

Perfluorverbindingen (PFAS)

Laatste update: juni 2021

Biomerkers, matrix en blootstellingstermijn die wordt gemeten:

In onze studie werden volgende biomerkers gemeten.

Biomarker	Wordt gemeten in:	Weerspiegelt de blootstelling aan:
Perfluoro-octaansulfonzuur (PFOS)	serum	PFOS van de voorbije jaren
Perfluoro-octaanzuur (PFOA)	serum	PFOA van de voorbije jaren
Perfluoro-hexaansulfonzuur (PFHxS)	serum	PFHxS van de voorbije jaren
Perfluoro-nonaanzuur (PFNA)	serum	PFNA van de voorbije jaren
Perfluoro-butaansulfonzuur (PFBS)	serum	PFBS van de voorbije jaren

Wat zijn perfluorverbindingen? Wat zijn de toepassingsgebieden?

Perfluorverbindingen zijn een grote groep van meer dan 6000 individuele poly (gedeeltelijk)- of per (volledig)-gefluoreerde alkylverbindingen (PFAS). De groep bestaat uit 42 onderverdelingen en bevat zowel korte-keten verbindingen (weinig koolstofatomen) als lange-keten verbindingen (veel koolstofatomen). Deze stoffen vinden vele toepassingen omdat ze water- en vetafstotend zijn. Ze breken moeilijk af waardoor ze verschillende jaren in het leefmilieu aanwezig kunnen blijven.

Door hun water-, vuil- en vetafstotende eigenschappen en door hun bestendigheid tegen hoge temperaturen, worden perfluorverbindingen in vele industriële toepassingen en consumentenproducten gebruikt. De voornaamste toepassingen waarbij perfluorverbindingen gebruikt worden, zijn:

- **Industrie: galvanisatie**
Bij galvanisatie wordt PFOS vooral gebruikt bij het verchromen. Bij dit proces kan schadelijk chroom(VI) vrijkomen. Om de werknemers te beschermen, wordt PFOS toegevoegd waardoor er minder chroom(VI) vrijkomt. Alternatieven voor PFOS werken minder goed.
- **Brandblusschuim:**
Perfluorverbindingen worden in brandblusmiddelen gebruikt omdat ze zeer snel een afsluitende filmlaag kunnen maken en omdat ze zelfs bij extreem hoge temperaturen stabiel blijven.
- **Textiel:**

Perfluorverbindingen (PFAS)

- Water- en vuilafstotend maken van kleding, tapijten, tentzeilen, paraplu's, meubels (zoals sofa's)
- Gebruik van Teflon in (buitensport)kleding en tenten om waterafstotend en ademend materiaal te verkrijgen, zoals Gore-Tex.
- Sprays en producten voor consumenten om kleding en schoenen waterafstotend te maken.
- **Papier en verpakkingsmateriaal:**
Perfluorverbindingen worden gebruikt om papier en verpakkingen van voedsel water-, vet- en vuilafstotend te maken, zoals bijvoorbeeld pizzadozen, fotografisch papier en post-its.
- **Kookgerei met teflon anti-aanbaklaag:**
Door verhitting en beschadiging van kookgerei met een Teflon-anti-aanbaklaag kunnen perfluorverbindingen vrijkomen en terecht komen in voeding of binnenlucht.
- **Cosmetica**
 - Waterafstotend maken van crèmes zoals zonnebrandcrème en bodylotions
 - Als antiklontermiddel, oplosmiddel, bewaarmiddel, viscositeit-regelaar
- **Huishoudproducten**, zoals schoonmaakmiddelen, smeermiddelen, verf, lakken, bestrijdingsmiddelen, wax voor vloeren, auto's en snowboard.

Geraadpleegde bronnen: (OECD, 2013; ITRC, 2017; Expertisecentrum PFAS, 2018; Health Canada, 2018; OVAM, 2018) en de website van het Europese humane biomonitoring initiatief HBM4EU: <https://www.hbm4eu.eu/the-substances/per-polyfluorinated-compounds/>

Verwachte blootstellingswegen naar de mens:

Voeding

Perfluorverbindingen worden voornamelijk door de mens opgenomen vanuit de voeding. Via bodem en water dat vervuild is met perfluorverbindingen kunnen deze stoffen in voedingsgewassen en dierlijke voedingsproducten terecht komen. Vooral vis, schaaldieren, aardappelen, eieren en producten van eigen kweek (groenten en eieren) kunnen perfluorverbindingen bevatten. Ook vervuild drinkwater kan een manier zijn waarop perfluorverbindingen in het lichaam terecht komen. Ook uit verpakkingsmaterialen kunnen perfluorverbindingen migreren naar voedingswaren

Ademhaling

Een tweede blootstellingsweg die bijdraagt tot perfluorgehalten in het lichaam is het inademen van perfluorverbindingen in binnen- en buitenlucht en op stofdeeltjes. Binnenshuis kunnen perfluorverbindingen aan stofdeeltjes kleven of in de binnenlucht

Perfluorverbindingen (PFAS)

aanwezig zijn door meubels, tapijten en sofa's die behandeld werden met perfluorverbindingen of door het gebruik van spuitbussen of andere huishoudproducten die perfluorverbindingen. Buitenshuis kunnen perfluorverbindingen in de buitenlucht of op stofdeeltjes aanwezig zijn door uitstoot van industrie en mogelijks ook rond oefenterreinen van de brandweer, rond stortplaatsen en rond waterzuiveringsinstallaties. Door de lucht en stofdeeltjes in te ademen, komen ze dan in het lichaam terecht.

