

### Indicator voor:

---

Perfluor-octaansulfonzuur (PFOS),  
Perfluor-octaanzuur (PFOA),  
Perfluor-hexaansulfonzuur (PFHxS),  
Perfluor-nonaanzuur (PFNA),

zijn indicatoren voor **perfluorverbindingen**

Perfluorverbindingen worden gebruikt:

- bij **oppervlaktebehandeling van textiel** ter verhoging van de resistentie tegen vuil, water en olie, zoals tapijten, stoffen, leder en bekleding van meubels en auto-interieur.
- in de **papierindustrie** waar deze chemische stoffen worden toegepast op papier, karton en producten zoals wegwerpborden en voedingsverpakkingen om deze een hogere resistentie te geven tegen vuil, vet en water.
- als **performatiechemicaliën** die gebruikt worden in verschillende industriële en commerciële toepassingen zoals brandbestrijdend schuim, mijnbouw en oliebron surfactants, onderdrukkers van zure mistvorming bij baden voor het plateren van metaal en elektronisch etsen, basische schoonmaakmiddelen, boenwas, fotografische film, gebitsreinigers, shampoo, cosmetica (Kannan et al., 2002b) en Sulfluramid, een insecticide tegen kakkerlakken, mieren en termieten (Kannan et al., 2004).

PFOS: tot 2002 vooral voor behandeling van tapijt, meubels en textiel

PFOA: vooral bij het vervaardigen van Teflon-producten.

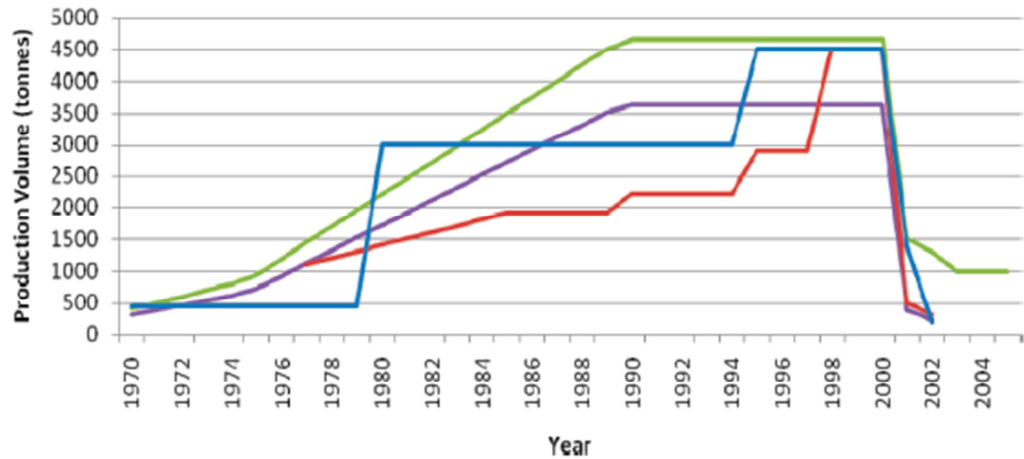
PFHxS: behandeling van tapijt, papier en textiel

Perfluorverbindingen zijn biologisch niet of nauwelijks afbreekbaar, stapelen op in de voedselketen en worden wereldwijd aangetroffen in biota (pinguïns, ijsberen, vissen, ...) (Giesy & Kannan, 2001).

### Productievolume:

---

## Perfluorverbindingen



**Figuur 1: schattingen van het productievolume van POSF (perfluorooctaan sulfonyl fluoride), dat afbreekt tot o.a. PFOS (uit: Paul et al., 2009)**

### Wetgevend kader:

Sinds 2006 wordt het gebruik van PFOS in de Europese Unie sterk beperkt door Richtlijn 2006/112/EG en bijlage XVII bij Verordening (EG) nr 1907/2006 van het Europees Parlement en de Raad inzake de registratie en beoordeling van en de autorisatie en beperkingen ten aanzien van chemische stoffen (REACH). Gebruik is enkel nog toegelaten voor een beperkt aantal toepassingen waarvoor nog geen waardige vervangers beschikbaar zijn.

In 2009 werd PFOS opgenomen in bijlage B van de Stockholm Conventie waardoor het gebruik en de productie beperkt moeten worden tot aanvaardbare toepassingen. Volgens Verordening (EU) nr 757/2010 van de Commissie, verschenen in 2010, is gebruik van PFOS nog toegestaan voor:

- bevochtigingsmiddelen voor gecontroleerde galvanisatie (tot 26 augustus 2015)
- lichtgevoelige of antireflecterende coatings voor fotolithografische procedés
- fotografische coatings voor films, papier of drukplaten
- nevelonderdrukkers voor niet-decoratieve hardverchroming met chroom (VI)
- hydraulische vloeistoffen voor de luchtvaart

Wel dienen er verder inspanningen worden geleverd voor het vinden van alternatieven.

### Verwachte blootstellingswegen naar de mens:

Belangrijkste blootstelling van de mens vindt plaats via voeding (vis en wild) (Stahl et al., 2011). PFOS accumuleert in vis (bloed en lever) en wordt via de voeding door de mens opgenomen.

