

Zeehonden in het Deltagebied; populatieontwikkeling en geperfluoreerde verbindingen

M. Dedert, S. Brasseur en M.J. Van den Heuvel-Greve
Rapport C178/14



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Provincie Zeeland, Water, Bodem en Natuur
T.a.v. Dhr. D.J.F. Legendijk
Middelburg

Publicatiedatum:

31 maart 2015

IMARES is:

- Missie Wageningen UR: *To explore the potential of marine nature to improve the quality of life.*
- IMARES is hét Nederlandse instituut voor toegepast marien ecologisch onderzoek met als doel kennis vergaren van en advies geven over duurzaam beheer en gebruik van zee- en kustgebieden.
- IMARES is onafhankelijk en wetenschappelijk toonaangevend.

P.O. Box 68 1970 AB IJmuiden Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 26 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 77 4400 AB Yerseke Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 59 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 57 1780 AB Den Helder Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)223 63 06 87 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 167 1790 AD Den Burg Texel Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 62 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl
--	--	---	--

© 2014 IMARES Wageningen UR

IMARES, onderdeel van Stichting DLO.
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V13.3

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1. Inleiding	6
2. Kennisvraag	8
3. Zeehonden in de Zeeuwse Delta	9
3.1 Gebruikte databronnen	9
3.2 Historische ontwikkeling in aantallen	9
3.3 Aanspoelen van zeehonden	12
3.4 Populatiestabiliteit zeehonden	13
4. Geperfluoreerde verbindingen	15
4.1 Stofkarakteristieken	15
4.2 Accumulatie in zeezoogdieren	16
4.3 Mogelijke effecten	17
4.4 Verspreiding van PFC's in tijd en ruimte	18
4.5 Gehaltes aan PFC's in de Deltawateren	21
4.6 Mogelijke effecten in Deltawateren	21
5. Conclusies en aanbevelingen	23
6. Kwaliteitsborging	25
7. Dankwoord	26
8. Referenties	27
Verantwoording	32

Samenvatting

Dit rapport omvat een overzicht van aantallen, reproductie en sterfte van zeehonden in het Deltagebied en de resultaten van een literatuuronderzoek naar mogelijke effecten van perfluorverbindingen (PFC's) op de gezondheid van zeehonden.

Momenteel zijn er in aantal voldoende gewone en grijze zeehonden in het Deltagebied aanwezig om aan het Natura2000 instandhoudingsdoel van 200 exemplaren in het Deltagebied te voldoen. Als het doel is om op zichzelf staande populaties aan zeehonden in het Deltagebied te hebben dan wordt hier niet aan voldaan. Het aantal pups dat jaarlijks wordt geboren in het Deltagebied is lager dan nodig om een populatie in stand te houden en blijft achter in vergelijking tot de Waddenzee. Daarnaast is het aantal aangespoelde dode en zieke zeehonden hoger dan het aantal geboren zeehonden in het Deltagebied. De huidige aantallen en groei van de populaties zeehonden in het Deltagebied zijn sterk afhankelijk van import van zeehonden uit andere gebieden. Factoren, zoals menselijke activiteiten, kunnen deze import belemmeren. Een eenduidige oorzaak voor het achterblijven van de ontwikkeling van zelfstandige populaties is op basis van de huidige kennis niet aan te wijzen.

Eén van de mogelijke redenen voor het ontbreken van zelfstandige zeehondenpopulaties is de aanwezigheid van vervuilende stoffen, waaronder PFC's. PFC's binden aan eiwitten in bloed en lever, en hopen op in (mariene) voedselketens, waardoor de hoogste gehalten worden aangetroffen in (mariene) zoogdieren en vogels. Laboratoriumproeven hebben aangetoond dat PFC's effecten in dieren hebben op o.a. de reproductie, ontwikkeling van jongen en het immuunsysteem. Gehaltes aan PFC's in dieren uit de Westerschelde zijn hoog t.o.v. andere gebieden en liggen hoger dan de KRW-norm voor PFOS (één van de PFC's). Platvissen vormen een belangrijke voedselbron voor zeehonden in de Westerschelde. Aangezien PFC's ophopen in voedselketens en gehalten in platvissen uit de Westerschelde hoog zijn, is dit een indicatie dat zeehonden die deze platvissen eten, hoge gehalten aan PFC's in hun lichaam kunnen hebben. Enkele metingen in bloed van zeehonden uit de Westerschelde laten zien dat gehalten aan één van de PFC's, PFOS, hoog zijn in vergelijking tot andere gebieden en hoger liggen dan de laagste concentraties, waarbij in het laboratorium effecten op het immuunsysteem zijn geconstateerd. In welke mate dit invloed heeft op de populatieparameters (geboorte en overleven) van zeehonden in het Deltagebied is niet duidelijk. Het kan niet worden uitgesloten dat PFC's de gezondheid van zeehonden in het Deltagebied beïnvloeden. Naast PFC's kunnen andere stoffen, zoals PCB's, ook effect hebben op reproductie en het immuunsysteem van zeehonden, en deze stoffen worden eveneens in hoge concentraties in de Westerschelde aangetroffen.

Op basis van deze studie wordt aanbevolen:

1. Een verduidelijking van de interpretatie van de huidige Natura2000-doelstelling voor zeehonden in het Deltagebied. Dit kan zijn A) een streefaantal van minimaal 200 individuen in het Deltagebied of B) een op zichzelf staande regionale populatie aan zeehonden. In het laatste geval is een herziening van het instandhoudingsdoel nodig t.b.v. een zelf in stand houdende regionale populatie die niet afhankelijk is van import;
2. Een verdere bepaling van de opbouw (leeftijd en sexe) van de zeehonden populaties in de Delta;
3. Een verbeterde registratie van aangespoelde zeehonden in Nederland;
4. Gestandaardiseerde bemonstering van weefsels (lever, bloed, spek) van aangespoelde zeehonden en het regelmatig publiceren en beschikbaar maken van resultaten van necropsie onderzoek;
5. Analyse van PFC's en PCB's in weefsels van aangespoelde zeehonden.

Op basis hiervan kan worden bepaald of er verschillen in gehalten aan vervuilende stoffen bestaan tussen locaties die gerelateerd kunnen worden aan bijvoorbeeld een lagere reproductie of een hoger aantal aangespoelde zeehonden in het Deltagebied. Daarnaast wordt nader onderzoek aanbevolen naar andere mogelijke oorzaken die de zeehondenpopulatie in de Delta beïnvloeden, zoals draagkracht en verstoring.

1. Inleiding

In het Zeeuwse en Zuid-Hollandse Deltagebied komen momenteel zowel de gewone zeehond (*Phoca vitulina*) (Figuur 1A) als de grijze zeehond (*Halichoerus grypus*) (Figuur 1B) voor. Voor deze zeezoogdieren zijn in het kader van Natura2000 zogenaamde instandhoudingsdoelstellingen gesteld.



Figuur 1. A (links): een gewone zeehond; B (rechts): grijze zeehonden (© IMARES).

De instandhoudingsdoelstelling voor de gewone zeehond is verwoord als (*): "het behoud van omvang leefgebied en verbetering van kwaliteit van het leefgebied, dat leidt tot uitbreiding van een regionale populatie van tenminste 200 exemplaren in het Deltagebied."

H1365 Gewone zeehond *

Doel Behoud omvang en verbetering kwaliteit leefgebied voor uitbreiding populatie ten behoeve van een regionale populatie van tenminste 200 exemplaren in het Deltagebied.

Toelichting De Gewone zeehond is landelijk in een gunstige staat van instandhouding, maar Zuidwest-Nederland herbergt geen levensvatbare populatie. Het streven voor de Delta is een regionale populatie van tenminste 200 exemplaren, waarbij de Voordelta de grootste bijdrage levert. Hiertoe zal het areaal rustig gebied moeten toenemen en dient het gebied geschikt te worden voor voortplanting en het grootbrengen van jonge zeehonden.

Sinds 2003 wordt ook de grijze zeehond in het Deltagebied aangetroffen (Figuur 1). Momenteel is voor deze soort een doelstelling van 200 individuen in de Voordelta gesteld (*), voor de Ooster- en Westerschelde is nog geen doel gesteld.

H1364 Grijze zeehond *

Doel Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor behoud populatie.

Toelichting De Grijze zeehond is recentelijk waargenomen in het aantal van 200 stuks. Tevens is voortplanting van deze soort geconstateerd. De soort verkeert landelijk in een matig ongunstige staat van instandhouding.

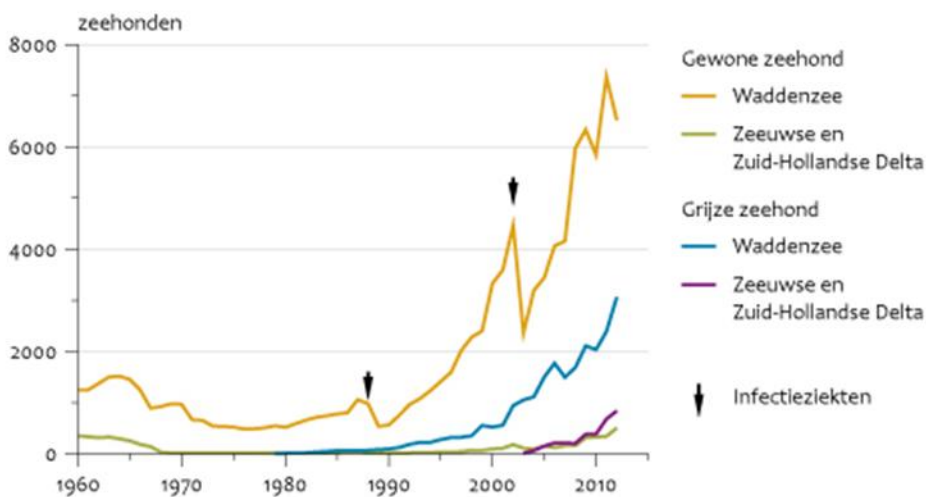
In het Zeeuwse en Zuid-Hollandse Deltagebied is sinds eind jaren negentig sprake van een groei in aantallen zeehonden. Zowel gewone zeehonden als grijze zeehonden zijn relatief recentelijk in het gebied teruggekeerd (Figuur 2). Er zijn echter aanwijzingen voor een hoge sterfte (op basis van aangespoelde dieren). Daarnaast blijft de reproductie van grijze zeehonden achterwege, terwijl de productie van de gewone zeehond zelden de aantallen dood gevonden dieren overstijgt (www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). Hieruit blijkt dat voor beide soorten de populatiegroei afhankelijk is van import uit andere gebieden (Aarts et al 2013). De instandhoudingsdoelstellingen zijn vastgesteld in een periode dat er nagenoeg geen zeehonden in het gebied waren.

