



Contaminanten in Chinese wolhandkrab

Resultaten van 2018

S.P.J. van Leeuwen, A.W.J.M. Nijrolder, L.A.P. Hoogenboom, M.J.J. Kotterman



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Contaminanten in Chinese wolhandkrab

Resultaten van 2018

S.P.J. van Leeuwen¹, A.W.J.M. Nijrolde¹, L.A.P. Hoogenboom¹, M.J.J. Kotterman²

1 Wageningen Food Safety Research

2 Wageningen Marine Research (WMR)

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Food Safety Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoeksthema 'WOT voedselveiligheid, chemische contaminanten' (WOT-02-001-014).

Wageningen, mei 2019

WFSR-rapport 2019.004

Brust G.M.H., L.A.P. Hoogenboom, M.J.J. Kotterman, S.P.J. van Leeuwen, 2019. *Contaminanten in Chinese wolhandkrab; Resultaten van 2018*. Wageningen, Wageningen Food Safety Research, WFSR-rapport 2019.004. 28 blz.; 3 fig.; 3 tab.; 18 ref.

Projectnummer: 122.720.74.01

BAS-code: WOT-02-001-014

Projecttitel: Monitoring contaminanten in Nederlandse vis en visserijproducten

Projectleider: S.P.J. van Leeuwen

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/476060> of op <http://www.wur.nl/food-safety-research> (onder WFSR publicaties).

© 2019 Wageningen Food Safety Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research. Hierna te noemen WFSR.

Het is de opdrachtgever toegestaan dit rapport integraal openbaar te maken en ter inzage te geven aan derden. Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het WFSR is het niet toegestaan:

- a. *dit door WFSR uitgebrachte rapport gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze gedeeltelijk openbaar te maken;*
- b. *dit door WFSR uitgebrachte rapport, c.q. de naam van het rapport of WFSR, geheel of gedeeltelijk te doen gebruiken ten behoeve van het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin;*
- c. *de naam van WFSR te gebruiken in andere zin dan als auteur van dit rapport.*

Postbus 230, 6700 AE Wageningen, T 0317 48 02 56, E info.wfsr@wur.nl, www.wur.nl/food-safety-research. WFSR is onderdeel van Wageningen University & Research.

WFSR aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

WFSR-rapport 2019.004

Verzendlijst:

- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV); J.B.F. Vonk; H. Offringa; D.J. van der Stelt; G. Mahabir
- Ministerie voor Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS): A.I. Vilorio Alebesque
- Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit (NVWA): R. Theelen; G.A. Lam; J.M. de Stoppelaar
- PO IJsselmeer/Vissersbond: D.J. Berends
- Sportvisserij Nederland: J. Quak
- RWS Waterdienst: C. Schmidt; A. Houben
- Wageningen Marine Research: M.J.J. Kotterman
- Wageningen Food Safety Research: L.A.P. Hoogenboom; S.P.J. van Leeuwen; A. Gerssen, A.W.J.M. Nijrolder
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM): A. Bulder; J. van Klaveren
- NetVISwerk: A. Heinen

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Materiaal en methoden	10
	2.1 Monstername en voorbereiding	10
	2.2 Analyse van dioxines en PCB's	10
	2.2.1 Vetextractie	10
	2.2.2 Opzuivering met de monsters	11
	2.2.3 Bepaling van dioxines en (dl-)PCB's	11
	2.3 Analyse van PFAS's	11
	2.3.1 Extractie	11
	2.3.2 Opzuivering	11
	2.3.3 Kwantificering van PFAS's	11
	2.4 Analyse van zware metalen	12
	2.4.1 Ontsluiting van zware metalen uit matrix	12
	2.4.2 Analyse van cadmium, lood, arseen en kwik	12
	2.5 Kwaliteitszorg	12
3	Resultaten en discussie	13
	3.1 Dioxines en PCB's	13
	3.2 Trends voor dioxines en PCB's	13
	3.3 PFAS's	16
	3.4 (Zware) metalen	16
4	Conclusies	18
5	Aanbevelingen	19
	Literatuur	20
	Bijlage 1 Biologische gegevens	21
	Bijlage 2 Resultaten dioxines en PCB's op vetbasis	22
	Bijlage 3 Analyseresultaten voor vet, dioxines en PCB's in wolhandkrab	25
	Bijlage 4 Resultaten PFAS's in wolhandkrab 2018	26

Samenvatting

In 2018 zijn monsters Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*) onderzocht van de locaties Hollands Diep, Nieuwe Maas bij Pernis, Volkerak (Volkeraksluizen en Krammersluizen) en het Noordzeekanaal. Op deze locaties is commerciële wolhandkrabvangst verboden (zogenaamd gesloten gebied). Van de locatie Den Oever, liggend in het gebied dat niet gesloten is voor wolhandkrabvangst, kon geen monster verzameld worden omdat onvoldoende krab gevangen werd.

De contaminantgehalten in wolhandkrab van deze locaties wordt gemonitord en vergeleken met voorgaande jaren. Naast de dioxine- en polychloorbifenylnyl (PCB)-gehalten zijn de gehalten aan zware metalen onderzocht. Binnen deze studie is alleen vlees uit het lichaam onderzocht. Van vlees uit poten en scharen is bekend dat dioxine- en PCB-gehalten niet boven de maximum limiet (ML) uitstijgen (mede omdat dit vlees weinig vet bevat). Voor vlees uit het lichaam gelden geen ML's. In de wolhandkrab die in 2018 is onderzocht varieerden de gehalten van 8.9-30 pg TEQ/g voor de dioxines, 6.3-32 pg TEQ/g voor de dioxineachtige (dl)-PCB's, 15-60 pg TEQ/g voor de totaal TEQ en 135-1078 ng/g voor het totaal aan niet-dioxineachtige (ndl)-PCB's. De bijdrage van de dioxines aan de totaal-TEQ varieerde van 50-65%. De locaties Hollands-Diep en Maas (Pernis) zijn het sterkst gecontamineerd, en de gehalten ontlopen elkaar niet veel. De krab van locatie Noordzeekanaal was het minst gecontamineerd. Voor het eerst zijn in dit rapport ook trendgrafieken opgenomen voor de locaties IJsselmeer (Den Oever), Ketelmeer, Maas (Pernis), Hollands-Diep en Volkerak (Volkeraksluizen en Krammersluizen). De trends op beide Volkeraklocaties zijn stabiel (op basis van 3 jaren), terwijl de andere locaties meer variatie laten zien. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door het gegeven dat de gevangen krab geen standkrab is, maar trekkende krab, die van verschillende locaties stroomopwaarts afkomstig kan zijn. Dit is een mogelijke oorzaak voor de waargenomen variatie.

De wolhandkrabmonsters van 2018 zijn net als in 2017 weer geanalyseerd op perfluoralkylverbindingen (PFAS). De aanwezigheid van meerdere PFAS is aangetoond, namelijk PFDA, PFUnDA, PFDODA, PFTrDA en PFOS. De PFOS gehalten waren het hoogst met 7-14 ng/g. wolhandkrab/wolhandkrab uit Volkerak (Volkeraksluizen) bevatte de hoogste PFAS gehalten. Wat betreft de zware metalen gehalten in wolhandkrab varieerden die als volgt: cadmium (0.013-0.28 mg/kg); lood (0.022-0.057 mg/kg) en kwik (0.009-0.027 mg/kg). Het totaal arseengehalte varieerde van 0.88-1.6 mg/kg. Wolhandkrab van de locatie Noordzeekanaal is het minst vervuild (m.u.v. lood).

1 Inleiding

Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*, hierna aangeduid als 'wolhandkrab') wordt in Nederland commercieel bevestigd. De vangst van wolhandkrab heeft een piekseizoen in de trektijd (september t/m december) (Bakker and Zaalmink 2012; Kotterman et al. 2012). Wolhandkrab trekt dan uit het hele achterland, inclusief de stroomgebieden van de rivieren Maas en Rijn, naar de zee om in de winter in zout water te paaien. De wolhandkrab die tijdens deze trek gevangen wordt kan dus afkomstig zijn van zeer verschillende locaties.

wolhandkrab is onder andere gecontamineerd met dioxines, PCB's en zware metalen. Dit werd duidelijk uit eerdere studies uit het Verenigd Koninkrijk en recente studies uit Nederland (Clark et al. 2009; Van der Lee et al. 2012; Kotterman et al. 2012; Van Leeuwen et al. 2013; Van Hattum et al. 2013; Kotterman et al. 2015; Hoogenboom et al. 2015). De contaminatie van het vlees uit de scharen en poten is beperkt en dat vlees voldoet in alle gevallen aan de maximum limieten, ook in geval van wolhandkrab uit sterk vervuilde wateren. Dit komt onder andere door het lage vetgehalte in het vlees uit de poten en scharen. Het vlees uit het lijf bevat veel vet, met name de hepatopancreas. De lipofiele contaminanten hopen dan ook voornamelijk op in het vlees uit het lijf. Eerdere onderzoeken waren vooral gericht op dioxines en PCB's. Naast surveys naar gehalten in wolhandkrab van diverse locaties is ook onderzocht of gehalten gedurende het seizoen sterk variëren en of de grootte van de wolhandkrab invloed heeft (Kotterman et al. 2015).

