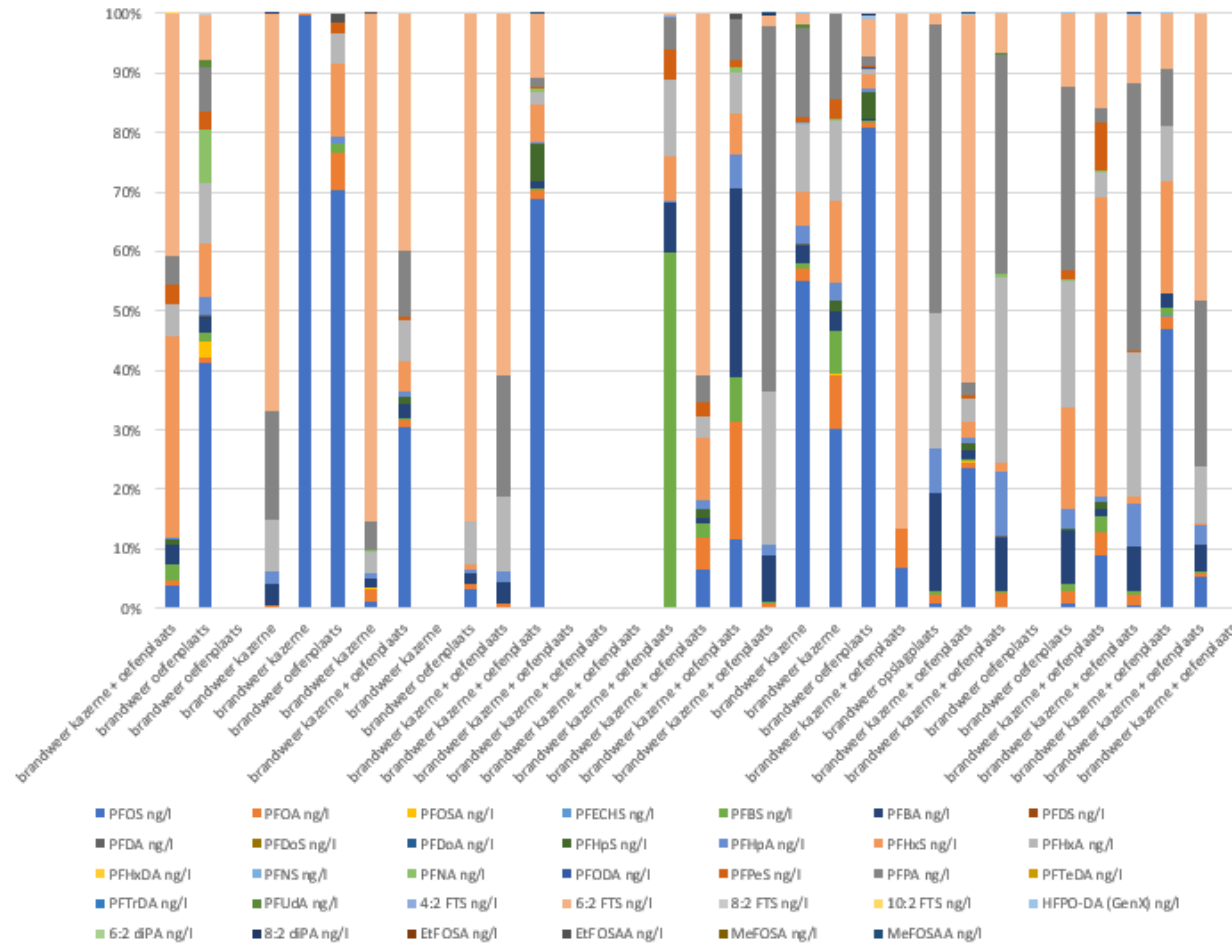
Figuur 21: Concentratie van PFAS-parameters in vaste deel van de aarde (µg/kg ds) per onderzoekslocatie bij activiteiten die plaatsvonden voor en na 2011.



Figuur 22: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie in het vaste deel van de aarde voor en na 2011.



Figuur 23: Concentratie van PFAS-parameters in grondwater (ng/l) per onderzoekslocatie voor en na 2011.



