



Nederlandse Voedsel- en
Warenautoriteit
*Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit*

Bijlage 3.2 De chemische voedselveiligheid

Chemische risico's van de vis, schaal- en schelpdierketen

Datum 30 april 2022

Colofon

Versienummer

Contactpersoon bureau Risicobeoordeling & onderzoek

T 088 223 33 33

F 088 223 33 34

risicobeoordeling@nvwa.nl

bureau Risicobeoordeling & onderzoek | afdeling Risicobeoordeling

Catharijnesingel 59 | Utrecht

Postbus 43006 | 3540 AA Utrecht

Auteur

bureau Risicobeoordeling & onderzoek

Inhoud

	Colofon	2
3.2	Chemische risico's van de vis, schaal- en schelpdierketen	5
3.2.1	In het kort: chemische risico's in de visketen	5
3.2.2	Risicovolle chemische stoffen in de visketen – inleiding	5
3.2.3	Beoordelingsmethodiek van chemische risico's	7
3.2.4	Kaders voor risicobeheersing en gerapporteerde chemische gevaren in de visketen	8
3.2.5	Beoordeling chemische risico's in de visketen	18
3.2.6	Literatuur chemische risico's	88

3.2 Chemische risico's van de vis, schaal- en schelpdierketen

3.2.1 *In het kort: chemische risico's in de visketen*

Sommige van de chemische gevaren in de visketen zoals biotoxinen, kunnen ernstige acute effecten veroorzaken. De kans op ernstige effecten is klein maar vereist aanzienlijke inspanning om de risico's beheersbaar klein te houden. Veel minder aandacht gaat uit naar de beheersing van de risico's van chemische stoffen in vis waarbij de effecten pas lange tijd na de blootstelling kunnen optreden. Dit terwijl veel vis in aanzienlijke mate vervuild is, soms met zware metalen, maar vaker nog met persistente organische stoffen die al bij zeer lage blootstelling gezondheidsrisico's voor consumenten opleveren. Uit internationale studies is gebleken dat vissen in veel gevallen dioxinen, PCB's, en PFAS kunnen bevatten. Het gehalte is daarnaast afhankelijk van de grootte en de soort vis, schaal- en schelpdier, naast het gehalte van de stof in het gebied waarin ze leven. Deze concentraties kunnen zodanig zijn dat met name regelmatige viseters (2 keer per week of meer) meer innemen dan de hoeveelheden die EFSA uit gezondheidskundig oogpunt acceptabel acht.

Alleen al bij de eenmalige consumptie van een 100 g portie kan de TWI (Tolerable Weekly Intake) voor dioxinen, PFAS, of arseen of (methyl)kwik worden overschreden bij volwassenen (19-80 jaar) en, vanwege het lagere lichaamsgewicht, nog meer worden overschreden bij kinderen (1-19 jaar). Kinderen die van porties vette vis houden ondervinden daarbij dus een extra risico omdat ze een lager lichaamsgewicht hebben en zij nog in ontwikkeling zijn. Het Voedingscentrum beveelt ook aan dat zwangeren bepaalde soorten vis en schaal- en schelpdieren tijdens de zwangerschap beter niet of niet te vaak eten. Ook voor zelfgevangen vis en schaal- en schelpdieren is het advies voor zwangeren die te laten staan, omdat het water waarin ze zwommen mogelijk vervuild is. Meer informatie over zwangeren en het eten van vis op de site van het [voedingscentrum](#).

Omdat de chemische stoffen vooral op lange termijn gezondheidseffecten veroorzaken kan van de inname van deze stoffen geen ziektelast worden geschat. De consequentie daarvan kan, onterecht, zijn dat frequente visconsumptie wordt gepercipieerd als 'gezond', terwijl tegelijkertijd gezondheidsnormen die horen bij 'veilige' consumptie frequent worden overschreden.

De gezondheidsrisico's die samenhangen met de consumptie van vis die in Nederlandse rivieren, estuaria en kustwater gevangen wordt, is niet precies in te schatten. Maar aangezien de grote Nederlandse rivieren allemaal door dichtbevolkte industriële gebieden stromen, is nader signalerend onderzoek naar concentraties persistente organische stoffen in vis, met name roofvis, van belang. Sommige binnenwateren, en waterbodems zijn ernstig vervuild, waardoor deze gesloten zijn voor de visserij. Concentraties persistente organische stoffen in wolhandkrab, paling en andere waterdieren zijn vaak dusdanig hoog, dat bij minimale consumptie al gezondheidskundige normen overschreden worden.

3.2.2 *Risicovolle chemische stoffen in de visketen – inleiding*

Stoffen en stofklassen in de visketen die potentieel een schadelijk effect voor de gezondheid van consumenten kunnen hebben, komen uit verschillende bronnen (Figuur 3.2.1).

schakel	introductie verschillende typen chemische stoffen
Leefomgeving	Milieucontaminanten in water, waterbodem en voedsel: dioxinen en PCB's, PAK's, gewasbeschermingsmiddelen, gebromeerde brandvertragers, perfluorverbindingen, metalen en metaalverbindingen, geneesmiddelen/hormonen/ drugs, stoffen uit verzorgingsproducten/chemicaliën/

schakel	introductie verschillende typen chemische stoffen
	voedselcontactmaterialen, radioactieve stoffen, biotoxinen, diergeneesmiddelen, reinigingsmiddelen/biociden, mycotoxinen
Vangst, Aanlanding/import Transport/opslag	Voedselcontactmaterialen, reinigingsmiddelen/biociden, hydraulische oliën/koelmiddelen
Verwerking	PAK's, voedselcontactmaterialen, reinigingsmiddelen/biociden, hydraulische oliën/koelmiddelen, behandelingen, additieven
Distributie	Voedselcontactmaterialen, allergenen, biogene aminen, plastics.

Figuur 3.2.1 Verschillende schakels in de vis-, schaal- en schelpdierketen (links), waar verschillende typen chemische stoffen (rechts) geïntroduceerd kunnen worden.

Het waterige milieu waarin vissen, schaal- en schelpdieren leven bepaalt in belangrijke mate welke stoffen in vis worden aangetroffen. Naast een voldoende waterkwaliteit om alle lichaamsfuncties goed te laten werken, hebben vissen, schaal- of schelpdier niet alleen voedsel nodig voor conditie, groei en voortplanting, maar meestal ook schuilgelegenheid (tegen roofdieren en extreme milieuomstandigheden) en gelegenheid tot voortplanting (paaigebied en partners) (Zoetemeyer & Lucas, 2007). Sommige vissoorten hebben een groot leefgebied, en zijn redelijk ongevoelig voor lokale verontreinigingen. Andere vissoorten, en vooral ook schaal- en schelpdieren, hebben een klein leefgebied; concentraties gevaarlijke stoffen in de vis, schaal- en schelpdieren is in die gevallen erg afhankelijk van de lokale concentraties van stoffen in het water (en in de waterbodem). Voor vissen, schaal- en schelpdieren is de opname vanuit water via diffusie over het kieuwmembraan de belangrijkste opnameroute. Daarnaast kan ook inname van sediment- of substraatdeeltjes of voedsel (algen, kleine schaal- en schelpdieren en kleinere vissoorten) bijdragen aan de inname van chemische stoffen door vissen. Voor schaal- en schelpdieren en enkele vissoorten, die dicht bij de waterbodem verblijven, is blootstelling aan chemische contaminanten via sedimentdeeltjes van groot belang. Substraat omvat het bodemmateriaal (stenen, kiezel, grind, zand, klei of modder), maar ook de begroeiing van het water, afgestorven resten van planten (en dieren) en takken die van de oever af in het water zijn gevallen. Gebieden waarin het sediment is of was verontreinigd, worden gezien als risicogebieden voor zowel ecosysteemeffecten als mogelijk ontoelaatbare contaminatie van vis, schaal- en schelpdieren. Een aantal gebieden met hoge concentraties dioxinen of dioxine-achtige PCB's zijn gesloten voor vangst op paling (aal) en wolhandkrab (van Leeuwen et al., 2013a; van Leeuwen et al., 2013b). (Uitvoeringsregeling visserij, artikelen 23b en 28b). Meer informatie in wetten.overheid.nl.

Roofvissen staan bovenaan de voedselketen/webben en kunnen door predatie van prooidieren die al verontreinigingen bevatten, hogere concentraties van zware metalen en persistente milieucontaminanten bevatten dan niet-roofvissen en schaal- en schelpdieren. Naast deze bioaccumulatie hebben oudere vissen meer tijd om persistente stoffen te accumuleren, terwijl snel groeiende (jonge of kort-levende) organismen opgehoopte persistente stoffen kunnen 'verdunnen' door de aanmaak van nieuw weefsel. Periodes van voedselrijkheid, of voedselschaarste, kan betekenen dat extra vetweefsel wordt aangemaakt of juist verloren, wat invloed kan hebben op de concentraties van (met name persistente) stoffen in de vis, schaal- en schelpdieren.

Van nature komen zware metalen voor in het water, die worden opgenomen door de vis en daarin kunnen ophopen. Ook kunnen in het aquatisch milieu giftige stoffen (biotoxinen) geproduceerd worden door (micro)organismen, waarbij sommige van deze biotoxinen kunnen bioaccumuleren, en een risico kunnen zijn voor de consument. Naast natuurlijke stoffen komen ook veel niet-natuurlijk stoffen voor in het aquatisch milieu. Vooral persistente organische

stoffen zoals PCBs, dioxinen, polybroom- en polyfluorverbindingen komen overal op de wereld voor in het water. En al zijn de concentraties laag, vanwege de sterke vetoplosbaarheid kunnen de concentraties in aquatische organismen hoog worden, en kunnen ze een aanmerkelijk risico vormen voor visconsumenten.

Deze, en ook andere-minder persistente-stoffen kunnen vooral lokaal leiden tot hoge blootstelling van vissen en schaal- en schelpdieren omdat deze stoffen lokaal geloosd worden, bijvoorbeeld in rivieren en kustwateren. Lokaal aanwezige industrie, afvalwaterzuivering, of rioolozingen kunnen zorgen voor verhoogde concentraties in het water van bijvoorbeeld drugs, geneesmiddelen en cosmetica. Daarnaast, met name bij kweekvis, kunnen ook nog stoffen doelbewust worden gebruikt. Daarbij gaat het niet alleen om potentieel risicovolle stoffen uit diervoeders (zoals mycotoxinen), maar ook om diergeneesmiddelen, waaronder antibiotica.

Wageningen Marine Research (WMR) (Sneekes et al., 2018) geeft de volgende vuistregels voor de contaminatie van vissen met chemisch stoffen die niet van nature in het milieu voorkomen:

- Kans op hoge, geproduceerde contaminantconcentraties in vis: grote rivier > binnenwater, estuaria > kustwateren > open zee > open oceaan.
- Kans op hoge concentraties organische, lipofiele contaminanten en kwik binnen een locatie: grote, oude carnivore vis > jongere, kleine vis met kleinere prooien > planktivore vis. Organische, wateroplosbare contaminanten worden ook, en soms zelfs vooral, door de kieuwen opgenomen. Dit is een relatief snel proces, waardoor de vissen (het vet van de vissen) in evenwicht komen met het omringende water. Dat betekent dat de verschillen in grootte, leeftijd en voedselkeuze van een vissoort een kleiner effect hebben, de gehalten in vissen zijn vergelijkbaar.
- Extrapolatie van vis naar vis binnen een locatie: voor sterk lipofiele organische contaminanten geldt doorgaans dat de gehalten van deze stoffen op vetbasis ongeveer gelijk zijn voor vissen met vergelijkbare grootte, ouderdom en voedingspatroon.
- Extrapolatie van locatie naar locatie: Garnalen die gevangen zijn in verschillende delen van de Westerschelde bevatten sterk verschillende gehalten perfluorverbindingen bij voorbeeld. Meer informatie in het RIVM Briefrapport [Consumptie van producten verontreinigd met PFAS uit de Westerschelde](#).

3.2.3 Beoordelingsmethodiek van chemische risico's

Voor het beoordelen van de chemische gevaren is gekeken naar chemische stoffen die voorkomen in de leefomgeving en die worden gevonden in vis, schaal- en schelpdieren die in Nederland worden geconsumeerd. De chemische gevaren zijn geïnventariseerd op basis van wetenschappelijke literatuur, rapporten van RIKILT (nu Wageningen Food Safety Research (WFSR) en WMR (van Asselt et al., 2017; Sneekes et al., 2018; van Asselt & Kluche, 2018b;2018a; van Asselt & Noordam, 2018) en RASFF-meldingen in de periode 2014 tot 2019. Voor het beoordelen van de chemische gevaren is gekeken naar chemische stoffen die voorkomen in de leefomgeving en die worden gevonden in vis, schaal- en schelpdieren die in Nederland worden geconsumeerd. De chemische gevaren zijn geïnventariseerd op basis van wetenschappelijke literatuur, rapporten van RIKILT (nu Wageningen Food Safety Research (WFSR) en WMR (van Asselt et al., 2017; Sneekes et al., 2018; van Asselt & Kluche, 2018b;2018a; van Asselt & Noordam, 2018) en RASFF-meldingen in de periode 2014 tot 2019.

Chemische stoffen komen van nature voor in voedsel, komen per ongeluk in voedsel terecht (contaminatie) of worden bewust toegevoegd (bijvoorbeeld conserveermiddelen en smaakstoffen). Blootstelling aan ongewenste chemische stoffen in voedsel leidt meestal niet op korte termijn tot aantoonbare gezondheidseffecten (van Kreijl & Knaap, 2004). Chemische stoffen kunnen op lange termijn leiden tot effecten op de gezondheid, in tegenstelling tot micro-organismen, die doorgaans binnen uren of dagen ziekte veroorzaken. Langetermijneffecten zijn vaak moeilijk te relateren aan bepaalde stoffen of toe te schrijven aan de inname van bepaalde voedingsmiddelen.

De risicobeoordeling van stoffen wordt gebaseerd op een veilige dosis voor de mens, die meestal is berekend op basis van extrapolatie van proefdiergegevens met behulp van veiligheidsfactoren. De veilige dosis is de hoeveelheid van een stof die iemand dagelijks kan innemen gedurende het hele leven zonder noemenswaardig gezondheidsrisico. Hiervoor wordt meestal de Acceptable Daily Intake (ADI) of de Tolerable Daily Intake (TDI) gebruikt. De ADI wordt gebruikt voor toegelaten stoffen zoals voederadditieven, diergeneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen. De TDI wordt gebruikt voor stoffen die niet bewust aan het voedsel worden toegevoegd, zoals milieucontaminanten. Voor stoffen die zich ophopen in het lichaam, wordt in plaats van de TDI ook wel de TWI gebruikt. Voor de beoordeling van acute gezondheidseffecten, na kortdurende consumptie, wordt de ARfD (Acute Reference Dose) gebruikt. Dit is de maximale hoeveelheid van een stof die iemand gedurende korte tijd, meestal 24 uur, veilig kan innemen. Bij een overschrijding van de ADI of TDI neemt de kans op een gezondheidseffect toe maar dit betekent niet dat er ook daadwerkelijk altijd een effect zal optreden. Bij kleine of incidentele overschrijdingen van de ADI of TDI wordt meestal geoordeeld dat er geen significant verhoogd risico is voor de volksgezondheid, omdat de ADI en TDI zijn afgeleid op basis van levenslange blootstelling. Bij ernstige of langdurige overschrijding neemt de kans op een gezondheidseffect toe. Als er geen TDI- of ADI-waarde is, of als er geen bruikbare gegevens zijn om een ADI of TDI af te leiden, wordt door EFSA (European Food Safety Authority) aanbevolen om de Margin of Exposure (MOE) te gebruiken voor de risicobeoordeling. Er wordt dan gekeken of de blootstelling klein genoeg is ten opzichte van een blootstelling met een heel klein gezondheidseffect.

Niet voor alle vissoorten van alle mogelijke vangstlocaties zijn gehalten van contaminanten bekend. Sommige vissoorten worden slechts sporadisch onderzocht op enkele contaminantgroepen en ook de locaties zijn niet dekkend over de hele kust en binnenwateren. Concentraties in vissoorten kunnen soms worden geëxtrapoleerd naar een andere vissoort, afhankelijk van locatie, soort en grootte van de vis en fysiologie. Voor de contaminatie van vissen geldt dat de locatie van het grootste belang is (Sneekes et al., 2018). Hierbij geldt dat binnenwater, vooral grote rivieren, meestal zwaarder is vervuild met contaminanten van menselijke oorsprong dan kustwateren, en zeker meer dan open zeeën en oceanen (Sneekes et al., 2018).

3.2.4 *Kaders voor risicobeheersing en gerapporteerde chemische gevaren in de visketen*

3.2.4.1 Chemische risico's en regelgeving voor risicobeheersing

De Europese wetgeving berust op het ALARA (as low as reasonably achievable)-principe: de blootstelling van consumenten aan ongewenste chemische stoffen (contaminanten) moet zo laag mogelijk zijn. Voor een groot aantal stoffen is een maximum toegestane concentratie vastgesteld, de MRL (Maximale Residu Limiet) of ML (Maximum Level = maximum concentratie). MRL's horen bij stoffen die als residu in een voedingsmiddel aangetroffen kunnen worden, zoals gewasbeschermingsmiddelen. ML's worden gebruikt voor stoffen die onbedoeld in voedsel aanwezig kunnen zijn, zoals milieucontaminanten. Voor additieven (E-nummers) zijn maximale gebruikconcentraties vastgesteld. MRL's, ML's en maximale gebruikconcentraties zijn alle drie wettelijke normen die worden vastgesteld per stof- levensmiddel-combinatie. Bij het vaststellen van de limieten voor residuen van gewasbeschermingsmiddelen (MRL's) in voedsel wordt uitgegaan van Goede Landbouwpraktijk (GLP), waarbij het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen zo beperkt mogelijk is, zonder de werking ervan te beïnvloeden. De limieten voor residuen van diergeneesmiddelen (MRL's) in voedsel zijn gebaseerd op de ADI-waarde van de stof. De MRL waarborgt dan dat er geen risico voor de gezondheid is bij consumptie van de dierlijke producten wanneer de limiet niet wordt overschreden.

Controleverordening (EU) 2017/625 625 (tot 14 december 2019 Richtlijn 97/78/EG en Verordening (EG) 882/2004) schrijft voor dat iedere lidstaat de verplichting heeft om aan een of meerdere autoriteiten op gezette tijden officiële controles van diervoeders en levensmiddelen van dierlijke (en niet-dierlijke) oorsprong uit te laten voeren (Meerjarig Controleplan).

De resultaten van analyses op schadelijke stoffen worden aangeleverd aan de [Kwaliteitsprogramma Agrarische Producten](#) (KAP-database). Deze database, die is ondergebracht bij RIVM, verzorgt de levering van gegevens aan EFSA. EFSA gebruikt de gegevens voor het opstellen van risicobeoordelingen. Vervolgens kan de Europese Commissie dan besluiten tot het al of niet opstellen van nieuwe of wijzigen van bestaande M(R)L's.

3.2.4.2 RASFF-meldingen met betrekking tot de visketen

Het Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) wordt door de EU-landen (inclusief de Europese Commissie, EFSA, Noorwegen, Liechtenstein, IJsland en Zwitserland) gebruikt om elkaar snel te informeren in geval onveilige voedingsmiddelen zich in de (internationale) voedselketen bevinden. Meer informatie in het EU system [RASFF - food en feed safety alerts](#).

In de periode van 1 januari 2014 tot 1 januari 2019 waren er 229 meldingen over chemische stoffen (inclusief fraude en etiketteringsaspecten) in vis, schaal- en schelpdieren (inclusief koppotigen (inktvissen)) waar Nederland bij was betrokken. Opgemerkt moet worden dat niet altijd duidelijk is in de RASFF-meldingen waar het product oorspronkelijk vandaan komt. Bijvoorbeeld voor vis uit Spanje die in Nederland wordt verpakt, kan in de melding Nederland worden genoemd. RASFF maakt geen onderscheid in wildvangst en gekweekte vis. Tabel 3.2.1 geeft de RASFF- meldingen over chemische stoffen, fraude en etiketteringsaspecten in vis, schaal- en schelpdieren.

Tabel 3.2.1 RASFF-meldingen over chemische stoffen, fraude en etiketteringsaspecten in vis, schaal- en schelpdieren en meldingen waarbij Nederland was betrokken in de periode 1 januari 2014 tot 1 januari 2019.

productsoort	totaal aantal meldingen	meldingen waarbij NL was betrokken	meldingen waarbij NL was betrokken, excl. microbiologische meldingen
Vis en visproducten	1636	196	158
Tweekleppige weekdieren en producten	449	86	29
Schaaldieren en producten	361	42	29
Koppotigen en producten	167	13	13

Voor een overzicht van de verschillende RASFF-meldingen in de periode 1 januari 2014-1 januari 2019 wordt verwezen naar de *Meldingen in RASFF* voor vis en visproducten, tweekleppige weekdieren, schaaldieren en koppotigen.

Meldingen kunnen over meerdere voedingsmiddelen gaan. Van de 158 meldingen over vis en visproducten waren er enkele die meerdere voedingsmiddelen betroffen. Vandaar dat in de volgende tekst 162 meldingen worden genoemd. Voor vis en visproducten betroffen de meeste meldingen (31% van de 162 meldingen) concentraties kwik in vis of visproducten. Dit werd gevolgd door histamine (13%), onjuiste etikettering (11%), besmetting met *Anisakis* (7%) en de aanwezigheid van niet toegelaten stoffen (7%). Het grootste deel van de meldingen (74/162=46%) betrof producten uit EU-lidstaten (tabel 3.2.2.). Het is niet altijd duidelijk of het dan ook vis of visproducten oorspronkelijk afkomstig uit deze landen betreft. 25% van de meldingen betrof vis of visproducten uit Vietnam, gevolgd door 6% uit China. Van de meldingen waarbij werd aangegeven dat het om een EU-lidstaat ging, werd 36 keer aangegeven dat het om

vis of een visproduct uit/via/van Nederland gaat. Spanje werd 20 keer genoemd. Het (relatief) grote aantal met relatie tot Nederland is niet zo vreemd gegeven dat er is geselecteerd op meldingen die betrekking hadden of afkomstig waren uit Nederland.

Tabel 3.2.2 Aantal RASFF-meldingen (n=162) waarbij Nederland was betrokken in de periode 1 januari 2014 - 1 januari 2019 per land van herkomst.

EU	Vietnam	China	Indonesië	Thailand	Chili	Sri Lanka	Ghana	Rusland	Turkije	Suriname	Overig
74	40	9	7	7	3	3	3	2	2	2	10

In de onderzochte periode (2014 tot 2019) heeft Nederland in totaal voor de categorie vis en visproducten 93 meldingen laten uitgaan. Dit betrof 66 keer een niet-microbiologische, niet-fysische melding.

Voor tweekleppige weekdieren had het overgrote deel van de meldingen (25; 86%) betrekking op mariene biotoxinen in coquilles (niet bekend van welke mantelschelp), mosselen en overige schelpdieren.

Van de 29 meldingen over schaaldieren gingen 16 meldingen over niet toegelaten stoffen in garnalen (en een over krab). Twaalf meldingen (41%) betroffen de aanwezigheid van nitrofuraan/furazolidon in garnalen.

Voor de koptogigen – allen inktvissen – gingen 12 van de 13 meldingen over cadmium in inktvissen uit verschillende landen.

Meldingen in RASFF

Vis- en visproducten

Van de 158 meldingen waren er enkele die meerdere voedingsmiddelen betroffen. Vandaar dat in onderstaande tabel 3.2.3 tot en met 3.2.6 162 meldingen worden genoemd.

Tabel 3.2.3 RASFF-meldingen (n=162) in de periode 1 januari 2014-1 januari 2019 over vis en visproducten waarbij Nederland was betrokken.

chemische gevaren /risico's	chemische gevaren/risico's	totaal aantal meldingen	aantal meldingen	betreft	land
Etikettering/ verpakking	vervaldatum onjuist	7	3	kabeljauw, haring, gerookte vis	Nederland
			1	zalm	België
			1	gerookte makreel	Nederland
			1	visproducten	Nederland
			1	gerookte zalm	Nederland
	verpakking beschadigd	1	1	bevroren kabeljauw	Rusland
	onjuist	2	1	forel	Turkije
			1	forel	Denemarken
	slechte traceerbaarheid	1	1	bevroren makreel	Nederland
	allergenen	2	1	gluten, soja - mix	China
			1	mosterd - vis	Denemarken
	eieren niet geëtiketteerd	5	2	vis	Nederland
			1	kabeljauwburger	Nederland

chemische gevaren /risico's	chemische gevaren/risico's	totaal aantal meldingen	aantal meldingen	betreft	land
			2	bevroren surimi/mix	China
Arseen		1	1	haai	Suriname
Kwik/methylkwik		51	1	haai	Suriname
			1	visproducten	Vietnam/India
			2	bevroren zwaardvis	Chili
			22	bevroren zwaardvis	Vietnam
			2	gekoelde zwaardvis	Spanje
			2	bevroren zwaardvis	(via) Nederland
			1	bevroren botervis	Nederland
			2	bevroren marlijn	Vietnam
			3	bevroren zwaardvis	Indonesië
			1	bevroren marlijn	Indonesië
			1	bevroren marlijn	Nederland
			1	bevroren zwaardvis	Sri Lanka
			1	gekoelde zwaardvis	Frankrijk (daar verpakt)
			6	bevroren zwaardvis	Spanje
			3	bevroren haai	Spanje (Namibië)
			1	ontdooide zwaardvis	Spanje/Ecuador
			1	bevroren tonijn	Spanje
Benzo(a)pyreen		3	1	gedroogde pangasius	Thailand
			1	gerookte vis	België
			1	gerookte sardines	Ghana
PAK4		3	1	gedroogde pangasius	Thailand
			1	gerookte vis	België
			1	gerookte sardines	Ghana
Cadmium		1	1	visproducten	Vietnam/India
Koolstofmonoxide-behandeling		8	1	zwaardvis	Nederland met rauw materiaal uit Vietnam
			3	bevroren tonijn	Vietnam
			2	bevroren tonijn	Indonesië
			1	bevroren tonijn	Sri Lanka
			1	bevroren zwaardvis	Chili
Ciguetera-vergiftiging		2	1	bevroren rode snapper	India
			1	bevroren rode snapper	Vietnam

chemische gevaren /risico's	chemische gevaren/risico's	totaal aantal meldingen	aantal meldingen	betreft	land	
Dioxinen en PCB's		6	1	bevroren	Nederland	
			3	gerookte paling gekoelde doornhaai	Nederland	
			2	gekoelde doornhaai	VS	
Histamine		21	1	sashimi/rauwe tonijn	Sri Lanka	
			1	ontdooide tonijn	Frankrijk	
			3	ontdooide tonijn	Spanje	
			1	bevroren tonijn	Spanje	
			1	tonijn	Thailand	
			1	gekoelde vacuüm verpakte tonijn	Malediven	
			1	bevroren vis	China	
			1	gekoelde tonijn	Italië	
			1	ingeblikte tonijn	Vietnam	
			1	gekoelde tonijn	Nederland	
			1	bevroren marlijn	Vietnam	
			1	gekoelde sardines	Frankrijk	
			1	bevroren tonijn	Indonesië	
			1	gekoelde makreel	Spanje	
			1	gekoelde tonijn	?	
			2	ingeblikte ansjovis	Spanje	
	1	bevroren makreel	Nederland			
	1	ansjovis	Italië			
Niet toegelaten stoffen	E452- polyfosfaat nitrofuraan	2	2	gekoelde schol	Nederland	
			1	bevroren pangasius	Vietnam	
			1	1	bevroren meerval	Vietnam
		azitromycine	1	1	bevroren tilapia	Vietnam
		leucokristal- violet	1	1	gekweekte forel	Duitsland
		leucomalachiet- groen	4	1	bevroren baars	Vietnam
				2	gekweekte forel	Denemarken
			1	grondel	Vietnam	
	ofloxacine additief	1	1	bevroren meerval	Vietnam	
		1	1	foreleieren	Turkije	
Niet toegelaten doorstraling		7	4	gedroogde ansjovis	Thailand	
			2	rivierkreeft	VK	
			1	gedroogde ansjovis	Vietnam	
Te veel sulfadiazine		1	1	bevroren tilapia	China	
Te veel sulfiet		1	1	bevroren garnaal	Nederland	
Te veel vluchtig stikstof		1	1	verschillende gekoelde vis	Nederland	

chemische gevaren /risico's	chemische gevaren/risico's	totaal aantal meldingen	aantal meldingen	betreft	land
Eieren	sporen van eieren	4	3	bevroren vis	Nederland
			1	bevroren visburgers	Nederland
Parasitaire besmetting met Anisakis		12	1	bevroren snoek	Nederland
			2	bevroren makreel	Nederland
			1	gekoelde zeeuivel	Denemarken
			1	gekoelde zeeuivel	Nederland
			1	gekoelde baars	Frankrijk
			2	gekoelde kabeljauw	Nederland
			1	gekoelde makreel	Nederland
			1	gekoelde rode mul	Nederland
Fraude	gewijzigde vervaldatum gezondheids-certificaat	1	1	bevroren kabeljauw	Rusland
			1	bevroren heek	China
			1	visproducten	Italië
			1	ingeblikte sardines	Panama
Overig	onvoldoende check insecten slechte temperatuur-controle	1	1	zeebaars	China
			1	baars	Oeganda
			1	gezouten vis	Ghana
			4	bevroren tonijn	Papua Nieuw Guinea
			1	bevroren zalm	China
			1	bevroren tong	China
			1	bevroren sardines	Marokko
1	kogelvis in zeeuivel	Senegal			

Tweekleppige weekdieren

Tabel 3.2.4 RASFF-meldingen (n=29) in de periode 1 januari 2014-1 januari 2019 over tweekleppige weekdieren waarbij Nederland was betrokken.

chemische gevaren/risico's	totaal aantal meldingen	aantal meldingen	betreft	land
ASP-toxinen	7	6	coquilles	België
		1	levende mosselen	VK
DSP-toxinen	8	1	levende mosselen	Denemarken

chemische gevaren/risico's	totaal aantal meldingen	aantal meldingen	betreft	land
		1	levende mosselen	Slovenië
		1	levende mosselen	Nederland
		1	bevroren venusschelpen	Denemarken
		1	scheermessen	VK
		1	levende kokkels	Frankrijk
		1	gekookte mosselen	Ierland
		1	levende tellines	Frankrijk
PSP-toxinen	1	1	gekoelde coquilles	Noorwegen
Niet getest voor mariene biotoxinen	1	1	levende coquilles	Noorwegen
Verdacht van voedselvergiftiging	6	5	levende oesters	Frankrijk
		1	levende wulken	Denemarken
TTX (mogelijk)	3	3	levende oesters	Nederland
Fraude met gezondheidscertificaat	2	2	bevroren kokkels	Zuid Korea
Illegaal geoogst	1	1	oesters	Ierland

Schaaldieren

Tabel 3.2.5 RASFF-meldingen (n=29) in de periode 1 januari 2014-1 januari 2019 over tweewekse weekdieren waarbij Nederland was betrokken.

chemische gevaren/risico's	chemische gevaren/risico's	totaal aantal meldingen	aantal meldingen	betreft	land
Etikettering	ontbreekt of onvoldoende verpakking	2	1	gerookte gedroogde garnalen	Spanje
			1	gemalen rivierkreeft	Nigeria
	allergeen sulfiet	1	1	garnalen (mosterd)	Nederland
			2	ingeblikte krab	Thailand
			1	garnalen	Nederland
Niet toegelaten stoffen	benzalkoniumchloride*	1	1	bevroren rauwe en gekookte garnalen	Vietnam
	chlooramfenicol	2	2	bevroren garnalen	Vietnam
	nitrofuraan/furazolidon	12	11	bevroren garnalen	India
	sulfamethoxazol	1	1	bevroren krab	Vietnam
Dioxinen en dioxineachtige PCB's		1	1	gerookte krab	Nederland

chemische gevaren/risico's	chemische gevaren/risico's	totaal aantal meldingen	aantal meldingen	betreft	land
Teveel (>MRL)	tetracycline	1	1	bevroren garnalen	Vietnam
	indool	1	1	garnalen	India
	E385 (CDEDTA)	1	1	ingeblikte krab	Chili
	sulfiet	2	1	bevroren kreeft	Noorwegen
Transport			1	bevroren kreeft	Nederland
	slechte temperatuurcontrole	1	1	bevroren kreeft	Canada
	slechte omstandigheden (25% kreeften dood)	1	1	levende kreeft	Canada

Koppotigen

Tabel 3.2.6 RASFF-meldingen (n=13) in de periode 1 januari 2014-1 januari 2019 over koppotigen waarbij Nederland was betrokken.

chemische gevaren/risico's	Totaal aantal meldingen	Aantal meldingen	Betreft	Land
Cadmium	12	1	bevroren inktvis	China
		3	inktvis	Vietnam
		1	inktvis	Ecuador
		3	bevroren inktvis	India
		2	gekoelde inktvis	Spanje
		1	bevroren inktvis	Zuid Korea
		1	bevroren inktvis	Spanje
Niet toegestane doorstraling	1	1	gedroogde inktvis	China

3.2.4.3 Inventarisatie van chemische gevaren

De chemische contaminanten (verontreinigingen) die in vis, schaal- en schelpdieren kunnen worden aangetroffen, zijn weergegeven in tabel 3.2.7. Dit overzicht van gevaren van chemische stoffen is gemaakt op basis van wetenschappelijke literatuur, rapporten van kennisinstituten, kennis van experts en de analyse van de RASFF-meldingen.

Tabel 3.2.7 Chemische gevaren in de visketen

stofgroepen	chemische stof	bron
Dioxinen en polychloorbifenylen (PCB's)	<ul style="list-style-type: none"> • polychloordibenzo-p-dioxinen (PCDD's) • polychloordibenzofuranen (PCDF's) • polychloorbifenylen (PCB's) 	industriële verontreiniging, stoffen ontstaan bij verbrandingsprocessen.
Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)		industriële verontreiniging, stoffen ontstaan bij verbrandingsprocessen; vorming van PAK's tijdens roken van vis, schaal- en schelpdieren; migratie uit Verpakkingsmaterialen.
Gewasbeschermingsmiddelen	<ul style="list-style-type: none"> • organochloorgewasbeschermingsmiddelen zoals DDT, DDE, DDD, drins etc. 	gebruik van gewasbeschermingsmiddelen.
Gebromeerde brandvertragers	<ul style="list-style-type: none"> • polybroomdifenylethers (PBDE's) • hexabroomcyclododecanen (HBCD's) 	industriële verontreiniging, emissies van stoffen vanuit plastics, textiel, elektronica, Printplaten.
Perfluorverbindingen	<ul style="list-style-type: none"> • PFAS • PFOS • PFOA 	industriële verontreiniging, emissies van stoffen vanuit textiel, tapijten; gebruik in teflon, brandblusmiddelen
Metalen en metaalverbindingen	<ul style="list-style-type: none"> • kwik en methylkwik • cadmium • lood • arseen 	industriële verontreiniging of natuurlijke bronnen.
Geneesmiddelen, hormonen en drugs		emissies via effluenten (direct of na waterzuivering).

stofgroepen	chemische stof	bron
Chemische stoffen uit persoonlijke verzorgingsproducten, gebruiks- en verbruiksgoederen	<ul style="list-style-type: none"> • muskusverbindingen • UV-filters • stoffen uit verpakkingsmaterialen, (bisfenol-A, ftalaten, minerale oliën) 	emissies via effluenten (direct of na waterzuivering).
Radioactieve stoffen		natuurlijke oorsprong en na een incident
Biotoxinen/mariene toxinen	<ul style="list-style-type: none"> • ASP-toxinen • DSP-toxinen • PSP-toxinen • Ciguetera • TTX, etc. 	toxinen geproduceerd door algen in het mariene milieu
Diergeneesmiddelen	<ul style="list-style-type: none"> • antibiotica (sulfonamiden, tetracyclinen, penicillines, quinoloonverbindingen, nitrofuranen, macroliden, aminoglycosiden) • anesthetica • antiparasitaire en antiwormmiddelen (organofosfaatesters, pyrethroïden, avermectines) • antimicrobiële stoffen (malachietgroen, kristalviolet) 	middelen om ziekten te voorkomen of te behandelen in vis- en garnalenkweek.
Reinigingsmiddelen en biociden	<ul style="list-style-type: none"> • koperverbindingen • surfactanten (alkylfenoethoxylaten) • desinfectiemiddelen • organotinverbindingen 	ontsmetten van viseieren, schoonmaken en desinfecteren van bassins, kratten, apparatuur; schoonmaken van materialen gebruikt bij vangst of verwerking; schimmelaangroeiwerende middelen in scheepvaart.
Mycotoxinen	<ul style="list-style-type: none"> • aflatoxinen • DON, etc. 	toxinen geproduceerd door schimmels; kunnen als verontreiniging in plantaardig visvoer aanwezig zijn.

stofgroepen	chemische stof	bron
Hydraulische oliën en koelmiddelen		lekkage uit hydraulische machines en koelinstallaties gebruikt bij vangst en verwerking.
Behandelingen en additieven	<ul style="list-style-type: none"> • doorstraling • behandeling met koolmonoxide • kleurstoffen • conserveermiddelen (benzoëzuur, sulfiet) 	behandeling en toevoeging tijdens verwerking van visproducten.
Micro- en nanoplastics		diverse afvalstromen (onder andere zwerfvuil en uit producten).
Biogene aminen, histamine,		gevolg van afbraakproces (bederf).
Allergenen		afhankelijk van gevoeligheid van consument.

3.2.5 Beoordeling chemische risico's in de visketen

3.2.5.1 Inleiding

Vissen en schaal- en schelpdieren bevatten naast stoffen met positieve gezondheidseigenschappen ook stoffen met een nadelige werking op de gezondheid. In een aantal publicaties zijn de gezondheidsvoordelen van inname van vis en schaal- en schelpdieren gewogen ten opzichte van de nadelige gezondheidseffecten. In de meeste publicaties wordt een afweging gemaakt tussen de effecten van de vetzuren en methylkwik. Andere stoffen, met name contaminanten zoals dioxinen en PCB's (polychloorbifenylen), krijgen ook aandacht. Vis, met name roofvis zoals zwaardvis en tonijn, is de belangrijkste bron van inname van methylkwik (Costa, 2007). Zowel methylkwik als PCB's hebben mogelijk een nadelig effect op de ontwikkelende hersenen (Gochfeld & Burger, 2005). Selenium in vis reduceert de toxiciteit van methylkwik (Afonso et al., 2019). Er bestaan grote verschillen in de concentraties en verdeling van vetzuren en contaminanten in verschillende vissoorten. De effecten zijn dosis-afhankelijk en op basis van een dosisresponscurve hebben Gochfeld en Burger (Gochfeld & Burger, 2005) afgeleid dat de duur van de zwangerschap en het geboortegewicht verbeteren bij een visinname van de moeder van 8-15 g/dag. Een positief cardiovasculair effect werd op basis van meta-analyses verwacht bij een inname van 7,5-22,5 g/dag. Op basis van de door EPA afgeleide Reference Dose (RfD) voor methylkwik van 0,1 µg/kg lichaamsgewicht per dag, zou een visinname van 27-65 g/dag, afhankelijk van de vissoort, tot gezondheidsschade leiden. Sirot et al. (Sirot et al., 2012) onderzochten welke inname van voedingsstoffen optimaal zouden zijn en de hoeveelheden voedselcontaminanten zo beperkt mogelijk, rekening houdend met de achtergrondblootstelling van de stoffen. Een optimale inname van vis werd berekend waarbij de inname van anorganisch arseen minimaal was, de inname van vitamine D toenam in

de bevolking, de aanbevolen hoeveelheden voor omega 3-vetzuren, selenium en jodium werden gehaald en de inname van methylkwik, cadmium, dioxinen, PCB's, zink, calcium en koper onder hun

gezondheidskundige normen bleven. Deze inname ligt rond 200 g per week voor bepaalde vette vissoorten en ongeveer 50 g per week voor magere vis, weekdieren en schaaldieren.

Vergèr et al. (Vergèr et al., 2008) onderzochten 401 visetende volwassenen in Frankrijk en schatten hun blootstelling aan dioxinen en PCB's. 21% van de viseters werd blootgesteld aan totaal dioxinen boven de (toenmalige) toxicologische drempelwaarden van 14 pg/kg lichaamsgewicht per week. Het onderzoek toonde aan dat de aanbeveling van inname van 0,5 mg langketen meervoudig onverzadigde vetzuren haalbaar was maar dat bij een inname van gemiddeld 1,5 g/dag de dioxinenorm al werd overschreden.

Guevel et al. (Guevel et al., 2008) gebruikten een aanpak gebaseerd op de 'quality-adjusted life year (QALY)'-methode. Het effect van een (theoretische) wijziging van een normale inname van omega 3-vetzuren naar een hoge inname is bestudeerd voor het cardiovasculaire systeem (sterfte aan coronaire hartziekte, sterfte en ziekte door beroerte) en voor de neurocognitieve ontwikkeling van de foetus (winst of verlies van IQ). De resultaten lieten zien dat een toename van de visconsumptie een positieve invloed op de gezondheid kan hebben, echter ook een negatieve invloed veroorzaakt door methylkwikinname. Andere stoffen waren niet opgenomen in het model. Het ECsafeSEAFOOD-project heeft een innamecalculator ontwikkeld (<http://www.fishchoice.eu>) die aangeeft voor een grote hoeveelheid stoffen, waaronder gebromeerde brandvertragers, farmaceutische producten, perfluorverbindingen, muskusgeurstoffen, PAK's, UV-filters en hormoonverstorende stoffen, anorganisch arseen en methylkwik) of ze veilig zijn in een bepaalde portie of combinatie van porties vis, schaal- en schelpdieren (Vilavert et al., 2017).

Voor de opgestelde lijst met gevaren is nagegaan welke stoffen er (mogelijk) tot een voedselveiligheidsrisico leiden of kunnen leiden.

In 3.2.5.2 staan risicovolle stoffen vermeld die van nature in het aquatisch milieu kunnen voorkomen, in 3.2.5.3 risicovolle stoffen die niet van nature in het aquatisch milieu voorkomen, in

3.2.5.4 risicovolle stoffen die bewust gebruikt worden in de visketen, en in 3.2.5.5. risicovolle stoffen die vooral geïntroduceerd worden bij de verwerking van visproducten.

Per paragraaf is de volgende opbouw gebruikt:

- In het kort (waarin de informatie wordt samengevat)
- Beschrijving van het gevaar
- Risicobeoordeling visketen (waar het gevaar gerelateerd wordt aan de blootstellingskans) voor respectievelijk vissen, schaal- en schelpdieren en kweekvis.

3.2.5.2 Risicovolle stoffen die van nature in het aquatisch milieu kunnen voorkomen

Metalen en metaalverbindingen

In het kort

Kwik en methylkwik

- De belangrijkste bron van methylkwik in de voeding is visvlees, gevolgd door visproducten. Concentraties van kwik (totaal en methylkwik) in vis zijn hoog voor roofvissen; concentraties in andere vissoorten zijn beduidend lager.
- Mensen met een hoge visconsumptie (P95=43,3 g/dag) of die veel roofvissen eten, kunnen de TWI voor methylkwik overschrijden. Een nadelig gezondheidseffect kan dan niet worden uitgesloten.
- De concentraties kwik in schaal- en schelpdieren zijn beduidend lager dan in roofvissen.
- De bijdrage van schaal- en schelpdieren aan de totale kwikinname is klein en draagt nauwelijks bij aan mogelijke gezondheidsrisico's van kwik voor de mens.
- De gerapporteerde concentraties van kwik in kweekvis lagen onder de ML.

- De meeste concentratiegegevens zijn voor totaal kwik, terwijl informatie over methylkwik belangrijker is omdat dat de meest toxische vorm is.

Cadmium

- De gemiddelde inname van de Europese bevolking van cadmium ligt in de buurt van, of overschrijdt in lichte mate, de TWI. Voor Nederland leveren vis en visproducten slechts een beperkte bijdrage aan de inname van cadmium.
- De bijdrage van schaal- en schelpdieren aan de totale cadmiuminname is klein en draagt nauwelijks bij aan mogelijke gezondheidsrisico's van cadmium voor de mens.
- Soms overschrijden de concentraties deML's, met name in inktvissen.

Lood

- De gemiddelde inname van de Europese bevolking van lood ligt op een niveau waarbij gezondheidsrisico's niet zijn uit te sluiten.
- Vanwege de beperkte gemiddelde visconsumptie in Nederland is bijdrage van vis, schaal- en schelpdieren, en kweekvis aan de totale loodinname beperkt.

Arseen

- De geschatte inname van anorganisch arseen voor consumenten in Europa met een gemiddelde en hoge blootstelling ligt op een zodanig niveau dat gezondheidsrisico's niet zijn uit te sluiten.
- Inname van vis kan substantieel bijdragen aan de totale arseeninname.
- De concentratie anorganisch arseen in schaal- en schelpdieren is hoger dan in vissen.
- De inname van schaal- en schelpdieren kan aanzienlijk bijdragen aan de totale arseeninname.
- De inname van kweekvis kan wezenlijk bijdrage aan de totale arseeninname. Niet bekend is of kweekvis meer of minder anorganisch arseen bevat dan wild gevangen vis.
- De meeste concentratiegegevens zijn voor totaal arseen, terwijl informatie over anorganisch arseen belangrijker is omdat dat de meest toxische vorm is.

Beschrijving van het gevaar

De belangrijkste zware metalen en metaalverbindingen in vis zijn kwik, cadmium, lood en arseen. Opname van zware metalen in vis vanuit de leefomgeving kan plaatsvinden via het water, de waterbodem en voedsel. Door ophoping in de voedselketen zijn concentraties in roofvissen, zoals haai, tonijn en zwaardvis, hoger dan in kleinere vissen (FAO, 2014). Zware metalen komen van nature voor in de bodem maar kunnen ook in de bodem terechtkomen door gebruik van kunstmest en dierlijke mest en uit rioolslib dat in het verleden als bemesting over het land werd uitgereden. Vandaaruit kunnen de metalen uitspoelen naar het oppervlaktewater. Zware metalen komen in het milieu terecht door activiteiten van de mens (afvalverbranding en als gevolg van mijnindustrie) maar ook bijvoorbeeld door vulkaanuitbarstingen. Ook kunnen in het milieu zogenaamde REE's (rare earth elements) voorkomen, bijvoorbeeld thallium, neodymium en yttrium (Mayfield & Fairbrother, 2015). (Zware) metalen accumuleren vooral in de lever en nieren.

Kwik kan in verschillende vormen voorkomen: in metallische vorm, als kation (Hg^{2+}) en in organische vorm (methylkwik). Voor kwik is de meest voorkomende vorm in voedsel methylkwik (vooral in vis). Methylkwik is de meest toxische vorm en hoopt op in roofvissen. Kwik komt in het milieu terecht door activiteiten van de mens zoals verbranding van steenkool, afvalverbranding en als gevolg van mijnindustrie (onder andere goudmijnen), maar ook door vulkaanuitbarstingen.

Methylkwik wordt in het milieu gevormd uit metallisch kwik of kwik in de kation vorm en is de meest voorkomende vorm van kwik in de voedselketen.

Cadmium komt vooral in het milieu terecht door vulkanische activiteit en ook door mijnindustrie, metaalsmelterijen en verbranding van huishoudelijk afval, productie van fosfaatmeststoffen en afval uit elektronische apparatuur.

De belangrijkste bronnen van lood in het milieu zijn: mijnactiviteiten, smelterijen, gebruik van gelode benzine (in het verleden), gebruik van rioolslib als meststof in het verleden, productie van batterijen en loodhoudende verven, afval van elektronica en vulkanische activiteit. De loodconcentraties in het milieu zijn tegenwoordig lager dan in de jaren 1950-1980. Deze afname hangt samen met het verbod op het gebruik van lood in benzine.

Arseen kan in verschillende vormen voorkomen. Organische arseenverbindingen komen veel voor in vis en zijn minder schadelijk dan anorganisch arseen omdat deze verbindingen snel worden uitgescheiden. Bronnen van arseen in het milieu zijn mijnactiviteiten, smelterijen, verbranding van fossiele brandstoffen, productie van gewasbeschermingsmiddelen en vulkanische activiteit.

Langdurige blootstelling aan methyلكwik kan leiden tot schadelijke effecten op de neurologische ontwikkeling. Langdurige blootstelling aan cadmium kan nierschade veroorzaken. Chronische blootstelling aan lood kan neurotoxische effecten veroorzaken en een verhoging van de bloeddruk tot gevolg hebben. Anorganisch arseen is acuut zeer giftig. Langdurige blootstelling aan lagere concentraties heeft als belangrijkste toxische effecten long-, huid- en blaaskanker (EFSA CONTAM- Panel, 2014a). Afonso et al. (Afonso et al., 2019) concludeerden dat de blauwe haai, ongeacht de bereidingswijze, al gauw de TWI voor methyلكwik overschreed. Onderzoekers hebben een 'Se health benefit value (HBVSe)' geïntroduceerd. Dit is een criterium gebaseerd op de molaire concentraties van methyلكwik en selenium aanwezig in vis, schaal- of schelpdier. Vissen met een negatieve HBVSe (minder selenium aanwezig dan methyلكwik) waren onder andere zwaardvis en makohaai (*Isurus glaucus*). De onderzoekers gaven aan dat voor het correct inschatten van de effecten van methyلكwik het nodig was naar de aanwezige hoeveelheid selenium te kijken en dat de door hen ontwikkelde index hierbij een goed hulpmiddel is. De HBVSe geeft een objectieve index voor het bepalen van de relatieve effecten van inname van methyلكwik en selenium op de seleniumstatus (Ralston et al., 2016). Het is belangrijk onderscheid te maken tussen gehalten aan totaal kwik en methyلكwik en totaal arseen en anorganisch arseen omdat het type verbinding (en daarmee de toxiciteit) kan variëren per vissoort. Vaak worden alleen totaalgehalten kwik en arseen gemeten en deze informatie is niet voldoende voor een risico-evaluatie (Maulvault et al., 2015).