Het stroomgebied van de grote rivieren is momenteel gesloten voor vangst van aal en wolhandkrab. Voor wolhandkrab wordt jaarlijks een aantal trendlocaties bemonsterd. Dit betreft het Hollands-Diep, Maas bij Pernis en IJsselmeer bij Den Oever. Aanvullend worden andere locaties bemonsterd. Deze monsters worden o.a. op dioxines en polychloorbifenylen (PCB's) onderzocht. Zo kan de overheid de ontwikkeling van de gehalten op de diverse locaties monitoren. De wolhandkrab trekt in het najaar naar zee om te paaien. Dat is ook het moment dat hij goed gevangen kan worden en (mits toegestaan) aangeboden wordt op de markt. Er is gekozen om als trendlocaties de belangrijkste uittrekgebieden te selecteren (Figuur 1). Daarmee wordt ook het achterliggende stroomgebied afgedekt. Het voornemen is om van deze locaties jaarlijks de contaminanten in marktwaardige wolhandkrab te monitoren. Een uitgebreide achtergrondbeschrijving van wolhandkrab, de contaminatie van wolhandkrab en de consumptie van wolhandkrab is te vinden in eerdere rapporten over dit onderwerp (Van der Lee et al. 2012; Van Leeuwen et al. 2013; Kotterman et al. 2015; Bakker and Zaalmink 2012).



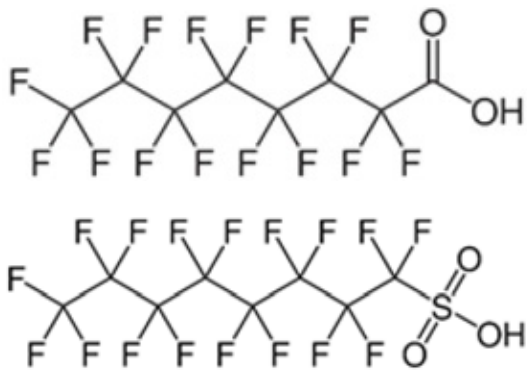
Figuur 1 Overzicht van bemonsteringslocaties voor monitoring van wolhandkrab. De blauw gemarkeerde wateren betreffen gebieden die sinds 2011 gesloten zijn voor de vangst van aal en wolhandkrab. Sindsdien zijn enkele aanvullende locaties gesloten voor vangst¹.

In dit rapport worden de resultaten van wolhandkrab, gevangen in 2018, beschreven. Naast dioxines, PCB's en zware metalen zijn de monsters van 2018 wederom onderzocht op de aanwezigheid van perfluoralkylverbindingen (PFAS's).

Per- en polyfluoralkylverbindingen (PFAS's) betreffen een groep van stoffen van (volledig) gefluoreerde verbindingen. Er zijn honderden verbindingen bekend, met uiteenlopende chemische structuren (ketenlengte, functionele groepen etc.) (Buck et al. 2011). De twee bekendste PFAS's zijn perfluorooctansulfonzuur (PFOS, Fig. 2) en perfluorooctaanzuur (PFOA, Fig. 2.). Andere redelijk bekende PFAS's (Tabel 1) hebben een vergelijkbare functionele groep maar een andere ketenlengte.

PFAS's zijn uitermate stabiel: ze zijn bestand tegen hoge temperaturen en chemisch nagenoeg inert. PFAS's zijn water-, vet-, en vuilafstotend en oppervlaktespanning-verlagend. Hierdoor zijn deze stoffen breed toegepast, ze zijn gebruikt bij oppervlaktebehandelingen van bijvoorbeeld tapijten, textiel en leer, maar ook als surfactant in blusschuim en in de mijnbouw en olie-industrie. PFOS is een Persistent Organic Pollutant (POP), vanwege zijn persistente, bioaccumulatieve en toxische eigenschappen. PFOA is toxisch en persistent, maar is niet aangemerkt als POP, omdat het beperkt bioaccumulatief is. PFAS's komen in ons voedsel voor (Noorlander et al. 2011). PFOS en PFOA hopen niet op in vetten, zoals dioxines en PCB's, maar binden aan eiwitten in het bloed en de lever. De Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA) heeft in 2018 een nieuwe risicobeoordeling ('opinion') opgesteld waarin de risico's van PFOS en PFOA via inname uit voeding zijn beoordeeld. Daaruit zijn inname-referentiewaarden opgesteld van respectievelijk 13 en 6 ng/kg lichaamsgewicht per week. Dit is fors lager dan de in 2008 door EFSA gepubliceerde waarden (150 en 1500 ng/kg lichaamsgewicht per dag). In 2019 zal de EFSA werkgroep ook een opinie opstellen voor een reeks andere PFAS's (zie Tabel 1). Voor PFAS's zijn geen maximum limieten (ML's) vastgesteld in het kader van de EC 1881/2006. Het is echter niet uitgesloten dat dit op termijn gebeurt nu de referentiewaarden voor PFOS en PFOA fors verlaagd zijn.

¹ <http://wetten.overheid.nl/BWBR0024539/2015-09-22#Opschrift>. Bijlage 15 en 16



Figuur 2 Chemische structuur van PFOS en PFOA.

Tabel 1 Meeste bekende PFAS's.

Afkorting	Component
PFBA	Perfluorbutaanzuur
PFPeA	Perfluorpentaanzuur
PFHxA	Perfluorhexaanzuur
PFHpA	Perfluorheptaanzuur
PFOA	Perfluoroctaanzuur
PFNA	Perfluornonaanzuur
PFDA	Perfluordecaanzuur
PFUnDA	Perfluorundecaanzuur
PFDoDA	Perfluordodecaanzuur
PFTTrDA	Perfluortridecaanzuur
PFTeDA	Perfluortetradecaanzuur
PFBS	Perfluorbutaansulfonaat
PFHxS	Perfluorhexaansulfonaat
PFHpS	Perfluorheptaansulfonaat
PFOS	Perfluoroctaansulfonzuur
PFDS	Perfluordecaansulfonaat

2 Materiaal en methoden

2.1 Monsternamen en voorbereiding

Voor dit onderzoek is gekozen voor vangstlocaties binnen de voor wolhandkrabvangst gesloten gebieden (Fig. 1). In 2018 is bemonsterd bij de vangstlocaties Hollands Diep (nabij Moerdijkbrug) met aangepaste aalfuiken. Bij het lichten van de fuiken waren medewerkers van Wageningen Marine Research (WMR, voorheen IMARES) aanwezig. De Maas (Pernis) is bemonsterd met staand want. De wolhandkrab op deze locatie betrof bijvangst bij andere visvangst. De locaties Volkerak (Volkeraksluizen en Krammersluizen) zijn bemonsterd met aangepaste aalfuiken. Bij de locaties Volkerak en Pernis was geen WMR medewerker aanwezig bij het lichten van de fuiken. Bij het Noordzeekanaal zijn de krabben verzameld die de koelwaterinlaat van de afvalverwerkingscentrale inlopen (Azië haven) en door een raster hieruit verwijderd worden (door medewerker centrale AEB Amsterdam). Het monster is opgehaald door een WMR medewerker. In het Noordzeekanaal vindt overigens geen sterke uittrek van wolhandkrab plaats omdat het de wolhandkrabben al in het kanaal paaien vanwege voldoende hoog zoutgehalte. Als zesde locatie stond het IJsselmeer bij Den Oever gepland (gebied open voor commerciële visserij), maar daar kon geen volwaardig monster verzameld worden. De bemonsterde gebieden betreffen allen de belangrijkste uittrekgebieden van wolhandkrabben, inclusief het achterliggende stroomgebied. Per locatie zijn minimaal 30 wolhandkrabben gevangen en naar WMR vervoerd door medewerkers (indien aanwezig bij de visserij) of door een koerier. In alle gevallen betreffen de bemonsterde en geanalyseerde wolhandkrabben niet-verwaterde monsters. De aangeleverde monsters waren marktwaardig, d.w.z., de wolhandkrab is ontvangen zoals die aan de afslag aangeboden zou zijn. Niet-marktwaardige wolhandkrab, kleiner dan ongeveer 80 gram, werd uit de vangst verwijderd door de visser. De vangst is gekarakteriseerd bij aankomst bij WMR; van alle wolhandkrabben is het geslacht en gewicht genoteerd (zie Bijlage 1). De wolhandkrabben zijn opgeslagen in een plastic zak bij -20°C tot verwerking.

Bij de verwerking is van elke wolhandkrab het vlees uit het lijf, zonder kieuwen, verzameld en dit wordt soms aangeduid als het bruine vlees. Dit bevat in feite het bruine vlees plus ook een deel witvlees (spieren bij de pootaanhechtingen). Vijfentwintig wolhandkrabben zijn gebruikt voor het bereiden van een mengmonster voor chemische analyse. Deze verkregen mengmonsters werden bevroren verzonden naar het RIKILT voor de analyse van polychloordibenzo-*p*-dioxines en polychloordibenzofuranen (PCDD/F's, ook aangeduid als 'dioxines'), dioxineachtige (dl)-PCB's, niet-dioxineachtige (ndl)-PCB's, PFAS's en zware metalen.

2.2 Analyse van dioxines en PCB's

2.2.1 Vetextractie

De door WMR aangeleverde mengmonsters werden gehomogeniseerd met behulp van een ultraturrax. Uit het gemalen monster werd het vet geëxtraheerd en het percentage vet bepaald. Hiervoor werd 10 gram gemalen wolhandkrab gemengd met 10 gram hydromatrix en overgebracht naar een ASE-monsterbuis. Het monster werd achtereenvolgens 3 keer geëxtraheerd met 20 ml hexaan:aceton (1:1) bij 100°C en 1500 PSI. Het extract werd gefiltreerd over een trechter met Na₂SO₄ en opgevangen in een vooraf gewogen kolf. Het oplosmiddel (hexaan:aceton (1:1)) werd met een rotorvapor verdampt, waarna het geëxtraheerde vet gedurende 1 nacht bij 40°C werd gedroogd. Na drogen werd het geëxtraheerde vet gewogen en het vetpercentage (extraheerbaar vet) in wolhandkrab kwantitatief bepaald.

