



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Rijkswaterstaat

Evaluatie nevengeulen Gamerensche Waard 1996-2002

RIZA rapport 2004.024

ISBN 9036956811

Auteur: Luc Jans (redactie)

Projectgroep monitoring Nevengeulen

Marianne Greijdanus-Klaas

Bertie van der Heijdt

Luc Jans

Jolande de Jonge

Jan Kranenbarg

Johan Oosterbaan

Albert van der Scheer

Max Schropp

Ton Visser

&

Meetdienst Directie Oost-Nederland

m.m.v. Jaap Postma (AquaSense)

RIZA

Lelystad

Colofon

Uitgegeven door: Rijkswaterstaat RIZA
Postbus 17
8200 AA Lelystad

Informatie: Dhr. L. Jans
Telefoon: 0320-298394
E-mail: l.jans@riza.rws.minvenw.nl

Uitgevoerd door: Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en
Afvalwaterbehandeling RIZA

Opmaak: Grafische Vormgeving B. Jansen, E. Reker

Datum: 18 oktober 2004

Voorwoord

Als we het hebben over de inrichting van een uiterwaard komt al vrij snel een nevengeul ter sprake. Een nevengeul voor 'ruimte voor de rivier' en voor het ontwikkelen van nieuwe natuur. Nieuwe natuur voor het herstellen van een belangrijke ecologische schakel in het riviersysteem: ondiep stromend water.

Vanuit het dagelijks rivierbeheer bestaan er nog veel onzekerheden over de effecten van nevengeulen op de andere gebruiksfuncties. Immers met de normalisatiewerken zijn juist alle nevengeulen afgesloten om de veiligheid te verhogen en het transport over water te bevorderen. Vanuit dit gezichtspunt bezien is het begrijpelijk dat de rivierbeheerder voorzichtig is met een nieuwe introductie van nevengeulen.

Een groot aantal bureaustudies en berekeningen zijn uitgevoerd voor het wegnemen van de onzekerheden. Deze studies hebben veel aan het licht gebracht. Bijvoorbeeld dat nevengeulen op den duur altijd zullen dichtslibben, dat aanzanding van de vaargeul niet is uit te sluiten en dat nevengeulen in ecologisch opzicht tot de schatkamers van de rivier behoren.

Voor enkele cruciale vragen bleven de onzekerheden echter groot. Complexe riviermorphologische processen van nevengeulen laten zich nog maar nauwelijks mathematisch modelleren. En de ecologische condities waaraan een nevengeul moet voldoen bleven hangen in beschrijvingen.

Kortom de beschikbare kennis was gebruikt. Alleen ervaringen uit de praktijk kunnen ons verder brengen.

In hoeverre de praktijk ons verder heeft gebracht kunt u lezen in het voorliggende rapport 'Evaluatie nevengeulen Gamberensche Waard 1996-2002'. Het geeft de resultaten weer van een evaluatieonderzoek van de nevengeulen in de Gamberensche waard.

In deze periode hebben veel mensen een bijdrage geleverd aan het verzamelen van de informatie. Uit deze grote hoeveelheid gegevens hebben de auteurs op een heldere wijze een verhaal geschreven. Een verhaal dat zich laat lezen als een zoektocht. Uitgaande van de afvoer bij Lobith worden de processen en de interacties steeds verder uitgewerkt, en met elkaar in verband gebracht.

Ik wil de auteurs, en in het bijzonder Luc Jans, bedanken voor de inzet, het geduld en de vasthoudendheid voor de langjarige samenwerking, met dit rapport als eindresultaat. Een rapport waarover ik de verwachting uitspreek dat het zijn weg zal vinden naar de mensen die vanuit verschillende invalshoeken betrokken zijn bij de inrichting en het beheer van de Rijn.

Frank Kok
Gedelegeerd opdrachtgever
Rijkswaterstaat Directie Oost-Nederland

Inhoudsopgave

Voorwoord 3

Samenvatting 7

Summary 11

1 Inleiding 15

- 1.1 Rivierherstel en nevengeulen 15
- 1.2 Opzet monitoring en evaluatie 17
- 1.3 Locatie en ligging Gamerensche Waard 18
- 1.4 Ontwikkelingsgeschiedenis voor 1995 18
- 1.5 Herinrichting periode 1995-2001 19
- 1.6 Terreinbeheer periode 1996-2002 21
- 1.7 Uitgevoerd meetprogramma 22

2 Hydrologie 25

- 2.1 De hydrologie van Rijn en Waal 25
- 2.2 Afvoer door de geulen 28
- 2.3 Stroomsnelheid in de geulen 31
- 2.4 Stromingspatronen bij in- en uitstroomopening 34
- 2.5 Afvoercapaciteit bij Maatgevend HoogWater 34

3 Morfologie 37

- 3.1 Geomorfologische context voor de Gamerensche Waard 37
- 3.2 Hoogteligging zomerbed 40
- 3.3 Sedimentatie en erosie in de nevengeulen 43
- 3.4 Visuele inspectie van de oevers 48
- 3.5 Metingen zwevend stof in de Grote geul 51
- 3.6 Modelleren zwevend stof Grote geul 54

4 Bodemkwaliteit en gerelateerde ecologische risico's 57

- 4.1 Inleiding 57
- 4.2 Ontwikkeling bodemkwaliteit 57
- 4.3 Biologische beschikbaarheid 61
- 4.4 Toxicologische toetsing op organismen 63
- 4.5 Mogelijkheden voor verspreiding of afzet van sediment 66

5 Ecologie 69

- 5.1 Vegetatie 69
- 5.2 Flora 70
- 5.3 Macrofauna 73
- 5.4 Vissen 84

-
- 6 Synthese 95**
 - 6.1 Terugkoppeling met de doelstellingen 95
 - 6.2 Evaluatie projectorganisatie 101
 - 6.3 Evaluatie monitoringsprogramma 101

Literatuurlijst 105

.....
Bijlagen

- Bijlage A Lijst van producten vanuit het project 'Monitoring nevengeulen Gamerensche Waard' 113
- Bijlage B Betrokken personen en instanties bij het project 'Monitoring nevengeulen Gamerensche Waard' 119
- Bijlage C Beschrijving gebruikte methoden voor de diverse onderdelen 120
- Bijlage D Ecotopenkaarten 1997, 2000 en 2002 123
- Bijlage E Kaart houtigen hoger dan 2 meter 124
- Bijlage F Floristische kwaliteit 125
- Bijlage G Doelsoortentabel macrofauna 126
- Bijlage H Unieke macrofaunasoorten voor de nevengeulen Gamerensche Waard 129
- Bijlage I De Nederlandse riviervissen en hun indeling in ecologische groepen 131

Samenvatting

In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Oost-Nederland is door het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA een monitoringsprogramma voor nevengeulen in de Gamerensche Waard (Waal) uitgevoerd. Gedurende de periode 1996-2002 is een breed en integraal programma uitgevoerd dat zich richtte op doelstellingen ten aanzien van het *evalueren* van de *gewenste effecten* en de *ongewenste neven-effecten (risico's)* en het *vergroten* van de *proceskennis* met betrekking tot nevengeulen.

In de Gamerensche Waard zijn in de periode 1995-1999 drie nevengeulen aangelegd, die qua dimensies uniek zijn voor de Nederlandse rivieren. Het zijn geulen die deels uitgegraven zijn in voormalig agrarisch grasland en voor een deel bestaan ze uit aangekoppelde zand- en kleiwinputten. De drie geulen verschillen qua ligging (binnen en buiten zomerkade), lengte (0,5-2 km), breedte, diepte (0-20 meter), afvoer (1-3%), e.d. Ook stroomt slechts één van de drie geulen permanent mee, de andere twee respectievelijk 4 maanden en 11 maanden per jaar.

Hydrologie

Resultaten

De monitoringsperiode (1996-2002) kenmerkte zich door relatief hoge rivierafvoeren, waardoor de nevengeulen frequenter hebben meegestroomd dan de referentie voor het ontwerp. Het gezamenlijke debiet door de drie nevengeulen is bij een mediane rivierafvoer zo'n 2%. De grootste stroomsnelheid in de nevengeulen treedt op bij versmallingen; de grootste turbulenties net stroomafwaarts van die versmallingen. Bij lage rivierafvoeren heeft de scheepvaart een grote invloed op de stroomsnelheid in de geulen; tot aan omdraaiing van de stroomrichting toe. De afvoercapaciteit van de Waal is niet significant verlaagd door de sedimentatie in de nevengeulen. Ook de vegetatieontwikkeling heeft slechts geleid tot een minimale verkleining van de afvoercapaciteit van de rivier.

Morfologie

De voorspelde aanzanding in het zomerbed ter hoogte van de Gamerensche Waard is inderdaad opgetreden, maar bleek moeilijk traceerbaar vanwege langzaam langstreckende zandgolven/duinen over de bodem van de Waal. De aanzanding als gevolg van de aanleg van de nevengeulen bevindt zich in dezelfde orde van grootte als de meetruis en de autonome ontwikkelingen in het rivierbed.

Globaal gezien zijn er geen grote morfologische veranderingen opgetreden in de nevengeulen van de Gamerensche Waard. De erosie- en sedimentatiesnelheden bleken in de eerste jaren na aanleg groter dan in de latere jaren. Lokaal bleek er wel duidelijk (oever)erosie of sedimentatie op te treden.

De voormalige zandwininput is naar verwachting pas rond 2050 opgevuld tot het niveau van de rest van de geul (netto sedimentatie van 0,05 tot 0,11 m/jaar).

Bodemkwaliteit en ecologische risico's

Het sediment in de nevengeulen bestaat grotendeels uit zand (in de voormalige zandwinput is het een mengsel van slib en zand). De bodemkwaliteit van de nevengeulen is gedurende de monitoringsperiode verbeterd (sedimentatie van schoon zand).

Hoewel er gezien de concentraties aan milieuvreemde stoffen in de bodem negatieve ecologische effecten te verwachten zijn, zijn die risico's niet zodanig dat dit het ecologisch herstel in ernstige mate kan blokkeren. Deze risico's worden geleidelijk kleiner doordat het sediment steeds zandiger wordt.

Er zijn geen mogelijkheden voor (een rendabele) afzet van het sediment, omdat de samenstelling te heterogeen is. Verspreiding van het sediment naar elders in het riviersysteem is veelal wel mogelijk daar de kwaliteit van het sediment meestal klasse 0 tot II is.

Ecologie; planten

Het aandeel bomen/struiken in de Gamerensche Waard is beperkt gebleven vanwege de matige kiemings- en vestigingsmogelijkheden; op de eilanden door de dichte grasmat en op de oevers van de geulen door de sterke waterstandsfluctuaties. Ten aanzien van de flora zijn er nauwelijks doelsoorten, beschermde soorten en/of de Rode Lijst-soorten aangetroffen in of nabij de nevengeulen. Desondanks is de floristische kwaliteit van de slikkige oevers van de geulen (zeer) goed, maar niet uitzonderlijk in vergelijking met andere natuurontwikkelingsprojecten langs de Waal.

In de Grote geul zijn in 2002 enkele kleine veldjes met waterplanten aangetroffen (Aarvederkruid en Schedefonteinkruid).

Ecologie; macrofauna

De soortenrijkdom in de nevengeulen is beduidend hoger dan in de kribvakken van de hoofdstroom. In de nevengeulen van de Gamerensche Waard komt zo'n 75% van de recentelijk in het zomer- en winterbed van de Rijn aangetroffen soorten voor. De langzaam stromende delen van de nevengeulen blijken significant minder exoten te bevatten dan de hoofdstroom.

Van de 46 macrofaunadoelsoorten zijn 3 soorten in de nevengeulen van de Gamerensche Waard aangetroffen. De afwezigheid van de andere doelsoorten kan voor een groot deel toegeschreven worden aan het ontbreken van enkele specifieke habitats (grind, dood hout, waterplanten). Van de bodemlevende muggen zijn de meeste soorten wel terug gekeerd.

Het substraatype (bodemtextuur), de waterdiepte, de stroomsnelheid, de morfodynamiek, het organisch stofgehalte en de bodemchemie zijn allen van belang voor het al dan niet voorkomen van macrofaunasoorten. Deze factoren zijn onderling echter sterk afhankelijk, waardoor heldere relaties moeilijk zijn aan te tonen. De grootste soortenrijkdom komt voor op slib en vegetatie in ondiep, langzaam stromend water met een niet al te sterke erosie of sedimentatie. Deze factoren blijken van grotere invloed op de samenstelling van de macrofauna dan de verontreinigingsgraad.

Ecologie; vis

In de nevengeulen van de Gamerensche Waard zijn diverse stroomminnende vissoorten aangetroffen, waaronder ook vijf doelsoorten (barbeel, kopvoorn, sneep, winde en rivierprik). Deze stroomminnende vissen gebruiken de nevengeulen vooral als opgroeigebied tijdens hun

jongste levensfasen. Later trekken ze naar de hoofdstroom. De meeste reofiele vis komt passief de nevengeulen in middels larvale drift.

Scheepvaart

Conclusies nevengeulen Gamerensche Waard

Er zijn geen problemen voor de scheepvaart ontstaan ondanks de lichte aanzanding in het zomerbed als gevolg van de aanleg van de nevengeulen. De aanzanding als gevolg van de nevengeulen interfereert met andere grootschalige 'autonome' processen, waardoor altijd rekening gehouden zal moeten worden met temporele fluctuaties in die bodemhoogte.

Geen voor de scheepvaart storende (dwars)stromingen bij de in- of uitstroomopening.

Veiligheid

De vergroting van de waterafvoercapaciteit van de rivier door de aanleg van de nevengeulen is voor een klein deel ($\pm 15\%$) tenietgedaan door de sedimentatie in de bedding van de geulen en door de bos- en struweelontwikkeling elders in de Gamerensche Waard. Beheer in de nevengeulen (baggeren of graven) om het stromende karakter van de nevengeulen te behouden is voorlopig niet nodig.

Lokale oevererosie heeft op één locatie ingrijpen vereist om veiligheidsproblemen te voorkomen.

Ecologisch herstel

Door de grote variatie aan watertypen bieden de nevengeulen in de Gamerensche Waard aan een groot scala van soorten geschikte leefomstandigheden. Qua soortensamenstelling van het beoogde natuurdoeltype zijn de nevengeulen echter niet compleet.

Beheer

De nevengeulen in de Gamerensche Waard zijn grotendeels op hun plaats blijven liggen, hoewel lokaal duidelijk (oever)erosie is opgetreden. Regelmatige visuele inspectie van de oevers van de nevengeulen is noodzakelijk.

Er is een lichte bodemkwaliteitsverbetering opgetreden, omdat het nieuwe sediment in de nevengeulen voornamelijk uit (schoon) zand bestaat. Het zand(transport) bleek een veel dominantere rol te spelen dan het slib(transport).

Een diepe put als onderdeel van een nevengeul fungeert inderdaad als sedimentvang, maar lijkt niet vereist om snel dichtzanden te voorkomen.

Summary

Under the authority of the Ministry of Transport, Public Works and Water Management (Eastern Netherlands division), the Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment RIZA executed a monitoring program on secondary channels in the Gamerensche Waard. During the period 1996-2002 a broad and complete program was executed with three main objectives: 1) evaluation of the desired effects, 2) assessment of the undesirable side-effects (risks) and 3) increase of the knowledge about secondary channels.

In the period 1995-1999 three secondary channels were excavated in the Gamerensche Waard along the river Waal (the main side branch of the river Rhine). Regarding the dimensions, these channels are unique for Dutch rivers. These channels are digged out partly from former agricultural grassland and partly they exists of connected former sand and clay extraction pits. The three secondary channels vary with regard to location (inside and outside the summer embankment), length (0.5-2 km), width, depth (0-20 m), discharge (1-3%) and the like. Just one of the channels is flowing permanently, the other two contain flowing water in respectively 4 and 11 months a year.

Hydrology

Results

The monitoring period (1996-2002) was characterized by relatively high river discharges. Therefore the secondary channels were connected to the stream flow more frequently than planned. The total discharge of the three secondary channels is about 2% of the average river discharge. The maximum flow velocity in the secondary channels appeared at narrows; the strongest turbulences just downstream of those narrows. With low river discharges, a large influence of navigation on the flow velocity was visible in the channels; this led sometimes to a turnover of the flow direction. The discharge capacity of the Waal with high floods was not lowered significantly by the sedimentation in the secondary channels. The vegetation development led to only a minimal decrease of the discharge capacity of the river.

Morphology

The predicted sedimentation in the main channel parallel to the Gamerensche Waard did indeed occur, but it appeared difficult to prove because of the interference with slowly passing sand waves/dunes on the bottom of the Waal. The sedimentation resulting from the construction of the secondary channels was of the same order as the measurement uncertainty and the autonomous developments in the riverbed.

Roughly no large morphological changes were measured in the secondary channels of the Gamerensche Waard. The erosion- and sedimentation rates in the first years after construction were larger than in the later years. Locally some clear (bank) erosion and sedimentation were recognized.

It is expected that the former sand extraction pit will be filled up to the level of the rest of the channel around the year 2050 (net sedimentation rate is about 0.05 to 0.11 m/year).

Soil quality and ecological risks

The bed soil in the secondary channels consists mainly of sand (in the former sand extraction a mixture of silt and sand). The soil quality of the secondary channels has improved during the monitoring period (sedimentation of clean sand).

Although the concentrations of toxic substances in the bottom are so high that negative ecological effects can be expected, the determined risks are not so high that these can block the ecological recovery seriously. These risks are gradually decreasing because the sediment becomes more and more sandy and this means also cleaner.

There are no possibilities for (a cost-effective) extraction of the sediment due to the heterogeneous composition. Distribution of the sediment to elsewhere in the river system is possible due to the tolerable quality of the sediment.

Ecology; vegetation

The abundance of trees and bushes in the Gamerensche Waard is still limited because of the imperfect germination and establishment conditions: on the islands because of the dense grass cover and on the banks of the channels because of the large water level fluctuations.

With regard to the floristic composition, hardly any target species, Red-list species or protected species were found in or near the secondary channels. In spite of this, the floristic quality of the muddy banks of the channels is (very) good, but not exceptional in comparison with other nature developments projects along the river Waal.

In the biggest secondary channel in the Gamerensche Waard some small fields with aquatic vegetation were found in 2002 (*Myriophyllum spicatum* and *Potamogeton pectinatus*).

Ecology; macroinvertebrates

In the secondary channels of the Gamerensche Waard about 75% of the recently recorded species of the river Rhine occurs. The species diversity of the secondary channels is much higher than in the groyne fields of the main channel. In the slow flowing parts of the secondary channels significantly less exotic species occur than in the main river bed.

From the 46 (macroinvertebrate) target species, only 3 species were discovered in the secondary channels of the Gamerensche Waard. The absence of other target species can largely be attributed to the lacking of some specific habitats e.g. gravel, woody debris and aquatic vegetation. Those chironomid species that are characteristic for stable sandy flats recolonised the area quite fast.

The sediment type, the water depth, the flow velocity, the morphodynamics, the organic matter content and the soil chemistry together determine the species composition of the macroinvertebrate community. All these factors are mutually strong dependent on each other; evident relations are difficult to prove. The highest species diversity occurs on silt or vegetation in shallow, slow flowing water with a limited erosion or sedimentation. These factors seem to be of a larger influence on the macroinvertebrate composition than the degree of soil pollution.

Ecology; fish

In the secondary channels of the Gamerensche Waard various reophilic fish species (preference for flowing water) were found, including five target species (*Barbus barbus*, *Leuciscus cephalus*, *Chondrostoma nasus*, *Leuciscus idus* and *Lampetra fluviatilis*). For these reophilic fish the secondary channels function mainly as a growing up area during their earliest stages of life. Later on they migrate to the main channel. The most reophilic fish enters the secondary channels passively by means of larval drift.

Inland navigation**Conclusions secondary channels Gamerensche Waard**

Problems for navigation were not detected in spite of the slight sedimentation in the main channel, which is a result of the construction of the secondary channels. The sedimentation as a result of the secondary channels interferes with other large-scale 'autonomous' processes. Consequently one should always bear in mind the temporal fluctuations in bed level. Inland navigation was not hindered by (cross) currents at the in- or outlet of the channels.

Safety

The increase of the river discharge capacity resulting from the construction of secondary channels was annulled for a small part ($\pm 15\%$) by the sedimentation in the bed of the channels and by the bush encroachment elsewhere in the Gamerensche Waard. At this moment dredging or digging the secondary channels in order to maintain the flowing character of the channels is not needed. At one location local bank erosion required intervention to prevent safety problems.

Ecological restoration

Because of the large variation of water types, the secondary channels in the Gamerensche Waard offer suitable habitats for a wide range of species. However, concerning the species composition according to the intended nature target type, it is clear that the secondary channels are not yet complete.

Management/Maintenance

The secondary channels in the Gamerensche Waard remained largely at their original location, although locally distinct (bank) erosion appeared. Regular visual inspection of the banks of secondary channels is and will be necessary in future.

A slight improvement of the soil quality occurred, because the new sediments in the secondary channels consist mainly of (clean) sand.

The sand (transport) turned out to be a much more outstanding factor than the silt (transport).

A deep extraction pit as part of a secondary channel functions as a sediment catch indeed, but it does not seem to be necessary at all to prevent filling up with sand.

1 Inleiding

1.1 Rivierherstel en nevengeulen

Nederlands grootste rivier, de Rijn, is een rivier waar vele (gebruiks) functies samenkomen. Een veilige afvoer van water, sediment en ijs staat daarbij voorop. De economisch zeer belangrijke scheepvaartfunctie bepaalt ook in grote mate het aanzien van de huidige Rijn. De afgelopen eeuwen heeft de mens te behoeve van deze functies vele ingrepen in het riviersysteem gedaan; bedijkingen, aanleg van stuwen en kribben, baggeren, e.d. Ook invloeden van buiten hebben de afgelopen eeuwen grote effecten gehad op het riviersysteem, zoals verschuiving van afvoerpatronen door veranderd landgebruik en verslechtering van de waterkwaliteit.

Door al deze ontwikkelingen en ingrepen is het ecosysteem van de Rijn volledig veranderd; hydromorfologische processen zijn sterk aan banden gelegd (Schoor & Sorber, 1998; Schoor *et al.*, 1999) en specifieke habitats zijn verdwenen. Met name het areaal ondiep stromend water is bijna uit het riviersysteem verdwenen. Het huidige riviersysteem is bij wijze van spreke opgesplitst in twee componenten; een hoog-dynamisch, intensief bevaren zomerbed en de laag-dynamische uiterwaarden die alleen tijdens een hoogwater in verbinding staan met de rivier (Buijse *et al.*, 2002; Wolters *et al.*, 2001). Hydro-morfologische processen zijn hierdoor sterk aan banden gelegd en natuurlijke patronen kunnen nauwelijks ontstaan. Terwijl voor een ecologisch herstel van rivieren dit juist de essentiële factoren zijn. Veel aquatische rivier-organismen brengen in ondiep stromend water belangrijke fasen van hun levenscyclus door (Grift, 2001; van der Molen *et al.*, 2002).

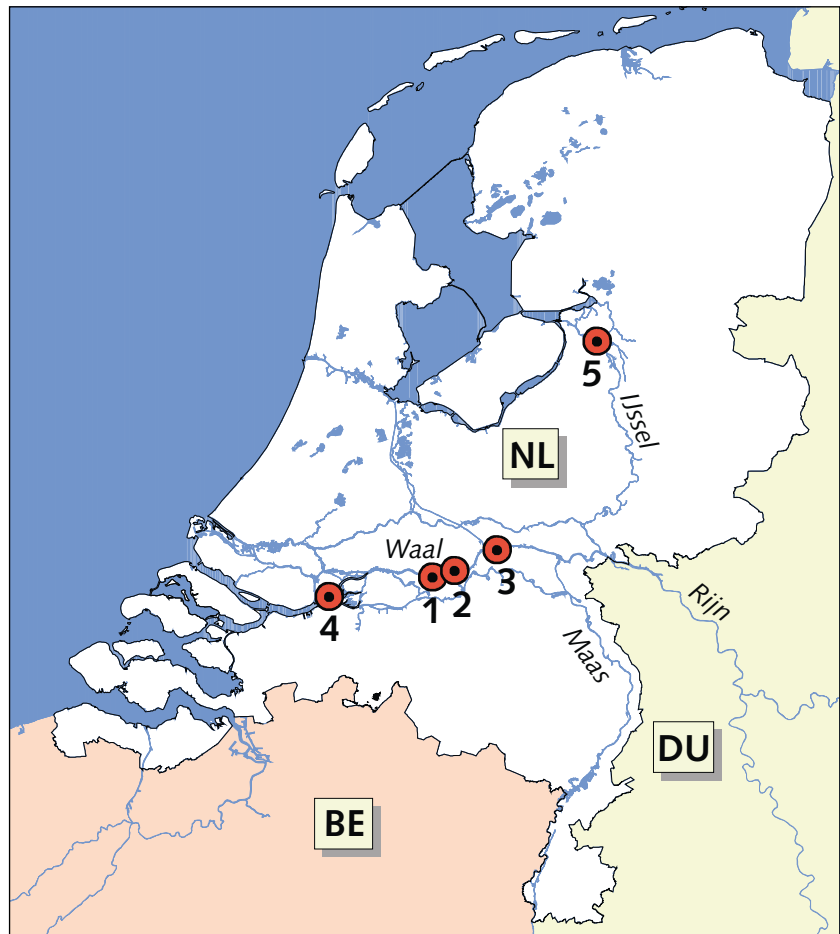
In het huidige zomerbed zijn er beperkte mogelijkheden om ondiep, langzaam stromend water te creëren. Om deze reden zijn kansen benut om deze ecotopen te herstellen en tot ontwikkeling te brengen in de uiterwaarden van onze rivieren (Simons *et al.*, 2000; Simons *et al.*, 2001). Veelal als nevengeulstelling bij het vergroten van de waterafvoercapaciteit (Wolters *et al.*, 2001).

Op verschillende locaties langs de Nederlandse Rijn takken zijn in het afgelopen decennium nevengeulen gerealiseerd, of is de planstudie in een vergevorderd stadium (figuur 1; tabel 1). De gemeenschappelijke doelstelling van deze projecten is het combineren van ecologisch herstel en vergroting van de veiligheid tegen overstroming.

Figuur 1

Ligging van de gerealiseerde nevengeulen langs de grote rivieren.

1. Gamerensche Waard
2. Opijnen
3. Beneden-Leeuwen
4. Plan Doorstroming
5. Vreugderijkerwaard



Tabel 1

Overzicht van de gerealiseerde nevengeulen langs de grote rivieren in Nederland.

- 1 Afvoer geul: bij gemiddelde rivierafvoer.
- 2 De afvoer door de geul is niet bepaald; vanwege het getij zeer variabel.

'Naam'	Rivier (tak)	Jaar van aanleg	Maatregel	Permanent of periodiek stromend	Afvoer geul (m ³ /s) ¹	Referentie
Opijnen	Waal	1994	Aantakking	vrijwel permanent	8	Simons <i>et al.</i> , 2000
Beneden-Leeuwen	Waal	1997	Aantakking	vrijwel permanent	6	Simons <i>et al.</i> , 2000
Westgeul Gamerensche Waard	Waal	1996	Gegraven	vrijwel permanent	10	Deze rapportage
Oostgeul Gamerensche Waard	Waal	1996	Gegraven	periodiek	0	Deze rapportage
Grote geul Gamerensche Waard	Waal	1999	Gegraven/ aantakking	permanent	22	Deze rapportage
Plan Doorstroming	Nieuwe Merwede	1992	Aantakking/ gegraven	Periodiek o.i.v. getij	? ²	Paalvast, 2000
Vreugderijkerwaard	IJssel	2002	Gegraven	permanent	5	Veen <i>et al.</i> , 1998

Over de nevengeulen Beneden-Leeuwen en Opijnen is reeds een evaluatie verschenen (Simons *et al.*, 2000). De nevengeul in de Vreugderijkerwaard langs de IJssel is van zeer recente datum (2002) en de nevengeul uit het Plan Doorstroming in de Dordtse Biesbosch staat onder invloed van getijdenbeweging.

Ook elders in Europa zijn nog weinig ervaringen opgedaan met het herstellen of creëren van nevengeulen. Ervaringen hierover zijn tijdens een workshop in Hongarije (Baja) in 2002 uitgewisseld (Donau Hongarije: B. Csányi & S. János; Donau Oostenrijk: C. Baumgartner; Morava: K. Holubova; Rhône: C. Amoros).

Deze rapportage gaat in op drie nevengeulen in de Gamerensche Waard, gelegen aan de linkeroever van de Waal ten westen van Zaltbommel. De rivier de Waal gaat hier over van een vrijafstromende, slingerende 'bovenrivier' naar de brede, rechte 'benedenrivier' Merwede. De overgangszone uit zich in een recht riviertraject met lichte getijschommelingen tijdens lage rivierafvoeren.

1.2 Opzet monitoring en evaluatie

Ten tijde van de Delta Wet Grote Rivieren in 1996 waren er vergevorderde plannen voor de realisatie van een nevengeul in de Gamerensche Waard, de Stiftsche Waard en in de Afferdensche & Deestsche Waarden. Dit bood de mogelijkheid om de verwachtingen die in verschillende rapporten over nevengeulen waren uitgesproken te toetsen aan de praktijk. Om deze kans optimaal te benutten is al tijdens de voorbereiding en realisatie van de inrichtingsprojecten de informatiebehoefte geïnventariseerd voor het opstellen van een doelgericht monitorings- en evaluatieplan.

De overeenkomsten en verschillen tussen de nevengeulen in deze drie uiterwaarden gaf de mogelijkheid om een goed beeld te krijgen van de gewenste en ongewenste effecten van nevengeulen.

Vanwege de verontreinigingsgraad van de sedimenten bij de toekomstige uitstroomopeningen van de nevengeulen in de Stiftsche Waard en in de Afferdensche & Deestsche Waard is de realisatie daar vertraagd. Om deze reden is het monitoringsprogramma beperkt gebleven tot de drie geulen in de Gamerensche Waard. Hierdoor lenen de ervaringen uit dit onderzoek zich niet optimaal voor algemeen geldende uitspraken voor de gehele Rijntakken.

De informatiebehoefte is vertaald naar de volgende toetsbare monitoringsdoelstellingen:

- I. Het *evalueren van ongewenste neven-effecten (risico's)*
 - A. vaststellen of en in welke mate ongewenste neveneffecten voor de *scheepvaart* optreden (aanzanding en/of stroming);
 - B. vaststellen of en in welke mate ongewenste neveneffecten voor de *veiligheid* optreden (erosie waterkering);
 - C. vaststellen of en in welke mate ongewenste neveneffecten voor het *beheer* optreden (afzetting van al dan niet verontreinigd sediment).

-
- II. Het *evalueren* van de *gewenste effecten*
 - A. vaststellen of en in welke mate de *ruimte voor de rivier* die de nevengeul biedt teniet wordt gedaan door de ontwikkeling van de vegetatie;
 - B. vaststellen welke beheersinspanning nodig is om het *permanent stromende karakter* van een nevengeul te behouden;
 - C. vaststellen van de effectiviteit van een *sedimentvang* in een nevengeul;
 - D. vaststellen of en in welke mate de *doelorganismen* van een *nevengeul* zich vestigen.
 - III. Het *vergroten* van de *proceskennis* omtrent het ecologisch herstel, de hydromorfologische ontwikkeling en het beheer van nevengeulen
 - A. *verklaren* van *erosie- en sedimentatiepatronen* in de neven- en hoofdgeul en uitbreiden van bestaande hydrologische modellen op dit gebied;
 - B. *identificeren* van *faalfactoren* in termen van *habitat* en *ecotoxicologie* voor *doelorganismen* waarvan de vestiging uit- of achterblijft bij de verwachtingen, en voor zover mogelijk, identificeren van succesfactoren voor vestiging van andere niet als doelsoort benoemde soorten.

1.3 Locatie en ligging Gamerensche Waard

De Gamerensche Waard bevindt zich aan de linkeroever van de Waal (rivierkilometer 937), in de gemeente Zaltbommel van de provincie Gelderland. De uiterwaard heeft een oppervlak van circa 200 hectare. Het riviertraject waarin de Gamerensche Waard is gelegen heeft een heel gering verhang bij lage rivierafvoeren (4 cm/km bij een Waalafvoer van 1000 m³/s; bovenstrooms is het verhang 10 cm/km). Hierdoor zijn de waterstandsfluctuaties bij lage rivierafvoeren gering, hetgeen wordt versterkt door de geringe getijdewerking. Morfologisch komt dit tot uitdrukking in zandafzetting tijdens hoogwater op de oeverwal en het kribvak.

1.4 Ontwikkelingsgeschiedenis voor 1995

De invloed van de mens op het rivierenlandschap is groot. Sinds de Middeleeuwen is men begonnen met de aanleg van dijken. De bocht in de Waal bij Gameren is hierdoor steeds verder in stroomafwaartse richting verlegd, hetgeen nog te zien is aan de vorm van de dijken. Tussen 1850 en 1930 zijn de normalisatiewerken uitgevoerd. In deze periode zijn vanaf de huidige zomerkade kribben aangelegd. Het gebied tussen de zomerkade en de rivier is hierdoor opgeslibt en aangezand. In 1870 is de Gamerensche Waard vergroot, met het terugleggen van de bandijk (het huidige tracé van de primaire waterkering). Deze oude voormalige bandijk is nog in het landschap te zien. De bodemopbouw van de Gamerensche Waard is zeer gevarieerd. Naast de riviermorfologische processen als erosie en sedimentatie wordt al sinds de 16e eeuw klei gewonnen voor het maken van bakstenen.

Figuur 2

Topografische kaart Gamerensche Waard omstreeks 1900



Rond 1970 is een begin gemaakt met zandwinning in de Gamerensche Waard. Hierdoor is in het westelijke deel van de uiterwaard een diepe zandwinplas ontstaan (Foto 1).

Rond 1990 is het steenfabrieksterrein aanzienlijk verkleind om de waterafvoercapaciteit van de Waal te vergroten.

Foto 1

Zwart-wit luchtfoto Gamerensche Waard april 1995 met het nieuwe dijktracé (- - -)



1.5 Herinrichting periode 1995-2001

Als onderdeel voor de Milieu Effect-Rapportage dijkverbetering Gameren-Nieuwvaal is in 1993 de ontwikkelingsvisie Gamerensche Waard opgesteld (Grontmij, 1993). Deze visie is 1995 uitgewerkt in het inrichtingsplan 'Geulen voor de Dijk' (Grontmij, 1995). De kern van dit inrichtingsplan was het aanwenden van klei en zand uit de te graven nevengeulen voor de aanleg van een nieuwe dijk. Inmiddels was als gevolg van het hoogwater van januari 1995 het Deltaplan Grote Rivieren in werking getreden waardoor in de tweede helft van 1995 de nieuwe dijk aangelegd kon worden. In 1996 zijn de graafwerkzaamheden verder gegaan, hetgeen er toe leidde dat eind 1996 beide periodiek meestromende geulen in de Gamerensche Waard gereed kwamen (tabel 2, figuur 3). Ook is toen een start gemaakt met de realisatie van de Grote geul. De invaart van de voormalige zandwinplas is toen afgesloten en de Grote geul is toen benedenstrooms aangetakt.