## Perfluorverbindingen

Uit onderzoek blijkt dat de PFOS-concentraties in mariene vis een factor 10 lager zijn dan in zoetwatervis (Berger, 2004). Vooral roofvissen kunnen een bron van PFOS zijn voor de mens (Holmström, 2005).

Naast voeding lijken er nog andere blootstellingswegen van belang zoals inademen van huiselijk stof, huidcontact met behandeld textiel en contact van voeding met verpakkingsmaterialen.

PFOA accumuleert eveneens in vis, maar in mindere mate dan PFOS (EFSA, 2008). De bijdrage van niet-voedingsgerelateerde bronnen, voornamelijk indoor blootstelling, kan oplopen tot 50% van de geschatte inname via de voeding. Drinkwater draagt, naar schatting, minder dan 16% bij tot de blootstelling.

Ook een Vlaamse studie toonde aan dat blootstelling aan perfluorverbindingen vooral gebeurt via de voeding (Cornelis et al., 2012). Volgende bijdragen werden gerapporteerd:

- bij kinderen:
  - o PFOS: aardappelen (48%), gevolgd door vis en schaal- en schelpdieren, melkproducten, eieren en fruit (elk een bijdrage van ongeveer 10%)
  - o PFOA: fruit (30%) en groenten (20%), bijdrage van vis en schaal-en schelpdieren slechts minimaal
- Bij volwassenen:
  - o PFOS: vis en schaal- en schelpdieren (57%), aardappelen (28%)
  - o PFOA: vis, schaal- en schelpdieren, aardappelen, fruit en groenten (elk een bijdrage van ongeveer 20%)

### (Hoog) blootgestelde groep:

---

Consumenten

Kinderen: in de Amerikaanse humane biomonitoring NHANES werden bij kinderen hogere gehalten perfluorverbindingen in bloed vastgesteld dan bij de volwassenen, vooral van PFHxS (Kato et al., 2009). Kleine kinderen komen meer in contact met bijvoorbeeld vast tapijt.

### Gevoelige groepen:

---

Kinderen

### Verwachte gezondheidseffecten:

---

In een studie van 2083 arbeiders (Alexander et al., 2003) werkzaam in een bedrijf dat POSF-gebaseerde fluorochemicaliën produceert werd een verhoogd aantal doden door lever- en blaaskanker vastgesteld. Een andere studie van arbeiders blootgesteld aan PFOA (Gilliland & Mandel, 1993) toonde een verhoogd risico aan op dood door prostaatkanker. Geneeskundig onderzoek van 5000 DuPont-werknemers stelde een verhoogd voorkomen vast van andere

## Perfluorverbindingen

kankers zoals non-Hodgkins lymfoma, leukemie en multiple myeloma (ENDS, 2004). In een tegenonderzoek werd geen verhoogd kankerrisico vastgesteld, maar wel een verhoging van serum cholesterol en serum triglycerides bij werknemers met een serum PFOA-concentratie boven 1000 ppb (DuPont, 2005). De relatie tussen PFC-blootstelling en overeenkomstige gezondheidseffecten bij de mens is nog niet duidelijk bepaald (So et al., 2006). PFOS en PFOA zouden het communicatiesysteem tussen de cellen bemoeilijken wat kan leiden tot abnormale celgroei en -functie. Chronische verstoring van de communicatie tussen cellen kan aanleiding geven tot neurologische, cardiovasculaire, reproductieve en hormonale storingen (Hu et al., 2002). PFOS en PFOA hebben voornamelijk effecten op de lever (EFSA, 2008). In twee recente studies was PFOA-blootstelling van zwangere vrouwen gerelateerd aan een lager geboortegewicht.

In proefdieren werd reproductie toxiciteit waargenomen (Lau et al., 2003; Case, 2001). Na chronische blootstelling treedt levertoxiciteit op in proefdieren (Seacat et al., 2002, 2003).

### Laagste niveau waarbij schadelijke effecten waargenomen werden:

#### PFOS

NOAEL levertoxiciteit in ratten: subchronische blootstelling aan 0.4 g PFOS/kg/dag gedurende 14 dagen. Komt overeen met een serumconcentratie van 44 ppm in mannelijke ratten en 64 ppm in vrouwelijke ratten (Seacat et al., 2003).

NOAEL postnatale sterfte ratten: 0.1 mg/kg/dag; LOAEL postnatale sterfte ratten: 0.4 mg/kg/dag (EPA, 2000)

NOAEL voor effecten op ontwikkeling bij konijnen: 0.1 mg/kg (Case et al., 2001)

NOAEL toxiciteit (gewichtstoename) moeder bij konijnen: 0.1 mg/kg (Case et al., 2001)

CONTAM (Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain) beschouwt 0.03 mg/kg lichaamsgewicht uit een studie bij apen al laagste NOAEL (EFSA, 2008) en de basis voor een TDI-waarde (Tolerable Daily Intake).

#### PFOA

LOAEL bij apen: 3 mg/kg/dag

CONTAM gebruikt de benchmark dosis voor 10% toename van levereffecten bij ratten (BMDL10) van 0.3 mg/kg lichaamsgewicht voor het vaststellen van een TDI (EFSA, 2008).

