

RePub Cover Page

May 14, 2007



RePub handle: <http://hdl.handle.net/1765/1832> holds various files of the EUR dissertation by J.A. van Ast [1]

References

- [1] J.A. van Ast. *Interactief watermanagement in grensoverschrijdende riviersystemen*. Utrecht, Eburon, 2000. H3 De ernst van het betekenisverlies van rivierstromen.

Hoofdstuk 3

De ernst van het betekenisverlies van riviersystemen

3.1 Inleiding

Nu een beeld is verkregen van de oorzaken uit het sociaalwetenschappelijke aandachtsveld en de gevolgen uit het natuurwetenschappelijke aandachtsveld, kan de vraag aan de orde komen welke processen daarvan problematisch zijn. Deze verschijnselen worden daarmee tot problemen of (of potentiële problemen) en komen daardoor in aanmerking komen voor bijsturing. Problemen bevinden zich in het derde veld van de aandachtsveldenmatrix: de normatieve aspecten van het milieukundig onderzoeksterrein. Hoofdvraag is welke door de mens veroorzaakte veranderingen een zodanig verlies aan betekenis van het riviersysteem opleveren, dat een grote groep mensen ze ongewenst acht. De ongewenstheid van de veranderingen vormt de legitimatie voor en geeft de richting aan van de sturing in het waterbeheer. Het is de samenleving die een probleem heeft, niet de waterbeheerder. Hoewel natuurwetenschappelijke rationaliteiten de basis vormen van de beoordeling van de veranderingen, is het uiteindelijk de gepercipieerde onwenselijkheid van een verschijnsel die bepalend is voor het antwoord op de vraag of maatregelen worden getroffen¹. Dan pas komt de volgende stap aan de orde, de formulering van maatregelen ten behoeve van een oplossing. Deze bevindt zich in het vierde aandachtsveld en komt daarom in het volgende hoofdstuk aan de orde. Het belang van de probleemanalyse ten eerste in de rol van de perceptie en ten tweede in de noodzaak goed inzicht te hebben in het probleem voordat oplossingen worden aangedragen. Daarom wordt in het volgende eerst de vraag beantwoord in hoeverre het huidige betekenisverlies van riviersystemen als een probleem wordt aangemerkt.

1 Dit betekent niet dat er geen ongewenste verschijnselen kunnen voorkomen zolang de mens ze niet als zodanig aanduidt. Vaak zijn de problemen al wel aanwezig, maar worden ze nog niet als zodanig herkend (gepercipieerd), waardoor ze ten onrechte niet in aanmerking komen voor erkenning in het beleid.

Onderzoek naar milieuproblemen

3.2.1 Normatief onderzoek

In aandachtsveld drie wordt een (milieu)verschijnsel als het ware als een probleem ontmaskerd. De beoordeling hiervan is subjectief; het gaat om een inschatting van een situatie (op zich al subjectief), die wordt vergeleken met de eigen (subjectieve) maatstaven. In termen van Hoogerwerf [1989]: *een discrepantie tussen waarneming van een bepaalde situatie en de maatstaven die men hanteert om deze situatie te beoordelen*. Daarbij wordt een milieuprobleem pas een maatschappelijk probleem als een aanzienlijke groep mensen een soortgelijke discrepantie ervaren tussen hun interpretatie van omstandigheden, te verwachten ontwikkelingen en geldende normen. Daarbij constateert Glasbergen [1994: 22] overigens dat divergerende probleempcepties karakteristiek zijn voor het beleidsvraagstuk van milieuproblemen.

Bij het bepalen van de ernst en omvang van potentiële problemen speelt de uitvoering van onderzoek een belangrijke rol. Er worden drie onderzoeksfases doorlopen voordat het betreffende verschijnsel op de agenda van beleidsmakers verschijnt².

² De Groot [1984] gaat in hoofdlijnen eveneens uit van bovenomschreven onderzoeksfasering binnen de milieukunde. Zijn oplossingsfase bestaat uit (beleids)planvorming en planbeoordeling. Beleidsplannen worden hier in aandachtsveld vier behandeld onder de beleidscyclus.

Schematisch ziet dat er als volgt uit.

Voor een vroegtijdige signalering van mogelijke problemen is het monitoren van systeemontwikkelingen cruciaal. Daar het niet mogelijk is vooraf exact te bepalen welke gegevens van belang zijn voor de identificatie van nog onbekende problemen, zullen gegevens op de hogere systeem niveaus moeten worden gekozen³. Indien op een dergelijk geaggregeerd niveau een ongewenste ontwikkeling wordt herkend, kan vervolgens gericht worden gezocht naar de oorzaken.

Als vervolgens de analyse van de tweede fase leidt tot probleemerkenning, kan een indicatie van de ernst worden verkregen. Mede afhankelijk hiervan kunnen vervolgens oplossingsrichtingen worden uitgewerkt, die de basis kunnen gaan vormen van het toekomstig beleid. Dit geschiedt op het moment dat het betreffende probleem ook door overheidsinstanties als ernstig genoeg wordt gepercipieerd om op de beleidsagenda te worden geplaatst. In hoofdstuk vijf over sturing wordt aangegeven welke factoren van belang zijn bij de agend-

3 Met andere woorden is het noodzakelijk algemene parameters te volgen in de tijd. Het is bijvoorbeeld praktisch onmogelijk de concentratie van alle pesticiden die er bestaan op ieder moment en op iedere plaats constant te monitoren. Met biologische monitoring kan echter worden bepaald of zich schadelijke stoffen in het water bevinden. Indien hiervan blijkt, kan op basis van de symptomen vervolgens gericht worden gezocht naar mogelijke oorzaken. Voorbeelden van biologische indicatoren zijn vissen, watervlooiën, weekdieren, algen en bacteriën.

avorming in het waterbeheer.

Indien een adequate monitoring plaatsvindt van de belangrijkste factoren die van invloed zijn op de wijze waarop het watersysteem zich manifesteert, kan door middel van computersimulatiemodellen inzicht worden verkregen in de gevolgen van menselijke ingrepen⁴. Op basis hiervan kan een meer rationele sturing plaatsvinden. Belangrijk in dit verband is in hoeverre het ecosysteem zelf in staat is externe invloeden te neutraliseren. Vanuit de mens gezien wordt dit het zelfreinigend vermogen genoemd en vanuit het systeem geredeneerd is het de veerkracht waarmee het antropogene invloeden weerstaat [V&W, 1997: 14]⁵.

De resultaten van de onderzoeksfase zijn afhankelijk van de aanwezigheid van wetenschappelijke kennis. Over de aard van deze kennis met betrekking tot het beheer van watersystemen gaat de volgende paragraaf.

4 De Vries e.a. [1989] geven een beeld van de situatie aan het einde van de jaren tachtig; sindsdien zijn met de komst van betere computers ook de modellen verder geëvolueerd, geijkt en gecallibreerd. Over de Nederlandse situatie kan een aantal instituten (RIVM, TNO etc.) inmiddels regelmatig opgedateerde basisgegevens verschaffen, die eventueel on line zijn te downloaden in GIS-modellen.

5 De Vierde Nota bepaalt in dit verband dat ecologie en hydrologie meer als ordenend principe van planning moeten worden gezien [V&W, 1997: 27].

3.2.2 Interdisciplinariteit

Uit de bespreking van de voorgaande aandachtsvelden bleek dat het waterbeheer het terrein van een groot aantal verschillende wetenschappen bestrijkt. De noodzaak van een onderzoeksaanpak waarbij meer disciplines zijn betrokken, komt daardoor voor het waterbeheer nadrukkelijk aan de orde. Bijlsma [1988: 231] stelt op basis van gegevens van de RMNO [1988] dat onderzoek met betrekking tot het waterbeheer vooral multidisciplinair van aard dient te zijn en dat na biologie de milieukunde daarbij als de belangrijkste onderzoeksdiscipline kan worden beschouwd. Uit een vergelijkbare schematische weergave van door water vervulde functies suggereert Falkenmark [1997: 26], dat voor haar de milieukunde zelfs belangrijker is dan de biologie. Langs de multidisciplinaire of liever nog interdisciplinaire weg valt een meer afgewogen indruk te verkrijgen van de ernst van de gesignaleerde problematiek. Met betrekking tot de milieukunde onderbouwt Leroy [1995, 27] de interdisciplinaire invalshoek als volgt: *het wetenschapsnormatieve argument (het reductionisme van monodisciplines, JvA) is gaandeweg wat naar de achtergrond verdwenen. In zekere zin in plaats daarvan werd een pragmatischer argument voor interdisciplinariteit gehanteerd. Aan het object van de milieukunde zitten nu eenmaal allerlei aspecten vast die de betrokkenheid van verschillende disciplines vereisen (...)*. Specifiek ten behoeve van het waterbeheer concludeert Wessel [1996] op basis van hetzelfde "pluriformiteitsaspect" tot een *noodzaak tot interdisciplinaire samenwerking bij onderwijs en onderzoek*.