In Verordening (EG) nr. 1881/2006 zijn ML's voor metalen in visserijproducten vastgelegd.

- Voor kwik mag vlees van vissen en visserijproducten maximaal 0,5 mg/kg (totaal kwik) vers gewicht bevatten met uitzondering van een aantal vissen die tot 1,0 mg/kg mogen bevatten. De hogere ML-waarde geldt voor roofvissen zoals zwaardvis. Voor kwik is de ML (totaalkwik) in schelpdieren en schaaldieren (vlees van aanhangsels en buik) en krabben en krabachtige schaaldieren (*Brachyura* en *Anomura*) (vlees van aanhangsels): 0,50 mg/kg.
- De ML voor cadmium is 0,05 mg/kg vers gewicht (vlees van vis met uitzondering van een aantal specifiek genoemde vissoorten die tot 0,25 mg/kg mogen bevatten). Voor cadmium is de ML in schaaldieren (vlees van aanhangsels en buik) en krabben en krabachtige schaaldieren (*Brachyura* en *Anomura*) (vlees van aanhangsels): 0,50 mg/kg. In tweekleppige weekdieren en koppotigen (zonder ingewanden): 1,0 mg/kg.
- De ML voor lood in vis en visproducten bedraagt 0,30 mg/kg. Voor lood zijn de ML's voor koppotigen: 0,30 schaaldieren: 0,50 en tweekleppige weekdieren: 1,50 mg/kg.
- Voor arseen zijn geen ML's vastgelegd voor vis, schaal- en schelpdieren.
- Voor kweekvis geeft Richtlijn 2002/32/EG de ML voor de zware metalen arseen, lood, kwik, en cadmium in diervoeders met een vochtgehalte van 12%. Voor de toevoegingsmiddelen (sporenelementen) ijzer, kobalt, koper, mangaan en zink in diervoeder zijn er wettelijke limieten (Verordening (EG) nr. 1334/2003).

Risicobeoordeling

Een onderzoek naar concentraties van metalen (cadmium, lood, totaal en anorganisch arseen, kwik en methylkwik, kobalt, nikkel, chroom, zink, koper en ijzer) in twee soorten vissen (*Liza aurata* en *Platichthys flesus*) in een aantal hotspots in Europa (monding van Taag, Ebro, Po, Westerschelde en viskwekerij in Noorwegen) liet geen overschrijding zien van de ML (Maulvault et al., 2015).

Kwik

Het EFSA CONTAM-Panel (EFSA CONTAM-Panel, 2012b) heeft een TWI afgeleid van 1,3 µg/kg lichaamsgewicht voor methylkwik en 4 µg/kg lichaamsgewicht voor anorganisch kwik. Het EFSA-Panel rapporteerde dat de geschatte, gemiddelde blootstelling van verschillende leeftijdsgroepen in Europa aan methylkwik de TWI niet overschreed, met uitzondering van kleuters en andere kinderen (EFSA CONTAM-Panel, 2012b). Echter, het 95ste percentiel van de innameverdeling (P95) lag dicht in de buurt van of net boven de TWI voor alle leeftijdsgroepen. Visvlees droeg substantieel bij aan de inname van methylkwik. Tonijn, zwaardvis, kabeljauw, wijting en snoek waren de belangrijkste bronnen voor de blootstelling van volwassenen aan kwik, terwijl dezelfde soorten en ook heek de belangrijkste bijdrage vormden voor kinderen (EFSA CONTAM-Panel, 2012b). Dit beeld werd bevestigd door een onderzoek naar de mogelijke risico's van methylkwik in vijf Europese landen (Jacobs et al., 2017). Inname van methylkwik door personen met een hoge consumptie kan de TWI tot een factor zes overschrijden (EFSA CONTAM-Panel, 2012b). Ongeboren kinderen vormen de kwetsbaarste groep vanwege effecten op de neurologische ontwikkeling (EFSA CONTAM-Panel, 2012b).

Cadmium

Het EFSA CONTAM-Panel concludeerde in 2011 (EFSA CONTAM-Panel, 2011b) dat de TWI voor cadmium van 2,5 µg/kg lichaamsgewicht, zoals vastgesteld in 2009, moest worden gehandhaafd om consumenten te beschermen, inclusief subgroepen zoals kinderen, vegetariërs of personen die in een sterk verontreinigd gebied leven. Vegetariërs vormen een specifieke groep omdat de consumptie van graan en graanproducten een belangrijke bijdrage levert aan de inname van cadmium.

De gemiddelde inname van cadmium in Europa lag dicht in de buurt van, of overschreed in lichte mate, de TWI voor cadmium (EFSA CONTAM-Panel, 2009c). Vooral graanproducten, groenten, fruit, noten en peulvruchten, zetmeelrijke knollen, aardappelen en vlees leverden de belangrijkste bijdrage aan de inname van cadmium (EFSA CONTAM-Panel, 2011b; Sprong & Boon, 2015). RIVM stelde dat de gemiddelde cadmiuminname varieerde van 0,57 µg/kg lichaamsgewicht per dag bij 2-jarigen tot ongeveer 0,20 µg/kg lichaamsgewicht per dag op volwassen leeftijd (Sprong & Boon, 2015). Datzelfde rapport liet zien dat kinderen tot de leeftijd van ongeveer tien jaar gemiddeld meer cadmium binnen krijgen dan wenselijk is. Vis en 'other seafood' leverde een grote geschatte bijdrage aan de inname van cadmium in veel Europese landen maar niet in Nederland en dit hing samen met de lage consumptie van deze voedingsmiddelen in Nederland (Sprong & Boon, 2015).

Lood

Het EFSA CONTAM-Panel (EFSA CONTAM-Panel, 2010b) heeft geconcludeerd dat de eerder afgeleide provisional tolerable weekly intake (pTWI) van 25 µg/kg lichaamsgewicht per week niet langer geschikt was omdat er geen bewijs was voor een drempelwaarde voor een aantal kritische eindpunten inclusief neurotoxiciteit in de ontwikkelingsfase en niertoxiciteit. Een gezondheidseffect van lood bij deze dosis kon niet worden uitgesloten in sommige consumenten, en specifiek in kinderen van 1-7 jaar. De BMDL voor neurotoxiciteit in de ontwikkelingsfase (BMDL01) komt overeen met een dosis van 0,50 µg/kg lichaamsgewicht per dag (EFSA CONTAM-Panel, 2010b).

Het EFSA-Panel (EFSA CONTAM-Panel, 2010b) rapporteerde dat de blootstelling aan lood voornamelijk afkomstig was uit voedsel, lucht, stof en bodem. De gemiddelde blootstelling van volwassenen varieerde tussen 0,36 en 1,24 µg/kg lichaamsgewicht per dag (2,43 voor grote eters). Voor baby's en kinderen lag de inname tussen respectievelijk 0,21-0,94 en 0,80-3,10 µg/kg lichaamsgewicht per dag (5,51 voor baby's en kinderen met een hoge inname). RIVM heeft berekend hoeveel lood de Nederlandse consument binnenkrijgt via voedsel. Op basis van de berekende inname bleek dat bij een deel van de kinderen tot zeven jaar, zwangere vrouwen en volwassenen schadelijke effecten niet konden worden uitgesloten. De voedselgroepen granen, melk, fruit, non-alcoholische dranken en groenten droegen het meeste bij aan de totale loodinnname (circa 70 procent) (Boon et al., 2017b). Zowel het EFSA CONTAM-Panel als RIVM concludeerden dat effecten van lood bij sommige consumenten niet waren uit te sluiten en specifiek gold dit voor kinderen tussen 1-7 jaar. Een literatuuronderzoek uitgevoerd binnen een EU-project liet zien dat de concentraties lood in eetbare delen van vis meestal lager waren dan de ML. Concentraties in spierweefsel lagen onder de *limit of detection* (LOD) tot maximaal 0,55 mg/kg (Vandermeersch et al., 2015a).

Arseen

Het EFSA CONTAM-Panel heeft voor anorganisch arseen een onderste betrouwbaarheidsgrens van de benchmark dosis (BMDL01) vastgesteld van 0,3 tot 8 µg/kg lichaamsgewicht per dag op basis van long-, urineblaas- en huidkanker en huidletsels bij de mens (EFSA CONTAM-Panel, 2010f). Het EFSA-Panel heeft geconcludeerd dat de geschatte inname via voedsel van anorganisch arseen voor gemiddelde consumenten en consumenten met een hoge consumptie in Europa binnen het bereik van de BMDL01-waarden lag en dat er dus weinig of geen blootstellingsmarge was. Een risico voor sommige consumenten kan dan niet worden uitgesloten en met name niet voor personen met een hoge rijstinname en kinderen onder de drie jaar. De grootste bijdrage aan de inname van anorganisch arseen werd geleverd door granen (uitgezonderd rijst), gevolgd door rijst, zuivelproducten en drinkwater (EFSA CONTAM-Panel, 2014a).

RIVM hanteerde een BMDL0,5 van 3 µg/kg lichaamsgewicht per dag voor anorganisch arseen en schatte de inname uit een voeding volgens de Schijf van Vijf (Boon et al., 2017c). De grootste bijdragen aan de inname van anorganisch arseen zou dan komen van vis, schaal- en schelpdieren, graan en graanproducten, groenten en niet-alcoholische dranken (Boon et al., 2017c). Bij een dergelijke voeding konden gezondheidsrisico's voor de consument niet worden uitgesloten (Boon et al., 2017c).

Bij een langetermijninname van een kind van 20 kg en een volwassene van 60 kg van vis van respectievelijk 158 en 303 g vis per week of 22,6 en 43,3 g per dag, kan worden berekend, zonder rekening te houden met blootstelling uit andere bronnen, dat de maximale concentraties van zware metalen in vis niet meer zouden mogen zijn dan vermeld in tabel 3.2.8.

Tabel 3.2.8 Berekende maximale concentraties zware metalen in vis die veilig geacht kunnen worden bij consumptie door kinderen (20 kg) en volwassenen (60 kg).

zware metalen	kind, 20 kg	volwassene, 60 kg	gevonden concentraties in vis in de orde van grootte
Methylkwik	0,16 mg/kg	0,26 mg/kg	0,5-1 mg/kg
Cadmium	0,32 mg/kg	0,50 mg/kg	0,02-0,3 mg/kg
Lood	0,44 mg/kg	0,69 mg/kg	0,1-0,3 mg/kg
Anorganisch arseen (2-5% van totaal arseen)	5,3-13,3 mg/kg	8,3-20,8 mg/kg	0,01-5,5 mg/kg (schattingen)

Voor de berekening van anorganisch arseen is de door RIVM afgeleide BMDL05 van 3 µg/kg lichaamsgewicht per dag als referentiepunt voor effecten gebruikt (MOE = 10). Aangenomen is dat 2-5% van het totale arseen anorganisch arseen is in vis. De inname van vis en visproducten kan een grote bijdrage leveren aan de totale inname van methyلكwik en anorganisch arseen.

Nederlandse zee-, kust-, en binnenvisserij (zout- en zoetwater)

Kwik

De KAP-database bevat concentratiegegevens voor kwik (ongeveer 230 analyses in vis in periode 2015-2016) en methyلكwik (34 analyses) in verschillende vissoorten afkomstig uit Nederland en enkele gegevens van vis afkomstig uit landen buiten Nederland en Europa. In een aantal monsters van zwaardvis, tonijn en marlijn lagen de gehalten boven de ML van 1 mg/kg vers gewicht (maximaal 3,7 mg/kg). De concentraties kwik (totaal kwik) in verschillende soorten Noordzeevis (haringfilet, filet van makreel, kabeljauw, tong, schol, schelvis en schar), uit de periode 2004-2011, waren in alle monsters <0,2 mg/kg (van Leeuwen et al., 2013c). In 2015 en 2016 zijn door NVWA 260 monsters (roof)vis (onder andere zwaardvis, tonijn, forel, marlijn en zalm) geanalyseerd op de zware metalen lood, cadmium, kwik en arseen. In 2015 werd in zeven monsters vis de ML voor kwik overschreden: vier keer in zwaardvis, twee keer in marlijn en één keer in tonijn. In 2016 werd in totaal in 19 monsters vis de ML voor kwik overschreden; het ging voornamelijk om zwaardvis (vijftien monsters), verder marlijn (twee monsters), tonijn (één monster) en makreel (één monster) (NVWA, 2017c). Het NVWA Laboratorium Voedselveiligheid heeft vastgesteld dat 95% van het kwik in de vorm van methyلكwik aanwezig is. Dat is de meest schadelijke vorm van kwik (NVWA, 2017c).

Cadmium

De Food and Agriculture Organization (FAO) rapporteerde dat de concentraties cadmium in het eetbare deel van vissen in het algemeen laag waren, terwijl organen zoals lever en nier hogere concentraties bevatten (FAO, 2014).

Vandermeersch et al. vonden hoge concentraties (tot 30 mg/kg) in de lever van vissen (Vandermeersch et al., 2015a). Van Leeuwen et al. (van Leeuwen et al., 2013c) analyseerden cadmium in verschillende soorten Noordzeevis (haringfilet, makreelfilet, kabeljauw, tong, schol, schelvis en schar) in de periode 2004-2011 en vonden geen hogere concentratie dan 0,02 mg/kg (van Leeuwen et al., 2013c).

De KAP-database bevat concentratiegegevens van cadmium in verschillende vissoorten afkomstig uit Nederland en enkele gegevens van vissen afkomstig van buiten Nederland en Europa.

Concentraties gerapporteerd in 2015 en 2016 zijn voor vrijwel alle monsters (215 monsters, waarvan circa 200 voor vis) onder de norm met uitzondering van twee zwaardvismonsters. In 2015 en 2016 zijn door NVWA 260 monsters (roof)vis (onder andere zwaardvis, tonijn, forel, marlijn en zalm) geanalyseerd op de zware metalen lood, cadmium, kwik en arseen. In 2015 werd er één ML-overschrijding aangetroffen voor cadmium in zwaardvis (0,28 mg/kg). In 2016 werden twee ML-overschrijdingen (0,30 en 0,32 mg/kg) van cadmium aangetroffen in zwaardvis (NVWA, 2017c).

Lood

De concentraties lood in verschillende soorten Noordzeevis (haringfilet, makreelfilet, kabeljauw, tong, schol, schelvis en schar), uit de periode 2004-2011 waren in alle monsters <0,1 mg/kg (van Leeuwen et al., 2013c).

In 2015 en 2016 zijn door NVWA 260 monsters (roof)vis (onder andere zwaardvis, tonijn, forel, marlijn en zalm) geanalyseerd op de zware metalen lood, cadmium, kwik en arseen. In 2015 en 2016 werden geen ML-overschrijdingen aangetroffen voor lood in vis (ongeveer 200 analyses) (NVWA, 2017c).

Arseen

Vandermeersch et al. concludeerden in een literatuuronderzoek dat de concentraties arseen in vis sterk varieerde en afhankelijk was van soort, locatie en voedselregime (Vandermeersch et al., 2015a). De arseenconcentraties waren in het algemeen laag (lage ppb-gebied) (FAO, 2014; Vandermeersch et al., 2015a).

FAO rapporteerde dat de concentratie arseen in platvissen in het algemeen hoger lag dan de concentratie in vinvissen. In een onderzoek naar concentraties in vis uit de Noordzee werden de hoogste concentraties waargenomen in tong, rogvis, doornhaai en bot, tot een concentratie van meer dan 20 mg/kg wet weight (ww). De percentages anorganisch arseen van totaal arseen lagen tussen 0,5 en 1,9% (FAO, 2014). In een onderzoek naar arseen in tonijn uit de Middellandse Zee werd geconcludeerd dat de concentraties in geringe mate tot overschrijding konden leiden van de pTWI afgeleid van de BMDL01-waarde (Di Bella et al., 2015). In dit onderzoek werd geen onderscheid gemaakt tussen totaal en anorganisch arseen. Een onderzoek naar de aanwezigheid van arseen in een groot aantal vismonsters uit Noorse wateren liet zien dat de concentraties anorganisch arseen erg laag waren (<0,006 mg/kg ww).

Totaalconcentraties arseen varieerden van 0,3 tot 110 mg/kg ww (Julshamn et al., 2012). De concentraties arseen (totaal arseen) in verschillende soorten Noordzeevis (haringfilet, makreelfilet, kabeljauw, tong, schol, schelvis en schar), op basis van monitoring uit de periode 2004-2011 waren in alle monsters <25 mg/kg (van Leeuwen et al., 2013c).

De concentraties totaal arseen in de KAP-database (2015-2016) van verschillende vissoorten (ongeveer tweehonderd monsters) afkomstig uit Nederland en landen binnen en buiten Europa variëren sterk; de hoogste concentraties zijn gevonden voor kabeljauw uit de Noordzee (14 mg/kg).

Nederlandse schaal- en schelpdieren

Het pellen van garnalen kan leiden tot een relatief sterke afname van anorganisch arseen, totaal arseen, chroom, zink, seleen, cadmium, koper en ijzer (variërend van 17-98%) maar juist een toename van kwik (37%) (Rasmussen et al., 2017). Deze verschillen hangen samen met verschillen in de verdeling in biota: kwik is vooral aanwezig in het vlees, terwijl andere metalen ophopen in schaal, hoofd en darmen (Rasmussen et al., 2017).

Methylkwik

Concentraties in mosselen in een aantal hotspots in Europa waren <0,22 mg/kg weight (dw) (drooggewicht) op basis van totaal kwik en <0,08 mg/kg dw op basis van methylkwik (Maulvault et al., 2015).

Van Leeuwen et al. (van Leeuwen et al., 2013c) rapporteerden een maximale concentratie van 0,06 mg/kg voor kwik (totaal kwik) in garnalen uit de Noordzee in de periode 2004-2011. De KAP-database heeft concentratiegegevens van een beperkt aantal (n=14) schaal- en schelpdiermonsters (kokkels, krabben, garnalen en mosselen). In de periode 2015-2016 lagen de concentraties totaal kwik beneden 0,18 mg/kg. De concentraties voor kwik in tweekleppige weekdieren in productiegebieden uit Nederland in 2015 waren <0,03 mg/kg (NVWA, 2016b). Gegevens uit 2016 en 2017 (NVWA, 2016a; 2017a) zijn vergelijkbaar met die uit 2015.

De KAP-database bevat kwikconcentratiegegevens voor garnalen over de periode 2013-2016. Het betreft garnalen uit India, Indonesië, Bangladesh, Vietnam en Thailand. De hoogste concentratie was 0,327 mg/kg.

De concentratie in mosselen uit de Westerschelde (twee monsters uit 2017) voor kwik, cadmium en lood lagen tussen <0,026 en 1,0 mg/kg. In Japanse oesters uit de Westerschelde lagen de concentraties tussen <0,012 en 1,3 mg/kg en uit het Eems-Dollard-gebied tussen <0,010 en 0,59 mg/kg. De concentraties kwik lagen beneden de wettelijke ML's (Sneekes & van Barneveld, 2018). In de Westerschelde en het Eems-Dollard-gebied wordt niet commercieel op tweekleppige weekdieren gevestigd.

Cadmium

Het EFSA-Panel (EFSA CONTAM-Panel, 201) rapporteerde dat regelmatige consumptie van tweekleppige weekdieren kon leiden tot een inname van 4,6 µg/kg lichaamsgewicht per week en hiermee werd de TWI overschreden (EFSA CONTAM-Panel, 2009c). RIVM schatte dat de

gemiddelde cadmiuminname varieerde van 0,57 µg/kg lichaamsgewicht per dag bij 2-jarigen tot 0,20 µg/kg lichaamsgewicht per dag op volwassen leeftijd (Sprong & Boon, 2015). Kinderen tot de leeftijd van ongeveer tien jaar kregen gemiddeld meer cadmium binnen dan wenselijk. Vis en 'other seafood' leverden een grote bijdrage aan de inname van cadmium in veel Europese landen maar niet in Nederland en dit hing samen met de lage consumptie van deze voedingsmiddelen in Nederland (Sprong & Boon, 2015).

Weekdieren en koptigen (zoals inktvissen) kunnen cadmium opslaan in hun ingewanden en de concentratie in ingewanden kan dan ook hoog zijn. Het is dan ook van belang dat ingewanden van koptigen snel na de vangst worden verwijderd om opname van cadmium door migratie naar vlees te voorkomen (FAO, 2014). In de hepatopancreas van schaaldieren werden concentraties tot 30 mg/kg gevonden (Vandermeersch et al., 2015a). Dit is ruim boven de wettelijke limiet van 0,5 mg/kg. Voor spierweefsel wordt in de meeste schaal- en schelpdieren de EU-norm niet overschreden, met de kanttekening dat in sommige estuaria (onder andere van de Portugese kust) concentraties in tweekleppige schelpdieren boven de limiet uitkwamen (Vandermeersch et al., 2015a). De concentraties in tweekleppigen in een aantal hotspots in Europa lagen tussen 0,15 en 0,94 mg/kg (Maulvault et al., 2015). Van Leeuwen et al. (van Leeuwen et al., 2013c) rapporteerden een maximale concentratie van cadmium in garnalen uit de Noordzee, in de periode 2004-2011, van <0,3 mg/kg. Een Frans onderzoek naar de aanwezigheid van metalen in schaal- en schelpdieren in Frankrijk, liet zien dat voor cadmium (en niet voor lood of kwik) concentraties in een aantal monsters boven de norm uitkwamen. Dit gold met name voor de Sint-Jacobsschelp.

Voor consumenten met een hoge consumptie van deze producten kon de opname van cadmium boven de TWI uitkomen (Gueguen et al., 2011).

In de KAP-database zijn concentratiegegevens van schaal- en schelpdieren (dertien monsters krab, garnalen en mosselen uit Nederland) opgenomen uit de periode 2015-2016. De concentraties cadmium waren kleiner dan 0,06 mg/kg met uitzondering van twee monsters bruin lichaamsvlees van de krab (0,53 en 0,73 mg/kg). Cadmiumconcentraties over de periode 2013-2016 van garnalen uit India, Indonesië, Bangladesh, Vietnam en Thailand lagen allen onder de ML. De concentraties voor cadmium in tweekleppige weekdieren in productiegebieden uit Nederland in 2015, 2016 en 2017 waren <0,19 mg/kg (NVWA, 2016b;2016a;2017a).

De concentraties kwik, cadmium en lood in mosselen uit de Westerschelde (twee monsters uit 2017) lagen tussen <0,026 en 1,0 mg/kg. In Japanse oesters uit de Westerschelde lagen deze concentraties tussen <0,012 en 1,3 mg/kg en uit het Eems-Dollard-gebied tussen <0,010 en 0,59 mg/kg. De concentratie cadmium van maximaal 1,3 mg/kg in oesters uit de Westerschelde lag boven de wettelijke ML van 1,0 mg/kg. In de andere monsters lagen de concentraties cadmium onder de wettelijke ML's (Sneekes & van Barneveld, 2018). In de Westerschelde en het Eems-Dollard-gebied wordt niet commercieel op tweekleppige weekdieren gevist.

In het RASFF-systeem valt het grote aantal meldingen (n=12 van 2014 tot 2019) van overschrijdingen van de norm voor cadmium in inktvis op. Het aantal meldingen voor schaal- en andere schelpdieren is veel lager.

Lood

Uit een literatuuronderzoek bleek dat de concentraties lood in de eetbare delen van schaal- en schelpdieren lager waren dan de ML (Vandermeersch et al., 2015a). De concentraties in spierweefsel lagen tussen de LOD en 0,55 mg/kg. De concentraties lood in mosselen in een aantal hotspots in Europa lagen tussen 0,37 en 0,89 mg/kg (Maulvault et al., 2015).

Van Leeuwen et al. (van Leeuwen et al., 2013c) rapporteerden dat concentraties voor lood in garnalen uit de Noordzee in de periode 2004-2011 <0,1 mg/kg waren.

De KAP-database bevat een aantal gegevens (n=13) van concentraties lood in schaal- en schelpdiermonsters (kokkels, krab, garnalen en mosselen). In de periode 2015-2016 lagen de concentraties lood onder de 0,55 mg/kg met uitzondering van een monster bruin lichaamsvlees van de krab uit de Noordzee (1,4 mg/kg). De concentraties voor lood in tweekleppige weekdieren uit Nederlandse productiegebieden in 2015, 2016, 2017 waren maximaal 0,37 mg/kg (tussen 0,05 en 0,37 en meestal <0,23 mg/kg) (NVWA, 2016b;2016a;2017a).

De KAP-database bevat concentratiegegevens van lood voor garnalen voor de periode 2012-2016. De onderzochte garnalen kwamen uit India, Indonesië, Bangladesh, Vietnam en Thailand en de loodconcentraties waren <0,06 mg/kg.

De concentraties kwik, cadmium en lood in mosselen uit de Westerschelde (twee monsters uit 2017) lagen tussen <0,026 en 1,0 mg/kg. In Japanse oesters uit de Westerschelde lagen deze concentraties tussen <0,012 en 1,3 mg/kg en uit het Eems-Dollard-gebied tussen <0,010 en 0,59 mg/kg. De concentratie lood lag beneden de wettelijke ML's (Sneekes & van Barneveld, 2018).

Arseen

VanderMeersch et al. concludeerden in een literatuuronderzoek dat de concentraties arseen in schaal- en schelpdieren sterk varieerden en afhankelijk waren van soort, locatie en voedselregime. De concentraties in schaaldieren waren hoger (enkele mg/kg) dan in vis (Vandermeersch et al., 2015a). De hoogste waarden totaal arseen werden gevonden in schelpdieren tot een concentratie van 50 mg/kg ww. De concentraties totaal arseen in mosselen en kokkels in de Ebro-delta waren respectievelijk 16 en 23 mg/kg dw en concentraties anorganisch arseen in tweekleppigen lagen tussen 0,31 en 0,52 mg/kg (Maulvault et al., 2015). Van Leeuwen et al. (van Leeuwen et al., 2013c) rapporteerden maximale concentraties arseen in garnalen uit de Noordzee in de periode 2004-2011 van 6,6 mg/kg.

De KAP-database bevat concentratiegegevens van schaal- en schelpdiermonsters (n=11) (kokkels, krab, garnalen en mosselen). In de periode 2015-2016 waren de gemeten concentraties arseen

<18 mg/kg. De concentraties van arseen in tweekleppige weekdieren uit Nederlandse productiegebieden in 2016 en 2017 waren <2,6 mg/kg (NVWA, 2016a;2017a).

Voor de periode 2013-2016 waren de arseenconcentraties in garnalen uit India, Indonesië, Bangladesh, Vietnam en Thailand <5,1 mg/kg.

De concentraties arseen in mosselen uit de Westerschelde lagen tussen 1,7 en 2,1 mg/kg. In Japanse oesters uit de Westerschelde lagen de concentraties arseen tussen 1,4 en 1,7 mg/kg en uit het Eems-Dollard-gebied tussen 1,4 en 1,5 mg/kg (Sneekes & van Barneveld, 2018).. In de Westerschelde en het Eems-Dollard-gebied wordt niet commercieel op tweekleppige weekdieren gevist.

Bij een lange-termijninname van een volwassene van 60 kg van schaal- en schelpdieren van 59,5 g per week (8,5 g per dag) kan worden berekend, zonder rekening te houden met blootstelling uit andere bronnen, dat de maximale concentraties van zware metalen in schaal- en schelpdieren niet meer zouden mogen zijn dan vermeld in tabel 3.2.9.

Tabel 3.2.9 Berekende maximale concentraties zware metalen in schaal- en schelpdieren die veilig geacht kunnen worden bij consumptie door volwassenen (60 kg).

zware metalen	volwassene, 60 kg	gevonden concentraties in schaal- en schelpdieren in de orde van grootte
Methylkwik	1,3 mg/kg	<0,2 mg/kg
Cadmium	2,5 mg/kg	<1,3 mg/kg
Lood	3,5 mg/kg	<1,3 mg/kg
Toxisch arseen (5-50% van totaal arseen)	4,2-42,4 mg/kg	totaal arseen: 1,4-2,1 tot 50 mg/kg (mogelijk toxisch arseen: 0,07-25 mg/kg)

Voor de berekening van anorganisch arseen is de door RIVM afgeleide BMDL05 van 3 µg/kg lichaamsgewicht per dag als referentiepunt voor effecten gebruikt (MOE = 10). Het arseen in

schaal- en schelpdieren is ongeveer 5% anorganisch arseen en 45% potentieel toxisch arseen (Cubadda et al., 2017). Deze innameberekeningen bevatten onzekerheden zoals het percentage toxisch arseen in schaal- en schelpdieren en de inname van schaal- en schelpdieren door volwassenen.

De inname van schaal- en schelpdieren zal geen grote bijdrage leveren aan de totale inname van methylkwik, cadmium en lood. Echter, dit geldt mogelijk niet voor arseen. Voor schaal- en schelpdieren zijn de concentraties anorganisch arseen of toxisch arseen onvoldoende bekend.

Kweekvisserij (zoet- en zoutwater)

Kwik

Uit een onderzoek uit Maleisië naar de aanwezigheid van metalen in tilapia (Low et al., 2015) bleek dat de kwikconcentraties onder de Europese MLwaarde lagen. Concentraties kwik in kweekvis (karper en regenboogforel) in een aantal viskweekbedrijven in Beijing lagen onder de Chinese MLwaarde (0,5 mg/kg voor methylkwik – gelijk aan de Europese MLwaarde) (Jiang et al., 2016). Concentraties kwik in kweekvis uit Italië (tilapia, regenboogforel, zeelt en ombervis) lagen ook onder de maximum Europese MLwaarden. Uitzonderingen vormden zeebaars en zeebrasem, waarvoor de concentraties kwik van vissen uit de Orbetello-lagune hoger waren dan de Europese-MLwaarde (Di Lena et al., 2017). Het is bekend dat hoge concentraties kwik in deze lagune van geologische oorsprong is (Di Lena et al., 2017). Concentraties in vissen uit de lagune bij Venetië lagen daarentegen onder de MLwaarde.

De KAP-database bevat concentratiegegevens voor verschillende vissoorten. De volgende soorten worden specifiek genoemd als kweekvis: kweekaal (afkomstig uit het Markermeer), zalm, tarbot, forel, meerval, tilapia en pangasius. De toevoeging 'kweek' in de KAP-database is gehanteerd in de periode 2012-2016 (niet in 2017). Genoemde landen van herkomst zijn: Bangladesh, Indonesië, India, Thailand, Groenland, Nigeria, Vietnam, Schotland, Italië, Noorwegen en China. Voor kwik bevat de KAP-database over de periode 2013-2016 gegevens voor zalm (Noorwegen en Schotland), forel, tarbot, meerval, tilapia (China) en pangasius (Vietnam). De kwikconcentraties lagen tussen <limit of quantification (LOQ) en maximaal 0,11 mg/kg. De concentraties lagen onder de ML.

Cadmium

Uit een onderzoek uit Maleisië van tilapia (Low et al., 2015) bleek dat cadmium aanwezig was in een concentratie rond de Europese ML. Concentraties van cadmium in een onderzoek naar metalen in kweekvis (karper en regenboogforel) in een aantal viskweekbedrijven in Beijing lagen onder de Chinese MLwaarden van 0,1 mg/kg (Jiang et al., 2016) (ter vergelijking: de Europese MLwaarde is 0,05 mg/kg).

Voor cadmium bevat de KAP-database over de periode 2013-2016 gegevens voor zalm (Noorwegen en Schotland), forel, tarbot, meerval, tilapia (China) en pangasius (Vietnam). De concentraties lagen tussen <LOQ en maximaal 0,038 mg/kg. Deze concentraties zijn lager dan de Europese ML.

Lood

Informatie over aanwezigheid van lood en andere metalen in kweekvis is beperkt. Uit een onderzoek uit Maleisië naar de aanwezigheid van metalen in tilapia (Low et al., 2015) bleek dat concentraties lood onder de Europese MLwaarde lagen. Concentraties van lood in kweekvis (karper en regenboogforel) van een aantal viskweekbedrijven in Beijing lagen onder de Chinese MLwaarden van 0,5 mg/kg (Jiang et al., 2016).

Voor lood bevat de KAP-database voor de periode 2012-2016 gegevens voor zalm (Noorwegen en Schotland), forel, tarbot, meerval, tilapia (China) en pangasius (Vietnam). De concentraties waren meestal <LOD en altijd <0,06 mg/kg. Deze concentraties zijn lager dan de Europese ML.

Arseen

Uit een onderzoek uit Maleisië naar de aanwezigheid van metalen in tilapia (Low et al., 2015) bleek dat concentraties van arseen het benchmark-niveau van 10-5 voor carcinogeniteit

overschreden (95% percentiel). Arseenconcentraties (uitgaande van 10% anorganisch arseen) in kweekvis (karper en regenboogforel) in een aantal viskweekbedrijven in Beijing vormden een mogelijk gezondheidsrisico (Jiang et al., 2016).

Voor de periode 2013-2016 waren in de KAP-database de arseenconcentraties van zalm (Noorwegen en Schotland), forel, tarbot, meerval, tilapia (China) en pangasius (Vietnam) <5,1 mg/kg.

Bij een langetermijninname van een kind van 20 kg en een volwassene van 60 kg van kweekvis van respectievelijk 158 en 303 g vis per week of 22,6 en 43,3 g per dag, kan worden berekend, zonder rekening te houden met blootstelling uit andere bronnen, dat de maximale concentraties van zware metalen in kweekvis niet meer zouden mogen zijn dan vermeld in onderstaande tabel 3.2.10.

Tabel 3.2.10 Berekende maximale concentraties zware metalen in kweekvis die veilig geacht kunnen worden bij consumptie door kinderen (20 kg) en volwassenen (60 kg).

zware metalen	kind, 20 kg	volwassene, 60 kg	gevonden concentraties in kweekvis in de orde van grootte
Methylkwik	0,16 mg/kg	0,26 mg/kg	0,1-0,5 mg/kg
Cadmium	0,32 mg/kg	0,50 mg/kg	0,04-0,1 mg/kg
Lood	0,44 mg/kg	0,69 mg/kg	0,06-0,5 mg/kg
Anorganisch arseen (2-5% van totaal arseen)	5,3-13,3 mg/kg	8,3-20,8 mg/kg	totaal arseen: <5 mg/kg (0,1-0,25 mg/kg anorganisch arseen)

Voor de berekening van anorganisch arseen is de door RIVM afgeleide BMDL05 van 3 µg/kg lichaamsgewicht per dag als referentiepunt voor effecten gebruikt (MOE = 10). Aangenomen is dat 2-5% van het totale arseen anorganisch arseen is in vis.

De inname van kweekvis en -producten kan een grote bijdrage leveren aan de totale inname van methylkwik en anorganisch arseen. Onduidelijk is wat de bijdrage van toxisch arseen (met name anorganisch arseen) in kweekvis is aan de totale arseeninname.

Radioactieve stoffen

In het kort

- De concentraties (van nature aanwezige) radioactieve stoffen in vis, schaal- en schelpdieren vormen geen gezondheidsrisico voor de consument.

Beschrijving van het gevaar

Blootstelling aan radioactieve stoffen kan optreden als door een ongeluk het milieu is besmet met radioactieve stoffen. Bekende voorbeelden zijn de ramp met de kerncentrales in Tsjernobyl in 1986 en Fukushima in 2011. Voorbeelden van radioactieve stoffen zijn cesium-137 (137Cs) en strontium-90 (90Sr). Ook zijn van nature in het milieu radioactieve stoffen in zeer lage concentraties aanwezig. Opname van radioactieve stoffen in vis vanuit de leefomgeving kan plaatsvinden via het water, de waterbodem en voedsel. In de overige schakels van de keten zal introductie met radioactieve stoffen niet plaatsvinden.

In de EU regelt Verordening (EG) nr. 733/2008 (geldig tot 31 maart 2020) de voorwaarden voor de import van landbouwproducten van oorsprong uit derde landen ingevolge het ongeluk in de kerncentrale van Tsjernobyl en Fukushima. De geaccumuleerde maximale radioactieve concentratie cesium-134 en cesium-137 mag niet meer zijn dan 600 Bq/kg. Voor bepaalde producten geldt een lagere norm van 370 Bq/kg.

Risicobeoordeling

Elk jaar moet Nederland aan de Europese verplichting voldoen om de hoeveelheid radioactiviteit in het milieu en in voedsel te meten. In Nederland wordt in het kader van het [Nationaal Crisisplan Stralingsincidenten](#) jaarlijks een groot aantal metingen verricht. Ook voor exportcertificering van zoet- en zoutwater vis en die van schaal- en schelpdieren worden monsters onderzocht op radioactieve stoffen.

In de afgelopen jaren zijn in Nederland geen overschrijdingen van de norm geconstateerd. In 2015 werden 330 monsters geanalyseerd: 75 monsters zeevis, 75 monsters zoetwatervis, 30 maaltijden, 75 monsters wild en 75 monsters eieren. De conclusie uit de rapportage van resultaten in 2015 (Knetsch, 2016) was dat de radioactiviteitsniveaus in lucht een normaal beeld lieten zien dat niet verschilde van voorgaande jaren. De concentraties in de onderzochte voedingsmiddelen lagen net als in voorgaande jaren onder de Europese limieten voor consumptie en export.

Biotoxinen/mariene toxinen

In het kort

- Inname van ciguatoxinen kan leiden tot vergiftigingen bij mensen met ernstige klachten. Deze toxinen komen ook in Europese wateren voor en vooral in grote vissen zoals zeebaarsen. De kans op vergiftigingen in Nederland is momenteel klein.
- Mariene toxinen worden geproduceerd door micro-organismen kunnen accumuleren in schaal- en schelpdieren. Het meeste onderzoek is gedaan bij tweekleppige weekdieren; deze toxinen kunnen leiden tot ernstige intoxicaties bij de mens.
- Er bestaat een discrepantie tussen de huidige ML's voor biotoxinen in schelpdieren en de door EFSA opgestelde ARfD-waarden (Acute Reference Dose).
- Niet voor alle toxinen is duidelijk of ze ook toxisch zijn voor de mens en met het warmer worden van het (zee)water kunnen andere toxinen voorkomen.
- Over de aanwezigheid van mariene biotoxinen in kweekvis is weinig bekend. Het is mogelijk dat kweekvissen uit open systemen worden besmet met ciguatoxinen.

Beschrijving van het gevaar

Biotoxinen worden vooral geproduceerd door mariene algen maar ook door bacteriën. Deze toxinen kunnen accumuleren in mariene organismen zoals vissen en leiden tot intoxicaties bij de mens. Er zijn ongeveer 5000 mariene algensoorten, waarvan 70-80 soorten toxinen kunnen produceren (FAO, 2014). De toxinen worden ingedeeld op basis van de effecten die ze veroorzaken: verlamme schelpdiervergiftiging (paralytic shellfish poisoning, PSP), neurotoxische schelpdiervergiftiging (neurotoxic shellfish poisoning, NSP), diarree veroorzakende schelpdiervergiftiging (diarrhoeic shellfish poisoning, DSP) en amnesische schelpdiervergiftiging (amnesic shellfish poisoning, ASP) (zie tabel 3.2.11). Deze toxinen veroorzaken acute verschijnselen die door de patiënt als zeer ernstig kunnen worden ervaren, maar doorgaans van korte duur zijn.

De frequentie waarmee vergiftigingen met deze toxinen in Nederland optreedt, is laag maar de ziektelast is niet verwaarloosbaar gezien de ernst van de vergiftiging voor de patiënt. De ernst van een vergiftiging met een biotoxine hangt af van het soort toxine en de hoeveelheid ingenomen toxine.

Tabel 3.2.11 Overzicht van verschillende typen en groepen biotoxinen (Daneshian et al., 2013; FAO, 2014; ECsafeSEAFOOD, 2016a).

groepen toxinen	effecten
Domoïnezuur (DA)	amnesic shellfish poisoning (ASP)
Azspiraciden (AZA)	azaspiracid shellfish poisoning (AZP)
Okadazuur (OA), dinofysistoxinen (DTX) en pectenotoxinen (PTX)	diarrhoeic shellfish poisoning (DSP)
Brevetoxinen (BTX)	neurotoxic shellfish poisoning (NSP)
Saxitoxinen (STX)	paralytic shellfish poisoning (PSP)
Ciguatoxinen (CTX)	
Tetrodotoxine (TTX)	
Cyclische iminen: spiroliden (SPX), gymnodiminen (GYM), pinnatoxinen (PnTX), pteriatoxinen (PtTX)	
Palytoxinen	
Microcystinen	
Yessotoxinen (YTX)	

Biotoxinen komen vooral voor in tweekleppige weekdieren. Tweekleppige weekdieren, zoals oesters en mosselen die zich voeden met plankton, kunnen in korte tijd via filterfeeding voldoende toxinen opnemen in de middendarmklier of hepatopancreas die kunnen leiden tot intoxicaties bij de mens (FAO, 2014). Tetrodotoxine (TTX) is een biotoxine dat wordt aangetroffen in bacteriën, bepaalde amfibieën en padden, inktvis en kogelvis. In 2016 werd ontdekt dat TTX aanwezig was in mosselen en oesters in de Oosterschelde. Ook in andere Europese landen is TTX aangetroffen in tweekleppige weekdieren.

Ook vissen kunnen toxinen bevatten en het betreft met name de groep van de ciguatoxinen (Chan, 2014; Mattei et al., 2014; Vandermeersch et al., 2015a) en in mindere mate tetrodotoxine.

Toxinen die tot de groep van de ciguatoxinen behoren, komen voor in algen en worden slecht afgebroken waardoor de concentratie van het gif groter wordt hogerop in de voedselketen. Grote roofvissen zoals zeebaarzen kunnen hoge concentraties ciguatoxinen bevatten. Ciguatoxinen zijn endemisch in de tropische en subtropische gebieden van de Stille- en Indische Oceaan en de Caraïbische Zee. Ze worden geclassificeerd naar herkomst als Pacific (P), Caribbean (C) en Indian Ocean (I) ciguatoxingroepen (EFSA CONTAM-Panel, 2010a; Costa et al., 2018). Via RASFF zijn meldingen uitgegaan over ciguatoxine/ciguatera (vergiftiging door ciguatoxinen) in vis. Een ciguateravergiftiging geeft onder andere maag-, darm- en neurologische klachten. In Verordening (EG) nr. 853/2004 is geregeld dat visserijproducten die biotoxinen, zoals ciguatoxinen of spiervlammende toxinen bevatten, niet in de handel mogen worden gebracht. Visserijproducten waarvan de kans groot is dat ze toxine bevatten, zoals kogelvis (*tetraodontidae*), mogen niet in de handel worden gebracht óf mogen alleen in de handel worden gebracht in een verpakking waarbij het etiket het risico op de aanwezigheid van stoffen die maag- en darmklachten kunnen veroorzaken, aangeeft.

Visserijproducten op basis van tweekleppige weekdieren, stekelhuidigen, manteldieren en mariene buikpotigen mogen wel in de handel worden gebracht indien ze zijn geproduceerd overeenkomstig sectie VII en voldoen aan de in hoofdstuk V, punt 2 van die sectie vastgestelde normen (zie Verordening (EG) nr. 853/2004).

Levende, tweekleppige weekdieren, manteldieren en mariene buikpotigen mogen geen mariene biotoxinen bevatten die in totale hoeveelheden (gemeten in het hele dier of elk afzonderlijk eetbaar deel) de volgende ML waarden overschrijden:

- voor PSP (Paralytic Shellfish Poison), 800 microgram per kilogram;
- voor ASP (Amnesic Shellfish Poison), 20 milligram domoïnezuur per kilogram;
- voor okadazuur, dinofysistoxinen en pectenotoxinen tezamen, 160 microgram okadazuur-equivalent per kilogram;
- voor yessotoxinen, 3,75 milligram yessotoxine-equivalent per kilogram; en
- voor azaspiraciden, 160 microgram azaspiracide-equivalent per kilogram.

Voor een aantal toxinen zijn geen wettelijke ML's vastgesteld en dit is een punt van zorg. Dit betreft met name cyclische iminen, palytoxinen, brevetoxinen en tetrodotoxinen (Vandermeersch et al., 2015a). Nederland hanteert de door het EFSA CONTAM-Panel geadviseerde veilige concentratie van 44 µg/kg als norm voor TTX (EFSA CONTAM-Panel et al., 2017) en heeft deze opgenomen in de Beleidsregel Warenwet TTX in levende tweekleppige weekdieren, Staatscourant jaargang 2017, nr. 38280 (gewijzigd in 2022: nr. 13082 18 mei 2022).

Risicobeoordeling

Het EFSA CONTAM-Panel beoordeelde ciguatoxinen in 2010. Deze groep toxinen was kort voor de beoordeling voor de eerste keer geïdentificeerd in vis in Europa. Er kon, vanwege de beperkte hoeveelheid gegevens, geen ARfD worden bepaald. Gebaseerd op beschrijvingen van gevallen, zou een eenmalige inname van 0,01 µg P (Pacific)-CTX-1-equivalenten/kg vis geen effecten veroorzaken in gevoelige personen. Een hogere inname kon worden gerelateerd aan gevallen van ciguatoxinevergiftiging (EFSA CONTAM-Panel, 2010a). Ciguatoxinen zijn hittebestendig en dus nog aanwezig na het koken of bakken van vis.

(Nederlandse) zee-, kust- en binnenvisserij (zout- en zoetwater)

Costa et al. (Costa et al., 2018) meldden ciguateravergiftigingen in Madeira en de Canarische eilanden. Het Caraïbische ciguatoxine-1 (C-CTX-1) kon worden aangetoond in vismonsters en in een maximale concentratie van 0,25 µg C-CTX-1/kg in een zeebaars (*Mycteroperca fusca*) van 4,6 kg. Dit is gelijk aan 0,01 P-CTX-1/kg vis en zal waarschijnlijk (net) niet leiden tot voedselvergiftiging. Microcystine is afkomstig van cyanobacteriën, is hepatotoxisch en momenteel een bron van zorg in zoetwatervisserij. Hoewel de bacteriën geen probleem veroorzaken in het mariene milieu, is hun aanwezigheid ook gerapporteerd in brakwater (FAO, 2014). De kans dat toxinen van cyanobacteriën in het water en in vis terecht komen neemt toe door de wereldwijde klimaatopwarming (Abeyasiriwardena et al., 2018).

In het RASFF-systeem zijn tussen 1 januari 2015 en 1 januari 2019 7 meldingen gedaan van biotoxine in vis; het betrof in alle gevallen ciguatoxine. In Nederlandse wateren vormt ciguatoxine nog geen groot risico, maar de kans op aanwezigheid van dit biotoxine kan toenemen bij opwarming van het oceaanoewater en verandering van zeestromen.

(Nederlandse) schaal- en schelpdieren

Alle toxinen zoals genoemd in tabel 3.2.11 komen voor in Europese wateren en waarschijnlijk ook in geïmporteerde schaal- en schelpdieren (Daneshian et al., 2013). Intoxicaties zijn gerapporteerd voor vrijwel alle toxinen met uitzondering van CIP (onbekend, maar mogelijk), palytoxinen (onbekend), PTX (onwaarschijnlijk) en YTX (onwaarschijnlijk) (Daneshian et al., 2013). Niet voor alle toxinen is duidelijk of en in welke mate ze toxisch zijn voor de mens. Uitbraken wereldwijd ten gevolge van mariene biotoxinen over de periode 1970-2010 zijn gerapporteerd door Visciano et al. (Visciano et al., 2016). In Nederland worden problemen vooral veroorzaakt door DSP-toxinen (Gerssen et al., 2010). Het optreden van algenbloei van schadelijke algen vertoont een hoge variabiliteit in ruimte en tijd en de mogelijkheden om deze trends te voorspellen zijn beperkt.

Veranderingen in watertemperatuur en andere milieuparameters beïnvloeden deze trends en deze veranderingen kunnen ook leiden tot de introductie van nieuwe toxinen (Jennings et al., 2016).

Ook is een toename te verwachten in uitbraken van algenbloei en de productie van biotoxinen door een toenemende globalisering en klimaatverandering (Mattei et al., 2014; Vandermeersch et al., 2015a).

In 2016 werd ontdekt dat tetrodotoxinen (TTX) voorkwamen in mosselen en oesters in de Oosterschelde. In 2016 heeft Bureau Risicobeoordeling & onderzoeksprogrammering (BuRO) advies uitgebracht over de risico's van TTX in mosselen en oesters (NVWA, 2017b). Op basis van de toen bekende gegevens is een veilige dosis voor de mens vastgesteld op maximaal 20 µg/kg schelpdiervlees. In 2016-2017 is toxicologisch onderzoek gedaan naar de schadelijkheid van TTX, onder meer door EFSA. BuRO heeft op basis van nieuw onderzoek een veilige voorlopige limiet voor TTX in schelpdiervlees vastgesteld van maximaal 44 µg/kg schelpdiervlees. BuRO adviseerde onderzoek te blijven doen om alle onzekerheden rondom TTX in kaart te kunnen brengen (BuRO, 2016).

In Nederland worden productiegebieden voor tweekleppige weekdieren gemonitord op het voorkomen van potentieel toxine producerend fytoplankton en de aanwezigheid van toxinen in weekdieren. Wanneer de dichtheid van toxine producerend fytoplankton een norm overschrijdt, mogen producten alleen nog worden verhandeld als analytisch is aangetoond dat de toxineconcentratie onder de norm ligt (gewijzigd Staatscourant 2022 nr. 13082 18 mei 2022.). In het water kunnen toxinevormende algen voorkomen, die kunnen worden opgenomen in levende tweekleppige weekdieren. Nederland hanteert de volgende voorzorgsnormen (bij overschrijding ervan volgen preventief maatregelen):

- 100 cellen/liter DSP (diarrhoeic shellfish poison) vormende algen;
- 500.000 cellen/liter ASP (amnesic shellfish poison) vormende algen;
- 1.000 cellen/liter PSP (paralytic shellfish poison) vormende algen.