* Aanwijzingsbesluit Voordelta, http://www.noordzeeloket.nl/images/besluit_voordelta_2850.pdf

Sterfte onder zeehonden kan, naast een natuurlijke dood, worden veroorzaakt door verschillende factoren, zoals de draagkracht van het gebied en versterking door de mens (Reijnders et al 2000; Brasseur en Reijnders 2001; Osinga e.a., 2012). Een andere factor is de opstapeling van vervuilende stoffen in zeehonden. Zo bleken hoge gehalten aan met name PCB's in de Waddenzee de normale voortplanting van de zeehonden in de jaren '70 en '80 te belemmeren (Reijnders, 1986). In voorgaande studies naar vervuilende stoffen in voedselwetten in de Westerschelde zijn er onder andere hoge gehalten aan geperfluoreerde verbindingen in zeehonden aangetroffen (Van den Heuvel-Greve e.a., 2010). In 2010 was het nog niet duidelijk of dat voor (zee)zoogdieren een oorzaak kan zijn van een lagere reproductie of, via beïnvloeding van het immuunsysteem, tot verhoogde kansen op ziektes.

Om dit te achterhalen is er kennis nodig van zowel populatieverloop van zeehonden in het Deltagebied als aanwijzingen voor negatieve effecten van de gevonden verhoogde gehalten aan geperfluoreerde verbindingen. Dit rapport omvat een overzicht van aantallen, reproductie en sterfte van zeehonden in het Deltagebied en de resultaten van een literatuuronderzoek naar mogelijke effecten van geperfluoreerde verbindingen op de reproductie en gezondheid van zeehonden.

Aantal zeehonden



Bron: IMARES (WUR); RWS/Provincie Zeeland.

WUR/aug13
www.clo.nl/nr123110

Figuur 2. Aantal zeehonden geteld in het Nederlandse deel van de Waddenzee en in het Deltagebied van de jaren '60 tot heden (www.compendiumvoordeleefomgeving.nl).

2. Kennisvraag

De kennisvraag is opgesplitst in de volgende onderdelen:

1) Zeehonden in de Zeeuwse Delta:

- a) Hoe verloopt de ontwikkeling in aantal zeehonden in het Deltagebied over de afgelopen decennia en hoe verhoudt dit zich met het Waddengebied?
- b) Zijn er aanwijzingen voor effecten op de voortplanting: hoeveel zeehondenpups zijn er in de afgelopen decennia geboren in het Deltagebied en hoe verhoudt dit zich met het Waddengebied?
- c) Zijn er aanwijzingen voor effecten op het immuunsysteem: Hoe verloopt de sterfte? Hoeveel zeehonden zijn in de afgelopen periode aangespoeld in het Deltagebied?

2) Geperfluoreerde verbindingen:

- a) Wat zijn de karakteristieken van geperfluoreerde verbindingen?
- b) Wat zijn mogelijke effecten van deze verbindingen op (zee)zoogdieren?
- c) Hoe hoog zijn de aangetroffen gehalten in het Deltagebied ten opzichte van andere gebieden? Hoe zijn deze verbindingen verspreid in tijd en ruimte?
- d) Welke andere vervuilende stoffen kunnen mogelijk effecten hebben op de reproductie en gezondheid van zeehonden?

3. Zeehonden in de Zeeuwse Delta

3.1 Gebruikte databronnen

De in dit rapport gepresenteerde data is afkomstig van verschillende bronnen, zowel wetenschappelijke artikelen als rapporten en websites als compendium voor de leefomgeving en waarneming.nl. Reeds in de jaren dertig van de vorige eeuw zijn tellingen van zeehonden uitgevoerd. Sinds 1959 worden jaarlijkse vliegtellingen uitgevoerd in opdracht van toentertijd het Ministerie van L&V en door de Provincie Zeeland vanaf 1996 en vanaf 1994 door Rijkswaterstaat. De gegevens hiervan staan samengevat op www.compendiumvoordeleefomgeving.nl. De populatieomvang van de gewone zeehond in augustus dient als uitgangspunt voor een populatie index. Voor de grijze zeehond is dat de tellingen in april. De informatie over verspreiding en opbouw (w.o. geboorte) van zeehonden wordt gebaseerd op tellingen in andere maanden in de Delta en het Waddengebied. Daarnaast wordt het aantal strandingen geregistreerd via de website www.waarneming.nl. Echter, deze strandingsgegevens dienen met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden, omdat er geen meldingsplicht is voor gestrande zeehonden. Dit betekent dat niet alle gestrande dieren worden geregistreerd. Voor data uit het Deltagebied kan met enige zekerheid aangenomen worden dat de dataset van gestrande zeehonden nagenoeg volledig is. Voor het Waddengebied bestaat deze zekerheid niet, aangezien niet alle strandingen altijd zijn gemeld en centraal vastgelegd. Data over strandingen uit de Waddenzee zijn daarom niet in dit rapport opgenomen. Bovendien zijn niet alle gegevens van de opvang van dieren uit de Waddenzee openbaar en kunnen daardoor niet in de data-analyse worden meegenomen.

3.2 Historische ontwikkeling in aantallen

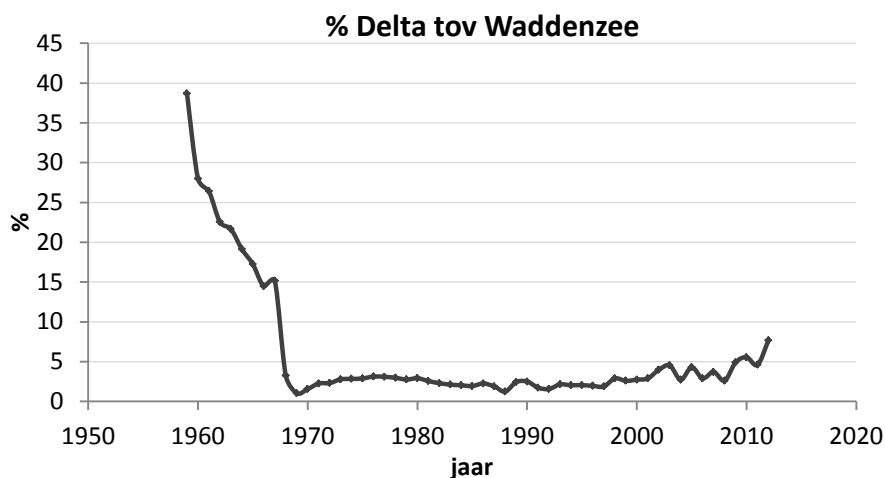
Grijze zeehonden zijn in de Middeleeuwen in de Nederlandse wateren uitgeroeid. Behoudens enkele losse waarnemingen bleef deze soort afwezig tot in de late 20^{ste} eeuw (Reijnders e.a. 1995). Pas sinds 2003 zijn weer grijze zeehonden in het Deltagebied waargenomen (Brasseur e.a. 2014).

Gegevens van aantallen van gewone zeehonden gaan terug tot in de 19^{de} eeuw. In tabel 1 zijn de gegevens weergegeven. Een visser schatte in 1888 dat er 1000 gewone zeehonden zich in het Deltagebied zouden bevinden, welke in de periode van 1908-1913 daalde tot 240 dieren (Moens & Vergauwen, 1999, in Meininger e.a., 2003). Echter, in de periode 1900-1933 zijn jaarlijks gemiddeld ~350 dieren voor een premie aangeboden, zo blijkt uit de registers van de premiejacht, wat aangeeft dat de schattingen van de visser heel erg laag waren (Vooy's e.a., 2012). Havinga schatte de populatie in 1933 op ~1300 dieren (zie tabel 1). Na de afsluiting van de premies in 1934 is er nog wel gejaagd, zij het alleen voor de traan en vacht van de dieren. Er werden vooral jonge dieren geschoten (70% van de vangsten; de Vooy's et al 2012), mogelijk omdat deze gemakkelijker te bejagen waren. Na het opheffen van de premies zijn de aantallen afgeschoten dieren niet meer zo goed geregistreerd. Dat deze echter nog relatief hoog waren (honderden per jaar) blijkt uit Reijnders (1985). In 1961 is de jacht op zeehonden gesloten. Door middel van een terug berekening op basis van de afschotgegevens is het aantal zeehonden in het Deltagebied in 1900 geschat op 11.500 dieren, met een bandbreedte van 6.000 – 11.700 stuks (Reijnders 1994). Dit zal meer de realiteit benaderen dan de observatie van de visser, aangezien de afschot aantallen van zeehonden aangeeft hoeveel zeehonden er in ieder geval zijn geweest. Daarnaast is er nog sprake van natuurlijke of andere doodsoorzaken die niet meegenomen zijn in deze berekening. Omdat er sinds de laat 16^{de} eeuw al een premiejacht op deze dieren bestond (de Vooy's et al 2012), en dus de aantallen al beïnvloed zijn door het jaarlijkse afschot, moet men aannemen dat dit aantal nog ruim onder de draagkracht van het gebied moet hebben gelegen.

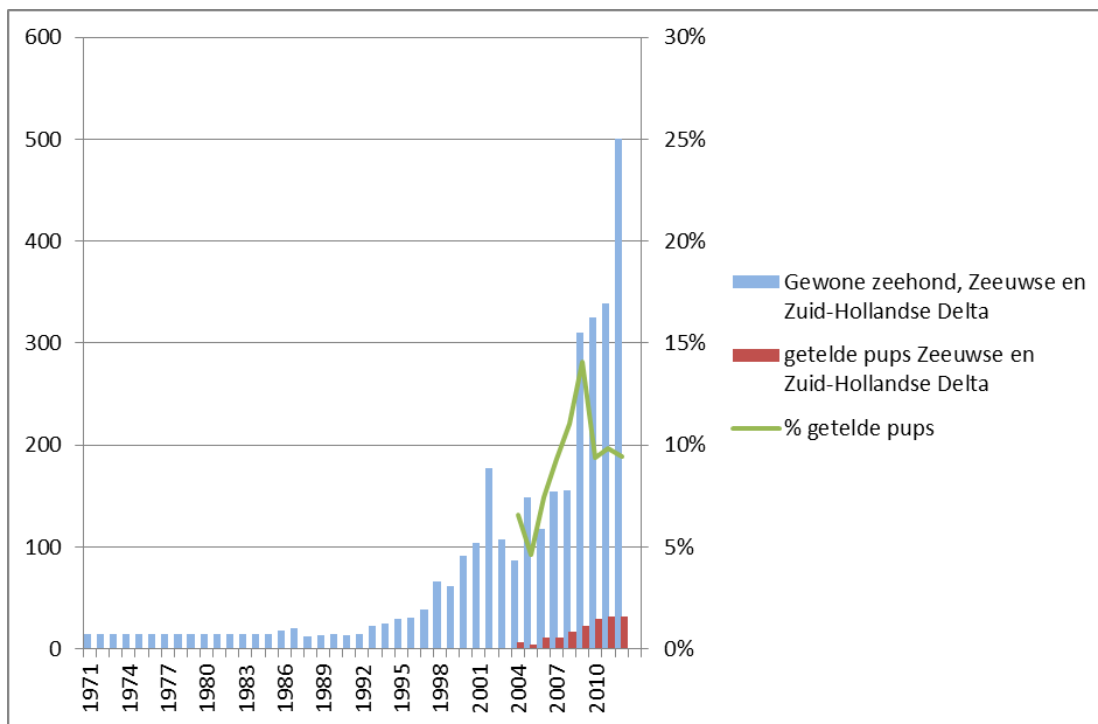
Tabel 1. Historische aantallen gewone zeehonden en grijze zeehonden in de Waddenzee en het Deltagebied (Reijnders, 1985; Reijnders e.a. 1995).