Huidcontact

In beperkte mate kan ook opname via huidcontact een rol spelen. Perfluorverbindingen die aanwezig zijn in kleding en cosmetica kunnen door de huid worden opgenomen en zo in de bloedbaan terecht komen.

Via de navelstreng en moedermelk

Perfluorverbindingen kunnen doorheen de placenta of moederkoek via de navelstreng in het bloed van het ongeboren kind terecht komen. Na de geboorte kunnen baby's ook aan perfluorverbindingen worden blootgesteld via de moedermelk.

Geraadpleegde bronnen: (Haug et al., 2011; Cornelis et al., 2012; European Food Safety Authority, 2012; RIVM, 2017; ATSDR, 2018; ITRC, 2018)

Adviezen om blootstelling aan perfluorverbindingen te beperken:

Voeding

- Varieer voldoende in je voeding. Grijp niet altijd naar dezelfde voedingsproducten of naar producten afkomstig van dezelfde locatie (bv. niet steeds van je tuin, dezelfde boer, etc.), maar wissel eens af. Kies zoveel mogelijk voor plantaardige en verse, onbewerkte producten. Voor meer informatie raadpleeg de richtlijnen voor gezonde eetmomenten van Vlaams Instituut Gezond Leven via www.gezondleven.be/themas/voeding.
- Gebruik keukengerei in roestvrij staal of gietijzer, of alternatieve (keramische) antikleefpannen.
- Wees voorzichtig bij oververhitting en het gebruik van pannen met een antiaanbaklaag, Hierdoor kunnen PFOA-bevattende dampen vrijkomen.
- Breng oude antiaanbak pannen/potten naar het containerpark wanneer deze bekrast of beschadigd zijn.
- Was regelmatig en goed je handen, zeker vóór het eten, na het buitenspelen en na het werken in de tuin. Dit omdat zand en stof aan de handen blijven kleven.

Perfluorverbindingen (PFAS)

Bij kinderen is dit extra belangrijk omdat zij hun handen vaak in de mond stoppen.

Ademhaling

- Gebruik waterafstotende producten voor bijv. schoenen en jassen die vrij zijn van PFOS/PFOA. Gebruik deze producten enkel buitenshuis.
- Ventileer of verlucht regelmatig je huis om de binnenlucht te verversen. Verschillende materialen of producten die in de woning gebruikt worden, kunnen schadelijke stoffen in de binnenlucht brengen. Tips hiervoor kan je vinden op www.vlaanderen.be/publicaties/ventileren-en-verluchten.
- Poets regelmatig je huis met nat. Zo verwijder je meer stofdeeltjes dan door te borstelen of door te stofzuigen. De stofdeeltjes kunnen schadelijke stoffen bevatten die dan met het water worden weggespoeld. Als je toch een stofzuiger gebruikt, kies dan een stofzuiger met een HEPA-filter.

Huidcontact

- Controleer labels van cosmetica (bv. nagellak, oog make-up) en verzorgingsproducten (bv. shampoo, flossdraad) en vermijd vervolgens deze schoonheidsmiddelen wanneer ze ingrediënten bevatten met de woorden "fluor" of "perfluoro". Een uitzondering hierop is fluoride in tandpasta, wat wordt toegevoegd om het tandglazuur te versterken.
- Wanneer je in contact komt met specifieke chemische stoffen, is het belangrijk om je huid te spoelen met water of je om te kleden voordat je naar huis terugkeert. Als je hier niet de mogelijkheid toe hebt, doe je dit best vooraleer je de huiskamer binnenkomt (bv. in de garage).
- Gebruik niet te vaak zeep op je huid. Zeep zorgt ervoor dat de beschermende opperhuid verloren gaat, met als gevolg dat allergenen en sommige chemische stoffen makkelijker doorheen de huid kunnen binnendringen.

Mogelijke Gezondheidsrisico's:

De perfluorverbindingen zijn een grote groep van chemische stoffen die de werking van verschillende weefsels en organen kunnen beïnvloeden, afhankelijk van het type PFAS. Wetenschappelijke studies bij proefdieren en bij mensen hebben perfluorverbindingen in verband gebracht met:

- Verstoren van de hormonenbalans van het lichaam
- Verhoogde cholesterolgehalten
- Verstoren van de leverwerking
- Vermindering van geboortegewicht
- Verminderen van de kans om zwanger te worden
- Verhoogd risico op hoge bloeddruk tijdens de zwangerschap en pre-eclampsie (in de volksmond 'zwangerschapsvergiftiging')

Perfluorverbindingen (PFAS)

- Invloed op groei, leercapaciteit en gedrag van kinderen
- Invloed op het afweersysteem van het lichaam
- Verhogen van het kankerrisico

Er is nog meer onderzoek nodig naar gezondheidseffecten van perfluorverbindingen bij de mens omdat:

- Tot nu toe vooral PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA onderzocht werden en er nog weinig gekend is over de vele andere perfluorverbindingen.
- Vele studies werden uitgevoerd bij proefdieren. Dieren en mensen verwerken deze stoffen op een andere manier, dus is er meer kennis nodig over hoe perfluorverbindingen de gezondheid van de mens beïnvloeden.
- Er nog weinig gekend is over de gezondheidseffecten van lage maar wel levenslange blootstellingsgehaltenes.
- Er weinig gekend is over de gezondheidseffecten van blootstelling aan mengsels van perfluorverbindingen.

