



Contaminanten in Chinese wolhandkrab

Resultaten van 2020

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



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Contaminanten in Chinese wolhandkrab

Resultaten van 2020

L.L. Leenders¹, A. Gerssen¹, A.W.J.M. Nijrolder¹, L.A.P. Hoogenboom¹, M.J.J. Kotterman², S.P.J. van Leeuwen¹

1 Wageningen Food Safety Research (WFSR)

2 Wageningen Marine Research (WMR)

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

Wageningen, juni 2021

WFSR-rapport 2021.009

L.L. Leenders, A. Gerssen, A.W.J.M. Nijrolder, L.A.P. Hoogenboom, M.J.J. Kotterman, S.P.J. van Leeuwen, 2021. *Contaminanten in Chinese wolhandkrab; Resultaten van 2020*. Wageningen, Wageningen Food Safety Research, WFSR-rapport 2021.009. 26 blz.; 4 fig.; 3 tab.; 15 ref.

Projectnummer: 1227207401

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/10.18174/548146> of op <http://www.wur.nl/food-safety-research> (onder WFSR publicaties).

© 2021 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 2021.009

Verzendlijst:

- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV): G. Mahabir L. Gorissen
- Ministerie voor Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS): A.I. Vilorio Alebesque
- Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit (NVWA): Y.M. Huigen; A.D. van der Linden; J.M. de Stoppelaar
- PO IJsselmeer/Visserijbond: D.J. Berends
- Sportvisserij Nederland: J. Quak
- RWS Waterdienst: C. Schmidt; A. Houben
- Wageningen Marine Research: M.J.J. Kotterman
- Wageningen Food Safety Research: A. Gerssen; A.W.J.M. Nijrolder; L.A.P. Hoogenboom; L.L. Leenders; S.P.J. van Leeuwen
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM): A. Bulder; J. van Klaveren
- NetVISwerk: J. Visser

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Materiaal en methoden	10
2.1	Monsternamen en voorbereiding	10
2.2	Analyse van dioxines en PCB's	10
2.2.1	Vetextractie	10
2.2.2	Opwerking geëxtraheerd vet met de DexTech	10
2.2.3	Bepaling van dioxines en PCB's	11
2.3	Analyse van PFAS's	11
2.3.1	Extractie	11
2.3.2	Opwerking extract	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 en arseen	12
2.4.3	Analyse van 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	15
3.4	Zware metalen	16
4	Conclusies	17
5	Aanbevelingen	18
	Literatuur	19
	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	24
	Bijlage 4 Resultaten PFAS's in wolhandkrab 2020	25

Samenvatting

In 2020 zijn monsters Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*; hierna wolhandkrab) onderzocht van de locaties Hollands Diep, Nieuwe Maas (Pernis) en Volkerak (Volkeraksluizen). Op deze locaties (de zogenaamd gesloten gebieden) is commerciële wolhandkrabvangst verboden. Van de locatie IJsselmeer (Kornwerderzand en Den Oever) kon geen monster verzameld worden omdat onvoldoende wolhandkrab gevangen werd. De contaminantgehalten in wolhandkrab van deze locaties is vergeleken met voorgaande jaren. Naast de dioxine- en polychloorbifenyyl (PCB)-gehalten zijn de gehalten aan zware metalen en per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS's) onderzocht. Binnen deze studie is alleen bruin vlees uit het lichaam van de wolhandkrab onderzocht. Vlees uit poten en scharen is in deze studie niet onderzocht omdat daarvan bekend is 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 2020 is onderzocht varieerden de gehalten van 14,3 – 36,7 pg TEQ/g product voor de dioxines, 16,9 – 31,1 pg TEQ/g product voor de dl-PCB's, 31,8 – 67,8 pg TEQ/g product voor de totaal-TEQ en 418 - 1040 ng/g product voor het totaal aan ndl-PCB's. De bijdrage van de dioxines aan de totaal-TEQ varieerde van 45-62%. De wolhandkrab gevangen op de locatie Nieuwe Maas (Pernis) is het sterkst gecontamineerd, die van locatie Hollands Diep heeft de laagste gehalten voor totaal-TEQ. De trendgrafieken van de dioxine-TEQ, PCB-TEQ en totaal-TEQ-gehalten voor de locaties Volkerak (Volkeraksluizen) en Nieuwe Maas (Pernis) zijn stabiel binnen een bandbreedte van 20-30% (op basis van 4 jaren), terwijl de wolhandkrab van Hollands Diep wat meer variatie laat zien, mede gezien de veel lagere gehalten van dit jaar.

De aanwezigheid van meerdere PFAS's is aangetoond, namelijk PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTTrDA, PFTeDA, PFOS en PFDS. De PFOS-gehalten waren het hoogst (3,6 - 20 ng/g). Wolhandkrab uit de Nieuwe Maas (Pernis) bevatte de hoogste PFAS-gehalten. Wat betreft de zware metalen in wolhandkrab varieerden de gehalten als volgt: 0,096 – 0,29 mg/kg voor cadmium; <0,050 – 0,052 mg/kg voor lood; 0,015 – 0,030 mg/kg voor kwik en 0,98 – 1,4 mg/kg voor totaal arseen. Er zijn geen ML's van toepassing op de onderzochte monsters omdat ook hier geldt dat er alleen ML's zijn voor de appendages (die niet zijn onderzocht). Omdat het in 2020 wederom niet gelukt is om wolhandkrab van diverse locaties uit het IJsselmeer te bemonsteren, wordt voorgesteld om de mogelijkheden te bekijken om dit alsnog in 2021 te realiseren.

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 van dit organisme (september t/m december) (Bakker en Zaalmink 2012; Kotterman et al. 2012): de wolhandkrab trekt dan uit het hele achterland, inclusief de stroomgebieden van de rivieren Maas en Rijn, richting 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, polychloorbifenylen (PCB's) en zware metalen. Dit werd duidelijk uit eerdere studies uit het Verenigd Koninkrijk en recentere studies uit Nederland (Clark et al. 2009; Van Hattum et al. 2013; Hoogeboom et al. 2015; Brust et al. 2018; van Leeuwen et al. 2019; Leenders et al. 2020). De contaminatie van het vlees uit de scharen en poten is beperkt en dat vlees voldoet in alle gevallen aan de maximum gehalten (maximum levels of ML's), ook in geval van wolhandkrab uit sterk gecontamineerde wateren. Dit komt onder andere door het lage vetgehalte in het vlees uit de poten en scharen. Het vlees uit het lijf (ook aangeduid als het bruine vlees) bevat veel vet, met name de hepatopancreeas. De lipofiele contaminanten hopen dan ook voornamelijk op in het vlees uit het lijf. Bij wolhandkrab wordt al het vlees uit appendages en uit het lijf geconsumeerd. 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 visserij op aal en wolhandkrab. Voor wolhandkrab is het voornemen om jaarlijks een aantal trendlocaties te bemonsteren. Dit betreft het Hollands-Diep, de Nieuwe Maas bij Pernis (hierna "Maas") en het IJsselmeer bij de sluizen van de afsluitdijk (Den Oever of Kornwerderzand). Aanvullend worden andere locaties bemonsterd. Deze monsters worden onder andere op dioxines en PCB's onderzocht. Zo kan de overheid de ontwikkeling van de gehalten op de diverse locaties monitoren. In de periode dat de wolhandkrab trekt om te paaien – in het najaar – kan hij goed gevangen worden en (mits toegestaan) aangeboden worden op de markt. Er is gekozen om als trendlocaties de belangrijkste uittrekgebieden te selecteren, zoals weergegeven in Figuur 1. Daarmee wordt ook het achterliggende stroomgebied afgedekt. In dit rapport wordt de monitoring van een aantal locaties, gemarkeerd in Figuur 1, beschreven. Een uitgebreide achtergrondbeschrijving van wolhandkrab, de contaminatie van wolhandkrab en de consumptie van wolhandkrab is te vinden in eerdere rapporten over dit onderwerp (Bakker en Zaalmink 2012; Kotterman et al. 2015).

