



# Rivierkreeften in beeld

Verkenning naar verontreinigingen in rivierkreeften uit het beheergebied van Hoogheemraadschap Delfland

Ivo Roessink, Laura Buijse, Marie-Claire Boerwinkel, Fabrice Ottburg



# Rivierkreeften in beeld

Verkenning naar verontreinigingen in rivierkreeften uit het beheergebied van Hoogheemraadschap Delfland

Ivo Roessink, Laura Buijse, Marie-Claire Boerwinkel, Nina Jansen, Fabrice Ottburg

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research, in opdracht van Hoogheemraadschap Delfland.

Wageningen Environmental Research  
Wageningen, september 2023

---

Gereviewd door:  
Steven Droge, Senior Researcher (ERA)

Akkoord voor publicatie:  
Sara Ahrari, teamleider van Team Environmental Risk Assessment

Rapport 3290  
ISSN 1566-7197

---

Roessink, I., L. Buijse, M.-C. Boerwinkel, N. Jansen, F.G.W.A. Ottburg, 2023. *Rivierkreeften in beeld; Verkenning naar verontreinigingen in rivierkreeften uit het beheergebied van Hoogheemraadschap Delfland*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3290. 28 blz.; 6 fig.; 3 tab.; 18 ref.

Dit rapport betreft een verkenning naar de gehalten aan verontreinigingen in rivierkreeften uit vier locaties van Hoogheemraadschap Delfland. Het betrof in alle gevallen monsters van de rode Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus clarkii*) verzameld en geanalyseerd op zware metalen, dioxines, PCB's en PFAS's. Om gevonden waarden te duiden werden deze, waar mogelijk, vergeleken met de van toepassing zijnde maximum gehalten en toereerbare wekelijkse inname.

This report investigates the levels of heavy metals, dioxins, PCBs and PFAS in the freshwater crayfish *Procambarus clarkii* of four locations of Hoogheemraadschap Delfland. were collected and analysed for heavy metals, dioxins, PCBs and PFAS. To interpret the obtained values, they were compared, where possible, with the applicable maximum levels and the tolerable weekly intake.

Trefwoorden: rivierkreeft, verontreinigingen, consumptie, zware metalen, dioxines, PCB's, PFAS, *Procambarus clarkii*, Rode Amerikaanse rivierkreeft

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/638638> of op [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research) (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2023 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research). Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

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



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 3290 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: klaargemaakte rode Amerikaanse rivierkreeften voor consumptie. Foto: Fabrice Ottburg ©

---

# Inhoud

<b>Verantwoording</b>	<b>5</b>	
<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>	
<b>1</b>	<b>Introductie</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Materiaal en methode</b>	<b>10</b>
	2.1 Verzamelen en opwerken uitgangsmateriaal	10
	2.2 Opwerking materiaal en analyse van verontreinigingen	10
	2.2.1 Analyse zware metalen	11
	2.2.2 Analyse Dioxines en PCB's	12
	2.2.3 Analyse PFAS	12
	2.2.4 Duiding van de gevonden waardes	12
<b>3</b>	<b>Resultaten en discussie</b>	<b>14</b>
	3.1 Zware metalen	14
	3.2 Dioxines en PCB's	16
	3.3 PFAS	17
<b>4</b>	<b>Conclusie</b>	<b>19</b>
	4.1 Algemeen	19
	4.2 Consumptie	20
	4.2.1 Metalen	20
	4.2.2 Dioxines en PCB's	20
	4.2.3 PFAS	21
	4.3 Aanbeveling	21
<b>Literatuur</b>	<b>22</b>	
<b>Bijlage 1</b>	<b>Gemeten zware metalen</b>	<b>23</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Gemeten dioxines, dioxine-achtige PCB's en niet-dioxine-achtige PCB's</b>	<b>24</b>
<b>Bijlage 3</b>	<b>Gemeten PFAS's</b>	<b>26</b>



---

# Verantwoording

Rapport: 3290

Projectnummer: 5200047295

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: Senior Researcher

naam: dr. Steven Droge

datum: 8 september 2023

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Sara Ahrari

datum: 12 september 2023





---

# Samenvatting

Sinds 2010 vallen uitheemse rivierkreeften onder de visserijwet en mag er, onder bepaalde voorwaarden, op deze dieren gevestigd worden. Daar rivierkreeften zich, net als paling en wolhandkrab, doorgaans dicht bij de waterbodem ophouden, kan dit continue contact met de waterbodem ervoor zorgen dat eventuele verontreinigingen die zich daarin bevinden ook in de dieren terecht komen. Omdat rivierkreeften relatief lang leven, geeft dit veel tijd om dergelijke stoffen in hun weefsel te accumuleren. De hiermee opgebouwde concentraties kunnen daarom een mogelijk gezondheidsrisico met zich meebrengen bij consumptie van deze dieren. Of rivierkreeften daadwerkelijk een mogelijk gezondheidsrisico vormen, is tot op heden nog onduidelijk. Het voor u liggende onderzoek is een verkenning van de gehalten van verschillende type verontreinigingen die in rivierkreeften voor kunnen komen. Hierbij is gekeken naar het voorkomen van zware metalen, dioxines, PCB's (polychloorbifenylen) en PFAS (Per- en polyfluoralkylstoffen) in rivierkreeften van enkele locaties uit het beheergebied van Hoogheemraadschap Delfland. Om de gevonden concentraties te duiden, worden deze vergeleken met de productnormen die zijn vastgesteld door de Europese Unie (EU) en de gezondheidkundige normen van de Europese Voedsel Autoriteit (EFSA). Hierbij is het goed om te realiseren dat de EU maximale grenswaarden stelt waaronder producten vermarkt mogen worden en dat EFSA aangeeft hoeveel van een bepaalde verontreiniging nog wekelijks geconsumeerd kan worden.

De resultaten van de metaalanalyses van de rivierkreeftmonsters van de vier locaties laten zien dat alle geanalyseerde metalen voorkomen in zowel de kop als de staart van de rivierkreeften. Daar al deze metalen als natuurlijke achtergrond in waterbodems voorkomen, is het niet verwonderlijk dat ze ook opgenomen worden in de daar voorkomende biota. Omdat kwik (Hg) niet gemeten kon worden in dit project, worden alleen de grenswaarden van cadmium (Cd) en lood (Pb) gebruikt. Hieruit blijkt dat voor alle monsters het maximumgehalte voor cadmium (Cd) en lood (Pb) niet overschreden wordt.

De gehalten aan dioxines, dioxine-achtige PCB's en niet-dioxine-achtige PCB's is doorgaans het hoogste in het kopvlees van de rivierkreeften. Dit komt omdat deze stoffen vooral opgeslagen worden in de vetrijke weefsels en organen die in het geval van rivierkreeften vooral in de kop aanwezig zijn. Voor dioxines en dioxine-achtige PCB's liggen alle gevonden gehalten in het staartvlees onder de consumptienorm. Opvallend is dat de gehalten van dioxine-achtige PCB's in het kopvlees van de rivierkreeften van de locatie Westdijk in Vlaardingen zeer veel hoger dan bij de andere locaties.

In alle monsters worden de 'bekende' PFAS-componenten PFOS en PFOA gevonden. In tegenstelling tot de locatie Nootdorpse plassen, die volgens de informatie van het Hoogheemraadschap een hogere achtergrondverontreiniging zou hebben, worden de meeste PFAS-componenten gevonden in monsters afkomstig van de locaties Westdijk (Vlaardingen) en Havannapad (Den Haag). De PFAS-componenten worden alleen in het bruine vlees, afkomstig van de kop, gevonden. De gehalten in het staartvlees vallen daarmee voor alle monsters onder de maximumgehalten.

De resultaten van de verschillende analyses laten zien dat de gevonden gehalten aan onderzochte metalen, dioxines, PCB's en PFAS van het 'witte' staartvlees vrijwel altijd onder de consumptienorm liggen. Wat betreft de toereerbare wekelijkse inname (TWI), wordt deze voor het staartvlees van de hier bemonsterde locaties gestuurd door de aanwezige dioxines en dioxine-achtige PCB's. Een persoon van 75 kg kan een wekelijkse portie staartjes van 522 gram consumeren van locatie 18 (Westdijk, Vlaardingen). Voor het kopvlees zijn de gehalten aan PFAS's beperkend en hiervan kan een persoon van 75 kg 43 gram op weekbasis innemen. Daar er op deze locatie ongeveer 3,5 gram vers vlees uit de koppen van de rivierkreeften komt, staat dit gelijk aan een wekelijkse inname van het equivalent van 12 koppen.



---

# 1 Introductie

Sinds 2010 vallen uitheemse rivierkreeften onder de visserijwet en mag er, onder bepaalde voorwaarden, op deze dieren gevestigd worden [1, 2]. Beroepsvissers konden op deze manier gericht op de dieren vissen en deze aan de afslag of direct aan restaurants en particulieren aanbieden voor consumptie. In 2014 werden veel van de in Europa voorkomende uitheemse rivierkreeften opgenomen in de Europese Exoten Verordening, welke de lidstaten verplicht stelt om populaties van overlast bezorgende invasieve exoten te bestrijden en te verwijderen en, als dit niet mogelijk is, om hun verdere verspreiding te voorkomen [3]. In Nederland is bevissing van uitheemse rivierkreeftpopulaties als bestrijdingsmethode gekozen, wat indirect een verdere promotie van de consumptie van rivierkreeften tot gevolg heeft gehad.

