

Opname van PCB's door vis in uiterwaardplassen

CAROLINE MOERMOND, WAGENINGEN UNIVERSITEIT

GERTJAN ZWOLSMAN, RIZA

FRANK ROOZEN, WAGENINGEN UNIVERSITEIT

ALBERT KOELMANS, WAGENINGEN UNIVERSITEIT

Veel uiterwaardplassen en andere oppervlaktewateren in Nederland worden gedomineerd door bodemwoelende vissen, zoals brasem. Door hun voedselgedrag komen deze vissen rechtstreeks in aanraking met het sediment, inclusief de daarin nog steeds aanwezige organische verontreinigingen.

Ondanks het feit dat de PCB's al jaren in het sediment aanwezig zijn en wellicht met de tijd veel minder beschikbaar zijn geworden, wijzen onderzoeksresultaten erop dat de opname van PCB's uit uiterwaardsedimenten door vis nog steeds substantieel is. Tevens bleek dat de Tenax-methode een betere correlatie oplevert met PCB-opname door bodemwoelende vissen dan meting van het totaalgehalte van PCB's in sediment.

In uiterwaarden zijn nog veel giftige stoffen aanwezig die daar met name in de zeventiger jaren met het rivierslib zijn afgezet. De vervuiling van het rivierslib met bijvoorbeeld polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en polychloorbiphenylen (PCB's) is weliswaar sterk verminderd, maar aangezien deze stoffen niet of zeer langzaam afbreken, zijn ze wel nog steeds in de uiterwaarden aanwezig. Voor de beheerders is het een belangrijke vraag of deze stoffen beschikbaar zijn voor de daar aanwezige diersoorten. Voor sedimentbewoners zoals muggelarven is, onder andere door het RIZA¹⁾, al veel onderzoek verricht naar de 'biologische beschikbaarheid' van organische verontreinigingen in het sediment. Voor andere organismen, zoals vissen, is de beschikbaarheid van deze stoffen nog onduidelijk.

Veel uiterwaardplassen en andere oppervlaktewateren in Nederland worden gedomineerd door bodemwoelende vis, zoals brasem. Doordat deze vissen het sediment flink opwoelen als ze naar eten zoeken en daarbij ook veel sediment opnemen, worden deze vissen blootgesteld aan de in het sediment aanwezige verontreinigingen. Dit maakt de vraag of sedimentgebonden verontreinigingen wel of niet beschikbaar zijn voor opname in vissen zeer actueel.

SSEO

In 1999 is het door de ministeries van LNV, VROM en V&W en het NWO gefinancierde Stimuleringsprogramma Systeemgericht Ecotoxicologisch Onderzoek (SSEO) van start gegaan. Het richt zich op effecten van de diffuse belasting van de (water)bodem met een mengsel van verschillende stoffen, de zogeheten chemische sluiër. Deze chemische sluiër bestaat niet alleen uit stoffen die van nature in de systemen voorkomen, zoals nutriënten en zware metalen, maar ook uit stoffen die niet van nature in biologische systemen voorkomen, bijvoorbeeld pesticiden en andere giftige organische verontreinigingen. De hoofdvraag van het programma is wat de ecologische risico's zijn van de diffuse, chronische belasting van combinaties van die stoffen op ecosystemenniveau.

De doelstellingen van het SSEO-programma zijn:

- het ontwikkelen van kennis over de reacties van ecosystemen op chemische belasting met een chronisch toxisch en diffuus karakter. Bijzondere aandacht gaat daarbij uit naar de causale relatie tussen het populatie- en systeemniveau;
- het inzetten van fundamentele en toepasbare kennis ter onderbouwing van de verdere formulering en uitvoering van het beleid inzake ecologische risico's van de chronische en diffuse belasting van het milieu met een combinatie van stoffen.

Het SSEO-onderzoek concentreert zich in drie verschillende gebieden: de Afferdensche en Deetsche Waarden, de Biesbosch en De Ronde Venen.

Binnen het programma lopen twaalf projecten. Deze bestaan grotendeels uit meerdere subprojecten, waarbinnen vele AIO's en Postdocs werkzaam zijn.