Potentieel toxineproducerend fytoplankton overschreed in de periode 2012-2017 130 keer de norm. In tweekleppige weekdieren werd geen overschrijding van de norm gemeten. Alleen de concentratie TTX, die vanaf najaar 2015 wordt gemeten, overschreed tien keer de norm. Een relatie tussen het voorkomen van potentieel toxine producerend fytoplankton en het voorkomen van de toxinen in tweekleppige weekdieren kan niet worden gelegd (Faassen et al., 2018). Vanaf november 2015 is TTX toegevoegd aan het monitoringsonderzoek van NVWA.

Cyanobacteriën, ook wel blauwalgen genoemd, komen zowel in zout- als in zoetwater voor. Ze kunnen toxinen produceren, waaronder microcystinen, nodularinen, cylindrospermopsinen, anatoxinen en saxitoxinen (PSP's). Microcystinen zijn hepatotoxisch en kunnen ook andere organen en het zenuwstelsel aantasten. Ze zijn momenteel een bron van zorg in zoetwatervisserij.

Anatoxinen en saxitoxinen zijn acut neurotoxisch (Faassen et al., 2018). De kans dat deze toxinen in het water komen en vissen, schaal- en schelpdieren besmetten, neemt toe door de wereldwijde klimaatopwarming (Abeyasiriwardena et al., 2018).

De verschillende toxinen die in vis(producten) en schelpdieren worden aangetroffen, worden doorgaans niet vernietigd door verhitting.

Het EFSA CONTAM-Panel (EFSA CONTAM-Panel, 2010c) adviseerde uit te gaan van een portie van 400 g schelpdierenenvlees bij risicobeoordelingen om ook grote eters te beschermen tegen acute effecten van mariene biotoxinen. In tabel 3.2.12 is de (wettelijke) ML in schelpdiervlees van een toxine en de ARfD (EFSA CONTAM-Panel, 2009a) weergegeven en de maximale concentratie die zou mogen voorkomen in schelpdiervlees om de ARfD niet te overschrijden. De meeste ML's die nu zijn toegestaan, zijn hoger dan de waarden op basis van de ARfD.

Tabel 3.2.12 Berekende veilige maximale concentratie in schelpdiervlees (EFSA CONTAM-Panel, 2009a)

toxinegroep	ML in schelpdiervlees	ARfD (Acute Reference Dose)	maximale concentratie in schelpdiervlees waarbij ARfD niet wordt overschreden bij consumptie van een portie van 400 g
OA en analogen	160 µg OA eq./kg	0,3 µg OA eq./kg lichaamsgewicht	45 µg OA eq./kg
AZA	160 µg AZA eq./kg	0,2 µg AZA1 eq./kg lichaamsgewicht	30 µg AZA1 eq./kg
PTX	160 µg OA eq./kg	0,8 µg PTX2/kg lichaamsgewicht	120 µg PTX2 eq./kg
YTX	3,75 mg YTX eq./kg	25 µg YTX eq./kg lichaamsgewicht	3,75 mg YTX eq./kg
STX	800 µg PSP/kg	0,5 µg STX eq./kg lichaamsgewicht	75 µg STX/kg
DA	20 mg DA/kg	30 µg DA/kg lichaamsgewicht	4,5 mg DA/kg

Voor zowel de groep brevetoxinen (BTX) als ciguatoxinen (CTX) heeft het EFSA CONTAM-Panel risico's voor de mens geëvalueerd (EFSA CONTAM-Panel, 2010a;2010d). Het EFSA CONTAM-Panel schreef in 2010 (EFSA CONTAM-Panel, 2010d) dat de brevetoxinen niet aanwezig waren in vis of schelpdieren uit Europa. Het EFSA CONTAM-Panel kon, vanwege het ontbreken van voldoende toxiciteitsgegevens, geen ARfD afleiden voor de brevetoxinen. Ciguatoxinen waren kort voor de beoordeling uit 2010 voor de eerste keer geïdentificeerd in vis in Europa (EFSA CONTAM-Panel, 2010a). Ook voor ciguatoxinen kon, vanwege de beperkte hoeveelheid gegevens, geen ARfD worden bepaald. Gebaseerd op beschrijvingen van enkele gevallen, zou een eenmalige inname van 0,01 µg P (Pacific) CTX-1-equivalenten/kg vis geen effecten veroorzaken in gevoelige personen.

Het EFSA CONTAM-Panel beoordeelde de gezondheidsrisico's voor de mens van inname van spiroïden (SPX), gymnodiminen (GYM), pinnatoxinen (PnTX) en pteriatoxinen (PtTX) in schelpdieren. Dit zijn cyclische iminen die worden geproduceerd door dinoflagellaten (planktonsoort). Er zijn geen vergiftigingsgevallen bij de mens bekend. Vanwege het ontbreken van gegevens, kon ook voor deze toxinen geen ARfD worden bepaald (EFSA CONTAM-Panel, 2010e).

Voor de groep van de PITX-toxinen (palytoxinen) leidde het EFSA CONTAM-Panel een (orale) ARfD af van 0,2 µg/kg lichaamsgewicht voor de som van PITX en de analoog ostreocine-D. Dit betekent dat voor een volwassene van 60 kg die de ARfD niet wil overschrijden, een portie van 400 g schelpdiervlees niet meer dan 12 µg van de som van PITX en ostreocine-D mag bevatten, overeenkomend met 30 µg/kg schelpdiervlees (EFSA CONTAM-Panel, 2009b).

In de periode 1 januari 2014 tot 1 januari 2019 waren er via het RASFF-systeem in totaal 63 meldingen van de aanwezigheid van biotoxinen in tweekleppige weekdieren: voor amnesic shellfish poisoning (ASP, n=15), diarrhoëic shellfish poisoning (DSP, n=35), paralytic shellfish poisoning (PSP, n=8), (mogelijk) TTX (n=3) en yessotoxine (n=2).

De NVWA heeft in de periode september tot en met november 2018 oesters (n=2 uit Frankrijk en n=5 uit Nederland), mosselen (n=3 uit Nederland), Sint Jakobsschelpen (n=3 uit Nederland, n=1 uit VK en n=1 uit Noorwegen) en wulken (n=1 van onbekende herkomst) onderzocht. Alle monsters werden in Nederland verkregen en geanalyseerd voor mariene toxinen en in een aantal oesters en mosselen is ook TTX bepaald. In geen enkel geval werd een biotoxine boven de toegestane wettelijke limiet gevonden. Ook TTX was niet kwantificeerbaar.

In maart 2019 publiceerde ANSES een beoordeling van de acute en chronische toxiciteit van pinnatoxinen (ANSES, 2019). Dit naar aanleiding van het vinden van pinnatoxinen in mosselen in Zuid-Frankrijk in opeenvolgende jaren met een maximum van 1244 µg PnTX G/kg (ww) in 2010. De Franse werkgroep leidde een provisional acute benchmark value af van 0,13 µg/kg lichaamsgewicht en concludeerde dat de inname van consumenten van mosselen en kokkels uit de Middellandse Zee in alle gevallen de provisional acute benchmark value overschreed (ANSES, 2019).

Mycotoxinen

In het kort

- *Er is weinig bekend over de opname van mycotoxinen in kweekvissen uit diervoeder. Er gelden strenge ML's voor de aanwezigheid van mycotoxinen in diervoeders. Echter, er zijn geen ML's vastgelegd voor vis en visproducten. Gezien de waarschijnlijk geringe overdracht van mycotoxinen uit visvoeder naar eetbare delen van vis, worden geen gezondheidsrisico's voor de consument verwacht.*

Beschrijving van het gevaar

Bij de intensieve viskweek wordt diervoeder gebruikt. Vismeel en visolie (voor carnivore vissen) wordt geproduceerd uit vis en kan zijn gecontamineerd met milieucontaminanten. Plantaardig diervoeder kan mycotoxinen bevatten. Mycotoxinen zijn toxische secundaire metabolieten die worden geproduceerd door schimmels. *Aspergillus*, *Penicillium* en *Fusarium* vormen de belangrijkste bronnen van mycotoxinen (Goncalves et al., 2017). De zorg over mycotoxinen in de aquacultuur neemt toe omdat dierlijke eiwitten (vismeel) steeds vaker worden vervangen door plantaardige eiwitten, vooral in de kweek van vissen en schaaldieren. Voor tilapia, karper of meerval is plantaardig eiwit de belangrijkste bron van eiwitten en voor garnalen is het de op een na belangrijkste eiwitbron (Goncalves et al., 2017). Tot de relevante mycotoxinen behoren: aflatoxinen (aflatoxine B1, B2, G1 en G2), zearalenon, deoxynivalenol (DON), fumonisinen (B1 en B2), HT-2- en T-2-toxinen en ochratoxine A (OTA).

In de Europese Unie gelden voor de meeste mycotoxinen ML's voor de aanwezigheid in diervoeders. De Nederlandse diervoederindustrie hanteert in verband met effecten op de dierlijke productie vaak eigen, strengere normen. Bijvoorbeeld hanteert een overkoepelende brancheorganisatie een actiegrens van 0,0025 mg/kg voor aflatoxine B1 in overige diervoeders; de afkeurgrens voor overige diervoeders ligt op de ML (Bron: SecureFeed, <https://www.securefeed.eu/nl/leveranciers/aflatoxine-protocol>)

Voor deoxynivalenol, zearalenon, ochratoxine A en de som van fumonisine B1 en B2 zijn aanbevelingen vastgelegd voor diervoeders voor verschillende diersoorten in Aanbeveling 2006/576/EG. In Richtlijn 2002/32/EG over ongewenste stoffen en producten in diervoeding is bepaald dat de ML aflatoxine B1 in voedermiddelen 0,02 mg/kg mag zijn.

In Verordening (EG) nr. 1881/2006 zijn de toegestane ML's voor verschillende mycotoxinen in voedingsmiddelen vastgelegd, voornamelijk voor plantaardige producten. Er zijn echter geen ML's voor vis en visproducten vastgelegd.

Risicobeoordeling

Het EFSA CONTAM-Panel verwachtte voor DON, gebaseerd op de geschatte, gemiddelde inname van de meeste gekweekte vissoorten geen nadelige gezondheidseffecten bij vissen. Bij hoge voederconcentraties was er een potentieel risico voor chronische effecten in vis zelf (EFSA CONTAM-Panel, 2017).

Voor de mens lagen alle blootstellingsscenario's van mycotoxinen onder de respectievelijke provisional maximum tolerable daily intakes (PMTDI's) en TDI's, behalve voor zearalenon en gemodificeerd zearalenon (het UB (upper bound)-95ste percentiel van inname was meer dan 2,2 keer de TDI). Voor fumonisinen overschreed de inname van peuters en andere kinderen de PMTDI; dit gaf reden tot zorg (EFSA CONTAM-Panel, 2014b).

In een recent onderzoek zijn 25 diervoedermonsters, gebruikt in zowel de garnalen- als viskweek en afkomstig uit Europa en Azië, onderzocht op de aanwezigheid van mycotoxinen. Vrijwel alle monsters bevatten mycotoxinen en vaak meer dan één mycotoxine (Goncalves et al., 2017). De onderzoekers suggereerden dat de aanwezigheid van mycotoxinen in diervoeder zal toenemen en dat er in Europa sprake is van een verschuiving van de aanwezigheid van fumonisinen naar deoxynivalenol (DON) in mais (Goncalves et al., 2017). Deze verschuiving wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de hogere gemiddelde jaarlijkse temperatuur (Goncalves et al., 2017).

In een onderzoek van IVM (Instituut voor Milieuvraagstukken, VU) en RIKILT (van Leeuwen et al., 2008) zijn een beperkt aantal vismonsters en diervoeders voor vis geanalyseerd op de aanwezigheid van mycotoxinen. De hoogste concentratie werd aangetroffen in diervoeders voor herbivore en omnivore vissoorten. Mycotoxinen werden niet aangetoond in voeder voor zalm. Deoxynivalenol (DON) en zearalenon waren aanwezig in vrijwel alle visvoedermonsters en fumonisine werd aangetoond in drie monsters.

Een onderzoek uit 2015 (Nacher-Mestre et al., 2015) liet zien dat er geen overdracht plaatsvond van deoxynivalenol en fumonisinen in diervoeder (in concentraties in het diervoeder onder de MRL) naar de eetbare delen van zeebrasem en zalm.

3.2.5.3 Risicovolle stoffen die niet van nature in het aquatisch milieu voorkomen

Dioxinen en polychloorbifenylen (PCB's)

In het kort

- *De TWI (afgeleid door EFSA in 2018) voor dioxinen en PCB's is zo laag dat bij de huidige inname van vis een risico voor de gezondheid van de consument niet kan worden uitgesloten.*
- *Vette vissen leveren een aanzienlijke bijdrage (56%) aan de inname van dioxinen en dioxineachtige PCB's.*
- *De wettelijke ML's voor concentraties dioxinen en PCB's in vis worden een enkele keer overschreden. Er worden regelmatig overschrijdingen gezien voor vislever.*
- *De concentraties van dioxinen en PCB's in schaal- en schelpdieren liggen over het algemeen beneden de wettelijke ML.*
- *Bruin lichaamsvlees van de wolhandkrab bevat hoge concentraties dioxinen en PCB's en consumptie hiervan vormt een risico voor de gezondheid van de consument.*
- *De concentraties voor dioxinen, dioxineachtige PCB's en niet-dioxineachtige PCB's in de onderzochte kweekvissen pangasius en tilapia (in 2008/2009) lagen onder de ML. De concentraties dioxinen en dioxineachtige PCB's in kweekzalm en forel waren hoger dan in wilde zalm, maar bleven onder de ML. Deze hogere concentraties in kweekzalm en forel hangen waarschijnlijk samen met contaminatie van visvoeder met deze stoffen. Met name visvoeder dat is gebaseerd op visolie en vismeel kan dioxinen en PCB's bevatten.*

Beschrijving van het gevaar

Dioxinen, furanen en polychloorbifenylen (PCB's) vallen onder de persistente organische stoffen (Persistent Organic Pollutants, POP's). Polychloordibenzofuranen zijn chemische afvalstoffen die vooral ontstaan bij industriële verbrandingsprocessen. Furanen zijn stoffen die in grote lijnen dezelfde eigenschappen hebben als dioxinen. POP's zijn stoffen die persistent zijn in het milieu, langzaam afbreken en kunnen accumuleren in het lichaam. Persistente organische verontreinigende stoffen (POP's) zijn chemische stoffen met een bepaalde combinatie van fysische en chemische eigenschappen zodanig dat, eenmaal in het milieu terechtgekomen, ze:

- intact blijven voor uitzonderlijk lange perioden (vele jaren);
- op grote schaal worden verspreid in het milieu (bodem, water en met name lucht) als gevolg van natuurlijke processen;
- accumuleren in het vetweefsel van levende organismen, inclusief de mens, en zijn te vinden in hogere concentraties op een hoger niveau in de voedselketen; en
- giftig zijn voor mens en dier.

Meer informatie over POP's in [Stockholm Convention, What are POPs?](#)

Dioxinen en PCB's komen wijdverbreid voor in het milieu, voornamelijk als overblijfsel van gebruik in het verleden. Inmiddels is de uitstoot van deze stoffen teruggebracht door wettelijke eisen te stellen aan de uitstoot van dioxinen uit vuilverbrandingsinstallaties en een verbod op het gebruik van PCB's. Dioxinen en PCB's zijn vetoplosbaar en komen daarom vooral voor in dierlijke producten, vetten en oliën. Bij PCB's wordt onderscheid gemaakt tussen (twaalf) dioxineachtige PCB's en niet-dioxineachtige PCB's. Dioxinen en PCB's accumuleren (stapelen) in het lichaam van mens en dier en worden vervolgens onder andere uitgescheiden via (moeder)melk. Deze stoffen komen in het milieu, met name in water, terecht en accumuleren in vissen. Dioxinen en PCB's kennen zowel acute als chronische toxiciteit. De belangrijkste effecten voor de mens zijn effecten op de lever(funcities), voortplanting en ontwikkeling (EFSA CONTAM-Panel, 2018b). Blootstelling aan dioxinen kan leiden tot kanker bij de mens. De niet-dioxineachtige PCB's kennen niet de specifieke toxicologische effecten van dioxinen en zijn minder gevaarlijk. Om de totale concentratie van dioxinen en dioxineachtige PCB's te berekenen, worden de hoeveelheden individuele stoffen via toxische-equivalentiefactoren (TEF- waarde) omgerekend naar dioxine-equivalenten. De TDI is gebaseerd op totaal-equivalenten (TEQ) uitgedrukt als pg TEQ/kg lichaamsgewicht per dag.

De wettelijke EU-ML's in vlees van vis en visserijproducten zijn vermeld in tabel 3.2.13 voor zowel dioxinen, som van dioxinen en dioxineachtige PCB's en de som van zes indicator PCB's (de niet- dioxineachtige PCB's). Zes PCB-congeneren (PCB28, 52, 101, 138, 153, en 180) zijn gekozen als indicator voor de aanwezigheid van niet-dioxineachtige PCB's (EFSA CONTAM-Panel, 2010g).

Tabel 3.2.13 Wettelijke ML's voor dioxinen en PCB's in vis en visproducten (Verordening (EG) nr. 1881/2006).

levensmiddelen	som van dioxinen (WHO-PCDD/F- TEQ)	som van dioxinen en dioxineachtige PCB'S (WHO-PCDD/F-PCB-TEQ)	som van niet-dioxineachtige PCB'S (PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153 en PCB180)
Vlees van vis en visserijproducten en producten daarvan) met uitzondering van: in het wild gevangen aal, in het wild gevangen doornhaai (<i>Squalus acanthias</i>),	3,5 pg/g vers gewicht	6,5 pg/g vers gewicht	75 ng/g vers gewicht

levensmiddelen	som van dioxinen (WHO-PCDD/F- TEQ)	som van dioxinen en dioxineachtige PCB'S (WHO-PCDD/F-PCB-TEQ)	som van niet-dioxineachtige PCB'S (PCB28, PCB52, PCB101, PCB138, PCB153 en PCB180)
in het wild gevangen zoetwatervis, met uitzondering van in zoet water gevangen diadrome vissoorten, vislever en producten daarvan, mariene oliën. De ML voor schaaldieren geldt voor vlees van aanhangsels en buik. In het geval van krabben en krabachtige schaaldieren (<i>Brachyura</i> en <i>Anomura</i>) geldt het voor vlees van aanhangsels (wit vlees).			
Vlees van in het wild gevangen zoetwatervis, met uitzondering van in zoet water gevangen diadrome vissoorten en producten daarvan	3,5 pg/g vers gewicht	6,5 pg/g vers gewicht	125 ng/g vers gewicht
Vlees van in het wild gevangen doornhaai (<i>Squalus acanthias</i>) en producten daarvan	3,5 pg/g vers gewicht	6,5 pg/g vers gewicht	200 ng/g vers gewicht
Vlees van in het wild gevangen aal (<i>Anguilla anguilla</i>) en producten daarvan	3,5 pg/g vers gewicht	10,0 pg/g vers gewicht	300 ng/g vers gewicht
Vislever en afgeleide producten	-	20,0 pg/g vers gewicht	200 ng/g vers gewicht
Mariene oliën (visolie, visleverolie en oliën van andere mariene organismen bestemd voor menselijke consumptie)	1,75 pg/g vet	6,0 pg/g vet	1 /g vet

Risicobeoordeling

De meeste organische microverontreinigingen zijn slecht oplosbaar in water (lipofiel of hydrofoob) en hopen op (accumuleren) in vetweefsel. Concentraties in vissen zijn dan ook vaak hoger in vette vis dan in vis met een laag vetgehalte (magere vis). Een onderzoek naar PCB-concentraties in vijftien vissoorten in een estuarium in West Portugal toonde een positieve correlatie met het vetgehalte (Baptista et al., 2013b). Naast het vetgehalte heeft ook de locatie (ocean, kust, binnenwater) een grote invloed op de concentratie in vissen. Voorbeelden van vis met een hoog vetgehalte in spierweefsel (vette vis) zijn zalm, haring, makreel en paling. Kabeljauw en koolvis hebben een lager vetgehalte in spieren, maar deze soorten hebben een hoger vetgehalte in de lever. Demersale vissen die dichtbij sediment verblijven, worden vaak

meer blootgesteld aan vetoplosbare stoffen dan vissen die hogerop in de waterkolom verblijven (pelagische vissen).

Vissen uit de oceaan zijn in de regel minder gecontamineerd dan vissen uit kustwateren, rivieren en meren. Kustwateren, rivieren en meren zijn vaker gecontamineerd omdat ze een hogere input uit afvalwaterstromen hebben (FAO, 2014). Zo bleek uit onderzoek (Baptista et al., 2013a) naar concentraties van organochloorverbindingen in Europese bot in een estuarium in West-Portugal dat oudere dieren, die zich vaker in het kustgebied bevinden, lagere PCB- concentraties bevatten dan jongere dieren die zich vaker in het bovenstroomgebied van het estuarium bevinden. Concentraties in oudere dieren zijn meestal hoger maar in dit specifieke geval verklaart de locatie (kustgebied versus estuarium) de lagere concentraties. Uit een ander onderzoek naar concentraties organochloorverbindingen, polygebromeerde difenylethers en hexabromocyclododecaan in een pelagische vis (koolvis) en een demersale vis (kabeljauw) van de Atlantische kust in Noorwegen, bleek de concentratie in de demersale vis een factor twee tot drie hoger dan in de pelagische vissoort (Bustnes et al., 2012).

In een onderzoek van de Mul et al. (De Mul et al., 2008) zijn dioxinen en dioxineachtige PCB's gemeten in voedingsmiddelen geconsumeerd door de Nederlandse bevolking. Concentraties in vis met een hoog vetgehalte (haring, paling, zalm en makreel) waren duidelijk hoger dan concentraties in vis met een lager vetgehalte (kabeljauw, tonijn).

Eind 2018 heeft het EFSA CONTAM-Panel een opinie gepubliceerd over de risico's voor de gezondheid van mens en dier van dioxinen en dioxineachtige PCB's in voedsel en diervoeder (EFSA CONTAM-Panel, 2018b). De risicobeoordeling voor de mens werd gebaseerd op zaadkwaliteit (NOAEL: 7,0 pg WHO 2005-TEQ/g vet). De nieuwe afgeleide TWI is een maximum van 2 pg TEQ/kg lichaamsgewicht per week. Dit is een factor zeven lager dan de eerdere TDI van 2 pg TEQ/kg lichaamsgewicht per dag (14 pg TEQ/kg lichaamsgewicht per week) afgeleid door SCF (Scientific Committee on Food) in 2001 (Scientific Committee on Food, 2001).

De door het EFSA CONTAM-Panel geschatte, gemiddelde en hoge (P95) inname van dioxinen en dioxineachtige PCB's uit voedsel varieerden van 2,1 (adolescenten), 10,5 (volwassenen) en 5,3 (ouderen) tot 30,4 pg TEQ/kg lichaamsgewicht per week (ouderen) (EFSA CONTAM-Panel, 2018b). Deze inname overschreden de TWI voor alle leeftijdsgroepen. De grootste bijdrage aan de inname van dioxinen en dioxineachtige PCB's van kinderen (geen baby's of peuters) en volwassenen werd geleverd door vette vis (tot 56%), vlees (tot 33,8%) en kaas (tot 21,8%). Voor baby's leverde vette vis een bijdrage aan de totale inname van maximaal 26%; voor peuters was dit 5,9-13,9% en voor kinderen 5,8 tot 26,3%. In 'fish and seafood' waren de gemiddelde en P95-concentraties (LB (lower bound)/UB) voor dioxinen respectievelijk 0,95/1,05 en 4,30/4,66 pg WHO2005-TEQ/g. Tussen vissoorten varieerden de concentraties aanzienlijk: van 0,01/0,04 (LB/UB) tot 2,66/2,67 pg WHO2005-TEQ/g. De hoogste concentraties voor de som van dioxinen en dioxineachtige PCB's werden gevonden in vislever (22,1/22,6 pg WHO2005-TEQ/g) en bruin krabvlees (EFSA CONTAM- Panel, 2018b). Salmonide vissen, kabeljauwlever, sprout en haring uit Poolse visgebieden bevatten relatief hoge concentraties dioxinen en dioxine-achtige PCB's en inname kan leiden tot overschrijding van de TWI (Struciński et al., 2013). Voor dioxinen en dioxineachtige PCB's in schaal- en scheldieren in 'fish and seafood' waren de gemiddelde en P95-concentraties (LB/UB) voor dioxinen respectievelijk 0,95/1,05 en 4,30/4,66 pg WHO2005-TEQ/g. De hoogste concentratie voor de som van dioxinen en dioxineachtige PCB's in schaal- en schelpdieren werd gevonden in het bruine vlees van de krab (6,10/6,17 pg WHO2005-TEQ/g) (EFSA CONTAM- Panel, 2018b).

De huidige inname van dioxinen en PCB's liggen mogelijk lager dan de eerder berekende inname. Bij de berekeningen zijn vaak meer dan tien jaar oude concentratiegegevens gebruikt. Gezien de daling in dioxinegehalten in dierlijke voedingsmiddelen en de hoge bijdrage van plantaardige oliën en vetten aan de totale inname van dioxinen en PCB's, kan worden verwacht dat de inname door de mens (langzaam) afneemt. Verder zijn er aanwijzingen dat een deel van de dioxinen verdwijnt als een voedingsmiddel wordt gekookt. Er waren geen dioxineconcentraties van bereide voedingsmiddelen beschikbaar voor de innameberekening (Boon et al., 2014).

Nederlandse zee-, kust- en binnenvisserij (zout- en zoetwater)

Boon et al. berekenden de inname van de Nederlandse populatie aan dioxinen en dioxine-achtige PCB's (Boon et al., 2014). Voor kinderen (2-7 jaar) lag de mediane inname tussen 0,8-1 pg TEQ/kg lichaamsgewicht per dag en het 95ste percentiel tussen 1,2-1,6 pg TEQ/kg lichaamsgewicht per dag. Voor kinderen van zeven jaar en ouder en volwassenen tot 70 jaar lag de mediane inname op 0,5 en het 95ste percentiel van de inname op 1,0 pg TEQ/kg lichaamsgewicht per dag. Dus ook voor Nederland werd de TWI overschreden. Wanneer de TWI wordt overschreden, zijn effecten op de gezondheid van de consument niet uit te sluiten. De bijdrage van vette vis aan de inname van de 7-70-jarigen was 9% en van magere vis 6% (Boon et al., 2014). In een onderzoek van de Mul et al. (De Mul et al., 2008) zijn dioxinen gemeten in voedsel dat werd geconsumeerd door de Nederlandse bevolking. Totale dioxinen- en dioxineachtige PCB's-concentraties (middle bound-schattingen) varieerden van 0,05 (koolvis) tot 2,37 (paling) pg WHO-TEQ2006/g. Gemiddelde concentraties in vette en niet-vette vis bedroegen respectievelijk 1,64 en 0,1 pg WHO-TEQ2006/g. In 2013 publiceerde RIKILT een rapport met gehalten van contaminanten in vis uit de Noordzee op basis van monitoringsgegevens uit de periode 2004-2011 (van Leeuwen et al., 2013c). De concentraties dioxinen en PCB's werden gemeten in haringfilet, filet van makreel, kabeljauw, tong, schol, schelvis en schar. De auteurs van het rapport concludeerden dat de contaminantgehalten in alle gevallen ruim onder de geldende normen waren met uitzondering van een zeebaarsmonster en kabeljauwlever. In zeebaars (op basis van twee monsters) was de concentratie 2,8 en 7,3 pg WHO-TEQ/g ww. De gemiddelde concentraties dioxinen en dioxineachtige PCB's voor de andere vissen varieerden tussen 0,25 en 0,66 en maximale concentraties tussen 0,36 en 1,1 pg WHO-TEQ/g ww (van Leeuwen et al., 2013c). Totaalgehalten van dioxinen en dioxineachtige PCB's in vis waren in 2015 en 2016 lager dan 1 pg WHO-TEQ/g vis, met uitzondering van zeebaars (de concentratie was respectievelijk 2,8 en 4,57 pg WHO-TEQ/g in 2015 en 2016) en heeklever in 2016 (9,2 pg WHO-TEQ/g) (RIKILT, 2016). De concentratie in heeklever was beneden de ML voor vislever van 20 pg WHO-TEQ/g. Totaalgehalten voor de niet-dioxineachtige PCB's in vis en schaal- en schelpdieren vertoonden een grote variatie maar waren lager dan de EU-limiet voor vlees van vis en visserijproducten van 75 ng/g vers gewicht. De concentratie niet-dioxineachtige PCB's in heeklever van 89 ng/g vers gewicht (gemeten in 2016) was lager dan de limiet voor niet-dioxineachtige PCB's in vislever (200 ng/g). De concentraties niet-dioxineachtige PCB's in Europese zeebaars van monsters uit 2015 en 2016 waren relatief hoog (29 en 43 ng/g) maar lagen onder de ML van 75 ng/g.

Verschillende locaties (zowel gesloten gebieden als open gebieden¹¹) worden regelmatig bemonsterd op paling en in 2016 overschreden de concentraties één of meerdere normen in zowel gesloten als open gebieden (van Leeuwen et al., 2016a). Gegevens uit 2017 kwamen overeen met die uit 2016; alleen de concentraties in paling uit de open gebieden lagen in dat jaar onder de ML (van Leeuwen et al., 2018). Gesloten gebieden zijn aangewezen vanwege relatief hoge concentraties aan dioxinen en PCB's en op die locaties geldt een verbod op de vangst van zowel paling (aal) als wolhandkrab. Gesloten locaties waar bemonsterd is, zijn: Hollands Diep; IJssel, Wijhe; Lek, Culemborg; Maas, Eijsden; Rijn, Lobith; Waal, Tiel; Volkerak sluisen; Volkerak, Steenberg; Volkerak, Krammersluisen; tweede Maasvlakte; Zijkanaal C; Nieuwe Merwede. Open gebieden waar bemonsterd is, zijn: IJsselmeer, Medemblik; Amsterdam Rijnkanaal, Tiel; Weesper trekvaart.

Gegevens uit de [KAP-database](#) (voornamelijk NVWA-gegevens uit 2015 en 2016) laten zien dat concentraties dioxinen en dioxineachtige PCB's in heek- en kabeljauwlever regelmatig de ML overschreden met een maximum van 72,7 pg WHO-TEQ/g (lever van kabeljauw uit de Noordzee). Voor lever is de wettelijke ML 20 pg WHO-TEQ/g. Concentraties in verschillende vissoorten liggen onder de ML van 6,5 pg WHO-TEQ/g, met uitzondering van concentraties in

rode aal uit een aantal Nederlandse rivieren met een maximum van 32 pg WHO-TEQ/g (Neder-Rijn, Maurik). Onderzoek in paling vindt plaats in twee stadia: rode aal (opgroeiend, naar rivieren trekkend) of schieraal (bijna volwassen, naar zee trekkend). Het is niet duidelijk of de monsters afkomstig waren uit gesloten of open gebieden. Dezelfde trends zijn te zien voor totaalgehalten van niet-dioxineachtige PCB's.

Ook voor deze groep stoffen lagen concentraties regelmatig boven de limiet: voor heek- en kabeljauwlever uit Noordzee (tot 509 ng/g) en voor rode aal uit Nederlandse rivieren regelmatig boven de 1000 ng/g (Maas, Eijsden en Amsterdam-Rijnkanaal). Het is niet duidelijk of de monsters afkomstig waren uit gesloten of uit open gebieden. De ML's voor de concentraties dioxinen en dioxineachtige PCB's en niet-dioxineachtige PCB's in aal zijn vastgesteld op respectievelijk 10 pg WHO-TEQ/g en 300 ng/g.

Andere onderzoeken

De resultaten van RIKILT komen overeen met een Duits onderzoek (Karl & Ruoff, 2008) waarin dioxinen en PCB's zijn gemeten in voedingsmiddelen die op de Duitse markt verkrijgbaar waren. Dit onderzoek omvatte 32 verschillende vissoorten en een aantal andere visproducten zoals haring uit blik, gemarineerde haring en kabeljauwlever uit blik. De monsters waren afkomstig van verschillende locaties (het Kanaal, Baltische Zee, Noordzee, zee bij Ierland, Groenland, Barentszee, Duitsland (viskweek), Thailand, Faeröer-eilanden en Golf van Biskaje). De totaalgehalten van dioxinen en dioxineachtige PCB's in vissen met een laag en gemiddeld vetgehalte waren lager dan 1 pg WHO-TEQ/g en concentraties in vissen met een hoog vetgehalte lagen tussen 1 en 3 pg WHO-TEQ/g ww (Karl & Ruoff, 2008). Alleen de concentraties in zalm uit de Baltische zee van ongeveer 10 pg WHO-TEQ/g ww lagen boven de ML van 6,5 pg WHO-TEQ/g ww.

In een FAO-rapport (FAO, 2014) werd geconcludeerd dat de totale concentratie van dioxinen en dioxineachtige PCB's (WHO-TEQ) in vis zoals Atlantische kabeljauw, koolvis uit Alaska of schelvis lager was dan 0,5 pg WHO-TEQ/g ww. Concentraties van vissen met een gemiddeld vetgehalte zoals heek, schol en zeebrasem lagen in de buurt van 0,5-2,0 pg/g ww, terwijl concentraties in vis met een hoger vetgehalte zoals gekweekte zalm, haring en makreel tussen 1 en 3 pg/g ww lagen (FAO, 2014). Paling uit rivieren in geïndustrialiseerde gebieden en in oudere vette vis uit de oostkant van de Baltische Zee bevatte hogere concentraties (FAO, 2014).

De TWI van 2 pg TEQ/kg lichaamsgewicht per week wordt bereikt bij een concentratie in vis van 0,40 pg TEQ/g product uitgaande van een wekelijkse inname (P95) van volwassenen van 303 g en een lichaamsgewicht van 60 kg. Voor kinderen (1-19 jaar) mag de concentratie in vis maximaal 0,25 pg TEQ/g product bedragen, uitgaande van een wekelijkse inname (P95) van 158 g en een lichaamsgewicht van 20 kg. Bij deze berekeningen wordt ervan uitgegaan dat de blootstelling alleen vanuit vis plaatsvindt. De in Nederland gerapporteerde concentraties voor dioxinen en dioxineachtige PCB's in vissen liggen meestal onder de huidige maximale limiet maar bij de limiet kan een risico voor de gezondheid van de consument niet langer worden uitgesloten.

Nederlandse schaal- en schelpdieren

De geschatte bijdrage van schelpdieren aan de inname van dioxinen en dioxineachtige PCB's van 7- 70-jarigen in Nederland was 8%; voor schaaldieren was dit <5%. De totale dioxinenconcentratie in krab was hoog (11,1 pg WHO-TEQ/g product) maar droeg niet veel bij aan de totale inname vanwege de geringe (chronische) inname (Boon et al., 2014). Voor liefhebbers van krab en wolhandkrab kan dit percentage aanmerkelijk hoger zijn. In een onderzoek van de Mul et al. (De Mul et al., 2008) zijn dioxinen gemeten in voedsel dat werd geconsumeerd door de Nederlandse bevolking. Totaal dioxinen- en dioxineachtige PCB's-concentraties (middle bound-schattingen) varieerden van 1,37 voor mosselen en 2,52 voor garnalen tot 0,23 pg WHO-TEQ2006/g voor oesters.

In het Nationaal Plan Residuen (monitoring) laat de NVWA jaarlijks metingen verrichten van dioxinegehalten in schaal- en schelpdieren.

Door RIKILT worden jaarlijks monsters schaal- en schelpdieren en verschillende vissoorten geanalyseerd op de aanwezigheid van dioxinen en PCB's. Bij regelmatig te hoge gehalten van dioxine in paling (paling als richtsnoer) kan worden overgegaan tot het sluiten van een vangstgebied voor het vissen op paling (aal) en wolhandkrab. De gegevens voor schaal- en schelpdieren uit 2015 en 2016 zijn samengevat in tabel 3.2.14.

Tabel 3.2.14 Minimale en maximale concentraties dioxinen en PCB's in schaal- en schelpdieren (2015-2016) (informatie van RIKILT)

	gewone Noordzeekrab bruin lichaamsvlees	gewone Noordzeekrab wit lichaamsvlees	garnaal	mossel	wettelijke ML
Som dioxinen en dioxineachtige PCB's, pg WHO-TEQ/g product	7,22-7,49 (min- max gebaseerd op n=2)	0,28-0,30 (min- max gebaseerd op n=2)	0,68-1,11	0,33-0,73 (min- max gebaseerd op n=2)	6,5
Som niet-dioxineachtige PCB's, ng/g product	15,6-18,1 (min- max gebaseerd op n=2)	0,38-0,50 (min- max gebaseerd op n=2)	0,49-1,76	1,99-5,15 (min- max gebaseerd op n=2)	75

Concentraties in monsters uit 2015-2016 van dioxinen en dioxineachtige PCB's in garnaal, mossel en krab (wit vlees) en de concentraties van niet-dioxineachtige PCB's waren lager dan de EU- wettelijke ML, behalve voor bruin lichaamsvlees van de krab. Concentraties dioxinen en dioxineachtige PCB's in garnalen uit de Noordzee was maximaal 1,6 pg WHO-TEQ/g ww (gemiddeld 1,2) en de som-concentratie van niet-dioxineachtige PCB's was gemiddeld 3,5 en maximaal 18 ng/g (van Leeuwen et al., 2013c). Deze resultaten komen overeen met een Duits onderzoek (Karl & Ruoff, 2008) waarin dioxinen en PCB's zijn gemeten in een aantal producten van de Duitse markt, waaronder garnalen, mosselen, inktvis en mantelschelpen.

De som van de concentraties dioxinen en dioxineachtige PCB's in kweekgarnalen was ongeveer 0,2 pg WHO-TEQ/g ww (van Leeuwen et al., 2009).

De concentraties van 27 verschillende PCB's in mosselen uit de Westerschelde (twee monsters uit 2017) lagen tussen <0,2 en 25 µg/kg. In Japanse oester uit de Westerschelde lagen de concentraties tussen <0,11 en 11 µg/kg en uit het Eems-Dollard-gebied tussen <0,02 en 3,0 µg/kg (Sneekes & van Barneveld, 2018). In de Westerschelde en het Eems-Dollard-gebied wordt niet commercieel op tweekleppige weekdieren gevist.

De NVWA onderzoekt jaarlijks schelpdieren (kookkels, mesheften, mosselen en oesters) uit productiegebieden in Nederland op de aanwezigheid van chemische contaminanten, waaronder dioxinen en (PCB's). Resultaten uit 2015 lieten zien dat concentraties dioxinen en dioxineachtige PCB's en niet-dioxineachtige PCB's van monsters van verschillende locaties in het algemeen een factor vijf tot tien beneden de ML lagen (0,12-1,16 pg WHO-TEQ/g ww) (NVWA, 2016b). Gegevens uit 2016 en 2017 lieten hetzelfde beeld zien (respectievelijk 0,29-1,26 en 0,26- 1,11 pg WHO-TEQ/g ww (NVWA, 2016a;2017a). Deze resultaten lieten zien dat het verschil tussen de jaren klein was. Dit is te verwachten omdat er geen grote schommelingen in de concentraties in het milieu optreden.

De Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*) uit bepaalde gebieden in Nederland bevat hoge concentraties dioxinen en PCB's (zie tabel 3.2.15). De wolhandkrab wordt vooral geconsumeerd door mensen van Aziatische komaf, voornamelijk Chinezen of mensen met een Chinese achtergrond.

De wolhandkrab trekt in de winter vanuit de grote rivieren naar zee. Gevangen wolhandkrab kan dus afkomstig zijn van verschillende locaties. De concentraties van dioxinen en PCB's in vlees

van scharen en poten (wit vlees) zijn lager dan van vlees in het lichaam van de krab (combinatie van wit en bruin vlees). Hoge concentraties dioxinen en PCB's komen voor in de hepatopancreas. Dit hangt samen met het hoge vetgehalte van het vlees in het lichaam van de krab. De wolhandkrab wordt regelmatig door RIKILT gemonsterd, in zowel gesloten als open gebieden (van Leeuwen et al., 2016b). Gesloten gebieden zijn aangewezen vanwege de hoge concentraties dioxinen en PCB's en voor die locaties geldt een verbod op de vangst van zowel paling als wolhandkrab. Gesloten gebieden: Maas, Rijn bij Lobith, Waal bij Tiel, Hollands Diep, Maas bij Pernis, IJssel bij Deventer, Ketelmeer en Noordzeekanaal. Open gebieden: Noord-Hollands Kanaal, IJsselmeer bij Medemblik, IJsselmeer bij Den Oever, Prinses Margrietkanaal en Lauwersmeer.

Tabel 3.2.15. geeft een overzicht van concentraties in wolhandkrab in zowel gesloten als open gebieden. Voor de periode 2016-2017 zijn door RIKILT alleen concentraties in lichaamsvlees gemeten (Brust et al., 2018). Resultaten van metingen in het lichaamsvlees in monsters uit 2015 (van Leeuwen et al., 2016b), 2016 en 2017 (Brust et al., 2018) komen overeen met die uit eerdere jaren (2010- 2012, zie tabel 3.2.15).

Tabel 3.2.15 Concentraties dioxinen en PCB's in de wolhandkrab (min-max-concentraties over een periode van drie jaar (2011-2013) in gesloten gebieden (n=10) en open gebieden (n=4)) (Hoogenboom et al., 2015).

	lichaams- vlees, open gebied	wit vlees uit poten, open gebied	lichaams- vlees, gesloten gebied	wit vlees uit poten, gesloten gebied
Som dioxinen en dioxineachtige PCB's, pg WHO-TEQ/g product	8,2-20,5	0,3-0,6	11,9-81,4	0,5-2,7
Som niet-dioxineachtige PCB's, ng/g product	52-287	1-9	134-1271	7-62

Voor wit vlees van de wolhandkrab, uit de open en gesloten gebieden, lagen de concentraties dioxinen en dioxineachtige PCB's en niet-dioxineachtige PCB's onder de ML van respectievelijk 6,5 en 75 pg/g vers product. Voor lichaamsvlees van de wolhandkrab zijn geen wettelijke ML's vastgesteld, maar de concentraties in open en gesloten gebieden lagen beduidend hoger (tot meer dan een factor tien) boven de ML voor wit vlees. De wolhandkrab wordt gevangen van september tot en met november en een consument eet in die periode ongeveer één keer per twee weken een maaltijd met vier of vijf wolhandkrabben (120-150 g vlees). De TWI (2 pg TEQ/kg lichaamsgewicht per week) wordt dan ruim overschreden.

Er zijn geen gegevens over de gebruikelijke inname van schaal- en schelpdieren. Op basis van de gemiddelde consumptie op een consumptiedag (59,5 g) en de aanname dat schaal- en schelpdieren één per week worden geconsumeerd, wordt de TWI van 2 pg TEQ/kg lichaamsgewicht bereikt bij een concentratie in schaal- en schelpdieren van 2,0 pg TEQ/g uitgaande van een lichaamsgewicht van 60 kg en geen inname uit andere voedingsmiddelen. De wettelijke ML voor de som van dioxinen en dioxineachtige PCB's is 6,5 pg/g vers gewicht. Bij deze limiet kan dus een risico voor de gezondheid van de mens niet langer worden uitgesloten. De in Nederland gerapporteerde concentraties voor dioxinen en dioxineachtige PCB's in schaal- en schelpdieren liggen meestal onder de huidige wettelijke ML, maar liggen wel vaak boven de concentratie die leidt tot een overschrijding van de TWI.

De huidige inname van dioxinen en PCB's liggen mogelijk lager dan de eerder berekende inname. Bij de berekeningen zijn vaak meer dan tien jaar oude concentratiegegevens gebruikt. Gezien de daling in dioxinegehalten in dierlijke voedingsmiddelen en de hoge bijdrage van

plantaardige oliën en vetten aan de totale inname van dioxinen en PCB's, kan worden verwacht dat de inname door de mens (langzaam) afneemt. Verder zijn er aanwijzingen dat een deel van de dioxinen verdwijnt als een voedingsmiddel wordt gekookt. Er waren geen dioxineconcentraties van bereide voedingsmiddelen beschikbaar voor de innameberekening (Boon et al., 2014).

Kweekvisserij (zoet- en zoutwater)

De meeste gegevens over concentraties van dioxinen en PCB's zijn voor vis uit wildvangst. De hoeveelheid gegevens over kweekvis is beperkt. Door RIKILT worden jaarlijks een aantal monsters van verschillende vissoorten geanalyseerd op de aanwezigheid van dioxinen en PCB's. De totaalgehalten van dioxinen en dioxineachtige PCB's in vis waren in 2015 en 2016 lager dan 1 pg WHO-TEQ/g vis, met uitzondering van zeebaars (de concentratie was respectievelijk in 2015 en 2016 2,8 en 4,57 pg WHO-TEQ/g) en heeklever in 2016 (9,2 pg WHO-TEQ/g). In een onderzoek naar de aanwezigheid van organische verontreinigingen in zalm werd aangetoond dat de concentraties van organische stoffen zoals dioxinen, PCB's en organochloorpesticiden (OCP's) in kweekzalm hoger waren dan in wilde zalm (Hites et al., 2004a). Daarnaast bleek dat de concentratie in kweekzalm en in diervoeder uit Europa hoger was dan uit Noord-Amerika (Hites et al., 2004a). Concentraties in kweekzalm van dioxinen lagen tussen <1 en 3 pg WHO-TEQ/g ww en concentraties PCB's (de som van 197 PCB-congeneren) tussen <10 en 50 ng/g ww (Hites et al., 2004a). Een overdrachtsonderzoek in zalm liet zien dat dioxineachtige PCB's beter werden overgedragen dan dioxinen met overdrachtsfactoren (van voeder naar eetbare delen) van respectievelijk 0,79 en 0,52. Overdracht van voeder naar vis was een factor 6,5 hoger dan voor landbouwhuisdieren (Suominen et al., 2011). Een Nederlands onderzoek (van Leeuwen et al., 2008; van Leeuwen et al., 2009) leverde gegevens over de aanwezigheid van gehalogeneerde organische contaminanten in verschillende gekweekte vissoorten (zalm, forel, tilapia, pangasius) en in gekweekte garnalen. De concentraties van de som van zeven PCB's in zalm en forel waren respectievelijk 10,86 ng/g en 3,48 ng/g. De gemiddelde concentraties in tilapia en pangasius voor de som van zeven PCB's lagen een factor honderd onder de concentraties in zalm (van Leeuwen et al., 2009). De som van de concentraties voor dioxinen en dioxineachtige PCB's in pangasius en tilapia waren ongeveer 0,2 pg WHO-TEQ/g ww. Ook voor zalm en forel lagen de concentraties onder de ML (van Leeuwen et al., 2008; van Leeuwen et al., 2009).

Organische contaminanten in gekweekte vissoorten

In een Nederlandse onderzoek (van Leeuwen et al., 2008; van Leeuwen et al., 2009) naar de aanwezigheid van gehalogeneerde organische contaminanten in verschillende gekweekte vissoorten (zalm, forel, tilapia, pangasius) werden concentraties gemeten voor: polychloorbifenylen (PCB's), polychloor-dibenzo-p-dioxinen en -furanen), organochloorhoudende pesticiden (OCP's), polybroomdifenylethers (PBDE's), hexabromocyclododecaanverbindingen (HBCD's), en perfluorverbindingen (PFC's). De monsters waren afkomstig uit supermarkten, viswinkels, weekmarkten en leveranciers aan restaurants met producten uit Europa, Zuidoost-Azië en Zuid-Amerika. De concentraties in de verschillende soorten namen af in de volgorde: zalm > forel >> tilapia ≈ pangasius ≈ garnaal. De concentraties van de verschillende stoffen namen af in de volgorde: PCBs ≈ dichloordifenyiltrichloorethaan (DDT's) >> hexachlorobenzeen ≈ pentachlorobenzeen ≈ dieldrin ≈ PBDE's ≈ a-HBCD ≈ perfluorocctaansulfonaat (PFOS) >> (WHO-TEQ) dioxinen en dioxineachtige PCB's. De concentraties van de contaminanten waren laag en meestal <1 ng/g ww en lagen ruim onder de Nederlandse en Europese normen (van Leeuwen et al., 2009). De bijdragen van forel, tilapia en pangasius (op basis van de som van de concentraties van de onderzochte stoffen) aan de opname door de mens was gering en de belangrijkste bijdrage aan blootstelling was afkomstig van zalm en forel (97%) (van Leeuwen et al., 2009). Deze percentages zijn geschat op basis van somconcentraties van de verschillende stoffen. De hogere concentraties in zalm en forel zijn waarschijnlijk afkomstig van het voeder dat bestond uit visolie en vismeel. De concentraties in garnalen, pangasius en tilapia in kweekvis waren lager dan in vissen uit wildvangst. Voor zalm en forel lag dit andersom (van Leeuwen et al., 2009) en dit komt overeen met de resultaten van het onderzoek van Hites (Hites et al.,

2004a). Tilapia en pangasius werden gevoerd met vooral plantaardige eiwitten en vetten en dit resulteerde in een lagere concentratie van contaminanten (van Leeuwen et al., 2009)

De KAP-database bevat concentratiegegevens voor verschillende vissoorten. De volgende soorten worden specifiek genoemd als kweekvis: kweekaal (afkomstig uit het Markermeer), zalm, tarbot, forel, meerval, tilapia en pangasius. De toevoeging 'kweek' in de KAP-database is gehanteerd in de periode 2012-2016 (niet in 2017). Genoemde landen van herkomst zijn: Bangladesh, Indonesië, India, Thailand, Groenland, Nigeria, Vietnam, Schotland, Italië, Noorwegen en China. Voor dioxinen en dioxineachtige PCB's (WHO-TEQ) bevat de KAP-database voor de periode 2014-2016 gegevens (n=21) van zalm (Noorwegen en Schotland), forel, tarbot, meerval, tilapia (China) en pangasius (Vietnam). De concentraties waren <0,1 WHO-TEQ/g vis (UB) en waren lager dan de ML. De concentraties van de niet-dioxineachtige PCB's lagen onder 8 ng/g vis (soms van zes indicator-PCB's).