Rivierkreeften worden met verschillende vangtuigen gevangen, maar een van de effectiefste methodes is het gebruik van (al dan niet aangepaste) palingfuiken. Dit heeft alles te maken met het gedrag van de rivierkreeft die zich, net als paling en wolhandkrab, doorgaans dicht bij de waterbodem ophoudt. Echter, dit is niet de enige parallel tussen deze soorten. Door het continue contact met de waterbodem en de verontreinigingen die zich daarin bevinden, kunnen de hier opgeslagen verontreinigingen ook in de dieren terechtkomen. Omdat deze dieren relatief lang leven, geeft dit veel tijd om dergelijke stoffen in hun weefsel op te nemen. De hiermee opgebouwde concentraties kunnen weer een mogelijk gezondheidsrisico bij consumptie met zich meebrengen. Door de opname van verontreinigingen zoals dioxines, zijn paling en wolhandkrab uit bepaalde gebieden in Nederland ongeschikt verklaard voor menselijke consumptie [4].

Of rivierkreeften in dezelfde categorie vallen als paling en wolhandkrab is onduidelijk. Een eerder onderzoek wees uit dat de gehalten aan dioxines in rivierkreeften geen reden tot zorg bij menselijke consumptie gaven [5]. Echter dit onderzoek omvatte maar een klein aantal locaties, die buiten de zogenaamde gesloten gebieden vielen. Daar de consumptie van rivierkreeften steeds meer als mogelijkheid wordt genoemd om de ongewenste populaties van deze dieren terug te dringen, is de vraag welke stoffen in welke hoeveelheden in rivierkreeften voorkomen alleen maar relevanter geworden. Het voor u liggende onderzoek is een verdere verkenning van de gehalten van verschillende type verontreinigingen die in rivierkreeften voor kunnen komen. Hierbij is gekeken naar het voorkomen van zware metalen, dioxines, PCB's (polychloorbifenylen) en PFAS (Per- en polyfluoralkylstoffen) in rivierkreeften van enkele locaties uit het beheergebied van Hoogheemraadschap Delfland. Om de gevonden concentraties te duiden, zijn deze vergeleken met de maximumgehalten in de EU [6]. Deze gelden alleen voor het staartvlees van kreeften. Voor de koppen gelden deze maximumgehalten niet. Voor de koppen kan een vergelijking gemaakt worden van de blootstelling met de gezondheidskundige waarden vastgesteld door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA).

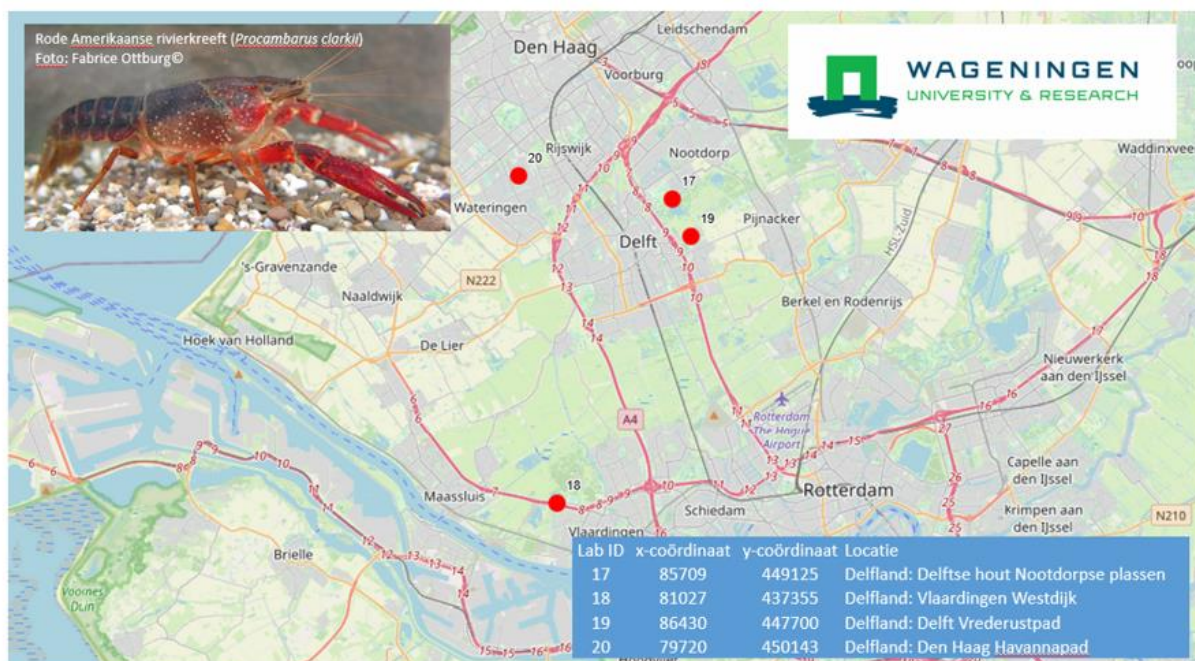


*Typisch beeld van een rode Amerikaanse rivierkreeft op land.  
Foto: Fabrice Ottburg ©*

## 2 Materiaal en methode

### 2.1 Verzamelen en opwerken uitgangsmateriaal

In 2021 werden op vier locaties exotische rivierkreeften verzameld. Het ging hierbij in alle gevallen om de rode Amerikaanse rivierkreeft (*Procambarus clarkii*). Kreeften werden verzameld door middel van handmatig vangen met een schepnet of middels het gebruik van kreeftenkorven die enkele dagen bleven staan. De geselecteerde locaties betroffen de Nootdorpse Plassen (Delftse Hout), Westdijk (Vlaardingen), Vrederustpad (Delft) en Havannapad (Den Haag; zie Figuur 1).



**Figuur 1** De vier bemonsterde locaties in het beheergebied van Hoogheemraadschap Delfland.

Na verzamelen werden de kreeften opgeslagen in de vriezer (-20°C) op het laboratorium van Wageningen Environmental Research voordat ze verder verwerkt werden voor de verschillende analyses.

### 2.2 Opwerking materiaal en analyse van verontreinigingen

De individuele kreeften werden gewogen en hun geslacht en hun totale lengte werden bepaald (Tabel 1). Hierna werden kop (carapax) en staart (abdomen) gescheiden en ontleed om zo het beschikbare vlees te verzamelen. Het vlees uit de appendages (klauwen) is niet onderzocht, omdat dit een zeer kleine hoeveelheid betreft ten opzichte van de rest van het lichaam. Bij het verzamelen van het monstermateriaal is gebruikgemaakt van materialen die geen additionele verontreiniging konden opleveren in de analyses. Dit was vooral van belang voor de PFAS-analyses, waarbij standaard snijplanken en kunststof keukengerei doorgaans behandeld zijn met teflon en andere PFAS-houdende materialen en dus voor grote verontreiniging van de monsters kunnen zorgen.

**Tabel 1**    *Monstergegevens van de rivierkreeften van de verschillende locaties.*

Locatie	Lab ID	Aantal <sup>1</sup>	Gem. totale lengte (cm)	Vers gewicht per kreeft (g)	Vers gewicht kop (g) <sup>2</sup>	Vers gewicht staart (g) <sup>2</sup>
Nootdorpse Plassen	17	10 (7/3)	9.4 (8.2-11.2)	22.0 (11.8-39.2)	33.3	30.7
Westdijk, Vlaardingen	18	14 (5/9)	9.9 (8.3-11.7)	23.9 (12.6-36.2)	50.0	48.8
Vrederustpad, Delft	19	16 (7/9)	9.9 (8.1-12.3)	23.4 (9.5-45.0)	68.1	57.0
Havannapad, Den Haag	20	16 (7/9)	11.2 (9.8-13.0)	34.5 (21.2-57.2)	82.3	81.3

1 Totaal aantal individuen (aantal man/aantal vrouw).

2 Totale hoeveelheid materiaal beschikbaar voor de verschillende analyses.

Per locatie zijn van zowel de kop als de staart homogene mengmonsters gemaakt door het materiaal te malen met een Ultra-TURRAX mixer (Figuur 2). Het mengmonster werd daarna opgesplitst in deelmonsters voor de afzonderlijke analyses.



**Figuur 2**    *Impressie van de opwerking van de gevangen rivierkreeften. Links: het opdelen in kop- en staartmonsters. Rechts: het mengen van het materiaal met de Ultra-TURRAX.*

### 2.2.1    Analyse zware metalen

Het deelmonster voor de metaalanalyse werd eerst gevriesdroogd waarna deze nog een keer colloïd gemalen werden. Hierna werd een bekende hoeveelheid droog materiaal in analyse genomen. Door toevoeging van salpeterzuur en zoutzuur aan het monster werd de organische stof volledig afgebroken. Verdere ontsluiting vond plaats m.b.v. de magnetron, waarbij de metalen in oplossing werden gebracht. Nitreuze dampen werden verwijderd door toevoeging van waterstofperoxide. Hierna werden de elementen arseen (As), cadmium (Cd), chroom (Cr), nikkel (Ni), lood (Pb), aluminium (Al), koper (Cu), ijzer (Fe), mangaan (Mn) en zink (Zn) gemeten met behulp van ICP-OES of ICP-MS (zie Bijlage 1).

---

## 2.2.2 Analyse Dioxines en PCB's

De verse deelmonsters voor dioxine- en PCB-analyse werden ingevroren naar het externe laboratorium TLR International te Ridderkerk getransporteerd. Hier werden de monsters ontdooid en verder bewerkt en geanalyseerd volgens de NEN-EN 16215 en EC771/2017-voorschriften (zie Bijlage 1). De zogenaamde TEQ-waardes zijn berekend, gebruikmakend van de WHO Toxische Equivalentie Factoren (TEF; [6, 7]). Hierbij wordt een optelsom gemaakt van de verschillende individuele stoffen die gevonden zijn waar een weegfactor aan toegekend is. Dit laatste wordt gebruikt omdat de ene stof giftiger kan zijn dan de andere stof en daarmee dus meer of minder belangrijk gevonden moet worden in de uiteindelijke sommatie.