Figuur 24: Percentage van concentraties van PFAS-parameters van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie in het grondwater voor en na 2011.



### **Interpretatie exploitatieperiode voor en na 2011:**

- Op deze terreinen wordt een combinatie van verschillende PFAS-samenstellingen aangetroffen, zowel PFOS-houdend schuim als nieuwere schuimen (3:2 FTS, 8:2 FTS, 10:2 FTS).
- De samenstelling varieert sterk per locatie.

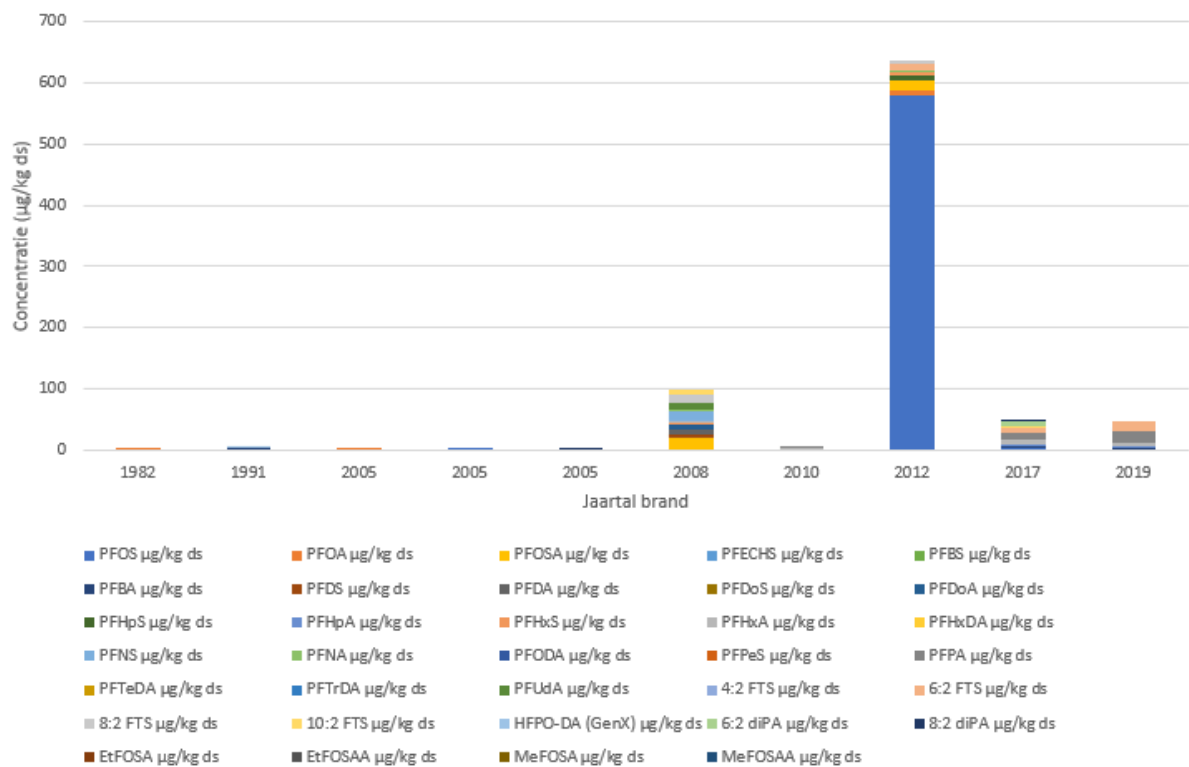
### **Algemene conclusie over PFAS-concentraties in functie van de exploitatieperiode:**

- Strikt voor 2011 wordt niet enkel PFOS teruggevonden, ook PFAS die gelinkt worden aan nieuw blusschuim zoals 6:2 FTS wordt teruggevonden
- Strikt na 2011 worden niet enkel PFAS gevonden die aan nieuw blusschuim gelinkt kunnen worden, maar wordt ook nog steeds PFOS teruggevonden (wat gelinkt kan worden aan oud blusschuim)
- Voor en na 2011 zijn er sterk variërende combinaties van PFAS-samenstellingen aanwezig
- Er is weinig informatie beschikbaar in de voorstudie betreffende de opgeslagen of gebruikte brandblusschuimen.

