

17 5134.0
BIBLIOTHEEK
STADSGEBOUW

Ecologisch Herstel van de Rijn 1988-1992

van onderzoek naar beleid

G.M. van Dijk & E.C.L. Marteiijn (red.)

Ecological Rehabilitation of the River Rhine 1988-1992

the Netherlands research summary report

G.M. van Dijk & E.C.L. Marteiijn (eds.)

16 SEP. 1993



18m 51 204

Bij citaten vermijden:

Van Dijk, G.M.& E.C.L. Marteiijn (red.), 1993. Ecologisch herstel van de Rijn, van onderzoek naar beleid (1988-1992). Rapport van het project 'Ecologisch Herstel van de Rijn en de Maas', rapport nr. 50.

Deelnemende instituten:

Namens het Ministerie van Verkeer en Waterstaat:

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA)

Postbus 17, 8200 AA Lelystad

Namens het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer:

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM)

Postbus 1, 3720 BA Bilthoven

Namens het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij:

Rijksinstituut voor Visserijonderzoek (RIVO-DLO)

Postbus 68, 1970 AB IJmuiden

Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO)

Postbus 9201 HB Arnhem

Staring Centrum, Instituut voor onderzoek van het landelijk gebied (SC-DLO)

Postbus 125, 6700 AC Wageningen

To be cited as:

Van Dijk, G.M. & E.C.L. Marteiijn (eds), 1993. Ecological rehabilitation of the River Rhine, the Netherlands research summary report (1988-1992). Report of the project 'Ecological Rehabilitation of the rivers Rhine and Meuse', report no. 50.

Participating institutes:

On behalf of the Ministry of Transport, Public Works and Water Management:

Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment (RIZA)

P.O. Box 17, 8200 AA LELYSTAD, The Netherlands

On behalf of the Ministry of Housing, Physical Planning and Environment:

National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM)

P.O. Box 1, 3720 BA BILTHOVEN, The Netherlands

On behalf of the Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries:

Netherlands Institute for Fishery Investigations (RIVO-DLO)

P.O. Box 68, 1970 AB IJMUIDEN, The Netherlands

Institute for Forestry and Nature Research (IBN-DLO)

P.O. Box 9201, 6800 HB ARNHEM, The Netherlands

The Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research (SC-DLO)

P.O. Box 125, 6700 AC WAGENINGEN, The Netherlands

Inhoudsopgave

1. Inleiding	5
2. Hoe effectief is het nutriëntenbeleid?	7
3. Installatie van bio-alarmsystemen	11
4. Een combinatie van concentratietechniek en bioassays om de toxiciteit van niet-identificeerbare verbindingen te schatten	15
5. Normen aanscherpen met behulp van bacteriën	17
6. Trends in accumulatie van chemische verbindingen in aquatische organismen	19
7. Toxische PCB's in vis uit de Nederlandse Rijntakken	21
8. Milieufactoren die het voorkomen van waterplanten bepalen	23
9. Uitheemse macrofauna in het Nederlandse deel van de Rijn: oorzaken en gevolgen	27
10. Lage biomassa aan macrozoöbenthos in het sedimentatiegebied van de Rijn	31
11. Vispopulaties in de Rijn	35
12. In het spoor van de trekvis	37
13. Herstel van oevervegetaties	41
14. Wenselijkheid en haalbaarheid van nevengeulen	45
15. Conclusies en vooruitzichten voor de uitvoering van het Rijn actieprogramma	49

1. Introduction	5
2. Are nutrient policies effective?	7
3. Installation of biological early warning systems	11
4. Combining concentration techniques and bioassays to estimate toxicity of non-identifiable compounds	15
5. Sensitive criteria for contaminants assessed with microbial communities	17
6. Accumulation trends of chemical compounds in aquatic organisms	19
7. Toxic PCBs in fish from the Dutch branches of the River Rhine	21
8. Environmental factors determining macrophyte occurrence in floodplain waters of the River Rhine	23
9. Exotic aquatic macroinvertebrates in the Dutch part of the River Rhine: causes and effects	27
10. Low macrozoobenthic biomass in the sedimentation area of the River Rhine	31
11. Fish populations in the River Rhine	35
12. Tracking down migrating fish	37
13. Recovery of river bank vegetation	41
14. Desirability and possibility of side channels	45
15. Conclusions and prospects for the implementation of the Rhine action programme	49

Contents

1. Inleiding

G.M. van Dijk, RIVM

In 1988 ging het onderzoeksprogramma 'Ecologisch Herstel van de Rijn' van start. De eerste fase van dit programma is uitgevoerd door de volgende drie Nederlandse onderzoeksinstituten: het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA), het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM) en het Rijksinstituut voor Visserijonderzoek (RIVO). Het programma is ontwikkeld ter ondersteuning van het Rijn Actie Programma dat in 1987 was gestart met als doel:

1. het scheppen van mogelijkheden voor de terugkeer van soorten als de Zalm,
2. het veilig stellen de mogelijkheden voor het gebruik van Rijnwater als grondstof voor drinkwaterbereiding,
3. een halt toeroepen aan de verontreiniging van het sediment met gevaarlijke stoffen.

De eerste fase van het onderzoeksprogramma omvatte de periode 1988-1991. Prominent daarin waren twee lijnen van aanpak,

ontleend aan de doelstellingen en planingsfasen van het Rijn Actie Programma. Ten eerste zijn de doelstellingen voor een algemeen herstel van het rivier-ecosysteem bepaald, en ten tweede zijn maatregelen geformuleerd om dit herstel te realiseren.

Dit rapport geeft een overzicht van de resultaten van deze eerste fase, die van direct belang kunnen zijn voor beleidsontwikkeling en het beheer van de rivier. Gedurende de laatste decennia is de behoefte aan een gecoördineerde benadering voor de inrichting en ontwikkeling van rivierstroomgebieden, waarbij socio-economische en ecologische belangen geïntegreerd worden, steeds duidelijker geworden, zowel op nationaal als op internationaal niveau. Zo'n benadering vraagt echter om kwantificeerbare en verifieerbare ecologische doelstellingen.

In de eerste fase is op internationaal niveau overeenstemming bereikt over het zoge-

naamde 'Ökologisches Gesamtkonzept für den Rhein' (Ecologisch 'Master Plan' voor de Rijn) dat de volgende aandachtspunten omvat:

- herstel van de hoofdstroom, als ruggegraat van het complexe rivierecosysteem, en de belangrijkste nevengeulen, als habitats voor trekvis.
- bescherming, behoud en verbetering van de ecologisch belangrijkste delen van de rivier en het rivierdal om de diversiteit van de oorspronkelijke flora en fauna te verhogen.

Ondanks het feit dat het Ökologisches Gesamtkonzept für den Rhein nog steeds sterk beschrijvend is, is het een serieuze aanzet om tot ecologische doelstellingen te komen.

Tegelijkertijd is in Nederland een aanzet gegeven voor een methode om tot kwantificeerbare en verifieerbare ecologische doelstellingen te komen. Met deze methode kan de toestand van een rivierecosysteem beoordeeld en vergeleken worden: de zoge-

In 1988 the research programme 'Ecological Rehabilitation of the River Rhine' was started. Three Dutch governmental institutes cooperated in this programme: the Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment (RIZA), the National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM) and the Netherlands Institute for Fishery Investigations (RIVO). The research programme was developed to support the 'Rhine Action Programme', which was set up in 1987 to:

1. create conditions for the return of higher species (e.g. Salmon),
2. safeguard the use of Rhine water for the supply of drinking water,
3. eliminate the pollution of sediment by hazardous compounds.

The first phase of the research programme covered the period 1988-1991 in which two lines of approach, derived from the goals and planning phases of the Rhine Action Programme were prominent. Firstly,

the objectives for general rehabilitation of the river ecosystem were designed and, secondly, the measures required to realize this rehabilitation were formulated.

This report surveys the results of the first phase of the research programme, which may be of direct relevance for policy development and management of the river. In both national and international river management, the need for a coordinated approach to river basin planning and development integrating socio-economic and environmental interests has become increasingly evident during the past decades. Such an approach, however, requires quantifiable and verifiable ecological objectives.

During the first phase, international commitment was achieved on the so-called 'Ökologisches Gesamtkonzept für den Rhein' ('Ecological Master Plan for the River Rhine') with the following conceptual focus points:

- restoration of the main stream, as the backbone of the complex Rhine ecosystem, with its main tributaries as habitats for migratory fish,
- protection, preservation and improvement of ecologically important reaches of the Rhine and the Rhine valley with a view to increasing the diversity of indigenous animals and plants.

Although this Ökologisches Gesamtkonzept für den Rhein is still highly descriptive, it is a serious attempt towards deriving ecological objectives.

Concurrently, in The Netherlands an attempt has been made to develop a method to extract quantifiable and verifiable ecological objectives allowing assessment and comparison of the state of a river ecosystem; the so-called AMOEBA approach. AMOEBA is the Dutch acronym for 'A general Method Of Ecological and Biological Assessment'. The AMOEBA-approach is based on the assumption that an ecosystem

G.M van Dijk, RIVM

1. Introduction

naamde AMOEBE-benadering. AMOEBE is de afkorting van ' een Algemene Methode voor OEcologische BESchrijving. De AMOEBE-benadering is gebaseerd op de aanname dat een niet of nauwelijks verstoord ecosysteem de beste garantie biedt voor duurzaamheid: het referentie ecosysteem. De introductie van een referentie systeem levert als het ware een ijkpunt aan de hand waarvan een beoordeling van de ecologische toestand van een systeem kan plaatsvinden. Bij voorkeur dient de referentiesituatie een historische te zijn maar aangezien historische gegevens vaak schaars zijn kan ook een ander, relatief ongestoord gebied als referentie dienen. Bij een kwantitatieve vergelijking tussen de huidige toestand van een ecosysteem en de referentie wordt gebruik gemaakt van een praktisch te hantieren aantal biologische (b.v. soorten, processen, habitats) en/of fysische en chemische doelvariabelen.

Het resultaat van deze vergelijking wordt grafisch weergegeven in een zogenaamde AMOEBE: een cirkelvormige figuur met de verschillende doelvariabelen, waarbij de cirkel de referentie weergeeft.

De rivier-AMOEBE voor de benedenloop van de Rijn en de Maas is in figuur 1 weer-

gegeven. Het ecosysteem van de rivier is ecologisch incompleet en onevenwichtig van samenstelling: veel organismen, gemeenschappen en milieus die karakteristiek zijn voor of horen bij een rivier zijn verdwenen of gaan sterk achteruit. Veel biotopen zijn verslechterd of in de loop van deze eeuw verdwenen. Een deel van de resultaten uit dit rapport zullen direct gerelateerd worden aan de rivier-AMOEBE zoals hier gepresenteerd. Het is echter niet de bedoe-

ling de rivier-AMOEBE te gebruiken om de voortgang van het Rijn Actie Programma te evalueren. De AMOEBE-benadering is immers nog in ontwikkeling. Ze biedt eerder een systematisch overzicht van de aspecten waarmee men rekening moet houden bij het ecologisch herstel van een rivier. De AMOEBE-benadering blijkt redelijk universeel toepasbaar. Zij kan in principe op verschillende schaalniveaus gebruikt worden en kan een bruikbaar instrument zijn

Figuur 1 De huidige (voorlopige) ecologische streefbeeld, gerelateerd aan een geselecteerde referentie.

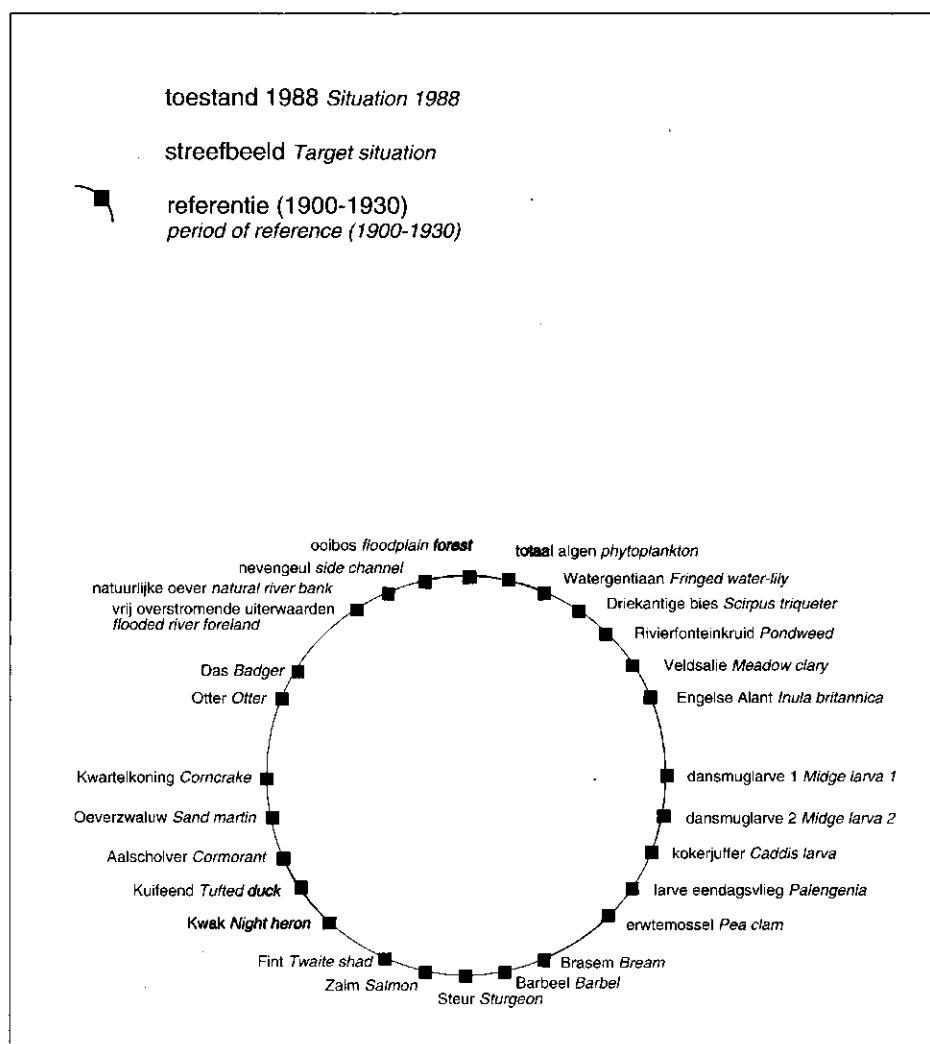


Figure 1 The present ecological and provisional target situations compared to a selected reference.

which is not, or hardly not manipulated, offers the best guarantee for ecological sustainability: the reference system. The introduction of a reference system provides a standard by means of which an assessment can be made of the ecological condition of a system. Preferably the reference should be a historic situation, but as data from such a situation are often lacking, another area which is relatively undisturbed by human actions may be chosen as a reference area as well. A quantitative comparison between the present-day ecosystem and the reference system is made using a convenient number of biological (e.g. species, processes, habitat) and/or physical and chemical target variables. The results of this comparison is visualized in the so-called AMOEBA: a circular graphical presentation of the target variables with the circle representing the reference situation.

The river AMOEBA for the downstream section of the rivers Rhine and Meuse is presented in Figure 1. The river ecosystem is seen to be ecologically incomplete and unbalanced in composition; many characteristic river and river-attendant organisms,

communities, and environments have disappeared or are in strong decline. Many biotopes have deteriorated or disappeared in the cause of this century.

Part of the results presented in this report will be directly related to the river AMOEBA presented here. In this report, however, the river AMOEBA is not meant to measure progress in the Rhine Action Programme as

the AMOEBA approach is still in development. Rather, it is used to provide a systematic overview of the aspects to be considered in river rehabilitation. The AMOEBA approach appears to be of reasonable universal application and in principle it can be applied on various scales. It might be a useful tool for the international River Rhine basin management.

2. Hoe effectief is het nutriëntenbeleid?

G.M. van Dijk, RIVM

Eutrofiëring vormt de laatste tientallen jaren één van de belangrijkste waterkwaliteitsproblemen van de Rijn. Tot nu toe waren de maatregelen voornamelijk gericht op fosfaatreductie. De stikstofconcentratie bleef de laatste jaren dan ook hoog terwijl de fosfaatconcentratie aanzienlijk daalde. Het Rijn en Noordzee Actie Programma hebben beide stikstof en fosfor als prioritaire stoffen opgenomen.

Bij Lobith is de totaal-fosfaatconcentratie vanaf het midden van de zeventiger jaren gedaald van ongeveer 1.00 mg tot-P/l in 1976 tot ongeveer 0.30 mg tot-P/l in 1990 (figuur 2). Deze sterke daling is het resultaat van met name de reductie in de fosfaatemissies door het gebruik van rioolwaterzuiveringsinstallaties in het Rijnstroomgebied en in mindere mate van de vervanging van fosfaathoudende door fosfaatvrije wasmiddelen. Bij een voortzetting van deze dalende trend zou halverwege de negentiger

jaren de voorlopige norm van 0.15 mg tot-P/l bereikt kunnen worden. Een voortzetting van deze dalende trend vereist echter uitbreiding van de rioolwaterzuiveringsinstallaties en een aanpak van de diffuse bronnen zoals de landbouw en depositie.

Meer stroomafwaarts, in de Nieuwe Waterweg bij Maassluis, is nauwelijks een dalende trend in de fosfaatconcentratie waar te nemen. Dit moet worden toegeschreven aan de omvangrijke fosfaatlozingen van de

Figuur 2 Verloop in concentratie van totaal-fosfaat en opgelost anorganische fosfor (DIP, jaargemiddelden) bij Lobith (links) en Maassluis (rechts) (RWS/RIZA gegevens).

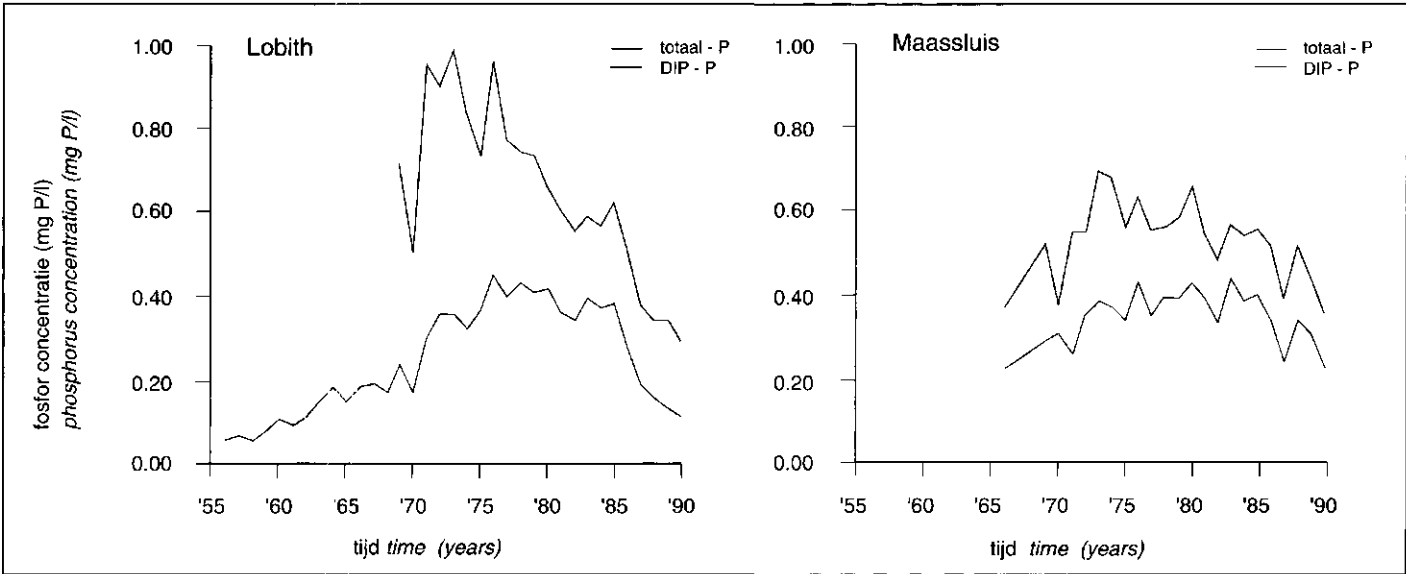


Figure 2 Mean annual concentration of total phosphorus and dissolved inorganic phosphorus (DIP) at Lobith (left) and Maassluis (right) (source: RWS/RIZA).

Eutrophication has been recognized as being one of the main water-quality problems of the River Rhine during the past decades. Earlier actions were directed to phosphorus reduction only, and as a result nitrogen concentrations remained high while phosphorus concentrations decreased. Both the Rhine and North Sea Action Programme have incorporated nitrogen and phosphorus as priority substances.

Reduced phosphorus emissions by water treatment plants in the catchment and, to a

lesser extent, the introduction of phosphorus-free detergents, have led to a steady decrease in the phosphorus concentration. From the mid-seventies, the annual mean concentration of total phosphorus decreased from about 1.00 mg tot-P/l in 1976 to about 0.30 mg tot-P/l at Lobith in 1990 (Figure 2). The phosphorus concentration may reach about 0.15 mg tot-P/l, which is set as a preliminary water-quality standard in the mid-nineties. Continuation of this reduction will, however, require extension of the water treatment plants and additional control

of diffuse sources such as agriculture and precipitation.

More downstream, near the river mouth, in the 'Nieuwe Waterweg' at Maassluis, the reduction in phosphorus concentration in Rhine water is much less obvious. Here the massive discharge of the fertilizer industries causes high phosphorus concentrations in Rhine water. In recent years, this can be seen from the higher dissolved inorganic phosphorus concentration at Maassluis when compared to Lobith (Figure 2). The

G.M. van Dijk, RIVM

2. Are nutrient policies effective?

Rotterdamse kunstmestindustrie. De concentratie van opgelost anorganisch fosfor is de laatste jaren bij Maassluis hoger dan bij Lobith (figuur 2). De lagere concentratie van particulier fosfor en in mindere mate de lagere totaal-fosfaatconcentratie bij Maassluis vergeleken met Lobith zijn waarschijnlijk het gevolg van sedimentatie van zwevend materiaal in de benedenloop van de Rijn.