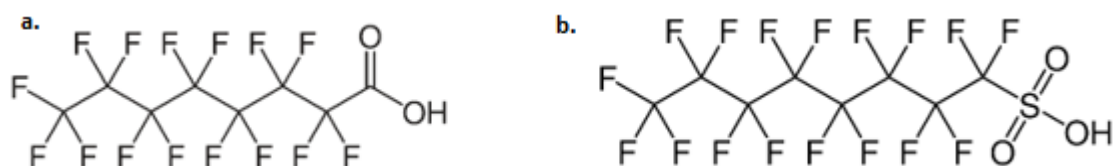


Figuur 1 Overzicht van trendlocaties voor monitoring van wolhandkrab. De blauw gemarkeerde wateren betreffen gebieden die sinds 2011 gesloten zijn voor visserij op aal en wolhandkrab. Sindsdien zijn nog enkele aanvullende locaties gesloten voor visserij¹.

In 2019 heeft het BuRO van de NVWA een risicobeoordeling uitgevoerd met betrekking tot de consumptie van wolhandkrab (NVWA BuRO 2019). Hierin zijn een aantal risicoscenario's ten aanzien van blootstelling aan dioxines en dl-PCB's beoordeeld. De conclusie luidde dat wanneer de oude referentiewaarde (tolerable weekly intake of TWI) van 14 pg per kg lichaamsgewicht per week gehanteerd werd, er enige ruimte was voor consumptie van wolhandkrab, uitgaande van een al aanwezige achtergrondblootstelling. Echter, wanneer de nieuwe door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA) in 2018 afgeleide TWI van 2 pg TEQ per kg lichaamsgewicht per week gehanteerd wordt, dan is er geen ruimte voor consumptie van wolhandkrab, omdat de achtergrondblootstelling al hoger is dan de referentiewaarde. In dat geval zijn gezondheidseffecten als gevolg van consumptie van krab (evenals andere gecontamineerde voedingsmiddelen) niet uit te sluiten. Er zijn nationaal en internationaal geen maximum gehalten (ML's) voor contaminanten in het vlees uit het lijf (bruine vlees) van krabben. Er zijn wel ML's voor de gehalten in het vlees uit de appendages, maar eerdere studies lieten zien dat deze ML's niet overschreden worden in de wolhandkrab van de diverse locaties.

In dit rapport worden de resultaten van wolhandkrab, gevangen in 2020, beschreven. De monsters van 2020 zijn onderzocht op dioxines, PCB's en zware metalen, alsmede op de aanwezigheid van per- en polyfluoroalkylverbindingen (PFAS's).

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 perfluorooctaan zuur (PFOA) en perfluorooctaansulfonaat (PFOS), beiden weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2 Chemische structuur van a. PFOA en b. PFOS.

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

Een aantal andere PFAS's zijn weergegeven in Tabel 1; deze hebben een vergelijkbare functionele groep maar een verschillende koolstofketenlengte. 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 worden gebruikt bij oppervlaktebehandelingen van bijvoorbeeld tapijten, textiel en leer, maar ook als surfactant in blusschuim en in de mijnbouw en olie-industrie. Door deze brede toepassingen komen ze wijd verspreid voor in ons milieu; in de grond, de lucht, het oppervlaktewater en het zeewater. Het onderwerp PFAS's is in 2019 en 2020 veelvuldig in het nieuws behandeld vanwege de contaminatie van grond en de gevolgen die dat had voor grondtransport in de bouwsector. PFOS en PFOA zijn Persistent Organic Pollutants (POPs)² vanwege hun persistente, bioaccumulatieve en toxische eigenschappen. PFOS en PFOA hopen niet op in vetten, zoals dioxines en PCB's, maar binden aan eiwitten in het bloed en de lever. PFAS's komen in ons voedsel voor (Noorlander et al. 2011) en zijn gevonden in een breed scala aan vissen, schaal- en schelpdieren (Zafeiraki et al. 2019). De EFSA heeft in 2020 een nieuwe risicobeoordeling ('opinion') opgesteld waarin de risico's van PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS via inname uit voeding zijn beoordeeld (EFSA, 2020). De keuze voor deze 4 PFAS's (EFSA 4) is gedaan omdat deze waren gemeten in de studies waarin er een verband met een verminderde afweerreactie bij kinderen werd aangetoond. Daarbij is uitgegaan van gelijke toxische potentie maar dit moet verder onderzocht worden, evenals of vergelijkbare PFAS's soortgelijke effecten kunnen hebben. Samen zorgen de 4 PFAS's voor de helft van de blootstelling. Op basis van de effecten is een TWI afgeleid van 4,4 ng/kg lichaamsgewicht per week opgesteld. Dit is fors lager dan de waardes gepubliceerd in 2008 (PFOA 1500 en PFOS 150 ng/kg lichaamsgewicht per dag). De nieuwe EFSA-opinie laat ook zien dat een groot deel van de Europese bevolking de veilig geachte inname overschrijdt. Daarbij is vis één van de belangrijkste bronnen. Voor PFAS's zijn geen ML's vastgesteld in het kader van EC 1881/2006. Het is echter niet uitgesloten dat dit op korte termijn alsnog gebeurt op basis van de recente EFSA-opinie uit 2020.