.....

Foto 2

Luchtfoto Gamerensche Waard juli 1997



Eind 1997 zijn de gebouwen op het voormalige steenfabrieksterrein afgebroken en opgeruimd. In het najaar van 1998 en in de zomer van 1999 zijn de brug en het reguleringswerk voor de Grote geul aangelegd. De grond die daarbij vrijkwam is grotendeels verwerkt in de oevers van de tot dat moment geïsoleerde strang ten oosten van deze brug, waardoor dat deel van de Grote geul wat flauwere oevers heeft gekregen¹. In de nazomer van 1999 is de instroomopening van de Grote geul gegraven.

De werkzaamheden in de Gamerensche Waard zijn op 13 oktober 1999 officieel beëindigd, met de opening door de Staatssecretaris voor Verkeer en Waterstaat, Mevr. De Vries.

Na oktober 1999 hebben er geen echte inrichtingswerkzaamheden meer plaatsgevonden. Wel zijn er in juni 2000 herstelwerkzaamheden verricht aan de op- en afrit van de brug. In juni 2001 is lokaal de oever van de Grote geul (direct stroomafwaarts van de brug) versterkt met stortsteen vanwege al te sterke oevererosie die daar opgetreden was sinds het meestromen van deze geul (zie ook hoofdstuk 3).

.....

Tabel 2

Overzicht van de drie nevengeulen in de Gamerensche Waard

Nevengeul	Locatie binnen uiterwaard	Permanent of periodiek meestromend	Datum van aantakking	Lengte (km)
Westgeul	buiten de zomerkade	periodiek (gepland op ± 265 dagen/jaar)	november 1996	1
Oostgeul	buiten de zomerkade	periodiek (gepland op ± 100 dagen/jaar)	september 1996	0,5
Grote geul	tussen de zomerkade en de winterdijk	permanent	oktober 1999	2

.....

Noot

1 Vanaf september 1998 heeft deze oorspronkelijk geïsoleerde strang in permanente verbinding met de Waal gestaan (van september 1998 tot oktober 1999 alleen benedenstrooms aangetakt).

Foto 3

Luchtfoto Gamerensche Waard juni 2000



1.6 Terreinbeheer periode 1996-2002

In de ontwikkelingsvisie voor de Gamerensche Waard uit 1993 is het voorstel om het gebied integraal extensief te begrazen. Door de beheerder Staatsbosbeheer is dit ingevuld met een (voornamelijk) seizoensbegrazing met Rondbonte Maas, Rijn en IJssel runderen (pinken) en Shetland-pony's. De pinken hebben de afgelopen jaren veelal in een aantal van zo'n 20 stuks van mei tot en met oktober in de Gamerensche Waard gelopen. De Shetland-pony's verbleven het gehele jaar in het gebied (± 10). Dit leverde een gemiddelde begrazingsdruk van 0,7 grootvee-eenheden per hectare begraasbaar gebied op (figuur 3). Door de graafwerkzaamheden en de relatief hoge waterstanden is het begrazingsbeheer langzaam op gang gekomen. Sinds 2000 is er sprake van een gelijkmatige dichtheid.

Figuur 3

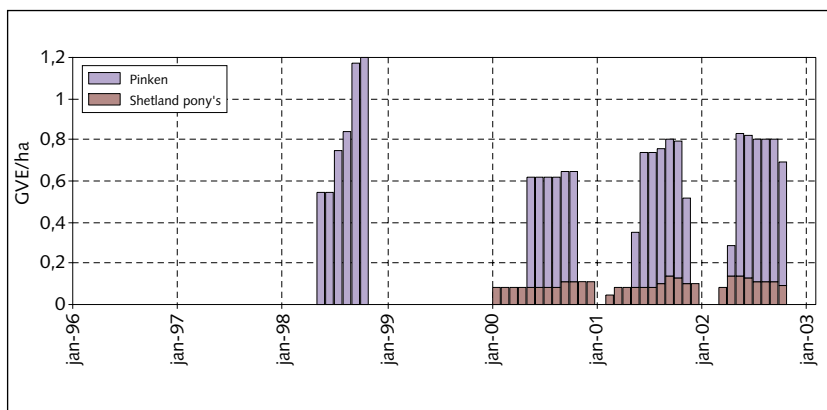
Veedichtheid Gamerensche Waard in de periode 1996-2002.

Bron: Staatsbosbeheer.

GVE: GrootVeeEenheid

1 pink (jong rund) = $\frac{3}{4}$ GVE

1 Shetlandpony = $\frac{1}{4}$ GVE



In de periode 1995 - 2002 is geen maai- of kapbeheer uitgevoerd. Een klein deel van het gebied is in particulier eigendom en beheer. Hierop heeft de afgelopen jaren een afwijkend beheer plaatsgevonden, waardoor hier nog 'normaal' productiegrasland aanwezig is.

1.7 Uitgevoerd meetprogramma

In september 1996 zijn de eerste metingen van dit monitoringsprogramma opgestart (tabel 3). De meeste onderdelen zijn echter pas gaan lopen na het opstellen van het meerjarig monitoringsplan (Jans *et al.*, 1998). Dit plan besloeg de meetperiode 1998-2002. In bijlage C wordt kort ingegaan op de diverse methodieken die bij dit meetprogramma gebruikt zijn. Voor een beschrijving van de exacte details van het uitgevoerde monitoringsprogramma wordt verwezen naar de data-rapportages (zie lijst van producten in Bijlage A) en het projectplan (Jans *et al.*, 1998).

Tabel 3	Onderdeel	Frequentie	Periode	Opmerkingen
Overzicht van het uitgevoerde meetprogramma in de Gamerensche Waard	Hoogteligging zomerbed Waal	Elk kwartaal	Sept. 1996-2002	
	Hoogteligging nevengeulen	Jaarlijks	1996-2002	najaar
	Bodemsamenstelling (fysisch en chemisch)	1 à 2 keer per jaar	Sept 1997-2002	
	Debiet	maandelijks	Aug. 1999-dec. 2002	
	Zwevend stof	maandelijks	Jan. 2000-dec. 2002	
	Ecotoxicologie	1 keer per 2 jaar	1998-2002	mei
	Ecotopen	1 keer per 2 jaar	1997, 2000 en 2002	
	Flora	1 keer per 2 jaar	1998-2002	
	Macrofauna	2 keer per jaar	1998-2002	mei en sept. 1998 en 1999 alleen in mei
	Vis; broed	2 keer per jaar	1998-2002	juni en aug./sept.
	Vis; volwassen	Eenmalig	2001	voorjaar

N.B. Vanwege de uitbraak van het MKZ-virus in 2001 zijn in het voorjaar van 2001 (maart-mei) enkele metingen/bemonsteringen vervallen.

Sinds het opstellen van dit monitoringsprogramma in 1997, hebben zich enkele wijzigingen voorgedaan. De belangrijkste daarvan is het wegvallen van de monitoring in geulen in de Stiftsche Waard en in de Afferdensche & Deestsche Waard, vanwege het niet realiseren van die geulen. Wel zijn, na het afronden van het evaluatierapport betreffende de nevengeulen nabij Opijnen en Beneden-Leeuwen (Simons *et al.*, 2000), de metingen aangaande de nevengeul Opijnen opgenomen in dit monitoringsprogramma voor de geulen in de Gamerensche Waard.

Enkele andere belangrijke wijzigingen ten opzichte van dit projectplan (Jans *et al.*, 1998) zijn:

- Geen tellingen van (water)vogels
- Sedimentdiktemetingen zijn wel uitgevoerd, maar bleken niet bruikbaar
- Vertraagde start debietmetingen
- Lagere meetfrequentie bodemhoogte nevengeulen (1x/jaar i.p.v. 2 à 4x/jaar)
- Naast een tweejaarlijkse ecotoopkartering ook een tweejaarlijkse kartering van alle bomen en struiken
- Ook een najaarsbemonstering van de macrofauna
- Frequentere visbemonsteringen (2x/jaar i.p.v. 1x/jaar)
- Ook visbemonsteringen in de twee periodieke geulen

2 Hydrologie

2.1 De hydrologie van Rijn en Waal

De ontwikkeling van de nevengeulen bij Gameren wordt in hoge mate gestuurd door de hydrologie van de Rijn. Figuur 4 geeft de afvoer bij Lobith weer in de periode januari 1996 - december 2003, en de afvoerniveaus waarboven de Oostgeul en de Westgeul meestromen. In figuur 5 is het waterstandsverloop gegeven ter hoogte van Gameren (km 937) over dezelfde periode. Bij Gameren is geen extra waterstandsmeetpunt ingericht, maar er is gebruik gemaakt van het bestaande netwerk. De waterstanden van figuur 5 zijn bepaald door interpolatie tussen de 8:00h-waterstanden van Zaltbommel en Vuren. Daar de Gamerensche Waard ver benedenstrooms ligt, blijven de absolute waterstandschommelingen beperkt tot zo'n 6 meter (hoogste: 642 cm +NAP in nov. 1998; laagste: 51 cm +NAP febr. 1996). 80 % van de tijd blijven de waterstandsschommelingen echter binnen de 2,5 meter (95-330 cm +NAP) (zie ook tabel 4). Het verhang van de rivierbodembij Gameren ligt in de orde van 12 cm/km en bij hoogwater is het waterspiegelverhang gelijk aan dit bodemverhang. Bij Waalafvoeren lager dan ca. 3000 m³/s is het waterspiegelverhang vanwege de zee-invoel kleiner, afnemend tot 4 cm/km bij een Waalafvoer van 1000 m³/s.

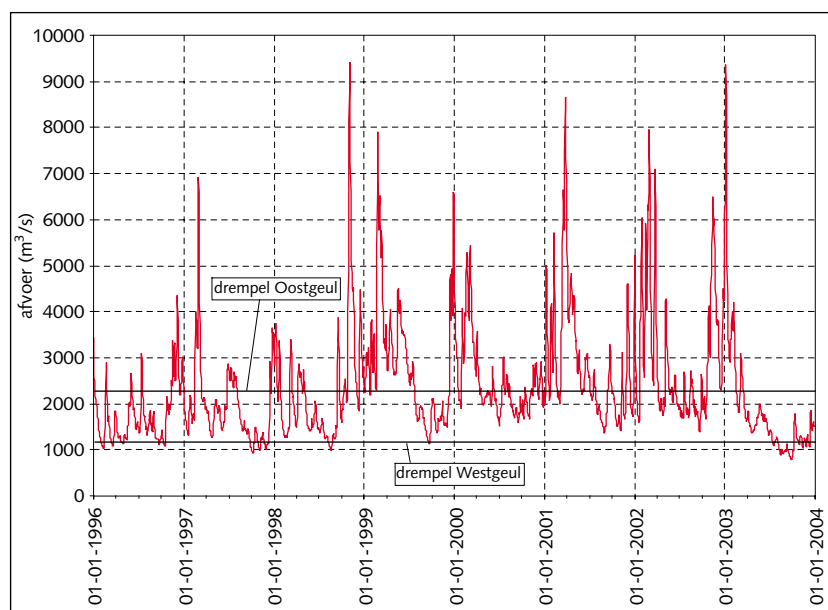
Tabel 4

Afvoeren en waterstanden bij enkele onderschrijdingspercentages (1901-1990)

Parameter	10%	50%	90%
Afvoer Lobith (m ³ /s)	1135	1970	3580
Afvoer Waal (m ³ /s)	908	1573	2424
Waterstand Zaltbommel (cm+NAP)	101	185	356
Waterstand Gameren (cm+NAP)	95	173	331
Waterstand Vuren (cm+NAP)	56	90	164

Figuur 4

Afvoer bij Lobith in de periode 1996-2003



Ter hoogte van de Gamerensche Waard staat de Waal bij lage rivierafvoeren onder invloed van het getij vanuit zee. Dit leidt echter maar zelden tot waterstandschommelingen groter dan 20 cm.

De drempelwaarden voor het meestromen van de beide periodieke geulen zijn gegeven in tabel 5. Hoewel beide geulen in de loop van de tijd zijn aangezand, is toch de drempel aan het begin van elke geul gedurende de gehele periode maatgevend geweest voor het al of niet meestromen. De meestroomfrequentie heeft betrekking op het aantal dagen per jaar dat de genoemde afvoer te Lobith gemiddeld werd overschreden in de periode 1901-1990. Deze wijken af van de ontwerpwaarden, hetgeen deels verklaard wordt doordat de drempels iets lager aangelegd zijn dan het ontwerp aangaf (Sieben, 1998). Volgens het ontwerp zouden de drempels op 110 cm +NAP voor de Westgeul en 225 cm +NAP voor de Oostgeul moeten liggen.

Tabel 5

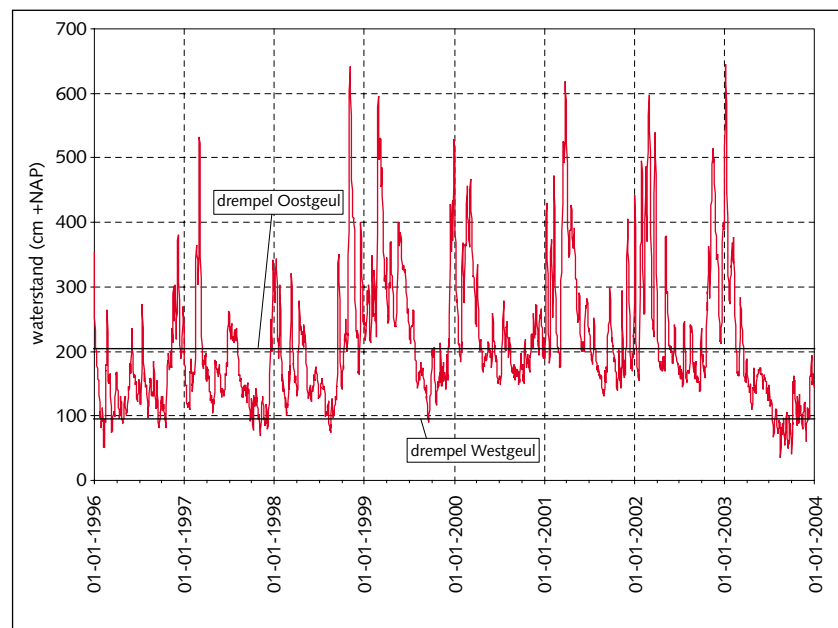
Drempelwaarden voor stroomvoering van de periodieke geulen

Parameter	Westgeul	Oostgeul
Afvoer Lobith (m ³ /s)	1135	2294
Afvoer Waal (m ³ /s)	908	1573
Waterstand Zaltbommel (cm+NAP)	101	219
Waterstand Gameren (cm+NAP)	95	204
Drempelhoogte ontwerp	110	225
Drempelhoogte aanleg	95	204
Meestroomfrequentie (dgn/jr)	329	129

De Grote geul heeft sinds de opening (oktober 1999) permanent meegestroomd.

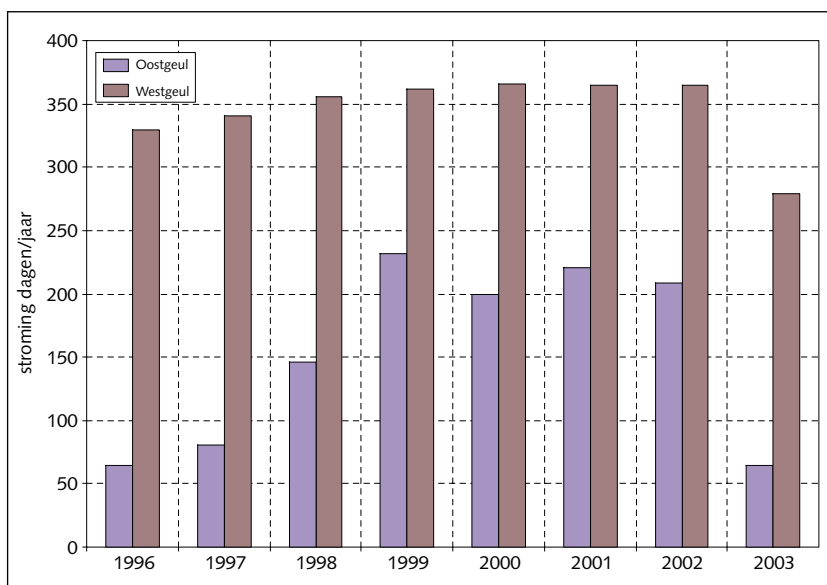
Figuur 5

Waterstanden Waal ter hoogte van de Gamerensche Waard (km 937)



Figuur 6

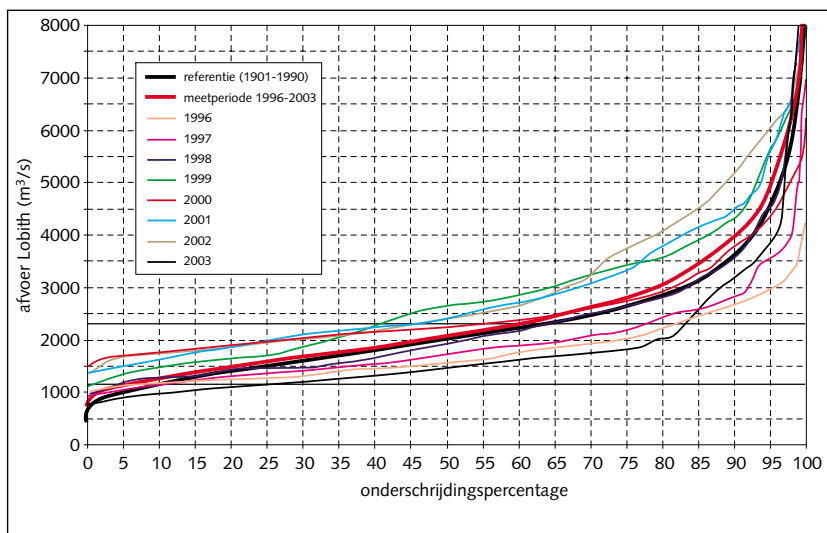
Stroomvoerendheid periodieke
nevengeulen in de Gamerensche
Waard (km 937)



In figuur 6 staat het aantal dagen per jaar dat elk van de periodieke geulen watervoerend is geweest. Voor 1996 is dit deels een fictief getal omdat de twee periodieke geulen pas eind 1996 zijn aangesloten. Beide geulen hebben in de periode 1996-2003 aanzienlijk vaker meegestroomd dan waarop ze ontworpen zijn. Dit komt mede doordat de beschouwde periode natter was dan de referentieperiode 1901 - 1990, zoals is te zien in figuur 7. De meeste frequentielijnen liggen hoger dan de referentielijn, alleen 1996, 1997 en 2003 waren aanmerkelijk droger en 1998 volgde de referentielijn op de voet.

Figuur 7

Cumulatieve frequentieverdeling van
de afvoer bij Lobith



Met uitzondering van 1998 is er elk jaar een hoogwaterperiode in de lente geweest. In november 1998 was er overigens wel de hoogste rivierafvoer tijdens deze periode. Echt extreem hoge rivierwaterstanden zoals in 1993 en 1995 zijn er echter gedurende de beschouwde periode niet opgetreden.

De stroomsnelheid in (de vaargeul van) het zomerbed van de Waal ter hoogte van Gameren varieert van zo'n 1,8 m/s tijdens zeer hoge rivierafvoeren tot zo'n 0,5 m/s tijdens zeer lage rivierafvoeren. Bij gemiddelde afvoeren bedraagt de stroomsnelheid 1,1 m/s. Hierbij dient gerealiseerd te worden dat in de kribvakken vaak heel andere stroomsnelheden optreden als gevolg van de kribben.

De monitoringsperiode kenmerkt zich door relatief hoge rivierafvoeren, waardoor de nevengeulen frequenter hebben meegestroomd dan de referentie voor het ontwerp.

2.2 Afvoer door de geulen

Afvoer is een belangrijke stuurvariabele voor nevengeulen. Het is één van de ontwerpparameters en een invoerparameter om de stroomsnelheid te berekenen. Echter een praktisch uitvoerbare meetmethode was aan het begin van het programma niet beschikbaar, en moest dus eerst worden ontwikkeld. Om deze reden is pas in 1999 begonnen met de maandelijkse metingen.

In de loop der tijd zijn verschillende meettechnieken toegepast:

1999 - 2000 Ottmolen

2000 - 2001 Ottmolen en EMS

2001 - 2003 ADCP

Met een Ottmolen en met een Electromagnetische stroomsnelheidsmeter (EMS) wordt in de geul een dwarsraai geselecteerd, en wordt op regelmatige afstanden (0,5 à 1,0 m) op een aantal punten in de verticaal de stroomsnelheid gemeten. Door de gemeten stroomsnelheid per meetpunt te vermenigvuldigen met een representatief oppervlak tot een specifiek debiet, en de specifieke debieten te sommeren over het dwarsprofiel wordt het totaaldebiet verkregen. In de Grote geul (G365) werden de metingen uitgevoerd vanaf de brug halverwege de geul, in de periodiek stromende geulen (G265 en G100) lag de meetraai ongeveer halverwege de geul, maar de locatie kon van meting tot meting verschillen.

Hoewel de metingen met de EMS ten opzichte van de Ottmolen meer detailinformatie boden over de stroomsnelheden, waren er toch ook enkele nadelen. Zo was het bij gebrek aan de juiste software lange tijd niet mogelijk om de EMS-metingen te verwerken. Toen dit probleem was opgelost, bleek dat bij een aantal metingen het instrument niet juist gekalibreerd was. De oorzaak van de fout was achteraf niet meer te achterhalen en daarom ook niet te corrigeren. Voorts is bij de uitwerking alleen de X-component van de stroomsnelheid gebruikt voor het berekenen van het debiet. Wanneer de X-as van de EMS niet samenvalt met de as van de geul, dan wordt uiteindelijk de totale afvoer onderschat.

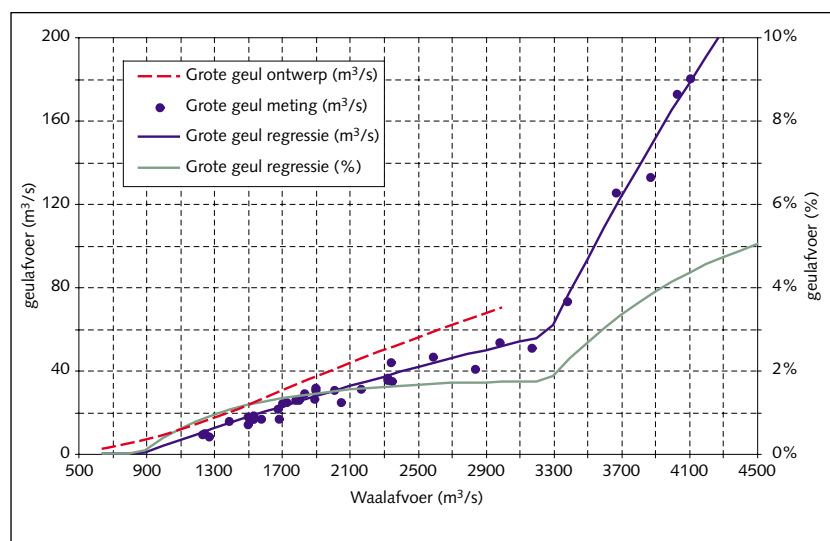
Een nadeel van zowel de EMS als de Ottmolen was dat geen metingen meer uitgevoerd konden worden zodra de brug overstroomd was (G365), respectievelijk de geul niet meer doorwaadbaar was (G265 en G100). Dit houdt in dat alleen gemeten kon worden bij relatief lage

afvoeren en waterstanden. Ook waren de metingen tamelijk tijdrovend, met een meettijd van 2 uur per gemeten afvoer. Om aan deze bezwaren tegemoet te komen is in 2001 overgestapt op een andere meetmethode, namelijk met de Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP). Dit instrument is gemonteerd op een klein meetvaartuig, waarmee dwars over de geul wordt gevaren. Tijdens het overvaren meet de ADCP simultaan de positie van het instrument, en de stroomsnelheid en de stroomrichting op een aantal dieptes. Per meting wordt 5 à 10 keer overgevaren om uitschieters eruit te kunnen middelen. De gegevens worden opgeslagen in een laptop, en later verwerkt tot een totaalafvoer en stroomsnelheidsbeelden van het dwarsprofiel. De meettijd per gemeten afvoer bedraagt slechts 15 minuten, waardoor het mogelijk is om op één dag de drie geulen bij Gameren en de geul bij Opijnen door te meten.

In de figuren 8 t/m 10 zijn de metingen uitgezet die bij Gameren met de Ottmolen en de ADCP zijn uitgevoerd. De metingen met de EMS zijn vanwege de nulfout niet in de figuren opgenomen. Dit is nauwelijks een gemis, omdat de EMS-metingen vooral in het lage afvoerbereik zijn uitgevoerd (1300 - 1800 m³/s Waalafvoer), en in dit bereik zijn later met de ADCP voldoende betrouwbare metingen verzameld. Door de metingen is een regressielijn gefit gebaseerd op de vergelijking van Chézy (G265 en G100) resp. de vergelijking voor de onvolkomen overlaat (G365, brug en toegangsweg). De parameters zijn zo veel mogelijk gebaseerd op de afmetingen van de geulen, en de regressielijn volgt de metingen bijzonder goed. De lijn voor G365 laat een knik zien bij een Waalafvoer van ca. 3200 m³/s, omdat dat het niveau is waarop de kade met daarop de toegangsweg overstroomd raakt. De geulen bij Gameren zijn in de loop van de tijd aangezand, en dat zou een effect moeten hebben op het geuldebiet, maar hiervan is niets terug te vinden in de spreiding van de metingen. Voor de tabellen en meer gegevens over de afvoermetingen wordt verwezen naar de data-rapporten (Sorber *et al.* 1999, Schropp *et al.* 2000, 2001, 2002).

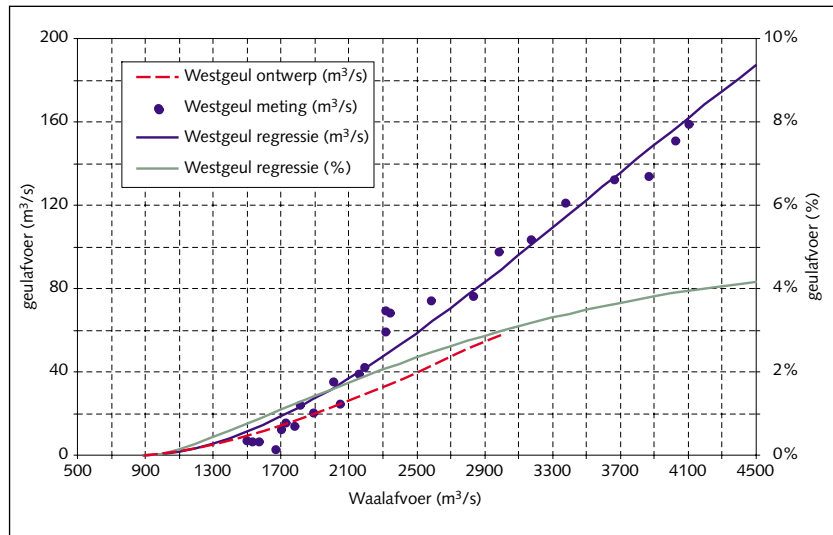
Figuur 8

Berekende en gemeten afvoeren
Grote geul (G365)



Figuur 9

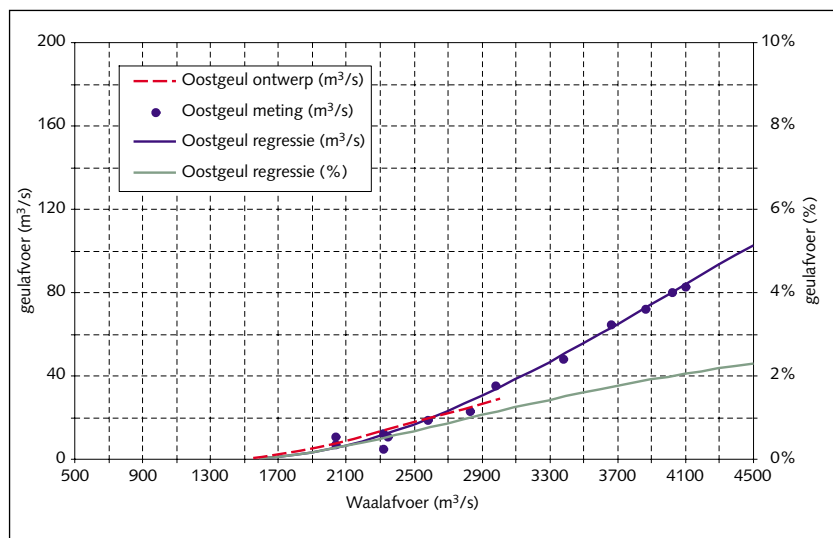
Berekende en gemeten afvoeren
Westgeul (G265)



Wanneer de metingen worden vergeleken met het debiet waarvoor de geulen destijds zijn ontworpen (gebroken lijn) dan blijkt dat het debiet van G365 iets onder het ontwerp blijft, dat het debiet van G265 in het hoge bereik er ruim boven ligt, en dat het ontwerpdebiet van G100 goed samenvalt met de metingen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de geulen in de ontwerpfase zijn geschematiseerd op basis van het schetsontwerp.

Figuur 10

Berekende en gemeten afvoeren
Oostgeul (G100)



Het debiet door de nevengeulen uitdrukken in percentage van de totale rivierafvoer is lastig, omdat dit percentage niet constant is. Bij het geven van een percentage dient dus tevens de rivierafvoer aangegeven te worden. De nevengeulafvoeren bij een zomerbedvullende rivierafvoer (ca. 3000 m³/s Waalafvoer) zijn respectievelijk 1,7%, 3,0% en 1,1% voor de Grote geul, de Westgeul en de Oostgeul.

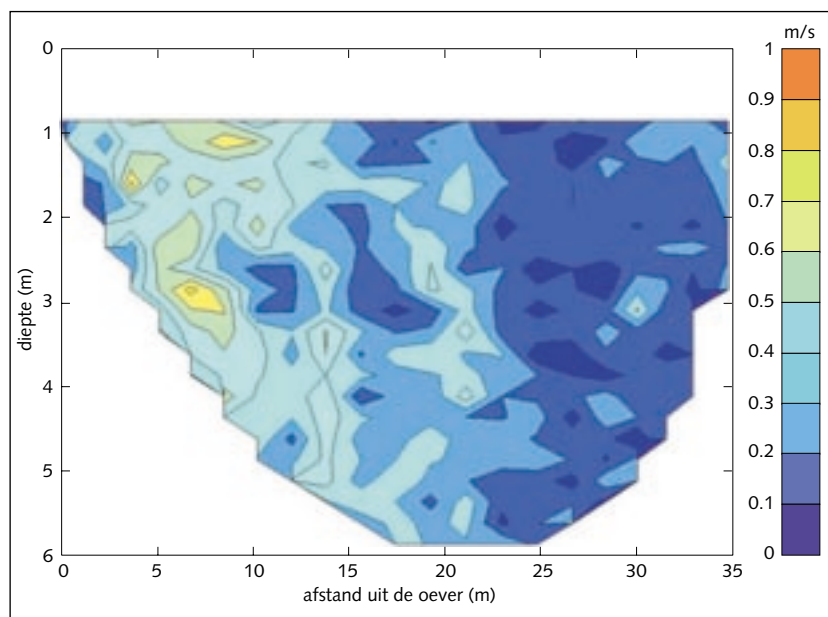
Het debiet door de nevengeulen gezamenlijk (de Grote geul en één van de twee periodieke geulen) is bij een mediane rivierafvoer zo'n 2%. Dit aandeel loopt op tot zo'n 5% bij zomerbedvullende rivierafvoeren.

2.3 Stroomsnelheid in de geulen

De stroomsnelheidsmetingen die in het kader van de afvoerbepaling zijn uitgevoerd, zijn ook voor het verklaren van de patronen en processen van andere disciplines van belang (zie hoofdstuk 4 en 5). De metingen met de EMS geven voor een aantal plaatsen in het dwarsprofiel een tijdreeks van de stroomsnelheid, en geven zo ook een beeld van de fluctuaties die kunnen optreden als gevolg van scheepsinvloeden. De metingen met de ADCP geven een momentaan beeld van de stroomsnelheidsverdeling over het dwarsprofiel. De stroomsnelheden die met de ADCP zijn gemeten zijn in tabelvorm digitaal beschikbaar, en kunnen met een pakket als MatLab grafisch worden weergegeven (zie figuur 11).

Figuur 11

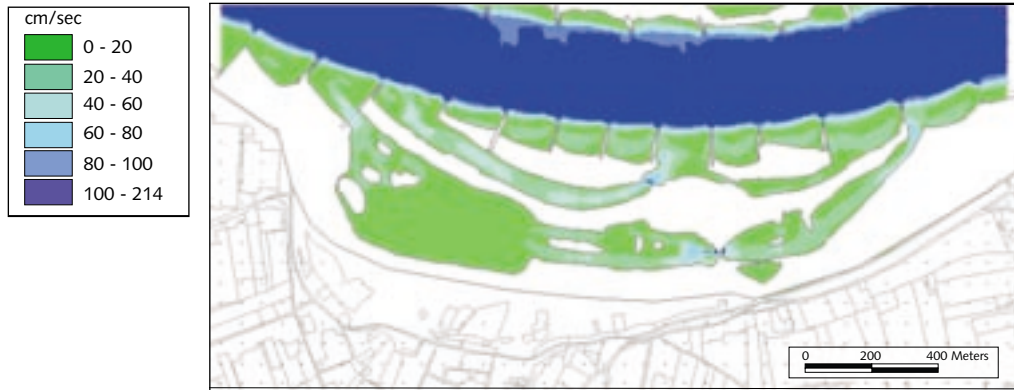
Voorbeeld snelheidprofiel gemeten met ADCP in de Grote geul, 10 mei 2001



De stroomsnelheid kan alleen gemeten worden op één punt of op één transect (dwarsraai) binnen het gebied. Het geeft hiermee alleen informatie over de stroomsnelheid op die meetlocatie op dat moment. Om dit te ondervangen is van de geulen bij Gameren een gedetailleerd WAQUA-model gemaakt (roostercellen 2–100 m) waarmee voor het hele gebied bij verschillende afvoeren de dieptegemiddelde stroomsnelheid kan worden berekend. Berekeningen zijn uitgevoerd bij Waalafvoeren van 1.000 tot 3.000 m³/s in stappen van 500 m³/s. Het model is geijkt op het verhang van het zomerbed en de geulafvoeren van figuren 8 t/m 10 met de hydraulische ruwheid als ijkingsparameter. Dit leverde voor de geulen een ruwheid op van $k=0,05$ m. Het berekende snelheidsveld bij een Waalafvoer van 2.000 m³/s is gegeven in figuur 12. Er is onder meer te zien dat in de Grote geul relatief hoge stroomsnelheden optreden bij het in- en uitstroompunt en bij de brug. In de Oostgeul zijn de snelheden relatief laag vanwege de geringe waterdiepte (figuur 13).