De concentratie totaal-stikstof is sinds het midden van de jaren zeventig nauwelijks gedaald. In 1990 was bij Lobith de concentratie nog steeds extreem hoog (ongeveer 5.5 mg tot-N/l, figuur 3). De ammoniumconcentratie is wel afgenomen, maar de concentratie van nitraat is daarentegen gestegen. Dit moet worden toegeschreven aan de verbeterde zuivering van huishoudelijk en industrieel afvalwater, die tot gevolg

heeft dat er minder organisch stikstof wordt geloosd. Bovendien verloopt de laatste decennia de oxydatie van ammonium tot nitraat in de rivier sneller, doordat de toxiciteit van het Rijnwater is afgenomen. De huidige ammoniumconcentratie benadert de kritieke waarde van 0.20 mg N/l (90 percentiel) zoals geformuleerd in het Rijn Actie Programma. Deze vastgestelde norm geeft echter geen garantie voor een volledige bescherming van alle levensvormen in de

rivier. De toxiciteit van ammonium wordt veroorzaakt door ammoniak (NH_3), dat zeer giftig is voor vissen (de no-effectconcentratie ofwel 'NOEC' bedraagt 2.4 $\mu\text{g NH}_3\text{-N/l}$). De verhouding tussen de ammonium- en de ammoniakconcentratie is afhankelijk van de temperatuur en de pH.

De ammoniumconcentratie vertoont een sterke seizoensafhankelijke fluctuatie. In de winter van 1990 zijn nog steeds waarden

Figuur 3
Verloop in concentratie van totaal stikstof, ammonium en nitraat (jaargemiddelden) bij Lobith (RWS/RIZA gegevens).

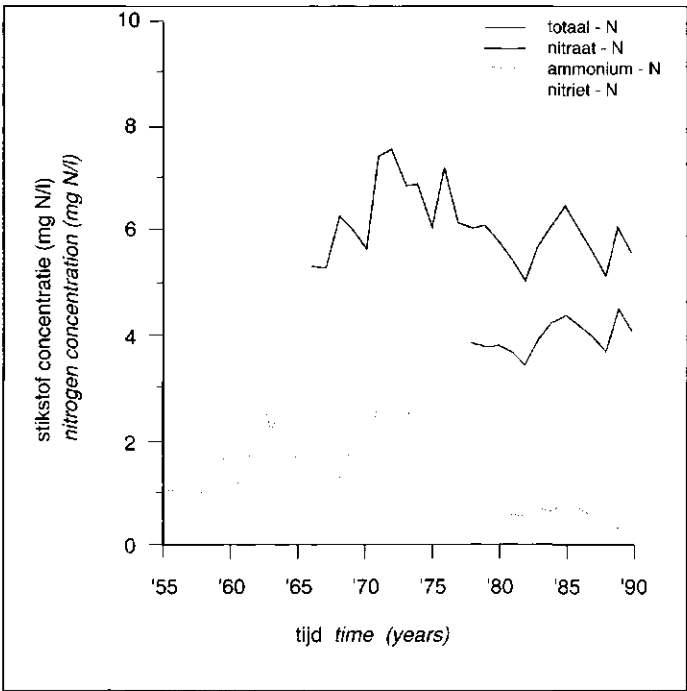


Figure 3
Mean annual concentration of total nitrogen, ammonium and nitrate at Lobith in 1990 (source: RWS/RIZA).

lower particulate phosphorus concentration and, concurrently to a lesser extent, the lower total phosphorus concentration at Maassluis compared to Lobith are likely due to sedimentation of the particulate material in the lower Rhine.

Total nitrogen has decreased only slightly

from the mid-seventies onwards and the total nitrogen concentration is still excessively high (about 5.5 mg tot-N/l) at Lobith (Figure 3). After the mid-seventies, ammonium decreased while nitrate concentration increased. The improved treatment of sewage and industrial waste water prevents the discharge of organic nitrogen.

Figuur 4 Het verloop in ammoniumconcentratie bij Lobith in 1985, 1987 en 1990 (RWS/RIZA gegevens).

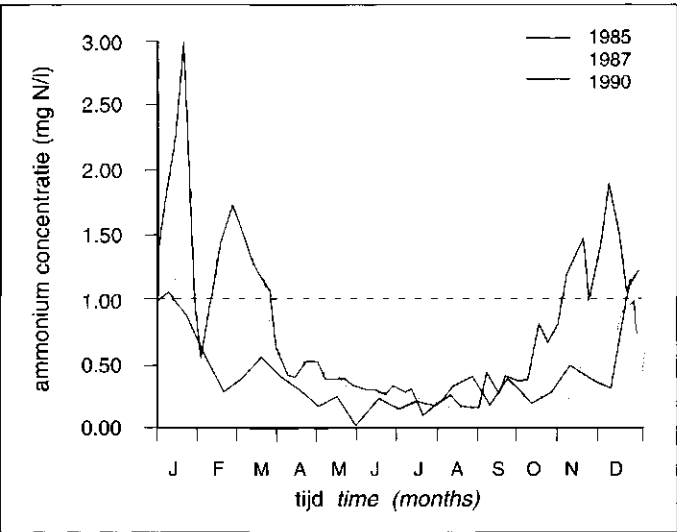


Figure 4 Seasonal variation in ammonium concentration at Lobith in 1985, 1987 and 1990 (source: RWS/RIZA).

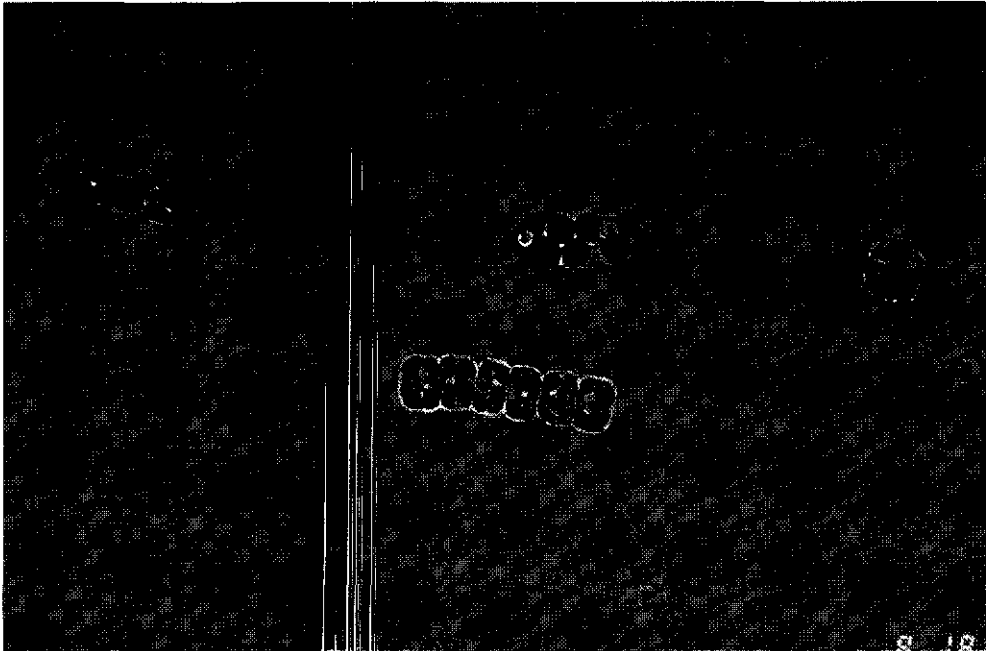
Furthermore, the reduced toxicity of Rhine water has allowed the oxidation of ammonium to proceed more rapidly in the river. As a result, ammonium concentrations are nowadays approaching the critical level adopted in the Rhine Action Programme: 0.20 mg N/l as 90 percentile. The standard adopted, however, does not guarantee an overall protection of riverine lifeforms. The toxicity of ammonium is due to ammonia (NH_3), which is highly toxic for fish (NOEC 2.4 $\mu\text{g NH}_3\text{-N/l}$). The ammonium concentration corresponds with a certain ammonia concentration depending on temperature and pH.

Ammonium concentrations show a strong seasonal fluctuation. Values of more than 1 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$, corresponding with ammonia concentrations of $>20 \mu\text{g NH}_3\text{/l}$ (pH about 8, 5-10°C), which are hazardous to sensitive lifeforms, were still observed in winter 1990. However, the periods in winter with ammonium levels above 1 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$ have become shorter during the last five years (Figure 4).

van meer dan 1 mg NH₄-N/l waargenomen. Dit komt overeen met een ammoniakconcentratie van > 20 µg NH₃/l (pH ongeveer 8, 5-10°C): een concentratie die gevaar oplevert voor gevoelige levensvor-

men. Desalniettemin zijn de laatste vijf jaar de periodes in de winter met ammoniumconcentraties van meer dan 1 mg NH₄-N/l, steeds korter geworden (figuur 4).

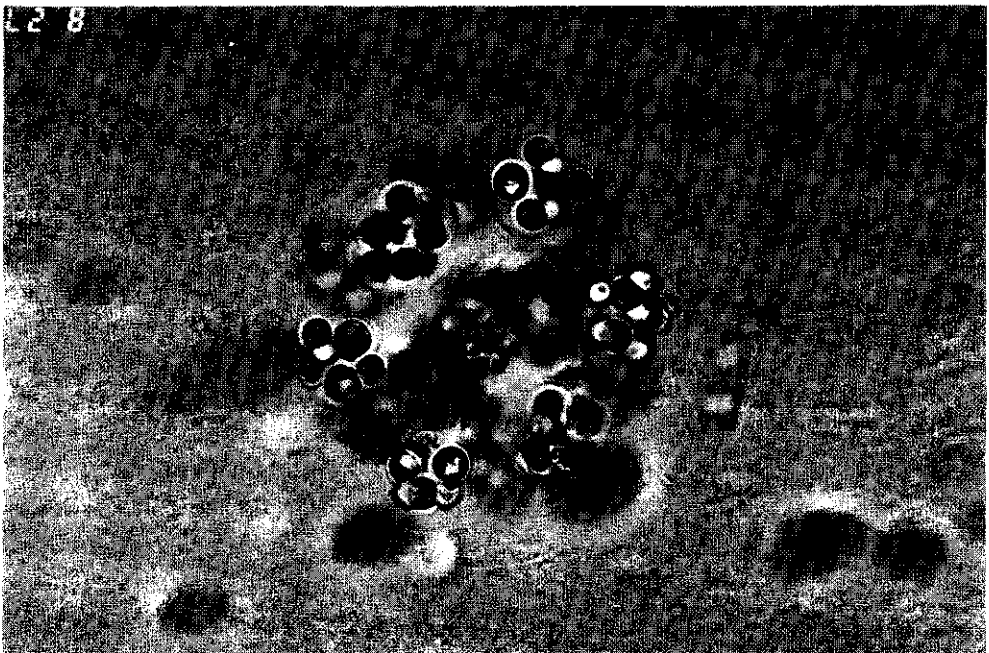
Bij de huidige nutriëntenconcentraties vindt er een sterke fytoplanktonontwikkeling plaats. In de zomer van 1990 schommelde het chlorofyl-a gehalte rond de 50-80 µg/l, met een maximum van 170 µg/l. De st-



◀ Kieselwieren zijn de meest talrijke algen in het fytoplankton van de Rijn. *Skeletonema subsalsum* (linksboven) is één van de meest algemene soorten. Ook vertegenwoordigers van het geslacht *Stephanodiscus* (middenonder/rechtsboven) treft men vaak aan in het plankton van de Rijn.

▲ Diatoms are the most abundant algae in the phytoplankton of the River Rhine. *Skeletonema subsalsum* (top left) is one of the most common species. Species of the genus *Stephanodiscus* (bottom/top right) are also common in the River Rhine.

► Phytoplankton in the River Rhine is dominated by only a small number of species. A less numerous, but rather conspicuous species is the green-alga *Eutetramorus* sp.



At the moment there is a strong phytoplankton development. In 1990, summer chlorophyll a varied around 50-80 µg/l with a maximum of 170 µg/l. These values largely exceed the target of 25-40 µg/l as

provisionally formulated in the river AMOE-BA. The present strong phytoplankton development even frequently exceeds the chlorophyll a standards for stagnant water (100 µg/l). Despite the strong decrease in

phosphorus concentration, phytoplankton growth is, at present, not phosphorus-limited in the River Rhine itself, although exhaustion of the dissolved phosphorus fraction has been observed occasionally. How-

reefwaarde van 25-40 µg/l zoals voorlopig geformuleerd in de rivier-AMOEBA wordt dus aanzienlijk overschreden. De huidige sterke ontwikkeling van het fytoplankton leidt zelfs regelmatig tot overschrijding van de chlorofyl-a norm voor stilstaand water van 100 µg/l. Ondanks de sterke daling in de fosfaatconcentratie is er geen sprake van een fosfaat-gelimiteerde fytoplanktongroei. Wel is er al incidenteel uitputting van de opgeloste fractie van fosfaat waargenomen. Het is dan ook niet uitgesloten dat binnen afzienbare tijd in de rivier zelf fosfaatlimitatie op zal treden.

De Rijn vormt een belangrijke nutriëntenbron voor veel van de Nederlandse binnenwateren en bepaalde kustwateren. Zelfs wanneer de voorlopige waterkwaliteitsnorm voor fosfaat in de Rijn wordt bereikt, zullen in de wateren die met de rivier in verbinding staan algenbloeien een normaal verschijnsel blijven, omdat de verblijftijden daar relatief hoog zijn. Voor de bescherming van de levensgemeenschappen in zowel de rivier als in de hiermee verbonden wateren is het dan ook noodzakelijk dat er extra normen komen voor stikstof, niet alleen voor ammonium, maar ook voor nit-

ever, within a reasonable time span, phosphoruslimited growth cannot be precluded in the river.

The River Rhine is an important nutrient source for large parts of inland water bodies in The Netherlands and selected coastal waters. It should be noted that even when the provisional water-quality standard set for phosphorus in the River Rhine is reached, algal blooms will remain a common phenomenon in the receiving waters owing to higher retention times. Additional standards for nitrogen, not only for ammonium, but also for nitrate and total nitrogen, are imperative if biological communities in the river as well as in receiving waters are to be protected.

3. Installatie van bio-alarmsystemen

A.J. Hendriks, RIZA

De sterke toename van het aantal grote calamiteiten in het verleden maakte het noodzakelijk de concentraties van een groot aantal verbindingen in de Rijn te gaan volgen. Van de duizenden verbindingen die zich in het water bevinden kan echter slechts een fractie tegen redelijke kosten chemisch geanalyseerd worden. Bovendien is over de toxiciteit van veel verbindingen weinig of niets bekend. Om aan die bezwa-

ren tegemoet te komen zijn daarom zogenaamde biologische bewakingssystemen ontwikkeld. Deze bestaan uit een bassin waarin zich testorganismen bevinden en dat continu doorstroomd wordt met rivierwater.

In de meetstations aan de Nederlandse grens zijn een aantal van dergelijke bio-alarmsystemen geïnstalleerd (Lobith aan de Rijn en Eysden aan de Maas). Op beide stat-

ions is inmiddels al enkele jaren een vis-bewakingssysteem operationeel. In dit apparaat worden vissen blootgesteld aan rivierwater. In geval van een plotselinge verontreiniging raken de vissen verzwakt of proberen ze het vervuilde water te ontwijken. Deze reacties worden opgevangen door een sensor die vervolgens een alarm afgeeft. De ervaring heeft geleerd dat zo'n alarm verwacht mag worden als het gehalte aan

Verskillende groepen organismen zijn gevoelig voor verschillende groepen microverontreinigingen. Daarom bewaken naast vissen ook watervlooien de kwaliteit van het Rijnwater.



Different groups of organisms are sensitive to different groups of microcontaminants. Therefore water quality of the River Rhine is monitored by fish as well as waterfleas.

In the past, the drastic increase of large calamities necessitated the monitoring of numerous compounds. However, due to high costs only a fraction of the thousands of chemical compounds present can be analyzed. Therefore biological warning systems are being developed to continuously monitor the effects of combinations of (unknown) compounds close to field conditions

(pH, temperature, dissolved organic carbon, etc.) on standard parameters using test organisms.

A programme has been developed to install several systems at the Dutch border monitoring stations, Lobith in the River Rhine and Eysden in the River Meuse. To date, a fish monitor has been used in the routine

monitoring programme of the rivers Rhine and Meuse. The system consists of a basin with fish through which river water flows. In case of chemical pollution the fish may weaken or try to avoid the polluted water. The reactions of the fish are picked up by a sensor which signals the alarm system. Experience has shown that fish alerts may

A.J. Hendriks, RIZA

3. Installation of biological early warning systems

verontreinigingen een dodelijk niveau nadert. Bij de huidige kwaliteit van het water zal dat niet vaak gebeuren. Dit betekent dat een alarm van dit systeem er op duidt dat de levensgemeenschap in het water serieus bedreigd wordt.

Behalve door een alarm van de visbewaking kan op de meetstations ook met de chemische bewaking een plotselinge verontreiniging worden gesignaleerd. Er is sprake van een chemisch alarm als concentraties nationaal en internationaal afgesproken waarden overschrijden. Daarnaast geven autoriteiten bovenstrooms van de meetstations ongevalen door waarbij stoffen in het water terecht

komen. Uit tabel 1 valt af te leiden dat plotselinge verontreiniging ongeveer even vaak door de chemische als door de biologische bewaking als eerste wordt ontdekt. Bij ongeveer de helft van de biologische alarmen zijn na uitgebreid onderzoek van bepaalde stoffen verhoogde concentraties gevonden. In de overige gevallen is het alarm naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt door stoffen die chemisch niet geïdentificeerd konden worden of door een gecombineerde werking van stoffen die ieder afzonderlijk geen biologisch alarm zouden hebben veroorzaakt.

Tabel 1 laat zien dat het merendeel van de aangemelde ongelukken in de Rijn geen concentratieverhogingen bij de meetstations tot gevolg had. In de meeste gevallen waarin verhoogde concentraties in het Rijnwater werden vastgesteld was door bovenstroomse autoriteiten reeds een lozing gemeld voordat de stof bij Lobith arriveerde. In de Maas is het merendeel van de gemeten concentratieverhogingen ontdekt door de chemische en biologische bewaking.

Om de gevoeligheid van het biologisch bewakingssysteem te verbeteren zijn andere bio-alarmsystemen in ontwikkeling, zodat

Tabel 1 Vergelijking tussen het aantal officiële meldingen van ongelukken waarbij stoffen in het water terecht kwamen, het aantal gemeten verhogingen van concentraties en het aantal gevallen van chemisch en biologisch alarm bij ontbreken van een officiële melding. De gegevens hebben betrekking op de meetstations bij de Rijn (Lobith) en de Maas (Eysden) in de periode 1987-1991.

a = visbewaking nog niet geïnstalleerd
p = visbewaking aanwezig, maar minder gevoelig vanwege storingen
- = gegevens nog niet beschikbaar
Opm. de gegevens over 1990 en 1991 zijn nog niet officieel.

	Rijn Rhine					Maas Meuse				
	87	88	89	90	91	87	88	89	90	91
gemelde ongelukken <i>reported spills</i>	54	23	60	30	-	1	0	0	2	-
verhoogde concentraties <i>increased concentrations</i>	10	10	12	12	8	7	9	6	6	8
chemisch alarm <i>chemical alerts</i>	1	1	4	1	-	6	9	6	4	-
biologisch alarm <i>biological alerts</i>	a	a	4	3	p	a	a	a	p	2

Table 1 Number of spills reported by upstream authorities, as well as the numbers of increased concentrations, chemical and biological alerts measured at border monitoring stations of the rivers Rhine (Lobith) and Meuse (Eysden) in the period 1987-1991. An increased concentration is defined as a concentration exceeding a nationally or internationally accepted level; a chemical alert as a concentration exceeding the mean concentration of the 12 foregoing days plus three times the standard deviation.

a = biological monitoring system was absent,
p = biological alerts were present, but due to temporarily malfunctioning of the system no exact numbers could be given,
- = data not available yet.
It should be noted that the data of 1990 and 1991 are not official yet.

be expected close to lethal concentrations of toxicants. Fish alerts are not produced often but when the system responds it means a serious threat.

Table 1 shows that Germany is more thorough in reporting upstream spills than Belgium. The number of reported spills is remarkably low in the River Meuse compared to the River Rhine, whereas the number of increased concentrations measured at Eysden is about the same as at Lobith and the number of chemical alerts is even higher at Eysden than at Lobith. In the River Rhine, most of the reported upstream spills do not induce increased concentrations nor cause

alerts at the border stations. Extensive chemical analysis of samples taken after chemical alerts showed that concentrations of some compounds were increased in comparison to normal levels. This was also the case for about half of the biological alerts, suggesting that the other biological alerts were caused by compounds that cannot be identified chemically or by relatively low concentrations or by a combination of compounds.

Other biological monitors are in development to improve the sensitivity of the warning system by increasing the spectrum of compounds and concentrations monitored.

Figure 5 shows a water flea (*Daphnia magna*) monitor currently being tested at the monitoring stations. The system registers movements of water fleas by infra-red beams. The monitor is sensitive, not only to contamination but to disturbing factors as well. Large amounts of suspended matter have to be filtered out to avoid clogging, but small organic particles must be led through to feed the animals. The temperature must be sufficiently high for the water fleas to survive but also low enough to prevent early reproduction. So far, emphasis has been given to reducing these practical bottlenecks. Furthermore, results of a mussel monitor, tested at Lobith in 1991,

het scala van verbindingen en concentraties die kunnen worden gemeten vergroot wordt. Momenteel wordt op de meetstations een bewakingssysteem met watervlooien (*Daphnia magna*) getest (figuur 5). Het systeem registreert de bewegingen van de watervlooien met behulp van bundels infrarood licht. Het is een gevoelig systeem, niet alleen voor verontreinigingen, maar ook voor storingen. Enerzijds moeten grote hoeveelheden zwevende stof worden weggefilterd om verstopping te voorkomen, anderzijds moeten kleine organische deeltjes worden doorgelaten om de waterv-

looien te voeden. Verder moet de temperatuur hoog genoeg zijn om de watervlooien in leven te houden, maar niet zo hoog dat ze zich te snel voortplanten. Tot nu toe heeft het oplossen van deze praktische problemen veel aandacht gevraagd. Verder worden op het moment de resultaten uitgewerkt van een mosselbewakingssysteem dat in 1991 in Lobith is getest.

Voor het tijdig opsporen van verontreiniging en het nemen van maatregelen is het noodzakelijk dat calamiteiten dichtbij het

lozingspunt worden opgemerkt, nog voordat de verontreiniging in de rivier is terechtgekomen. Een haalbaarheidsstudie naar een dergelijke aanpak is in uitvoering.