2.2.2 Opzuivering met de monsters

Aan het gemalen en gehomogeniseerde monster (voordat de vetextractie plaatsvond) werd een bekende hoeveelheid van een mix van ^{13}C -isotoopgelabelde interne standaarden toegevoegd. Na de vetextractie en het bepalen van het vetpercentage werd het vet opgelost in 30 ml hexaan. Vervolgens werd het monster gezuiverd door gebruik te maken van het DexTech systeem. Dit is een geautomatiseerd instrument dat gebruik maakte van vier opzuiveringskolommen. Ten eerste ging het vet door een zure-silicakolom, waar het vet geoxideerd en verwijderd werd. Vervolgens werd het eluaat over een gecombineerde silicakolom geleid, waar eventuele restanten vet verwijderd werden en het eluaat werd geneutraliseerd. De derde kolom is een alumina-oxidekolom, die werd gebruikt om de interfererende componenten uit het eluaat te verwijderen. De laatste kolom die werd gebruikt is een koolkolom. Het eluaat dat door de koolkolom elueerde, bevat de mono-ortho gesubstitueerde en ndl-PCB's (fractie "A"). De koolkolom werd vervolgens in een "reversed" mode gespoeld om de dioxines en non-ortho gesubstitueerde PCB's in een tweede fractie op te vangen (fractie "B"). Aan beide fracties werden recoverystandaarden toegevoegd. Voor de analyse van mono-ortho gesubstitueerde en ndl-PCB's wordt fractie "A" geconcentreerd tot een eindvolume van 5 ml. Fractie B (dioxines en non-ortho gesubstitueerde PCB's) wordt uiteindelijk geconcentreerd tot een eindvolume van 0.5 ml.

2.2.3 Bepaling van dioxines en (dl-)PCB's

Een aliquot van fractie "A" en "B" werd achtereenvolgens met gaschromatografie-hoge resolutie massaspectrometrie (GC/HRMS) geanalyseerd. De GC (Agilent HP6890+) was voorzien van een 60 meter capillaire kolom (DB-5-MS, ID=0.25 mm). Voor detectie werd een "Waters – Autospec Ultima" HRMS gebruikt. De apparatuur was zodanig afgesteld dat de resolutie minimaal 10.000 eenheden was. Van zowel de natieve als ^{13}C -gelabelde congenereën zijn twee ionen gemeten en gekwantificeerd.

2.3 Analyse van PFAS's

2.3.1 Extractie

Van het gemalen monster wolhandkrab werd 1 gram afgewogen in een kunststof buis van 50 ml waaraan een mix van ^{13}C -isotoopgelabelde interne standaarden werd toegevoegd. Na toevoeging van 2 ml 200 mM natriumhydroxide voor alkaline digestie werden de componenten geëxtraheerd met 10 ml acetonitril. Na centrifugeren werd het supernatant overgeschonken in een schone kunststof buis van 50 ml en werd daaraan 25 ml Milli-Q toegevoegd.

2.3.2 Opzuivering

Het extract werd opgezuiverd met solid-phase extractie (SPE). De SPE kolommetjes (Waters, Oasis WAX) werden geconditioneerd met methanol en water. Na toevoeging van het extract werd de SPE kolom achtereenvolgens gewassen met een natriumacetaat buffer pH 4 en methanol. De PFAS's werden van de kolom geëluëerd met 3 ml 2% ammoniumhydroxide in acetonitril. Na droogdampen van het eluaat onder een stikstofstroom werd het residu opgelost in acetonitril. Na toevoeging van het LC eluens (2 mM ammoniumacetaat in water) en een injectiestandaardenmix ($^{13}\text{C}_8$ -PFOS en $^{13}\text{C}_8$ -PFOA), werd de oplossing overgebracht in een LC vial.

2.3.3 Kwantificering van PFAS's

De monsteroplossingen werden met vloeistofchromatografie-tandem massaspectrometrie (LC-MS/MS) geanalyseerd. De LC (Shimadzu) was voorzien van een reversed-phase kolom (Waters Acquity UPLC BEH C_{18} , 50 mm \times 2.1 mm i.d., 1.7 μm). De componenten werden gescheiden met een gradiënt van 2 mM ammoniumacetaat in water en acetonitril. Eventuele PFAS's vanuit het LC systeem werden vertraagd over een isolator kolom (Waters Symmetry C_{18} , 50 mm \times 2.1 mm i.d., 5 μm) zodat ze niet tegelijk met de PFAS's vanuit de monsteroplossingen werden gedetecteerd. Voor detectie is een Sciex Qtrap 6500 MS/MS gebruikt, waarbij zowel de natieve als ^{13}C -gelabelde verbindingen met behulp van specifieke massaovergangen worden gedetecteerd.

2.4 Analyse van zware metalen

2.4.1 Ontsluiting van zware metalen uit matrix

Voor zware metalen analyses (cadmium, lood, arseen en kwik) zijn de monsters wolhandkrab bij kamertemperatuur gehomogeniseerd. Vervolgens werd 0.5 gram monster ontsloten door het met 3 ml salpeterzuur (70%) en 1 ml waterstofperoxide (30%) in een afgesloten destructievaatje te verhitten in een magnetronoven. Na ontsluiting zijn de monsters overgebracht in een maatkolf van 50 ml en aangevuld met Milli-Q water.

2.4.2 Analyse van cadmium, lood, arseen en kwik

De bepalingen van de gehalten cadmium, lood, arseen en kwik zijn uitgevoerd met behulp van een inductief gekoppelde plasma massaspectrometer (ICP-MS). De elementen die in de ontsloten monsters aanwezig zijn worden in het plasma geïoniseerd, waarna de verschillende isotopen gedetecteerd werden door de massaspectrometer. De elementgehalten zijn gekwantificeerd tegen een kalibratiecurve met gebruik van rhodium en thallium als interne standaarden. De gehalten cadmium, kwik en lood werden bepaald in de standaard modus met behulp van de isotopen ^{111}Cd , ^{202}Hg en ^{208}Pb . Arseen is gemeten in de KED (kinetic energy discrimination) modus waarbij gebruik gemaakt werd van helium als botsingsgas om interferenties op isotoop ^{75}As te verwijderen.

2.5 Kwaliteitszorg

De methodes voor vetextractie, opzuivering en analyse van dioxines, dl- en ndl-PCB's zijn geaccrediteerd volgens ISO 17025. Dit geldt ook voor de ontsluiting en meting van de zware metalen. De methode voor PFAS's is gevalideerd, maar nog niet ISO 17025 geaccrediteerd. De methodes worden geborgd door analyse van gecertificeerde referentiematerialen, deelname aan diverse ringstudies en de analyse (in elke batch monsters) van blanco's, gebruik van interne standaarden en recovery experimenten.

3 Resultaten en discussie

3.1 Dioxines en PCB's

De resultaten van de analyses staan vermeld in Tabel 2. Zie Bijlage 2 voor de resultaten op vetbasis en Bijlage 3 voor de uitgebreide analysegegevens. Het onderzoek is beperkt tot monsters vlees uit het lijf. Vlees uit poten en scharen is niet onderzocht omdat uit eerder onderzoek bleek dat dit voldoet aan de geldende maximumlimieten voor totaal-TEQ en totaal-ndl-PCB's.

Tabel 2 Gehaltes van dioxines en PCB's in wolhandkrab (vlees uit het lijf) bemonsterd in 2018. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis. Alle locaties betreffen gesloten gebied.

RIKILT nr	WMR nr	Locatie	Vet (%)	PCDD/F-TEQ [ub]* pg TEQ/g	dl-PCB-TEQ [ub]* pg TEQ/g	Totaal TEQ pg TEQ/g	Totaal ndl-PCB's [ub] ng/g
200532676	2018/2299	Hollands Diep	21.2	26.6	32.1	58.7	1078
200532677	2018/2426	Maas, Pernis	12.8	30.0	29.9	59.9	997
200532679	2018/2630	Volkerak, Volkeraksluizen	16.9	26.0	14.2	40.2	442
200532678	2018/2529	Volkerak, Krammersluizen	16.9	23.7	13.5	37.2	360
200539022	2018/2883	Noordzeekanaal	4.9	8.92	6.25	15.2	135