Tabel 1 *Overzicht van enkele bekende PFAS's. Componenten met een * horen bij de EFSA 4.*

Afkorting	Component
Zuren:	
PFBA	Perfluorobutaanzuur
PFPeA	Perfluoropentaanzuur
PFHxA	Perfluorohexaanzuur
PFHpA	Perfluoroheptaanzuur
PFOA*	Perfluorooctaanzuur
PFNA*	Perfluorononaanzuur
PFDA	Perfluorodecaanzuur
PFUnDA	Perfluoroundecaanzuur
PFDoDA	Perfluorododecaanzuur
PFTTrDA	Perfluorotridecaanzuur
PFTeDA	Perfluorotetradecaanzuur
Sulfonaten:	
PFBS	Perfluorobutaansulfonzuur
PFHxS*	Perfluorohexaansulfonzuur
PFHpS	Perfluoroheptaansulfonzuur
PFOS*	Perfluorooctaansulfonzuur
PFDS	perfluorodecaansulfonzuur
Overig:	
GenX (HFPO-DA)	Perfluor-2-propoxypropaanzuur

² <http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/AllPOPs/tabid/2509/Default.aspx>

2 Materiaal en methoden

2.1 Monstername en voorbereiding

Voor dit onderzoek is gekozen voor vangstlocaties binnen de voor de wolhandkrabvisserij gesloten gebieden (zie Figuur 1). In 2020 is bemonsterd bij de vangstlocaties Hollands-Diep, Maas (Pernis) en Volkerak (Volkeraksluizen). Voor de vangst werd gebruik gemaakt van beroepsvissers. In de gesloten gebieden vissen zij onder de vergunning van WMR, waarbij de locatie, vistuig en visserijdagen strak zijn geregeld. WMR is daarbij fysiek bij elke leging van de fuiken aanwezig. In geval van Pernis vist de visser onder eigen vergunning met staand wand op schubvis, maar de bijvangst van wolhandkrab wordt verzameld onder de vergunning van WMR. De locaties waar de wolhandkrab wordt verzameld, gedurende welke periode en voor hoe lang is daarom ook strak gereguleerd.

De vangstgegevens, inclusief biologische gegevens van de vangst zijn weergegeven in Bijlage 1. Als ondergrens werd een gewicht van 80 gram gehanteerd. Hoewel de grootte-range van de geselecteerde krab vergelijkbaar was voor de 3 locaties, zat er wel wat variatie in het gemiddelde, waarbij de Maas (Pernis) het laagste gemiddelde had.

Naast bovenstaande locaties was monstername in het IJsselmeer gepland op een aantal additionele locaties, om daarmee een beter beeld te krijgen van de variatie van (gehalten in) wolhandkrab in het IJsselmeer. Er zijn diverse manieren bekeken om deze monstername te realiseren, maar deze stuitten allen op bezwaren, met name omdat de herkomst van de krab niet gegarandeerd kon worden. Via tussenkomst van LNV was een visser gevonden die bereid was om naast Urk en bij Lemmer wolhandkrab te verzamelen. Deze visser heeft uiteindelijk geen wolhandkrab geleverd. Daarom wordt aanbevolen om in overleg met het ministerie van LNV een nieuwe monsternamestrategie te bedenken voor het IJsselmeer voor 2021.

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 mengmonster werd het vet geëxtraheerd en het percentage vet bepaald. Hiervoor werd 10 gram gemalen wolhandkrab overgebracht in een 500 ml fles waar 15 ml verzadigde natriumchloride oplossing, 100 ml iso-propanol en 120 ml cyclohexaan aan toegevoegd werd. Na ultraturrax en het toevoegen van 130 ml water werden de monsters gecentrifugeerd. Het organische extract werd afgescheiden, gefiltreerd over een trechter met natriumsulfaat en opgevangen in een vooraf gewogen kolf. De extractie werd tweemaal herhaald met 120 ml cyclohexaan. De cyclohexaanfase werden na centrifugeren gefiltreerd bij de voorgaande cyclohexaanfase in de vooraf gewogen kolf gevoegd. Het oplosmiddel (hexaan) werd met een rotorvapor verdampt, waarna het geëxtraheerde vet gedurende 1 nacht bij 60°C werd gedroogd. Na drogen werd het geëxtraheerde vet gewogen en het vetpercentage (extraheerbaar vet) in wolhandkrab kwantitatief bepaald.

2.2.2 Opwerking geëxtraheerd vet met de DexTech

Aan het gemalen en gehomogeniseerde monster (voordat de vetextractie plaatsvond) werd een bekende hoeveelheid van een mix van ¹³C-gelabelde interne standaarden toegevoegd. Na de vetextractie en het bepalen van het vetpercentage werd het vet opgelost in 15 ml hexaan. Vervolgens werd het monster gezuiverd door gebruik te maken van een DexTech systeem. Dit is een geautomatiseerd instrument dat gebruik maakt van vier opzuiveringskolommen. Ten eerste gaat het vet door een zure-silicakolom, waar het vet geoxideerd en verwijderd wordt. Vervolgens wordt het

eluaat over een gecombineerde silicakolom geleid, waar eventuele restanten vet verwijderd worden en het eluaat wordt geneutraliseerd. De derde kolom is een aluminiumoxide-kolom, die wordt gebruikt om de interfererende componenten uit het eluaat te verwijderen. De laatste kolom die gebruikt wordt, is een koolkolom. Het eluaat dat door de koolkolom elueert, bevat de mono-ortho gesubstitueerde en ndl-PCB's (fractie 'A'). De koolkolom wordt 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 injectiestandaarden toegevoegd. Voor de analyse van mono-ortho gesubstitueerde en ndl-PCB's werd fractie 'A' geconcentreerd tot een eindvolume van 5 ml. Fractie 'B' (dioxines en non-ortho gesubstitueerde PCB's) werd uiteindelijk geconcentreerd tot een eindvolume van 0.5 ml.

2.2.3 Bepaling van dioxines en PCB's

Een aliquot van fractie 'A' en 'B' werd achtereenvolgens met gaschromatografie-hoge resolutie massaspectrometrie (GC/HRMS) geanalyseerd. De GC (Agilent H6890+) was voorzien van een 60 meter capillaire kolom (DB-5-MS, ID=0.25 mm). Voor de detectie werd een "Waters – Autospec Premier" of een "Thermo – DFS Magnetic Sector" HRMS gebruikt. De apparatuur werd zodanig afgesteld dat de resolutie minimaal 10,000 eenheden was. Van zowel de natieve als de ¹³C-gelabelde congenen werden 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 ¹³C-isotoopgelabelde interne standaarden werd toegevoegd. Na toevoeging van 2 ml 200 mM natriumhydroxide voor alkalische digestie werden de componenten geëxtraheerd met 10 ml methanol. Na extractie werd er 100 µl mierenzuur toegevoegd. Na centrifugeren werd het supernatant overgeschonken in een schone kunststof buis en werd daaraan 25 ml Milli-Q water toegevoegd.

2.3.2 Opwerking extract

Het extract werd opgezuiverd met solid-phase extractie (SPE). De SPE cartridges (Strata-X-AW, Phenomenex) werden geconditioneerd met 8 ml methanol en 8 ml 0.04 M zoutzuur in Milli-Q water. Na toevoeging van het extract werd de SPE kolom achtereenvolgens gewassen met 5 ml natriumacetaat buffer pH 4 en 3 ml 0.04 M zoutzuur in methanol. De PFAS's werden van de cartridge geëluëerd met 5 ml 2% ammoniumhydroxide in acetonitril. Na droogdampen van het eluaat onder een stikstofstroom werd het residu opgelost in acetonitril. Na toevoeging van de mobiele fase van de vloeistofchromatograaf (LC) (2 mM ammoniumacetaat in Milli-Q water) en een injectiestandaardenmix (¹³C₈-PFOA en ¹³C₈-PFOS) werd de oplossing via een filter overgebracht in een LC-vial.