Figuur 5 Het bewakingssysteem met watervlooien: het rivierwater stroomt door een tweevoudig systeem van testkamers met watervlooien. Hun activiteit wordt geregistreerd via het aantal malen dat de infrarood-bundels worden onderbroken.

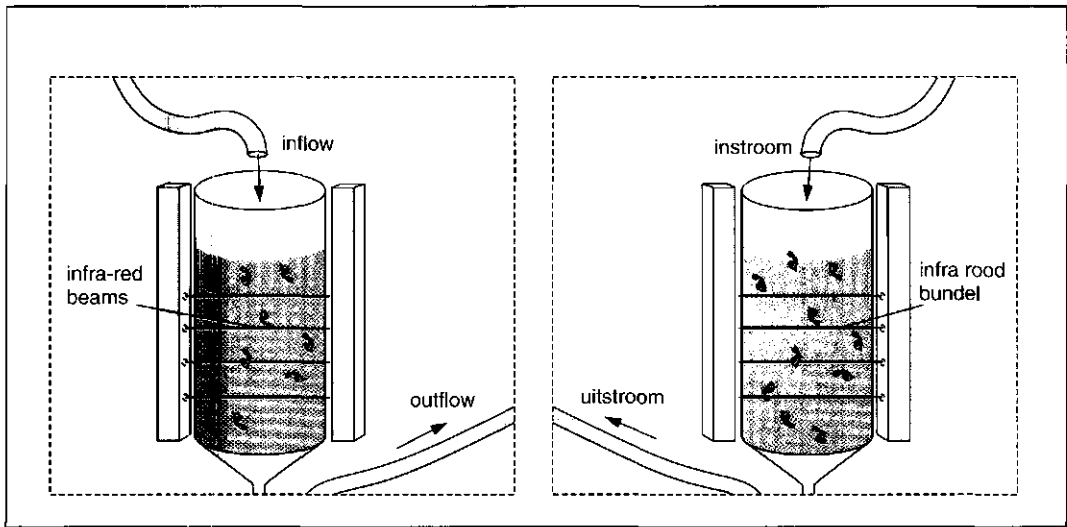


Figure 5 The water flea monitor: river water is led through a duplicate system of beakers containing water fleas. Activity is registered by interruption of infra-red beams.

are being elaborated at the moment. Additionally, registering calamities close to points of emissions even before compounds are released in the river is required for early detection and measurements. Currently, a feasibility study on such an approach is being carried out.

4. Een combinatie van concentratietechniek en bioassays om de toxiciteit van niet-identificeerbare verbindingen te schatten

A.J. Hendriks, RIZA

In de zeventiger jaren gingen watervlooiën en vissen in laboratorium experimenten onmiddellijk dood als ze aan Rijnwater werden blootgesteld. Tegenwoordig heeft Rijnwater in kortdurende proeven geen waarneembare effecten meer op deze organismen. Recentelijk zijn concentratietechnieken ontwikkeld als methode om de toxiciteit van water te kunnen monitoren. Met behulp van deze technieken is het

tevens mogelijk de toxiciteit van bepaalde groepen niet geïdentificeerde stoffen te schatten.

In een recent onderzoek is de luminiscentie door de bacterie *Photobacterium phosphoreum* gemeten in XAD-geconcentreerd Rijnwater afkomstig uit de hoofdtakken van de rivier. Het water moest 80 maal of meer worden geconcentreerd om een verlaging van de luminescentie te kunnen veroorza-

ken (figuur 6). De toxiciteit van de XAD-concentraten nam af in stroomafwaartse richting, mogelijk vanwege adsorptie en sedimentatie van toxische verbindingen.

In een ander onderzoek is ongeveer 50% van het opgeloste organische koolstof (DOC) in Rijnwater geconcentreerd op XAD-harsen. Vervolgens zijn de kolommen met ethanol en cyclohexaan uitgespoeld. Om de aard van de aanwezige microverontreinigingen te onderzoeken is met verschil-

Figuur 6 De toxiciteit van het Rijnwater bij Lobith, uitgedrukt als 1000 gedeeld door de concentratiefactor die nodig is om een 50% reductie in de luminiscentie door *Photobacterium phosphoreum* te bewerkstelligen (=1000/ECF50).

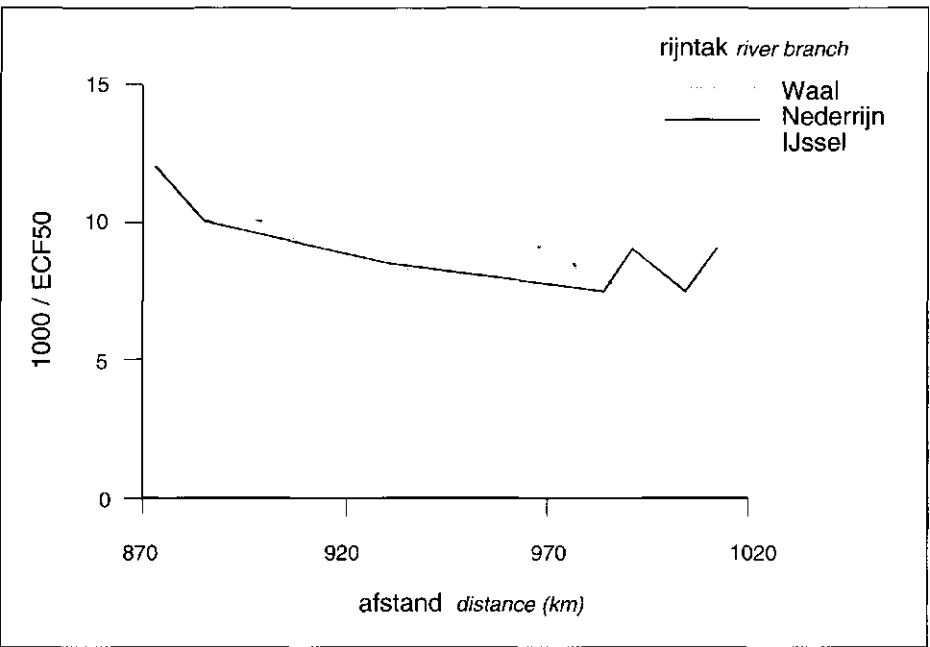


Figure 6 Toxicity of Rhine water, expressed as 1000 divided by the concentration of water necessary to induce 50% inhibition of luminescence in *Photobacterium phosphoreum* (=1000/ECF50), along the River Rhine.

In the seventies, laboratory water fleas and fish died immediately when exposed to Rhine water. Nowadays surface water samples do not induce effects in short-term assays with these organisms. Recently, concentration techniques have been developed to provide a convenient method for monitoring water quality trends. Moreover, these techniques

allow estimation of toxicity of specific groups of unidentified chemicals. In a recent study, luminescence by the bacterium *Photobacterium phosphoreum* in XAD-concentrated Rhine water was measured along mainstream branches. As illustrated by Figure 6, water had to be concentrated 80 times or more to induce inhibition. Toxicity of the XAD concentrates decreased

in a downstream direction, possibly because of adsorption and sedimentation. In another study, about 50% of the dissolved organic carbon (DOC) in Rhine water was concentrated by XAD resins. The columns were eluted with ethanol and cyclohexane. To explore the nature of the microcontaminants present, an additional extraction with different solvents was car-

A.J. Hendriks, RIZA

4. Combining concentration techniques and bioassays to estimate toxicity of non-identifiable compounds

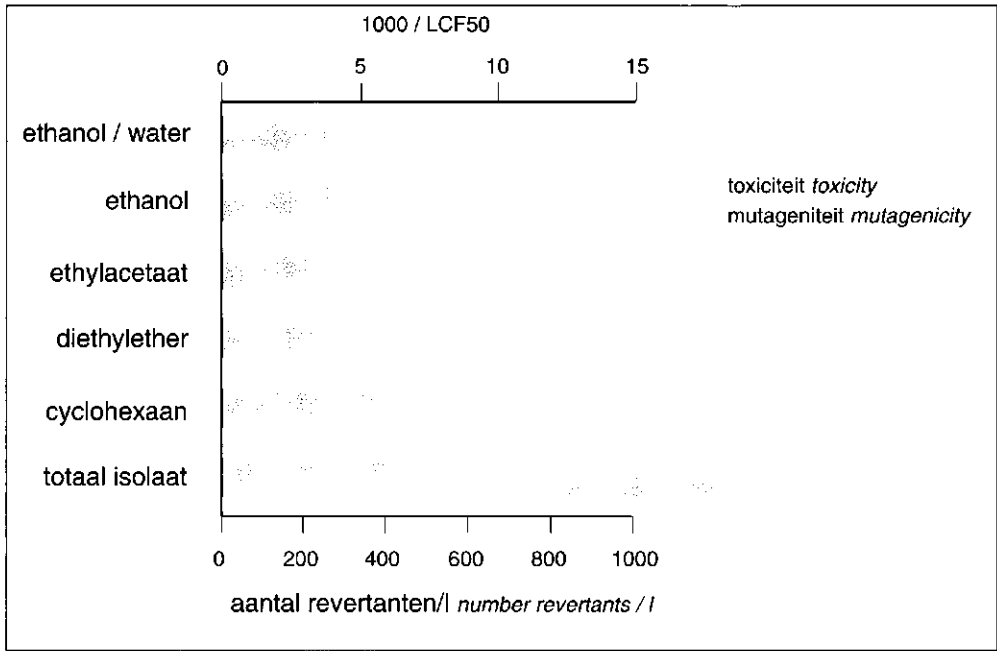
lende oplosmiddelen een aanvullende extractie uitgevoerd. Figuur 7 laat zien dat uitsluitend in de gematigd lipofiele cyclohexaanfractie toxische verbindingen aanwezig zijn, terwijl de mutagene verbindingen meer hydrofiel van aard zijn.

De toxiciteit is gemeten door middel van proeven met watervlooien (*Daphnia magna*). Afhankelijk van de locatie werden in sommige monsters korte-termijn effecten waargenomen bij een concentratiefactor van 25, terwijl al bij concentratiefactoren van 5 of meer toxische effecten werden waargenomen. Blijkbaar is de huidige waterkwaliteit aanzienlijk verbeterd in vergelij-

king met de zeventiger jaren. De gevoeligheid van verschillende soorten organismen voor microverontreinigingen kan echter meer dan één orde van grootte variëren. Dat verontreinigingen in de huidige situatie een effect hebben op andere groepen organismen kan dus niet worden uitgesloten. Het is nuttig hierbij op te merken dat aanvullende effecten van metalen en organische verbindingen uit de andere helft van het DOC eveneens een bijdrage leveren aan de toxiciteit in het veld.

Slechts 5% van de waargenomen toxiciteit kon worden verklaard door de verbindingen die waren geïdentificeerd. De resterende

toxiciteit moet worden toegeschreven aan verbindingen die niet identificeerbaar zijn of waarvan geen toxiciteitsgegevens beschikbaar zijn. Deze resultaten benadrukken de noodzaak van het gebruik van toxiciteitsmetingen om de kwaliteit van het oppervlaktewater en afvalwater te kunnen volgen.



Figuur 7 De toxiciteit van het Rijnwater bij Lobith, uitgedrukt als 1000 gedeeld door de concentratiefactor die nodig is om 50% sterfte te bewerkstelligen bij watervlooien (*Daphnia magna*) (= CF50) en de mutageniteit, weergegeven door middel van het aantal revertanten in de Ames-test.

Figure 7 Toxicity of Rhine water at Lobith, expressed as 1000 divided by the concentration of water necessary to induce 50% mortality in *Daphnia magna* (=1000/LCF50) and mutagenicity represented by the number of revertants in the Ames test.

ried out. Figure 7 shows that toxic compounds are exclusively present in the moderately lipophilic cyclohexane fraction, but mutagenic compounds are of a more hydrophilic kind. The toxicity was measured by *Daphnia magna* assays. At some locations, short-term effects occurred in samples concentrated 25 times, while chronic toxicity was observed at concentration factors of 5 and more. Apparently, water quality has improved substantially in comparison with the seventies. Nevertheless, sensitivity of organisms to microcontaminants may vary more than one order of magnitude and effects of contaminants in the present situation on other species cannot be excluded. It is worthwhile mentioning that additional effects of metals and organic

compounds belonging to the other half of the DOC also contribute to the toxicity in the field. Only 5% of the toxicity observed could be explained by the compounds that were identified. The remaining toxicity must be attributed to either compounds that cannot be identified or to compounds that can be identified but of which no toxicity data are available. This emphasizes the necessity of using toxicity measurements in controlling water quality and waste water.

5. Normen aanscherpen met behulp van bacteriën

W. Admiraal, G.M.J. Tubbing & P. van Beelen, RIVM

Tegenwoordig wordt op basis van toxiciteitsonderzoek aan o.a. macrofauna, vis, algen en bacteriën vastgesteld welke concentraties van afvalstoffen ecologisch verantwoord zijn. Een breed scala aan aquatische organismen wordt hierbij in beschouwing genomen, omdat waarschijnlijk een verstoring op enig niveau van de trofische pyramide gevolgen zal hebben voor het hele ecosysteem. Dit geldt ook voor bacteriën in vervuild water, waar de afbraak van organisch materiaal, waaronder ook organische gifstoffen, door de microbiële gemeenschap van levensbelang is.

Schattingen van de 'veilige' niveaus van gifstoffen zijn gewoonlijk gebaseerd op laboratoriumproeven met een reeks van (micro)organismen. Gedurende het laatste decennium heeft men microbiële toxiciteitsproeven ontwikkeld waarbij natuurlijke levensgemeenschappen worden gebruikt. Door deze technieken is niet alleen een hoge graad van biologisch realisme en een

snelle reactie mogelijk, ook de gevolgen van veranderingen in de soortsamenvestelling in water en sediment worden erdoor in aanmerking genomen. Met deze overwegingen in het achterhoofd werd de gevoeligheid van benthische en planktonische bacteriegemeenschappen in de Rijn getest.

Tabel 2 laat zien welke uitwerking zink heeft op de microbiële afbraak van natuurlijke (b.v. acetaat) en kunstmatige (b.v. chloroform) substraten in anaëroob sediment uit de Rijn. Bacteriën die monochloorfenolen mineraliseren bleken zeer gevoelig voor zink terwijl methaanbacteriën zeer

goed bestand waren tegen de hoogste testconcentraties. De reactie op het toevoegen van zink werd bekeken bij zeer hoge achtergrondconcentraties van 800 mg Zn/kg. Het lijkt dan ook waarschijnlijk dat de huidige vervuiling van het sediment met zink al van invloed is op de afbraak van fractaire gechloreerde verbindingen. Om die reden kunnen de hoge zinkconcentraties er de oorzaak van zijn dat verontreinigingen in het Rijnsediment die normaal biologisch afbreekbaar zijn, niet worden afgebroken door remming van het 'zelfreinigend vermogen'.

Tabel 2 Concentraties van toegevoegd zink waarbij de mineralisatiesnelheid van vier organische substraten en de vorming van methaan met 10% worden geremd (IC₁₀).

substraat <i>substrate</i>	IC ₁₀ van toegevoegd zink (mg/kg droog sediment)	IC ₁₀ of added zinc* (mg/kg dry sediment)
acetaat		130
benzooat		45
monochloorfenol		5
chloroform		11
methaan		1800

* Achtergrondconcentratie van zink was 800 mg/kg *Background concentration of zinc was 800 mg/kg*

Table 2 Inhibiting concentration of added zinc at which the mineralization rate of four organic substrates and the formation of methane is inhibited by 10% (IC₁₀).

Environmentally safe concentrations of toxicants are derived nowadays from toxicity studies on such organisms as macrofauna, fish, algae and bacteria. A wide spectrum of aquatic organisms is considered, assuming that interference at any level of the trophic pyramid has repercussions for ecosystems. This is also true for bacteria in contaminated waters, where the breakdown of organic material, including organic toxicants, is a vital function of the microbial community.

Environmentally safe levels are usually based on laboratory tests on a range of (micro) organisms. Microbial toxicity tests using natural communities have been developed in the last decade. These techniques not only take into account a high degree of biological realism and a rapid response, but also incorporate the effects of speciation in water and sediment. The sensitivity of benthic and planktonic bacteria communities in

the River Rhine has been tested, with these considerations in mind.

The effects of zinc on the microbial breakdown of natural (e.g. acetate) and artificial (e.g. chloroform) substrates in anaerobic sediment from the Rhine are shown in Table 2. Bacteria mineralizing monochlorophenols were found to be very sensitive to zinc, while methane bacteria tolerated the highest test concentrations very well. The response to added zinc occurred in the presence of very high background concen-

trations of 800 mg Zn/kg. Thus, it seems likely that the present level of sediment contamination with zinc is already affecting the breakdown of recalcitrant chlorinated compounds. As a consequence, the high concentrations of zinc might cause persistence of otherwise biodegradable pollutants in Rhine sediments due to inhibition of the 'self-purifying capacity'.

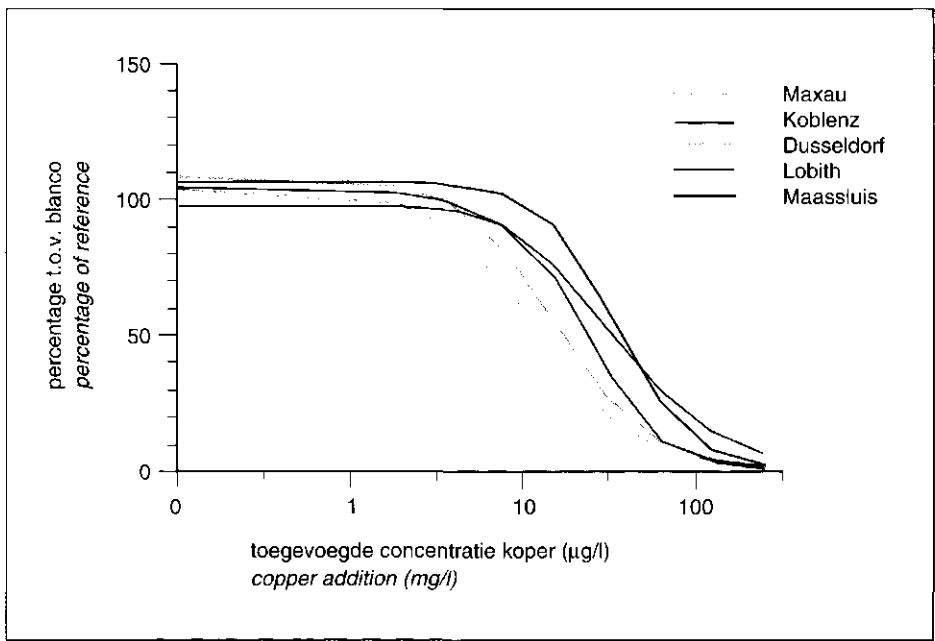
Also, the growth of bacteria (and phytoplankton) in the water was affected by minor additions of heavy metals and deter-

W. Admiraal, G.M.J. Tubbing & P. van Beelen, RIVM

5. Sensitive criteria for contaminants assessed with microbial communities

De groei van bacteriën (en fytoplankton) in het Rijnwater wordt ook beïnvloed door de toevoeging van kleine hoeveelheden zware metalen en wasmiddelen. Het acute effect van kopertoevoegingen is geobserveerd tijdens het stroomafwaartse transport van Rijnwater vanuit Zuid-Duitsland naar de Nieuwe Waterweg (figuur 8). Een geringe toevoeging van 2 µg Cu/l bleek al een verstoring van de bacteriële groeisnelheid te veroorzaken, ondanks achtergrondconcentraties van ongeveer 5 µg Cu/l. De groeisnelheid van de bacteriepopulaties vertoonde echter een steeds grotere tolerantie voor koper, die gelijke tred hield met de toevoer van koper en een oplopend gehalte aan zwevend stof. Ondanks veranderingen in de chemische samenstelling van het water, bleek selectie in de bacteriegemeenschap te leiden tot kopertolerantie.

De waarnemingen aan bentische en planktonische micro-organismen sluiten niet uit dat de achtergrondconcentraties van zink en koper al van invloed zijn geweest op de populaties. Dit verschijnsel vormt een beperking van de mogelijkheden van gebruik van natuurlijke populaties voor proeven met gifstoffen, wanneer die worden uitgevoerd met vervuild water en sediment. Dezelfde proeven zouden kunnen worden uitgevoerd in de niet verontreinigde zijrivieren van de Rijn, waar een gevoeliger reactie te verwachten valt. De gevoelige reactie op toevoegingen die in de natuurlijke microbiële gemeenschappen van de Rijn in zijn huidige staat wordt waargenomen bekrachtigt de strenge 'no-effect'-concentraties (normen), zoals die in het Rijn Actie Programma zijn vastgesteld (100-200 mg Zn/kg sediment; 3 µg Cu/l).



Figuur 8 Remming van de bacteriële groei (gemeten als ³H-thymidine-opname) in het Rijnwater door toevoegingen van koper. Observaties uit 1990 bij vijf meetstations: Maxau, Koblenz, Düsseldorf, Lobith en Maassluis.

Figure 8 Inhibition of the bacterial growth rate (measured as ³H-thymidine incorporation) in Rhine water by additions of copper. Observations in 1990 at five stations: Maxau, Koblenz, Düsseldorf, Lobith and Maassluis.

gents. The acute effects of copper additions have been observed during downstream transport of Rhine water from southern Germany to the 'Nieuwe Waterweg' (Figure 8). The multiplication of the bacterial populations showed an increasing tolerance to copper, concurrent with the downstream copper input and increased concentrations of suspended matter. Despite the changes in chemical speciation, selection in the bacterial community was seen to induce copper tolerance. Minor additions of 2 µg Cu/l already interfered with bacterial multiplication despite background levels of about 5 µg Cu/l.

The observations on benthic and planktonic microorganisms do not preclude the background concentrations of the metals (Zn, Cu) already having had effects on the populations. This is an inherent limitation of the technique when applied to (moderately) polluted waters. Tests could equally well be executed on unpolluted branches of the Rhine. However, a more sensitive response is to be expected. The sensitive response to additions observed in natural microbial communities of the Rhine in its present state supports the strict no-effect levels (standards) adopted under the Rhine Action Programme (100-200 mg Zn/kg sediment; 3 µg Cu/l).

