

Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren: microverontreinigingen in driehoeksmosselen – 2009

S.T. Glorius en Dr. Ir. M.J.J. Kotterman

Rapport C057/10



IMARES Wageningen UR

(IMARES - institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat Waterdienst
Mevr. S. Rog
Postbus 17
8200 AA Lelystad

Publicatiedatum:

21-05-2010

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

© 2010 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO,
geregistreerd in het Handelsregister
nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

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

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

A_4_3_1-V9.1

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Samenvatting	5
Voorwoord	6
1. Inleiding.....	7
2. Methoden	8
2.1 Bemonstering driehoeksmosselen.....	8
2.2 Uitvoering ABM onderzoek.....	10
2.3 Analysemethoden	11
2.3.1 Algemeen.....	11
2.3.2 Zware metalen.....	11
2.3.3 PCB's en vlamvertragers	12
2.3.4 Vocht-, vet- en asgehalte.....	12
2.3.5 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen.....	12
2.3.6 Bewerking / presentatie analyseresultaten.....	12
2.4 Toetsingscriteria.....	12
2.5 Kwaliteitsborging	14
3. Resultaten	16
4. Bespreking resultaten.....	17
4.1 Veranderingen van de biochemische samenstelling van mosselmonsters.....	17
4.2 Veranderingen van de gehalten aan microverontreinigingen.....	18
4.3 Risico-analyse.....	24
5. Vergelijking met eerdere data / trends.....	24
6. Korte beschouwing onderzoeksperiode 2006 - 2009.....	26
7. Conclusies.....	28
8. Aanbevelingen	29
Referenties	30
Verklarende woordenlijst:	31

Verantwoording	32
Bijlage 1 Monstergegevens	33
Bijlage 1 vervolg.....	34
Bijlage 2 Frequentieverdeling	35
Bijlage 2 Frequentieverdeling	35
Bijlage 3 Metalen	36
Bijlage 4 PCB's	37
Bijlage 5 PAK's	38

Samenvatting

In het kader van de Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren is in 2009 een actieve biologische monitoring (ABM) onderzoek uitgevoerd met driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*) in een aantal zoete Rijkswateren. Het betreft een uitvoering van het deelproject "Microverontreinigingen in driehoeksmosselen 2006-2009" dat in opdracht van Rijkswaterstaat Waterdienst (voorheen RIZA) Lelystad wordt uitgevoerd door IMARES te IJmuiden. In dit rapport worden de analyseresultaten besproken van 2009 en een korte beschouwing gegeven van de gehele onderzoeksperiode.

Voor de actieve biologische monitoring werden driehoeksmosselen afkomstig van een relatief schone locatie (Zeughoek, IJsselmeer) gedurende zes weken uitgezet in de te monitoren locaties waarvan men inzicht wil hebben in het gehalte aan microverontreinigingen in het oppervlaktewater. Deze gehalten zijn te laag om op betrouwbare wijze rechtstreeks in het oppervlaktewater te kunnen worden bepaald. Na afloop van de blootstellingsperiode is het gehalte van de microverontreinigingen in het mosselweefsel bepaald. Deze weefselconcentratie heeft een nauw omschreven relatie met het (biologisch beschikbare) gehalte in de waterkolom.

In 2009 werden de volgende Rijkswateren onderzocht: Twentekanaal; Wiene-Goor, Amsterdam Rijnkanaal; Loenen, Noordzeekanaal; Amsterdam, Ketelmeer; Ketelmeer west en Randmeren oost; Wolderwijd midden. De mosselweefsels zijn geanalyseerd op PCB's, PAK's, kwik, cadmium en lood. Tevens werd het voorkomen van een drietal vlamvertragers van de groep polygebromeerde difenylethers (PBDE's) onderzocht. Helaas zijn de uitgehangen mosselen in het Noordzeekanaal dood teruggevonden, mogelijk door te hoge zoutgehalte, vandalisme of door een andere onbekende reden.

De concentratie van de onderzochte organische contaminanten nam na zes weken blootstelling op alle onderzochte locaties in 2009 toe in de uitgehangen mosselen in vergelijking met het uitgangsmateriaal (Zeughoek, IJsselmeer), met als uitzondering Wolderwijd waar het kwik en cadmium gehalte niet en het PCB gehalte slechts gering toenam.

De concentratie PCB's nam voor alle locaties toe. De toename was met name groot voor locatie Ketelmeer en Amsterdam Rijnkanaal.

De toename in PAKs was groot voor alle locaties met wederom de grootste toename in locatie Amsterdam Rijnkanaal.

De gehalten van de gebromeerde vlamvertragers waren dit jaar duidelijk hoger in de bemonsterde locaties dan in de Zeughoek, met uitzondering van locatie Wolderwijd.

Van de metalen varieerde het loodgehalte het sterkst tussen de locaties en het neemt fors toe ten opzichte van het uitgangsmateriaal. Kwik neemt alleen toe op locatie Twente Kanaal, Wiene-Goor; Amsterdam Rijn Kanaal en Ketelmeer. Het cadmium gehalte was ook dit jaar relatief hoog in het uitgangsmateriaal; cadmium lijkt alleen toe te nemen voor locatie Amsterdam Rijnkanaal. Amsterdam Rijnkanaal laat, van de in 2009 onderzochte locaties, de hoogste gehalten zien voor zowel kwik, lood als cadmium. Ook voor de andere contaminanten is op deze locatie de grootste stijging in gehalten gemeten.

Zowel de warenwet- als MKN norm worden in de onderzochte locaties niet overschreden. Het mosselweefsel van het uitgangsmateriaal laat een overschrijding zien van de MTR norm voor cadmium en kwik. Op de onderzochte locaties in 2009 neemt de overschrijding van zowel kwik als cadmium toe met uitzondering van Wolderwijd.

Voorwoord

Rijkswaterstaat Waterdienst van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat is in 1992 gestart met de uitvoering van het monitoringprogramma "Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren". Dit vormt een onderdeel van "Monitoring van de Waterstaatkundige Toestand des Lands" (MWTL).

Doelstellingen van de metingen zijn:

- het signaleren van langjarige ontwikkelingen in de biologische toestand van watersystemen (trend).
- periodieke toetsing van de toestand aan criteria die voortvloeien uit de toegekende functies van wateren (controle).

Parametergroepen die onderdeel uitmaken van het monitoringsprogramma zijn: fytoplankton, fyto benthos, macrofauna, waterplanten en oevervegetatie, vissen, broedvogels en watervogels en bioaccumulatie in aal en driehoeksmosselen.

Een deelproject van de Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren heeft als werktitel "Microverontreinigingen in driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*) 2009" en wordt uitgevoerd door IMARES.

De uit te voeren werkzaamheden betreffen het bemonsteren van driehoeksmosselen en het analyseren van microverontreinigingen daarin.

Dit rapport bevat de resultaten van het onderzoek in 2009 van het genoemde deelproject en geeft ook een beschouwing over de totale onderzoeksperiode van 2006 - 2009.

Het project wordt begeleid door Stefanie Rog van Rijkswaterstaat Waterdienst. Als projectleider en contactpersoon voor IMARES fungeert dr. ir. M.J.J. Kotterman.

1. Inleiding

Aquatische organismen lenen zich uitstekend als biomonitor ten behoeve van de monitoring van contaminanten in zoetwater ecosystemen, vooral als de gehalten van deze contaminanten in het water extreem laag zijn in vergelijking met die in het organisme zelf. De analytische bepaling van contaminanten in het water blijkt dan ofwel niet mogelijk, of slechts met een relatief grote meetfout te kunnen worden uitgevoerd. Bodemorganismen, zoetwatermosselen en vissoorten als aal, snoekbaars, en blankvoorn worden het meest gebruikt in de monitoring van contaminanten in zoetwatersystemen.

Zo'n biologisch monitororganisme moet echter aan een aantal voorwaarden voldoen om geschikt te zijn voor de kwantificering van contaminanten in een milieucompartment.

Het monitororganisme dient plaatsgebonden te zijn, zodat gemeten interne gehalten ook daadwerkelijk inzicht geven over de beschikbaarheid van contaminanten op vooraf vastgestelde locaties. Bodemorganismen of zoetwatermosselen voldoen duidelijk aan deze voorwaarde, maar zijn niet steeds in voldoende mate aanwezig of ontbreken op belangrijke locaties geheel. Een actieve biologische monitoring waarbij zoetwatermosselen van één bepaalde herkomst worden uitgezet gedurende een vaste tijd op de te meten locaties, kan dan uitkomst bieden. Voor de uitvoering van actieve biomonitoring in het zoete water blijkt de driehoeksmossel *Dreissena polymorpha* zeer geschikt te zijn. De driehoeksmossel komt wijd verspreid in de binnenwateren voor, is sterk plaatsgebonden en relatief tolerant voor de aanwezigheid van verontreinigende stoffen (Marquenie, 1981). Tevens kunnen microverontreinigingen in de weefsels van de driehoeksmossel tot hoge concentraties accumuleren. Bepaalde stofgroepen (zware metalen, PAK's) accumuleren in driehoeksmosselen veel beter dan in hogere aquatische organismen zoals vissen (Pieters en Verboom, 1994, Kraak ea 1991).

Het uithangen van driehoeksmosselen in oppervlaktewateren geeft met name een indruk van de waterkwaliteit (Marquenie, 1981), al of niet beïnvloed via nalevering van contaminanten uit de waterbodem. Naast het accumulatie-niveau en de biobeschikbaarheid van microverontreinigingen kan tevens een beeld verkregen worden van de beïnvloeding op biologische parameters zoals sterfte en groei. Voordelen van deze methode zijn dat verschillen in waterkwaliteit tussen diverse locaties snel in kaart gebracht kunnen worden, omdat steeds van hetzelfde uitgangsmateriaal gebruik wordt gemaakt en de invloed van puntbronnen direct zichtbaar worden (Van der Valk e.a. 1989).

Het achtergrondniveau van accumulerende stoffen in het uitgangsmateriaal is van groot belang. Bij een te hoog niveau in het referentiegebied zijn veranderingen in de concentraties na afloop van het ABM (actieve biologische monitoring) onderzoek minder duidelijk te verklaren.

In het kader van het deelproject "Accumulatie van microverontreinigingen in driehoeksmosselen, 2009" werden ABM onderzoeken door IMARES uitgevoerd op een vijftal locaties (plus de referentie locatie De Zeughoeck) in het Nederlandse oppervlaktewater. De locaties voor het uithangen van de driehoeksmosselen zijn afgestemd op de locaties, waaraan in het kader van het MWTL meetnet analyses in zwevend stof worden verricht. In 2009 zijn de onderzochte Rijkswateren: Twentekanaal; Wiene-Goorde, Amsterdam Rijnkanaal; Loenen, Noordzeekanaal; Amsterdam, Ketelmeer; Ketelmeer west en Randmeren oost en Wolderwijd midden. In de bemonsterde mosselen zijn chemische analyses uitgevoerd voor PCB's, PAK's, kwik, cadmium en lood. Ook dit jaar zijn als screening wederom drie gebromeerde vlamvertragers gemeten, namelijk de BDE's 47, 99 en 100. Vlamvertragers worden in de Europese Kaderrichtlijn Water (sinds 2000 van kracht) genoemd als prioritaire stoffen. De chemische en fysische eigenschappen, het gedrag in het milieu en de toxiciteit, van gebromeerde vlamvertragers lijken sterk op die van PCB's en DDT. Aangezien de drie genoemde BDE's uit de zogenaamde "penta-mix" (welke reeds is verboden) de hoogste bioaccumulatie vertonen en daarmee het hoogste risico inhouden, zijn deze stoffen in het programma opgenomen.