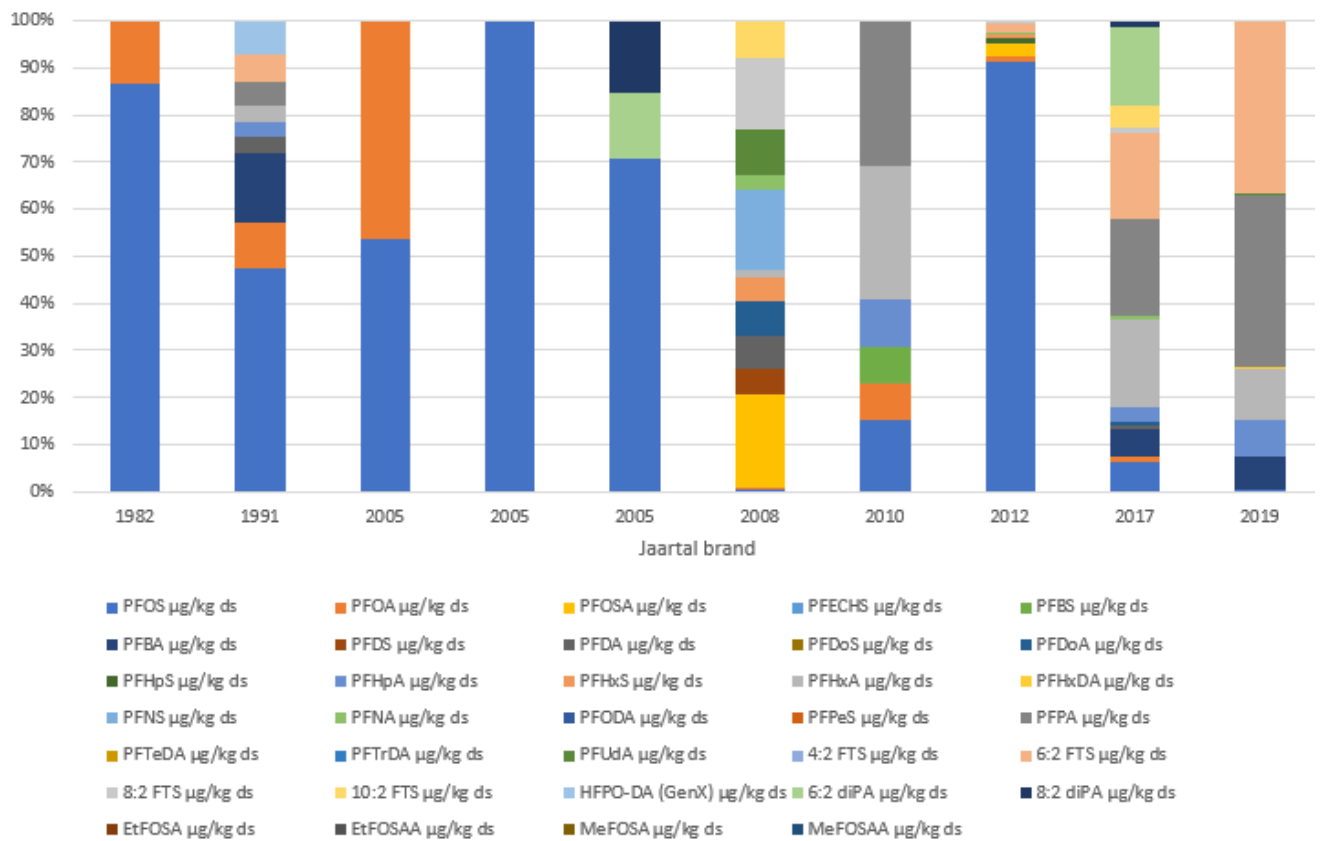
### **3.3.2.2 PFAS bij branden in functie van de periode van bluswerken**

Op Figuur 25 en Figuur 27 zijn de PFAS-samenstellingen weergegeven bij bluswerken van een brand, respectievelijk in het vaste deel van de aarde en in het grondwater, in functie van het jaar waarop de brand geblust werd. Op Figuur 26 en Figuur 28 zijn telkens de percentages van die concentraties ten opzichte van de totale concentratie PFAS weergegeven.

