

Veranderingen in de morfologie en de waterkwaliteit van de grote rivieren

De ontwikkeling van de morfologie en de waterkwaliteit van de grote rivieren zijn in beginsel vrij onafhankelijke zaken. Thans is het inzicht ontstaan dat die onafhankelijkheid maar betrekkelijk is. De morfologie van de rivier kan de waterkwaliteit beïnvloeden en andersom. Een belangrijke schakel daartussen is de vegetatie in de hoofdgeul, langs oevers en in uiterwaarden.

De samenhang tussen de morfologie, de waterkwaliteit en de waterkwaliteit heeft geleid tot een integratie van het beheer en het beleid van rivieren.

A.W. de Haas & R.M.A. Breukel

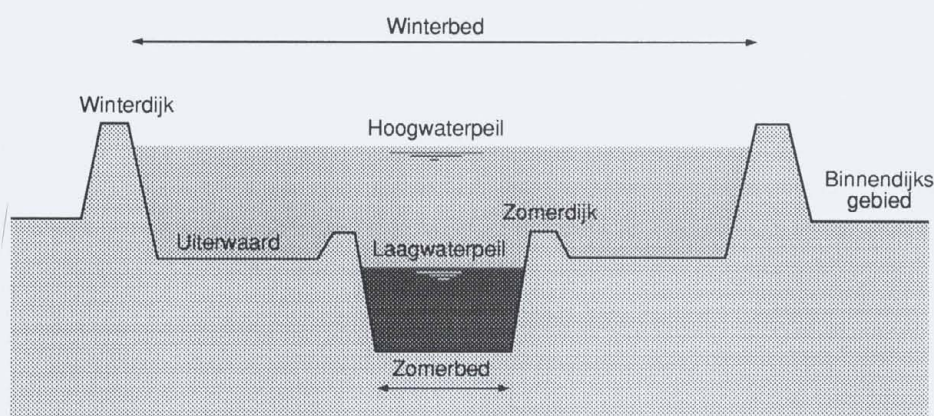
Het onderkende verband tussen de waterkwaliteit, de -kwaliteit en de morfologie heeft geleid tot een sterke verbreding van de doelstelling van het rivierbeheer. Deze is in de Derde Nota Waterhuishouding (Min. van V&W, 1989) als volgt verwoord:

'Het hebben en houden van een veilig en bewoonbaar land als primaire randvoorwaarde en het ontwikkelen en instandhouden van gezonde waterhuishoudkundige systemen die een duurzaam gebruik garanderen'. Voor de verschillende watersysteemtipes, zoals rivieren, meren en estuaria, is deze doelstelling vertaald in een streefbeeld. Daarin worden de functionele mogelijkheden voor een bepaald watersysteem weergegeven. Voor de grote ri-

vieren zijn dat scheepvaartweg, koelwaterfunctie, beroepsvisserij, drinkwatergrondstof, ecologisch functioneren enz.

Om dit streefbeeld te bereiken zijn drie aspecten van belang:

1. Bescherming van de rivier tegen verontreinigingen: welke vermindering in de toestroming van chemische stoffen naar de rivier is noodzakelijk en wat is reëel haalbaar?
2. Inrichtingsmaatregelen: welke inrichtingsmaatregelen in het zomer- en winterbed van de rivier (fig. 1) zijn nodig om een gezond en duurzaam watersysteem te krijgen?
3. Geleiding van het gebruik: hoe gaan we in Nederland om met de beschikbare hoeveelheid water?



Ontwikkeling rivierenlandschap

De huidige vorm en ligging van de grote rivieren zijn in grote lijnen ontstaan gedurende het Holocene. Aan het begin van dit geologisch tijdperk, zo'n 10.000 jaar geleden, vond de overgang van een vlechtend naar een meanderend rivierenstelsel plaats. In zo'n meanderende rivier wordt het water voornamelijk door een hoofdgeul afgevoerd, die zich langzaam verlegt door plaatselijke verschillen in erosie en sedimentatie. De buitenbocht wordt uitgeschuurd en de binnenbocht zandt aan. Hierdoor ontstaan lussen die afgesneden kunnen worden. Op deze wijze verandert een deel van het stroombed in een stagnante plas, kil of oude rivierloop geheten, die alleen bij hoge rivierafvoeren meestroomt.