Gebromeerde brandvertragers

In het kort

- *Vette vis bevat hogere concentraties gebromeerde brandvertragers dan magere vis.*
- *Er worden geen gezondheidseffecten verwacht van inname van gebromeerde brandvertragers (hexabroomcyclododecanen (HBCDD's) en polybroomdifenylethers (PBDE's)) uit vis of visproducten, mogelijk met uitzondering van BDE-99.*
- *Schaal- en schelpdieren dragen nauwelijks bij aan de inname van gebromeerde brandvertragers. De concentraties van polybroomdifenylethers (PBDE's) in kweekzalm zijn hoger dan in wilde zalm. Concentraties van PBDE's in kweekzalm uit Europa zijn hoger dan uit Noord-Amerika en Chili en deze verschillen zijn waarschijnlijk gerelateerd aan concentraties in diervoeders die hetzelfde patroon laten zien.*
- *Gegevens over het voorkomen en de effecten van een groot aantal andere gebromeerde brandvertragers zijn niet of minimaal beschikbaar.*

Beschrijving van het gevaar

Gebromeerde brandvertragers vallen onder de persistente organische contaminanten (Persistent Organic Pollutants, POP's). Opname van gebromeerde brandvertragers in vis vanuit de leefomgeving kan plaatsvinden via het water, de waterbodem en voedsel. Gebromeerde brandvertragers vormen een groep stoffen die worden of werden gebruikt in allerlei huishoudelijke producten en stofferingen om te voorkomen dat het materiaal ontbrandt of om een brand te vertragen. Belangrijke groepen gebromeerde brandvertragers zijn polybroomdifenylethers (PBDE's), polybroombifenylen (PBB's), hexabroomcyclododecanen (HBCD), hexabroombenzeen (HBB), TBBPA en andere fenolen zoals tribroomfenol (TBP), decabroomdifenylethaan (DBDPE) en 1,2-bis(2,4,6-tribroomfenoxy)ethaan (BTBPE) (EFSA CONTAM-Panel, 2012d; Vandermeersch et al., 2015a). Gebromeerde polybroomdifenylethers (PBDE's) en hexabroomcyclododecanen (HBCDD's) zijn de twee belangrijkste groepen. Deze verbindingen dampen van de verschillende toepassingen uit naar de omgevingslucht en komen zo in voedsel en diervoeder terecht. Het gebruik van HBCDD's is in Europa en wereldwijd sterk aan banden gelegd maar zal in de komende tientallen jaren nog steeds vrijkomen uit bestaande materialen. De acht belangrijkste PBDE-congeneren zijn BDE-28, -47, -99, -100, -153, -154, -183 en -209 (EFSA CONTAM-Panel, 2011a). Gebromeerde brandvertragers zijn toxisch en tot de schadelijkste effecten behoren effecten op de neurologische ontwikkeling.

Voor gebromeerde brandvertragers zijn (nog) geen wettelijke ML's voor voedingsmiddelen vastgesteld.

Risicobeoordeling

Op basis van de analyse van een groot aantal monsters en een MOE-aanpak gaf het EFSA CONTAM-Panel aan dat er geen gezondheidsrisico's te verwachten zijn van inname van

hexabroomcyclododecanen (HBCDD's) uit voedsel (EFSA CONTAM-Panel, 2011c). Ook voor een aantal PBDE's (BDE-47, -153 en -209) zijn geen gezondheidsrisico's te verwachten, met uitzondering van BDE-99 waarvoor een mogelijk risico zou kunnen zijn (EFSA CONTAM-Panel, 2011a). Voor andere gebromeerde brandvertragers is nog geen risicobeoordeling te maken, omdat gegevens over voorkomen, blootstelling en toxiciteit ontbreken. Het EFSA-Panel heeft een aantal stoffen genoemd die in aanmerking komen voor meer onderzoek (EFSA CONTAM-Panel, 2012d).

Andere brandvertragers

De volgende stoffen worden door het EFSA CONTAM-Panel genoemd als kandidaten voor meer onderzoek: 1,2-bis(2,4,6-tribroomfenoxy)ethaan (BTBPE), 5,6-dibroom-1,10,11,12,13,13-hexachloor-11-tricyclo(8.2.1.02,9)trideceen (DBHCTD), N,N'-thyleenbis(tetrabroomoofthalimide) (EBTEBPI), hexabroombenzeen (HBB), hexabroomcyclodecaan (HBCYD), 1,2,3,4,7,7-hexachloro-5-(2,3,4,5-tetrabroomofenyl)-bicyclo(2.2.1)hept-2-een (HCTBPH), PBT, pentabroombenzylacrylaat (PBB-Acr), pentabroommethylbenzeen (PBEB) en 1,2,4,5-tetrabroom-3,6-dimethylbenzeen (TBX).

De conclusie van een analyse door RIVM in 2008 was dat de gemiddelde langetermijninname van de Nederlandse bevolking van de vijf belangrijkste PBDE's (som PBDE's -47, -99, -100, -153 en -154) gelijk was aan 0,79 ng/kg lichaamsgewicht per dag (Bakker et al., 2008). De gerapporteerde somconcentraties voor BDE-47, -99, -100, -153 en -154 varieerden van 400 (schol) tot 4810 (haring) pg/g vers gewicht voor verschillende vissoorten (Bakker et al., 2008). De concentraties van de som PBDE's in verschillende soorten vis lieten zien dat de concentratie in vis met een relatief hoog vetgehalte zoals haring en paling beduidend hoger (ongeveer factor tien) was dan in vis met een laag vetgehalte zoals kabeljauw (Bakker et al., 2008). De bijdrage van vis aan de blootstelling van de mens aan PBDE's in dit onderzoek was 28%. Het is niet duidelijk of dit percentage inclusief de bijdrage van schaal- en schelpdieren was. Koemelk, fruit en groenten waren de belangrijkste bronnen van PBDE's in een RIVM-onderzoek uit 2016 (Boon et al., 2016). Voor BDE-47 en BDE-100 vormde vis ook een belangrijke bijdrage aan de inname uit voedsel (tot 84% voor BDE-100 voor 7-70-jarigen) (Boon et al., 2016). RIVM heeft voor drie PBDE-congeneren (-47, -99 en -153) de geschatte inname vergeleken met guidance values (GV's)16. GV's van PBDE-47, PBDE-99 en PBDE-153 zijn afgeleid door RIVM en bedragen respectievelijk 69, 1,7 en 3,8 ng/kg lichaamsgewicht per dag (Boon et al., 2016). Het percentage personen dat werd blootgesteld aan concentraties boven de GV was voor alle leeftijdsgroepen gering (<1%) (Boon et al., 2016). Een risico-evaluatie op basis van BDE-99 gaf aan dat de blootstelling ver beneden de drempel voor neurotoxiciteit lag maar wel dicht bij de drempel voor reproductietoxiciteit (Bakker et al., 2008).

Andere onderzoeken

In een onderzoek uit Spanje werd geconcludeerd op basis van een MOE-aanpak dat concentraties van acht PBDE's, acht methoxy-PBDE's en drie 'emerging' (opkomende) verbindingen (hexabroombenzeen, decabroomdifenylethaan en pentabroommethylbenzeen) in vis, schaal- en schelpdieren geen significante gezondheidsrisico's veroorzaakten (Trabalon et al., 2017). In een vergelijkbaar onderzoek van Aznar-Aleman et al. (Aznar-Aleman et al., 2017) werden gebromeerde brandvertragers (geanalyseerde verbindingen: PBDE's (congeneren 28, 47, 99, 100, 153, 154, 183, 209), HBCD (a, b, g), emerging brandvertragers (PBEB, HBB and DBDPE), dechloranen (Dec 602, 603, 604, syn- en anti-DP), TBBPA, 2,4,6-TBP en MeO-PBDEs (acht congeneren)) geanalyseerd van een aantal commerciële visproducten op de Europese markt. Het betreffen tien soorten uit Middellandse zee, Noordzee en Atlantische oceaan en drie monsters geïmporteerd uit Pacific en een uit India. Soorten: kabeljauw, makreel, zeeduivel, mosselen, Nijlbaars, schol, zalm, zeebrasem, garnalen en tonijn. Dit onderzoek liet zien dat zeebrasem (en mosselen) de hoogste concentratie bevatten. De onderzoeker concludeerde dat er geen risico was door blootstelling aan gebromeerde brandvertragers uit vis (en schaal- en schelpdieren) en dat voor BDE-99 een gedetailleerdere risicobeoordeling gewenst is.

Nederlandse zee-, kust- en binnenvisserij (zout- en zoetwater)

Door RIKILT worden jaarlijks een aantal monsters schaal- en schelpdieren en verschillende vissoorten geanalyseerd op de aanwezigheid van gebromeerde brandvertragers. De soorten betreffen haring, wijting, schelvis, krab (bruin vlees), krab (wit vlees), schol, meerval, zalm, forel, tarbot, tilapia, pangasius, heek, kabeljauw, Europese zeebaars, schar, garnaal (*Crangon crangon*), mossel, heek lever en tong). Globaal gezien geldt het volgende voor zeevis, schaal/schelpdieren en kweekvis: de monsters zijn afkomstig uit het handelskanaal (bijvoorbeeld kweekvis), de afslag en van onderzoeken van Wageningen Marine Research. Concentraties van gebromeerde brandvertragers (achttien PBDE-congeneren en TBBPA, α -HBCD, β -HBCD en γ -HBCD) in de periode 2015-2016 waren consequent $<1,0$ ng/g in alle monsters met uitzondering van heeklever (BDE-47: 5,5 ng/g). Deze gegevens zijn dezelfde als die in de KAP-database zijn opgenomen. In 2013 publiceerde RIKILT een rapport met gehalten van contaminanten in Noordzeevis op basis van monitoringsgegevens uit de periode 2004-2011 (van Leeuwen et al., 2013c). Concentraties werden gemeten van BDE-47 en BDE-100 in haringfilet, makreel, filet van kabeljauw, tong, schol, schelvis en schar. Alle concentraties waren $<1,0$ ng/g. Voor BDE-47 resulteert een concentratie van 1 ng/g product voor een volwassene bij een gemiddelde dagelijkse inname van 43,3 g/dag en een lichaamsgewicht van 60 kg in een inname van 0,72 ng/kg lichaamsgewicht per dag. Voor kinderen is dat 1,13 ng/kg lichaamsgewicht per dag bij een gemiddelde dagelijkse inname van 22,6 g/dag en een lichaamsgewicht van 20 kg. Bij deze berekening wordt ervan uitgegaan dat blootstelling alleen vanuit vis plaatsvindt. Deze geschatte inname uit vis ligt onder de guidance value voor PBDE-47 van 69 ng/kg lichaamsgewicht per dag.

Nederlandse schaal- en schelpdieren

Schaal- en schelpdieren behoorden niet tot de belangrijkste bronnen van PBDE's (Boon et al., 2016). RIVM heeft voor drie PBDE-congeneren (-47, -99 en -153) de geschatte inname vergeleken met guidance values (GV's). Guidance values, zoals gedefinieerd in het RIVM rapport, kwantificeren de hoeveelheid van een stof waaraan een persoon gemiddeld gedurende een lange periode kan worden blootgesteld zonder nadelige consequenties voor de gezondheid. GV's van PBDE-47, PBDE-99 en PBDE-153 zijn afgeleid door RIVM en bedragen respectievelijk 69, 1,7 en 3,8 ng/kg lichaamsgewicht per dag (Boon et al., 2016). Het percentage personen dat werd blootgesteld aan concentraties boven de guidance values was voor alle leeftijdsgroepen gering ($<1\%$) (Boon et al., 2016).

Een risico-evaluatie op basis van BDE-99 gaf aan dat de blootstelling ver beneden de drempel voor neurotoxiciteit lag maar wel dicht bij de drempel voor reproductietoxiciteit (Bakker et al., 2008).

De concentratie in mosselen uit de Westerschelde (twee monsters uit 2017) voor zeven PBDE's en HBCD waren maximaal 0,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (HBCD) en in Japanse oesters uit de Westerschelde maximaal 0,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en uit het Eems-Dollard-gebied maximaal 0,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (HBCD) (Sneekes & van Barneveld, 2018). In de Westerschelde en het Eems-Dollard-gebied wordt niet commercieel op tweekeppige weekdieren gevestigd.

Door RIKILT worden jaarlijks verschillende schaal- en schelpdieren (garnalen, mosselen en krab) geanalyseerd op de aanwezigheid van gebromeerde brandvertragers. De concentraties van gebromeerde brandvertragers (achttien PBDE-congeneren en TBBPA, α -HBCD, β -HBCD en γ -HBCD) in de periode 2015 en 2016 lagen steeds onder 1,0 ng/g in alle monsters. Ook de concentraties van BDE-47 en BDE-100 in garnalen uit de Noordzee (periode 2004-2011) lagen onder 1,0 ng/g (van Leeuwen et al., 2013c). Concentraties PBDE's in garnalen en mosselen waren lager dan die in vette vis (van Leeuwen et al., 2013c).

Een concentratie gebromeerde brandvertrager van 1,0 ng/g product bij een gemiddelde dagelijkse consumptie voor de hele populatie van 8,5 g/dag en een lichaamsgewicht van 60 kg leidt tot een inname van 0,14 ng/kg lichaamsgewicht per dag. Bij deze berekening wordt uitgegaan dat blootstelling alleen vanuit schaal- en schelpdieren plaatsvindt. Deze geschatte

inname ligt voor BDE-47, -99 en -153 onder de guidance values van respectievelijk 69, 1,7 en 3,8 ng/kg lichaamsgewicht per dag.

Kweekvisserij

In een onderzoek naar aanwezigheid van organische verontreinigingen in zalm werd gevonden dat de concentraties PBDE's (soms van 43 PBDE's) in kweekzalm hoger waren dan in wilde zalm en dat de concentraties in vis uit Europa hoger waren dan in vis uit Noord-Amerika, die weer hoger waren dan in vis uit Chili. De concentraties in diervoeder lieten dezelfde regionale verschillen zien (Hites et al., 2004b).

Isosaari et al. (Isosaari et al., 2005) onderzochten de accumulatie van PBDE's in zalm en concludeerden dat ongeveer 95% van de PBDE's uit het voeder werden teruggevonden in de gehele zalm en 42-59% in filet. Blanco et al. (Blanco et al., 2011) vonden een opname van 30% in tarbotfilets vanuit het voeder.

In een Nederlands onderzoek van RIKILT (van Leeuwen et al., 2008; van Leeuwen et al., 2009) werden gehalogeneerde organische contaminanten in verschillende gekweekte vissoorten (zalm, forel, tilapia, pangasius) onderzocht. Voor negen PBDE's varieerde de concentratie van 0,012 ng/g ww voor tilapia tot 1,164 ng/g voor zalm.

Door RIKILT worden jaarlijks een aantal monsters schaal- en schelpdieren en verschillende vissoorten, waaronder ook enkele vissoorten afkomstig uit kweek, geanalyseerd op de aanwezigheid van dioxinen, PCB's en gebromeerde brandvertragers. Het betreffen de soorten haring, wijting, schelvis, krab (bruin vlees), krab (wit vlees), schol, meerval, zalm, forel, tarbot, tilapia, pangasius, heek, kabeljauw, Europese zeebaars, schar, garnaal (*Crangon crangon*), mossel, heek lever en tong). Globaal gezien geldt het volgende voor zeevis, schaal- en schelpdieren en kweekvis: de monsters zijn afkomstig uit het handelskanaal (bijvoorbeeld kweekvis), de afslag en soms van onderzoeken van Wageningen Marine Research. De concentraties van gebromeerde brandvertragers (achttien PBDE-congeneren en TBBPA, α -HBCD, β -HBCD en γ -HBCD) waren laag en steeds <1,0 ng/g in alle monsters met uitzondering van heeklever (BDE-47: 5,5 ng/g). De KAP-database bevat concentratiegegevens voor verschillende vissoorten. De volgende soorten worden specifiek genoemd als kweekvis: kweekaal (afkomstig uit het Markermeer), zalm, tarbot, forel, meerval, tilapia en pangasius. De toevoeging 'kweek' in de KAP-database is gehanteerd in de periode 2012-2016 (niet in 2017). Genoemde landen van herkomst zijn: Bangladesh, Indonesië, India, Thailand, Groenland, Nigeria, Vietnam, Schotland, Italië, Noorwegen en China. Voor gebromeerde brandvertragers (achttien PBDE-congeneren en TBBPA, α -HBCD, β -HBCD en γ -HBCD) heeft KAP over de periode 2014-2016 gegevens (n=22) voor zalm (Noorwegen en Schotland), forel, tarbot, meerval, tilapia (China) en pangasius (Vietnam). Alle concentraties waren <1,0 ng/g.

Een concentratie van 1 ng/g kan worden gebruikt om een schatting te maken van de inname. Voor BDE-47 resulteert een concentratie van 1 ng/g product voor een volwassene bij een gemiddelde dagelijkse inname van 43,3 g/dag en een lichaamsgewicht van 60 kg in een inname van 0,72 ng/kg lichaamsgewicht per dag. Voor kinderen is dat 1,13 ng/kg lichaamsgewicht per dag bij gemiddelde dagelijkse inname van 22,6 g/dag en een lichaamsgewicht van 20 kg. Bij deze berekening wordt uitgegaan dat de inname alleen uit vis plaatsvindt. De zo geschatte inname is ruim onder de guidance value voor PBDE-47 van 69 ng/kg lichaamsgewicht per dag.

Perfluorverbindingen

In het kort

- *Op basis van de eind 2018 door EFSA afgeleide TWI's kan worden geconcludeerd dat de inname van PFOS en PFOA uit vis een risico kunnen vormen voor de gezondheid van de consument.*
- *De hoogste bijdrage aan de inname van PFOS uit voedsel is afkomstig van vis en schaal- en schelpdieren. Vis, schaal- en schelpdieren dragen ook bij aan de inname van PFOA. Vooral in paling uit Nederland werden hoge PFAS-concentraties gevonden.*
- *Perfluorooctaansulfonaat (PFOS) en perfluorooctaanzuur (PFOA) zijn de belangrijkste perfluorverbindingen. De informatie over blootstelling en toxiciteit van andere*

perfluorverbindingen is te beperkt om mogelijke risico's te kunnen beoordelen. Er lijkt een verschuiving plaats te vinden naar het gebruik van PFAS met kortere ketens en perfluoralkylether carbonzuren (onder andere GenX).

- *De informatie over concentraties PFOS en PFOA in kweekvis is beperkt maar er zijn aanwijzingen dat de concentraties PFAS in kweekvis mogelijk lager zijn dan in wild gevangen vis.*

Beschrijving van het gevaar

Geperfluoreerde verbindingen (PFAS) worden toegepast in allerlei consumentenproducten en industriële producten zoals in beschermende coatings voor kleding, papier, insecticiden, verfmiddelen en in schuimmiddelen voor brandbestrijding (Noorlander et al., 2011; EFSA CONTAMPanel, 2012a). PFAS worden veelvuldig in het milieu aangetroffen en de meest bekende zijn PFOS (perfluorooctaansulfonaat) en PFOA (perfluorooctaanzuur). Vanwege hun persistentie, bioaccumulatie en toxiciteit heeft de EU de meeste gebruikstoepassingen van PFOS en een aantal verwante verbindingen in 2008 verboden (Vandermeersch et al., 2015a). Concentraties van PFOS in water zijn vaak hoger dan de 'environmental quality standard', met name in zoetwater (Vandermeersch et al., 2015a). De opname van perfluorverbindingen door vis vanuit de leefomgeving kan plaatsvinden via het water, de waterbodem en voedsel. PFAS kunnen gemakkelijk migreren van voedselverpakkingen in voedingsmiddelen.

PFOS en PFOA worden snel geabsorbeerd in het maagdarmkanaal en ongewijzigd uitgescheiden in urine en feces. De geschatte halfwaardetijden van uitscheiding door de mens voor PFOS en PFOA zijn respectievelijk ongeveer 5 jaar en 2-4 jaar (EFSA CONTAM-Panel, 2018a). Blootstelling van de mens aan zowel PFOS als PFOA wordt geassocieerd met effecten op het vet- en koolhydraatmetabolisme en een verhoogde serumcholesterolconcentratie. Epidemiologische onderzoeken bij de mens toonden effecten op de lever en op de ontwikkeling (Krafft & Riess, 2015). PFOS veroorzaakte tumoren in de lever van de rat en PFOA induceerde Leydig-celtumoren in de rat. Beide stoffen veroorzaken neurotoxische ontwikkelingseffecten en effecten op genexpressie die relevant is voor signaaloverdracht in de hersenen (EFSA CONTAM-Panel, 2018a). PFOS en PFOA accumuleren in de lever; de bioaccumulatie van PFOA is lager dan die van PFOS (EFSA CONTAM-Panel, 2018a).

GenX is de handelsnaam voor een technologie die wordt gebruikt om coatings (fluorpolymeren) te maken en wordt toegepast als vervanging van PFOA. Bij deze technologie worden twee fluorhoudende stoffen gebruikt, FRD-902 en FRD-903, en wordt de fluorverbinding E1 gevormd. Een deel van de stoffen wordt uitgestoten naar lucht en een deel afgevoerd naar afvalwater. Onder fysiologische omstandigheden (bijvoorbeeld in water of bloed) worden FRD-902 en FRD-903 omgezet naar het ion HFPO-DA (2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluoropropoxy) propaanzuur). HFPO-DA is verantwoordelijk voor de waargenomen toxicologische effecten van GenX. De schadelijke effecten van GenX-stoffen zijn vergelijkbaar met die van PFOA: GenX-stoffen zijn mogelijk kankerverwekkend voor de mens en hebben effecten op de lever. Echter GenX-stoffen zijn minder schadelijk voor de voortplanting dan PFOA. GenX staat op de lijst van RIVM met potentiële zeer zorgwekkende stoffen (Bron: RIVM, GenX, <https://www.rivm.nl/genx>). Het Amerikaanse EPA (Environmental Protection Agency) heeft in november 2018 conceptnormen vastgesteld voor GenX-stoffen (Bron: EPA, [factsheet pfb-genx-toxicity values](#)). De voorgestelde subchronische en chronische referentiedoses zijn respectievelijk 0,0002 en 0,00008 mg/kg lichaamsgewicht per dag.

Er vindt een verschuiving plaats naar het gebruik van perfluorsulfonaten en perfluorcarbonzuren met kortere ketens en perfluoralkylethercarbonzuren (onder andere GenX). Deze stoffen zijn aangetoond in Nederlands oppervlaktewater (Gebink et al., 2017).

Vanwege hun persistentie, bioaccumulatie en toxiciteit, is het gebruik van PFOS en PFOA beperkt via wetgeving in de EU (Verordening (EU) 2019/1021). In juni 2017 heeft de Europese Unie Verordening (EU) 2017/1000 vastgesteld om de productie, het gebruik en het in de handel brengen van PFOA en producten met PFOA in Europa sterk te beperken. Ondanks de uitfasering zijn deze stoffen nog aanwezig in het milieu, evenals andere PFAS-verbindingen die nog worden toegepast. Nederland heeft in 2019 bij het Europees Chemicaliën Agentschap (ECHA) een

voorstel neergelegd om HFPO-DA te identificeren als zeer zorgwekkende stof op basis van de REACH-verordening. Het ligt in de lijn der verwachting dat voor het gebruik van HFPO-DA, net zoals voor het gebruik van PFOS en PFOA, restricties worden voorgesteld. Er zijn geen ML's in voedingsmiddelen vastgelegd.

Risicobeoordeling

In een risicobeoordeling concludeerde het EFSA CONTAM-Panel dat de TWI van PFOS en PFOA 4,4 ng/kw lichaamsgewicht per week is. Het EFSA CONTAM-Panel berekende inname van PFOS en PFOA (EFSA CONTAM-Panel, 2018a, 2020). Vis en visproducten dragen volgens EFSA in belangrijke mate bij aan de inname van deze stoffen. Kinderen worden aanmerkelijk meer blootgesteld dan volwassenen als gecorrigeerd wordt voor lichaamsgewicht. Het verschil in blootstelling tussen hoog- en laag- blootgestelde consumenten was bijna een factor 50. Voor de schatting van de inname waren ongeveer duizenden analyseresultaten gebruikt. Bijdragen aan de gemiddelde chronische inname werden geleverd voor PFOS door vis en schaal- en schelpdieren (>80% voor volwassenen), vlees en vleesproducten, en eieren en eierproducten. Voor PFOA waren dat melk en zuivelproducten, drinkwater, en vis en schaal- en schelpdieren. Voor beide stoffen bleek dat een aanzienlijk deel van de Europese populatie de TWI's van PFOS en PFOA overschreed en dat geeft reden tot zorg voor de gezondheid van de consument (EFSA CONTAM-Panel, 2018a). Met name consumenten die meer dan de 1 keer per week vis eten overschreden waarschijnlijk wekelijks de TWI.

Nederlandse zee-, kust- en binnenvisserij (zout- en zoetwater)

In 2013 publiceerde RIKILT een rapport met gehalten van contaminanten in Noordzeevis op basis van monitoringsgegevens uit de periode 2004-2011 (van Leeuwen et al., 2013c). Concentraties van PFOS en PFOA werden gemeten in haringfilet, makreel, filet van kabeljauwfilet, tong, schol, schelvis en schar. Het aantal meetpunten in dit onderzoek was beperkt (vaak n=1) en de gerapporteerde concentraties werden aangegeven als liggend beneden een bepaalde concentratie. De KAP-database bevat geen gegevens over concentraties van perfluorverbindingen in vis.

Er zijn een aantal onderzoeken waarin het voorkomen van PFAS in (in het wild gevangen) vis wordt aangetoond. Suominen et al. (Suominen et al., 2011) onderzochten een klein aantal vismeelmonsters en vonden daarin met name PFOS, PFDA (perfluordecaanzuur), PFUnA (perfluorundecaanzuur) en PFDoA (perfluordodecaanzuur) in concentraties van 1,5-20 ng/g (12% vocht). De stoffen met langere ketens worden efficiënter opgenomen in vis dan die met kortere ketens. Ophoping gebeurde met name in de organen (lever) en in mindere mate in de filet. Stoffen met kortere ketens werden na opname sneller uitgescheiden (Goeritz et al., 2013). Het voorkomen van perfluorverbindingen in zeevis, kweekvis, schaaldieren, tweekleppigen en Europese paling (*Anguilla anguilla*) gevangen in (voornamelijk) Nederlandse wateren of gekocht op de Nederlandse markt, is recent onderzocht. Het ging om 250 monsters die werden verzameld tussen 2012 en 2018. Zeebaars bevatte gemiddeld 4,5 en maximaal 9,4 ng/g ww PFAS. Concentraties in zeevis uit het noordelijke deel van de Noordzee (zoals schelvis, wijting en haring) waren lager dan in vis uit het centrale en zuidelijke deel van de Noordzee (bijvoorbeeld kabeljauw en platvissen). Paling afkomstig van verschillende locaties in Nederland en verzameld tussen 2010 en 2016 had PFAS-concentraties tussen 4,7 en 172 ng/g ww. PFOS was de meest voorkomende en vaakst gedetecteerde perfluorverbinding met een hoogste concentratie in paling van 67 ng/g ww (Zafeiraki et al., 2019).

Schaal- en schelpdieren

Hoge concentraties PFOS zijn gerapporteerd in schaaldieren (tot 877 ng/g ww) en schelpdieren (tot 1225 ng/g dw) (Vandermeersch et al., 2015a). Hoge concentraties PFOS waren gerelateerd aan schaal- en schelpdieren uit geïndustrialiseerde gebieden. Het EFSA CONTAM-Panel rapporteerde in 2012 concentraties (minimaal-maximaal) voor PFOS van 0,09-65 ng/g in schaaldieren en 0,02-2,9 ng/g in mollusken) (EFSA CONTAM-Panel, 2012a). Van Leeuwen et al. rapporteerden maximale concentraties voor PFOS en PFOA in garnalen uit de Noordzee van 23 ng/g (van Leeuwen et al., 2013c). De concentratie in mosselen uit de Westerschelde (twee

monsters uit 2017) voor PFOS en PFOA bedroegen respectievelijk 1 µg/kg en <0,6 µg/kg. In Japanse oesters uit de Westerschelde was dit respectievelijk 0,4 µg/kg en <0,6 µg/kg en uit het Eems-Dollard-gebied maximaal <0,2 µg/kg en <0,6 µg/kg (PFOA) (Sneekes & van Barneveld, 2018). In de Westerschelde en het Eems- Dollard-gebied wordt niet commercieel op tweekleppige weekdieren gevist.

In een Nederlands onderzoek (van Leeuwen et al., 2008; van Leeuwen et al., 2009) zijn zeven perfluorverbindingen onderzocht in gekweekte garnalen. Gedetecteerde perfluorconcentraties lagen tussen 10 pg/g ww voor perfluornonaanzuur (PFNA) in garnalen van verschillende locaties in Azië tot 600 pg/g ww voor PFOS in garnalen uit Nederland.

Het voorkomen van perfluorverbindingen in schaaldieren en tweekleppigen gevangen in (voornamelijk) Nederlandse wateren of gekocht op de Nederlandse markt tussen 2012 en 2018, is recent onderzocht. Naast paling, waren de PFAS-concentraties het hoogst in garnalen gevangen in de buurt van de Nederlandse kust (gemiddeld 6,7 en maximaal 33 ng/g ww) (Zafeiraki et al., 2019).

Kweekvisserij

In een Nederlands onderzoek (van Leeuwen et al., 2008; van Leeuwen et al., 2009) zijn zeven perfluorverbindingen in verschillende gekweekte vissoorten (zalm, forel, tilapia en pangasius) onderzocht. De meeste monsters bevatten geen perfluorverbindingen. De concentratie PFOS was maximaal 200 pg/g (0,2 ng/g) in tilapia.

Het voorkomen van perfluorverbindingen in kweekvis gevangen in (voornamelijk) Nederlandse wateren of gekocht op de Nederlandse markt tussen 2012 en 2018, is onderzocht. De gekweekte vissen (bijvoorbeeld forel, meerval, tarbot, zalm, tilapia, pangasius) hadden gemiddelde PFAS-concentraties variërend van 0,06 tot 1,5 ng/g ww. Het betrof voornamelijk PFOS maar in enkele gevallen overheerste PFOA (Zafeiraki et al., 2019).

Suominen et al. (Suominen et al., 2011) onderzochten een klein aantal vismeelmonsters en vonden daarin met name PFOS, PFDA, PFUnA en PFDoA in concentraties van 1,5-20 ng/g (12% vocht). Ze concludeerden dat slachtafval en vis(afval) als bron voor diervoeder kon leiden tot besmetting met PFAS. Onbekend is of dit diervoeder gebruikt wordt voor kweekvis.

Gewasbeschermingsmiddelen

In het kort

- *Voor een klein aantal niet meer toegelaten organochloorgewasbeschermingsmiddelen (DDT, dieldrin, endosulfan) in vis kan het gezondheidsrisico worden beoordeeld. De aanwezigheid van deze middelen in vis vormen geen risico voor de gezondheid van de consument.*
- *Er is weinig informatie over het voorkomen van andere gewasbeschermingsmiddelen in vis en visproducten.*
- *Een groot aantal gewasbeschermingsmiddelen in water overschrijdt de ecologische normen. Dat betekent dat effecten op waterorganismen niet zijn uit te sluiten. Het is niet bekend welke effecten dan optreden hoger op in de voedselketen.*
- *Concentraties van organochloorpesticiden zoals DDT, dieldrin, endosulfan in monsters van garnalen uit de Noordzee en mosselen en oesters uit de Westerschelde en het Eems-Dollard- gebied waren voldoende laag om geen risico te vormen voor de gezondheid van de consument.*
- *Er zijn aanwijzingen dat de concentraties organochloorpesticiden (OCP's) in kweekvis hoger kunnen zijn dan in wildvangst.*
- *De gezondheidsrisico's voor de mens door inname van organochloorpesticiden in kweekvis, voor zover ze kunnen worden beoordeeld, zijn verwaarloosbaar klein.*
- *Er is weinig informatie over het voorkomen en de effecten van andere gewasbeschermingsmiddelen in kweekvis.*

Beschrijving van het gevaar

Gewasbeschermingsmiddelen (waaronder ook metaboliëten en onzuiverheden) kunnen in het milieu terecht komen. Gewasbeschermingsmiddelen worden gebruikt in de akker- en tuinbouw

ter bestrijding van onkruid (herbiciden, plantenziekten en plagen), schimmels (fungiciden), insecten (insecticiden), mijten (acariciden), nematoden (nematiciden) en plaagdieren (rodenticiden).

Gewasbeschermingsmiddelen worden onderverdeeld naar toepassing of stofgroep. De organochloorhoudende gewasbeschermingsmiddelen zijn in het verleden veelal toegepast als insecticiden maar zijn al lang verboden in Europa. De groep organochloorpesticiden (OCP's) omvat stoffen zoals hexachloorbutadieen (HCBD), pentachloorbenzeen (QCB), hexachloorbenzeen (HCB), hexachloorcyclohexaan, heptachloor, trans-heptachloorepoxide, cis-heptachloorepoxide, aldrin, telodrin, isodrin, dieldrin, endrin, endosulfan, DDE, DDT, toxafeen, nonachloor en choordaan (van Leeuwen et al., 2008). Hoewel deze stoffen niet meer worden toegepast en gebruik verboden is, zijn deze hydrofobe en persistente stoffen nog steeds aanwezig in het milieu en vooral geabsorbeerd aan het sediment (waterbodem). Na een (illegale) lozing op oppervlaktewater kunnen (te) hoge concentraties in visserijproducten worden gevonden (Pieters & Kotterman, 2005). Opname van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in vissen vanuit de leefomgeving kan plaatsvinden via het water, de waterbodem en voedsel. Ook organofosfaatesters, carbamaten en pyrethroiden zijn insecticiden die in het milieu aanwezig zijn. Een groep gewasbeschermingsmiddelen die in de belangstelling staat, is de groep van de neonicotinoïden. Met name imidacloprid is een veelgebruikt insecticide. Deze stoffen worden in verband gebracht met de verhoogde sterfte die bij bijen wordt waargenomen (EFSA, 2015). In april 2018 is door de EU-lidstaten ingestemd met het voorstel van de Europese Commissie om voor drie neonicotinoïden (clothianidin, imidacloprid en thiamethoxam) het buitengebruik te verbieden.

Vewin (Vereniging van Waterbedrijven in Nederland) controleert de concentraties van onder andere gewasbeschermingsmiddelen in drinkwaterbronnen (Bron: Vewin, [Aanwezigheid van gewasbeschermingsmiddelen in oppervlaktewater](#) in oppervlaktewater wat gebruikt wordt als bron voor drinkwaterbereiding). Het drinkwatercriterium voor alle gewasbeschermingsmiddelen is 0,1 µg/l. De lijst met gewasbeschermingsmiddelen die de norm van 0,1 µg/l in het oppervlaktewater overschrijden, wordt jaarlijks door Vewin aan Ctgb (College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden) gestuurd. Probleemstoffen in oppervlaktewater worden geïnventariseerd door Deltares (Osté et al., 2018)

Voor de groep organochloorhoudende gewasbeschermingsmiddelen zijn geen wettelijke MRL's vastgesteld in de EU, omdat deze stoffen niet meer zijn toegelaten in de EU. Voor andere gewasbeschermingsmiddelen zijn MRL's vastgesteld (Verordening (EG) nr. 396/2005). Voor vis, visproducten en andere producten van zout- en zoetwaterdieren zijn geen MRL's vastgelegd. Voor kweekvis zijn normen voor diervoeders relevant. Richtlijn 1999/29/EG over ongewenste stoffen en producten in diervoeding geeft MRL's voor de volgende stoffen in diervoeders in mg/kg en herleid tot een vochtgehalte van 12%:

Aldrin: 0,01

- Dieldrin: 0,2
- Chloorcamfeen (toxafeen): alle diervoeders 0,1
- Chloordaan (som van cis- en trans-isomeren en van oxychloordaan uitgedrukt in chloordaan: 0,02
- DDT (som van DDT-, TDE- en DDE-isomeren), uitgedrukt in DDT: 0,05
- Endosulfan (som van alfa- en bèta-isomeren en van endosulfansulfaat, uitgedrukt in endosulfan): 0,1 (enkele uitzonderingen)
- Endrin (som van endrin en deltaketo-endrin, uitgedrukt in endrin): 0,01
- Heptachloor (som van heptachloor en heptachloorepoxide, uitgedrukt in heptachloor): 0,01
- Hexachloorbenzeen (HCB): 0,01
- Hexachloorcyclohexaan (HCH): 0,02

Risicobeoordeling

Voor organochloorhoudende gewasbeschermingsmiddelen zijn gegevens bekend over de concentraties in vis en deze groep stoffen worden hieronder besproken. Voor andere groepen gewasbeschermingsmiddelen is deze informatie niet of niet systematisch verzameld. Voor een aantal organochloorhoudende gewasbeschermingsmiddelen zijn TDI's en ARfD's vastgesteld (tabel 3.2.16).

Tabel 3.2.16 TDI- en ARfD-waarden voor een aantal organochloorhoudende gewasbeschermingsmiddelen (Bron: [EU-pesticides-database](#)).

Stof	TDI (mg/kg)	ARfD (mg/kg)
DDT	0,01	-
dieldrin	0,0001	0,003
endrin	0,0002	-
endosulfan	0,006	0,02
chlooraan	0,0005	-
heptachloor+heptachloorepoxide	0,0001	-

Hoewel een aantal OCP's (DDE, hexachloorbutadieen (HCB), hexachloorbenzeen (HCB), aldrin en dieldrin) kon worden aangetoond in de Nederlandse schieraal uit het rivierengebied lagen de concentraties niet boven de 0,05 mg/kg (van der Lee et al., 2013).

FAO (FAO, 2014) concludeerde in een rapport dat de concentratie organochloorverbindingen in de meeste vissen bestemd voor consumptie laag is en aangenomen werd in concentraties die niet schadelijk zijn voor de gezondheid van de mens.

In de Nota Gezonde Groei, Duurzame Oogst (GGDO, 2e Nota gewasbescherming) heeft het kabinet een uitvoeringsagenda opgenomen met maatregelen voor de periode 2013-2023 om de emissies van de gewasbeschermingsmiddelen terug te dringen. De inzet is dat de overschrijdingen van de milieukwaliteitsnormen voor gewasbeschermingsmiddelen in oppervlaktewater in 2018 met 50% zijn verminderd en in 2023 met 90%. Voor de evaluatie van de ecologische doelstelling van de GGDO is het LM-GBM (Landelijk Meetnet GewasBeschermingsMiddelen) opgezet. Van de meeste van de 236 te onderzoeken stoffen zijn ecologische normen beschikbaar in het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009: JG-MKE (JaarGemiddelde MilieuKwaliteitsEis is de concentratie in water die bescherming biedt tegen langdurige blootstelling; het gaat hierbij om effecten op waterorganismen en doorvergiftiging van vogels, zoogdieren en mensen via de voedselketen) of MTR (Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau) als JG-MKN niet beschikbaar is, en MAC-MKN (Maximaal Aanvaardbare Concentratie; dit is de concentratie in water die bij kortdurende piekblootstelling geen effect heeft op waterorganismen). De top 10 van gewasbeschermingsmiddelen die de norm het meest overschreden, waren in 2017 (voor meer informatie zie [Atlas Bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater](#)) (Vijver M.G., 2008):

Tabel 3.2.17 Nationale top 10 bestrijdingsmiddelen die de kwaliteitsnorm in water het meest overschreden in 2017.

nummer	JG-MKN/MTR	MAC-MKN	toelatingscriterium (Ctgb)
1	heptachloor-epoxide	deltamethrin	carbendazim
2	imidacloprid	esfenvaleraat	imidacloprid
3	allethrin	pendimethalin	deltamethrin
4	ETU	heptachloor-epoxide (som isomeren)	cyfluthrin

num mer	JG-MKN/MTR	MAC-MKN	toelatingscriterium (Ctgb)
5	deltamethrin	carbendazim	permethrin
6	dinoterb	abamectine	abamectine
7	esfenvaleraat	dichloorvos	esfenvaleraat
8	cypermethrin-alfa	cyhalothrin, lambda-	pirimifos-methyl
9	spinosad	pirimifos-methyl	pirimicarb
10	fipronil	teflubenzuron	spinosad

Meer informatie over het toelatingscriterium zie dossier [toelichting normtoelating van het Ctgb](#).

RIVM (Verschoor et al., 2019) concludeerde dat de normen voor gewasbeschermingsmiddelen in oppervlaktewater nog vaak worden overschreden. Omdat de schadelijkste gewasbeschermingsmiddelen niet nauwkeurig kunnen worden gemeten, is het onduidelijk hoe vaak en voor hoeveel stoffen de normen worden overschreden. Het kabinetsdoel voor 2018 (50% minder vaak overschrijding van de norm) is niet gehaald.

De normen voor de markttoelating van stoffen in gewasbeschermingsmiddelen blijken soms minder streng te zijn dan de normen voor waterkwaliteit. RIVM beveelt aan om deze normen beter op elkaar af te stemmen.

Watercycle Research Institute (KWR) heeft in 2015-2016 op basis van provinciale meetgegevens, een analyse uitgevoerd van ongeveer duizend monsters van diep en ondiep grondwater op de aanwezigheid van 280 gewasbeschermingsmiddelen en van ongeveer vijfhonderd ondiepe grondwatermonsters op ruim 210 nieuwe stoffen, waaronder honderd geneesmiddelen. In driekwart van de grondwatermonsters werd de aanwezigheid van gewasbeschermingsmiddelen, geneesmiddelen en overige verontreinigende stoffen aangetoond. In vrijwel al de ondiepe grondwatermonsters en 40% van de diepe grondwatermonsters werden chemicaliën aangetroffen. Voor individuele gewasbeschermingsmiddelen geeft de Grondwaterrichtlijn een Europese norm van 0,1 µg/l. Het onderzoek toonde aan dat 17% van het Nederlandse grondwater niet aan die norm voldeed. De hoogste concentraties kwamen voor in gebieden met bollenteelt en in de Noord-Brabantse zandgronden. De meest aangetroffen chemische stoffen in grondwater waren de gewasbeschermingsmiddelen bentazon en mecoprop, en de metaboliëten DMS en BAM. In grondwaterbeschermingsgebieden overschreden drie middelen (bentazon, dimethomorf en dicamba) de norm.

Nederlandse zee-, kust- en binnenvisserij (zout- en zoetwater)

In 2013 publiceerde RIKILT een rapport met gehalten van contaminanten waaronder een aantal organochloorpesticiden (OCP's) in Noordzeevis op basis van monitoringsgegevens uit de periode 2004-2011 (van Leeuwen et al., 2013c). Concentraties werden gerapporteerd voor de som chlooraan, som DDT, som endosulfan, som heptachloor, som aldrin, dieldrin, endrin, som hexachloorcyclohexaan, lindaan (hexachloorcyclohexaan), som toxafeen en HCB (hexachloorbenzeen). De concentraties van deze stoffen werden gemeten in haringfilet, filet van makreel, kabeljauw, tong, schol, schelvis en schar. De maximale concentratie (op basis van alle individuele stoffen) was 12 ng/g. Een concentratie van 12 ng/g voedingsmiddel resulteert voor een volwassene bij een gemiddelde dagelijkse inname van 43,3 g/dag en een lichaamsgewicht van 60 kg in een inname van 0,0000087 mg/kg lichaamsgewicht per dag. Voor kinderen is dat 0,000014 mg/kg lichaamsgewicht per dag bij een gemiddelde dagelijkse inname van 22,6 g/dag en een lichaamsgewicht van 20 kg. Bij deze berekening wordt ervan uitgegaan dat blootstelling alleen vanuit vis plaatsvindt.

Deze geschatte inname is beduidend lager dan de laagste TDI en het gezondheidsrisico voor de consument is verwaarloosbaar klein.

De KAP-database bevat gegevens over concentraties van een beperkt aantal organochloorpesticiden (OCP's), te weten aldrin, dieldrin, endrin, chlooraan, DDD, DDE, DDT,

heptachloor, heptachloorepoxide, hexachloorbenzeen, hexachloorbutadien en hexachloorcyclohexaan (lindaan). Deze gegevens zijn allen voor de rode aal uit Nederlandse rivieren. Het is niet duidelijk uit de KAP-database of de monsters uit gesloten of open gebieden afkomstig zijn. De concentraties van de gemeten OCP's waren lager dan 50 µg/kg. Een concentratie van 0,05 mg/kg product resulteert voor een volwassene bij een gemiddelde dagelijkse inname van 43,3 g/dag en een lichaamsgewicht van 60 kg in een inname van 0,000361 mg/kg lichaamsgewicht per dag. Voor kinderen is dat 0,00057 mg/kg lichaamsgewicht per dag bij gemiddelde dagelijkse inname van 22,6 g/dag en een lichaamsgewicht van 20 kg. Dit is beduidend lager dan de laagste TDI en het gezondheidsrisico voor de consument van de gerapporteerde concentraties OCP's is verwaarloosbaar.

Nederlandse schaal- en schelpdieren

In een Nederlandse onderzoek (van Leeuwen et al., 2008; van Leeuwen et al., 2009) is de aanwezigheid van gehalogeneerde organische contaminanten in gekweekte garnalen onderzocht. Een aantal OCP's werd niet gedetecteerd in de monsters en dit betrof met name β-HCH, γ-HCH, HCBd, heptachloorepoxide, aldrin, telodrin, isodrin, o,p'-DDE, cis-HEPO en trans-HEPO; de som DDT-concentraties was lager dan 14 ng/g ww.

De concentratie in mosselen (*Mytilus edulis*) uit de Westerschelde (twee monsters uit 2017) voor een aantal OCP's was maximaal 2,9 µg/kg (DDE, (dichloor-difenyldichloor-ethyleen) wordt gevormd door dehydrogenatie (verlies van HCl) van DDT). In Japanse oester uit de Westerschelde was de concentratie maximaal 1,9 µg/kg (DDE) en uit het Eems-Dollard-gebied maximaal 0,5 µg/kg (DDE) (Sneekes & van Barneveld, 2018). Ook bij een concentratie van 2,9 µg/kg (DDE) is de inname ruim onder de TDI voor DDT. In de Westerschelde en het Eems-Dollard-gebied wordt niet commercieel op tweekleppige weekdieren gevestigd.

Er zijn geen gegevens in de KAP-database (2015-2016) voor (residuen van) gewasbeschermingsmiddelen (OCP's) in schaal- en schelpdieren uit Nederland en er waren ook geen meldingen in RASFF voor gewasbeschermingsmiddelen in schaal- en schelpdieren.

Kweekvisserij

Gehalten gewasbeschermingsmiddelen in diervoeder uit verschillende gebieden laten regionale verschillen zien. Zo waren concentraties van dieldrin en toxafeen in diervoeder uit Europa hoger dan in Noord- en Zuid-Amerika. De concentratie toxafeen (som van alle congenen) in zalm lag tussen <10 en 200 ng/g ww. Hites et al. concludeerden dat consumptie van zalm kan resulteren in een inname van verschillende contaminanten met een potentieel gezondheidsrisico (Hites et al., 2004a). De concentratie toxafeen in dit onderzoek van Hites et al. was hoger dan in een onderzoek naar de concentratie toxafeen in vis uit Europese wateren (McHugh et al., 2004). McHugh et al. rapporteerden de som van drie indicator CHB (chloroboron)-congeneren in een aantal vissoorten uit verschillende Europese wateren en zalm afkomstig uit kweek. Ook in dit onderzoek bleek de concentratie in gekweekte vis hoger dan in vis afkomstig van wildvangst. De concentraties in alle monsters lagen onder de MRL van 0,1 mg/kg ww voor de som van de drie indicatorcongeneren in vis en visproducten zoals die in Duitsland is geformuleerd (McHugh et al., 2004). Leonards et al. hebben een tijdelijke TDI afgeleid voor totaal toxafeen van 0,018 mg/kg lichaamsgewicht per dag (Leonards et al., 2012). Deze onderzoekers concludeerden dat de gemiddelde concentratie toxafeen in Europese visproducten leidde tot een inname onder deze p-TDI.

In een Nederlandse onderzoek (van Leeuwen et al., 2008; van Leeuwen et al., 2009) is de aanwezigheid van gehalogeneerde organische contaminanten in verschillende gekweekte vissoorten (zalm, forel, tilapia, pangasius) onderzocht. Een aantal OCP's werd niet gedetecteerd in de monsters en dit betrof met name β-HCH, γ-HCH, HCBd, heptachloorepoxide, aldrin, telodrin, isodrin, o,p'-DDE, cis-HEPO en trans-HEPO; de som DDT-concentraties was lager dan 14 ng/g ww.

De KAP-database bevat concentratiegegevens voor verschillende vissoorten. De volgende soorten worden specifiek genoemd als kweekvis: kweekaal (afkomstig van Markermeer), zalm, tarbot, forel, meerval, tilapia en pangasius. De toevoeging 'kweek' in de KAP-database is gehanteerd in de periode 2012-2016 (niet meer in 2017). Genoemde landen van herkomst zijn:

Bangladesh, Indonesië, India, Thailand, Groenland, Nigeria, Vietnam, Schotland, Italië, Noorwegen en China. De KAP-database bevat een groot aantal gegevens over concentraties van een aantal organochloorpesticiden (OCP) in kweekvis. Deze gegevens zijn zonder uitzondering voor kweekaal uit Nederland. Over de periode 2008-2013 heeft de KAP-database 243 analyseresultaten voor concentraties van organochloorpesticiden in kweekaal, waarvan er 236 <LOD (<0 mg/kg) zijn. Voor een klein aantal monsters werd in 2008 en 2013 concentraties gerapporteerd tussen 0,01 en 0,03 mg/kg voor DDT en dieldrin.

