



Stefan Jansen, TNO Bouw en Ondergrond

Jan Joziassse, TNO Bouw en Ondergrond

Huub Rijnaarts, TNO Bouw en Ondergrond

Jos Brils, TNO Bouw en Ondergrond

Veerkracht van de rivieren

Diverse ontwikkelingen, zoals klimaatverandering, veranderend landgebruik en de invoering van de Kaderrichtlijn Water en de Grondwater-richtlijn, stimuleren waterbeheerders vérgaande beheersmaatregelen te treffen. Hiervoor is een geïntegreerde visie nodig op het functioneren van riviersystemen op grensoverschrijdend stroomgebiedniveau, waarbij nog vele vragen open staan. Wat is de relatie tussen de gehalten van stoffen in het milieu, de biologische beschikbaarheid en de uiteindelijke effecten van de stoffen op organisme- en populatieniveau en hoe bepalen deze factoren de ecologische kwaliteit van het systeem? Wat is de interactie tussen grond- en oppervlaktewater? Wat is de effectiviteit van maatregelen en wat zijn de effecten van veranderingen in landgebruik en klimaat?

Het zesde Europese Kaderprogramma-onderzoeksproject AquaTerra baseert zich op deze vragen. Vijf verschillende riviersystemen door heel Europa worden hierbij onderzocht: de Brévilles, de Ebro, de Maas, de Donau en de Elbe (zie kaart). Het project is multidisciplinair opgezet: de riviersystemen worden bestudeerd door een brede groep van deskundigen, variërend van chemici, hydrologen en microbiologen tot maatschappij- en beleidswetenschappers. Om ook achter de praktijkbehoefes en mogelijkheden te komen, worden in elk van de gebieden bijeenkomsten met belanghebbenden georganiseerd. Aan de hand van een aantal voorbeelden van projectresultaten tot nu toe, geven we aan wat dit voor Nederlandse waterbeheerders zou kunnen betekenen. We concentreren ons hierbij op

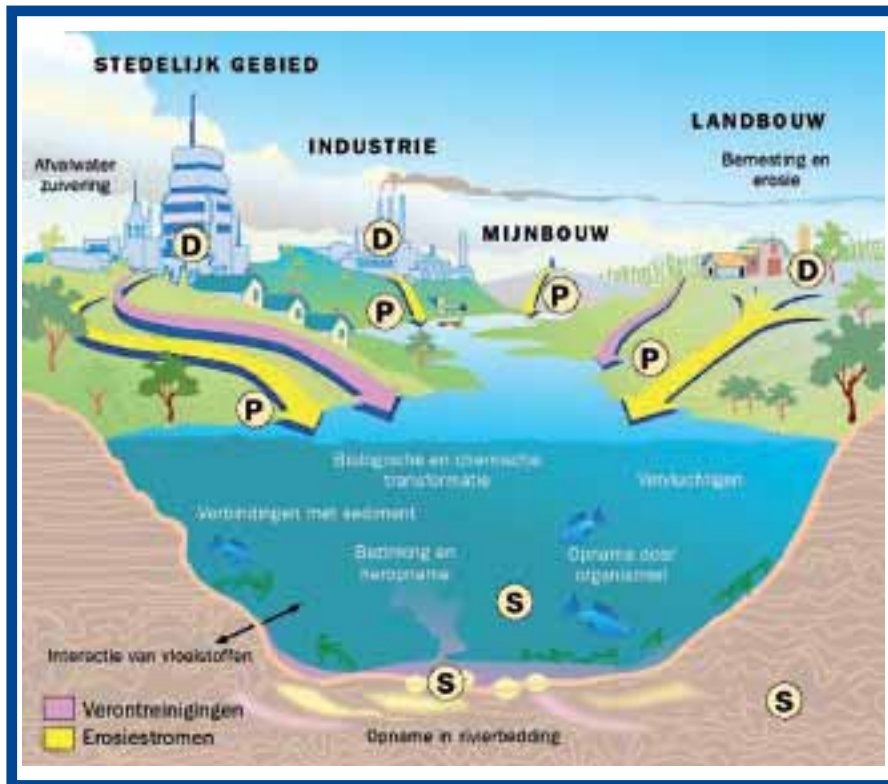
het gedrag en de effecten van metalen en organische verontreinigingen. In AquaTerra wordt het conceptuele DPSIR-maatwerk gebruikt (Drivers-Pressures-State-Impact-Response) (zie afbeelding 2) om de verschillende onderdelen en interacties in riviersystemen beter te begrijpen. Onder 'Drivers' worden menselijke activiteiten verstaan, bijvoorbeeld industriële en landbouwactiviteiten. Hierdoor ontstaat een druk (Pressure) op het natuurlijke systeem, bijvoorbeeld verontreiniging met organische stoffen of metalen. Door deze druk verandert de status (State) van het natuurlijke systeem: de verontreinigende stoffen verspreiden zich