Zowel sociaalwetenschappelijke als natuurwetenschappelijke disciplines zijn van belang voor de vele uitdagingen waarmee het waterbeheer wordt geconfronteerd. Glasbergen wijst daarbij terecht op de verschillende invalshoek van wetenschappers. *Wat de natuurwetenschapper oorzaken noemt - de negatieve veranderingen in de biotische en abiotische factoren - zijn voor de sociale wetenschapper gevolgen, namelijk de gevolgen van het maatschappelijk handelen (...). Beleidsrelevante kennis vloeit met name voort uit de combinatie van deze kennisbronnen* [Glasbergen, 1994: 21]. Zo is inzicht nodig in de wijze waarop gedrag al of niet kan worden beïnvloed (sociologen en psychologen), en welke financiële consequenties dat heeft (economen). Ook zijn rechtvaardige regels nodig (juristen) die optimaal dienen te worden geïmplementeerd (bestuurskundigen). Maar ook is inzicht nodig in natuurlijke verschijnselen, zoals het gedrag van chemische verbindingen (chemici) en bestaat de noodzaak tot de onderkenning van de implicaties van verstoringen voor organismen (medici en biologen). Hieraan kunnen nog diverse disciplines worden toegevoegd. Borger & Ligtendag [1998: 114] verklaren het ontbreken van onderzoek naar de interactie tussen natuurlijke en sociale processen uit te monodisciplinaire studies, die steeds een deel bestuderen zonder de relaties te zien.

De noodzaak van multidisciplinaire, of liever nog interdisciplinaire⁶ samenwerking bij het analyseren (en oplossen) van milieu- en waterproblemen wordt al lange tijd vanuit een diverse richtingen ondersteund [Kuenen e.a., 1976: 5; Hommes, 1988: 2; RMNO, 1988; Clarenburg, 1990: 21; Boersema e.a., 1991: 16 UNCED, 1992: 403; De Jong, 1993: 22; Glasbergen, 1994: 21; Bressers, 1994: 131; Wissershof, 1994; Wessel, 1995; Leroy, 1995: 27; Veltrop, 1995: 408; ECE, 1996: 22]⁷.

3.3 De ernst van de problematiek

3.3.1 Algemeen

6 Verkroost e.a. [1997: 14] constateren dat verschillende begrippen interdisciplinariteit worden gehanteerd. Om het onderscheid met multidisciplinair onderzoek scherp te houden lijkt het wenselijk de term interdisciplinair te reserveren voor van verschillende monodisciplines afkomstige kennis die is geïntegreerd in een nieuw begrippenkader (i.e. concept, theorie, methodiek).

7 De praktijk van het Nederlandse milieukundig universitair onderzoek stemt hiermee overeen, aldus Verkroost e.a. [1997: 11]. Ongeveer tachtig procent van dit onderzoek is interdisciplinair van opzet, waarbij in ongeveer de helft van de gevallen sprake is van een combinatie van bèta- en gammawetenschappen.

De bepaling van de ernst van de problematiek rond riviersystemen wordt afgemeten aan de mate waarin betekenisverlies van riviersystemen als onwenselijk wordt beschouwd. De betekenis wordt treffend weergegeven in een citaat van Postel [1996: 28]. *The age-old notion that any run-off to the sea is "wasted" remains a dominant view among many water engineers, but it reflects a narrow sense of what a river's role and functions really are. Rivers deliver nutrients to the seas, with their complex food webs; sustain economically and culturally important fisheries; protect wetlands with their capacity to filter out pollutants; provide habitat for a rich diversity of aquatic life; safeguard fertile deltas; protect water quality; maintain salt and sediment balances; and offer some of the most inspirational beauty on this planet. These benefits and services are rapidly being lost because water development plans and projects fail to account for and value them.* De vaststelling dat het betekenisverlies inderdaad als ernstig moet worden ingeschat wordt door de VN⁸ [UNCED, 1992: 396] in Rio de Janeiro als volgt weergegeven. *Er zijn weinig delen van de wereld die nog gevrijwaard zijn van de problemen van verlies van potentiële reserves voor zoetwatervoorziening, verminderde waterkwaliteit en verontreiniging van oppervlakte- en grondwater⁹.* Door "Agenda 21" te ondertekenen geven de meeste staten van de wereld in 1992 aan dat zij de problemen herkennen en de ernst in elk geval officieel erkennen. In concreto wordt volgens de VN [1992: 404] *naar schatting tachtig procent van alle ziekten en een derde van alle sterfgevallen in de ontwikkelingslanden veroorzaakt door het drinken van besmet water, en gemiddeld gaat wel een tiende van iemands produktieve tijd verloren door ziekten die met water verband houden.* Eén op de drie inwoners van ontwikkelingslanden heeft niet voldoende water beschikbaar voor zelfs de primaire behoeften.

Saeijs en Van Berkel [1994: 1] verdelen de melée van aan watersystemen gerelateerde vraagstukken in vier grote mondiale problemen:

- *schaarste aan vernieuwbare zoetwatervoorraden;*
- *ongelijke verdeling van zoetwatervoorraden*

8 De gehanteerde vertaling is afkomstig van het Nederlandse Ministerie van Buitenlandse Zaken, Departement Ontwikkelingssamenwerking.

9 En verder stelt UNCED [1992: 396] dat *Grote problemen (...) ontstaan (...) door onvoldoende gezuiverd huishoudelijk afvalwater, ontoereikende controlemechanismen voor de lozing van industrieel afvalwater, verlies en vernietiging van stroomgebieden, slecht doordachte situering van fabrieken, ontbossing, onbeperkte zwerflandbouw, en gebrekkige landbouwmethoden. Dit leidt tot het uitspoelen van voedingsstoffen en verdelgingsmiddelen. Aquatische ecosystemen worden verstoord en de biologische rijkdommen van zoetwaterreserves bedreigd. Onder bepaalde omstandigheden worden aquatische ecosystemen ook aangetast door agrarische waterprojecten zoals dammen, het verleggen van rivieren, waterinstallaties en bevoeiings-systemen. Erosie, sedimentatie, ontbossing en woestijnvorming hebben tot een grotere achteruitgang van de bodem geleid, en de aanleg van stuwmuren heeft in sommige gevallen nadelige gevolgen voor ecosystemen gehad.*

betekenisverlies van riviersystemen

- *waterkwaliteit en gezondheid;*
- *desastreuze effecten van een ongebreidelde bouw van dammen en stuwmere*n.

Hieraan dient de sterke achteruitgang van de biodiversiteit, die zich in het algemeen en in het bijzonder in zoetwatersystemen voordoet, nog te worden toegevoegd [Myers, 1979; Loh e.a., 1998].

Linnerooth [1990: 640] wijst, evenals eerder onder meer Hommes [1988], op de grote onzekerheden waarmee het waterbeheer wordt geconfronteerd voor wat betreft de verschijnselen die zich in watersystemen afspelen. Als voorbeelden noemt zij de effecten op het grondwater en de bodemvruchtbaarheid als gevolg van de bouw van stuwmere

n, het transport, de sedimentatie en de accumulatie van verontreinigende stoffen, de synergie in effecten van verschillende stoffen, de effectiviteit van milieutechnologie en mogelijke klimaatveranderingen.

3.3.2 Verstoring riviersystemen

In het vorige hoofdstuk werd in neutrale bewoordingen een overzicht gegeven van de veranderingen die zich afspelen in rivierstroomgebieden onder invloed van menselijke activiteiten. Indien ernstig betekenisverlies wordt waargenomen, is sprake van verstoring van de relatie mens-riviersysteem. De drie hoofdtypen van verstoring corresponderen met veranderingen in het watersysteem. Zo correspondeert problematische toevoeging met verontreiniging, onttrekking met uitputting en structuurverandering met aantasting.

3.3.2.1 Verontreiniging

De grootste potentiële bedreiging voor de menselijke samenleving, betreft niet de verontreiniging van het water zelf, maar de verwachte gevolgen voor watersystemen van de overmatige toevoeging van stoffen aan de lucht. Verontreiniging met broeikasgassen en de hier waarschijnlijk door veroorzaakte verhoogde zeespiegel, zullen naar verwachting bijzonder moeilijk oplosbare problemen veroorzaken. Ook de grotere variatie in de hoeveelheid door rivieren afgevoerd water zal aanzienlijke inspanningen vragen om gevaar voor overstroming en verdroging te voorkomen. Ook zonder de gevolgen van luchtverontreiniging heeft Nederland al te maken met de zeespiegelstijging en met landdaling. Saeijs [1998] gaat uit van een bodemdaling in Nederland in de twintigste eeuw van maximaal 150 cm. Dit opgeteld bij de zeespiegelstijging van ongeveer 20 cm in dezelfde periode, betekent dat enige polders in Nederland binnen één eeuw maar liefst 170 cm lager zijn komen te liggen ten opzichte van gemiddeld zeeniveau. Dubbelman [1999: 234] schat dat het maaiveld in de veengebieden tegenwoordig ongeveer vijf meter lager ligt dan in het jaar 1000. Op lange termijn (enige eeuwen) is dit proces waarschijnlijk de meest ernstige problematiek waarmee de bewoners van het laaggelegen en daardoor kwetsbare Nederland ooit zijn geconfronteerd.