2.3.3 Kwantificering van PFAS's

De monsteroplossingen werden met LC-tandem massaspectrometrie (LC-MS/MS) geanalyseerd. De LC (Shimadzu) was voorzien van een reversed-phase kolom (Waters Acquity UPLC BEH C₁₈, 50 mm x 2.1 mm i.d., 1.7 µm deeltjes). De componenten werden gescheiden met een gradiënt van 2 mM ammoniumacetaat in Milli-Q water en acetonitril. Eventuele PFAS's vanuit het LC-systeem werden vertraagd over een isolatorkolom (Waters Symmetry C₁₈, 50 mm x 2.1 mm i.d., 5 µm deeltjes) zodat ze niet tegelijk met de PFAS's vanuit de monsteroplossingen werden gedetecteerd. Voor detectie werd een "Sciex QTRAP5500" MS/MS gebruikt, waarbij zowel de natieve als ¹³C-gelabelde verbindingen met behulp van specifieke massaovergangen werden gedetecteerd.

2.4 Analyse van zware metalen

2.4.1 Ontsluiting van zware metalen uit matrix

Voor zware metalen analyses van cadmium, lood, arseen en kwik werden de monsters wolhandkrab bij kamertemperatuur gehomogeniseerd. Vervolgens werd 1.5 gram monster ontsloten door het met 10 ml salpeterzuur (70%) in een afgesloten destructievaatje te verhitten in een magnetronoven. Na ontsluiting werden de monsters overgebracht in een maatkolf van 50 ml en aangevuld met Milli-Q water.

2.4.2 Analyse van cadmium, lood en arseen

Bij cadmium-, lood- en arseenmetingen werd gebruik gemaakt van een grafietoven- (GF) atomaire absorptie spectrometer (AAS). De atomaire absorptie van cadmium werd gemeten bij een golflengte van 228,8 nm, lood bij 283,3 nm en arseen bij 193,7 nm. De gehalten werden bepaald tegen een kalibratiecurve van standaardoplossingen met bekende concentraties.

2.4.3 Analyse van kwik

De kwikbepalingen werden uitgevoerd met behulp van koudedamp – atomaire fluorescentie spectrometrie met amalgaam bij een golflengte van 253,7 nm (Mercur). Het aanwezige kwik in de ontsloten monsters werd gereduceerd met tin(II)chloride tot metallisch kwik, vrij gemaakt van de oplossing, in dampvorm door een gascuvet geleid en met behulp van fluorescentie-spectrometrie met amalgaam bij een golflengte van 253,7 nm gemeten en gekwantificeerd.

2.5 Kwaliteitszorg

WMR IJmuiden beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer 187378-2015-AQ-NLD-RvA). De methodes van WFSR voor de analyse van dioxines en (n)dl-PCB's, alsmede de methode voor zware metalen zijn geaccrediteerd (Raad van Accreditatie (RvA), L014) volgens ISO 17025. De methode voor PFAS's is in 2019 volledig gevalideerd en sinds 2020 geaccrediteerd. Hoewel de methode specifiek voor wolhandkrab nog niet geaccrediteerd is wordt de kwaliteit geborgd. De methodes worden geborgd door analyse van gecertificeerde referentiematerialen, deelname aan diverse ringonderzoeken en de analyse (in elke batch monsters) van blanco's, gebruik van interne standaarden en recovery experimenten. Daarnaast is WFSR het nationaal referentie laboratorium voor analyse van dioxines, PCB's, PFAS's en andere POP's en zware metalen in voeding en diervoeders.

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 vlees, ook bij zwaar gecontamineerde krabben, ruim voldoet aan de geldende maximum gehalten voor totaal-TEQ en totaal-ndl-PCB's.

Tabel 2 Gehalten van dioxines en PCB's in wolhandkrab (vlees uit het lijf) bemonsterd in 2020. Gehalten zijn uitgedrukt op productbasis. Alle locaties betreffen gesloten gebied.

WFSR nr.	WMR nr. 2020/	Vangstlocatie	Vet (%)	PCDD/F- TEQ (ub)* (pg/g)	dl-PCB-TEQ (ub)* (pg/g)	Totaal TEQ (pg/g)	Totaal ndl- PCB's (ub) (ng/g)
200614804	2790	Volkerak, Volkeraksluizen	15,9	27,3	16,9	44,2	418
200614805	2668	Hollands Diep	13,4	14,3	17,5	31,8	597
200614806	2567	Maas, Pernis	15,6	36,7	31,1	67,8	1040