Geraadpleegde bronnen: (Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2017; ATSDR, 2018) en de website van het Europese humane biomonitoring initiatief HBM4EU: <https://www.hbm4eu.eu/the-substances/per-polyfluorinated-compounds/>

Hoog blootgestelde groep(en):

- Werknemers die beroepsmatig in contact komen met perfluorverbindingen, ook hun huisgenoten kunnen dan een hogere blootstelling hebben
- Inwoners van gebieden nabij perfluor-industrie
- Consumenten die langdurig PFAS-bevattende producten gebruiken

Geraadpleegde bronnen: (ATSDR, 2018)

Gevoelige groep(en):

Verschillende studies hebben aangetoond dat ongeboren baby's in de baarmoeder en kinderen gevoelig zijn aan de gezondheidseffecten van perfluorverbindingen.

Er is nood aan onderzoek van mogelijke andere gevoelige groepen, zoals leverpatiënten, mensen met hoge bloeddruk en hoge cholesterol.

Geraadpleegde bronnen: (ATSDR, 2018)

Perfluorverbindingen (PFAS)

Persistentie (halfwaardetijd in de mens):

Perfluorverbindingen worden verspreid over het hele lichaam, met de hoogste gehalten in de lever, nieren en in het bloed. In het bloed komen ze voor gebonden aan bloedeiwitten.

Verschillende studies rapporteren halfwaardetijden voor perfluorverbindingen in de mens. De halfwaardetijd is de tijd die nodig is om een bepaalde concentratie tot de helft te verminderen.

- PFOA: 2,1 tot 8,5 jaar
- PFOS: 3,1 tot 7,4 jaar
- PFHxS: 4,7 tot 15,5 jaar
- PFNA: 2,5 – 4,3 jaar
- PFBA: 72 – 81 uren

Door menstruatie kunnen vrouwen sneller perfluorverbindingen uit het lichaam verwijderen dan mannen of dan vrouwen in menopauze.

Geraadpleegde bronnen: (ATSDR, 2018)

Perinatale blootstelling? (Placenta/moedermelk)

Perfluorverbindingen in het bloed van de moeder kunnen doorheen de placenta of moederkoek en zo via de navelstreng naar het ongeboren kind.

Perfluorverbindingen kunnen vanuit het bloed ook in de moedermelk terechtkomen en zo van de moeder aan de baby worden doorgegeven. De gehalten in de moedermelk nemen ook af met de langere duur van de borstvoedingsperiode.

Geraadpleegde bronnen: (ATSDR, 2018)

Richtwaarden voor interne blootstelling:

De Duitse Humane Biomonitoring Commissie heeft richtwaarden afgeleid voor gehalten aan PFOS en PFOA in bloedplasma, namelijk HBM-I waarden. Voor gehalten die lager zijn dan deze **HBM-I waarden**, wordt volgens de huidige kennis, geen nadeel voor de gezondheid verwacht.

- HBM-I waarde PFOS: 5 µg/L
- HBM-I waarde PFOA: 2 µg/L

De Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA) heeft een nieuwe gezondheidskundige toetsingswaarde afgeleid voor inname aan perfluorverbindingen

Perfluorverbindingen (PFAS)

(EFSA, 2020). Op basis van waarnemingen van een verminderde immuunreactie bij vaccinatie bij kinderen werd voor de som van PFOS+PFHxS+PFOA+PFNA een toetsingswaarde afgeleid voor externe blootstelling van van 4 nanogram per kg lichaamsgewicht per week. Deze externe blootstellingswaarde komt overeen met **6,9 nanogram (som van PFOS+PFHxS+PFOA+PFNA) per milliliter serum bij volwassenen**. Deze limietwaarde zou ook beschermen tegen andere schadelijke effecten van PFAS.

Onzekerheid: Nieuwe wetenschappelijke gegevens worden voortdurend gegenereerd. Het is daarom mogelijk dat de richtwaarden in de toekomst opnieuw worden herbekeken.

Geraadpleegde bronnen: (EFSA, 2018; Umweltbundesamt, 2018)

EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain), Schrenk D, Bignami M, Bodin L, Chipman JK, del Mazo J, Grasl-Kraupp B, Hogstrand C, Hoogenboom LR, Leblanc J-C, Nebbia CS, Nielsen E, Ntzani E, Petersen A, Sand S, Vleminckx C, Wallace H, Barregard L, Ceccatelli S, Cravedi J-P, Halldorsson TI, Haug LS, Johansson N, Knutsen HK, Rose M, Roudot A-C, Van Loveren H, Vollmer G, Mackay K, Riolo F and Schwerdtle T, 2020. Scientific Opinion on the risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. EFSA Journal 2020;18(9):6223, 391 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6223>

Wetgevend kader:

Samenvatting:

PFOS en PFOA worden binnen de Europese regelgeving beschouwd als gevaarlijke stoffen. Productie en gebruik van PFOS en PFOA is ondertussen sterk beperkt door Europese richtlijnen. Naast PFOS en PFOA zijn ook andere perfluorverbindingen, zoals PFNA, PFHxS en PFDA ondertussen opgenomen op een lijst van zorgwekkende stoffen waarvoor productie en gebruik moeten herbekeken worden. In de komende jaren is reeds voorzien om toepassingen van PFOS en PFOA nog verder te beperken.

Door deze opgelegde beperkingen voor PFOS en PFOA worden er in de industrie verschillende vervangproducten geproduceerd en gebruikt. Sommige van deze vervangers zijn echter zelf ook een perfluorverbindingen of kunnen afbreken tot perfluorverbindingen. Over deze stoffen is nog niet veel kennis beschikbaar.

Landen buiten de Europese Unie (EU) kunnen een andere wetgeving hebben voor de productie en gebruik van perfluorverbindingen. Consumentenproducten die afkomstig zijn van buiten de EU kunnen daarom nog wel hogere gehalten aan deze stoffen bevatten.