2. Methoden

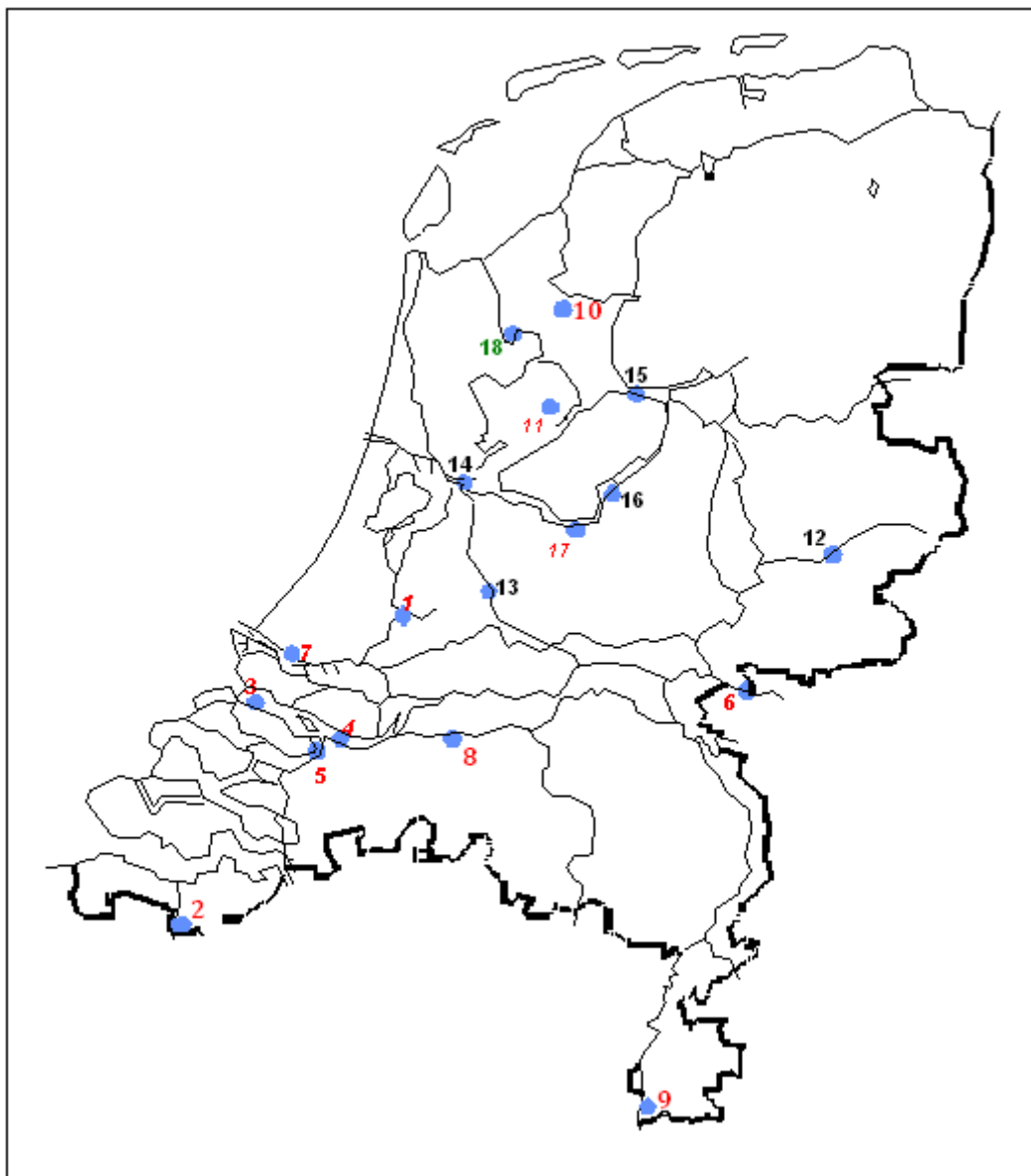
2.1 Bemonstering driehoeksmosselen

Volgens Bij de Vaate (1991) zijn er in de beginjaren negentig in het IJsselmeer uitgestrekte mosselbanken van de driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) ontstaan. Deze zoetwatermossel bleek zeer geschikt om als uitgangsmateriaal te gebruiken in actief biologisch monitoringonderzoek in de Rijkswateren. Voor de uitvoering van de actieve monitoring werden vanaf 1992 jaarlijks in september driehoeksmosselen opgevist in de Zeughoek ten noorden van Medemblik in het IJsselmeer. De mosselen van deze locatie hebben een laag verontreinigingsniveau en zijn daardoor goed te gebruiken in ABM onderzoek. Het vissen werd doorgaans uitgevoerd door de meetdienst van Directie IJsselmeergebied van Rijkswaterstaat, maar in sommige jaren werd gebruik gemaakt van de diensten van een beroepsvisser. De mosselen werden dezelfde dag naar IMARES in IJmuiden getransporteerd. Ook voor 2009 zijn mosselen van dezelfde locatie gebruikt, ze zijn opgevist op 14 september door RWS. Vanaf de dag van verzamelen tot het tijdstip van uithangen op de diverse locaties zijn de driehoeksmosselen bewaard voor 7 dagen in het aquarium van IMARES in stromend, kopervrij leidingwater (watertemperatuur circa 12°C; zuurstofgehalte >9 g/m³).

Figuur 1 geeft de monsterlocaties aan van het monitoringonderzoek. De locaties waar de mosselen zijn uitgehangen in het najaar van 2009 (nr. 12 t/m 16) en de plaats van herkomst (referentiegebied: Zeughoek in het IJsselmeer, nr. 18) van de driehoeksmosselen zijn vetgedrukt weergegeven. Omschrijvingen van alle monsterlocaties in de rijkswateren staan vermeld in Tabel 1.

Legenda van monsterlocaties in Figuur 1:

1	Hollandse IJssel	Gouda voorhaven
2	Kanaal Gent-Terneuzen	Sas van Gent
3	Haringvliet	Haringvlietsluis
4	Hollands Diep	Bovensluis
5	Volkerak-Zoommeer	Steenbergen
6	Rijn	Lobith ponton
7	Rijn	Maassluis
8	Maas	Keizersveer
9	Maas	Eijsden ponton
10	IJsselmeer	Vrouwezand
11	Markermeer	Markermeer midden
12	Twentekanaal	Wiene
13	Amsterdam Rijnkanaal	Loenen
14	Noordzeekanaal	Amsterdam
15	Ketelmeer	Ketelmeer west
16	Randmeren oost	Wolderwijd midden
17	Randmeren zuid	Eemmeerdijk
18	IJsselmeer	Zeughoek



Figuur 1. Biologische monitoring zoete Rijkswateren (2009): Rood: monsterlocaties, zwart: locaties bemonsterd in 2009, groen: monsterlocatie referentiemateriaal.

Het huidige programma "Microverontreinigingen in driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*)" loopt van 2006 tot en met 2009, waarbij de te meten locaties van jaar tot jaar wisselen volgens de indeling van Tabel 1.

Tabel 1. Locaties en omschrijving ten behoeve van een actief biologische monitoring met driehoeksmosselen in Nederlandse oppervlaktewateren.

Watersysteem	DONAR code	DONAR omschrijving	Jaar
IJsselmeer	ZEUGHK	Zeughoek	alle
Haringvliet	HARVSS	Haringvlietsluis	2006
Hollandsch Diep	BOVSS	Bovensluis	2006
Volkerak	STEENBGN	Steenbergen	2006
Rijn	LOBPTN	Lobith ponton	2007
Rijn	MAASSS	Maassluis	2007
Hollandsche IJssel	GOUDVHVN	Gouda voorhaven	2007
Kanaal Gent-Terneuzen	SASVGT	Sas van Gent	2008
Maas	KEIZVR	Keizersveer	2008
Maas	EIJSDPTN	Eijsden ponton	2008
IJsselmeer	VROUWZD	Vrouwezand	2008
Twenthekanaal	WIENE	Wiene	2009
Amsterdam Rijnkanaal	LOENN	Loenen	2009
Noordzeekanaal	AMSDM	Amsterdam	2009
Ketelmeer	KETMWT	Ketelmeer west	2009
Randmeren oost	WOLDMDN	Wolderwijd midden	2009

2.2 Uitvoering ABM onderzoek

De mosselen werden op de onderzoekslocaties uitgehangen in twee in elkaar geschoven netjes (rekbaar kunststof garen) van 60 cm lengte, een diameter van omstreeks 10 à 15 cm en een maaswijdte van 9 mm. Elk netje bevatte circa 300 g mosselen. Onder- en bovenkant van de netjes werden afgesloten door een knoop. In het midden van elk netje mosselen werd vervolgens met behulp van stevig draad een insnoering gemaakt, zodat een saucijsvormig pakketje mosselen wordt verkregen. Een aantal van deze netjes mosselen werd aan een meetpaal of een meerpaal opgehangen, afhankelijk van de situatie bij de te onderzoeken locatie. De afstand van de waterbodem bedroeg afhankelijk van de locatie 0.5 tot 2 m.

De mosselen zijn, met uitzondering van de verwijdering van enige grove tarra (grote lege schelpen), niet vooraf geschoond of van elkaar losgeknipt. Per locatie zijn vier tot zes netjes met driehoeksmosselen uitgehangen, wat neerkomt op 1 tot 2 kg bruto. De netjes met driehoeksmosselen zijn in week 39 (2009) op de diverse locaties uitgehangen en in week 45 weer opgehaald. Deze najaarsperiode is bewust gekozen omdat de spawningsperiode (productie en afzetten van ei- en zaadcellen: gametogenese) dan is afgelopen en de overlast (storm, ijsgang) van herfst en winter nog gering is.

Een aantal netjes met mosselen werd niet uitgehangen, maar in week 39 in de vriezer opgeslagen om de uitgangssituatie (Zeughoek) vast te leggen.

Om na de zesweekse periode van uithangen van de mosselen de eventueel opgetreden groei, sterfte en uitspoeling van mosselen te kunnen beoordelen zijn van het uitgangsmateriaal (Zeughoek, IJsselmeer) en van de opgehaalde mosselmonsters frequentieverdelingen van de schelpenlengte opgesteld. Van elk monster werd een submonster, overeenkomende met ongeveer 120 g bruto driehoeksmosselen, genomen, waarin de aanwezige tarra, het totaal aantal mosselen, het aantal ondermaatse mosselen (<14 mm), het aantal, het totale gewicht, het totale schelpgewicht en het totale vleesgewicht van de bovenmaatse mosselen (≥ 14 mm), het aantal levende en het aantal dode mosselen (lege dubbele schelpen) werd bepaald. Van de levende mosselen zijn de lengtes gemeten (zie Bijlage 1).

2.3 Analysemethoden

2.3.1 Algemeen

Per mosselmonster werd van een bovenmaatse lengtegroep (≥ 14 mm, (zie Tabel 5 en Bijlage 1) een hoeveelheid mosselen uitgepeld tot een totaal van circa 120 g mosselweefsel (natgewicht) werd verkregen. Alleen het aanhangend mosselvocht werd hierbij meegenomen. Het pellen werd uitgevoerd in een speciale Contaminatie Arme Ruimte (CAR) met toevoer van gefilterde lucht. Dit om contaminatie van de monsters (in het bijzonder met metalen en PAK's) te voorkomen. Het ruwe mosselmateriaal werd tot een homogenaat verwerkt met behulp van een Waring Blendor en opgeslagen in glazen potten bij een temperatuur van -25°C . Een deelmonster, voor de analyse van zware metalen, werd opgeslagen in plastic potten. In de voorbereekte mosselhomogenaten werden na ontdooien de analyses zoals weergegeven in Tabel 2 uitgevoerd.

Tabel 2. Lijst van uitgevoerde analyses aan het mosselweefsel

Stofgroep:	Stofnaam:
Zware metalen:	Kwik, cadmium en lood
PCB's	CB28, CB52, CB101, CB118, CB138, CB153, CB180
Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen	Acenafteen, Fluoreen, Fenantreen, Antraceen Fluoranteen, Pyreen, Benzo(a)antraceen, Chryseen, Benzo(e)pyreen, Benzo(b)fluoranteen, Benzo(k)fluoranteen, Benzo(a)pyreen, Dibenzo(ah)antraceen, Benzo(ghi)peryleen, Indeno(123cd)pyreen
Vlamvertragers	BDE 47, 99 en 100

2.3.2 Zware metalen

Totaalkwik (Hg) is bepaald door middel van flow injectie analyse en vlamloze atoom-absorptie spectrometrie. De gebruikte apparatuur bestaat uit een AS-90 auto-injector, een FIAS-200 flow injectie systeem en een AAS-3100 spectrofotometer, alle van Perkin Elmer. Voorafgaande destructie van de monsters is uitgevoerd in teflon vaatjes bij verhoogde temperatuur en druk in aanwezigheid van 10 ml 65% HNO_3 met behulp van een MARS 5 Microwave (CEM) monsterdestructiesysteem. De bepalingsgrens bedraagt 0.0036 mg/kg op productbasis. De analyse van totaal kwik is geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie.

Voor de analyse van cadmium en lood zijn de monsters uitbesteed aan TNO Kwaliteit van Leven in Zeist. Dit laboratorium is geaccrediteerd voor zowel cadmium als loodbepalingen.

Bij de toegepaste methode wordt een deel van het monster in duplo ontsloten met salpeterzuur en waterstofperoxide. In de verkregen oplossing wordt het gehalte aan cadmium en lood bepaald m.b.v. ICP-MS, volgens TNO voorschrift LSP/055. De kwantificering vindt plaats aan de hand van externe kalibratiestandaarden en om te corrigeren voor fluctuaties in de apparatuur wordt gebruik gemaakt van een interne standaard (rhodium).

2.3.3 PCB's en vlamvertragers

De opwerking van monsters vindt plaats door middel van een soxhletextractie met dichloormethaan/n-pentaaan (1:1) gedurende 12 uur (voor mosselen). De organochloor- (en broom) verbindingen zijn uit de vetfractie geïsoleerd door een tweevoudige kolomchromatografische scheiding, eerst over een $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ kolom en vervolgens fractionering op een $\text{SiO}_2 \cdot 1.5\% \text{H}_2\text{O}$ kolom. De PCB's komen in de eerste fractie terecht, de BDE's en komen in de tweede fractie terecht. Als interne standaard is PCB 112 (2,2,5,6,3'-penta CB) toegevoegd. De componenten zijn geanalyseerd met behulp van een gaschromatograaf (Agilent 6890), uitgerust met een CP-Sil 19 CB kolom en 63Ni-ECD detector. Tegelijk met elke serie monsters is een intern referentiemonster geanalyseerd. Voor een aantal PCB's zijn de uitslagen van de analyses in een kwaliteitskaart opgenomen, waarmee de kwaliteit van elke monsterserie is getoetst. De gehalten zijn gecorrigeerd voor het recovery percentage (Dao ea, 1998).

Bij de analyse van PCBs kunnen de congenere PCB 138 en 163 slecht gescheiden worden, de PCB 138 gehalten bestaan daardoor in feite voor ca. 25% uit PCB 163.

De geanalyseerde PCB's zijn geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie. De bepaling voor de PBDE's zijn niet geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie voor de gevraagde congenere PBDE47, 99 en 100. De methode van opwerking is analoog aan die voor PCB's en valt wel onder accreditatie.

2.3.4 Vocht-, vet- en asgehalte

Het vochtgehalte in mosselmonsters is bepaald door verhitting bij 105°C gedurende 24 uur en afkoelen in een exsiccator.

De vetgehalten van mosselmonsters zijn bepaald volgens de methode van Bligh en Dyer (Dao en de Wit, 1997).

Het asgehalte is bepaald door middel van droge verassing op 550°C.

De bepalingen voor vocht-, vet en asgehalte zijn geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie.

2.3.5 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen

Ontsluiting van de mosselmonsters vindt plaats door verzeping van 30 g mosselhomogenaat met 160 ml ethanolische KOH-oplossing gedurende drie uur in een incubator bij 37°C. Het verzepingsproduct is driemaal geëxtraheerd met 100 ml hexaan, waarna na indampen een zuiveringsstap volgt met behulp van een Al_2O_3 /silica kolom. Het eluaat is ingedampt en opgenomen in 3 ml acetonitril. Analyse van de PAK verbindingen is uitgevoerd met HPLC en fluorescentie-detectie in drie runs bij verschillende golflengten.

De methode voor de bepaling van de gevraagde PAK's is geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie, behalve voor de component naftaleen (zeer vluchtig).

2.3.6 Bewerking / presentatie analyseresultaten

De op productbasis bepaalde gehalten zijn met behulp van het bijbehorende vetgehalte omgerekend op vetbasis. In geval gehalten niet zijn gemeten staat dit aangegeven met "-".

Indien een component niet nauwkeurig bepaald kon worden, door bv. grote storende pieken, is dit aangegeven met "nb".

Gehalten die onder de bepalingsgrens liggen zijn aangegeven met "<...".