### Geschatte externe blootstelling (dagelijkse inname)

Voornamelijk gebaseerd op beschikbare gegevens van consumptie van vis en visproducten, werd een gemiddelde blootstelling via voeding bekomen van 60 ng PFOS/kg lichaamsgewicht per dag voor gematigde visconsumenten en 200 ng PFOS/kg lichaamsgewicht per dag voor grote viseters (EFSA, 2008). De bijdrage van niet-voedingsgerelateerde parameters werd geschat op minder dan 2%.

# PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA

## Perfluorverbindingen

CONTAM schat de indicatieve gemiddelde en hoge blootstelling via de voeding op respectievelijk 2 en 6 ng/kg lichaamsgewicht per dag.

### Richtwaarden voor externe/interne blootstelling:

Nog geen enkele overheidsinstelling heeft referentiedosises (RfD) opgesteld voor PFC's (So et al., 2006). Wel werden mogelijke RfD's opgesteld voor PFOS en PFOA gebaseerd op chronische carcinogeniteitsstudies en multigenerationele studies bij ratten (Thayer, 2002). De zo bekomen RfD voor **PFOS** bedraagt **0.025 µg/kg/dag** en deze voor **PFOA 0.333 µg/kg/d**. Het Wetenschappelijk Panel voor Contaminanten in de Voedselketen (CONTAM) werkt momenteel aan een risico-evaluatie met als doel het vastleggen van een TDI-waarde.

CONTAM heeft de **TDI voor PFOS** vastgelegd op **150 ng/kg lichaamsgewicht per dag**, rekening houdend met een onzekerheidsfactor 200 voor de NOAEL, een onzekerheidsfactor 100 voor de verschillen binnen en tussen soorten en een bijkomende factor 2 voor de onzekerheden verbonden aan de korte duur van de sleutelstudie (EFSA, 2008).

De **TDI voor PFOA** werd vastgelegd op **1.5 µg/kg lichaamsgewicht per dag**, rekening houdend met een onzekerheidsfactor 200 voor de BMDL10, een factor 100 voor de verschillen tussen en binnen soorten en een bijkomende factor 2 voor de onzekerheden verbonden aan de interne dosis kinetiek (EFSA, 2008).

### Geschatte veiligheidsmarge t.o.v. LOAEL of TDI:

#### PFOS

De door CONTAM indicatief geschatte blootstelling van 60 ng/kg lichaamsgewicht ligt onder de TDI van 150 ng/kg lichaamsgewicht. De hoger blootgestelden met een geschatte waarde van 200 ng/kg lichaamsgewicht overschrijden de TDI (EFSA, 2008).

### Persistentie (halfwaardetijd in de mens):

De halfwaardetijd in serum bij de mens wordt geschat op (uit Stahl et al., 2011):

PFOS: 5,4 jaar

PFOA: 3,8 jaar

PFHxS: 8,5 jaar

### Perinatale blootstelling (placenta/moedermelk):

PFOS en PFOA kunnen door de placenta en komen voor in moedermelk (Stahl et al., 2011)

### Matrix:

Invasief: bloed, serum

# PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA

## Perfluorverbindingen

Niet-invasief: moedermelk, urine, navelstrengbloed

**Benodigd volume voor bioassay analyse:**

---

**Detectielimiet:**

---

### **Navelstrengbloed**

Limit of Quantification (LOQ)

PFOS, PFOA, PFHxS, PFBS: 0,2 µg/l

PFNA: 0,1 µg/l

### **Serum**

Limit of Quantification (LOQ)

PFOS, PFOA, PFHxS, PFBS: 0,2 µg/l

PFNA: 0,1 µg/l

### **Moedermelk**

PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS: LOQ: 0,01 ng/mL

**Gevalideerde biomarker:**

---

Goede resultaten in internationale ringtesten

**Aanbevolen doelgroepen en matrix:**

---

Pasgeborenen: navelstrengbloed

Jongeren: serum

# PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA

## Perfluorverbindingen

### Vergelijkende metingen:

Tabel 1: concentraties van perfluorverbindingen in moedermelk (ng/mL).

Referentie	Land	Periode	Populatie	N	Berekening gemiddelde	Waarde gemiddelde	Berekening hoge waarden	Hoge waarde
(Colles et al. 2011; Croes et al. 2012)	België, Vlaanderen	2009	Landelijk gebied	40	mediaan	PFOS: 0,097 PFOA: 0,074 PFNA: <LOQ PFHxS: <LOQ PFDA: <LOQ PFUnA: <LOQ PFHpS: <LOQ	<b>P90</b>	PFOS: 0,494 PFOA: 0,212 PFNA: 0,042 PFHxS: 0,098 PFDA: <LOQ PFUnA: <LOQ PFHpS: <LOQ
Nationale Cel Leefmilieu en Gezondheid, 2007	België	2006	Algemene bevolking	Meng-staal		PFOS: 2		
Kärrman et al., 2007	Zweden	2004	Algemene bevolking	12	gemiddelde	PFOS: 0,201	<b>Max.</b>	PFOS: 0,47 PFOA: 0,492
		2003-2004	Algemene bevolking	39	gemiddelde	PFOS: 0,123		
		2003	Algemene bevolking	37	gemiddelde	PFOS: 0,153		
Völkel et al. (2008)	Duitsland	2006	Algemene bevolking	57	mediaan	PFOS: 0,12		