6. Trends in accumulatie van chemische verbindingen in aquatische organismen

A.J. Hendriks, RIZA

Gedurende de laatste decennia zijn de residuen van sommige verbindingen die traditioneel gemeten worden in biologisch weefsel, aanzienlijk verminderd, zoals te zien is voor cadmium in figuur 9. De laatste tijd echter lijkt deze vermindering zich te stabiliseren. Ook de concentraties van deze stoffen in water en sediment lijken deze trend te volgen. Dit zou kunnen betekenen

dat de maatregelen voor reductie van emissies steeds minder resultaat hebben. De residuen van andere verbindingen zijn zelfs in het geheel niet afgenomen. Een voorbeeld hiervan is PCB-153 (figuur 9).

De concentraties van organische verbindingen in vetweefsel van vis zijn gemiddeld tweemaal zo hoog als die in het vet van

ongewervelde dieren. Bij visetende vogels zijn deze concentraties nog eens een orde-grootte hoger dan bij vis.

Aanvullende studies om de risico's van deze niveaus van verontreiniging te kunnen bepalen zijn in uitvoering. Als eerste benadering vindt er een vergelijking plaats tussen de huidige concentraties waaraan verschil-

Figuur 9 Concentraties van PCB-153 en cadmium in resp. vetweefsel van Aal (*Anguilla anguilla*) en in Driehoeksmosselen (*Dreissena polymorpha*), bij Lobith van 1977 tot 1990.

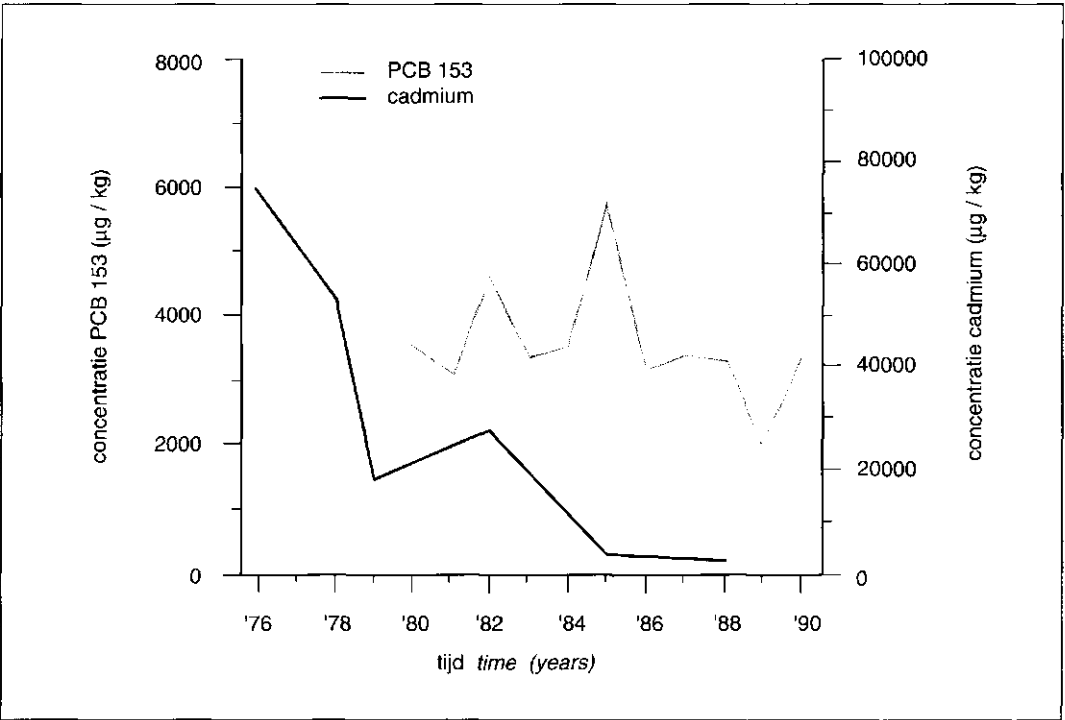


Figure 9 Concentrations of PCB-153 and cadmium in fat of Eel (*Anguilla anguilla*) and in Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*), respectively, at Lobith from 1977-1990.

Over the past decades, residues of many traditional compounds in biological tissues have decreased substantially, as illustrated for cadmium in Figure 9. Recently, however, the decline seems to have levelled off. Con-

centrations in water and sediment seem to follow similar trends and this may reflect decreasing yields of emission reduction measures. Residues of other compounds did not decline at all, e.g. PCB-153 (Figure 9).

On the average, concentrations of organic compounds in fish fat are twice as high as in invertebrate fat. Residues in fish-eating species are, however, one order of magnitude greater. Additional studies are being carried

A.J. Hendriks, RIZA

6. Accumulation trends of chemical compounds in aquatic organisms

(*Typha latifolia*), Mattenbies (*Scirpus lacustris*), Watergentiaan (*Nymphoides peltata*) en Lidsteng (*Hippuris vulgaris*). Andere soorten, namelijk Scherpe zegge (*Carex acuta*) en Zwanebloem (*Butomus umbellatus*) namen daarentegen toe. De plantesoorten die in uiterwaarden groeien zijn aangepast aan het dynamische karakter van hun omgeving. Slechts heel weinig soorten kunnen de extreme fluctuaties van de Waal doorstaan, terwijl er meer soorten voorkomen in de gereguleerde delen van het benedenstroomse gedeelte van de

Rijntakken. Een andere gradiënt is te vinden in de mate waarin het water in de uiterwaarden in hydrologisch opzicht geïsoleerd is van de hoofdgeul. Door vegetatiegegevens van een groot aantal stilstaande wateren in de uiterwaarden van de Rijn en Maas te clusteren, konden drie belangrijke vegetatie-associaties worden onderscheiden met betrekking tot hydrologische isolatie: 1) wateren die nooit worden overstroomd maar via kwel door de rivier beïnvloed worden, met als kenmerkende soorten Aarvederkruid (*Myriophyllum spicatum*) en

Zomprus (*Juncus articulatus*); 2) wateren die normaal in de winter worden overstroomd, maar zelden in de rest van het jaar, gekenmerkt door Gele plomp (*Nuphar lutea*) en Mattenbies (*Scirpus lacustris*); 3) regelmatig, ook in de zomer, overstroomde wateren met als kenmerkende soorten Watergentiaan (*Nymphoides peltata*) en Rietgras (*Phalaris arundinacea*).

Een onderzoek naar correlaties tussen omgevingsparameters en de aanwezigheid van water- en oeverplanten langs de rivie-

Het zijn vooral zogenaamde 'nymphaeide' waterplanten, zoals Gele plomp, Witte waterlelie en de Watergentiaan (hier afgebeeld) die het beeld van waterplanten in het rivierengebied bepalen. Deze planten zijn goed aangepast aan de sterke, plotselinge schommelingen van de waterstand en ondervinden, door het bezit van grote drijfbladeren, weinig hinder van troebel water.

Nowadays, so-called 'nymphaeids' like Yellow water-lily, White water-lily and Fringed water-lily (illustrated here) dominate the riverine vegetation. These waterplants are well adapted to sudden, large changes in the water table and are not hampered by turbid water due to their large floating leaves.



In the Oude Waal oxbow lake, macrophyte vegetation patterns have been followed for a number of years by the University of Nijmegen, which concluded that an unusual series of summer inundations had a negative impact on Bulrush (*Typha latifolia*), Common clubrush (*Scirpus lacustris*), Fringed water-lily (*Nymphoides peltata*) and Mare's-tail (*Hippuris vulgaris*). Other species, viz. Slender tufted-sedge (*Carex acuta*) and Flowering rush (*Butomus umbellatus*) increased their abundance. Plant species growing in river forelands show adaptations to the dynamic nature of the environment. Only very few species can tolerate the extreme fluctuations of the

River Waal, while more species occur in the regulated parts of the lower Rhine and the lower parts of the rivers (*longitudinal gradient*). A transversal gradient to the degree of hydrological isolation of floodplain waters from the channel can be found. By clustering vegetation data from a large number of stagnant waters in the floodplains of the rivers Rhine and Meuse, three main vegetation associations related to hydrological isolation can be recognized: 1) waters which are never flooded but influenced by the river through seepage, characterized by Spiked water-milfoil (*Myriophyllum spicatum*) and Pointed rush (*Juncus*

articulatus); 2) waters flooded normally in winter, but rarely in other parts of the year, characterized by Yellow water-lily (*Nuphar lutea*) and Common clubrush (*Scirpus lacustris*); 3) frequently flooded waters, also in the summer, characterized by Fringed water-lily (*Nymphoides peltata*) and Canary-grass (*Phalaris arundinacea*).

In a study to find correlative associations between environmental parameters and macrophyte presence, patterns of species richness in various parts of the rivers Rhine and Meuse were concluded to be associated with patterns in the physicochemical environment. This study shows a relationship

ren leverde de conclusie op dat de soortenrijkdom in verschillende delen van de Rijn en Maas samenhangt met het fysisch-chemische milieu. Het onderzoek toonde aan dat er een relatie is tussen verhoogde zoutgehalten en een verminderde aanwezigheid van een aantal waterplantensoorten: Lisdoddes (*Typha* spp.), Holpijp (*Equisetum fluviatile*) en Glanzig fonteinkruid (*Potamogeton lucens*). Het zoutgehalte was sterk gecorreleerd met verschillende andere fysisch-chemische variabelen, zoals waterstandschommelingen, alkaliniteit, doorzicht en concentraties van nutriënten (NH_4 , Mg, Cu, SO_4 , Na, K, Cl). In verschillende experi-

menten, o.a. met Rivierfonteinkruid (*Potamogeton nodosus*) bleek echter geen duidelijk effect van nutriënten op de groei van een aantal waterplantensoorten.

Concluderend kan men stellen dat voor het herstel van de waterplantenvegetatie in de uiterwaarden van de Rijn twee hoofdfactoren in beschouwing moeten worden genomen: waterstandschommelingen (met het accent op de fluctuaties die binnen het groeiseizoen van de planten optreden), en waterkwaliteit (met het accent op zoutgehalte). Wanneer geïsoleerde wateren in het winterbed met de stroomgeul worden ver-

bonden in het kader van reconstructie- of natuurontwikkelingsplannen, heeft dat een grote invloed op beide factoren. Voor het behoud van de waterplantenvegetatie (vooral de typen die gebonden zijn aan de meest geïsoleerde wateren) is een zorgvuldige planning van ingrepen noodzakelijk.

Rivierfonteinkruid, één van de soorten van de rivier-AMOEBE, is kenmerkend voor de minder dynamische benedenloop en gestuwde delen van de Rijn. Deze soort lijkt de laatste jaren toe te nemen in het Nederlandse deel van het Rijnstroomgebied.



Loddon Pondweed, a species presented in the river-AMOEBE, occurs in the less dynamic lower reaches and the stretches in between weirs of the River Rhine. Recently, this species has become more abundant locally.

between increased salinity and decreased presence of several macrophyte species: Bulrush (*Typha* spp.), Horsetail (*Equisetum fluviatile*) and Shining pondweed (*Potamogeton lucens*). Salinity was strongly correlated with various other physicochemical variables, such as water-level fluctuations, alkalinity, turbidity and nutrient concentrations (NH_4 , Mg, Ca, SO_4 , Na, K, Cl). In some survey experiments however, effects nutrients on the growth of a number of

aquatic macrophyte species were not considerable.

In conclusion, restoration of aquatic vegetation in the floodplain of the River Rhine involves the consideration of two main factors: water-level fluctuations (with emphasis on those within the growing season of plants), and water quality (with emphasis on salinity). Connecting backwaters with the river channel as part of reconstruction or nature development plans

in the river forelands has much impact on both factors. Conserving aquatic vegetation, especially the types associated with the most isolated backwaters, requires careful planning of river engineering projects.

9. Uitheemse macrofauna in het Nederlandse deel van de Rijn: oorzaken en gevolgen

A. bij de Vaate, RIZA

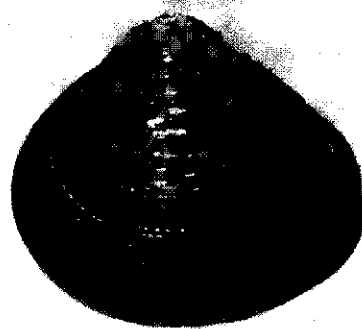
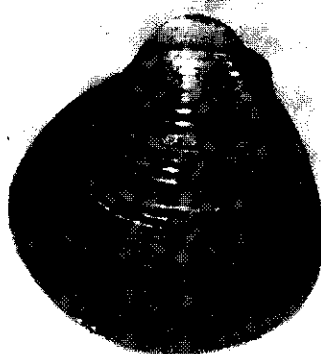
Aquatische organismen kunnen zowel actief als passief van het ene gebied naar het andere migreren. Actief wil zeggen zwemmend, kruipend of vliegend; passief via b.v. stroming of door menselijke tussenkomst. Zo heeft b.v. de aanleg van kanalen tussen (bevaarbare) rivieren de verspreiding van soorten langs min of meer natuurlijke weg mogelijk gemaakt. Een andere manier van verspreiding is het (per ongeluk) overbrengen van organismen van het ene naar het

andere gebied. Dat kan b.v. met behulp van vaartuigen (in het ballastwater of vastgehecht aan de buitenkant). De intercontinentale uitwisseling van aquatische macrovertebraten heeft hoofdzakelijk op een dergelijke manier plaatsgevonden.

Een verbetering van de waterkwaliteit van een sterk verstoord ecosysteem, zoals de Rijn, heeft hoogst waarschijnlijk invloed op de vestiging en verspreiding van 'exoten'.

Welke factoren bepalend zijn voor de overlevingskansen van de betreffende soorten is echter moeilijk aan te geven. Van belang voor de vestiging van exoten is in elk geval de aanwezigheid van lege niches. In de Rijn zijn lege en nieuwe niches vooral ontstaan door antropogene activiteiten. Tot aan het eind van de jaren zestig hebben morfologische aanpassingen van de rivierloop, waterverontreiniging en eutrofiëring geresulteerd in het verdwijnen van

In de Nederlandse Rijnakken nemen twee nieuwe soorten zoetwatermosselen snel in dichtheid toe. Het betreft een fijn geribbelde soort (*Corbicula* cf. *fluminalis*, links) en een soort die grof geribbeld is (*C.* cf. *fluminea*,



In the Dutch part of the River Rhine two new species of Asiatic clams apparently increase in density. One of them has a thick shell with many, densely spaced ridges (*Corbicula* cf. *fluminalis*, left), the other however is thin-shelled with less ridges (*Corbicula* cf. *fluminea*, right).

Aquatic organisms are able to migrate passively or actively from one distinct area to the other: passively by vessels, in ballast water or attached on the vessel outer surface (fouling organisms); actively of canals built to interconnect navigable water systems. Another way to distribute exotic species is by catching animals in one area, followed by releasing them (accidentally) in the other. The intercontinental exchange of aquatic macroinvertebrates took place

mainly in this way or in ballast water of seagoing vessels.

Water-quality improvements most probably have effects on the settlement and spread of exotic species in ecosystems under environmental stress, like the River Rhine. However, it is difficult to indicate the key factor in the survival of these species. An important factor for the success in settlement of exotic species is the presence of

unoccupied niches in the areas in which they are released or to which they are able to migrate. In the River Rhine, unoccupied and new niches have been created mainly by anthropogenic activities. Until the end of the 1960s, morphological adaptations and water pollution resulted in the destruction of niches, with the extinction of species as consequence. Improvement of water-quality led to the recovery of former niches. Some of these niches were not occupied by

A. bij de Vaate, RIZA

9. Exotic aquatic macroinvertebrates in the Dutch part of the River Rhine: causes and effects

bestaande niches met als gevolg dat gevoelige soorten verdwenen dan wel sterk in dichtheid achteruit gingen. Door een aanzienlijke verbetering van de waterkwaliteit is een belangrijke belemmering voor de (re-)kolonisatie van de Rijn door macro-evertebraten grotendeels weggenomen. Met andere woorden, aanwezige niches werden weer toegankelijk voor soorten die er in thuis horen. Sommige daarvan werden echter niet gevuld door de oorspronkelijke bewoners, maar door immigranten. Dit heeft te maken met enkele belangrijke veranderingen die zich in de laatste

decennia in de fysisch/chemische karakteristieken van het rivierwater hebben voorgedaan. Zo is, vooral door de lozingen van de zoutmijnen in de Elzas, het zoutgehalte sterk toegenomen. In de periode 1980-1990 bedroeg de gemiddelde chlorideconcentratie 168 mg/l (range 45 - 420 mg/l), terwijl de natuurlijke chlorideconcentratie slechts 13 mg/l bedraagt. Daarnaast is door thermische verontreiniging de temperatuur van het Rijnwater in Nederland ongeveer 2°C gestegen. Naast het herstel van eerder aanwezige niches worden deze veranderingen beschouwd als de belangrijkste factoren

voor het ontstaan van nieuwe niches. Tabel 5 bevat een lijst van exoten die de afgelopen jaren zijn aangetroffen in het zoete gedeelte van de Nederlandse Rijntakken. De meeste soorten horen van nature thuis in brak water en/of zijn thermofiel. Sommige van deze soorten werden dominant in levensgemeenschappen van macro-evertebraten op vaste substraten of in levensgemeenschappen zoals die thans worden aangetroffen op of in de bodem van het zomerbed. Voorbeelden hiervan zijn de Driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*) en de Tijgervlokreeft (*Gammarus tigrinus*).

Tabel 5 Uitheemce macro-evertebraten in het zoete gedeelte van de Nederlandse Rijntakken: hun oorsprong en voorkeur voor chloride en temperatuur.

soort species	°C	Cl ⁻	oorsprong origin
Hydrozoa: <i>Craspedacusta sowerbyi</i>	+		Oost-Azië eastern Asia
<i>Cordylophora caspia</i>		+	Zwarte/Kaspische Zee Ponto-Caspian
Oligochaeta: <i>Branchiura sowerbyi</i>	+		Kosmopoliet Cosmopolite
Tricladida: <i>Dugesia tigrina</i>	+		Noord-Amerika North America
Isopoda: <i>Proasellus meridianus</i>			Middellandse Zee Mediterranean
<i>Proasellus coarctatus</i>			Middellandse Zee Mediterranean
Amphipoda: <i>Gammarus tigrinus</i>	+	+	Noord Amerika North America
<i>Gammarus zaddachi</i>		+	Noord-Atlantisch North Atlantic
<i>Orchestia cavimana</i>		+	Zwarte/Kaspische Zee Ponto-Caspian
<i>Corophium curvispinum</i>	+	+	Oost-Europa eastern Europe
Decapoda: <i>Atyaephyra desmaresti</i>	+		Middellandse Zee Mediterranean
<i>Palaemon longirostris</i>	+	+	Atlantisch/Middellandse Zee Atlantic-Mediterranean
<i>Orconectes limosus</i>			Noord-Amerika North America
<i>Astacus leptodactylus</i>			Oost-Europa eastern Europe
<i>Rhithropanopeus harrisii</i>		+	Noord-Amerika North America
<i>Eriocheir sinensis</i>		+	Oost-Azië eastern Asia
Gastropoda: <i>Potamopyrgus antipodarum</i>		+	Nieuw Zeeland New Zealand
<i>Lithoglyphus naticoides</i>			Zwarte/Kaspische Zee Ponto-Caspian
<i>Physella acuta</i>	+		Middellandse Zee Mediterranean
Bivalvia: <i>Dreissena polymorpha</i>			Zwarte/Kaspische Zee Ponto-Caspian
<i>Corbicula cf. fluminea</i>	+	+	Oost-Azië eastern Asia
<i>Corbicula cf. fluminalis</i>	+		Oost-Azië eastern Asia
Insecta: <i>Rheocricotopus chalybeatus</i>	+		Zuid-Europa southern Europe
<i>Nanocladius sp.</i>	+		Zuid-Europa southern Europe
<i>Rheotanytarsus sp.</i>	+		Europa, m.u.v. noorden Europe, except north
<i>Rheotanytarsus rhenanus</i>	+		Zuidwest-Europa south-western Europe

°C + = thermofiele soorten thermophilous species, Cl⁻ + = brakwatersoorten brackish water species

Table 5 Exotic macroinvertebrate species in the freshwater section of the Dutch part of the River Rhine: their origin and preferences.

the original species but by immigrants. During the past decades considerable changes in water chemistry have occurred, such as increased salinity, mainly caused by the discharges of salts mines, and increased water temperature, due to thermal pollution. These changes are considered to be the most important factors for the existence of new niches. Water temperature of the River Rhine in The Netherlands has increased about 2°C. Natural chloride concentration was estimated at 13 mg/l. Based on samples collected daily, average chloride concentration was 168 mg/l in the period

1980-1990, with minimum and maximum concentrations of 45 and 420 mg/l, respectively. A list of exotic species recently found in the freshwater section of the Dutch part of the River Rhine is given in Table 5. Most of them are brackish water species and/or thermophilous, which may indicate effects of chloride discharges and thermal pollution on the invertebrate communities. Some of the species listed in Table 5, became dominant in the macroinvertebrate community of solid substrates and the bottom of the

river channel, e.g. the bivalve, the Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) and the amphipod *Gammarus tigrinus* (Table 6). The Zebra mussel, living on solid substrates, is important as filter-feeder and food source for some fish species, diving ducks and cray fish (e.g. the immigrant species *Orconectes limosus*). It is estimated that 2 - 4% of the average river discharge is filtered by this bivalve. In 1988 two other exotic bivalves, Asiatic clams (*Corbicula cf. fluminea* and *C. cf. fluminalis*), were found in the River Rhine.

nus) (tabel 6). De Driehoeksmossel, die op harde voorwerpen leeft, is een belangrijke filteraar van het rivierwater en een voedingsbron voor sommige vissoorten, duik-eenden en rivierkreeften (b.v. de geïmmigreerde soort *Orconectes limosus*). Naar schatting wordt 2 tot 4% van de gemiddelde afvoer van de Rijn gefiltreerd door de aanwezige driehoeksmosselen.

In 1988 werden twee andere uitheemse mosselen, *Corbicula cf. fluminea* en *C. cf. fluminalis*, in de Rijn aangetroffen. Beide soorten leven in zandbodems, een biotoop die in de Rijn relatief weinig gekoloniseerd is. Vanwege de hoge dichtheden die deze soorten kunnen bereiken enerzijds en de relatief hoge filtratiesnelheid van de dieren anderzijds, wordt een merkbare invloed ver-

wacht op het zwevend stofgehalte van het rivierwater. Ook vormen ze een potentiële voedselbron voor de mosseletende diersoorten. Inmiddels is duidelijk geworden dat de dichtheid van beide soorten nog steeds toeneemt. In de eerste helft van 1992 werden op verschillende locaties in het litoraal van de verschillende Rijntakken 300 - 500 dieren per m² gevonden.