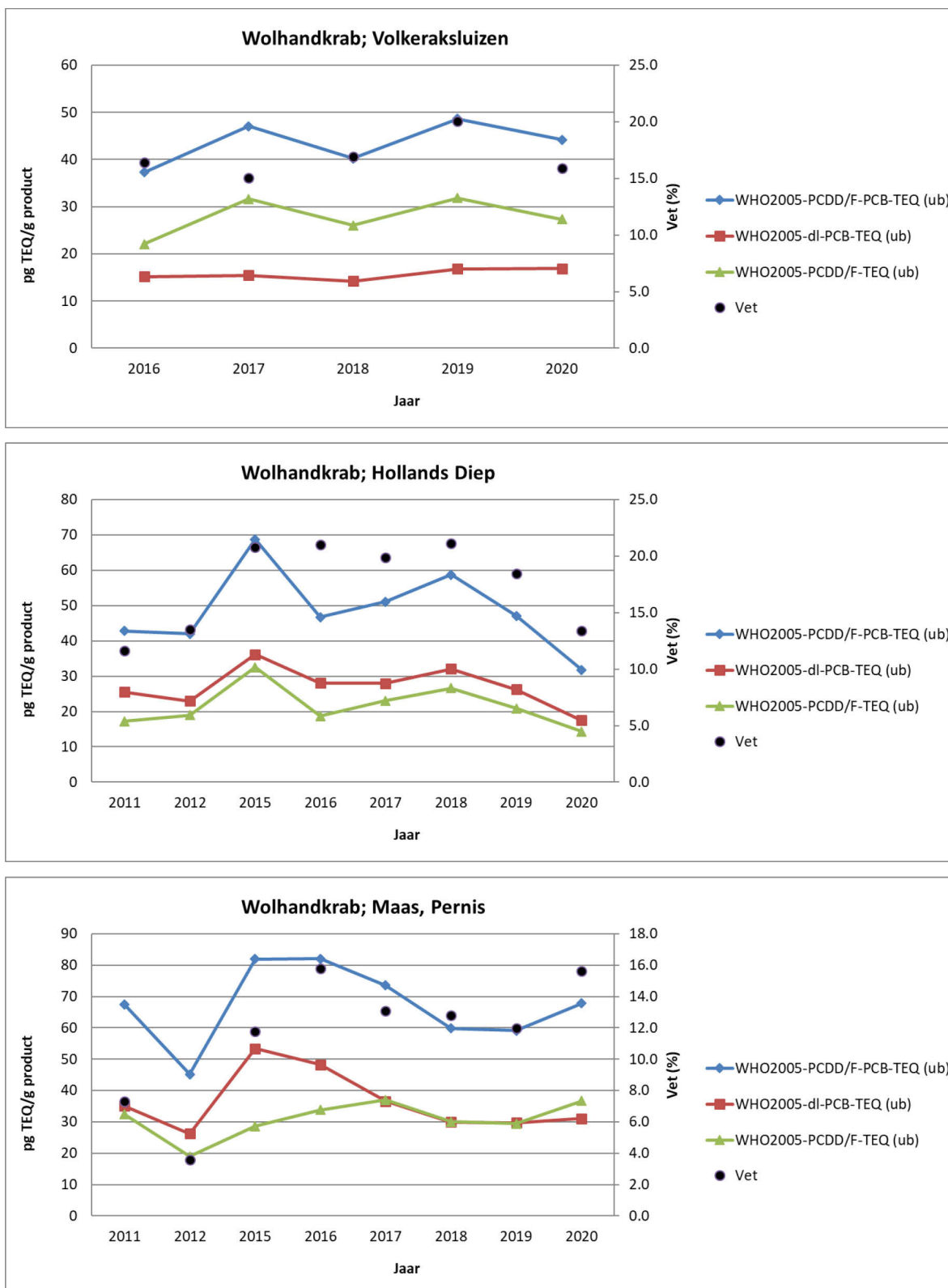
*gebaseerd op WHO2005-TEFs

De meest gecontamineerde wolhandkrab was afkomstig uit de Maas (Pernis). De gehalten liggen in dezelfde lijn als in voorgaande jaren (van Leeuwen et al. 2016; Brust et al. 2018; van Leeuwen et al. 2019; Leenders et al. 2020). De gehalten in wolhandkrab variëren van jaar tot jaar, onder andere doordat de wolhandkrab gevangen wordt op het moment dat hij migreert. De wolhandkrab kan daardoor afkomstig zijn van een andere locatie dan in de voorgaande jaren.

3.2 Trends voor dioxines en PCB's

In dit rapport zijn, net als in 2019, 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 te realiseren dat wolhandkrab gevangen wordt op het moment van de trektijd; de wolhandkrab kan dus van diverse locaties stroomopwaarts komen. Dit in tegenstelling tot de rode aal, waarvan bekend is dat die op het moment van vangst voor het monitoringsprogramma, een lokale oorsprong heeft. Het gevolg hiervan is dat er bij wolhandkrab mogelijk meer variatie in de gehalten zit in de opeenvolgende jaren.

In Figuur 3 zijn de trends voor de in 2020 bemonsterde locaties weergegeven. In 2020 kon geen monster van de locatie IJsselmeer (sluizen van Den Oever of Kornwerderzand) verkregen worden. Daarom is van die locatie hieronder geen trendgrafiek weergegeven.



Figuur 3 Trends van gehalten dioxines, dl-PCB's, totaal-TEQ 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.

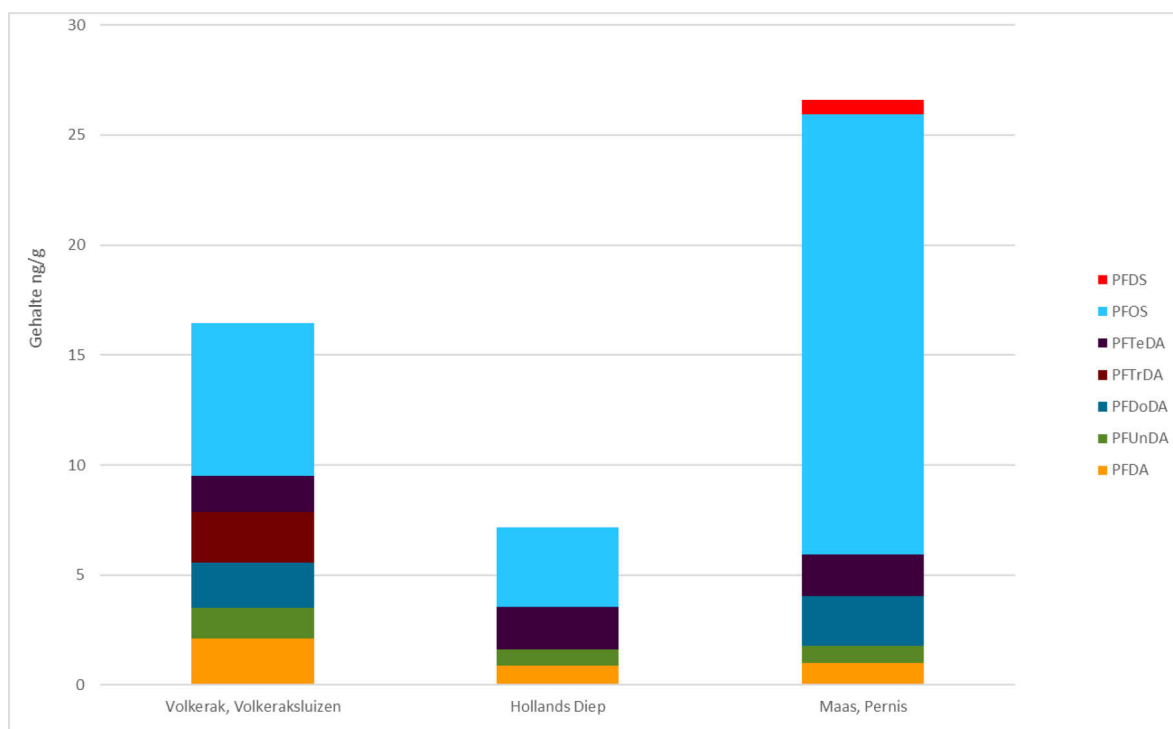
De trendgrafieken laten een variatie zien binnen een bandbreedte van circa 20-30% over de laatste jaren voor de locaties Volkeraksluizen en Maas (Pernis). Dat geldt voor zowel de gehalten van dioxine-TEQ, dl-PCB-TEQ, totaal-TEQ, maar ook voor het vetgehalte en de bijdrage van dioxines of PCB's aan de totaal-TEQ. Bij het Hollands Diep is de variatie groter omdat de contaminantgehalten dit jaar substantieel lager zijn dan in voorgaande jaren. Ook het vetgehalte op die locatie is dit jaar lager. Het is niet duidelijk wat hiervan de oorzaak is. De totaal-TEQ-gehalten in het Volkerak zijn voor het eerst