De ontwikkeling van het Nederlandse rivierenlandschap is sterk door menselijke ingrepen beïnvloed. Met de ontwikkeling van landbouwactiviteiten, ongeveer vanaf 1200, begon de bedijking van de rivieren. Vanaf die tijd worden oobossen gekapt en werden maatregelen genomen om de uiterwaarden zolang mogelijk droog te houden ten behoeve van veeteelt en klei-afgraving. Omstreeks 1450 was de bedijking zo ver gevorderd dat een gesloten stelsel van bandijken was ontstaan. Vanaf die tijd was de vlakte, die tijdens hoogwater overstroomd werd, gereduceerd tot een nauwe zone van enkele kilometers breed aan weerszijden van de stroomgeul. Het resultaat hiervan was dat de sedimentatie van rivierslib, dat vroeger over de gehele overstromingsvlakte verdeeld werd, nu in het winterbed geconcentreerd werd. Hierdoor nam het winterbed in hoogte toe ten opzichte van het binnendijks gebied.

Tot in de 18de eeuw waren de rivieren binnen de bandijken nog vrij natuurlijk; de stroomgeul verlegde zich langzaam en er waren vele zandbanken. In de tweede helft van de 19de eeuw begonnen de regulatiewerkzaamheden. Dit betekende dat de hoofdstroomgeul vastgelegd werd door middel van kribben (fig. 2). Zandbanken en dood hout werden uit de rivier verwijderd, en stromende nevengeulen verdwenen. Door deze ingrepen werd uiteraard de vorming van nieuwe geulen en strangen verhinderd en verdwenen tevens verschillende karakteristieke rivierhabitats.

Fig 1. Dwarsdoorsnede van een genormaliseerde rivier.

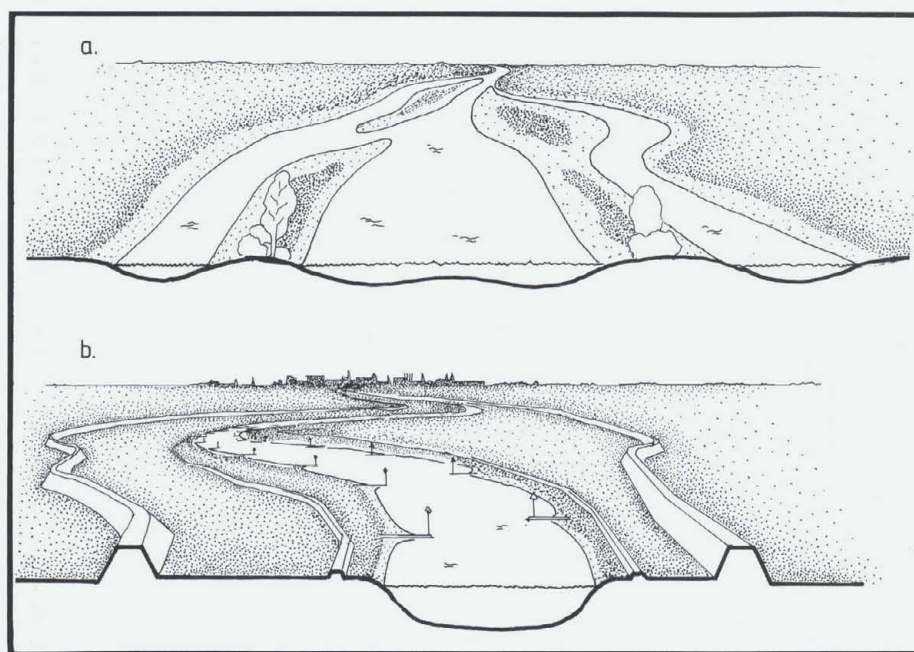


Fig. 2. De eens meanderende rivier (a) werd in het begin van deze eeuw genormaliseerd (b) (tekening: Jan Gorter; uit Smit (1985)).