*WHO2005

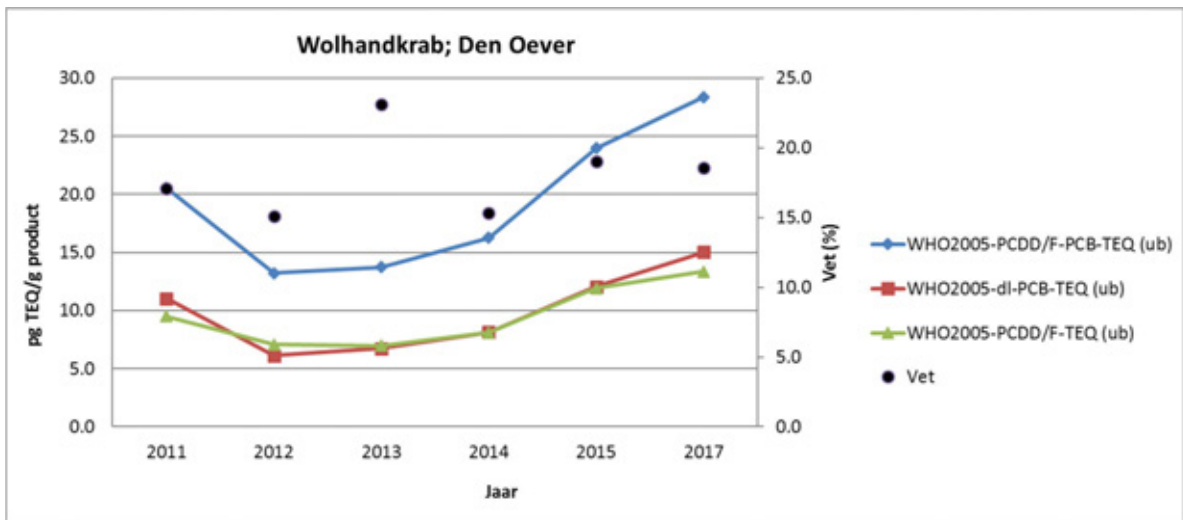
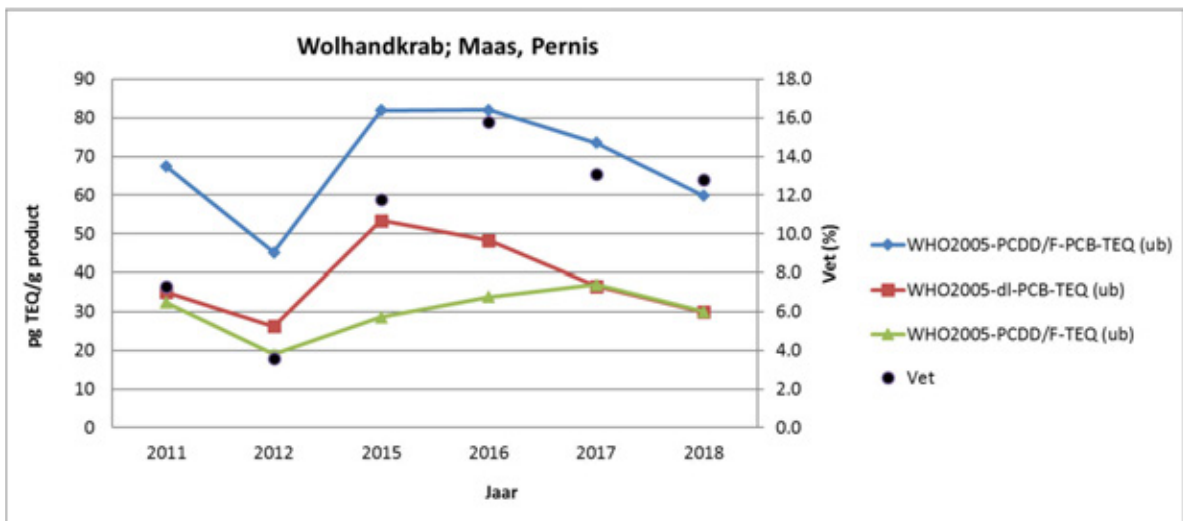
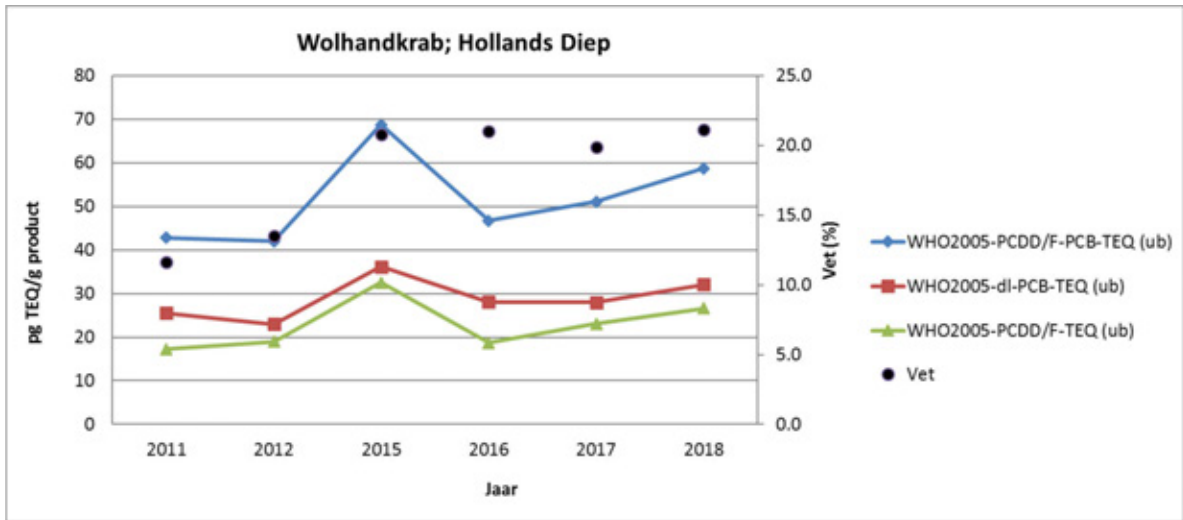
De meest vervuilde wolhandkrab was afkomstig van de Maas (Pernis) en het Hollands-Diep. De gehalten op deze twee locaties ontlopen elkaar niet veel. De gehalten liggen in dezelfde lijn als voorgaande jaren (Van Leeuwen et al. 2013, 2016, 2017; Van der Lee et al. 2012). De gehalten in wolhandkrab variëren van jaar tot jaar, o.a. doordat de wolhandkrab gevangen wordt op het moment dat hij migreert. De wolhandkrab kan daardoor afkomstig zijn van een andere locatie dan de vangstlocatie.

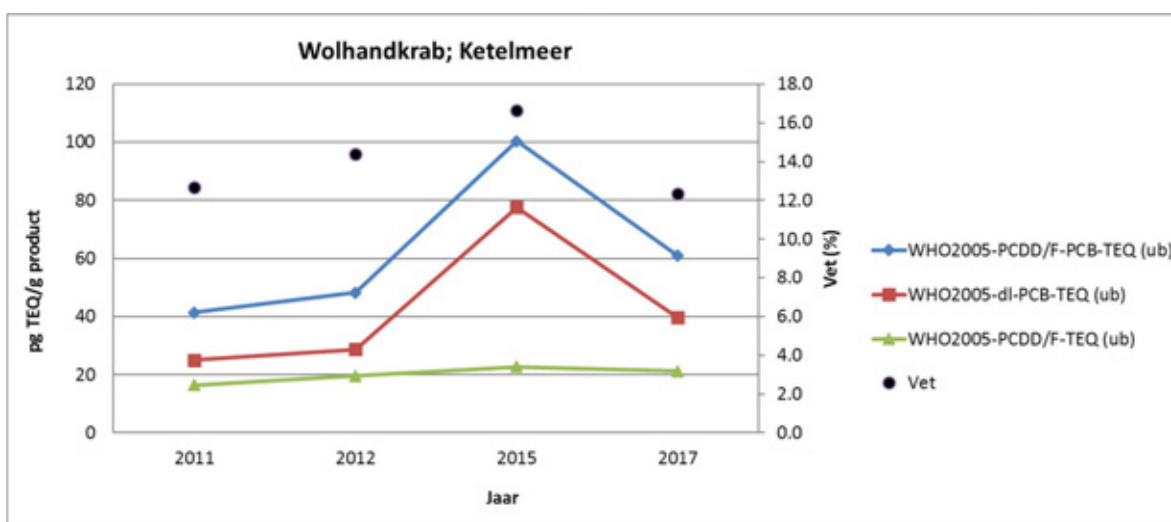
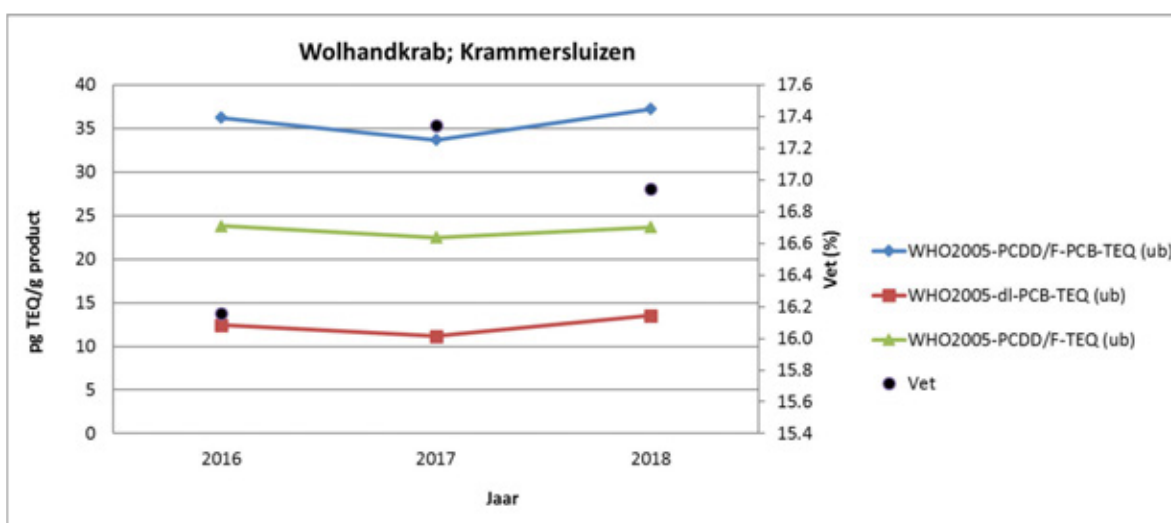
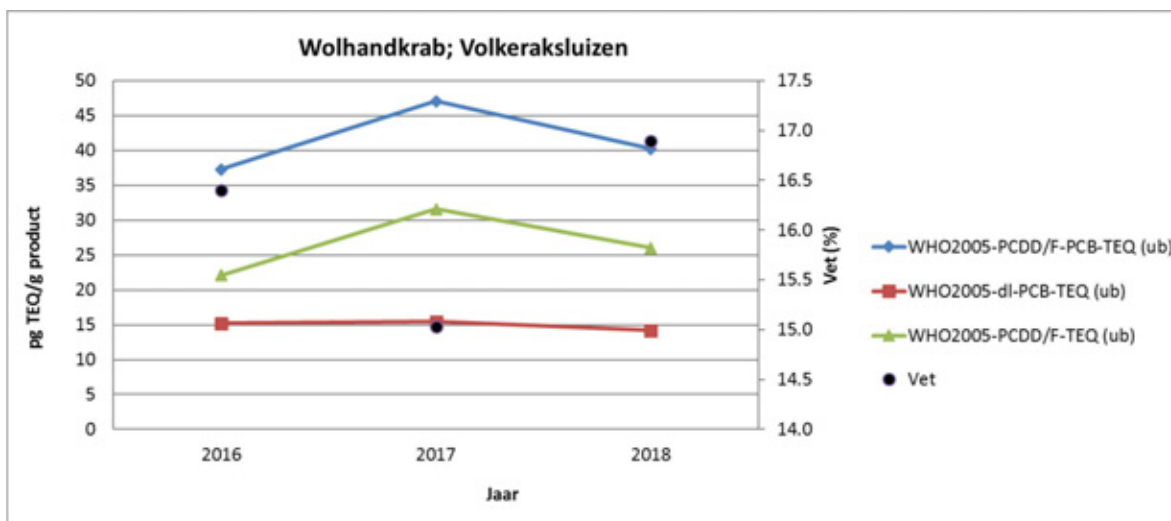
In 2018 is wolhandkrab bemonsterd bij twee locaties bij Volkerak: bij de Volkeraksluizen en in het westen van het Volkerak bij de Krammersluizen. De verschillen tussen beide locaties zijn gering, al is het totaal-TEQ gehalte voor de locatie Volkeraksluizen iets hoger dan bij de Krammersluizen. Voor beide locaties in het Volkerak draagt de dioxine-TEQ voor circa 65% bij aan het totaal-TEQ gehalte. De gehalten in het Noordzeekanaal zijn het laagst, waarbij opgemerkt wordt dat de wolhandkrab specifiek uit de Aziëhaven afkomstig was. Die haven is niet sterk vervuild, terwijl andere locaties in het kanaal zoals de Jan van Riebeeckhaven wel sterker vervuild zijn (Postma et al. 2013). Mogelijk verklaart dit de relatief lage gehalten die hier gevonden zijn.