Betekenisverlies van het riviersysteem door antropogene toevoeging van stoffen, wordt bij alle in het vorige hoofdstuk onderscheiden groepen in zekere mate als probleem ervaren. Voor wat betreft de zuurstofverbruikende stoffen geldt dat veel westerse landen door middel van waterzuiveringsinstallaties een einde hebben gemaakt aan het stinkende zwarte water in riviersystemen. Niettemin staan in sommige kleinere wateren en in veel andere gebieden op de wereld zuurstofminnende waterorganismen onder grote druk. Hierdoor bestaan ook voor de visserij, de recreatie en de natuur problemen.

Door toevoeging van nutriënten veroorzaakte "culturele eutrofiëring" of "antropogene verrijking" (Odum, 1983, blz. 61) wordt momenteel in de meeste industriële samenlevingen als probleem ervaren. Doordat in stromende wateren continu vermenging van het water optreedt, waardoor bijvoorbeeld zweefalgen zich minder goed en drijfplanten zich helemaal niet kunnen ontwikkelen, zijn riviersystemen relatief ongevoelig voor de negatieve effecten van nutriënten. Ernstige problemen met de zuurstofhuishouding treden plaatselijk op waar rivierwater wordt ingelaten in stilstaande of langzaam stromende wateren. Hierdoor zijn toch al zeldzame biotopen verder onder druk komen te staan, met als direct gevolg een afname van minder algemeen voorkomende soorten organismen. De nutriëntenovervloed heeft er in Nederland toe geleid dat in nagenoeg alle wateren de soortenvariëteit ernstig heeft te lijden van ecologische nivellering [o.a. RIVM, 1988; RIVM, 1991]. In veel geëutrofiëerde wateren is sprake van hysteresis, met de vissoort brasem als dominant organisme.

De explosie in het gebruik van pesticiden in de landbouw, resulteerde in de zestiger jaren in de gevolgen die Carson [1962] voorspelde: een sterke achter-

betekenisverlies van riviersystemen

uitgang van de gezondheid van organismen, vooral aan het einde van de voedselketen. Bij toppredatoren die met iedere prooi een dosis geaccumuleerd gif binnenkrijgen, zijn de gevolgen dramatisch; vooral bij visetende vogels als sterns, aalschovers en visarenden. Door het verbod in de meeste rijke landen om persistente bestrijdingsmiddelen (onder meer DDT en drins) te gebruiken, zijn hier inmiddels de grootste problemen geweken. Wel is een aantal residuen (verbindingen die overblijven na afbraak) van nieuwe snel afbreekbare pesticiden als probleem naar voren gekomen, waarvan vooral de hormoon ontregelende werking zorgwekkend is [Vethaak e.a. 2000].

Voor wat betreft het Nederlandse deel van de Rijn en Maas constateren Middelkoop e.a. [1998: 69] dat insecticiden met 4 procent van de totale emissies, gemiddeld 79 procent van alle risico's van de emissies vertegenwoordigt. De concentratie in veel riviergebieden bevindt zich periodiek boven het niveau dat sterfte veroorzaakt onder waterorganismen. In de regionale wateren treedt acute vergiftiging van lagere waterorganismen veelvuldig op [PTNW4, 1995: 31]; naar schatting is in ongeveer de helft sprake van overschrijding van de maximum toelaatbare risico-norm. De Poorte & Van Leeuwen [1997: 168] stellen vast dat op de door hen onderzochte lokaties in Zuid-Holland, voor acht van de achttien geselecteerde bestrijdingsmiddelen geldt, dat de gemiddelde regenwaterconcentratie de grenswaarde voor oppervlaktewater overschrijdt. Drinkwaterbedrijven klagen periodiek over te hoge gehalten landbouwbestrijdingsmiddelen in het water dat zij innemen.

Van de groep van organische microverontreinigingen, leveren vooral de chronische toxische effecten op organismen problemen op, niet in het minst bij de mens. Een belangrijk gevolg is dat het immuunsysteem minder effectief wordt, en verder hebben veel organische micro's een teratogene (ongeboren vrucht beschadigende) en carcinogene (kankerbevorderende) werking. Door de weinig zichtbare verschijningsvorm van veel van deze stoffen en hun trage werking zijn causale relaties met negatief gepercipieerde effecten in watersystemen niet altijd eenvoudig te leggen. Hierdoor heeft het voor accumulerende stoffen als PAK's en PCB's jaren geduurd voordat de werkelijke schade kon worden vastgesteld. Meest bekende slachtoffer in Nederland is de zeehond, wiens voedsel vooral als gevolg van de aanvoer van verontreinigd rivierwater wordt besmet. Naast een achteruitgang van het reproductievermogen kreeg deze met een brede waaier van gezondheidskwalen te maken als gevolg van een teruglopend weerstandsvermogen [Van Stralen, 1991]. Verder hebben deze stoffen mede geleid tot het verdwijnen uit Nederland van de hoog in de voedselketen van zoetwaterorganismen geplaatste otter. Nog steeds zijn veel van deze stoffen, geadsorbeerd aan sedimenten, in het milieu aanwezig. Het RIVM [1997: 152] constateert dat in 1996 bij 70 procent van de Nederlandse waterbodems de grenswaarde wordt overschreden; vooral de grenswaarde voor PAK's en PCB's in de waterbodem wordt op grote schaal overschreden. Wel kan worden geconstateerd dat de gehalten in de laatst afgezette sedimenten een gedeeltelijk herstel van de populaties niet meer in de weg staat, zodat de ernstigste problemen hier achter de rug zijn.

hoofdstuk drie

Ook voor de zware metalen geldt dat door verminderde lozingen in rijkere landen de concentratie in het water is teruggedrongen. In het verleden leidde vooral kwik (en in mindere mate cadmium) tot acute schade aan dieren en mensen¹⁰. In Nederland zijn de niveaus in veel rivierstroomgebieden niettemin nog zodanig hoog dat ernstige ecologische effecten optreden¹¹. Doordat ook zware metalen zich hechten aan in het water zwevende deeltjes, zijn veel waterbodems in Nederland ernstig verontreinigd, vooral met koper, cadmium en zink. PTNW4 [1992: 34] noemt een hoeveelheid van 125 miljoen m³ slib (van de meest verontreinigde klassen 3 en 4). Hierdoor leidt op het land gebracht riviersediment ook daar tot toxische effecten en bio-accumulatie in ecosystemen. Bovendien kunnen mensen met het giftige bodemmateriaal in contact komen.

De effecten van lozingen van minerale olie spreken zeer tot de verbeelding, omdat deze stof in eerste instantie niet oplost in het water, maar als een goed zichtbare laag op het water blijft drijven. Bovendien vinden regelmatig scheepsrampen plaats waarbij grote aantallen vogels en vissen omkomen. Dit leidt algemeen tot de perceptie dat zich een zeer ernstig probleem voordoet. Hoewel de ernst hiervan niet mag worden gebagatelliseerd, is olie is in het algemeen minder schadelijk dan de vele zeer toxische verbindingen die niet zichtbaar zijn. Ook de in olie aanwezige PAK's en andere vaak onbekende verontreinigingen kunnen op langere termijn grote schade aan het ecosysteem toebrengen. In geringe hoeveelheden leidt de aanwezigheid van olie in water er onder andere toe dat insecten verdwijnen die de oppervlaktespanning van het water gebruiken om te kunnen drijven of aan zuurstof te komen. Bij watervogels die in aanraking komen met de olie, wordt de oppervlaktespanning van hun verenkleed doorbroken. Direct lichaamscontact met het (koudere) water kan vervolgens tot ernstige ziektes leiden. Ook inslikken van olie door het schoonmaken van het verenkleed heeft dit gevolg.