De bepalingsgrens kan per monster variëren door o.a. verschillende ingewogen hoeveelheden en matrix effecten.

2.4 Toetsingscriteria

Bioaccumulatiegegevens in vis en mosselen zijn op meerdere manieren te toetsen (Maas, 2003):

- Toetsing aan 'kritische waarden' voor hogere organismen (HC5); een overschrijding van de concentratie in het voedsel is een indicatie voor risico voor hogere vis- of mosseletende organismen. Een HC5 waarde is de Hazard Concentratie, waarbij 5% van de organismen negatieve effecten kan ondervinden. De HC5 waarden voor zowel visetende als mosseletende hogere organismen staan vermeld in Tabel 3.
- Toetsing aan waterkwaliteitsdoelstellingen; concentraties in vis of mosselen worden omgerekend naar concentraties in water (of omgekeerd: MTR waarde omgezet naar concentratie in vis) en getoetst aan het MTR voor oppervlaktewater; een overschrijding van deze concentratie is een indicatie voor risico voor het aquatisch ecosysteem.

- c) Toetsing aan maximaal toegestane concentraties in visserijproducten voor de menselijke consumptie (Warenwetnorm); overschrijding van de concentraties in het voedsel is een indicatie voor risico voor de mens.
- d) Milieukwaliteitsnormen (MKN) in biota, afgeleid voor prioriteiten en stroomgebiedrelevante stoffen voor de KRW. Deze normen zijn nog niet officieel vastgesteld, maar zijn wel al verstrekt door de Waterdienst.

In Maas (2003) staan de eerste 3 van de bovenstaande toetsingskaders uitgebreid beschreven. De gehalten aan prioritare stoffen in driehoeksmosselen zijn voorheen getoetst aan HC5 en MTR waarden. In verband met de Kader Richtlijn Water is de toetsing van de gehalten lood, cadmium, methylkwik, penta BDE en som PCB's aan de MKN belangrijk. In dit rapport zijn de gehalten ook getoetst aan de Warenwet en MTR normen.

Tabel 3. Diverse gehanteerde normwaarden voor mosselen in $\mu\text{g}/\text{kg}$ (de MTR waarden gelden (Beek, 1995, 2002) voor standaardmosselen met 10% droge stof (zware metalen) of 1.3% vet (organochloorverbindingen))

Stoffen	Productbasis				$\mu\text{g}/\text{kg}$
	Warenwet norm	Beek, 1995	Beek, 2002	Beek, 2002	
		$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	
		MTR ecosysteem mossel	HC ₅ -hogere organismen vis	HC ₅ -hogere organismen mossel	MKN biota
PCBs					
CB 28	100	-	-	-	-
CB 52	40	-	-	-	-
CB 101	80	-	-	-	-
CB 118	80	-	-	-	-
CB 153	100	84	200	50	-
CB153 als indicatie voor toxPCB	-	-	5	5	-
CB 138	100	-	-	-	-
CB 180	120	-	-	-	-
$\Sigma 7\text{PCB's}$					335 ²
Penta BDE					1000 ²
Benzo(a)pyreen	10				
Zware metalen					
Totaal kwik	500	4.8	80	150	-
Methylkwik	-	24.7	24	32	20 ²
Cadmium	1000	8	8	70	160 ²
Lood	1500	-	-	-	300 ²

¹ RWS "Quickscan toetsing aan voorlopige normen voor Rijnrelevante en overige relevante stoffen" (2007) Duinhoven et al.

² Factsheets: Fraunhofer Institut

2.5 Kwaliteitsborging

IMARES

De kwaliteit van de analysemethoden van de afdeling Milieu wordt op verschillende manieren gewaarborgd. De methoden zijn uitvoerig gevalideerd. De juistheid van de analysemethoden wordt regelmatig getoetst door deelname aan ringonderzoeken waaronder aan het QUASIMEME-project. Daarnaast worden de resultaten van elke (serie van) meting(en) gecontroleerd door het gebruik van gecertificeerd en/of intern referentiemateriaal. Deze gegevens worden in kwaliteitscontrolekaarten bijgehouden conform NPR 6603.

IMARES beschikt over een ISO 9001:2000 gecertificeerd kwaliteitmanagementsysteem (certificaat nummer: 08602-2004-AQ-ROT-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 juni 2010. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Het laatste controlebezoek vond plaats op 22-24 april 2009. Daarnaast beschikt het laboratorium over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2000 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997, deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie. Het laatste controlebezoek heeft plaatsgevonden op 29 september 2009.

Voor details betreffende de kwaliteit van de analysemethoden wordt verwezen naar het IMARES-Kwaliteitshandboek en naar de volgende interne standaard werkvoorschriften (ISW's):

- ISW 2.10.3.001 "Bepaling van PCB's, OCP's en andere gehalogeneerde microverontreinigingen in vis",
- ISW 2.10.3.002 "Bepaling van het totaal vetgehalte volgens Bligh and Dyer",
- ISW 2.10.3.005 "Schelpdieren: Bepaling van het gehalte aan Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen met behulp van Hogedrukvlloeistofchromatografie",
- ISW 2.10.3.009 "Bepaling van kwik in vis door vlamloze atoom absorptiespectrometrie",
- ISW 2.10.3.011 "Bepaling van het gehalte vocht (droogstoofmethode)",
- ISW 2.10.3.018 "Bepaling van het as-gehalte"

Spreiding in meetresultaten kan worden veroorzaakt door variaties binnen het gestandaardiseerde analyseproces, zoals extractie-efficiency en meetfouten van gebruikte apparatuur. Een maat voor deze grootte van spreiding, of ook wel relatieve standaarddeviatie, wordt gevonden in het quotiënt van de standaardafwijking en het gemiddelde van de waarnemingen uitgedrukt in procenten.

Bij de in dit onderzoek gebruikte analysemethoden kunnen de volgende standaarddeviaties optreden:

De maximaal toegestane relatieve standaarddeviaties voor de bepaling van PCB's en OCP's zijn als volgt:

Gemiddelde fractie van het analyt in het monster	Max. Relatieve standaard deviatie (%)
≤ 1 µg/kg	30
> 1 µg/kg tot en met 10 µg/kg	20
> 10 µg/kg	15

De maximaal toegestane relatieve standaarddeviatie voor totaal vet is 5 %.

De maximaal toegestane relatieve standaarddeviatie voor totaal vocht is 1%.

De maximaal toegestane relatieve standaarddeviatie voor as is 10 %.

De maximaal toegestane relatieve standaarddeviatie voor kwik is als volgt:

Gemiddelde fractie Hg in monster	Max. RSD (%)
Tussen 0.0036 en 0.010 mg/kg	20 %
Groter dan 0.010 mg/kg	15 %

Inzicht in de overige kwaliteitsparameters van de gebruikte analyses kan op verzoek worden verkregen.

TNO-Voeding

Het TNO laboratorium beschikt over een geldig ISO/IEC 17025 certificaat en is geaccrediteerd voor de bepaling van de te analyseren metalen cadmium en lood in vismatrix.

Om de kwaliteit van de analyses te waarborgen en eventuele trendbreuk met metingen van voorgaande jaren inzichtelijk te maken wordt door IMARES een intern referentiemateriaal (IRM) meegestuurd, hetgeen in duplo bepaald zal worden.

Ten aanzien van de resultaten zal IMARES het volgende toetsingscriterium toepassen:

De gehalten in het IRM zullen gecontroleerd worden met betrekking tot overschrijdingen van de 2s- en 3s-grenzen van de door IMARES intern gehanteerde kwaliteitscontrolekaarten voor de betreffende elementen. Wat betreft deze kwaliteitscontrolekaarten is een grote historie opgebouwd en hierop heeft jaarlijks een controle plaatsgevonden door de Raad van Accreditatie.

Indien er in een serie een overschrijding blijkt te zijn van bovengestelde eisen, zal TNO overgaan tot opnieuw analyseren van de betreffende serie monsters voor het metaal waarvoor de overschrijding heeft plaatsgevonden.

TNO Voeding Zeist hanteert het volgende werkvoorschrift:

Het gehalte aan Cd, Cr, Cu, Pb, Ni en Zn wordt bepaald met behulp van ICP-MS volgens TNO voorschrift LSP/055.

De maximaal toegestane relatieve standaarddeviatie voor metalen is 15%.

3. Resultaten

Alle gemeten gehalten zijn in tabelvorm opgenomen in de bijlagen. In de volgende hoofdstukken zijn geselecteerde gegevens ten bate van de discussie in figuren weergegeven.

- Bijlage 1 bevat de ruwe data van de monsters driehoeksmosselen alsmede de lengte-frequentieverdeling en enkele gemiddelde waarden voor lengte en gewicht van de submonsters onder- en bovenmaats en het totale monster. In het submonster bovenmaats (lengteklasse circa 14 tot 25 mm) zijn de diverse chemische analyses uitgevoerd.
- In bijlage 2 zijn de frequentieverdelingen grafisch weergegeven.

De resultaten van de chemische analyses zijn weergegeven in de bijlagen 3 tot en met 5:

- Bijlage 3 Zware metaalgehalten op natgewicht en asvrij drooggewicht
- Bijlage 4 PCB gehalten op versgewicht- en vetbasis
- Bijlage 5 PAK gehalten op versgewicht- en vetbasis

T.a.v. de resultaten van IMARES kan opgemerkt worden dat ze voldoen aan de kwaliteitseisen, zoals genoemd in 2.5 Kwaliteitsborging IMARES. Er zijn geen afwijkingen van de kwaliteitscriteria, zoals gesteld in de geaccrediteerde werkvoorschriften, geconstateerd.

T.a.v. de toetsingscriteria op de resultaten van TNO-voeding, zoals genoemd in 2.5 kwaliteitsborging TNO-voeding, kan het volgende gezegd worden:

De resultaten van het IRM, gemeten door TNO-voeding, zijn gecontroleerd met betrekking tot overschrijdingen van de 2s- en 3s-grenzen van de door IMARES intern gehanteerde kwaliteitscontrolekaarten voor de betreffende metalen en vergeleken met de gecertificeerde waarden. Dit is weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4. Vergelijking TNO-waarden met QC-kaart IMARES voor IRM LAC-schol en gecertificeerde waarden

Component	TNO-waarde (mg/kg)	n*	IMARES-waarde (mg/kg)	n	gecertificeerde waarde (mg/kg)	kwalificatie TNO-waarde
Cd	0.019 ± 0.004	1	0.020 ± 0.009	147	0.020 ± 0.005	binnen ± 2s grens
Pb	1.51 ± 0.03	1	1.56 ± 0.30	99	1.55 ± 0.05	binnen ± 2s grens

* in 2009.

De gehalten in het IRM, gemeten door TNO-voeding vertonen geen overschrijdingen van de 2s-grenzen van de gecertificeerde waarden en voldoen daarmee aan het gestelde toetsingscriterium.

In Tabel 5 zijn enkele relevante resultaten uit het ABM onderzoek, na een verblijf van de mosselen van ongeveer zes weken op de diverse locaties (behalve voor Zeughoek), vermeld. Het betreft hier gemiddelde lengte, het gemiddelde gewicht, het percentage lege schelpen (sterfte), het percentage tarra en het percentage ondermaatse mosselen. De sterfte was laag, duidelijke groei heeft niet plaatsgevonden en op alle locaties kon voldoende mosselmateriaal verzameld worden voor de chemische analyses met uitzondering van locatie Noordzeekanaal Amsterdam.

Tabel 5. Resultaten van het ABM onderzoek: samenstelling mosselmonsters

Locatie	Gemiddelde lengte (mm)		Gemiddeld gewicht (g)		Sterfte (%)	% tarra gewicht (%) g/g %	% ondermaatse mosselen
	5 t/m 13	14 t/m 25	14 t/m 25 (mm)				
	(mm)	(mm)	schelp	vlees			
IJsselmeer Zeughoek (start)	10,9	15,7	0,29	0,10	2,4	11,9	69,6
Twente Kanaal Wiene-Goor	11,2	15,6	0,19	0,08	3,3	14,6	68,7
Amsterdam-Rijn Kanaal	11,1	15,5	0,22	0,11	7,1	16,4	69,5
Noordzeekanaal Amsterdam	-	-	-	-	-	-	-
Ketelmeer	11,1	15,4	0,20	0,09	7,2	15,8	63,7
Wolderwijd	11,5	15,4	0,17	0,08	4,7	17,9	62,5

4. Bespreking resultaten

4.1 Veranderingen van de biochemische samenstelling van mosselmonsters

Dit jaar zijn er geen grote verschillen tussen de verschillende locaties in de biologische samenstelling van de monsters (zie Tabel 6). Het vetgehalte in tabel 6 is uitgedrukt in zowel gewichtprocent van het natgewicht als gewichtsprocent van het asvrije-drooggewicht. Het monster Amsterdam-Rijn Kanaal heeft een wat lager gehalte droge stof en vet, maar dit kan goed veroorzaakt zijn door een grotere hoeveelheid aanhangend water die tijdens het verzamelen van het mosselvles is meegenomen. Door het vetgehalte op asvrijdrooggewicht uit te drukken kan het vetgehalte beter vergeleken worden tussen de verschillende locaties doordat er dan gecorrigeerd wordt voor verschillen in aanhangend mosselvocht (opgetreden tijdens het pellen van de mosselen) en anorganische bestanddelen. Uit tabel 6 blijkt dat de samenstelling van de mosselen erg weinig verschilt. De mosselen uit het Wolderwijd lijken de beste voedingsstatus te hebben op grond van het vetgehalte uitgedrukt op asvrijdrooggewicht.