Ondanks alle inspanning om de dijken in een goede conditie te houden vonden regelmatig overstromingen plaats van het land achter de dijken, veelal als gevolg van het ontstaan van ijsdammen in de rivier gedurende de winter.

In het begin van deze eeuw werd de rivier tenslotte genormaliseerd, waardoor de rivier overal even breed en diep werd gemaakt. In die tijd begon ook de industrialisatie langs de rivier, met als gevolg dat er milieuvreemde stoffen in het water kwamen. Ook nam de bevolking sterk toe en werd daarmee de functie van de rivieren als open riolen versterkt. Met name na de Tweede Wereldoorlog nam de verontreiniging van het rivierwater sterk toe, zodanig dat veel plante- en diersoorten uitstierven.

In de zestiger jaren kwam het besef dat de waterkwaliteit een ontoelaatbare negatieve ontwikkeling had doorgemaakt. Enige decennia later werd dit feit ook voor de morfologie onderkend.

Gevolgen normalisatie

De regulering en normalisatie van de Rijn in Nederland hebben geleid tot een zestal belangrijke rivierkundige veranderingen:

Een smallere doch diepere rivier

Door de afvoerbreedte van het water te verkleinen zal de diepte vergroot moeten worden om uiteindelijk dezelfde hoeveelheid water te kunnen afvoeren. Als normalisatie zeer geleidelijk zou gebeu-

ren, zou de rivier dit zelf bewerkstelligen: door de vergroting van de stroomsnelheden zal de bodem uitschuren, waardoor verdieping optreedt.

Een grotere transportcapaciteit van zand en slib

Een genormaliseerde rivier zal gemiddeld hogere stroomsnelheden hebben dan een rivier met een natuurlijk profiel. Hogere stroomsnelheden betekenen een grotere transportcapaciteit van zand en slib. Dit kan leiden tot een uitschuring van de bodem, met name als het sedimentaanbod van bovenstrooms (te) gering is.

Een grotere uniformiteit van stroomsnelheden

Een genormaliseerde rivier stroomt het grootste deel van de tijd in haar zomerbed. Afvoerfluctuaties hebben dan meer invloed op het waterpeil dan op de stroomsnelheden.

Een kortere rivier en dus een groter verhang

Bij een normalisatie worden nogal eens meanders kortgesloten om zo een regelmatig afvoerloop te krijgen. Tevens worden dan scherpe bochten (ijsafvoerobstakels) vermeden. Door een aantal kortsluitingen zal de rivier ten aanzien van de oorspronkelijke lengte korter worden en daarmee het verhang groter. Een groter verhang leidt tot grote stroomsnelheden en dus tot een extra uitschuring van de bodem.

Een geringe overstromingsfrequentie en dus minder materiaalsedimentatie in de uiterwaarden

Door de relatief grote diepte van het zo-

merbed zal de stroming het grootste deel van de tijd (circa 85%) ook via het zomerbed plaatsvinden. Dit is ook de bedoeling van een normalisatie. Sedimentatie van fijn zand en slib in uiterwaarden zal aanzienlijk minder plaatsvinden dan vroeger.

Diepere bodemligging in de buitenbochten en een ondiepere in de binnenbochten

Door het handhaven van de normaalbreedte ook in bochten zal er een spiraalstroming ontstaan. Dit leidt tot een over de bodem naar de binnenbocht gericht stroom. Hierdoor ontstaat een diepe bodem in de buitenbocht en een ondiepe in de binnenbocht.