## 2.2.3 Analyse PFAS

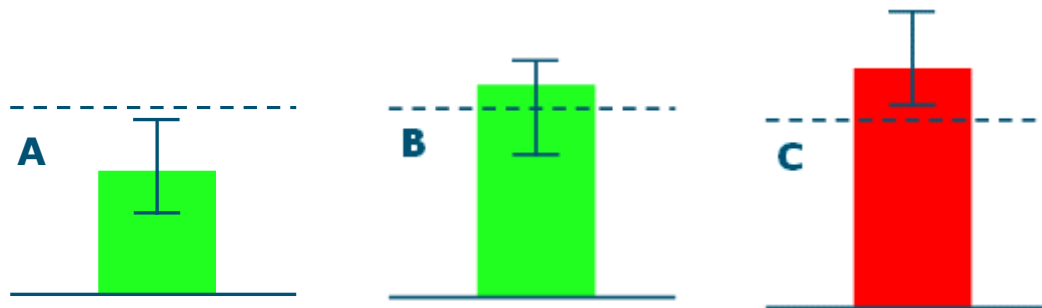
Uit alle gemalen en gehomogeniseerde monsters werd na het ontdooien een deelmonster van ongeveer 2,5 g (vers gewicht) in bewerking genomen. Dit deelmonster werd in polypropyleen centrifugebuisjes van 15 ml overgebracht, waarna er 100 µl interne standaard 13C9-PFNA werd toegevoegd. Het gebruik van een interne standaard corrigeert voor mogelijk verlies of andere zogenaamde matrixeffecten in de analyse zodat er geen lagere of hogere gehalten gemeten worden dan er daadwerkelijk aanwezig zijn. De daadwerkelijke extractie van PFAS is uitgevoerd door het monster voor 30 minuten te schudden met 9 ml MeOH, gevolgd door een sonicatie van 10 tot 15 minuten. Daarna werd het geheel afgedraaid in een centrifuge (1000 rot./min.). Hierna werd deze procedure nog twee keer herhaald, zodat het monster uitputtend geëxtraheerd werd. De verzamelde bovenstaande vloeistof werd ingedampt tot een eindvolume van 1 ml, waarna een zogenaamde 'opschoon' stap werd uitgevoerd door het extract over een SPE-kolom te leiden, wat verontreinigingen verwijderde die mogelijk konden storen in de PFAS-analyse. De daadwerkelijke analyse vond plaats op de LC-MS/MS (Agilent 1260 Infinity 6460) en om tot de daadwerkelijke concentraties in de monsters te komen, werden de gevonden gehalten gecorrigeerd aan de hand van de respons van de interne standaard en het geanalyseerde volume.

## 2.2.4 Duiding van de gevonden waardes

Als verontreinigingen in het milieu voorkomen, kunnen deze in veel gevallen ook in biota opgenomen worden. Dit kan bij consumptie van deze biota mogelijk gevolgen hebben voor de humane gezondheid en daarom worden er normen vastgesteld waar de gehalten van verontreinigingen onder moeten blijven. Daar de ene verontreiniging de andere niet is, zijn deze normen doorgaans heel specifiek per stof of stofgroep afgeleid. Productnormen worden op Europees niveau vastgesteld door de Europese Unie (EU) i.s.m. de lidstaten terwijl gezondheidkundige normen door de Europese Autoriteit voor voedselveiligheid (EFSA) worden vastgesteld. Hierbij is het overigens mogelijk dat een nationale regelgever (in Nederland het RIVM) om moverende redenen een lagere norm vaststelt dan een internationale norm; andersom is daarentegen niet mogelijk. De EU stelt een norm betreffende maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen. Dit betreft een normering welke bepaalt of een product op de markt gebracht mag worden. EFSA en RIVM buigen zich over de maximale hoeveelheid die je van een contaminant mag binnen krijgen om geen gezondheidsrisico's op te lopen. Dit wordt doorgaans gerapporteerd als een waarde voor 'acceptabele dagelijkse inname' (ADI) of tolereerbare dagelijkse of wekelijkse inname (TDI/TWI).

Hierbij is het goed om te weten dat een overschrijding van een norm (zoals vastgelegd in verordening 2023/915; [6]) pas zeker is als zowel de meetwaarde als de ondergrens van de meetonzekerheid boven de grenswaarde ligt (Figuur 3).





**Figuur 3** Voorbeelden van duidingen van meetwaardes. A) meetwaarde ligt onder norm: geen overschrijding. B) meetwaarde ligt net boven de norm, maar ondergrens van de variatie in de meting ligt onder de norm; geen overschrijding. C) meetwaarde ligt boven de norm en de ondergrens van de variatie in de meting ligt boven de norm; wel normoverschrijding.

De in rivierkreeften gevonden gehalten van de verschillende verontreinigingen zullen met de geldende EU grenswaarden en TWI waarden worden vergeleken. De eerste waarde geeft alleen informatie of dit product verhandeld mag worden. De tweede waarde indirect hoeveel men ervan kan consumeren voordat de veilige grens wordt overschreden.

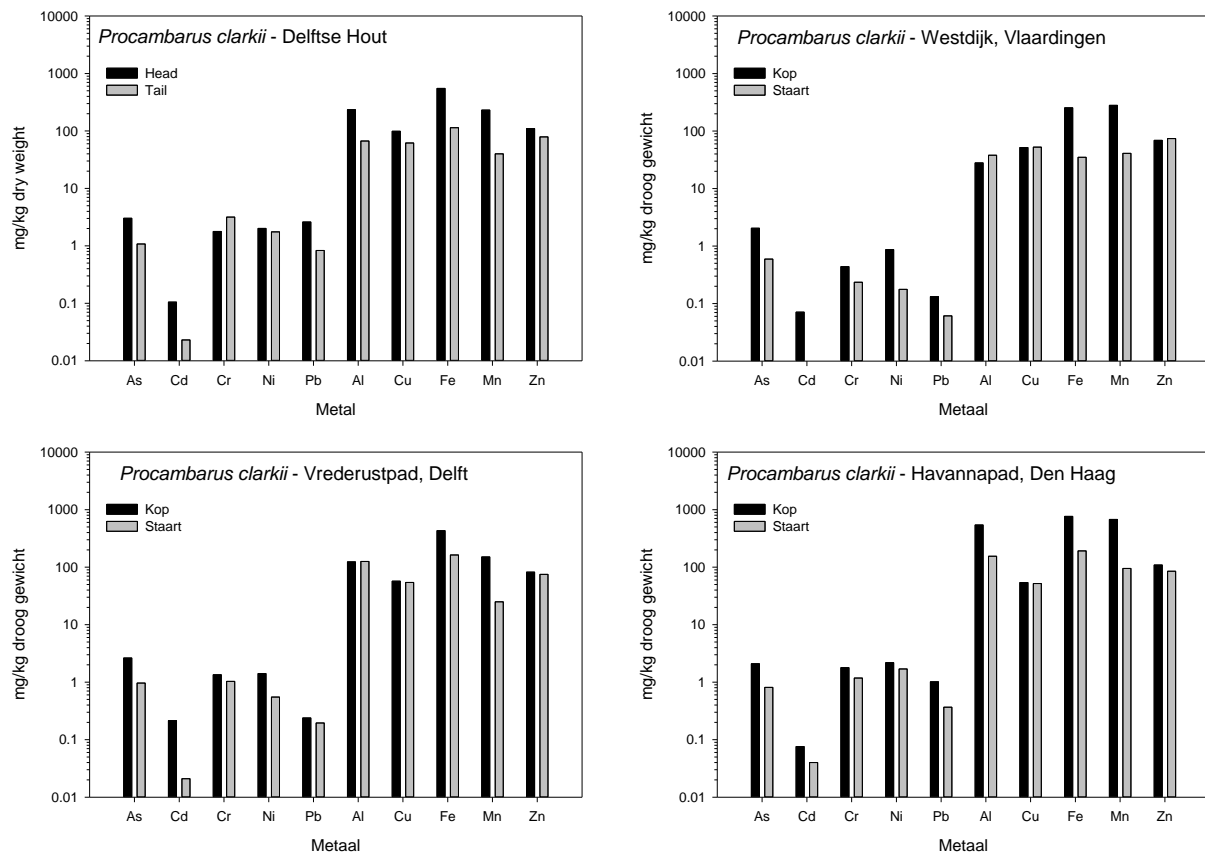
Hierbij moet verder opgemerkt worden dat in dit project maar op één moment monsters genomen zijn. Een mogelijke overschrijding van een normwaarde moet derhalve ook vooral als een eerste indicatie gezien worden welk opvolging verdiend.

# 3 Resultaten en discussie

## 3.1 Zware metalen

De gevonden gehalten van arseen (As), cadmium (Cd), chroom (Cr), nikkel (ni) en lood (Pb) zijn in alle gevallen lager dan de gevonden gehalten van aluminium (Al), koper (Cu), ijzer (Fe), mangaan (Mn) en zink (Zn; zie Figuur 4). Dit heeft te maken met het voorkomen van deze metalen in het milieu, waarbij de metalen uit de eerste groep normaliter in lagere concentraties voorkomen dan de metalen uit de tweede groep en daardoor ook in lagere concentraties in biota worden opgeslagen.