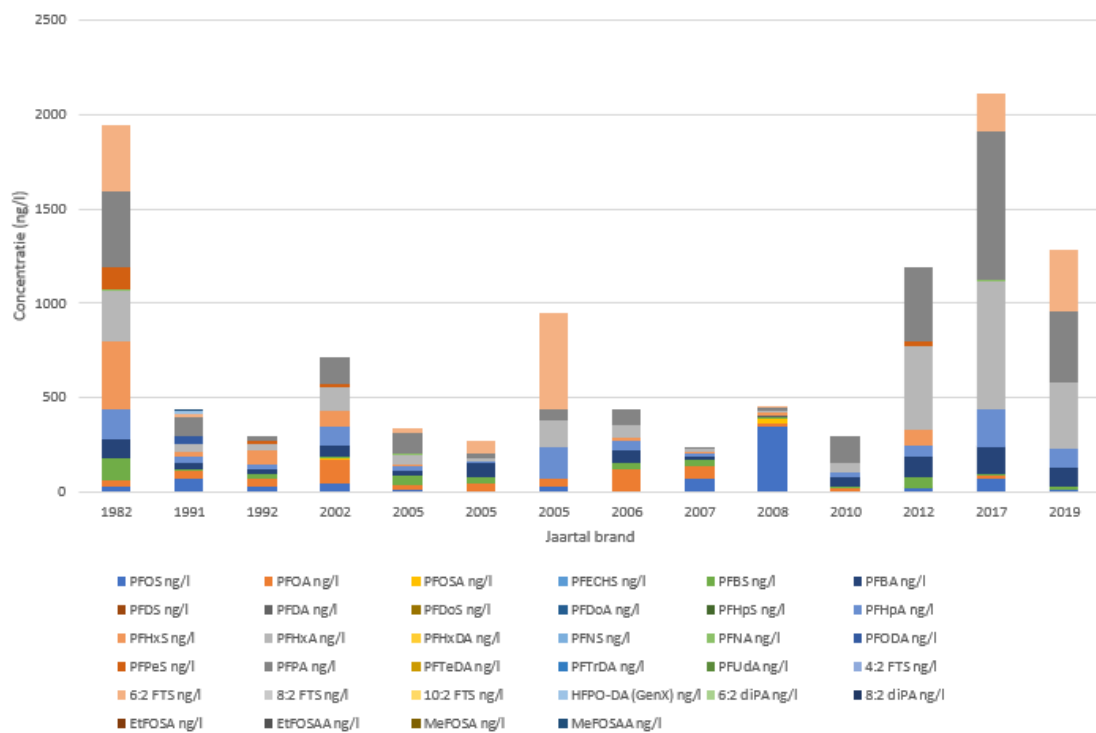
Voor het vaste deel van de aarde waren er 10 dossiers beschikbaar waarin branden geblust zijn en de bodem niet is afgegraven alvorens de bodemstalen genomen werden. In het grondwater zijn er 14 onderzoekslocaties onderzocht nadat een brand geblust is.