Als consequenties van deze rivierkundige veranderingen kunnen onder meer genoemd worden:

- Sterke toename van de scheepvaart (-mogelijkheden). In het bijzonder de beschikbare diepte bij lage rivierafvoer is van wezenlijke invloed op de kwaliteit van de scheepvaartroute.
- Sterke toename van landbouw in de uiterwaarden. Tot de 19de eeuw werden de uiterwaarden nauwelijks bewerkt of anderszins benut, in het bijzonder die gebieden die slecht toegankelijk waren.
- Verlaging van de lokale grondwaterstand als gevolg van de bodem- en de daarmee samenhangende waterspiegelverlaging van de rivier.
- Andere substraatopbouw van de rivierbodem, oevers en uiterwaarden. Nu komt er door de relatief hoge snelheden vrijwel geen slib meer voor op de bodem van het zomerbed. Zelfs in de kribvakken is een slibbige bodem slechts zeer lokaal aanwezig.
- Drastische verandering -een verarming- van het rivierbiotoop, ook mede als gevolg van de toename van functies in en om de rivier. Zo is de vegetatie in de uiterwaard sterk afhankelijk van het gebruik van dat gebied.

Huidige situatie

Bij waterstaatkundige ingrepen, zoals dijk aanleg, bouw van sluizen en stuwen, rivierkanalisaties enz., stonden de belangen van veiligheid, landbouw, scheepvaart en bouwnijverheid voorop. Deze conditionering nadert nu haar voltooiing. De uitvoering had ook ongewenste neveneffecten, die zich nu manifesteren. De grondwaterstanden en -stromen zijn

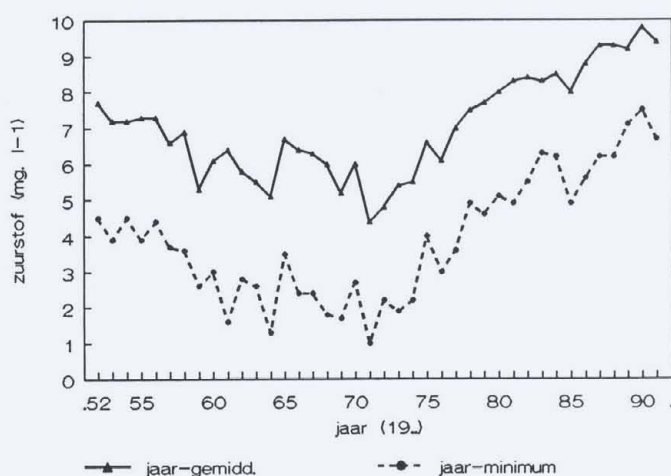


Fig. 3. Het verloop van het zuurstofgehalte in de Rijn bij Lobith van 1952 tot 1991.

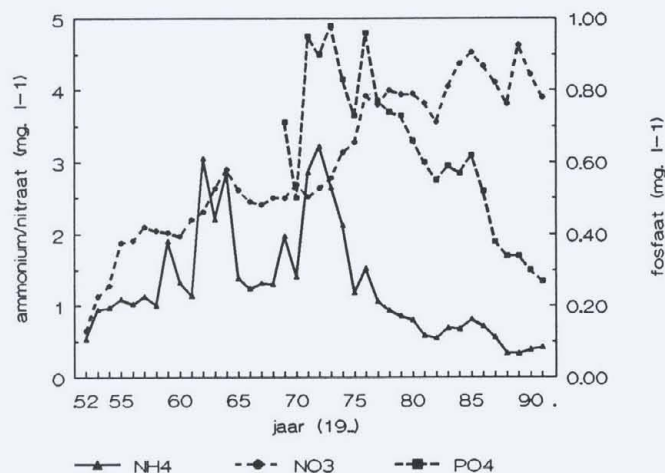


Fig. 4. Het verloop van de gehalten van de nutriënten ammonium en nitraat vanaf 1952 en van fosfaat vanaf 1970 tot 1991 in de Rijn bij Lobith.

vergaand beïnvloed, resulterend in verdroging van onder andere natuurgebieden. Riviertrekvisen zijn nagenoeg verdwenen, doordat sluizen, stuwen en abrupte zoet-zoutovergangen onneembare barrières blijken te zijn (Cazemier, dit nummer).

Paaipplaatsen, oeverplanten en veel macrofaunasoorten zijn door ontgroningen, afdammingen, dijkverzwaringen, vertroebeling, harde oeverconstructies en door de gevolgen van de schaalvergroting van de scheepvaart verdwenen. Harde oeverconstructies langs de rivieren ontsieren het landschap en maken de oever tevens ongeschikt voor recreatie.