Per metaal liggen de gehalten in het kop- en staartvlees van de geanalyseerde rivierkreeften redelijk in dezelfde orde grootte, hoewel er normaliter meer in de kop gevonden wordt dan in de staart (Figuur 4). De metalen cadmium en chroom vormen hierop echter een uitzondering. Chroom wordt in ietwat hogere concentraties in de staart aangetroffen, terwijl het metaal cadmium in de kop hogere concentraties bereikt dan in het staartvlees (Figuur 4).



**Figuur 4** Concentraties van zware metalen in rode Amerikaanse rivierkreeften van de vier bemonsterde locaties in het beheergebied van Hoogheemraadschap Delfland.

Er zijn maar voor drie metalen voedselveiligheidsnormen afgeleid, te weten cadmium (Cd), kwik (Hg) en lood (Pb). In dit project was het niet mogelijk om kwik te meten, maar de norm voor cadmium en lood betreft 0.5 mg/kg vers gewicht [6]. Hierbij moet worden opgemerkt dat dit alleen het vlees van appendages (scharen) en buik (witte vlees) betreft en niet het weefsel uit het kopstuk [6], voor dit laatste is geen norm afgeleid. Hoewel de concentraties in dit project in mg/kg drooggewicht bepaald zijn, moeten de waarden van



cadmium en lood omgerekend worden. Daar de nat/drooggewicht-ratio voor *Procambarus* een factor 4 betreft [8], kunnen de gevonden waarden door deze ratio gedeeld worden om zo op de hoeveelheid per vers gewicht te komen (Tabel 2).

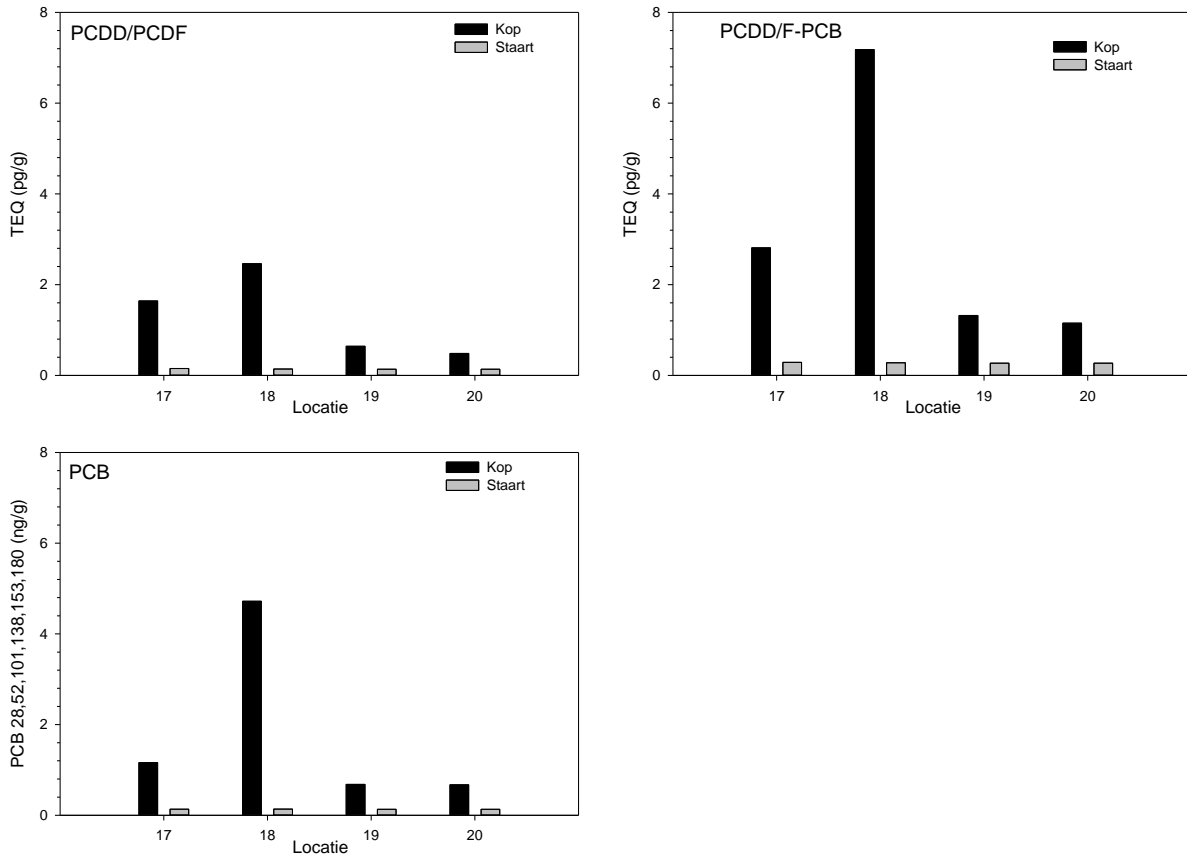
**Tabel 2** Gehaltes cadmium en lood in de geanalyseerde rivierkreeften uitgedrukt in droog en vers gewicht.

	Droog gewicht		Vers gewicht	
	Kop (mg/kg droog)	Staart (mg/kg droog)	Kop (mg/kg nat)	Staart (mg/kg nat)
<b>Cadmium</b>				
Nootdorpse plassen, Delftse Hout	0.11	0.02	0.03	0.01
Westdijk, Vlaardingen	0.07	0.01	0.02	0.001
Vrederustpad, Delft	0.21	0.02	0.05	0.01
Havannapad, Den Haag	0.08	0.04	0.02	0.01
<b>Lood</b>				
Nootdorpse plassen, Delftse Hout	2.60	0.83	0.65	0.21
Westdijk, Vlaardingen	0.13	0.06	0.03	0.02
Vrederustpad, Delft	0.24	0.20	0.06	0.05
Havannapad, Den Haag	1.02	0.37	0.25	0.09

De aantoonbaarheidsgrens voor cadmium en lood was respectievelijk 0.06 mg/kg en 0.3 mg/kg (Bijlage 1). Uit de bovenstaande resultaten blijkt dat alleen voor lood de productnorm overschreden wordt in het monster uit de Nootdorpse plassen in Delftse Hout. In alle andere monsters liggen voor beide metalen de gevonden concentraties onder de norm uitgedrukt in vers gewicht.

## 3.2 Dioxines en PCB's

Een volledig overzicht van de metingen van dioxines, de dioxine-achtige PCB's en de niet-dioxine-achtige PCB's is weergegeven in Bijlage 2. Om een overzichtelijk totaalbeeld te verkrijgen, zijn de resultaten voor dioxines, dioxine-achtige PCB's uitgedrukt in zogenaamde Toxiciteits Equivalenten (TEQ-waardes), uitgedrukt op basis van vers gewicht (Figuur 5).



**Figuur 5** TEQ-waardes voor dioxines (PCDD/F's), dioxine-achtige PCB's uitgedrukt als TEQ-waarde of som van niet-dioxine-achtige PCB's in rode Amerikaanse rivierkreeften van de vier bemonsterde locaties in het beheergebied van Hoogheemraadschap Delfland. Locatie 17= Nootdorpse Plassen, locatie 18 = Westdijk, Vlaardingen, locatie 19 = Vrederustpad, Delft, locatie 20 = Havannapad, Den Haag.

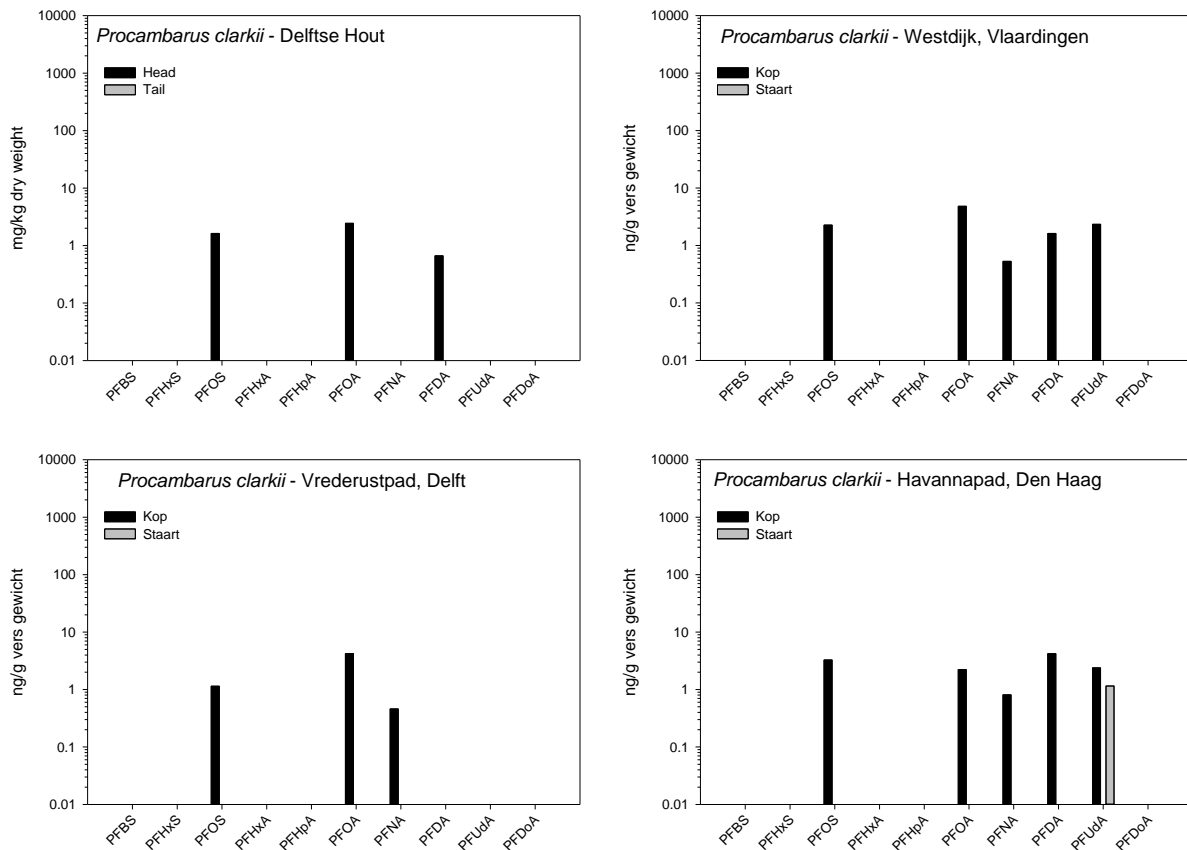
Er worden meer verontreinigingen gevonden in de kop van de rivierkreeft dan in de staart. Dit is niet verwonderlijk, omdat dioxines en PCB's met name in weefsel met een hoog vetgehalte worden opgeslagen [9, 10]. Het bruine vlees in de kop van de rivierkreeft bestaat grotendeels uit orgaanvlees, dat doorgaans meer vet bevat dan het witte vlees uit de staart, dat grotendeels uit spierweefsel bestaat [5].