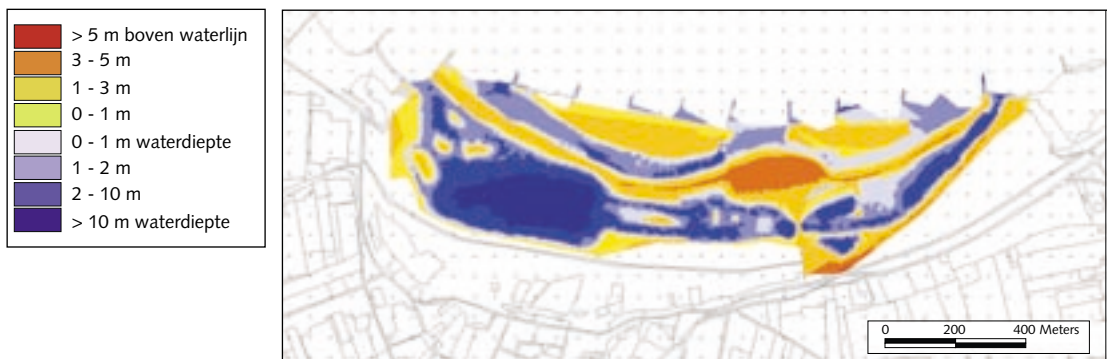
.....
Figuur 12

Berekend snelheidsveld (cm/s) bij een Waalafvoer van 2.000 m³/s



.....
Figuur 13

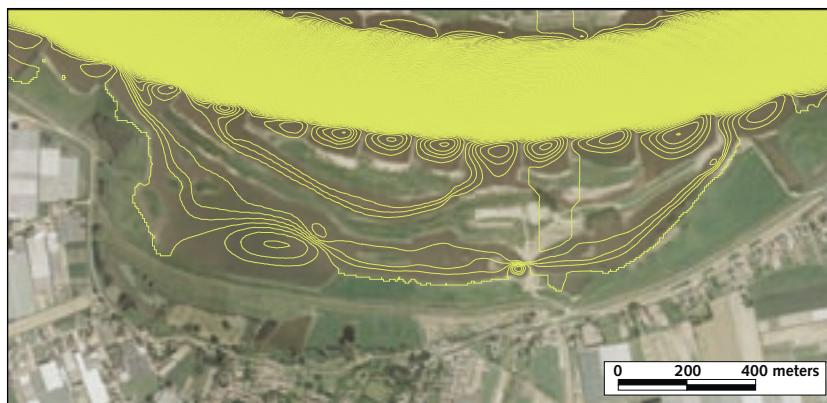
Waterdiepte in de nevengeulen van de Gamerensche Waard berekend bij een Waalafvoer van 2.000 m³/s en voor de hoogteligging van november 2000



Met de WAQUA-resultaten kan door middel van stroomlijnen ook het stromingspatroon in beeld worden gebracht. In figuur 14 zijn met intervallen van 10 m³/s de stroomlijnen getekend bij een Waalafvoer van 2.000 m³/s. Wat opvalt zijn de neren in de kribvakken maar ook op verschillende plaatsen in de geulen, zoals bij de instroomopening van de Grote geul, benedenstrooms van de brug, en in de zandwinplas. Deels zijn dit tevens de locaties waar de meeste oevererosie is opgetreden (zie hoofdstuk 3). Door de Oostgeul loopt geen stroomlijn omdat de geulafvoer bij deze Waalafvoer minder is dan 10 m³/s.

Figuur 14

Berekende stroomlijnen bij een
Waalafvoer van 2.000 m³/s



De in deze paragraaf gepresenteerde stroomsnelheden zijn berekend met stationaire modellen en doen dus geen recht aan het dynamische karakter van de stroomsnelheid. Met name de scheepvaart is van zeer grote invloed op het stroomsnelheidsverloop, zelfs zodanig dat de stroomrichting in de geulen binnen een tijdsbestek van enkele minuten van richting kan omkeren (zie figuur 15).

Figuur 15

Omkeren van de stroomrichting in de
Westgeul als gevolg van de passage
van een binnenvaartschip. De twee
foto's zijn binnen één minuut genomen



Met een WAQUA-model is de afvoer en het stroombeeld in nevengeulen goed te modelleren. De kritieke erosiepunten zijn hiermee te identificeren.

Met de meetmethode ADCP is op een snelle wijze de afvoer en de stroomsnelheid in een nevengeul te meten.

De stroomsnelheid in de nevengeulen varieert zeer sterk binnen de geulen en in de tijd. De grootste snelheden treden op bij versmallingen; de grootste turbulenties net stroomafwaarts van die versmallingen. Bij lage rivierafvoeren heeft de scheepvaart een grote invloed op de stroomsnelheid in de geulen; tot zelfs omdraaiing van de stroomrichting.

2.4 Stromingspatronen bij in- en uitstroomopening

Door een nevengeul splitst de waterstroom van de rivier. Op het splitsingspunt en het punt van samenkomen bij de uitstroomopening verandert het stromingspatroon. Deze verandering in stroombeeld kan hinderlijk zijn voor de scheepvaart. Vanuit de scheepvaart zijn bij de scheepvaartdienst van de Dienstkring Bovenrijn-Waal geen signalen of klachten binnen gekomen vanuit de scheepvaart.

Het stromingspatroon nabij de in- en uitstroomopening is weergegeven in figuur 14. Hieruit blijkt dat de waterstroomlijnen afbuigen naar de kribvakken en oevers. Verdringing of ombuiging van de stroomlijnen in de vaargeul is niet waarneembaar.

Op de plaatsen waar de nevengeul en de vaargeul samenkomen is de verstoring van het stroombeeld in de vaargeul zeer gering. Voor de scheepvaart is deze verandering niet hinderlijk.

2.5 Afvoercapaciteit bij Maatgevend HoogWater

Eén van de doelstellingen bij het aanleggen van nevengeulen is vaak het vergroten van de afvoercapaciteit bij Maatgevend HoogWater (MHW). Omdat het waterstandsverlagend effect bij MHW niet rechtstreeks aan de hand van metingen is vast te stellen, wordt het effect berekend door met een WAQUA-model de situatie voor en na aanleg te vergelijken. Voor de Gamerensche Waard bleek echter dat de topografie van begin 1995, dus vlak voor aanleg van de geulen, niet was vastgelegd. Het bestaande WAQUA-model bevatte de topografie van de uiterwaard in maart 1996, dus toen de Oostgeul en de plassen tussen de brug en zandwinput al waren gegraven. Bovendien bleken de kleiputten in het model enkele meters dieper te zijn dan in werkelijkheid. Een andere beschikbare topografie dateerde van 1985, maar deze gaf evenmin een goed beeld van de situatie van begin 1995. Door het ontbreken van goede referentiegegevens was het dus niet mogelijk om het rivierverruimend effect van de herinrichting van de Gamerensche Waard nauwkeurig te bepalen. Om toch iets te kunnen zeggen over het MHW-effect zijn met WAQUA berekeningen gemaakt met de topografie van maart 1996 (Oostgeul gereed), december 1996 (Oost- en

Westgeul gereed) en november 1999 (alle geulen gereed) als invoer. Deze berekeningen zijn onderling nog steeds niet goed vergelijkbaar, omdat naast de uiterwaardligging ook de zomerbedligging en de diepte van de kleiputten is aangepast. Door de resultaten te interpreteren kan niettemin worden geschat dat het waterstandsverlagend effect van de herinrichting van de Gamerensche Waard in de orde van 3 cm ligt.

Na de herinrichting neemt de winst aan afvoercapaciteit in de loop van de tijd weer af als gevolg van aanzanding van de geulen en het dichter worden van de vegetatie. Dit effect is in principe met WAQUA te kwantificeren met als invoer de digitale terreinmodellen (hoogtekaarten; DTM's) en de vegetatiekaarten die regelmatig van het gebied zijn gemaakt. Omdat het graafwerk echter over een periode van 4 jaar is uitgevoerd, is het lastig om het MHW-effect van aanzanding, erosie en vegetatieontwikkeling te scheiden van het effect van menselijk ingrijpen. Om hier toch iets van te kunnen zeggen is een referentie geconstrueerd die als volgt is opgebouwd. Voor het winterbed is de geometrie van eind 1999 als uitgangspunt genomen, toen al het graafwerk was uitgevoerd. Beide periodieke geulen hadden tussen 1996 en 1999 al een morfologische ontwikkeling doorgemaakt. Om voor de hele Gamerensche Waard zo dicht mogelijk bij een uitgangssituatie direct na aanleg te komen, zijn de periodieke geulen uit het DTM van 1999 verwijderd en vervangen door de periodieke geulen uit het DTM van 1996. Voor het zomerbed is een peiling van eind 1999 als referentie genomen en voor de hydraulische ruwheid de ecotopenverdeling uit 1995. Deze combinatie van geometrie en vegetatie heeft in werkelijkheid nooit zo bestaan, maar vormt wel een goede vergelijkingsbasis voor de ontwikkelingen na 1999. Ten opzichte van deze referentie zijn met WAQUA de situaties doorgerekend zoals weergegeven in tabel 6. In de tabel zijn de veranderingen in MHW op de rivieras uitgezet over het traject van de Gamerensche Waard (km 936,0 - 938,5). Lokaal kan het effect meer zijn, maar MHW-veranderingen worden beoordeeld op de rivieras.

.....
Tabel 6

Verandering van de MHW ter plekke van de Gamerensche Waard (rivieras km 936,0 - 938,5) volgens WAQUA-modelberekeningen voor enkele verschillende situaties

Parameter	Jaar	Gemiddelde MHW-verandering (in mm) ten opzichte van de referentie (1995-1999) Tussen haakjes de standaarddeviatie
Zomerbedhoogte	2000	2 (± 10)
	2001	0 (± 7)
	2002	1 (± 7)
Uiterwaardhoogte	2000	-1 (± 4)
	2001	0 (± 2)
	2002	0 (± 3)
Ecotopenverdeling (vegetatie)	2000	1 (± 2)
	2002	0 (± 2)

Omdat het zomerbed geen systematische erosie of sedimentatie te zien geeft (zie hoofdstuk 3), is hiervoor het enige effect dat berekend wordt de doorwerking van meetruis. De standaarddeviatie is relatief hoog, maar netto is er geen verandering in waterstand. De geulen in de uiterwaard zijn wel aangezand, maar niet voldoende om op het niveau van MHW een significant effect te hebben. De fluctuaties bedragen enkele millimeters en zitten daarmee in de orde van de modelnauwkeurigheid. Dit is niet verwonderlijk, want als het effect van de totale herinrichting op de MHW-standen slechts een paar centimeter is, dan moet het effect van een gedeeltelijke aanzanding wel een orde kleiner zijn. Ook het effect van de vegetatieontwikkeling ligt in de orde van millimeters en is daarmee niet significant. Vegetatieontwikkeling heeft echter de potentie om op termijn de MHW-daling teniet te doen, of zelfs te laten omslaan in een MHW-toename. De conclusie van deze berekeningen is dat een periode van 3 tot 6 jaar te kort is om een aantoonbaar effect op de MHW-standen te laten zien.

Het geringe effect op de MHW-standen betekent dat het monitoringsinterval ten behoeve van het beheer in de orde van 5 jaar of meer ligt, en dat het onderhoudsinterval nog langer is. Leerpunten ten aanzien van het gebruik van WAQUA om een uiterwaardinrichting te evalueren zijn, dat het effect alleen goed bepaald kan worden als de referentiesituatie met dezelfde mate van detail wordt vastgelegd als de situatie na herinrichting. Voorts blijken in de Gamerensche Waard de

Na vijf jaar spontane ontwikkeling is de afvoercapaciteit van de Waal niet aantoonbaar verkleind door de sedimentatie in de nevengeulen en/of door vegetatie-ontwikkeling in de Gamerensche Waard.

morfologische en ecologische ontwikkelingen over de periode 1999-2002 te klein te zijn om een aantoonbaar MHW-effect op te leveren.

3 Morfologie

3.1 Geomorfologische context voor de Gamerensche Waard

De drie nevengeulen in de Gamerensche Waard zijn een aantal jaren biologisch en morfologisch gevolgd. De vraag doet zich voor in hoeverre de resultaten die hierbij geboekt zijn, extrapoleerbaar zijn naar andere locaties langs de Nederlandse rivieren. Is de Gamerensche Waard een representatieve uiterwaard of is de situatie meer of minder dynamisch dan bij andere in het rivierengebied eventueel aan te leggen nevengeulen? Om tot een oordeel te komen is gekeken naar drie aspecten die van invloed zijn op de morfodynamiek in uiterwaarden, te weten:

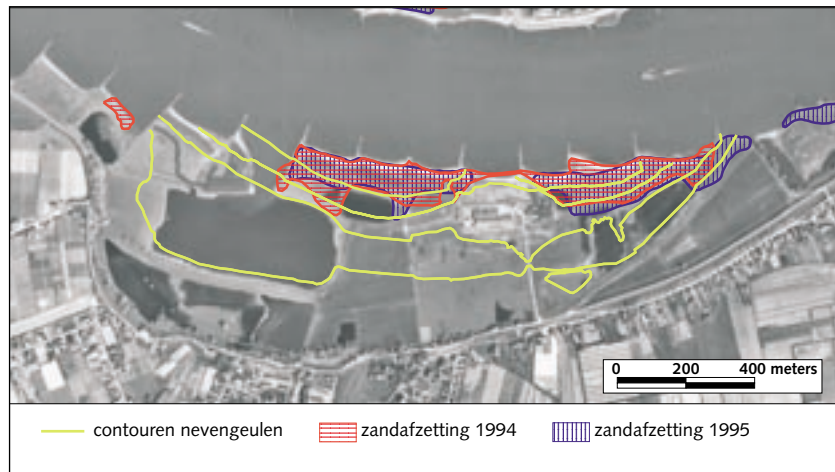
- De afzetting van zand op oevers van de hoofdgeul.
- De potentiële dynamiek van de nevengeulen.
- De natuurlijkheid van de nevengeulen.

Zandafzetting op de oevers

In de huidige situatie is sedimentatie tijdens een hoogwater het belangrijkste morfodynamische proces in uiterwaarden. Op uiterwaardniveau wordt zandafzetting bepaald door het stromingspatroon bij hoogwater. Dit stromingspatroon wordt voornamelijk bepaald door de ligging van bochten, schaaldijken en zandgaten. Op hoger schaalniveau wordt de zanduitwisseling tussen zomer- en winterbed bepaald door de breedte-diepteverhouding van de hoofdgeul. Tijdens de hoogwaters van 1994 en 1995, dus voor de aanleg van de geulen, is op de oevers van de Gamerensche Waard 4.884 m³ resp. 5.760 m³ zand afgezet (Sorber, 1997). Deze afzettingen zijn het gevolg van stroming van sedimentrijk water vanuit het zomerbed naar de uiterwaard. Hoewel de Gamerensche Waard in een buitenbocht ligt, is als gevolg van de ligging van een schaaldijk aan de overzijde van de rivier de stroming richting de uiterwaard aanzienlijk. Uit meetgegevens blijkt dat in 55% van de uiterwaarden langs de Waal (gewogen naar oeverlengte) minder afzetting van zand op oevers plaats vond dan in de Gamerensche Waard, en in 45% van de uiterwaarden evenveel of meer (Sorber, 1997). Hieruit volgt dat de Gamerensche Waard wat betreft zandafzetting op oevers voor de aanleg van de nevengeulen een tamelijk representatieve Waal-uiterwaard was. Op de oevers van het Pannerdensch Kanaal, Nederrijn/Lek, IJssel en Maas wordt bij hoogwater echter veel minder zand afgezet dan langs de Waal. Dit heeft te maken met de kleinere breedte-diepteverhouding van het zomerbed van deze riviertakken, waardoor de uitwisseling van water en sediment tussen hoofdgeul en oevers kleiner is (Schoor & Sorber, 1999). In vergelijking met alle uiterwaarden in Nederland is de hoeveelheid zand die op de oevers van de Gamerensche Waard bij hoogwater wordt afgezet groot. Figuur 16 laat zien waar in de Gamerensche Waard in 1994 en 1995 zand werd afgezet.

Figuur 16

Locaties van zandafzettingen in de
Gamerensche Waard in 1994 en 1995.
Luchtfoto achtergrond; 1992



Door het graven van de nevengeulen is de hoeveelheid water die bij hoogwater de Gamerensche Waard instroomt toegenomen. Het is aannemelijk dat daarmee ook de hoeveelheid zand die bij hoogwater in de uiterwaard terecht komt is toegenomen. Een deel van dat zand zal in de nevengeulen tot bezinking komen, en een deel zal op de eilanden tussen de periodiek meestromende geulen en het zomerbed afgezet worden.

Dynamiek van de nevengeulen van de Gamerensche Waard

De dynamiek van rivieren wordt voor een groot deel bepaald door de breedte-diepteverhouding, het stroomvermogen (streampower) en de Shieldsparameter bij geulvullende afvoer (Maas *et al.*, 1997). Breedte-diepteverhouding zegt iets over de mogelijkheden voor de vorming van banken en eilanden, de streampower geeft het eroderend vermogen van de rivier aan, en de Shieldsparameter zegt iets over het gemak waarmee sediment getransporteerd wordt. Hoge waarden voor deze parameters betekenen een hoge morfodynamiek. De invloed van de breedte-diepteverhouding domineert daarbij de invloed van de Shields-parameter en de streampower.

De nevengeulen in de Gamerensche Waard worden gekenmerkt door een kleine breedte-diepteverhouding en een tamelijk, maar geen extreem, lage streampower en Shieldsparameter. In vergelijking met de huidige vastgelegde Rijntakken, zijn de drie nevengeulen vergelijkbaar met de IJssel. De twee periodieke geulen hebben een iets grotere potentiële morfodynamiek dan de Grote geul, met name door een grotere breedte-diepteverhouding. De Grote geul valt onder de theoretische grens van bankvorming, hetgeen wil zeggen dat deze geul potentieel niet dynamisch is. Bij plaatselijke verbredingen kunnen zich nog wel banken vormen, zoals de bank die zich stroomafwaarts van de brug heeft gevormd. De periodieke geulen vallen in het theoretisch gebied waar vorming van lage banken plaats kan vinden. Zij worden gekarakteriseerd als potentieel laagdynamisch.

De natuurlijkheid van nevengeulen

Langs de Russische beneden-Wolga komen veel nevengeulen voor, die variëren in grootte en morfologische activiteit. Er bestaan vele vormen van (periodiek) meestromende geulen en hoogwatergeulen. Ook geulen

van het formaat zoals in de Gamerensche Waard komen voor, hoewel de meeste nevengeulen in de Wolga-Akhtuba floodplain langer zijn (Dijkstra & Schoor, 2002). Hoogwatergeulen komen vrijwel alleen voor in binnenbochten, indien de hoogwatergeul echter de functie van de hoofdgeul overneemt, komt de nevengeul (de voormalige hoofdgeul) in de buitenbocht te liggen. De meeste nevengeulen langs de Wolga hebben een laagdynamisch karakter, waarbij beide oevers flauw hellen en begroeid zijn met wilgenstruweel. In scherpe bochten treedt point-barvorming op in de binnenbocht, en bestaat de eroderende buitenbocht uit een steilrand van enkele meters hoog (zie foto 4). Eilandjes komen in dergelijke geulen niet voor. De periodiek meestromende geulen worden gekenmerkt door een grote zandprop aan de bovenstroomse zijde, met daarachter een watervoerende geul. Soms ligt er in de monding van de geul een zandbank.

.....
Foto 4

Meanderende nevengeul in de Wolga, Rusland



Hoewel klein, zijn de beide periodieke geulen in de Gamerensche Waard natuurlijk van karakter. Er ontwikkelt zich een zandbank in de binnenbocht en in de Oostgeul is een tendens naar een zandprop in de inlaat zichtbaar. De Grote geul is minder natuurlijk; de variatie in breedte is veel groter dan bij een natuurlijk gevormde geul, en ook eilandjes horen niet bij een zo kleine breedte-diepteverhouding als deze geul. De brug zorgt voor een onnatuurlijke versmalling, terwijl de voormalige zandwinplas een onnatuurlijke verbreding oplevert. Ter plaatse van de brug is de stroomsnelheid hoog, hetgeen tot gevolg heeft dat in de luwte na de brug zich een zandbank heeft gevormd. Op zichzelf is dit een natuurlijk proces, maar het kan alleen optreden na een onnatuurlijke versmalling. Als men de Gamerensche Waard in zijn totaliteit beschouwd, valt met name op dat het oppervlakteaandeel van de geulen vele malen hoger is dan in een natuurlijk gevormde rivierlakte het geval zou zijn.

De Gamerensche Waard is qua zandafzetting tijdens hoogwaters een gemiddelde Waal-uiterwaard, hetgeen betekent dat er veel zand de uiterwaard binnen kan komen, zeker na aanleg van een nevengeul. In vergelijking met natuurlijke nevengeulen zijn de Oost- en Westgeul in morfologische zin laagdynamisch en natuurlijk. De Grote geul is niet dynamisch en minder natuurlijk.

3.2 Hoogteligging zomerbed

De hoogteligging van het zomerbed kan veranderen als gevolg van de aantakking van nevengeulen. Het zomerbed bij Gameren is daarom periodiek gepeild. Met deze peilingen is begonnen in september 1995, dus een jaar voor het aantakken van de eerste geulen, teneinde de uitgangssituatie goed vast te leggen. Sinds augustus 1997 is één peiling per kwartaal uitgevoerd, voordien was de frequentie één keer per maand. Aanvankelijk werd gemeten met een singlebeam peilsysteem in een stelsel van langs- en dwarsraaien, maar vanaf januari 1999 is er gebiedsdekkend gemeten met een multibeam peilsysteem. Omdat door de wijze van meten er een systematisch verschil zit tussen de hoogte gemeten met singlebeam of multibeam, was het nodig een correctie op de multibeamresultaten aan te brengen. De zomerbedpeilingen zijn tot in 2003 voortgezet.

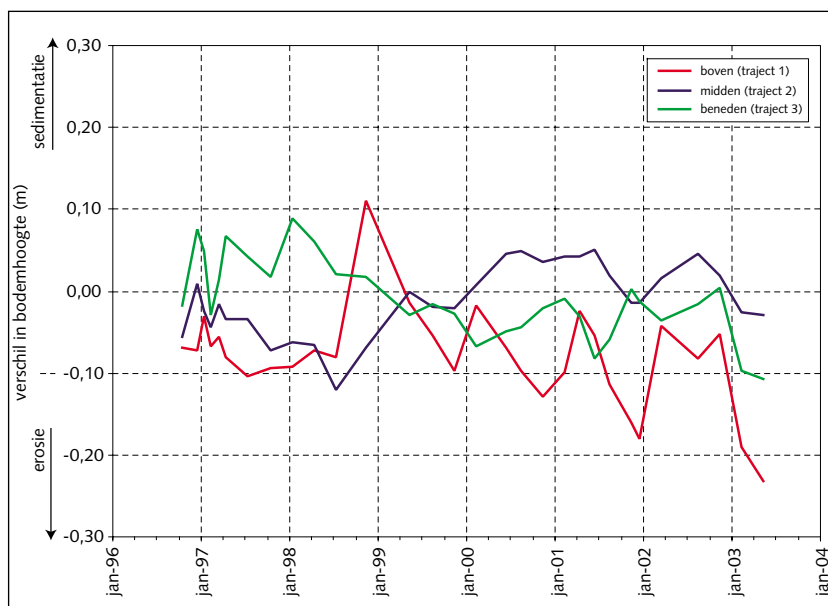
Bij het analyseren van de peilingen is onderscheid gemaakt in drie deeltrajecten, te weten:

1. bovenstrooms van de Gamerensche Waard
km 935.500 - 936.250 (211.846 m²);
2. ter hoogte van de Gamerensche Waard
km 936.375 - 938.875 (514.960 m²);
3. benedenstrooms van de Gamerensche Waard
km 939.000 - 940.875 (558.048 m²).

De verwachting was, dat 1 tot 1^{1/2} jaar na aantakking van alledrie de nevengeulen de Waalbodem op deeltraject 2 breedtegemiddeld in de orde van 0,20 m zou moeten zijn aangezand. Op deeltraject 1 zou niets te zien moeten zijn, en op deeltraject 3 zou tijdelijk een verdieping optreden. In figuur 17 is voor elk van de drie deeltrajecten per peiling het verschil in gemiddelde bodemligging ten opzichte van de peiling van september 1996 uitgezet.

Figuur 17

Verschillen in trajectgemiddelde bodemligging van het zomerbed ten opzichte van september 1996



De ruis in figuur 17 ligt in de orde van 0,10 m en wordt veroorzaakt door onvermijdelijke meetfouten, zoals instellingen in de meetapparatuur, de watertemperatuur, en de bepaling van het referentievlak. Het verwachte effect is 0,20 m, en is daarom moeilijk van de ruis te onderscheiden. Niettemin lijkt het erop dat deeltraject 2 vanaf 1998 een lichte trend tot aanzanding vertoont, en dat de deeltrajecten 1 en 3 een lichte trend tot erosie laten zien. Een aanzanding van 0,20 m op traject 2 ten opzichte van de referentie wordt echter niet gehaald.

Er is naar verklaringen gezocht waarom de aanzanding van het zomerbed zo veel minder was dan verwacht. De volgende mogelijkheden zijn nader geanalyseerd:

- uitvoering van baggerwerkzaamheden tijdens de meetperiode;
- het onttrekken van zand uit de hoofdstroom naar de nevengeulen;
- langjarige morfologische ontwikkelingen over de rivierbodem.

Volgens opgave van de Dienstkring Bovenrijn-Waal is in de periode 1996 - 2001 ter hoogte van Gameren (km 936 - 939) ca. 27.000 m³ zand uit het zomerbed gebaggerd en afgevoerd naar elders. Helaas is niet eenvoudig na te gaan waar op het traject precies gebaggerd is. Lokaal kan deze hoeveelheid tot aanzienlijke veranderingen in de bodemligging leiden, maar gemiddeld over het hele traject is de verandering niet meer dan in de orde van centimeters. Een dergelijk klein verschil is vanwege de natuurlijke ruis niet in figuur 17 terug te vinden.

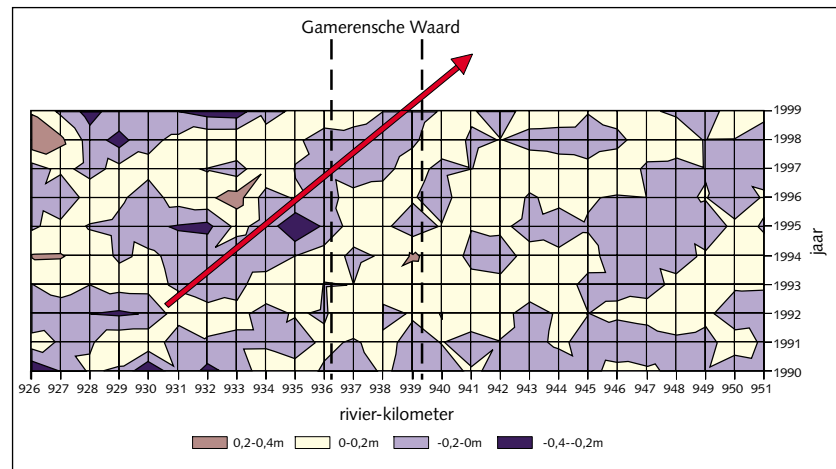
Een andere mogelijkheid is dat de geulen behalve water ook grote hoeveelheden zand aan het systeem onttrekken. Vanwege de lage stroomsnelheden in de geulen zou dat zand dan als sedimentatie in de geulen terug te vinden moeten zijn. Weliswaar is in de geulen sedimentatie opgetreden, maar het meeste van dat materiaal is in de zandwinput van de Grote geul terechtgekomen, en bestaat waarschijnlijk voor een groot deel uit slib en niet uit zand. De netto sedimentatie van de nevengeulen exclusief de zandwinput is slechts enkele duizenden m³,

en dat is te weinig om het uitblijven van aanzanding in het zomerbed te verklaren.

Tot slot is gekeken naar het gedrag van bodemverstoringen in het zomerbed van de Waal zelf. Uit een analyse van bodempeilingen over grotere ruimte- en tijdschalen (Sieben, 2003) blijkt dat zich over de bodem van de Waal zandgolven voortplanten (figuur 18). Deze golven hebben een hoogte in de orde van decimeters en een lengte in de orde van kilometers. Ze kunnen worden veroorzaakt door onregelmatigheden in de verdeling van de afvoer tussen zomerbed en uiterwaard tijdens hoogwater, door baggerwerkzaamheden, of door riverversmallingen. De zandgolven verplaatsen zich stroomafwaarts met een snelheid in de orde van 1 km/jaar, en dempen daarbij geleidelijk uit (figuur 18).

Figuur 18

De veranderingen in tijd en ruimte van de bodemligging van het zomerbed van de Waal



In de tweede helft van de jaren negentig passeerde het dal van zo'n golf de Gamerensche Waard. De oorsprong van deze zandgolf is waarschijnlijk een versmalling van de Waal tussen km 926 - 932 in de periode 1980 - 1990. Het netto effect van het golfdal en de aanzanding als gevolg van de nevengeulen blijkt een bodemdaling te zijn, en daarom is het effect van de geulen niet in de peilingen terug te vinden. Wanneer de bodempeilingen worden gecorrigeerd voor het effect van zandgolven, blijkt dat de aanzanding als gevolg van de geulen wel degelijk in de orde van 0,20 m ligt. Omdat het golfdal wordt gevolgd door een top is de verwachting dat de zomerbedligging bij Gameren de komende jaren zal toenemen.

De voorspelde aanzanding in het zomerbed ter hoogte van de Gamerensche Waard is inderdaad opgetreden, maar bleek moeilijk traceerbaar vanwege langzaam langstrekkende zandgolven/duinen over de bodem van de Waal.

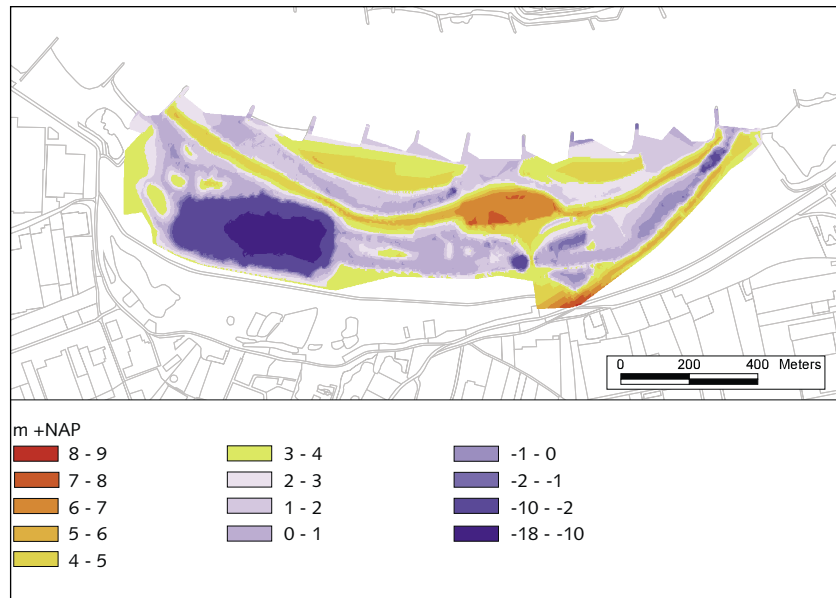
De mate van aanzanding bevindt zich in dezelfde orde van grootte als de meetruis in combinatie met de autonome onwikkelingen in het rivierbed.

3.3 Sedimentatie en erosie in de nevengeulen

De morfologische veranderingen van de geulen in de Gamerensche Waard zijn gevolgd aan de hand van jaarlijkse hoogtemetingen. In de periodieke geulen is van 1996 tot 1999 in een aantal dwarsprofielen de hoogte gemeten. In 1999 is overgestapt op het gebiedsdekkend meten van de hoogteligging van de geulen, en vanaf dat jaar is ook de Grote geul meegenomen. Er is steeds in het najaar gemeten, de geuloevers tachymetrisch bij lage waterstand en de diepere delen met echopeiling vanuit een boot bij hogere waterstand. Om kosten te besparen zijn de morfologisch inactieve delen van de uiterwaard, zoals de ruggen tussen de geulen en het hoogwatervrije terrein, niet gemeten. De datasets van oevers en geulen zijn gecombineerd tot een digitaal terreinmodel (DTM), en wat betreft de hooggelegen morfologisch inactieve gebieden aangevuld met gegevens uit een volledig gebiedsdekkend DTM uit 1996. Er zijn DTM's van de gehele uiterwaard beschikbaar van 1996 en van 1999 tot en met 2002. Van de Oostgeul is ook van 2003 een DTM beschikbaar. Ter illustratie is in figuur 19 het DTM van eind 2002 gegeven.

Figuur 19

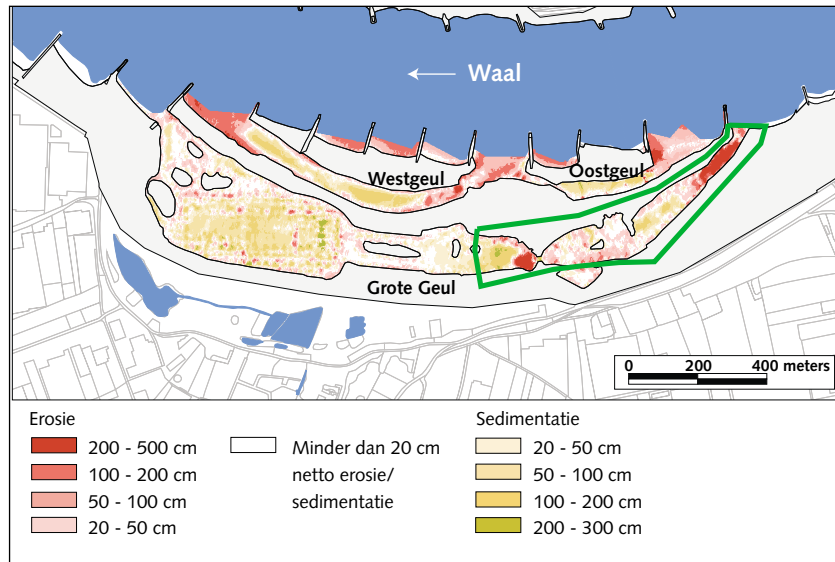
Digitaal Terrein Model (hoogtekaart)
Gamerensche Waard, oktober 2002



Door dwarsprofielen en DTM's van opeenvolgende jaren te vergelijken kunnen morfologische ontwikkelingen in kaart gebracht worden (figuur 20).