In 2000 is binnen het SSEO-programma gestart met het project 'Interacties tussen nutriënten en toxicanten in uiterwaardplassen'. De achterliggende hypothese was dat de eutrofiëeringsgraad en/of de structuur van een aquatisch ecosysteem de effecten en stofstromen van toxische stoffen kan beïnvloeden^{2/3)}. Dit project bestaat uit drie AIO-onderdelen en vindt plaats in een samenwerkingsverband van Wageningen Universiteit (Aquatische Ecologie en Waterkwaliteitsbeheer), Alterra, de Universiteit van Amsterdam (Aquatische Oecotoxicologie) en het RIZA. In het kader van één van de drie AIO-projecten is een onderzoek uitgevoerd naar de opname van PCB's door bodemwoelende vissen in modelecosystemen in de vorm van open cilinders in een uiterwaardplas langs de Waal.

De doelstellingen van het hier beschreven onderzoek zijn het meten en modelleren van de opname van PCB's door bodemwoelende vissen in een veldsituatie en het bepalen van beschikbare fracties van PCB's in het sediment.



De Afferdensche en Deetsche Waarden. (Foto: De Jong luchtfotografie, Zeist).

Onderzoekopzet

Van 15 augustus tot 20 oktober 2000 is een zogeheten enclosure-experiment uitgevoerd in een uiterwaardplas in de Afferdensche en Deestsche Waarden aan de Waal. Hiertoe is een aantal perspex cilinders met een diameter van 1.05 meter en een diepte van 90 centimeter in een uiterwaardplas geplaatst. In iedere cilinder is een karper van ongeveer 90 gram uitgezet. Voor karper is gekozen wegens de beschikbaarheid en omdat deze vissoort met betrekking tot fouragegedrag (bodemwoelen) erg lijkt op de brasem die van nature in de plas voorkomt. Na twee maanden zijn de karpers samen met een aantal sedimentmonsters geanalyseerd.

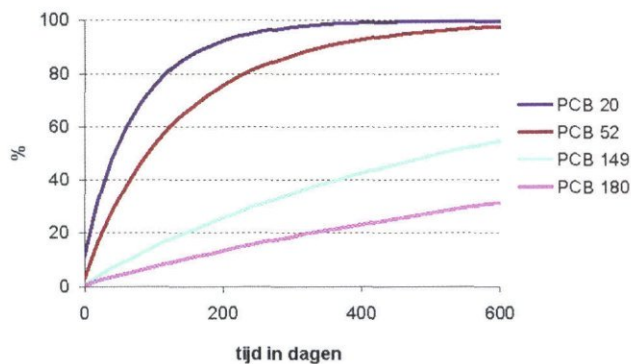
Metten van beschikbaarheid

Als verontreinigingen, zoals PCB's, een aantal jaren of langer in het sediment aanwezig zijn, verplaatsen de moleculen zich van de buitenkant van een sedimentdeeltje naar binnen toe, waar het zich ook beter aan het deeltje kan binden. Een evenwicht ontstaat dan tussen de verontreinigingen die relatief vast zitten (de langzaam desorberende fractie) en verontreinigingen die nog wel aan de buitenkant van de sedimentdeeltjes zitten (de snel desorberende fractie). Naarmate de tijd vordert, komen de verontreinigingen steeds vaster in het sedimentdeeltje te zitten, waardoor de beschikbaarheid voor dieren of planten afneemt. Ook door zeer sterke binding aan roet en kooldeeltjes of verweerde olieresiduen, kan een deel van de aanwezige organische verontreinigingen slecht beschikbaar worden⁴⁾. Bij normale sedimentanalyses worden alle PCB-fracties 'losgevoekt' (geëxtraheerd) van het sediment. Het is echter ook mogelijk om met behulp van een absorberend materiaal zoals Tenax-korrels alleen de snel desorberende fractie te extraheren en vervolgens te analyseren. Deze methode is onder andere door het RIZA ontwikkeld⁵⁾ en geeft een goed beeld van de beschikbaarheid van PCB's voor kleine bodemdieren, zoals muggelarven. De vraag is echter of dit ook werkt voor vis.

Opname door bodemwoelende vis

In de twee maanden die het experiment duurde, is het PCB-gehalte van de karpers toegenomen van 31 µg/kg drooggewicht tot gemiddeld 386 ± 67 µg/kg drooggewicht (som van 15 individuele PCB's). Deze opgenomen hoeveelheid staat gelijk aan ongeveer één procent van de PCB's in de bovenste centimeter sediment in de afgesloten cilinder. Ter vergelijking: een in dezelfde periode in dezelfde plas gevangen brasem van nog geen jaar oud bevatte 1470 µg (som) PCB's per kg drooggewicht en een tien tot twaalf jaar oude brasem bevatte 4311 µg/kg.