Periode	Gewone Zeehond		Grijze zeehond	
	Waddenzee	Deltagebied	Waddenzee	Deltagebied
1900	37.000	11.500		
1930-1933	2.700	1.300		
1953	2.500	1.000		
1960	1.250	350		
1980	515	7	8	
1990	560	14	90	0
2000	3.330	91	520	0
2010	5.848	325	2.036	382

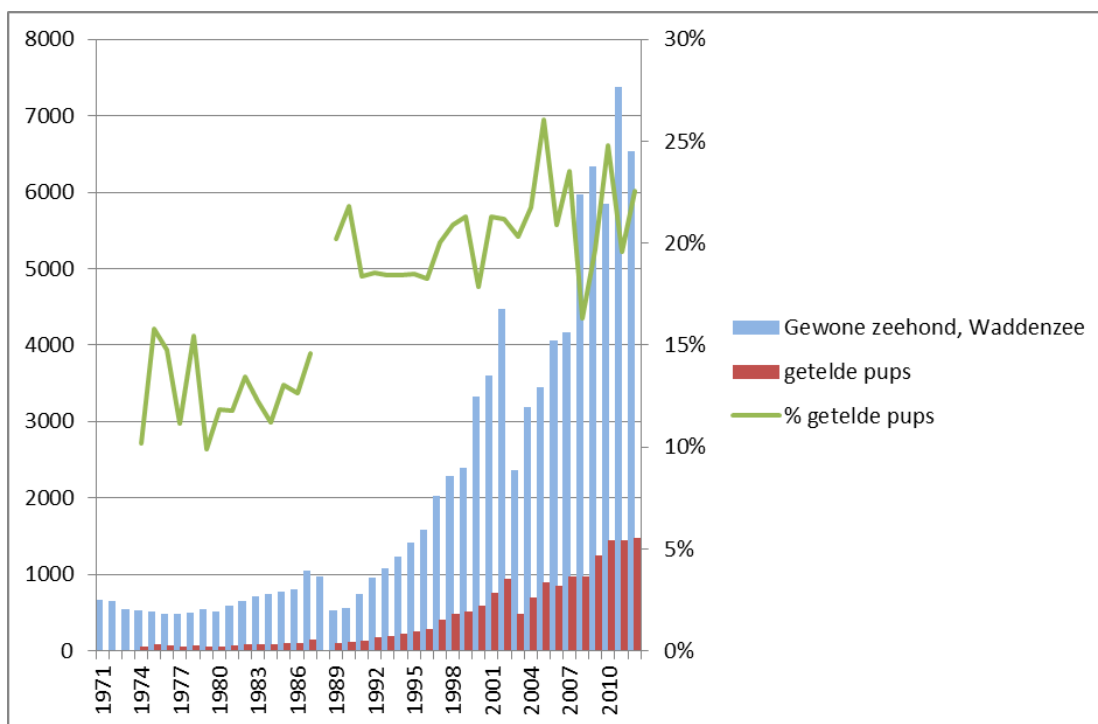
Vervolgens is de populatie gewone zeehonden jarenlang achteruit gegaan, waarschijnlijk door o.a. verstoring en vervuiling (PCB's)(Reijnders, 1995). Sinds de jaren '80 laat het aantal gewone zeehonden in de Waddenzee weer een stijgende lijn zien (Brasseur e.a., 2013; Figuur 2). Rond 1960 was het aantal gewone zeehonden in de Delta ongeveer 30% van dat in Waddenzee, tegen 1970 was het aantal gezakt tot enkele procenten. Recent (2010) is het aantal gewone zeehonden in de Delta ongeveer 5% van dat in de Waddenzee (Figuur 3). Door verlies van habitat (afdamming en veranderend getijderegime) is de draagkracht van het Deltagebied veranderd en zouden er naar schatting circa 4.000 dieren kunnen leven (Reijnders 1994), afhankelijk van het beheer van het gebied.



Figuur 3. Percentage van aantallen gewone zeehonden in het Deltagebied t.o.v. de Waddenzee (www.compendiumvoordeleefomgeving.nl).



Figuur 4. Balken (linker as): de in augustus getelde aantallen gewone zeehonden in de Delta in de periode 1971-2012 (www.compendiumvoordeleefomgeving.nl) en het aantal pups (Berrevoets e.a., 2005; Strucker e.a. 2006-2012). Lijn (rechter as): het aantal pups als percentage van het totaal aantal gewone zeehonden in de Delta.

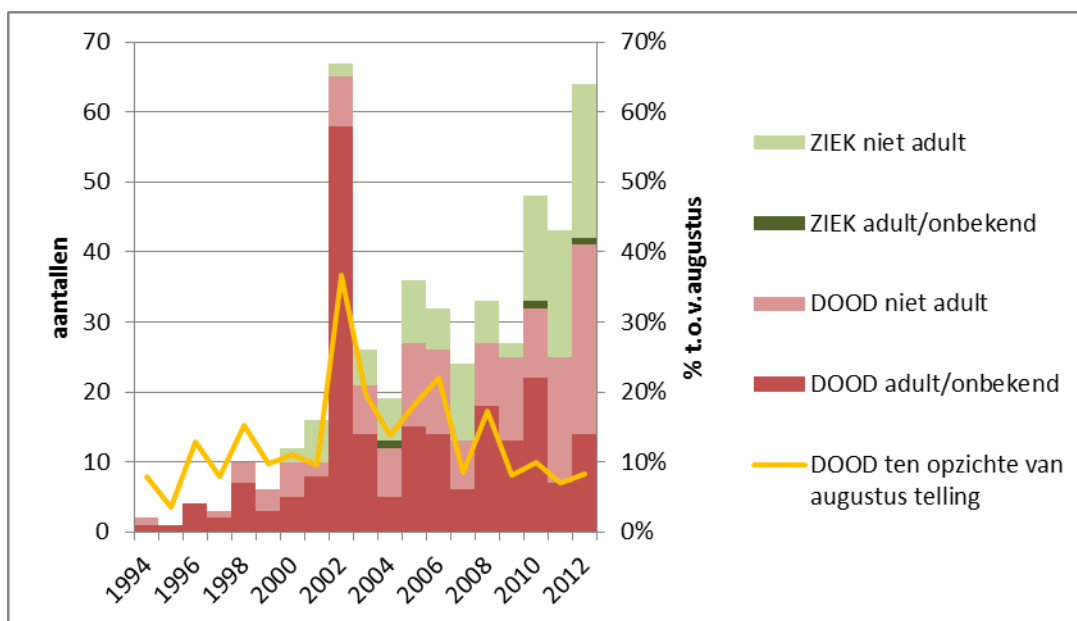


Figuur 5. Balken (linker as): de in augustus getelde aantallen gewone zeehonden in het Nederlandse deel van de Waddenzee in de periode 1971-2012 (www.compendiumvoordeleefomgeving.nl) en het aantal pups (TSEG). Lijn (rechter as): het aantal pups als percentage van het totaal aantal gewone zeehonden in de Waddenzee.

Vanaf 2004 worden er weer zeehondenpups in het Deltagebied geboren (Figuur 4). Het aandeel pups in de Delta is in de periode 2003-2011 gemiddeld ongeveer 9% ten opzichte van het aantal daar getelde zeehonden in augustus (Figuur 4). Dit percentage pups ligt veel lager dan in het Nederlandse deel van de Waddenzee. Daar is in dezelfde periode (2003-2011) het totaal aantal getelde pups ~21% ten opzichte van het aantal zeehonden geteld in augustus (Galatius e.a., 2013; Figuur 5).

3.3 Aanspoelen van zeehonden

Niet alle zeehonden die dood gaan spoelen aan. Bij gelijkblijvende omstandigheden, d.w.z. een gelijkblijvende kans om te worden gevonden afhankelijk van o.a. zoekinspanning, omgevingsomstandigheden, kan het aantal aangespoelde zeehonden een zekere index zijn voor de werkelijke sterfte. Een analyse van het aantal aangespoelde gewone zeehonden in het Deltagebied laat zien dat over het algemeen gezien het aantal toeneemt in de periode 1997-2013 (Figuur 6). Dit is te relateren aan de toename van gewone zeehonden in het Deltagebied (Figuur 1)(Osinga e.a., 2012). In de afgelopen 10 jaar betreft dit tot 20-60 aangespoelde gewone zeehonden per jaar. Het jaar 2002 was uitzonderlijk vanwege een virusuitbraak die een grote sterfte onder zeehonden tot gevolg had (Härkönen e.a., 2006). Wanneer het aantal dode gewone zeehonden wordt uitgezet als percentage van de totale telling van in de Delta is een piek in het relatieve aantal gevonden dieren zichtbaar in de jaren 2002, 2003 tot 2006 en in 2008 (20-40%). In de periode 2003-2011 bedraagt het aantal dood gevonden dieren ongeveer 14% van het aantal getelde dieren. Gemiddeld was ruim 70% van de dieren die van het strand zijn meegenomen, bij de vondst reeds overleden.



Figuur 6. Balken (linker as): totaal aantal aangespoelde gewone zeehonden in het Deltagebied in de periode 1994-2012 (www.waarneming.nl). Lijn (rechter as): percentage aangespoelde Gewone zeehonden ten opzichten van augustus tellingen.

De beschikbare data voor aangespoelde zeehonden in de Waddenzee is zeer incompleet (in [waarneming.nl](http://www.waarneming.nl)) waardoor het aantal aangespoelde zeehonden moeilijk is te vergelijken met de gegevens in het Deltagebied. In Osinga e.a. (2012) zijn strandingsdata van gewone en grijze zeehonden in Nederland weergegeven en vinden absoluut gezien de meeste strandingen plaats de Waddenzee.