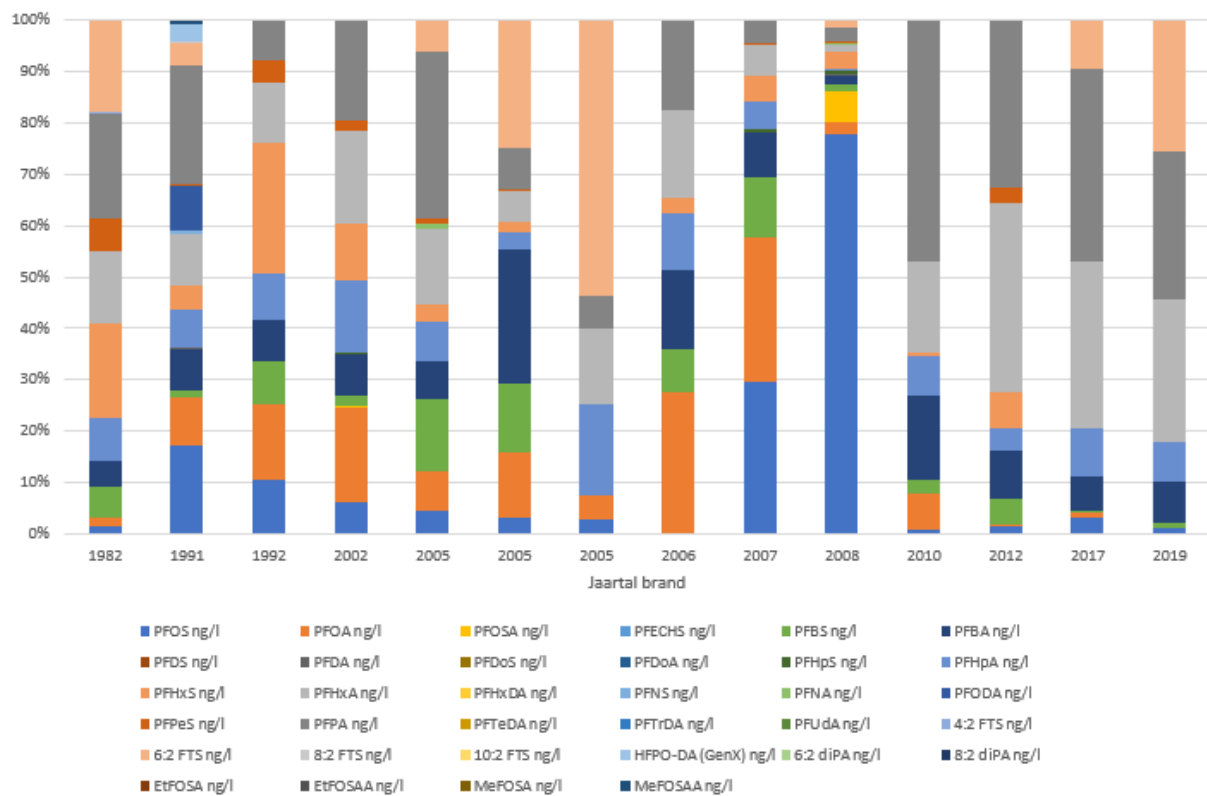
Figuur 25: Concentratie PFAS in het vaste deel van de aarde (µg/kg ds) per onderzoekslocatie. In de x-as is het jaartal vermeld waarin een brand geblust werd.



Figuur 26: Percentage van PFAS-concentraties in het vaste deel van de aarde van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie. In de x-as is het jaartal vermeld waarin een brand geblust werd.



Figuur 27: Concentratie PFAS in het grondwater (ng/l) per onderzoekslocatie. In de x-as is het jaartal vermeld waarin een brand geblust werd.



Figuur 28: Percentage van PFAS-concentraties in het grondwater van de totale PFAS-concentratie per onderzoekslocatie. In de x-as is het jaartal vermeld waarin een brand geblust werd.

Interpretatie branden geblust per jaartal:

- De PFAS-samenstelling is moeilijk voorspelbaar, er is weinig informatie beschikbaar over de gebruikte schuimen (moeilijk te achterhalen in de voorstudie).
- Branden voor 2011 vertonen een belangrijk aandeel aan PFOS in het vaste deel van de aarde.
- Branden na 2011 (zoals de brand in 2017 en 2019) bevatten duidelijk lagere PFOS-concentraties en hogere concentraties aan andere PFAS gelinkt aan nieuw blusschuim (6:2 FTS, PFPA, PFHxA).
- De brand in 2008 vertoont een volledig atypische samenstelling.