De normen voor dioxines en dioxine-achtige PCB's (de zogenaamde toegestane TEQ-waardes) bedragen respectievelijk 3,5 en 6,5 pg/g vers gewicht [11]. Uit de analyseresultaten blijkt dat alle gehalten aan dioxines en dioxine-achtige PCB's onder de toegestane norm liggen (Figuur 5). De waarden van het bruine kopvlees daarentegen liggen doorgaans veel hoger (Figuur 5), maar voor het kopvlees is geen norm beschikbaar.

Voor de som van PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153 en PCB180 zijn de hoogste waarden gemeten in het 'bruine' kopvlees van de rivierkreeften afkomstig van de locatie Westdijk, Vlaardingen (Figuur 5). Voor deze sommatie van ndl-PCB's is geen norm bekend voor zowel het witte als het bruine kopvlees [6].

### 3.3 PFAS

Hoewel er heel veel verschillende PFAS bestaan, zijn binnen dit onderzoek alleen de sulfonaten Perfluorobutaansulfonaat (PFBS; C4), Perfluorhexaansulfonaat (PFHxS; C6), Perfluorooctaansulfonaat (PFOS; C8) en de zuren Perfluorohexaanzuur (PFHxA; C6), Perfluoroheptaanzuur (PFHpA; C7), Perfluorooctaanzuur (PFOA; C8), Perfluorononaanzuur (PFNA; C9), Perfluorodecaanzuur (PFDA; C10), Perfluorodecanoidezuur (PFUdA; C11) en Perfluorododecaanzuur (PFDoA; C12) gerapporteerd. In de analyse is ook Perfluorobutaanzuur (PFBA; C4) meegenomen (zie Bijlage 3), maar deze stof geeft makkelijk vals positieve waarden in de analyse en bij gebrek aan een specifieke interne standaard in de analyse, waren de resultaten van deze specifieke stof helaas niet betrouwbaar. Hierdoor zijn ze uit de verdere bespreking van de resultaten weggelaten.



**Figuur 6** Concentraties aan PFAS in rode Amerikaanse rivierkreeften van de vier bemonsterde locaties in het beheergebied van Hoogheemraadschap Delfland. De PFAS zijn per groep (sulfonaat of zuur) gerangschikt op hun ketenlengtes met de kortste ketens links en de langste ketens recht in de grafiek.

De analyse van de monsters van de vier verschillende locaties laat zien dat, net zoals de andere verontreinigingen, PFAS veelal in het bruine vlees uit de kop teruggevonden worden en veel minder in het spierweefsel uit de staart gevonden wordt (Figuur 6). Van bijvoorbeeld PFOS en PFOA is bekend dat ze niet in vetweefsel ophopen, maar wel in celmembranen en vooral aan eiwitten binden en daarmee juist in bloed en lever (in rivierkreeften bekend als het hemolymf en de hepatopancreas) teruggevonden worden [12-14]. Bij kreeften zitten het meeste van het hemolymf en de hepatopancreas in het kopstuk, wat het verschil tussen kop en staart in de gevonden niveaus verklaart. In één geval werd ook PFUdA in de staart gevonden (Figuur 6; Bijlage 3).

De Europese Unie heeft in 2023 een nieuwe verordening uitgegeven waarin, naast o.a. metalen en dioxines, ook de maximumgehalten van vier PFAS-verbindingen en hun som in schaaldieren en tweekleppige

weekdieren zijn aangepast [6]. Het betreft hier wederom maximumgehaltenes voor het 'witte' vlees van de aanhangsels en buik (in het geval van rivierkreeft de staart). Deze maximumgehaltenes betreffen voor PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS en hun som respectievelijk 3,0; 0,7; 1,0; 1,5 en 5,0 µg/kg (= ng/g).

**Tabel 3** Gehaltes PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS en hun som in de geanalyseerde rivierkreeften uitgedrukt in ng per g vers gewicht. Grijs gearceerde getallen zijn hoger dan de norm van de individuele PFAS of hun som, waarbij opgemerkt wordt dat de ML's alleen gelden voor het vlees uit de staart.

ID	PFOS (ng/g)		PFOA (ng/g)		PFNA (ng/g)		PFHxS (ng/g)		Som (ng/g)	
	Kop	Staat	Kop	Staat	Kop	Staat	Kop	Staat	Kop	Staat
17	1.623	<LOQ	2.442	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	4.066	<LOQ
18	2.261	<LOQ	4.823	<LOQ	0.529	<LOQ	<LOQ	<LOQ	7.614	<LOQ
19	1.144	<LOQ	4.256	<LOQ	0.459	<LOQ	<LOQ	<LOQ	5.859	<LOQ
20	3.260	<LOQ	2.228	<LOQ	0.807	<LOQ	<LOQ	<LOQ	6.296	<LOQ

Het staartvlees van de rivierkreeften van de bemonsterde locaties valt allemaal onder de gestelde maximumgehaltenes en mag daarmee op de markt gebracht worden [6]. De gevonden waardes in het bruine kopvlees zijn doorgaans veel hoger (Tabel 3). Echter hier zijn geen maximumgehaltenes voor gesteld [6].

De Europese Voedsel Autoriteit (EFSA) heeft een Tolereerbare Wekelijkse Inname voor de som van deze vier PFAS bepaald op 4.4 ng/kg lichaamsgewicht [15]. Een persoon van 75 kg kan dan wekelijks maximaal  $75 \times 4.4 = 330$  ng innemen. Er voor het gemak even vanuit gaande dat een dergelijke persoon op geen enkele andere manier blootgesteld wordt aan PFAS in zijn of haar dieet, zou dit in het geval van locatie 13A (waar we de hoogste somwaarde hebben gevonden welke nog toegestaan is voor staartvlees) neerkomen op  $330 / 1.681 = 196$  gram vers gewicht aan rivierkreeft staartjes. Deze hoeveelheid varieert in principe tussen 196 en 645 gram afhankelijk van de locatie waar de kreeftjes vandaan komen (zie Bijlage 2).

Op basis van de TWI van 4.4 ng/gram lichaamsgewicht [15] zou een persoon met een gewicht van 75 kg bij het hoogst gevonden gehalte van 7.6 ng/g (locatie 18) wekelijks maar respectievelijk 43 gram kopvlees mogen consumeren. Indien er in deze rivierkreeften 3.5 gram vers vlees in een kop zit (zie Tabel 1) zou dit op ongeveer op een wekelijkse inname van het vlees uit 12 kreeftenkoppen per persoon neerkomen.

---

## 4 Conclusie

### 4.1 Algemeen

In alle vier de locaties werden genoeg kreeften gevangen om de analyses mogelijk te maken. De locatie Nootdorpse plassen (Delftse hout) was geen locatie waar rivierkreeften voor consumptie gevangen werden, maar werd toegevoegd, omdat bij het Hoogheemraadschap bekend was dat dit een locatie is met de nodige vervuiling in de waterbodem. Het was daardoor interessant om te zien welke verontreinigingen en in welke niveaus deze dan in de gevangen rivierkreeften teruggevonden werden. De rivierkreeften werden onderzocht op het voorkomen van zware metalen, dioxines, PCB's en PFAS. De gevonden waardes werden vergeleken met de geldende consumptienormen (maximumgehalten). Deze normen worden doorgaans niet voor alle individuele verontreinigingen afgeleid, maar alleen voor degene waarvan momenteel bekend is dat ze negatieve effecten op de gezondheid kunnen hebben. De normen voor kreeftachtigen (waar de rivierkreeften onder vallen) of vis- en visserijproducten betroffen altijd normen voor het zogenaamde 'witte' spiervlees uit de staart en appendages oftewel aanhangels (scharen). Er wordt hierbij aangenomen dat er geen consumptie plaatsvindt van het 'bruine' orgaanvlees uit de kop. Echter de verschillende recepten van o.a. 'bisque', oftewel kreeftensoep, bewijzen het tegendeel. Door het ontbreken van normen konden helaas geen uitspraken over het wel of niet vermarkten van het bruine vlees gedaan worden.

#### *Metalen*

De resultaten van de metaalanalyses van de rivierkreeftmonsters van de vier locaties laten zien dat alle geanalyseerde metalen voorkomen in zowel de kop als de staart van de rivierkreeften. Daar al deze metalen als natuurlijke achtergrond in waterbodems voorkomen, is het niet verwonderlijk dat ze ook opgenomen worden in de daar voorkomende biota. Daar kwik (Hg) niet gemeten kon worden in dit project, worden alleen de consumptienormen van cadmium (Cd) en lood (Pb) gebruikt. Hieruit blijkt dat voor alle monsters de productnorm voor cadmium (Cd) en lood (Pb) niet overschreden wordt.