Echter deze gegevens zijn niet gekoppeld aan de populatieaantallen, waardoor er geen percentage aangespoeld t.o.v. geteld bekend zijn. Voor recente jaren is er rond de kop van Noord-Holland wel een relatief goede registratie vanuit Ecomare en enkele strandvonders (www.waarneming.nl). Hier ziet men dat ook daar de aantallen gestrande dieren met de groei van de populatie is toegenomen. Dit is ongeveer 5% van de dieren rondom Texel (<http://www.wageningenur.nl/nl/show/Populatie-Gewone-Zeehonden-in-de-Nederlandse-Waddenzee.htm>). Ondanks de onzekerheden wat betreft betrouwbaarheid van strandingsdata in het Waddengebied, kan dit gezien worden als een indicatie dat sterfte onder de zeehonden (alle leeftijdsklassen meegenomen) in de Waddenzee relatief lager is dan die in het Deltagebied. Een vergelijking tussen de Waddenzee en het Deltagebied is ook moeilijk, omdat de kans dat een dier gevonden wordt beduidend groter is in het Deltagebied.

Er bestaat onzekerheid over de leeftijd van de gestrande dieren. In [waarneming.nl](http://www.waarneming.nl) wordt geen duidelijk onderscheid gemaakt, behalve tussen adulten (volwassen) en subadulten (onvolwassen of jongere dieren). Subadulten omvat echter de categorie van pasgeboren pup tot dieren van 4-5 jaar. Het aantal aangespoelde subadulte gewone zeehonden is in recente jaren toegenomen en betreft in 2011 en 2012 meer dan de helft van het totaal aantal aangespoelde gewone zeehonden in het Deltagebied (Fig.6, zie ziek en dood – niet adult). Het is niet duidelijk of dit te relateren is aan een toename in lokale geboorte van zeehonden. Jonge dieren kunnen namelijk al in hun eerste maanden, vlak na het spenen, eenvoudig lange afstanden zwemmen.

3.4 Populatiestabiliteit zeehonden

3.4.1 Gewone Zeehond

Sinds de jaren '80 laat het aantal gewone zeehonden weer een stijgende lijn zien, zowel in het Deltagebied als in de Waddenzee. Het huidige aantal gewone zeehonden in het Nederlandse deel van de Waddenzee is ongeveer 20 maal groter dan de populatie in het Deltagebied. Ook het aantal pups is tussen 2010 en 2012 toegenomen in beide gebieden. Het percentage waargenomen pups ten opzichte van het totaal aantal zeehonden is voor de periode 2003-2011 lager in het Deltagebied (gemiddeld 9%) dan in de Waddenzee (gemiddeld 21%).

Procentueel spoelen er meer gewone zeehonden aan ten opzichte van het totaal aantal zeehonden in het Deltagebied (gemiddeld 14% in de periode 2003-2011) dan in het Nederlandse deel van de Waddenzee (geschat 5%, maar niet goed geregistreerd) ten opzichte van de desbetreffende tellingen.

Bovenstaande observaties wijzen erop dat het aantal geboren pups niet verantwoordelijk kan zijn voor de populatiegroei in het Deltagebied. Er worden immers elk jaar (in de periode 2003-2011) 9% zeehonden via geboortes toegevoegd aan de populatie, terwijl er ~14% van de populatie aanspoelt (in de periode 2003-2011). De populatie gewone zeehonden in de Delta blijkt niet in staat zichzelf in stand te houden (Aarts e.a., 2013). Voor aanwas is de populatie grotendeels afhankelijk van migratie (Reijnders e.a., 2000). De relatief grote populatie zeehonden in de Waddenzee vormt een belangrijke bron voor de Delta voor uitwisseling van zeehonden. In de algehele Waddenzee zijn in 2012 ~38.500 dieren geteld (Galatius e.a., 2012). Hiervan bevindt zich ~25% in Nederlandse wateren. Ook kan er migratie van en uitwisseling met andere regio's in de Noordzee plaats vinden, zoals met populaties in Groot-Brittannië (Reijnders e.a., 2000; Aarts e.a., 2013). Migratie vanuit het Nederlandse deel van de Waddenzee naar het Deltagebied is aangetoond d.m.v. zenderen (Aarts e.a., 2013).

Momenteel zijn er voldoende gewone zeehonden in het Deltagebied aanwezig om aan het instandhoudingsdoel van 200 exemplaren in het Deltagebied te voldoen.

Echter, gezien de continue import van dieren uit andere gebieden, kan men niet spreken van een "populatie" die zichzelf in stand houdt. Het instandhoudingsdoel is gesteld toen er nog nauwelijks gewone zeehonden in het Deltagebied aanwezig waren. Het is twijfelachtig of 200 dieren voldoende is om als onafhankelijke populatie te bestaan. Als het doel is om zelfstandige regionale populaties te krijgen in het Deltagebied, wat de toelichting van het instandhoudingsdoel voor de gewone zeehond impliceert, is een revisie nodig van het instandhoudingsdoel voor gewone zeehonden om te komen tot een beter afgewogen beschermingsdoel voor deze soort in het Deltagebied. In Reijnders e.a. (2000) wordt uitgegaan van 40% geslachtsrijpe dieren in een populatie, wil een populatie min of meer stabiel zijn. Dit betekent een minimale effectieve populatiegrootte van 500 dieren. Op de langere termijn zou een populatieomvang van circa 5000 dieren noodzakelijk zijn voor overleving door middel van continue en snelle aanpassingen aan een veranderende leefomgeving en bijvoorbeeld epidemieën. De gewone zeehond heeft hiervoor droogvallende platen nodig en vooral rust voor de voortplanting om ongestoord te kunnen zogen (een kritieke periode van minstens 24 dagen na de geboorte van een pup). Deze periode valt midden in de periode als toerisme en watersport ook een piek in activiteit vertonen. De huidige (potentiële) draagkracht van het gebied dient nader te worden onderzocht om tot een realistische doelstelling te komen.

3.4.2 De Grijze Zeehond

Het aantal grijze zeehonden is in de afgelopen tien jaar geleidelijk toegenomen tot een aantal van ~200 exemplaren in 2012 (Figuur 2). In vergelijking tot het grijze zeehonden bestand in het Nederlandse deel van de Waddenzee (3059 in 2012; Brasseur e.a., 2013) is dit ongeveer 15%. Echter, uit monitorings- en zenderonderzoek is bekend dat de aantallen in het Deltagebied voornamelijk afhankelijk zijn van migratie vanuit andere gebieden. Dit betreft gebieden die belangrijk zijn voor de voortplanting van deze soort, zoals de westelijke Waddenzee, Groot-Brittannië en in mindere mate Amrum in de Duitse Waddenzee (Aarts e.a., 2013). Een geschikte leefomgeving is bepalend voor de instandhouding van de soort. Zo is de grijze zeehond voor de voortplanting afhankelijk van onverstoorde, permanent droge platen, stranden en duinen (Reijnders e.a., 1995).

4. Geperfluoreerde verbindingen

4.1 Stofkarakteristieken

Geperfluoreerde verbindingen (PFC's) worden in diverse producten toegepast vanwege het feit dat ze olie en water kunnen afstoten. Ze komen in het milieu terecht via puntbronnen (bijvoorbeeld afvalwaterzuiveringsinstallaties) en diffuse bronnen (afspoeling). PFC's zijn stoffen met een relatief hoog moleculair gewicht en ze bestaan uit koolstof- en fluoratomen. Ze zijn slecht afbreekbaar. Er zijn verschillende soorten PFC's, waarbij het gedrag van de stof afhankelijk is van de chemische samenstelling (tabel 2). Korte keten PFC's ($C < 7$) lossen makkelijker op in water, terwijl lange keten PFC's ($C > 7$) makkelijker aan bodemdeeltjes binden. Over het algemeen geldt hoe langer de keten lengte van een stof, hoe langer het duurt dat deze stof wordt afgebroken. PerFluoroOctaanSulfonaat (PFOS) is de bekendste stof van de PFC's en is wijdverspreid in het milieu (Van den Heuvel-Greve & Zabel, 2010).

PFOS en PFOS-F staan op de lijst van de Stockholm Conventie voor Persistent Organic Pollutants (POP's) (Wang e.a., 2009). Vanwege de aanwijzingen dat deze stoffen giftige eigenschappen hebben en ze zich in het milieu op grote schaal hebben verspreid, zijn er maatregelen genomen om de productie en uitstoot drastisch te verminderen. PFOS is uitgefaseerd door het bedrijf 3M in de periode 2000-2002 en heeft de productie van de PFC's PFOS en PFOA (zie tabel 2) in respectievelijk 2002 en 2008 stopgezet (Galatius e.a., 2013).

Het gebruik van PFOS vindt nog plaats in relatief kleine hoeveelheden voor toepassingen waarvoor nog geen vervanging is ontwikkeld (Betts, 2007). In Europa betrof de productie <42t-82t en in China was de productie in 2003 50t en in 2006 200t (Houde e.a., 2011).

Bedrijven die PFOA gebruiken hebben afgesproken om lozingen te reduceren met 95% in 2010 en tegen 2015 volledig met het gebruik van PFOA te stoppen (Betts, 2007). PFOS en PFOA zijn grotendeels vervangen door nieuwe PFC's met vergelijkbare chemische eigenschappen, maar met een lagere bioaccumulatie en giftigheid. Dit betreft stoffen uit de volgende stofgroepen: perfluoralkyl sulfonaten (waar PFOS ook bij hoort), perfluoralkyl carboxylaten (waar PFOA bij hoort) en fluortelomeer alcohols (FTOHs). Echter, een deel van deze nieuwe verbindingen kan via biodegradatie in het milieu weer omgevormd worden tot PFOA of PFOS (Betts, 2007). Zo kunnen met name fluortelomeeralcohols afgebroken worden tot PFOA. Eén van de nieuwe perfluorverbinding, PerFluoroButaan Sulfonaat (PFBS), kan zich ook ophopen in voedselketens en is aangetroffen in de milt van zeehonden (meetbare concentratie van 2.3 ± 0.7 ng/g w wt)(Van de Vijver e.a., 2005).

Tabel 2. Afkortingen en stofkarakteristieken van enkele relevante geperfluoreerde verbindingen.