De komst van de Tijgervlokreeft heeft ertoe geleid dat de dichtheden van de inheemse vlokreeftsoorten achteruit gingen. De laatste tijd is er in de Rijn sprake van een invasie van een andere kleine kreeftachtige: de Kaspische slijkgarnaal (*Corophium curvispinum*). Deze soort bouwt uitgebreidkolonies op harde voorwerpen (o.a. stenen). De

dieren hebben een sterke concurrentiepositie ten opzichte van andere lithofiele macro-evertebraten, omdat ze harde voorwerpen in korte tijd kunnen overwoekeren met hun uit slib opgebouwde woonbuisjes. Dichtheden van meer dan 100.000 dieren per m² zijn inmiddels al waargenomen. De verwachting is dat de Kaspische slijkgarnaal in dergelijke dichtheden eveneens grote invloed zal hebben op het zwevend stofgehalte van het rivierwater. De in het water aanwezige deeltjes worden op twee manieren benut: als voedsel en voor de bouw van de woonbuisjes. Daarnaast kan verwacht worden dat deze garnaaltjes een belangrijke functie gaan vervullen als voedselbron voor vissen.

Tot nu toe is nog niet duidelijk welke impli-

Tabel 6 Gemiddelde dichtheid (aantal per m² stenen/bodem) en bijdrage aan de biocoenose (%) van de belangrijkste evertebraten op stenen in de litorale zone (incl. kribben) en op de bodem van het diepste deel van de stroomgeul van de Rijn, op verschillende meetstations in oktober 1988.

taxon	locatie location									
	Lobith		Vuren		Rhenen		Lekkerkerk		Velp	
	stenen stones	bodem bottom	stenen stones	bodem bottom	stenen stones	bodem bottom	stenen stones	bodem bottom	stenen stones	bodem bottom
<i>Gammarus tigrinus</i>	980	240	2300	40	850	1300	2100	600	25	3100
<i>Dreissena polymorpha</i>	300	150	3800	15	460	160	890	7	310	2100
<i>Dicrotendipes</i> gr. <i>nervosus</i>	120	-	130	-	450	-	610	-	6	-
<i>Bithynia tentaculata</i>	460	370	590	50	15	40	50	-	3	510
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	1600	8500	140	-	120	50	-	-	3	160
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	-	100	-	-	-	1200	-	7	-	-
<i>Chironomus</i> gr. <i>reductus</i>	-	-	-	-	-	26000	-	-	-	-
bijdrage (%) aan biocoenose contribution (%) to biocoenosis	79	84	93	46	68	94	94	47	66	69

Table 6 Average density (number per m² stones and bottom) and contribution to the biocoenosis (%) of the most important macroinvertebrates on the stones in the littoral groynes zone or river banks ('stenen') and in the deepest part of the Rhine river channel ('bodem') at various stations in October 1988.

These species live in sand bottoms, a relatively poor colonized biotope in the River Rhine. From the viewpoint of possible den sities and filtration rates the species are expected to have noticeable influence on suspended matter in the river. They are is a potential food source for Zebra mussel predators as well. Densities of these Asiatic clams in the River Rhine are still increasing. Densities of 300 - 500 animals per m² were found in the littoral zone of various locations in the first part of 1992. The introduction of the amphipod *G. tigrinus* led to the decrease in densities of indigenous amphi-pod species due to its better competitive ability. Recently, another amphipod, *Corop-*

hium curvispinum, has invaded the River Rhine. This species builds dense colonies on solid substrates. There is a serious competition for space with other lithophilic macroinvertebrate species because the animals can overgrow the solid substrates with their muddy tubes. Densities over 10⁵ animals per m² have already been observed. In these quantities their impact on the suspended matter content of the river, and in foodwebs, is expected to be tremendous. The animals use suspended particles as a food source and for building up their tubes. In food webs they can become an important food source for fish species.

So far, implications of the invasion of the River Rhine by exotic species for rehabi-

litating the structure and functioning of the riverine ecosystem remains unclear.

10. LAGE BIOMASSA AAN MACROZOOBENTHOS IN HET SEDIMENTATIEGEBIED VAN DE RIJN

H. Smit & J.A. van der Velden, RIZA

Het afsluiten van het Haringvliet in 1970, als onderdeel van de Deltawerken, betekende een drastische verandering voor het ecosysteem. De stroomsnelheid werd lager en de getijdebewegingen namen af tot een minimum. Tegenwoordig wordt het gebied gekarakteriseerd door een geleidelijke overgang van de rivieren de Nieuwe Merwede en de Amer in het oosten naar het Haringvlietbekken in het westen. Het overgangsgedebied, het oostelijk Hollandsch Diep, wordt tegenwoordig gekenmerkt door een sedimentlaag van enkele meters dikte, die

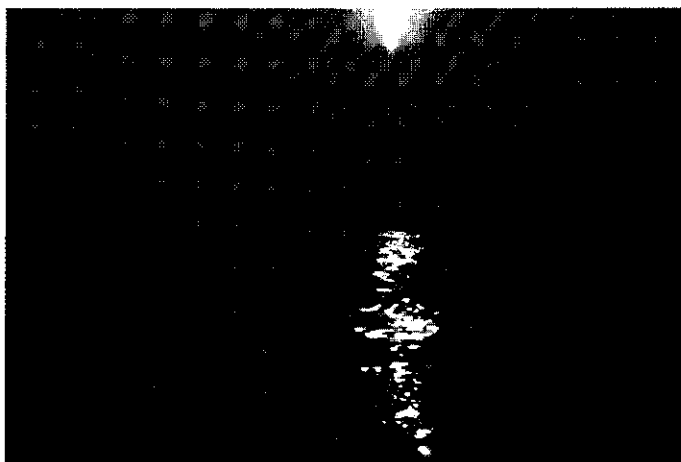
bestaat uit ernstig vervuild slib. Nu het niet meer naar de Noordzee getransporteerd werd, kon een hoeveelheid sediment van meer dan 50 miljoen m³ zich tussen 1970 en 1985 in dit gebied ophopen. Tegenwoordig vindt men een dergelijke belasting onaanvaardbaar voor een gezonde ecologische ontwikkeling van het gebied; momenteel wordt een programma bestudeerd om het meest vervuilde sediment te verwijderen. Een deel van het onderzoek gepresenteerd in dit hoofdstuk bestond uit het inventariseren van het

macrozoöbenthos, d.w.z. ongewervelde dieren die in of op het sediment leven. De soortsamenstelling, dichtheid en biomassa van deze dieren geven een goed beeld van de kwaliteit van het leven in dit sediment.

In het hele gebied trof men een macrozoöbenthische levensgemeenschap aan die uit slechts weinig soorten bestond. De grootste verscheidenheid werd gevonden in het westelijk Hollandsch Diep, in het Haringvliet en in de Amer. In het oostelijk Hollandsch Diep, op de overgang van rivier naar bek-

Microverontreinigingen hechten zich aan fijne slibdeeltjes, die bezinken als de stroomsnelheid van de rivier gering is. Zo is de bodem van het Haringvliet en Ketelmeer in de delta van de Rijn in de loop der jaren verontreinigd.

Fine sediment particles adsorb micropollutants. These particles settle in areas with low stream velocity. As a result the sediments of the Haringvliet and Ketelmeer in the delta of the River Rhine are severely polluted.



The closure of the Haringvliet, as a part of the Delta works in 1970 meant a drastic change for the ecosystem. Current velocities lowered and tidal movements decreased to a minimum. At present, the area is characterized by a gradual transition from the rivers Nieuwe Merwede (Rhine) and Amer (Meuse) in the east to the Haringvliet basin in the west. The transition area, the eastern Hollandsch Diep, is now characterized by a several metres thick sediment layer of very polluted silt. Instead of being transported to the North Sea, more than 50 million m³

sediment were allowed to accumulate in this area between 1970 and 1985. Nowadays this burden is considered unacceptable for a sound ecological development of the area; a programme to remove the most contaminated sediments is presently under study. A part of this study concerned an inventory of the macrozoobenthos. These are invertebrate animals that live either in or on the sediment. The species composition, densities and biomasses give a good indication about the quality of life in these sediments.

A macrozoobenthic community, poor in species, was encountered throughout the area. The most diverse community was found in the western Hollandsch Diep and Haringvliet and in the Amer. A very poor community with low densities and biomasses was found in the sediments in the eastern Hollandsch Diep at the transition from river to basin. In Figure 12 the density of midges in August 1988 is shown. During this investigation, no midge species used in the river AMOEBA were found. The inverte-

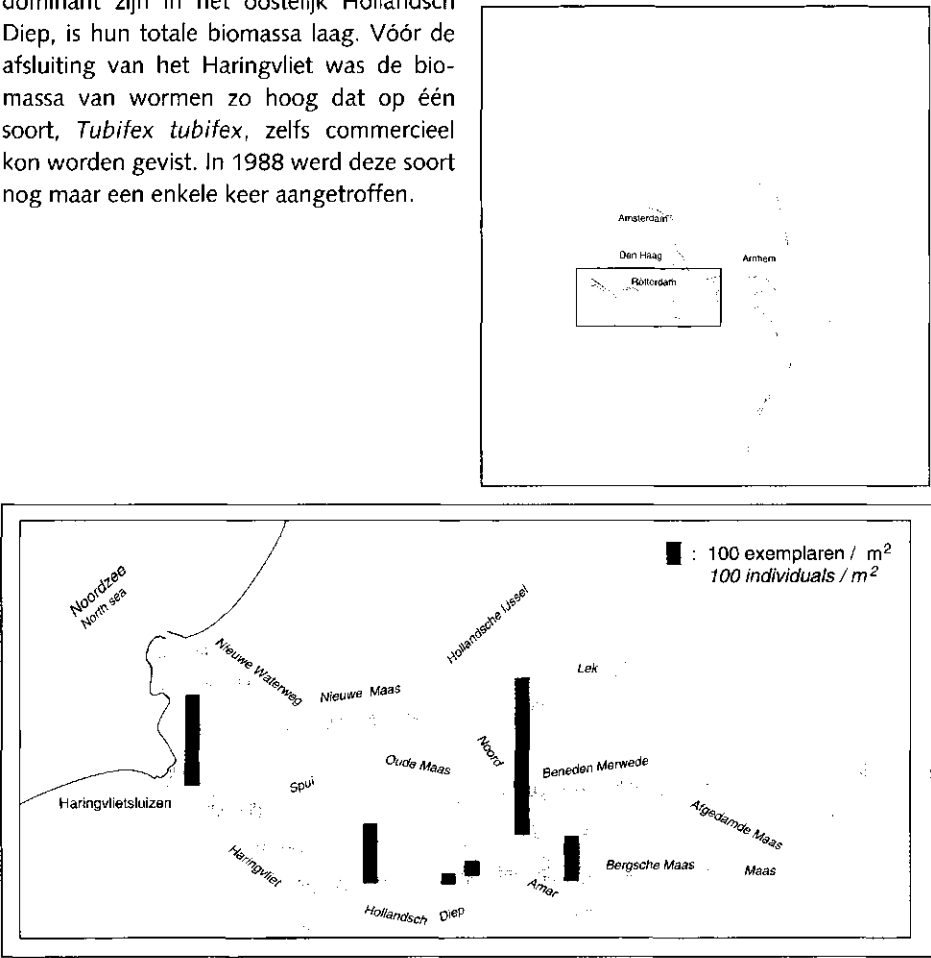
H. Smit & J.A. van der Velden, RIZA

10. LOW MACROZOOBENTHIC BIOMASSES IN THE SEDIMENTATION AREA OF THE RHINE

ken, was de gemeenschap zeer arm aan soorten en waren de dichtheden en de biomassa's laag. Figuur 12 toont de dichtheid van muggelarven in augustus 1988. De muggesoorten die in de rivier-AMOEBE worden gebruikt, werden tijdens het onderzoek in het geheel niet aangetroffen. De biomassadistributie van ongewervelden in het oostelijk Hollandsch Diep en het Haringvliet is weergegeven in figuur 13. Het aandeel van tweekleppigen in het Haringvliet wordt grotendeels gevormd door erwtemosseltjes (*Sphaeridae*), die wel in de rivier-AMOEBE voorkomen. Hoewel wormen dominant zijn in het oostelijk Hollandsch Diep, is hun totale biomassa laag. Vóór de afsluiting van het Haringvliet was de biomassa van wormen zo hoog dat op één soort, *Tubifex tubifex*, zelfs commercieel kon worden gevestigd. In 1988 werd deze soort nog maar een enkele keer aangetroffen.

Waarom is de macrozoöbenthische gemeenschap in het sedimentatiegebied zo arm aan soorten en is de biomassa zo laag? Een verband met de verontreiniging van het sediment lijkt voor de hand te liggen. Toch kunnen ook andere milieufactoren van invloed zijn. Het sediment had een zeer hoog watergehalte en oogde als vloeibare modder. Men kan zich voorstellen dat dit geen gunstige habitat is voor muggelarven; vele bouwen namelijk kokertjes. Het voedselgehalte van het sediment is echter hoog: een groot deel van het fytoplankton uit de Rijn

sedimenteert hier. Recent gesedimenteerd fytoplankton is een uitstekende voedingsbron voor de meeste detritus-etende macrozoöbenthische soorten, aangezien het voor een groot deel uit stikstof bestaat. Men zou verwachten dat bepaalde soorten aan deze milieumomstandigheden aangepast zouden zijn en deze voedselbron benutten. Bij een later onderzoek, waarbij fijnmaziger zeven werden gebruikt, vond men ook een grote verscheidenheid aan kleine borstelwormen (*Naididae*), die zich snel voortplanten. Omdat ze zo klein zijn, is hun



Figuur 12 Dichtheid van muggelarven op verschillende locaties in het Nederlandse deltagebied in augustus 1988.

brate biomass distribution of the eastern Hollandsch Diep and Haringvliet is shown in Figure 13. The contribution of the bivalves in the Haringvliet largely consisted of *Sphaeridae*, which are used in the river AMOEBA. Although worms in the eastern

Hollandsch Diep were dominant, their total biomass was low. Before closure of the Haringvliet, the biomass of worms was so high, that on one species, *Tubifex tubifex*, commercial fishing took place. In 1988, this species was found only occasionally.

Why is the macrozoobenthic community so poor in species and biomass in the sedimentation area? A relation with sediment contamination seems obvious. However, more environmental factors may influence the suitability of these sediments for aquatic

bijdrage aan de biomassa echter praktisch te verwaarlozen.

Door de veranderingen in de fysische omstandigheden die sinds 1970 zijn opgetreden is een vergelijking met historische gegevens niet zonder meer te maken. Naast de veranderingen in de structuur van het sediment heeft echter ook de verontreiniging van het sediment hoogst waarschijnlijk bijgedragen aan de verslechterde staat waarin het macrozoöbenthos in het sedimentatiegebied van de Rijn verkeert.

Figuur 13 Relatieve verdeling van de biomassa over de afzonderlijke groepen van de macro-evertebraten-gemeenschap in het oostelijk Hollandsch Diep en Haringvliet.



Figure 13 Relative biomass distribution of the macroinvertebrate community among distinct groups at the eastern Hollandsch Diep and Haringvliet.

life. The sediments had a very high water content and were visually characterized as fluid mud. One can imagine that this is not a very favourable habitat for the larvae of midges, burrow-building organisms. Yet the food content of this sediment is excellent: a large proportion of nitrogen. There should be some species adapted to these physical circumstances able to utilize that food source. Indeed, in a later study a large variety of *naidids* were found when sieves with a smaller mesh size were used. These are very small worms with large spines that reproduce very rapidly. Their contribution to the biomass is almost negligible due to their small size.

has changed since 1970 and comparison with historical data is therefore not without complications. The soft structure of the fluid probably also restricts the suitability for the habitat of macrozoobenthos.

Sediment pollution has most probably contributed to the poor state of the macrozoobenthos in the sedimentation area of the Rhine. The physical state, however,

11. VISPOPULATIES IN DE RIJN

W.G. Cazemier, RIVO-DLO

De kwaliteit van het ecosysteem van de Rijn heeft een belangrijke invloed op de samenstelling van de aanwezige vispopulaties. In de periode waarin de hoge concentraties van organisch materiaal regelmatig resulteerden in zeer lage zuurstofconcentraties, was het erg slecht gesteld met de visstand in het grootste deel van de Neder-

landse Rijntakken. In figuur 14 is te zien hoe de aantallen van diverse vissoorten veranderden onder invloed van de toenemende verontreiniging van het rivierwater en de waterbouwkundige maatregelen die de rivier langzaam maar zeker veranderden in een scheepvaartgeul. De verhoudingen tussen de verschillende (groepen van)

soorten zijn aanzienlijk verschoven.

De laatste tijd is het aantal anadrome soorten toegenomen: van één in de jaren zeventig tot vier in de jaren tachtig. Dit is een bemoedigende ontwikkeling omdat het wellicht in verband mag worden gebracht met de verbetering van de kwaliteit van het

Figuur 14 Veranderingen in het aantal vissoorten in de Nederlandse Rijntakken tijdens een periode van 90 jaar. De volgende categorieën zijn onderscheiden: euryoec (vissen zonder duidelijke voorkeur voor stilstaand of stromend water), stagnofiel (voorkeur voor stilstaand water), rheofiel (vrijwel uitsluitend voorkeur voor stromend water), katadroom (vissen die hun leven voornamelijk in zoet water doorbrengen maar voor de voortplanting naar zee trekken) en anadroom (vissen die zich voortplanten in zoet water maar verder hoofdzakelijk in zee leven). Soorten die gekwalificeerd worden als zeldzaam en zeer zeldzaam zijn weggelaten.

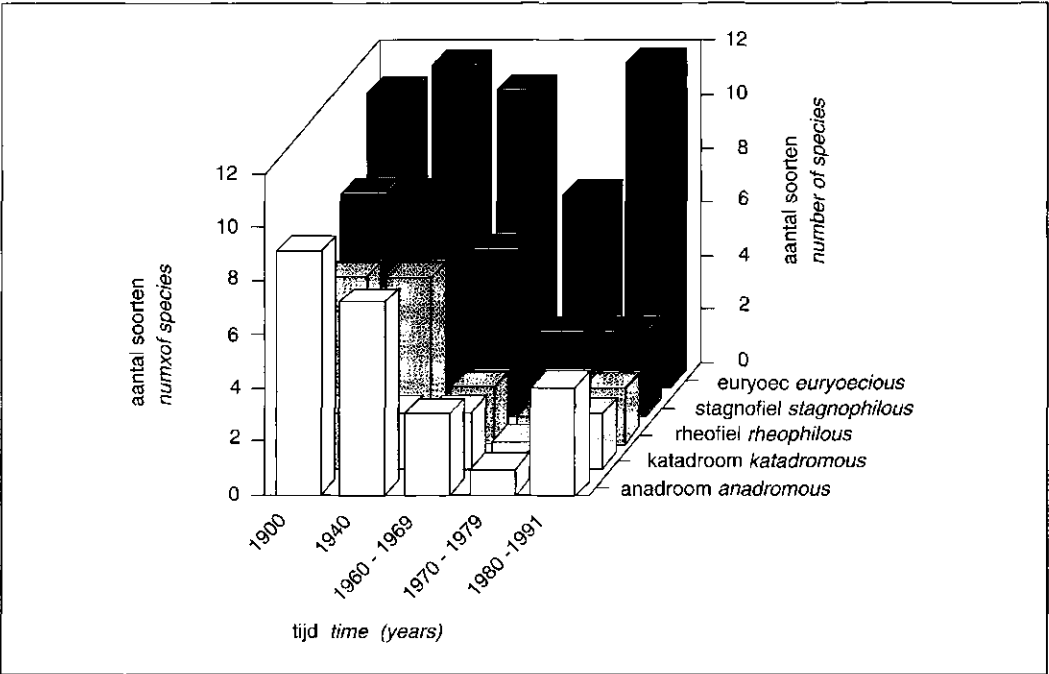


Figure 14 Changes in the numbers of fish species in Dutch Rhine branches during a 90-year period. Distinguished are euryoecious (without obvious preference to stagnant or running waters), stagnophilous (preferring stagnant waters), rheophilous (preferring almost exclusively running waters), katadromous (reproducing in sea and growing up mainly in freshwater) and anadromous (reproducing in freshwater and growing up mainly in the ocean) fish. Species qualified as rare and very rare have been omitted.

The quality of the ecosystem of the River Rhine has an important influence on the composition of the resident fish populations. The fish fauna in the major part of the Dutch section of the River Rhine was very poor in the period when the high influx of organic matter caused frequent very low oxygen concentrations. Figure 14 shows

how the numbers of fish and lamprey species in five different categories changed during a 90-year period in which river pollution became worse and river engineering steadily changed the river into a shipping channel. The proportions between the different categories have been considerably altered.