## 4 CONCLUSIE

### 4.1 ALGEMENE TRENDS

#### 4.1.1 PFAS-parameters

- Er is een sterke variabiliteit in concentraties en samenstelling in PFAS. De samenstelling in PFAS is bovendien ook verschillend in het vaste deel van de aarde en het grondwater. Het is bijgevolg belangrijk om bij verder onderzoek (bijv. BBO) steeds PFAS zowel in het vaste deel van de aarde als in het grondwater verder samen te evalueren.
- Er konden een aantal parameters gedefinieerd worden die vaak voorkomen én in hoge concentraties voorkomen ter hoogte van activiteiten waar brandblusschuim wordt gebruikt:
  - Vaste deel van de aarde en grondwater:
    - PFOS
    - PFHxS
    - 6:2 FTS
    - PFPA
  - Bijkomend enkel in grondwater:
    - PFBA
    - PFHxA
    - PFHpA
    - PFOA
    - PFPeS
    - PFBS
  - Bijkomend enkel in het vaste deel van de aarde:
    - 8:2 FTS
    - 10:2 FTS
- Er werden een aantal PFAS-parameters geïdentificeerd die op basis van de huidige datatabel in het kader van activiteiten waar **brandblusschuim** gebruikt wordt weinig voorkomen én slechts in lage concentraties aanwezig zijn:
  - Vaste deel van de aarde en grondwater:
    - 4:2 FTS
    - HFPO-DA (GenX)
    - PFHxDA
    - PFODA
    - MeFOSA
    - MeFOSAA
    - 6:2 diPA
    - 8:2 diPA
  - Enkel in grondwater
    - PFNS
    - PFDS
    - PFUdA
    - PFDoA
    - PFDoS

- PFTeDA
- PFTrDA
- EtFOSA

#### 4.1.2 Effecten

- Type locatie:
  - Oefenterreinen die gelegen zijn aan een brandweerkazerne vertonen de hoogste PFAS-concentraties ten opzichte van andere brandweerlocaties.
  - Eenmalige bluswerken (brand) en oefenterreinen die niet gelegen zijn aan een brandweerkazerne vertonen een meer beperkte impact naar het vaste deel van de aarde en het grondwater.
- Verharding:
  - In onverharde zones zijn steeds hoge concentraties gemeten.
  - Stalen genomen in verharde zones vertonen een meer beperkte impact naar het vaste deel van de aarde en het grondwater.
  - In zones die deels (on)verhard zijn, worden hogere concentraties gemeten in de onverharde zones gelegen omheen het verharde terrein, wat het effect van afwatering van verharde naar onverharde zones vertoont.
- Grondwaterstand:
  - Er is geen eenduidige correlatie tussen de gemeten PFAS-concentraties in het grondwater en de diepte van de grondwatertafel.
- Exploitatieperiode en exploitatieduur:
  - Er is geen eenduidige correlatie tussen de gemeten PFAS-concentraties in het vaste deel van de aarde of het grondwater en de exploitatieperiode of exploitatieduur bij brandweerkazernes met of zonder oefenterrein.

#### 4.1.3 Indicatieve fingerprinting

- Er zijn verschillende PFAS-samenstellingen in het vaste deel van de aarde versus het grondwater waar te nemen (dit wijst op een complex uitloggedrag; in het vaste deel van de aarde is nog vaak veel PFOS te vinden, terwijl in het grondwater minder PFOS en meer 6:2 FTS en kortere keten producten gerelateerd aan PFOS en 6:2 FTS (PFHxS, PFPA,...) aanwezig zijn).
- Er is een grote variabiliteit in de PFAS-samenstellingen ondanks dat ze allemaal afkomstig zijn van brandblusschuim.
- Stalen genomen op locaties waar de brandblusactiviteiten uitsluitend voor 2011 plaatsvonden, vertonen niet eenduidig het gebruik van PFOS-houdend (oud) blusschuim.
- Stalen genomen op locaties waar de brandblusactiviteiten uitsluitend na 2011 plaatsvonden, vertonen niet eenduidig het gebruik van PFAS gelinkt aan nieuw blusschuim (FTS, PFPA, PFHxA), maar ook nog steeds een (beperkt) aandeel PFOS.

## 4.2 ANTWOORDEN OP ONDERZOEKSVRAGEN

Kunnen we op basis van het type blusschuim weten welke PFAS-parameters er inzitten?

- Het type blusschuim is zelden gekend/gegeven in de voorstudie van het verkennend bodemonderzoek.
- Er is steeds een grote variabiliteit in PFAS-samenstellingen volgens de huidige datatabel.

Kunnen we op basis van het jaar van de bluswerken weten welke PFAS-parameters er inzitten?

- Na 2011 worden lagere concentraties PFOS (uit ouder blusschuim) gemeten en hogere concentraties aan PFAS gelinkt aan nieuw blusschuim (PFPA, 6:2 FTS...).
- Voor 2011 wordt een mix van PFAS-parameters gedetecteerd. Er zijn niet enkel PFAS uit PFOS-houdende (oude) blusschuimen waar te nemen.  
Algemeen is het moeilijk om de PFAS-samenstelling te voorspellen op basis van het jaar van de bluswerken, mede door het gebrek aan documentatie over de gebruikte blusschuimen.