De schadelijke invloed op de gezondheid van dieren en mensen van radio-actieve stoffen is potentieel één van de meest ernstige van alle vormen van verontreiniging. Voor radio-activiteit bestaat geen drempelwaarde waaronder de effecten niet optreden en bovendien kan een aantal van de radio-actieve

10 Kwikvergiftiging kreeg wereldwijd bekendheid toen bleek dat de ernstige gezondheidsproblemen van de inwoners van het Japanse Minamata verband hielden met de consumptie zeedieren die werden gevangen in een baai waarin veel kwik werd geloosd. Momenteel wordt kwik plaatselijk nog gebruikt in ontwikkelingslanden bij het zoeken naar goud. Als gevolg hiervan worden op die plaatsen concentraties aangetroffen die zeer ernstige schade toebrengen aan mens en milieu.

11 Aangetoond is dat muggelarven minder vitaal zijn als gevolg van zware metalen in oppervlaktewater. Ook lage dichtheden van waterluizen en -vlooien worden eraan toegeschreven, met verminderde algengraas, en dientengevolge eutrofiëring als resultaat.

stoffen moeilijk worden uitgefilterd. Toch wordt momenteel met betrekking tot radio-activiteit geen ernstig probleem gepercipieerd. De vergaande voorzorgsmiddelen in de meeste landen hebben geresulteerd in een belasting die weinig schade aanricht.

Niet elke vorm van verontreiniging met chloriden wordt even ernstig ingeschat. In bepaalde delen van de wereld is de situatie in sommige irrigatiegebieden met hoge verdampingsniveaus zo ernstig dat het land ongeschikt is geworden voor de landbouw. In riviermondingen echter leiden vanuit zee opdringende zouten soms tot een brakwatermilieu waarin diverse minder algemene organismen goed kunnen gedijen. Voor de drinkwaterbereiding en de landbouw levert dit evenwel weer ongewenste gevolgen op. De grootste problemen worden in Nederland gepercipieerd door boeren en tuinders omdat via kwel en lozingen de zoutconcentratie op veel plaatsen groeischade veroorzaakt. De zouttolerantie van in zoetwater voorkomende organismen is in bepaalde levensfasen zeer gering¹². Hoewel ook zoetwatersystemen hierdoor plaatselijk onder druk komen te staan, leidt dit in verband met de zeldzaamheid van brakwatermilieus niet tot probleemperceptie. Dit geldt niet voor het zoutgehalte in de Rijn. Door directe lozingen van chloriden uit kalimijnen en industrie is het natuurlijke achtergrondniveau van 10-15 mg/liter in de Rijn gestegen tot meer dan het tienvoudige. Omdat in Nederland het meeste water afkomstig is van de Rijn, lijden gebruik als landbouw- en drinkwater ernstige schade. Extra verontreiniging met zware metalen treedt in zekere mate op als gevolg van de corrosiebevorderende werking van zouten.

Het gebruik van allerlei typen reinigingsmiddelen leidde in het verleden onder andere tot zeer zichtbare ophopingen van schuim. Inmiddels heeft zuivering en verandering van samenstelling van deze detergenten hieraan een einde gemaakt. Reinigingsmiddelen bestaan voor tien tot dertig procent uit oppervlakte actieve stoffen [Van Straalen e.a., 1991: 60], wat plaatselijk tot schade onder organismen leidt. Gevoelig zijn bijvoorbeeld soorten insecten en spinnen die de oppervlaktetension nodig hebben voor hun drijfvermogen of voor de luchtbel die zij voor hun zuurstofbehoefte onder water brengen.

Vooraf doordat veel watergekoelde installaties zijn vervangen door luchtgekoelde is het probleem van de opwarming van rivierwater niet zo ernstig geworden als werd voorspeld. Wel hebben zich bijvoorbeeld in de rivieren op de gematigde breedten organismen gevestigd die oorspronkelijk afkomstig zijn uit warmere streken (bijvoorbeeld het subtropische aquariumvisje guppy in de Rijn).

12 Zo geldt bijvoorbeeld dat in Nederland voorkomende helofieten (moerasplanten) ongeveer negen gram chloriden per liter water kunnen verdragen, deze planten kiemen echter al niet meer vanaf ongeveer drie gram per liter.

Hoewel de waterkwaliteitsproblematiek in de grote Nederlandse rivieren de laatste jaren is afgenomen, overtreffen de concentraties aan giftige verbindingen nog ruim de ecologische doelstellingen. Daarbij komt dat de effecten die bij organismen worden geconstateerd, vaak niet kunnen worden toegeschreven aan de gemeten stoffen [Leuven e.a., 1998]. Zo stellen Middelkoop e.a. [1998: 69] dat slechts rond 10-30 procent van de waargenomen toxische effecten kunnen worden toegeschreven aan bekende stoffen.

Chemische stoffen komen op verschillende wijzen in het water terecht. In Nederland zijn veel lozingen uit puntbronnen inmiddels vergaand gereduceerd. Hierdoor stijgt echter het percentage diffuse bronnen. Indirect versterkt dit de ernst van veel verontreinigingsproblemen omdat dit de mogelijkheden voor aanpak van dit type bronnen versterkt. Illustratief voor de beperkte mogelijkheden voor waterbeheerders om invloed uit te oefenen, is dat voor een aantal stoffen geldt, dat de diffuse atmosferische depositie groter is dan hetgeen via andere bronnen aan het water wordt toegevoegd. Dit betekent volgens Verstappen e.a. [1996: 721] dat alleen een trendbreuk kan resulteren in een betere waterkwaliteit in het jaar 2015. Bij het huidige beleid kan, zelfs indien aanvullende maatregelen worden genomen, geen halt worden toegebracht aan de diffuse verontreiniging van de meeste milieuschadelijke stoffen. Compensatie door extra maatregelen in de sfeer van puntlozingen behoort niet tot de mogelijkheden, vanwege de reeds nu vergaande staat van sanering. Van den Berge e.a. [1995] zien in de diffuse bronnen de uitdaging voor de waterbeheerders van de naaste toekomst. *Nodig is een versterkte inzet voor diffuse bronnen bij alle overheden, zoals gezegd een herschikking van prioriteiten, van personeel en van geld. Overheden zullen gezamenlijk aan de slag moeten met hetzelfde elan als 25 jaar geleden de waterbeheerders voor de eerste vanzelfsprekende saneringsronde* [Van den Bergen e.a., 1995: 242].

Hofstra & Leentvaar [1995: 325] wijzen in dit verband nog op een ander gevaar voor de Nederlandse waterkwaliteit. *Gezien de voorsprong van de watersanering ten opzichte van de andere compartimenten kan dit betekenen dat een vertraging van de verdere sanering van industriële emissies optreedt en is zelfs een tijdelijke toename van puntlozingen niet uitgesloten.* Op basis van de constatering van Nienhuis e.a. [1998: 361] dat de omvang van lozingen van met name zware metalen en nutriënten inmiddels weer licht begint te stijgen, zou deze overweging wel eens snel bewaarheid kunnen worden.

3.3.2.2 Uitputting

Van alle problemen met riviersystemen is de uitputting van het water zelf de meest wezenlijke. De basis van een riviersysteem is immers de aanwezigheid van stromend water. Uitputting van de substantie water zelf is niet goed denkbaar, gezien de kolossale hoeveelheid water die op aarde aanwezig is. Bovendien verhindert het kringloopkarakter uitputting in strikte zin. Het water uit een riviersysteem kan echter wel uitgeput raken als neerslag in het stroomgebied door menselijke gebruiksvormen direct naar lucht, bodem, zee of organismen wordt getransporteerd. Mede door dit verbruik is in tachtig landen, met daarin 40 procent van de wereldbevolking, sprake van *serious water shortage* [WCED, 1987: 293]. Petrella [1999: 108] spreekt over 1,4 miljard mensen zonder toegang tot drinkwater en meer dan 3 miljard die slechts water van onvoldoende kwaliteit ter beschikking hebben.

Op basis van de criteria die UNCED [1992] hanteert voor schaarste, de hoeveelheid water die jaarlijks op het grondgebied neerkomt, is ook in Nederland sprake van grote waterschaarste. Alleen door invoer vanuit het buitenland via de grote rivieren en het verbruiken van grondwaterreservoirs kan zo ruim in de gebruiksfuncties worden voorzien. Toch signaleerde de eerste Nota Waterhuishouding van Nederland [V&W, 1968] reeds dat waterschaarste in droge perioden niet uitgesloten mag worden. Na het uitzonderlijk droge jaar 1976 kwam de uitputtingsproblematiek in Nederland voor het eerst duidelijk naar voren. Sindsdien heeft zich een dergelijke droogte niet meer voorgedaan en zijn de voorspellingen van explosieve toename in waterverbruik niet uitgekomen.