en worden opgenomen door organismen. Uiteindelijk heeft dit een invloed (Impact) op de ecologie of de mens: ecologische systemen worden aangetast of drinkwaterbronnen worden bedreigd. De maatschappij bepaalt uiteindelijk of dit acceptabel is of niet, wat dan weer kan leiden tot een reactie (Response) in de vorm van maatregelen. Er kunnen bijvoorbeeld maatregelen worden genomen om de verontreinigingen af te (laten) breken of op te ruimen, of de bron van de verontreinigingen kan worden aangepakt. De Response-maatregelen kunnen inwerken op alle andere onderdelen van het DPSIR-raamwerk.

Afb. 1: Binnen AquaTerra bestudeerde riviersystemen (bron: D. Kuntz).



Het zesde Europese Kaderprogramma-onderzoeksproject AquaTerra (2004-2009) probeert via een multidisciplinaire aanpak beter te begrijpen hoe verontreinigingen zich gedragen in Europese riviersystemen zoals de Maas, Donau, Elbe en Ebro. Enkele tot nu toe verkregen resultaten die voor Nederlandse waterbeheerders relevant zijn, worden hier vernoemd. Deze resultaten pleiten voor risicogestuurd beheer van de verontreinigingen, waarbij het benutten van de natuurlijke veerkracht van het riviersysteem centraal staat. AquaTerra geeft meer inzicht in de potentie van veerkracht als beheerinstrument.



Afb. 2: DPSIR-raamwerk (bron: Meade, 1995).

Bronnen van verontreinigingen

Het onderzoek toont het aandeel van verschillende bronnen van verontreiniging in Europa, zoals de landbouw (nutriënten en bestrijdingsmiddelen), industrie en rioolwaterafvoer (geneesmiddelen en hormoonverstoringen). Maar ook een diffuse bron van organische verontreinigingen, zoals neerslag via deeltjes vanuit de lucht, blijkt van belang te zijn. Hoewel niet direct gekoppeld aan verontreinigingen, veroorzaken ook infrastructurele ingrepen, zoals waterkrachtcentrales, dammen en kanalisatie van rivieren, een belangrijke druk op het systeem. Door deze ingrepen veranderen stromingspatronen en kan sediment zich ophopen, wat weer tot tekorten kan leiden op andere plekken in het riviersysteem. Dit heeft ook gevolgen voor de verspreiding en de effecten van aan sediment gebonden verontreinigingen.

Gedrag en verspreiding van verontreinigingen in het milieu

Chemisch gedrag en biologische beschikbaarheid

Organische verontreinigingen binden zich vaak gemakkelijk aan sediment en/of zwevende stof. Hierbij zorgen roetachtige deeltjes voor een nog sterkere binding. Als gevolg hiervan vermindert de beschikbaarheid van verontreinigingen voor opname door plant en dier en daarmee ook het risico voor deze organismen. Voordat een stof ecologische effecten kan bewerkstelligen, moet deze immers eerst biologisch beschikbaar zijn. Beter inzicht in deze processen biedt een interessante mogelijkheid voor beheer: in plaats van de aandacht te richten op soms niet of moeilijk aan te pakken bronnen of routes van verontreiniging is het wellicht mogelijk of eenvoudiger om de beschikbaarheid van de

verontreiniging te verlagen. Dit vormt dan ook een belangrijk onderdeel van studie in AquaTerra. Voor de binding van metalen zijn omgevingsfactoren zoals de bodemsamenstelling, zuurgraad, oxidatietoestand en het fosfaatgehalte belangrijk. Overstromingen kunnen de omgevingsfactoren sterk beïnvloeden. In de bodem van overstromde uiterwaarden ontstaan zuurstofarme omstandigheden, wat verschillende effecten kan hebben. Door de vorming van sulfiden kunnen metalen worden vastgelegd, maar kleine (colloïdale) ijzersulfidedeeltjes kunnen metalen ook mobiliseren. Ook kunnen onder zuurstofarme omstandigheden metaal(hydr)oxiden in oplossing gaan. Over het algemeen bestaat echter het beeld dat onder deze omstandigheden een hoge sulfideconcentratie gepaard gaat met een sterke binding van metalen en dus met een laag risico van de aanwezige metalen voor plant en dier.

Transport

Ook inzicht in het transport over de grenzen van verschillende milieucompartimenten, bijvoorbeeld tussen grond- en oppervlaktewater, is van groot belang voor het waterbeheer. Met modellen is aangetoond dat in het stroomgebied van de Maas een aanzienlijke hoeveelheid cadmium en zink getransporteerd kan worden van het grondwater naar het oppervlaktewater en dat deze hoeveelheid bovendien afhankelijk is van het landgebruik.