Geneesmiddelen, hormonen en drugs

In het kort

- *Geneesmiddelen, hormonen en drugs of metabolieten ervan, zijn aangetoond in oppervlaktewater.*
- *Geneesmiddelen en hun metabolieten in oppervlaktewater komen vooral voor in de buurt van waterzuiveringsinstallaties waar effluenten worden geloosd op oppervlaktewater (lozingspunten van RWZI's). Vissen die in de buurt van de lozingspunten zwemmen, kunnen worden verontreinigd. Dit geldt ook voor schaal- en schelpdieren. Sportvissers die vaak in de buurt van dergelijke locaties vissen en de gevangen vis consumeren kunnen aan een hogere dan wenselijke hoeveelheid van een stof worden blootgesteld. Of ook commerciële vissers op dergelijke locaties vissen is niet bekend.*
- *Verschillende geneesmiddelen zijn geanalyseerd in schaal- en schelpdieren, vooral in tweekleppigen (mosselen). De concentraties lagen meestal beneden de LOQ (limit of quantification) of LOD.*
- *Verschillende geneesmiddelen zijn geanalyseerd in vis maar de concentraties liggen meestal beneden de LOQ of LOD.*
- *Kweekvissen kunnen worden behandeld met hormonen, bijvoorbeeld om de groeisnelheid te bevorderen. Sommige hormonen, bijvoorbeeld steroïden zoals testosteron en progesteron, bioaccumuleren in visweefsel. Het risico voor de gezondheid van de mens wordt in het algemeen klein of verwaarloosbaar geacht na inname van met deze steroïden verontreinigde vissen. Echter, gezien de beperkte hoeveelheid onderzoeken en beschikbare normen, is een verhoogd risico voor de mens, vooral voor gevoelige populaties zoals zwangere vrouwen en kinderen, niet uit te sluiten bij inname van meerdere steroïden.*
- *Het (illegale) gebruik van steroïden in (buitenlandse) aquacultuurkwekerijen is aangetoond.*
- *17 α -ethynylestradiol (EE2) is een synthetisch hormoon, afgeleid van het natuurlijke hormoon oestradiol (E2). EE2 is een oraal bioactief oestrogeen en een van de meest gebruikte geneesmiddelen voor mens en dier. EE2 wordt niet gemakkelijk afgebroken en kan ophopen in sediment en in biota. Het is toxisch voor vele organismen. Er kunnen mogelijk gezondheidsrisico's zijn voor de mens (reductie van vruchtbaarheid en potentieel kanker) van verontreinigd water en verontreinigde aquacultuurproducten.*
- *Drugs zijn wateroplosbaar en accumuleren waarschijnlijk niet in vissen, schaal- en schelpdieren. Hetzelfde geldt voor wateroplosbare geneesmiddelen. Over andere geneesmiddelen en hormonen is onvoldoende bekend.*

Beschrijving van het gevaar

Als gevolg van het gebruik van geneesmiddelen, hormonen en drugs komen deze ook in het milieu terecht. Geneesmiddelen, hormonen en drugs, en hun afbraakproducten, zijn aangetroffen in het oppervlaktewater. Geneesmiddelen die in het milieu zijn aangetroffen, zijn: antibiotica, psychofarmaca, pijnstillers, ontstekingsremmers, kalmeringsmiddelen, cytostatica en bloeddrukverlagende medicijnen (Vandermeersch et al., 2015a). Ook hormonen zijn aangetroffen: 17 β -estradiol, progesteron, levonorgestrel, estron, estriol, estron-3-sulfaat en 17 α -ethynylestradiol. Drugs zoals cocaïne, amfetamines zijn gevonden in afvalwater (influent en effluent) en in rivieren (van der Aa et al., 2013). Residuen van diergeneesmiddelen, waaronder hormonen, kunnen het gevolg zijn van opname van de stoffen uit het aquatisch leefmilieu, maar ook van specifiek toedienen aan kweekvis.

Verordening (EU) nr. 37/2010 bevat een bijlage met toegestane farmacologisch werkzame stoffen en MRL-waarden voor residuen in levensmiddelen van dierlijke oorsprong, waaronder vis. De verordening bevat ook een lijst met verboden stoffen, te weten *Aristolochia* spp. en daarvan afgeleide producten, chlooramfenicol, chloorpromazine, colchicine, dapson, dimetridazool, metronidazool, nitrofuranen (inclusief furazolidon) en ronidazool.

Risicobeoordeling

Uit een RIVM-onderzoek gericht op de effecten van geneesmiddelen op de milieukwaliteit bleek dat in de grotere wateren (rivieren) veel verschillende residuen van geneesmiddelen voorkwamen, terwijl het aantal verschillende stoffen in kleinere wateren (vaarten en sloten) lager was. Per jaar wordt in Nederland minstens 140 ton geneesmiddelenresten via de rioolwaterzuivering geloosd op het oppervlaktewater. De aanwezigheid van geneesmiddelen in kleinere regionale wateren hangt samen met de lozingen vanuit lokale RWZI's en van uitspoeling van mest op het land. De concentraties zijn vaak hoger dan in grote rivieren omdat er minder verdunning heeft plaatsgevonden in een sloot of vaart. Voor vijf van de tachtig onderzochte stoffen was de concentratie hoger dan de concentratie die veilig wordt geacht voor waterorganismen. Het betrof: diclofenac (pijnstillers), azitromycine, claritromycine en sulfamethoxazol (antibiotica) en carbamazepine (een anti-epilepticum) (Moermond et al., 2016).

Zee-, kust- en binnenvisserij (zout- en zoetwater)

In 2010 publiceerden KWR en RIVM de resultaten van een onderzoek naar de aanwezigheid van 128 geneesmiddelen, röntgencontrastmiddelen en hormoonverstorende stoffen op vier locaties van de Rijn over de periode 2002-2008 (ter Laak et al., 2010). De hoogste concentraties werden gemeten voor röntgencontrastmiddelen zoals iopamidol en iomeprol in concentraties $>0,1 \mu\text{g/l}$. De gemiddelde concentraties voor andere geneesmiddelen (antibiotica, bètablokkers, anti-epileptica, pijnstillers, cholesterolverlagende middelen) varieerden van niet detecteerbaar tot $0,1 \mu\text{g/l}$.

Cytostatica zijn een groep geneesmiddelen die worden toegepast voor de behandeling van kanker. Belangrijke cytostatica zijn capecitabine, carboplatin, cisplatin, cyclofosfamide, cytarabine, etoposide, 5-fluorouracil, gemcitabine, hydroxycarbamide, ifosfamide en methotrexaat.

Elf cytostatica in oppervlaktewater, geselecteerd voor de beoordeling op basis van uitgifte door ziekenhuisapotheken, omzetting in het lichaam en verwijdering in de RWZI, bleken, voor zover het risico kon worden beoordeeld, geen risico voor het milieu of voor waterorganismen op te leveren (Moermond et al., 2018). Ze werden voldoende afgebroken door het lichaam van de mens en in de rioolwaterzuiveringsinstallatie verwijderd. Omdat er weinig informatie is over de aanwezigheid van dergelijke stoffen in het Nederlandse milieu, is in dit onderzoek een modelaanpak gekozen waarin de concentraties worden voorspeld op basis van gebruik en gedrag in de waterzuivering. Uit analyses bleek dat cyclofosfamide en ifosfamide geregeld werden aangetroffen boven de rapportagegrens van $0,1 \text{ ng/l}$ met een maximumconcentratie van 4 ng/l voor cyclofosfamide en 3 ng/l voor ifosfamide. Gemcitabine, methotrexaat, etoposide en 5-fluorouracil werden op een kleiner aantal locaties en momenten geanalyseerd maar niet aangetoond boven de rapportagegrens van respectievelijk 10 ng/l , 50 ng/l , 100 ng/l en $1 \mu\text{g/l}$. Niet alle geneesmiddelen komen in het milieu terecht omdat veel geneesmiddelen in het lichaam worden gemetaboliseerd of in het milieu worden omgezet in andere (vaak onschadelijke) stoffen (ter Laak et al., 2014).

In het Europese onderzoeksproject ECsafeSEAFOOD zijn 23 geneesmiddelen en zeven hormonen geanalyseerd in onder andere vissen uit vijf hotspots in Europa (Alvarez-Munoz et al., 2015). De geneesmiddelen behoorden tot de volgende groepen: antibiotica, psychofarmaca, pijnstillers, kalmerende middelen, bloeddrukverlagende middelen en medicijnen gebruikt bij hart- en prostaatproblemen. De hotspots werden geselecteerd op basis van gerapporteerde hoge concentraties van contaminanten en ook op basis van kennis over de belangrijkste bronnen van contaminatie (industrie, landbouw, afvalwater, aquacultuur en vis activiteiten). De hotspots waren: Taag-estuarium, Ebro-delta, Po-delta, Westerschelde en de omgeving van een visbedrijf in Noorwegen (Alvarez-Munoz et al., 2015). In vis op twee hotspotlocaties (mul en Europese bot

verzameld uit Westerschelde en Taag-delta, Portugal) werden tien geneesmiddelen aangetoond maar de concentraties lagen onder de LOQ. De concentraties van zeven hormonen, inclusief estradiol en progesteron in monsters van deze twee locaties waren lager dan de LOD (Alvarez-Munoz et al., 2015). Op basis van de resultaten van de hotspot gebieden zijn de volgende acht geneesmiddelen geselecteerd die werden geanalyseerd in een aantal commercieel verkrijgbare vissoorten (ECsafeSEAFOOD, 2016b): diclofenac, azitromycine, carbamazepine, citalopram, sulfamethoxazole, venlafaxine, sotalol en diazepam. Niet alle stoffen werden in alle soorten gemeten. De concentraties diclofenac, azitromycine, carbamazepine en citalopram in de commerciële soorten lagen beneden de LOQ of LOD (ECsafeSEAFOOD, 2016b). Sotalol kon worden aangetoond in verse tonijn (Mediterrane gebied) en diazepam in makreel uit blik en verse tonijn (ook uit het Mediterrane gebied) (ECsafeSEAFOOD, 2016b). Uit literatuuronderzoek binnen ditzelfde project bleek dat paracetamol, diclofenac en salicylzuur het meeste frequent voorkwamen (Vandermeersch et al., 2015a).

In een Duits onderzoek werden twee van de vijftien onderzochte geneesmiddelen, te weten difenhydramine en desmethylertraline, gedetecteerd in vissen uit Duitse rivieren in concentraties boven de LOD (Subedi et al., 2012). In Spanje werd diclofenac het vaakst aangetoond en was de concentratie van carbamazepine het hoogst.

Resultaten project ECsafeSEAFOOD

Hotspots (Alvarez-Munoz et al., 2015):

Hotspots: estuarium van de Taag, Ebro-delta, Po-delta, Westerschelde en omgeving van een viskwekerij in Noorwegen. Van twintig onderzochte geneesmiddelen in vis op twee locaties (mul en Europose bot verzameld uit Westerschelde en Taag-delta, Portugal) werden tien geneesmiddelen aangetoond maar de concentraties lagen onder de LOQ (Alvarez-Munoz et al., 2015). De concentratie cafeïne in bot uit Westerschelde bereikte een concentratie van 26,5 ng/g dw. De concentraties van zeven hormonen, inclusief estradiol en progesteron in monsters van deze twee locaties waren lager dan de LOD (Alvarez-Munoz et al., 2015).

Commerciële monsters (ECsafeSEAFOOD, 2016b):

Op basis van de resultaten van de hotspots zijn de volgende acht geneesmiddelen geselecteerd die werden geanalyseerd in een aantal commercieel verkrijgbare vissoorten (ECsafeSEAFOOD, 2016b): diclofenac, azitromycine, carbamazepine, citalopram, sulfamethoxazool, venlafaxine, sotalol en diazepam.

Commerciële soorten en locaties: mosselen (verschillende oorsprong), schol, tonijn (geïmporteerd- vers, Atlantisch-vers en uit blik), heek (Atlantisch en Pacific), zeeduivel, nijlbaars, pangasius (viskweek), kabeljauw (Atlantisch en Pacific), makreel (vers van verschillende bronnen en uit blik), bruine krab, garnalen (*Penaeus vannamei*; kweek), octopus, zalm (Schots en Noors-viskweek), zeebrasem (viskweek), macroalgen (*Saccharissima latissimi* en *Uvla lactuca*).

Niet alle stoffen werden in alle vissoorten gemeten. De concentraties diclofenac, azitromycine, carbamazepine en citalopram in soorten die commercieel beschikbaar waren, lagen beneden de LOQ of LOD (ECsafeSEAFOOD, 2016b). Sotalol kon worden aangetoond in tonijn (Mediterrane gebied) en diazepam in makreel uit blik en verse tonijn (ook uit het Mediterrane gebied) (ECsafeSEAFOOD, 2016b). In een tweede analyseronde werden azitromycine, sulfamethoxazool en diazepam gekwantificeerd in tonijn, makreel en mossel (ECsafeSEAFOOD, 2016b).

Literatuuronderzoek (Vandermeersch et al., 2015a):

In een literatuuronderzoek uitgevoerd binnen hetzelfde project naar de aanwezigheid van geneesmiddelen in vis, schaal- en schelpdieren kwamen de volgende verbindingen naar voren die het meest frequent voorkwamen: paracetamol, diclofenac en salicylzuur in concentraties tussen 4,1 en 490 ng/g dw. Gemfibrozil werd gedetecteerd in zoetwatervis in een concentratie van 90 ng/g. In de levers van vissen werden de hoogste concentraties gevonden (Vandermeersch et al., 2015a).

Psychofarmaca zijn het meest bestudeerd. Carbamazepine is waargenomen in filet van zoetwatervis in concentraties van 0,8 tot 5,3 ng/g ww en in vislever tot 8 ng/g lever; citalopram en desmethylcitalopram in visfilet in concentraties van 97 ng/g ww en in vislever tot 600 ng/g ww; diazepam en sertraline in vislever in een concentratie 110 en 545 ng/g, fluoxetine en norfluoxetine werden aangetoond in vislever met een concentratie van 86 en 130 ng/g ww. Concentraties van difenhydramine zijn gerapporteerd tot een maximum concentratie van 11,1 ng/g ww in lever en 1,32 ng/g in filet. Carazolol en propranolol zijn waargenomen in vissen in een concentratie van 3,8 en 4,2 ng/g dw. Diltiazem werd aangetoond in vis (0,9 ng/g) en cafeïne is aangetoond in één onderzoek (4,5 ng/g).

Andere onderzoeken

In een Duits onderzoek werden twee van de vijftien onderzochte geneesmiddelen gedetecteerd in vissen uit Duitse rivieren in concentraties boven de LOQ (Subedi et al., 2012). De onderzochte geneesmiddelen in dit onderzoek waren (Subedi et al., 2012): pijnstillers (acetaminofen, codeïne), bloeddrukverlagende middelen (atenolol, propranolol en diltiazem), antibiotica (trimethoprim en sulfamethoxazool), antidepressiva (sertraline, fluoxetine en paroxetine), stimulerende middelen (cafeïne), antihistamine (difenhydramine), carbamazepine, benzodiazepine (diazepam), gemfibrozil en een aantal metaboliëten (norfluoxetine en desmethylsertraline). Difenhydramine (0,04-0,07 ng/g ww) en desmethylsertraline (1,65-3,28 ng/g ww) werden aangetoond in respectievelijk vier en twee locaties. Een onderzoek naar de aanwezigheid van acht geneesmiddelen in vier Spaanse rivieren liet zien dat de concentratie van carbamazepine het hoogst was (17,9 ng/g in zalmlever). Diclofenac werd het vaakst aangetoond (gemiddelde concentratie van 8,8 ng/g) (Huerta et al., 2013).

STOWA (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer) wil de RWZI-hotspots identificeren van medicijnresten die door de mens zijn gebruikt. Hotspots zijn gedefinieerd als de Nederlandse RWZI's die wat betreft medicijnresten een relatief grote invloed hebben op verschillende aspecten van de oppervlaktewaterkwaliteit. Uit metingen van medicijnen bleek dat ongeveer 2 gram medicijnresten per persoon per jaar in het RWZI-effluent terecht komen (Vissers et al., 2017).

RWZI's met een hoge concentratiebijdrage komen vooral voor bij kleine ontvangende oppervlaktewateren in het oosten en zuiden van het land, en bij oppervlaktewateren met weinig doorspoeling in het westen en noorden van het land. 60% van de RWZI's veroorzaakte een concentratieverhoging van maximaal 2 µg/l in het ontvangende oppervlaktewater gedurende het zomerhalfjaar. Vooral langs de grote rivieren en andere Rijkswateren zijn de concentratiebijdragen bij lozingspunten te verwaarlozen, omdat daar sterke verdunning optreedt (Vissers et al., 2017). Daarnaast lozen ook industriële afvalwaterzuiveringsinstallaties (IAZI's) stoffen op het oppervlaktewater en beïnvloeden daarmee de waterkwaliteit. De totale capaciteit van IAZI's is vergelijkbaar is met die van RWZI's (Coppens, 2014).

De meeste RWZI's kunnen geneesmiddelen en hun metaboliëten slechts ten dele (60-70%) verwijderen. In 2016 bevatte RWZI-effluent 14-30 µg geneesmiddelen per liter. Er staan twee hormonen (17-alpha-ethinylestradiol (EE2), 17-beta-estradiol (E2)), macrolideantibiotica, methiocarb, neonicotinoïden, metaflumizon, amoxicilline en ciprofloxacine op de EU-aandachtstoffenlijst (Uitvoeringsbesluit (EU) 2018/840 tot vaststelling van een aandachtstoffenlijst van in de hele Unie te monitoren stoffen op het gebied van het waterbeleid overeenkomstig Richtlijn 2008/105/EG van het Europees Parlement en de Raad en tot intrekking van Uitvoeringsbesluit (EU) 2015/495 van de Commissie) (Hofman-Caris et al., 2016).

Drugs zoals cocaïne, amfetamines en verwante stoffen zijn aangetoond in afvalwater (influent en effluent) en in rivieren. In een onderzoek van RIVM (van der Aa et al., 2013) naar de aanwezigheid van 35 drugs (en metaboliëten) werden 22 stoffen aangetoond in effluenten van waterzuiveringsbedrijven met de hoogste concentraties voor oxazepam, temazepam, cocaïne en een metaboliëet van cocaïne (benzoylecgonine). Negen stoffen werden aangetoond in het oppervlaktewater van de Rijn en Maas: MDMA, oxazepam, temazepam, cocaïne, benzoylecgoninen, morfine, codeïne en methadon. De gemiddelde concentraties waren <30 ng/l en de hoogste concentratie werd gemeten voor oxazepam (68 ng/l). Informatie over

concentraties in vissen is niet gevonden. De concentraties in rivierwater zijn erg laag (in de orde van ng/l) en omdat deze stoffen hydrofiel zijn, accumuleren ze waarschijnlijk niet of nauwelijks in vissen.

Het Europese Agentschap voor verdovende middelen (EMCDDA) heeft resultaten van metingen van cocaïne, amfetamine, MDMA (ecstasy), methamfetamine (crystal meth) en cannabis in rioolwater van Europese steden gepubliceerd (drugsverslaving, 2017 718). In Nederland werd het rioolwater van Amsterdam, Utrecht en Eindhoven onderzocht middels bemonstering van het instromende afvalwater (influent) van RWZI's. Het onderzoek toonde aan dat er verdovende middelen in het influent van de RWZI's zitten als gevolg van het gebruik door consumenten en mogelijk als gevolg van dumpingen. Voor de partydrug MDMA (ecstasy) werd in 2017 in Nederland het hoogste gebruik van heel Europa geconstateerd. Sommige drugs zoals amfetamine en cocaïne worden in de zuivering zeer goed verwijderd. Andere stoffen, zoals MDMA (XTC) en valium, worden niet of nauwelijks verwijderd. Meer informatie in het dossier [drugs-in-het-riool](#) van KWR. In het influent werd bijvoorbeeld 100-600 ng/l XTC gevonden. Vanuit RWZI's komen verdovende middelen in het oppervlaktewater terecht; dit is aangetoond door metingen.

Nederlandse schaal- en schelpdieren

In het Europese onderzoeksproject ECsafeSEAFOOD zijn 23 geneesmiddelen en zeven hormonen geanalyseerd in onder andere mosselen en oesters uit vijf hotspots in Europa (Alvarez-Munoz et al., 2015). De geneesmiddelen behoorden tot de volgende groepen: antibiotica, psychofarmaca, pijnstillers, kalmerende middelen, bloeddrukverlagende middelen en medicijnen gebruikt bij hart- en prostaatproblemen. De hotspots werden geselecteerd op basis van gerapporteerde hoge concentraties van contaminanten en op basis van kennis over de belangrijkste bronnen van contaminatie (industrie, landbouw, afvalwater, aquacultuur en vis activiteiten). De hotspots waren: Taag-estuarium, Ebro-delta, Po-delta, Westerschelde en de omgeving van een visbedrijf in Noorwegen (Alvarez-Munoz et al., 2015). In de hotspots werden zestien van de 23 geneesmiddelen aangetoond in tweekleppigen. De concentraties van twee stoffen lagen onder de LOQ en de concentraties van veertien stoffen waren kwantificeerbaar. Alle psychofarmaca werden aangetoond en gekwantificeerd, en vier antibiotica, werden gedetecteerd in tweekleppigen. Van de geanalyseerde hormonen werden progesteron en levonorgestrel gedetecteerd in mosselen uit de Taag (Alvarez-Munoz et al., 2015). Op basis van de resultaten van de hotspots zijn de volgende acht geneesmiddelen geselecteerd die werden geanalyseerd in (commercieel verkrijgbare) mosselen, garnalen, krab en inktvis (ECsafeSEAFOOD, 2016b): diclofenac, azitromycine, carbamazepine, citalopram, sulfamethoxazole, venlafaxine, sotalol en diazepam. De concentraties van diclofenac, azitromycine, carbamazepine en citalopram lagen beneden de LOQ of LOD. In mosselen uit Nederland werden concentraties van sulfamethoxazol en venlafaxine gevonden van 11,7 en 2,76 µg/kg dw. Uit literatuuronderzoek binnen ditzelfde project bleek dat acetaminofen/paracetamol, diclofenac en salicylzuur de meest voorkomende verbindingen waren.

Resultaten project ECsafeSEAFOOD

Hotspots (Alvarez-Munoz et al., 2015)

Hotspots: estuarium van de Taag, Ebro-delta, Po-delta, Westerschelde en omgeving van een viskwekerij in Noorwegen. In een aantal hotspots werden zestien van de 23 geneesmiddelen aangetoond in tweekleppigen, waarin de concentraties van twee stoffen onder de LOQ lagen en concentraties van veertien stoffen kwantificeerbaar waren. Alle psychofarmaca werden aangetoond en gekwantificeerd in tweekleppigen. De hoogste concentratie werd gemeten voor venlafaxine (tot 36,1 ng/g dw) en citalopram (20,6 ng/g dw) in mosselen uit de Po-delta en alprazolam (0,8 ng/g dw) in oesters van de Ebro-delta (Alvarez-Munoz et al., 2015). De concentratie van venlafaxine in mosselen afkomstig van de Taag was lager (7,7 ng/g dw). Carbamazepine werd aangetoond boven de LOQ in oesters uit de Ebro-delta. Vier van de zeven onderzochte antibiotica werden gedetecteerd in tweekleppigen: azitromycine, dimetridazol, sulfamethoxazol en ronidazol.

Azitromycine was aanwezig in alle onderzochte monsters en de concentratie varieerde van 1,3 ng/g (kokkels) tot 13,3 ng/g dw in mosselen; in mosselen van het Taag-estuarium werden gehalten gevonden tot 11,8 ng/g dw. Dimetridazol werd ook waargenomen in hetzelfde monster (7,7 ng/g dw). Sulfamethoxazol werd aangetoond in kokkels en oesters uit de Ebro-delta maar concentraties lagen onder de LOQ. Van de hormonen die geanalyseerd werden (17 β -estradiol, progesteron, levonorgestrel, estron, estriol, estron-3-sulfaat en 17 α -ethinylestradiol) werden progesteron en levonorgestrel gedetecteerd in mosselen van de Taag in concentraties tot 15 ng/g dw (voor levonorgestrel). Van de andere typen geneesmiddelen lag de concentratie fenazon beneden de LOQ in oesters (Ebro-delta) en was de concentratie 1,3 ng/g dw in mosselen uit de Po-delta. Azaperon (een kalmerend middel) en diltiazem werden aangetoond in monsters van de Ebro-delta (<LOQ tot 1,6 ng/g dw). Tamsulosin werd gedetecteerd in mosselen uit de Po-delta en het Taag-estuarium in concentraties van 3,0 en 2,9 ng/g dw). Cafeïne werd gemeten in mosselen uit het Taag-estuarium en de Po-delta in concentraties van respectievelijk 11,1 en 11,7 ng/g dw.

Commerciële monsters (ECsafeSEAFOOD, 2016b)

Op basis van de resultaten van de hotspots zijn de volgende acht geneesmiddelen geselecteerd die werden geanalyseerd in een aantal commercieel verkrijgbare soorten (ECsafeSEAFOOD, 2016b): diclofenac, azitromycine, carbamazepine, citalopram, sulfamethoxazol, venlafaxine, sotalol en diazepam.

Commerciële soorten schaal- en schelpdieren en locaties: mosselen (verschillende oorsprong), bruine krab, garnalen (*Penaeus vannamei*; kweek) en octopus. Niet alle stoffen werden in alle soorten gemeten. De concentraties van diclofenac, azitromycine, carbamazepine en citalopram waren beneden de LOQ of LOD. In mosselen uit Nederland werden concentraties van sulfamethoxazol en venlafaxine gevonden van 11,7 en 2,76 μ g/kg dw.

Literatuuronderzoek (Vandermeersch et al., 2015a)

De meest voorkomende verbindingen waren: acetaminofen/paracetamol, diclofenac en salicylzuur in concentraties tussen 4,1 en 490 ng/g dw. Psychofarmaca zijn stoffen die het meest zijn bestudeerd. Carbamazepine is waargenomen in mollusken in een concentratie van 5,3 ng/g ww; citalopram en desmethylcitalopram in mollusken in concentraties van 97 ng/g ww. Carazolol en propranolol zijn gedetecteerd in een concentratie van 63 ng/g dw in mollusken (weekdieren). Een van de conclusies van dit onderzoeksproject was dat de meeste onderzoeken naar de aanwezigheid van geneesmiddelen zijn uitgevoerd in zoetwater en het verdient aanbeveling om onderzoek naar 'seafood' uit te breiden (Vandermeersch et al., 2015a).

Er zijn geen gegevens in de KAP-database (2007-2017) over concentraties van geneesmiddelen (voor gebruik door de mens) en hormonen in schaal- en schelpdieren afkomstig uit Nederland. Drugs zoals cocaïne, amfetamines en verwante stoffen zijn aangetoond in afvalwater (influent en effluent) en in rivieren. In een onderzoek van RIVM (van der Aa et al., 2013) naar de aanwezigheid van 35 drugs (en metabolieten) werden 22 stoffen aangetoond in effluenten van waterzuiveringsbedrijven met de hoogste concentraties voor oxazepam, temazepam, cocaïne en een metaboliet (benzoylecgonine). Negen stoffen werden aangetoond in oppervlaktewater (Rijn en Maas): MDMA, oxazepam, temazepam, cocaïne, benzoylecgoninen, morfine, codeïne en methadon. De gemiddelde concentraties waren <30 ng/l en de hoogste concentratie werd gemeten voor oxazepam (68 ng/l). Concentraties in schaal- en schelpdieren zijn niet bekend. Maar omdat de concentraties in rivierwater erg laag zijn (in de orde van ng/l) en omdat deze stoffen sterk hydrofiel zijn, zullen ze nauwelijks accumuleren in schaal- en schelpdieren.

Kweekvisserij

Informatie over de aanwezigheid van geneesmiddelen (met uitzondering van diergeneesmiddelen) in kweekvis is niet beschikbaar. De KAP-database bevat wel een groot aantal gegevens over hormonen in vis voor de periode 2007-2017. Het is vaak niet duidelijk welke vissoort het betreft omdat in het overgrote deel van de monsters de soort wordt

aangeduid als 'overige vis'. Slechts zeven monsters hadden een concentratie boven de detectielimiet en dit betrof testosteron en estradiol in 'overige vis'.

Bij sommige kweeksoorten is het gebruikelijk om populaties van één sexe te produceren; er wordt dan een steroïdhormoon (vooral 17 α -methyltestosteron) via het voeder of water toegediend (Snijdelaar et al., 2006) (Phelps en Okoko 2011). Tegenwoordig worden ook natuurlijke producten zoals zaden van de fluweelboon of wortels van de Shatavari uit de aspergefamilie, hiervoor gebruikt (Mukherjee 2018). De benodigde doses oestrogenen voor geslachtsomkering zijn laag ten opzichte van de uitscheiding door mens en zoogdier. De residuen van de hormonen gebruikt voor de behandeling, worden binnen een maand na stopzetten van de toediening uit de visweefsels geëlimineerd. De behandelde dieren mogen niet voor consumptie worden verkocht.

Hormonen en hun residuen zijn aangetroffen in oppervlaktewater. Deze hormonen zijn afkomstig van meerdere bronnen, waaronder gebruik door de mens. Ook kweekvissen kunnen worden behandeld met hormonen, bijvoorbeeld om de groeisnelheid te bevorderen.

De productie van Chinese, aquatische producten bedroeg 43,0 miljoen ton in 2012; dit was 65,7% van de totale productie in de wereld (Liu et al., 2015).

Liu et al. hebben het voorkomen van androgenen, glucocorticoïden en progestagenen (steroïden) in zoetwater- en mariene aquacultuurbedrijven (respectievelijk n=4 en n=6) in China onderzocht (Liu et al., 2017a). Er werden meer steroïden gedetecteerd in de onderzochte mariene aquacultuurbedrijven dan in de zoetwateraquacultuurbedrijven. De totale concentraties steroïden in de visspieren waren 22-2000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en dat was veel hoger dan de concentraties in krabben, garnalen of weekdieren (0,5-8,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$) (Liu et al., 2017a).

De bioaccumulerende eigenschappen van verschillende klassen steroïden in gekweekt visweefsel en de gezondheidsrisico's voor de Chinese consument zijn beschreven door Liu et al. (Liu, 2017). De aantallen en totale concentraties steroïden die in de weefsels van vijf soorten gekweekte vis werden aangetroffen, waren in de orde van grootte van respectievelijk plasma > gal > lever > spier, en plasma > gal, spier > lever. De bioaccumulatiefactoren voor de gedetecteerde synthetische steroïden varieerden van 450-97.000 in gal, 450-65.000 in plasma, 2900-16.000 in lever en 42-2600 in visspieren (Liu, 2017). De bioaccumulatiefactor (BAF) van een steroïde wordt berekend als de ratio van de concentratie van een steroïde in een visweefsel en de concentratie van het steroïde in het oppervlaktewater. Deze resultaten toonden aan dat steroïden bioaccumuleren in visweefsel. Voor de verschillende soorten vissen, waren de aantallen en totale concentraties steroïden in plasmamonsters in de orde van respectievelijk tilapia > mul > gevlekte argusvis, kroeskarper, modderkarper, en tilapia, kroeskarper, mul, modderkarper > gevlekte argus. Behalve voor gevlekte argus, was er geen significant verschil in de totale steroïdenconcentraties in plasma tussen verschillende soorten. Dit wijst erop dat soort geen belangrijke factor is voor de verdeling van steroïden in plasma.

JECFA heeft ADI's afgeleid voor twee steroïden, namelijk testosteron (0-0,002 mg/kg lichaamsgewicht) en progesteron (0-0,03 mg/kg lichaamsgewicht). Voor meer informatie zie dossier [food additives contaminants](#) van JECFA. Op basis van de ADI's en de hoogst gevonden concentraties, concludeerden de onderzoekers dat voor testosteron en progesteron het risico voor de gezondheid van de mens verwaarloosbaar was na inname van met deze steroïden verontreinigde vissen (Liu, 2017).

Het voorkomen, de concentratie en de blootstelling van de mens aan 24 steroïden via de consumptie van schaal- en schelpdieren zijn onderzocht in zes mariene aquacultuurkwekerijen in Zuid-China. Tien steroïden werden gedetecteerd in de watermonsters van de aquacultuur met concentraties variërend van 0,1 (testosteron) tot 40 ng/l (prednisolon). De concentraties waren vergelijkbaar met de concentraties die werden gedetecteerd in de effluenten van AWZI's of oppervlaktewater. Van de tien steroïden werden er drie (androsta-1,4-dien-3,17-dion, norgestrel en progesteron) gevonden in alle watermonsters. In aquacultuurbedrijven met een gesloten systeem werden andere steroïden aangetroffen (Liu et al., 2015). Ook werden tien steroïden, waaronder zes synthetische (illegale) steroïden (androsta-1,4-dien-3,17-dion, 17 α -boldenon, 17 β -boldenon, 17 β -boldenon, 17 β -trenbolon, prednisolon, norgestrel), gedetecteerd

in de vier onderzochte voedermonsters; concentraties varieerden van 0,3 ng/g (testosteron) tot 21,4 ng/g (epi-andosteron) (Liu et al., 2015). Deze bevindingen toonden aan dat synthetische steroïden illegaal werden gebruikt in China. In de biota werden vijftien steroïden gevonden met concentraties variërend van 0,1 (testosteron) tot 560 ng/g (cortisol) (ww). Zes synthetische steroïden werden gedetecteerd in de voedermonsters, wat duidelijk het illegale gebruik van steroïden in de aquacultuurkwekerijen aantoont (Liu et al., 2015). De bioconcentratiefactoren (BCF's) van steroïden, berekend in verschillende aquatische organismen, varieerden van 93,8 tot 4000. De concentratie van steroïden kan kwantitatief worden beschreven door de BCF, die wordt gedefinieerd als de verhouding tussen de concentratie in een organisme (ww) en de concentratie in het water. De geschatte dagelijkse inname van androgenen, glucocorticoïden en progestagenen via de consumptie van schaal- en schelpdieren (garnalen, krabben, weekdieren) en vis voor verschillende leeftijdsgroepen bedroeg 33,4-8566 ng/dag voor Chinese leeftijdsgroepen waarbij jongeren (6-19 jaar) de hoogste inname hadden. De geschatte, dagelijkse inname van androgenen, glucocorticoïden en progestagenen via vis, schaal- en schelpdieren was voor volwassenen ongeveer duizend keer lager dan de ADI's, voor zover beschikbaar. De onderzoekers merkten op dat de inname van individuele steroïden uit vis, schaal- en schelpdieren geen significant gezondheidsrisico vormde. Echter, gezien de beperkte hoeveelheid onderzoeken en beschikbare normen, is een verhoogd risico voor de mens, vooral voor gevoelige populaties zoals zwangere vrouwen en kinderen, niet uit te sluiten bij inname van meerdere steroïden (Liu et al., 2015).

Aquaculturen met alleen mannetjesvissen van de Nijltilapia (*Oreochromis niloticus*) kunnen hogere groeisnelheden bereiken. Economische voordelen van het kweken van alleen mannelijke tilapia hebben geleid tot de ontwikkeling van procedures voor de productie van culturen van één sekse, waarbij 17 α -methyltestosteron (MT) wordt gebruikt. De totale hoeveelheid MT die wordt gebruikt gedurende vier weken is ongeveer 0,2 mg per vis. Met MT behandeld visvoer vergroot de groei van tilapia met 20–30% binnen twee weken. Door de verbeterde voederconversie wordt de productietijd verkort en de -kosten verlaagd. Little et al. (Little et al., 2003) toonden aan dat monoseks tilapia 50% groter kan worden dan vissen van gemengde sekse. MT wordt binnen een uur na toediening geabsorbeerd en 90–99% wordt gemetaboliseerd en geëlimineerd binnen 24 uur na beëindiging van de behandeling. Minder dan 1%, zijnde 5 ng/g in weefsel, kon worden aangetoond 21 dagen na het einde van de behandeling. Deze concentratie vormt geen risico voor de gezondheid van de mens (Mlalila et al., 2015). Mlalila et al. concludeerden verder dat de hoeveelheid MT die in de praktijk wordt gebruikt hoog is in vergelijking met de dosis die nodig is voor geslachtsomkering, dat de geproduceerde vis veilig is voor consumptie door de mens maar dat er gevaren voor het milieu bestaan (Mlalila et al., 2015).

17 α -ethynylestradiol (EE2) is een synthetisch hormoon, afgeleid van het natuurlijke hormoon oestradiol (E2). EE2 is een oraal bioactief oestrogeen en een van de meest gebruikte geneesmiddelen voor mens en dier. Het wordt ook veel toegepast in de aquacultuur om geslachtsbepaling te veranderen (naar meer vrouwelijk), de geslachtsrijpheid te vertragen, de ei- en zaadproductie te verlagen, de secundaire geslachtskenmerken van blootgestelde organismen te verminderen door de natuurlijke analoog 17 β -estradiol (E2) na te bootsen. EE2 wordt niet gemakkelijk afgebroken en kan ophopen in sediment en in biota. Het is toxisch voor vele organismen. EE2 kan het endocriene systeem van organismen beïnvloeden in concentraties van ng/l en leidt tot gedragsveranderingen (Aris et al., 2014). Alle jonge mannelijke Japanse rijstvisjes (*Oryzias latipes*) ondergingen een sekseverandering en ontwikkelden een ovarium (eierstok) na blootstelling aan EE2 (100 ng/l) gedurende twee maanden. De productie van eieren nam af door reductie van de geslachtsklieren van vrouwtjes bij blootstelling aan 10 en 100 ng/l EE2.

Significante verandering van sekse werden waargenomen bij 1 ng/l in jonge zebravissen en volledige sekseverandering bij blootstelling aan 2 ng/l EE2. De onderzoekers gaven aan dat er mogelijk gezondheidsrisico's zijn voor de mens (reductie van vruchtbaarheid en potentieel kanker) van verontreinigd water en verontreinigde aquacultuurproducten maar hebben die niet kunnen kwantificeren (Aris et al., 2014).

In alle watermonsters van de onderzochte aquacultuurbedrijven in China werd het synthetisch progestageen norgestrel ontdekt. Norgestrel wordt gebruikt als oraal anticonceptiemiddel bij lage doses, alleen of in combinatie met oestrogenen, zoals 17 β -ethynylestradiol (EE2). Volgens klinische onderzoeken is de progestagene kracht van norgestrel ongeveer duizend keer hoger dan van progesteron. Synthetische progestagenen kunnen ook oestrogene, antiandrogene en androgene werking hebben. Ze remmen de voortplanting in vis bij concentraties van slechts 0,8 ng/l.

Norgestrel werd aangetroffen in concentraties van 1,4-3,8 ng/l, waarbij schadelijke effecten op in het water levende organismen niet kunnen worden uitgesloten (Liu et al., 2015).

Chemische stoffen uit persoonlijke verzorgingsproducten, gebruiks- en verbruiksgoederen, huishoudchemicaliën en voedselcontactmaterialen

In het kort

- *Door gebrek aan informatie over stoffen en hun concentraties uit persoonlijke verzorgingsproducten, gebruiks- en verbruiksgoederen en huishoudchemicaliën is het niet mogelijk om de risico's voor de gezondheid van de mens goed te beoordelen.*
- *Residuen van deze stoffen in oppervlaktewater komen vooral voor in de buurt van waterzuiveringsinstallaties waar effluenten worden geloosd op oppervlaktewater. Vissen die in de buurt van de lozingspunten zwemmen of die in open systemen daar worden gekweekt, kunnen worden verontreinigd. Sportvissers die vaak in de buurt van dergelijke locaties vissen en de gevangen vis consumeren kunnen aan een hogere dan wenselijke hoeveelheid van een stof worden blootgesteld. Of ook commerciële vissers op dergelijke locaties vissen is niet bekend.*
- *Opname van deze stoffen in kweekvis kunnen ook afkomstig zijn uit diervoeder.*
- *Migratie van bisfenol-A (BPA) uit verpakkingsmaterialen leidt niet tot een concentratie in vis die een risico vormt voor de gezondheid van de mens.*
- *Een aantal stoffen worden aangetroffen in schaal- en schelpdieren maar bijna altijd zijn de concentraties beneden de LOD of LOQ. Twee polycyclische, hydrofobe muskusverbindingen (AHTN en HHCB) zijn regelmatig gevonden in schaal- en schelpdieren.*

Beschrijving van het gevaar

Persoonlijke verzorgingsproducten zijn producten zoals zeep, tandpasta, zonnebrandcrème, shampoos en lotions. Deze producten bevatten een aantal verschillende groepen chemische verbindingen: geurstoffen (muskusverbindingen zoals HHCB, AHTN), desinfecterende stoffen en conserveermiddelen, UV-filtrerende stoffen (UV-filters), insectenwerende stoffen (Cunha et al., 2015) en siloxanen (bijvoorbeeld D4 en D5 in haarconditioners).

Voorbeelden van chemische verbindingen zijn geurstoffen: polycyclische muskusverbindingen zoals galaxolide (HHCB), tonalide (AHTN), muskusketon, muskusxyleen; desinfecteer- en conserveermiddelen: triclosan, ethyl-, methyl-, propyl- en benzylparabeen; UV-filters: 2-ethylhexyl-4-trimethoxycinnamate (EHMC), benzofenon, octocryleen (OCT) en octyldimethyl-p-aminobenzoëzuur (OD-PABA). Een andere groep stoffen in persoonlijk verzorgingsproducten zijn cyclische vluchtige methylsiloxanen. Deze stoffen worden veel toegepast in haarconditioners vanwege de antistatische eigenschappen (Dudzina et al., 2014). De belangrijke vertegenwoordigers zijn octamethylcyclotetrasiloxaan (D4), decamethylcyclopentasiloxaan (D5) en dodecamethylcyclohexasiloxaan (D6).

Ook gebruiks- en verbruiksgoederen en huishoudchemicaliën bevatten een breed scala aan chemische stoffen die uiteindelijk in het milieu terecht kunnen komen, bijvoorbeeld via lozingen van huishoudelijk of industrieel afvalwater al dan niet via een rioolwaterzuivering. Een voorbeeld is BPA dat wordt toegepast in allerlei gebruiks- en verbruiksgoederen en bekend staat als hormoonversturende stof. BPA wordt of is onder andere gebruikt als monomeer bij de productie van polycarbonaat (PC)-epoxyharsen die worden toegepast als coatings in allerlei producten zoals harde plastics en onder andere als oppervlaktecoating in voedselverpakkingsmaterialen. De

belangrijkste bron voor blootstelling van de mens is via migratie van BPA uit verpakkingsmaterialen (Vandermeersch et al., 2015a). Andere stoffen uit verpakkingsmateriaal, kratten en containers die kunnen migreren in vis zijn ftalaten (Fierens et al., 2012) en minerale oliën (minerale olie koolwaterstoffen, (MOH)) (EFSA CONTAM-Panel, 2012c). Ftalaten worden met name toegepast als weekmakers in plastic. Er zijn verschillende ftalaten die verschillen in de lengte van de koolstofketen. De meest bekende is DEHP (dieethylhexylftalaat). Er bestaan twee typen minerale olie koolwaterstoffen, namelijk 'mineral oil saturated hydrocarbons' (MOSH) en 'mineral oil aromatic hydrocarbons' (MOAH). MOH zijn voornamelijk afkomstig uit ruwe olie maar kunnen ook uit bijvoorbeeld gas en kolen worden verkregen. MOH-mengsels bevatten alifatische koolwaterstoffen, zowel lineaire als vertakte ketens.

Voor de meeste stoffen in persoonlijke verzorgingsproducten, gebruiks- en verbruiksgoederen, huishoudchemicaliën en voedselcontactmaterialen zijn geen ML's vastgesteld. Een uitzondering geldt voor BPA. BPA is toegestaan als monomeer in voedselcontactmaterialen (Verordening (EU) nr. 10/2011). Het gebruik van BPA kent een specifieke migratielimiet van 0,05 mg/kg (Richtlijn 2002/72/EG). Daarnaast kent Nederland de Warenwetregeling verpakkingen en gebruiksartikelen.

Risicobeoordeling

Rijkswaterstaat analyseert een groot aantal chemische stoffen in het Nederlandse oppervlaktewater en de waterbodem op ruim 170 locaties, van dagelijks tot één keer per jaar. Het is ondoenlijk om alle chemische stoffen te meten. Stoffen die worden aangetroffen boven de detectielimiet, vormen mogelijk een aanwijzing voor een gevaar voor mens of dier. Er wordt een alarmmelding uitgegeven als er voor bepaalde factoren een te hoge of te lage waarde wordt geconstateerd. Deze alarmwaarden worden jaarlijks vastgesteld. Voor meer informatie zie dossier [waterkwaliteit](#) aqualarm van Rijkswaterstaat.

BPA is een stof die kan leiden tot huidallergie, irriterend is voor de ogen (categorie 1), toxisch is voor de lever na eenmalige blootstelling en toxisch is voor de voorplanting. BPA is daarnaast een zwak oestrogene stof en vertoont hormoonachtige effecten. Het EFSA ANS-Panel heeft een tijdelijke TDI (t-TDI) voor BPA afgeleid van 4 µg/kg lichaamsgewicht per dag. De hoogste geaggregeerde blootstelling werd door het EFSA ANS-Panel berekend voor adolescenten (1,449 µg/kg lichaamsgewicht per dag). Ook stelde het EFSA ANS-Panel dat de concentraties in ingeblikt voedsel hoger waren dan in niet ingeblikt voedsel en concludeerde met betrekking tot inname van bisfenol- A uit voedingsmiddelen dat er geen reden tot zorg was voor de gezondheid van enige leeftijdsgroep en er een kleine zorg bestond voor de geaggregeerde (meerdere opnameroutes en/of meerdere bronnen) blootstelling (EFSA ANS-Panel, 2015). Voedsel is de belangrijkste bron van BPA voor mensen, waarbij er niet één voedselbron is aan te wijzen die de grootste bijdrage levert. Ook RIVM concludeerde voor de Nederlandse situatie dat de totale hoeveelheid bisfenol-A die mensen via voedsel binnenkrijgen tot dertig keer onder de t-TDI blijft (Boon et al., 2017a).

Een onderzoek uit 2012 (Fierens et al., 2012) naar de aanwezigheid van ftalaten in verschillende voedingsmiddelen (waaronder visproducten) op de Belgische markt liet zien dat deze stoffen in de meeste monsters aanwezig waren. Van de onderzochte ftalaten (dimethylftalaat (DMP), diethylftalaat (DEP), diisobutylftalaat (DiBP), di-n-butylftalaat (DnBP), benzylbutylftalaat (BBP), di(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP), dicyclohexylftalaat (DCHP) en di-n-octylftalaat (DnOP)) kwam DEHP (di(2-ethylhexyl)ftalaat) het meest voor en ook in de hoogste concentratie. In vis en visproducten varieerde de concentratie van 0 tot maximaal 5932 µg/kg vers gewicht (mediane waarde: 86 µg/kg vers gewicht). De concentraties van andere ftalaten waren beduidend lager met maximale concentraties tussen 0,1 en 43 µg/kg vers gewicht. Fierens et al. (Fierens et al., 2012) concludeerden dat de resultaten uit dit Belgische onderzoek vergelijkbaar waren met andere gepubliceerde onderzoeken.

De Europese Commissie concludeerde in 2008 dat er geen reden was om meer onderzoek te doen naar AHTN en HHCB of om risicoreductiemaatregelen te nemen. De EC concludeerde voor cyclotetrasiloxaan, D4, en decamethylcyclopentasiloxaan, D5, dat zowel D4 als D5 voldoen aan

devoorwaarden voor identificatie als zeer persistente (zP) en zeer bioaccumulerende (zB) stoffen en dat in verband met het gebruik van D4 en D5 maatregelen voor de hele EU noodzakelijk zijn vanwege het risico voor het milieu als deze stoffen in afvalwater worden geloosd (Verordening (EU) nr. 2018/35 ter wijziging van Verordening (EG) 1907/2006).

Een onderzoek uit 2012 (Fierens et al., 2012) naar de aanwezigheid van ftalaten in verschillende voedingsmiddelen (waaronder schaaldieren) van de Belgische markt liet zien dat ftalaten in de meeste monsters aanwezig waren. Van de onderzochte ftalaten (dimethylftalaat (DMP), diethylftalaat (DEP), diisobutylftalaat (DiBP), di-n-butylftalaat (DnBP), benzylbutylftalaat (BBP), di(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP), dicyclohexylftalaat (DCHP) en di-n-octylftalaat (DnOP)) kwam DEHP (di(2-ethylhexyl)ftalaat) het meest voor en ook in de hoogste concentratie.

MOSH is aanwezig in verschillende voedingsmiddelen en de hoogste concentraties werden gevonden in brood en granen, zoetwaren (geen chocolade), plantaardige olie en in ingeblikte vis(producten) in concentraties van 38-46 mg MOSH/kg (EFSA CONTAM-Panel, 2012c).

Baken et al. beoordeelden de gezondheidskundige relevantie van 163 stoffen in drinkwater en/of grond- en oppervlaktewater afkomstig van de Rijn en Maas. In totaal werden 686 chemische stoffen geïdentificeerd. Gezondheidskundige richtwaarden waren beschikbaar voor 142 van deze stoffen. De onderzoekers concludeerden op basis van de gemeten concentraties dat het merendeel van de stoffen niet voorkwam in concentraties die leidden tot een gezondheidseffect bij de mens. Wanneer toxicologische informatie ontbrak (n=88), is het Threshold of Toxicological Concern (TTC)-concept toegepast. Voor de meeste stoffen gold dat ze geen risico voor de gezondheid vormden. Voor een zeer beperkt aantal stoffen kon een gezondheidsrisico niet worden uitgesloten. Dit gold voor vinylchloride, trichloroetheen, bromodichloromethaan, aniline, fenol, 2-

chlorobenzamine, mevinfos, 1,4-dioxaan en nitrolotri-azijnzuur. Voor de volgende stoffen werden concentraties rond de (p)GLV31 gerapporteerd: tetrachlooretheen, 1,2-dichloorethaan, 2-chloorbenzamine, tetraglyme, EDTA en MTBE (Baken, 2018). Provisional drinking water guideline values (pGLV) werden berekend voor stoffen waarvoor geen GLV was afgeleid. Voor stoffen met een drempelwaarde: $I. \text{pGLV } (\mu\text{g/l}) = [\text{TDI, ADI, RfD, of DNEL } (\mu\text{g/kg lichaamsgewicht per dag}) \times 60 \text{ kg lichaamsgewicht} \times 20\% \text{ drinkwatertoewijzing}] / 2 \text{ l drinkwaterconsumptie}$; en voor genotoxische stoffen: $\text{pGLV } (\mu\text{g/l}) = [10^{-6} \text{ extra levenslang risico op kanker} \times 60 \text{ kg lichaamsgewicht}] / 2 \text{ l drinkwaterconsumptie}$.