Buiten de hoofd rivieren is echter plaatselijke verdroging wel tot een ernstig probleem uitgegroeid. Door de verbeterde drainage en afvoer van neerslag krijgt het water onvoldoende tijd en ruimte om de grondwaterreservoirs aan te vullen. De gevolgen hiervan zijn uitputting van grondwater en verdroging van vochtgebonden ecosystemen. In Nederland is, gerekend over de laatste veertig jaar, gemiddeld sprake van ongeveer dertig centimeter grondwaterstands daling als gevolg van watergebruik (zestig procent veroorzaakt door drainage en dertig procent door onttrekking van drinkwater, industriewater en landbouwwater) [Blom, 1995: 7].

Hoewel Nederland niet immuun is voor uitputting van water, is de problematiek in riviersystemen in minder vochtige regio's doorgaans aanzienlijk ernstiger. In veel droge landen is grondwater de enige bron. Momenteel wordt ongeveer 26 miljard m³ per jaar opgepompt¹³. Dit leidt niet alleen tot plaatselijke verdroging, het resulteert ook in een zeespiegelstijging van 0,07 millimeter per jaar. Door

13 Postel [1996: 20,21] noemt een aantal streken op aarde met zeer ernstige watertekorten; delen van de High Plains en het Zuidwesten van de Verenigde Staten, Mexico Valley, Arabië, Noord-Afrika, Spanje, India, Noord-China en Zuid-Oost Azië.

de snelle toename in wateronttrekking kan worden verwacht dat in de verdere toekomst ook grote tot zeer grote grondwataquifers met uitputting te maken zullen krijgen. Het gaat dan om zodanig grote hoeveelheden water dat een problematische zeespiegelrijzing zal ontstaan¹⁴.

Maar ook het water van rivieren wordt intensief gebruikt. Aan de monding van dichtbevolkte en industriële stroomgebieden, is het rivierwater vaak diverse malen voor verschillende doeleinden gebruikt. Gebruik in de landbouw is vanwege verdamping via de gewassen voor een groot deel ook verbruik. Gleick [1998: 23] stelt de gemiddelde efficiëntie bij irrigatie op 40 procent van het toegevoerde water. Postel e.a. [1996: 787] gaan uit van 65 procent, maar noemen dat een zeer voorzichtige schatting. Reeds nu bereikt het water van grote rivieren met intensieve irrigatieprojecten als de Gele rivier, de Yangtze en de Colorado, gedurende de droge tijd de zee niet meer. Veltrop [1995: 406] voorspelt dat als de groene revolutie in geheel Afrika wordt doorgevoerd, de grote waterbehoefte van hoogproductieve rassen zal leiden tot een desastreuze situatie. *It remains to be seen whether and how long reliance on increased food production from irrigation can continue* [Veltrop, 1994: 402].

De groei van de wereldvraag naar water stijgt ongeveer tweemaal zo snel als de op zichzelf al snel groeiende wereldbevolking. Er is een sterke correlatie met de omvang van produktie en consumptie¹⁵. Zo gebruiken inwoners van de Verenigde Staten zeven en een half keer zo veel drinkwater als de gemiddelde Afrikaan [Veltrop, 1996: 406]. Uit een inventarisatie van de totale wateronttrekkingen, drinkwater maakt hier maar een klein deel van uit, per hoofd van de bevolking kan worden afgelezen dat veel Afrikaanse landen niet boven 100 km³ per jaar uitkomen. In 1990 kan aan de burger uit de Verenigde Staten echter gemiddeld 2.162 km³ worden toegerekend [Gleick, 1998, 243]. Daar het Amerikaanse systeem in veel opzichten als model wordt gezien voor ontwikkelingen in de rest van de wereld, zullen watertekorten zich uitbreiden. Postel [1996] noemt een groot aantal concrete gevallen van uitputtingsproblemen in de wereld. Veel van deze gevallen zijn daarom zo ernstig omdat ze de betekenis van het water als levensvoorwaarde betreffen. Dit geldt voor de mens, en nog sterker voor direct aan rivierwater gebonden soorten. In droge

14 Zo resulteert uitsluitend de uitputting van de grondwaterreservoirs onder de Noordamerikaanse Great Plains in een zeespiegelstijging van vijf centimeter, terwijl alle water onder de Sahara en Arabië gezamenlijk een stijging van maar liefst drie meter betekent.

15 Naast allerlei rationele gebruiksvormen van water, vindt ook verspilling plaats. Voorbeelden zijn de grote hoeveelheid water die bij de traditionele vormen van irrigatie verdamppt en de lekverliezen in het drinkwaterleidingsysteem, die in sommige oude waterleidingssystemen tientallen procenten van het water kan vertegenwoordigen. Zo kent Nederland in de jaren tachtig gemiddelde verliezen in het waterleidingsstelsel van tussen de 6 en 8 %, in Engeland was dit gemiddelde ongeveer 30 %.

betekenisverlies van riviersystemen

gebieden staat een groot aantal aquatische soorten sterk onder druk [WWF, 1998]. Endemische organismen in woestijnrivieren en deltagebieden en dan in het bijzonder estuaria hebben het meest te lijden.

Naast het water zijn er nog verschillende andere onderdelen van het riviersysteem die aan uitputting onderhevig zijn. Problemen in de Nederlandse rivieren bestaan bijvoorbeeld plaatselijk met de voorraden grind, zand en klei. Bijvoorbeeld langs de Limburgse Maas is de uitputting van grind verantwoordelijk voor ernstige verarming van het ecosysteem. Op de meeste plaatsen zijn de voorraden rivierzand onvoldoende om winning verantwoord te achten, zeker in de uiterwaarden. De resterende voorraad klei in de Nederlandse Rijntakken is naar schatting voldoende tot halverwege de 21-ste eeuw [Silva & Kok, 1996: 3-42]¹⁶. Ook diverse populaties van voor consumptie geschikte vissoorten lijden in ernstige mate onder uitputting. In Nederland betrof dat in het verleden onder meer de nu uitgestorven steur en zalm en tegenwoordig vooral paling en snoekbaars.

3.3.2.3 Aantasting

De derde uitingsvorm van de verstoorde relatie tussen mens en rivierstroomgebied ontstaat indien fysieke aanpassingen als bijvoorbeeld dijken, dammen, stuwen, strekdammen, tunnels, pijpleidingen, inpolderingen, bekadingen, baggerwerken of urbanisering leiden tot ongewenst betekenisverlies. Te zamen heeft alles inmiddels geresulteerd in een decimering van het aantal ecosystemen dat zich nog in enige mate in de oorspronkelijke toestand bevindt. Slechts circa twintig procent van de rivieren in het Noordelijk Halfrond is niet aangetast door (...) *fragmentation of the river channels by dams and by water regulating resulting from reservoir operation, interbasin diversion, and irrigation. The remaining free-flowing large river systems are relatively small and nearly all situated in the far north (...)* [Dynesius & Nilsson, 1994: 753]. In de warmere klimaten in hun onderzoeksgebied zijn "natuurlijke" riviersystemen, waarvan de structuur dus niet door de mens is beïnvloed, volledig afwezig.

Meest ernstig zijn de gevolgen van de ruim 40.000 aangelegde dammen in de wereld. Daarmee wordt vaak vruchtbaar land onder water gezet, terwijl tegelijk tegengegaan wordt dat periodiek de rivierbegeleidende vloedvlaktes onder water komen te staan. In het eerste geval worden de bodems daardoor onbruikbaar voor op het land levende organismen (inclusief de mens), met alle

16 De Nederlandse baksteenindustrie onttrekt jaarlijks ongeveer 1 miljoen m³ klei aan de Rijn. Voor dijkverzwarringsprogramma's wordt tot het jaar 2050 ongeveer 10 miljoen m³ onttrokken. Met een geschatte voorraad winbare klei van 60 miljoen m³ leidt dit ertoe dat rond 2050 de hoeveelheid Rijnslib is uitgeput [Silva & Kok, 1996: 3-42]. De totale toevoer van Rijnslib in deze periode bedraagt onder de huidige morfologische omstandigheden hooguit 10 miljoen m³, dit is lang niet voldoende voor compensatie.

sociale gevolgen als gevolg van de noodgedwongen migratie vanden. In het tweede geval worden de bodems niet meer verrijkt met afzettingen van vruchtbaar sediment. Dit laatste proces kan wellicht het beste worden geïllustreerd met het verdwijnen van de uit de oudheid bekende vruchtbaarheid van de vloedvlaktes langs de Nijl door de constructie van de Assoean-dam. Toch achten de meeste betrokkenen de ernstige problemen waarmee de lokale bevolking en het ecosysteem worden geconfronteerd, ruimschoots gecompenseerd met de voordelen van onder meer voorraadvorming en elektriciteitsproductie.

De problematiek voor het watersysteem als gevolg van de aanleg van een dam, hangt vooral samen met de afname in dynamiek, zowel in wisseling van de waterstand als in stroomsnelheid, en zowel voor als achter de dam.