Figuur 20

Verschilkaart van de hoogtekarten van december 1996 en oktober 2002. Voor het eerste stuk van de Grote geul (binnen de groene lijnen) is het verschil tussen december 1999 en oktober 2002 weergegeven; daar hier in 1998 en begin 1999 nog volop graafwerkzaamheden hebben plaatsgevonden

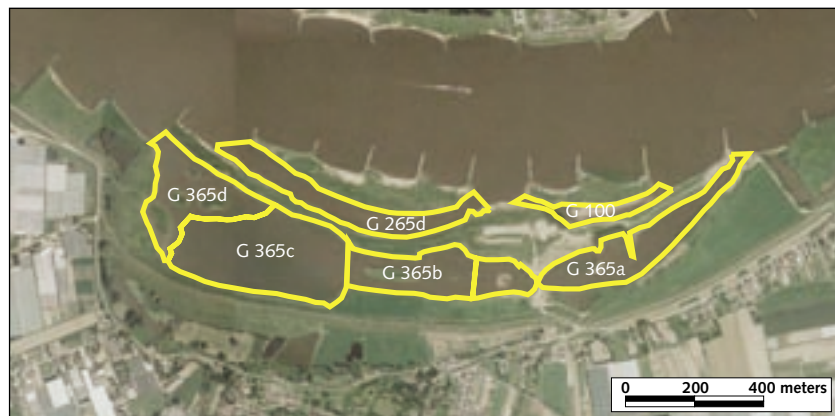


De in figuur 20 weergegeven sterke erosie aan het begin van de Grote geul is geen fysisch verschijnsel maar het gevolg van een meet- of verwerkingsfout in 1999. De erosie benedenstrooms van de brug is wel reëel. In de Grote geul valt verder de ontwikkeling van de zandplaat op benedenstrooms van de erosiekuil en de sedimentatie in de voormalige zandwinput.

Figuur 21

Aanduiding deelgebieden nevengeulen (met hun oppervlakte) ten behoeve van de beoordeling morfologische ontwikkeling.

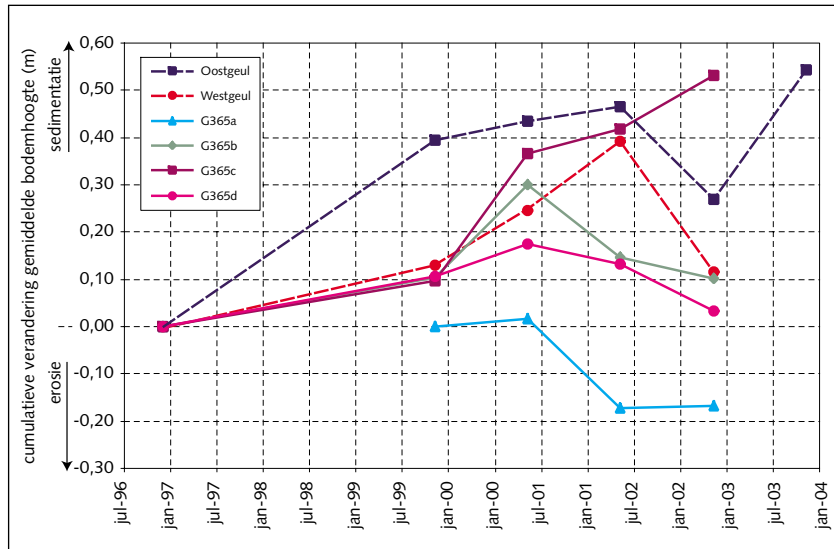
Code	Omschrijving
G100	Oostgeul (2 ha)
G265	Westgeul (5 ha)
G365a	Instroom Grote geul tot aan zandplaat (7 ha)
G365b	Eilandengroep halverwege Grote geul (4 ha)
G365c	Voormalige zandwinput (10 ha)
G365d	Uitstroom Grote geul (6 ha)



Om de netto aanzanding in de tijd gemakkelijker kwantitatief te kunnen bepalen zijn de geulen opgedeeld in deelgebieden (figuur 21). Voor elk van deze deelgebieden is voor elk jaar de verandering in gemiddelde bodemhoogte ten opzichte van de aanvangshoogte berekend (figuur 22).

Figuur 22

De (cumulatieve) verandering in gemiddelde bodemhoogte ten opzichte van de aanvangshoogte voor de verschillende (delen van de) nevengeulen in de Gamerensche Waard



De Oostgeul vertoont vanaf de opening in 1996 een gestage, gebiedsgemiddelde, aanzanding van $\pm 0,08$ m/jaar. In 2002 treedt weliswaar uitschuring op, maar omdat dit hydrologisch gezien geen extreem jaar was en in 2003 volledig herstel optreedt, lijkt dit een meetfout. In het veld is te zien dat vooral aan de bovenstroomse zijde van de geul sedimentatie is opgetreden, en dat dit sedimentatiefront zich geleidelijk stroom afwaarts verplaatst. Vlak na aanleg bestond de toplaag van de Oostgeul nog uit klei, maar in 2003 is nagenoeg de gehele geul met een zandlaag bedekt (foto 5). In de binnenbocht is sprake van pointbarvorming.

Foto 5

Oostelijk deel van de Gamerensche Waard tijdens zeer laagwater, 27 augustus 2003 (foto: Bert Boekhoven)



Foto 6

Westelijk deel van de Gamerensche
Waard tijdens zeer laagwater, 27
augustus 2003 (foto: Bert Boekhoven)



Ook in de Westgeul bedraagt de aanzanding tot eind 2001 zo'n 0,08 m/jaar. Figuur 22 laat voor 2002 een flinke erosie van de Westgeul zien, waardoor de gebiedsgemiddelde netto aanzanding sinds 1996 slechts zo'n 0,12 m bedraagt. Het is echter waarschijnlijk dat net als bij de Oostgeul de erosie in 2002 berust op een meetfout, maar omdat voor de Westgeul metingen voor 2003 ontbreken valt dit niet met zekerheid te zeggen.

Opvallend is de ontgrondingskuil bij de inlaat, net benedenstrooms van de drempel, die 2 meter dieper is dan de omringende bodem. In de Westgeul ontwikkelt zich in de binnenbocht een pointbar met daarop ribbels. In foto 6 is te zien dat in de tweede helft van de geul de thalweg oversteekt naar de binnenbocht.

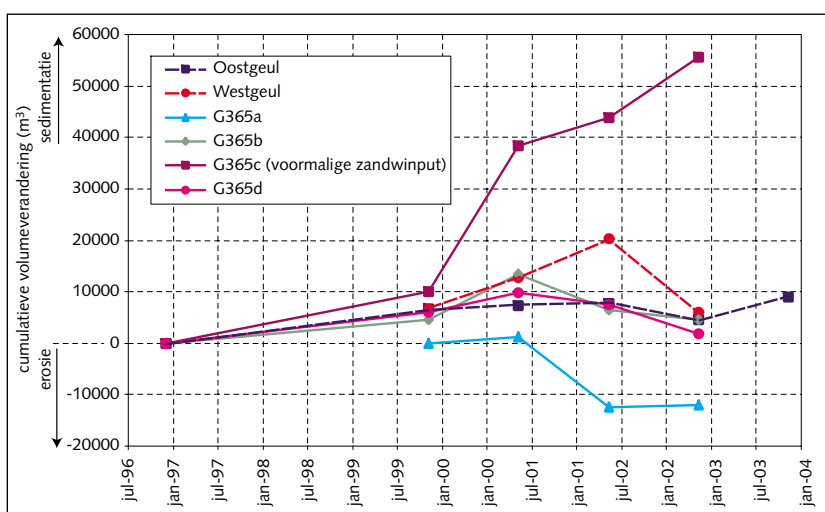
Het eerste deel van de Grote geul (G365a) is pas na 1996 gegraven en daarom is in de figuren 20 en 22 de referentie voor dit deel in 1999 gelegd. Dit traject laat een netto uitschuring zien, vooral bij het instroompunt en benedenstrooms van de brug. De erosiekuil bij de brug is inmiddels 8 meter dieper dan de omringende bodem. Aanzanding vindt plaats benedenstrooms van de erosiekuil bij de brug, uiterst links in foto 5, waar zich inmiddels een zandplaat heeft gevormd van meer dan 2 m+ NAP, die dus ruim boven de gemiddelde waterstand uitsteekt. De zandplaat breidt zich langzaam in benedenstroomse richting uit. Het tweede deel van de Grote geul (G365b) is een netto aanzandingsgebied, maar hier treden geen grote veranderingen op. Gezien de relatief grote aanzanding in het eerste jaar na aantakking vindt er dan kennelijk een morfologische aanpassing plaats, in de jaren daarna is er sprake van erosie. In de voormalige zandwinput (G365c) is de sedimentatie tussen 1996 en 1999 in totaal slechts 0,10 meter, en omdat de Grote geul in die periode nog niet was aangetakt komt dit volledig voor rekening van de hoogwaters. Vanaf 1999, wanneer er ook bij lagere waterstanden aanvoer van sediment is, neemt de sedimentatie toe tot 0,14 m/jaar. Op basis van het stromingspatroon is de voormalige zandwinput de enige locatie waar ook slib blijvend kan sedimenteren. De morfologische ontwikkeling in het laatste deel van de Grote geul (G365d) is gelijk aan die van G365b: sedimentatie in het eerste jaar na

aantakking, en erosie daarna. Het algemene beeld is dat er in de Grote geul, met uitzondering van de zandwinput, de laatste jaren behoorlijk wat erosie plaatsvindt in de stroombanen en dat er sedimentatie plaatsvindt in de meer stroomluwe gedeelten.

In figuur 23 zijn de veranderingen in bodemligging van figuur 22 uitgedrukt in m³ erosie of sedimentatie. Omdat de deelgebieden (figuur 21) ongelijk van oppervlakte zijn, verschillen deze figuren. Qua volume springt de voormalige zandwinput er duidelijk uit. Uitgaande van de huidige sedimentatiesnelheid zal de zandwinput rond het jaar 2050 gevuld zijn tot NAP-hoogte, hetgeen nu ongeveer het bodemniveau van de rest van de Grote geul is. Er mag echter verwacht worden dat de sedimentatiesnelheid met de tijd zal afnemen, omdat de zandwinput steeds meer zal gaan lijken op de andere delen van de Grote geul.

Figuur 23

De (cumulatieve) volumeverandering van de verschillende (delen van de) nevengeulen in de Gamerensche Waard ten opzichte van december 1996



Netto is de bodemligging van de gehele Gamerensche waard door erosie en sedimentatie weinig veranderd. De erosie- en sedimentatiesnelheden nemen in de tijd af.

Lokaal bleken er wel duidelijke veranderingen meetbaar:

Grote geul:

- Flinke erosie direct stroomafwaarts van de brug (> 5 meter);
- Sedimentatie direct na dit erosiegat (> 2 meter) en in de gehele voormalige zandwinput (\pm 14 cm/jaar);
- De voormalige zandwinput is naar verwachting pas rond 2050 opgevuld tot het niveau van de rest van de geul.

Oost- en Westgeul:

- Sinds 1996 gemiddeld zo'n 8 cm aanzanding per jaar, eerst vooral in het bovenstroomse gedeelte, later ook verder stroomafwaarts.

Westgeul:

- Erosiegat direct stroomafwaarts van de instroomopening/drempel;
- Pointbarvorming in de binnenbocht.

3.4 Visuele inspectie van de oevers

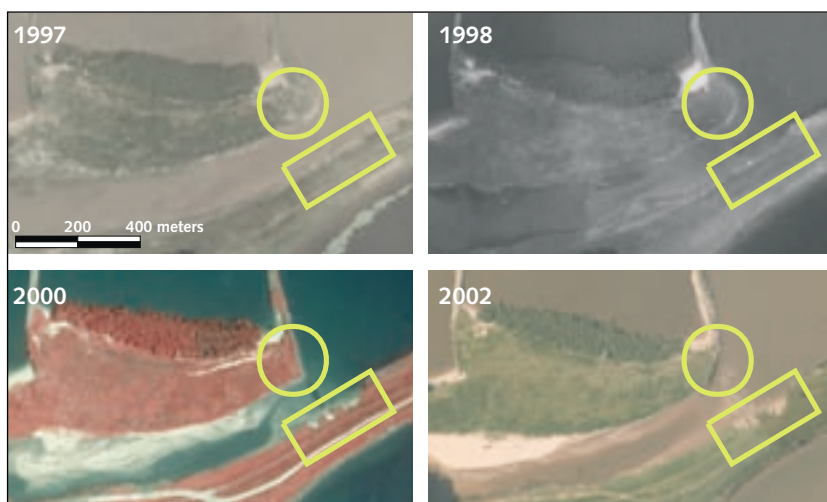
Wat uit de figuren en kaarten niet zo zeer naar voren komt, is dat lokale oevererosie vaak het morfologische beeld van de geulen bepaalt. Aan de hand van veldbezoeken en (lucht)foto's zijn deze ontwikkelingen in kaart gebracht. Onderstaand worden enkele aspecten toegelicht.

Oostgeul

De bovenstroomse punt van het eiland tussen de Oostgeul en de Waal staat bij hoogwater aan stroomaanval bloot en kalft daardoor steeds verder af. Deze ontwikkeling is op de luchtfoto's van figuur 24 goed te volgen. De vier foto's zijn bij nagenoeg dezelfde waterstand (2,14-2,35 m +NAP) gemaakt en mogen dus onderling vergeleken worden. In 2000 leek het erop dat de kribwortel verdere erosie van de eilandpunt tegen zou houden, maar ook de kribwortel heeft het nadien begeven. Aan de hand van de foto's is te berekenen dat het tussen 1997 en 2000 geërodeerde oppervlak aan de oostpunt ca. 770 m² bedraagt, en met een fronthoogte van ca. 2,40 m is hiermee een volume van ca. 1.850 m³ gemoeid. Omdat de stroming bij hoogwater naar de uiterwaard toe is gericht, zal het meeste van dit materiaal in de Oostgeul terecht zijn gekomen. Bij de instroomopening van de Oostgeul gaat de linkeroever achteruit in een tempo van circa 3 m/jaar, en er heeft zich inmiddels een steilrandje ontwikkeld. Overigens kan de vertrapping door vee de erosie plaatselijk versterkt hebben.

Figuur 24

De Oostgeul van de Gamerensche Waard in 1997, 1998, 2000 en 2002



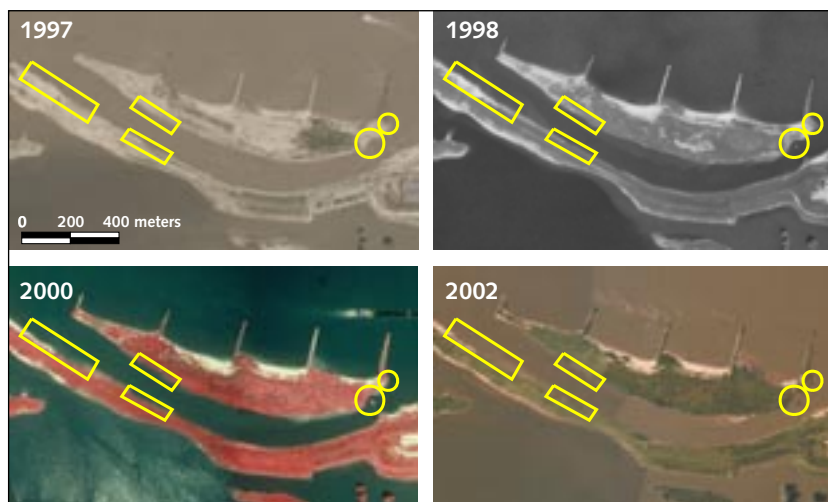
Westgeul

Ook bij de Westgeul wordt de bovenstroomse punt van het eiland aangevallen, maar hier houdt de krib (voorlopig) stand (figuur 25). Aan de rechteroever is de drempel achterloopt geraakt (extra instroomopening), maar de steilrand die daarbij is ontstaan is sinds 1997 nauwelijks verder geërodeerd. In de tweede helft van de geul vindt zowel links als rechts oevererosie plaats met een snelheid van ca. 2 m/jaar. Tussen de twee gele rechthoeken op de linkeroever vindt geen oevererosie plaats. Hier was tot 1995 de toegangsgeul van de Waal naar de zandwinplas. Bij de aanleg van de nevengeulen is de toegangsgeul opgevuld,

kennelijk met materiaal dat een grotere erosiebestendigheid heeft dan het oorspronkelijke bodemmateriaal.

Figuur 25

De Westgeul van de Gamerensche Waard in 1997, 1998, 2000 en 2002



Grote geul

De instroomopening van de Grote geul is met een steenbestorting verdedigd, maar direct benedenstrooms hiervan vindt oevererosie plaats, waarschijnlijk omdat de instroom vrij nauw is en de aanstroming vanuit het kribvak niet gelijkmatig is. Net bovenstrooms van de brug ligt aan de linkeroever een kleiut die voorheen van de Grote geul gescheiden werd door een smalle kleidam met een hoogte van 2,5 - 3,0 m+NAP. Ergens tussen april 1998 en juni 1999 is deze dam doorgebroken, wellicht als gevolg van het leeglopen van de kleiut na een hoogwater.

De verharding van de toegangsweg van en naar de brug heeft in de loop der jaren flink te lijden gehad. De oorspronkelijke klinkerbestrating spoelde al na het eerste hoogwater weg en werd vervangen door beton. De asfaltaag werd vooral aan de benedenstroomse zijde stevig aangetast, en het asfalt is nu op veel plaatsen verdwenen (foto 7). De erosie treedt op bij hoogwater, wanneer de toegangsweg overstroomd raakt. Op de overgang van glad asfalt naar ruw bodemmateriaal treedt turbulentie op, bij sommige waterstanden gecombineerd met superkritische stroming.

Foto 7

Aantasting van de asfaltweg nabij de brug over de Grote geul in de Gamerensche Waard (juni 2001)



De linkeroever benedenstrooms van de brug is al sinds de opening van de Grote geul aan erosie onderhevig. Dit wordt veroorzaakt door turbulentie en de diepe ontgrondingskuil benedenstrooms van de brug. Deze locatie vraagt bijzondere aandacht omdat op enkele tientallen meters afstand van de geul de bandijk ligt. Na de ontwikkelingen enkele jaren gevolgd te hebben is in 2001 de erosie tot staan gebracht door het aanbrengen van een steenbestorting (figuur 26; onder).

.....
Figuur 26

De linkeroever van de Grote geul, direct benedenstrooms van de brug in januari 2000, juli 2000 en juni 2001



Met de resultaten van het stromingsmodel (WAQUA) voor de nieuwe situatie in combinatie met de oorspronkelijke terreinsituatie zijn de kritieke punten te signaleren voor een visuele inspectie. Visuele inspectie is altijd nodig om lokale morfologische processen te volgen. In de Gamerensche Waard zijn de volgende locaties gesignaleerd:

Grote geul:

- Oevererosie direct stroomafwaarts van de met stortsteen verdedigde oever bij de instroomopening
- Zodanige oevererosie direct stroomafwaarts van de brug, dat de oever ter plekke versterkt diende te worden met stortsteen (om problemen met de winterdijk te voorkomen)

Oostgeul:

- De punt van het eiland erodeert nog steeds verder (inmiddels tientallen meters)

Westgeul:

- De instroomopening is al heel snel na aanleg achterloops geraakt, waardoor zich in zekere zin twee instroomopeningen naast elkaar bevinden. De oevererosie gaat hier echter niet meer verder.
- Verderop in de geul gaat de oevererosie wel gestaag verder.

3.5 Metingen zwevend stof in de Grote geul

Om een beeld te krijgen van de sedimentatie zijn in de Grote geul over de jaren 2000 t/m 2002 maandelijks watermonsters genomen ter bepaling van het zwevend stofgehalte. In 2000 is dit gedaan op drie locaties, te weten 'instroom', 'begin zandvang' en 'einde zandvang', en in 2001 en 2002 is het aantal bemonsteringslocaties uitgebreid met de locaties 'voor brug' en 'na brug' (figuur 27).

Figuur 27

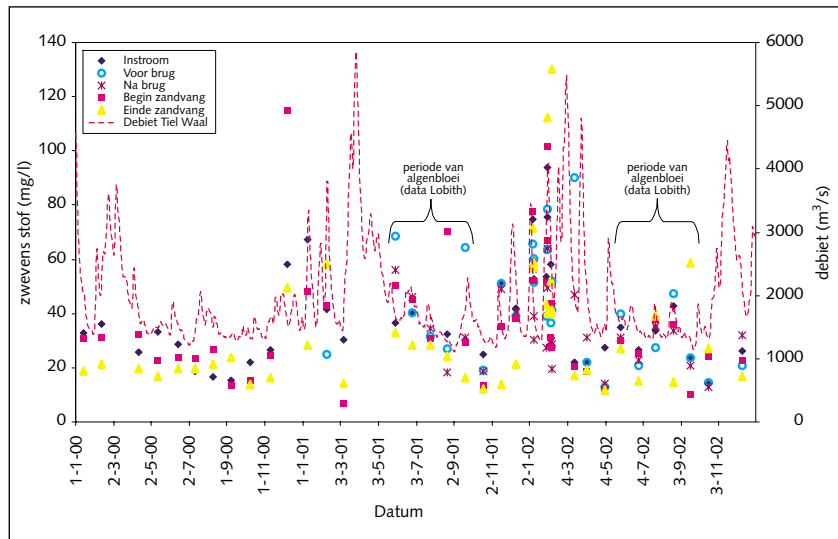
Bemonsteringslocaties zwevend stof
Achtergrond luchtfoto: 2000



Van de watermonsters zijn in het laboratorium de gehalten droge stof en Chl-a (alleen in 2001) geanalyseerd. In figuur 28 zijn de zwevend stofgehalten van de bemonsteringen op elk van de meetpunten gedurende de drie jaren uitgezet.

Figuur 28

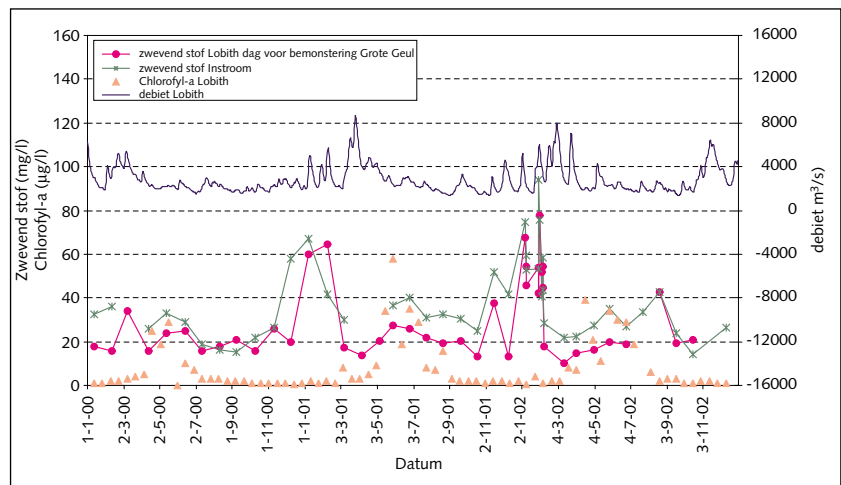
Zwevend stofgehaltenes in de Grote geul van de Gamerensche Waard



In de grafiek zijn de hoge afvoeren van januari - februari 2001 en januari - februari 2002 duidelijk te zien aan de toenemende zwevend stofgehaltenes in de geul. Ook is er een gradiënt in de lengterichting van de Grote geul te zien. De zwevend stofgehaltenes aan het begin van de geul ('instroom'), zijn over het algemeen hoger dan aan het eind van de geul ('einde zandvang'). De verhoging van het zwevend stofgehalte in de periode mei - september 2001 en mei - september 2002 kan toegeschreven worden aan algenbloei. Ook bij Lobith zijn de zwevend stof- en Chl-a gehaltenes in de zomer hoger (figuur 29). Tegelijk laat figuur 28 zien dat de Chl-a concentraties verderop in de geul hoger kunnen zijn dan bij de inlaat, hetgeen wijst op de productie van algen in de geul zelf. De gemeten Chl-a concentraties in 2001 zijn dusdanig hoog, dat een flink deel van de gemeten verhoging in zwevend stofgehaltenes erdoor verklaard kan worden. Een vuistregel is dat de gemeten 60 µg/l Chl-a gelijk staat aan 6 mg/l algen.

Figuur 29

Zwevend stofgehalte en Chl-a gehalte van het rivierwater bij Lobith

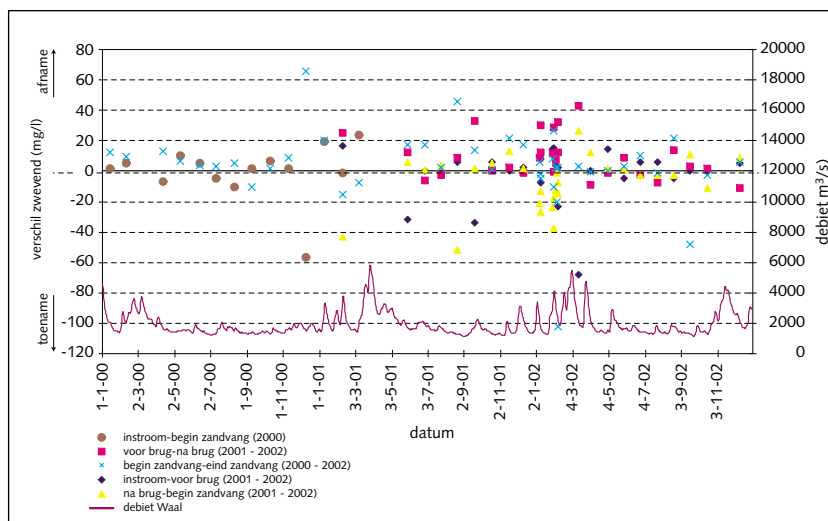


Om het zwevend stofgehalte bij de instroom van de Grote geul met het zwevend stofgehalte van Lobith te vergelijken zijn in figuur 29 de zwevend stofgehaltenes van beide locaties weergegeven. In het algemeen

bestaat er geen duidelijke relatie tussen de hoeveelheid aangevoerd zwevend stof bij Lobith en de hoeveelheid die de instroom van de nevengeul bij Gameren bereikt. Dat is opvallend, omdat verwacht mag worden dat de zwevend stofgehalten in de hoofdstroom van de rivier in lengterichting constant blijven. Lokale variatie, type bemonstering en gebruikte analysetechnieken zijn waarschijnlijk de verklaring voor het verschil. De metingen zijn wel geschikt om het transport in de geul zelf te analyseren.

Figuur 30

Verschillen in zwevend stofgehalten tussen bemonsteringslocaties in de Gamerensche Waard



Om na te gaan of er sedimentatie in de Grote geul optreedt zijn in figuur 30 de onderlinge verschillen in zwevend stofgehaltenes tussen de bemonsteringslocaties weergegeven. In het eerste gedeelte van de Grote geul, tussen de bemonsteringslocaties 'instroom', 'voor brug' en 'na brug', vindt er overwegend een afname in het zwevend stofgehalte plaats. Dit duidt op sedimentatie. Soms is een toename van het zwevend stofgehalte te zien. Dit zou veroorzaakt kunnen zijn door erosie als gevolg van hogere snelheden in de geul bij een hoge afvoer, maar met uitzondering van één waarneming hebben zich op de data waarop een toename van het zwevend stofgehalte te zien is, zich geen hoge afvoeren voorgedaan.

In het tweede gedeelte van de Grote geul, tussen de bemonsteringslocaties 'na brug' en 'begin zandvang', ligt het anders. In dit gedeelte van de Grote geul komen zowel afnames als toenames van het zwevend stofgehalte voor. De toenames vinden met name plaats tijdens hoge afvoeren. Waarschijnlijk worden bij het stijgen van de afvoer de stroomsnelheden in de geul dermate hoog dat in het tussenliggende gebied erosie van (recent afgezet) bodemmateriaal optreedt en de concentratie zwevend stof toeneemt. Toch is de toename van het zwevend stofgehalte beperkt, want de gehalten aan zwevend stof aan het begin van de zandvang liggen voor het merendeel lager dan die bij de instroom.

Het zwevend stofgehalte aan het einde van de zandvang ligt lager dan aan het begin van de zandvang. In de zandvang treedt dus sedimentatie op. Een enkele keer is het gehalte aan zwevend stof aan het eind van

de zandvang hoger. Deze verhogingen komen voor zowel tijdens hoge als normale afvoer. Op basis van de beschikbare gegevens kan dit niet worden verklaard.

De bemonsteringen geven een globaal beeld van het zwevend stofgehalte in de Grote geul. Over het algemeen duiden de meetgegevens op sedimentatie van zwevend stof in de Grote geul. Met name de zandvang zorgt ervoor dat zwevend stof bezinkt. Echter, hoe het hele sedimentatie- en erosieproces in de Grote geul plaatsvindt is niet uit de gegevens af te leiden, omdat het niet mogelijk is om de toe- en afnames van de zwevend stofgehalten in de geul goed te verklaren. Waarschijnlijk speelt interne herverdeling van materiaal een belangrijke rol, maar het is niet duidelijk wanneer dat precies optreedt en wat het netto effect ervan is. Een enkele keer kan de erfenis van een hoge afvoer als oorzaak voor de vreemde toename van zwevend stofgehalte worden gegeven.

Een andere mogelijke oorzaak is de locatie van bemonstering ten opzichte van het stromingspatroon. Uit WAQUA-berekeningen (figuur 14) blijkt dat sommige meetlocaties afhankelijk van de afvoer wel of niet in de stroombaan van de Grote geul liggen. De plaats van bemonstering is dus ook bepalend voor het gehalte aan zwevend stof.

De zwevend stofgehalten aan het begin van de geul zijn over het algemeen hoger dan aan het eind van de geul: sedimentatie.
Bij hoge rivierafvoeren is er een lichte toename van het zwevend stofgehalte tussen de brug en de zandwinput: lichte erosie.
Het zwevend stofgehalte na de voormalige zandwinput is een stuk lager dan er voor: sedimentatie.

3.6 Modellerings zwevend stof Grote geul

Om uitspraken te doen over sedimentatie- en erosieprocessen op de lange termijn is de morfologische ontwikkeling van de Grote geul in de Gamerensche Waard gemodelleerd. De meetgegevens van debieten en zwevend stofgehalten hebben als calibratie en verificatie gediend. Hierbij is voor de waterbeweging gebruik gemaakt van het WAQUA-model (zie hoofdstuk 2). De berekening van de sedimentatie en erosie met het DELWAQ-stoftransportmodel is echter, vanwege modeltechnische problemen, niet gelukt (Visser, 2004).

Met een eenvoudig spreadsheetmodel is getracht toch iets te zeggen over het sedimentatie- en erosieproces in de Grote geul van de Gamerensche Waard. In dit model is door toepassing van de sedimentatieformulering van Krone en de erosieformulering van Partheniades de globale sedimentatie en erosie op jaarbasis bepaald (Visser, 2004).

De hoeveelheid sedimentatie in de Grote geul blijft beperkt tot zo'n 8.000 à 9.000 m³ per jaar. In de diepere delen van de Grote geul ligt de netto sedimentatie tussen de 0,05 en 0,11 m/jaar. Verder geeft het model aan dat de sedimentatie iets meer uit zand (55-60%) bestaat

dan uit slib, met uitzondering van de voormalige zandwinput en het einde van de geul, waar het percentage slib iets hoger is. Dit komt goed overeen met de andere monitoringsresultaten.

Erosie in de geul vindt alleen plaats bij de brug, bij afvoeren groter dan 1.000 m³/s, orde 0,65 m/jaar, over een oppervlak van 50 bij 15 m. De erosie onder de brug neemt in de loop der jaren wel steeds verder af, want na een aantal jaren is de erosie nog maar zo'n 0,10 m/jaar. Bij afvoeren van 3.500 m³/s en hoger vindt ook erosie plaats in het begin van de geul en in het gedeelte tussen brug en voormalige zandwinput. De hoeveelheden blijven echter beperkt.

De verwachting is dat vooral de diepe delen van de Grote geul langzaam zullen sedimenteren. Afhankelijk van de vorm en de verhoudingen in het profiel ontstaat er dan een profiel waarbij de huidige stroomgeul (stromende deel van het profiel) blijft bestaan, dan wel na sedimentatie van de diepere delen van de geul ook de ondiepere delen mee gaan stromen. Er ontstaat een nieuw breder (maar wel ondieper) doorstroomprofiel, die verder zal gaan sedimenteren met redelijk zandig materiaal. Het bodemmateriaal in de Grote geul zal in verloop van de tijd dus steeds zandiger worden.

De verandering van het doorstroomprofiel, en dan met name de breedte, kan niet in het spreadsheetmodel worden doorgevoerd. Daarom is het model niet echt geschikt voor de lange termijnvoorspelling. Grofweg kan, uitgaande van de resultaten van het model, wel gezegd worden dat het ongeveer 10 tot 15 jaar duurt voordat het diepere stroomvoerende gedeelte van de Grote geul vol gesedimenteerd is. Hierna kan het dan nog 15 tot 20 jaar duren voordat de gehele geul dicht gesedimenteerd is. Dit duurt langer, omdat de sedimentatie door de grotere breedtes steeds langzamer gaat. Voor de voormalige zandwinput zal het vanwege zijn diepte nog veel langer, tientallen jaren, duren voordat hij vol is (modelschatting 0,09 à 0,10 m/jaar).

Slib speelt een geringe rol in de morfologische ontwikkeling van de Gamerensche Waard. De meetgegevens zijn hierdoor van geringe betekenis voor het ontwikkelen en calibreren van complexe modellen. De meetgegevens zijn wel bruikbaar voor globale lange termijn voorspellingen:

Grote geul:

- In de diepere delen een netto sedimentatie van 0,05 tot 0,11 m/jaar.
- Totale netto sedimentatie zo'n 8.000 à 9.000 m³ per jaar.
- Het duurt nog vele tientallen jaren voordat de voormalige zandwinput opgevuld is tot aan het niveau van de rest van de geul.
- Het sediment bestaat grotendeels uit zand; in de voormalige zandwinput een mengsel van slib en zand.
- Het sediment zal in de toekomst steeds zandiger worden.
- Erosie alleen lokaal.