Afkorting	Volledige naam	Karakteristiek	Halfwaardetijd in dier	Effect op o.a.
PFOS	PerFluorOctaan Sulfonaat	Geregistreerd als een persistente organische verontreiniging (POPs) opgenomen in de Annex B van de conventie van Stockholm	100 dagen in ratten, 200 dagen in apen en jaren in mensen (>5 jaar)	Hormoonhuishouding, immuunsysteem, reproductie
PFOS-F	Perfluorooctane sulfonyl Fluoride	Geregistreerd als een persistente organische verontreiniging (POPs) opgenomen in de Annex B van de conventie van Stockholm		
PFOA	Perfluorooctaan zuur		jaren in mensen (>4 jaar)	Hormoonhuishouding, immuunsysteem, reproductie
PFBS	Perfluorobutane Sulfonate		>1 maand in mensen	
PFHxS	Perfluorohexane sulfonate		8.5 jaar in mens	
PFDS	Perfluoro-n-decane sulfonate			
FTOHs	Fluorotelomer alcohols			
PFOSAs	Perfluoro-n-octane sulfonamides			
PFOSEs	Fluorooctane sulfonamidoethanols			

4.2 Accumulatie in zeezoogdieren

PFC's hopen op in mariene voedselketens, met name in hogere trofische niveaus (Houde e.a., 2011). Dit betekent dat hogere gehalten aan deze stof worden gevonden in vogels en zeezoogdieren in vergelijking tot hun prooidieren.

In het lichaam binden PFC's aan bloedeiwitten (in o.a. bloed en lever) en niet zozeer aan vet (zoals PCB's). In gewone zeehonden hopen PFC's zich met name op in bloed (38%), lever (36%), spier (13%), long (8%), en in mindere mate in nier (2%), spek (2%), hart (1%), hersenen (1%), thymus (<0.01%) en schildklier (<0.01%) (Ahrens e.a., 2009a).

PFOS kan worden doorgegeven van moederdier naar foetus via de placenta (Ahrens e.a., 2009b). De stoffen worden niet tegengehouden door de placenta. Er zijn hogere PFC gehalten aangetroffen in gewone zeehonden jonger dan zeven maanden dan in gewone zeehonden ouder dan zeven maanden (Ahrens e.a., 2009b). Shaw e.a. (2009) hebben in een studie 2.6 maal hogere concentraties PFOS in pups van gewone zeehonden gemeten dan in volwassen dieren. Metingen van PFC's in bloed (serum) en lever van Baikal zeehonden, verzameld in 2005, laten ook relatief hoge gehalten in pups en juvenielen zien (Ishibashi e.a., 2008).

Studies bij dolfijnen en bruinvissen, waarbij respectievelijk 10 maal en 2 maal hogere PFOS concentraties in de jongen zijn aangetoond, geven ook aan dat deze stof kan worden doorgegeven via moedermelk (Houde e.a., 2006). Ook in laboratoriumdieren is aangetoond dat PFOS kan worden doorgegeven via placenta en moedermelk (Loccisano e.a., 2012).

4.3 Mogelijke effecten

PFC's zijn regelmatig getest in laboratoriumstudies en ook in het veld is er onderzoek gedaan naar effecten van PFC's. Gerapporteerde effecten van PFC's zijn onder meer reproductietoxiciteit, immunotoxiciteit, neurotoxiciteit (Johansson e.a., 2008; Liu e.a., 2010; Loccisano e.a., 2012), hepatotoxiciteit (Miller e.a., 1975; Malinverno e.a., 2005), en effecten op metabolisme (Berthiaume & Wallace, 2002). De beschikbare informatie over effecten van PFC's m.b.t. reproductietoxiciteit en immunotoxiciteit staat hieronder verder beschreven, aangezien deze effecten direct gelinkt kunnen zijn aan de gezondheid van de zeehond en stabiliteit van de populatie.

Reproductietoxiciteit

In experimentele studies met o.a. ratten zijn effecten op de reproductie en ontwikkeling van jongen waargenomen na blootstelling aan PFOS en andere PFC's (zoals PFOA). Dit betreft effecten als een lager geboortegewicht, kortere draagtijd, structurele afwijkingen, vertraagde ontwikkeling en een hogere neonatale sterfte (Ngo e.a., 2014; Yahia e.a., 2010; Luebker e.a., 2005; Lau e.a., 2003). Luebker et al (2005) vond een effect dosis van 0.27-0.89 mg PFOS/kg/dag voor o.a. een kortere draagtijd, lager geboortegewicht, en lagere levensvatbaarheid bij ratten. Deze dosis kwam overeen met een PFOS gehalte in het serum van neonate ratten van rond 34300 ng/ml PFOS in serum. Ook bij vogels zijn effecten van PFC's op de reproductie en ontwikkeling van kuikens aangetroffen in experimentele studies (Peden-Adams e.a., 2009; Molina e.a., 2006).

Immunotoxiciteit

In experimenten met muizen is aangetoond dat nakomelingen een lagere afweer tegen ziekten kunnen hebben als deze in de baarmoeder zijn blootgesteld aan PFOS (Keil e.a., 2008; in Peden-Adams e.a., 2008). Effecten zijn aangetroffen bij gehalten in het bloed (serum) van 92-74000 ng/ml of ng/g PFOS in muizen en ratten (samengevat in DeWitt e.a., 2012) (Tabel 3).

Gegevens over wilde dieren (schildpadden, dolfijnen en otters) laten zien dat dieren die leven in de kustzone wellicht aan zodanig hoge PFC gehalten blootgesteld worden dat ze het immuunsysteem zouden kunnen beïnvloeden (DeWitt e.a., 2012). In wilde otters van de kust van Californië is een relatie gevonden tussen de aanwezigheid van infectieziekten en verhoogde PFOS en PFOA gehalten in het bloed (serum) (Kannan e.a., 2006; in DeWitt e.a., 2012). In het lab zijn effecten op het immuunsysteem van vogels aangetoond bij concentraties van 154-1607 ng/ml PFOS in serum (Peden-Adams e.a., 2009). Een onderzoek op de Faroe-eilanden heeft aangetoond dat het menselijk immuunsysteem vatbaar is voor PFC's. Bij kinderen tussen de vijf en zeven jaar oud blijkt door een verhoogde blootstelling aan PFC's de humorale immuniteit negatief te worden beïnvloed tijdens inentingen tegen tetanus en difterie (Grandjean e.a., 2012).

Beïnvloeding van het immuunsysteem door PFC's en een hogere vatbaarheid voor infectieziekten kan gevolgen hebben voor de gezondheid van een individu en uiteindelijk op de populatieontwikkeling van soorten.

Tabel 3. Laagste effect concentraties (LOAEL) van PFOS en PFOA, waarbij in laboratorium experimenten effecten op het immuunsysteem van ratten en muizen zijn aangetroffen (uit: DeWitt e.a., 2012).

Species	Route (duration, in days)	PFOS dose(mg/kg)	PFOA dose(mg/kg)	Serum concentration(ng/mL or ng/g)	Immune endpoint	References
B6C3F1 mouse	Gavage (28)	0.00166	–	91.5	↓ TDAR	Peden-Adams et al. 2008
B6C3F1 mouse	Gavage (21)	0.025	–	670	↓ survival to influenza	Guruge et al. 2009
Sprague-Dawley rat	Diet (28)	2	–	1.5×10^3	↓ total IgG	Lefebvre et al. 2008
C57BL/6 mouse	Gavage (60)	5	–	7.13×10^3	↓ TDAR	Dong et al. 2009
C57BL/6 mouse	Gavage (60)	5	–	1.03×10^4	↓ IL-4	Dong et al. 2011
C57BL/6 mouse	Gavage (60)	25	–	2.45×10^4	↓ TNF- α , IL-6	Dong et al. 2010
C57BL/6 mouse	Gavage (7)	5	–	1.11×10^5	↓ TDAR	Zheng et al. 2009
C57BL/6 mouse	Gavage (15)	–	3.75	7.4×10^4	↓ TDAR	DeWitt, Copeland, Strynar, et al. 2008

4.4 Verspreiding van PFC's in tijd en ruimte

In onder andere levers van gewone zeehonden van de Duitse Bocht is een toename van gehalten aan PFOS te zien tot het einde van de jaren negentig, gevolgd door een afname (Sturm & Ahrens, 2010). Ahrens e.a. (2009b) rapporteert een afname van aantal PFC stoffen in gewone zeehonden in de periode 1999-2008 (PFOS met 49%, echter niet significant), met als verklaring dat dit waarschijnlijk het gevolg is van de verminderde uitstoot en vervanging van PFOS. Ondanks de verminderde uitstoot, wordt PFOS in deze studie nog steeds in hoge gehalten aangetroffen in de lever van zeehonden, variërend van 1327 ng/g natgewicht in 1988 tot 480 ng/g natgewicht in 2008 (piek van 3520 ng/g natgewicht in 1996). Tegelijkertijd is er toename van een andere PFC, Perfluorodecane sulfonate (PFDS), aangetroffen. In meer afgelegen gebieden (Groenland) bleven PFOS gehalten in zeezoogdieren toenemen tot in ieder geval de periode 2003-2006 (Sturm & Ahrens, 2010), waarschijnlijk vanwege de grote afstand tot bronnen van PFOS. De huidige productie van stoffen die kunnen worden afgebroken tot PFOS (FTOHs, FOSAs, FOSEs) kunnen leiden tot een voortzettende ophoping van PFOS in voedselwebs (Sturm & Ahrens, 2010).

PFC's zijn in verschillende weefsels van gewone zeehonden uit de Nederlandse Waddenzee gemeten (Van de Vijver e.a., 2005). Deze weefsels zijn verzameld tijdens de zeehondenepidemie in 2002. Uit deze metingen bleek dat van alle PFC's de stof PFOS in de hoogste gehalten is aangetroffen (89-2724 ng/g natgewicht).

Uit gegevens afkomstig van de Deense Noordzee blijkt dat, vergeleken met andere zeezoogdieren, de hoogste gehalten aan PFC's in levermonsters van gewone zeehonden zijn aangetroffen (457-1365 ng/g natgewicht (Galatius e.a., 2013)). In witsnuitdolfijnen (266-869 ng/g natgewicht) en bruinvissen (107-589 ng/g natgewicht) zijn de gehalten beduidend lager (Galatius e.a., 2013). Dit verschil in gehalten kan verklaard worden door verschil in stofwisseling tussen soorten zeezoogdieren, het feit dat foerageergebieden van zeehonden dichters langs de kust liggen (met hogere gehalten PFC's dan op open zee) dan voor de andere soorten of door een verschil in voedselkeuze van de soorten. Ook in het Deltagebied is van de PFC's de stof PFOS het meest aangetroffen. Dit is te zien aan het percentage PFOS van het totaal aantal PFC's dat gemeten is in een soort, respectievelijk 93% in zeehond, 89% in bruinvis en 65% in witsnuitdolfijn. Er zijn ook verschillen in andere PCF percentages tussen die soorten aangetroffen: het percentage PFOSA (zie Tabel 2) van de PFC's was 0.1% in zeehonden, 6.7% in bruinvissen en 28.5% in witsnuitdolfijnen. Biotransformatie (het omzetten van een stof) van PFOSA naar PFOS is waargenomen in laboratoriumstudies. Mogelijk kunnen zeehonden dit beter dan walvisachtigen, waardoor het percentage PFOSA t.o.v. het totaal aantal PFC's lager is in zeehonden.