In the most recent period, the number of anadromous species has increased from one in the seventies to four in the eighties. This is a very encouraging phenomenon, which is most probably the result of the less severe conditions in the River Rhine caused by lowering the influx of very polluted waste water. The rheophilous species have suf-

W.G. Cazemier, RIVO

11. FISH POPULATIONS IN THE RIVER RHINE

De terugkeer van de Zalm is een van de doelstelling van het Rijn Actie Programma. Omdat deze soort nog steeds erg zeldzaam is in de Nederlandse wateren, heeft het onderzoek naar zalmachtigen zich tot nu toe toegespitst op de Zeeforel (*Salmo trutta*). Deze soort is vrij algemeen in de Nederlandse kustzone, in het IJsselmeer en in de Rijn en de Maas. Ook uit de Duitse en Belgische delen van deze rivieren zijn vangsten van Zeeforel bekend. Teneinde de

status van deze forellen te bestuderen en de mogelijkheden voor paaitrek van anadrome zalmachtigen, inclusief de Atlantische Zalm, in te schatten, is het trekgedrag van de Zeeforel de laatste jaren bestudeerd. In 1990 werden aan de zeezijde van de Haringvlietsluizen bijna duizend Zeeforellen gevangen, gemerkt en weer teruggezet. Uit terugvangsten bleek toen dat ten minste een deel van de volwassen Zeeforellen de Rijn en Maas optrekt. Er kwamen zelfs mel-

dingen helemaal uit het Duitse dorp Iffezheim aan de Oberrhein. Een ander deel is kennelijk in rivieren in Picardië (Noordwest-Frankrijk) geboren, getuige een drietal terugmeldingen. Onvolwassen dieren bleken dichtbij de kust te blijven (figuur 18). Dit gedrag stemt overeen met het migratiepatroon dat de Zeeforellen in rivieren in het buitenland laten zien. Het is nog niet bekend hoe groot het gedeelte is dat de weg kan vinden van de Noordzeekust naar de rivieren. Sluizen en ander obstakels langs de kust (sluizen in de Haringvlietdam en de Afsluitdijk) en in de rivieren (stuwen in de Lek/Nederrijn en de Maas) vormen nog steeds ernstige belemmeringen voor de

Figuur 18 Proef met gemerkte Zeeforellen

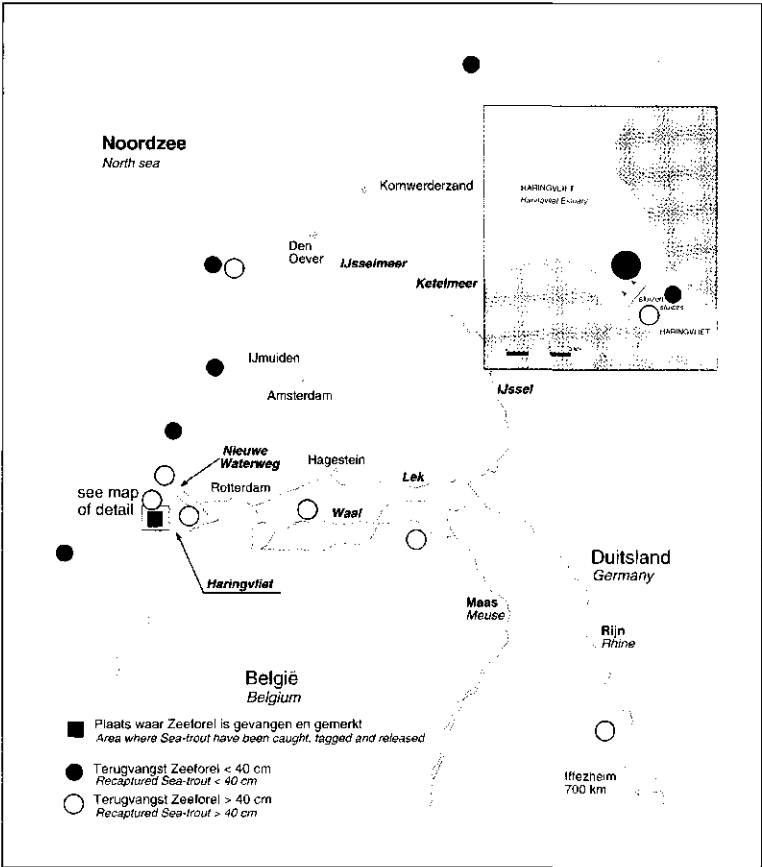


Figure 18 Tagged Sea trout experiment.

also being captured in the German and Belgian sections of these rivers, respectively. To study the status of these trout and to assess the possibilities for spawning migration of anadromous salmonids, Atlantic salmon included, the migration pattern of sea trout has been studied in recent years by tagging experiments in the Ketelmeer, the River Waal and on the coast. Nearly a thousand Sea trout were caught, tagged and released in the tidal zone of the Haringvliet estuary in 1990. Recaptures have revealed that at least part of the adult Sea trout migrated into the

Rhine and Meuse. Recoveries have been reported from as far as the village of Iffezheim, on the German Upper Rhine. Others have obviously been born in rivers in Picardie (north-western France), as shown by three recoveries. Sub-adults appeared to stay along the coast (Figure 18). This migration pattern of Sea trout resembles that in rivers abroad. It is not known yet which proportion is able to find its way from the North Sea coast towards the rivers. Sluices and other barriers along the coast (Haringvliet and Afsluitdijk sluices) and in

the rivers (weirs in the rivers Lek/lower Rhine and Meuse) still form serious bottlenecks for the migratory fish species in completing their way upstream.

The construction of fish passes is a major Dutch activity for restoring the possibilities for fish to migrate along the rivers Rhine and Meuse. The first of the spacious pool and weir passes has been finished in the River Meuse next to a new waterpower station near the village of Linne. The same type of fish pass will be realized in the lower

De vispassage bij Linne is een zogenaamde bekkentrap. De vissen kunnen de stuw bij Linne passeren door van bekken tot bekken te springen. Alver (*Alburnus alburnus*) is één van de vissoorten die massaal van deze vistrap gebruik maakt.



The fish pass at Linne is a pool and weir pass. Migrating fish are able to pass the weir at Linne by jumping from pool to pool. Bleak (*Alburnus alburnus*) is one of the species that uses this fish pass in large numbers.

trekvissen.

In Nederland is de bouw van vispassages één van de belangrijkste methoden om mogelijkheden voor vistrek te herstellen. De eerste vistrap, een uitgebreide constructie van bassins en stuwen, is aangelegd in de Maas bij Linne, naast een nieuwe waterkrachtcentrale. Soortgelijke vistrappen zullen worden gerealiseerd in de Nederrijn/Lek. In figuur 19 is aangegeven welke aantallen stroomopwaarts trekkende vissen binnen een periode van twee maanden in 1990 al van de vistrap bij Linne gebruik hebben gemaakt. Dat waren er maar liefst ruim 20.000. Hieruit blijkt wel hoe noodzakelijk adequate vispassages zijn.

Beroepsvissers zijn betrokken bij het onderzoek naar het trekgedrag van Zeeforellen. Voor de stuw bij Hagestein worden de forellen gevangen, voorzien van een merkje en terug gezet. Zo blijft de vis individueel herkenbaar, en dat biedt de mogelijkheid om na te gaan in hoeverre deze vissen in staat zijn barrières als deze stuw te passeren.



Fishermen are involved in research on the migration of Sea trout. At the downstream side of the weir at Hagestein, trout are caught, tagged and released. This way the fish are individually recognizable, which enables us to find out whether they can or cannot pass obstacles like this weir.

Rhine/Lek. Figure 19 shows species and numbers of the upstream migrants which have already been through this pass.

During a two-month period in 1990 more than 20,000 fish passed this fishway, a very encouraging number indeed. It shows how much adequate fish passes are needed.

Figuur 19 Aantal stroomopwaarts trekkende vissen die de nieuwe vistrap bij Linne aan de Maas zijn gepasseerd.

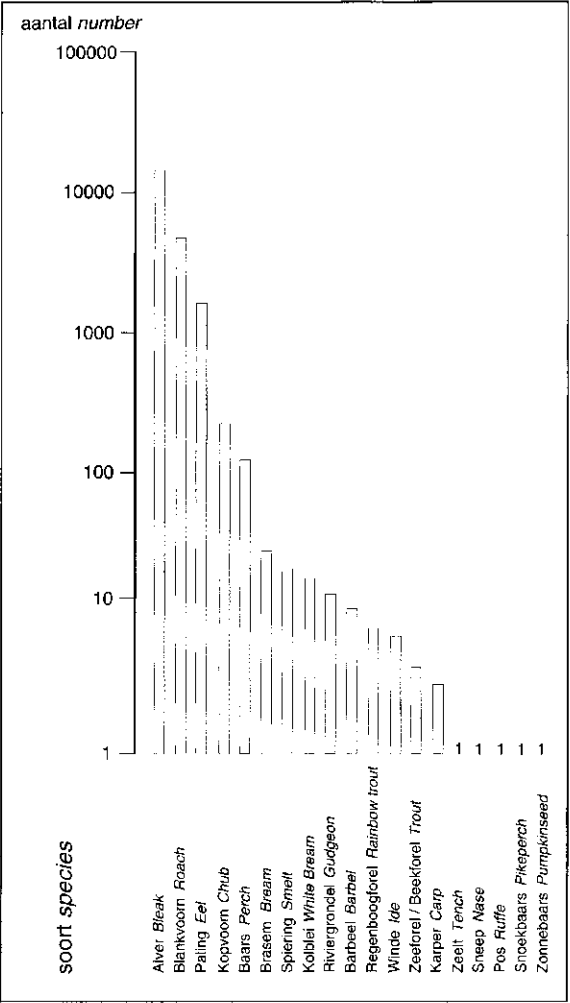


Figure 19 Number of upstream migrating fish which have passed the new fish pass near Linne on the River Meuse.

13. HERSTEL VAN OEVERVEGETATIES

H. Coops, RIZA

De oevers van de Rijntakken in Nederland bestaan voor een groot deel uit hetzij zandstrandjes die door kribben worden doorsneden, hetzij uit harde, kunstmatige oeverbeschermingsconstructies. Dit is het gevolg van het voornamelijk landbouwkundige gebruik van de uiterwaarden en van een ingrijpende riviernormalisatie. Sommige grote rivieren in het buitenland laten een volledig ander beeld zien: oevers begroeid met wilgen- en populierenbos en moe-

lassen. De waarde van zulke rivierlandschappen wordt alom erkend.

Het voorkomen van wilgen (*Salix* spp.) lijkt voornamelijk te worden bepaald door twee factoren: inundaties, inclusief de blootstelling aan golven en stromingen, en de begrazingsdruk. De inundatietolerantie verschilt per soort. De meeste wilgesoorten kunnen goed tegen volledige overstroming in het groeiseizoen. Ze kunnen dan ook

worden gebruikt voor oeverbescherming in de hoger gelegen, meer dynamische delen van de Rijn in Nederland, de onvoorspelbaarheid en grote amplitude van de waterstandsschommelingen in aanmerking genomen. Sommige wilgensoorten zijn pioniers op het kale substraat dat op rivieroevers na erosie of sedimentatie aangetroffen wordt. Als de vegetatie zich eenmaal gevestigd heeft, wordt sediment ingevangen. De stabiliteit van de oever neemt daar-

Door sedimentatie en erosie ontstaan ecologisch waardevolle rivierelementen als rivierduinen en steiloevers. Vaak vragen de andere functies van de rivier echter om oevers, die minder in beweging zijn. Tot voor kort werd de oever dan ook meestal met steen bestort. Met behulp van experimenten met verschillende soorten wilgen onderzoekt Rijkswaterstaat in hoeverre deze vegetatie een rol als 'zachte, groene' oeververdediging kan spelen langs de Nederlandse rivieren.

Een eroderende oever zoals langs de Waal bij Heerewaarden (links) krijgt dan een heel ander uiterlijk, zoals te zien is langs dezelfde rivier bij Gameren, waar een één jaar oude experimentele wilgenaanplant staat (rechts).



Fluvial elements of high ecological importance like riverdunes and steep, eroding riverbanks are the result of sedimentation and erosion. Other functions of the River Rhine often demand less dynamic riverbanks. Until recently this often resulted in the usage of stones in bank protection.

The Dutch watermanager uses experimental plantations of willows to find out whether this vegetation can play a role as a more ecologically sound river bank protection. This way an eroding river bank like in Heerewaarden along the River Waal (left) will change, as can be seen along the same river stretch at Gameren, in a one year old experimental willow plantation.

The banks of the Rhine branches in The Netherlands consist mainly of either sandy beaches intersected by groyne, or artificial bank lining constructions, the result of predominantly agricultural use of the river forelands and the far-reaching impact of river regulation. Some examples of foreign rivers show a completely different picture: banks covered by willows and poplars, and marsh

vegetation. The natural value of such river landscapes is widely recognized.

The occurrence of willows (*Salix* spp.) seems primarily to be determined by two factors: inundation frequency, including exposure to waves and currents, and grazing intensity. Inundation tolerance differs between species. Most willow species easily endure deep flooding within the

growing season. Therefore they might be used for bank lining in the higher, more dynamic parts of the Dutch Rhine, considering unpredictable and large-amplitude water-level fluctuations. Some willow species are pioneers on the bare substrate of river banks, appearing after the erosive or sedimenting action of the river. Once established, the vegetation acts as a sediment

H. Coops, RIZA

13. RECOVERY OF RIVER BANK VEGETATION

door toe, en de erosie wordt beperkt. In een onderzoeksproject wordt nu nagegaan of wilgenbegroeiing het verlies aan oeversediment effectief kan verminderen door golfbreking, vertraging van de stroming en beworteling van de bodem.

Op plaatsen met een hoge dynamiek door stroming en golven zullen planten zich niet kunnen vestigen. In een experiment zijn op een aantal plaatsen jonge spruiten en stekken van vijf wilgesoorten aangeplant, waarna de ontwikkeling van de beplanting is gevolgd. Voorlopige resultaten laten zien dat de soorten verschillen in overlevingssucces, en dat een aantal factoren hierbij een rol speelt (figuur 20). De laagst groeiende bomen hebben te lijden van landurige en diepe inundaties, terwijl de hogere verdrogen door gebrek aan water tijdens laagwaterperioden. Na twee jaar werd de locale zandafzetting binnen de beplante zone bekeken. Bovendien is een proef gestart om na te gaan hoe na het uitsluiten van begrazing door vee de spontane ont-

trap, thus enhancing bank stability against erosion during flooding or drought. A research project was started to study whether willow vegetation would decrease bank sediment loss effectively through wave breaking, stream retardation and rooting.

Stream and wave exposure can be so strong as to prevent any spontaneous establishment of plants in the susceptible zone. Experimental planting of young shoots and stakes of five willow species was conducted to investigate the performance under such conditions. Preliminary results indicate a difference in performance between the species and the presence of various environmental stresses (Figure 20). At low water levels waves affect trees planted at lower elevations, while trees growing higher on the banks dry up due to drought. After two years, local sand deposition within the planting zone was observed. Exclusion of cattle grazing may be a measure to initiate development of willow scrub on river banks. In addition, there are plans to study sponta-

wikkeling van wilgenstruweel op rivieroeveren op gang komt.

Inundatie en begrazing zijn ook sturende factoren voor moerasvegetatie. Moerasplanten zijn vooral in de benedenloop van de Rijn toepasbaar bij de beheersing van oevererosie. In tegenstelling tot wilgen kunnen helofyten (moerasplanten) grote schade ondervinden van overstroming in het groeiseizoen. In de benedenloop van de Rijn zijn de omstandigheden minder dynamisch. Het

planten van Mattenbies (*Scirpus lacustris*), een emergente soort, op verschillende proeflocaties bleek goede resultaten op te leveren. Watervogels die de biezengrazen kunnen echter het succes van een aanplant verminderen. De levenscyclus van helofyten is als het ware afgestemd op het natuurlijke hydrologische regime in estuariene gebieden. Oorspronkelijk zorgde de hydromorfologie van de benedenloop van de Rijntakken voor uitstekende omstandigheden voor de groei en regeneratie van Riet (*Phragmites*

Figuur 20 Overleving van drie wilgesoorten in zeven inundatieklassen; klasse 1 = langdurige inundatie, klasse 7 = korte inundatie.

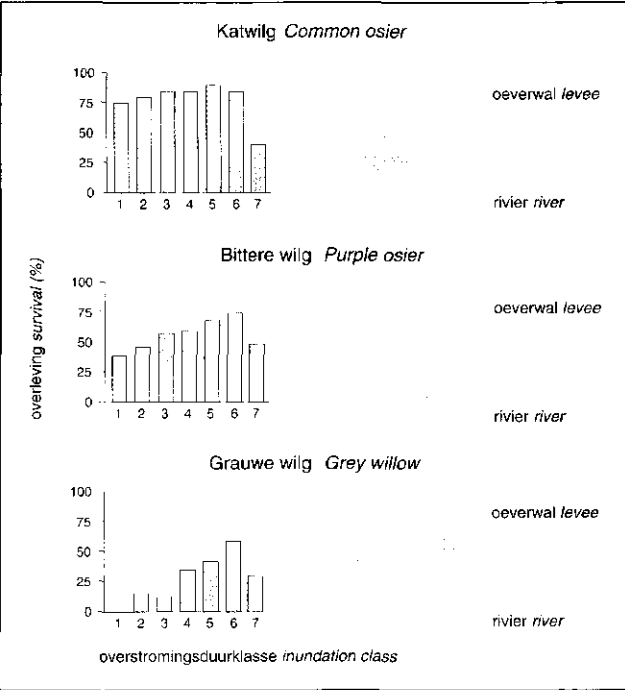


Figure 20 Survival of three willow species in seven inundation classes; class 1 = short inundation, class 7 = long inundation. Right: spatial distribution of three willow species along the River Waal near Druten.

neous development of river bank vegetation, excluding cattle, in a number of river sections.

Inundation and grazing are also determining factors for marsh plants. Utilization of these plants in bank erosion control is limited to the lower parts of the River Rhine. Unlike willows, helophytes may be harmed by within-season flooding. In the lower Rhine, conditions are less dynamic. Planting an

emergent macrophyte species, Bulrush (*Scirpus lacustris*), at several experimental locations proved successful. However, large numbers of waterfowl grazing on Bulrush were found to be potentially catastrophic for young stands. Helophyte life cycles are, so to say, tuned to the natural hydrological regime of estuarine regions. The hydromorphology of the lower Rhine branches originally provided excellent growth and regeneration conditions for Reed (*Phrag-*

australis) en biesen. Na voltooiing van de afsluitingswerken in de delta (Deltawerken) zijn er nog maar weinig geschikte gebieden voor regeneratie van helofyten. De experimenten met aanplantingen tonen echter aan dat lokaal de omstandigheden geschikt zijn voor groei en overleving van de beplantingen, zodat het gebruik hiervan, vooral in combinatie met kleinschalige natuurbouw, goede mogelijkheden biedt.

De ecologische betekenis van de oevers neemt toe bij herstel van wilgenbossen en moerasvegetatie langs de rivieren. Er dient echter ook aandacht geschonken te worden

aan de waterbouwkundige functie van die oevers. Bij een juiste dimensionering kunnen begroeide oevers als oeverbescherming en als golfdempers even effectief zijn als de meer traditionele beschermingsconstructies.

In het Rijnstroomgebied moet men rekening houden met de afvoertragende werking die obstakels in de stroom hebben tijdens extreem hoog water. Waarschijnlijk is het effect van opgaande oevervegetatie erg klein, enerzijds omdat een smalle zoom langs de rivier een geringe weerstand oplevert en anderzijds omdat golfdemping (een deel van) de verhoging compenseert.

Er zou meer begroeiing kunnen komen op de oevers van de Rijntakken. Met een gericht beheer is dit zeker mogelijk. Overal waar de mogelijkheden zich voordoen zou naar begroeide oevers moeten worden gestreefd.

Veldonderzoek en laboratorium experimenten ondersteunen elkaar in het onderzoek naar de mogelijkheden om planten te gebruiken als oeververdediging. Er vinden proeven met Mattenbies en Riet plaats in een golfgoot. Men genereert verschillende golfbelastingen op de vegetatie en meet de effecten hiervan op de planten en het oeverprofiel.

Experiments in the field are complemented by lab-experiments, investigating possibilities to use vegetation in riverbank protection. Bulrush and Reed are tested in a system in which artificial waves are generated. In this system the effect of waves on vegetations and morphology of riverbanks can be simulated.



mites australis) and Bulrush. After the closure of the Delta (Delta works), areas suitable for helophyte regeneration diminished. However, the planting experiments show that growth and survival of mature stands resulting in high yielding remained locally, and can be created by habitat construction.

While the ecological advantages of recovery of willow scrub and marsh vegetation elements along rivers are obvious, attention should be paid also to the civil-technical function. If dimensioned properly, belts of vegetation will stabilize banks and dissipate wave energy just as effectively as more traditional protective constructions.

In the Rhine area we also have to face the discharge retardation by obstructions in the streambed in extreme flood conditions. Vertically structured vegetation is considered to potentially elevate flood height. However, the effect is probably minimal because of, on the one hand, the relatively small width dimensions of a vegetation belt attendant to the river, and on the other hand, compensation through wave damping.

At this point we can conclude that the Rhine banks should be vegetated, which is certainly possible provided the management is right. Vegetated banks should be created whenever possibilities emerge.

Nutriënten blijven dus een aanzienlijk probleem vormen, vooral stikstof. Dit betekent dat de vooruitzichten voor een afname in de fytoplanktondichtheden twijfelachtig zijn. Om tegen het jaar 2000 lagere fytoplanktondichtheden in de rivier te bereiken, zijn meer inspanningen nodig om de fosfaatbelasting verder omlaag te brengen en een begin te maken met het verlagen van de stikstofbelasting. Daarbij moet extra aandacht worden geschonken aan diffuse bronnen, b.v. de landbouw.

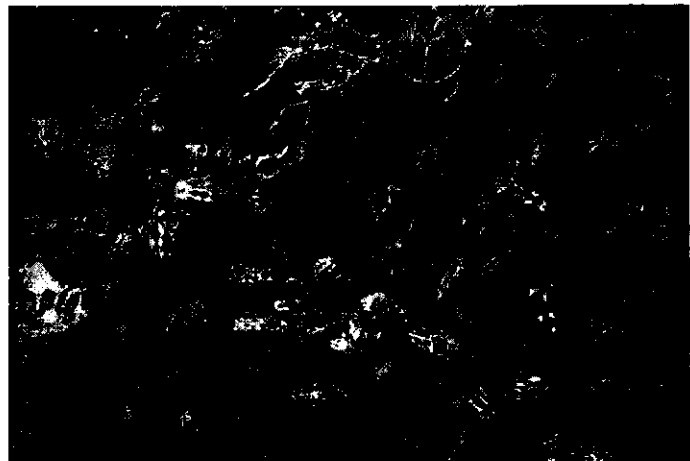
Gelukkig hebben verbeteringen in zuivering van rioolwater geresulteerd in een sterke

verlaging van ammoniakconcentraties. Aan de andere kant zijn de niveaus in de winter nog steeds hoog en kunnen ze kritiek zijn voor gevoelige levensvormen.

Tegenwoordig laten watermonsters van de Rijn geen korte-termijneffecten meer zien bij organismen gebruikt in bioassays. Niettemin blijven veel problemen en onzekerheden bestaan ten aanzien van toxische stoffen, ondanks een drastische reductie van verscheidene microverontreinigingen (sommige komen onder de normen voor het jaar 2000, zoals die zijn vastgesteld door de Rijncommissie).