Regelgeving:

Perfluorverbindingen (PFAS)

Een overzicht van de Europese wetgeving voor verschillende perfluorverbindingen is te vinden in tabel 1 van het Scoping document over perfluorverbindingen opgesteld binnen het Europese humane biomonitoringinitiatief HBM4EU.

<https://www.hbm4eu.eu/wp-content/uploads/2017/04/Scoping-document-on-per-and-poly-fluoralkyl-substances.pdf>

Een samenvatting voor enkele veel gebruikte en gemeten perfluorverbindingen is hieronder gegeven:

- **2006:** Gebruik van PFOS in producten wordt aan banden gelegd (Directive 2006/112/EC)
- **2009:**
 - o PFOS wordt toegevoegd aan de REACH-regelgeving (EC 552/2009, Annex XVII van EC 1907/2006)
 - o PFOS wordt toegevoegd aan Annex B van de Stockholm Conventie als een POP (Persistent Organic Pollutant). Hierdoor moeten er maatregelen genomen worden om productie en gebruik van PFOS te beperken.
- **2010:** maximaal toegestane gehalte PFOS wordt verlaagd, mits enkele uitzonderingen (850/2004/EC, 757/2010)
- **2013:** PFOA wordt toegevoegd aan de REACH kandidaatlijst van zeer zorgwekkende stoffen
- **2015:**
 - o PFOA en gerelateerde componenten worden toegevoegd aan de lijst van te evalueren stoffen in het kader van de Stockholm Conventie.
 - o PFNA wordt toegevoegd aan de REACH kandidaatlijst van zeer zorgwekkende stoffen.
- **2017:**
 - o PFDA en PFHxS worden toegevoegd aan de REACH kandidaatlijst van zeer zorgwekkende stoffen.
 - o PFOA en zouten worden toegevoegd aan Annex XVII van EC 1907/2016. Dit betekent:
 - Vanaf 2020: mag niet meer in de handel gebracht worden als stof zelf en het gebruik als bestanddeel van andere producten wordt beperkt in de toegestane concentratie.
 - Vanaf 2022: beperking voor gebruik in apparatuur voor productie van halfgeleiders en in latex drukinkten.
 - Vanaf 2023: beperking voor gebruik in beschermende werkkledij, membranen voor medisch textiel, filtratie bij waterzuivering, productieprocessen en afvalwaterbehandeling.
 - Vanaf 2032: beperking voor gebruik in medische hulpmiddelen (andere dan die opgenomen in Richtlijn 93/42/EEG)
- **2019:**
 - o Verdere inperking van de toepassingen van PFOS (EU 2019/639).

Perfluorverbindingen (PFAS)

- Bijkomende voorwaarden om emissie van PFOA bij gebruik van blusschuim te voorkomen (EU 2019/639).

Geraadpleegde bronnen: (Expertisecentrum PFAS, 2018) en <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

Vergelijkende metingen:

- **Reeds gemeten waarden in Vlaanderen/België:**

Referentiewaarden voor perfluorverbindingen in de Vlaamse bevolking werden voor het eerst verkregen in de 2^{de} campagne van het Steunpunt Milieu en Gezondheid (2007-2011). In de 3^{de} campagne (2012-2016) werden lagere gemiddelde gehalten aan PFOS en PFOA gemeten dan in de 2^{de} campagne (Schoeters et al., 2017). Deze daling in gehalten is vermoedelijk grotendeels te wijten aan de beperkingen in de productie en het gebruik van deze verbindingen die in de Europese wetgeving werden vastgelegd. De daling is sterker voor PFOS dan voor PFOA. De gehalten in Vlaanderen zijn vergelijkbaar met de meetwaarden in burgers van andere Westerse landen.

Onderstaande grafieken geven het percentage deelnemers weer in de verschillende klassen van perfluorgehalten die gerangschikt zijn van lage gehalten (onderaan) naar hoge gehalten (bovenaan). Met de stippenlijn wordt het geometrisch gemiddelde van de volledige deelnemersgroep aangegeven. De grafieken tonen aan dat in de 3^{de} campagne (2012 – 2015) bij de deelnemers lagere gehalten PFOS en PFOA in het bloed werden waargenomen dan in de 2^{de} campagne (2007-2011), zowel voor de volwassenen als voor de pasgeborenen.

De volle lijn geeft de gezondheidskundige toetsingswaarde weer. Hier werden de HBM-I waarden gebruikt als toetsingswaarden omdat dit waarden waarbij geen nadelige effecten worden verwacht onder deze gehalten. Deelnemers met gehalten boven deze toetsingswaarde zijn aangeduid in oranje en deelnemers met gehalten onder de toetsingswaarde zijn aangeduid in blauw. Bij de volwassenen zijn er veel meer deelnemers met gehalten boven de toetsingswaarde (77% in 2012-2015) dan bij de pasgeborenen (11% in 2012-2015).