Het verschil in PCB-opname tussen de uitgezette karpers en de van nature in de plas



Afb. 1: PCB-concentraties in vis als percentage van de evenwichtconcentratie. Resultaten van modelberekeningen.

voorkomende brasem kan verklaard worden uit het feit dat bij de karpers na twee maanden nog geen evenwicht tussen vis en omgeving is bereikt met betrekking tot accumulatie van PCB's. Modelberekeningen met procesvergelijkingen (onder andere uit het model OMEGA⁵⁾) bevestigen dat na twee maanden nog geen evenwicht tussen PCB's in vis en de omgeving verwacht kan worden. Afbeelding 1 geeft voor vier verschillende PCB's de evenwichtsberekeningen aan. Het is duidelijk dat na 60 dagen voor geen van de PCB's al een evenwicht is bereikt. Met name de hogere PCB's, die beter vetoplosbaar zijn, doen er lang over om evenwicht te bereiken.

Afbeelding 2 geeft schematisch de verschillende opname- en afgifteroutes van PCB's voor bodemwoelende vis weer.

1 absorptie uit water

Vooral voor de 'lichte' PCB's is absorptie uit water een belangrijke opnameroute. Deze zijn beter oplosbaar in water dan zware PCB's en zullen in een evenwichtssituatie in voldoende mate in het water aanwezig zijn om daar door de vissen opgenomen te kunnen worden. De zware PCB's zijn beter oplosbaar in vet en organisch materiaal en zullen dus voornamelijk aan het sediment gebonden zijn en niet snel via het water beschikbaar komen. Absorptie uit water is een evenwichtsproces; als er veel PCB's in een vis zitten en weinig in het water, zal het proces zich omkeren en zal uitscheiding van PCB's naar het water plaatsvinden (route 4).

2 opname uit voedsel

Voor bodemwoelende vis is met name macrofauna, zoals wormen en muggelarven, een belangrijke voedselbron. De opname via deze route is vooral voor zwaardere PCB's van belang.

3 opname uit sediment

Vissen kunnen aanzienlijke hoeveelheden

sediment in het maagdarmkanaal hebben. In het maagdarmkanaal spelen darmvloeistoffen een rol bij het 'losweken' van PCB's uit het sediment, zodat deze opgenomen kunnen worden. Ook hierbij speelt waarschijnlijk weer het bestaan van een langzame en een snel desorberende fractie in sediment een rol.

4 uitscheiding in water

Als meer PCB's in een vis aanwezig zijn dan vanuit het evenwicht met de wateromgeving verwacht kan worden, zal in plaats van opname uit het water afscheiding plaatsvinden. Dit gebeurt bijvoorbeeld als je een vis met veel PCB's zou vangen en in schoon water zou uitzetten.

5 uitscheiding via het maagdarmkanaal

Niet-opgenomen PCB's uit voedsel en sediment worden via het maagdarmkanaal weer uitgescheiden.

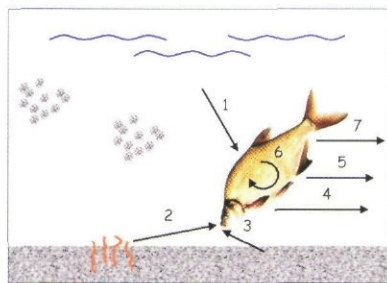
6 groeiverdunning

Als een vis groeit zonder extra PCB's op te nemen, blijft de absolute hoeveelheid PCB's in de vis hetzelfde. Het PCB-gehalte van de vis uitgedrukt per kilogram wordt dan echter kleiner.

7 ei- en zaadafscheiding

Met de eieren en het zaad verdwijnen ook weer behoorlijk wat PCB's uit de oudervissen. In het besproken experiment is deze route verder niet van belang.

Een aantal kolbleien uit dezelfde plas van drie tot vijf jaar oud bevatte gemiddeld 268 µg/kg PCB. Dit is een stuk minder dan wat in de brasem gemeten is, zeker wanneer met de leeftijd van de vis rekening gehouden wordt. De meest logische verklaring hiervoor is dat de blootstelling van kolblei aan PCB's anders is dan van brasem, aangezien kolblei geen bodemwoelende vis is. De opname vanuit water zal niet anders zijn, de gemeten hoeveelheid PCB's in macrofauna en zoöplankton is ook ver-



Afb. 2: Een schematische weergave van de verschillende opname- en afgijfteroutes van PCB's voor bodemwoelende vis.