Eén van de onzekerheden is dat Rijnwater nog steeds chronisch toxisch kan zijn voor vele organismen. Het feit dat maar 5% van de toxiciteit in geconcentreerde watermonsters kan worden toegeschreven aan geïdentificeerde chemische verbindingen is, wat dit betreft, een slecht teken. Aan de ene kant onderstreept het de praktische noodzaak van directe toxiciteitsmetingen bij het controleren van de waterkwaliteit. Aan de andere kant laat het zien dat er veel meer onderzoek gedaan moet worden om het probleem als zodanig duidelijk te maken. Bovendien kan 100% veiligheid nooit worden gegarandeerd, ondanks

De Driehoeksmossel is van oorsprong afkomstig uit het gebied rond de Kaspische en Zwarte Zee, en heeft in de loop van de vorige eeuw de Rijn gekoloniseerd. Na een periode van afwezigheid keerde hij halverwege de zeventiger jaren terug in de Rijn. Deze rekolonisatie kon in verband worden gebracht met het dalende cadmium- en stijgende zuurstofgehalte in die periode. Op dit moment lijkt zich een concurrentieslag af te spelen tussen de Driehoeksmossel en de oprukkende Kaspische slijkgarnaal. De slijkgarnaal hecht zich namelijk massaal vast op stenen en ander substraat dat tot voor kort hoofdzakelijk door Driehoeksmosselen was bezet.



The Zebra mussel originates from the Ponto-Caspian region and colonized the River Rhine during the nineteenth century. After a period of absence it recolonized this river in the mid-seventies. Increasing densities could be related to increasing oxygen and decreasing cadmium concentrations during this period. At present the mussels suffer from harsh competition with the amphipod *Corophium curvispinum*. This amphipod occupies the same solid substrates (e.g. stones) as the Zebra mussel.

the year 2000. Special attention will have to be paid to diffuse sources of nutrients, e.g. agriculture.

Fortunately, improved sewage treatment has resulted in a strong overall decrease in the ammonia concentrations. However, in winter levels are still high and may be critical for sensitive life forms.

At present, water samples from the Rhine do not induce short-term effects on organisms used in bioassays. Nevertheless, many problems and uncertainties with respect to toxic pollutants remain, in spite of a drastic reduction in the concentrations of several micropollutants (some to the point of falling below the quality criteria for the year 2000

as established by the Rhine Commission).

One of the uncertainties is that Rhine water may still be chronically toxic to many species of organisms. The fact that only 5% of toxicity in concentrated water samples can be accounted for by identified chemical compounds is, in this respect, ominous. On the one hand, it emphasizes the practical need for direct toxicity measurements in monitoring water quality, on the other, it shows that much research will have to be done to clarify the problem as such. Moreover, in spite of the efforts to reduce the chances of incidental spills from industries, a 100% safety cannot be guaranteed. Biological early warning systems have proved to be useful in detecting temporarily increased

levels of toxicity without the necessity of identification of the substances involved. Further investigations on their sensitivity are necessary.

Minor additions of heavy metals (Zn, Cu) and detergents to Rhine sediment with natural microbial communities immediately affect the growth of bacteria and the microbial breakdown of natural and artificial substrates. These experiments indicate that present levels of some heavy metals and other contaminants are well above no-effect levels, and provide support for the strict quality standard-setting of the Rhine Commission. For such substances additional efforts in the emission reduction pro-

pogingen om de kans op incidentele lozingen van industrieën te verminderen. Bio-alarmsystemen hebben hun nut bewezen bij het opsporen van tijdelijk verhoogde toxiciteitsniveaus zonder dat het nodig is de betrokken stoffen te identificeren. Verdergaand onderzoek naar de gevoeligheid van deze methoden is noodzakelijk.

Geringe toevoegingen van zware metalen (Zn, Cu) en oppervlakte-actieve stoffen aan Rijnsediment met een natuurlijke microbiële gemeenschap, beïnvloeden onmiddellijk de groei van bacteriën en de biologische afbraak van natuurlijke en kunstmatige voedingsbodems. Deze experimenten laten zien dat de huidige niveaus van sommige zware metalen en andere verontreinigingen ver boven de normen van de Rijncommissie liggen. Aanvullende maatregelen in de sfeer van emissiereducties lijken voor zulke stoffen onvermijdelijk.

De situatie bij accumulerende stoffen is minder duidelijk. Concentraties van deze stoffen in vissoorten en andere organismen zijn de afgelopen decennia afgenomen, maar lijken zich de laatste jaren te hebben gestabiliseerd. Sommige stoffen accumuleren nog steeds boven de zgn. 'no-effect concentration'. Dit is b.v. het geval bij PCB's. Op verschillende locaties in de Nederlandse Rijntakken overschrijden de PCB-gehalten in paling de Canadese norm van 20 ng/kg in TCDD equivalenten (gebaseerd op menselijke consumptie). Voor dieren die uitsluitend vis eten, zoals Otters (*Lutra lutra*), betekent dit dus een toxisch voedselpakket. Voortzetting van metingen en een betere identificatie van de (diffuse) bronnen blijft dan ook nodig.

Uit de vestiging en verspreiding van een aantal uitheemse macro-evertebraten is af te leiden dat niet-toxische verontreinigin-

gen, zoals thermische verontreiniging en een verhoogd zoutgehalte waarschijnlijk eveneens de soortensamenstelling van het Rijnecosysteem beïnvloeden. Bovendien is het zoutgehalte een sturende factor voor de vestiging van een aantal waterplantesoorten. Ook al zijn zoutgehalte en thermische verontreiniging niet als prioritaire parameters in het Rijn Actie Programma opgenomen, verdienen ze dus wel aandacht in het onderzoek.

2. Hydrologie, morfologie, landschap

De plannen voor het herstel van de hydrologische en morfologische kenmerken zijn veel later gestart dan de programma's voor reductie van lozingen van stoffen. Pas met het Rijn Actie Programma kwam (in 1987)

gramme seem unavoidable.

The situation on accumulating substances is not so clear. Concentrations of these substances in fish species and other organisms have decreased over the past decades, but these decreases seem to have levelled off in recent years. Some compounds are still above no-effect levels. This is the case, for example, with PCB's. PCB-levels in eel exceed the Canadian tolerance level (based on human consumption) of 20 ng/kg in TCDD equivalents at several locations in the Dutch branches of the Rhine. For exclusive fish eaters such as Otters (*Lutra lutra*) this means toxic conditions. Continuation of monitoring and a better identification of the (diffuse) sources still remaining is therefore necessary.

The settlement and spread of a number of exotic macroinvertebrate species show that non-toxic pollutants such as salt and heat probably also affect the species composition

of the Rhine ecosystem. Moreover, salinity determines opportunities for settlement of certain water plant species. This means that although salt and heat are not priority pollutants in the Rhine Action Plan, research should continue to focus on them.

2. Hydrology, morphology, landscape

The plans for restoration of the hydrological and morphological characteristics started much later than the pollution abatement programmes. The official international recognition of the necessity to remove barriers for migrating fish, restore spawning grounds, and in general, reverse the trend of artificial river control, only came in 1987, with the Rhine Action Plan.

In contrast to the standard-setting and

measures in pollution abatement, river morphology improvements rely heavily on local planning. Therefore, an overall picture from the Dutch research programme for these improvements is much more difficult to get than for pollution abatements. Clearly, this is an area of work where international exchange of scientific knowledge is needed badly.

Experience from the research programme shows that conservation and restoration of aquatic vegetation requires careful planning of river engineering projects. This is especially true in managing plant species associated with the most isolated backwaters, given the present levels of salinity and, to a lesser extent, nutrients. As regards the covering of river banks with vegetation there are promising results with experimental planting of willows and Bulrush. Both ecological considerations and the prevention of bank sediment loss stress the desirability of exten-

officiële internationale erkenning van de noodzaak voor het verwijderen van belemmeringen voor trekvis, het herstellen van paaigronden en, in het algemeen, het omkeren van programma's die erop gericht waren om op kunstmatige wijze de rivierloop te beheersen.

In tegenstelling tot het stellen van normen en maatregelen ten behoeve van reductie van lozingen zijn verbeteringen in de riviermorfologie in hoge mate afhankelijk van lokale planning. Daarom is het veel moeilij-

ker om op grond van het Nederlandse onderzoeksprogramma een algemeen beeld te schetsen van deze hydrologische en morfologische verbeteringen. Het is duidelijk dat internationale uitwisseling van wetenschappelijke kennis op dit gebied hard nodig is.

De ervaring met het Nederlandse onderzoeksprogramma leert dat behoud en herstel van de aquatische vegetatie een zorgvuldige planning van rivier-technische projecten vereist. Dit geldt vooral voor het

beheer van plantesoorten die geassocieerd worden met de meest geïsoleerde binnenwateren, gezien de huidige saliniteit en in mindere mate, nutriënten. Er zijn veelbelovende resultaten geboekt met het experimenteren met planten van wilgen en lisdoddes om tot natuurvriendelijke oevers te komen. Zowel ecologische overwegingen als de behoefte om oeverafkalving te voorkomen zijn redenen om met zulke projecten door te gaan; ze zijn ook belangrijk vanwege het dijkherstelprogramma in Nederland. In Nederland is een proefproject in voorberei-

Het beeld van het huidige rivierlandschap in Nederland is bepaald door de behoeften van scheepvaart en landbouw (links). In de toekomst moet er weer meer ruimte komen voor natuurlijke elementen als oobossen en nevengeulen. Het rivierlandschap zoals dat nu nog langs de Donau in het zuiden van Hongarije te vinden is (rechts) geeft de mogelijkheid ons een beeld te vormen hoe dit er uit kan zien. Geïntegreerd onderzoek van fysici, morfologen en ecologen moet het mogelijk maken deze elementen toe te voegen aan het huidige riviersysteem.



The present Dutch riverine landscape largely results from the needs of shipping and agriculture (left). In future natural elements like floodplain forests and side channels should regain their position in this ecosystem. Landscapes that are still to be found along the River Danube in southern Hungary (right) provide an example of what this could look like. Integrated research by physicians, morphologists and ecologists is necessary to allow for these elements to return.

ding such projects; they are also important in relation to the river dykes reconstruction programme in The Netherlands. A pilot project on the reconstruction of side channels is in preparation in The Netherlands. Side channels show promise in offering opportunities for the return of typical riverine habitats for several species of plants and animals.

Both in research and actual management there is a need to place local approaches in a wider perspective. In the Rhine Com-

mission the idea of establishing a 'stepping stones' concept is under discussion. It means that local management (and research) projects should be placed along the length of the Rhine at fairly frequent intervals and should be interrelated in such a way that a connected chain of favourable conditions for the (potential) inhabitants of the ecosystem can develop. The 'Ökologisches Gesamtkonzept für den Rhein' (Ecological Master Plan) of the Rhine Commission provides the overall framework for this stepping stones concept. Still requiring a

major effort its development should have a high priority in the Rhine Commission.

Because it is not always easy to predict the outcome of separate projects an empirical approach, requiring a certain amount of audacity in decision making, is necessary.

ding voor reconstructie van nevengeulen. Nevengeulen zijn veelbelovend in verband met mogelijkheden voor de terugkeer van typische rivieroeverhabitats van verschillende plant- en diersoorten.

Zowel in onderzoek als in het feitelijke beheer blijkt het nodig de plaatselijke aanpak in een breder perspectief te plaatsen. In de Rijncommissie staat het 'stepping stones' concept momenteel volop in de aandacht. Volgens dit concept zouden lokale beheers- (en onderzoeks-) projecten langs de lengte-as van de Rijn gesitueerd moeten worden op zodanige onderlinge afstand en op zo'n manier verbonden dat zich als het ware een doorlopende keten van gunstige voorwaarden voor (potentiële) vestiging van organis-

men in het ecosysteem vormt. Het 'Ökologisches Gesamtkonzept für den Rhein' (Ecologisch 'Master Plan' voor de Rijn) van de Rijncommissie geeft een algemeen raamwerk voor dit 'stepping stones' concept. Omdat de ontwikkeling hiervan nog veel inspanning vraagt, zou het ons inziens hoge prioriteit moeten hebben bij de Rijncommissie.

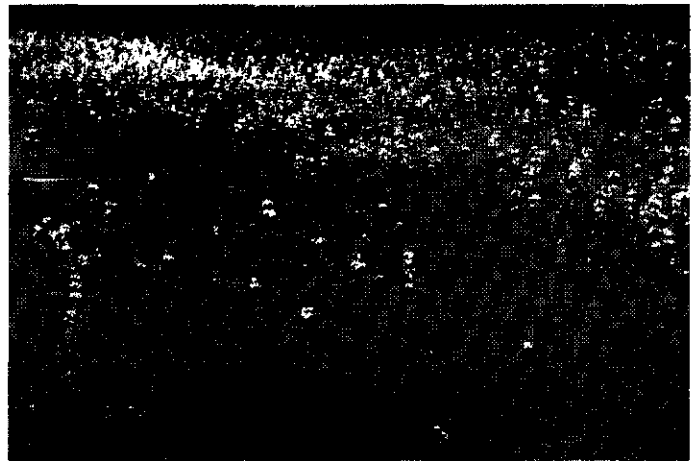
Aangezien het niet altijd makkelijk is de uitkomst van afzonderlijke projecten te voorspellen is een empirische aanpak nodig, die een zekere durf vereist bij het nemen van beslissingen.

3. Biologische doelstellingen: het Rijn Actie Programma en de AMOEBA

Hoe groot is de kans dat de doelstellingen van het Rijn Actie Programma en de Nederlandse AMOEBA bereikt worden, in termen van het herstel van rivier-specifieke populaties van plant- en diersoorten in het jaar 2000?

Zalmpopulaties lijken goede vooruitzichten te hebben voor een gedeeltelijk herstel in het jaar 2000. Dan moeten wel de huidige trends in verbetering van de waterkwaliteit zich voortzetten en de hydrologische/mor-

De Waterviolier (*Hottonia palustris*) is een fraaie, maar gevoelige plant, die voorkomt op plaatsen waar schone kwel vanuit hoger gelegen gronden (stuwwallen) komt.



The Water-violet (*Hottonia palustris*) is a lovely, but sensitive species, that grows in places where clean percolating water from higher grounds (levees) is available.

3. Biological targets: Rhine Action Programme and AMOEBA

What are the chances of attaining the goals of the Rhine Action Programme and the Dutch AMOEBA targets in terms of the recovery of river-specific populations of plant and animal species around the year 2000?

Salmon populations seem to have good prospects for partial recovery in 2000 if recent trends in water quality improvement

continue and if the hydrological/morphological improvement programmes recently started will be accompanied by similar programmes in other locations along the Rhine. At present there are already signs of recovery in other rheophilous and anadromous fish species, such as Sea trout. Macroinvertebrate species seem to be on their way to a good recovery. General water quality conditions and especially sediment quality should, however, continue to improve to keep recovery at its present rate. Problems remain in particular in the benthos communities, as they depend on sediment conditions. Sediment quality does not improve as fast as water quality, for obvious reasons. This stresses the need for contin-

uing monitoring of and, eventually, specific standard-setting for sediments. AMOEBA seems to be gradually developing unexpected pseudopodia through the settlement and spread of exotic species. It is too early, however, to draw conclusions regarding the significance of this phenomenon for the ecological restoration of the Rhine. Whether macrophytes will prosper depends heavily on making the right choice in local restoration projects (connections between rivers and backwaters, construction of side channels, etc.) and on such water quality factors as nutrients and salinity.

fologische herstelprogramma's die recentelijk zijn gestart, gevolgd moeten worden door vergelijkbare projecten op andere locaties langs de Rijn. Momenteel zijn er al tekenen van verbetering te zien bij andere rheofiel en anadrome vissoorten, zoals Zeeforel.

Macro-evertebraten lijken op weg te zijn naar een goed herstel. Maar de algemene waterkwaliteit en vooral de sedimentkwaliteit zouden moeten blijven verbeteren om het herstel in het huidige tempo te continueren. Er blijven problemen bestaan voor de bentische levensgemeenschap, omdat die afhankelijk is van de toestand van het sediment. De kwaliteit van het sediment verbetert niet zo snel als die van water, om voor de hand liggende redenen. Dit benadrukt de noodzaak om de sedimentkwaliteit te blijven volgen, en uiteindelijk hiervoor normen vast te stellen.

De AMOEBE lijkt langzamerhand onverwachte pseudopodia te ontwikkelen door de vestiging en verspreiding van uit-

heemse soorten ('exoten'). Het is echter te vroeg om conclusies te trekken aangaande het belang van dit verschijnsel voor het ecologisch herstel van de Rijn.

Of waterplanten goed zullen gedijen hangt voornamelijk af van de juiste keuzen in lokale herstelprojecten (verbindingen tussen rivieren en binnenwateren, de bouw van nevengeulen enz.) en van de waterkwaliteit, zoals saliniteit en nutriëntenconcentraties.

De fytoplanktondichtheid is te hoog. Een wezenlijke reductie tegen het jaar 2000 kan alleen maar werkelijkheid worden als de nutriëntenbelasting serieus wordt aangepakt. Voortzetting en versterking van het bepalen van de fytoplanktondichtheden en -samenstelling kunnen een steun zijn bij het nemen van beleidsbeslissingen.

4. Conclusie

Het 'Ökologisches Gesamtkonzept' in het kader van het Rijn Actie Programma en de

in Nederland ontwikkelde AMOEBE-benadering om ecosystemen te beschrijven en beoordelen, hebben veel aspecten gemeen. Beiden zijn echter momenteel in nogal algemene termen geformuleerd. Het lijkt wenselijk om verder uitwerking te geven aan het internationale 'Gesamtkonzept' met behulp van de AMOEBE-benadering met als doel het produceren van meer gedetailleerde, kwantificeerbare en verifieerbare doelstellingen voor het Rijnecosysteem. Doelstellingen om de vervuiling te verminderen, b.v. in de vorm van kwaliteitscriteria, en hydrologische en morfologische doelstellingen moeten ook in deze methodiek worden opgenomen.

Indien onderzoeksprogramma's zich op dit algemene doel richten en beleidsmakers in de Rijncommissie steeds meer gebruik maken van de ontwikkelde modellen, is het succes van de derde en laatste fase van het Rijn Actie Programma gegarandeerd.

Phytoplankton densities are too high. The chances for a substantial reduction by the year 2000 are real only if nutrient loads are tackled seriously. Continued or even intensified monitoring of phytoplankton density and composition could help making decisions in this field.

4. Conclusion

The 'Ökologisches Gesamtkonzept' (Ecological Master Plan) in the framework of the Rhine Action Programme and the method for ecosystem description and assessment AMOEBA developed in The Netherlands have much in common. Both, however, are as yet formulated in rather general terms. It seems desirable to further elaborate the international 'Gesamtkonzept' with the help of the AMOEBA method with the aim of producing more detailed, quantified and verifiable objectives for the Rhine ecosystem. Pollution reduction targets, e.g.,

in the form of quality criteria, and hydrological and morphological targets should be incorporated.

If research programmes focus on this general goal and policy makers in the Rhine Commission progressively make use of the models so developed, the success of the third and last phase of the Rhine Action Programme will be guaranteed.

Gebruikte literatuur

Hoofdstuk 1 Chapter 1

Dutch Ministry of Transport and Public Works, 1989.

National policy document on water management. The Hague.

IKSR, 1987.

Rhine Action Programme. Technisch-wissenschaftliches Sekretariat, Koblenz, FRG.

IKSR, 1992.

Ökologisches Gesamtkonzept für den Rhein. Technisch-wissenschaftliches Sekretariat, Koblenz, FRG.

Brink, B.J.E. ten, S.H. Hosper & F. Colijn, 1991.

A quantitative method for description and assessment of ecosystems: the AMOEBA-approach. Mar. Pol. Bull. 23: 265-270.

Hoofdstuk 2 Chapter 2

Dijk, G.M. van, G.M.J. Tubbing & P. Schaap, in press.

Fytoplankton in de Rijn onder invloed van vervuiling. De Levende Natuur.

Ruyter van Steveninck, E.D. de W. Admiraal, L. Breebaart, G.M.J. Tubbing & B. van Zanten, 1992.

Plankton in the River Rhine: structural and functional changes observed during downstream transport. J. Plankt. Res. 14: 1351-1368.

Hoofdstuk 3 Chapter 3

Hendriks, A.J. & M. Stouten, in press.

Monitoring impact of micro-contaminants on flowthrough *Daphnia magna* and *Leuciscus idus* assays: Early warning as a useful supplement. Ecotoxicology and Environmental Safety.

Kramer, K.J.M. & J. Botterweg, 1990.

Aquatic biological early warning systems, an overview. Bioindicators and Environmental Management, Academic Press, UK.

Hoofdstuk 4 Chapter 4

Hendriks, A.J., J.L. Maas-Diepeveen, A. Noordsij & M.A. van der Gaag, in prep.

Monitoring impact of XAD-concentrated water in the Rhine-delta: a major part of the toxic and genotoxic compounds remains unidentified (submitted).

Zwart, D. de & A.J. Folkerts, 1990.

Monitoring the toxicity of organic compounds dissolved in Rhine water. Hydrobiol. Bull. 24: 5-12.

Hoofdstuk 5 Chapter 5

Admiraal, W. & P. van Beelen, 1991.

Micro-organismen chemisch onder druk. In: Flora en Fauna Chemisch onder Druk. (G.P. Hekstra & F.J.M. van Linden, eds.). Pudoc, Wageningen, pp. 49-58.

Beelen, P. van & P.L.A. van Vlaardingen, 1992.

Hazardous concentrations of pollutants for microorganisms in river sediment. RIVM report no. 714206004.

Bitton, G., 1983.

Bacterial and biochemical tests for assessing chemical toxicity in the aquatic environment: a review. Crit. Rev. Environ. Control 13: 51-67.

Tubbing, G.M.J & W. Admiraal, 1991.

Sensitivity of bacterioplankton in the Rhine River to various toxicants measured by thymidine incorporation and activity of exoenzymes. Environ. Toxicol. Chem. 10: 1161-1172.

Bibliography

Hoofdstuk 6 Chapter 6

Dogger, J.W., F. Balk, L.L. Bijlmakers & A.J. Hendriks, 1992.

Schatting van risico's van microverontreinigingen de Rijn voor groepen van de rivier-AMOEBAs. Publications and Reports of the project Ecological Rehabilitation Rhine, no. 38.

Hendriks, A.J. 1993.

Monitoring concentrations of microcontaminants in sediment and water in the Rhine delta: a comparison to reference values. European Water Pollution Control 3: 33-38.

Hendriks, A.J. & H. Pieters, in press.

Monitoring concentrations of microcontaminants in aquatic organisms in the Rhine delta. Chemosphere.

Hoofdstuk 7 Chapter 7

Boer, J. de, C.J.N. Stronck, F. van der Valk, P.G. Wester & M.J.M. Daudt, 1992.

Method for the analysis of non-ortho substituted chlorobiphenyls in fish and marine mammals. Presented at the 11th Int. Symposium on chlorinated dioxins and related compounds. September 23-27, 1991, Research Triangle Park, NC. Chemosphere (in press).