Zoetwatergetijdegebieden, brakwaterzones en karakteristieke landschappen en levensgemeenschappen in de mondingen van Maas, Rijn (Van de Rijt & Coops, dit nummer) en IJssel zijn nagenoeg verdwenen. Behalve de waterstaatkundige ingrepen heeft met name de verslechtering van de waterkwaliteit geleid tot het uitsterven van veel plante- en diersoorten (Bij de Vaate & Greijdanus- Klaas, dit nummer). Het in de eind 60er, begin 70er jaren groeiende milieu-besef leidde ertoe dat zowel in nationaal als in internationaal verband veel inspanningen zijn verricht om de waterkwaliteit te verbeteren. Op grote schaal werden rioolwaterzuiveringsinstallaties gebouwd voor het huishoudelijk en industrieel afvalwater. Ook nam de industrie allerhande procestechnische maatregelen. Hierdoor is de waterkwaliteit van de Rijn sterk verbeterd. Vooral in de periode 1970 - 1980 werden spectaculaire resultaten geboekt (fig. 3 t/m 6).

Vanaf de 80er jaren was de vooruitgang minder sterk; met name omdat bij afnemende verontreiniging steeds geavanceerdere zuiveringsmethoden nodig zijn voor relatief kleine verbeteringen. De gehalten van een aantal stoffen, zoals verschillende zware metalen, zijn de laatste vijf jaar weinig minder geworden. Van andere stoffen zijn de concentraties echter wel afgenomen.

Toekomstige waterkwaliteitsontwikkeling

Uit het opgestelde streefbeeld voor de Rijntakken kan worden afgeleid dat er een sterk accent ligt op de natuurlijke ontwikkeling van oevers en uiterwaarden om de ecologische functie van de rivier te herstellen. Daartoe zijn twee voorwaarden noodzakelijk: een verdere verbetering van de waterkwaliteit en inrichtingsmaatregelen.

Met het Rijn Actie Programma (RAP) hebben de Rijnsoeverstaten zich verplicht tot een halvering van de lozingen van een groot aantal stoffen (De Wit, dit nummer). Dit geeft een nieuwe impuls aan de verbetering van de kwaliteit van de Rijn.

Ook het invoeren van de 'Algemene MilieuKwaliteit' (AMK) (Min. van V&W, 1989) voor rivieren zal een positief effect sorteren, doordat deze normen beter zijn afgestemd op de huidige onderzoeksmethoden en inzichten en beter rekening houden met effecten op het aquatische ecosysteem dan de daarvoor bestaande 'basiskwaliteit-normering' deed.

Zuurstofhuishouding

In figuur 3 is te zien dat het zuurstofgehalte en de zuurstofverzadiging van het Rijnwater vanaf de beginjaren vijftig stelselmatig gedaald zijn. Het gaat hier om jaargemiddelden die door hoge gehalten in het (koude) winterhalfjaar worden geflatteerd. Door de massale bouw van zuiveringsinstallaties (r.w.z.i.'s) in het Rijnstroomgebied is het gemiddelde zuurstofgehalte sinds 1970 sterk gestegen. Hoewel al jaren een stabilisering van het gehalte wordt verwacht, doordat het overgrote deel van het Rijnstroomgebied inmiddels op r.w.z.i.'s is aangesloten, blijkt uit de figuur dat ook de afgelopen vijf jaar nog een sterke verbetering is gerealiseerd.

Er mag dan ook gesteld worden dat de zuurstofhuishouding van de Rijn zich in een gunstige situatie bevindt en dat het zuurstofgehalte geen belemmering hoeft te vormen voor de ontwikkeling van het aquatisch ecosysteem.

Zouten

Het gehalte aan zout, en met name chloride (van het gewone keukenzout), is al vele jaren een algemeen bekend probleem voor de Rijn. Drinkwaterbedrijven hebben last van de hoge gehalten, omdat het zout de leidingen aanvreest.