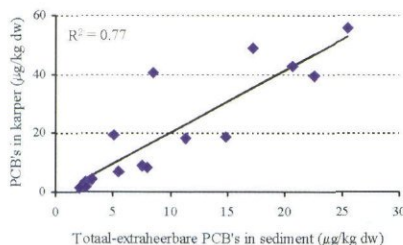
gelijkbaar⁶⁾, dus de meest logische verklaring is dat de opnameroute vanuit het sediment voor kolblei van ondergeschikt belang is. Dit wordt bevestigd door het feit dat in kolblei de lichte, wateroplosbare PCB's in relatief grotere mate aanwezig zijn dan in brasem.

Beschikbaarheid PCB in het sediment

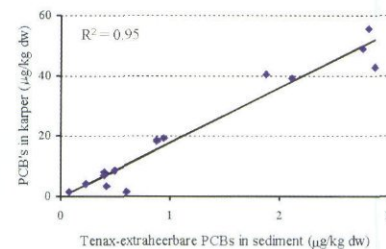
De biologische beschikbaarheid van PCB's in het sediment in één van de afgesloten cilinders is weergegeven in afbeelding 3. De resultaten van de andere 'enclosures' zijn vergelijkbaar. In deze afbeelding is links de hoeveelheid van de individuele PCB's in vis uitgezet ten opzichte van totale gehalten in het sediment en rechts tegen de Tenax-extraheerbare (snel desorberende) PCB-gehalten in het sediment. Het is duidelijk dat de hoeveelheid PCB's in karper beter correleert met de Tenax-extraheerbare gehalten, die overigens circa tien procent omvatten van de totale PCB-gehalten. Ook de verbetering op zich is significant (F-test; P kleiner dan 0.01).

Conclusies en implicaties

De resultaten van dit onderzoek wijzen



Afb. 3: Concentraties van de 15 gemeten individuele PCB's in karper uitgezet tegen totaal-extraheerbare (links) en Tenax-extraheerbare (rechts) PCB hoeveelheden in het sediment.



erop dat bodemwoelende vissen aanzienlijke hoeveelheden PCB's opnemen door blootstelling aan het sediment. Ondanks het feit dat de PCB's al jaren in het sediment aanwezig zijn en wellicht met de tijd minder beschikbaar worden, wijzen onze resultaten erop dat de opname van PCB uit uiterwaardsedimenten in vis nog steeds substantieel is.

Aangezien in Nederland bodemwoelende vissen, zoals brasem, veel voorkomen, is sediment als opnameroute in normstelling en modelberekeningen erg belangrijk. Het meten van beschikbare, snel desorberende fracties kan een goede aanvulling zijn om van een 'worst case' blootstellingsscenario naar een realistisch scenario te komen.

Gebleken is dat de Tenax-methode een betere voorspelling oplevert van PCB-opname door bodemwoelende vissen (en macrofauna) dan meting van het totaalgehalte van PCB's in sediment. Dit gegeven is van groot belang voor een effectgerichte beoordeling van PCB-gehalten in sedimenten, alsook voor andere organische verontreinigingen. ◀

LITERATUUR

- 1) Van Steenwijk J., G. Cornelissen en Th. ten Hulscher (1999). Omgaan met verdelingscoëfficiënten voor organische verbindingen. Variaties op een constante. RIZA-rapport 99.023.
- 2) Koelmans A., A. van der Heijde, L. Knijff en R. Alderink (2001). Integrated modelling of eutrophication and organic contaminant fate & effects in aquatic ecosystems. A review. Water Research nr. 35, pag. 3517-3536.
- 3) Moermond C. en A. Koelmans (1999). Nutriënten en contaminanten. Scenariostudies met AQUATOX naar de interactie tussen contaminanten en levensgemeenschappen in modelecosystemen en ondiepe meren. Wageningen Universiteit. In opdracht van RIZA.
- 4) Jonker M., A. Koelmans, A. Sinke en J. Brils (2003). Zeer sterke binding van organische verontreinigingen aan roet en olie in waterbodems: Is saneren wel altijd nodig? H₂O nr. 2/2004, pag. 28.
- 5) Beek M., A. Durand en J. Hendriks (2002). OMEGA: stapsgewijs van normen naar effecten van verontreinigingen. H₂O nr. 17, pag. 18-20.
- 6) Koelmans A. en C. Moermond (2000). Stofstroomanalyse. Zware metalen, PCB's en PAK's in uiterwaardsplassen. Vastlegging nulsituatie. Wageningen Universiteit. In opdracht van RIZA.