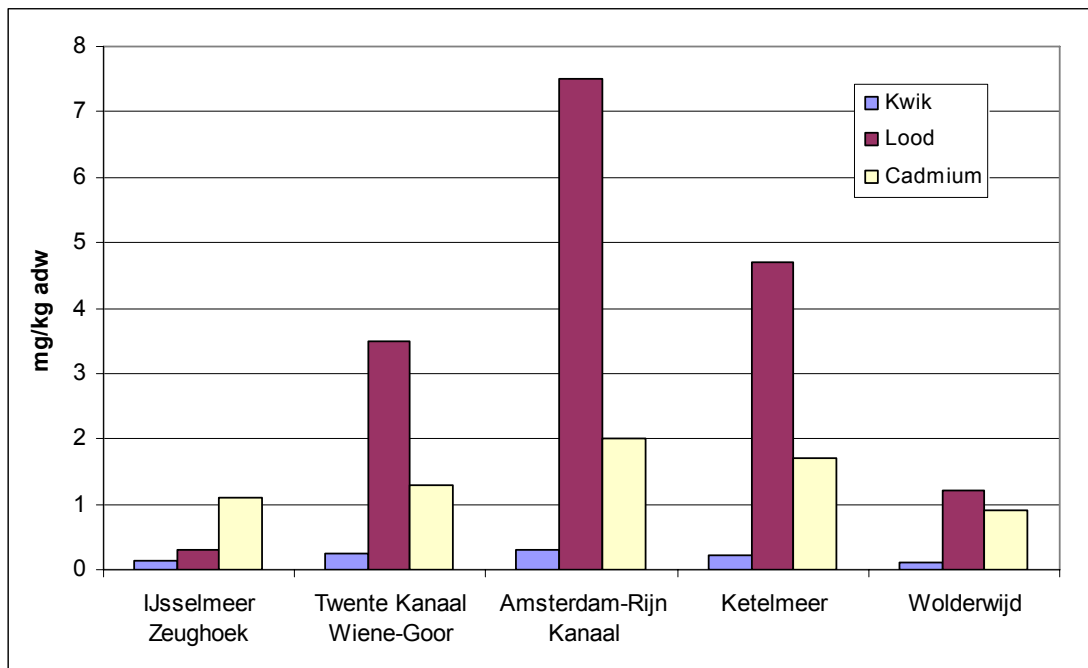
Tabel 6. Biochemische samenstelling van het mosselvles (versgewicht) in submonsters 14-25 mm

Monsternr.	Locatie	Droge stof	Asvrijdroog-	As	Vet (BD)	Vet op
		%	gewicht			
2009/0610	IJsselmeer Zeughoek	6.2	5.8	0.4	0.6	10.3
2009/0611	Twente Kanaal Wiene-Goor	6.5	5.8	0.7	0.7	12.1
2009/0612	Amsterdam-Rijn Kanaal	3.8	3.4	0.4	0.4	11.8
2009/0613	Noordzeekanaal Amsterdam	nb	nb	nb	nb	Nb
2009/0614	Ketelmeer	5.0	4.7	0.3	0.5	10.6
2009/0615	Wolderwijd	8.0	7.2	0.8	1.0	13.8

De mosselen van locatie Noordzeekanaal Amsterdam werden dood aangetroffen. De reden hiervoor is niet duidelijk. Mogelijk is de waterkwaliteit tijdelijk te slecht geweest; een te hoog zoutgehalte, teveel turbulentie en modder door scheepvaart en of werkzaamheden in het water. Vandalisme (ophalen van de mosselen boven water) is echter ook niet uit te sluiten.

4.2 Veranderingen van de gehalten aan microverontreinigingen

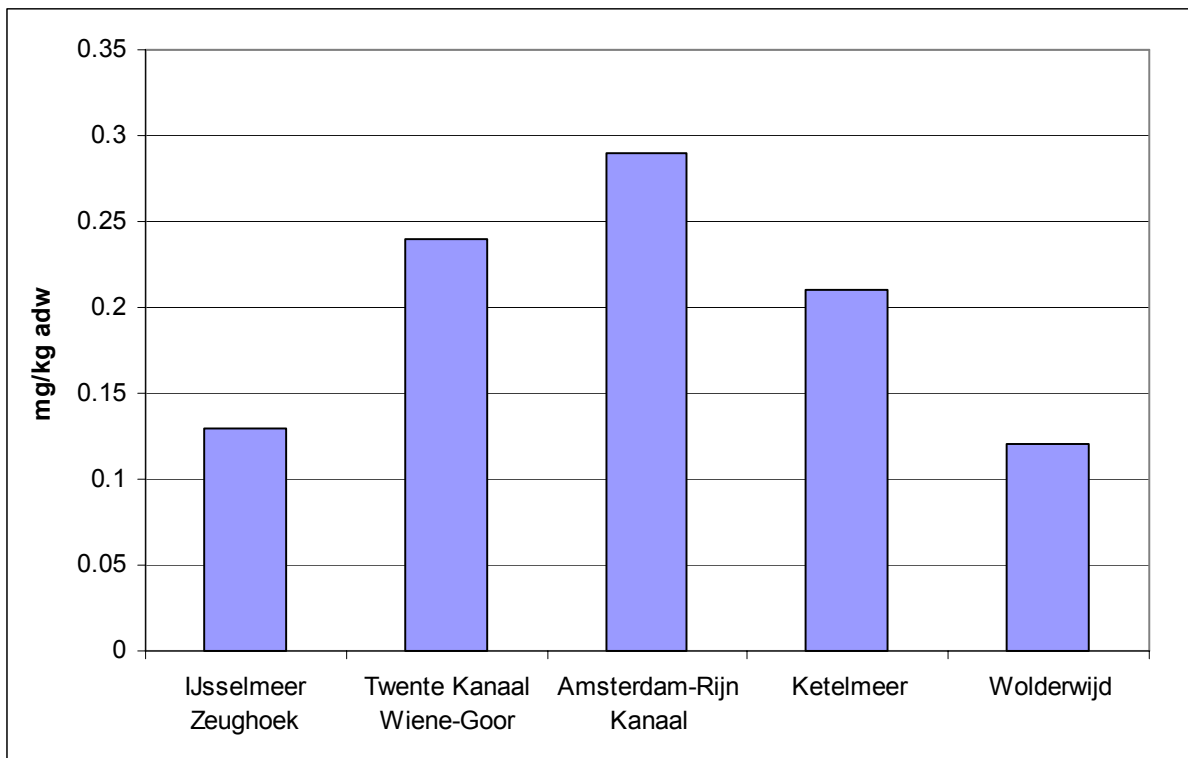
Zware metalen



Figuur 2: Gehalten van kwik, lood en cadmium in driehoeksmosselen op basis van asvrijdrooggewicht na 6 weken blootstelling op verschillende locaties in 2009. Het monster 'IJsselmeer Zeughoek' vormt de uitgangssituatie, het monster Noordzeekanaal Amsterdam is niet teruggevonden.

De cadmiumconcentratie in IJsselmeer Zeughoek is relatief hoog, dit is ook al in de voorgaande jaren geconstateerd. Het Cd gehalte in het weefsel van de uitgehangen driehoeksmosselen was verhoogd in Amsterdam Rijnkanaal en in geringere mate ook Ketelmeer. De geringe daling in Wolderwijd duidt erop dat cadmium gehalte daar in ieder geval niet hoger is dan in Zeughoek.

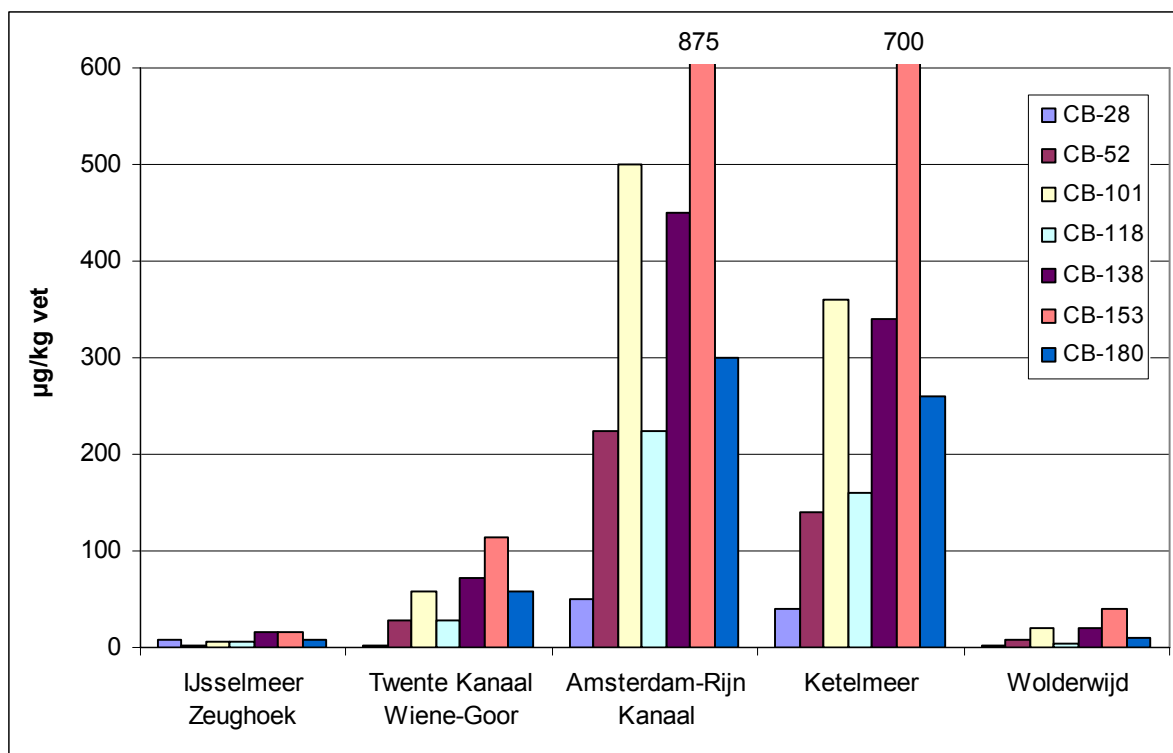
De loodconcentratie in het mosselweefsel nam wel op alle locaties toe. Het loodgehalte nam het sterkst toe in de mosselen van de Amsterdam-Rijn Kanaal. De concentratie van lood voor opname in de voedselketen varieert, evenals voorgaande jaren, aanzienlijk in de Rijkswateren.



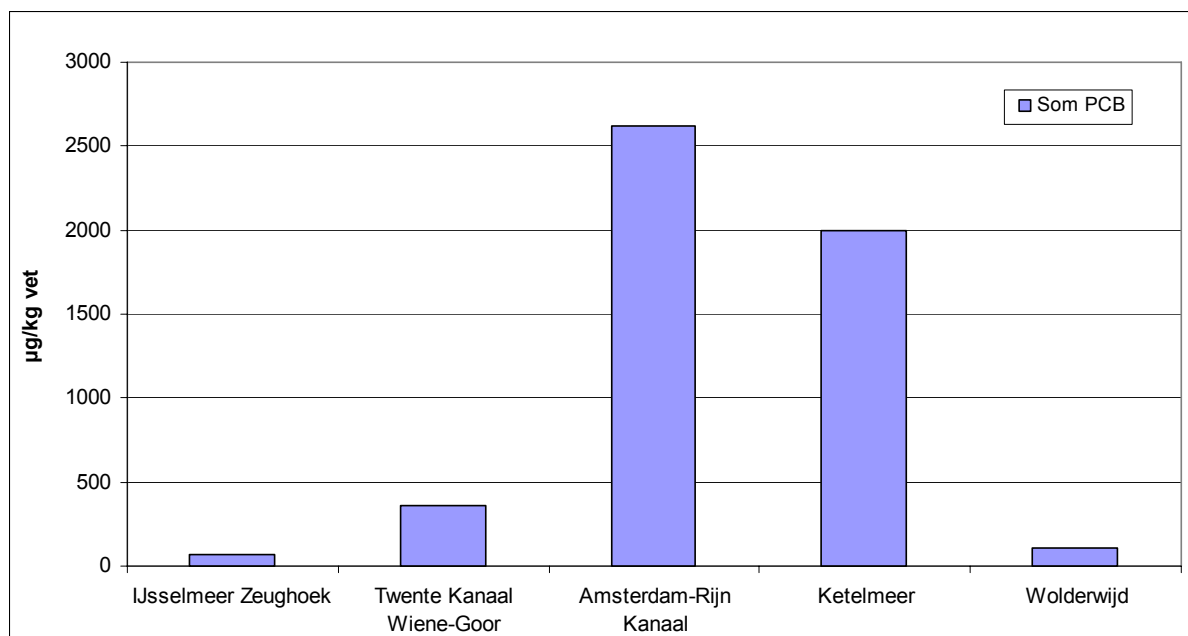
Figuur 3: Gehalten van kwik, in driehoeksmosselen op basis van asvrijdrooggewicht na zes weken blootstelling op verschillende locaties in 2009. Het monster 'IJsselmeer Zeughoek' vormt de uitgangssituatie (detail van Figuur 2)

In Figuur 3 zijn de kwikgehalten nog afzonderlijk weergegeven. Uit de figuur kan opgemaakt worden dat verhoogde kwikconcentraties aangetroffen zijn bij Amsterdam-Rijn Kanaal, Twente Kanaal Wiene-Goor en Ketelmeer. De kwikconcentratie in het mosselweefsel van Wolderwijd laat geen toename zien wat erop duidt dat de kwikbelasting gelijk of lager is dan op locatie IJsselmeer Zeughoek.

PCB's



Figuur 4: Gehalten van PCB's in driehoeksmosselen in de Rijkswateren in 2009. Het monster 'IJsselmeer Zeughoek' vormt de uitgangssituatie.