in 2020 hoger dan het naastgelegen Hollands Diep, mogelijk omdat door de aanwezigheid van de Volkeraksluizen er weinig uittrek is vanuit het Hollands Diep. Verder valt op dat op de locatie Hollands Diep de bijdrage van de dl-PCB's aan het totaal-TEQ-gehalte iets hoger is dan de dioxines, terwijl op de locatie in het Volkerak, de dioxine-TEQ het totaal-TEQ-gehalte domineert. Dit suggereert wederom dat de populatie wolhandkrab in het Volkerak in bepaalde mate geïsoleerd is van die uit het Hollands Diep, mogelijk omdat die jaarlijks dezelfde migratieroute volgen. Daarnaast valt op dat bij de locatie Maas (Pernis) de bijdrage van de dioxine-TEQ en dl-PCB-TEQ aan de totaal-TEQ bijna gelijk is, en dat al gedurende 4 jaar op rij. In Bijlage 2 zijn de trendgrafieken op vetbasis weergegeven. Op vetbasis verlopen de gehalten ongeveer als volgt: Maas (Pernis) > Hollands Diep \approx Volkeraksluizen.

3.3 PFAS's

De volledige PFAS-resultaten van de metingen verricht in 2020 staan in Bijlage 4. Diverse PFAS's zijn aangetoond in de wolhandkrabmonsters van 2020: PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTeDA, PFTrDA, PFOS en PFDS. De PFOS-gehalten zijn met 3,6-20 ng/g op alle locaties het hoogst (Figuur 4). De bijdrage van PFOS aan het totaal varieert van 40 tot 80%. Dat PFOS vaak domineert blijkt ook uit eerdere studies over wolhandkrab (Brust et al. 2018; van Leeuwen et al. 2019; Leenders et al. 2020) en studies naar andere vis, schaal en schelpdieren (Zafeiraki et al. 2019). Van de drie onderzochte locaties bevat wolhandkrab gevangen in de Maas bij Pernis de hoogste gehalten.

Met betrekking tot trends van gehalten in de tijd zijn de totaalgehalten in Figuur 4 vergelijkbaar met voorgaande jaren voor de locaties Volkeraksluizen en Hollands Diep. Dit jaar laat de wolhandkrab van de locatie Maas (Pernis) fors hogere gehalten zien dan in voorgaande jaren. Het is niet duidelijk wat de oorzaak hiervan is.



Figuur 4 PFAS-gehalten in wolhandkrab bemonsterd in 2020.

De EFSA heeft een TWI afgeleid voor de som van 4 PFAS's, te weten PFOA, PFNA, PFHxS en PFOS. PFOA, PFNA en PFHxS zijn in mindere bioaccumulatief, en stapelen in mindere mate dan PFOS of de andere componenten in Figuur 4. De gehalten van PFOA, PFNA en PFHxS waren allen <LOQ, en zijn daarom niet opgenomen in Figuur 4. Voor wolhandkrab is alleen de bijdrage van PFOS aan de blootstelling relevant, terwijl voor andere voedingsmiddelen andere PFAS's ook een belangrijke bijdrage leveren (EFSA, 2020).

3.4 Zware metalen

De gehalten zware metalen in het vlees uit het lijf van de wolhandkrab die in 2020 is verzameld, zijn weergegeven in Tabel 3. De arseengehalten vertoonden weinig variatie (0.98 – 1.4 mg/kg), evenals kwik (0.015 – 0.030 mg/kg). De variatie in cadmium is iets groter (zie Tabel 3). De locatie Maas, Pernis wijkt af van de andere locaties met een iets lager cadmium-, arseen- en kwikgehalte. Voor zware metalen in witvlees van krabben gelden ML's (EG/1881/2006), maar niet voor het vlees uit het lijf.

Tabel 3 Gehalten zware metalen in wolhandkrab monsters vlees uit het lijf. Gehalten zijn uitgedrukt op productbasis.

WFSR nr.	WMR nr. 2020/	Vangstlocatie	Cadmium (mg/kg)	Lood (mg/kg)	Arseen (mg/kg)	Kwik (mg/kg)
200614804	2790	Volkerak, Volkeraksluizen	0.16	<0.050	1.1	0.030
200614805	2668	Hollands Diep	0.29	0.052	1.4	0.019
200614806	2567	Maas, Pernis	0.096	<0.050	0.98	0.015

4 Conclusies

In 2020 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. Uit dit onderzoek blijkt het volgende:

- de gehalten varieerden van 14,3-36,7 pg TEQ/g voor de dioxines, 16,9 – 31,1 pg TEQ/g voor de dl-PCB's, 31,8 – 67,8 pg TEQ/g voor de totaal-TEQ en 418 - 1040 ng/g voor het totaal aan ndl-PCB's;
- de wolhandkrab afkomstig van locatie Maas (Pernis) is het sterkst gecontamineerd, en de wolhandkrab van locatie Hollands Diep is het minst gecontamineerd met dioxines en dl-PCB's;
- de dioxine en PCB-trends in de wolhandkrab zijn redelijk stabiel over de laatste 4 jaren op de locaties Volkerak (Volkeraksluizen) en Maas (Pernis). De gehalten op de locatie Hollands Diep zijn lager dan voorgaande jaren;
- er zijn zeven verschillende PFAS's aangetoond, gehalten variëren van 7.2 tot 26.6 ng/g product voor de som van deze PFAS's. PFOS domineert het profiel met een bijdrage aan de som van circa 40-80%;
- PFAS-gehalten in wolhandkrab van locatie Maas (Pernis) waren het hoogst en op locatie Hollands Diep het laagst, dit is vergelijkbaar met voorgaande jaren;
- de gehalten van de metalen arseen, cadmium, lood en kwik variëren als volgt: 0.096-0.29 mg/kg voor cadmium; <0.050 – 0.052 mg/kg voor lood; 0.015-0.030 mg/kg voor kwik en 0.98-1.4 mg/kg voor totaal arseen. De gehalten in wolhandkrab van de locatie Maas (Pernis) zijn wat lager dan van de andere twee locaties.

5 Aanbevelingen

- Het is in 2020, net als in 2019, niet gelukt om meerdere monsters wolhandkrab uit het IJsselmeer te nemen. Daarom wordt aanbevolen om in 2021 de monsternamestrategie aan te passen zodat monsternamen in de (nabije) toekomst wel gerealiseerd kan worden en er een gedetailleerder beeld ontstaat van de contaminatie van wolhandkrab op verschillende locaties in het IJsselmeer.
- Er is weinig bekend over de spreiding van PFAS's in individuele wolhandkrab. Daarom wordt aanbevolen om PFAS's in individuele wolhandkrabben te gaan meten.

Literatuur

Bakker, T., Zaalmink, W. (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., Hoogeboom, 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.