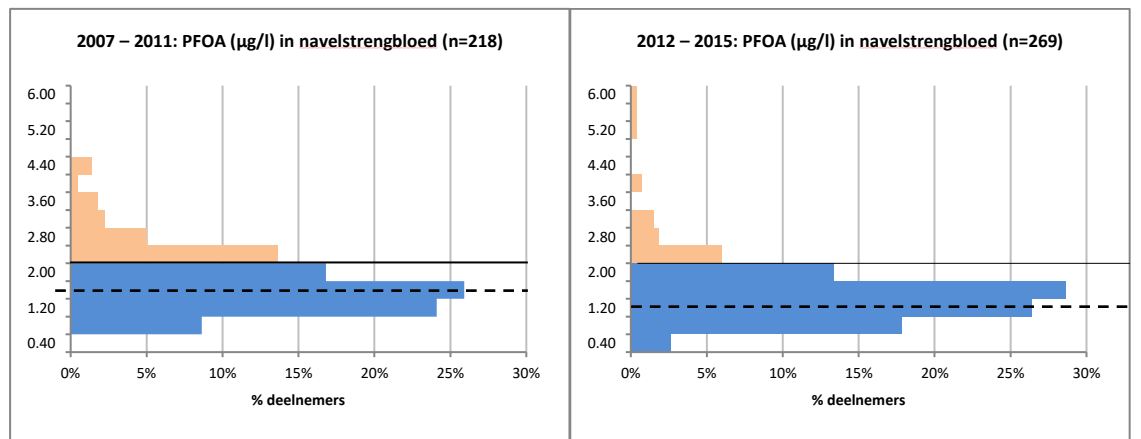
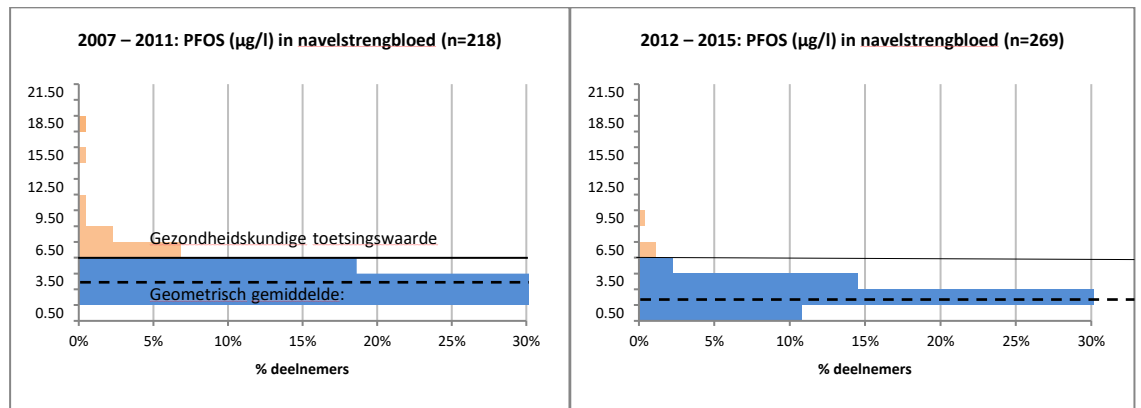
Pasgeborenen:

Legende:

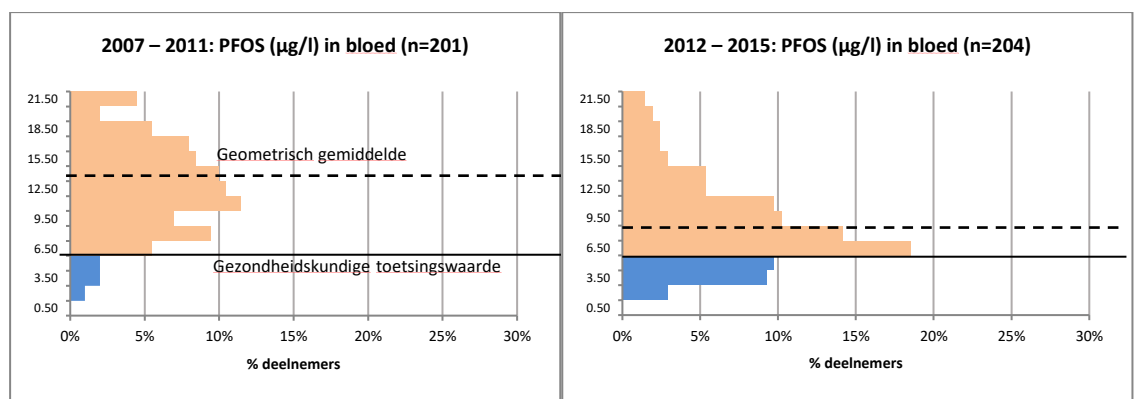
■ onder de toetsingswaarde; ■ boven de toetsingswaarde

— gezondheidkundige toetsingswaarde (HBM-I), - - - - - geometrische gemiddelde

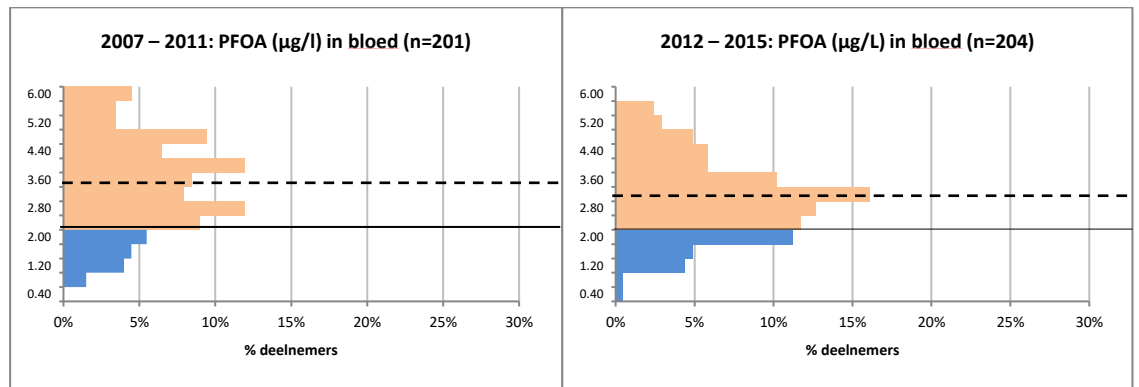
Perfluorverbindingen (PFAS)