Kannan, N., S. Tanabe & R. Tatsuhawa, 1988.

Toxic potential of non-ortho and mono-ortho coplanar PCBs in commercial PCB preparations: 2,3,7,8-T4CDD toxicity equivalency factors approach. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 41: 267- 276.

Safe, S.D.P., 1990.

Polychlorinated biphenyls (PCBs), dibenzo-p-dioxins (PCDDs), dibenzofurans and related compounds: environmental and mechanistic considerations which support the development of toxic equivalency factors (TEFs). Crit. Rev. Toxicol. 21: 51-88.

Hoofdstuk 8 Chapter 8

Brink, F.W.B. van den, 1990.

Typologie en waardering van stagnante wateren langs de grote rivieren in Nederland, op grond van waterplanten, plankton en macrofauna, in relatie tot fysisch-chemische parameters. Publications and reports of the project Ecological Rehabilitation of the River Rhine, no. 25.

Brock, T.C.M., G. van der Velde & H.M. van de Steeg, 1987.

The effects of extreme water level fluctuations on the wetland vegetation of a nymphaeid-dominated oxbow lake in The Netherlands. Arch. Hydrobiol., Beihefte Ergebnisse der Limnologie 27: 57-73.

Coops, H., M.A.A. de la Haye & F.W.B. van den Brink.

Studies on germination and growth of a river macrophyte (*Potamogeton nodosus* Poir.) in relation to substrate type and water-quality. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Limnologie, submitted.

Coops, H., F.M. Zant & R.W. Doef.

Over het voorkomen van rivierfonteinkruid in Nederland. Gorteria, submitted.

Maenen, M.M.J., 1989.

Water- en oeverplanten in het zomerbed van de grote rivieren in Nederland: voorkomen en relatie met fysisch-chemische parameters in 1988. Publications and reports of the project Ecological Rehabilitation of the River Rhine, no. 13.

Hoofdstuk 9 Chapter 9

Bergers, P.J.M., 1991.

Voedseleecologie van vissen in de Nederlandse Rijntakken (Project Ecologisch herstel Rijn). Publications and reports of the project Ecological Rehabilitation of the River Rhine, no. 28.

Brink, F.B.W. van den, G. van der Velde & A. bij de Vaate, 1989.

A note on the immigration of *Corophium curvispinum* Sars, 1895 (Crustacea: Amphipoda) into The Netherlands via the river Rhine. Bull. Zool. Mus. Amst. 11: 211-213.

Brink, F.W.B. van den, G. van der Velde & W.G. Cazemier.

The faunistic composition of the freshwater section of the River Rhine in The Netherlands. In: R. Kinzelbach & G. Friedrich (eds.), Biologie des Rheins. Limnologie aktuell 1: 191-216.

Brink, F.W.B. van den, G. van der Velde & A. bij de Vaate, 1991.

Amphipod invasion on the Rhine. Nature 352: 576.

Hartog, C. den, F.W.B. van den Brink & G. van der Velde, 1989.

Brackish-water invaders in the River Rhine. Naturwissenschaften 76: 80-81.

Heymen, R. & M. van der Weijden, 1991.

Resultaten van het waterkwaliteitsonderzoek in de Rijn in Nederland. Publications and reports of the project Ecological Rehabilitation of the River Rhine, no. 47.

Klei, W. van der, R.H. Dekker, H. Kersten & J.A.W. de Wit, 1991.

Water management of the River Rhine: past, present and future. J. Eur. Water Poll. Control 1: 9-18.

Reeders, H.H., A. bij de Vaate & F.J. Slim, 1989.

The filtration rate of *Dreissena polymorpha* (Bivalvia) in three Dutch lakes with reference to biological water quality management. Freshwater Biol. 22: 133-141.

Vaate, A. bij de, M. Greijdanus-Klaas & H. Smit 1992.

Densities and biomass of Zebra mussels in the Dutch part of the Lower Rhine. In: D. Neumann & H.A. Jenner (eds.), The Zebra mussel, *Dreissena polymorpha*. Ecology, biological monitoring and first application in water quality management. Limnol. aktuell 4: 67-77.

Vaate, A. bij de & M. Greijdanus-Klaas, 1990.

The Asiatic clam, *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Pelecypoda, Corbiculidae), a new immigrant in The Netherlands. Bull. Zool. Mus. Amst. 12: 173-177.

Velde, G. van der, G. van Urk, F.W.B. van den Brink, F. Colijn, W.A. Bruggeman & R.S.E.W. Leuven, 1991.

Rein water, een sleutelfactor in chemisch ecosysteemherstel. In: G.P. Hekstra & F.J.M. van der Linden (eds.), Flora en fauna chemisch onder druk. Pudoc, Wageningen, pp. 231-266.

Hoofdstuk 10 Chapter 10

Dudok van Heel, H.C., H. Smit & S.M. Wiersma, 1993.

Densities, biomass and species composition of macrozoobenthos in the lower Rhine-Meuse (The Netherlands). Publications and reports of the project Ecological Rehabilitation of the River Rhine, no. 39.

Smit, H., H.C. Dudok van Heel & S.M. Wiersma, in prep.

Macrozoobenthic densities, biomasses and species composition in relation to environmental parameters in the Lower Rhine-Meuse (The Netherlands). (submitted).

Hoofdstuk 11 Chapter 11

Brink, F.W.B. van den, G. van der Velde & W.G. Cazemier, 1990.

The faunistic composition of the freshwater section of the river Rhine in The Netherlands. Limnol. aktuell 1: 191-216.

Heesen, M.J., 1991.

Monitoring van de visstand in het Nederlandse deel van de stroomgebieden van Rijn en Maas in 1990. IJmuiden, The Netherlands. RIVO report BINVIS 91-501.

Lelek, A. & C. Köhler, 1989.

Zustandanalyse der Fischartengemeinschaften im Rhein (1987-1988). Fischökologie 1: 47-64.

Volz, J. & W.G. Cazemier, 1991.

Die Fischfauna im niederländischen Rhein-eine aktuelle Bestandsaufnahme. Fischökologie 5: 3-18.

Hoofdstuk 12 Chapter 12

Cazemier, W.G., 1984.

Zeldzame vissen, kreeften en krabben in de binnenwateren. Visserij 37: 117-132.

Cazemier, W.G., 1992.

The migration of Sea-trout (*Salmo trutta trutta* L.) along the Dutch coast and in the lower part of the Rhine. RIVO Report. BINVIS 92-501.

Cazemier, W.G., 1990.

De vismigratie via de bekkenvistrap bij de Maasstuw te Linne. RIVO Report. BINVIS 90-501.

Haas, A.W. de, 1990.

Inventarisatie van en verbeteringsplannen voor de fysieke belemmeringen voor de migratie van vis op de grote Nederlandse rivieren. DBW/RIZA, Arnhem, The Netherlands. Nota 90-028.

Philippart, J.C., 1991.

Het programma voor de herintroductie van de Atlantische zalm in het bekken van de Belgische Maas. Uitgave voor de informatie dag 'De Grensmaas', Dilsen-Stokkem, 23 November 1991.

Philippart, J.C., E. Baras & G. Rimbaud, 1990.

Premières observations sur une population de juvéniles de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) reconstituée dans l'Ourthe en 1989. Cahiers d'Ethologie appliquée 10: 421-440.

Schmidt, G.W., 1991.

Versuche zur Wiedereinbürgerung des Lachses *Salmo salar* L. in den Rhein-Nebenfluß Sieg. Fischökologie 5: 35-42.

Steinberg, L. & B. Lubieniecki, 1991.

Die Renaissance der Meerforelle (*Salmo trutta trutta* L.) und erste Versuche zur Wiedereinbürgerung des Lachses (*Salmo salar* L.) in Nordrhein-Westfalen. *Fischökologie* 5: 19-33.

Vriese, T. & H. Wiegerinck, 1991.

Trout tagging experiments in Dutch coastal waters during the summer of 1990. ICES C.M.1991/M:22.

Hoofdstuk 13 Chapter 13

Brock, T.C.M., G. van der Velde & H.M. van de Steeg, 1987.

The effects of extreme water level fluctuations on the wetland vegetation of a nymphaeid-dominated oxbow lake in The Netherlands. *Arch. Hydrobiol., Beihefte Ergebnisse der Limnologie* 27: 57-73.

Clevering, O.A. & W.J.M. van Gulik, 1990.

De aanleg van biezengroeiing: mogelijkheden tot herintroductie van biezengroei in het Haringvliet - Hollandsch Diep gebied. IOO Oostvoorne, rapport.

Coops, H., 1992.

Historische veranderingen in buitendijkse moerassen in het noordelijk Deltabekken en het IJsselmeergebied. RIZA-nota 92.030

Coops, H., I. van Splunder & M.M. Schoor, in press.

Bescherming van rivieroever met wilgen. *De Levende Natuur*.

Graaf, M.C.C. de, H.M. van de Steeg, L.A.C.J. Voesenek & C.W.P.M. Blom, 1990.

Vegetatie in de uiterwaarden: de invloed van hydrologie, beheer en substraat. Publications and reports of the project Ecological Rehabilitation of the River Rhine, no. 16.

Pilarczyk, K.W., H. Havinga, G.J. Klaassen, H.J. Verheij, E. Mosselman & J.A.A.M. Leemans, 1989.

Control of bank erosion in The Netherlands: state-of-the-art. WL-publicatie nr. 442.

Publicaties en rapporten van het project 'Ecologisch Herstel Rijn en Maas'

- 1 - 1988 RIZA, RIVM, RIVO-DLO
Ecological rehabilitation of the river Rhine: a proposal for a Netherlands research programme.
- 2 - 1988 W.G. Cazemier, Science de l'Eau 7, 95-114 (1988). (RIVO-DLO)
Fish and their environment in large european river ecosystems; the Dutch part of the river Rhine.
- 3 - 1988 W. Admiraal and J.C. van der Vlugt, Arch. Hydrobiol. 113, 593-605 (1988). (RIVM)
High rates of denitrification in a storage reservoir fed with water of the river Rhine.
- 4 - 1988 W. Admiraal and B. van Zanten, Freshwater Biology 20, 215-225 (1988). (RIVM)
Impact of biological activity on detritus transported in the lower river Rhine: an exercise in ecosystem analysis.
- 5 - 1988 J. Botterweg, 31 pp., Den Haag (1988). (RIZA)
Continue signalering van toxische stoffen in het aquatische milieu met behulp van biologische bewakingssystemen - literatuurstudie.
- 6 - 1988 W. Admiraal, E.D. de Ruyter van Steveninck en H.A.M. de Kruijf. The Science of the Total Environment 78, 59-75 (1988). (RIVM)
Environmental stress in five aquatic ecosystems in the floodplain of the river Rhine.
- 7 - 1989 F. van der Valk, H. Pieters en R.C.C. Wegman. (RIVO-DLO)
Bioaccumulation in yellow eel (*Anguilla anguilla*) and Perch (*Perca fluviatilis*) from the Dutch branches of the Rhine-mercury, organochlorine compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons.
- 8 - 1989 Bio-alarm projekt fase I. J. Botterweg. (RIZA)
Beoordeling en evaluatie van biologische alarmeringssystemen op het meetstation Lobith.
- 9 - 1989 Symposium- verslag 26 mei. E.C.L. Marteiijn (red.). (RIZA)
Ecologisch herstel Rijn - beleid en onderzoek.
- 10 - 1989 J.A.W. de Wit, W. Admiraal, C. van der Guchte and W.G. Cazemier. (RIZA)
Summary of results and conclusions from the first phase (1988-1989) of the Netherlands research programme 'Ecological Rehabilitation Rhine'.
- 11 - 1989 S.J. de Groot. (RIVO-DLO)
Literature survey into the possibility of restocking the River Rhine and its tributaries with Atlantic Salmon (*Salmo salar*).
- 12 - 1989 S.J. de Groot. (RIVO-DLO)
Literature survey into the possibility of restocking the River Rhine and its tributaries with Sea trout (*Salmo trutta trutta*).
- 13 - 1989 M.M.J. Maenen. (RIZA)
Water- en oeverplanten in het zomerbed van de Nederlandse grote rivieren in 1988. Hun voorkomen en relatie met algemene fysische en chemische parameters.
- 14 - 1989 B. van Dessel. (RIZA)
Ecologisch herstel van de Rijnmakrofauna.
- 15 - 1989 W. Admiraal and Y.J.H. Botermans. (RIVM)
Comparison of nitrification rates in three branches of the lower River Rhine. Biogeochemistry 8, 135-151.
- 16 - 1990 M.C.C. de Graaf, H.M. van de Steeg, L.A.C.J. Voeseek en C.W.P.M. Blom. (RIZA)
Vegetatie in de uiterwaarden: de invloed van hydrologie, beheer en substraat.
- 17 - 1990 T.C. van Brummelen. (RIZA)
Chemicals affecting the spawning migration of anadromous fish by causing avoidance responses or orientational disability, with special reference to concentrations in the River Rhine.
- 18 - 1990 F. Heinis en T. Krommentuijn. (RIZA)
Biomonitoring met de larven van Chironomiden en kokerjuffers.
- 19 - 1990 E.D. de Ruyter van Steveninck, W. Admiraal and B. van Zanten. (RIVM)
Changes in plankton communities in regulated reaches of the lower River Rhine.
- 20 - 1990 W. Admiraal, P. Breugem, D.M.L.H.A. Jacobs and E.D. de Ruyter van Steveninck. (RIVM)
Fixation of dissolved silicate and sedimentation of biogenic silicate in the lower River Rhine during diatom blooms.
- 21 - 1990 T. Bongers and J. van de Haar. (RIVM)
On the potential of basing an ecological typology of aquatic sediments on the nematode fauna: an example from the River Rhine.

Publications and reports of the research programme 'Ecological Rehabilitation of the rivers Rhine and Meuse'

- 22 - 1990 D. de Zwart and A.J. Folkerts. (RIVM)
Monitoring the toxicity of organic compounds dissolved in Rhine water.
- 23 - 1990 P. van Beelen and F. van Keulen. (RIVM)
The kinetics of the degradation of chloroform and benzene in anaerobic sediment from the River Rhine.
- 24 - 1990 E.D. de Ruijter van Steveninck, B. van Zanten and W. Admiraal. (RIVM)
Phases in the development of riverine plankton: examples from the rivers Rhine and Meuse.
- 25 - 1990 F.W.B. van den Brink. (RIZA)
Typologie en waardering van stagnante wateren langs de grote rivieren in Nederland, op grond van waterplanten, plankton en macrofauna, in relatie tot fysisch-chemische parameters.
- 26 - 1990 J.A.M. Vanhemelrijk en A.L.M. van Broekhoven. (RIZA)
Ecologische ontwikkelingsrichting grote rivieren. Aanzet tot kwantitatieve uitwerking van ecologische doelstellingen voor de grote rivieren in Nederland.
- 27 - 1991 A. bij de Vaate and M. Greijdanus-Klaas. (RIZA)
Monitoring macroinvertebrates in the River Rhine. Results of a study made in 1988 in the Dutch part.
- 28 - 1991 P.J.M. Bergers. (RIZA)
Voedseleecologie van vissen in de Nederlandse Rijntakken.
- 29 - 1991 H. Ducl. (RIZA)
Natuurontwikkeling in uiterwaarden. Perspectieven voor het vergroten van rivierdynamiek en het ontwikkelen van ooibossen in de uiterwaarden van de Rijn.
- 30 - 1991 R. Bijkerk. (RIVM)
Phytoplankton in the river Rhine, 1989. Comparison between Lobith and Maassluis.
- 31 - 1991 A.W. de Haas. (RIZA)
Inventarisatie van en verbeteringsplanning voor de fysieke belemmeringen voor de migratie van vis op de grote Nederlandse rivieren.
- 32 - 1991 J.A.M. Vanhemelrijk. (RIZA)
Visintrekmogelijkheden in de Rijn in Nederland.
- 33 - 1991 A.W. de Haas. (RIZA)
Nevengeulen - onderzoek naar de mogelijkheden, de consequenties en de te stellen eisen bij de aanleg van nevengeulen in de uiterwaarden.
- 34 - 1991 A. bij de Vaate (ed.). (RIZA)
The Asiatic clam, *Corbicula fluminea* (Müller, 1774), a new immigrant in the River Rhine.
- 35 - 1991 J.A.W. de Wit et al. (eds.). (RIZA)
The effects of micropollutants on components of the Rhine ecosystem.
- 36 - 1991 A. Klink, E. Martijn, J. Mulder en A. bij de Vaate. (RIZA)
Aquatische makro-evertebraten in de Duursche Waarden 1989- 1991.
- 37 - 1991 D.M.J. Tubbing and W. Admiraal. (RIVM)
Sensitivity of bacterioplankton in the Rhine river to various toxicants measured by thymidine incorporation and activity of exoenzymes.
- 38 - 1992 J.W. Dogger, F. Balk, L.L. Bijlmakers en A.J. Hendriks. (RIZA)
Schatting van risico's van microverontreinigingen in de Rijn voor groepen organismen van de rivier-AMOEBE.
- 39 - 1992 H.C. Dudok van Heel, H. Smit en S.M. Wiersma. (RIZA)
Macrofauna in de diepe waterbodem van het noordelijk Deltabekken.
- 40 - 1992 Anonymous. (RIZA, RIVM, IBN-DLO, RIVO-DLO, SC-DLO)
Ecological rehabilitation of the Rivers Rhine and Meuse: Netherlands research programme(1992-1995).
- 41 - 1992 J. Botterweg en W. Silva. (RIZA)
Projekt Ecologisch Herstel Maas.
- 42 - 1992 M. de la Haye. (RIZA)
Groeï en overleving van Vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans* Lam.) in de Maas: transplantatie en semi-veldexperimenten.
- 43 - 1992 B. van Hattem en S. Dirksen. (RIZA)
Microverontreiniging in Blankvoorns en schelpdieren uit de Maas en Maasplassen, 1991
- 44 - 1992 D. de Boer. (RIZA)
Vegetaties en het oevermilieu van de Grensmaas: I Veldopname en verwerking van gegevens.
- 45 - 1992 B. Paffen, P. van Avesaath en W. Overmars. (RIZA)
Waterplanten en de Maasplassen: inventarisatie 1990 - 1991.

- 46 - 1992 T. Vriese. (RIZA)
De visstand in de Grensmaas.
- 47 - 1992 RIZA
Methode voor de schatting van milieurisico's in de Gelderse uiterwaarden.
- 48 - 1993 A. Klink en H.C. Dudok van Heel. (RIZA)
Macro-evertebraten op de bodem van het Hollandsch Diep - Haringvliet.
- 49 - 1993 R.F.B. Isarin en H.J.A. Berendsen. (RIZA)
De morfodynamiek van rivierduinen langs de Waal en de Lek.
- 50 - 1993 G.M. van Dijk en E.C.L. Martelijn (eds.). (RIZA, RIVM, IBN-DLO, RIVO-DLO, SC-DLO)
Ecologisch herstel van de Rijn, van onderzoek naar beleid (1988-1992). Ecological rehabilitation of the River Rhine, The Netherlands research summary report (1988-1992).

Aanvragen Requests:

(RIZA): Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment,
P.O. Box 17,
8200 AA Lelystad,
The Netherlands.

(RIVM): National Institute for Public Health and Environmental Protection,
P.O. Box 1,
3720 BA Bilthoven,
The Netherlands.

(RIVO-DLO): Netherlands Institute for Fishery Investigations,
P.O. Box 68,
1970 AB IJmuiden,
The Netherlands.

(IBN-DLO): Institute for Forestry and Nature Research,
P.O. Box 9201,
6800 HB Arnhem,
The Netherlands.

(SC-DLO): The Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research,
P.O. Box 125,
6700 AC Wageningen,
The Netherlands.

Colofon

eindredactie:	G.M. van Dijk & E.C.L. Martijn
kopijbewerking:	R. Noordhuis
lay-out:	T. Boukens-de Boer & H.J. Ansink
figuren:	D.J. Brouwer
omslag:	Bureau Beekvisser bNO
fotografische film :	Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, afd. Grafische Technieken
drukwerk:	Koninklijke Vermande BV
fotoverantwoording:	R. Bijkerk (9a, 9b), H. Coops (24, 25, 31, 43, 45), W. Kolvoort (20, 36, 50), R. Krekels, Rijkswaterstaat Directie Gelderland (39), E.C.L. Martijn (52a, 52b, 53), I. van Splunder (41a, 41b), A. bij de Vaate (27, 38), RIZA (11)
Nederlandse vertaling:	A.M. Wagenaar-Hart & C. van der Molen
Engelse correcties:	R.E. de Wijs-Cristensen
editors:	G.M. van Dijk & E.C.L. Martijn
assistent editor:	R. Noordhuis
lay-out:	T. Boukens-de Boer & H.J. Ansink
graphic presentation:	D.J. Brouwer
cover:	Bureau Beekvisser bNO
photographic film:	Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, afd. Grafische Technieken
printing:	Koninklijke Vermande BV
photographs:	R. Bijkerk (9a, 9b), H. Coops (24, 25, 31, 43, 45), W. Kolvoort (20, 36, 50), R. Krekels, Rijkswaterstaat Directie Gelderland (39), E.C.L. Martijn (52a, 52b, 53), I. van Splunder (41a, 41b), A. bij de Vaate (27, 38), RIZA (11)
Dutch translation:	A.M. Wagenaar-Hart & C. van der Molen
English linguistic corrections:	R.E. de Wijs-Cristensen

Colofon

Erratum

Als gevolg van een fout in het laatste stadium van het drukproces zijn in de voor u liggende versie van het rapport "Ecologisch Herstel van de Rijn" een aantal woorden op onjuiste wijze afgebroken.

Daarnaast is op een tweetal plaatsen een gedeelte van de tekst weggefallen. Op blz 6 moet aan het einde van de Nederlandstalige tekst worden toegevoegd: "... voor het internationaal beheer van het Rijnstroomgebied", en op blz 29, eveneens aan het einde: "... implicaties de invasie van exoten in de Rijn uiteindelijk zal hebben voor het herstel en het functioneren van het rivierecosysteem."

De redactie betreurt dit ten zeerste. Aan alle deelnemers van het congres te Arnhem zal te zijner tijd een verbeterde versie van het rapport worden toegestuurd.

As result of a production failure this version of the report "Ecological Rehabilitation of the River Rhine" contains a number of words which have been divided incorrectly. The editors regret this very much. In a few months time a corrected version of the report will be sent to all participants of the congress in Arnhem.