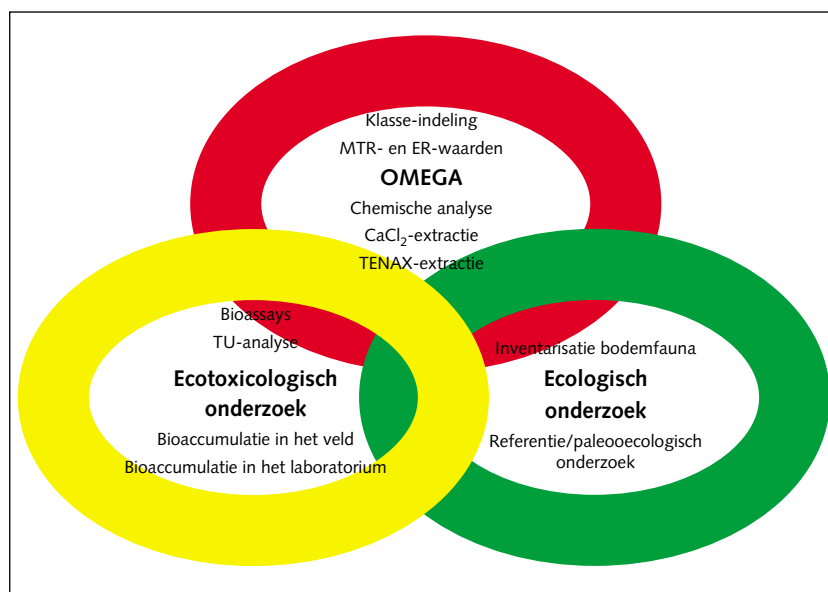
4 Bodemkwaliteit en gerelateerde ecologische risico's

4.1 Inleiding

De uiterwaarden zijn over grote oppervlakte in meer of mindere mate verontreinigd met zware metalen en milieuvreemde stoffen. Deze verontreinigingen kunnen een beperking opleveren bij het ontwikkelen van de levensgemeenschappen in de Gamerensche waard. Om dit te kunnen bepalen is een set aan ecotoxicologische onderzoeksmethodieken ingezet. Deze zijn onder te verdelen in een drietal categorieën, namelijk toxicologische inschatting op basis van chemische analyses, ecotoxicologisch onderzoek in het laboratorium en waarnemingen aan de fauna in het veld. Het combineren van deze drie lijnen maakt een geïntegreerde beoordeling van de effecten mogelijk. Deze aanpak wordt veelal aangeduid als de 'TRIAD-systematiek' (figuur 31). De resultaten van de eerste twee sporen (chemische analyses en ecotoxicologisch onderzoek) komen in dit hoofdstuk aan de orde. Het derde spoor (effecten op fauna in het veld) volgt in paragraaf 5.3.5.

Figuur 31

Schematische weergave van het uitgevoerde TRIADE-onderzoek in de Gamerensche Waard ter beoordeling van de ecologische risico's van bodemverontreiniging



4.2 Ontwikkeling bodemkwaliteit

Westgeul

Net na aanleg was de toplaag van de bodem van de Westgeul redelijk in overeenstemming met de kwaliteit van het huidige sediment in de Waal. De bodem was grotendeels zandig van karakter, met plaatselijk wat licht verontreinigd slibbig zand (figuur 32 en tabel 7). De kleiige oevers en steilranden van de geul bleken echter plaatselijk sterk verhoogde gehalten aan zware metalen te bevatten (zink als klassebepalende parameter). Dit lijkt verband te houden met de oorsprong van het daar aangetroffen materiaal. Uit oude rivierkaarten blijkt namelijk dat deze

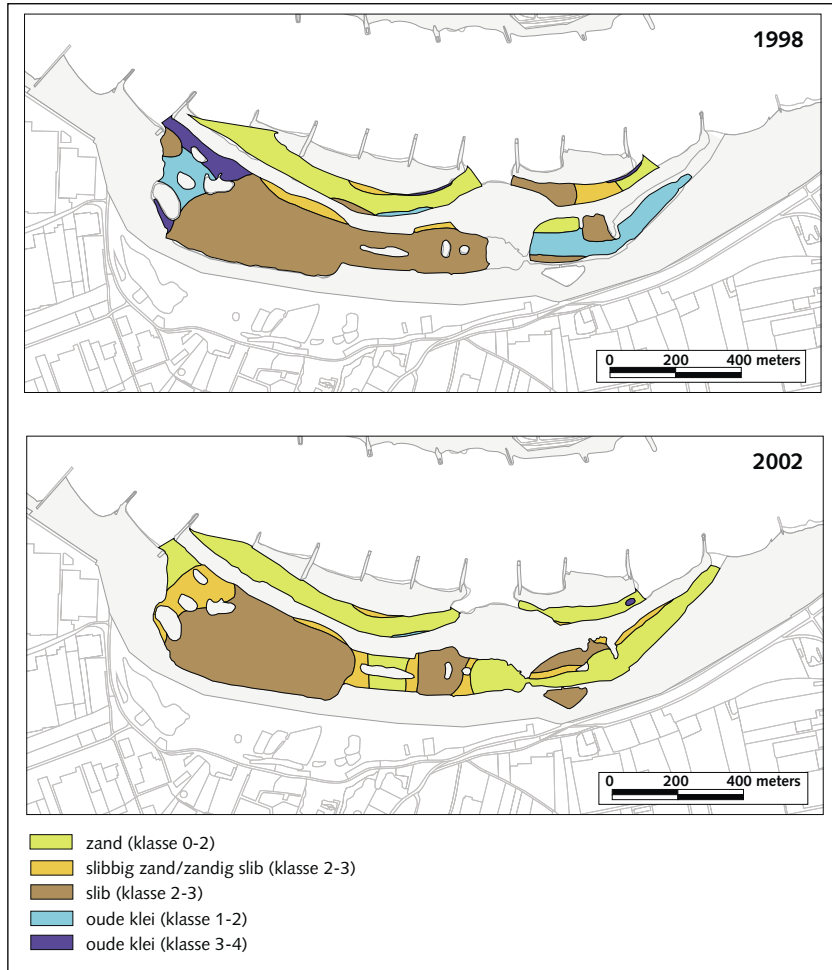
strook van de Gamerensche Waard (nabij de hoofdstroom gelegen) grotendeels is opgeslibd sinds het einde van de 19e eeuw. Dit betekent dat de sterke verontreiniging van de kleilagen overeenkomt met de toen geldende waterkwaliteit. Weliswaar zijn de steilranden sinds 1997 deels geërodeerd, maar omdat de gehele strook uit materiaal van slechte kwaliteit bestaat, wordt naar verwachting ook thans nog sterk verontreinigd materiaal aan de oppervlakte van deze steilranden aangetroffen.

Figuur 32

De textuur en kwaliteitsklasse van de bodem van de nevengeulen in de Gamerensche Waard; zowel (direct) na aanleg (1998) als ook na vijf jaar ontwikkeling (2002)

Klasseindeling conform CIW (2000):

- 0. gehalten beneden streefwaarde;
- 1. gehalten boven streefwaarde maar beneden grenswaarde;
- 2. gehalten boven grenswaarde maar beneden toetsingswaarde;
- 3. gehalten boven toetsingswaarde maar beneden interventiewaarde;
- 4. gehalten boven interventiewaarde



Tabel 7 (behorende bij figuur 32)

Typen topplagmateriaal aangetroffen in de nevengeulen van de Gamerensche Waard.
Oppervlakte (in ha) direct na aanleg (1998) en na vijf jaar morfologische ontwikkeling (2002)

Textuur	Kwaliteits- klasse	Meest verontreinigende stoffen	Morfologische achtergrond	Oppervlakte 1998 (ha)	Oppervlakte 2002 (ha)
zand	0 - 2	zware metalen; organische microverontreinigingen	aangevoerd vanuit de rivier	6	13
slibbig zand	2 - 3	zware metalen; organische microverontreinigingen	aangevoerd vanuit de rivier / geërodeerd vanuit (kleiige) geuloevers en -bodem	2	4
slib	2 - 3	zware metalen; organische microverontreinigingen	aangevoerd vanuit rivier / geërodeerd vanuit (kleiige) geuloevers en -bodem	17	15
oude klei	1 - 2	zware metalen; PAK's	geulbodem, aangelegd in oorspronkelijke kleilagen	5	0
oude klei	3 - 4	zware metalen (zink)	geulbodem en steilranden, aangelegd in oorspronkelijke kleilagen	2	0

De kwaliteit van de geulbodem is licht verbeterd gedurende de monitoringsperiode. Dit wordt waarschijnlijk verklaard doordat de erosie van de verontreinigde oevers reeds na 1 à 2 jaar sterk is afgenomen, waardoor er in de afgelopen jaren veel minder verontreinigd materiaal in het water terecht is gekomen dan in de eerste jaren na herinrichting. De verontreinigingsgraad van het recent gesedimenteerde zand en slib komt overeen met de kwaliteit die wordt aangetroffen in de Waal. In het meer benedenstrooms gelegen deel van de Westgeul is de oevererosie ook de afgelopen jaren doorgegaan, maar het daarbij vrijkomende verontreinigd materiaal heeft zich verspreid over het gebied of is met de rivier mee afgevoerd.

Oostgeul

De Oostgeul kende gedurende de monitoringsperiode een soortgelijke ontwikkeling: weliswaar bestond de topplag van de bodem in de uitgangssituatie hier vooral uit slib en slibbig zand maar dat is langzamerhand afgedekt met relatief schoon zand. De steilrand aan de rechteroever ter hoogte van de instroomopening van de geul bleek ook hier grotendeels te bestaan uit klei met daarin zware metalen op klasse-4 niveau (zink als klassebepalende parameter). Ook hier is de steilrand door erosie inmiddels een flink stuk verder naar de rivier opgeschoven. Omdat deze steilrand de laatste jaren niet meer is bemonsterd, kan

niet met zekerheid worden gezegd welke chemische kwaliteit deze thans heeft, maar naar verwachting zal de huidige kwaliteit niet sterk afwijken van de kwaliteit zoals die werd aangetroffen in de beginjaren van de monitoringsperiode. De geulbodem ter hoogte van de instroomopening is plaatselijk uitgeschuurd tot op het niveau van de oude kleibodem. Hier wordt thans lokaal klasse-3 (zandige) klei aangetroffen.

Grote geul

De bodem van de Grote geul bestond in de oorspronkelijke situatie grotendeels uit slib en klei van een relatief goede kwaliteit (overwegend klasse-2). In de buurt van de uitstroomopening werd, met name aan de rechteroever, echter ook enige met zware metalen verontreinigde klei aangetroffen (klasse-4 met zink als klassebepalende parameter). Ook dit houdt verband met de oorsprong van het hier aangetroffen materiaal: oude rivierkaarten laten zien dat ook in dit deel van de waard de bovenste decimeters grotendeels pas sinds 1925 zijn afgezet. De aantakking van de Grote geul in het najaar van 1999 heeft in het oostelijk gelegen deel geleid tot afdekking van het oorspronkelijke, kleiige, materiaal met relatief schoon zand. In de meer stromingsluwe zones sedimenteerde vooral slib. Op het slib van de voormalige zandwininput in het westelijk deel kan zowel zand als slib uitzakken naar de bodem. De kwaliteit van de toplaag blijft hierdoor gelijk. De oorspronkelijke kleiige bodem nabij de uitstroomopening is in de loop der tijd afgedekt met zand. De kwaliteit van de toplaag is op deze locatie dan ook sterk verbeterd. In het middendeel van de geul varieert de samenstelling van het bodemmateriaal van zand tot slib, hetgeen gerelateerd lijkt te zijn aan het stromingsbeeld (zie figuur 13). Direct na de vernauwingen van de geul (bij de brug en aan weerszijden van het stroomafwaarts van de brug gelegen eiland) wordt (relatief schoon) zand aangetroffen terwijl in het tussen de brug en het eiland gelegen bredere deel van de geul zich overwegend slib bevindt (figuur 32).

Door de sedimentatie van (schoon) zand is de kwaliteit van de toplaag van de bodem in de nevengeulen van de Gamerensche Waard gedurende de monitoringsperiode verbeterd. In de voormalige zandwininput is enkele decimeters slib gesedimenteed. Elders in de geulen zijn alleen lokaal op stromingsluwe locaties dunne sliblaagjes afgezet. Hier is sprake van een stand-still situatie. Door erosie van de oevers (bij de instroomopeningen) heeft met name in de eerste jaren na aanleg verspreiding van verontreinigd materiaal naar de geulen en de Waal zelf plaatsgevonden. In verhouding tot de totale vracht aan sediment over de Waal zijn hiervan geen waarneembare effecten te verwachten op de waterkwaliteit.

4.3 Biologische beschikbaarheid

Het beoordelen van de mate van bodemverontreiniging aan de hand van de klasse-indeling is een eerste stap in de beoordeling. Voor een ecologische beoordeling heeft deze methode echter zijn beperkingen. Zo zijn in deze norm ook de humane risico's verdisconteerd en is er een beleidsmatige interpretatieslag over heen gegaan. Dit maakt het moeilijker om een direct verband met ecologische effecten aan te geven. Daarnaast kunnen bepaalde type stoffen elkaars werking beïnvloeden of is slechts een gedeelte van de in het sediment aanwezige verontreinigingen biologisch beschikbaar. Om bovengenoemde beperkingen weg te nemen is als aanvulling op de klasse-beoordeling ook gebruik gemaakt van enkele specifieke ecologische beoordelingsinstrumenten. Om deze in te zetten zijn aanvullende analyses (CaCl₂- en Tenax-extracties) uitgevoerd om het biologisch beschikbare deel vast te stellen. De extra beoordelingsmethoden (MTR- en ER-waarden en OMEGA-modellering) geven meer specifieke informatie over de ernst van de verontreiniging inzake ecologische risico's.

MTR: Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau

Waarde die aangeeft tot welke (gestandariseerde) concentratie geen ontoelaatbare effecten zijn te verwachten. Dit is de concentratie waarbij theoretisch 5% van de soorten schade ondervindt (95% beschermingsniveau).

ER: Ernstig Risiconiveau

Waarde die aangeeft bij welke concentratie sprake is van ernstige effecten op het ecosysteem. Dit is de concentratie waarbij theoretisch 50% van de soorten in het ecosysteem schade ondervindt.

CaCl₂- en Tenax-extractie

Analysemethoden voor het bepalen van de biologische beschikbaarheid van anorganische (CaCl₂) en organische (Tenax) microverontreinigingen in sediment.

OMEGA

Model, waarmee nadelige effecten van verontreinigingen kunnen worden voorspeld op planten, dieren en populaties.

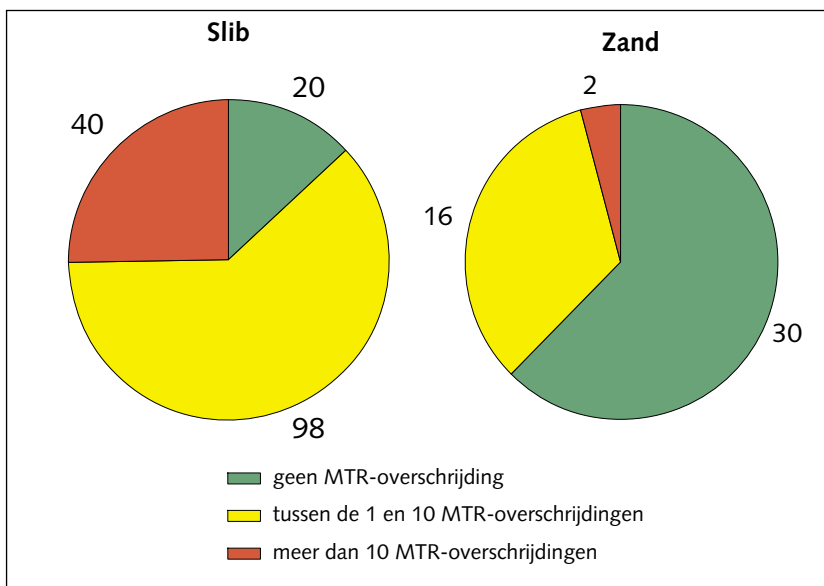
MTR-waarden

Voor alle sedimentmonsters is beoordeeld in welke mate de diverse verontreinigingen de vastgestelde MTR-waarden al dan niet overschrijden (figuur 33). Het blijkt dat in de slibrijke monsters het aantal monsters waarbij tenminste één MTR-waarde wordt overschreden, duidelijk hoger is dan in de zandmonsters. Verder valt op dat in circa een kwart van de slibmonsters sprake is van een MTR-overschrijding met meer dan een factor 10.

Om inzicht te krijgen in de aard van deze stoffen, zijn de overschrijdingsfactoren ook bekeken per type verontreiniging (figuur 34). In de slibrijke

Figuur 33

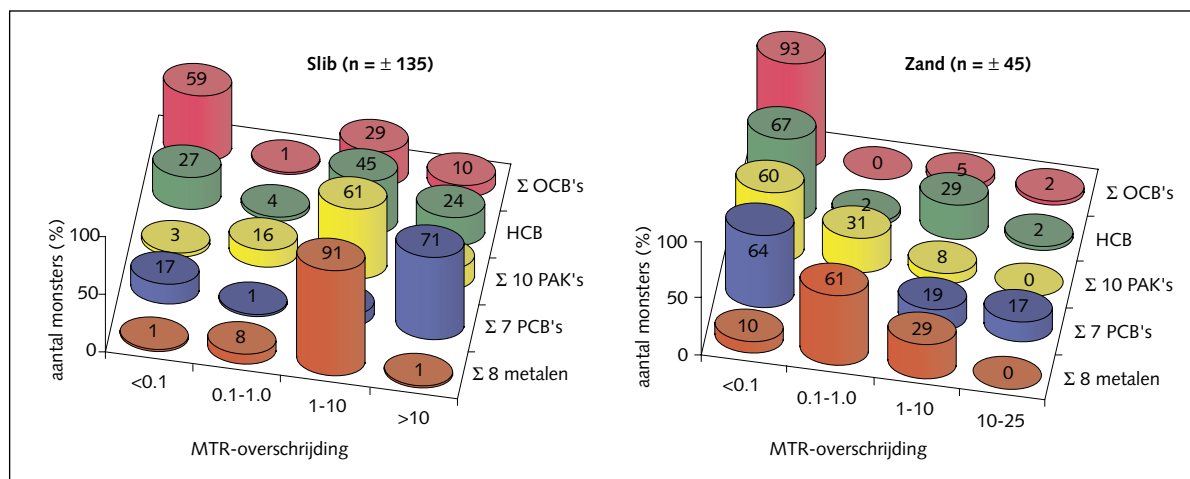
Overzicht van de frequentie waarmee de MTR-waarden per afzonderlijke stof worden overschreden door de slibrijke en door de zandige sedimentmonsters (korrelgrootte fractie <63 µm is <10%). Weergegeven is het aantal monsters dat in de betreffende klasse valt



monsters overschrijden vooral de PCB's en HCB de MTR-waarde met meer dan een factor 10. De overschrijding van de MTR-waarden voor metalen varieert tussen de 1 en 10. Dit beeld is anders in de zandmonsters; de metalen, de PAK's en de OCB's overschrijden vrijwel nooit de MTR-waarden. In deze monsters zijn vooral de PCB's en HCB verantwoordelijk voor een eventuele MTR-overschrijding (figuur 34).

Figuur 34

Overzicht van de mate waarin de verschillende stofgroepen de MTR-waarden overschrijden voor slibrijke en zandige sedimentmonsters (korrelgrootte fractie <63 µm is <10%)



Noot: Figuur 34 is gebaseerd op de gesommeerde MTR-overschrijdingswaarden. Eerst zijn voor alle stoffen van de betreffende groep de individuele overschrijdingswaarden berekend. Vervolgens zijn deze waarden gesommeerd om zo een totaal beeld van de groep te geven. Deze manier van beoordelen kan dus vooral in beeld brengen of stoffen elkaars werking kunnen versterken. Figuur 33 is wel gebaseerd op de individuele overschrijdingswaarden.

Op basis van deze MTR-waarden kan worden geconcludeerd, dat op slibrijke locaties frequent sprake is van een matig ecologisch risico. Dit betekent dat negatieve ecologische effecten kunnen optreden bij de aanwezige fauna (veelal 'matige' risico's). Het Ernstige Risico-niveau is, op één incidentele waarneming na, nergens overschreden.

OMEGA-modellering

De uitgevoerde OMEGA-modellering levert op hoofdlijnen een zelfde beeld op. Zo blijkt de PAF-waarde (= Potentieel Aangetaste Fractie) bij veel sedimentmonsters te variëren tussen de 10-20%. Dit betekent, dat dit deel van de aanwezige soorten in principe negatieve effecten kan ondervinden van de aanwezige verontreinigingen.

Biologische beschikbaarheid

De risico's op basis van de MTR's zijn potentiële risico's. Het daadwerkelijke risico is afhankelijk van lokale omstandigheden. De biobeschikbaarheid van de verontreinigingen speelt hierin een cruciale rol. De uitgevoerde analyses inzake de biologische beschikbaarheid (CaCl₂- en Tenax-extracties) geven aan dat er sprake is van een sterke mate van variatie van die biologisch beschikbare fractie. Voor de PAK's varieert deze bijvoorbeeld tussen de 2 en 20% en voor de PCB's bedraagt deze circa 40% van het totale gehalte. Voor deze stoffen liggen de daadwerkelijke risico's dus beduidend lager dan alleen op basis van de chemische concentraties verwacht mag worden.

Het slib in de nevengeulen bevat duidelijk hogere concentraties aan milieuvreemde stoffen dan het zand. In het slib zijn het vooral de PCB's, HCB en de PAK's die een (matig) risico betekenen voor organismen. In het zand zijn alleen de concentraties aan PCB's en HCB soms zodanig dat negatieve ecologische effecten verwacht kunnen worden.

Ernstige risico's voor organismen zijn in de nevengeulen van de Gamerensche Waard niet vastgesteld, mede omdat de biologische beschikbaarheid van de milieuvreemde stoffen laag is.

4.4 Toxicologische toetsing op organismen

Bioassays

Om inzicht te krijgen in de daadwerkelijke belasting die organismen kunnen ondervinden als gevolg van bodemverontreinigingen, zijn zogenaamde bioassays uitgevoerd. In deze bioassays worden aspecten als biologische beschikbaarheid en de aanwezigheid van een mengsel van verontreinigingen integraal meegenomen. Daarbij zijn bioassays een vangnet voor eventueel 'vergeten' of onbekende stoffen. Voor deze bioassays is gebruik gemaakt van: de bacterie *Vibrio fischeri*, het raderdier *Brachionus calyciflorus*, het spookgarnaaltje *Thamnocephalus platyurus*, de watervlo *Daphnia magna* en de dansmug *Chironomus riparius*. Hierbij is gekeken naar de effecten op de groei, de ontwikkeling,

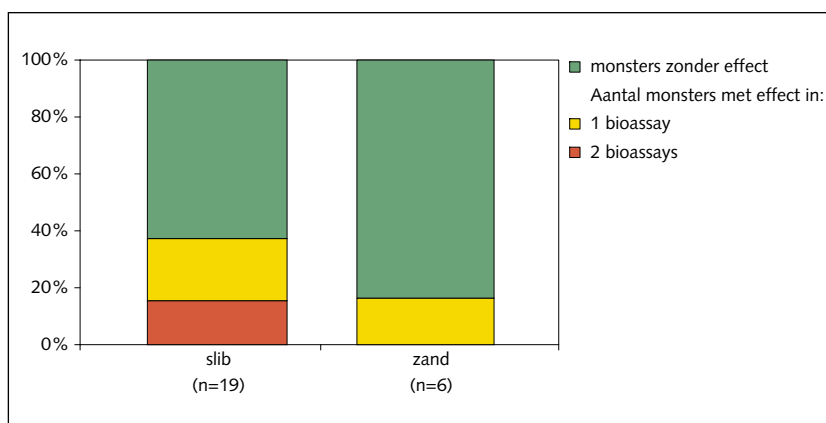
de reproductie en de sterfte van deze dieren. Daarnaast is zogenaamd bioaccumulatie-onderzoek uitgevoerd met wormen (*oligochaeten*) en muggenlarven. Hierbij wordt gekeken naar de mate waarin deze dieren aanwezige verontreinigingen opnemen. Dit is van belang omdat van een aantal type stoffen (bijv. PCB's) bekend is dat effecten niet zo zeer in de lagere organismen worden waargenomen maar eerder (via doorvergiftiging) bij organismen hoger in de voedselketen.

Evenals de chemische analyses laten de bioassays een duidelijk verschil zien tussen de zandige en de slibrijke monsters. Voor de slibmonsters wordt vaker een negatief effect gevonden dan voor de zandmonsters (figuur 35).

Figuur 35

Procentuele verdeling van het aantal sedimentmonsters, dat negatieve effecten heeft op één dan wel twee toetsorganismen.

N.B. De monsters die niet aan de randvoorwaarden van de bioassays voldeden zijn buiten beschouwing gelaten



Opvallend is dat er bij de (minder verontreinigde) zandmonsters telkens ten hoogste één bioassay een effect laat zien, terwijl er bij de slibmonsters vaker voor meerdere bioassays simultaan een effect wordt aangetoond. Voor de zand- en slibmonsters worden er in respectievelijk 20% en 40% van de monsters daadwerkelijk negatieve effecten in bioassays gevonden (veelal 'matige' effecten). Ernstige effecten zijn slechts incidenteel vastgesteld. Dit komt goed overeen met de risico's zoals ingeschat op basis van de chemische analyses (paragraaf 4.3).

Aanvullend is gekeken of er uit de resultaten van de bioassays locatie-afhankelijk of tijdsgebonden conclusies zijn te trekken. Deze analyse heeft geen extra informatie opgeleverd. De sedimentstructuur is de belangrijkste verklarende parameter. Eventuele toename van de toxiciteit door een verandering van de fysisch-chemische toestand van het sediment na inrichting bleek niet aantoonbaar.

Van de organismen waarmee de bioassays zijn uitgevoerd zijn zogenaamde NOEC-waarden (No Observed Effect Concentration) bekend. Zolang deze waarden in een sedimentmonster niet worden overschreden, zijn geen negatieve effecten te verwachten. In elk monster is voor elke stof gekeken of de NOEC-waarden wordt overschreden. Voor metalen en PAK's zijn op basis van de NOEC-waarden ecologische effecten te verwachten.

Bioaccumulatie

Bepaalde verontreinigingen (zoals cadmium, kwik, PCB's, dioxines en DDT) kunnen in organismen ophopen en vervolgens bioaccumuleren in de predatoren van deze dieren. Zo kunnen bijvoorbeeld vogels en bepaalde vissen blootgesteld worden aan hogere concentraties doordat ze foerageren op wormen en muggenlarven, die deze stoffen uit het sediment hebben opgenomen en opgehoopt hebben in hun weefsels. Om deze risico's te kunnen beoordelen zijn er specifieke normen opgesteld². Overschrijding van deze normen geeft aan dat er een risico op doorvergiftiging bestaat.

Het risico op doorvergiftiging kan het beste worden bepaald aan de hand van organismen, die in het veld zijn verzameld. In de nevengeulen in de Gamerensche Waard zijn daarom muggenlarven verzameld. Ook zijn in het laboratorium wormen (*oligochaeten*) gedurende vier weken aan het sediment blootgesteld. Vervolgens is via chemische analyses vastgesteld hoeveel verontreinigingen deze dieren gedurende die periode hebben opgenomen. Deze blootstelling is echter niet geheel natuurgetrouw, waardoor er wellicht wijzigingen in de biologische beschikbaarheid zijn opgetreden die invloed hebben op de mate van bioaccumulatie. Daarom is ook gebruik gemaakt van zogenaamde veldkooitjes. Hierbij werden in het laboratorium gekweekte muggenlarven op een aantal locaties in de Gamerensche Waard in kooitjes uitgehangen (in sediment van die locatie). De dieren werden hierbij blootgesteld aan het te onderzoeken sediment, terwijl ze tegelijkertijd blootgesteld worden aan de heersende milieucondities (bijv. waterkwaliteit en stroomsnelheid).

Uit de resultaten blijkt dat de bioaccumulatie door muggenlarven in het veld goed overeenkomt met die in de veldkooitjes (zodoende zijn deze in figuur 36 samen genomen). Uit figuur 36 kan worden geconcludeerd, dat er inderdaad sprake is van een risico op doorvergiftiging, aangezien de MTR^{intern}-waarden worden overschreden. Vooral de concentraties aan cadmium en PCB's dragen hier aan bij. Op enkele individuele uitschieters na is de MTR^{intern}-overschrijdingsfactor echter altijd kleiner dan 10. Dit betekent dat er geen sprake is van 'ernstige' maar van 'verhoogde' risico's op doorvergiftiging.

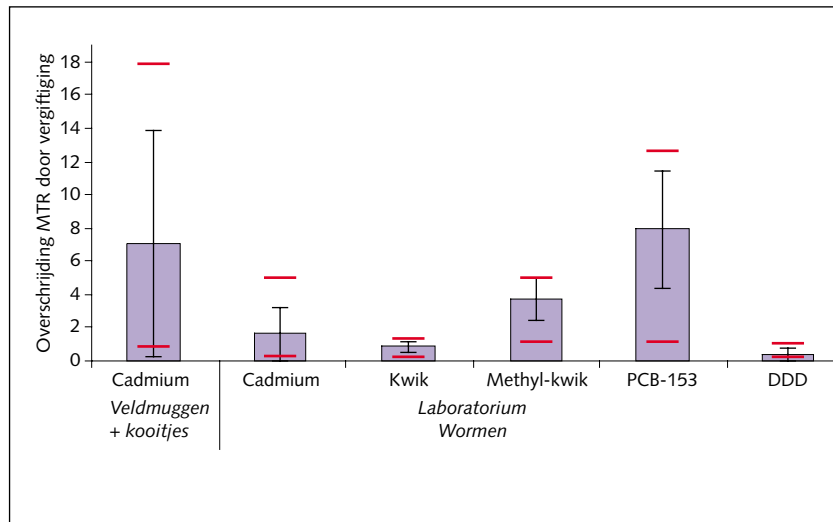
.....

Noot

2 Deze normen worden als MTR^{intern}-waarden aangeduid en hebben in dit geval dus betrekking op de interne gehalten van verontreinigingen zoals die in de dieren worden gemeten. Bij een overschrijding van deze normen met een factor groter dan 10 wordt over 'ernstige' risico's op doorvergiftiging gesproken. Overschrijding met een factor tussen de 1 en 10 wordt aangeduid als 'verhoogde' risico's op doorvergiftiging.

Figuur 36

Resultaten van het uitgevoerde bioaccumulatie-onderzoek. De interne gehalten van verontreinigingen in zowel muggenlarven (direct afkomstig uit het veld) als wormen (blootgesteld in het laboratorium) zijn hierbij vergeleken met opgestelde 'MTR-waarden' voor doorvergiftiging. Weergegeven zijn de gemiddelde waarden als mede de standaarddeviatie. Daarnaast zijn middels de horizontale lijnen ook de minimale en de maximale overschrijdingen aangegeven



Tenslotte valt op, dat het doorvergiftigingsrisico voor cadmium lijkt te verschillen tussen de muggenlarven en de wormen, waarbij het risico bij predatie van muggenlarven het hoogst is. Naast soortspecifieke verschillen kan hierbij ook een aantal andere factoren een rol spelen. Vooral dat de muggenlarven zijn blootgesteld in het veld terwijl de wormen in het laboratorium zijn blootgesteld, is hierbij belangrijk.

De ecotoxicologische risico's zijn voor slib groter dan voor zand. De veelal matige effecten nemen over de jaren af, door het afdekken van de slibrijke sedimenten met zand. Uit modelstudies en bioaccumulatie-onderzoek komt een 'verhoogd' risico op doorvergiftiging (cadmium en PCB's) naar voren. 'Ernstige' risico's voor doorvergiftiging in de voedselketen zijn niet aangetoond.

Concluderend:

Hoewel er gezien de concentraties aan milieuvreemde stoffen in de bodem van de nevengeulen negatieve ecologische effecten te verwachten zijn, zijn die risico's niet zodanig dat dit het ecologisch herstel in ernstige mate kan blokkeren.

4.5 Mogelijkheden voor verspreiding of afzet van sediment

Voor het duurzaam instandhouden van voldoende afvoercapaciteit zou het op termijn nodig kunnen zijn om de geulen uit te graven (zie paragraaf 3.3 en 3.6). De sedimenten die hierbij vrij komen moeten buiten het gebied worden verspreid of afgezet. De mogelijkheden hiertoe zijn afhankelijk van de fysische eigenschappen en de chemische kwaliteit.

De verhouding tussen de verschillende korrelgroottes, het lutumgehalte en het organisch stofgehalte bepalen gezamenlijk de mogelijke toepassing van de vrijkomende sedimenten (als bouwstof voor de weg- en waterbouw of als grondstof voor de productie van bakstenen). Voor een

hoogwaardige toepassing is eenvormigheid van het materiaal van cruciaal belang.

Het sediment in de nevengeulen (zand en slibrijk zand) is echter zeer heterogeen en daardoor ongeschikt om direct als bouw- of grondstof aan te wenden. Alleen na een fractiescheiding is het sediment op te waarderen als bouwstof.

De mogelijkheden om de sedimenten te verspreiden in het riviersysteem worden beoordeeld binnen het juridisch kader van de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater. Het toetsingskader voor deze wet is: "in hoeverre er extra verontreinigende stoffen met de sedimenten in het systeem worden gebracht". Op basis van de reeds verleende vergunningen (bij de herinrichting) kan de conclusie worden getrokken dat het verspreiden van klasse II, niet als een verslechtering wordt gezien.

Het zand dat in de geulen is gesedimenteerd is klasse 0 tot II; verspreiding van dit materiaal is met een vergunning dus mogelijk. Problematischer is het slibrijke zand met een kwaliteit van klasse II-III. Verspreiding van dit materiaal kan op de ene locatie een verslechtering tot gevolg hebben terwijl op een andere locatie juist sprake is van een verbetering.

Er zijn geen mogelijkheden voor (een rendabele) afzet van het sediment in de nevengeulen van de Gamerensche Waard, omdat de samenstelling te heterogeen is.

Verspreiding (zonder financiële opbrengsten) van het sediment naar elders in het riviersysteem is, met vergunningen, veelal wel mogelijk daar de kwaliteit van het sediment meestal klasse 0 tot II is.