#### *Dioxines en PCB's*

De gehalten aan dioxines, dioxine-achtige PCB's en niet-dioxine-achtige PCB's is doorgaans het hoogst in het kopvlees van de rivierkreeften. Dit komt omdat deze stoffen vooral opgeslagen worden in de vetrijke weefsels en organen die in het geval van rivierkreeften vooral in de kop aanwezig zijn. Voor dioxines en dioxine-achtige PCB's liggen alle gevonden gehalten onder de maximumgehalten. Echter voor niet-dioxine-achtige PCB's liggen de gevonden gehalten in het kopvlees van de rivierkreeften van de locatie Westdijk in Vlaardingen opvallend veel hoger dan bij de andere locaties. Maar omdat voor deze stoffen zijn geen grenswaardes vastgesteld, kan dit niet verder beoordeeld worden.

#### *PFAS*

In alle monsters worden de 'bekende' PFAS-componenten PFOS en PFOA gevonden. De PFAS-componenten worden alleen in het bruine vlees, afkomstig van kop gevonden. In het staartvlees van de rivierkreeften van alle bemonsterde locaties kunnen geen PFAS's aangetoond worden en daarmee valt dit materiaal binnen de gestelde grenswaardes en mag daarmee op de markt gebracht worden. PFAS's worden wel gevonden in het bruine kopvlees, maar hier zijn geen grenswaardes voor gesteld. In tegenstelling tot de locatie Nootdorpse plassen, welk volgens de informatie van het Hoogheemraadschap een hogere achtergrond verontreiniging zou hebben, worden de meeste PFAS-componenten gevonden in het kopvlees van monsters afkomstig van de locaties Westdijk (Vlaardingen) en Havannapad (Den Haag).

---

## 4.2 Consumptie

De resultaten van de verschillende analyses laten zien dat de gevonden gehalten aan onderzochte metalen, dioxines, PCB's en PFAS van het 'witte' staartvlees vrijwel altijd onder de maximumgehalten liggen en verhandeld mogen worden. Omdat er geen grenswaarden zijn vastgesteld voor het bruine kopvlees, kunnen deze verhandeld worden tenzij consumptie niet veilig is. Het gebrek aan een dergelijke norm is onwenselijk omdat dit deel van de rivierkreeften weldegelijk geconsumeerd wordt in soep en zogenaamde 'bisque'. Het verdient aanbeveling om tot een risicobeoordeling voor het bruine kopvlees te komen.

Waar de EU maximumgehalten vaststelt die reguleren of producten op de markt mogen komen [6], zegt de toelateerbare wekelijkse inname (TWI; afgeleid door EFSA) iets over het mogelijke gezondheidsrisico van een blootstelling. De resultaten van de analyses worden vergeleken met deze TWI waarden en voor het gemak gaan we er in deze vergelijking even vanuit dat een persoon deze verontreinigingen alleen via het eten van rivierkreeft binnenkrijgt. In de praktijk zal dit zeker niet het geval zijn en geeft dit hooguit een eerste globale indruk. Een officieel voedingsadvies zal nog een verdere verfijning nodig hebben, uitgevoerd door de daarvoor bevoegde instanties.

### 4.2.1 Metalen

De toelateerbare wekelijkse inname voor de metalen cadmium (Cd) en lood (Pb) zijn bepaald op respectievelijk 2.5 en 25 µg/kg lichaamsgewicht [16, 17]. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de TWI voor lood door EFSA als zijnde niet meer beschermend wordt geclassificeerd, terwijl dit door de World Health Organization (WHO) nog wel steeds als de norm gebruikt wordt. EFSA heeft daarentegen een norm (BMDL01) voor volwassenen afgeleid van 0.63 µg/kg lichaamsgewicht/dag [16]. Een persoon van 75 kg kan dan  $0.63 \times 75 = 47.3$  µg/dag consumeren. Wat voor locatie ID 17 neerkomt op 227 gram rivierkreeftstaartjes per dag.

Een persoon van 75 kg kan dan wekelijks maximaal  $75 \times 2.5 = 187.5$  µg aan cadmium innemen. Dit voorbeeld gaat uit van het feit dat een dergelijke persoon op geen enkele andere manier blootgesteld wordt aan cadmium in zijn of haar dieet. In het geval van de bemonsterde locaties zou dit betekenen dat  $187.5 / 0.01 = 18750$  gram vers gewicht aan rivierkreeftstaartjes wekelijks geconsumeerd kan worden.

Voor het kopvlees zou dit betekenen dat op basis van de gevonden gehalten aan cadmium een persoon met 75 kg lichaamsgewicht wekelijks 3504 gram kopvlees van locatie 19 (Vrederustpad, Delft) mag consumeren. In deze locatie zit er ongeveer 4 gram vlees in een kop, wat zou betekenen dat dit neerkomt op de consumptie van 876 kreeftenkoppen op weekbasis. Op basis van de gevonden gehalten aan lood op locatie 17 (Nootdorpse plassen, Delftse Hout; waar overigens niet op rivierkreeft gevist wordt) komt dit neer op een inname van een hoeveelheid van 73 gram kopvlees per dag. In deze locatie zit er ongeveer 3 gram vers vlees in een kop, wat zou betekenen dat dit overeenkomt met een dagelijkse inname van het vlees uit 24 kreeftenkoppen.

### 4.2.2 Dioxines en PCB's

De TWI voor dioxines en dioxine-achtige PCB's is op een waarde van 2 pg TEQ/kg lichaamsgewicht vastgesteld [18]. Een persoon van 75 kg kan dan wekelijks maximaal  $75 \times 2 = 150$  pg TEQ innemen. Dit voorbeeld gaat uit van het feit dat een dergelijke persoon op geen enkele andere manier blootgesteld wordt aan dioxines en dioxine-achtige PCB's in zijn of haar dieet. In het geval van locatie 17 (Nootdorpse Plassen, Delftse Hout; waar we de hoogste TEQ-waarde hebben gevonden voor staartvlees) zou dit neerkomen op  $150 / 0.287 = 522$  gram vers gewicht aan rivierkreeftstaartjes.

Omdat er geen grenswaarden voor het bruine kopvlees zijn vastgesteld, zijn de aangetroffen gehalten geen directe belemmering voor vermarkting. Op basis van de TWI van 2 pg TEQ/kg lichaamsgewicht [18] zouden personen met een gewicht 75 kg wekelijks 73 gram kopvlees afkomstig van locatie 18 (Westdijk, Vlaardingse; waar we de hoogste TEQ-waarde hebben gevonden voor kopvlees) mogen consumeren. Daar er ongeveer 3,5 gram vers vlees in een kop van die locatie zit, komt dit neer op de inname van het vlees van 21 koppen per week.

---

### 4.2.3 PFAS

De toereerbare wekelijkse inname voor de som van de vier PFAS (PFOS, PFOA, PFNA en PFHxS) is bepaald op 4.4 ng/kg lichaamsgewicht [15]. Een persoon van 75 kg kan dan wekelijks maximaal  $75 \times 4.4 = 330$  ng innemen. Daar er geen PFAS's in het staartvlees van de rivierkreeften van de bemonsterde locaties gevonden is, is dit allemaal geschikt voor consumptie.

Op basis van de TWI van 4.4 ng/kg lichaamsgewicht [15] zouden personen met een gewicht van 75 kg wekelijks maar 43 gram kopvlees van locatie 18 (Westdijk, Vlaardingen; waar we de hoogste somwaarde hebben gevonden voor kopvlees) mogen consumeren. In deze rivierkreeften zit ongeveer 3.5 gram vers vlees in een kop wat neer komt op een wekelijkse maaltijd van ongeveer 12 kreeftenkoppen per persoon.

## 4.3 Aanbeveling

Er zijn geen grenswaardes beschikbaar voor gehalten in het 'bruine' kopvlees. Dit is onwenselijk omdat dit deel van de rivierkreeften wel geconsumeerd wordt in soep en zogenaamde 'bisque'. Het verdient sterke aanbeveling om deze consumptie beter in beeld te krijgen en tot een risicobeoordeling voor het bruine kopvlees te komen.

In dit onderzoek hebben we een locatie bemonsterd waar momenteel geen visserij op rivierkreeften plaatsvindt. Omdat er op veel plekken verontreinigingen in de rivierkreeften gevonden worden en verontreinigingen zoals PFAS's zich ruimtelijk anders verdeeld hebben dan bijvoorbeeld dioxines en PCB's verdient het aanbeveling om wanneer er van een locatie kreeften verhandeld worden, deze dieren op de gehalten aan verontreinigingen te laten controleren.

Indien de rivierkreeften gebruikt worden voor andere doeleinden, zoals wellicht de productie van diervoeders, verdient het aanbeveling om aandacht te geven aan potentiële doorgifte van deze stoffen aan de (landbouw)huisdieren.

Verder moet worden opgemerkt dat de resultaten beschreven in dit rapport maar een momentopname betreffen, daar er maar op één tijdstip monsters genomen zijn. Hoewel men normaliter bij voorkeur meerdere monsters in de tijd beschikbaar heeft om beleid vorm te geven, is het gezien de persistente aard van de verontreinigingen, de lange levensduur van rivierkreeften en het feit dat de dieren redelijk locatiegebonden zijn zeer aannemelijk dat een tweede bemonstering op deze locaties vergelijkbare resultaten zal geven.