Zee-, kust- en binnenvisserij (zout- en zoetwater)

In het Europese onderzoeksproject ECsafeSEAFOOD is een aantal stoffen geanalyseerd in onder andere vissen uit vijf hotspots in Europa (Alvarez-Munoz et al., 2015). Het betrof stoffen zoals triclosan, parabenen (Alvarez-Munoz et al., 2015), tien muskusverbindingen en twaalf UV-filters (Cunha et al., 2015). De hotspots werden geselecteerd op basis van gerapporteerde hoge concentraties van contaminanten en op basis van kennis over de belangrijkste bronnen van contaminatie (industrie, landbouw, afvalwater, aquacultuur en visactiviteiten). De hotspots waren: Taag-estuarium, Ebro-delta, Po-delta, Westerschelde en de omgeving van een visbedrijf in Noorwegen (Alvarez-Munoz et al., 2015). In vis op twee hotspotlocaties (mul en Europese bot uit de Westerschelde en Taag-delta, Portugal) was de concentratie triclosan onder de LOQ; concentraties methylparabeen, ethylparabeen en propylparabeen konden wel worden gekwantificeerd (Alvarez-Munoz et al., 2015). Van de twaalf onderzochte UV-filters lagen concentraties in vissen onder de LOD, met uitzondering van twee verbindingen (BP3 en DHMB) waarvoor de concentraties in vis onder de LOQ lagen (Cunha et al., 2015). Polycyclische muskusverbindingen (AHTN en HHCB) werden aangetoond in alle monsters (Cunha et al., 2015). In commerciële monsters werden muskusverbindingen en UV-filters geanalyseerd. Van de elf onderzochte UV-filters werd 4-MBC (4-methylbenzylidenekamfer) in bijna alle monsters aangetoond maar in de meeste monsters in concentraties onder de LOQ. De hoogste concentraties werden gevonden in makreel, zeeduivel en zeebrasem (kweek).

Nitromuskusverbindingen, die niet zijn toegestaan voor gebruik in cosmetica, werden niet aangetoond. De aanwezigheid van HHCB en AHTN werd aangetoond in alle monsters.

Uit literatuuronderzoek uitgevoerd in hetzelfde project bleek dat triclosan, methyltriclosan, triclocarban, sulfamethoxazole, ofloxacin en erythromycine en muskusverbindingen waren aangetoond in vissen (Vandermeersch et al., 2015a).

In een onderzoek naar stoffen uit twaalf persoonlijke verzorgingsproducten op veertien locaties in Duitsland werden alleen galaxolide (HHCB) en tonalide (AHTN) aangetoond in vissen (Subedi et al., 2012). Deze polycyclische geurstoffen werden gedetecteerd in vrijwel alle monsters uit rivieren waarop waterzuiveringsbedrijven hun effluent loosden.

Resultaten project ECsafeSEAFOOD

Hotspots (Alvarez-Munoz et al., 2015):

Hotspots: estuarium van de Taag, Ebro-delta, Po-delta, Westerschelde en omgeving van een viskwekerij in Noorwegen. Concentraties van deze stoffen (triclosan, parabenen, muskusverbindingen en UV-filters in vis (mul en Europees bot) op twee locaties verzameld uit Westerschelde en Taag-delta (Portugal) waren: triclosan onder de LOQ; methylparabeen, ethylparabeen en propylparabeen in beide locaties tussen 0,03 en 16,4 ng/g dw (Alvarez-Munoz et al., 2015). Van de twaalf onderzochte UV-filters lagen concentraties in vissen onder de LOD, met uitzondering van twee verbindingen (BP3 en DHMB) waarvoor de concentratie in vis onder de LOQ lag (Cunha et al., 2015). Polycyclische muskusverbindingen (AHTN en HHCB) werden aangetoond in alle monsters in een concentratie tussen 3,6 en 11,7 ng/g dw (Cunha et al., 2015).

Commerciële monsters (Cunha et al., 2018):

Commerciële soorten en locaties: schol, tonijn (geïmporteerd-vers, Atlantisch-vers en uit blik), heek (Atlantisch en Pacific), zeeduivel, nijlbaars, pangasius (viskweek), kabeljauw (Atlantisch en Pacific), makreel (vers van verschillende bronnen en uit blik), zalm (Schots en Noors-viskweek) en zeebrasem (viskweek). Van elf onderzochte UV-filters werd 4-MBC (4-methylbenzylidenekamfer) in bijna alle monsters aangetoond maar in concentraties onder de LOQ in de meeste monsters. De hoogste concentraties werden gevonden in makreel en zeeduivel (15,7 en 20,4 ng/g dw). De maximale concentraties van BP3 (benzofenon-3) waren 82,2 en 98,7 ng/g dw in makreel en zeeduivel. De hoogste concentraties octocryleen (103,3 ng/g dw) en BP1 (98,9 ng/g dw) werden gevonden in zeebrasem (kweek). Van de tien muskusverbindingen werden nitromuskusverbindingen niet aangetoond en dit hangt samen met het verbod op het gebruik van deze stoffen in cosmetica. HHCB en AHTN werd aangetoond in alle monsters. Een maximale concentratie voor HHCB werd waargenomen in tong (414,4 ng/g) en voor AHTN in zeeduivel (8,4 ng/g dw).

Literatuuronderzoek (Vandermeersch et al., 2015a):

Triclosan, methyltriclosan, triclocarban, sulfamethoxazole, ofloxacin en erythromycine werden aangetoond in vissen in een concentratie tot maximaal 507 ng/g lw (lw: vetgewicht), 1010 ng/g lw, 157 ng/g lw, 20 ng/g dw, 242 ng/g dw en 18 ng/g dw (Vandermeersch et al., 2015a). Concentraties van muskusverbindingen in vissen zijn eerder geëvalueerd in een uitgebreid literatuuronderzoek (Vandermeersch et al., 2015a). Concentraties van muskus-moskeen en muskus-ambrette in vis bedroegen 1,93 en 14,6 ng/g ww (vis uit viskweek). Muskusketon en muskusxyleen zijn gevonden in maximale concentraties van 1800 ng/g lw en 1060 ng/g lw (Vandermeersch et al., 2015a) en concentraties van galaxolide (HHCB) en tonalide (AHTN) bereikten concentraties van 45 µg/g lw in vissen (Vandermeersch et al., 2015a).

Resultaten Duits onderzoek

In een onderzoek naar twaalf persoonlijke verzorgingsproducten (insectenwerend middel m-tolumide, zonnebrandcrème met UV-filters (benzofenon, octocryleen, 4-methylbenzylidienekamfer), synthetische muskusgeurstoffen (galaxolide (HHCB), tonalide (AHTN), celestolide, muskusketon en muskusxyleen), oppervlakte-actieve stoffen (p-octylfenol en p-nonylfenol) en een antimicrobiële stof (triclosan) van veertien locaties in Duitsland werden alleen galaxolide (HHCB) en tonalide (AHTN) aangetoond in vissen (Subedi et al., 2012). Deze polycyclische geurstoffen werden gedetecteerd in vrijwel alle monsters uit rivieren waarop

waterzuiveringsbedrijven hun effluent lozen. Concentraties HHCB en AHTN in vis uit de Saar waren 447 ng/g ww en 15 ng/g ww (Subedi et al., 2012). Er was een duidelijke correlatie tussen de waargenomen concentratie en de afstand tot een lozingspunt van het waterzuiveringsbedrijf. Er was een significante afname van de concentraties HHCB en AHTN in de periode van 1995 tot 2008. Concentraties galaxolide en tonalide in vismonsters uit Duitse onderzoeken waren een factor 19-28 lager dan concentraties gevonden in een onderzoek uit de Verenigde Staten uitgevoerd in 2006. Het hydrofobe karakter van deze twee muskusverbindingen (AHTN en HHCB) is de oorzaak van het feit dat ze vaak worden aangetroffen in vissen.

Uit een risicobeoordeling, uitgevoerd binnen het ECsafeSEAFOOD-project, bleek dat voor twee muskusverbindingen (AHTN en HHCB) en vijf UV-filters (waaronder 4-MBC en BP1) de gemiddelde blootstellingen van de mens door consumptie van vis en schaal- en schelpdieren ruim onder de TWI's lagen. Deze TWI's werden door de auteurs afgeleid in dit onderzoek en lagen tussen 0,35 en 31,5 mg/kg lichaamsgewicht per week (Cunha et al., 2018). In 2018 heeft de Europese Commissie geconcludeerd voor cyclotetrasiloxaan (D4) en decamethylcyclopentasiloxaan (D5) dat zowel D4 als D5 voldoen aan de voorwaarden voor identificatie als zeer persistente en zeer bioaccumulerende stoffen (Verordening (EU) nr. 2018/35) en dat in verband met het gebruik van D4 en D5 maatregelen voor de hele Unie noodzakelijk zijn vanwege het risico voor het milieu als deze stoffen in afvalwater worden geloosd. D4 en D5 worden toegepast in cosmetica (bijvoorbeeld haarconditioner). BPA werd aangetoond in het ECsafeSEAFOOD-project in twee vissen in concentraties van 5,6 en 9,1 ng/g dw (Alvarez-Munoz et al., 2015). Een literatuuronderzoek van Repossi et al. uit 2016 (Repossi et al., 2016) over de periode 2010-2015 naar BPA in (producten van) tonijn, makreel, zalm, ansjovis, sardines en geep uit de VS, Europa, Afrika en Azië liet zien dat de concentraties in ingeblikt voedsel hoger waren dan in niet ingeblikte visproducten.

Nederlandse schaal- en schelpdieren

In het Europese onderzoeksproject ECsafeSEAFOOD is een aantal stoffen geanalyseerd in onder ander mosselen en oesters uit vijf hotspots in Europa (Alvarez-Munoz et al., 2015). Het betrof stoffen zoals triclosan, parabenen (Alvarez-Munoz et al., 2015), tien muskusverbindingen en twaalf UV-filters (Cunha et al., 2015). De hotspots werden geselecteerd op basis van gerapporteerde hoge concentraties van contaminanten en ook op basis van kennis over de belangrijkste bronnen van contaminatie (industrie, landbouw, afvalwater, aquacultuur en vis activiteiten). De hotspots waren: Taag-estuarium, Ebro-delta, Po-delta, Westerschelde en de omgeving van een visbedrijf in Noorwegen (Alvarez-Munoz et al., 2015). In de hotspots werd triclosan aangetoond in tweekleppigen uit de Ebro-delta. Parabenen werden gedetecteerd in mosselen uit de Po-delta (Alvarez-Munoz et al., 2015). Vier van de twaalf UV-filters werden aangetoond in mossel en kokkel, maar concentraties waren beneden de LOQ (Cunha et al., 2015). Ethylhexyl-methoxycinnamaat (EHMC) en octocryleen (OC) werden regelmatig aangetroffen; dit heeft te maken met het hydrofobe, en dus sterk accumulerende, karakter van deze stoffen (Cunha et al., 2015).

Polycyclische muskusverbindingen (AHTN en HHCB) werden aangetoond in alle mosselen en in de meeste organismen verzameld van de hotspots en dit hangt ook samen met de hoge hydrofobiteit van deze twee muskusverbindingen. In mosselen werden negen van de elf onderzochte UV-filters aangetroffen. Het aantal verschillende gedetecteerde UV-filters en hun concentratie in garnalen en krab waren lager. Uit literatuuronderzoek bleek dat concentraties van galaxolide (HHCB) en tonalide (AHTN) concentraties bereikten van 160 g/g lw (vetgewicht) in weekdieren.

Resultaten project ECsafeSEAFOOD

Hotspots (Alvarez-Munoz et al., 2015; Cunha et al., 2015)

Hotspots: estuarium van de Taag, Ebro-delta, Po-delta, Westerschelde en omgeving van een viskwekerij in Noorwegen. In tweekleppigen werd triclosan aangetoond met een maximale concentratie van 1,7 ng/g dw (Ebro-delta). Methyl-, ethyl- en propylparabeen werden gedetecteerd in concentraties tussen de LOQ en 11,3 ng/g dw in mosselen uit de Po-delta

(Alvarez-Munoz et al., 2015). Vier van de twaalf UV-filters werden aangetoond in mossel en kokkel (BP3, DHMB, OMC, OC) maar concentraties waren beneden de LOQ (Cunha et al., 2015). Andere onderzoeken vonden hogere concentraties in mosselen (tot 256 ng/g dw) verzameld aan de Franse en Portugese kust (zoals gerapporteerd in (Cunha et al., 2015)). Het verschil wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de verschillende tijdstippen van monsternamen (voor of na het zwemseizoen). Ethylhexyl- methoxycinnamaat (EHMC) en octocryleen (OC) werden regelmatig aangetroffen; dit heeft te maken met het hydrofobe, en dus sterk accumulerende, karakter van deze stoffen (Cunha et al., 2015). Polycyclische muskusverbindingen (AHTN en HHCB) werden aangetoond in de meeste organismen verzameld van de hotspots. De hoogste concentraties werden gevonden voor mosselen en kokkels uit de Po- en Ebro-delta en waren respectievelijk 34,5 en 33,1 ng/g dw. De concentraties van andere muskusverbindingen waren niet detecteerbaar of lagen onder de LOQ. De polycyclische muskusverbindingen (AHTN en HHCB) werden vaak waargenomen omdat deze verbindingen relatief sterk hydrofoob zijn *Commerciële monsters (Cunha et al., 2018)*

Commerciële soorten en locaties: mosselen (verschillende oorsprong), bruine krab, garnalen (*Penaeus vannamei*; kweek) en inktvis. Van de elf onderzochte UV-filters werd 4-MBC (4-methylbenzylideenkamfer) in bijna alle monsters aangetoond maar in concentraties <LOQ in de meeste monsters. De hoogste concentratie werd gevonden in mosselen (56,2 ng/g dw). In commercieel verkrijgbare mosselen werden negen van de elf UV-filters aangetroffen. De maximale concentratie van 94,2 ng/g was voor BP1 (benzophenone-1). Het aantal verschillende gedetecteerde UV-filters en hun concentraties in garnalen en krab waren lager. Van de tien muskusverbindingen werden nitromuskusverbindingen niet aangetoond en dit hangt samen met verbod op gebruik van deze stoffen in cosmetica. HHCB en AHTN werden aangetoond in alle monsters. De concentratie HHCB in mosselen bedroeg maximaal 109,8 ng/g en de concentratie AHTN in krab was maximaal 14,1 ng/g (Vandermeersch et al., 2015a). De concentratie galaxolide (HHCB) en tonalide (AHTN) was 160 µg/g lw in weekdieren. Uit een risicobeoordeling binnen het ECsafeSEAFOOD project bleek dat voor twee muskusverbindingen (AHTN en HHCB) en vijf UV-filters (waaronder 4-MBC en BP1) de gemiddelde inname van de mens uit vis en schaal- en schelpdieren ruim onder de TWI lag. TWI's werden door de auteurs afgeleid in dit onderzoek en lagen tussen 0,35 en 31,5 mg/kg lichaamsgewicht per week (Cunha et al., 2018). BPA werd aangetoond in een onderzoek uitgevoerd binnen het ECsafeSEAFOOD-project in concentraties tussen de LOQ en 12,5 ng/g dw in mosselen (Taag-estuarium). De concentraties BPA waren het hoogst voor 'seafood': 213,1 ng/g ww (Vandermeersch et al., 2015a). Een literatuuronderzoek van Repossi et al. (Repossi et al., 2016) over de periode 2010-2015 naar BPA in visproducten van onder andere mossel, kokkel, krab, oester en Sint-Jacobsschelp uit de VS, Europa, Afrika en Azië liet zien dat de concentraties in ingeblikte voedingsmiddelen hoger waren dan in niet ingeblikte visproducten. De concentraties lagen onder een migratielimit van 0,6 mg/kg.

Kweekvisserij

Opname van stoffen in kweekvis vanuit de leefomgeving kan plaatsvinden via het water, de waterbodem en voedsel waarbij kweekvisserijproducten alleen met deze stoffen in aanraking komen als ze worden gekweekt in open systemen. Mogelijk kunnen deze stoffen ook afkomstig zijn uit diervoeder.

Tijdens transport, opslag en verwerking kunnen stoffen uit kratten, containers en verpakkingsmaterialen migreren naar voedingsmiddelen (bijvoorbeeld BPA naar vis of visproducten).

Informatie over de aanwezigheid van stoffen uit persoonlijke verzorgingsproducten, gebruiks- en verbruiksgoederen, huishoudchemicaliën en voedselcontactmaterialen specifiek in kweekvisserijproducten is niet beschikbaar.

Micro- en nanoplastics

In het kort

- *Plastics kunnen zich ophopen in planten en dieren en in de voedselketen van de mens terechtkomen.*
- *Micro- en nanoplastics kunnen een fysisch risico voor de voedselveiligheid vormen, maar kunnen ook stoffen bevatten, al dan niet geadsorbeerd, waardoor zij bijdragen aan de chemische risico's voor de voedselveiligheid (Om de laatste reden zijn nano- en microplastics in de bijlage chemische risico's opgenomen)*
- *Inname en accumulatie van microplastics is aangetoond in verschillende vissen. Echter, vanwege het ontbreken van voldoende informatie over concentraties en effecten van plasticdeeltjes, kan nog geen risicobeoordeling worden uitgevoerd.*
- *De inname en accumulatie van microplastics is aangetoond in tweekleppigen (mosselen en oesters). Voor andere schelpdieren en schaaldieren ontbreekt informatie. Een risicobeoordeling voor inname door de mens is, vanwege het ontbreken van informatie, nog niet uit te voeren.*
- *Chemische stoffen kunnen adsorberen aan microplastics en waarschijnlijk ook aan nanoplastics. Onduidelijk is welke stoffen adsorberen en wat de risico's hiervan zijn.*
- *De analytische methoden voor het meten van microplastics moeten worden verbeterd en voor nanoplastics (verder) worden ontwikkeld. Dit geldt ook voor het accuraat meten van plastic in voedingsmiddelen.*

Beschrijving van het gevaar

Plastic is overal in het milieu, wereldwijd, aanwezig. De plastic soep op de wereldzeeën staat sterk in de belangstelling van overheden en milieuorganisaties. Er wordt geschat dat de oceanen al meer dan 150 miljoen ton plastic bevatten en elk jaar komt daar ongeveer acht miljoen ton bij (Jambeck et al., 2015). Een onderzoek gepubliceerd in december 2014 schatte, na zes jaar onderzoek, dat 5,25 biljoen plasticdeeltjes die ongeveer 269.000 ton wogen, op zee dreven (Eriksen et al., 2014). De plasticproductie in de wereld laat een constante groei zien, van ongeveer 1,9 miljoen ton in 1950 tot ongeveer 330 miljoen ton in 2013 (Seltenrich, 2015). Bijna overal waar werd bemonsterd, van dicht bij de kust tot de open oceaan, vonden onderzoekers microplastics. Ze schatten dat 90% van alle plastic dat ze verzamelden 4,75 mm was of kleiner (Eriksen et al., 2014). Microplastics zijn plasticdeeltjes kleiner dan 5 mm (50 µm-5 mm). Nanoplasticdeeltjes zijn kleine microplastics van ongeveer 1 tot 100 nm. Voor meer informatie zie dossier [Microplastics en Nanoplastics](#) van de WUR.

Plastic wordt langzaam afgebroken tot kleinere deeltjes door de zon, golven, wind en microbiële activiteit. Het uiteenvallen van plastic in nanodeeltjes gebeurt (waarschijnlijk) niet alleen in zeewater, maar ook in zoet water. Microplasticdeeltjes worden opgenomen door vele mariene organismen. In de kustzones, waar de vervuiling het grootst is, heeft nu al 10-20 procent van de organismen last van effecten van microplastics (Besseling, 2018). De gevolgen van plastic nanodeeltjes zijn grotendeels onbekend. Het project TRAMP beoogt antwoord te geven op de vraag hoe je extreem kleine plastic nanodeeltjes kunt meten, in hoeverre Nederlandse zoetwatergebieden ermee vervuild zijn, en hoe je de schadelijkheid daarvan kunt vaststellen.

Er is geen wetgeving over de maximale hoeveelheid plasticdeeltjes als verontreiniging in voedingsmiddelen.

Risicobeoordeling

Het EFSA CONTAM-Panel heeft in 2016 een statement gepubliceerd over de aanwezigheid van micro- en nanoplastics in voedingsmiddelen, met speciale aandacht voor vis, schaal- en schelpdieren (EFSA CONTAM-Panel, 2016a). Hoewel er methoden zijn voor de identificatie en kwantificatie van microplastics in voedingsmiddelen, zijn gegevens over het voorkomen van deze deeltjes in voedingsmiddelen nog beperkt. Voor nanoplasticdeeltjes waren, en zijn (2019), geen betrouwbare, accurate meetmethoden beschikbaar.

Onderzoeken hebben aangetoond dat persistente, bioaccumulatieve en toxische stoffen kunnen adsorberen aan plastics. Plasticdeeltjes en de geadsorbeerde chemische stoffen en metalen kunnen na opname in mariene organismen terechtkomen waar ze kunnen accumuleren en

worden overgedragen in de voedselketen (Seltenrich, 2015). Slechts enkele onderzoeken hebben gekeken naar plasticadditieven. Plasticadditieven zijn ingebouwd in de plastics en kunnen er weer uit lekken omdat de meeste niet chemisch zijn gebonden.

Het EFSA CONTAM-Panel stelde dat microplastics ongeveer 4% additieven kunnen bevatten en dat contaminanten aan plastic adsorberen. Gebaseerd op een conservatieve schatting, zou de aanwezigheid van microplastics in vis slechts een klein effect hebben op de totale blootstelling aan additieven of contaminanten. Voldoende gegevens voor een risicobeoordeling ontbraken echter (EFSA CONTAM-Panel, 2016a).

Het EFSA CONTAM-Panel (EFSA CONTAM-Panel, 2016a) gaf aan dat accurate analysemethoden nodig zijn om de aanwezigheid van plasticdeeltjes in voedingsmiddelen en de effecten van bewerken en verwerken, te bepalen. Verder is onderzoek nodig naar toxische effecten, inclusief onderzoek naar lokale effecten in het maagdarmkanaal. Ook onderzoek naar de afbraak van microplastics en potentiële vorming van nanoplastics in het maagdarmkanaal van de mens is noodzakelijk (EFSA CONTAM-Panel, 2016a).

In januari 2019 is een SAPEA (Science Advise for Policy by European Academies)-rapport gepubliceerd. De conclusie van de groep experts was dat de beste beschikbare gegevens erop wijzen dat microplastics en nanoplastics over het algemeen geen wijdverbreid risico vormen voor de mens of het milieu. Maar het bewijs is beperkt, zo schrijven de expert, en de situatie zou kunnen veranderen als de vervuiling in het huidige tempo doorgaat. De experts concludeerden verder (SAPEA, 2019):

- Microplastics (deeltjes van minder dan 5 mm lang) zijn aanwezig in lucht, bodem en sediment, zoet water, zeeën en oceanen, planten en dieren, en in de voeding van de mens.
- In gecontroleerde experimenten is aangetoond dat hoge concentraties van deze deeltjes fysieke schade toebrengen aan het milieu en levende wezens, waaronder het veroorzaken van ontstekingen en stress.
- De gemeten concentratieniveaus liggen meestal ruim onder de drempelwaarde, hoewel er beperkingen zijn in de meetmethoden die momenteel beschikbaar zijn.
- Er is geen betrouwbaar bewijs voor de effecten van nanoplastics omdat die zeer moeilijk te meten en te evalueren zijn.

Plasticadditieven en milieueffecten

Hermabessiere et al. (Hermabessiere et al., 2017) reviewden de belangrijkste klassen van plasticadditieven, hun voorkomen in het mariene milieu en de effecten op en overdracht naar mariene organismen. Polygebromeerde difenylethers (PBDE), ftalaten, nonylfenolen, BPA en antioxidanten waren de meest voorkomende plasticadditieven in het mariene milieu. De overdracht van deze plasticadditieven naar mariene organismen is aangetoond (Hermabessiere et al., 2017).

Besseling (Besseling, 2018) onderzocht de effecten van micro- en nanoplasticdeeltjes op het leven in het water. Zij ontwikkelde de eerste voorlopige risicobeoordeling van de huidige blootstelling van het milieu aan microplastic. Besseling onderzocht de effecten van plastic en de rol die plastic speelt als drager van verontreinigende chemische stoffen (bioaccumulatie van hydrofobe stoffen via plastic). De effecten bleken mee te vallen. Besseling concludeerde zowel uit een modelonderzoek als uit experimenten dat het transport van verontreinigingen door microplastic een verwaarloosbare bijdrage levert aan het totale risico door blootstelling aan plastic. De concentraties verontreiniging in het water zijn al zo hoog dat transport via plastic niet noemenswaardig meer bijdraagt aan extra risico. Proeven met nanoplastic op algen en watervlooien lieten zien dat plasticdeeltjes hier wel effecten hadden. De algen groeiden minder en de watervlooien waren minder talrijk, kleiner en vertoonden misvormingen in aanwezigheid van nanoplastic. Voor deze effecten waren wel hoge concentraties nanoplastic nodig, die niet in de orde van milieuconcentraties lagen.

Op hotspots van plasticvervuiling bleek 10-20% van de organismen in de gevarezone te zitten en dus mogelijk een risico te lopen op effecten van de aanwezigheid van plastic. De hotspots waren vooral voor de kust aanwezig (Besseling, 2018).

Zee- kust- en binnenvisserij (zout- en zoetwater)

Pellini et al. (Pellini et al., 2018) onderzochten microplastic afval in het maagdarmkanaal van 533 vissen (*Solea solea*) uit de noordelijke en centraal Adriatische Zee en verzameld in het najaar van 2014 en 2015 van zestig monsterplaatsen. Microplastics werden gevonden in 95% van de bemonsterde vissen met meer dan één microplastic in ongeveer 80% van de onderzochte vissen. De meest voorkomende polymeren waren polyvinylchloride (PVC), polypropyleen (PP), polyethyleen (PE), polyester (PET), en polyamide (PA). 72% kwam voor als fragmenten en 28% als vezels. Het gemiddelde aantal ingenomen microplastics was $1,73 \pm 0,05$ items per vis in 2014 en $1,64 \pm 0,1$ in 2015. PVC en PA lieten de hoogste dichtheid zien in de noordelijke Adriatische Zee, terwijl PE, PP en PET meer geconcentreerd waren in de kustgebieden met de hoogste waarde buiten de haven van Rimini.

Karami et al. (Karami et al., 2018) onderzochten de mogelijke aanwezigheid van micro- (<5 mm) en mesoplastics (5-25 mm) in twintig merken ingeblikte sardientjes en sprotten van dertien landen verspreid over vier continenten. Plasticdeeltjes waren afwezig in zestien merken terwijl tussen één en drie plasticdeeltjes werden gevonden in de andere vier merken. De meest voorkomende plasticpolymeren waren polypropyleen (PP) en polyethyleentereftalaat (PET). De onderzoekers vermoedden dat de aanwezigheid van plasticdeeltjes in de ingeblikte sardines en sprotten is veroorzaakt door migratie in de vis naar eetbare weefsels, onjuist strippen, of het resultaat is van contaminatie in de fabriek. De lage prevalentie van micro- en mesoplastics groter dan 149 µm en de afwezigheid van gevaarlijke anorganische stoffen op of aan deze deeltjes, geeft aan dat er waarschijnlijk een beperkt gezondheidsrisico is geassocieerd met de aanwezigheid in ingeblikte sardines en sprotten.

De filet van de Europese sprot (*Sprattus sprattus*), verzameld in de Westerschelde, bevatte geen microplastics (ECsafeSEAFOOD, 2015). Sprot is een strikte planktoneter en zal alleen worden blootgesteld aan microplastic na consumptie van een prooi die microplastic bevat.

Schaal- en schelpdieren

Van Cauwenberghe en Janssen (Van Cauwenberghe & Janssen, 2014) onderzochten de aanwezigheid van microplastics in twee soorten commercieel gekweekte tweekleppigen: mossel (*Mytilus edulis*) (n=36) uit de Noordzee en Japanse oester (*Crassostrea gigas*) (n=10) uit de Atlantische Oceaan. Microplastics werden gevonden in de zachte weefsels van beide soorten. *M. edulis* bevatte gemiddeld $0,36 \pm 0,07$ deeltjes/g (nat gewicht) en *C. gigas* $0,47 \pm 0,16$ deeltjes/g nat gewicht. De onderzoekers berekenden dat de jaarlijkse blootstelling van een Europese consument van schelpdieren 11.000 microplastics kan bedragen. Echter, omdat de toxiciteit van microplastics niet bekend is, hebben ze geen risicoschatting gemaakt.

Vandermeersch et al. (Vandermeersch et al., 2015b) hebben een literatuuronderzoek gedaan naar alle beschikbare extractie- en kwantificatiemethoden. Twee methoden werden gebruikt om de aanwezigheid van microplastics in mosselen (*Mytilus galloprovincialis*) afkomstig van drie verschillende hotspots in Europa (Po-estuarium in Italië; Taagestuarium in Portugal; Ebro-estuarium in Spanje) te onderzoeken. Een gemiddelde van $0,18 \pm 0,14$ totale microplastics/g ww voor de zure mixmethode en $0,12 \pm 0,04$ totale microplastics/g ww voor de salperterzuurmethode werden bepaald. In een pilotonderzoek werd een gemiddelde hoeveelheid van $0,13 \pm 0,14$ totale microplastics/g ww gemeten in commerciële mosselen (*Mytilus edulis* en *M. galloprovincialis*) van vijf Europese landen (Frankrijk, Italië, Denemarken, Spanje en Nederland).

De Witte et al. (De Witte et al., 2014) vergeleken typen microplastics en chemische en microbiële contaminatie tussen twee typen mosselen: mosselen van de bodem van de Oosterschelde (Nederland) en gekocht in Belgische supermarkten en wild-type mosselen van Belgische kribben (Nieuwpoort, Oostende, Knokke) en kades langs de Belgische kust (Nieuwpoort, Oostende, Zeebrugge). De kribben lagen in de open zee. Soortidentificatie op basis van genetische analyse liet een groot aantal *Mytilus (M.) edulis* zien vergeleken met *M. galloprovincialis* en *M. edulis/galloprovincialis* hybride mosselen. Het aantal microplastics varieerde van 2,6 tot 5,1 vezels/10 g mossel. Een hogere prevalentie van oranje vezels bij kades was waarschijnlijk gerelateerd aan visserijactiviteiten. De chemische contaminatie met polycyclische aromatische koolwaterstoffen en polychlorobifenylen kan zijn gerelateerd aan

industriële activiteiten en waterturbiditeit met maximum concentraties gevonden aan de kade van de haven van Zeebrugge. In het EC Safe Seafood-project (ECsafeSEAFOOD, 2015) varieerden de gevonden microplasticconcentraties in *Mytilus edulis/Mytilus galloprovincialis* van 0,08 deeltjes per gram weefsel (Taagestuarius) tot 10,16 deeltjes per gram in het estuarium van de Po. De mosselen waren in het geheel, dus inclusief verteringskanaal, geanalyseerd. Mosselen hebben, net als andere tweekleppige weekdieren, een filterfunctie en filteren grote hoeveelheden zeewater per dag en worden zo direct blootgesteld aan microplastics als die aanwezig zijn in het zeewater. De sedimentconcentraties van de onderzochte hotspots vertoonden grote verschillen. De laagste concentraties verontreinigingen werden gevonden in Portugal (37-60 deeltjes/kg droog sediment).

De estuaria van de Po en Ebro vertoonden maximale concentraties tot 148 en 191 deeltjes/kg droog sediment respectievelijk.

Het EFSA CONTAM-Panel schatte in 2016 dat een portie mosselen wel 7 µg plastic kan bevatten (EFSA CONTAM-Panel, 2016a). Foekema et al. meldde op basis van literatuuronderzoek dat de aanwezigheid van microplastics in (consumptie)mosselen variëren van 0,1 tot 13 deeltjes per gram mosselvlees. Of deze variatie verschillen tussen mosselen of locaties aangeeft of het gevolg is van verschillende onderzoeksmethoden kon niet worden vastgesteld (Foekema et al., 2017).

Kweekvisserij

Voor kweekvissen is onvoldoende informatie bekend over micro- en nanoplastics om hier uitspraken over te doen.

3.2.5.4 Risicovolle stoffen die bewust gebruikt worden in de visketen

Diergeneesmiddelen

In het kort

- *Er is weinig inzicht in het type en de hoeveelheden antibiotica, antiparasitaire middelen en antiwormmiddelen die worden toegepast in kweekbedrijven buiten Europa. Er zijn aanwijzingen dat antibioticaconcentraties vrij hoog kunnen zijn; onduidelijk is of dit een gezondheidsrisico is voor de consument.*
- *De KAP-database voor de periode 2007-2017 bevat een klein aantal monsters waarin antibiotica (nitrofuranen) werden aangetroffen in vis.*
- *Malachietgroen en leucomalachietgroen mogen niet worden toegepast in de EU. Bij een actiegrens van 2 µg/kg voor de som van beide stoffen worden geen gezondheidsrisico's voor de consument verwacht.*

Beschrijving van het gevaar

Tijdens de viskweek worden regelmatig, met name in het buitenland, diergeneesmiddelen gebruikt zoals antibiotica en antiparasitaire middelen. Deze geneesmiddelen worden toegediend via voeder of via water waaraan een geneesmiddel is toegevoegd. Bacteriële infecties zijn een belangrijke oorzaak van productieverlies in de viskweek (Burka et al., 1997) en daarom worden vaak antibiotica toegediend. Binnen met name de garnalenkweek worden regelmatig diergeneesmiddelen gebruikt zoals antibiotica en antiparasitaire middelen. Belangrijke antimicrobiële middelen zijn aminoglycosiden, amfenicolen, bèta-lactamverbindingen, nitrofuranen, quinolonen, sulfonamiden en tetracyclinen (Santos & Ramos, 2016). Veel stoffen hebben een korte halfwaardetijd. Echter, sommige antibacteriële stoffen, met name oxytetracycline, oxolinezuur en flumequine, kunnen na zes maanden nog in sediment worden aangetroffen (Hossain et al., 2008). Anesthetica worden toegepast in de zalmcultuur wanneer vissen worden gesorteerd, gevaccineerd, getransporteerd of behandeld tegen zeeluis of bij het strippen van reproductiemateriaal (Burrige et al., 2010). Schotland en Noorwegen vereisen een jaarlijks overzicht van stoffen en hoeveelheden die worden toegepast en hierbij werden de volgende stoffen gerapporteerd: benzocaïne, MS-222, isoeugenol, 2-propanon en fenoxxyethanol

(Burridge et al., 2010). Anesthetica worden ook toegepast om vissen te sederen voor de slacht. De meest toegepaste anesthetica zijn CO₂ en koelen (Burka et al., 1997) omdat dit niet leidt tot het achterblijven van residuen.

Naast diergeneesmiddelen worden in Aziatische kweekbedrijven vaak vitaminepremixen, aminozuren, kruiden, wortelextracten (antibacteriële eigenschappen) en polysachariden via water of visvoeder toegediend (Rico et al., 2013).

Voor diergeneesmiddelen zijn MRL-waarden vastgesteld die maximale residuen aangeven van farmacologisch werkzame stoffen voor verschillende diersoorten. Verboden stoffen zijn: *Aristolochia* spp en daarvan afgeleide producten, chlooramfenicol, chloorpromazine, colchocine, dapson, dimetridazool, metronidazool, nitrofuranen (sinds 2003) en ronidazool (Verordening (EU) nr. 37/2010).

Na toediening van een geneesmiddel geldt een wachtermijn ([Besluit diergeneeskundigen](#)). Als geen specifieke wachtermijn is aangegeven, stelt de dierenarts een passende wachtermijn voor visvlees vast van minimaal 500 daggraden na toedienen van een diergeneesmiddel. Indien toegepast bij vissen met een gewicht >5 g, wordt aanbevolen om op de aanwezigheid van residuen te testen. In het Formularium consumptievis wordt aangegeven: "Gezien ontoelaatbare residuvorming van antibiotica in het eindproduct wordt in het algemeen alleen vis tot 5 gram met antibiotica behandeld. Indien zwaardere vis wordt behandeld is de kans groot dat residuen in het eindproduct overblijven. In die gevallen is controle van het eindproduct op afwezigheid van antibiotica aanbevolen. Dit kan bijvoorbeeld bij RIKILT, onderdeel van Wageningen UR plaats vinden op aanvraag". Wachtermijn is de termijn die, overeenkomstig de bij of krachtens de wet gestelde regels en de voorschriften bij de vergunning voor het in de handel brengen van een diergeneesmiddel, ten minste na de laatste toepassing van dat diergeneesmiddel aan een dier moet verstrijken alvorens tot productie van levensmiddelen, afkomstig van dat dier, kan worden overgegaan (Besluit diergeneeskundigen). Daggraden is het aantal dagen x watertemperatuur. 500 graaddagen of daggraden betekent dat bij een watertemperatuur van 20 graden minimaal 25 dagen moet worden gewacht alvorens mag worden geslacht.

In de EU mag malachietgroen niet voorkomen in voedingsmiddelen en is een MRPL (minimum required performance limit) van 2 µg/kg vastgelegd voor de som van malachietgroen en leucomalachietgroen van internationaal verhandelde voedingsmiddelen.

Het hormoongebruik bij te consumeren diersoorten wordt geregeld in Richtlijn 96/22/EG (betreffende het verbod op het gebruik van bepaalde stoffen met hormonale werking en van bepaalde stoffen met thyreostatische werking, alsmede van β-agonisten). Conform deze richtlijn kunnen geslachtsveranderende hormoonbehandelingen worden gegeven aan kweekdieren onder toezicht van een dierenarts. De behandelde dieren mogen niet voor consumptie worden verkocht.

Risicobeoordeling

Antibiotica

Er is weinig informatie over de omvang van het gebruik van antibiotica in de aquacultuur. Er zijn wel schattingen van de omvang in de Verenigde Staten en een aantal Europese landen, maar er zijn geen betrouwbare schattingen van de omvang van het gebruik in Azië, terwijl 90% van de productie van viskweek afkomstig is uit deze regio (FAO, 2014).

China is de grootste producent en exporteur van aquatische producten. In 2014 werd op het Chinese vasteland meer dan 47,4 miljoen ton gekweekte aquatische producten geproduceerd. Om ziekten in de aquacultuur te voorkomen en te behandelen, worden antibiotica op grote schaal toegepast (Liu et al., 2017b). De informatie over de antibiotica die in de Chinese aquacultuur worden gebruikt, is beperkt. Op basis van peer-reviewed publicaties, documenten, rapporten en enquêtes bij kwekers hebben Liu et al. een overzicht gemaakt van de antibiotica die in de Chinese aquacultuur worden gebruikt. In totaal werden twintig antibiotica uit acht categorieën gemeld voor gebruik, voornamelijk via orale toediening. Slechts dertien antibiotica waren toegestaan voor toepassing in de Chinese aquacultuur en twaalf gebruikte antibiotica waren niet toegestaan. In totaal werden 234 antibioticaresiduen in Chinese aquatische producten

geregistreerd. Het betrof 24 vissoorten, acht soorten schaaldieren en vier soorten weekdieren. Tweeëndertig antibiotica werden ontdekt in aquatische producten, vooral chinolonen, sulfonamiden en macroliden (respectievelijk 164, 61,1, en 7,6 mg/kg ww). De hoogste concentraties aan individuele stoffen werden gevonden voor tetracyclinen: ciprofloxacine, norfloxacine en sulfisoxazool. De gemiddelde concentraties varieerden van 22,5 tot 27,9 mg/kg ww. Geen van deze stoffen overschreed de Chinese maximum residu limit (MRL) voor die stof in aquatische producten. Aminoglycosiden en bèta- lactamverbindingen werden niet gedetecteerd. Sommige niet toegelaten antibiotica werden aangetroffen in vis en garnaal, waaronder chlooramfenicol, erythromycine en nitrofuranen (Liu et al., 2017b). De residuconcentraties van de antibiotica in aquatische producten varieerden van 0,01 tot 100 mg/kg wet weight (ww), behalve voor erythromycine-H₂O in een garnaalmonster (15.090 mg/kg ww) (Liu et al., 2017b). Het gebruik van chlooramfenicol en nitrofuranen is verboden in de EU.

Door de inname van met antibiotica verontreinigde voedingsmiddelen kunnen bij de mens effecten van geneesmiddelen of antibioticaresistente bacteriën optreden. Een groot deel van de antibioticaresiduen in voedingsmiddelen kunnen bovendien allergische klachten veroorzaken. Antibiotica die worden gebruikt in de aquacultuur, quinolonen en tetracyclinen, kunnen de ontwikkeling van tanden van kinderen beïnvloeden. Erythromycine kan doofheid en neuritis (ontsteking of beschadiging van een zenuw) veroorzaken en furazolidon kan leiden tot anemie en polyneuritis (Liu et al., 2017b). Schattingen van de inname vergelijken met ADI's zoals vastgesteld door de WHO, leidden niet tot een risico van fluorquinolonen en sulfonamiden uit vis (afkomstig uit rivierdelta in Zuid-China) voor de gezondheid van de Chinese consument. Echter, een potentieel risico werd bepaald voor erythromycin-H₂O (Chen et al., 2015).

Nieuwe methoden die ook antibioticaresistentie meewegen, zijn ontwikkeld en leiden een parameter-predicted no effect concentration (PNEC) af (Bengtsson-Palme & Larsson, 2016). Gegevens van Minimal Inhibitory Concentrations (MIC's) van 111 antibiotica werden verkregen van de EUCAST-database en de 1% laagste MIC's werden gebruikt om een PNEC af te leiden voor resistentieselectie waarbij een factor tien werd toegepast voor verschillen tussen MIC's en minimale selectieve concentraties (Bengtsson-Palme & Larsson, 2016). De zo bepaalde PNEC's varieerden van 8 tot 64 µg/l. De residuen zoals gevonden in de buurt van aquacultuurbedrijven in China overschreden de PNEC's (Liu et al., 2017b).

Het gebruik van antibiotica in de zalmkweek varieert sterk per land. Het gebruik in Noorwegen bijvoorbeeld is veel lager dan in Chili, onder andere door het toepassen van hygiënemaatregelen bij de kweek en de introductie van vaccins (Burridge et al., 2010). In 2013 is een inventarisatie gepubliceerd met gegevens van een aantal bedrijven (252 aquacultuurbedrijven en 56 winkels) in Vietnam, Bangladesh, China en Thailand. Het betrof kwekerijen van garnalen, tilapia en pangasius (Rico et al., 2013). De inventarisatie was gebaseerd op interviews met viskwekers en personen van toeleveringswinkels. Het gebruik van zestig verschillende stoffen werd geïdentificeerd waaronder 26 antibiotica, 19 desinfecterende stoffen en 15 antiparasitaire middelen. De meeste bedrijven produceerden voor de internationale markt. Het gebruik van antibioticabehandelingen voor pangasius in Vietnamese aquacultuurbedrijven was significant hoger dan in andere bedrijven (Rico et al., 2013). De onderzoekers constateerden dat de geïnterviewde personen de aanbevolen doseringen van de geneesmiddelen niet overschreden en nationaal of internationaal verboden stoffen werden niet gerapporteerd, met uitzondering van één bedrijf (Rico et al., 2013).

Het is het beleid van de Nederlandse Vereniging van Viskwekers (NEVEVI) om geen antibiotica of antiparasitica te gebruiken (Klein Haneveld & Haenen, 2016). De omvang van de Nederlandse visteelt is vrij gering en de voornaamste vissoorten zijn paling, clausse en Afrikaanse meerval. De kweek vindt voornamelijk plaats in recirculatiesystemen (KNMD, 2015). In 1998 is, na overleg met de Veterinaire Hoofd Inspectie (VHI), de zogenaamde Rode lijst diergeneesmiddelen voor vis opgesteld. Er werd overeengekomen dat een aantal diergeneesmiddelen onder strenge voorwaarden voorlopig mag worden gebruikt bij consumptievissen³⁷. De werkgroep Diergeneesmiddelen heeft in 1998 een lijst met geneesmiddelen samengesteld. Deze geneesmiddelen werden als onmisbaar aangemerkt voor de kweekvissector. De lijst bevat de

volgende geneesmiddelen (werkzame stoffen): flumequine, mebendazol, oxolinezuur, oxytetracycline, sulfadiazine, trimethoprim en de stoffen malachietgroen, methyleenblauw, keukenzout en formaline. De belangrijkste voorwaarde is dat gebruik van de diergeneesmiddelen geen gevaar oplevert voor de consument, dus dat geen residuen van de diergeneesmiddelen in vis mogen worden aangetroffen en dat in het belang van de volksgezondheid resistentieontwikkeling van antimicrobiële middelen wordt tegengegaan (KNMD, 2015). Voor consumptievis zijn volgens het formularium oxytetracycline-HCl, trimethoprim/sulfadiazine-mix en florfenicol eerste keus antibiotica. Het tweede keus antibioticum is flumequine (KNMD, 2015). Uit onderzoek is gebleken dat diergeneesmiddelen, onder andere malachietgroen maar ook quinolonen, sulfonamiden en tetracyclinen, regelmatig werden aangetroffen in kweekvis. In de periode van mei tot en met september 2004 werden 85 monsters vis genomen bij Nederlandse viskwekerijen en recreatievisvijvers voor onderzoek op diergeneesmiddelen. Tijdens de monsterneming werd tevens een inspectielijst ingevuld over de bedrijfsvoering met betrekking tot het gebruik van diergeneesmiddelen door de viskwekerij. Bij viskwekerijen werden 13 monsters forel, 19 monsters meerval, 34 monsters paling, 1 monster tarbot en 3 monsters tilapia genomen. Uit visvijvers werden 15 monsters forel genomen. Naast deze monsters werden nog 18 monsters kweekvis verzameld bij groothandels en een visrokerij. In de monsters forel van twee viskwekerijen waaraan tevens een visvijver was verbonden, werd 375 en 41 µg/kg leucomalachietgroen gevonden. Bij een monster forel genomen bij een andere viskwekerij werd 1 µg/kg leucomalachietgroen gevonden en bij een monster forel genomen bij een groothandel 0,3 µg/kg (VWA, 2005).

Malachietgroen werd of wordt nog steeds toegepast bijvoorbeeld bij een infectie met *Saprolegnia* (een schimmelinfectie) van zalm en andere vissen. De beschikbaarheid van andere diergeneesmiddelen is beperkt en dit vormt een risico want malachietgroen mag niet worden toegepast bij voedselproducerende dieren in de EU; er geldt een nultolerantie. EFSA concludeerde al in 2008 dat vanwege het ontbreken van vaccins voor saprolegniasis en het niet beschikbaar zijn van malachietgroen, er geen geschikte chemische middelen meer zijn om de ziekte onder controle te krijgen (EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 2008). Deze situatie was ongewijzigd in 2018 (Tedesco et al., 2019).

Toegepaste doses malachietgroen variëren van 100 mg/l gedurende een paar seconden (dip) tot 0,15 mg/l voor behandeling van kweekvis in vijvers. Vis neemt malachietgroen uit water snel op en vervolgens wordt de stof verdeeld over de organen. Ongeveer 90% van de geabsorbeerde malachietgroenresiduen worden opgeslagen als leucomalachietgroen in vet spierweefsel. Omdat residuen van malachietgroen en leucomalachietgroen regelmatig worden aangetroffen in (kweek)vis en schaaldieren, heeft de Europese Commissie aan EFSA in 2016 gevraagd na te gaan of de MRPL van 2 µg/kg voor de som van malachietgroen en leucomalachietgroen kan leiden tot volksgezondheidsproblemen. Het EFSA CONTAM-Panel schatte de gemiddelde inname van de consument tussen 0,1 en 5,0 ng/kg lichaamsgewicht per dag. Voor consumenten met een hoge en frequente inname was dit tussen 1,3 en 11,8 ng/kg lichaamsgewicht per dag. Zowel malachietgroen als leucomalachietgroen is een carcinogene, genotoxische stof. EFSA leidde een BMDL05 voor effecten op lever- en lichaamsgewicht af van 6 mg/kg lichaamsgewicht per dag en een BMDL10 van 13 mg/kg lichaamsgewicht per dag voor levercarcinomen. De zo berekende MOE's waren $1,1 \times 10^6$ of hoger voor neoplastische effecten en $4,9 \times 10^5$ of hoger voor niet neoplastische effecten. Het EFSA-Panel concludeerde dat het onwaarschijnlijk is dat blootstelling aan voedingsmiddelen die zijn verontreinigd met malachietgroen of leucomalachietgroen met een maximum van 2 µg/kg leidt tot een gezondheidsrisico (EFSA CONTAM-Panel, 2016b). Barani en Tajik (Barani & Tajik, 2017) onderzochten 177 kweekvismonsters (85 karpers en 92 regenboogforellen) gekocht in het noordwestelijk deel van Iran in 2014 en 2015, op het voorkomen van malachietgroen. Malachietgroen werd gedetecteerd in 108 monsters, variërend van 0,35 tot 7,12 µg/kg. Een concentratie van meer dan 2 µg/kg werd in achttien monsters aangetoond.

In Berlijn, Duitsland, werden residuen van malachietgroen gevonden in wilde palingen die werden gevangen in het oppervlaktewater stroomafwaarts van verschillende gemeentelijke rioolwaterzuiveringsinstallaties. Malachietgroen en leucomalachietgroen werden gedetecteerd in 25 van de 45 gevangen palingen met een maximale concentratie van 0,765 µg/kg vers gewicht.