# PFOS, PFOA, PFH<sub>x</sub>S en PFNA

## Perfluorverbindingen

**Tabel 2: Plasmaconcentraties van perfluor-octaanzuur (PFOA) in navelstrengbloed (µg/l): vergelijking van Vlaamse referentiewaarden met metingen in navelstrengbloed in internationale studies.**

Referentie	Land	Periode	Populatie	N	Berekening gemiddelde	Waarde gemiddelde	Berekening hoge waarden	Hoge waarde
<b>3<sup>e</sup> Steunpunt M&amp;G</b>	België (Vlaanderen)	2013-2014	algemene bevolking	269	GM (95% BI) <sup>a</sup>	1,18 (1,12-1,26)	P90 (95% BI) <sup>a</sup>	2,11 (1,91-2,31)
<b>3xG studie</b>	België (Vlaanderen)	2011-2012	Dessel-Mol-Retie	128	GM (95% BI)	1,06 (0,96-1,16)	P90	1,94
<b>2<sup>e</sup> Steunpunt M&amp;G</b>	België (Vlaanderen)	2008-2009	algemene bevolking	218	GM (95% BI) <sup>a</sup>	1,50 (1,43-1,59)	P90 (95% BI) <sup>a</sup>	2,56 (2,35-2,76)
<b>1<sup>e</sup> Steunpunt M&amp;G (D'Hollander et al. 2009;Roosens et al. 2010)</b>	België (Antwerpen)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	0,63 (0,70)		
	België (havens)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	<0,9		
	België (fruitstreek)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	<0,9		
	België (Olen)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	<0,9		
	België (Gent)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	9,51 (0,72)		
	België (verbrandingsovens)	2002-2004	algemene bevolking	pool	individuele waarde	2,89		



# PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA

## Perfluorverbindingen

	België (Albertkanaal)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	2,06 (0,10)		
	België (haven Antwerpen)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	2,98 (0,40)		
	België (Gentse kanaalzone)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	1,39 (0,04)		
<b>(de Cock M. et al. 2014)</b>	Nederland (Zwolle)	2011-2013	algemene bevolking	61	AM mediaan	0,94 0,87		
<b>(Gutzkow et al. 2012)</b>	Noorwegen	2012 <sup>b</sup>	algemene bevolking	123	AM (SD)	1,03 (0,67)	maximum	3,23
<b>(Fromme et al. 2010)</b>	Duitsland (Munchen)	2007-2009	algemene bevolking	33	AM	1,7	P95	3,7
<b>(Monroy et al. 2008)</b>	Canada	2004-2005	algemene bevolking	105	AM (SD)	1,94 (1,54)		
<b>(Fei et al. 2007)</b>	Denemarken	1996-2002	algemene bevolking	50	AM (SD)	3,7 (3,4)		
<b>(Needham et al. 2011)</b>	Faroer eilanden	2000	algemene bevolking	12	AM	3,1		

Afkortingen: AM: aritmetisch gemiddelde; GM: geometrisch gemiddelde; BI: betrouwbaarheidsinterval; P90: 90<sup>ste</sup> percentiel; P95: 95<sup>ste</sup> percentiel; SD: standaarddeviatie

<sup>a</sup> gecorrigeerd voor leeftijd, BMI

<sup>b</sup> jaar van publicatie

# PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA

## Perfluorverbindingen

**Tabel 3: Plasmaconcentraties van perfluor-octaansulfonzuur (PFOS) in navelstrengbloed ( $\mu\text{g/l}$ ): vergelijking van Vlaamse referentiewaarden met metingen in navelstrengbloed in internationale studies.**

Referentie	Land	Periode	Populatie	N	Berekening gemiddelde	Waarde gemiddelde	Berekening hoge waarden	Hoge waarde
<b>3<sup>e</sup> Steunpunt M&amp;G</b>	België (Vlaanderen)	2013-2014	algemene bevolking	269	GM (95% BI) <sup>a</sup>	1,10 (1,02-1,19)	P90 (95% BI) <sup>a</sup>	2,48 (2,12-2,84)
<b>3xG studie</b>	België (Vlaanderen)	2011-2012	Dessel-Mol-Retie	128	GM (95% BI)	1,57 (1,43-1,73)	P90	3,18
<b>2<sup>e</sup> Steunpunt M&amp;G</b>	België (Vlaanderen)	2008-2009	algemene bevolking	218	GM (95% BI) <sup>a</sup>	2,64 (2,46-2,83)	P90 (95% BI) <sup>a</sup>	5,10 (4,59-5,61)
<b>1<sup>e</sup> Steunpunt M&amp;G (D'Hollander et al. 2009;Roosens et al. 2010)</b>	België (Antwerpen)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	11,03 (1,88)		
	België (havens)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	15,85 (6,22)		
	België (fruitstreek)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	5,05 (1,46)		
	België (Olen)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	7,96 (0,91)		
	België (Gent)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	5,11 (0,51)		
	België (verbrandingsovens)	2002-2004	algemene bevolking	pool	individuele waarde	0,80		

# PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA

## Perfluorverbindingen

	België (Albertkanaal)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	2,03 (0,63)		
	België (haven Antwerpen)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	4,85 (0,18)		
	België (Gentse kanaalzone)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	1,41 (0,32)		
<b>(de Cock M. et al. 2014)</b>	Nederland (Zwolle)	2011-2013	algemene bevolking	61	AM mediaan	1,611 1,600		
<b>(Gutzkow et al. 2012)</b>	Noorwegen	2012 <sup>b</sup>	algemene bevolking	123	AM (SD)	1,78 (1,17)	maximum	6,49
<b>(Fromme et al. 2010)</b>	Duitsland (Munchen)	2007-2009	algemene bevolking	33	AM	1,1	P95	2,2
<b>(Monroy et al. 2008)</b>	Canada	2004-2005	algemene bevolking	105	AM (SD)	7,19 (5,73)		
<b>(Fei et al. 2007)</b>	Denemarken	1996-2002	algemene bevolking	50	AM (SD)	11,0 (4,7)		
<b>(Needham et al. 2011)</b>	Faroer eilanden	2000	algemene bevolking	12	AM	6,6		

Afkortingen: AM: aritmetisch gemiddelde; GM: geometrisch gemiddelde; BI: betrouwbaarheidsinterval; P90: 90<sup>ste</sup> percentiel; P95: 95<sup>ste</sup> percentiel; SD: standaarddeviatie

<sup>a</sup>gecorrigeerd voor leeftijd, BMI

<sup>b</sup>jaar van publicatie

# PFOS, PFOA, PFH<sub>x</sub>S en PFNA

## Perfluorverbindingen

Tabel 4: Plasmaconcentraties van perfluor-hexaansulfonzuur (PFH<sub>x</sub>S) in navelstrengbloed (µg/l): vergelijking van Vlaamse referentiewaarden met metingen in navelstrengbloed in internationale studies.

Referentie	Land	Periode	Populatie	N	Berekening gemiddelde	Waarde gemiddelde	Berekening hoge waarden	Hoge waarde
<b>3<sup>e</sup> Steunpunt M&amp;G</b>	België (Vlaanderen)	2013-2014	algemene bevolking	269	GM (95% BI) <sup>a</sup>	0,34 (0,31-0,36)	P90 (95% BI) <sup>a</sup>	0,74 (0,65-0,83)
<b>3xG studie</b>	België (Vlaanderen)	2011-2012	Dessel-Mol-Retie	128	GM (95% BI)	0,29 (0,26-0,33)	P90	0,59
<b>1<sup>e</sup> Steunpunt M&amp;G (D'Hollander et al. 2009;Roosens et al. 2010)</b>	België (Antwerpen)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	<0,02		
	België (havens)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	<0,02		
	België (fruitstreek)	2002-2004	algemene bevolkin	3 pools	AM (SD)	<0,02		
	België (Olen)	2002-2004	algemene bevolkin	3 pools	AM (SD)	<0,02		
	België (Gent)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	<0,02		
	België (verbrandings ovens)	2002-2004	algemene bevolking	pool	individuele waarde	0,55		
	België (Albertkanaal)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	0,04 (0,08)		
	België (haven)	2002-2004	algemene bevolking	3	AM (SD)	0,99 (0,86)		

# PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA

## Perfluorverbindingen

	Antwerpen)			pools				
	België (Gentse kanaalzone)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	<0,02		
<b>(Gutzkow et al. 2012)</b>	Noorwegen	2012 <sup>b</sup>	algemene bevolking	123	AM (SD)	0,23 (0,19)	maximum	1,13
<b>(Fromme et al. 2010)</b>	Duitsland (Munchen)	2007-2009	algemene bevolking	33	AM	0,3	P95	0,9
<b>(Monroy et al. 2008)</b>	Canada	2004-2005	algemene bevolking	21	AM (SD)	5,05 (12,92)		
<b>(Needham et al. 2011)</b>	Faroer eilanden	2000	algemene bevolking	12	AM	9,1		

Afkortingen: AM: aritmetisch gemiddelde; GM: geometrisch gemiddelde; BI: betrouwbaarheidsinterval; P90: 90<sup>ste</sup> percentiel; P95: 95<sup>ste</sup> percentiel; SD: standaarddeviatie

<sup>a</sup>gecorrigeerd voor leeftijd, BMI

<sup>b</sup>jaar van publicatie

# PFOS, PFOA, PFH<sub>x</sub>S en PFNA

## Perfluorverbindingen

Tabel 5: Plasmaconcentraties van perfluor-nonaanzuur (PFNA) in navelstrengbloed ( $\mu\text{g/l}$ ): vergelijking van Vlaamse referentiewaarden met metingen in navelstrengbloed in internationale studies.

Referentie	Land	Periode	Populatie	N	Berekening gemiddelde	Waarde gemiddelde	Berekening hoge waarden	Hoge waarde
<b>3<sup>e</sup> Steunpunt M&amp;G</b>	België (Vlaanderen)	2013-2014	algemene bevolking	269	GM (95% BI) <sup>a</sup>	0,20 (0,18-0,21)	P90 (95% BI) <sup>a</sup>	0,43 (0,36-0,51)
<b>1<sup>e</sup> Steunpunt M&amp;G (D'Hollander et al. 2009;Roosens et al. 2010)</b>	België (Antwerpen)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	0,17 (0,24)		
	België (havens)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	0,16 (0,06)		
	België (fruitstreek)	2002-2004	algemene bevolkin	3 pools	AM (SD)	<0,05		
	België (Olen)	2002-2004	algemene bevolkin	3 pools	AM (SD)	0,02 (0,07)		
	België (Gent)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	<0,05		
	België (verbrandings ovens)	2002-2004	algemene bevolking	pool	individuele waarde	0,24		
	België (Albertkanaal)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	0,24 (0,14)		
	België (haven Antwerpen)	2002-2004	algemene bevolking	3 pools	AM (SD)	0,29 (0,06)		
	België (Gentse	2002-2004	algemene bevolking	3	AM (SD)	0,10 (0,16)		