Clark, P. F., Avers, J.M., Cohen, B.A., Fernandes, R., Law, R.J., Rainbow, P.S., Rose, M.D., Wood, D. (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>.

European Food Safety Authority (EFSA) 2008. "Perfluorooctane sulfonate (PFOS), perfluorooctanoic acid (PFOA) and their salts Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain" *The EFSA journal* 6 (7) 653.

European Food Safety Authority (EFSA) 2020. "Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food" *The EFSA journal* 18 (9) e06223.

Hattum, B. van, Focant, J.F., Nijssen, P. (2013). "Dioxines en PCB's in Chinese wolhandkrab uit het Benedenrivierengebied." Instituut voor Milieuvraagstukken (IVM). Rapport R-13/06.

Hoogenboom, L.A.P., Hoek-van Nieuwenhuizen, M., Jeurissen, S.M.F., Kotterman, M.J.J., Lee, M.K. van der, Leeuwen, S.P.J. van, Mennes, W.C. (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., Bierman, S., Lee, M.K. van der (2012). "Schatting percentage schone wolhandkrab in de gesloten gebieden." WMR-rapport C043/12.

Kotterman, M.J.J., Hoogeboom, L.A.P., Leeuwen, S.P.J. van, Vries, P. de (2015). "Dioxines en PCB's in Chinese wolhandkrab; invloed van grootte en variatie door het seizoen." WMR-rapport C057/15.

Leenders, L.L., Gerssen, A., Nijrolder, A.W.J.M, Hoogeboom, L.A.P., Kotterman, M.J.J. en Leeuwen, S.P.J. van (2020). "Contaminanten in rode aal uit Nederlandse binnenwateren; Resultaten van 2019" WFSR-rapport 2020.010.

Leeuwen, S.P.J. van, Hoogenboom, L.A.P., Kotterman, M.J.J., Nijrolder, A.W.J.M. (2019). "Contaminanten in Chinese wolhandkrab; Resultaten van 2018." WFSR-rapport 2019.004.

Noorlander, C.W., Biesebeek, J.D. te, Leeuwen, S.P.J. van, Mengelers, M.J., Zeilmaker, M.J. (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>.

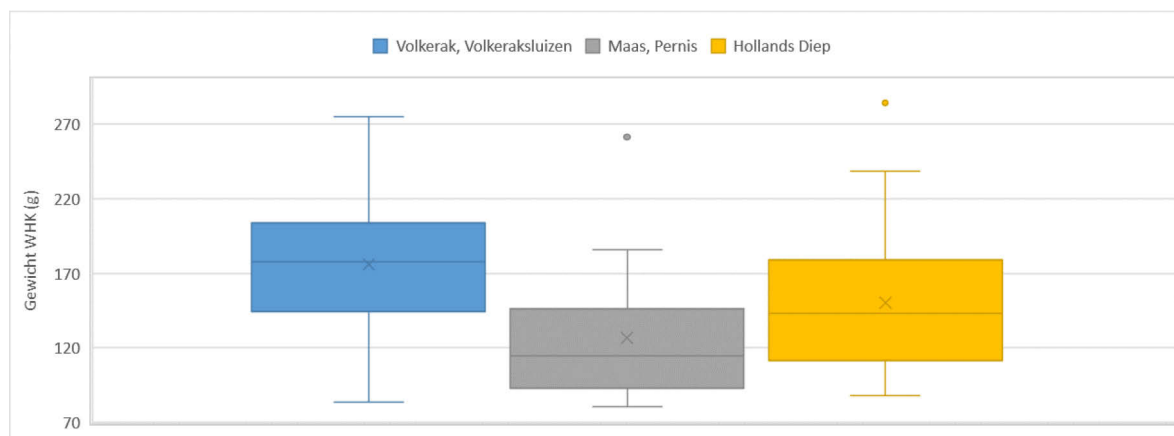
NVWA BuRO (2019). Advies over de risico's van consumptie van vlees van het lijf (bruinvlees) van de Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*) voor de Nederlandse consument, Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit, Bureau voor Risicobeoordeling, Utrecht, Documentnummer TRCNVWA/2019/3583.

Zafeiraki, E., Gebbink, W.A., Hoogenboom, L.A.P., Kotterman, M. Kwadijk, C., Dassenakis, E., 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" *Chemosphere*, 232, 415-423.

Bijlage 1 Biologische gegevens

Tabel B1 Biologische gegevens van wolhandkrabmonsters in 2020.

Locatie	Datum monstername	Aantal man	Aantal vrouw	Gewicht (g)		
				Gemiddelde	Min	Max
Volkerak, Volkeraksluizen	26-11-2020	21	4	176	84	275
Hollands Diep	12-11-2020	18	7	150	88	284
Maas, Pernis	02-11-2020	25	0	127	81	261



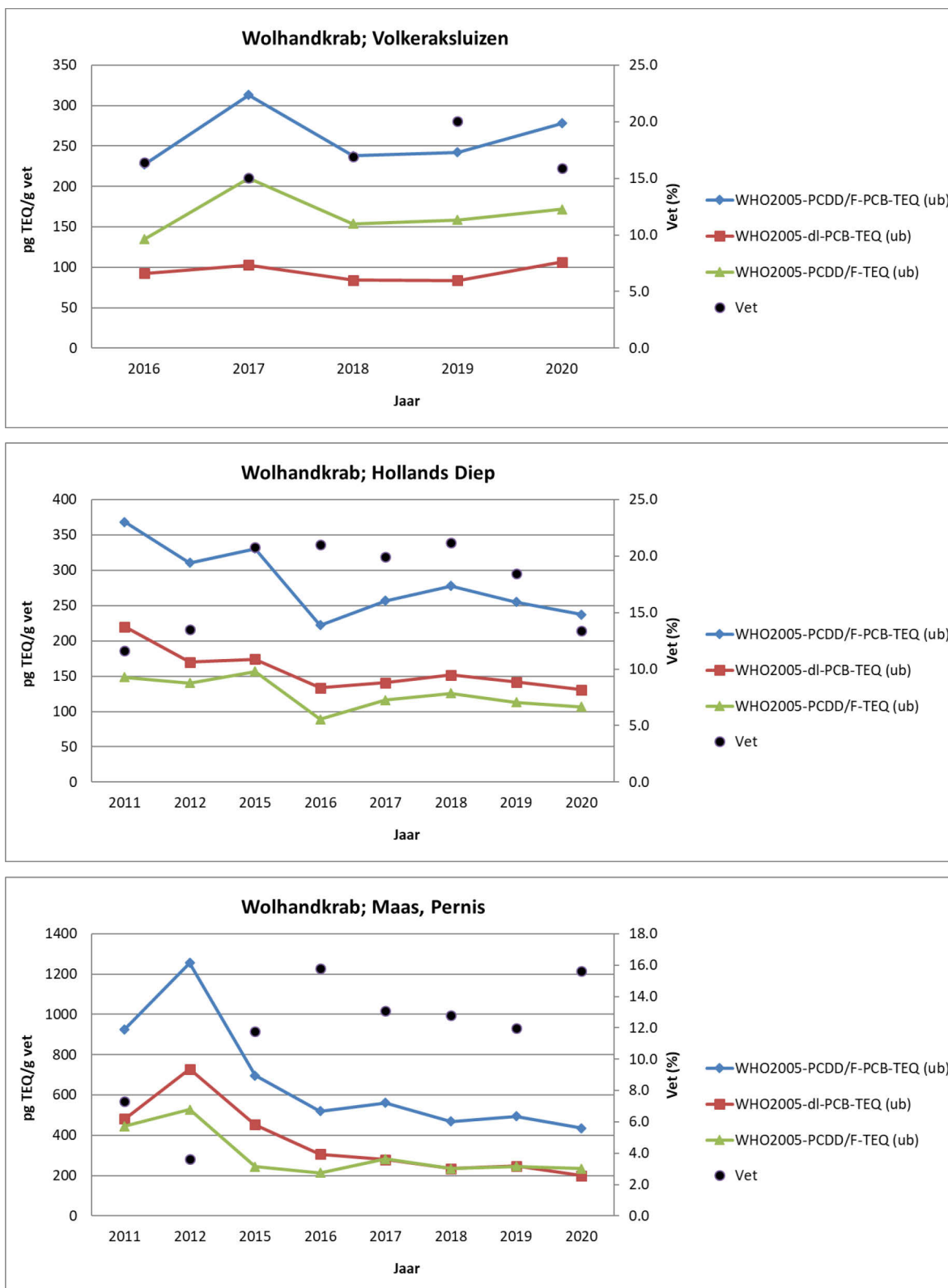
Figuur B1 Verdeling totaalgewichten wolhandkrab bemonsterd in 2020.