Bij het bepalen van een totaalgehalte van PFC's in zeezoogdieren is naast PFOS de bepaling van PFOSA ook van groot belang, met name in walvisachtigen, omdat deze stof een belangrijk deel vormt van het totaal van alle gemeten PFC's (Galatius e.a., 2013).

In tabel 4 is een overzicht opgenomen van PFOS gehalten in levers en bloed van zeehonden. Diets e.a. (2012) vond hogere gehalten aan PFC's in levers van zeehonden van Deense/Duitse Waddenzee dan in zeehonden van de Nederlandse Waddenzee (Van de Vijver e.a., 2005). Daarnaast zijn andere PFC patronen aangetroffen in zeehonden van Deense Waddenzee (naast PFOS m.n. PFOA, PFHxS en PFNA) dan die in het Kattegat (naast PFOS m.n. PFOSA en PFUnA). Gehalten aan PFOS in zeehonden zijn lager in het Arctisch gebied dan zeehonden in dichter bevolkte gebieden langs de zuidelijke Noordzee, de Baltische Zee en de Amerikaanse oostkust (zie tabel 4). Gehalten aan PFOS in bloed (plasma) van zeehonden uit de Westerschelde (2007) (Van den Heuvel-Greve & Zabel, 2010) zijn hoger dan die in bloed (totaal) van zeehonden uit de Duitse Waddenzee (2007) (tabel 4). Uit literatuur blijkt dat er weinig verschil is tussen gehalten aan PFC's in plasma en in serum, maar wel tussen totaal bloed en serum/plasma. Gehalten aan PFC's zijn circa 2x hoger in serum/plasma dan in totaal bloed (Kannan e.a. 2004). Gehalten aan PFOS in bloed (plasma) van zeehonden uit de Westerschelde zijn dan meer dan een factor zeven hoger dan die in bloed (totaal) van zeehonden uit de Duitse Waddenzee (tabel 4). Er zijn geen data bekend van PFC's in levers van gewone zeehonden uit het Deltagebied.

Tabel 4. Overzicht van gemeten gehalten aan PFOS in lever en bloed van zeehonden (gemiddelde en/of range). Serum is de vloeistof die overblijft als bloed stolt en het stolsel wordt gecentrifugeerd en is naar de bodem gezakt. Plasma is de vloeistof die overblijft als onstolbaar gemaakt bloed wordt gecentrifugeerd, zodat de bloedcellen naar de bodem zakken. Totaal bloed bevat alle onderdelen van het bloed, inclusief de bloedcellen. Gehalten aan PFC's in totaal bloed hebben een vermenigvuldiging van een factor twee nodig om vergeleken te kunnen worden met gehalten in plasma en serum. Dat betekent dat het gehalte aan PFOS in de Duitse Bocht ongeveer $2 \times 349 = 698$ ng/g natgewicht is.

Soort	Locatie	Matrix		Gemiddeld gehalte (range)	Jaar	N	Referentie
Gewone zeehond	Deense Waddenzee	Lever	ng/g natgewicht	398 (27-1324)	2002	59	Diets e.a. 2012
	Deense Waddenzee	Lever	ng/g natgewicht	(565-977)	-	5	Kallenborn e.a. 2004
	Duitse Waddenzee	Lever	ng/g natgewicht	1017 (559-1665)	2007	4	Ahrens e.a. 2009a
	Zuidelijke Noordzee (Franse, Belgische en Nederlandse Noordzeekust)	Lever	ng/g natgewicht	(<10 – 532)	1995-2000	24	Van de Vijver e.a. 2003 (in Sturm & Ahrens 2010)
	Nederlandse Waddenzee (Texel en Noord-Nederland)	Lever	ng/g natgewicht	161 (46-488)	2002	24	Van de Vijver e.a. 2005
Gewone zeehond	Westerschelde	Bloed (plasma)	ng/ml	4947	2007	3	Van den Heuvel-Greve & Zabel 2010
	Duitse Bocht (Waddenzee)	Bloed (totaal)	ng/g natgewicht	349 (48-887)	2007	4	Ahrens e.a. 2009a
Baikal zeehond	Baikal meer	Bloed (serum)	ng/g natgewicht	Male: 5.8 (1.4-17) Female: 4.5 (1.3-14)	2005	19 24	Ishibashi e.a. 2008
Grijze zeehond	Baltische Zee	Bloed (plasma)	ng/ml	(14-76)	Jaren '90	26	Giesy & Kannan 2001
	Canadees Arctisch gebied	Bloed (plasma)	ng/ml	(11-49)	Jaren '90	12	Giesy & Kannan 2001
Ringelrob	Canadees & Noors Arctisch gebied	Bloed (plasma)	ng/ml	(<3-14)	Jaren '90	42	Giesy & Kannan 2001
	Baltische Zee	Bloed (plasma)	ng/ml	(16-230)	Jaren '90	18	Giesy & Kannan 2001

4.5 Gehaltes aan PFC's in de Deltawateren

De voornaamste bronnen van PFOS en PFOA in de Deltawateren betreffen de lozingen van industrie die zich stroomopwaarts bevindt, zoals de elektrische industrie, gebruik van warmtewisselaars, plastics etc. PFC's zijn lastig te meten in sediment. De concentraties van PFOS en PFOA in sedimenten uit de Westerschelde liggen rond de detectiegrens met uitschieters in concentraties PFOS bij Hansweert en Vlissingen van 3,1 en 2,7 ng/g drooggewicht (Van den Heuvel-Greve e.a., 2006). PFOS wordt meestal onder of net boven de detectiegrens aangetroffen in sediment, met uitzondering van hotspots, waar PFOS in hogere gehalten kan worden aangetroffen. Gehaltes aan PFC's in sediment uit de Westerschelde komen overeen met concentraties gemeten in sedimenten van de Nederlandse Noordzeekust en in internationale wateren (o.a. Hekster e.a., 2005). PFOA wordt in sedimenten nauwelijks boven de detectiegrens aangetroffen, omdat het beter oplosbaar is in water.

Bodemvissen als tong en bot in de Westerschelde bevatten eveneens hoge gehalten aan PFOS (Van den Heuvel-Greve & Zabel, 2010)(Tabel 5). Platvissen lijken een belangrijke voedselbron voor zeehonden in de Westerschelde te vormen (Van den Heuvel-Greve & Zabel, 2010). Ook zijn er hoge gehalten aan PFOS aangetroffen in biotamonsters bij Terneuzen en met name in visdiefieieren bij Saeftinge (Van den Heuvel-Greve e.a., 2006; Van den Heuvel-Greve & Zabel, 2010). Deze gehalten aan PFOS in visdiefieieren bij Terneuzen zijn relatief hoog in vergelijking tot andere gebieden in Europa en Noord-Amerika, vergelijkbaar met o.a. gehalten in eieren van zeekoeten van de Baltische Zee (Berger e.a., 2008) en liggen boven mogelijke effectgehalten in vogels (100 ng PFOS/g ei)(Molina e.a., 2006).

Tabel 5. Overzicht van gemeten gehalten aan PFOS in enkele soorten uit de Westerschelde (uit: Van den Heuvel-Greve & Zabel, 2010).

Soort	Locatie	Gemiddeld gehalte (ng/g natgewicht)	Jaar
Wadpier	Westerschelde	14	2008
Strandkrab	Westerschelde	20	2008
Tong	Westerschelde	136	2008
Bot	Westerschelde	275	2008
Visdiefieieren	Westerschelde	457	2007

PFC's zijn eveneens aangetroffen in bloed van drie zeehonden uit de Westerschelde (Tabel 4). PFOS gehalten in bloed van gewone zeehonden uit de Westerschelde (4947 ng/ml) zijn significant hoger dan gehalten in zeehonden uit andere gebieden. In de Westerschelde zijn gehalten tot zeven maal hoger in vergelijking met de Duitse Bocht, meer dan 20 maal hoger in vergelijking met zeehonden in de Baltische Zee en meer dan 100 maal hoger in vergelijking met zeehonden uit het Arctisch gebied.

Recentelijk heeft de Kaderrichtlijn Water (KRW) een norm (Environmental Quality Standard – EQS) voor PFOS in biota gesteld van 9.1 ng/g natgewicht (EU, 2012). In verschillende biota uit de Westerschelde, zoals zeepeer, krab, vis (steenbolk, zeebaars, haring, paling, tong en bot) en visdiefieieren wordt deze norm overschreden met een factor 1.5-50 (van den Heuvel-Greve e.a., 2006, 2010). De norm kan niet goed worden vergeleken met gehalten in zeehonden, aangezien deze gehalten zijn uitgedrukt in ng/ml.

4.6 Mogelijke effecten in Deltawateren

Gehalten aan PFOS in zeehonden uit de Westerschelde lagen in 2007 rond ~5000 ng/ml PFOS in bloedplasma.

Dit gehalte ligt boven de effectgrenzen voor immunotoxiciteit voor ratten en muizen, zoals bepaald in drie studies met muizen en ratten (92-1500 ng/g of ng/ml PFOS; DeWitt e.a., 2012) en ongeveer een factor zeven onder effectgrenzen voor reprotoxiciteit bij ratten (34300 ng/ml PFOS in serum; Luebker e.a., 2005).

De hoge gehalten aan PFOS in zeehonden uit de Westerschelde vergeleken met andere gebieden, het overschrijden van de KRW-norm voor PFOS in biota uit de Westerschelde en het overschrijden van effectconcentraties van PFOS voor immunotoxiciteit in zoogdieren geeft aan dat niet bij voorbaat uitgesloten kan worden dat PFOS de gezondheid van zeehonden in de Delta beïnvloedt.

Naast PFC's kunnen ook andere vervuilende stoffen effecten hebben op de gezondheid van zeehonden. Zo kunnen o.a. PCB's, die ook in relevante concentraties aanwezig zijn in de Westerschelde, zich in het vetweefsel van zeehonden ophopen en het immuunsysteem en de reproductie van zeehonden beïnvloeden (Reijnders, 1986; van den Heuvel-Greve e.a., 2010). Zo hebben Ross e.a. (2000) aangetoond dat PCB's de meest schadelijke vervuilende stof zijn in zeezoogdieren. In de Salish Sea blijken PCB's de dominante toxische stof te zijn voor de gewone zeehond (Mos e.a., 2010). Mos e.a. (2013) rapporteren een afname in de concentraties van PCB's in zeehonden in de Salish Sea met 81% als het gevolg van regulatie en vermindering van lozing van PCB's. Zij verwachten dat deze afname zich zal vertalen in een betere gezondheid van de zeehonden. De uitfasering van PFOA en PFOS door 3M en regulatie van uitstoot van andere POP's kan tot een soortgelijk resultaat in de Nederlandse wateren leiden. Wat de effecten van ophoping van verschillende soorten vervuilende stoffen samen op zeehonden zijn is niet bekend.