Natuurlijke belasting	40
zijrivieren	125
Duitse industrie, mijnen en rwzi's	75
Franse kalimijnen	115
	355

Tabel 1. Herkomst van de zoutbelasting in de Rijn bij Lobith (kg.s⁻¹).

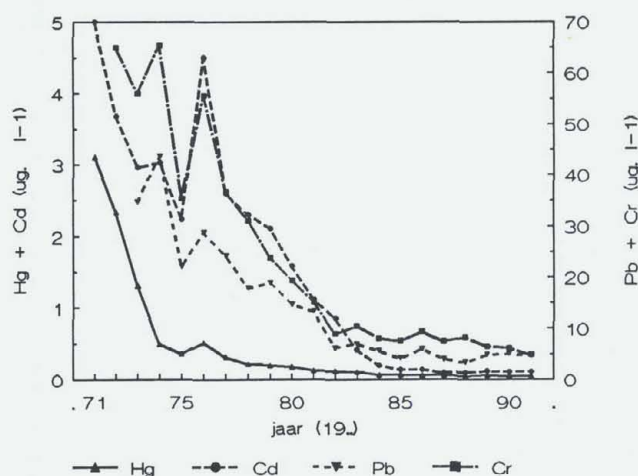


Fig. 5. Het verloop van de gehalten van de zware metalen kwik en cadmium vanaf 1971 en van lood en chroom vanaf 1973 tot 1991 in de Rijn bij Lobith.

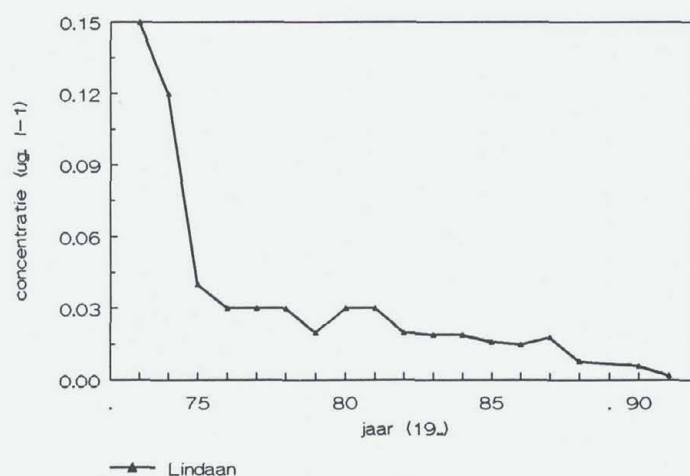


Fig. 6. Als voorbeeld van organische microverontreiniging is hier het verloop van het lindaangehalte vanaf 1973 tot 1991 in de Rijn bij Lobith weergegeven.

Ook de land- en tuinbouw heeft er last van. Bekend is het feit dat de hoge gehalten voor ruwweg 1/3 deel worden veroorzaakt door de Franse kalimijnen in de Elzas (tabel 1). Inmiddels is een nieuwe fase van het 'zoutverdrag' (uit 1976) ingevuld, waarbij Frankrijk zich verplicht heeft om de stort van afvalzout te reduceren bij lage afvoer. Het zout zal later (na 1998) overigens alsnog gestort worden. Momenteel produceren de beide kalimijnen jaarlijks ± 40.000 ton per jaar. In 1998 zal (naar verwachting) één mijn gesloten worden en vanaf 2004 zal de gehele productie worden gestaakt. Tot die tijd moeten de drinkwaterbedrijven veel moeite doen om de gewenste kwaliteit te halen.

Fosfaten

Het gehalte aan nutriënten is weliswaar in de laatste tien jaar gedaald, maar nog altijd is de Rijn een grote bron van de fosfaat- en stikstofbelasting van de Nederlandse oppervlaktewateren. De belasting met nutriënten veroorzaakt eutrofiëringsproblemen.