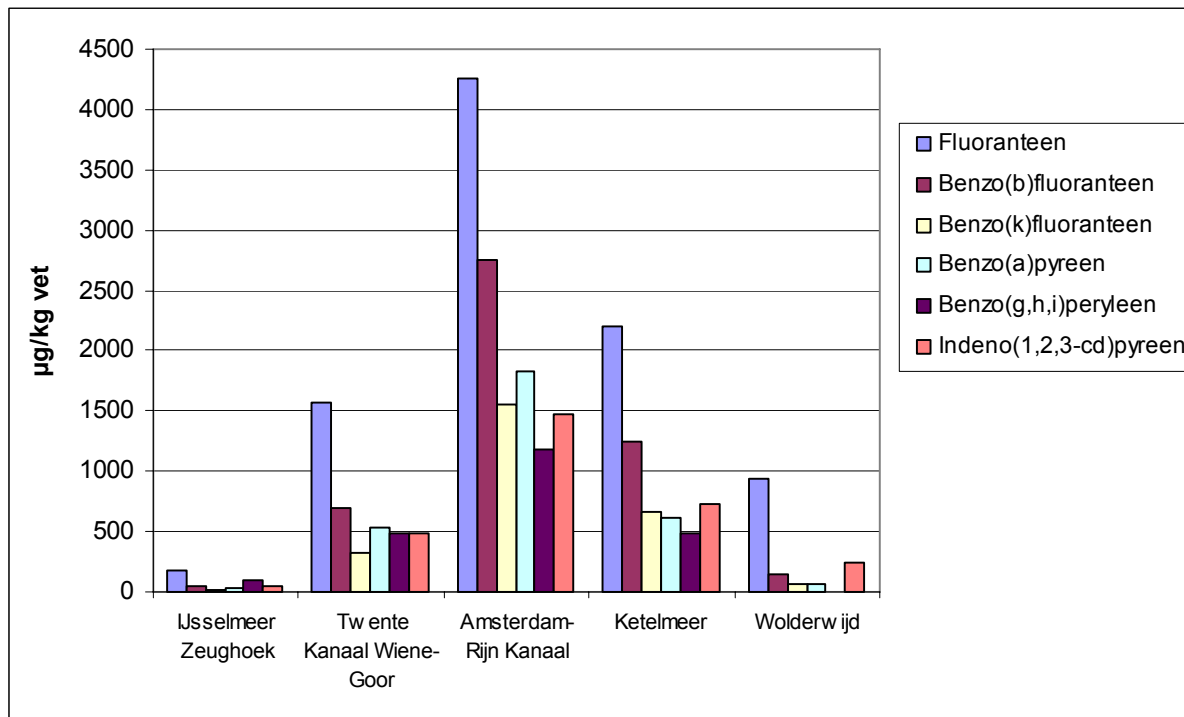


Figuur 5: Gehalten van ΣPCB's in driehoeksmosselen in de Rijkswateren in 2009. Het monster 'IJsselmeer Zeughoek' vormt de uitgangssituatie

De concentratie PCB van mosselweefsel uit de Zeughoek is voor alle PCB's, met uitzondering van PCB 28, beneden de bepalingsgrens en is daarmee zeer schoon (zie bijlage 4). Om de weergave van PCB's in figuur 4, en de som PCB's in figuur 5, mogelijk te maken is voor de locatie Zeughoek gebruik gemaakt van een waarde van $\frac{1}{2}$ de bepalingsgrens voor elke PCB. Zoals uit figuur 4 en 5 blijkt nemen PCB gehalte met name in Amsterdam Rijn

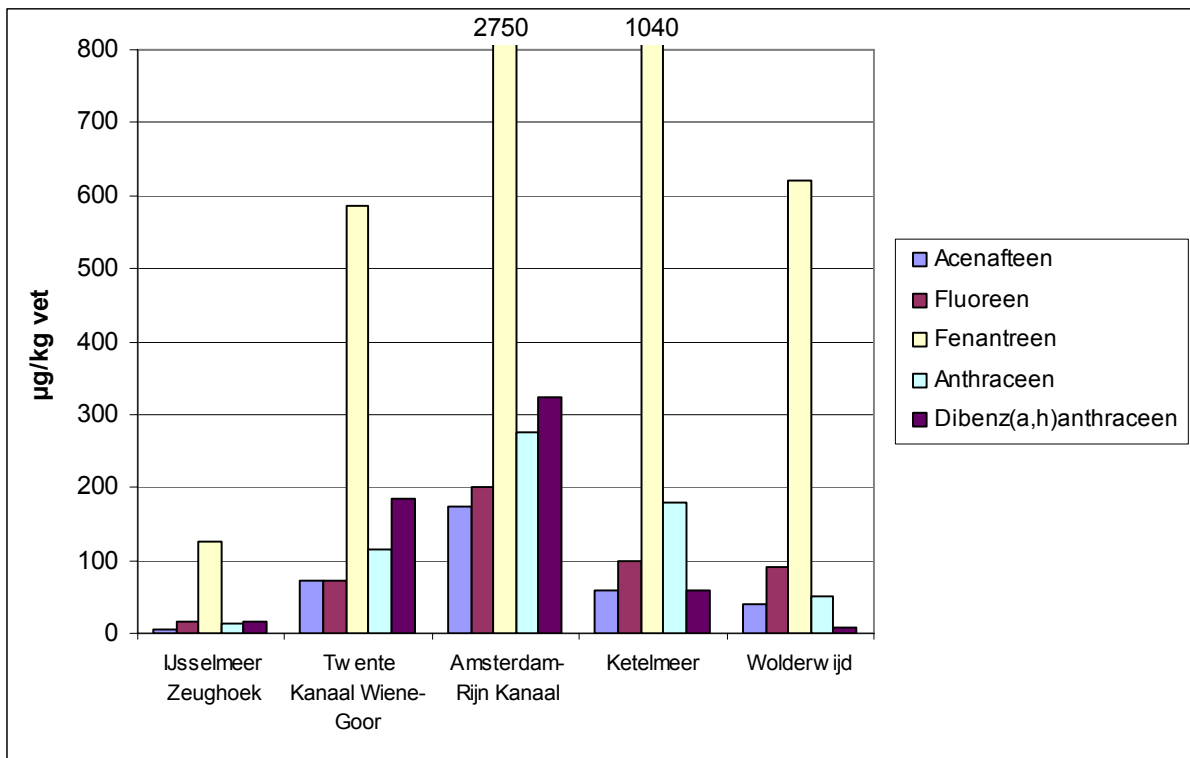
Kanaal (40-voudige toename som PCB's) en Ketelmeer (31-voudige toename som PCB's) toe ten opzichte van de uitgangssituatie in Zeughoek. Het Twente Kanaal Wiene-Goor laat een 6-voudige toename zien en Wolderwijd een 2-voudige toename van som PCB's.

Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen

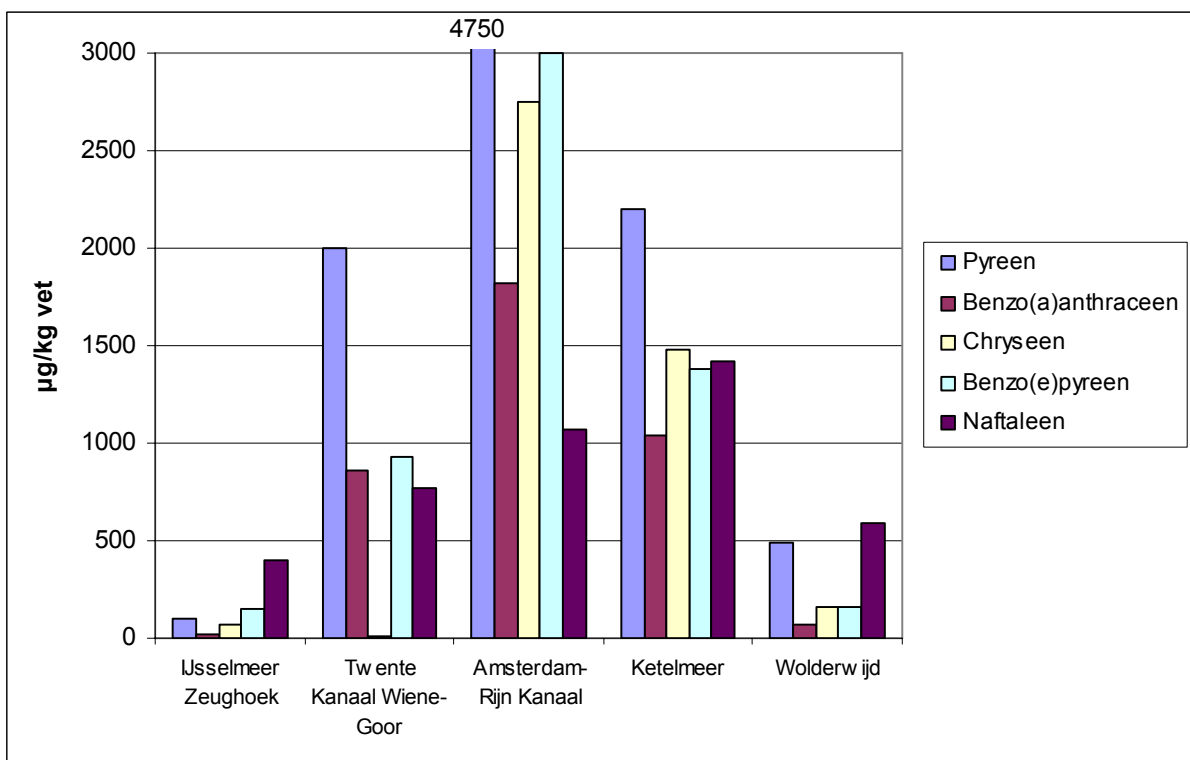


Figuur 6. Gehalten van de Borneff PAKs in de rijkswateren in 2009. Het monster 'IJsselmeer Zeughoek' vormt de uitgangssituatie.

De ophoping van de PAKs in de driehoeksmosselen was ook dit jaar hoog met de grootste toename in Amsterdam Rijnkanaal (zie ook bijlage 5). Een geringe toename van PAKs is waargenomen in Wolderwijd. De concentratie van fluoranteen, een relatief vluchtige PAK, is hoog vergeleken met de ander PAKs in Wolderwijd.



Figuur 7. Gehalten van Acenafteen, Fluoreen, Fenantreen, Anthraceen en Dibenz(a,h)anthraceen in de driehoeksmosselen in 2009. Het monster 'IJsselmeer Zeughoek' vormt de uitgangssituatie.



Figuur 8. Gehalten van Pyreen, Benzo(a)anthraceen, Chryseen, Benzo(e)pyreen en Naftaleen in de driehoeksmosselen in 2009. Het monster 'IJsselmeer Zeughoek' vormt de uitgangssituatie.

Gebromeerde vlamvertragers

Ook dit jaar zijn drie gebromeerde vlamvertragers, BDE47, 99 en 100, meegenomen in het onderzoek. In onderstaande Tabel 7 staan de gegevens.

Tabel 7. Gehalten van drie gebromeerde difenylethers in mosselweefsel uitgedrukt op basis van nat- en vetgewicht ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Tabel a. BDE gehalten in monsters driehoeksmosselen in 2009 op produktbasis ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

	2009/0610 IJsselmeer Zeughoek	2009/0611 Twente Kanaal Wiene-Goor	2009/0612 Amsterdam- Rijn Kanaal	2009/0614 Ketelmeer	2009/0615 Wolderwijd
BDE99	0.006	0.08	0.2	0.2	<0.07
BDE100	0.002	0.05	0.1	0.1	0.02
BDE47	0.004	0.05	0.1	0.1	<0.07

Tabel b. BDE gehalten in monsters driehoeksmosselen in 2009 op vetbasis ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

	2009/0610 IJsselmeer Zeughoek	2009/0611 Twente Kanaal Wiene-Goor	2009/0612 Amsterdam- Rijn Kanaal	2009/0614 Ketelmeer	2009/0615 Wolderwijd
BDE99	1.00	11.43	50	40	<7
BDE100	0.33	7.14	25	20	2.00
BDE47	0.67	7.14	25	20	<7

De gehalten zijn erg laag in het uitgangsmateriaal, op alle onderzochte locaties zijn de BDE99, 100 en 47 gehalten duidelijk toegenomen. De mosselen van locatie Wolderwijd hadden een hoge bepalinggrens, alleen de concentratie BDE100 is meetbaar toegenomen. De bepalingsgrens voor locaties kan verschillen. Het laagste te kwantificeren BDE gehalte wordt bepaald aan de hand van de respons van de laagste goed te meten standaard. Onder deze waarde kan de waarde van het monster niet betrouwbaar gerapporteerd worden. De uiteindelijke gerapporteerde concentratie van een monster is berekend aan de hand van de ingewogen hoeveelheid mosselweefsel en concentratiefactor die gebruikt is. Door verschillen in inweeg en concentratie en door effecten van geëxtraheerde componenten kan de bepalingsgrens anders zijn per locatie.

4.3 Risico-analyse

De gemeten gehalten van de PCB's, BDE's en de metalen zijn vergeleken met de MTR, Warenwet norm en de milieukwaliteitsnorm (MKN) voor biota. Voor gehalten zie bijlage 3 + 4.

Er is geen overschrijding gemeten voor de Warenwet norm.

De PCB's, gemeten in de driehoeksmosselen, zijn ruim onder de MKN, ook bij de vuilere locaties zoals Amsterdam-Rijn Kanaal en Ketelmeer. Ook de gemeten gehalten BDE's liggen veel lager dan de MKN voor penta BDE's. Er is geen MKN voor totaal-kwik, maar wel voor methyalkwik. In mosselen is methyalkwik ongeveer 50% van het totale kwikgehalte. Alle gemeten waarden liggen dan ook ver onder de MKN. Ook alle gemeten waarden voor cadmium en lood liggen onder de MKN. Op locatie Amsterdam-Rijn Kanaal komt het gehalte lood echter dicht in de buurt van de norm met een gemeten gehalte van 0,25 mg/kg product (de MKN is 0,30 mg/kg product).

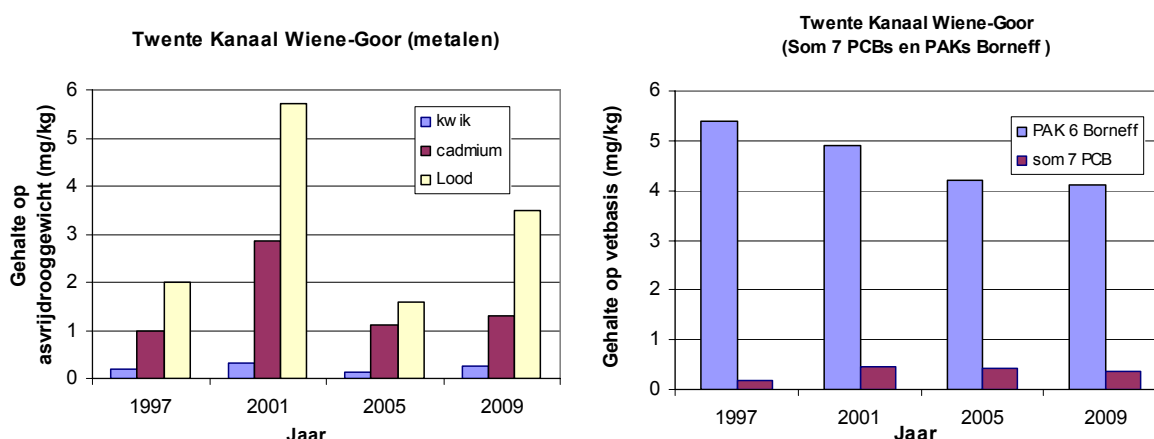
De MTR norm voor cadmium en kwik wordt voor alle locaties, inclusief het uitgangsmateriaal, overschreden en is met name voor cadmium fors. Alleen op locatie Wolderwijd lijkt de overschrijding voor cadmium en kwik af te nemen, op andere locaties neemt de normoverschrijding toe ten opzichte van het uitgangsmateriaal.