3.2 Trends voor dioxines en PCB's

In dit rapport zijn voor het eerst sinds de wolhandkrab metingen gestart zijn figuren gemaakt van de trends van vetgehalte, en gehalten van dioxines en PCB's. Daarmee is het mogelijk om de gehalten door de tijd heen te volgen en te evalueren. Het is bij de evaluatie van trends belangrijk om realiseren dat wolhandkrab gevangen wordt op het moment van migratie; de wolhandkrab kan dus van diverse locaties stroomopwaarts komen. Dit is in tegenstelling tot de rode aal, waarvan bekend is dat die, op het moment van vangst in het monitoringsprogramma, een lokale oorsprong heeft. Het gevolg hiervan is dat er mogelijk meer variatie in de gehalten zit in de opeenvolgende jaren.

In Figuur 3 zijn de trends voor diverse locaties weergegeven.





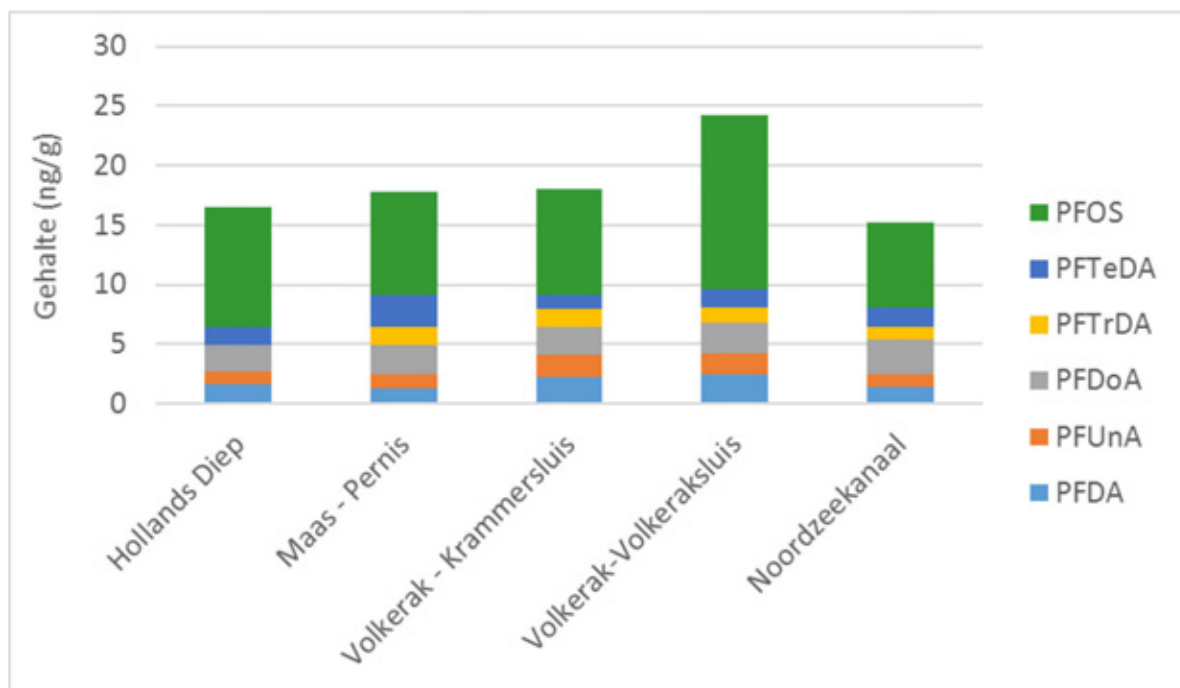
Figuur 3 Trends van gehalten van dioxines, PCB's en vet in wolhandkrab vlees uit het lijf. De jaartallen zijn niet altijd aansluitend; soms omdat dat jaar niet bemonsterd is op die locatie, of omdat geen goed monster verkregen werd.

De trendgrafieken laten grotere variatie zien dan bij de aal (van Leeuwen et al. 2019). Dat geldt voor zowel de gehalten van dioxine-TEQ, dl-PCB-TEQ, totaal-TEQ, maar ook voor het vetgehalte en de bijdrage van dioxines of PCB's aan de totaal-TEQ. Dit is zichtbaar op o.a. de locaties Ketelmeer, Den Oever, Maas (Pernis) en Hollands-Diep. Het is niet duidelijk wat de achtergrond is van de stijgende gehalten bij locatie Den Oever, en of deze stijgingen de komende jaren ook doorzetten. De trends op

de beide Volkerak locaties zijn vrij stabiel, waarbij opgemerkt moet worden dat hier pas data beschikbaar is van de 3 opeenvolgende jaren. Het is onduidelijk of deze trend in de toekomst zo blijft. Verder blijkt uit de Volkerak data dat de gehalten van de twee locaties vergelijkbaar zijn. De gehalten in Volkerak zijn lager dan in het naastgelegen Hollands-Diep, mogelijk omdat door de aanwezigheid van Volkeraksluizen er weinig uittrek is vanuit het Hollands-Diep. Ook domineren de dioxines het profiel van de totaal-TEQ in het Volkerak, terwijl op andere locaties de bijdragen van de dioxines als de PCB's gelijkmatiger is. Op vetbasis (Bijlage 2) verlopen de gehalten op de trendgrafieken ongeveer als volgt: Ketelmeer \approx Maas (Pernis) > Hollands Diep \approx Volkerak locaties > IJsselmeer (Den Oever).

3.3 PFAS's

De volledige PFAS resultaten staan in Bijlage 4. Diverse PFAS's zijn aangetoond in de wolhandkrab monsters van 2018: PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTTrDA, PFTeDA en PFOS. Hiervan zijn de PFOS gehalten met 7-14 ng/g op alle locaties het hoogst (Figuur 4). De bijdrage van PFOS aan het totaal varieert van 46-60%. Dat PFOS vaak domineert blijkt ook uit andere studies: PFOS is de meest voorkomende perfluorverbinding in (levers van) mariene vis (, Noordzeekrab en paling (Hoek-van Nieuwenhuizen et al. 2012, van Leeuwen et al., 2019). Van de vijf onderzochte locaties bevat wolhandkrab gevangen bij Volkeraksluizen de hoogste gehalten, terwijl dit in 2017 de locatie den Oever betrof. Maar omdat dit jaar geen monster van die locatie beschikbaar was kan er geen vergelijking gemaakt worden.



Figuur 4 PFAS gehalten in wolhandkrab bemonsterd in 2018.

3.4 (Zware) metalen

De gehalten (zware) metalen in het vlees uit het lijf van de wolhandkrab die in 2018 is verzameld, zijn weergegeven in Tabel 3. De arseengehalten liepen weinig uiteen (As 0.9-1.6 mg/kg). De variatie in de andere metalen is iets groter (zie Tabel 3). De locatie Noorzeekanaal wijkt af van de andere locaties met een lager cadmium- en kwikgehalte, terwijl de gehalten lood en arseen min of meer in lijn met de andere locaties zijn. Voor zware metalen in witvlees van wolhandkrab gelden ML's (EG/1881/2006), maar niet voor het vlees uit het lijf. De gehalten van metalen in wolhandkrab van beide locaties van

het Volkerak zijn zeer vergelijkbaar, met uitzondering van het loodgehalte dat in wolhandkrab van de Krammersluizen ongeveer de helft bedraagt t.o.v. de Volkeraksluizen.

Table 3 Resultaten zware metalen in wolhandkrab monsters vlees uit het lijf. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis.