Daarnaast kunnen stoffen door de rivieren zelf over grote afstanden en grenzen heen worden getransporteerd. Zowel in de Maas als in de Donau werden stoffen over grote afstanden getransporteerd, waarbij zwevend stof en slib een grote rol kunnen spelen. Voor de Elbe kon nog ver benedenstrooms van de

lozingsplaats (Mulde) de organische verontreiniging β -HCH worden gevonden. Voor de verspreiding van stoffen via het rivierwater zijn ook erosie- en sedimentatieprocessen tijdens overstromingen belangrijk. Voor de Elbe was bijvoorbeeld de concentratie van HCH in het nieuw aangevoerde sediment lager dan de concentratie in het al aanwezige sediment, wat tot verdunning van de oude verontreiniging of afdekking met schoner materiaal leidde.

Afbraak van (organische) stoffen

Al eerder bleek dat micro-organismen die van nature voorkomen, vaak in staat zijn om organische verontreinigingen af te breken. Dit concept heeft een enorme potentie voor beheer. De afbreekbaarheid van organische verontreinigingen is afhankelijk van de eigenschappen van de verontreiniging, de milieuomstandigheden en de aanwezigheid van actieve populaties micro-organismen. Voor de bepaling van de aanwezigheid van dergelijke populaties zijn snelle DNA-technieken ingezet in AquaTerra. De populaties die in staat zijn tot afbraak, blijken wijd verbreid te zijn in de bestudeerde riviersystemen.

Veel verbindingen waarvan in laboratoriumproeven is aangetoond dat ze worden afgebroken, blijken in het veld echter niet of slechts gedeeltelijk afgebroken te worden. Hierdoor kunnen stoffen waarvan het gebruik in het verleden gestopt is, nog lange tijd daarna worden teruggevonden (zoals het bestrijdingsmiddel atrazine in de Brévilles, waarvan na vijf jaar nog steeds giftige afbraakproducten werden gevonden) of over grote afstanden worden getransporteerd en vele kilometers stroomafwaarts worden teruggevonden (zoals eerder genoemd voor β -HCH in het stroomgebied van de Elbe). Omgevingsomstandigheden zijn van groot belang voor het wel of niet plaatsvinden van afbraak, bijvoorbeeld de temperatuur en aan- of juist afwezigheid van zuurstof. Bij de keuze van beheersmaatregelen kan hierop gestuurd worden. Overstromingen kunnen ook hier weer een bepalende invloed hebben, bijvoorbeeld ten gevolge van het ontstaan van zuurstofloze omstandigheden in de bodem van de overstromde uiterwaarden.

Impact op ecologie en menselijk gebruik

De vertaling van bovengenoemde veranderingen van de status van het ecosysteem naar (een inschatting van) de mogelijke effecten op ecologie en menselijk gebruik is relatief onderbelicht binnen AquaTerra. Slechts een paar methoden zijn getest om als maat voor ecologische effecten te dienen. Als maat voor de gezondheid van ecosystemen is gekeken naar de afbraak van elzenbladeren onder diverse omstandigheden. Daarnaast is een methode toegepast waarbij op celniveau de gezondheidstoestand van wormen kan worden gemeten onder invloed van milieuomstandigheden. Verder zijn diverse bioassays ingezet: testen in het laboratorium of in het veld waarmee met behulp van geselecteerde organismen (wormen, waterflooiën, bacteriën) en onder gecontroleerde omstandigheden de



De Dommel, deel van het stroomgebied van de Maas (foto: Jessica Thomas/Stefan Jansen).

biologische beschikbaarheid van verontreiniging in water, sediment en/of grond kan worden geschat. Op basis daarvan kan een betere inschatting worden gemaakt van het risico van verontreinigingen voor de ecologie in riviersystemen.

Ondanks het feit dat alle methoden werkten, moeten nog verdere experimenten worden gedaan om daadwerkelijke conclusies te kunnen trekken over trends in de chemische kwaliteit en de risico's voor de ecologie in het veld.

Mogelijke acties

AquaTerra is niet opgezet om de effectiviteit van maatregelen na te gaan en deze onderling af te wegen. Dit is een belangrijk aspect dat in andere projecten verder moet worden onderzocht. Wel zijn al inventarisaties gemaakt van mogelijke maatregelen. Voor industriële lozingen kan onderscheid worden gemaakt tussen procesgeïntegreerde maatregelen en 'end-of-pipe'-maatregelen (zie ook hieronder). Bij de aanpak van agrarische lozingen kan worden gedacht aan het instellen van teeltvrije zones, milieuvriendelijke sproeitechnieken e.d., maar ook aan maatregelen in de sfeer van het toelatings- en vergunningenbeleid. Een voorbeeld is de omschakeling in de Brévilles van atrazine als bestrijdingsmiddel op acetochlor. Voor een aantal stoffen (de prioritair schadelijke stoffen genoemd in de KRW) wordt in de komende decennia volledige stopzetting van de productie en het gebruik voorgeschreven.