# PFOS, PFOA, PFH<sub>x</sub>S en PFNA

## Perfluorverbindingen

	kanaalzone)			pools				
<b>(Gutzkow et al. 2012)</b>	Noorwegen	2012 <sup>b</sup>	algemene bevolking	123	AM (SD)	0,16 (0,16)	maximum	0,97
<b>(Fromme et al. 2010)</b>	Duitsland (Munchen)	2007-2009	algemene bevolking	33	AM	0,4	P95	1,5
<b>(Monroy et al. 2008)</b>	Canada	2004-2005	algemene bevolking	28	AM (SD)	0,94 (1,04)		
<b>(Needham et al. 2011)</b>	Faroer eilanden	2000	algemene bevolking	12	AM	0,37		

Afkortingen: AM: aritmetisch gemiddelde; GM: geometrisch gemiddelde; BI: betrouwbaarheidsinterval; P90: 90<sup>ste</sup> percentiel; P95: 95<sup>ste</sup> percentiel; SD: standaarddeviatie  
<sup>a</sup> gecorrigeerd voor leeftijd, BMI

<sup>b</sup> jaar van publicatie



# PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA

## Perfluorverbindingen

Tabel 6: Concentratie van perfluors in bloed van volwassenen: vergelijking van Vlaamse referentiewaarden met metingen in bloed in internationale studies

Referentie	Leef-tijd	Land	Periode	Populatie	N	Berekening gemiddelde	Waarde gemiddelde	Berekening hoge waarde	Hoge waarde
<b>3<sup>e</sup> Steunpunt M&amp;G</b>	50-65	België (Vlaanderen)	2013-2014	algemene bevolking	205	Mediaan	PFOS: 7.580 µg/l PFOA: 2.940 µg/l PFHxS: 1.610 µg/l PFNA: 0.87 µg/l	P95	PFOS: 19.23 µg/l PFOA: 6.320 µg/l PFHxS: 4.5 µg/l PFNA: 1.99 µg/l
<b>2<sup>e</sup> Steunpunt M&amp;G</b>	20-40	België (Vlaanderen)	2008-2009	algemene bevolking	201	Mediaan	PFOA: 3.5 µg/l PFOS: 12µg/l	P95	PFOA: 6.3 µg/l PFOS: 31.2 µg/l
<b>PFOS; (Fei et al., 2007)</b>	<25 25-29 30-34 >35	Denemarken	1996-2002	Vrouwen, Danish national birth cohort	118 547 504 230	Gemiddelde	38.6 µg/l 36.8 µg/l 33.9 µg/l 33.0 µg/l	Max. (alle leeftijdsgroepen)	106.7 µg/l
<b>PFOA; (Fei et al., 2007)</b>	<25 25-29 30-34 >35	Denemarken	1996-2002	Vrouwen, Danish national birth cohort	118 547 504 230	Gemiddelde	6.2 µg/l 6.0 µg/l 5.2 µg/l 5.1 µg/l	/	/
<b>PFOS, (Fromme et al., 2007)</b>	>18	Duitsland	2005	Algemene bevolking	356	Gemiddelde	13.5 µg/l	P90	21.4 µg/l
<b>PFOA, (Fromme et al., 2007)</b>	>18	Duitsland	2005	Algemene bevolking	356	Gemiddelde	5.7 µg/l	P90	8.7 µg/l
<b>PFOS; (Ericson et al., 2007)</b>	20-60	Spanje	2006	1 specifieke regio in Catalonië	48	Gemiddelde	8.47 µg/l (mannen; n=24) 6.81 µg/l (vrouwen; n=24)	Max. (geen stratificatie per geslacht)	16.17 µg/l

# PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA

## Perfluorverbindingen

<b>PFOA; (Ericson et al., 2007)</b>	20-60	Spanje	2006	1 specifieke regio in Catalonië	48	Gemiddelde	2.02 µg/l (mannen) 1.57 µg/l (vrouwen)	Max. (geen stratificatie per geslacht)	3.13 µg/l
<b>PFHxS; (Ericson et al., 2007)</b>	20-60	Spanje	2006	1 specifieke regio in Catalonië	48	Gemiddelde	4.58 µg/l (mannen) 2.55 µg/l (vrouwen)	Max. (geen stratificatie per geslacht)	19.96 µg/l
<b>PFOS; Holmström et al 2005b</b>	/	Zweden	2001	Vrouwen met hoge vis consumptie	108	Gemiddelde	36 µg/l	Maximum	130 µg/l
<b>PFOA; Holmström et al 2005b</b>	/	Zweden	2001	Vrouwen met hoge vis consumptie	108	Gemiddelde	4.0 µg/l	Maximum	10 µg/l



### Referenties

3M Environmental Laboratory 2001. Environmental Monitoring — Multi-City Study — Water, Sludge, Sediment, POTW Effluent and Landfill Leachate Samples – Executive Summary, June 25, 2001.