RIKILT nr	WMR nr	Locatie	Cadmium (mg/kg)	Lood (mg/kg)	Arseen (mg/kg)	Kwik (mg/kg)
200532676	2018/2299	Hollands Diep	0.28	0.057	1.6	0.027
200532677	2018/2426	Maas, Pernis	0.24	0.036	1.4	0.025
200532679	2018/2630	Volkerak, Volkeraksluizen	0.17	0.040	1.3	0.024
200532678	2018/2529	Volkerak, Krammersluizen	0.15	0.022	1.3	0.027
200539022	2018/2883	Noordzeekanaal	0.013	0.037	0.88	0.0087

4 Conclusies

In 2018 is de wolhandkrab afkomstig van verschillende locaties onderzocht op gehalten aan dioxines en PCB's, PFAS's en zware metalen. De onderzochte monsters betroffen steeds het vlees uit het lijf (ook aangeduid als het bruine vlees). Uit dit onderzoek blijkt het volgende:

- de gehalten varieerden van 8.9-30 pg TEQ/g voor de dioxines, 6.3-32 pg TEQ/g voor de dl-PCB's, 15-60 pg TEQ/g voor de totaal TEQ en 135-1078 ng/g voor het totaal aan ndl-PCB's;
- de locaties Hollands-Diep en Maas (Pernis) zijn het sterkst gecontamineerd, en de locatie Noordzeekanaal was het minst gecontamineerd;
- de dioxine en PCB-trendgrafieken laten variërende trends zien voor zowel de contaminanten als het vetgehalte voor de meeste locaties; de trends op beide Volkeraklocaties zijn daarentegen behoorlijk stabiel; zes verschillende PFAS's zijn aangetoond, waarvan PFOS de voornaamste is (7-14 ng/g), met een bijdrage van 46-60% aan het totaal;
- PFAS's gehalten in wolhandkrab van locatie Volkeraksluizen waren het hoogst en in wolhandkrab van het Noordzeekanaal het laagst;
- de gehalten van de metalen arseen, cadmium, lood en kwik varieerden als volgt: 0.013-0.28 mg/kg voor cadmium; 0.022-0.057 mg/kg voor lood; 0.009-0.027 mg/kg voor kwik en 0.88-1.6 mg/kg voor totaal arseen;
- wolhandkrab van de locatie Noordzeekanaal was het minst vervuild met metalen, met uitzondering van lood.

5 Aanbevelingen

- De trendgrafieken geven een goed beeld van het verloop van gehalten door de tijd. Er wordt aanbevolen om deze grafieken voortaan in de volgende edities van dit rapport ook op te nemen.
- Er is weinig bekend over de spreiding van PFAS's in individuele wolhandkrab, terwijl we van dioxines en PCB's hebben vastgesteld in het verleden dat er een groot verschil kan zitten tussen individuele krabben. Daarom wordt aanbevolen om PFAS's in individuele krabben te gaan meten.

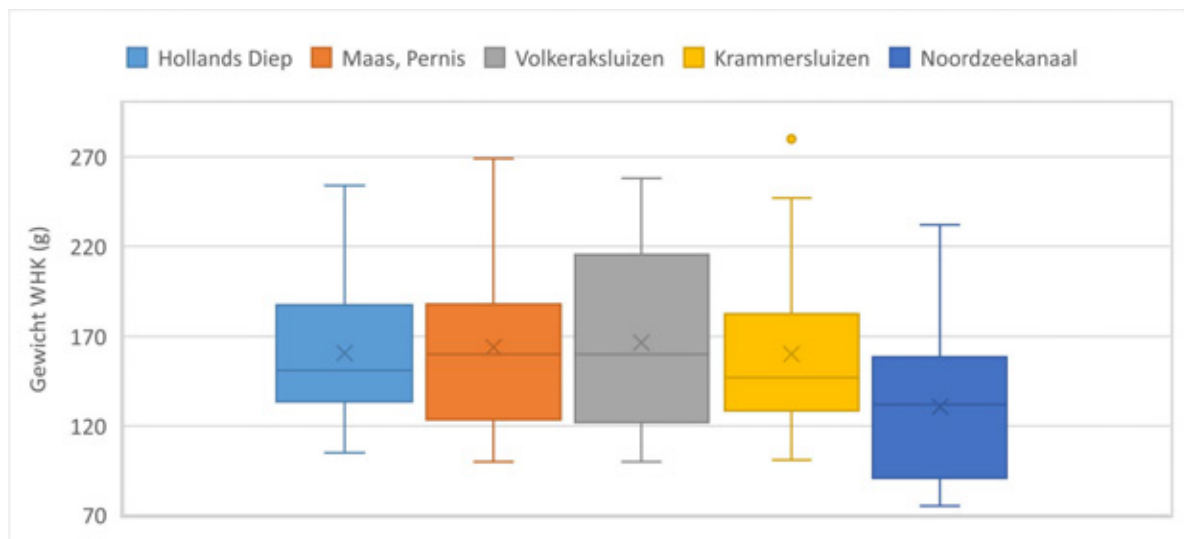
Literatuur

- Bakker, T., and W. Zaalmink. 2012. De Wolhandkrab: een Hollandse exoot. Een marktverkenning. Landbouw Economisch Instituut (LEI).
- Buck, R. C., J. Franklin, U. Berger, J. M. Conder, I. T. Cousins, P. de Voogt, A. A. Jensen, et al. 2011. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: terminology, classification, and origins. *Integr Environ Assess Manag* 7 (4): 513-41. <http://dx.doi.org/10.1002/ieam.258>.
- Brust, G.M.H., Hoogenboom, L.A.P., Kotterman, M.J.J., Leeuwen, S.P.J. van, 2018, Contaminanten in Chinese wolhandkrab : Resultaten van 2016 en 2017, RIKILT-rapport 2018.004, Wageningen University & Research
- Clark, P. F., D. N. Mortimer, R. J. Law, J. M. Avers, B. A. Cohen, D. Wood, M. D. Rose, A. R. Fernandes, and P. S. Rainbow. 2009. Dioxin and PCB Contamination in Chinese Mitten Crabs: Human Consumption as a Control Mechanism for an Invasive Species. *Environmental Science & Technology* 43 (5): 1624-1629. <http://dx.doi.org/10.1021/es802935a>.
- Hoek-van Nieuwenhuizen, M., C. J. A. F. Kwadijk, M. K. van der Lee, and L. A. P. Hoogenboom. 2012. Monitoring perfluor- en organotinverbindingen in kabeljauw- en heeklever: 2003-2010. Wageningen: IMARES Wageningen UR.
- Hoogenboom, R. L. A. P., M. J. J. Kotterman, M. Hoek-van Nieuwenhuizen, M. K. van der Lee, W. C. Mennes, S. M. F. Jeurissen, and S. P. J. van Leeuwen. 2015. Dioxins, PCBs and heavy metals in Chinese mitten crabs from Dutch rivers and lakes. *Chemosphere* 123: 1-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.10.055>.
- Kotterman, M. J. J., P. de Vries, S. P. J. van Leeuwen, and L. A. P. Hoogenboom. 2015. Dioxines en PCB's in Chinese wolhandkrab; invloed van grootte en variatie door het seizoen.
- Kotterman, M. J. J., M. K. van der Lee, and S. Bierman. 2012. Schatting percentage schone wolhandkrab in de gesloten gebieden. IMARES rapport C043/12, IMARES Wageningen UR.
- Noorlander, C. W., S. P. van Leeuwen, J. D. Te Biesebeek, M. J. Mengelers, and M. J. Zeilmaker. 2011. Levels of perfluorinated compounds in food and dietary intake of PFOS and PFOA in the Netherlands. *J Agric Food Chem* 59 (13): 7496-505. <http://dx.doi.org/10.1021/jf104943p>.
- Postma, J., Rozemeijer, M.J.C., en Schobben, J.C.M. 2013. De invloed van de waterbodem op de waterkwaliteitsdoelen van het Noordzeekanaal met specifieke aandacht voor de dioxineproblematiek. IMARES rapport C092/13, IMARES Wageningen UR.
- Teunen, L., C. Belpaire, F. Dardenne, R. Blust, and L. Bervoets. 2017. Veldstudie naar de monitoring van biota in het kader van de rapportage van de chemische toestand voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2016. Antwerpen: Universiteit Antwerpen (UA) in samenwerking met het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO), in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM).
- Van der Lee, M. K., S. P. J. van Leeuwen, M. J. J. Kotterman, and L. A. P. Hoogenboom. 2012. Contaminanten in Chinese wolhandkrab : onderzoek naar dioxines, PCB's en zware metalen in Chinese wolhandkrab, RIKILT rapport 2012.010, RIKILT Wageningen UR.
- Van Hattum, B., P. Nijssen, and J. F. Focant. 2013. Dioxines en PCB's in Chinese wolhandkrab uit het Benedenrivierengebied. Instituut voor Milieuvraagstukken (IVM).
- Van Leeuwen, S. P. J. 2017. Briefrapport 1726917/RIK Wolhandkrabonderzoek 2016. Wageningen: RIKILT.
- Van Leeuwen, S. P. J., L. A. P. Hoogenboom, and M. J. J. Kotterman. 2016. Contaminanten in Chinese Wolhandkrab: resultaten van 2015. RIKILT rapport 2016.012 Wageningen: RIKILT Wageningen UR.
- Van Leeuwen, S. P. J., M. J. J. Kotterman, M. K. van der Lee, and L. A. P. Hoogenboom. 2013. Dioxines en PCB's in Chinese wolhandkrab. RIKILT rapport 2013.005, RIKILT Wageningen UR.
- Van Leeuwen, S. P. J., Nijrolder, A.W.J.M., Hoogenboom, L.A.P. en Kotterman, M.J.J. 2019. Dioxines, dioxineachtige- en niet dioxineachtige PCB's in rode aal en schubvis uit Nederlandse binnenwateren - Resultaten van 2018, RIKILT rapport 2019.003, RIKILT Wageningen Research.
- Zafeiraki, E. Gebbink, W.A. Kwadijk, C., M. J. J. Kotterman, L. A. P. Hoogenboom en Van Leeuwen, S. P. J. 2019. Occurrence of perfluoroalkyl substances (PFASs) in a large number of wild and farmed aquatic animals collected in the Netherlands. *Geaccepteerd voor publicatie in Chemosphere*.