---

# Literatuur

1. Ostendorf, J. and J. Vos, *Rivierkreeften vallen per 1 juli onder de visserijwet, uitzetten is dan verboden*. H2O, 2010. **9**: p. 5.
2. Vos, J., et al., *Is vissen op exotische rivierkreeften en de Chinese wolhandkrab toegestaan?* H2O, 2010. **7**: p. 20-21.
3. Europese Commissie, *Verordening (EU) Nr. 1143/2014 van het Europees Parlement en de Raad betreffende de preventie en beheersing van de introductie en verspreiding van invasieve uitheemse soorten*, in *Publicatieblad van de Europese Unie*. 2014. p. 335-355.
4. Van Leeuwen, S.P.J., et al., *Dioxines en PCB's in Chinese wolhandkrab*. 2013, RIKILT: Wageningen. p. 26.
5. Leeuwen, S.P.J.v., et al., *Dioxines en PCB's in rivierkreeften uit Zuid-Holland en Utrecht*. 2014, RIKILT Wageningen UR: Wageningen.
6. EU, *Verordening (EU) 2023/915 van de commissie van 25 april 2023 betreffende maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen en tot intrekking van Verordening (EG) nr. 1881/2006* 2023. p. 55.
7. EU, *Verordening (EG) nr. 152/2009 van de Commissie van 27 januari 2009 tot vaststelling van de bemonsterings- en analysemethoden voor de officiële controle van diervoeders*. 2009. p. 130.
8. Powell, M.L. and S.A. Watts, *Response to Long-term Nutrient Deprivation and Recovery in the Crayfishes *Procambarus clarkii* and *Procambarus zonangulus* (Crustacea, Decapoda): Component and Proximate Analyses*. Journal of the World Aquaculture Society, 2010. **41**(1): p. 71-80.
9. Bachour, G., et al., *Species and Organ Dependence of PCB Contamination in Fish, Foxes, Roe Deer, and Humans*. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 1998. **35**(4): p. 666-673.
10. Szlinder-Richert, J., et al., *PCBs in fish from the southern Baltic Sea: Levels, bioaccumulation features, and temporal trends during the period from 1997 to 2006*. Marine Pollution Bulletin, 2009. **58**(1): p. 85-92.
11. EU, *Verordening (EU) Nr. 1259/2011 van de commissie tot wijziging van Verordening (EG) nr. 1881/2006 wat betreft de maximumgehalten voor dioxinen, dioxineachtige pcb's en niet-dioxineachtige pcb's in levensmiddelen*. 2011: Brussel. p. 6.
12. Heuvel-Greve, M.J.v.d., et al., *PFAS in de Westerschelde: meting van PFAS in vis, garnaal, schelpdier, zeegroente, water en sediment in het najaar van 2021*. 2022, Wageningen Marine Research: Den Helder.
13. Droge, S.T.J., *Membrane-Water Partition Coefficients to Aid Risk Assessment of Perfluoroalkyl Anions and Alkyl Sulfates*. Environmental Science and Technology, 2019. **53**(2): p. 760-770.
14. Dassuncao, C., et al., *Phospholipid Levels Predict the Tissue Distribution of Poly- and Perfluoroalkyl Substances in a Marine Mammal*. Environmental Science and Technology Letters, 2019. **6**(3): p. 119-125.
15. EFSA, *Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food*. EFSA Journal, 2020. **18**(9): p. e06223.
16. EFSA, *Scientific Opinion on Lead in Food*. EFSA Journal, 2010. **8**(4): p. 1570.
17. EFSA, *Cadmium in food - Scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain*. EFSA Journal, 2009. **7**(3): p. 980.
18. EFSA, *Risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in feed and food*. EFSA Journal, 2018. **16**(11): p. e05333.



# Bijlage 1 Gemeten zware metalen

Lab nr.	Monster-omschrijving	As [µg/kg]	Cd [µg/kg]	Cr [µg/kg]	Ni [µg/kg]	Pb [µg/kg]	Al [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Fe [mg/kg]	Mn [mg/kg]	Zn [mg/kg]
	Aantoonbaarheids-grens	120	60	600	500	300	25	0.6	60	4	5
37	17 Procambarus clarkii kop	3021	105	1777	2008	2599	235	98.8	550	231	110
38	17 Procambarus clarkii staart	1079	23	3170	1748	831	67	61.9	114	40	79
39	18 Procambarus clarkii kop	2044	71	438	868	132	28	51.7	254	280	69
40	18 Procambarus clarkii staart	594	5	235	177	61	38	52.6	35	41	74
41	19 Procambarus clarkii kop	2625	214	1343	1410	238	124	57.1	431	151	82
42	19 Procambarus clarkii staart	966	21	1030	551	195	126	54.3	163	25	75
43	20 Procambarus clarkii kop	2087	76	1783	2186	1015	543	54.0	764	676	109
44	20 Procambarus clarkii staart	810	40	1178	1698	366	155	51.9	192	95	85

## Bijlage 2 Gemeten dioxines, dioxine-achtige PCB's en niet-dioxine-achtige PCB's

Stof	Locatie	17	Stdev	17	Stdev	18	Stdev	18	Stdev
	Unit	Kop Result	(±)	Staat Result	(±)	Kop Result	(±)	Staat Result	(±)
<b>EFSA/TEF-calculation wet weight</b>									
WHO (PCDD/PCDF) upper boundary	pg/g TEQ	1.640	0.493	0.153	0.046	2.460	0.737	0.140	0.042
WHO-PCDD/F-PCB; Upperboundary	pg/g TEQ	2.810	0.842	0.287	0.086	7.180	2.150	0.277	0.083
WHO (PCB) upperbound	pg/g	1.160	0.349	0.134	0.040	4.720	1.420	0.137	0.041
Sum ndl-PCB's (ICES-6) Up.bound	ng/g	11.0	3.1	3.0	0.8	54.5	15.3	3.0	0.8
<b>Dioxins, dl PCBs, ndl PCBs</b>									
PCB nr. 77	pg/g	49.80	15.90	2.70	0.86	396	127	5.50	1.76
PCB nr. 81	pg/g	3.1	0.4	<1,0	n.a.	19.9	2.6	<1,0	n.a.
PCB nr. 126	pg/g	10.2	2.3	<1,0	n.a.	39.8	9.2	<1,0	n.a.
PCB nr. 169	pg/g	2	0	<1	n.a.	4	1	<1	n.a.
PCB nr. 105	pg/g	426	64	20	3	5300	795	57	9
PCB nr. 114	pg/g	56	7	<10	n.a.	415	54	<10	n.a.
PCB nr. 118	pg/g	1160	163	39	5	10600	1480	102	14
PCB nr. 123	pg/g	34	4	<5	n.a.	249	27	<5	n.a.
PCB nr. 156	pg/g	308	43	9	1	1830	256	12	2
PCB nr. 157	pg/g	46	6	<5	n.a.	311	44	<5	n.a.
PCB nr. 167	pg/g	191	38	5	1	835	167	6	1
PCB nr. 189	pg/g	73	11	<5	n.a.	120	18	<5	n.a.
WHO (PCB) Lower boundary	pg/g	1.16	n.a.	0.00	n.a.	4.72	n.a.	0.01	n.a.
WHO (PCB) medium boundary	pg/g	1.160	n.a.	0.068	n.a.	4.720	n.a.	0.071	n.a.
<b>Dioxins</b>									
2,3,7,8-TCDD	pg/g	0.15	0.04	<0,04	n.a.	0.43	0.10	<0,04	n.a.
1,2,3,7,8-PeCDD	pg/g	0.33	0.05	<0,04	n.a.	0.56	0.08	<0,04	n.a.
2,3,7,8-TCDF	pg/g	2.75	0.66	0.15	0.04	4.92	1.18	0.07	0.02
1,2,3,4,7,8-HxCDD	pg/g	0.12	0.02	<0,05	n.a.	0.26	0.04	<0,05	n.a.
1,2,3,6,7,8-HxCDD	pg/g	0.36	0.05	<0,05	n.a.	0.64	0.08	<0,05	n.a.
1,2,3,7,8,9-HxCDD	pg/g	0.16	0.03	<0,05	n.a.	0.28	0.05	<0,05	n.a.
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	pg/g	0.5	0.1	<0,1	n.a.	0.7	0.1	<0,1	n.a.
OctaCDD	pg/g	<2,0	n.a.	<2,0	n.a.	<2,0	n.a.	<2,0	n.a.
1,2,3,7,8-PeCDF	pg/g	1.92	0.23	0.11	0.01	1.17	0.14	<0,04	n.a.
2,3,4,7,8-PeCDF	pg/g	1.58	0.22	0.05	0.01	1.90	0.27	<0,04	n.a.
1,2,3,4,7,8-HxCDF	pg/g	1.19	0.14	<0,05	n.a.	0.79	0.09	<0,05	n.a.
1,2,3,6,7,8-HxCDF	pg/g	0.92	0.12	<0,05	n.a.	0.85	0.11	<0,05	n.a.
2,3,4,6,7,8-HxCDF	pg/g	0.51	0.06	<0,05	n.a.	0.64	0.08	<0,05	n.a.
1,2,3,7,8,9-HxCDF	pg/g	0.15	0.02	<0,05	n.a.	0.06	0.01	<0,05	n.a.
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	pg/g	0.71	0.10	<0,15	n.a.	0.75	0.11	<0,15	n.a.
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	pg/g	<0,15	n.a.	<0,15	n.a.	<0,15	n.a.	<0,15	n.a.
OctaCDF	pg/g	<2,0	n.a.	<2,0	n.a.	<2,0	n.a.	<2,0	n.a.
WHO (PCDD/PCDF); Lower bound	pg/g TEQ	1.640	0.492	0.033	0.010	2.450	0.736	0.007	0.002
WHO (PCDD/PCDF) Medium bound	pg/g	1.640	n.a.	0.093	n.a.	2.460	n.a.	0.074	n.a.
WHO-PCDD/F-PCB; Lower bound	pg/g	2.800	1.400	0.036	0.018	7.180	3.590	0.013	0.006
WHO-PCDD/F-PCB; Medium bound	pg/g	2.80	1.40	0.16	0.08	7.18	3.59	0.14	0.07
<b>Poly Chlorinated Bipenyls</b>									
PCB 28	µg/kg(ng/g)	<0,50	n.a.	<0,50	n.a.	7.42	1.11	<0,50	n.a.
PCB 52	µg/kg(ng/g)	0.75	0.09	<0,50	n.a.	9.51	1.14	<0,50	n.a.
PCB 101	µg/kg(ng/g)	1.12	0.11	<0,50	n.a.	7.93	0.79	<0,50	n.a.
PCB 138	µg/kg(ng/g)	2.11	0.19	<0,50	n.a.	9.48	0.85	<0,50	n.a.
PCB 153	µg/kg(ng/g)	3.98	0.44	<0,50	n.a.	14.80	1.63	<0,50	n.a.
PCB 180	µg/kg(ng/g)	2.58	0.23	<0,50	n.a.	5.33	0.48	<0,50	n.a.