Het fosfaatgehalte is, na een aanvankelijk sterke daling, lange tijd vrij stabiel geweest. In feite is dit gehalte in de periode 1980-1985 slechts weinig gedaald (fig. 4). Aan de vracht is te zien dat al vanaf 1981 een daling werd ingezet. Deze daling wordt grotendeels veroorzaakt door de maatregelen die onder andere in het buitenland (Zwitserland en Duitsland) zijn genomen om de belasting met fosfaat tegen te gaan. In de periode 1985-1990 is de fosfaatvracht van de Rijn bij Lobith gehalveerd ten opzichte van die in de 70er jaren. Aan-

gezien fosfaat één van de voor het RAP geselecteerde stoffen is (De Wit, dit nummer), mag bovendien een verdere afname van de gehalten verwacht worden.

Stikstofverbindingen

In de r.w.z.i.'s vindt afbraak plaats van organische stoffen. De bij deze afbraak vrijkomende stikstofverbindingen worden echter grotendeels nog geloosd. In tegenstelling tot fosfaat wordt de uitstroom van r.w.z.i.'s nog niet op grote schaal van stikstofverbindingen ontdaan. Het gehalte aan Kjeldahl-N is sinds 1970 dan ook slechts weinig afgenomen.

Opvallend is het tegengestelde verloop van de gehalten aan ammonium en nitraat (fig. 4). Het ammoniumgehalte neemt af, terwijl het nitraatgehalte toeneemt. In zuiveringsinstallaties wordt namelijk organisch gebonden stikstof omgezet in onder andere ammonium, waarna het ammonium vervolgens, via nitriet, in nitraat wordt omgezet.

Ook voor stikstof geldt dat een stabilisatie van de situatie werd verwacht. Maar uit figuur 4 blijkt dat voor ammonium en nitraat de gemiddelde gehalten in de afgelopen vijf jaar nog veranderd zijn. Het ammoniumgehalte is nu zelden een probleem. Extra aandacht zal wel nodig zijn voor het nitraatgehalte. Te meer daar het mestoverschot in de toekomst tot een sterke toename van nitraat kan leiden, als besloten wordt om (nitraatrijke) mest te gaan verwerken via r.w.z.i.'s die op oppervlaktewater lozen. Voor wat betreft het gehalte aan totaal-N (Kjeldahl + nitraat) moet

worden gesteld dat dit nog aanzienlijk boven de normen van de Algemene MilieuKwaliteit ligt en bovendien weinig verbetering in de gehalten vertoont.

Zware metalen

De belasting met zware metalen is spectaculair gedaald sinds begin jaren zeventig, zoals in figuur 5 voor de gehalten van kwik, cadmium, lood en chroom is aangegeven.

De huidige gehalten veroorzaken echter nog altijd problemen, niet zozeer in de waterfase als wel in het sediment. De metalen hechten sterk aan de in het water zwevende stofdeeltjes (zand-, klei- en organische deeltjes) die hierdoor worden verontreinigd. In rustig, stagnant water bezinkt deze zwevende stof en vormt sediment. Waar gebaggerd moet worden, blijken vervolgens de gehalten aan zware metalen vaak een probleem voor de verwerking van het materiaal. De zware metalen cadmium en kwik voldoen nog niet aan de AMK-normen voor de zwevende stof. De gehalten aan lood en chroom zijn daarentegen al ruim beneden deze normen.

Organische microverontreinigingen

De grote groep 'organische microverontreinigingen' is wellicht het meest spraakmakend als het gaat om de waterkwaliteit van de Rijn. Aangezien er vrijwel oneindig veel stoffen zijn die onder deze noemer vallen, zal dit nog wel even zo blijven. Veel parameters en stofgroepen zijn al jaren onderwerp van studie en van beperkende maatregelen, zoals de polycyclische koolwaterstoffen (PAK's), de polychloorbifenylen (PCB's) en de or-



ganochloor-pesticiden. Van de meeste stoffen zijn de gehalten in de afgelopen jaren gedaald (fig. 6).

Overigens geldt ook bij de organische microverontreinigingen dat de verbetering van de waterfase nog niet een totale verbetering inhoudt. Veel van deze stoffen adsorberen sterk tot zeer sterk (PCB's) aan de zwevende stof. De kwaliteit van de zwevende stof (de toekomstige waterbodem!) laat dan ook voor een flink deel van deze verontreinigingen nog veel te wensen over.