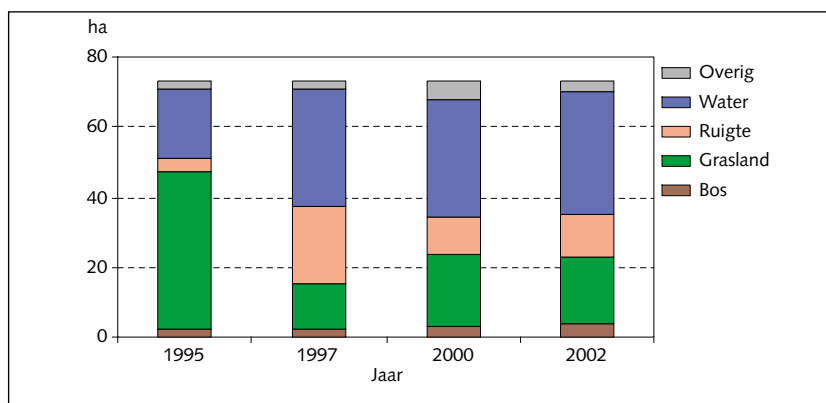
5 Ecologie

5.1 Vegetatie

Herinrichting van de Gamerensche Waard heeft een deel van het productiegrasland veranderd in water en kale bodem. De vegetatieontwikkeling die hierna op gang is gekomen is gevolgd met een ecotoop- en struweelkartering (1997, 2000 en 2002; bijlage C). In de eerste jaren is het areaal ruigte sterk toegenomen. Dit komt door het achterwege blijven van begrazing en verstoring van de bodem door graafwerkzaamheden. Met de inzet van een extensieve begrazing is het areaal ruigte sterk terug gebracht. Daarna zijn er geen grote veranderingen in ecotoopsamenstelling meer opgetreden (figuur 37).

Figuur 37

Oppervlaktes van de verschillende ecotopen in de Gamerensche Waard in de periode 1995-2002. De getallen voor 1995 zijn gebaseerd op schattingen aan de hand van luchtfoto's

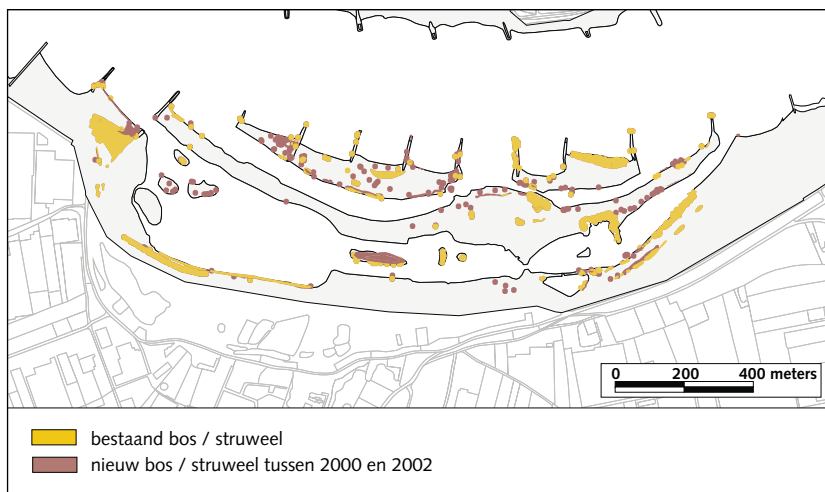


De invloed van begrazing komt wel op een andere manier tot uitdrukking. De begrazingsdruk verschilt over de verschillende gebiedsdelen en de veebezetting verschilt tussen de verschillende jaren (figuur 3). Zo zijn de eilanden ruimtelijk niet bereikbaar voor de grazers. Dit weerspiegelt zich ook in de ontwikkeling van de bomen en struiken in het gebied. Met name op de eilanden hebben zich nieuwe bomen en struiken (vooral wilgen) gevestigd (figuur 38 en bijlage E). Deze zijn inmiddels uitgegroeid tot zo'n 3-4 meter hoogte.

De meer gedetailleerde inventarisatie in 2002 gaf aan dat de braam zich uitbreidt. Verder zijn de eerste meidoorns en rozen gesignaleerd. In tegenstelling tot sommige andere heringerichte uiterwaarden (Afferdensche & Deestsche Waarden en de Duursche Waarden) blijven deze doornstruiken in de Gamerensche Waard beperkt tot enkele exemplaren.

Figuur 38

Ontwikkeling van de houtigen (hoger dan 2 meter) in de Gamerensche Waard in de periode 2000-2002



Afgaande op de voorgestane begrazingsdruk werd in het projectplan de verwachting uitgesproken dat na 5 jaar circa 25% van de oevers bedekt zou zijn met bos en struweel. Deze verwachting is niet uitgekomen. Een verklaring hiervan wordt gezocht in de beperkte kiem- en vestigingsomstandigheden op de onvergraven eilanden. Hier was de startsituatie namelijk droog grasland. Wilgen kiemen op een vochtige kale bodem. Een milieu dat alleen op de nieuwe eilanden in de Grote geul heerst. Hier ontwikkelt zich dan ook een bos. Een vochtige kale bodem komt ook voor op de periodiek droogvallende bedding van de Oostgeul. 's Zomers zijn hier vele kiemplanten van wilg aan te treffen. Echter het jaar erna worden deze jonge planten niet meer aangetroffen. Door de sterke erosie- en sedimentatieprocessen in de Oostgeul lijkt permanente vestiging over een groot oppervlak niet mogelijk. Langs de steilranden van de geul kunnen enkele wilgen zich wel permanent vestigen.

De ontstane ruigte ten tijde van de herinrichting is na ingang van het definitieve begrazingsregime al snel omgezet in grasland. Daarna zijn geen grote veranderingen in de vegetatiestructuur meer opgetreden. Kieming en vestiging van bomen en struiken is de eerste 5 jaar beperkt gebleven. Dit komt door de sterk wisselende waterstanden tijdens de kiemingsfase in combinatie met sterke erosie en sedimentatie. Tevens is de grasmat op de onvergraven delen te dicht voor pioniersoorten als wilg en populier. Vestiging van meidoorn en rozen is gesignaleerd op de voormalige zomerkade en op één van de eilanden.

5.2 Flora

Doelsoorten

Nevengeulen behoren tot de dynamische milieutypen die in het huidige rivierengebied alleen zeer lokaal voorkomen. Op de periodiek droogvallende plaatsen heerst een permanent pioniersmilieu. Een milieu met een hoge soortenrijkdom en karakteristieke rivierbegeleidende soorten. In verschillende bureaustudies zijn soortenlijsten samengesteld om de ecologische meerwaarde van nevengeulen te illustreren. Ook zijn er vanuit het landelijk natuurbeleid (Handboek Natuurdoeltypen; Bal *et al.* 2001) doelsoorten benoemd voor een langzaamstromende rivier en nevengeul.

Tabel 8

Overzicht van doelsoorten voor nevengeulen uit bureaustudies en de aanwezigheid in de nevengeulen in de Gamerensche Waard. Ter referentie is ook de presentie elders langs de Waal aangegeven

	Relatieve presentie (%) in 'natuur' uiterwaarden v/d Waal 1998-2003 (n=29) Odé & Beringen (2000; 2004)	Nevengeulen Gamerensche Waard 1998-2002	Doelsoort voor langzaam stromende rivier en nevengeul; Handboek Natuurdoeltypen; Bal <i>et al.</i> (2001)	Doelsoort voor rivieren en nevengeulen Aquatisch supplement Handboek Natuurdoeltypen; Nijboer <i>et al.</i> (2000)	Doelsoort nevengeulen in projectplan Jans <i>et al.</i> (1998)	Doelsoort voor nevengeulen Ducl <i>et al.</i> (1994)	Doelsoort voor nevengeulen Waal Postma <i>et al.</i> (1996)
Brede waterpest	0	-		X			
Bruin cypergras	19	X			X		X
Doorgroeid fonteinkruid	0	-			X		
Driekantige bies	2	-	X				
Engelse alant	67	-			X		X
Fijne waterranonkel	10	-		X			
Gekroesd fonteinkruid	7	-		X			
Gele plomp	28	-		X			
Gele waterkers	67	X			X		
Haaksterrekroos	0	-		X			
Kalmoes	5	-			X		
Klein glaskroos	0	-	X		X		
Naaldwaterbies	57	X			X		
Pijlkruid	17	X			X	X	
Riet	69	-			X	X	
Rivierfonteinkruid	0	-		X	X	X	X
Schedefonteinkruid	28	X		X	X	X	
Slijkgroen	60	X			X	X	
Stijve waterranonkel	9	-		X			
Vlottende waterranonkel	0	-		X	X	X	
Watergentiaan	43	X			X		X
Waterplanten	81	X		X		X	X
Wilgen	100	X				X	
Zwanenbloem	71	X			X	X	
Zwarte populier	16	X			X		

In tabel 8 zijn deze soorten uit de verschillende studies vergeleken met de ontwikkelingen in de Gamerensche Waard.

Van de geselecteerde doelsoorten hebben alleen de algemeen voorkomende soorten zich weten te vestigen. Van de ontbrekende soorten blijkt bij nadere beschouwing dat ofwel het milieu waar ze in voorkomen veel stabiel behoord te zijn (Brede waterpest, Stijve waterranonkel, Doorgroeid fonteinkruid en Gele plomp) ofwel dat ze juist verder stroomafwaarts hun optimum bereiken (Driekantige bies, Riet en Rivierfonteinkruid). Achteraf kan dus gesteld worden dat een deel van de doelsoorten niet goed gekozen is.

Dit alles heeft als consequentie dat van de 16 genoemde soorten in het projectplan er slechts 9 in minimaal één jaar in de geulen is aangetroffen. Dat is minder dan indertijd in de hypothese aangegeven ('merendeel'). De meeste doelsoorten zijn aangetroffen in de permanent meestromende Grote geul. Het flauwe tallud biedt vestigingsmogelijkheden voor pioniersoorten en stroomluwe delen voor waterplanten zoals Aarvederkruid en Schedefonteinkruid (enkele m² in 2002).

Beschermde soorten

In de Gamerensche Waard zijn in de periode 1998-2002 geen beschermde soorten uit de Habitatrichtlijn of de Conventie van Bern aangetroffen. Wel zijn er beschermde soorten uit de Flora- en Faunawet aangetroffen: Zwanenbloem, Klein glaskruid en Grote kaardebol. Zwanenbloem en Grote kaardebol komen veelvuldig voor langs de Waal (Odé & Beringen, 2004). Klein glaskruid komt echter maar zeer weinig voor langs de Waal (in de Gamerensche Waard aangetroffen als epifyt op een dode wilg).

Van de Rode Lijst met bedreigde soorten komen ook diverse soorten in de Gamerensche Waard voor: Absintalsem, Grote centaurie, Kamgras, Beemdkroon, Graskers, Kattendoorn, Kleine ratelaar, Goudhaver, Echte karwij, Veldgerst, Riviertandzaad en Echte heemst. Met uitzondering van Riviertandzaad komen deze soorten echter niet voor in en nabij de nevengeulen zelf. Riviertandzaad is wel aangetroffen langs de nevengeulen in de Gamerensche Waard; hetgeen nu als meest westelijke groeiplaats van deze soort te boek staat.

Floristische kwaliteit

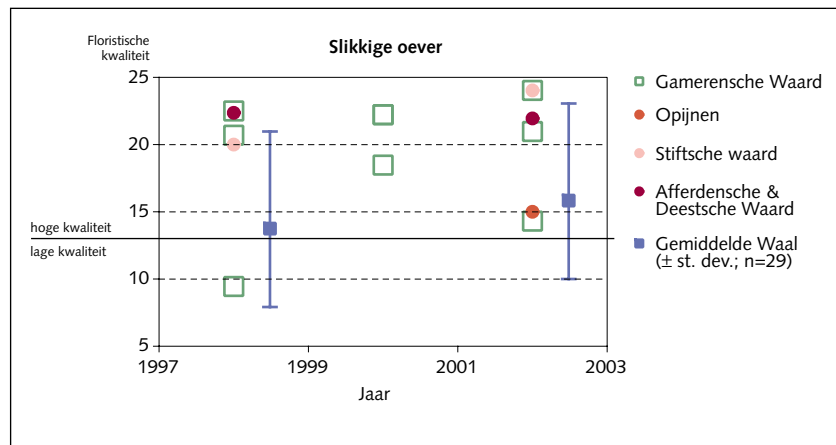
Om de plantengroei in de Gamerensche Waard te beoordelen is de floristische kwaliteit vergeleken met andere gebieden. De floristische kwaliteit is een maat die is ontwikkeld door FLORON op basis van presentie en abundantie van plantensoorten voor een ecotoop (zie Odé & Beringen, 2004). Uit deze set van indices zijn met name de waarden voor 'Slikkige oever' en 'Zand- en grindstrand' interessant, aangezien die een indicatie geven over de mate waarin pioniervegetaties tot ontwikkeling kunnen komen.

Het type 'Slikkige oever' scoort in de Gamerensche Waard hoog ten opzichte van andere uiterwaarden langs de Waal. Echter voor nieuw ingerichte gebieden blijkt dit geen uitzondering te zijn. In gelijktijdig uitgevoerde projecten in de Afferdensche & Deestsche Waard en in de Stiftsche Waard is de floristische kwaliteit voor slikkige oevers eveneens hoog (figuur 39).

Figuur 39

De floristische kwaliteit van de vegetatie op slikkige oevers in de Gamerensche Waard en in enkele andere heringerichte uiterwaarden vergeleken met de gemiddelde kwaliteit van 'natuur' uiterwaarden langs de Waal (bron: Odé & Beringen, 2004).

N.B. De floristische kwaliteit is bepaald per hok van 1 bij 1 kilometer; de Gamerensche Waard valt daarbij uiteen in drie km-hokken



De pioniervegetaties van 'Zand- en grindstrand' zijn in de Gamerensche Waard van lagere kwaliteit dan de 'gemiddelde' Waal uiterwaard (bijlage F).

Opmerkelijk is overigens dat de soorten die karakteristiek zijn voor stroomdalgraslanden ook volop in de Gamerensche Waard aanwezig zijn en blijven (bijlage F). Blijkbaar kan de ontwikkeling van nieuwe natuur (dynamische geulen) samengaan met behoud van de waardevolle stroomdalgraslanden indien de hogere delen van de uiterwaard bij vergraving gespaard worden.

De geselecteerde plantensoorten in bureaustudies blijken niet bruikbaar voor de beoordeling van de nevengeulen in de Gamerensche waard. De soorten zijn veelvuldig ook op andere locaties en milieutypen aangetroffen. De meeste doelsoorten zijn aangetroffen in de Grote geul, hier heeft zich ook Aarverderkruid en Schedefonteinkruid kunnen vestigen.

Wettelijk beschermde soorten en soorten van de Rode Lijst komen alleen voor op de oeverwallen, en zijn niet karakteristiek voor de nevengeul. De floristische kwaliteit van de slikkige oevers van de nevengeulen in de Gamerensche Waard is (zeer) goed, maar niet meer dan in andere natuurontwikkelingsprojecten (zonder stromend water).

Wellicht is de flora geen goede indicator voor de ecologische kwaliteit van nevengeulen.

5.3 Macrofauna

Doelsoorten

Een nevengeul is een milieu van ondiep, langzaam stromend water. Een ecotoop dat door riviernormalisatie is verdwenen. Met het terug brengen van dit habitat in de Gamerensche Waard is de verwachting dat de bijbehorende soorten eveneens terugkeren. In de afgelopen jaren zijn verschillende lijsten met doelsoorten voor ondiep, langzaam stromend water samengesteld (Duel *et al.*, 1996; van Dessel, 1989;

Bal *et al.*, 2001). Deze lijsten met doelsoorten zijn samengesteld op basis van een historische referentie (circa 1900). De aangetroffen macrofauna in de nevengeulen van de Gamerensche Waard is vergeleken met de doelsoortenlijst voor een langzaam stromende rivier en nevengeul uit het Handboek Natuurdoeltypen (Bal *et al.*, 2001). Van deze lijst met 46 macrofauna-soorten, zijn er in de nevengeulen van de Gamerensche Waard slechts drie daadwerkelijk aangetroffen: *Psychomyia pusilla* (een kokerjuffer) en twee soorten libellen de rivierrombout (*Gomphus flavipes*) en de beekrombout (*Gomphus vulgatissimus*).

Om dit geringe doelbereik te kunnen verklaren is het ecologisch profiel en het voorkomen van de ontbrekende 43 doelsoorten onderzocht (zie bijlage G). Samenvattend zijn hiervoor de volgende verklaringen:

- a. het ontbreken van grindsubstraat;
- b. onvoldoende stroomsnelheid (bergbeken);
- c. te hoge watertemperatuur;
- d. het ontbreken van waterplanten;
- e. het ontbreken van vermolmd groot dood hout;
- f. de grote afstand tot de bronpopulatie.

Een historische vergelijking van enkele taxonomische groepen wijst uit dat veel van de verdwenen soorten weer aanwezig zijn in de geulen in de Gamerensche Waard. Ter illustratie de op de bodem levende larven van muggen (*Chironimidea*). De meeste soorten worden weer aangetroffen (figuur 40). In de hoofdstroom van de Waal ontbreken veel van deze soorten.

Figuur 40

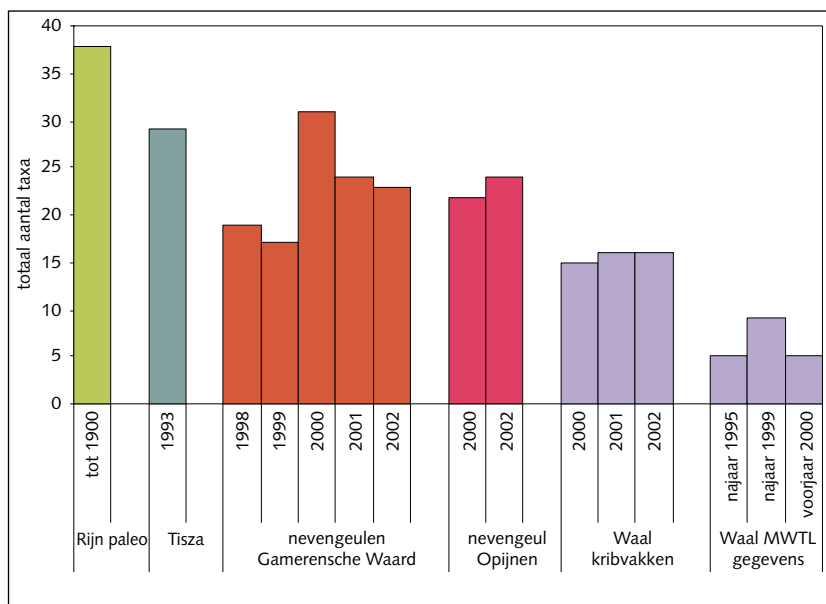
Aantal taxa muggen, waarvan de larven in de bodem leven.

Rijn paleo: gebaseerd op paleo-gegevens (oude bodemlagen; 18e/19e eeuw) (Klink, 1989).

Tisza 1993: Bemonsteringen in zijrivier van de Donau (Klink & bij de Vaate, 1994).

Waal kribvakken: Bemonsteringen in kribvakken (Klink, 2001 & 2002) t.b.v. zandsuppletie-onderzoek en in kribvakken nabij de nevengeulen.

Waal MWTL: Biotoopbemonstering MWTL (RIZA)



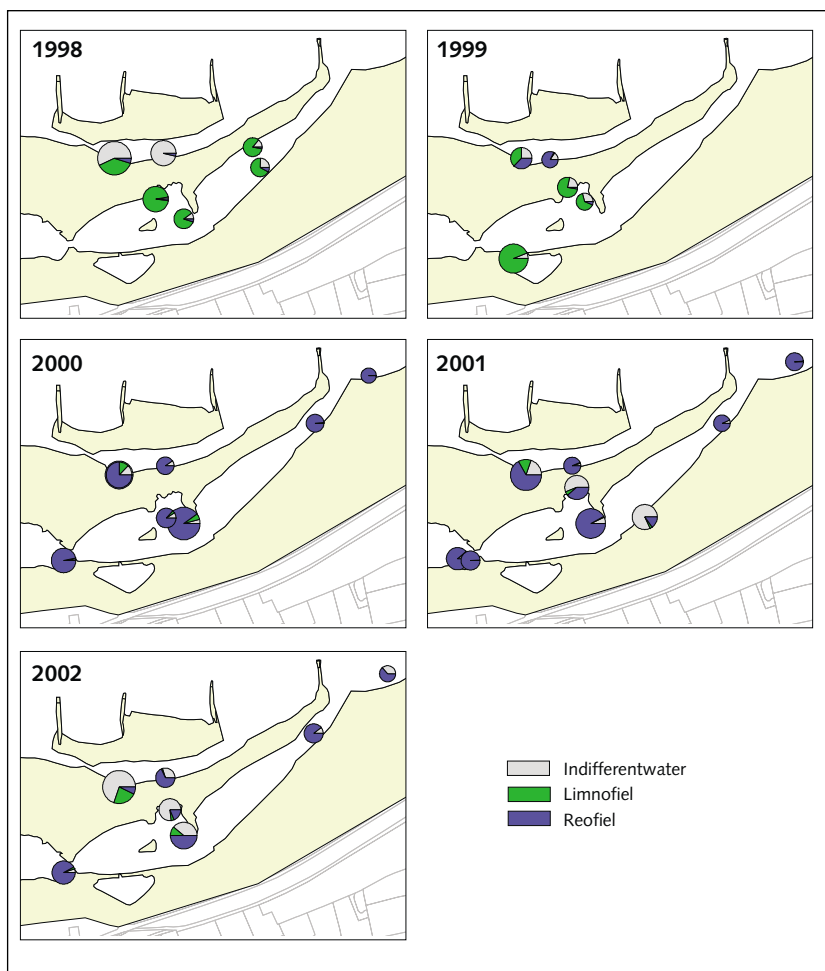
Stroominnende soorten

Zoals al aangeven bieden de nevengeulen in de Gamerensche Waard vooral mogelijkheden voor soorten die gebonden zijn aan langzaam stromend water. Deze verandering van de levensgemeenschap door het laten meestromen van de Grote geul is weergegeven in figuur 41.

Vóór de tweezijdige aantakking werd de macrofauna-gemeenschap gedomineerd door limnofiele³ soorten. Vanaf 2000 komen de reofiele soorten veel dominantier voor. Hieruit blijkt dat het kolonisatieproces zeer snel verloopt.

Figuur 41

De macrofaunalevensgemeenschap in de Oostgeul en in een deel van de Grote geul in de Gamerensche Waard. Alleen de voorjaarsmonsters en opgesplitst naar voorkeur voor respectievelijk stilstaand water (groen; limnofiel) of stromend water (blauw; reofiel). De soorten zonder duidelijke voorkeur zijn in grijs weergegeven. De organismen waarvan de stromingsvoorkeur onbekend is zijn uit deze figuur weggelaten ($\pm 20\%$). De grootte van de cirkel is een maat voor het aantal organismen per m²



Deze reofiele soorten blijken overigens vooral in grote dichtheden voor te komen op hard substraat (stenen en harde, oude, kleibanen) (figuur 42).

Noot

3 Limnofiele soorten: Soorten met een al dan niet sterke voorkeur voor stilstaande wateren. Reofiele soorten: Soorten met een al dan niet sterke voorkeur voor stromende wateren.

Figuur 42

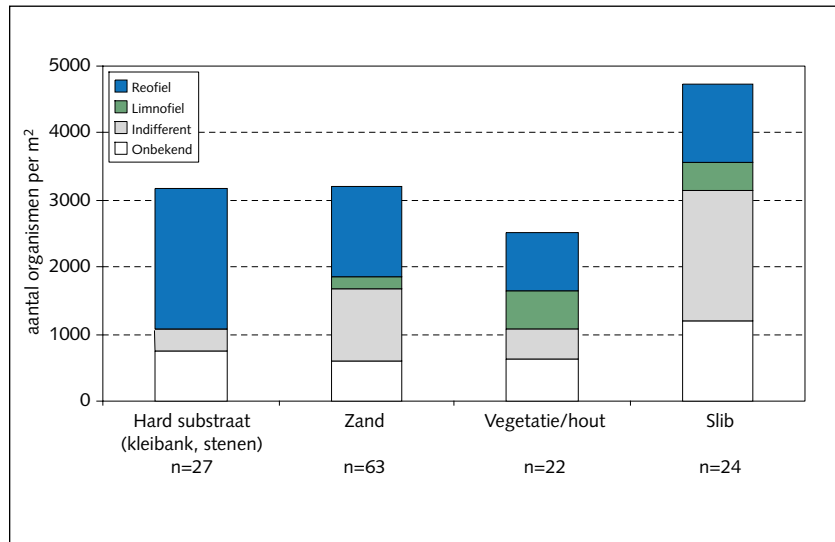
De stromingsvoorkeur van de macrofaunalevensgemeenschap opgesplitst voor de diverse substraattypen.

Zowel voor- als najaarsmonsters; uitgedrukt in aantal organismen per m².

Limnofiele soorten: Soorten met een voorkeur voor stilstaande wateren.

Reofiele soorten: Soorten met een voorkeur voor stromende wateren.

Indifferent: Soorten zonder duidelijke voorkeur



Meerwaarde van nevengeulen voor macrofauna

Het grote verschil in samenstelling van de macrofaunalevens-gemeenschap tussen stilstaande wateren en stromende wateren is al in figuur 41 naar voren gekomen: de soortensamenstelling verandert op het moment dat stilstaand water permanent stromend water wordt. De soorten-rijkdom hoeft er echter niet door toe te nemen; de soorten-rijkdom van de Grote geul is na tweezijdige aantakking (eind 1999) en de daarop volgende jaren nauwelijks hoger dan voor tweezijdige aantakking (figuur 43). Uit figuur 43 en 44 blijkt wel duidelijk dat de diversiteit in de nevengeulen beduidend groter is dan in de kribvakken van de hoofdstream. In de nevengeulen komen bijvoorbeeld meer insectensoorten voor dan in de kribvakken van de Waal.

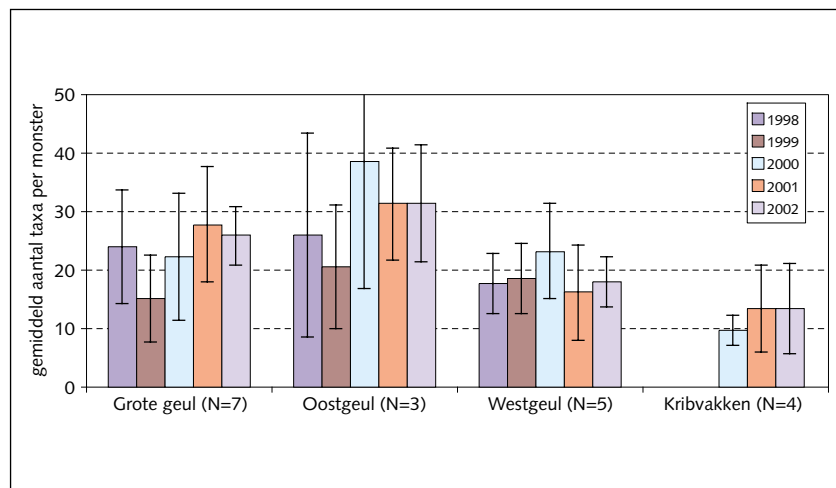
Figuur 43

De soortenrijkdom van de macrofaunalevensgemeenschap in de verschillende nevengeulen en in de kribvakken van de hoofdstream voor de verschillende jaren.

Weergegeven is het gemiddeld aantal taxa per monster per jaar.

Alleen voorjaarsmonsters.

Het weergegeven aantal monsters (N) betreft het gemiddeld aantal monsters van die vijf bemonsteringsrondes



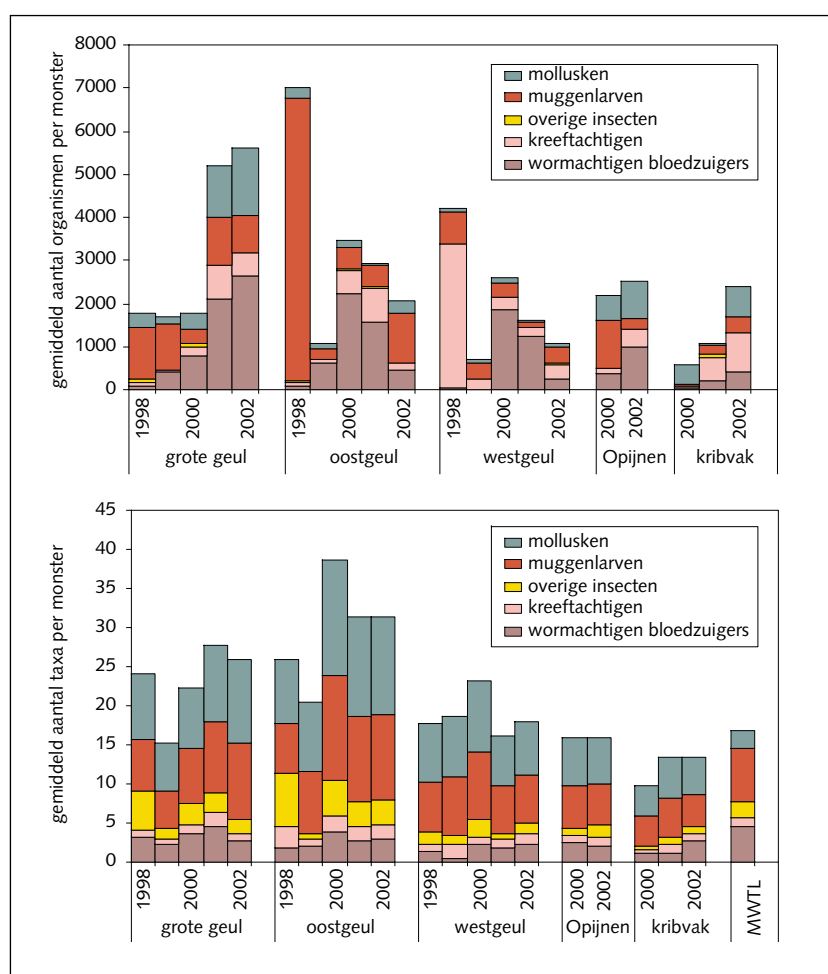
Ook blijkt de dichtheid aan organismen in met name de Grote geul beduidend hoger dan in de kribvakken van de Waal (figuur 44).

Meer in detail kijkend naar de specifieke soortsgroepen is het volgende vermeldenswaardig:

- In de Grote geul nemen na de tweezijdige aantakking wormachtigen, kreeftachtigen en mollusken enorm toe;
- In de Oostgeul zijn in 1998 zeer hoge aantallen muggenlarven met een voorkeur een slibbodem aangetroffen terwijl in de jaren daarna vooral de wormachtigen domineren;
- De Westgeul had in 1998 een ongekend hoge dichtheid aan kreeftachtigen (met name de Kaspische slijkgarnaal die massaal op stenen voorkomt). Ook hier is later het aandeel wormachtigen toegenomen;
- In de nevengeul bij Opijnen en in de kribvakken van de Waal komen vooral veel mollusken (veel Aziatische korfmosselen; *Corbicula*) voor. In de Westgeul komen de mollusken alleen in lage dichtheden voor, terwijl het milieu veel overeenkomst vertoont met de kribvakken van de Waal.

Figuur 44

De samenstelling van de macrofaunagemeenschap in de nevengeulen in de Gamerensche Waard vergeleken met die in de nevengeul nabij Opijnen en in de kribvakken in de Waal nabij Opijnen en Gameren. Het gemiddeld aantal taxa is ook vergeleken met de MWTL-gegevens. Alleen voorjaarsmonsters en uitgesplitst naar (taxonomische) hoofdgroep



Op basis van paleolimnologisch onderzoek (Klink, 1989) en oude literatuur (Albarda, 1889) is het mogelijk om de huidige macrofauna van het nederlandse Rijnstroomgebied te vergelijken met "wat er vroeger zat" (figuur 45). Opmerkelijk is dat het recent aantal aangetroffen insectensoorten het oude niveau nadert. De soorten die zijn verdwenen zijn de Steenvliegen en een aantal kokerjuffers.

Van de ruim 200 soorten die in het zomer- en winterbed van de Rijn zijn aangetroffen zijn er meer dan 150 in de nevengeul waargenomen. De soortendiversiteit is dus hoog.

De zogenaamde winterpoelen die ontstaan na een hoogwater bevatten veel nieuwe soorten voor de Nederlandse Rijn. Veel van de soorten die nog niet in de Gamerensche Waard zijn aangetroffen zijn juist in dit milieu aangetroffen (Klink, ongepubl.).

In de geïsoleerde poelen die bij droogvallen van de Oostgeul ontstaan, zijn tijdens de monitoringsperiode 11 oorspronkelijk inheemse soorten aangetroffen die de afgelopen decennia niet meer in de Rijn zijn aangetroffen (bijlage H). In alle gevallen betrof het enkele exemplaren.

Figuur 45

Het totale aantal taxa van insecten in de nevengeulen in de Gamerensche Waard vergeleken met enkele 'referenties'.

Kribvakken Waal: Bemonsteringen in kribvakken (Klink, 2001 & 2002)

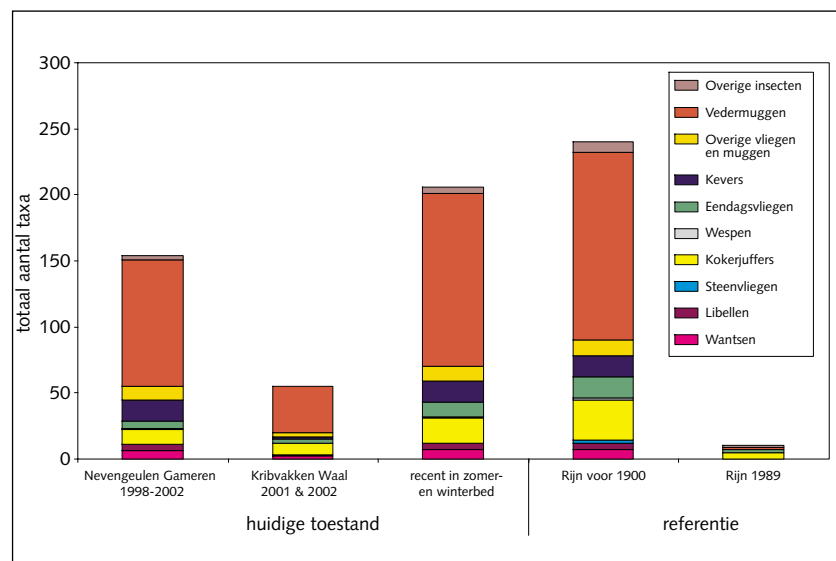
t.b.v. zandsuppletie-onderzoek.

Recent in zomer- en winterbed: dataset van diverse uiterwaarden, e.d. (A. Klink; 2003, niet gepubliceerd).

Rijn voor 1900: gebaseerd op paleo-gegevens (oude bodemlagen) (Klink, 1989). N.B. Kevers en Wantsen konden in deze referentie niet bepaald worden. Aangevuld met

gegevens uit Albarda (1889).