Is er onderscheid tussen eenmalige en langdurige bluswerken?

- Ja, de concentraties van PFAS zijn duidelijk lager bij een eenmalige brand dan bij een kazerne met een frequent gebruikt oefenterrein.
- Bij brandweerkazernes met oefenterreinen is er geen eenduidige link tussen de exploitatieduur van de kazerne of de duurtijd van de oefeningen enerzijds en de concentratie anderzijds.

Kan op basis van de hoeveelheid schuim een conclusie getrokken worden?

- De hoeveelheid schuim die gebruikt werd is zelden gekend/gegeven in de voorstudie van het verkennend bodemonderzoek.
- Waar frequenter blusschuim gebruikt wordt, zijn wel hogere concentraties te vinden.

Speelt verharding een duidelijke rol?

- Ja, de concentraties van PFAS zijn duidelijk lager bij een volledig verharde ondergrond (zowel oefenzone als omgeving zijn verhard) dan bij (deels) onverharde terreinen.
- Oefenterreinen die verhard zijn, wateren af naar onverharde zones: onverharde of deels (on)verharde zones bevatten sterk verhoogde concentraties in het vaste deel van de aarde en in het grondwater.

Zijn er deelzones op de locaties die een goede indicator zijn voor het karakter van de verontreiniging? Is er extra aandacht nodig voor het lozingspunt? Zijn er indicaties dat waszones een risico inhouden?

- Er zijn weinig of geen gegevens over lozingspunten/waterbodem in de voorstudie van het verkennend bodemonderzoek.
- Vooral brandweeroefenterreinen zijn onderzocht in de beschikbare dossiers, dus over andere deelzones op de locaties kan geen uitspraak gedaan worden.
- Opslagplaatsen worden vaak niet onderzocht (omwille van de aanwezigheid van bodembeschermende maatregelen).
- Waszones worden niet specifiek vermeld in de geïnventariseerde dossiers.

Zijn er fingerprints te herkennen in de PFAS-concentraties in het vaste deel van de aarde of het grondwater die aan een bepaalde activiteit gelinkt kunnen worden?

- Enkel brandblusactiviteiten zijn in de geïnventariseerde dossiers onderzocht (branden en brandweeroefenterreinen/kazernes).
- Over andere activiteiten zoals textiel, galvano e.d. zijn nog geen gegevens beschikbaar.

Welke PFAS komen vaak voor en in welke concentraties?

- Er is een sterke variabiliteit in de concentraties.
- Op basis van de beschikbare dataset konden een aantal frequent voorkomende parameters geïdentificeerd worden (zie Tabel 4):
  - o Vaste deel van de aarde en grondwater:
    - PFOS
    - PFHxS
    - 6:2 FTS

- PFPA
- Bijkomend enkel in grondwater:
  - PFBA
  - PFHxA
  - PFHpA
  - PFOA
  - PFPeS
  - PFBS
- Bijkomend enkel in vaste deel van de aarde
  - 8:2 FTS
  - 10:2 FTS



## 5 SAMENVATTING

Deze samenvatting geeft een eerste reeks inzichten in algemene trends van PFAS op brandweer(oefen)terreinen of branden uitgaande van 68 reeds uitgevoerde verkennende bodemonderzoeken, verkregen via de OVAM. Van deze onderzoeken werd volgende informatie geïnventariseerd per onderzoekslocatie:

- PFAS-verdachte activiteit: PFAS-verdachte brand, brandweerkazerne, brandweeroefenterrein (of combinatie)
- grondwaterdiepte
- periode van activiteiten
- type verharding op locatie
- duurtijd van de activiteiten
- DAEB
- bodem op onderzoekslocatie werd al dan niet afgegraven
- grond en/of grondwater onderzocht

Aanvullend heeft OVAM een Excel-bestand ter beschikking gesteld (uit MISTRAL database) met de hoogste concentraties van individuele PFAS per onderzoekslocatie (afkomstig uit verschillende boringen).