Behalve de reeds lang bekende stoffen worden er vrijwel continu nieuwe stoffen gefabriceerd (veelal pesticiden) die de aandacht vragen. Dit betekent ook voor de waterkwaliteitsbeheerder een voortdurend aanpassen van de meetinspanning en analysetechnieken.

Toekomstige morfologische ontwikkeling

Naast maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit zijn er ook inrichtingsmaatregelen voor het rivierengebied voorzien. Doel hiervan is om daarmee gunstige levensomstandigheden te scheppen voor organismen die vroeger in de rivier aanwezig waren, doch die er nu niet meer zijn. In dit kader valt onder meer aan de volgende maatregelen te denken:

- de aanleg van milieuvriendelijke oeverzones;

- het passeerbaar maken van barrières voor de vistrek (foto 1);
- verwijdering zomerkaden, teneinde een grotere overstromingsfrequentie in de uiterwaarden te realiseren;
- aanleg van nevengeulen in de uiterwaarden;
- bevorderen van de natuurlijke ontwikkeling van rivierduinen;
- oevers tussen de kribvakken zich natuurlijk laten ontwikkelen (Coops et al., dit nummer);
- realisatie van rust- en paaigebieden voor vissen in en langs de oeverzone.

Deze maatregelen hebben betrekking op de fysische en biologische componenten van het waterhuishoudkundig systeem. Voor tal van plaatsen langs de rivier zijn plannen in ontwikkeling (langs de noordoever van de Nederrijn, langs de Waal bij St. Andries, in het Gelderse Poort-gebied enz.). Ook zijn er verregaande plannen voor de realisatie van vispassages in de stuwen in de Nederrijn/Lek. Daarnaast is reeds een aantal (proef-)projecten in uitvoering (Blauwe Kamer, Duurse Waarden, Slijk- Ewijk) (Van den Brink et al., dit nummer).

Uit het voorgaande blijkt dat grote morfologische veranderingen in het rivierengebied niet meer worden voorzien. De twee belangrijke functies: veilige afvoerweg voor water en ijs en hoofdtransportas voor scheepvaart, betekenen de instandhouding van een maximaal

Foto 1. Een vistrap maakt het voor sommige vissoorten mogelijk stuwen en sluizen te passeren (foto: M. Schropp).

genormaliseerde rivier. Langs de oevers van het zomerbed en in de uiterwaarden zijn mogelijkheden om morfologische aanpassingen te laten plaatsvinden om op die manier het streefbeeld, voor wat het ecologische onderdeel betreft, te bereiken.

Literatuur

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989. Derde Nota Waterhuishouding. Water voor nu en later. Tweede kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21250, nrs 1-2. SDU uitgeverij. Den Haag.

Smit, H., 1985. Het ecosysteem van de Nederlandse grote rivieren. De Levende Natuur (86)5: 162-167.

Summary

Changes in morphology and water quality of the large rivers

Formerly dutch lowland rivers were shallow, meandering rivers with a typical vegetation and fauna. Man has changed the river landscape for the benefit of safety against flooding, shipping, agriculture or other economical functions. The river changed in one regulated deep 'channel' with a constant width and beside this the floodplains mostly dry and were then used for cattle, brickyards and sand and gravel works. By the development of the industry and the increase of the population after the Second World War water quality decreased to a unacceptable level. Nowadays the omission of the various morphological differences, together with the bad water quality has caused a rather poor river ecosystem. Since the sixties, measures have been taken to get a better water quality. At the end of the eighties the 'Rhine Action Programme' has stimulated to take measures in cleaning the Rhine. They are together with landscape design measures the basis for the reintroduction of organisms, who lived here long time ago.

The river Rhine is now in a much better condition then several decades ago. Water quality has (partly) improved and the first design measurements are taken. The results of the total programme should lead to an ecological river restoration about the year 2000.

Ir. A.W. de Haas
RIZA, afd. Rivieren
Postbus 9072
6800 ED Arnhem

Ing. R.M.A. Breukel
RIZA, afd. Rivieren
Postbus 17
8200 AA Lelystad