De onderzoekers gaven aan dat malachietgroen ook wordt gebruikt om materialen te kleuren en de in de palingmonsters aangetroffen hoeveelheden zouden afkomstig kunnen zijn van kleding of papieren handdoeken die met malachietgroen zijn gekleurd of van het legale gebruik van malachietgroen bij siervissen (Schuetze et al., 2008). Dit onderzoek toont aan dat er een achtergrondverontreiniging bestaat voor malachietgroen in vissen die niet zijn behandeld met de stof. Met een MOE van $3,4 \times 10^6$ werd het chronische risico als zeer laag ingeschat (Schuetze et al., 2008).

Een onderzoek uit 2008 naar de aanwezigheid van antibiotica in kweekvis liet zien dat de meeste monsters negatief waren en concentraties van sulfonamiden, tetracyclinen, quinolonen, macroliden en bèta-lactamverbindingen waren lager dan de MRL-waarden (van Leeuwen et al., 2008). De monsters waren afkomstig uit verschillende landen: zalm (Noorwegen, Schotland, Chili), pangasius (Vietnam), tilapia (China, Ecuador, Indonesië, Nederland), forel (Denemarken, Italië, Turkije), kabeljauw (Noorwegen).

In een onderzoek naar concentraties in forel gekweekt in België was de concentratie nitrofuranen voor een klein aantal monsters boven de MRL (van Leeuwen et al., 2008). Nitrofuranen zijn sinds 2003 verboden als farmacologisch werkzame stof. Geen van de monsters bevatte chlooramfenicol.

Een vergelijkende analyse van inspecties op residuen van diergeneesmiddelen in vis, uitgevoerd in de EU, VS, Canada en Japan voor de periode 2000-2009, liet zien dat de meeste overtredingen betrekking hadden op kweekdieren en specifiek garnalen, meerval, krab, tilapia en paling uit Azië en zalm uit Chili (Love et al., 2011).

RASFF geeft voor de periode 1 januari 2014 tot 1 januari 2019 twee meldingen waarbij Nederland was betrokken over nitrofuranen in bevroren vis uit Vietnam. Nitrofuranen zijn sinds 2003 verboden als toevoeging in diervoeder. Daarnaast waren er vier meldingen van de aanwezigheid van antibiotica in garnalen uit Vietnam. Hoewel niet specifiek genoemd in de meldingen wordt er vanuit gegaan dat dit kweekproducten betreft.

Een nadeel van de toepassing van antibiotica is enerzijds de mogelijkheid dat residuen achterblijven in de vis en anderzijds het ontstaan van resistentie. Het gebruik van antibiotica in de aquacultuur is afgenomen in de wereld sinds de jaren 80 van de vorige eeuw, met name door de introductie van vaccins (Jennings et al., 2016). De afname werd vooral waargenomen in Noorwegen (Burridge et al., 2010). Er worden meer probiotica en prebiotica (Akhter et al., 2015; Hoseinifar et al., 2015; Assefa & Abunna, 2018; Bruijn et al., 2018) en immunostimulerende stoffen gebruikt zoals bijvoorbeeld glucanen, chitine, lactoferrine, levamisol en plantenextracten (Harikrishnan et al., 2011). De risico's hiervan zijn niet goed onderzocht.

Vaccins voor vissen

In de viskweek worden enkele vaccins gebruikt, doorgaans tegen virussen, maar in enkele gevallen ook tegen bacteriële pathogenen (Assefa & Abunna, 2018; Dalmo, 2018). De best onderzochte manieren om vaccins aan te bieden zijn levend en in de vorm van DNA (Munang'andu & Evensen, 2015). Orale vaccins worden soms verpakt in microbolletjes van materiaal afkomstig van algen waar lysozym in zit en zijn bedekt met een laagje chitosan (Newaj-Fyzul & Austin, 2015). Het gebruik van probiotica is eveneens gangbaar; deze functioneren vaak als levend vaccin in plaats van als probioticum (Assefa & Abunna, 2018). De effecten in de vis van vaccins zijn niet altijd duidelijk, zelfs niet voor vaccins waar veel onderzoek aan is verricht, zoals vaccins tegen *Piscirickettsia salmonis* in zalm (Evensen, 2016). De mogelijkheden van de toepassing van nanotechnologie voor de bereiding van vaccins voor vissen is tot op zekere hoogte onderzocht, maar er kunnen nu nog weinig conclusies aan worden verbonden (Shaalat et al., 2016). In het bijzonder tegen virussen lijken DNA-vaccins veelbelovend te zijn (Munang'andu & Evensen, 2015) hetgeen gezien de te verwachten werkingsmechanismen logisch is. Desondanks is er op dit moment nog maar één DNA-vaccin op de markt, namelijk tegen Infectious Hematopoietic Necrosis virus (IHNV). Daarnaast heeft EMA nog één vaccin goedgekeurd voor toepassing in vissen, te weten tegen alphavirus-3 dat de pancreas van zalmen infecteert (Dalmo, 2018).

Uit de wetenschappelijke literatuur blijkt dat er continu onderzoek wordt gedaan naar vaccins tegen infectieziekten bij vissen. In het bijzonder de vaccins tegen virusinfecties lijken veelbelovend te zijn. Het is daarom te verwachten dat in de toekomst vaccinatie veel zal worden gebruikt als onderdeel van het gezondheidsmanagement in de aquacultuur.

Antiparasitaire en antiwormmiddelen

Voor de bestrijding van zeeluis in de zalmkweek (onder andere in Noorwegen, Chili en Schotland) worden een aantal middelen gebruikt, waaronder (Burka et al., 1997; Costello et al., 2001; BurrIDGE et al., 2010):

- Organofosfaat-insecticiden: dichloorfos, trichlorfon, azamethifos. Toepassing van deze middelen vindt plaats in zeeoöien, waarin de vissen gedurende korte tijd worden behandeld.
- Pyrethroïden: pyrethrum, cypermethrin, deltamethrin.
- Avermectines: ivermectine (dit middel kan via voeder worden toegediend; lange wachtttermijnen zijn noodzakelijk), emamectine.
- Andere middelen: diflubenzuron, teflubenzuron en waterstofperoxide.

Pyrethroïden, waterstofperoxide en organofosfaat-testers worden toegediend via het water, terwijl avermectines via diervoeder worden toegediend (BurrIDGE et al., 2010). BurrIDGE et al. geven een overzicht van het gebruik van cypermethrin, deltamethrin, emamectinebenzozaat, azamethifos en teflubenzuron in Noorwegen, Chili, Schotland en Canada (BurrIDGE et al., 2010). Antiwormmiddelen zijn geneesmiddelen ter bestrijding van nematoden, lintwormen en botten. Voorbeelden zijn pyrazinoisoquinolonen en benzimidazolonen.

Er is weinig bekend over residuen in vissen. Wel worden in een aantal publicaties de mogelijke milieurisico's en accumulatie in andere biota door het gebruik van middelen tegen zeeluis genoemd (Lillicrap, 2018). Bijvoorbeeld deltamethrin kan accumuleren in het sediment vanwege het hydrofobe karakter en niet-doelorganismen, zoals schaal- en schelpdieren, kunnen worden blootgesteld aan de stof (BurrIDGE et al., 2010).

De KAP-database bevat concentratiegegevens van antibiotica en antiparasitaire geneesmiddelen in verschillende vissoorten over de periode 2007-2017. De volgende soorten worden specifiek genoemd als kweekvis: kweekaal (afkomstig van Markermeer), zalm, tarbot, forel, meerval, tilapia en pangasius. De toevoeging 'kweek' in de KAP-database is gehanteerd in de periode 2012-2016 (niet in 2017). Het is echter vaak niet duidelijk welke vissoort het betreft omdat in het overgrote deel van de monsters de soort wordt aangeduid als 'overige vis'. De KAP-database voor de periode 2007-2017 bevat een klein aantal monsters waarin antibiotica (nitrofuranen) werden aangetroffen in vis. De KAP-database bevat ook concentratiegegevens van antibiotica en antiparasitaire geneesmiddelen in schaal- en schelpdieren voor de periode 2007-2017. In een klein aantal gevallen werden concentraties nitrofuranen in garnalen boven de detectielimiet aangetroffen.

RASFF geeft voor de periode 1 januari 2014 tot 1 januari 2019 een aantal meldingen over antibiotica in visproducten waar Nederland bij was betrokken (n=20). De meeste meldingen gingen over nitrofuranen (elf in bevroren garnalen uit India en een in bevroren krab uit Vietnam).

Nitrofuranen zijn sinds 2003 verboden als toevoeging in diervoeder. Daarnaast waren er vier meldingen van de aanwezigheid van antibiotica in garnalen uit Vietnam.

Overige ingrediënten van diergeneesmiddelen

Naast eerder genoemde stoffen, zijn de volgende actieve ingrediënten van geregistreerde diergeneesmiddelen voor de aquacultuur in tenminste een Europees land toegelaten (bron: lijst met geregistreerde VMP's (Veterinary Medicinal Products = diergeneesmiddelen) in Europa, geraadpleegd 17-6-2019 via aCBG-Bureau Diergeneesmiddelen):

- Antibiotica: amoxicilline, enrofloxacin en oxolinezuur,
- Antiparasitica: formaldehyde, bronopol en teflubuzaron.

Momenteel zijn er onvoldoende gegevens beschikbaar om de risico's van deze stoffen in de visketen te beoordelen.

Reinigingsmiddelen en biociden

In het kort

- *De inname van organotinverbindingen uit vis ligt ver beneden de TDI en vormt geen reden tot zorg voor de gezondheid van de consument.*
- *De gezondheidsrisico's van de mogelijke aanwezigheid van residuen van reinigingsmiddelen en biociden in vis en visproducten zijn kwantitatief niet te beoordelen vanwege het ontbreken van inzicht in zowel het gebruik van deze middelen als de aanwezigheid van residuen in vis en visproducten. Hierbij is ook geen onderscheid te maken in de risico's voor vissen, schaal- en scheldieren.*

Beschrijving van het gevaar

Reinigingsmiddelen en biociden komen in het milieu terecht via rechtstreekse lozing van industrieel en huishoudelijk afvalwater of via effluenten van rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's). Opname van deze stoffen in vissen vanuit de leefomgeving kan plaatsvinden via het water, de waterbodem en voedsel. Resten van reinigingsmiddelen en biociden kunnen achterblijven in bassins, kratten en apparatuur en materialen die worden gebruikt bij vangst of verwerking van vis. Het gebruik van antifoulingverf (schimmelaangroeiwerende verf) brengt biociden in het milieu.

Reinigingsmiddelen en biociden kunnen zowel in het milieu als contaminant voorkomen maar ook tijdens de vangst of verwerking residuen achterlaten op vis. Een biocide is een stof die organismen doodt. Reinigingsmiddelen en biociden worden toegepast om besmetting met ziekte of bederf veroorzakende micro-organismen (bacteriën en virussen) of schimmels tegen te gaan of te voorkomen. Bij het desinfecteren en reinigen van diverse materialen en oppervlakken tijdens vangst, transport, bewerking en verwerking van vis worden verschillende middelen toegepast. Het is niet bekend welke middelen worden toegepast en in welke hoeveelheden. Reiniging en ontsmetting zijn belangrijke onderdelen van het HACCP systeem.

Tijdens een recente fact finding-missie (juni 2018) van de Europese Commissie heeft Nederland aangegeven dat het realiseren van een circulaire economie een strategisch doel is voor 2050. Meer informatie over de [fact finding-missie](#) van de Europese Commissie. In 2030 moet het gebruik van grondstoffen met 50% zijn gereduceerd en voor 2050 moet het gebruik van grondstoffen minimaal zijn en de recycling maximaal. Veilige biociden spelen hierbij een belangrijke rol. Het College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb) geeft aan dat er 1425 toepassingen van biociden (november 2018) zijn toegelaten in Nederland.

Gegevens over welke biociden in de vis, schaal- en schelpdierketen worden verhandeld en gebruikt en in welke hoeveelheden zijn echter niet beschikbaar.

Organotinverbindingen behoren tot de groep fungiciden (schimmelbestrijdingsmiddelen). In het verleden werden organotinverbindingen veelvuldig gebruikt als schimmelwerend middel in verven voor schepen en als desinfecteermiddel in industrieel koelwater. Triorganotinverbindingen zijn de belangrijkste en meest toxische binnen deze groep. Toepassing van organotinverbindingen in schimmelwerende middelen is nu verboden. Echter, deze stoffen zijn persistent en worden nog steeds aangetroffen in oppervlaktewater.

Alkylfenoethoxylaten (APE's) zijn stoffen die voorkomen in reinigingsmiddelen. APE's komen in het milieu terecht via rechtstreekse lozing van industrieel en huishoudelijk afvalwater of via effluenten van rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's). APE's worden toegepast in verschillende producten zoals was- en reinigingsmiddelen vanwege hun oppervlakte-actieve eigenschappen. In het milieu worden deze stoffen afgebroken tot alkylfenolen en dat zijn hormoonversturende stoffen.

In alle delen van de visketen wordt gebruik gemaakt van reinigingsmiddelen en biociden. Reiniging en ontsmetting zijn onderdeel van een HACCP-systeem. Het doel van het toepassen van reinigingsmiddelen en biociden is de behandeling van schimmels en ectoparasitische

infecties (Burka et al., 1997), het ontsmetten van apparatuur en gereedschap en het onder controle houden van bacteriële infecties ter voorkoming van ziekten (Rico et al., 2013). Ectoparasitociden doden parasieten die op de huid of in de vacht van dieren leven, zoals vlooiën en teken. De meest toegepaste desinfecterende middelen zijn formaline en jodoforen, bij voorbeeld in de garnalenkweek (Costello et al., 2001). Jodoforen worden onder andere toegepast om viseieren te desinfecteren (Burka et al., 1997).

Andere desinfecterende middelen die worden toegepast in de zalmkweek (Burka et al., 1997) zijn zout, organochloorverbindingen (chlooramine-T), aldehyden (formaline), waterstofperoxide, quaternaire ammoniumverbindingen (onder andere benzalkoniumchloride) en antiseptische kleurstoffen die worden verdund of gebruikt als plaatselijk ontsmettingsmiddel (malachietgroen en kristalviolet).

Bekende schimmelaangroeiwerende middelen zijn koperverbindingen, chlorothalonil, dichlofluanide, diuron, 4,5-dichloro-2-n-octyl-4-isothiazoline-3-on, 2,3,3,6-tetrachloro-4-methylsulfonylpyridine, zinkpyrithion, zineb en 2,4,5,6-tetrachloorisofthalonitril (Costello et al., 2001; Burrige et al., 2010; Guardiola et al., 2012).

Malachietgroen is wereldwijd gebruikt in de viskwekerij en is verboden in de EU sinds 2002 (Jennings et al., 2016). Het is een ontsmettingsmiddel tegen parasieten, schimmels en bacteriën. Vroeger werd het gebruikt om vis en viseieren te ontsmetten, onder meer bij de kweek van forel. Malachietgroen kan leverkanker veroorzaken. Residuen van malachietgroen en de primaire metaboliet, leucomalachietgroen, werden aangetroffen in monitoringsprogramma's van de EU-lidstaten (EFSA CONTAM-Panel, 2016b).

Biociden, zoals desinfecteermiddelen, mogen alleen op de markt worden gebracht na toetsing van veiligheid en werkzaamheid (Verordening (EG) nr. 1107/2009 en Verordening (EU) nr. 528/2012). De toelating van biociden voor de Nederlandse markt wordt uitgevoerd onder verantwoordelijkheid van het Ctgb. Voor de toelating van biociden wordt gekeken naar de werkzaamheid, effecten op het milieu en effecten op mens en dier. Toelating van een biocide geldt voor een gedefinieerde toepassing. Eén middel kan verschillende toelatingen voor meerdere toepassingen hebben.

In Annex V van Verordening (EU) nr. 528/2012) over het op de markt brengen en gebruiken van biociden worden de soorten biociden ingedeeld in vier hoofdgroepen: desinfecteermiddelen, conserveermiddelen, plaagbestrijdingsmiddelen en andere biociden.

In de Warenwetregeling residuen van bestrijdingsmiddelen is vastgelegd dat residuen van quaternaire ammoniumverbindingen, toegepast als biocide, maximaal 0,5 mg/kg product mogen bedragen.

Voor aquaculturen is specifieke regelgeving van toepassing. Uitvoeringsverordening (EU) nr. 1358/2014 betreft de herkomst van biologische aquacultuurdieren, aquacultuurhouderijpraktijken, voeder voor biologische aquacultuurdieren en voor gebruik in de biologische aquacultuur toegestane producten en stoffen.

Verordening (EG) nr. 889/2008 over de biologische productie en de etikettering van biologische producten, stelt voor reinigings- en ontsmettingsproducten voor de dierlijke aquacultuurproductie en de productie van zeewier:

- producten voor de reiniging en ontsmetting van materiaal en voorzieningen mogen, in afwezigheid van aquacultuurdieren, de volgende actieve stoffen bevatten: ozon, natriumhypochloriet, calciumhypochloriet, calciumhydroxide, calciumoxide, bijtende soda, alcohol, kopersulfaat: tot uiterlijk 31 december 2015, kaliumpermanganaat, uit natuurlijk Camelia-zaad vervaardigde theezaadpелlets (gebruik uitsluitend toegestaan in de garnaalproductie), mengsels van kaliumperoxomonosulfaat en natriumchloride die hypochloorzuur produceren.
- producten voor de reiniging en ontsmetting van materiaal en voorzieningen mogen, zowel in aanwezigheid als in afwezigheid van aquacultuurdieren, de volgende actieve stoffen bevatten: kalksteen (calciumcarbonaat) voor de controle van de pH, dolomiet voor de correctie van de pH (gebruik uitsluitend toegestaan in de garnaalproductie), natriumchloride, waterstofperoxide, natriumpercarbonaat, biologische zuren (azijnzuur,

melkzuur, citroenzuur), humuszuur, peroxyazijnzuren, perazijn- en peroctaanzuren, jodoforen (alleen in de aanwezigheid van eieren).

Het gebruik van malachietgroen en andere kleurstoffen in de viskweek is verboden. Malachietgroen is niet opgenomen in de lijst met toegestane stoffen van Verordening (EU) nr. 37/2010. In Beschikking 2002/994/EG wordt geregeld dat uit China ingevoerde producten van dierlijke oorsprong, waaronder aquacultuurproducten, gepelde en/of verwerkte garnalen en zoetwaterkreeft van de soort *Procambarus clarkii*, gevestigd in natuurlijk zoet water, vergezeld moeten gaan van een verklaring van de bevoegde Chinese autoriteit waaruit blijkt dat elke zending chemisch is getest op malachietgroen en kristalviolet en de metabolieten daarvan. Nonylfenol en nonylfenoethoxylaat, die werden gebruikt als oppervlakteactieve stoffen in detergenten, mogen in de EU niet meer worden gebruikt, uitgezonderd voor een aantal specifieke toepassingen (Verordening (EG) nr. 1907/2006).

Risicobeoordeling

In het verleden werden organotinverbindingen (biociden) veelvuldig gebruikt als schimmelwerend middel in verven voor schepen en als desinfecteermiddel in industrieel koelwater.

Triorganotinverbindingen zijn de belangrijkste en meest toxische binnen deze groep. Het ESA CONTAM-Panel (EFSA CONTAM-Panel, 2004) heeft een TDI vastgesteld van 0,25 µg/kg lichaamsgewicht per dag voor tributyl-, dibutyl-, trifenyl- en di-n-octyltin. EFSA schatte de inname uit vis en schaal- en schelpdieren voor tributyl-, dibutyl- en trifenyltin, op basis van een mediane en gemiddelde concentratie, op respectievelijk 0,018 µg/kg lichaamsgewicht per dag en 0,083 µg/kg lichaamsgewicht per dag. Voor consumenten met een hoge inname (P95) waren de geschatte inname 0,037 en 0,17 µg/kg lichaamsgewicht per dag (EFSA CONTAM-Panel, 2004). Deze gegevens zijn geschat op basis van de consumptie in Noorwegen (als bevolkingsgroep met een hoge visconsumptie). Een onderzoek in Finland (Airaksinen et al., 2010), op basis van een groot aantal soorten vis (en schelpdieren) uit Finland en geïmporteerde vis, liet een gemiddelde dagelijkse opname zien van 3,2 ng/kg lichaamsgewicht per dag. Ook dit is ver beneden de TDI van 250 ng/kg lichaamsgewicht per dag. Ook in een onderzoek uit Frankrijk (Guerin et al., 2007) met een groot aantal soorten vis (vers, bevroren, gerookt en uit blik) bleek dat de inname onder de TDI bleef en dus geen reden tot zorg was.

Ondanks het feit dat het gebruik sterk is beperkt, werden alkylfenolen aangetoond in weekdieren, vis en schaaldieren tot een maximale concentratie van 1431 ng/g ww in biota uit het mariene milieu en tot 1119 ng/g dw in zoetwaterbiota (Vandermeersch et al., 2015a)). Mogelijke gezondheidsrisico's van reinigingsmiddelen en biociden kunnen niet worden beoordeeld door het ontbreken van informatie over het gebruik van specifieke middelen en het voorkomen van residuen in vis.

FSA heeft op verzoek van de Europese Commissie, een evaluatie opgesteld van een serie kleurstoffen (EFSA et al., 2017). Hoewel deze stoffen niet zijn geregistreerd in de EU voor toepassing in voedselproducerende dieren, kunnen ze mogelijk illegaal worden gebruikt in de aquacultuur vanwege hun antimicrobiële eigenschappen. De conclusie van het EFSA-onderzoek (EFSA et al., 2017) was dat acriflavine, 3-aminoacridine, aminoacridine, basic blue 7, briljantgroen, leucobriljantgroen, C.I. basic blue 26, chloranil, kristalviolet, leucokristalviolet, dichlone, ethylviolet, methyleenblauw, nieuw methyleenblauw, Nijlblauw, pararosaninebase, proflavine, proflavinehydrochloride, rhodamine 6G en trypan rood behoorden tot groep I en dat het guidance document van toepassing was voor deze stoffen. Dat houdt in dat een toxicologische screeningswaarde van 0,0025 µg/kg lichaamsgewicht per dag van toepassing is. De KAP-database bevat voor de periode 2007-2017 gegevens over de kleurstoffen briljantgroen, kristalviolet, leucokristalviolet, malachietgroen en leucomalachietgroen in vis. Voor het overgrote deel van de monsters wordt de soort aangeduid als 'overige vis'. Elf monsters (twee voor aal, twee voor forel en zeven voor overige vis) geven een concentratie boven de detectielimiet en dit betreft vooral malachietgroen en kristalviolet.

De concentratie in mosselen (*Mytilus edulis*) uit de Westerschelde (twee monsters uit 2017) van zes organotinverbindingen bedroeg maximaal 13 µg/kg (tributyltin). In Japanse oesters uit de

Westerschelde was de concentratie maximaal 10 µg/kg (tributyltin) en uit het Eems-Dollard-gebied maximaal 1,1 µg/kg (trifenylytin) (Sneekes & van Barneveld, 2018). Een concentratie organotinverbinding van 13 µg/kg product resulteert bij een gemiddelde dagelijkse consumptie van 8,5 g per dag, geen andere innamebron en een lichaamsgewicht van 60 kg, in een inname van 0,0018 µg/kg lichaamsgewicht per dag. Dit is beduidend lager dan de TDI van 0,25 µg/kg lichaamsgewicht per dag. Het gezondheidsrisico van inname van organotinverbindingen uit schelpdieren is verwaarloosbaar klein voor de consument. Ondanks het feit dat het gebruik sterk beperkt is, werden alkylfenolen aangetoond in weekdieren en schaaldieren tot een maximale concentratie van 1431 ng/g ww in biota uit het mariene milieu en 1119 ng/g dw in zoetwater biota (gerapporteerd in (Vandermeersch et al., 2015a).

Hydraulische oliën en koelmiddelen

Door lekkage van hydraulische oliën op schepen of van koelmiddelen uit koelapparatuur kunnen producten gecontamineerd raken. Voor de klimaatbeheersing op schepen en tijdens het transport wordt koelapparatuur gebruikt. Het is onwaarschijnlijk dat koelmiddelen een risico vormen voor de voedselveiligheid, gezien de vluchtige eigenschappen van de stoffen.

Behandelingen en additieven

In het kort

- *Het toevoegen van antioxidanten aan vis kan de organoleptische veranderingen, die het gevolg zijn van bijvoorbeeld ongekoelde opslag, maskeren. Echter dit leidt niet tot verminderde bacteriegroei of histaminevorming.*
- *Niet toegelaten behandelingen en toevoeging van additieven aan (kweek)vis vinden plaats. Of er een gezondheidsrisico is voor de consument is onduidelijk.*

Beschrijving van het gevaar

Vissen en visproducten worden soms behandeld met onder andere koolmonoxide, nitriet, kleurstoffen en water. Er zijn verschillende manieren om water toe te voegen aan vissen, onder andere via het toevoegen van fosfaten (polyfosfaten) en viseiwithydrolysaten.

Additieven, zoals kleurstoffen, smaakversterkers, conserveermiddelen en rookaroma's worden toegevoegd om eigenschappen van voedingsmiddelen te verbeteren

Bentoniet is een voederadditief dat dient om de contaminatie van voeder door mycotoxinen te reduceren. Het additief is in 2012 door het EFSA FEEDAP-Panel veilig bevonden voor alle diersoorten en consumenten wanneer het wordt toegepast tot een maximaal niveau van 20.000 mg/kg diervoeder (EFSA FEEDAP-Panel, 2012).

Het kleuren van vis (vooral tonijn) met koolmonoxide en andere middelen wordt toegepast om verkleuring van tonijn te verhullen waardoor de vis er vers uit blijft zien. Het toevoegen van kleurstoffen aan verse vis is niet toegestaan. Als alternatief worden soms plantaardige extracten met een hoge concentratie nitriet toegepast om de kleur van tonijn te veranderen zodat het lijkt alsof de tonijn vers is. Als alternatief voor synthetische additieven worden natuurlijke producten toegepast. Een voorbeeld is de toepassing van polyfenolen. Polyfenolen zijn natuurlijke antioxidantia in onder andere fruit en groenten en deze stoffen vormen een alternatief voor de toepassing van sulfiet (Maqsood et al., 2013). Bietenrood (E162) is een wateroplosbare rode kleurstof en werd gebruikt in de illegale behandeling van tonijn. Rozemarijnextract (E392) wordt soms toegevoegd aan tonijn als smaakstof. Het toevoegen van een aantal stoffen aan verwerkte vis is toegestaan. Verwerkte vis, is vis die een verwerking heeft ondergaan, zoals koken, bakken en roken.

Kokkels, maar ook mosselen, die worden ingeblikt, hebben van nature een grijze kleur. Het komt voor dat aan het opgiet van de in te blikken schelpdieren waterstofperoxide wordt toegevoegd. Dit zorgt ervoor dat de kokkels en mosselen wit kleuren, waardoor ze aantrekkelijker zijn voor de consument. De toevoeging van waterstofperoxide is niet toegestaan (Greutink et al., 2005). Binnen de schaal- en schelpdierketen spelen een aantal additieven een rol, waaronder benzoëzuur/benzoaten (E210-213) voor gekookte schaaldieren (worden toegepast als conserveermiddel voor transport van garnalen naar Marokko waar de garnalen worden gepeld)

en sulfieten (E220-228) (worden toegepast als conserveermiddel bij verse, bevroren, diepgevroren en gekookte schaaldieren en koppotigen).

In de aquacultuur worden chemische stoffen voornamelijk gebruikt voor de behandeling en preventie van ziekten, de belangrijkste oorzaak van economische verliezen. Maar er worden ook verschillende chemische of biologische producten gebruikt als toevoegingsmiddelen voor diervoeding en waterbehandelingsmiddelen om de visproductie te verhogen. Veel stoffen hebben een korte halfwaardetijd in water. Additieven worden toegevoegd om eigenschappen van voedingsmiddelen te verbeteren en bestaan uit kleurstoffen, smaakversterkers, conserveermiddelen en rookaroma's. De carotenoïden astaxanthine en canthaxanthine worden aan het voeder voor zalmachtigen toegevoegd voor de kleur van de zalm (Snijdelaar et al., 2006).

Synthetische antioxidantia zoals ethoxyquine, butylhydroxytolueen (BHT) en butylhydroxyanisol (BHA) worden toegevoegd aan diervoeder voor commercieel gekweekte vissen (Lundebye et al., 2010). Er wordt geïnvesteerd in andere alternatieve eiwitbronnen (zoals insecten, algen, zeewier). In 2017 is door de Europese Commissie besloten dat insecteneiwit mag worden toegepast in voeders in de aquacultuur (Verordening (EU) nr. 2017/893).

Kweekvissen worden, net als wild gevangen vissen, soms behandeld met onder andere koolmonoxide, nitriet, kleurstoffen en water. Er zijn verschillende manieren om water toe te voegen aan vissen, onder andere via het toevoegen van fosfaten (polyfosfaten) en viseiwithydrolysaten. Het kleuren van vis gebeurt om verkleuring te verhullen waardoor de vis er vers uit blijft zien. Het toevoegen van kleurstoffen aan verse vis is niet toegestaan.

Het toevoegen van additieven is geregeld in Verordening (EG) nr. 1333/2008. Een beperkte groep additieven is toegelaten voor verse vis. Voor verwerkte vis zijn meer additieven toegestaan. Het toedienen van nitriet aan vis is niet toegestaan (Verordening (EG) nr. 1333/2008). Een behandeling met koolmonoxide om de kleur te verbeteren, is niet toegestaan. Het toevoegen van plantaardige extracten in verse of verwerkte vis is niet toegestaan (Verordening (EU) nr. 1129/2011). Bijvoorbeeld polyolen mogen alleen aan bevroren en diepgevroren onverwerkte schaaldieren, weekdieren en koppotigen worden toegevoegd en voor andere doeleinden dan als zoetstof. Kleurstoffen zijn alleen toegestaan in surimi en soortgelijke producten en zalmimitatie en in vis- en schaaldierenpasta. Voor onverwerkte schaal- en schelpdieren gelden ML's E220-228 (zwaveldioxide – sulfieten) voor verschillende groepen schaaldieren.

In het Warenwetbesluit Doorstraalde waren (Artikel 6) is alleen voor garnalen een ontheffing gegeven.

Verordening (EG) nr. 393/2008 regelt de toevoeging van astaxanthine-dimethyldisuccinaat aan diervoeder voor zalm en forel. De toediening is uitsluitend toegestaan vanaf de leeftijd van zes maanden of vanaf een gewicht van 50 g. Het toevoegingsmiddel moet om te worden gebruikt in visvoeder, worden gebruikt in een geformuleerde vorm, naar behoren gestabiliseerd met toegelaten antioxidanten. Als ethoxyquine in de formulering wordt gebruikt, moet het ethoxyquinegehalte op het etiket worden vermeld. Als astaxanthine-dimethyldisuccinaat wordt gemengd met canthaxanthine en andere astaxanthinebronnen, mag de totale concentratie van het mengsel niet meer bedragen dan 100 mg astaxanthine-equivalenten/kg in het volledige visvoeder. Uitvoeringsverordening (EU) 2017/962 trekt de vergunning voor ethoxyquine als toevoegingsmiddel voor diervoeding voor alle diersoorten en -categorieën in. Voedermiddelen die zijn geproduceerd met het toevoegingsmiddel ethoxyquine of met voormengsels die deze stof bevatten, mochten tot en met 31 december 2019 in de handel worden gebracht. Voor diervoeders is Verordening (EG) nr. 1831/2003 van toepassing voor toevoegingsmiddelen voor diervoeding.

Risicobeoordeling

De Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) heeft in 2017 83 monsters van verse tonijn onderzocht op histamine en het kleuren van tonijn door toevoeging van additieven, zoals koolmonoxide en natriumzouten (NVWA, 2018). In één van de 52 monsters van een EG-erkend

visbedrijf werd het additief koolmonoxide aangetroffen (2,4 mg/kg). In negen van de 52 monsters werd een verhoogde concentratie natriumzouten aangetroffen (2168-5615 mg/kg). De van nature aanwezige hoeveelheid natriumzouten in tonijn bedraagt ongeveer 200-500 mg/kg. In twee van de monsters tonijn met een verhoogd gehalte aan natriumzouten, werden ook sporen van koolmonoxide aangetroffen. In totaal bevatten drie monsters sporen van koolmonoxide. Het aantreffen van sporen koolmonoxide is mogelijk, omdat van nature koolmonoxide ook kan voorkomen in verse tonijn. Van de vijftien monsters genomen in groothandels, werd in geen enkel monster koolmonoxide aangetroffen en in twee monsters werden verhoogde concentraties natriumzouten gevonden (3802 mg/kg en 6817 mg/kg). In één van de zestien monsters uit de supermarkt werd een natriumzoutconcentratie van 2676 mg/kg aangetroffen. Dus in totaal in twaalf van de onderzochte 83 monsters (14,5%) waren mogelijk additieven toegepast die een bijdrage kunnen leveren aan het (potentieel) kleuren van tonijn, waardoor bederf minder goed zichtbaar wordt.

Het EFSA ANS-Panel heeft in 2015 de veiligheid van ascorbinezuur (E300), natriumascorbaat (E301) en calciumascorbaat (E302) opnieuw beoordeeld. Deze stoffen mogen *quantum satis* (zoveel als nodig is) worden toegevoegd maar met een maximum van 300 mg/kg toe te voegen aan vis (EFSA ANS Panel, 2015).

Het toevoegen van antioxidanten aan vis maskeert de organoleptische veranderingen die optreden bij bijvoorbeeld ongekoelde opslag. Dit leidt echter niet tot verminderde bacteriegroei of histaminevorming.

Het EFSA FEEDAP-Panel concludeerde dat bij een dosis tot aan de toegestane maximumconcentraties voor de carotenoïden astaxanthine en canthaxanthine in diervoeder voor zalm en forel er geen risico is voor de gezondheid van de consument (EFSA FEEDAP-Panel, 2014). Het EFSA ANS-Panel (EFSA ANS-Panel, 2016) heeft een ADI vastgesteld voor benzoëzuur (E210) van 5 mg/kg lichaamsgewicht per dag (uitgedrukt als benzoëzuur). Bij de gebruikte concentraties zijn geen bijwerkingen te verwachten. Benzoëzuur kan bij een kleine groep mensen histamine vrijmaken en daardoor pseudo-allergische reacties veroorzaken. Meer informatie over [benzoëzuur](#) in Food informatie E210 van de WUR.

Uit een onderzoek naar de aanwezigheid van BHT, EQ en BHA in vissen werden de hoogste concentraties gevonden in gekweekte Atlantische zalm (respectievelijk 7,60, 0,17 en 0,07 mg/kg). De inname van EQ en BHT via consumptie van vis bleef onder de ADI's (voor EQ: 0,005 mg/kg lichaamsgewicht per dag en voor BHT: 0,05 mg/kg lichaamsgewicht per dag) (Lundebye et al., 2010).

Hossain et al. voerden onderzoek uit bij vis- en garnalenkwekerijen in Bangladesh op basis van interviews. Ze documenteerden het gebruik van 55 verschillende chemicaliën en biologische producten in de vis- en garnalenkweek in Bangladesh. De meest gebruikte producten waren vitamines en mineralen, ontsmettingsmiddelen, therapeutische middelen en waterbehandelingsmiddelen (Hossain et al., 2008).

3.2.5.5 Risicovolle stoffen die vooral geïntroduceerd worden bij de verwerking van vis

Polycyclische aromatisch koolwaterstoffen (PAK's)

In het kort

- *PAK's worden gevormd tijdens het roken van vis en de hoogste concentraties ontstaan bij klassieke rookmethoden in traditionele (hout)ovens. De concentraties PAK's in vis zijn veel lager wanneer indirecte rookmethoden worden toegepast.*
- *De inname van PAK's uit voedingsmiddelen vormt geen risico voor de gezondheid voor de consument met een gemiddelde consumptie. Echter, frequente consumptie van gerookte vis met hoge concentraties PAK's kan tot een gezondheidsrisico voor de consument leiden.*
- *De informatie over effecten en inname van zuurstof- en stikstofhoudende PAK-derivaten is onvoldoende om een risicobeoordeling uit te voeren.*

Beschrijving van het gevaar

Polycyclische aromatisch koolwaterstoffen (PAK's) bestaan uit een groot aantal verschillende verbindingen, waarin het aantal aromatische ketens varieert. De meest bekende PAK-verbinding is benzo(a)pyreen. Deze stof heeft carcinogene (kankerverwekkende) eigenschappen (genotoxisch carcinogeen) en ook een aantal andere PAK's is carcinogeen. PAK's komen voor in het milieu en zijn afkomstig van verbrandingsprocessen. PAK's worden ook gevormd bij het roosteren (barbecue) en roken van vis.

Het EFSA CONTAM-Panel concludeerde in 2008 dat benzo(a)pyreen geen geschikte merkerstof is voor het voorkomen van carcinogene PAK's in voedingsmiddelen (EFSA CONTAM-Panel, 2008). Het gebruik van vier of acht PAK's, respectievelijk PAK4 en PAK8, levert een betere indicator voor PAK's in voedingsmiddelen. Het EFSA CONTAM-Panel concludeerde ook dat een systeem met acht stoffen (PAK8) niet veel toegevoegde waarde zou bieden ten opzichte van een systeem met vier stoffen (PAK4) (EFSA CONTAM-Panel, 2008). PAK4 zijn chryseen, benzo(a)pyreen, benz(a)antracene en benzo(b)fluorantheen.

De wettelijke ML's van (potentieel carcinogene) polycyclische aromatische koolwaterstoffen in levensmiddelen zijn gebaseerd op de som van vier stoffen (PAK4), gecombineerd met een maximumgehalte voor benzo(a)pyreen. Voor PAK's in vlees van gerookte vis en visserijproducten gelden ML's van 2 µg/kg en 12 µg/kg voor respectievelijk benzo(a)pyreen en PAK4. Voor gerookte sprout en conserven van gerookte sprout (*Sprattus sprattus*), gerookte Oostzeeharing van niet meer dan 14 cm lang en conserven van gerookte Oostzeeharing van niet meer dan 14 cm lang (*Clupea harengus membras*) en katsuobushi (gedroogde bonito, *Katsuwonus pelamis*) gelden andere normen van respectievelijk 5 en 30 µg/kg (Verordening (EG) nr. 1881/2006). De ML voor gerookte schaaldieren geldt voor vlees van aanhangsels en buik. In geval van gerookte krabben en krabachtige schaaldieren (*Brachyura* en *Anomura*) geldt het voor vlees van aanhangsels. Uitzonderingen zijn gemaakt voor gerookte tweekleppige weekdieren (vers, gekoeld of bevroren): respectievelijk 5 en 30 µg/kg en tweekleppige weekdieren (gerookt): respectievelijk 6 en 35 µg/kg (Verordening (EG) nr. 1881/2006).

Verschillende rooktechnieken

Er zijn verschillende technieken om vis te roken. Traditioneel was roken bedoeld om producten te conserveren. Rook wordt gegenereerd door verbranding van een brandstof en meestal is dat hout. Bij direct roken wordt rook geproduceerd op dezelfde locatie (dezelfde kamer) waar ook het product aanwezig is. In moderne, indirecte, procedures wordt rook geproduceerd door een externe generator. Het voordeel hiervan is dat het verbrandingsproces beter te controleren is en dat leidt minder tot de vorming van PAK's. Bij de verbranding van hout worden veel chemische stoffen geproduceerd, waaronder polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's). Er is ook een rooktechniek bij lage temperatuur (15-30°C) en dit resulteert in lagere concentraties PAK's.

Resultaten van onderzoeken naar effect van roken

In een vergelijkend onderzoek van Duedahl-Olesen et al. (Duedahl-Olesen et al., 2010) naar concentraties PAK's (som 25 PAK's) blijkt dat roken bij hoge temperatuur en direct roken tot hogere concentraties PAK's leiden dan roken bij lage temperatuur en indirect roken (in industriële rookprocessen). Naast de som van 25 PAK's is ook meer specifiek gekeken naar de concentratie benzo(a)pyreen. In het algemeen lagen de gemiddelde concentraties voor benzo(a)pyreen in verschillende gerookte vismonsters (zalm, haring, makreel forel, heilbot en paling) lager dan 3 µg/kg (de concentratie varieerde tussen 0,2 en 2,9 µg/kg). Alleen een monster van kabeljauwkuit bevatte een concentratie van 9,1 µg/kg. Andere onderzoeken lieten zien dat traditionele rookprocessen in een oven (verbranden van hout) konden leiden tot concentraties PAK's boven de wettelijke ML's (Essumang et al., 2013; Niewiadowska et al., 2016).

De gemiddelde concentraties voor benzo(a)pyreen in 35 monsters van commerciële rookovens (genereren van externe rook) waren 0,1 µg/kg ww, terwijl de gemiddelde concentratie benzo(a)pyreen in 27 monsters met traditionele ovens 1,2 µg/kg ww bedroeg (0,2-4,1 µg/kg ww) (EFSA CONTAM-Panel, 2008) tot maximaal 50 µg/kg (Stolyhwo & Sikorski, 2005). Een Amerikaans onderzoek concludeerde dat een hoge consumptie van zalm, gerookt met 'native

American' rookmethoden, over een periode van jaren kan leiden tot een verhoogd kankerrisico (Forsberg et al., 2012).

Risicobeoordeling

Er zijn verschillende technieken om vis te roken. Traditioneel was roken bedoeld om producten te conserveren. Rook wordt gegenereerd door verbranding van een brandstof en meestal is dat hout. Bij direct roken wordt rook geproduceerd op dezelfde locatie (dezelfde kamer) waar ook het product aanwezig is. In moderne, indirecte, procedures wordt rook geproduceerd door een externe generator. Bij gebruik van indirecte rookmethoden zijn de concentraties PAK's veel lager (EFSA CONTAM-Panel, 2008). De hoogste concentraties PAK's in vis, schaal- en schelpdieren ontstaan bij klassieke rookmethoden in traditionele (hout)ovens. De concentraties PAK's zijn veel lager wanneer indirecte rookmethoden worden toegepast.

Het EFSA CONTAM-Panel leidde een BMDL af van 0,070 mg/kg lichaamsgewicht per dag voor benzo(a)pyreen en 0,34 mg/kg lichaamsgewicht per dag voor PAK4 (EFSA CONTAM-Panel, 2008). BMDL10 is de 95% onderste betrouwbaarheidsgrens van de benchmark-dosis die leidt tot een toename van 10% in het aantal proefdieren met een tumor vergeleken met controledieren. Een MOE (margin of exposure) van 10.000 of meer wordt door het EFSA-Panel gebruikt om te concluderen dat er weinig of geen zorg is voor de gezondheid van de consument. Het EFSA CONTAM-Panel heeft vervolgens de dagelijkse opname van PAK's in Europa geschat (EFSA CONTAM-Panel, 2008). De gemiddelde opname uit voedsel in Europa voor een gemiddeld en hoog consumptiepatroon varieerde tussen 235 ng/dag (3,9 ng/kg lichaamsgewicht per dag) en 389 ng/dag (6,5 ng/kg lichaamsgewicht per dag) voor benzo(a)pyreen en 1168 ng/dag (19,5 ng/kg lichaamsgewicht per dag) en 2068 ng/dag (34,5 ng/kg lichaamsgewicht per dag) voor PAK4. Graan en graanproducten en 'seafood and seafood products' vormden de belangrijkste bronnen. De getallen voor Nederland weken weinig af van de gemiddelde Europese gegevens. Voor de groep met een hoge blootstelling lagen de blootstellinggegevens wat hoger in Nederland dan gemiddeld in Europa. De gegevens over de gemiddelde inname in Europa in combinatie met een BMDL10- waarde van 0,07 en 0,34 mg/kg lichaamsgewicht per dag voor benzo(a)pyreen en som PAK4 resulteerde in een MOE (margin of exposure) van 17.900 voor benzo(a)pyreen en 17.500 voor PAK4 (EFSA CONTAM-Panel, 2008). Op basis van deze schattingen van de MOE concludeerde het EFSA CONTAM-Panel dat er weinig zorg was voor de gezondheid van de consument met een gemiddelde consumptie. Voor personen met een hoge inname resulteerden deze schattingen in een MOE van 10.800 voor benzo(a)pyreen en 9900 voor PAK4. Deze MOE-waarden liggen in de buurt van de kritische waarde van 10.000 en dit is aanleiding voor een mogelijke zorg voor de gezondheid (EFSA CONTAM-Panel, 2008).

De beoordeling van de toxiciteit van PAK's is gebaseerd op de 'standaard' PAK's. Veel minder is bekend over zowel toxiciteit alsook concentraties van derivaten van PAK's (zuurstofhoudende PAK's ofwel oxy-PAK's). In het algemeen zijn deze derivaten toxischer dan de moederstof en de concentraties van deze oxy-PAK's kunnen hoger zijn dan die van de oorspronkelijk PAK-verbinding (Vandermeersch et al., 2015a).

Er zijn geen gegevens over concentraties van benzo(a)pyreen en de som van 4 PAK's voor vis in de KAP-database. In 2015 en 2016 heeft NVWA 67 monsters gerookte vis (zoals paling, forel en makreel) geanalyseerd op benzo(a)pyreen. In geen van de monsters werd een benzo(a)pyreen-gehalte boven de ML gevonden (NVWA, 2017c).

Zee-, kust- en binnenvisserij (zout- en zoetwater)

Vis kan een belangrijke bron van inname van PAK's vormen. Er zijn geen gegevens over concentraties van benzo(a)pyreen en de som van 4 PAK's voor vis in de KAP-database. In 2015 en 2016 heeft NVWA 67 monsters gerookte vis (zoals paling, forel en makreel) geanalyseerd op benzo(a)pyreen. In geen van de monsters werd een benzo(a)pyreen-gehalte boven de ML gevonden (NVWA, 2017c).

Nederlandse schaal- en schelpdieren

De concentratie benzo(a)pyreen in mosselen uit de Westerschelde (twee monsters uit 2017) was maximaal 7,9 µg/kg. In Japanse oesters uit de Westerschelde was de concentratie maximaal 5,9

µg/kg en uit het Eems-Dollard-gebied maximaal 1,0 µg/kg (Sneekes & van Barneveld, 2018). Deze concentraties overschreden de ML voor tweekleppige weekdieren van 5 µg/kg. In de Westerschelde en het Eems-Dollard-gebied wordt niet commercieel op tweekleppige weekdieren gevist.

In de KAP-database staan een beperkt aantal gegevens (n=14) voor benzo(a)pyreen en som 4 PAK's voor garnalen en mosselen. De concentraties voor monsters uit 2015 en 2016 zijn <0,337 µg/kg voor benzo(a)pyreen en <4,9 µg/kg voor som 4 PAK's. De NVWA onderzoekt jaarlijks schelpdieren (verse producten) uit productiegebieden op de aanwezigheid van chemische contaminanten, waaronder PAK's. Resultaten uit 2015, 2016 en 2017 lieten zien dat concentraties beneden de norm lagen (NVWA, 2016b;2016a;2017a). Maximale concentraties van monsters uit 2017 in verschillende locaties waren 1,2 µg/kg voor benzo(a)pyreen en 10,5 µg/kg voor PAK4 (NVWA, 2017a).

De risicobeoordeling van PAK's is gebaseerd op de standaard PAK's. Veel minder is bekend over derivaten van PAK's (zuurstofhoudende PAK's ofwel oxy-PAK's). In het algemeen zijn deze derivaten toxischer dan de moederstof en de concentraties van deze oxy-PAK's kunnen hoger zijn dan die van de oorspronkelijke PAK-verbinding (Vandermeersch et al., 2015a).

Kweekvisserij

Vis kan een belangrijke bron van inname van PAK's vormen. Er zijn geen gegevens over concentraties van benzo(a)pyreen en de som van 4 PAK's voor vis in de KAP-database. In 2015 en 2016 heeft NVWA 67 monsters gerookte vis (zoals paling, forel) geanalyseerd op benzo(a)pyreen. In geen van de monsters werd een benzo(a)pyreen-gehalte boven de ML gevonden (NVWA, 2017c).