Om via de consument te sturen op minder vervuilende industrie kan ook worden gekozen voor het heffen van belasting op milieuvervuilende producten. Bij industriële productieprocessen kan de emissie van vervuilende stoffen worden geminimaliseerd door wijzigingen binnen het productieproces of door verbetering van zuiveringstechnieken. Ook de zuivering van stedelijk afvalwater (rwzi's) valt in deze categorie. In het recente verleden is grote vooruitgang geboekt en het veld is nog steeds in ontwikkeling, maar niet alle bronnen kunnen op deze manier worden aangepakt: vooral diffuse bronnen zijn moeilijk met zuiveringstechnieken aan te pakken.

Waterbodems

Als de aanvoer van verontreiniging is gestopt en de bestaande (historische) verontreiniging niet via natuurlijke processen wordt afgedekt door schoon sediment of wordt afgebroken tot onschadelijke verbindingen, kan sanering worden overwogen, indien de risico's van de verontreiniging niet acceptabel zijn voor mens of milieu. Er kan gekozen worden uit een scala aan saneringstechnieken. Naast het verwijderen van verontreiniging (afgraven, baggeren) of het isoleren van de verontreiniging (hydrologische maatregelen, capping, etc.) kan worden gedacht aan insitu-sanering. Twee voorbeelden hiervan zijn stimulering van microbiële afbraak van organische verbindingen (bijvoorbeeld door het

toedienen van voedingstoffen of het verhogen van de temperatuur) en stimulering van de vastlegging van metalen door lokale sulfidevorming (bijvoorbeeld door het onder water zetten van metaalverontreinigde uiterwaarden).

Geduld en begrip

Een terugkerend element binnen AquaTerra is de natuurlijke veerkracht van het systeem om met de verontreinigingen om te gaan, bijvoorbeeld door afbraakprocessen van organische verbindingen of de vastlegging van stoffen onder verschillende zuurstofconcentraties en droog-natcycli. Deze processen bepalen in belangrijke mate of de verontreinigingen al of niet 'beschikbaar' zijn om negatieve effecten op bijvoorbeeld de aanwezige ecologie te veroorzaken. Riviersystemen beschikken dus over een zekere natuurlijke potentie om de negatieve effecten van verontreinigingen af te zwakken. In de bètawetenschap wordt deze potentie aangeduid als 'Natural Attenuation' (letterlijk: natuurlijke afzwakking). Een beter begrip hiervan biedt zeer interessante opties voor het beheer van verontreinigde riviersystemen. Het reikt immers de mogelijkheid aan om de natuur voor je te laten werken en dat is een methode die de natuurlijke kwaliteit het minste aantast en bovendien zéér kosteneffectief is. Wat hierbij echter nodig is, is geduld (natuurlijke processen werken vaak traag) en begrip/acceptatie door beleid, beheer en publiek. Meer kennis (bijvoorbeeld uit resultaten van AquaTerra en toekomstige systeemgerichte onderzoeksprogramma's) kan bijdragen aan dit begrip en de uitvoering van een door het publiek gedragen beleid.

AquaTerra is niet het enige onderzoeksproject dat vragen behandelt die van belang zijn voor waterbeheerders. Speciaal voor de integratie van wetenschappelijke onderzoeksresultaten in (risicogestuurd) waterbeheer is het Leven met Water-project AquaTerra Nederland opgezet en is recent het Europese zesde Kaderprogramma-project RISKBASE van start gegaan. Doel van beide projecten is het optimaliseren van het tweerichtingsverkeer tussen onderzoek en beheerpraktijk, zodat waterbeheerders op de hoogte zijn van relevante, nieuwe wetenschappelijke kennis ten behoeve van (risicogestuurd) waterbeheer en wetenschappers weten welke vragen hierover leven bij de waterbeheerders. Zowel AquaTerra als RISKBASE streven ernaar dat hun belangrijkste bevindingen meegenomen worden bij het opstellen en aanpassen van de stroomgebiedbeheersplannen. In Nederland komen deze bevindingen waarschijnlijk te laat voor de eerste generatie plannen die in 2009 klaar moeten zijn en wordt dus gemikt op de eerste aanpassingsronde zes jaar later.

LITERATUUR

Meade R. (1995). Contaminants in the Mississippi River, 1987-1992. Heavy metals in the Mississippi River. US Geological survey circular 1133. US Government Printing Office, Washington DC.