5. Conclusies en aanbevelingen

Momenteel zijn er in aantal voldoende gewone en grijze zeehonden in het Deltagebied aanwezig om aan het Natura2000 instandhoudingsdoel van 200 exemplaren in het Deltagebied te voldoen. Als het doel is om op zichzelf staande regionale populaties aan zeehonden in het Deltagebied te hebben dan wordt hier niet aan voldaan. Het aantal pups dat jaarlijks wordt geboren is lager dan nodig om een populatie in stand te houden en blijft achter in vergelijking tot de Waddenzee. Daarnaast is het aantal aangespoelde dode en zieke zeehonden hoger dan het aantal geboren zeehonden in het Deltagebied. Import uit andere gebieden zorgt ervoor dat de aantallen zeehonden in de Delta toenemen. Factoren, zoals bepaalde menselijke activiteiten, kunnen deze import belemmeren. De oorzaak van een achterblijvende populatieontwikkeling van zeehonden in de Delta kan niet eenduidig worden aangewezen. Waarschijnlijk hebben verschillende factoren hier invloed op. Beperkende factoren kunnen liggen in de draagkracht van het gebied en verstoring door de mens, waardoor het leefgebied mogelijk nog niet aantrekkelijk genoeg is om bijvoorbeeld jongen te werpen.

In deze studie is specifiek de rol van PFC's als vervuilende stof uitgelicht. PFC's binden met name aan eiwitten in bloed en lever, en hopen op in (mariene) voedselketens, waardoor de hoogste gehalten worden aangetroffen in (mariene) zoogdieren en vogels. Diverse studies hebben aangetoond dat PFC's effecten kunnen hebben op o.a. de reproductie, ontwikkeling van jongen en het immuunsysteem van dieren. Gehaltes aan PFC's in biota uit de Westerschelde zijn relatief hoog t.o.v. andere gebieden en liggen hoger dan de KRW biota-norm voor PFOS. Platvissen vormen een belangrijke voedselbron voor zeehonden in de Westerschelde. Aangezien PFC's ophopen in voedselketens en gehalten in platvissen uit de Westerschelde hoog zijn, is dit een indicatie dat zeehonden die deze platvissen eten, hoge gehalten aan PFC's in hun lichaam kunnen hebben. Enkele metingen in bloed van zeehonden uit de Westerschelde laten zien dat gehalten aan PFOS hoog zijn in vergelijking tot andere gebieden en hoger liggen dan de laagste concentraties, waarbij in het laboratorium effecten op het immuunsysteem zijn geconstateerd. In welke mate dit invloed heeft op de populatieparameters (geboorte en ziekte) van zeehonden in het Deltagebied is niet duidelijk. Het kan niet worden uitgesloten dat PFC's de gezondheid van zeehonden in het Deltagebied beïnvloeden. Naast PFC's kunnen ook andere stoffen, zoals PCB's, effect hebben op de reproductie en het immuunsysteem van zeehonden, en deze stoffen worden eveneens in relatief hoge concentraties in de Westerschelde aangetroffen.

Omdat in deze studie er geen eenduidige gegevens van de Waddenzee beschikbaar zijn voor wat betreft aantallen aangespoelde zeehonden is een vergelijking van de populatiedynamiek tussen de Delta en de Waddenzee niet volledig mogelijk. Een helder beeld over de consequenties van stoffen op de populatie zeehonden in de Delta en in Nederland als geheel is dan ook nog niet te geven.

Op basis van deze studie wordt aanbevolen:

1. Een verduidelijking van de interpretatie van de huidige Natura2000-doelstelling voor zeehonden in het Deltagebied. Dit kan zijn A) een streefaantal van minimaal 200 individuen in het Deltagebied of B) een op zichzelf staande regionale populatie aan zeehonden. In het laatste geval is een herziening van het instandhoudingsdoel nodig t.b.v. een zelf in stand houdende regionale populatie die niet afhankelijk is van import. Hiervoor is een minimale effectieve populatiegrootte van 500 dieren nodig. Op de langere termijn zou een populatieomvang van circa 5000 dieren noodzakelijk zijn voor overleving door middel van continue en snelle aanpassingen aan een veranderende leefomgeving en bijvoorbeeld epidemieën.
2. Een verdere bepaling van de opbouw (leeftijd en sexe) van de zeehonden populaties in de Delta. Indien er om bepaalde reden (bijvoorbeeld verstoring) vooral niet geslachtsrijpe dieren naar de Delta komen, of dat zwangere dieren wegtrekken, dan zal alleen al door een van beide factoren het reproductiecijfer lager zijn dan bij een normale leeftijdsopbouw.

Een "scheve" populatie-opbouw kan worden afgeleid uit het feit dat er een geheel ander seizoen patroon zichtbaar is in de Delta vergeleken met de Waddenzee en ander zeehondenpopulaties elders;

3. Een verbeterde registratie van aangespoelde zeehonden in heel Nederland op waarneming.nl (inclusief bijbehorende informatie zoals leeftijd en geslacht, zie Osinga e.a., 2012);

4. Gestandaardiseerde bemonstering van weefsels (lever, bloed, spek) van aangespoelde zeehonden in zowel het Deltagebied als het Waddengebied en het regelmatig publiceren en beschikbaar maken van resultaten van necropsie onderzoek;

5. Analyse van PFC's en PCB's in weefsels van aangespoelde zeehonden in zowel het Deltagebied als het Waddengebied.

Op basis hiervan kan worden bepaald of er verschillen in gehalten zijn die gerelateerd kunnen worden aan bijvoorbeeld een lagere reproductie of een hoger aantal aangespoelde zeehonden in het Deltagebied. Daarnaast wordt nader onderzoek aanbevolen naar andere mogelijke oorzaken die de zeehondenpopulatie in de Delta beïnvloeden, zoals draagkracht en verstoring.

6. Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 1 april 2017 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

7. Dankwoord

Peter Reijnders en Pim Leonards worden hartelijk bedankt voor hun opmerkingen en aanvullingen ter verbetering van dit rapport.

8. Referenties

- Aarts, G.M., S.M.J.M. Brasseur, S.C.V. Geelhoed, R.S.A. van Bemmelen, M.F. Leopold (2013). Grey and harbour seal spatiotemporal distribution along the Dutch West coast. IMARES report, Den Burg.
- De Vooy, K.G.N., S.M.J.M. Brasseur, J. van der Meer, P.J.H. Reijnders (2012). Analyses of four centuries of bounty hunting on seals in Zeeland, SW-Netherlands. *Lutra* 55:55-65.
- Ahrens, L., U. Siebert, R. Ebinghaus (2009a). Total body burden and tissue distribution of polyfluorinated compounds in harbor seals (*Phoca vitulina*) from the German Bight. *Marine Pollution Bulletin* 58: 520-525.
- Ahrens, L., U. Siebert, R. Ebinghaus (2009b). Temporal trends of polyfluoroalkyl compounds in harbor seals (*Phoca vitulina*) from the German Bight, 1999–2008. *Chemosphere* 76: 151–158.
- Berger, U., K.E. Holmström, A. Bignert (2008). Temporal trends of perfluorinated compounds in guillemot eggs from the Baltic Sea - an update. Poster presentation at the 18th SETAC Europe meeting.
- Berthiaume, J., K.B. Wallace (2002). Perfluorooctanoate, perfluorooctanesulfonate, and N-ethyl perfluorooctanesulfonamido ethanol; peroxisome proliferation and mitochondrial biogenesis. *Toxicol Lett* 129:23–32.
- Betts K.S. (2007). Perfluoroalkyl acids: what is the evidence telling us? *Environmental Health Perspectives*, 114, A344
- Berrevoets e.a. (2005). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2003/2004 : inclusief de tellingen in 2002/2003. Rapport RIKZ, ISBN 9036934591.
- Brasseur S.M.J.M, P.J.H. Reijnders (2001). Zeehonden in de Oosterschelde, fase 2: Effecten van extra doorvaart door de Oliegeul. Alterra-rapport 353, ISSN 1566-7197, 60pp.
- Brasseur, S.M.J.M., J.S.M. Cremer, E.M. Dijkman, J.P. Verdaat (2013). Monitoring van gewone en grijze zeehonden in de Nederlandse Waddenzee; 2002 - 2012. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOT-werkdocument 352. 31 blz.
- DeWitt, J.C., M.M. Peden-Adams, J.M. Keller, D.R. Germolec (2012). Immunotoxicity of perfluorinated compounds: recent developments. *Toxicologic Pathology*, 40 (2): 300-311.
- Diets, R., F.R. Rigét, A. Galatius, C. Sonne, J. Teilmann, R. Bossi (2012). Spatial trends of perfluorochemicals in harbor seals (*Phoca vitulina*) from Danish waters. *Science of the Total Environment* 414: 732-737.
- Galatius, A., S.M.J.M. Brasseur, P.J.H. Reijnders, T. Borchardt, U. Siebert, M. Stede, S. Ramdohr, L.F. Jensen, J. Teilmann (2012). Aerial Surveys of Harbour Seals in the Wadden Sea in 2012. Substantial increases in moult counts. http://www.waddensea-secretariat.org/sites/default/files/downloads/trilateral_seal_counts_report_2012.pdf
- Galatius, A., R. Bossi, C. Sonne, F. Farsø Rigét, C.C. Kinze, C. Lockyer, J. Teilmann, R. Dietz (2013). PFAS profiles in three North Sea top predators: metabolic differences among species? *Environ Sci Pollut Res* 20:8013–8020.

Giesy, J.P., K. Kannan (2001). Global distribution of perfluorooctane sulfonate in wildlife. *Environmental Science and Technology* 35 (7): 1339-1342.

Van Haafden, J.L. (1974). Zeehonden langs de Nederlandse kust. *Wet . Med . K.N.N.V.* 101: 36 pp.

Härkönen, T., R. Dietz, P. Reijnders, J. Teilmann, K. Harding, A. Hall, S. Brasseur, U. Siebert, S.J. Goodman, P.D. Jepson, T. Dau Rasmussen, P. Thompson (2006). The 1988 and 2002 phocine distemper virus epidemics in European harbour seals. *Dis Aquat Organ.* 68(2): 115-30.

Havinga, B. (1933). Der Seehund in den holländischen Gewässern. *T Ned dierk Vereen* 3:79-111.

Hekster, F.M., P. de Voogt, A.M.C.M. Pijnenburg, R.W.P.M. Laane (2002). Perfluoroalkylated substances. Aquatic environmental assessment. RIKZ rapport 2002.043. Rijkswaterstaat/Rijksinstituut voor Kust en Zee, Den Haag.