3.2.6 Literatuur chemische risico's

- Abeyesiriwardena NM, Gascoigne SJL & Anandappa A, 2018. Algal bloom expansion increases cyanotoxin risk in food. *The Yale journal of biology and medicine*, 91 (2), 129-142. Beschikbaar online:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29955218>,
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/PMC6020737/>
- Afonso C, Bernardo I, Bandarra NM, Martins LL & Cardoso C, 2019. The implications of following dietary advice regarding fish consumption frequency and meal size for the benefit (EPA + DHA and Se) versus risk (MeHg) assessment. *Int J Food Sci Nutr*, 1-15. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1080/09637486.2018.1551334>
- Airaksinen R, Rantakokko P, Turunen AW, Vartiainen T, Vuorinen PJ, Lappalainen A, Vihervuori A, Mannio J & Hallikainen A, 2010. Organotin intake through fish consumption in Finland. *Environmental Research*, 110 (6), 544-547. Beschikbaar online:
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2010.06.004>
- Akhter N, Wu B, Memon AM & Mohsin M, 2015. Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: A review. *Fish & Shellfish Immunology*, 45 (2), 733-741. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2015.05.038>
- Alvarez-Munoz D, Rodriguez-Mozaz S, Maulvault AL, Tediosi A, Fernandez-Tejedor M, Van den Heuvel F, Kotterman M, Marques A & Barcelo D, 2015. Occurrence of pharmaceuticals and endocrine disrupting compounds in macroalgae, bivalves, and fish from coastal areas in Europe. *Environmental Research*, 143, 56-64. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.09.018>
- ANSES, 2019. Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on the assessment of the health risks associated with pinnatoxins in shellfish. ANSES, Maisons-Alfort, France, 23 pp.
- Aris AZ, Shamsuddin AS & Praveena SM, 2014. Occurrence of 17alpha-ethynylestradiol (EE2) in the environment and effect on exposed biota: a review. *Environ Int*, 69, 104-119. Beschikbaar online:
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.04.011>
- Assefa A & Abunna F, 2018. Maintenance of Fish Health in Aquaculture: Review of Epidemiological Approaches for Prevention and Control of Infectious Disease of Fish. *Veterinary Medicine International*, 2018, 10. Beschikbaar online:
<https://doi.org/10.1155/2018/5432497>
- Aznar-Alemany O, Trabalon L, Jacobs S, Barbosa VL, Tejedor MF, Granby K, Kwadijk C, Cunha SC, Ferrari F, Vandermeersch G, Sioen I, Verbeke W, Vilavert

- L, Domingo JL, Eljarrat E & Barcelo D, 2017. Occurrence of halogenated flame retardants in commercial seafood species available in European markets. *Food and Chemical Toxicology*, 104, 35-47. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.12.034>
- Baken KA, Sjerps, R.M.A., Schriks, M., van Wezel A.P., 2018. Toxicological risk assessment and prioritization of drinking water relevant contaminants of emerging concern. *Environ Int*, 118, 293-303. Beschikbaar online: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.05.006>
- Bakker MI, de Winter-Sorkina R, de Mul A, Boon PE, van Donkersgoed G, van Klaveren JD, Baumann BA, Hijman WC, van Leeuwen SP, de Boer J & Zeilmaker MJ, 2008. Dietary intake and risk evaluation of polybrominated diphenyl ethers in The Netherlands. *Mol Nutr Food Res*, 52 (2), 204-216. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1002/mnfr.200700112>
- Baptista J, Pato P, Duarte AC & Pardal MA, 2013a. Organochlorine contaminants in different tissues from *Platichthys flesus* (Pisces, Pleuronectidea). *Chemosphere*, 93 (8), 1632-1638. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.08.028>
- Baptista J, Pato P, Pereira E, Duarte AC & Pardal MA, 2013b. PCBs in the fish assemblage of a southern European estuary. *Journal of Sea Research*, 76, 22-30. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.seares.2012.09.011>
- Barani A & Tajik H, 2017. Malachite green residue in farmed fish in north-west part of Iran. *International Journal of Food Properties*, 20 (sup1), S580-S585. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1303708>
- Bengtsson-Palme J & Larsson DGJ, 2016. Concentrations of antibiotics predicted to select for resistant bacteria: Proposed limits for environmental regulation. *Environ Int*, 86, 140-149. Beschikbaar online: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.10.015>
- Besseling E, 2018. Micro- and nanoplastic in the aquatic environment - From rivers to whales, PhD thesis. Wageningen University, Wageningen.
- Blanco SL, Martínez A, Porro C & Vieites JM, 2011. Dietary uptake of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs), occurrence and profiles, in aquacultured turbot (*Psetta maxima*) from Galicia, Spain. *Chemosphere*, 85, 441-447.
- Boon PE, te Biesebeek JD, Brants H, Bouwmeester MC & Hessel EVS, 2017a. Dietary sources of exposure to bisphenol A in the Netherlands. RIVM, Bilthoven.
- Boon PE, te Biesebeek JD, de Wit-Bos L & van Donkersgoed G, 2014. Dietary exposure to dioxins in the Netherlands. RIVM, Bilthoven.
- Boon PE, te Biesebeek JD & van Donkersgoed G, 2017b. Dietary exposure to lead in the Netherlands. RIVM, Bilthoven.

- Boon PE, te Biesebeek JD, van Leeuwen SPJ, Zeilmaker MJ & Hoogenboom LAP, 2016. Dietary exposure to polybrominated diphenyl ethers in the Netherlands. RIVM, Bilthoven.
- Boon PE, van Donkersgoed G, Wolterink G, Brants H, Drijvers J & Zeilmaker MJ, 2017c. The intake of contaminants via a diet according to the Dutch Wheel of Five Guidelines. RIVM, Bilthoven.
- Bruijn Id, Liu Y, Wiegertjes GF & Raaijmakers JM, 2018. Exploring fish microbial communities to mitigate emerging diseases in aquaculture. *FEMS Microbiology Ecology*, 94 (1). Beschikbaar online: <http://edepot.wur.nl/440250>
- Brust GMH, Hoogenboom LAP, Kotterman MJJ & van Leeuwen SPJ, 2018. Contaminanten in Chinese wolhandkrab, Resultaten van 2016 en 2017. RIKILT Wageningen University & Research.
- Burka JF, Hammell KL, Horsberg TE, Johnson GR, Rainnie DJ & Speare DJ, 1997. Drugs in salmonid aquaculture - A review. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 20 (5), 333-349. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2885.1997.00094.x>
- BuRO, 2016. Advies van BuRO over de gezondheidskundige waarde van TTX in oesters en mosselen. Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit, Utrecht, 21 pp. Beschikbaar online: <https://www.nvwa.nl/binaries/nvwa/documenten/consument/eten-drinken-roken/overige-voedselveiligheid/risicobeoordelingen/advies-over-gehaltes-ttx-in-oesters-en-mosselen-6-juni-2017/Advies+over+gehaltes+TTX+in+oesters+en+mosselen+6+juni+2017.pdf>
- Burridge L, Weis JS, Cabello F, Pizarro J & Bostick K, 2010. Chemical use in salmon aquaculture: A review of current practices and possible environmental effects. *Aquaculture*, 306 (1), 7-23. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.05.020>
- Bustnes JO, Borga K, Dempster T, Lie E, Nygard T & Uglem I, 2012. Latitudinal Distribution of Persistent Organic Pollutants in Pelagic and Demersal Marine Fish on the Norwegian Coast. *Environmental Science & Technology*, 46 (14), 7836-7843. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1021/es301191t>
- CBS, 2015. Achtergrondinformatie en handelsstromen (kweekvis, 2015) [Webpagina]. CBS. Beschikbaar online: <https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2015/43/achtergrondinformatie-en-handelsstromen--kweekvis-2015--> [Geraadpleegd: 29-07-2019].
- Chan TYK, 2014. Epidemiology and Clinical Features of Ciguatera Fish Poisoning in Hong Kong. *Toxins*, 6 (10), 2989-2997. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.3390/toxins6102989>
- Chen H, Liu S, Xu XR, Liu SS, Zhou GJ, Sun KF, Zhao JL & Ying GG, 2015. Antibiotics in typical

- marine aquaculture farms surrounding Hailing Island, South China: occurrence, bioaccumulation and human dietary exposure. *Mar Pollut Bull*, 90 (1-2), 181-187. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.10.053>
- Coppens L, Van Gils, J., Ter Laak, T., Raterman, B., van Wezel, A., 2014. Impact van rwzi's op geneesmiddelconcentraties in kwetsbaar oppervlaktewater. H2O, (november 2014, online).
- Costa LG, 2007. Contaminants in fish: risk-benefit considerations. *Arh Hig Rada Toksikol*, 58 (3), 367-374. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2478/v10004-007-0025-3>
- Costa PR, Estevez P, Castro D, Soliño L, Gouveia N, Santos C, Rodrigues SM, Leao JM & Gago- Martínez A, 2018. New Insights into the Occurrence and Toxin Profile of Ciguatoxins in Selvagens Islands (Madeira, Portugal). *Toxins*, 10 (12), 524. Beschikbaar online: <http://www.mdpi.com/2072-6651/10/12/524>
- Costa S, Afonso C, Bandarra NM, Gueifao S, Castanheira I, Carvalho ML, Cardoso C & Nunes ML, 2013. The emerging farmed fish species meagre (*Argyrosomus regius*): how culinary treatment affects nutrients and contaminants concentration and associated benefit-risk balance. *Food Chem Toxicol*, 60, 277-285. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.07.050>
- Costello MJ, Grant A, Davies IM, Cecchini S, Papoutsoglou S, Quigley D & Saroglia M, 2001. The control of chemicals used in aquaculture in Europe. *Journal of Applied Ichthyology*, 17 (4), 173-180. Beschikbaar online: <Go to ISI>://WOS:000171352100005
- Cubadda F, Jackson BP, Cottingham KL, Van Horne YO & Kurzius-Spencer M, 2017. Human exposure to dietary inorganic arsenic and other arsenic species: State of knowledge, gaps and uncertainties. *Sci Total Environ*, 579, 1228-1239. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.108>
- Cunha SC, Fernandes JO, Vallecillos L, Cano-Sancho G, Domingo JL, Pocurull E, Borrull F, Maulvault AL, Ferrari F, Fernandez-Tejedor M, Van den Heuvel F & Kotterman M, 2015. Co-occurrence of musk fragrances and UV-filters in seafood and macroalgae collected in European hotspots. *Environmental Research*, 143, 65-71. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.05.003>
- Cunha SC, Trabalón L, Jacobs S, Castro M, Fernandez-Tejedor M, Granby K, Verbeke W, Kwadijk C, Ferrari F, Robbens J, Sioen I, Pocurull E, Marques A, Fernandes JO & Domingo JL, 2018. UV- filters and musk fragrances in seafood commercialized in Europe Union: Occurrence, risk and exposure assessment. *Environmental Research*, 161, 399-408. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.11.015>
- Dalmo RA, 2018. DNA vaccines for fish: Review and perspectives on correlates of

- protection. *J Fish Dis*, 41 (1), 1-9. Beschikbaar online:
<https://doi.org/10.1111/jfd.12727>
- Daneshian M, Botana LM, Bottein MYD, Buckland G, Campas M, Dennison N, Dickey RW, Diogene J, Fessard V, Hartung T, Humpage A, Leist M, Molgo J, Quilliam MA, Rovida C, Suarez-Isla BA, Tubaro A, Wagner K, Zoller O & Dietrich D, 2013. A Roadmap for Hazard Monitoring and Risk Assessment of Marine Biotoxins on the Basis of Chemical and Biological Test Systems. *Altex- Alternatives to Animal Experimentation*, 30 (4), 487-545. Beschikbaar online: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24173170>
- De Mul A, Bakker MI, Zeilmaker MJ, Traag WA, Leeuwen SP, Hoogenboom RL, Boon PE & Klaveren JD, 2008. Dietary exposure to dioxins and dioxin-like PCBs in The Netherlands anno 2004. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 51 (3), 278-287. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2008.04.010>
- De Witte B, Devriese L, Bekaert K, Hoffman S, Vandermeersch G, Cooreman K & Robbens J, 2014. Quality assessment of the blue mussel (*Mytilus edulis*): Comparison between commercial and wild types. *Mar Pollut Bull*, 85 (1), 146-155. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.006>
- Di Bella G, Potortì AG, Lo Turco V, Bua D, Licata P, Cicero N & Dugo G, 2015. Trace elements in *Thunnus thynnus* from Mediterranean Sea and benefit-risk assessment for consumers. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, 8 (3), 175-181. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1080/19393210.2015.1030347>
- Di Lena G, Casini I, Caproni R, Fusari A & Orban E, 2017. Total mercury levels in commercial fish species from Italian fishery and aquaculture. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, 10 (2), 118-127. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1080/19393210.2017.1281353>
- Drugsverslaving EWvde, 2017. Europees Drugsrapport 2017: Trends en ontwikkelingen. Bureau voor publicaties van de Europese Unie, Luxemburg.
- Dudzina T, von Goetz N, Bogdal C, Biesterbos JWH & Hungerbühler K, 2014. Concentrations of cyclic volatile methylsiloxanes in European cosmetics and personal care products: Prerequisite for human and environmental exposure assessment. *Environ Int*, 62, 86-94. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.10.002>
- Duedahl-Olesen L, Christensen JH, Hoejgard A, Granby K & Timm-Heinrich M, 2010. Influence of smoking parameters on the concentration of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Danish smoked fish. *Food Additives & Contaminants: Part A - Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment*, 27 (9), 1294-1305. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1080/19440049.2010.487074>

- ECsafeSEAFOOD, 2015. Microplastics and the associated contaminants in various environmental compartments and biota.
- ECsafeSEAFOOD, 2016a. Detection and quantification of emerging biotoxins in seafood. ECsafeSEAFOOD, 2016b. Presence and levels of priority contaminants in seafood.
- EFSA, 2015. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment for bees for the active substance imidacloprid considering all uses other than seed treatments and granules. *EFSA Journal*, 13 (8), 4211. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4211>
- EFSA, Penninks A, Baert K, Levorato S & Binaglia M, 2017. Dyes in aquaculture and reference points for action. *EFSA Journal*, 15 (7), e04920. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4920>
- EFSA ANS-Panel, 2015. Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of bisphenol A (BPA) in foodstuffs. *EFSA Journal*, 13 (1), 3978-n/a. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.3978>
- EFSA ANS-Panel, 2016. Scientific Opinion on the re-evaluation of benzoic acid (E 210), sodium benzoate (E 211), potassium benzoate (E 212) and calcium benzoate (E 213) as food additives. *EFSA Journal*, 14 (3), 4433. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4433>
- EFSA ANS Panel, 2015. Scientific Opinion on the re-evaluation of ascorbic acid (E 300), sodium ascorbate (E 301) and calcium ascorbate (E 302) as food additives. *EFSA Journal*, 13 (5).
Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4087>
- EFSA CONTAM-Panel, 2004. Opinion of the Scientific Panel on contaminants in the food chain [CONTAM] to assess the health risks to consumers associated with exposure to organotins in foodstuffs. *EFSA Journal*, 2 (10), 102. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2004.102>
- EFSA CONTAM-Panel, 2008. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. *EFSA Journal*, 6 (8), 724- n/a. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2008.724>
- EFSA CONTAM-Panel, 2009a. Marine biotoxins in shellfish – Summary on regulated marine biotoxins. *EFSA Journal*, 7 (8), 1306-n/a. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1306>
- EFSA CONTAM-Panel, 2009b. Scientific Opinion on marine biotoxins in shellfish – Palytoxin group. *EFSA Journal*, 7 (12), 1393-n/a. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1393>
- EFSA CONTAM-Panel, 2009c. Cadmium in food. *EFSA Journal*, 7 (3), 980-n/a. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.980>
- EFSA CONTAM-Panel, 2010a. Scientific Opinion on marine biotoxins in shellfish – Emerging toxins: Ciguatoxin group. 8, 1627 [1638 pp.].

- EFSA CONTAM-Panel, 2010b. Scientific Opinion on Lead in Food. *EFSA Journal*, 8 (4), 1570-n/a.
Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1570>
- EFSA CONTAM-Panel, 2010c. Statement on further elaboration of the consumption figure of 400 g shellfish meat on the basis of new consumption data. *EFSA Journal*, 8 (8). Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1706>
- EFSA CONTAM-Panel, 2010d. Scientific Opinion on marine biotoxins in shellfish – Emerging toxins: Brevetoxin group. *EFSA Journal*, 8, 1677-na.
- EFSA CONTAM-Panel, 2010e. Scientific Opinion on marine biotoxins in shellfish – Cyclic imines (spirolides, gymnodimines, pinnatoxins and pteriatoxins). *EFSA Journal*, 8 (6). Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1628>
- EFSA CONTAM-Panel, 2010f. Scientific Opinion on Arsenic in Food. *EFSA Journal*, 7 (10).
Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1351>
- EFSA CONTAM-Panel, 2010g. Results of the monitoring of non dioxin-like PCBs in food and feed.
EFSA Journal, 8, 1701-n/a. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2008.724>
- EFSA CONTAM-Panel, 2011a. Scientific Opinion on Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDEs) in Food. *EFSA Journal*, 9(5), 2156-n/a.
- EFSA CONTAM-Panel, 2011b. Statement on tolerable weekly intake for cadmium. *EFSA Journal*, 9 (2), 1975-n/a. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.1975>
- EFSA CONTAM-Panel, 2011c. Scientific Opinion on Hexabromocyclododecanes (HBCDDs) in Food. *EFSA Journal*, 9 (7), 2296-n/a. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2296>
- EFSA CONTAM-Panel, 2012a. Perfluoroalkylated substances in food: occurrence and dietary exposure. *EFSA Journal*, 10 (6), 2743-n/a. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2743>
- EFSA CONTAM-Panel, 2012b. Scientific Opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *EFSA Journal*, 10 (12), 2985-n/a. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2985>
- EFSA CONTAM-Panel, 2012c. Scientific Opinion on Mineral Oil Hydrocarbons in Food. *EFSA Journal*, 10 (6), 2704. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2704>
- EFSA CONTAM-Panel, 2012d. Scientific Opinion on Emerging and Novel Brominated Flame Retardants (BFRs) in Food. *EFSA Journal*, 10 (10), 2908-n/a.
Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2908>
- EFSA CONTAM-Panel, 2014a. Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. *EFSA Journal*, 12 (3), 3597. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3597>

- EFSA CONTAM-Panel, 2014b. Scientific Opinion on the risks for human and animal health related to the presence of modified forms of certain mycotoxins in food and feed. *EFSA Journal*, 12, 3916- n/a.
- EFSA CONTAM-Panel, 2016a. Presence of microplastics and nanoplastics in food, with particular focus on seafood. *EFSA Journal*, 14 (6), e04501. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4501>
- EFSA CONTAM-Panel, 2016b. Malachite green in food. *EFSA Journal*, 14 (7), e04530-n/a. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4530>
- EFSA CONTAM-Panel, 2017. Risks to human and animal health related to the presence of deoxynivalenol and its acetylated and modified forms in food and feed. *EFSA Journal*, 15, 4718- n/a.
- EFSA CONTAM-Panel, 2018a. Risk to human health related to the presence of perfluorooctane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food. *EFSA Journal*, 16, 5194-n/a.
- EFSA CONTAM-Panel, 2018b. Risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in feed and food. *EFSA Journal*, 16, 5333-n/a.
- EFSA CONTAM-Panel, Knutsen HK, Alexander J, Barregård L, Bignami M, Brüschweiler B, Ceccatelli S, Cottrill B, Dinovi M, Edler L, Grasl-Kraupp B, Hogstrand C, Hoogenboom L, Nebbia CS, Oswald IP, Rose M, Roudot A-C, Schwerdtle T, Vleminckx C, Vollmer G, Wallace H, Arnich N, Benford D, Botana L, Viviani B, Arcella D, Binaglia M, Horvath Z, Steinkellner H, van Manen M & Petersen A, 2017. Risks for public health related to the presence of tetrodotoxin (TTX) and TTX analogues in marine bivalves and gastropods. *EFSA Journal*, 15 (4), e04752-n/a. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4752>
- EFSA FEEDAP-Panel, 2012. Scientific Opinion on the safety and efficacy of bentonite as a technological feed additive for all species. *EFSA Journal*, 10, 2787-n/a.
- EFSA FEEDAP-Panel, 2014. Scientific Opinion on the safety and efficacy of synthetic astaxanthin as feed additive for salmon and trout, other fish, ornamental fish, crustaceans and ornamental birds. *EFSA Journal*, 12 (6), 3724. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3724>
- EFSA Panel on Animal Health and Welfare, 2008. Animal welfare aspects of husbandry systems for farmed Atlantic salmon - Scientific Opinion of the Panel on Animal Health and Welfare. *EFSA Journal*, 6 (7). Beschikbaar online: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2008.736>
- Eriksen M, Lebreton LCM, Carson HS, Thiel M, Moore CJ, Bornerro JC, Galgani F, Ryan PG & Reisser J, 2014. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS One*, 9

- (12), e111913. Beschikbaar online:
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>
- Essumang DK, Doodoo DK & Adjei JK, 2013. Effect of smoke generation sources and smoke curing duration on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) in different suites of fish. *Food and Chemical Toxicology*, 58, 86-94. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.04.014>
- Evensen O, 2016. Immunization Strategies against *Piscirickettsia salmonis* Infections: Review of Vaccination Approaches and Modalities and Their Associated Immune Response Profiles. *Frontiers in Immunology*, 7. Beschikbaar online:
<https://doi.org/10.3389/fimmu.2016.00482>
- Faassen E, Bovee T, M. K, Alewijn M & Gerssen A, 2018. Potentieel toxisch fytoplankton in productiegebieden van tweekleppige weekdieren. Evaluatie van het Nederlandse monitoringsprogramma met voorstellen voor een alternatieve aanpak. RIKILT, Wageningen.
- FAO, 2014. Assessment and management of seafood safety and quality, Current practices and emerging issues. FAO, Rome.
- Fierens T, Servaes K, Van Holderbeke M, Geerts L, De Henauw S, Sioen I & Vanermen G, 2012. Analysis of phthalates in food products and packaging materials sold on the Belgian market. *Food and Chemical Toxicology*, 50 (7), 2575-2583. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.04.029>
- Fockedeij N, Polet H, Torreele E, Duriez A, Lamour L, Mongodin M & Vallet E, 2018. Vis- en Zeevruchtengids voor professionele gebruikers, update 2018. Ethic Ocean en VLIZ. Beschikbaar online: www.zeevruchtengids.org
- Foekema EM, Van den Heuvel-Greve MJ, Murk AJ & Koelmans AA, 2017. Plastics in mosselen. Wageningen Marine Research, Wageningen.
- Forsberg ND, Stone D, Harding A, Harper B, Harris S, Matzke MM, Cardenas A, Waters KM & Anderson KA, 2012. Effect of Native American Fish Smoking Methods on Dietary Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Possible Risks to Human Health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60 (27), 6899-6906. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1021/jf300978m>
- Front Office Voedsel- en Productveiligheid, 2019. Consumptie van vis, schaal- en schelpdieren. V/090130. RIVM, Bilthoven.
- Gebbink WA, van Asseldonk L & van Leeuwen SPJ, 2017. Presence of Emerging Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs) in River and Drinking Water near a Fluorochemical Production Plant in the Netherlands. *Environmental Science & Technology*, 51 (19), 11057- 11065. Beschikbaar online:
<https://doi.org/10.1021/acs.est.71302488>
- Gerssen A, Pol-Hofstad IE, Poelman M, Mulder PJ, van den Top HJ & de Boer J, 2010. Marine toxins: Chemistry, toxicity, occurrence and detection, with

- special reference to the Dutch situation. *Toxins*, 2 (4), 878. Beschikbaar online: <http://www.mdpi.com/2072-6651/2/4/878>
<http://www.mdpi.com/2072-6651/2/4/878/pdf>
- Gezondheidsraad, 2015. Vis - Achtergronddocument bij Richtlijnen goede voeding 2015, publicatienr. A15/25. Gezondheidsraad, Den Haag.
- Gochfeld M & Burger J, 2005. Good fish/bad fish: a composite benefit-risk by dose curve. *Neurotoxicology*, 26 (4), 511-520. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2004.12.010>
- Goeritz I, Falk S, Stahl T, Schafers C & Schlechtriem C, 2013. Biomagnification and tissue distribution of perfluoroalkyl substances (PFASs) in market-size rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 32 (9), 2078-2088. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1002/etc.2279>
- Goncalves RA, Schatzmayr D, Hofstetter U & Santos GA, 2017. Occurrence of mycotoxins in aquaculture: preliminary overview of Asian and European plant ingredients and finished feeds. *World Mycotoxin Journal*, 10 (2), 183-194. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.3920/wmj2016.2111>
- Greutink T, Snijdelaar M, Brandwijk T & Kunst M, 2005. Analyse van de schelpdierketen in Nederland. Directie Kennis, LNV, Wageningen.
- Guardiola FA, Cuesta A, Meseguer J & Esteban MA, 2012. Risks of using antifouling biocides in aquaculture. *International Journal of Molecular Sciences*, 13 (2), 1541. Beschikbaar online: <http://www.mdpi.com/1422-0067/13/2/1541>
- Gueguen M, Amiard JC, Arnich N, Badot PM, Claisse D, Guerin T & Vernoux JP, 2011. Shellfish and residual chemical contaminants: hazards, monitoring, and health risk assessment along French coasts. *Rev Environ Contam Toxicol*, 213, 55-111. Beschikbaar online: https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9860-6_3
- Guerin T, Sirot V, Volatier JL & Leblanc JC, 2007. Organotin levels in seafood and its implications for health risk in high-seafood consumers. *Science of The Total Environment*, 388 (1-3), 66-77. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.08.027>
- Guevel MR, Sirot V, Volatier JL & Leblanc JC, 2008. A risk-benefit analysis of French high fish consumption: a QALY approach. *Risk Anal*, 28 (1), 37-48. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2008.01001.x>
- Harikrishnan R, Balasundaram C & Heo MS, 2011. Impact of plant products on innate and adaptive immune system of cultured finfish and shellfish. *Aquaculture*, 317 (1-4), 1-15. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.03.039>
- Hermabessiere L, Dehaut A, Paul-Pont I, Lacroix C, Jezequel R, Soudant P & Duflos G, 2017.

- Occurrence and effects of plastic additives on marine environments and organisms: A review. *Chemosphere*, 182, 781-793. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.05.096>
- Hites RA, Foran JA, Carpenter DO, Hamilton MC, Knuth BA & Schwager SJ, 2004a. Global assessment of organic contaminants in farmed salmon. *Science*, 303 (5655), 226-229. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1126/science.1091447>
- Hites RA, Foran JA, Schwager SJ, Knuth BA, Hamilton MC & Carpenter DO, 2004b. Global assessment of polybrominated diphenyl ethers in farmed and wild salmon. *Environmental Science & Technology*, 38, 4945-4949. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1126/science.1091447>
- Hofman-Caris R, Siegers W & Hofman J, 2016. Removal of pharmaceuticals from WWTP effluent. *KWR*, December 2016 (2016.064).
- Hoogenboom RL, Kotterman MJ, Hoek-van Nieuwenhuizen M, van der Lee MK, Mennes WC, Jeurissen SM & van Leeuwen SP, 2015. Dioxins, PCBs and heavy metals in Chinese mitten crabs from Dutch rivers and lakes. *Chemosphere*, 123, 1-8. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.10.055>
- Hoseinifar SH, Esteban MA, Cuesta A & Sun YZ, 2015. Probiotics and fish immune response: A review of current knowledge and future perspectives. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 23 (4), 315-328. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1080/23308249.2015.1052365>
- Hossain MA, Hoq ME & Mazid MA, 2008. Use of Chemicals and Biological Products in Aquaculture in Bangladesh. *The Agriculturists*, 6 (1&2). Beschikbaar online: <https://doi.org/10.3329/agric.v6i1.5212>
- Huerta B, Jakimska A, Gros M, Rodríguez-Mozaz S & Barceló D, 2013. Analysis of multi-class pharmaceuticals in fish tissues by ultra-high-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1288, 63-72. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2013.03.001>
- Isosaari P, Lundebye AK, Ritchie G, Lie O, Kiviranta H & Vartiainen T, 2005. Dietary accumulation efficiencies and biotransformation of polybrominated diphenyl ethers in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Addit. Contam.*, 22, 829-837.
- Jacobs S, Sioen I, Jacxsens L, Domingo JL, Sloth JJ, Marques A & Verbeke W, 2017. Risk assessment of methylmercury in five European countries considering the national seafood consumption patterns. *Food and Chemical Toxicology*, 104, 26-34. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.10.026>
- Jambeck JR, Geyer R, Wilcox C, Siegler TR, Perryman M, Andrady A, Narayan R & Law KL, 2015.

- Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347 (6223). Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Jennings S, Stentiford GD, Leocadio AM, Jeffery KR, Metcalfe JD, Katsiadaki I, Auchterlonie NA, Mangi SC, Pinnegar JK, Ellis T, Peeler EJ, Luisetti T, Baker-Austin C, Brown M, Catchpole TL, Clyne FJ, Dye SR, Edmonds NJ, Hyder K, Lee J, Lees DN, Morgan OC, O'Brien CM, Oidtmann B, Posen PE, Santos AR, Taylor NGH, Turner AD, Townhill BL & Verner-Jeffreys DW, 2016. Aquatic food security: insights into challenges and solutions from an analysis of interactions between fisheries, aquaculture, food safety, human health, fish and human welfare, economy and environment. *Fish and Fisheries*, 17 (4), 893-938. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1111/faf.12152>
- Jiang H, Qin D, Mou Z, Zhao J, Tang S, Wu S & Gao L, 2016. Trace elements in farmed fish (*Cyprinus carpio*, *Ctenopharyngodon idella* and *Oncorhynchus mykiss*) from Beijing: implication from feed. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, 9 (2), 132-141. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1080/19393210.2016.1152597>
- Julshamn K, Nilsen BM, Frantzen S, Valdersnes S, Maage A, Nedreaas K & Sloth JJ, 2012. Total and inorganic arsenic in fish samples from Norwegian waters. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, 5 (4), 229-235. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1080/19393210.2012.698312>
- Karami A, Golieskardi A, Choo CK, Larat V, Karbalaei S & Salamatinia B, 2018. Microplastic and mesoplastic contamination in canned sardines and sprats. *Science of The Total Environment*, 612, 1380-1386. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.005>
- Karl H & Ruoff U, 2008. Dioxins and dioxin-like PCBs in fish and fishery products on the German market. *Journal Fur Verbraucherschutz Und Lebensmittelsicherheit-Journal of Consumer Protection and Food Safety*, 3 (1), 19-27. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1007/s00003-007-0297-1>
- Klein Haneveld J & Haenen O, 2016. Eerste formularium kweekvis nu beschikbaar. *Tijdschrift voor Diergeneeskunde* 10, 10, 50-51.
- Knetsch GJ, 2016. Environmental radioactivity in the Netherlands: Results in 2015. RIVM, Bilthoven.
- KNMD, 2015. Koninklijke Nederlandse Maatschappij voor Diergeneeskunde, Werkgroep veterinair antibioticum beleid. Formularium consumptievis, oktober 2015.
- Krafft MP & Riess JG, 2015. Per- and polyfluorinated substances (PFASs): Environmental challenges. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 20 (3), 192-212. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2015.07.004>
- Leonards PE, Besselink H, Klungsøyr J, McHugh B, Nixon E, Rimkus GG, Brouwer A & de Boer J, 2012. Toxicological risks to humans of toxaphene residues in fish.

- Integrated Environmental Assessment and Management, 8 (3), 523-529.
Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1002/ieam.1275>
- Lillicrap A, 2018. Risk of sea lice in aquaculture versus the cost of treatment.
Integrated Environmental Assessment and Management, 14 (1), 156-157.
Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1002/ieam.1988>
- Little DC, Bhujel RC & Pham TA, 2003. Advanced nursing of mixed-sex and mono-sex tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry, and its impact on subsequent growth in fertilized ponds.
Aquaculture, 221 (1), 265-276. Beschikbaar online:
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00008-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00008-5)
- Liu S, Chen H, Xu XR, Hao QW, Zhao JL & Ying GG, 2017a. Three classes of steroids in typical freshwater aquaculture farms: Comparison to marine aquaculture farms. *Sci Total Environ*, 609, 942-950. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.207>
- Liu S, Chen H, Xu XR, Liu SS, Sun KF, Zhao JL & Ying GG, 2015. Steroids in marine aquaculture farms surrounding Hailing Island, South China: occurrence, bioconcentration, and human dietary exposure. *Sci Total Environ*, 502, 400-407. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.09.039>
- Liu S, Xu, X. R., Qi, Z. H., Chen, H., Hao, Q. W., Hu, Y. X., Zhao, J. L., Ying, G. G., 2017. Steroid bioaccumulation profiles in typical freshwater aquaculture environments of South China and their human health risks via fish consumption. *Environmental Pollution*, 228, 72-81. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.05.031>
- Liu X, Steele JC & Meng XZ, 2017b. Usage, residue, and human health risk of antibiotics in Chinese aquaculture: A review. *Environmental Pollution*, 223, 161-169. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.003>
- Love DC, Rodman S, Neff RA & Nachman KE, 2011. Veterinary drug residues in seafood inspected by the European Union, United States, Canada, and Japan from 2000 to 2009. *Environmental Science & Technology*, 45 (17), 7232-7240. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1021/es201608q>
- Low KH, Zain SM, Abas M, Salleh KM & Teo YY, 2015. Distribution and health risk assessment of trace metals in freshwater tilapia from three different aquaculture sites in Jelebu Region (Malaysia). *Food Chemistry*, 177, 390-396. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.059>
- Lundebye AK, Hove H, Mage A, Bohne VJB & Hamre K, 2010. Levels of synthetic antioxidants (ethoxyquin, butylated hydroxytoluene and butylated

- hydroxyanisole) in fish feed and commercially farmed fish. *Food Additives & Contaminants: Part A - Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment*, 27 (12), 1652-1657. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1080/19440049.2010.508195>
- Maqsood S, Benjakul S & Shahidi F, 2013. Emerging role of phenolic compounds as natural food additives in fish and fish products. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 53 (2), 162-179. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.518775>
- Mattei C, Vetter I, Eisenblätter A, Krock B, Ebbecke M, Desel H & Zimmermann K, 2014. Ciguatera fish poisoning: A first epidemic in Germany highlights an increasing risk for European countries. *Toxicon*, 91, 76-83. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2014.10.016>
- Maulvault AL, Anacleto P, Barbosa V, Sloth JJ, Rasmussen RR, Tediosi A, Fernandez-Tejedor M, van den Heuvel FHM, Kotterman M & Marques A, 2015. Toxic elements and speciation in seafood samples from different contaminated sites in Europe. *Environmental Research*, 143, 72-81. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.09.016>
- Mayfield DB & Fairbrother A, 2015. Examination of rare earth element concentration patterns in freshwater fish tissues. *Chemosphere*, 120, 68-74. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.06.010>
- McHugh B, McGovern E, Nixon E, Klungsøyr J, Rimkus GG, Leonards PE & deBoer J, 2004. Baseline survey of concentrations of toxaphene congeners in fish from European waters. *Journal of Environmental Monitoring*, 6 (8), 665-672. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1039/B403169E>
- Mlalila N, Mahika C, Kalombo L, Swai H & Hilonga A, 2015. Human food safety and environmental hazards associated with the use of methyltestosterone and other steroids in production of all- male tilapia. *Environ Sci Pollut Res Int*, 22 (7), 4922-4931. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4133-3>
- Moermond C, Venhuis B, van Elk M, Oostlander A, van Vlaardingen P, Marinković M & van Dijk J, 2018. Cytostatics in Dutch surface water. Use, presence and risks to the aquatic environment. RIVM, Bilthoven.
- Moermond CTA, Smit CE, van Leerdam RC, van der AA NGFM & Montforts MHMM, 2016. Geneesmiddelen en waterkwaliteit. RIVM, Bilthoven.
- Munang'andu HM & Evensen O, 2015. A review of intra- and extracellular antigen delivery systems for virus vaccines of finfish. *Journal of Immunology Research*. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1155/2015/960859>
- Nacher-Mestre J, Serrano R, Beltran E, Perez-Sanchez J, Silva J, Karalazos V, Hernandez F & Berntssen MHG, 2015. Occurrence and potential transfer of mycotoxins in gilthead sea bream

- and Atlantic salmon by use of novel alternative feed ingredients. *Chemosphere*, 128, 314-320. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.02.021>
- Newaj-Fyzul A & Austin B, 2015. Probiotics, immunostimulants, plant products and oral vaccines, and their role as feed supplements in the control of bacterial fish diseases. *J Fish Dis*, 38 (11), 937-955. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1111/jfd.12313>
- Niewiadowska A, Kiljanek T, Semeniuk S, Niemczuk K & Zmudzki J, 2016. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat and fish. *Medycyna Weterynaryjna*, 72 (6), 383-388. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.21521/mw.5516>
- Noorlander CW, van Leeuwen SPJ, Biesebeek JDT, Mengelers MJB & Zeilmaker MJ, 2011. Levels of perfluorinated compounds in food and dietary intake of PFOS and PFOA in the Netherlands. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 (13), 7496-7505. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1021/jf104943p>
- NVWA, 2016a. Chemisch contaminanten onderzoek productiegebieden voor tweekleppige weekdieren 2016. Utrecht.
- NVWA, 2016b. Sanitair Schelpdier Onderzoek 2015: Resultaten.
- NVWA, 2017a. Chemisch contaminanten onderzoek productiegebieden voor tweekleppige weekdieren 2017. NVWA, Utrecht.
- NVWA, 2017b. Advies van BuRO over gehaltenes TTX in oesters en mosselen 6 juni 2017. Utrecht. NVWA, 2017c. Eerste Staat van Voedselveiligheid. Basisinformatieblad Vis - Toezicht [Webpagina].
NVWA. Beschikbaar online: <https://www.nvwa.nl/documenten/nvwa/organisatie/hoe-de-nvwa-werkt/publicaties/staat-van-voedselveiligheid-documenten>
- NVWA, 2018. Onderzoek (potentieel) gekleurde tonijn 2017. NVWA, Utrecht.
- Osté L, Postma J, Roskam G, Keijzers R & van Duijnhoven N, 2018. Basisdocumentatie probleemstoffen KRW. Deltares, Utrecht.
- Pellini G, Gomiero A, Fortibuoni T, Ferra C, Grati F, Tasseti N, Polidori P, Fabi G & Scarcella G, 2018. Characterization of microplastic litter in the gastrointestinal tract of *Solea solea* from the Adriatic Sea. *Environmental Pollution*, 234, 943-952. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.038>
- Pieters H & Kotterman MJJ, 2005. Biologische monitoring zoete rijkswateren: microverontreinigingen in rode aal - 2004. Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO), IJmuiden.
- Ralston NVC, Ralston CR & Raymond LJ, 2016. Selenium health benefit values: Updated criteria for mercury risk assessments. *Biol Trace Elem Res*, 171 (2), 262-269. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0516-z>

- Rasmussen RR, Sondergaard AB, Boknaes N, Cederberg TL, Sloth JJ & Granby K, 2017. Effects of industrial processing on essential elements and regulated and emerging contaminant levels in seafood. *Food and Chemical Toxicology*, 104, 85-94. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.02.008>
- Reposi A, Farabegoli F, Gazzotti T, Zironi E & Pagliuca G, 2016. Bisphenol a in edible part of seafood. *Italian Journal of Food Safety*, 5 (2), 98-105. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.4081/ijfs.2016.5666>
- Rico A, Phu TM, Satapornvanit K, Min J, Shahabuddin AM, Henriksson PJG, Murray FJ, Little DC, Dalsgaard A & van den Brink PJ, 2013. Use of veterinary medicines, feed additives and probiotics in four major internationally traded aquaculture species farmed in Asia. *Aquaculture*, 412, 231-243. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.07.028>
- Rijkswaterstaat, 2016. Handboek Immissietoets 2016.
- RIKILT, 2016. Monitoring contaminants in Dutch fish and fishery products. Beschikbaar online: <https://www.wur.nl/en/project/Monitoring-contaminants-in-Dutch-fish-and-fishery-products.htm>
- Santos L & Ramos F, 2016. Analytical strategies for the detection and quantification of antibiotic residues in aquaculture fishes: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 52, 16-30.
- SAPEA, 2019. A scientific perspective om microplastics in nature and society. SAPEA (Science Advice for Policy by European Academies), Berlin. Beschikbaar online: <https://doi.org/https://doi.org/10.26356/microplastics>
- Schuetze A, Heberer T & Juergensen S, 2008. Occurrence of residues of the veterinary drug malachite green in eels caught downstream from municipal sewage treatment plants. *Chemosphere*, 72 (11), 1664-1670. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.05.036>
- Science for Environment Policy, 2015. Sustainable aquaculture. Future Brief 11. Beschikbaar online: <http://ec.europa.eu/science-environment-policy>
- Scientific Committee on Food, 2001. Opinion of the Scientific Committee on Food on the risk assessment of dioxins and dioxin-like PCBs in food. Update based on new scientific information available since the adoption of the SCF opinion of 22nd November 2000, Adopted on 30 May 2001. European Commission, Brussels.
- Seltenrich N, 2015. New link in the food chain? Marine plastic pollution and seafood safety. *Environmental Health Perspectives*, 123 (2), A34-A41. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1289/ehp.123-A34>
- Shalan M, Saleh M, El-Mahdy M & El-Matbouli M, 2016. Recent progress in applications of nanoparticles in fish medicine: A review. *Nanomedicine-*

- Nanotechnology Biology and Medicine, 12 (3), 701-710. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.nano.2015.11.005>
- Sirot V, Leblanc JC & Margaritis I, 2012. A risk-benefit analysis approach to seafood intake to determine optimal consumption. *Br J Nutr*, 107 (12), 1812-1822. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1017/s0007114511005010>
- Sneekes AC, Kotterman M & Poelman M, 2018. Literatuuronderzoek chemische gevaren in visserijproducten uit kust- en binnenvisserij, onderdeel van de visketen. Wageningen Marine Research, Wageningen.
- Sneekes AC & van Barneveld E, 2018. Resultaten van het Rijkswaterstaat JAMP 2017 monitoringsprogramma van milieukritische stoffen in schelpdieren Wageningen Marine Research, Wageningen.
- Snijdelaar M, Greutink T & Brandwijk T, 2006. Voedselrisico's kweekvis. State of the art 2005. Directie Kennis, Ministerie van LNV, Ede.
- Sprong RC & Boon PE, 2015. Dietary exposure to cadmium in the Netherlands. RIVM, Bilthoven.
- Stolyhwo A & Sikorski ZE, 2005. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish - a critical review. *Food Chemistry*, 91 (2), 303-311. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.012>
- Struciński P, Piskorska-Pliszczyńska J, Maszewski S, Góralczyk K, Warenik-Bany M, Mikołajczyk S, Czaja K, Hernik A & Ludwicki JK, 2013. PCDD/Fs and DL-PCBs intake from fish caught in Polish fishing grounds in the Baltic Sea - Characterizing the risk for consumers. *Environ Int*, 56, 32-41. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.03.002>
- Subedi B, Du BW, Chambliss CK, Koschorreck J, Rudel H, Quack M, Brooks BW & Usenko S, 2012. Occurrence of pharmaceuticals and personal care products in German fish tissue: A national study. *Environmental Science & Technology*, 46 (16), 9047-9054. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1021/es301359t>
- Suominen K, Hallikainen A, Ruokojärvi P, Airaksinen R, Koponen J, Rannikko R & Kiviranta H, 2011. Occurrence of PCDD/F, PCB, PBDE, PFAS, and organotin compounds in fish meal, fish oil and fish feed. *Chemosphere*, 85 (3), 300-306. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.06.010>
- Tedesco P, Fioravanti ML & Galuppi R, 2019. In vitro activity of chemicals and commercial products against *Saprolegnia parasitica* and *Saprolegnia delica* strains. *J Fish Dis*, 42 (2), 237-248. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1111/jfd.12923>
- ter Laak TL, Kooij PJF, Tolkamp H & Hofman J, 2014. Different compositions of pharmaceuticals in Dutch and Belgian rivers explained by consumption patterns and treatment efficiency. *Environmental Science and Pollution Research*, 21 (22), 12843-12855. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3233-9>

- ter Laak TL, van der Aa M, Houtman CJ, Stoks PG & van Wezel AP, 2010. Relating environmental concentrations of pharmaceuticals to consumption: A mass balance approach for the river Rhine. *Environ Int*, 36 (5), 403-409.
Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.02.009>
- Terpstra AHM, Bijl RAJ & Rutjes G, 2009. De samenstelling van de vis. *Aquacultuur*, 6, 28-31.
- Trabalon L, Vilavert L, Domingo JL, Pocurull E, Borrull F & Nadal M, 2017. Human exposure to brominated flame retardants through the consumption of fish and shellfish in Tarragona County (Catalonia, Spain). *Food and Chemical Toxicology*, 104, 48-56. Beschikbaar online:
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.11.022>
- van Asselt ED & Kluche M, 2018a. Literatuuronderzoek zeevisserij als onderdeel van de visketen.
Beknopte rapportage van een literatuurscreening naar mogelijke chemische gevaren in de zeevisserij. RIKILT, Wageningen.
- van Asselt ED & Kluche M, 2018b. Literatuuronderzoek kweekvis. Beknopte rapportage van een literatuurscreening naar mogelijke chemische gevaren in kweekvis. RIKILT, Wageningen.
- van Asselt ED, Nijkamp MM & Kluche M, 2017. Literatuuronderzoek schaal- en schelpdieren. Beknopte rapportage van een literatuurscreening naar mogelijke chemische gevaren in de schaal- en schelpdierketen. RIKILT, Wageningen.
- van Asselt ED & Noordam MY, 2018. Resultaten deskundigenraadpleging visketen. RIKILT, Wageningen.
- Van Cauwenberghe L & Janssen CR, 2014. Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution*, 193, 65-70. Beschikbaar online:
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.06.010>
- van de Vis H, Bokma M & Schram E, 2019. Risico-evaluatie dierenwelzijn in ketens van vissen, schaal- en schelpdieren. Wageningen Livestock Research, Wageningen University & Research, Wageningen.
- van der Aa M, Bijlsma L, Emke E, Dijkman E, van Nuijs ALN, van de Ven B, Hernández F, Versteegh A & de Voogt P, 2013. Risk assessment for drugs of abuse in the Dutch watercycle. *Water Research*, 47 (5), 1848-1857.
Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.01.013>
- van der Grient R, Thijssen R & van der Leij B, 2018. Risicoperceptie: Evaluatie visketen. Motivaction research and strategy., Amsterdam.
- van der Lee MK, van Leeuwen SPJ, Hoek-van Nieuwenhuizen M, Kotterman MJJ & Hoogenboom LAP, 2013. Verontreiniging Nederlandse schieraal 2009-2010. RIKILT, Wageningen UR, Wageningen.
- van Kreijl CF & Knaap AGAC, 2004. Ons eten gemeten Gezonde voeding en veilig voedsel in Nederland. RIVM, Bilthoven.

- van Leeuwen S, van Velzen M, Swart K, van der Veen I, Traag M, Spanjer M, Scholten, van Rhijn H & de Boer J, 2008. Contaminants in popular farmed fish consumed in The Netherlands and their levels in fish feed. VU University, Institute for Environmental Studies (IVM), Amsterdam.
- van Leeuwen SPJ, Hoogenboom LAP & Kotterman MJJ, 2016a. Dioxines, dioxineachtige- en niet dioxineachtige PCB's in rode aal uit Nederlandse binnenwateren. RIKILT, Wageningen University & Research, Wageningen.
- van Leeuwen SPJ, Hoogenboom LAP & Kotterman MJJ, 2016b. Contaminanten in Chinese wolhandkrab. RIKILT, Wageningen University & Research, Wageningen.
- van Leeuwen SPJ, Hoogenboom LAP & Kotterman MJJ, 2018. Dioxines, dioxineachtige- en niet dioxineachtige PCB's in rode aal en schubvis uit Nederlandse binnenwateren - Resultaten 2017. RIKILT, Wageningen University & Research, Wageningen.
- van Leeuwen SPJ, Kotterman MJJ, Hoek-van Nieuwenhuizen M, van der Lee MK & Hoogenboom LAP, 2013a. Dioxines en PCB's in rode aal uit Nederlandse binnenwateren. RIKILT, Wageningen.
- van Leeuwen SPJ, Kotterman MJJ, van der Lee MK & Hoogenboom LAP, 2013b. Dioxines en PCB's in Chinese wolhandkrab. RIKILT, Wageningen UR, Wageningen.
- van Leeuwen SPJ, van der Roest J, van der Lee MK & Hoogenboom LAP, 2013c. Contaminanten in vis en schaaldieren uit de Noordzee. RIKILT, RIKILT Wageningen UR, Wageningen.
- van Leeuwen SPJ, van Velzen MJM, Swart CP, van der Veen I, Traag WA & de Boer J, 2009. Halogenated contaminants in farmed salmon, trout, tilapia, pangasius, and shrimp. *Environmental Science & Technology*, 43 (11), 4009-4015. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1021/es803558r>
- Vandermeersch G, Lourenco HM, Alvarez-Munoz D, Cunha S, Diogene J, Cano-Sancho G, Sloth JJ, Kwadijk C, Barcelo D, Allegaert W, Bekaert K, Fernandes JO, Marques A & Robbens J, 2015a. Environmental contaminants of emerging concern in seafood - European database on contaminant levels. *Environmental Research*, 143, 29-45. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.06.011>
- Vandermeersch G, Van Cauwenberghe L, Janssen CR, Marques A, Granby K, Fait G, Kotterman MJJ, Diogene J, Bekaert K, Robbens J & Devriese L, 2015b. A critical view on microplastic quantification in aquatic organisms. *Environmental Research*, 143, 46-55. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.07.016>
- Verger P, Khalfi N, Roy C, Blanchemanche S, Marette S & Roosen J, 2008. Balancing the risk of dioxins and polychlorinated biphenyls (PCBs) and the

- benefit of long-chain polyunsaturated fatty acids of the n-3 variety for French fish consumers in western coastal areas. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 25 (6), 765-771. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1080/02652030701816542>
- Verschoor A, Zwartkruis J, Hoogsteen M, Scheepmaker J, de Jong F, van der Knaap Y, Leendertse P, Boeke S, Vijftigschild R, Kruijne R & Tamis W, 2019. Tussenevaluatie van de nota 'Gezonde Groei, Duurzame Oogst': Deelproject Milieu. RIVM, Bilthoven, 170 pp.
- Vijver M.G. ZMvt, Tamis W.L.M., Musters C.J.M., Snoo G.R. de, 2008. Spatial and temporal analysis of pesticides concentrations in surface water: pesticides atlas. *Journal of Environmental Science and Health part B*, 43, 665-674.
- Vilavert L, Borrell F, Nadal M, Jacobs S, Minnens F, Verbeke W, Marques A & Domingo JL, 2017. Health risk/benefit information for consumers of fish and shellfish: FishChoice, a new online tool. *Food and Chemical Toxicology*, 104, 79-84. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.02.004>
- Visciano P, Schirone M, Berti M, Milandri A, Tofalo R & Suzzi G, 2016. Marine Biotoxins: Occurrence, Toxicity, Regulatory Limits and Reference Methods. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1051. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01051>
- Vissers M, Vergouwen L & Witteveen S, 2017. Landelijke hotspotanalyse geneesmiddelen RWZI's [Webpagina]. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.
- VWA, 2005. Diergeneesmiddelen in kweekvis. VWA. Beschikbaar online: <http://library.wur.nl/ebooks/VWA/1778324.pdf>
- Zafeiraki E, Gebbink WA, Hoogenboom RLAP, Kotterman M, Kwadijk C, Dassenakisa E & van Leeuwen SPJ, 2019. Occurrence of perfluoralkyl substances (PFASs) in a large number of wild and farmed aquatic animals collected in the Netherlands. *Chemosphere*, 232, 415-423. Beschikbaar online: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.200>
- Zoetemeyer B & Lucas B, 2007. Zoetwatervissen en hun omgeving, hoofdstuk 2. In, Basisboek visstandbeheer. Sportvisserij Nederland, Bilthoven.