5. Vergelijking met eerdere data / trends

De gehalte zware metalen, PAKs en PCBs van de gemeten locaties in 2009 zijn vergeleken met gemeten gehalten van voorgaande jaren (periode 1993 – 2009). Gehalten zware metalen zijn uitgedrukt op basis van asvrijdrooggewicht. PAK betreft de 6 van Borneff uitgedrukt op vetgehalte, som 7 PCBs zijn ook uitgedrukt op vetgehalte. Door de ophoping van de verschillende contaminanten te vergelijken kan een indruk verkregen worden of de piek of dal in gehalte eenvoudig is te verklaren is door een grotere of juist kleinere opnameactiviteit van de mossel in dat jaar.

Twente Kanaal Wiene-Goor

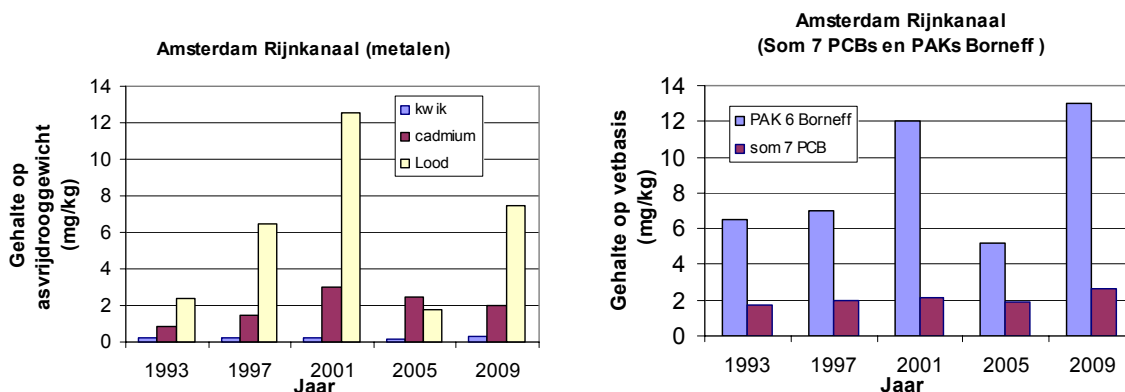
Figuur 9 laat fluctuaties in zware metalen, PAKs en PCBs zien van locaties Twente Kanaal Wiene-Goor over de periode 1997 tot 2009. Uit de figuur is op te maken dat gehalten zware metalen over de jaren fluctueren. Hoge concentraties voor zowel kwik (0,33 mg/kg), cadmium (2,86 mg/kg) als lood (5,71 mg/kg) zijn geconstateerd in het jaar 2001. Som 7 PCB gehalten lijkt iets toegenomen te zijn ten opzichte van het jaar 1997, van 0,18 tot 0,43 mg/kg vet. PAK-gehalten lijken iets af te nemen; van 5,4 naar 4,1 mg/kg vet. Uit het vergelijk van de verschillende contaminanten blijkt dat bv de loodpiek in 2001 niet alleen te verklaren is door een hogere opnameactiviteit van de mosselen in 2001; de hoeveelheid PAKs neemt namelijk niet toe.



Figuur 9: Gehalte zware metalen (links) en PAKs Borneff en PCBs (rechts) in driehoeksmosselweefsel uitgehangen in Twente Kanaal Wiene-Goor over de periode 1997 - 2009.

Amsterdam Rijnkanaal

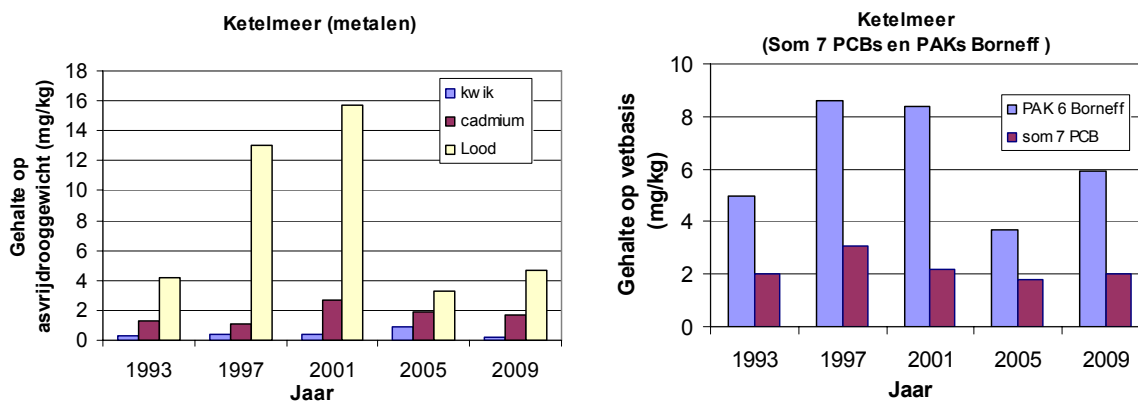
Van de zware metalen fluctueert lood het sterkst met een piek van 12,6 mg/kg in het jaar 2001. Zowel lood, cadmium en kwik nemen niet af in deze periode. Kwikgehalten variëren van 0,18 tot 0,29 mg/kg. Ook PAK en PCB gehalten blijven constant over de jaren, PAK gehalten laten wel grote fluctuaties zien met pieken tot >12 mg/kg vet in het jaar 2001 en 2009.



Figuur 10: Gehalte zware metalen (links) en PAKs Borneff en PCBs (rechts) in driehoeksmosselweefsel uitgehangen in Amsterdam Rijnkanaal over de periode 1993 - 2009.

Ketelmeer

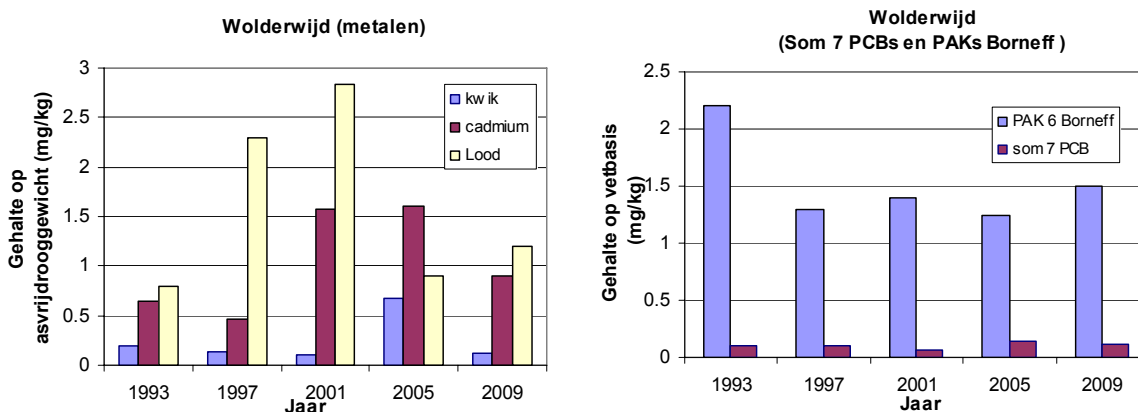
Ook in het ketelmeer fluctueert het loodgehalte het sterkst met een piek in 2001 van 15,6 mg/kg. De laatste jaren (2005 en 2009) is het loodgehalte relatief laag. Kwik fluctueert tussen 0,21 en 0,85 mg/kg, cadmium tussen 1,1 en 2,7 mg/kg. Er is geen sprake van een duidelijke toe- of afnamen in gehalten zware metalen. Ook PAK gehalten nemen niet duidelijk af maar fluctueren tussen de 2,8 en 3,1 mg/kg vet. Gehalte van de som 7 PCBs lijkt constant met een waarde van ongeveer 2,0 mg/kg vet.



Figuur 11: Gehalte zware metalen (links) en PAKs Borneff en PCBs (rechts) in driehoeksmosselweefsel uitgehangen in Ketelmeer over de periode 1993 - 2009.

Wolderwijd

De gehalten zware metalen fluctueren sterk op locatie Wolderwijd. Lood laat een piek zien in het jaar 2001 terwijl kwik een verhoogd gehalte heeft in het jaar 2005. Er is geen duidelijke toe- of afname te constateren. PAK concentraties zijn nu lager dan in 1993, maar de verhoogde gehalten gemeten in het jaar 1993 kan ook een uitzondering zijn. PCBs fluctueren maar zijn altijd erg laag (tussen de 0,07 en 0,14 mg/kg vet).



Figuur 12: Gehalte zware metalen (links) en PAKs Borneff en PCBs (rechts) in driehoeksmosselweefsel uitgehangen in Wolderwijd over de periode 1993 - 2009.

6. Korte beschouwing onderzoeksperiode 2006 - 2009

De gehalten in driehoeksmosselen, gedurende de onderzoeksperiode 2006 tot en met 2009, zijn vergeleken met de bestaande normen. De PCB's voldoen aan zowel de warenwet, de MKN als MTR normen. De warenwet wordt niet overschreden voor zware metalen. Normoverschrijdingen van de MKN en MTR norm voor zware metalen zijn wel geconstateerd, in tabel 8 wordt een overzicht gegeven per onderzochte locatie.

De MTR norm schrijft voor dat gemeten gehalte zware metalen in mosselweefsel omgerekend worden naar standaard mosselen welke 10% drogestof bevatten. De nieuwe MKN normen gaan uit van gehalten op versgewichtbasis, gemeten gehalten hoeven niet omgerekend te worden. De milieukwaliteitsnorm (MKN) is opgesteld voor methyl kwik (20 µg/kg) en niet voor totaal kwik. Aangezien alleen totaal kwik is gemeten zijn deze gehalten omgerekend naar methylkwik door aan te nemen dat in het mosselweefsel het aandeel methylkwik ongeveer 50% is van het aandeel totaal kwik. Er zijn MTR normen voor zowel Totaal kwik (4.8 µg/kg) en methylkwik (24.7 µg/kg). Door het grote verschil tussen deze normen wordt de MTR voor methylkwik nergens overschreden, de MTR voor totaal kwik wel.

Tabel 8: Overzicht overschrijding van de MKN norm voor lood en cadmium en de MTR norm voor totaal-kwik en cadmium van de onderzochte locaties, uitgedrukt in %.

Locatie	Jaar	Zware metalen*	
		MKN	MTR
Haringvliet	2006	Cd (31 %)	Hg (234 %)
Hollandsch Diep, Bovensluis	2006	Pb (23 %)	Cd (4588 %)
			Hg (297 %)
Volkerak, Steenberg	2006		Cd (3174 %)
			Hg (234 %)
Hollandsche IJssel, Gouda voorhaven	2006	Pb (223 %)	Cd (2807 %)
			Hg (421 %)
Rijn, Lobith ponton	2007		Cd (1823 %)
			Hg (281 %)
Rijn, Maassluis	2007		Cd (3400 %)
			Hg (203 %)
Hollandsche IJssel, Gouda voorhaven	2007	Pb (6 %)	Cd (3877 %)
			Hg (278 %)
Kanaal Gent-Terneuzen, Sas van Gent	2008		Cd (2729 %)
			Hg (67 %)
Maas, Keizersveer	2008		Cd (1714 %)
			Hg (113 %)
			Cd (2889 %)

Vervolg tabel 8

Locatie	Jaar	Zware metalen*	
		MKN	MTR
Maas, Eijsden ponton	2008	Pb (83 %) Cd (56 %)	Hg (70 %) Cd (4301 %)
IJsselmeer, Vrouwezand	2008	-	-
Twentekanaal, Wiene-Goor	2009	-	Hg (349 %) Cd (1381 %)
Amsterdam Rijnkanaal, Loene	2009	-	Hg (448 %) Cd (2137 %)
Noordzeekanaal, Amsterdam	2009	-	-
Ketelmeer, Ketelmeer west	2009	-	Hg (317 %) Cd (1950%)
Randmeren oost, Wolderwijd midden	2009	-	Hg (124%) Cd (884%)

* normoverschrijding in procenten. Met het teken “-“ wordt aangeduid dat het monster niet geanalyseerd kon worden door verlies of sterfte van het materiaal.

Uit de tabel valt af te leiden dat de zware metalen lood en cadmium relatief vaak boven de MKN norm uitkomt met een forse normoverschrijding bij locatie Hollandse IJssel, Gouda voorhaven in 2006. Deze locatie is in 2007 nogmaals gemeten, in dat jaar is er wederom een norm overschrijding geweest maar wel (veel) minder hoog (6 %). De MKN norm is duidelijk een stuk hoger dan de MTR norm; als er een MKN overschrijding plaatsvindt is die gering ten opzichte van de overschrijding van de MTR.

Het uitgangsmateriaal (Zeughoek) laat, hoewel de MKN norm nooit overschreden is gedurende 2006 – 2009, een verhoogde cadmium concentratie zien. De MTR norm voor totaal-kwik en cadmium wordt wel elk jaar overschreden, zie tabel 9. De MTR wordt voor totaal-kwik gemiddeld met $131 \pm 26\%$ overschreden, voor cadmium met $2001 \pm 810\%$.

Tabel 9: MTR norm overschrijding van het uitgangsmateriaal (Zeughoek) in onderzoeksperiode 2006 – 2009.

Jaar	norm overschrijding (%)	
	Hg	Cd
2006	133	1775
2007	145	3181
2008	94	1797
2009	155	1251

De concentratie metalen neemt na het uithangen van de mosselen op vrijwel alle locaties verder toe (zie tabel 8) in de periode 2006-2009. In 2009 lijkt de kwik en cadmium concentratie na het uithangen van de mosselen te dalen in locatie Wolderwijd. Deze locatie is ook wat PAKs en PCBs betreft erg schoon.

Hoewel op geen van de onderzochte locaties de MKN norm voor de som 7 PCB's overschreden wordt zijn gehalte in het mosselweefsel, met uitzondering van Wolderwijd en Twente Kanaal Wiene-Goor, over het algemeen fors hoger dan het uitgangsmateriaal. Wolderwijd en Twente Kanaal Wiene-Goor laten een lichte verhoging in PCB gehalte zien.