Volwassenen:



Perfluorverbindingen (PFAS)



Leeftijdsgroep	Geslacht	Matrix	Biomerker	Waarde (µg/L)	Jaar
Pasgeborenen, Vlaanderen	v	Navelstreng-plasma	PFOS	1,12 (GM)	2013-2014 ²
Pasgeborenen, Vlaanderen	v	Navelstreng-plasma	PFOS	2,64 (GM)	2008-2009 ¹
Pasgeborenen, Vlaanderen	v	Navelstreng-plasma	PFOA	1,19 (GM)	2013-2014 ²
Pasgeborenen, Vlaanderen	v	Navelstreng-plasma	PFOA	1,51 (GM)	2008-2009 ¹
Pasgeborenen, Vlaanderen	v	Navelstreng-plasma	PFHxS	0,34 (GM)	2013-2014 ²
Pasgeborenen, Vlaanderen	v	Navelstreng-plasma	PFNA	0,20 (GM)	2013-2014 ²
Pasgeborenen, Vlaanderen	v	Navelstreng-plasma	PFBS	<0,2 (GM)	2013-2014 ²
Pasgeborenen, Dessel-Mol-Retie	v	Navelstreng-plasma	PFOS	1,57 (GM)	2011-2012 ⁵
Pasgeborenen, Dessel-Mol-Retie	v	Navelstreng-plasma	PFOA	1,06 (GM)	2011-2012 ⁵
Pasgeborenen, Dessel-Mol-Retie	v	Navelstreng-plasma	PFHxS	0,29 (GM)	2011-2012 ⁵
14-15 jarigen uit Menen	m+v	Serum	PFOS	5,83 (GM)	2010-2011 ³

Perfluorverbindingen (PFAS)

14-15 jarigen uit Menen	m+v	Serum	PFOA	2,55 (GM)	2010-2011 ³
20-40 jarigen	m+v	Serum	PFOS	12,54 (GM)	2008-2009 ¹
20-40 jarigen	m+v	Serum	PFOA	3,23 (GM)	2008-2009 ¹
50-65 jarigen	m+v	Serum	PFOS	7,53 (GM)	2014 ⁴
50-65 jarigen	m+v	Serum	PFOA	2,82 (GM)	2014 ⁴
50-65 jarigen	m+v	Serum	PFHxS	1,57 (GM)	2014 ⁴
50-65 jarigen	m+v	Serum	PFNA	0,86 (GM)	2014 ⁴
50-65 jarigen	m+v	Serum	PFBS	<0,2 (GM)	2014 ⁴
Landelijk Vlaanderen	v	moedermelk	PFOS	0,097 (P50)	2009 ⁵
Landelijk Vlaanderen	v	moedermelk	PFOA	0,074 (P50)	2009 ⁵
Landelijk Vlaanderen	v	moedermelk	PFHxS	<0,01 (P50)	2009 ⁵
Landelijk Vlaanderen	v	moedermelk	PFNA	<0,01 (P50)	2009 ⁵
Landelijk Vlaanderen	v	moedermelk	PFDA	<0,01 (P50)	2009 ⁵
Landelijk Vlaanderen	v	moedermelk	PFUnA	<0,01 (P50)	2009 ⁵
Landelijk Vlaanderen	v	moedermelk	PFHpS	<0,01 (P50)	2009 ⁵

¹ (Steunpunt Milieu en Gezondheid and 2010), ² (Steunpunt Milieu en Gezondheid, 2015b), ³ (Steunpunt Milieu en Gezondheid, 2012), ⁴ (Steunpunt Milieu en Gezondheid, 2015a), ⁵ (3xG, 2013), ⁵ (Croes et al., 2012)

GM: geometrisch gemiddelde; P50: 50ste percentiel of mediaan

- **Internationale vergelijking:**

Hieronder zijn enkel internationale gegevens opgenomen van nationale humane biomonitoring campagnes die op regelmatige basis worden herhaald. Voor de perfluorverbindingen zijn dit de Amerikaanse NHANES-studies en de Duitse campagnes. In Duitsland werden de perfluorverbindingen opgenomen in de vijfde cyclus van de GerES-studie, maar deze resultaten zijn nog niet beschikbaar. De Duitse gegevens opgenomen in de tabel zijn waarden die gemeten werden in biobankstalen van vorige campagnes in Duitsland.

Perfluorverbindingen (PFAS)

Een overzicht van andere relevante studies is te vinden in het supplementair materiaal van Colles et al. (2020)¹.

Leeftijdsgroep	Geslacht	Matrix	Biomerker	Waarde (µg/L)	Jaar	Land
12-19 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOS	2,94 (GM)	2015-2016	USA ¹
12-19 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOS	3,54 (GM)	2013-2014	USA ¹
12-19 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOS	4,16 (GM)	2011-2012	USA ¹
12-19 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOS	6,84 (GM)	2009-2010	USA ¹
12-19 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOS	11,30 (GM)	2007-2008	USA ¹
12-19 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOS	15,00 (GM)	2005-2006	USA ¹
12-19 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOS	19,30 (GM)	2003-2004	USA ¹
12-19 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOS	29,10 (GM)	1999-2000	USA ¹
20-29 jaar	M+v	serum	PFOS	3,8 (GM)	2010	Duitsland ²
20-29 jaar	M+v	serum	PFOS	6,1 (GM)	2008	Duitsland ²
20-29 jaar	M+v	serum	PFOS	7,8 (GM)	2007	Duitsland ²
20-29 jaar	M+v	serum	PFOS	7,4 (GM)	2006	Duitsland ²
20-29 jaar	M+v	serum	PFOS	12,7 (GM)	2005	Duitsland ²
20-29 jaar	M+v	serum	PFOS	13,7 (GM)	2003	Duitsland ²
20-29 jaar	M+v	serum	PFOS	19,7 (GM)	2001	Duitsland ²
+20 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOS	5,02 (GM)	2015-2016	USA ¹
+20 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOS	5,22 (GM)	2013-2014	USA ¹
+20 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOS	6,71 (GM)	2011-2012	USA ¹