**De algemene trends betreffende PFAS-parameters in de geëvalueerde dossiers** kunnen als volgt samengevat worden:

- Er is een sterke variabiliteit in concentraties, en samenstelling in PFAS. De samenstelling in PFAS is bovendien ook verschillend in het vaste deel van de aarde en het grondwater. Het is bijgevolg belangrijk om bij verder onderzoek (bijv. BBO) steeds PFAS zowel in het vaste deel van de aarde als in het grondwater verder samen te evalueren.
- Er konden een aantal parameters gedefinieerd worden die vaak voorkomen én in hoge concentraties voorkomen ter hoogte van activiteiten waar brandblusschuim wordt gebruikt:
  - Vaste deel van de aarde en grondwater:
    - PFOS
    - PFHxS
    - 6:2 FTS
    - PFPA
  - Bijkomend enkel in grondwater:
    - PFBA
    - PFHxA
    - PFHpA
    - PFOA
    - PFPeS
    - PFBS
  - Bijkomend enkel in vaste deel van de aarde:
    - 8:2 FTS
    - 10:2 FTS
- Er werden een aantal PFAS-parameters gedefinieerd die op basis van de huidige datatabel weinig voorkomen én slechts in lage concentraties aanwezig zijn:
  - Vaste deel van de aarde en grondwater:
    - 4:2 FTS
    - HFPO-DA (GenX)
    - PFHxDA
    - PFODA
    - MeFOSA

- MeFOSAA
- 6:2 diPA
- 8:2 diPA
- Enkel in grondwater
  - PFNS
  - PFDS
  - PFUdA
  - PFDoA
  - PFDoS
  - PFTeDA
  - PFTrDA
  - EtFOSA

**Een aantal specifieke effecten betreffende voorkomen en concentratie PFAS in de geëvalueerde dossiers** kunnen als volgt samengevat worden:

- Type locatie:
  - Oefenterreinen die gelegen zijn aan een brandweerkazerne vertonen de hoogste PFAS-concentraties ten opzichte van andere brandweerlocaties.
  - Eenmalige bluswerken (brand) en oefenterreinen die niet gelegen zijn aan een brandweerkazerne vertonen een meer beperkte impact naar het vaste deel van de aarde en het grondwater.
- Verharding:
  - In onverharde zones zijn steeds hoge concentraties gemeten.
  - Stalen genomen in verharde zones vertonen een meer beperkte impact naar het vaste deel van de aarde en het grondwater.
  - In zones die deels (on)verhard zijn, worden hogere concentraties gemeten in de onverharde zones gelegen omheen het verharde terrein, wat het effect van afwatering van verharde naar onverharde zones vertoont.
- Grondwaterstand:
  - Er is geen eenduidige correlatie tussen de gemeten PFAS-concentraties in het grondwater en de diepte van de grondwatertafel.
- Exploitatieperiode en exploitatieduur:
  - Er is geen eenduidige correlatie tussen de gemeten PFAS-concentraties in het vaste deel van de aarde of het grondwater en de exploitatieperiode of exploitatieduur.

Betreffende de indicatieve fingerprinting (samenstelling van PFAS) kan het volgende samengevat worden:

- Er zijn verschillende PFAS-samenstellingen in het vaste deel van de aarde versus het grondwater waar te nemen (dit wijst op een complex uitlooggedrag; in het vaste deel van de aarde is nog vaak veel PFOS te vinden, terwijl in het grondwater minder PFOS en meer 6:2 FTS en kortere keten producten gerelateerd aan PFOS en 6:2 FTS (PFHxS, PFPA,...) aanwezig zijn).
- Er is een grote variabiliteit in de PFAS-samenstellingen ondanks dat ze allemaal afkomstig zijn van brandblusschuim.
- Stalen genomen op locaties waar de brandblusactiviteiten uitsluitend voor 2011 plaatsvonden, vertonen niet eenduidig het gebruik van PFOS-houdend (oud) blusschuim. Stalen genomen op locaties waar de brandblusactiviteiten uitsluitend na 2011 plaatsvonden, vertonen niet eenduidig het gebruik van PFAS gelinkt aan nieuw blusschuim (FTS, PFPA, PFHxA), maar ook nog steeds een (beperkter) aandeel PFOS.