Ook PAK gehalten zijn op alle locaties matig tot fors verhoogd ten opzichte van het uitgangsmateriaal. Op locatie Maas Keizersveer en het Wolderwijd zijn de concentraties PAKs slechts licht verhoogd.

BDE gehalten laten een forse (Haringvliet; Hollandsch Diep, Bovensluis; Amsterdam Rijnkanaal, Loene; Ketelmeer west), matige (Volkerak, Steenberge; Kanaal Gent-Terneuzen, Sas van Gent; Maas, Keizersveer, Maas, Eijsden ponton) tot lichte (Twentekanaal, Wiene-Goor; Wolderwijd midden) toename zien ten opzichte van het uitgangsmateriaal.

7. Conclusies

De monitoring is in 2009 goed verlopen.

De uitgangsmosselen (Zeughoek) zijn in goede staat aangeleverd en de mosselen zijn volgens schema uitgehangen en binnengehaald op de gewenste data. De biochemische parameters (vet, as, droge stof) zijn vergelijkbaar tussen de verschillende locaties (Tabel 6). Het niveau van de gemeten accumulatie van microverontreinigingen toont aan dat de mosselen gedurende de monitoring-periode actief zijn geweest, vergelijkbaar met de voorgaande jaren. De sterfte was ook dit jaar niet erg hoog. Alleen de mosselen bij locatie Amsterdam Noordzeekanaal zijn niet levend teruggevonden. De reden hiervoor is niet achterhaald. De mosselen worden in de mosselmonitoring standaard vlak boven de bodem gehangen (0.5 m), om de invloed van golfbewegingen (stress) te minimaliseren. Maar in brak water (Sas van Gent, Noordzeekanaal) worden ze hoger gehangen om het zoute water te vermijden, soms zelfs vlak onder de oppervlakte (Maassluis). Dit maakt de blootstelling aan golfbewegingen in ondiep water wel groter, maar dit wordt doorgaans gecompenseerd door de betere waterkwaliteit (minder zout en modder, meer zuurstof).

Alle gemeten contaminanten namen toe ten opzichte van het uitgangsmateriaal met uitzondering van locatie Wolderwijd waar kwik en cadmium gelijk bleven en PCB gehalte slechts gering toenam. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat het cadmium gehalte in het uitgangsmateriaal relatief hoog was (zoals alle jaren). Amsterdam-Rijn Kanaal laat de sterkste toename zien van zware metalen, PCB, PAK en BDE van de gemeten locaties in 2009. De belasting van de onderzochte locaties is daarmee voor de onderzochte contaminanten in het Amsterdam-Rijn Kanaal het hoogst.

Van de onderzochte locaties in 2009 blijkt dat van de zware metalen met name lood sterk toe neemt ten opzichte van het uitgangsmateriaal.

Voor alle locaties gemeten in 2009 laten de gehalten zware metalen, PAK (6 van Borneff) en PCB (som 7) geen duidelijke toe- of afname zien ten opzichte van gehalten gemeten in de periode 1993 – 2009 met uitzondering van locatie Twente Kanaal Wiene-Goor. Alleen voor locatie Twente Kanaal Wiene-Goor lijkt PAK gehalten iets af te nemen van 5,4 naar 4,1 mg/kg vet.

Wanneer gekeken wordt naar alle bemonsterde locaties in de onderzoeksperiode van 2006 tot 2009 blijkt cadmium (Haringvliet; Maas en Eijsden ponton) en lood (Hollandsch Diep, Bovensluis; Hollandsche IJssel, Gouda voorhaven en Maas, Eijsden ponton) boven de MKN norm uit te komen waardoor deze stoffen een potentieel probleem kunnen vormen. De Warenwet norm wordt niet overschreden voor de gemeten zware metalen. Het mosselweefsel van het uitgangsmateriaal laat een overschrijding zien van de MTR norm voor cadmium en kwik over de gehele onderzoeksperiode (2006-2009). Bemonsterde locaties laten een verdere stijging zien in normoverschrijding ten opzichte van het uitgangsmateriaal met uitzondering van Hollandsche IJssel (cadmium), Sas van Gent (kwik en cadmium), Maas Eijsden (kwik) en Wolderwijd (kwik en cadmium). PCB gehalte blijven, voor alle bemonsterde locaties in de periode 2006 - 2009 onder de Warenwet, MTR en MKN norm.

Dankwoord

De medewerking van Lanthe Brongers en een aantal medewerkers van de Meetdienst bij het verkrijgen van driehoeksmosselen wordt zeer op prijs gesteld.

8. Aanbevelingen

Het onderzoek met driehoeksmosselen is in de huidige vorm een goede manier om waterkwaliteit te meten. Verschillen in waterkwaliteit zijn goed waar te nemen en wat de uitvoering betreft zijn er geen verbeteringen voor te stellen. Enkele gegevens die van de uitgehangen mosselen worden verzameld; de nauwgezette analyse van lengtes en gewichten van boven- en ondermaatse mosselen, kunnen misschien worden beperkt tot alleen het uitgangsmonster (Zeughoek). In de korte periode van uithangen treedt te weinig groei op voor een goed vergelijk, en de gemeten parameters kunnen erg afhankelijk zijn van omstandigheden ter plaatse; bv verlies van kleine mosselen als gevolg van stroming. Dit heeft echter geen effect op de activiteit van de mosselen en de betekenis van de gemeten contaminanten concentraties. Het doormeten van alleen de parameters als sterfte, vet- en asvrijdrooggewicht van de uitgehangen mosselen geeft een goed beeld van de monitoring en kwaliteit van de mosselen. De inspanning die hiermee wordt bespaard kan misschien beter worden gebruikt voor het analyseren van meer contaminanten of meer locaties. In deze opzet kan dan ook worden gekozen voor het uithangen van een bepaalde grootte driehoeksmosselen, bv > 12 mm, wat de doorstroming van de bolletjes (aanbod voedsel mosselen) voor alle locaties gelijk maakt. Kleine mosselen zullen namelijk niet meer op de ene locatie wel, en de andere locatie niet uit het netje worden gespoeld. De verwatering van de uitgehangen mosselen zou ook een aanvulling op het bestaande protocol kunnen zijn. De mosselen worden nu na uithangen geanalyseerd inclusief maag-darm inhoud. Het is bekend dat zwevend stof hoge concentraties contaminanten (zowel organisch als anorganisch) kan bevatten wat niet noodzakelijkerwijs biobeschikbaar is. In theorie kan een (aanzienlijk) deel van de gemeten contaminanten minder relevant zijn wat betreft doorvergiftiging naar hogere organismen, omdat dit niet uit de maaginhoud wordt opgenomen.

De kolonisatie van het Nederlandse oppervlaktewater door andere zoetwatermosselen, waaronder de Quagga's, hoeft geen probleem te vormen voor het voortzetten van het ABM programma. Deze soorten zijn redelijk vergelijkbaar met de Dreissena's wat biotoop, leefwijze en vetgehalte betreft. Naar verwachting kunnen deze ook in een net worden opgehangen voor ABM. Als deze soort de Dreissena dreigt te verdringen zijn een paar jaren van simultane monitoring, waarbij zowel de Dreissena's als Quagga's op een paar locaties worden uitgehangen, voldoende om een eventuele andere ophoping van contaminanten, en daarmee trendbreuk in contaminant gehalten, te corrigeren. Een bijkomend voordeel van de Quagga's zou kunnen zijn dat deze over het algemeen wat groter wordt dan de Dreissena's, wat het verzamelen van voldoende mosselvlees voor analyse aanzienlijk goedkoper kan maken.

Eenmaal verzameld en geëxtraheerd kunnen meerdere stofgroepen tegen een geringe meerprijs gemeten worden in het mosselvlees. De OCP's worden in het huidige programma niet meer gevraagd, omdat er geen grote meerwaarde van wordt verwacht en de gehalten doorgaans erg laag zijn. Naast OCP's is er een groot scala aan stoffen waarvan nauwelijks gehalten in lagere organismen bekend zijn. Van andere stofgroepen ("emerging contaminants") zijn er helemaal geen of uiterst beperkt data voorhanden.

Het wordt daarom aanbevolen in volgende MWTL onderzoeken in de rijkswateren ruimte te creëren voor de analyse van andere stoffen in driehoeksmosselen. Zo heeft de meting van een drietal vlamvertragers (BDE's 47, 99 en 100) aangetoond dat de concentraties van deze gebromeerde BDE's, een afspiegeling van de verboden "penta-mix", in de mosselen niet erg hoog zijn. Het is interessant om te onderzoeken of de moderne vervangers van deze vlamvertragers (met fosfaat en ook met chloor) nu in het milieu toenemen.

Voor andere, in de belangstelling staande stoffen, zoals geperfluoreerde verbindingen zou het MWTL driehoeksmosselprogramma een prima middel zijn om de aanwezigheid en biologische beschikbaarheid van deze stoffen verder in kaart te brengen.

Daarnaast worden analysemethoden steeds verfijnder waardoor ook andere, "nieuwe" stoffen met een hoge toxiciteit eindelijk goed gekwantificeerd kunnen worden. Op IMARES kunnen nu ook een aantal gealkyleerde PAK's worden geanalyseerd. De toxiciteit van deze stoffen is even hoog of zelfs hoger dan de niet-gealkyleerde PAK's en de concentraties in het aquatisch milieu zijn plaatselijk ook erg hoog. In Nederlandse zeemosselen en garnalen zijn deze giftige stoffen al aangetoond door IMARES en doorgaans zijn de concentraties contaminanten in zoetwaterbiota (uit de Nederlandse rivieren) vele malen hoger dan in de mariene milieus. Een ander voorbeeld zijn de gechloroerde paraffinen, ook hiervoor heeft IMARES een goede analysemethode ontwikkeld. Deze stof staat ook op de zwarte lijst van de Kader Richtlijn Water en er zijn geen of weinig data bekend van de concentraties in biota.

Referenties

- Beek, M.A. (1995). De risico's van normen. Werkdocument 95.097X, WSC, Ecotoxicologie, 94.10, RIZA, Lelystad.
- Beek, M.A. (2002). Risicogetallen voor doorvergiftiging voor hogere organismen. Werkdocument 2002.182X, RIZA-WCS, Lelystad.
- Boer, J. de, K. de Boer en J.P. Boon (2000). Polybrominated Biphenyls and Diphenylethers. The Handbook of Environmental Chemistry Vol. 3 Part K New Types of Persistent Halogenated Compounds (ed. J. Paasivirta), Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2000.
- bij de Vaate, A. 1991. Distribution and aspects of population dynamics of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), in the Lake IJsselmeer area (The Netherlands). *Oecologia* 86:40–50.
- Dao, Q.T., M.M. de Wit en M. Lohman (1998). Bepaling van het gehalte aan PCB's en andere gehalogeneerde microverontreinigingen met behulp van capillaire gaschromatografie. ISW nr. A002, RIVO-DLO, IJmuiden.
- Kraak, M.H.S. et al (1991). Biomonitoring of Heavy Metals in the Western European Rivers Rhine and Meuse Using the Freshwater Mussel *Dreissena polymorpha*. *Environ. Pollut.* 74,101.
- Law RJ, Allchin CR, de Boer J, Covaci A, Herzke D, Lepom P, Morris S, Tronczynski J, en de Wit CA (2006) Levels and trends of brominated flame retardants in the European environment. *Chemosphere* 17, 187-208.
- Maas, J.L. (2003). Biologische Monitoring Zoete Rijkswateren. Bioaccumulatie in aal en driehoeksmosselen. RIZA rapport 2003.013, april 2003, Lelystad.
- Marqenie, J.M.(1981)Proc. Symp. Heavy Metals in the Environment, Amsterdam, September 1981. CEP Consultants Ltd., Edinburgh, 409–412
- Pieters H. en B.L. Verboom (1994). Biologische monitoring zoete rijkswateren: micro-verontreinigingen in driehoeksmosselen - 1993, RIVO rapport C004/94, IJmuiden.
- Skutlarek Dirk, Exner Martin and Färber Harald (2006). Perfluorinated Surfactants in Surface and Drinking Waters. *Environ Sci Pollut Res* 13 (5) 299 – 307.
- Van der Valk, F., Q.T. Dao and J. Speur (1989). Contaminant Contents of Freshwater Mussels (*Dreissena polymorpha*) incubated at various Locations in the River Rhine from Switzerland to the Netherlands, RIVO rapport MO 89-206, IJmuiden.

Verklarende woordenlijst:

AAS	Atoomabsorptiespectrometer
ABM	Actieve Biologische Monitoring
AMK 2000	Algemene Milieu Kwaliteit 2000
adw	Asvrij drooggewicht
CB	Chloorbifenyyl
Ecotoxicologische waarden	Concentratieniveau voor Ecotoxicologische normen van effecten op het ecosysteem
FIAS	Flow Injection Analysis System
Consumptiestandaard	Normen vastgelegd in de Warenwet
MTR	Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau
Natgewicht	Versgewicht van filet of andere organen, c.q. organismen
OCP	Organochloorpesticiden
PAK	Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen
PCB	Polychloorbifenyyl
Versgewicht	Gehalten uitgedrukt op basis van natgewicht
Vetbasis	Concentraties uitgedrukt op basis van het vetgehalte

Verantwoording

Rapport C057/10
Projectnummer: 4395100007

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

Akkoord: Dr. Ir. M.J.J. Kotterman
Collega onderzoeker

Handtekening:

Datum: 21 mei 2010

Akkoord: Drs. J.H.M. Schobben
Hoofd afdeling milieu

Handtekening:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J.H.M. Schobben', written in a cursive style.