Benedenstrooms van de dam erodeert de rivier in het algemeen, waardoor het omliggende land te maken krijgt met een grondwaterstands daling. Ook de kustzone kan te maken hebben met erosie, als de sedimententoevoer met een dam wordt afgesneden¹⁷. Vooral migrerende organismen in de rivier hebben te lijden van de in stukken gedeelde corridor die een waterloop van nature voor hen is. Voor trekkende vissoorten kan een stuw een onoverbrugbaar obstakel zijn in de rivier. Met vistrappen kan bij lagere stuwen worden bereikt dat een deel van de optrekkende vissen passeert, maar deze leiden tot waterverlies en worden in de praktijk vaak slecht onderhouden.

Door een constant waterpeil en stroomsnelheid wordt ook de morfologie statisch. In het gestuwde water leidt dat tot accumulatie van verontreiniging en slib en ook tot een verandering in watertemperatuur. Onder omstandigheden ontwikkelt zich in het stilstaande water een snel groeiende plantenmassa, zoals zwevende algen en drijfplanten. Vervolgens kan tijdens het afbreekproces zuurstofloosheid ontstaan. Andere ernstige gevolgen van de aanleg van stuwen zijn erosie, stimulering van aardbevingen, verzilting en de gevolgen van de verandering in fysische, chemische en daarmee biologische samenstelling van het water.

Verder neemt de verdamping via het vergrote wateroppervlak (evaporatie) toe. Postel e.a. [1996: 787] stellen dat gemiddeld ongeveer 5 procent van het opgeslagen water uit stuwmeren verdampt, op wereldschaal ongeveer 275 km³/jaar. Naast de verdamping neemt ook inzigging in de bodem toe met de oppervlakte van het daarmee in contact komende water. De afnemende hoeveelheid water die het lozingspunt van de rivier daardoor nog zal bereiken, betekent dat benedenstrooms menselijke gebruiksfuncties ernstig in gevaar kunnen komen. Bovendien komen minder slib en nutriënten uiteindelijk in zee terecht, wat ten koste gaat van de kustvisserij.

17 Een voorbeeld is de Afrikaanse Volta, waar na aanleg van een dam in de delta de kustzone met gemiddeld 15 meter per jaar landinwaarts optrekt. Voorbeelden van benedenstroomse erosie zijn te vinden bij de Iffezheim-dam in de Rijn en de Hoover-dam in de Colorado.

In dun bevolkte gebieden nemen verder de menselijke activiteiten toe in een vanwege waterwerken opengelegd gebied. Het daarmee gepaard gaande gebruik van het riviersysteem kan ernstige consequenties hebben. Zo gaat in tropische gebieden de aanleg van stuwweren vaak gepaard met ontbossing, die vervolgens weer leidt tot verdroging van regenwouden. Bij tropische regenwouden bevindt zich een groot deel van het water in de lucht en in het plantaardig materiaal. Via een korte hydrologische kringloop van de bodem via planten naar de lucht blijft dit water plaatselijk in het systeem. Als het watervasthoudend vermogen van de vegetatie wegvalt, spoelt het water echter direct af naar het stuwmeer, zodat het niet voldoende tijd krijgt door de planten te worden opgenomen. Vervolgens stroomt het water naar zee en verdwijnt door verdroging (van de lucht) het regenwoudklimaat.

In het algemeen verterkt ontbossing ook een tegengesteld gevolg van aantasting, namelijk wateroverlast. Door het wegvallen van de sponswerking van vegetatie komt alle water één keer in de rivierbedding terecht. Door de toenemende verharding van het landoppervlak (met wegen en gebouwen) en de verbeterde drainage in de landbouw krijgt de neerslag niet meer de tijd in de bodem te zakken, waardoor het direct afstroomt in de rivier en dientengevolge hoge piekafvoeren ontstaan.

Allereerst zijn de vaak van nature langs rivieren aanwezige vloedvlaktes met dijken van het water afgeschermd zodat de rivierbedding minder ruimte biedt voor het water. Gezamenlijk hebben deze processen geleid tot zeer hoge waterstanden in Rijn en Maas (1994 en 1995) en Elbe en Oder (1997), die aanleiding gaven tot grootschalige evacuatie van laaggelegen gebieden wegens het gevaar van dijkdoorbraak¹⁸.

Stuwdammen worden doorgaans verdedigd met een beroep op het opwekken van "groene energie". Waterkrachtcentrales staan bekend als een "milieuvriendelijke" vorm van elektriciteitsopwekking omdat ze niet de nadelen hebben van elektriciteitscentrales die op brandstoffen werken, zoals verontreiniging met schadelijke stoffen en uitputting van fossiele brandstoffen. De exploitatie van het waterkrachtpotentieel met gestuwd water doet evenwel ernstige afbreuk aan de betekenis van het riviersysteem. Schepen hebben problemen om de gebouwde hindernissen te passeren, bruikbare grond overstroomt, ziekteverwekkers vestigen zich in het gestuwde water en de oorspronkelijke aan stromend water gebonden flora en fauna verdwijnt. Zo kunnen vissen de generatoren stroomopwaarts niet passeren en komen de naar zee afzakkende dieren met de hoofdstroom terecht tussen de snel ronddraaiende schoepen van de elektriciteitsgenerator. Canter & Vieux [1993: 96] geven een overzicht van de vele problemen die zich bij het beheer van grote dammen voordoen¹⁹. De

18 Zowel verdroging als hoogwaterpieken worden in het kader van de vaststelling van de Vierde Nota Waterhuishouding van Nederland als belangrijke probleemgebieden beschouwd [RVW e.a., 1996].

19 Canter & Vieux [1993: 96] noemen o.a.: waterkwaliteitsverlies, versterkte

dambeheerders zelf beschouwen overigens technische problemen (zoals sedimentatie van stuwmeren en onvoldoende beheersing van extreem hoge waterstanden) als grootste problemen [Santbergen & Van Westen, 1995]. Een bijkomend probleem van een andere orde zijn de extreem hoge kosten die de grote damprojecten met zich meebrengen²⁰.

Behalve via stuwen en dammen veroorzaken menselijke activiteiten op nog veel meer terreinen aantasting van de fysieke omgeving. Het gehele grondgebied van Nederland is door ingrepen van de mens van structuur veranderd. Polders, heide, stuifzanden, steden en de grote meren zijn alle het gevolg van menselijk handelen. De delta van de grote rivieren is al lang geen wirwar meer van allerlei kleine en grote stromen diep en ondiep water, maar het is een strak gereguleerde infrastructuur²¹. Estuaria zijn voor het merendeel verdwenen, en zelfs de zee is bijna overal zijn invloed kwijtgeraakt. Door inpoldering van grote stukken land wordt de ophogende werking van sedimentatie weggenomen en ontstaat een spiraal van bodemdaling, ontwatering en dijkverhoging, die nog toeneemt als gevolg van het versterkte broeikaseffect.

Een opmerkelijke eigenschap van de categorie aantasting is de geringe zichtbaarheid van de problemen. Doordat de veranderingen stap voor stap plaatsvinden worden de effecten pas goed zichtbaar na vergelijking in de tijd. De salamiworst blijkt opeens opgesneden te zijn, terwijl er al die jaren toch maar hele kleine plakjes van waren geconsumeerd. Zo worden, ondanks de vele aandacht voor de verontreinigings- en uitputtingsproblematiek, de ernstigste problemen veroorzaakt door de sluipende structuurveranderingen die de menselijke soort aanbrengt op het aardoppervlak. Een juiste beoordeling van deze problematiek vergt systeemkennis die oog heeft voor de lange termijn en die betrekking heeft op het schaalniveau van volledige stroomgebieden.

evaporatie, verharding overgang tussen zoet en zout, grondwaterstandsverlaging, aardverschuivingen in het reservoir, verandering in micro-klimaat, inundatie bewoonbare, culturele, historische en grondstofrijke gebieden, verandering biologische soorten in het water en op de oevers, visdestructie in turbines, toename tropische ziektes, uitbreiding drijfplanten, teruglopend zelfreinigend vermogen, bouwgerelateerde bevolkingstoename, uitbreiding recreatie, toename afval en stroomafwaartse gevolgen zoals wegvallen landbouw die afhankelijk is van periodieke overstromingen.

20 Het grootste bestaande project, de Braziliaanse Itaipu, kostte minimaal 19 miljard dollar [Gleick [1998: 16]. De totale werken van het nog grotere Chinese Three Gorges-project worden geschat tussen de 25 en 60 miljard dollar.

21 V&W [1998: 9] schat de vervangingswaarde van de investeringen die door waterkeringen worden beschermd op 4.000 miljard gulden.

betekenisverlies van riviersystemen

3.3.2.4 Verlies aan biodiversiteit

Met betrekking tot riviersystemen kan de achteruitgang van de biologische diversiteit²² als één van de ernstigste problemen worden beschouwd.