Alexander, B.H., Olsen, G.W., Burriss, J.M., Mandel, J.H., & J.S. Mandel (2003) Mortality of employees of a perfluorooctanesulphonyl fluoride manufacturing facility. *Occup. Environm. Med.* 60: 722 – 729.

Berger, U., Järnberg, U. & R. Kallenborn (2004) Perfluorinated Alkylated substances (PFAS) in the European Nordic environment. *Organohalogen Compounds* 66: 4046-4052.

Case, M.T., York, R.G., Christian, M.S. (2001). Rat and Rabbit Oral Developmental Toxicology Studies With Two Perfluorinated Compounds. *International Journal of Toxicology*, 20, 101-109.

Colles A, Van De Mieroop E, Govarts E, Bruckers L, Croes K, Covaci A, et al. 2011. Draaiboek moedermelkcampagne voor de gevalstudie 'Gechloreerde verbindingen in het landelijke aandachtsgebied'. 2011/MRG/R/36:VITO.

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, et al. 2012. Persistent organic pollutants (POPs) in human milk: A biomonitoring study in rural areas of Flanders (Belgium). *Chemosphere* 89: 988-994.

D'Hollander W, Roosens L, Covaci A, de Voogt P, Cornelis C, Smolders R, et al. 2009. Gebromeerde brandvertragers en perfluorverbindingen in Vlaanderen: onderzoek naar verspreiding, humane opname, gehalten in humane weefsels en/of lichaamsvochten, en gezondheidseffecten als basis voor de selectie van geschikte milieu- en gezondheidsindicatoren. Deelrapport I: Fase 1: Validatie van de gebruikte chemische analysetechnieken; Fase 2: Inventarisatie van alle beschikbare blootstellingsinformatie betreffende concentraties en verspreidingspatronen van BFRs en PFCs in Vlaanderen; Fase 3: Aanzet tot identificatie van de verschillende blootstellingsroutes van gebromeerde brandvertragers en perfluorverbindingen voor de Vlaamse bevolking. Vito-rapport 2009/MRG/R/152.

de Cock M., de Boer MR, Lamoree M, Legler J, van de Bor M. 2014. First year growth in relation to prenatal exposure to endocrine disruptors - a Dutch prospective cohort study. *Int J Environ Res Public Health* 11: 7001-7021.

# PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA

## Perfluorverbindingen

DuPont (2005) DuPont reports first-phase results of healthy study examining PFOA exposure on Washington works employees. Press Release.

EFSA (2008) Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on Perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and their salts, The EFSA Journal (2008) nr 653, 1-131.

ENDS, Environmental Data Services Ltd. (2004) Perfluorinated chemicals: jumping from the frying pan to fire? *ENDS report 354*.

EPA (2000) <http://www.chemicalindustryarchives.org/dirtysecrets/scotchgard/pdfs/226-0629.pdf#page=2>

Ericson, I., Gomez, M., Nadal, M., Van, B.B., Lindstrom, G., and Domingo, J.L. 2007. Perfluorinated chemicals in blood of residents in Catalonia (Spain) in relation to age and gender: a pilot study. *Environ.Int.* 33, 616-623.

Falandysz, J., Taniyasu, S., Yamashita, N., Jecek, L., Rostkowski, P., Gulkowska, A., Mostrag, A., Walczykiewicz, B., Zegarowski, L., Falandysz, J., and Zalewski, K. 2006. Perfluorinated chemicals in the environment, food and human body. *Rocz.Panstw.Zakl.Hig.* 57, 113-124.

Fei, C., McLaughlin, J.K., Tarone, R.E., Olsen, J. 2007. Perfluorinated Chemicals and Fetal Growth: A Study within the Danish National Birth Cohort. *Environ. Health Perspect.* 115, 11, 1677-1682.

Fromme, H.; Schlummer, M., Möller, A., Gruber, L., Wolz, G.; Ungewiß, J., Böhmer, S., Dekant, W. 2007. Exposure of an adult population to perfluorinated substances using duplicate diet portions and biomonitoring data. *Environ. Sci. Technol.*, 41, 7928-7933.

Fromme H, Mosch C, Morovitz M, Alba-Alejandre I, Boehmer S, Kiranoglu M, et al. 2010. Pre- and postnatal exposure to perfluorinated compounds (PFCs). *Environ Sci Technol* 44: 7123-7129.

Gilliland, F.D. & J.S. Mandel (1993) Mortality among employees of a perfluorooctanoic acid production plant. *Journal of Occupational Medicine* 35(9): 950 – 954.

Gutzkow KB, Haug LS, Thomsen C, Sabaredzovic A, Becher G, Brunborg G. 2012. Placental transfer of perfluorinated compounds is selective--a Norwegian Mother and Child sub-cohort study. *Int J Hyg Environ Health* 215: 216-219.

Holmström, K.E., Järnberg, U. & A. Bignert (2005) Temporal trends of PFOS and PFOA in guillemot eggs from the Baltic Sea, 1968-2003. *Environmental Science and Technology* 39(1): 80-84.