¹ <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125250>

Perfluorverbindingen (PFAS)

+20 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOS	9,72 (GM)	2009-2010	USA ¹
+20 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOS	13,50 (GM)	2007-2008	USA ¹
+20 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOS	17,40 (GM)	2005-2006	USA ¹
+20 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOS	20,30 (GM)	2003-2004	USA ¹
+20 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOS	30,60 (GM)	1999-2000	USA ¹
12-19 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOA	1,25 (GM)	2015-2016	USA ¹
12-19 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOA	1,66 (GM)	2013-2014	USA ¹
12-19 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOA	1,80 (GM)	2011-2012	USA ¹
12-19 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOA	2,74 (GM)	2009-2010	USA ¹
12-19 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOA	3,91 (GM)	2007-2008	USA ¹
12-19 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOA	3,59 (GM)	2005-2006	USA ¹
12-19 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOA	3,89 (GM)	2003-2004	USA ¹
12-19 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOA	5,21 (GM)	1999-2000	USA ¹
20-29 jaar	M+v	serum	PFOA	3,1 (GM)	2010	Duitsland ²
20-29 jaar	M+v	serum	PFOA	4,0 (GM)	2008	Duitsland ²
20-29 jaar	M+v	serum	PFOA	5,2 (GM)	2007	Duitsland ²
20-29 jaar	M+v	serum	PFOA	4,7 (GM)	2006	Duitsland ²
20-29 jaar	M+v	serum	PFOA	5,5 (GM)	2005	Duitsland ²
20-29 jaar	M+v	serum	PFOA	4,8 (GM)	2003	Duitsland ²
20-29 jaar	M+v	serum	PFOA	5.8 (GM)	2001	Duitsland ²
+20 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOA	1,60 (GM)	2015-2016	USA ¹
+20 jaar, NHANES	M+v	serum	PFOA	1,98 (GM)	2013-2014	USA ¹

Perfluorverbindingen (PFAS)

+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFOA	2,12 (GM)	2011- 2012	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFOA	3,12 (GM)	2009- 2010	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFOA	4,15 (GM)	2007- 2008	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFOA	3,97 (GM)	2005- 2006	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFOA	3,96 (GM)	2003- 2004	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFOA	5,16 (GM)	1999- 2000	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFHxS	0,92 (GM)	2015- 2016	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFHxS	1,27 (GM)	2013- 2014	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFHxS	1,28 (GM)	2011- 2012	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFHxS	2,03 (GM)	2009- 2010	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFHxS	2,40 (GM)	2007- 2008	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFHxS	2,09 (GM)	2005- 2006	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFHxS	2,44 (GM)	2003- 2004	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFHxS	2,69 (GM)	1999- 2000	USA ¹
20-29 jaar		M+v	serum	PFHxS	0,82 (GM)	2010	Duitsland ²
20-29 jaar		M+v	serum	PFHxS	1,05 (GM)	2008	Duitsland ²
20-29 jaar		M+v	serum	PFHxS	1,68 (GM)	2007	Duitsland ²
20-29 jaar		M+v	serum	PFHxS	1,10 (GM)	2006	Duitsland ²
20-29 jaar		M+v	serum	PFHxS	2,11 (GM)	2005	Duitsland ²
20-29 jaar		M+v	serum	PFHxS	2,08 (GM)	2003	Duitsland ²
20-29 jaar		M+v	serum	PFHxS	2,26 (GM)	2001	Duitsland ²
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFHxS	1,22 (GM)	2015- 2016	USA ¹

Perfluorverbindingen (PFAS)

+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFHxS	1,36 (GM)	2013- 2014	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFHxS	1,28 (GM)	2011- 2012	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFHxS	1,61 (GM)	2009- 2010	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFHxS	1,90 (GM)	2007- 2008	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFHxS	1,62 (GM)	2005- 2006	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFHxS	1,86 (GM)	2003- 2004	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFHxS	2,05 (GM)	1999- 2000	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFNA	0,48 (GM)	2015- 2016	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFNA	0,59 (GM)	2013- 2014	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFNA	0,74 (GM)	2011- 2012	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFNA	1,10 (GM)	2009- 2010	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFNA	1,16 (GM)	2007- 2008	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFNA	0,93 (GM)	2005- 2006	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFNA	0,85 (GM)	2003- 2004	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFNA	0,47 (GM)	1999- 2000	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFNA	0,59 (GM)	2015- 2016	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFNA	0,69 (GM)	2013- 2014	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFNA	0,90 (GM)	2011- 2012	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFNA	1,29 (GM)	2009- 2010	USA ¹

Perfluorverbindingen (PFAS)