Datum: 21 mei 2010

Aantal exemplaren: 25
Aantal pagina's: 38
Aantal tabellen: 9
Aantal figuren: 12
Aantal bijlagen: 5

Bijlage 1 Monstergegevens

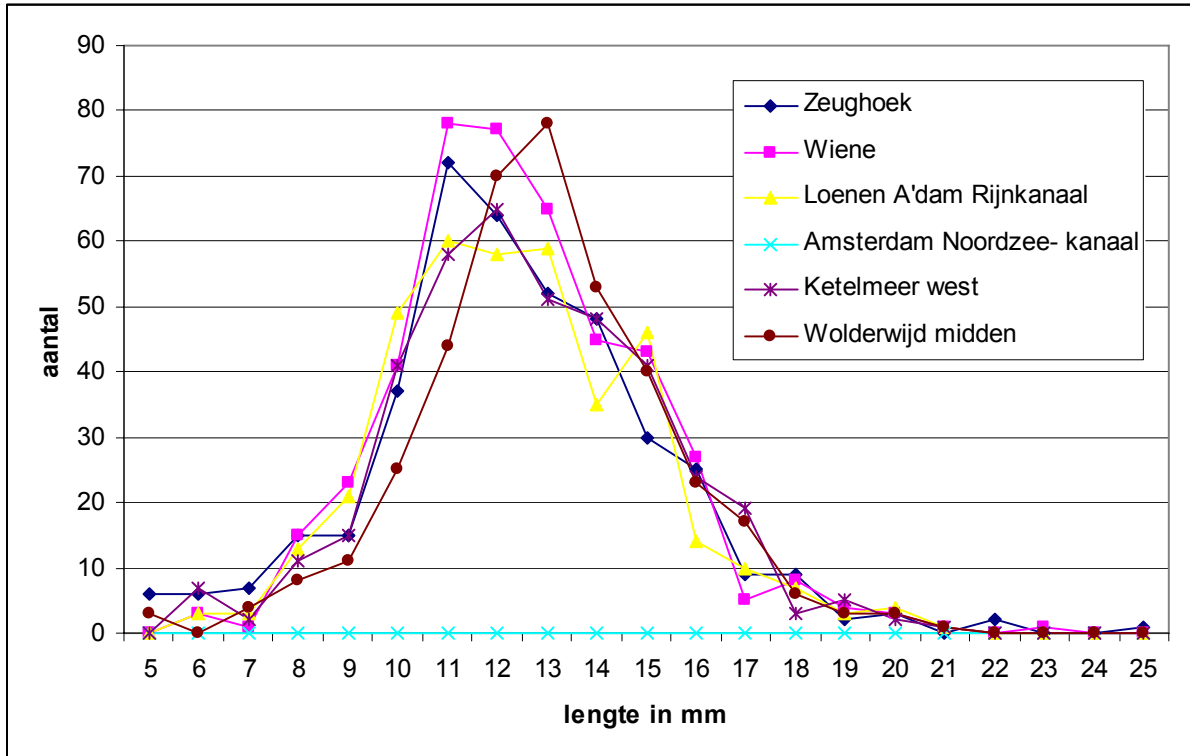
Monsternummer	2009/ 0610	2009/ 0611	2009/ 0612	2009/ 0613	2009/ 0614	2009/ 0615
Locatie	Zeughoek	Wiene	Loenen A'dam Rijnkanaal	Amsterdam Noordzee-kanaal	Ketelmeer west	Wolderwijd midden
Jaar 2009						
Gewichten						
totaal						
brutogewicht (g)	110.36	111.75	112.25	nb	114.31	110.84
tarra (g)	13.16	16.32	18.43	nb	18.08	19.80
% tarra	11.9	14.6	16.4	nb	15.8	17.9
nettogewicht (g)	97.20	95.43	93.82	nb	96.23	91.04
aanhangend vocht (g)	5.71	14.39	7.20	nb	10.88	5.69
levende mosselen (g)	91.49	81.04	86.62	nb	85.35	85.35
dode mosselen (g)	3.16	9.17	6.09	nb	8.30	9.16
dood schelpen (g)	-	-	-	-	-	-
bovenmaats						
nettogewicht (g)	43.15	35.67	35.40	nb	37.70	36.77
levend vlees (g)	12.06	9.69	10.08	nb	10.68	10.42
levend schelpen (g)	34.54	23.61	20.54	nb	23.20	23.20
vocht (g)	-3.45	2.37	4.78	nb	3.82	3.15
ondermaats						
nettogewicht (g)	33.69	33.38	34.12	nb	30.26	31.79
Aantallen						
totaal levend	425	441	394	nb	394	389
ondermaats levend	296	303	274	nb	251	243
% ondermaats levend	69.6	68.7	69.5	nb	63.7	62.5
bovenmaats levend	120	126	95	nb	116	133
totaal dood	10	15	28	nb	28	18.46
% dood	2.4	3.3	7.1	nb	7.2	4.7
bovenmaats dood	10	14	28	nb	28	18
Gem. lengtes en gewichten						
totaal						
gem. lengte (mm)	12.4	12.5	12.4	nb	12.7	13.0
gem. gewicht (g)	0.18	0.16	0.19	nb	0.19	0.18
ondermaats						
gem. lengte (mm)	10.9	11.2	11.1	nb	11.1	11.5
gem. gewicht (g)	0.11	0.11	0.12	nb	0.12	0.13
bovenmaats						
gem. lengte (mm)	15.7	15.6	15.5	nb	15.4	15.4
gem. gewicht (g)	0.36	0.28	0.37	nb	0.33	0.28
gem. schelpgewicht (g)	0.29	0.19	0.22	nb	0.20	0.17
gem. vleesgewicht (g)	0.10	0.08	0.11	nb	0.09	0.08

Bijlage 1 vervolg

Monsternummer		2009/ 0610 Zeughoek	2009/ 0611 Wiene	2009/ 0612 Loenen A'dam Rijnkanaal	2009/ 0613 Amsterdam Noordzee- kanaal	2009/ 0614 Ketelmeer west	2009/ 0615 Wolderwijd midden
Locatie (mm)	5	6	0	0	nb	0	3
aantal levend	6	6	3	3	nb	7	0
	7	7	1	3	nb	2	4
	8	15	15	13	nb	11	8
	9	15	23	21	nb	15	11
	10	37	41	49	nb	41	25
	11	72	78	60	nb	58	44
	12	64	77	58	nb	65	70
	13	52	65	59	nb	51	78
	14	48	45	35	nb	48	53
	15	30	43	46	nb	41	40
	16	25	27	14	nb	24	23
	17	9	5	10	nb	19	17
	18	9	8	7	nb	3	6
	19	2	4	3	nb	5	3
	20	3	3	4	nb	2	3
	21	0	1	1	nb	1	1
	22	2	0	0	nb	0	0
	23	0	1	0	nb	0	0
	24	0	0	0	nb	0	0
	25	1	0	0	nb	0	0
aantal		425	441	394	nb	394	389
bovenmaats		129	137	120	nb	143	146
ondermaats		296	304	274	nb	251	243

Bijlage 2 Frequentieverdeling

Frequentieverdeling voor de uitgehangen monsters driehoeksmosselen in najaar 2009.



Bijlage 3 Metalen

Tabel a. Biochemische samenstelling van het mosselvlees (versgewicht) najaar 2009.

Monsternr.	Locatie	Droge stof	Asvrijdrooggewicht	As	Vet(BD)*
		%	%	%	%
2009/0610	IJsselmeer Zeughoek	6.2	5.8	0.4	0.6
2009/0611	Twente Kanaal Wiene-Goor	6.5	5.8	0.7	0.7
2009/0612	Amsterdam-Rijn Kanaal	3.8	3.4	0.4	0.4
2009/0613	Noordzeekanaal Amsterdam	-	-	-	-
2009/0614	Ketelmeer	5.0	4.7	0.3	0.5
2009/0615	Wolderwijd	8.0	7.2	0.8	1.0

* Vetgehalte uitgedrukt in gewichtprocent van natgewicht.

Tabel b. Gehalten aan metalen in het mosselvlees (versgewicht) najaar 2009.

Monsternr.	Locatie	Droge stof	Kwik	Lood	Cadmium
		%	mg/kg	mg/kg	mg/kg
2009/0610	IJsselmeer Zeughoek	6.2	0.0076	0.020	0.067
2009/0611	Twente Kanaal Wiene-Goor	6.5	0.014	0.202	0.077
2009/0612	Amsterdam-Rijn Kanaal	3.8	0.010	0.254	0.068
2009/0613	Noordzeekanaal Amsterdam	-	-	-	-
2009/0614	Ketelmeer	5.0	0.010	0.223	0.082
2009/0615	Wolderwijd	8.0	0.0086	0.089	0.063
	MKN - biota		0.02*	0.30	0.16
	MTR norm		0.0048 / 0.0247**	-	0.008
	Warenwet		0.5***	1.5	1.0

* norm voor methylkwik, dat gemiddeld 50% van het totaal kwik is.

** eerste getal betreft totaal kwik, tweede getal betreft methylkwik. Voor MTR norm dienen de gehalten omgerekend te worden naar standaardmosselen (10% droge stof).

*** totaal kwik.

Tabel c. Gehalten aan metalen in het mosselvlees najaar 2009 op basis van asvrijdrooggewicht.

Monsternr.	Locatie	Asvrijdrooggewicht	Kwik	Lood	Cadmium
		%	mg/kg	mg/kg	mg/kg
2009/0610	IJsselmeer Zeughoek	5.8	0.13	0.3	1.1
2009/0611	Twente Kanaal Wiene-Goor	5.8	0.24	3.5	1.3
2009/0612	Amsterdam-Rijn Kanaal	3.4	0.29	7.5	2.0
2009/0613	Noordzeekanaal Amsterdam	-	-	-	-
2009/0614	Ketelmeer	4.7	0.21	4.7	1.7
2009/0615	Wolderwijd	7.2	0.12	1.2	0.9

Bijlage 4 PCB's

Tabel a. PCB gehalten in monsters driehoeksmosselen in 2009 op productbasis ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Monsternr.	Locatie	CB28	CB52	CB101	CB118	CB138	CB153	CB180	Som PCB*
		$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$
2009/0610	IJsselmeer Zeughoek	0.05	<0.03	<0.08	<0.08	<0.2	<0.2	<0.1	0.4
2009/0611	Twente Kanaal Wiene-Goor	<0.02	0.2	0.4	0.2	0.5	0.8	0.4	2.5
2009/0612	Amsterdam-Rijn Kanaal	0.2	0.9	2.0	0.9	1.8	3.5	1.2	10.5
2009/0613	Noordzeekanaal Amsterdam	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	0.0
2009/0614	Ketelmeer	0.2	0.7	1.8	0.8	1.7	3.5	1.3	10.0
2009/0615	Wolderwijd	<0.04	0.08	0.2	<0.1	0.2	0.4	0.1	1.1
	MKN-biota								335
	MTR norm						84		
	Warenwet norm	100	40	80	80	100	100	120	

* Voor waarde "<" is in deze som met de helft van de bepalingsgrens gerekend.

Tabel b. PCB gehalten in monsters driehoeksmosselen in 2009 op vetbasis ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Monsternr.	Locatie	CB28	CB52	CB101	CB118	CB138	CB153	CB180	Som PCB
		$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$	$\mu\text{g}/\text{kg}$
2009/0610	IJsselmeer Zeughoek	8.3	<5.0	<13.3	<13.3	<33	<33	<16.7	66*
2009/0611	Twente Kanaal Wiene-Goor	<2.8	29	57	29	71	114	57	359
2009/0612	Amsterdam-Rijn Kanaal	50	225	500	225	450	875	300	2625
2009/0613	Noordzeekanaal Amsterdam	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb
2009/0614	Ketelmeer	40	140	360	160	340	700	260	2000
2009/0615	Wolderwijd	<4	8	20	<10	20	40	10	105

* Voor waarde "<" is in deze som met de helft van de bepalingsgrens gerekend.

Bijlage 5 PAK's

Tabel a. PAK gehalten in monsters driehoeksmosselen in 2009 op produktbasis ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

	2009/0610 IJsselmeer Zeughoek	2009/0611 Twente Kanaal Wiene- Goor	2009/0612 Amsterdam- Rijn Kanaal	2009/0613 Noordzeekanaal Amsterdam	2009/0614 Ketelmeer	2009/0615 Wolderwijd
Naftaleen	2.4	5.4	4.3	nb	7.1	5.9
Acenafteen	0.03	0.5	0.7	nb	0.3	0.4
Fluoreen	0.1	0.5	0.8	nb	0.5	0.9
Fenantreen	<1.5	4.1	11	nb	5.2	6.2
Anthraceen	0.08	0.8	1.1	nb	0.9	0.5
Fluoranteen	1.1	11	17	nb	11	9.4
Pyreen	0.6	14	19	nb	11	4.9
Benzo(a)anthraceen	0.1	6.0	7.3	nb	5.2	0.7
Chryseen	0.4	0.1	11	nb	7.4	1.6
Benzo(e)pyreen	<1.8	6.5	12	nb	6.9	1.6
Benzo(b)fluoranteen	0.3	4.9	11	nb	6.2	1.5
Benzo(k)fluoranteen	0.1	2.3	6.2	nb	3.3	0.6
Benzo(a)pyreen*	0.2	3.7	7.3	nb	3.1	0.6
Dibenz(a,h)anthraceen	<0.18	1.3	1.3	nb	0.3	<0.18
Benzo(g,h,i)peryleen	0.6	3.4	4.7	nb	2.4	0.08
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	0.3	3.4	5.9	nb	2.9	1.0

* Warenwet norm = 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Tabel b. PAK gehalten in monsters driehoeksmosselen in 2009 op vetbasis ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

	2009/0610 IJsselmeer Zeughoek	2009/0611 Twente Kanaal Wiene-Goor	2009/0612 Amsterdam- Rijn Kanaal	2009/0613 Noordzeekanaal Amsterdam	2009/0614 Ketelmeer	2009/0615 Wolderwijd
Naftaleen	400	771	1075	nb	1420	590
Acenafteen	5	71	175	nb	60	40
Fluoreen	17	71	200	nb	100	90
Fenantreen	<250	586	2750	nb	1040	620
Anthraceen	13	114	275	nb	180	50
Fluoranteen	183	1571	4250	nb	2200	940
Pyreen	100	2000	4750	nb	2200	490
Benzo(a)anthraceen	17	857	1825	nb	1040	70
Chryseen	67	14	2750	nb	1480	160
Benzo(e)pyreen	<300	929	3000	nb	1380	160
Benzo(b)fluoranteen	50	700	2750	nb	1240	150
Benzo(k)fluoranteen	17	329	1550	nb	660	60
Benzo(a)pyreen	33	529	1825	nb	620	60
Dibenz(a,h)anthraceen	<30	186	325	nb	60	<18
Benzo(g,h,i)peryleen	100	486	1175	nb	480	8
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	50	486	1475	nb	725	250
Vet	0.6	0.7	0.4	nb	0.5	1.0
ZPAK's Borneff	433	4100	13025	nb	5925	1468