"Bionivellering" gaat immers niet alleen ten koste van de gebruiksfuncties, maar doet ook afbreuk aan de betekenisvolle intrinsieke waarde en levensvoorwaarde van een riviersysteem. De oorzaken ervan bevinden zich in alle vormen van verstoring. Illustratief daarvoor is het uitsterven van de Rijnzalm.

Het eerste type verstoring, verontreiniging, heeft op twee wijzen invloed. Ten eerste kunnen vissen die in de rivier leven waarin zich schadelijke stoffen bevinden ziek worden of sterven. In de jaren zestig en zeventig werden in veel westerse rivieren, zoals de Rijn en de Maas zoveel afbreekbare stoffen in het water geloosd, dat de afbraak tot ernstig zuurstofgebrek leidde, die direct dodelijk was voor zalmachtigen. Daarnaast was sprake van vergiftiging als gevolg van bijvoorbeeld pesticiden en industrieel afval. Hierdoor verdwenen ook de voedseldieren voor de zalm. Ten tweede is van een groot aantal stoffen bekend dat ze worden vermeden door vissen die ermee in aanraking komen. In dit kader speelt ook dat de geurherkenning van het water in gevaar komt bij een wisselende samenstelling van stoffen. Het gevolg is dat de zalmen de weg naar hun geboortegrond niet meer weten terug te vinden. Daarnaast spelen visuele (troebelheid), auditieve (onderwatergeluiden van schepen) en thermische (koelwaterlozingen) verontreiniging een rol.

Het tweede type verstoring, uitputting, heeft eveneens op twee manieren gevolgen voor de zalmstand. Uitputting van vissen doet zich voor door overbevissing, dat wil zeggen dat er meer dan de jaarlijkse aanwas wordt gevangen. Uitputting van bodemmateriaal, in het bijzonder grind, heeft als resultaat dat de zalm zijn paaigrond wordt ontnomen. In drogere gebieden dan het Rijnstroomgebied kan ook een derde gedaante van uitputting een rol spelen, namelijk van het water zelf. Zo staat de achteruitgang van een vijftigtal vissoorten in het Westen van de Verenigde Staten direct in verband met de onttrekking van water voor irrigatiedoeleinden [Moore e.a., 1996: 335].

Het derde type verstoring tenslotte, aantasting, is voor trekkende vissen ingrijpend omdat stuwen de voor hun levenswijze essentiële corridorfunctie van de rivier opheffen. Rivieren worden als het ware versnipperd in kleine, langgerekte meren. Daarnaast verhindert kanalisatie het ontstaan van ondieptes als paaigronden en kan de stroomsnelheid zodanig worden vertraagd

22 Biodiversiteit kan in overeenstemming met de systeemniveaus van het milieu worden beschouwd op verschillende niveaus: ecosystemen, soorten (organismen) en genen (biologische factoren). Omdat diversiteit op het hogere systeemniveau de andere niveaus impliceert, heeft ecologische diversiteit prioriteit boven soortdiversiteit en heeft tenslotte genetische diversiteit de laagste prioriteit.

dat de eitjes worden bedekt met bezinkend slib. Toegenomen erosie als gevolg van ontbossing speelt hierbij eveneens een rol. Verder heeft de verharding van oevers negatieve gevolgen voor paaigelegenheden. Aantasting via elektriciteitsopwekking en koelwateronttrekking leidt er bovendien toe dat veel vissen worden gedood door installaties waar het water doorheen wordt geleid. Per dag worden door iedere grote koelwatergebruikers langs de Rijn honderdduizenden vislarven opgezogen.

Een beheer dat is gericht op het behoud van trekvispopulaties dient rekening te houden met alle drie genoemde typen verstoring. Het ontbreken van slechts één van deze conditionele factoren, betekent al dat de migrerende vissen zullen verdwijnen. In het riviersysteem van de Noordamerikaanse Colombia heeft "river development" (structuurverandering) versterkt door overbevissing ertoe geleid dat slechts twee procent van de wilde zalmopulatie is overgebleven [Moore e.a., 1996: 342]. In bijvoorbeeld Rijn en Maas geldt momenteel een situatie van "multi-stress"; alle verstoringvormen doen zich tegelijkertijd voor [Leuven e.a., 1998].

Over de ernst van het uitsterven van een individuele soort bestaan uiteenlopende opvattingen. De perceptie verschilt sterk naar gelang het gaat om het uitsterven van de nuttige watervlo, de schadelijke mensenvlo, de kaspische slijkgarnaal of de smakelijke Rijnzalm. Geen van deze organismen is onmisbaar, maar het totaal neemt wel aan betekenis af. Bovendien is de zalm een indicator voor het totale riviersysteem van de Rijn. Nu hier sprake blijkt van verminderde biodiversiteit ontstaat het gevaar dat het watersysteem minder goed in staat is bedreigingen als ziekten en plaagorganismen het hoofd te bieden. (...) *benutting van ons milieu vereist derhalve het behoud van een duurzame natuur, het behoud van alle soorten planten en dieren en andere organismen en hun natuurlijke genetische diversiteit* [Stortenbeker, 1990: 309]. Bovendien moet ook de betekenis in economische termen van een goed functionerend ecosysteem niet worden onderschat. De reinigende werking van watersystemen betreft een financiële waarde die de kosten van de bestaande zuiveringstechnologie nog verre overstijgt. In een (zeer) voorzichtige schatting berekenden Constanza e.a. [1997: 253] een economische waarde van de functies die alle ecosystemen op aarde jaarlijks voor de mens vervullen, van meer dan 33 triljoen dollar. Dit is bijna twee keer zo hoog is als het bruto nationaal wereldprodukt. Een kleine 7 triljard hiervan betreft zoetwatersystemen²³. De hoogte van dit bedrag bevestigt de ernst van een verminderd functioneren van watersystemen.

23 Het totaal van 6.579×10^9 US-dollar volgt uit de optelling van de opbrengsten van "wetlands" (4.879×10^9) en "lakes/rivers" (1.700×10^9); de opbrengsten van "estuaries" en "urban biomes" vallen hier nog buiten [Constanza, 1997: 256].

Om de juiste maatregelen te kunnen treffen tegen het ongewenste betekenisverlies in riviersystemen, is het zinvol te weten door welk type verstoring dit wordt veroorzaakt. In algemene zin is in het onderstaande schema een globale inschatting gemaakt van de mate van samenhang tussen huidige verstoringvormen en betekenisverlies in riviersystemen in de wereld. Het is, behalve op het voorgaande, gebaseerd op op Gleick [1997], RIVM [1996; 1988], Cunningham & Saigo [1992], Tyler Miller jr. [1992], King & Schneider [1991], WCED [1987] en UNESCO [1978] en is met informatie uit de voor dit onderzoek gehouden interviews. Geboden wordt een generiek beeld van de huidige stand van zaken. Specifieke omstandigheden per (onderdeel van) een riviersysteem bepalen uiteindelijk in welke mate het betekenisverlies zich plaatselijk zal voordoen. In de tabel wordt per type verstoring, (A) verontreiniging (met genummerde onderverdeling), (B) uitputting en (C) aantasting een indicatie gegeven. Indien sprake is van ernstig verlies in betekenis, is dit aangegeven met één minteken (-) en van zeer ernstig betekenisverlies met twee mintekens. In enkele gevallen is onder omstandigheden sprake van winst in betekenis, dat is aangegeven met een plusteken (+). Als niet is vermeld is geen relatie bekend.

5	*	*	-	*	-	*	-	*	-	*	*	*	*	*
5	ophoogmateriaal					5								
5	*	*	-	*	--	*	--	*	-	*	*	--	*	*
5	bodemgebruik/-verbetering					5								
5	*	*	-	*	-	*	-	*	-	*	*	*	*	*
5	wonen					5								
5	*	*	-	*	-	*	-	*	-	*	*	--	*	*
5	verziltingsbestrijding					5								
5	-	*	--	*	-	*	-	*	-	*	*	-	*	-
5	bestrijding eutrofiering					5								
5	--	*	-	*	--	*	--	*	--	*	*	-	*	--
5	habitat-flora en fauna					5								
5	-	*	-	*	-	*	-	*	-	*	*	-	*	+-
5	aanvoer water/peilbeheer					5								
5	*	*		*		*		*		*	*	*	*	*
5						5								
5	*	*		*		*		*		*	*	*	*	*
5	kwaliteitsongevoelig					5								
5	*	*		*		*		*		*	*	*	*	+-
5	afvoer-water/ijs/sediment					5								
5	*	*		*		*		*		*	*	*	*	+
5	transport schip/buis/kabel					5								
5	*	*		*		*		*		*	*	*	*	+
5	elektriciteitsopwekking					5								
5	*	*		*		*		*		*	*	*	*	-
5	koelwater					5								
5	*	*		*		*		*		*	*	*	*	-
5	delfstoffen-zand/klei/grind					5								
5	*	*		*		*		*		*	*	*	*	-
5	riool-afvoer afval/emissies					5								
5	*	*		*		*		*		*	*	*	*	*
5						5								

9444444N4444444N4444444N4444444N4444444N4444444N4444444N4444444N4444444N4444444N4444444B4444444N4444444N4444444
=44444444444444444444444444444448

Figuur 3.2; invloed verstoring op betekenis riviersysteem

Uit het overzicht komt naar voren dat de drie vormen van verstoring bijna steeds een negatieve invloed hebben op de betekenissen levensvoorwaarde, intrinsieke waarde en de kwaliteitsgevoelige gebruiksfuncties. Slechts voor wat betreft de kwaliteitsongevoelige gebruiksfuncties geldt dat verstoring weinig invloed heeft en zelfs in een aantal gevallen positief kan uitwerken. Met het inzicht in de oorzaken van het betekenisverlies, wordt het zoeken naar oplossingsrichtingen enigszins vergemakkelijkt.