Rijn 1989: Klink (1989)



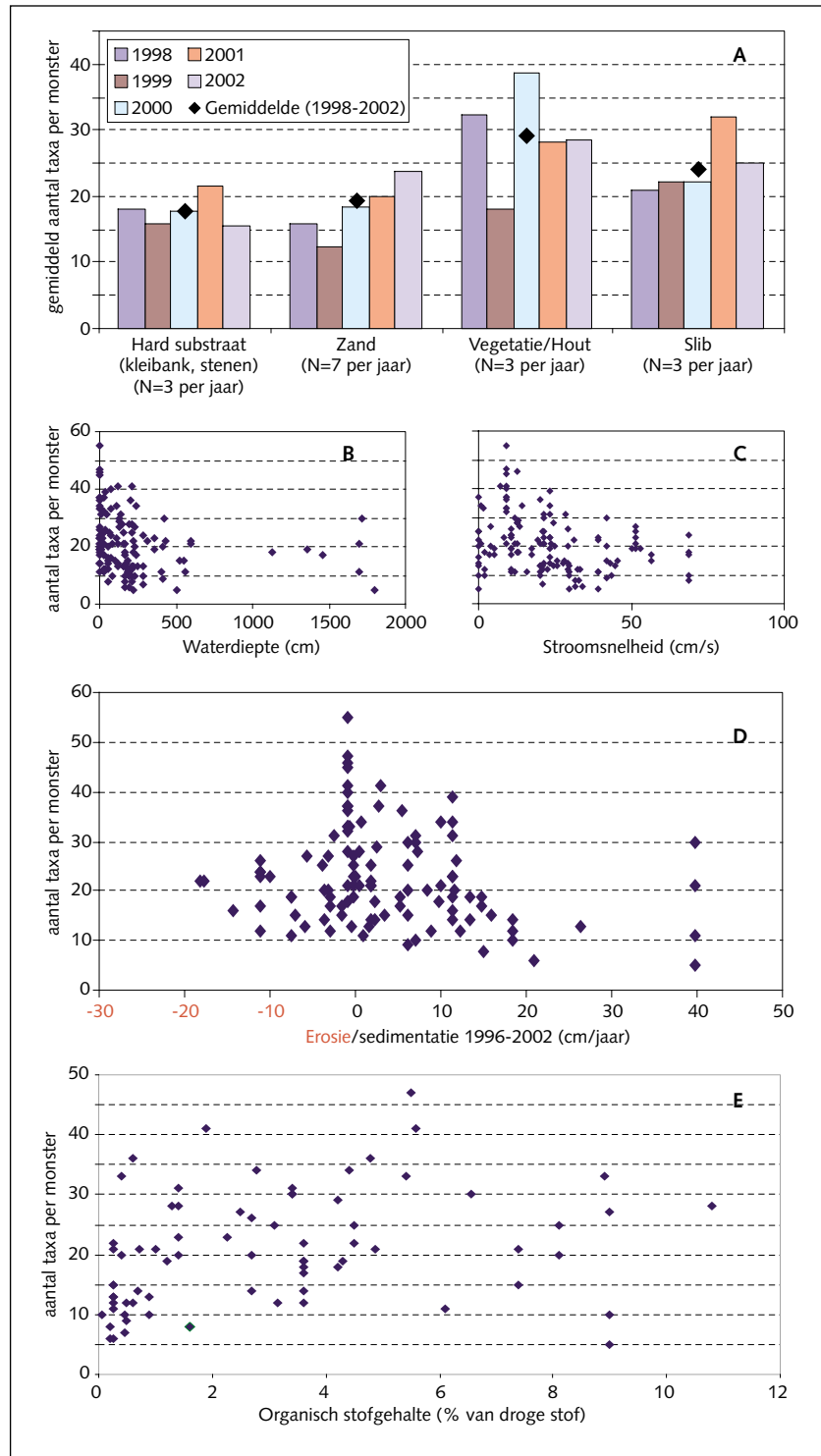
Habitatgeschiktheid

Zoals ook al blijkt uit de vorige paragrafen wordt het voorkomen van macrofauna-organismen bepaald door diverse (abiotische) factoren. Deze factoren variëren ruimtelijk sterk binnen de nevengeulen van de Gamerensche Waard. Voor de verschillende macrofaunasoorten zijn de belangrijkste milieufactoren: substraattypen (bodemtextuur), waterdiepte, stroomsnelheid, morfodynamiek, organisch stofgehalte en bodemchemie. Deze abiotische factoren zijn onderling echter sterk van elkaar afhankelijk (b.v. slib komt alleen voor op locaties met een lage stroomsnelheid). Alleen met een uitgebreide en complexe statistische bewerking zijn relaties aan te tonen tussen de afzonderlijke abiotische factoren en de macrofaunalevensgemeenschap. Van deze berekeningen is afgezien, in figuur 46 worden wel 'eenvoudige' correlatiegrafieken gepresenteerd.

Figuur 46

De (cor)relaties tussen enkele abiotische factoren enerzijds en de soortenrijkdom (aantal taxa per monster) anderzijds.

- A. Substraattypen; alleen voorjaarsmonsters
- B. Waterdiepte; achteraf berekend met behulp van hoogtebestand en waterstanden
- C. Stroomsnelheid (in cm/s); conform modelberekeningen bij een Waalafvoer van 2000 m³/s
- D. Morfodynamiek; gemiddelde erosie/sedimentatie (in cm/jaar) in de periode 1996-2002
- E. Organisch stof gehalte van de bodem (als % van het droge stof aandeel)



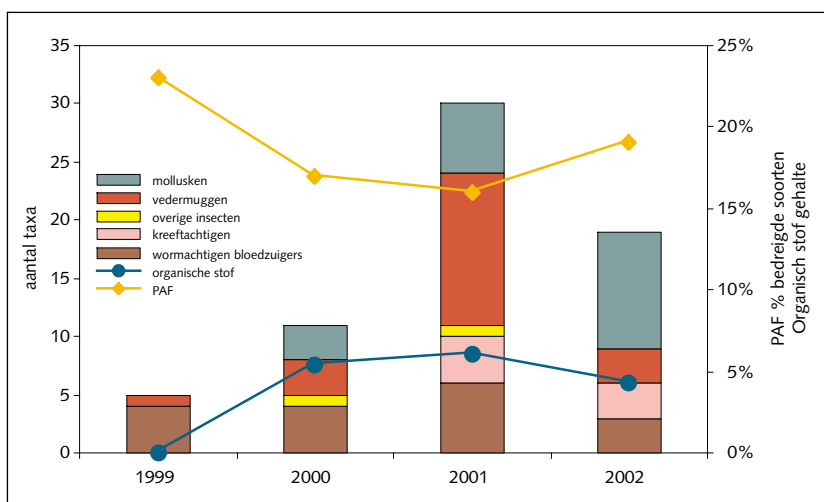
Uit bovenstaande figuren zijn enkele voorzichtige conclusies te trekken. De variatie aan macrofaunasoorten blijkt het hoogst op locaties waar planten groeien, waar dood hout ligt of waar de toplaag bestaat uit slib (figuur 46A). Hard substraat en zand laten weliswaar een hogere dichtheid aan reofiele organismen zien dan andere substraattypen (figuur 42), maar de soortenrijkdom is er lager. Voor stroomsnelheid ligt het optimum tussen de 10 en 30 cm/s; stilstaand water en snelstromend water heeft een lagere soortenrijkdom (figuur 46C).

Ook voor de morfodynamiek blijkt er een optimum te bestaan; op erg dynamische locaties (sterke erosie of sedimentatie) blijkt de soortenrijkdom laag (46D). Met een toenemende waterdiepte lijkt ook de soortenrijkdom af te nemen (figuur 46B). Toch blijkt dat zelfs in de diepe, voormalige, zandwinput nog een relatief grote soortenrijkdom kan voorkomen (variatie tussen de 5 en 30 soorten per monster). Een (cor)relatie met het organisch stofgehalte werd ook verwacht, maar blijkt niet uit de resultaten (figuur 46E).

Naast deze fysische habitatfactoren, blijkt de soortenrijkdom ook gekoppeld te zijn aan de chemische bodemkwaliteit; ter illustratie de resultaten van het monsterpunt in de voormalige zandwinput in de Grote geul (figuur 47).

Figuur 47

Aantal taxa per bemonstering voor één locatie in de voormalige zandwinput in relatie tot het organisch stofgehalte (als % van het droge stofgehalte in de bodem) en in relatie tot de Potentieel Aangetaste Fractie (PAF⁴)



1999: totaaloordeel klasse 3; PAF (Potentieel Aangetaste Fractie) is 23%; hoog kopergehalte (koper heeft met name effect op mollusken en kreeftachtigen);
 2000: totaaloordeel klasse 2; PAF is 17%; meer soorten insecten en mollusken;
 2001: totaaloordeel klasse 2; PAF is 16%; laag kopergehalte; het aantal soorten insecten, mollusken en kreeftachtigen neemt enorm toe;
 2002: totaaloordeel klasse 2; PAF is 19%; daling in het aantal taxa; verdwijnen van de groep overige insecten.

Noot

¹ Potentieel Aangetaste Fractie (PAF): Het risico (percentage) voor elke willekeurige soort die in het betreffende milieu voorkomt op massa-sterfte (> 50% sterfte). Voorbeeld: een PAF van 10% betekent dat van de aanwezige soorten naar verwachting 10% massasterfte zal ondergaan.

De relatie tussen chemische bodemkwaliteit en soortenrijkdom kan versterkt worden het organisch stofgehalte. Organisch stof is een belangrijke voedselbron voor macrofauna; uit meerdere onderzoeken is naar voren gekomen dat organismen meer toxische stress kunnen verdragen onder goede voedselomstandigheden (de Lange *et al.*, in prep).

De chemische milieuomstandigheden zijn dus van invloed op het voorkomen van macrofauna. Zoals al beschreven is in hoofdstuk 4 worden op een aantal locaties de risicogrenzen overschreden waardoor negatieve effecten op de macrofaunalevensgemeenschap zijn te verwachten. Daarom zijn de beschikbare macrofaunagegevens nader bestudeerd in relatie tot de bodemkwaliteit. Ook hiervoor geldt dat eenduidige verbanden moeilijk zijn aan te tonen omdat de invloed van andere abiotische factoren minstens even groot is. Daarom is bij het beantwoorden van de vraag of de aanwezigheid van milieuvreemde stoffen gevolgen heeft voor de macrofauna gebruik gemaakt van het "Voorspellingsmodel Soortenrijkdom Biotopen" (Liefveld *et al.*, 2004). In deze aanpak is de diversiteit aan macrofaunasoorten gerelateerd aan de fysische kenmerken zoals connectiviteit (mate van geïsoleerdheid ten opzichte van de hoofdstroom), waterdiepte, stroomsnelheid, sedimenttype, organisch stofgehalte en verstoringdynamiek als gevolg van de scheepvaart. Het resultaat van de correlatieberekeningen voor de nevengeulen in de Gamerensche Waard is te zien in figuur 48. In de grafiek is te lezen dat voor de gering tot matig verontreinigde locaties (klasse 0-2) er inderdaad een lineaire verband bestaat tussen de set van abiotische factoren en de soortenrijkdom van de macrofaunagemeenschap. De mate van spreiding is echter nog groot, hetgeen veroorzaakt kan worden door factoren die nog niet in dit expertmodel zijn opgenomen (b.v. waterdiepte in de voorafgaande periode/seizoen).

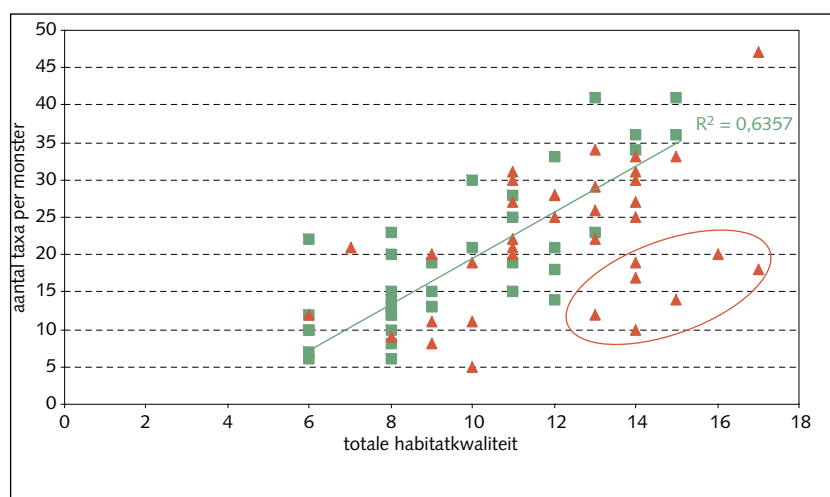
Figuur 48

De soortenrijkdom (aantal taxa per monster) van de macrofaunagemeenschap in relatie tot de fysische habitatkwaliteit en de chemische bodemkwaliteit.

De totale fysische habitatkwaliteit is ingeschat op basis van een set van fysische kenmerken (zie kader "Voorspellingsmodel Soortenrijkdom Biotopen").

De dataset is uitgesplitst voor locaties met een lage/matige verontreinigingsgraad (klasse 0-2; groene vierkanten; n=37) en locaties met een hoge verontreinigingsgraad (klasse 3-4; rode driehoeken; n=37).

De 7 locaties met een opvallende lage soortenrijkdom zijn omcirkeld



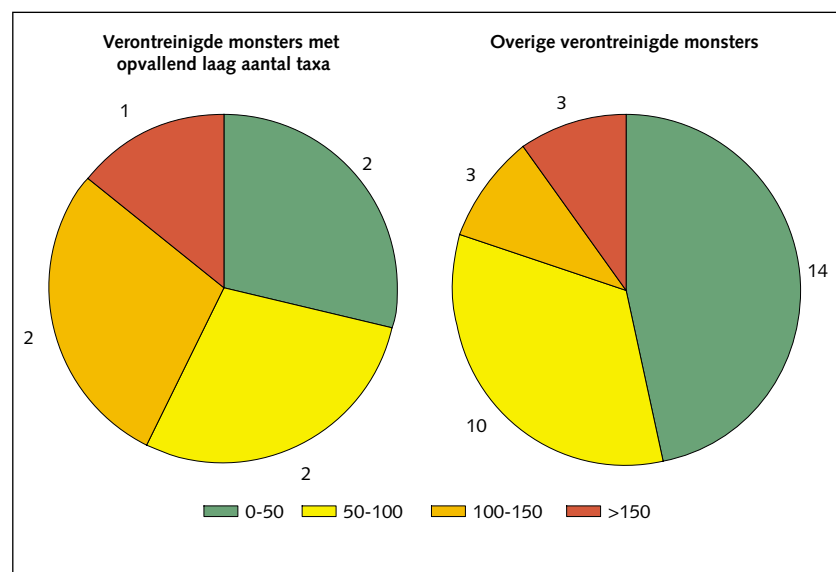
Voorspellingsmodel soortenrijkdom biotopen		waarde
Connectiviteit/Mate van geïsoleerdheid t.o.v. de hoofdstroom	permanent in verbinding	1
	semi-geïsoleerd	2
	geïsoleerd	3
Waterdiepte	0-5 m	2
	5-10 m	1
	>10 m	0
Sediment	zandig slib/slibbig zand	4
	slib	2
	zand	1
Organisch stof gehalte	0-2% v/h droge stof	1
	>2% v/h droge stof	3
Stroming	stagnant	1
	langzaam stromend	2
	snelstromend	3
Storingsdynamiek a.g.v. de scheepvaart	zeer snelstromend	4
	weinig tot geen (nevengeul)	1
	veel (kribvak)	0
Totale fysische habitatkwaliteit		max. 17

Ook voor het merendeel van de ernstig verontreinigde locaties is een positieve correlatie te zien. Dit wijst erop dat abiotische habitatfactoren een grotere invloed hebben op de macrofaunasamenstelling dan de verontreinigingsgraad.

Een aantal verontreinigde locaties met een hoge habitatscore heeft een duidelijk verarmde macrofaunalevensgemeenschap. Het aantal aangetroffen taxa is ongeveer 50% lager dan in vergelijkbare locaties. Het is waarschijnlijk dat deze lage diversiteit veroorzaakt wordt door de bodemverontreiniging op de betreffende locaties. Dit vermoeden wordt ondersteund door de overschrijding van de MTR. De MTR-overschrijdingsfactor op deze locaties is in alle gevallen erg hoog (figuur 49). Vooral de hoge PCB- en OCB-gehalten dragen hier aan bij.

Figuur 49

De totale MTR-overschrijdingsfactor (alle MTR-overschrijdingen voor de afzonderlijke parameters opgeteld). Links: de 7 ernstig verontreinigde locaties (klasse 3-4) met een opvallend lage soortenrijkdom
Rechts: de overige ernstig verontreinigde locaties (klasse 3-4) (N=30)



Exoten

De macrofaunalevensgemeenschap van de Rijn wordt in sterke mate gedomineerd door exoten⁵ (15% van de soorten en 80-90% van de individuen/biomassa). In de macrofaunagemeenschap van de Gamerensche Waard komen eveneens verschillende exoten voor (o.a. *Corbicula sp.*, *Dikerogammarus villosus*, *Jaera istri* en *Gammarus tigrinus*). Het aantal en de dichtheid van deze organismen blijken in de nevengeulen veel lager dan in hoofdstroom (nevengeulen Gamerensche Waard 44%; nevengeul Opijnen 47%; kribvakken Waal 67% van het aantal organismen). Hieruit kan de conclusie worden getrokken dat hoe meer dynamiek hoe hoger het aandeel exoten in de levensgemeenschap (figuur 50).

Figuur 50

Aandeel van de macrofaunalevensgemeenschap dat uit exoten bestaat. Weergegeven is zowel het gemiddelde percentage exoten (aantal organismen) per monster als de daarbij behorende standaarddeviatie.

Codering:

G: Grote geul Gamerensche Waard

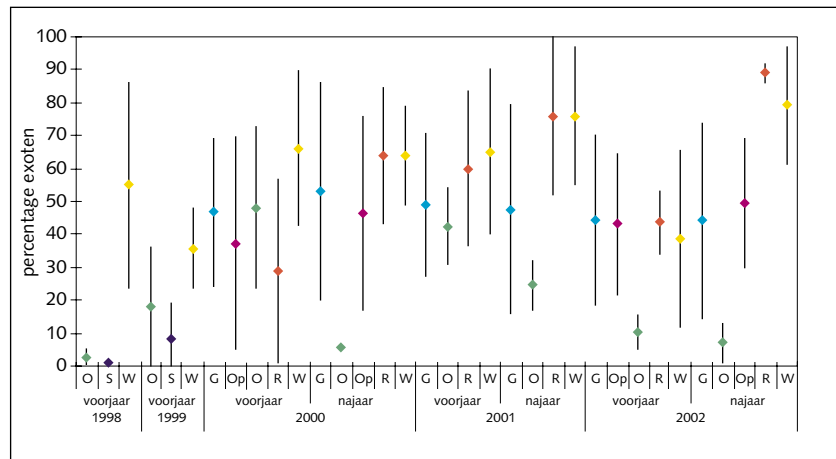
S: Strang voor opening Grote geul

O: Oostgeul Gamerensche Waard

W: Westgeul Gamerensche Waard

Op: nevengeul Opijnen

R: kribvakken Waal



Als de monsters worden ingedeeld in drie groepen (nagenoeg stilstaand water, langzaam stromend water en snel stromend/dynamisch water) blijken statistisch significante verschillen in het aandeel exoten (tabel 9). Het verschil in aandeel exoten tussen voor- en najaar is te verklaren door sterfte van exoten tijdens de winter. Pas in mei/juni treedt herkolonisatie van de Waal op.

Tabel 9

Percentage exoten van het totaal aantal organismen voor drie

dynamiekklassen van wateren.

Nagenoeg stilstaand water: Grote

geul voor aantakken + Oostgeul

Langzaam stromend water: Grote geul

na aantakken + nevengeul Opijnen

Snelstromend/dynamisch water:

Westgeul + kribvakken Waal

Zowel voor het voorjaar als voor het

najaar verschillen de percentages

exoten voor de drie typen wateren

significan van elkaar (Students T pair

toets; P<0,05)

	Nagenoeg stilstaand water	Langzaam stromend water	Snel stromend/dynamisch water	Totaal
Voorjaar	19 ± 19	44 ± 4	49 ± 14	37 ± 20
Najaar	12 ± 10	48 ± 3	75 ± 10	52 ± 26

Noot

⁵ Exoten: soorten die zich recentelijk in Nederland hebben gevestigd, al dan niet met behulp van de mens. Veelal zijn deze soorten afkomstig uit het Donaustroomgebied of uit de omgeving van de Kaspische zee.

Nagenoeg stilstaand water bevat het laagste aandeel exoten, hetgeen ongetwijfeld samenhangt met hun hydrologische isolatie (slechts een zeer gering deel van de tijd verbonden met de hoofdstroom). De langzaam stromende wateren (een deel van de nevengeulen) blijken significant minder exoten te bevatten dan de hoofdstroom.

Ook hier geldt dat de verschillen die gerelateerd lijken te zijn aan de mate van dynamiek, ook gekoppeld zijn aan andere factoren (substraatype, diepte, e.d.).

De soortenrijkdom is in de nevengeulen veel hoger dan in de kribvakken van de hoofdstroom. In de nevengeulen van de Gamerensche Waard komt zo'n 75% van de recentelijk in het zomer- en winterbed van de Rijn aangetroffen soorten voor.

Van de 46 macrofaunadoelsoorten zijn echter slechts 3 soorten in de nevengeulen van de Gamerensche Waard aangetroffen. De afwezigheid van de andere doelsoorten kan voor een deel toegeschreven worden aan het ontbreken van enkele specifieke habitats (grind, dood hout, e.d.). Van de bodemlevende muggen zijn de meeste soorten wel teruggekeerd. De langzaam stromende delen van de nevengeulen blijken significant minder exoten te bevatten dan de hoofdstroom. De grotere habitatdiversiteit in de nevengeulen lijkt hier ook een rol in te spelen.

Het substraatype (bodemtextuur), de waterdiepte, de stroomsnelheid, de morfodynamiek, het organisch stofgehalte en de bodemchemie zijn allen van belang voor het al dan niet voorkomen van macro-faunasoorten. Deze factoren zijn onderling echter sterk afhankelijk, waardoor heldere relaties moeilijk zijn aan te tonen. De grootste soortenrijkdom komt voor op slib en vegetatie in ondiep, langzaam stromend, water met een niet al te sterke erosie of sedimentatie. Deze factoren blijken van grotere invloed op de samenstelling van de macrofauna dan de verontreinigingsgraad.

5.4 Vissen

Inleiding

Nevengeulen staan een groot deel van het jaar zowel boven- als benedenstrooms in verbinding met de rivier. Vissen hebben hierdoor toegang tot de ondiepe en langzaam stromende habitats in de geul. Habitats die met name voor reofiele vissen nodig zijn om te paaien en op te groeien. Het succes waarmee een nevengeul deze functie kan vervullen wordt bepaald door factoren als stroomsnelheid, diepte en inundatie van terrestrische vegetatie (Grift, 2001). Deze milieufactoren zijn afhankelijk van: de mate van verbinding met de hoofdstroom (connectiviteit), de positie van de instroomopening, het dwarsprofiel van de nevengeul en het oevertalud.

Bij aanvang van het monitoringsprogramma is de verwachting uitgesproken dat de nevengeulen in de Gamerensche Waard een belangrijk opgroeigebied konden zijn voor reofiele soorten. Voor de partieel reofiele soorten kan de nevengeul naast opgroeigebied mogelijk ook als paaigebied dienst doen (voor een verklaring van de ecologische

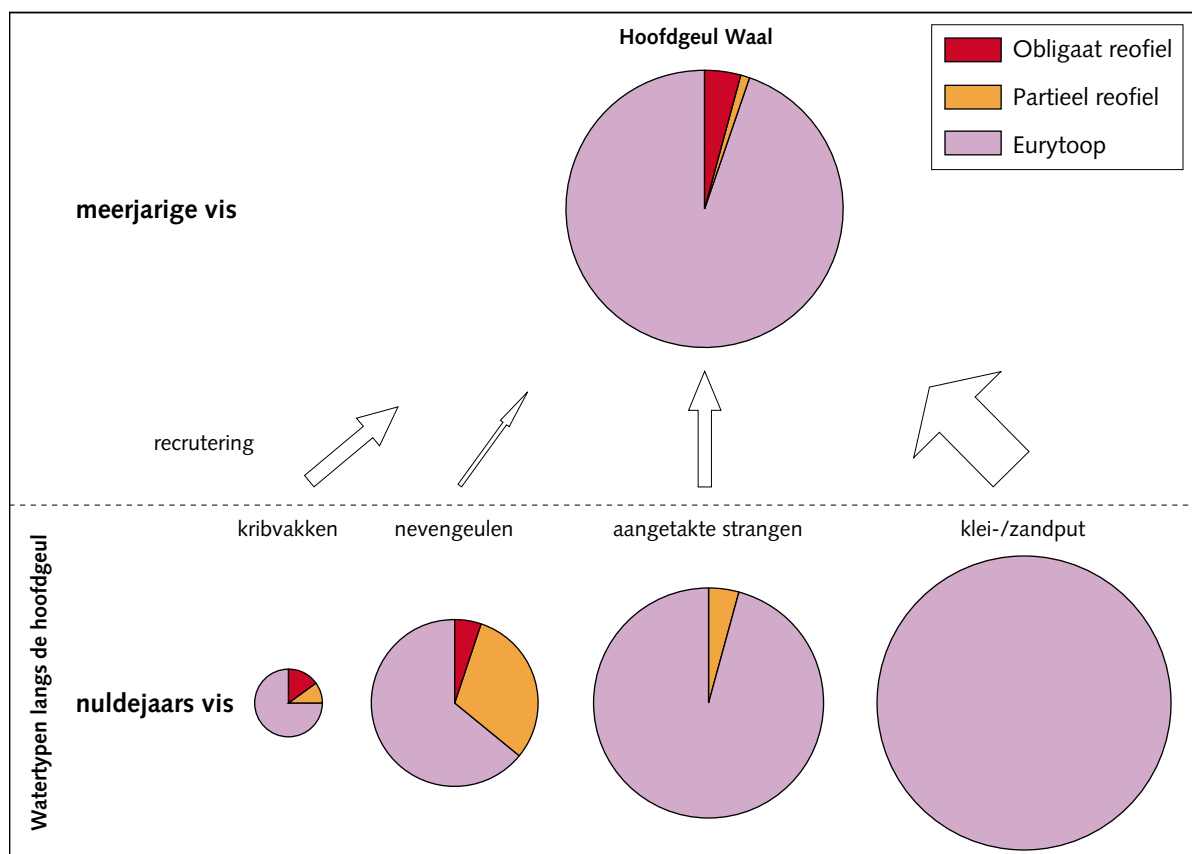
groepen zoals reofiel en eurytoop, zie bijlage I). De diepe zandwininput is van geringe betekenis voor reofiele soorten (te diep en te lage stroomsnelheid).

Obligaat reofiele en partieel reofiele vissen komen in het Rijnsysteem nog steeds voor. De aanleg van een nevengeul levert een belangrijke bijdrage aan het herstel van deze Rode Lijst soorten. Uit de uitgebreide studie van Rob Grift (Grift, 2001) komt naar voren dat deze soorten ondiepe wateren snel koloniseren.

In vergelijking met andere wateren binnen het riviersysteem komen in nevengeulen de hoogste dichtheden aan nuldejaars reofielen voor (figuur 51). Eenzijdig benedenstrooms aangetakte strangen en zand- en kleiputten liggen te geïsoleerd voor deze groep en de kribvakken zijn te dynamisch (mede als gevolg van de scheepvaartturbulenties).

Figuur 51

Schematische weergave van de watertypen van waaruit nuldejaars vis naar de Waal zelf trekt. De grote van een taartdiagram is indicatief voor de visdichtheid. Het bovenste taartdiagram illustreert de soortensamenstelling in de Waal en wordt bepaald middels de intrek van nuldejaars vissen vanuit de kribvakken en de verschillende watertypen in de uiterwaarden (Grift, 2001)



Soortenrijkdom

Er zijn in de nevengeulen in de Gamberensche Waard totaal 24 verschillende soorten aangetroffen, met een gemiddelde van 14 verschillende soorten per bemonstering (tabel 10). Een resultaat dat vergelijkbaar is met de vangstresultaten van de nevengeul bij Opijnen (in totaal 23 verschillende soorten).

Tabel 10

Aangetroffen soorten per bemonstering, ingedeeld naar ecologische groepen (zie ook bijlage I).

Obligaat reofiel: soorten die tijdens hun gehele levenscyclus stromend water vereisen

Partieel reofiel: soorten die tijdens een bepaalde levensfase stromend water vereisen

Diadroom: soorten die tijdens een bepaalde levensfase stromend water vereisen en tevens een open verbinding met zee nodig hebben

Eurytoop: habitatgeneralisten die zowel in de hoofdstroom als in diverse uiterwaardwateren voorkomen

Limnofiel: soorten die het voorkomen van watervegetatie vereisen (geïsoleerde uiterwaardplassen)

* Exoten: soorten die zich pas recentelijk (laatste eeuw) in Nederland gevestigd hebben

Gilde	Soort	Gameren 1998		Gameren 1999		Gameren 2000		Gameren 2001	Gameren 2002		Oppijnen 1998-2002
		aug/sept		juni	aug/sept	juni	aug/sept	juni	juni	aug/sept	
Obligaat reofiel	barbeel										
	serpeling										
	kopvoorn										
	sneep										
	bermpje										
	rivierdonderpad										
Partieel reofiel	riviergrondel										
	winde										
	roofblei*										
	kleine modderkruiper										
Diadroom	bot										
	rivierprik										
	driedoornige stekelbaars										
eurytoop	blankvoorn										
	brasem										
	pos										
	snoekbaars										
	baars										
	alver										
	kolblei										
	snoek										
	karper										
	paling										
	blauwband*										
limnofiel	kroeskarper										
	bittervoorn										
	ruisvoorn										
	vetje										

Zowel reofiele soorten (barbeel, kopvoorn, serpeling, sneep, winde, riviergrondel en roofblei) als eurytope soorten (blankvoorn, brasem, pos, snoekbaars en alver) komen algemeen voor en worden ieder jaar aangetroffen. Limnofiele en diadrome soorten komen slechts sporadisch voor. Van de 13 doelsoorten van het Natuurdoeltype 'Langzaam stromende rivier en nevengeul' (Bal *et al.*, 2001) zijn er in de nevengeulen in de Gamerensche Waard vijf aangetroffen: barbeel, kopvoorn, sneep, winde en rivierprik. Soorten die ontbreken zijn de anadrome soorten spiering, steur, zalm en zeeprik die allen de hoofdstroom als doortrekgebied gebruiken, en de kwabaal en meerval. De laatste twee soorten komen vooral in diep water (plassen) voor. Opvallende afwezigingen in de Gamerensche Waard zijn de rivierdonderpad en de kleine modderkruiper. Voor het ontbreken van deze soorten is geen éénduidige verklaring te geven. In de nevengeul bij Oppijnen zijn deze twee soorten wel sporadisch aangetroffen.

Dichtheden juveniele vis

Blankvoorn, brasem, snoekbaars, baars, pos, alver, winde, riviergrondel, roofblei en barbeel zijn de meest abundante soorten in de visgemeenschap van nevengeulen (figuur 52 en 53). De aanwezigheid en dichtheid van

deze soorten fluctueert echter sterk tussen de verschillende nevengeulen, seizoenen en jaren. De dichtheid aan reofiele soorten (met name barbeel en winde) is in het voorjaar hoger dan in de zomer. Het verschil in dichtheid is te verklaren vanuit de watertemperatuur en de voortplantings- en opgroei-strategie. De meeste reofiele soorten paaien bij een lage watertemperatuur, in de periode maart-juni (figuur 55). De eurytope cypriniden paaien hoofdzakelijk in de maand juli. Hierdoor is het aandeel jonge reofielen in de bemonsteringen van juni hoger dan het aandeel eurytope cypriniden. De voortplantingsstrategie is een tweede variabele om het verschil in dichtheden te verklaren. Het areaal aan geschikte habitat voor deze soorten neemt waarschijnlijk in de loop van het seizoen af. Zo vertonen de dichtheden van juveniele barbeel een piek bij een lengte van 2-4 cm waarna ze weer uit de nevengeulen verdwijnen (Grift, 2001). Dit patroon komt overeen met de verandering in habitatgebruik van barbeel zoals beschreven in andere rivieren (Grift, 2001). Veel reofiele juvenielen gebruiken de nevengeulen wel als opgroeigebied maar doen dit alleen in een beginstadium van hun leven. Waarschijnlijk verplaatsen ze zich in de loop van de zomer naar habitats met meer stroming (zomerbed). Voor de eurytope soorten is het contrast tussen de dichtheden in voorjaar en zomer minder groot.

Figuur 52

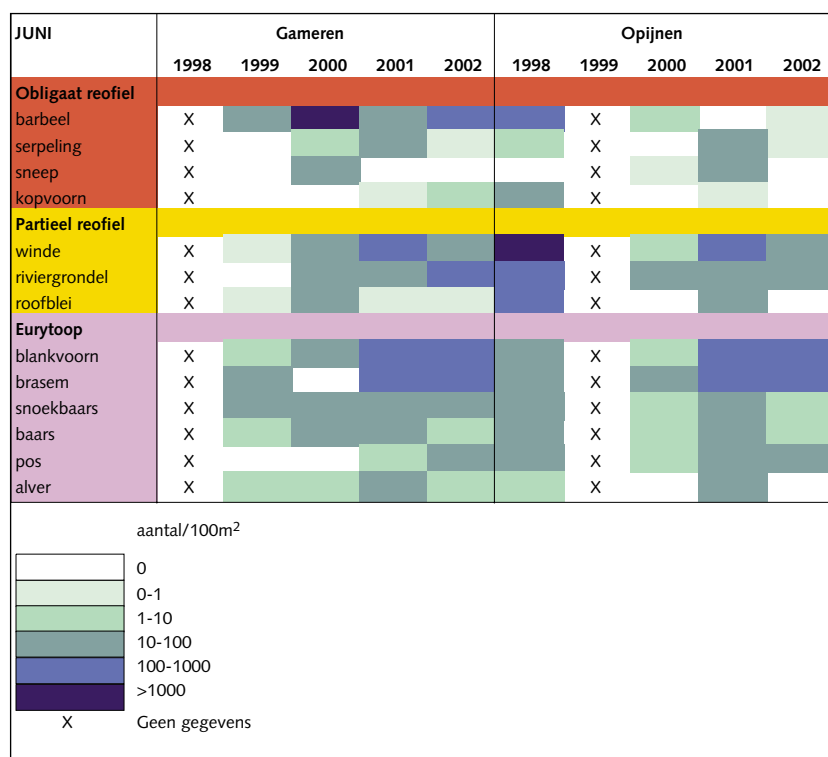
Dichtheid (aantal per 100 m²) van de nuldejaars reofiele en eurytope vissen in de drie nevengeulen in de Gamerensche Waard en in de geul Opijnen in juni.