Bijlage 1 Biologische gegevens

Tabel B1 Biologische gegevens van wolhandkrab monsters in 2018.

Locatie	Datum monstername	Aantal man	Aantal vrouw	Gewicht (g)		
				Gemiddelde	Min	Max
Hollands Diep	26-10-2018	13	12	161	105	254
Maas, Pernis	1-11-2018	24	1	164	100	269
Volkerak, Volkeraksluizen	1-11-2018	17	8	166	100	258
Volkerak, Krammersluizen	1-11-2018	19	6	160	101	280
Noordzeekanaal	Niet bekend	11	2	131	75	232



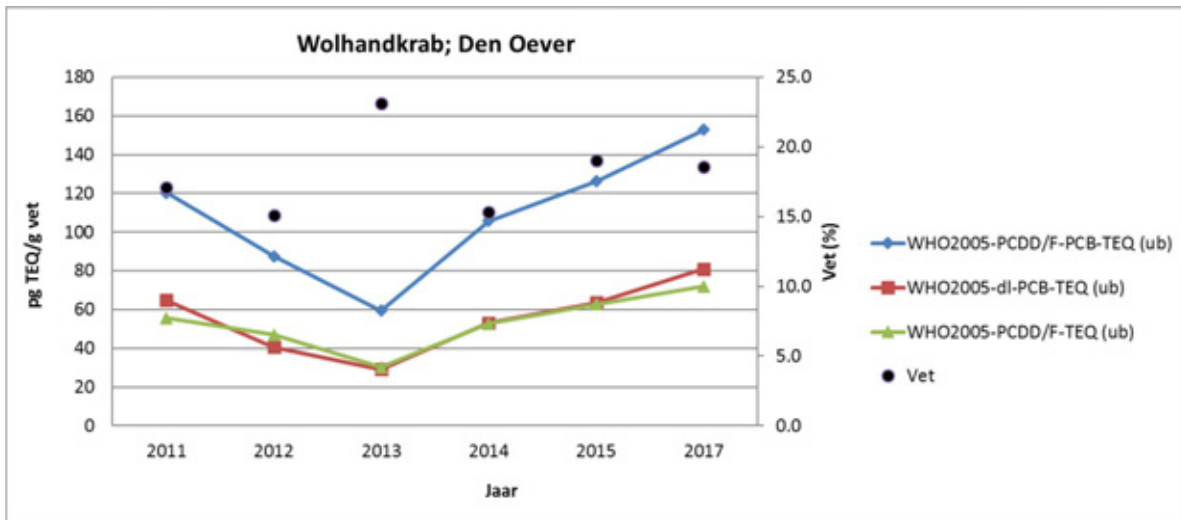
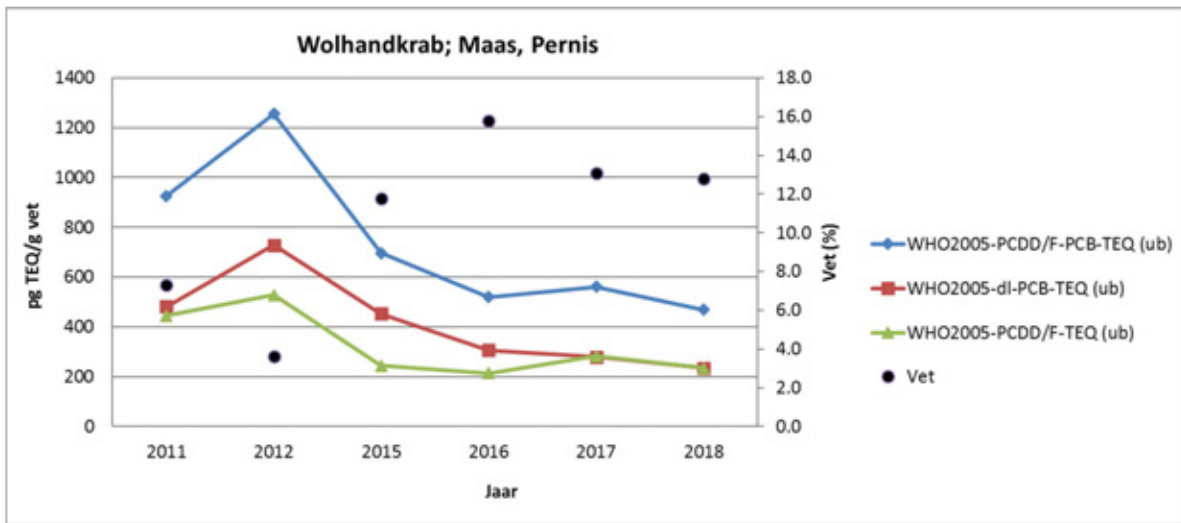
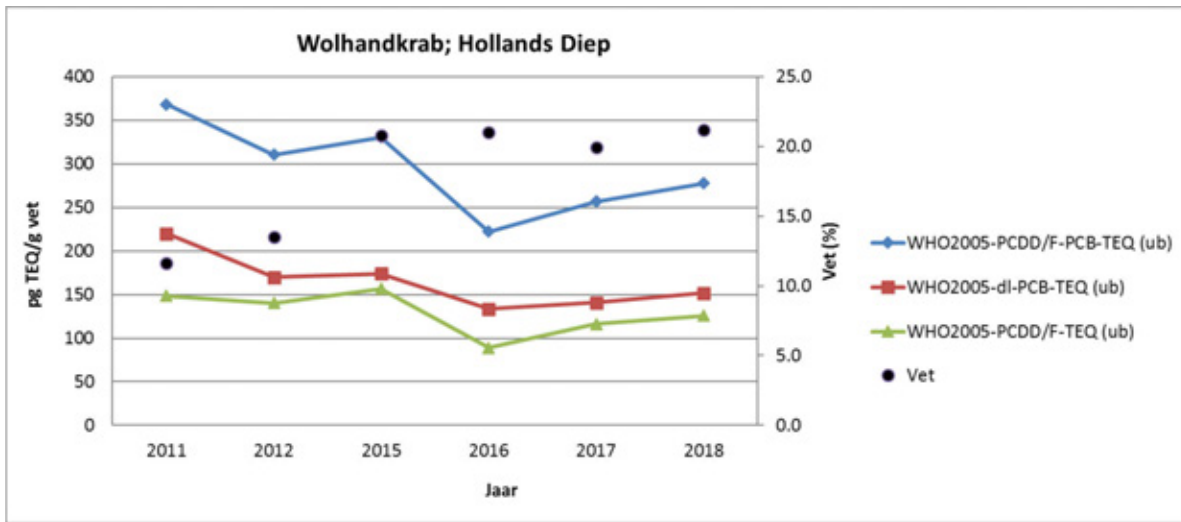
Figuur B1 Verdeling totaalgewichten wolhandkrab bemonsterd in 2018.

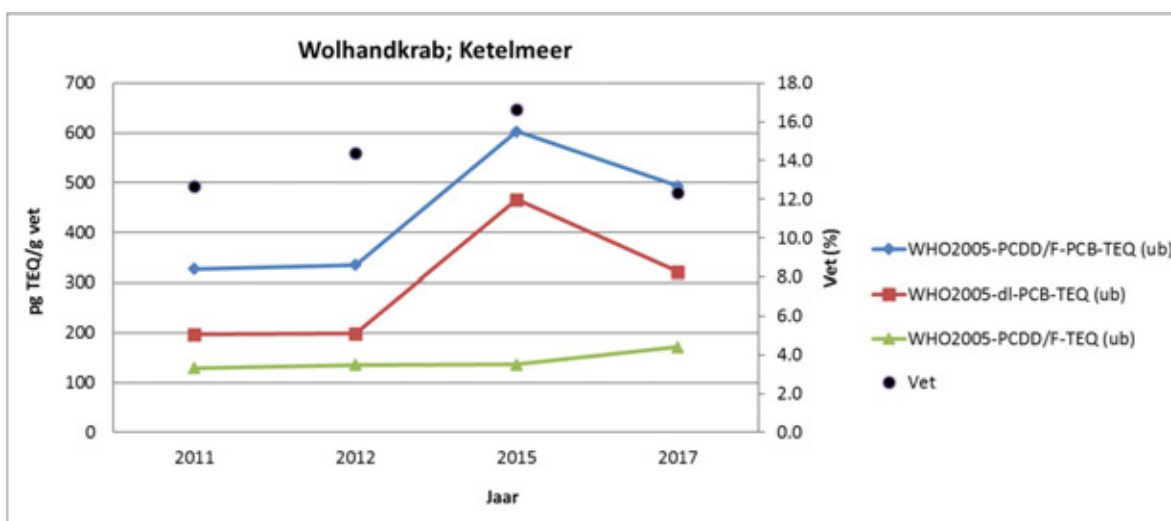
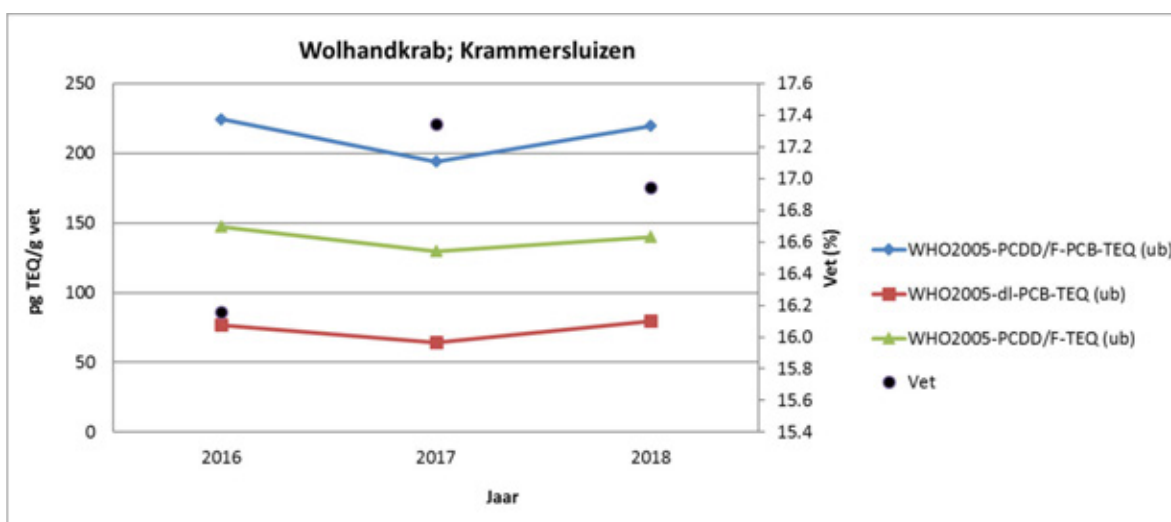
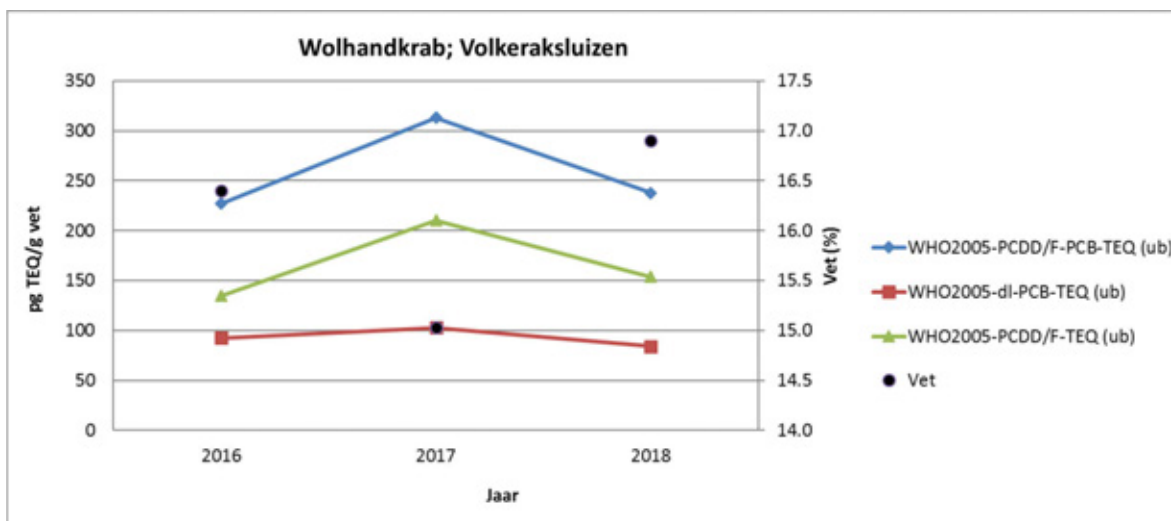
Bijlage 2 Resultaten dioxines en PCB's op vetbasis