De gebruiksfuncties zelf veroorzaken echter ook weer bepaalde typen verstoring. Deze relaties komen in het volgende naar voren, waarbij de invloed van de betekenissen die riviersystemen hebben op verstoring met plusjes staat aangegeven. Indien het plusteken tussen haakjes staat is sprake van een zeer beperkte of potentiële invloed.

hoofdstuk drie

3.4 Onherstelbaar betekenisverlies

De vele vormen van verstoring leiden dus tot een aanzienlijk verlies aan betekenis van riviersystemen²⁴. De ernstigste betreft die waarbij het riviersysteem in zijn fundamenteen wordt verstoord. Dit doet zich voor als de systeemgrenzen zodanig worden overschreden dat op afzienbare termijn herstel uitgesloten is. Dit doet zich bijvoorbeeld voor bij uitputting van voorraden, bijvoorbeeld fossiel grondwater. Nu lijkt dat bij een riviersysteem niet te kunnen plaatsvinden omdat het een stromingsbron is, waardoor iedere neerslagperiode de voorraden weer aanvult. Toch kan ook hier sprake zijn van onherstelbaar betekenisverlies. Nadat een rivier bijvoorbeeld opdroogt na verregaande uitputting, zal het watersysteem zich, onder meer door het uitsterven van waterafhankelijke organismen, niet meer kunnen herstellen op hetzelfde niveau als voorafgaand aan de uitputting het geval was.

Dit gegeven maakt het extra wrang daar in de ontwikkelingsgeschiedenis van rivieren een zekere wetmatigheid richting uitputting is te ontdekken. In grote lijnen komen namelijk in een geologische tijdschaal drie fasen van ontwikkeling naar voren (naar Rippl e.a. [1994] in: Nienhuis e.a. [1998: 19]²⁵. In de eerste, de natuurfase, ontwikkelt de rivier zich naar zijn ecologische climax, af te meten aan de mate van biodiversiteit en gesloten kringloop van water en mineralen. Bij de rivier de Rijn duurde deze periode tot ongeveer het jaar 1500. In deze fase staat de sponswerking van vegetatie en bodem centraal, de rivier houdt water vast en geeft dit geleidelijk terug aan de omgeving. De tweede fase kan worden aangeduid als de cultuurfase; de rivier voldoet in toenemende mate

24 Het merendeel van de vraagstukken wordt erkend in het Nederlandse beleid. De Raad voor Verkeer en Waterstaat e.a., 1996] richt zich op: uitputting grondwatervoorraad, klimaatverandering (verandering piekafvoeren en zeespiegelrijzing), verminderde biodiversiteit en bodemdaling. Op de langere termijn worden vooral de gevolgen van klimaatverandering gevreesd. De grootschaligheid en de daarmee verband houdende onbeheersbaarheid van deze problematiek stellen alle andere problemen in de schaduw. Ook de ernst van deze ecologische gevolgen worden in het Nederlandse waterbeheer door de overheid erkend [V&W, 1997], zoals onder andere blijkt uit de projecten tot bescherming en herstel van natuurlijke rivierlopen [V&W, 1989: 203; RBA-TUD, 1992: 39 e.v.; Zonderwijk, 1995].

25 Specifiek met betrekking tot de waterkwantiteit ziet Yevjevich [1994: 49] eveneens een wetmatigheid in fasen: (1). "initial development" (aanbod van water overtreft de vraag ruim), (2). "intense development" (opslag en verplaatsing in de tijd voorkomen dat niet aan alle vraag kan worden voldaan), (3). "transfer from adjacent areas" (verplaatsing over grote afstanden om watertekort op te heffen), (4). "water rights re-allocation" (juridische toedeling van beperkt beschikbaar water) en (5). "maturity in development" (alleen verhuizing van populatie en ontwikkeling naar gebieden met voldoende water bieden nog oplossingsmogelijkheden).

aan de menselijke gebruiksdoeleinden. Een steeds groter verlies aan mineralen en water aan de zee treedt op. De cultuurinvloed gaat ten koste van het riviergebonden ecosysteem. De derde fase tenslotte treedt in als de rivier niet meer in staat blijkt alle door de mens gestelde eisen tegelijk te vervullen. In deze afbraakfase wordt het water langzamerhand uit de rivier onttrokken. In de droge gebieden op aarde veranderen de gronden langs de oevers in een woestijnlandschap. Voorbeelden van rivieren in deze ontwikkelingsfase zijn de Tigris en de Nijl. Langzamerhand droogt de rivier steeds verder op, zoals onder meer is te zien aan de Colorado en eerder in Mesopotamië en Noord-Afrika.

Bij deze ontwikkelingen zijn twee dimensies van groot belang: schaal en tijd [RIVM, 1988]. De schaal waarop een probleem betrekking heeft, bepaalt in hoge mate de ernst van de problematiek [Meadows e.a., 1992; Cunningham & Saigo, 1992]. Doordat in een deel van de huidige problemen zich zelfs mondiale schaal manifesteert, is de buffercapaciteit van nog relatief ongeschonden gebieden niet steeds meer in staat alle betekenisverlies te compenseren. Grootschalige problemen leiden dan ook tot ernstiger betekenisverlies.

De tweede dimensie, tijd, vergroot eveneens de ernst van de problematiek, want bij de ontwikkeling van natuurlijke systemen is vaak sprake van een tijdspanne die niet overeenstemt met de menselijke. Door het buffervermogen van ecosystemen, zijn de gevolgen van menselijke invloed in eerste instantie niet waar te nemen. Op het moment dat de effecten zich wel voordoen is de buffer verbruikt, waardoor het te laat is voor een adequate reactie. Bovendien kan verstoring van in vele eeuwen tot ontwikkeling gekomen ecosystemen, slechts in vergelijkbare perioden tot herstel komen. Ook dit vergroot de ernst van de problematiek.

Als gevolg van het hoge schaal- en tijdsniveau zijn veel huidige systeemverstoringen niet eenvoudig meer op te lossen. Ecosystemen raken te fundamenteel verstoord om op een redelijke termijn in de oude toestand terug te keren. Het dubbeltje is over zijn kant gevallen. Omdraaien betekent een buitengewoon zware inspanning en vergt vaak een buitenmenselijk lange tijdsduur. Op verschillende plaatsen in de wereld blijken riviersystemen, net als veel andere ecosystemen in de wereld, zich in een dergelijke situatie van hysteresis te bevinden of dreigen ze hierin op korte termijn verzeild te raken.

Concluderend blijkt dat een groot aantal maatschappelijke factoren in het eerste aandachtsveld zeer ongewenste effecten genereert in het tweede aandachtsveld. Veel besproken problemen worden in de maatschappij algemeen als zeer ernstig gepercipieerd, te ernstig in elk geval om ze nog langer te veronachtzamen. Het is in de eerste plaats de taak van de waterbeheerders om de ongewenste processen om te buigen. Daarbij is het van groot belang op de hoogte te zijn van de achterliggende processen. Alleen zo kan voldoende inzicht ontstaan om het waterbeheer op de juiste oorzaken te laten aangrijpen. De instrumenten die de waterbeheerders hierbij ten dienste staan

hoofdstuk drie

106

komen in het vijfde hoofdstuk aan de orde. Het betreft hier de overgang van het vierde veld naar het eerste en tweede veld uit de aandachtsveldenmatrix. Een afgewogen sturing is echter nauwverbonden met de mogelijke oplossingsrichtingen die in het waterbeheer voor handen zijn. Dit valt onder het vierde veld van de aandachtsveldenmatrix en komt in het volgende hoofdstuk aan de orde.