+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFNA	1,23 (GM)	2007- 2008	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFNA	1,11 (GM)	2005- 2006	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFNA	0,98 (GM)	2003- 2004	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFNA	0,57 (GM)	1999- 2000	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFBS	<0,1 (GM)	2013- 2014	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFBS	<0,1 (GM)	2011- 2012	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFBS	<0,1 (GM)	2009- 2010	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFBS	<0,1 (GM)	2007- 2008	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFBS	<0,1 (GM)	2005- 2006	USA ¹
12-19 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFBS	<0,4 (GM)	2003- 2004	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFBS	<0,1 (GM)	2013- 2014	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFBS	<0,1 (GM)	2011- 2012	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFBS	<0,1 (GM)	2009- 2010	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFBS	<0,1 (GM)	2007- 2008	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFBS	<0,1 (GM)	2005- 2006	USA ¹
+20 NHANES	jaar,	M+v	serum	PFBS	<0,4 (GM)	2003- 2004	USA ¹

¹(CDC, 2019); ²(Schroter-Kermani et al., 2013)

GM: geometrisch gemiddelde

Perfluorverbindingen (PFAS)

Referenties

- 3xG, 2013. Milieu en Gezondheid in Dessel, Mol en Retie: Resultaten van de eerste 150 deelnemers. .
- ATSDR, 2018. Toxicological profile for Perfluoroalkyls (Draft for Public Comment). Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, GA, USA.
- CDC, 2019. Fourth national report on human exposure to environmental chemicals. Updated tables, January 2019, volume 1.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2017. Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS). Frequently asked questions. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Cornelis, C., D'Hollander, W., Roosens, L., Covaci, A., Smolders, R., Van Den Heuvel, R., Govarts, E., Van Campenhout, K., Reynders, H., Bervoets, L., 2012. First assessment of population exposure to perfluorinated compounds in Flanders, Belgium. *Chemosphere* 86, 308-314.
- Croes, K., Colles, A., Koppen, G., Govarts, E., Bruckers, L., Van De Mieroop, E., Nelen, V., Covaci, A., Dirtu, A.C., Thomsen, C., Haug, L.S., Becher, G., Mampaey, M., Schoeters, G., Van Larebeke, N., Baeyens, W., 2012. Persistent organic pollutants (POPs) in human milk: A biomonitoring study in rural areas of Flanders (Belgium). *Chemosphere* 89, 988-994.
- EFSA, 2018. Risk to human health related to the presence of perfluorooctane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food. *EFSA Journal* 16, 5194.
- European Food Safety Authority, 2012. Perfluoroalkylated substances in food: occurrence and dietary exposure. *EFSA Journal* 10.
- Expertisecentrum PFAS, 2018. Poly- en PerFluor Alkyl Stoffen (PFAS). Kennisdocument over stoffeigenschappen, gebruik, toxicologie, onderzoek en sanering van PFAS in grond en grondwater.
- Haug, L.S., Huber, S., Becher, G., Thomsen, C., 2011. Characterisation of human exposure pathways to perfluorinated compounds--comparing exposure estimates with biomarkers of exposure. *Environ. Int* 37, 687-693.
- Health Canada, 2018. Consultation Document on Proposed Amendments to the Prohibition of Certain Toxic Substances Regulations, 2012 for PFOS, PFOA, LC-PFCAs, HBCD, PBDEs, DP and DBDPE
- ITRC, 2017. History and Use of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS). Interstate Technology and Regulatory Council, Washington DC, USA.
- ITRC, 2018. Environmental Fate and Transport for Per- and Polyfluoroalkyl Substances. Interstate Technology and Regulatory Council, Washington DC, USA.
- OECD, 2013. OECD/UNEP Global PFC Group, Synthesis paper on per- and polyfluorinated chemicals (PFCs). Environment, Health and Safety, Environment Directorate, OECD.
- OVAM, 2018. Onderzoek naar aanwezigheid van PFAS in grondwater, bodem en waterbodem ter hoogte van risicoactiviteiten in Vlaanderen.

Perfluorverbindingen (PFAS)

- RIVM, 2017. Water quality standards for PFOA. A proposal in accordance with the methodology of the Water Framework Directive. RIVM Briefrapport 2017-0044 Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- Schoeters, G., Govarts, E., Bruckers, L., Den Hond, E., Nelen, V., De Henauw, S., Sioen, I., Nawrot, T.S., Plusquin, M., Vriens, A., Covaci, A., Loots, I., Morrens, B., Coertjens, D., Van Larebeke, N., De Craemer, S., Croes, K., Lambrechts, N., Colles, A., Baeyens, W., 2017. Three cycles of human biomonitoring in Flanders - Time trends observed in the Flemish Environment and Health Study. *Int J Hyg Environ Health* 220, 36-45.
- Schroter-Kermani, C., Muller, J., Jurling, H., Conrad, A., Schulte, C., 2013. Retrospective monitoring of perfluorocarboxylates and perfluorosulfonates in human plasma archived by the German Environmental Specimen Bank. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 216, 633-640.
- Steunpunt Milieu en Gezondheid, 2012. Vlaams Human Biomonitoringsprogramma 2007-2011. Resultatenrapport: Resultaten van het onderzoek bij jongeren uit de regio Menen.
- Steunpunt Milieu en Gezondheid, 2015a. Vlaams Humaan Biomonitoringsprogramma 2012-2015: resultatenrapport volwassenen campagne.
- Steunpunt Milieu en Gezondheid, 2015b. Vlaams Humaanbiomonitoringsprogramma 2012-2015: resultatenrapport pasgeborenen.
- Steunpunt Milieu en Gezondheid, , 2010. Vlaams Human Biomonitoringsprogramma 2007-2011. Resultatenrapport: deel referentiebiomonitoring.
- Umweltbundesamt, 2018. [HBM-I values for Perfluorooctanoic acid (PFOA) and Perfluorooctanesulfonic acid (PFOS) in blood plasma - Statement of the German Human Biomonitoring Commission (HBM Commission)]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 61, 474-487.