Holmström, K.E., Berglund, M. and Järnberg, U. 2005b. Exposure to perfluorinated acids in 108 Swedish women in relation to methylmercury and fish consumption. Poster ANA003.. Fluoros"

# PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA

## Perfluorverbindingen

9th International Symposium on Fluorinated Alkyl Organics in the Environment, August 2005, Toronto, Canada.

Hu, W., Jones, P.D., Upham, B.L., Trosko, J.E., Lau, C. & J.P. Giesy (2002) Inhibition of gap junctional intercellular communication by perfluorinated compounds in rat liver and dolphin kidney cells in vitro and Sprague-Dawley rats in vivo. *Toxicological Sciences* 68(2): 429-436.

Kannan, K., Hansen, K.J., Wade, T.L. & J.P. Giesy (2002b) Perfluorooctane sulphonate in oysters, *Crassostrea virginica*, from the Gulf of Mexico and the Chesapeake Bay, USA. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 42: 313-318.

Kannan, K., Cosolini, S., Falandysz, J., Fillman, G., Kumar, K.S., Loganathan, B.G., Mohd, M.A., Olivero, J., Van Wouwe, N., Yang, J.H. & K.M. Aldous (2004) Perfluorooctanesulfonate and related fluorochemicals in human blood from several countries. *Environmental Science and Technology* 38(17): 4489-4495.

Kärroman, A., van Bavel, B., Järnberg, U., Hardell, L. and Lindström, G. 2004. Levels of perfluoroalkylated compounds in whole blood from Sweden. *Organohalogen Compounds* 66: 4058-4062.

Kärroman A, Ericson I, van Bavel B, Lindström G. 2006. Levels of Perfluorinated chemicals in matched samples of human breast milk and serum. *Organohalogen Compounds* 68, 544–547.

Kärroman, A., Ericson, I., van Bavel, B., Darnerud, P.O., Aune, M., Glynn, A., Lignell, S. & G. Lindström (2007) Exposure of perfluorinated chemicals through lactation – Levels of matched human milk and serum and temporal trend, 1996-2004, in Sweden. *Environmental Health Perspectives* (in press), doi: 10.1289/ehp.9491 (beschikbaar op <http://dx.doi.org/>) online 28 november 2006.

Kato K, Calafat A.M., Wong L.Y., Wanigatunga A.A., Caudill S.P., Needham L.L. (2009) Polyfluoroalkyl compounds in pooled sera from children participating in the National Health and Nutrition Examination Survey 2001-2002. *Environ Sci Technol.* 43(7): 2641-2647.

Lau, C., Thibodeaux, J.R., Hanson, R.G., Rogers, J.M., Grey, B.E., Stanton, M.E., Butenhoff, J.L. & L.A. Stevenson (2003) Exposure to perfluorooctane sulfonate during pregnancy in rat and mouse. II: postnatal evaluation. *Toxicol. Sci.* 74(2):382-92.

Monroy R, Morrison K, Teo K, Atkinson S, Kubwabo C, Stewart B, et al. 2008. Serum levels of perfluoroalkyl compounds in human maternal and umbilical cord blood samples. *Environ Res* 108: 56-62.

Nationale Cel Leefmilieu en Gezondheid (2007) POP's in moedermelk: Belgische resultaten anno 2006. Vito-rapport 2007/TOX/R/019.

# PFOS, PFOA, PFHxS en PFNA

## Perfluorverbindingen

Needham LL, Grandjean P, Heinzow B, Jorgensen PJ, Nielsen F, Patterson DG, Jr., et al. (2011). Partition of environmental chemicals between maternal and fetal blood and tissues. *Environ Sci Technol* 45: 1121-1126.

Paul AG, Jones KC, Sweetman AJ. (2009) A first global production, emission and environmental inventory for perfluorooctane sulfonate. *Environmental Science & Technology* 43: 386-392.

Roosens L, D'Hollander W, Bervoets L, Reynders H, Van CK, Cornelis C, et al. (2010). Brominated flame retardants and perfluorinated chemicals, two groups of persistent contaminants in Belgian human blood and milk. *Environ Pollut* 158: 2546-2552.

Seacat, A., Thomford, P., Hansen, K., Clemen, L., Eldridge, S., Elcombe, C., Butenhoff, J. (2003) Sub-chronic dietary toxicity of potassium perfluorooctanesulfonate in rats. *Toxicology*, 183, 117-131

So, M.K., Yamashita, N., Taniyasu, S., Jiang, Q., Giesy, J.P., Chen, K. & P. K. S. Lam (2006) Health risks in infants associated with exposure to perfluorinated compounds in human breast milk from Zhoushan, China. *Environmental Science & Technology* 40(9): 2924 – 2929.

Stahl T., Mattern D., Brunn H. (2011) Toxicology of perfluorinated compounds. *Environmental Sciences Europe* 23:38.

Thayer, K (2002) *Perfluorinated chemicals: Justification for Inclusion of this Chemical Class in the National Report on Human Exposure in the Environmental Chemicals*. Environmental Working Group, Washington, D.C.

Völkel, W., Genzel-Boroviczény, O., Demmelmair, H., Gebauer, C., Koletzko, B., Twardella, D., Raab, U. & H. Fromme (2008) Perfluorooctane sulphonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) in human breast milk: results of a pilot study. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 211(3-4): 440-446.