Tabel B2 Gehaltes van dioxines en PCB's in wolhandkrab (vlees uit het lijf) bemonsterd in 2018. Resultaten zijn uitgedrukt op vetbasis.

RIKILT nr	WMR nr	Locatie	Vetgehalte (%)	PCDD/F-TEQ [ub]* pg TEQ/g vet	dl-PCB-TEQ [ub]* pg TEQ/g vet	Totaal TEQ pg TEQ/g vet	Totaal ndl-PCB's [ub] ng/g vet
200532676	2018/2299	Hollands Diep	21.2	126	152	277	5096
200532677	2018/2426	Maas, Pernis	12.8	235	234	469	7801
200532679	2018/2630	Volkerak, Volkeraksluizen	16.9	154	84.0	238	2618
200532678	2018/2529	Volkerak, Krammersluizen	16.9	140	79.8	220	2125
200539022	2018/2883	Noordzeekanaal	4.9	180	126	306	2718

*WHO2005





Figuur B2 Trends van gehalten van dioxines, PCB's en vet in wolhandkrab vlees uit het lijf op vetbasis. De jaartallen zijn niet altijd aansluitend; soms omdat dat jaar niet bemonsterd is op die locatie, of omdat geen goed monster verkregen werd.

Bijlage 3 Analyseresultaten voor vet, dioxines en PCB's in wolhandkrab

Tabel B3 *Individuele gehalten van de verschillende dioxines en PCB's in wolhandkrab (vlees uit het lijf) bemonsterd in 2018. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis.*

RIKILT nr	200532676	200532677	200532678	200532679	200539022
NR OPDRACHTGEVER	2018/2299	2018/2426	2018/2529	2018/2630	2018/2883
PRODUCT	Wolhandkrab	Wolhandkrab	Wolhandkrab	Wolhandkrab	Wolhandkrab
HERKOMST	Hollands Diep	Maas, Pernis	Krammersluizen	Volkeraksluizen	Noordzeekanaal
VETGEHALTE (%)	21.2	12.8	16.9	16.9	4.9
Dioxinen (A-0565)	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g
2,3,7,8-TCDF	50.5	45.9	35.8	36.8	11.3
1,2,3,7,8-PeCDF	14.1	16.8	7.41	8.3	2.9
2,3,4,7,8-PeCDF	16.5	17.6	22.7	23	10.2
1,2,3,4,7,8-HxCDF	26.2	29.6	10.1	12	4.64
1,2,3,6,7,8-HxCDF	8.8	10.4	5.61	6.22	2.05
2,3,4,6,7,8-HxCDF	5.04	4.96	4.39	4.75	1.33
1,2,3,7,8,9-HxCDF	2.46	<0.279	<0.163	0.187	<0.061
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	29.1	31.6	20.1	21.1	7.94
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	1.48	0.762	0.396	0.587	0.0569
OCDF	15.1	9.25	3.43	6.48	0.222
2,3,7,8-TCDD	9.46	12.6	8.83	10.8	2.13
1,2,3,7,8-PeCDD	1.46	1.57	1.42	1.32	1.1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.982	0.988	0.955	0.943	0.695
1,2,3,6,7,8-HxCDD	3.83	2.99	3.36	2.78	3.68
1,2,3,7,8,9-HxCDD	1.36	1.15	1.14	1.05	0.621
1,2,3,4,6,7,8,9-HpCDD	10.7	7.95	5.71	4.37	2.53
OCDD	11.8	8.08	2.72	3.41	1.24
WHO2005-PCDD/F-TEQ (lb)	26.6	30.0	23.7	26.0	8.91
WHO2005-PCDD/F-TEQ (ub)	26.6	30.0	23.7	26.0	8.92
Dioxine-like-PCB's	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g	pg/g
PCB 81	49.8	62	27.9	30.6	26.5
PCB 77	2380	2460	997	1160	577
PCB 126	264	238	112	115	51.5
PCB 169	27.7	30	15.5	16.5	5.72
PCB 123	<1740	<1580	<394	<739	<573
PCB 118	103000	113000	38700	46500	17900
PCB 114	1030	944	<269	<283	265
PCB 105	17700	18100	7100	7630	4670
PCB 167	11200	10900	4080	4940	1570
PCB 156	14000	15100	5660	6830	2910
PCB 157	2110	2540	1100	1290	506
PCB 189	1890	1830	951	1100	289
WHO2005-di-PCB-TEQ (lb)	32.0	29.8	13.5	14.2	6.23
WHO2005-di-PCB-TEQ (ub)	32.1	29.9	13.5	14.2	6.25
WHO2005-PCDD/F-PCB-TEQ (lb)	58.6	59.8	37.2	40.2	15.1
WHO2005-PCDD/F-PCB-TEQ (ub)	58.7	59.9	37.2	40.2	15.2
ndI-PCB's	ng/g	ng/g	ng/g	ng/g	ng/g
PCB 028	34.8	41.2	10.5	12.7	12
PCB 052	80.3	67.6	18	26.3	12.4
PCB 101	195	181	52.8	66.2	22.5
PCB 153	430	396	153	188	44
PCB 138	192	181	71.3	83.2	27.2
PCB 180	146	130	54.5	66	16.4
Totaal ndI-PCB's (lb)	1078	997	360	442	135
Totaal ndI-PCB's (ub)	1078	997	360	442	135
lb met lower bound detectiegrenzen					
ub met upper bound detectiegrenzen					

Bijlage 4 Resultaten PFAS's in wolhandkrab 2018

Tabel B4 *Individuele gehalten van de verschillende PFAS's in wolhandkrab (vlees uit het lijf) bemonsterd in 2018. Gehaltes zijn in ng/g product.*

RIKILT nr	WMR nr	Locatie	PFHxA	PFHpA	PFOA	PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA	PFHpS	PFOS	PFDS
200532676	2018/2299	Hollands Diep	<2.5	<0.25	<0.5	0.1	1.7	1.1	2.1	<0.5	10.1	<0.25
200532677	2018/2426	Maas, Pernis	<2.5	<0.25	<0.5	0.1	1.3	1.1	2.4	<0.5	8.6	<0.25
200532679	2018/2630	Volkeraksluizen	<2.5	<0.25	<0.5	0.2	2.5	1.8	2.6	<0.5	14.6	<0.25
200532678	2018/2529	Krammersluizen	<2.5	<0.25	<0.5	0.2	2.3	1.8	2.4	<0.5	8.9	<0.25
200539022	2018/2883	Noordzeekanaal	<2.5	<0.25	<0.5	0.1	1.4	1.0	2.9	<0.5	7.1	<0.25



Wageningen Food Safety Research
Postbus 230
6700 AE Wageningen
T 0317 48 02 56
www.wur.nl/food-safety-research

WFSR-rapport 2019.004

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Food Safety Research
Postbus 230
6700 AE Wageningen
T 0317 48 02 56
www.wur.nl/food-safety-research

WFSR-rapport 2019.004

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