Van den Heuvel-Greve, M.J., P.M.G. Leonards, A.D. Vethaak (2006). Dioxineonderzoek Westerschelde; meting van gehalten aan dioxinen, dioxine-achtige stoffen en andere mogelijke probleemstoffen in visserijproducten, sediment en voedselketens van de Westerschelde. Rapport RIKZ/2006.011. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.

Van den Heuvel-Greve, M.J., C.F.M. Withagen, P.E.G. Leonards (2007). Vervolgonderzoek chemische stoffen in visserijproducten uit de Westerschelde; dioxines (w.o. furanen), PCB's, gebromeerde vlamvertragers en geperfluoreerde verbindingen, 2006. Rapport RIKZ/2007.007. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg.

Van den Heuvel-Greve, M., A. Zabel (2010). Identification and trophic transfer of contaminants in estuarine foodwebs; state of the art report 2008-2010. *Deltares rapport* Z4635/1200235.002.

Van Hooff & Heinis (2013). Deelrapportage Gebiedsbeschrijving en instandhoudingsdoelstellingen Achtergronddocument Natura 2000 Beheerplan Vlakte van de Raan, Kenmerk R001-4793896AIH-kmi-V04-NL, TAUW:
http://www.rijkswaterstaat.nl/images/Deelrapportage%20Gebiedsbeschrijving%20en%20instandhouding%20doelen_tcm174-363162.pdf

Houde, M., J.W. Martin, R.J. Letcher, K.R. Solomon, D.C.G. Muir (2006). Biological monitoring of polyfluoroalkyl substances: a review. *Environ. Sci. Technol.* 40, 3463-3473.

Houde, M., A.O. De Silva, D.C.G. Muir, R.J. Letcher (2011). Monitoring of Perfluorinated Compounds in Aquatic Biota: An Updated Review. *Environ. Sci. Technol.* 45: 7962-7973.

Johansson, N., A. Fredriksson, P. Eriksson (2008). Neonatal exposure to perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) causes neurobehavioural defects in adult mice. *Neurotoxicology* 29:160-169.

Kannan, K., J.P. Giesy (2002). Global distribution and bioaccumulation of perfluorinated hydrocarbons. *Organohalogen Compounds* 59: 267170.

Kannan, K., S. Corsolini, J. Falandysz, G. Fillmann, K.S. Kumar, B.G. Loganathan, M.A. Mohd, J. Olivero, N. Van Wouwe, J.H. Yang, K.M. Aldous (2004). Perfluorooctanesulfonate and related fluorochemicals in human blood from several countries. *Environ. Sci. Technol.* 38: 4489-4495.

Kallenborn, R., U. Berger, U. Järnberg (2004). Perfluorinated alkylated substances (PFAS) in the nordic environment. Nordic Council of Ministers: Copenhagen. Available at www.klif.no/nyheter/dokumenter/pfas_nmr2004.pdf [verified 23 November 2010]

Liu, X.H., W. Liu, Y.H. Jin, W.G. Yu, F.Q. Wang, L. Liu (2010). Effect of gestational and lactational exposure to perfluorooctanesulfonate on calcium-dependent signaling molecules gene expression in rats' hippocampus. *Arch Toxicol* 84:71–79.

Loccisano, A.E., J.L. Campbell Jr., J.L. Butenhoff, M.E. Andersen, H.J. Clewell III (2012). Evaluation of placental and lactational pharmacokinetics of PFOA and PFOS in the pregnant, lactating, fetal and neonatal rat using a physiologically based pharmacokinetic model. *Reproductive Toxicology*, 33 (4): 468-490.

Luebker, D.J., R.G. York, K.J. Hansen, J.A. Moore, J.L. Butenhoff (2005). Neonatal mortality from in utero exposure to perfluorooctanesulfonate (PFOS) in Sprague-Dawley rats: Dose-response, and biochemical and pharmacokinetic parameters. *Toxicology*, 215 (1-2): 149-169.

Malinverno, G., I. Colombo, M. Visca (2005). Toxicological profile of hydrofluoropolyethers. *Regul Toxicol Pharmacol* 41:228–239.

Meininger, P.L., R.H. Witte, J. Graveland (2003). Zeezoogdieren in de Westerschelde: knelpunten en kansen. Rapport RIKZ/2003.041. Rijksinstituut voor Kust en Zee, Middelburg

Miller, M.L., L.C. Clark Jr, E.P. Wesseler, L. Stanley, C. Emory, S. Kaplan (1975). Light microscopic morphometry and fine structure of the liver: a response to perfluorinated liquid emulsions used as artificial blood. *Ala J Med Sci* 12:84–113.

Mos, L., M. Cameron, S.J. Jeffries, B.F. Koop, P.S. Ross (2010). Risk-based analysis of PCB toxicity in harbor seals. *Integrated Environmental Assessment and Management* 6, 631–640.

Ngo, H.T., R.B. Hetland, A. Sabaredzovic, L.S. Haug, I.-L. Steffensen (2014). In utero exposure to perfluorooctanoate (PFOA) or perfluorooctane sulfonate (PFOS) did not increase body weight or intestinal tumorigenesis in multiple intestinal neoplasia (Min/+) mice. *Environmental Research* 132: 251-263.

Osinga, N., M.M. Shahi Ferdous, D. Morick, M. García Hartmann, J.A. Ulloa, L. Vedder, H.A. Udo de Haes, P.M. Brakefield, A.D.M.E. Osterhaus, T. Kuiken (2012). Patterns of stranding and mortality in common seals (*Phoca vitulina*) and grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Netherlands between 1979 and 2008. *J. Comp. Path.* 147: 550-565.

Peden-Adams, M.M., J.M. Keller, J.G. EuDaly, J. Berger, G.S. Gilkeson, D.E. Keil (2008). Suppression of Humoral Immunity in Mice following Exposure to Perfluorooctane Sulfonate. *Toxicol Sci* 104:144–154.

Peden-Adams, M.M. e.a. (2009). Developmental toxicity in white leghorn chickens following *in ovo* exposure to perfluorooctane sulfonate (PFOS). *Reproductive Toxicology* 27(3): 307-318.

Reijnders, P.J.H. (1985). On the extinction of the southern Dutch Harbour seal population. *Biol. Conserv.* 31: 75-84.

Reijnders, P.J.H. (1986). Reproductive failure in common seals feeding on fish from polluted coastal waters. *Nature*, 324 (6096): 456-457.

Reijnders, P.J.H. (1994). Historical population size of the harbour seal, *Phoca vitulina*, in the Delta area, SW Netherlands. *Hydrobiologia*, 282-283 (1): 557-560.

Reijnders, P.J.H., J. van Dijk, D. Kuiper, (1995). Recolonization of the Dutch Wadden Sea by the grey seal *Halichoerus grypus*. *Biological Conservation*, 71 (3): 231-235.

Reijnders, P.J.H., S.M.J.M. Brasseur, A.G. Brinkman (2000). Habitatgebruik en aantalsontwikkelingen van gewone zeehonden in de Oosterschelde en het overige Deltagebied. Alterra rapport 078, ISSN 1566-7197. Alterra, Wageningen, The Netherlands, 56 pp.

European Commission (2011), Voorstel voor een RICHTLIJN VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD tot wijziging van Richtlijnen 2000/60/EG en 2008/105/EG betreffende prioritair stoffen op het gebied van het waterbeleid, Brussel, 31.1.2012 COM(2011) 876 final 2011/0429 (COD)

Grandjean, P., E. Wreford Andersen, E. Budtz-Jørgensen, F. Nielsen, K. Mølbak, P. Weihe, C. Heilmann (2012). Serum Vaccine Antibody Concentrations in Children Exposed to Perfluorinated Compounds. *JAMA* 307(4):391-397.

Ralston, P. (2007). Toxic Pollution in Casco Bay: Sources and Impacts, Casco Bay Estuary Partnership. How are seals, as top predators, impacted by toxic contaminants in Casco Bay and the Gulf of Maine: 61-68 (<http://www.cascobay.usm.maine.edu/pdfs/Toxics%20Chapter%207.pdf>)

Ross, P.S., J.G. Vos, L.S. Birnbaum, A.D.M.E. Osterhaus (2000). PCBs are a health risk for humans and wildlife. *Science* 289, 1878-1879.

Royal Haskoning/DHV (2013). Evaluatie Natuurbeheerplan Natura 2000 Voordelta 2008-2014. Publiekssamenvatting:
http://www.voordelta.nl/topics/voordelta/informatie/downloadoverzicht/index/publiekssamenvatting_evaluatie_beheerplan_voordelta_20131231.pdf

Strucker, R.C.W., F.A. Arts, S. Lilipaly, (2012). Watervogels en zeezoogdieren in de Zoute Delta 2010/2011. Rapport Rijkswaterstaat Waterdienst BM 12.07.

Shaw, S., M.L. Berger, D. Brenner, L. Tao, Q. Wub, K. Kannan (2009). Specific accumulation of perfluorochemicals in harbor seals (*Phoca vitulina concolor*) from the northwest Atlantic. *Chemosphere* 74, 1037-1043.

Van De Vijver, K.I., P.T. Hoff, K. Das, W. Van Dongen, E.L. Esmans, T. Jauniaux, J.-M. Bouqueneau, R. Blust, W. De Coen (2003). Perfluorinated Chemicals Infiltrate Ocean Waters: Link between Exposure Levels and Stable Isotope Ratios in Marine Mammals. *Environmental Science and Technology*, 37 (24): 5545-5550.

Van de Vijver, K., P. Hoff, K. Das, S. Brasseur, W. Van Dongen, E. Esmans, P. Reijnders, R. Blust, W. De Coen (2005). Tissue distribution of perfluorinated chemicals in harbor seals (*Phoca vitulina*) from the Dutch Wadden Sea. *Environmental Science and Technology*, 39 (18): 6978-84.

Vooyo, K.G.N. de, S.M.J.M. Brasseur, J. van der Meer, P.J.H. Reijnders (2012). Analyses of four centuries of bounty hunting on seals in Zeeland, SW-Netherlands. *Lutra* 55:55-65

Wang, T., Y. Wang, C. Liao, Y. Cai, G. Jiang (2009). Perspectives on the inclusion of perfluorooctane sulfonate into the Stockholm Convention on persistent organic pollutants. *Environ Sci Technol* 43:5171–5175.

Verantwoording

Rapport : C178/14
Projectnummer : 4303000005

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Dr. D.M.E. Slijkerman
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 31 maart 2015

Akkoord: Dr. ing. R.E. Trouwborst
Hoofd afdeling Delta & Aquacultuur

Handtekening:



Datum: 31 maart 2015