Bijlage 2 Resultaten dioxines en PCB's op vetbasis

Tabel B2 Gehalten van dioxines en PCB's in wolhandkrab (vlees uit het lijf) bemonsterd in 2020. Resultaten zijn uitgedrukt op vetbasis.

WFSR nr.	WMR nr. 2020/	Vangstlocatie	Vet (%)	PCDD/F-TEQ (ub)* (pg/g)	dl-PCB-TEQ (ub)* (pg/g)	Totaal TEQ (pg/g)	Totaal ndl- PCB's (ub) (ng/g)
200614804	2790	Volkerak, Volkeraksluizen	15.9	172	106	278	2629
200614805	2668	Hollands Diep	13.4	107	131	237	4455
200614806	2567	Maas, Pernis	15.6	235	199	435	6667

*gebaseerd op WHO2005-TEF's



Figuur B2 Trends van gehalten dioxines, PCB's, totaal-TEQ 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 2020. Resultaten zijn uitgedrukt op productbasis.*

WFSR nr	200614804	200614805	200614806
Opdrachtgevern	2020/2790	2020/2668	2020/2567
Product	Wolhandkrab	Wolhandkrab	Wolhandkrab
Herkomst	Volkeraksluizen	Hollands Diep	Maas, Pernis
Vetgehalte (%)	15.9	13.4	15.6
Dioxins (A0565)	pg/g	pg/g	pg/g
2,3,7,8-TCDF	41.4	30.7	54.0
1,2,3,7,8-PeCDF	9.1	8.04	15.90
2,3,4,7,8-PeCDF	22.1	10.1	18.6
1,2,3,4,7,8-HxCDF	12.8	14.3	28.0
1,2,3,6,7,8-HxCDF	6.42	4.53	10.70
2,3,4,6,7,8-HxCDF	5.12	2.61	5.91
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.836	0.830	1.470
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	24.6	14.3	35.3
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.56	0.72	0.99
OCDF	5.8	7.45	9.5
2,3,7,8-TCDD	11.50	4.3	17.6
1,2,3,7,8-PeCDD	1.50	0.97	1.97
1,2,3,4,7,8-HxCDD	1.040	0.540	1.13
1,2,3,6,7,8-HxCDD	2.89	1.80	3.82
1,2,3,7,8,9-HxCDD	1.060	0.573	1.27
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	4.56	5.17	7.12
OCDD	3.0	7.05	7.26
WHO2005-PCDD/F-TEQ (lb)	27.3	14.3	36.7
WHO2005-PCDD/F-TEQ (ub)	27.3	14.3	36.7
Dioxine-like-PCB's	pg/g	pg/g	pg/g
PCB 081	32.9	47.2	63.9
PCB 077	1270	1690	2990
PCB 126	139	142	240
PCB 169	19.3	16.1	31.7
PCB 123	<132	<203	<244
PCB 118	51100	59800	138000
PCB 114	355	724	1320
PCB 105	8270	11300	22300
PCB 167	4460	5940	10700
PCB 156	7080	8060	16100
PCB 157	1370	1480	3290
PCB 189	1110	1080	1750
WHO2005-dl-PCB-TEQ (lb)	16.9	17.5	31.1
WHO2005-dl-PCB-TEQ (ub)	16.9	17.5	31.1
WHO2005-PCDD/F-PCB-TEQ (lb)	44.2	31.8	67.8
WHO2005-PCDD/F-PCB-TEQ (ub)	44.2	31.8	67.8
Non-dioxine-like-PCB's	ng/g	ng/g	ng/g
PCB 028	8.5	10.20	35.9
PCB 052	24.7	36.4	98.9
PCB 101	67	100.0	232.0
PCB 153	178	266	401
PCB 138	79	98.6	178.0
PCB 180	61	86.0	96.7
Totaal ndl-PCB's (lb)	418	597	1040
Totaal ndl-PCB's (ub)	418	597	1040

*lb met lower bound detectiegrenzen

**ub met upperbound detectiegrenzen

Bijlage 4 Resultaten PFAS's in wolhandkrab 2020

Tabel B4 Individuele gehalten van de verschillende PFAS's in wolhandkrab (vlees uit het lijf) bemonsterd in 2020. Gehalten zijn in ng/g product. Componenten met * zijn EFSA 4.

WFSR nr.	WMR nr. 2020/	Locatie	PFHxA	PFHpA	PFOA*	PFNA*	PFDA	PFUnDA	PFDoDA	PFTrDA	PFTeDA	PFHxS*	PFHpS	PFOS*	PFDS
200614804	2790	Volkerak, Volkeraksluizen	<2.0	<2.0	<0.50	<0.50	2.1	1.4	2.0	2.3	1.6	<0.50	<0.20	7.0	<0.50
200614805	2668	Hollands Diep	<2.0	<2.0	<0.50	<0.50	0.86	0.77	<2.0	<2.0	1.9	<0.50	<0.20	3.6	<0.50
200614806	2567	Maas, Pernis	<2.0	<2.0	<0.50	<0.50	1.0	0.77	2.2	<2.0	1.9	<0.50	<0.20	20	0.67

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

WFSR-rapport 2021.009

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, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 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 2021.009

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, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 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.