Stof	Locatie	19	Stdev	19	Stdev	20	Stdev	20	Stdev
	Unit	Kop Result	(±)	Staat Result	(±)	Kop Result	(±)	Staat Result	(±)
<b>EFSA/TEF-calculation wet weight</b>									
WHO (PCDD/PCDF) upper boundary	pg/g TEQ	0.642	0.192	0.137	0.041	0.483	0.145	0.137	0.041
WHO-PCDD/F-PCB; Upperboundary	pg/g TEQ	1.320	0.396	0.269	0.081	1.150	0.346	0.269	0.081
WHO (PCB) upperbound	pg/g	0.679	0.204	0.132	0.040	0.672	0.202	0.132	0.040
Sum ndl-PCB's (ICES-6) Up.bound	ng/g	5.3	1.5	3.0	0.8	6.3	1.8	3.0	0.8
<b>Dioxins, dl PCBs, ndl PCBs</b>									
PCB nr. 77	pg/g	43.20	13.80	1.10	0.35	40.90	13.10	1.40	0.45
PCB nr. 81	pg/g	2.6	0.3	<1,0	n.a.	2.5	0.3	<1,0	n.a.
PCB nr. 126	pg/g	6.0	1.4	<1,0	n.a.	5.9	1.4	<1,0	n.a.
PCB nr. 169	pg/g	1	0	<1	n.a.	1	0	<1	n.a.
PCB nr. 105	pg/g	226	34	5	1	253	38	8	1
PCB nr. 114	pg/g	31	4	<10	n.a.	29	4	<10	n.a.
PCB nr. 118	pg/g	554	78	<20	n.a.	588	82	<20	n.a.
PCB nr. 123	pg/g	15	2	<5	n.a.	13	1	<5	n.a.
PCB nr. 156	pg/g	126	18	<5	n.a.	208	29	<5	n.a.
PCB nr. 157	pg/g	21	3	<5	n.a.	31	4	<5	n.a.
PCB nr. 167	pg/g	76	15	<5	n.a.	112	22	<5	n.a.
PCB nr. 189	pg/g	14	2	<5	n.a.	32	5	<5	n.a.
WHO (PCB) Lower boundary	pg/g	0.68	n.a.	<0,00	n.a.	0.67	n.a.	<0,00	n.a.
WHO (PCB) medium boundary	pg/g	0.679	n.a.	0.066	n.a.	0.672	n.a.	0.066	n.a.
<b>Dioxins</b>									
2,3,7,8-TCDD	pg/g	0.07	0.02	<0,04	n.a.	<0,04	n.a.	<0,04	n.a.
1,2,3,7,8-PeCDD	pg/g	0.21	0.03	<0,04	n.a.	0.12	0.02	<0,04	n.a.
2,3,7,8-TCDF	pg/g	0.96	0.23	<0,04	n.a.	1.03	0.25	<0,04	n.a.
1,2,3,4,7,8-HxCDD	pg/g	0.08	0.01	<0,05	n.a.	<0,05	n.a.	<0,05	n.a.
1,2,3,6,7,8-HxCDD	pg/g	0.23	0.03	<0,05	n.a.	0.26	0.03	<0,05	n.a.
1,2,3,7,8,9-HxCDD	pg/g	0.11	0.02	<0,05	n.a.	<0,05	n.a.	<0,05	n.a.
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	pg/g	0.3	0.0	<0,1	n.a.	0.3	0.1	<0,1	n.a.
OctaCDD	pg/g	<2,0	n.a.	<2,0	n.a.	<2,0	n.a.	<2,0	n.a.
1,2,3,7,8-PeCDF	pg/g	0.36	0.04	<0,04	n.a.	0.27	0.03	<0,04	n.a.
2,3,4,7,8-PeCDF	pg/g	0.48	0.07	<0,04	n.a.	0.42	0.06	<0,04	n.a.
1,2,3,4,7,8-HxCDF	pg/g	0.18	0.02	<0,05	n.a.	0.13	0.02	<0,05	n.a.
1,2,3,6,7,8-HxCDF	pg/g	0.20	0.03	<0,05	n.a.	0.11	0.01	<0,05	n.a.
2,3,4,6,7,8-HxCDF	pg/g	0.19	0.02	<0,05	n.a.	0.12	0.01	<0,05	n.a.
1,2,3,7,8,9-HxCDF	pg/g	<0,05	n.a.	<0,05	n.a.	<0,05	n.a.	<0,05	n.a.
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	pg/g	<0,15	n.a.	<0,15	n.a.	0.24	0.03	<0,15	n.a.
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	pg/g	<0,15	n.a.	<0,15	n.a.	<0,15	n.a.	<0,15	n.a.
OctaCDF	pg/g	<2,0	n.a.	<2,0	n.a.	<2,0	n.a.	<2,0	n.a.
WHO (PCDD/PCDF); Lower bound	pg/g TEQ	0.632	0.190	<0,001	n.a.	0.425	0.127	<0,001	n.a.
WHO (PCDD/PCDF) Medium bound	pg/g	0.637	n.a.	<0,069	n.a.	0.454	n.a.	<0,069	n.a.
WHO-PCDD/F-PCB; Lower bound	pg/g	1.310	0.656	<0,001	n.a.	1.100	0.548	<0,001	n.a.
WHO-PCDD/F-PCB; Medium bound	pg/g	1.32	0.66	0.13	0.07	1.13	0.56	0.13	0.07
<b>Poly Chlorinated Bipenyls</b>									
PCB 28	µg/kg(ng/g)	1.34	0.20	<0,50	n.a.	<0,50	n.a.	<0,50	n.a.
PCB 52	µg/kg(ng/g)	<0,50	n.a.	<0,50	n.a.	<0,50	n.a.	<0,50	n.a.
PCB 101	µg/kg(ng/g)	<0,50	n.a.	<0,50	n.a.	<0,50	n.a.	<0,50	n.a.
PCB 138	µg/kg(ng/g)	0.77	0.07	<0,50	n.a.	1.19	0.11	<0,50	n.a.
PCB 153	µg/kg(ng/g)	1.65	0.18	<0,50	n.a.	2.56	0.28	<0,50	n.a.
PCB 180	µg/kg(ng/g)	0.52	0.05	<0,50	n.a.	1.08	0.10	<0,50	n.a.

## Bijlage 3 Gemeten PFAS's

PFAS	Locatiecode	17		18		19		20	
	Beschrijving	Delftse Hout, Nootdorp		Westdijk, Vlaardingen		Vrederustpad, Delft		Havannapad, Den Haag	
	Soort	Rode Am. Rivierkreeft		Rode Am. Rivierkreeft		Rode Am. Rivierkreeft		Rode Am. Rivierkreeft	
	Onderdeel	kop	staart	kop	staart	kop	staart	kop	staart
<b>PFBA*</b>	(ng/g nat)	2.658	13.523	<LOQ	2.736	29.845	<LOQ	<LOQ	<LOQ
<b>PFHxS</b>	(ng/g nat)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
<b>PFOA</b>	(ng/g nat)	2.442	<LOQ	4.823	<LOQ	4.256	<LOQ	2.228	<LOQ
<b>PFOS</b>	(ng/g nat)	1.623	<LOQ	2.261	<LOQ	1.144	<LOQ	3.260	<LOQ
<b>PFBS</b>	(ng/g nat)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
<b>PFDA</b>	(ng/g nat)	0.663	<LOQ	1.615	<LOQ	<LOQ	<LOQ	4.219	<LOQ
<b>PFUdA</b>	(ng/g nat)	<LOQ	<LOQ	2.335	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2.382	1.152
<b>PFNA</b>	(ng/g nat)	<LOQ	<LOQ	0.529	<LOQ	0.459	<LOQ	0.807	<LOQ
<b>PFDoA</b>	(ng/g nat)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
<b>PFHxA</b>	(ng/g nat)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
<b>PFHpA</b>	(ng/g nat)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ

\* = analyse niet goed verlopen, deze resultaten zijn niet betrouwbaar en zijn verder niet in de rapportage meegenomen.



---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/environmental-research](http://wur.nl/environmental-research)

Wageningen Environmental Research  
Rapport 3290  
ISSN 1566-7197



---

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, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers 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 Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AB Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/environmental-research](http://wur.nl/environmental-research)

Rapport 3290  
ISSN 1566-7197

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, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers 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.