Paars: eurytope soorten

Oranje: partiel reofiele soorten

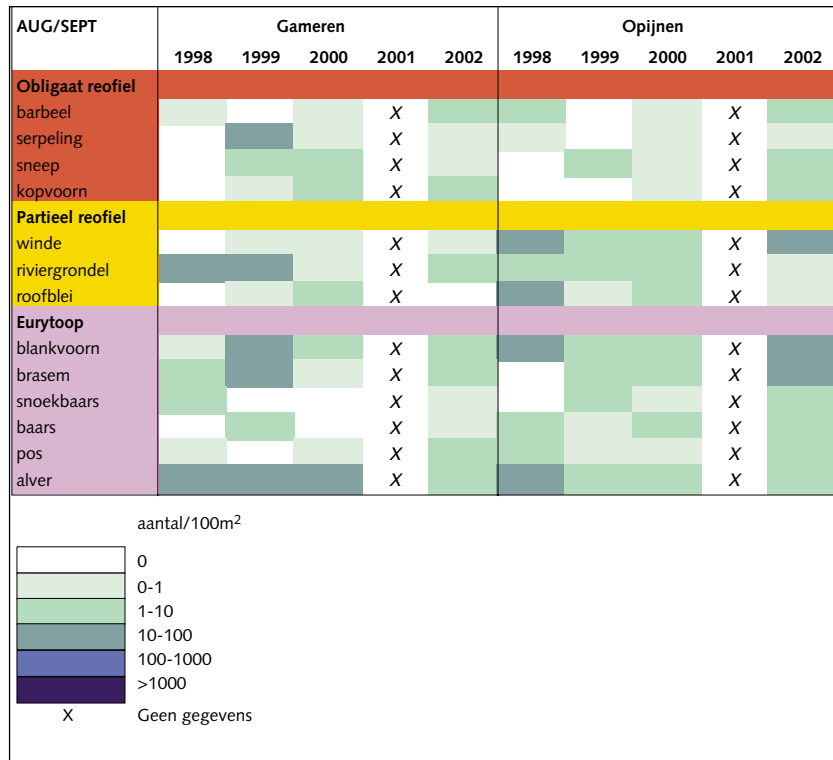
Rood: obligaat reofiele soorten

Alleen frequent voorkomende soorten zijn weergegeven



Figuur 53

Dichtheid (aantal per 100 m²) van de nuldejaars reofiele en eurytope vissen in de nevengeulen in de Gamerensche Waard en in de geul Opijnen in augustus/september.
 Paars: eurytope soorten
 Oranje: partieel reofiele soorten
 Rood: obligaat reofiele soorten
 Alleen frequent voorkomende soorten zijn weergegeven



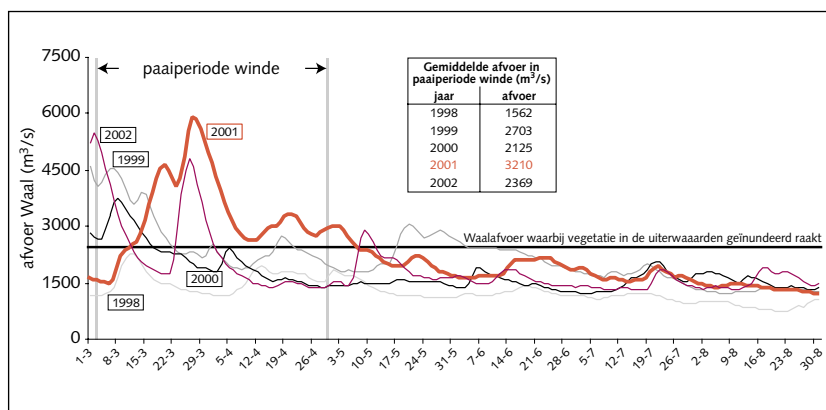
Eurytope soorten zijn niet erg kritisch ten opzichte van hun paaigebied en kunnen zich zowel in de rivier als in nevengeulen of andere uiterwaardwateren voortplanten. De dichtheid van eurytope juvenielen in de nevengeulen zal daarom gerelateerd zijn aan het paaisucces in het gehele riviertraject.

Reofiele soorten zijn erg kritisch ten aanzien van de omstandigheden van hun paaigebied. De meeste reofielen paaien alleen op grindbanken (winde paait ook op ondergelopen terrestrische vegetatie). Geschikte grindbanken zijn in de Waal nauwelijks aanwezig. Om deze reden is het waarschijnlijk dat grindpaaiers als barbeel, kopvoorn en sneep zijn aangewezen op het Duitse deel van de Rijn (Grift, 2001). Reofiele larven die in Duitsland uitkomen kunnen passief via de rivierstroming naar de Nederlandse Rijn, emigreren. Dit verschijnsel van larvale drift is waargenomen bij barbeel en treedt waarschijnlijk ook op bij de andere grindpaaiende cypriniden. Het vestigingssucces van larven middels drift is afhankelijk van een complex van factoren zoals de afstand tussen het paai- en opgroeigebied, de rivierafvoer en de hiermee samenhangende stromingspatronen. Als een groot paaisucces in Duitsland samengaat met een gunstige afvoer dan kunnen enorme aantallen juvenielen vanuit Duitsland naar Nederlandse opgroeigebieden drijven. Zo bedroeg in 2000 de gemiddelde dichtheid aan barbeel in de nevengeulen in de Gamerensche Waard meer dan 1.400 individuen per 100m² (figuur 52). Als de afvoer te laag of te hoog is kan het zijn dat de drift van de larven een potentieel opgroeigebied voorbij gaat. De ligging van een nevengeul lijkt dan ook een belangrijke factor te zijn. Zo lijkten de nevengeulen in de Gamerensche Waard beter in staat de driftende larven in te vangen dan de nevengeul nabij Opijnen (dichtheid aan barbeel in het voorjaar een factor 200-300 verschil).

Een ander voorbeeld om het belang van de voortplantingsstrategie te illustreren is de winde. De winde plant zich voort op geïnundeerde terrestrische vegetaties. Door de zeer hoge afvoer gedurende de paai-periode (maart/april) van 2001, waarbij grote oppervlakten terrestrische vegetatie geïnundeerd werden, heeft de winde in 2001 waarschijnlijk een zeer succesvolle voortplanting gehad (figuur 54).

Figuur 54

Afvoerverloop (in m³/s) van de Waal gedurende de paai-periode van de winde tijdens de diverse jaren



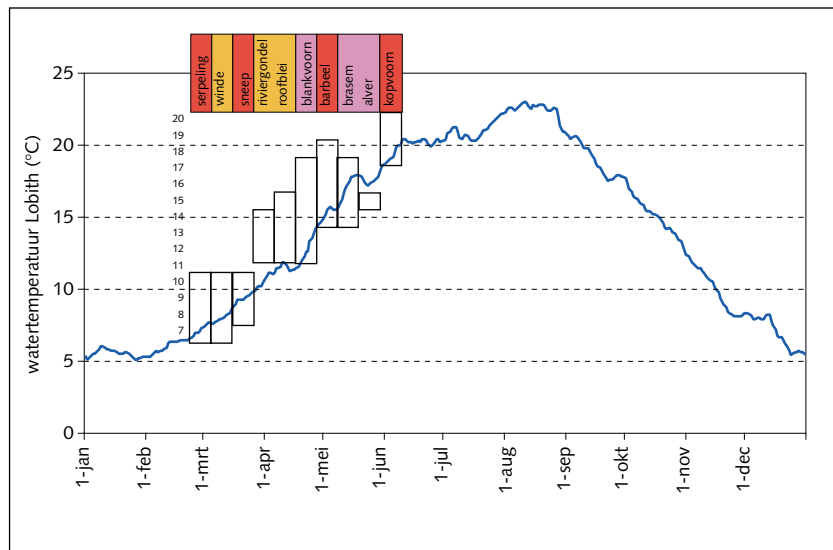
Uit de lengte-klasse-verdeling van de juveniele barbeel valt het op dat er een piek is waar te nemen bij een lengte van 2-4 cm. Grotere barbelen trekken dus uit de nevengeul weg. Met het groeien van de barbelen neemt de geschiktheid van de habitat dus af. Dit patroon komt overeen met de verandering in habitatgebruik van barbeel zoals beschreven in andere rivieren (Grift, 2001). Veel reofiele juvenielen gebruiken de nevengeulen dus als opgroeigebied maar doen dit alleen in een beginstadium van hun leven. Waarschijnlijk verplaatsen ze zich in de loop van de zomer naar habitats met meer stroming (zomerbed).

Volwassen (paairijpe) vis

Tijdens de bemonstering van de volwassen (paairijpe) vis in 2001, was de riviergrondel de enige reofiele soort die werd aangetroffen. De reofiele soorten winde en roofblei zijn waarschijnlijk gemist vanwege de te late start van de bemonstering (in verband met de MKZ-crisis). De riviergrondels zijn gevangen tussen 6 en 15 mei (doorlopend tot 1 juni), bij een watertemperatuur van 15-16°C. Dit stemt overeen met literatuurgegevens (Grift *et al.*, 1998; Merx & Klein Breteler, 2002). De dag waarop de eerste riviergrondel werd gevangen nam de stroomsnelheid toe. Toename van de afvoer is voor de riviergrondel waarschijnlijk een stimulans om een paaigebied op te zoeken. Een verschijnsel dat ook bij een aantal andere reofiele soorten het geval is. Het merendeel van de riviergrondels werd gevangen nabij de uitstroomopeningen van de nevengeulen. Dit is een indicatie dat de riviergrondels stroomopwaarts zwemmend de nevengeulen binnenkomen.

Figuur 55

Temperatuurverloop van de Waal (gemiddelde 1996-2001) en de paai-perioden van de frequent voorkomende vissoorten. Het verloop van de watertemperatuur in het betreffende jaar bepaalt uiteindelijk het exacte moment van paaien. Bron: Crombaghs *et al.*, 2000; Merkx & Klein Breteler (2002b)



Habitatgeschiktheid voor reofiele vis

In het voorjaar zijn de larven nog erg klein en de vinnen nog niet volledig ontwikkeld waardoor de actieve verplaatsing naar habitats nog gering is. In het voorjaar laten de meeste soorten dan ook geen duidelijke differentiatie in verspreidingspatronen zien (figuur 56). De larven concentreren zich in de ondiepe oeverzones met weinig stroming. Zowel de Oostgeul, de Westgeul als delen van de Grote geul (begin en midden) fungeren in het voorjaar als opgroeigebied voor zowel reofiele als eurytope soorten. Het midden van de Grote geul bevat ten opzichte van de andere deelgebieden lagere aantallen reofielen en lijkt minder geschikt voor deze soortgroep. In de Westgeul worden vooral partieel reofiele soorten als winde en riviergrondel aangetroffen en in de Oostgeul vooral obliagaat reofiele soorten zoals barbeel, sneep en serpeling.

Figuur 56

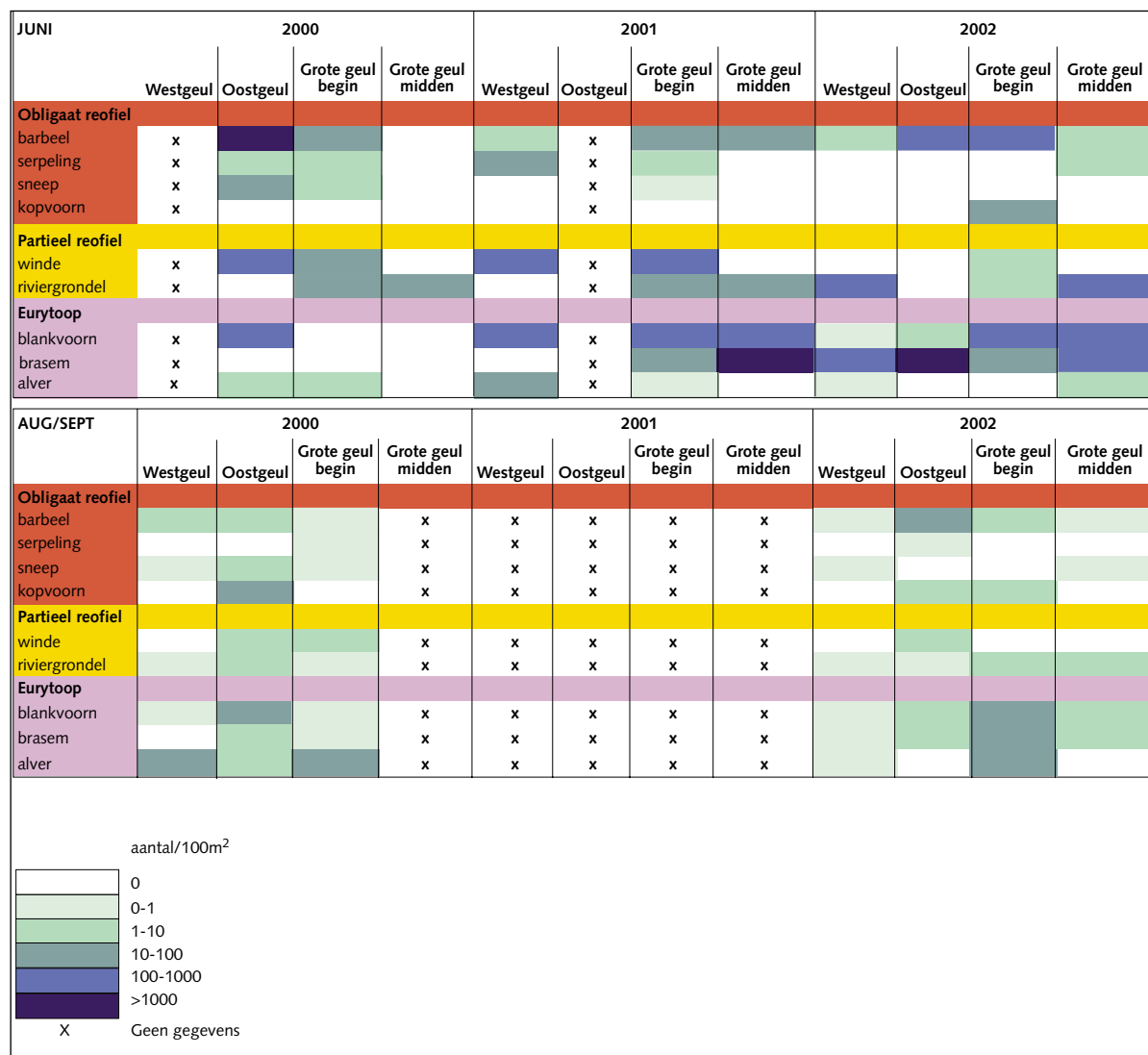
Dichtheid (aantal per 100 m²) van de algemeen aangetroffen nuldejaars cyprinide soorten in de verschillende (onderdelen van de) nevengeulen in de Gamerensche Waard tijdens de bemonsteringen in de periode 2000-2002.

N.B. De Grote geul in de Gamerensche Waard is opgesplitst in twee deelge-bieden (begin en midden).

Paars: eurytope soorten

Oranje: partieel reofiele soorten

Rood: obligaat reofiele soorten



In de zomerperiode zijn de vinnen van de juveniele vissen volledig ontwikkeld. Ze zijn hierdoor in staat om zich actief naar het habitat van hun voorkeur te verplaatsen (figuur 56). Zoals in paragraaf 6.4.2 reeds geconstateerd is neemt de dichtheid van reofiele soorten af in de zomer en neemt het aandeel van de eurytope soorten toe. Reofiele soorten blijken in de zomer in de Oostgeul nog steeds in grote dichtheden voor te komen. Zowel de obligaat reofiele soorten serpeling, sneep, kopvoorn en barbeel als de partieel reofiele soorten windde en riviergrondel worden hier aangetroffen en in grotere dichtheden dan in de andere geulen van de Gamerensche Waard. In de zomer van 2002

kwamen in de andere geulen, met name in het begin van de Grote geul, ook behoorlijke dichtheden van reofiele vissoorten voor.

Voor de opgroei van reofiele soorten zoals barbeel, kopvoorn, sneep, serpeling en winde zijn ondiepe oeverzones (ondieper dan 0,5 m) met langzaam stromend water (tussen de 0,05 en 0,2 m/s) van belang. Met een toenemende lengte verplaatsen ze zich geleidelijk naar diepere gebieden (0,5-1 m) met hogere stroomsnelheden (tot 0,3 m/s) (Grift, 2001). Een relatie met het substraat in nevengeulen, dat over het algemeen zandig van samenstelling is, is niet gevonden. Aan de hand van deze habitatvoorkeuren en de kaarten met waterdieptes en stroomsnelheden is redelijk in beeld te brengen waar de grootste dichtheden van de verschillende soort(groep)en te verwachten zijn (zie figuur 57).

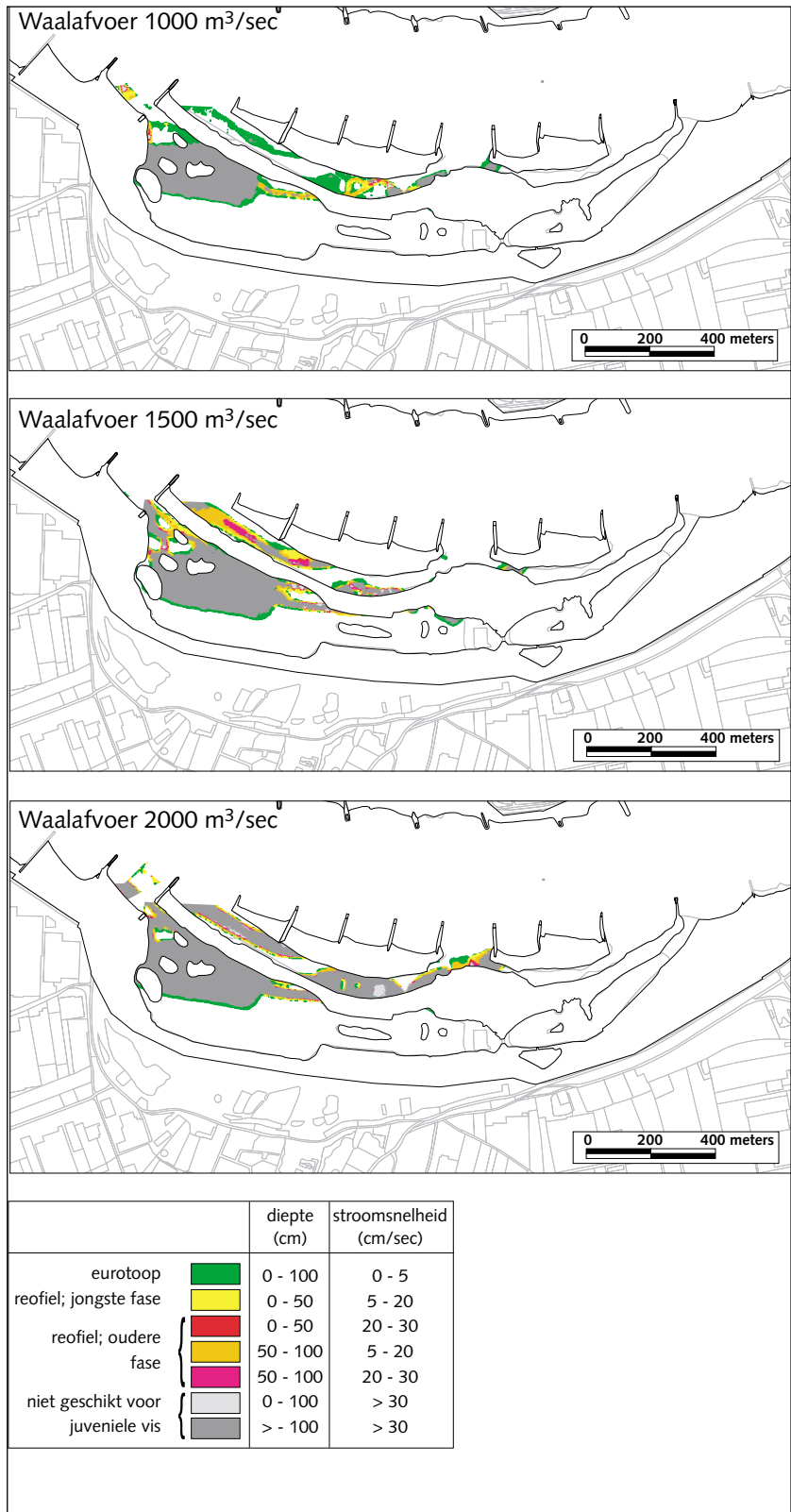
Bij een rivierafvoer van 2000 m³/s is bijna de gehele Oostgeul geschikt voor de opgroei van reofielen (figuur 57). Het water is maximaal 100 cm diep en de stroomsnelheid varieert dan tussen de 5 en 30 cm/s. Ook in een deel van de Grote geul komt een gebied met dit type habitat voor. In de Westgeul en in het middendeel en eindeel van de Grote geul beperkt dit type habitat zich voornamelijk tot een smalle strook langs de oevers.

Bij een afvoer van 1500 m³/s neemt het habitat met een waterdiepte van minder dan 100 cm en een stroomsnelheid van minder dan 5 cm/s toe. Deze omstandigheden zijn vooral geschikt voor het opgroeien van eurytope soorten en minder voor reofiele soorten. Met name in de Oostgeul en in het midden van de Grote geul neemt de hoeveelheid geschikt habitat voor reofiele soorten hierdoor af. In de Westgeul neemt het areaal geschikt habitat voor reofielen toe.

In de paai- en opgroeiperiode van vissen fluctueert de Waalafvoer vaak tussen de 1000 en 2000 m³/s, waardoor het areaal geschikt habitat voor reofielen over de jaren sterk kan variëren. Dit geldt met name voor de twee periodiek meestromende geulen. Overigens raken de wateren in de geulen niet plotseling geïsoleerd bij dalende rivierwaterstanden, omdat als gevolg van getijwerking en scheepvaartseffecten de waterstanden altijd wel schommelingen van enkele decimeters hebben. Hierdoor zijn vissen altijd in de gelegenheid om de geul uit te trekken.

Figuur 57

Habitatkaart van de Gamerensche Waard bij een Waalafvoer van 1000, 1500 en 2000 m³/s



In de nevengeulen van de Gamerensche Waard zijn diverse stroomminnende vissoorten aangetroffen, waaronder vijf doelsoorten (barbeel, kopvoorn, sneep, winde en rivierprik). De soortensamenstelling en dichtheid van de visgemeenschap in de nevengeulen variëren sterk. Voor een belangrijk deel is deze variatie gerelateerd aan het paaisucces elders in het riviersysteem.

De reofiele vissen gebruiken de nevengeulen vooral als opgroei gebied tijdens hun eerste levensfasen. Later trekken ze naar de hoofdstroom.

De meest reofiele vis bereikt de nevengeulen passief door larvale drift. De rivierafvoer in het voorjaar is van grote invloed op de geschiktheid van nevengeulen voor opgroeiende (reofiele) vissen. Bij een gegeven morfologie bepaalt deze dynamiek het areaal geschikt habitat voor deze vissen (voldoende diepte en niet te hoge of te lage stroomsnelheid).

6 Synthese

6.1 Terugkoppeling met de doelstellingen

Zoals in paragraaf 1.2 al aangegeven is zijn indertijd bij het opstellen van het projectplan (Jans *et al.*, 1998) doelstellingen voor het monitoringsprogramma gedefinieerd. Het toen opgestelde programma ging er van uit dat er vijf nevengeulen van behoorlijke verschillende aard gedurende vijf jaar gemonitord konden worden. Door vertraging in de daadwerkelijke realisering van de nevengeulen in de Stiftsche Waard en in de Afferdensche & Deestsche Waarden is de uiteindelijke monitoring beperkt gebleven tot de drie nevengeulen in de Gamerensche Waard. De twee kleine, periodiek meestromende, nevengeulen in deze uiterwaard zijn zo'n 5 à 6 jaar gevolgd, terwijl de Grote geul 3 jaar gevolgd is. Vooral voor deze laatste geul is de monitoringsperiode kort geweest (alleen jaren met vrijwel continu hoge rivierafvoeren). Deze beperking tot drie geulen maakt het iets lastiger om de conclusies te veralgemeniseren tot een gehele rivier(tak).

Hieronder zullen de oorspronkelijk opgestelde doelstellingen één voor één geëvalueerd en toegelicht worden.

1a) Vaststellen of en in welke mate ongewenste neveneffecten voor de scheepvaart optreden (aanzanding en stroming).

Sinds de aanleg van de nevengeulen in de Gamerensche Waard zijn geen scheepvaartproblemen gemeld die te maken hebben met die aanleg. Verdringing van de hoofdstroom en hiermee gepaard gaande (dwars)stromingen bij de in- of uitstroomopeningen treden niet op. Ook is de bodemligging van het zomerbed (vaargeul) nabij de Gamerensche Waard in de periode 1996-2002 niet zodanig veranderd dat (scheepvaart)problemen opgetreden zijn. Op basis van theoretische (model)berekeningen werd verwacht dat er aanzanding (ophoging) van het zomerbed zou optreden. Deze aanzanding bleek echter minimaal te zijn (gemiddeld over de breedte minder dan 0,1 m over zes jaar). Nadere analyses met behulp van dieptegegevens elders in de Waal (Sieben, 2003) toonde echter aan dat juist tijdens deze monitoringsperiode er lokale bodemdalingsgolven zijn gepasseerd. Deze bodemdalingsgolven hebben de (lichte) aanzanding als gevolg van de nevengeulen genivelleerd.

Geen problemen voor de scheepvaart ondanks lichte aanzanding als gevolg van de nevengeulen

1b) Vaststellen of en in welke mate ongewenste neveneffecten voor de veiligheid optreden (erosie waterkering).

Hoewel de erosie- en sedimentatieprocessen in de drie nevengeulen in de Gamerensche Waard vrij spel kregen, zijn de geulen grotendeels op hun oorspronkelijke locatie blijven liggen.

Lokaal hebben die morfologische processen echter veel veranderd:
→ Forse oevererosie bij de instroomopeningen, waardoor kribben achterloops dreigen te geraken
→ Erosie van het wegdek waar die de Grote geul kruist
→ Sterke oever- en beddingerosie als gevolg van kolkvorming net stroomafwaarts van de brug/vernauwing in de Grote geul

Alleen voor de oevererosie net stroomafwaarts van de brug was ingrijpen vereist omdat hier de afstand tot de winterdijk gering is. De oever is in 2001 verstevigd met stortsteen.

Met de resultaten van de stroombaanberekeningen van WAQUA zijn kritieke erosiepunten te signaleren. Regelmatige controle van deze locaties in het veld blijft nodig.

De nevengeulen in de Gamerensche Waard zijn grotendeels op hun plaats blijven liggen, hoewel lokaal duidelijke erosie is opgetreden. Op één locatie was ingrijpen vereist om veiligheidsproblemen te voorkomen. Om deze kritieke punten te signaleren is het nodig om in het ontwerpproces de stroombanen en stroomsnelheden te berekenen. Regelmatige inspectie van de oevers van de nevengeulen blijft nodig.

1c) *Vaststellen of en in welke mate ongewenste neveneffecten voor het beheer optreden (afzetting van al dan niet verontreinigd sediment).*

Hoewel de sedimentatie plaatselijk zeer aanzienlijk is geweest, zijn er geen beheersproblemen opgetreden met betrekking tot verontreinigd sediment. Het gesedimenteerde materiaal bestond voornamelijk uit 'schoon' zand, waardoor voor de toekomst geen water- of bodemkwaliteitsproblemen verwacht worden. Alleen in de voormalige zandwinplas heeft sedimentatie van (verontreinigd) slib plaatsgevonden (plaatselijk meer dan 1 m per jaar). Dit slib van een kwaliteitsklasse II à III vormt door de diepte van de plas voorlopig echter geen beheersprobleem. Ook voor het ecosysteem betekent het geen verslechtering daar de bodem van deze diepe put voor aantakking van de geul ook al bestond uit materiaal van kwaliteitsklasse II à III.

Er is een lichte bodemkwaliteitsverbetering opgetreden, omdat het nieuwe sediment in de nevengeulen voornamelijk uit (schoon) zand bestaat.

2a) *Vaststellen of en in welke mate de ruimte voor de rivier die de nevengeul biedt teniet wordt gedaan door de ontwikkeling van de vegetatie.*

De aanleg van de nevengeulen in de Gamerensche Waard heeft geleid tot een vergroting van de afvoercapaciteit. Deze vergroting van de afvoercapaciteit is voor een deel weer tenietgedaan door de (zand)-sedimentatie in de bedding van de geulen en door de vegetatie-ontwikkeling (met name bos- en struweelvorming) elders in de uiterwaard.

De aanleg van de nevengeulen in de Gamerensche Waard heeft geleid tot een verlaging van de Maatgevende HoogWaterstanden van ongeveer 3 cm. De sedimentatie en de vegetatie-ontwikkeling tussen 1995 en 2002 heeft hier tot nu toe zo'n 0,5 cm ($\pm 15\%$) van tenietgedaan.

De vergroting van de waterafvoercapaciteit van de rivier door de aanleg van de nevengeulen is voor een klein deel ($\pm 15\%$) tenietgedaan door de sedimentatie in de bedding van de geulen en door de bos- en struweelontwikkeling elders in de Gamerensche Waard.

2b) Vaststellen welke beheersinspanning nodig is om het permanent stromende karakter van een nevengeul te behouden.

Ondanks de plaatselijk aanzienlijke sedimentatie in de nevengeulen is er geen beheer nodig geweest om de geulen 'open' te houden. In alle drie de nevengeulen is lokaal veel sedimentatie van zand opgetreden. Binnen de geulen zijn echter duidelijk diepere delen overgebleven waardoor de stroomvoerendheid niet in gevaar is gekomen. Aangezien de snelheid van (zand)sedimentatie in alle drie de geulen gedurende de eerste jaren hoger bleek te zijn dan in de latere jaren, lijkt het moment dat ingrijpen (baggeren/graven) nodig is nog ver weg.

Beheer in de nevengeulen (baggeren of graven) om het stromende karakter van de nevengeulen te behouden is voorlopig niet nodig.

2c) Vaststellen van de effectiviteit van een sedimentvang in een nevengeul

Het nut, met betrekking tot de sedimenthuishouding, van een diepe put (sedimentvang) in een nevengeul zou bepaald worden door een vergelijking van drie typen nevengeulen met verder vrijwel dezelfde karakteristieken. Drie nevengeulen in de Stiftsche Waard, de Gamerensche Waard en de Afferdensche & Deestsche Waarden met respectievelijk geen sedimentvang, een sedimentvang aan het einde en een sedimentvang aan het begin van de nevengeul zouden zich daarvoor goed lenen. Nu hiervan alleen de geul in de Gamerensche Waard gerealiseerd is, kan een beoordeling van de effectiviteit van een diepe put (sedimentvang) in een nevengeul niet plaatsvinden.

Uit de metingen blijkt dat de diepe put in de Grote geul in de Gamerensche Waard veel sediment ingevangen heeft (meer dan 50.000 m³). De regelmatige bodemonsters van de toplaag geven voornamelijk slib aan. Het lijkt echter niet aannemelijk dat de gehele gesedimenteerde laag uit slib bestaat; waarschijnlijk vormt zand een substantieel aandeel.

In het eerste deel van de Grote geul (voor de sedimentvang) heeft weinig netto sedimentatie plaatsgevonden. De hypothese, dat een sedimentvang bij de instroomopening nodig is om aanzanding van die instroomopening te voorkomen, wordt in dit onderzoek niet bevestigd. Integendeel, in de periode na opening (oktober 1999) is er meer erosie dan sedimentatie opgetreden in het eerste deel van de Grote geul. De ontwikkelingen in de West- en Oostgeul lijken er na vijf jaar zelfs

op te wijzen dat überhaupt geen sedimentvang vereist is om snel dichtslibben te voorkomen.

Een diepe put als onderdeel van een nevengeul fungeert als sedimentvang, maar lijkt niet vereist om snel dichtzanden te voorkomen. Een precieze beoordeling van de effectiviteit van een sedimentvang kan echter niet plaatsvinden vanwege het niet realiseren van twee andere typen nevengeulen.

2d) *Vaststellen of en in welke mate de doelsoorten van het ecotoop nevengeul zich vestigen.*

Van de officiële lijst van doelsoorten voor het natuurdoeltype 'Langzaam stromende rivier en nevengeul' (Handboek Natuurdoeltypen; Bal *et al.*, 2001) zijn weinig soorten daadwerkelijk in de nevengeulen in de Gamerensche Waard aangetroffen (flora: 0 van de 2; vissen: 5 van de 13; macrofauna: 3 van de 46). Alleen voor de vissen wordt het in het handboek gestelde doel, van 20% van de doelsoorten aanwezig, gehaald. De biotoopbeschrijving van het 'Handboek Natuurdoeltypen' (ondiep, langzaam stromend water boven een zandbodem) komt echter goed overeen met de situatie in de Gamerensche Waard. De periodiek droogvallende zandbanken in de nevengeulen zijn hier een goed voorbeeld van.

Uit de ecologische profielen van de ontbrekende doelsoorten komt naar voren dat veel soorten zich waarschijnlijk niet kunnen vestigen in de Gamerensche waard. Ze bereiken hun optimum in een andere milieutype.

In vergelijking met andere delen van het Nederlandse rivierengebied zijn de nevengeulen in de Gamerensche Waard een heel eind op weg naar dat genoemde natuurdoeltype. Veel reofiele (stroomminnende) vissoorten blijken er prima opgroeiomstandigheden aan te treffen (barbeel, serpeling, sneep, winde, riviergrondel en roofblei). De macrofaunagemeenschap in de nevengeulen blijkt niet alleen soortenrijker dan in de hoofdstroom, er blijken ook diverse soorten voor te komen die elders in de rivier niet aangetroffen zijn. Soorten van dynamische pionieroevers profiteren van de aanleg van nevengeulen (Bruin cypergras, Naaldwaterbies en Slijkgroen).

Door de grote variatie aan watertypen bieden de nevengeulen in de Gamerensche Waard aan een groot scala van soorten geschikte leefomstandigheden. De aangetroffen soortensamenstelling komt niet overeen met de beschrijving uit het Handboek Natuurdoeltypen.

3a) *Verklaren van erosie- en sedimentatiepatronen in de neven- en hoofdgeul en uitbreiden van bestaande hydrologische modellen op dit gebied.*

Door de monitoring de afgelopen zes jaar is de kennis en het inzicht met betrekking tot nevengeulen in het Nederlandse rivierengebied fors toegenomen. Na de vele theoretische beschouwingen over nevengeulen

in het begin van de jaren negentig, vormden nu de daadwerkelijke praktijkvoorbeelden de bron voor kennisvergroting. De grote rol van het zand(transport) in plaats van het slib(transport) was een grote verrassing. De erosieve kracht van het stromende water was niet zo zeer een verrassing, maar leidde wel regelmatig tot lokale verschijnselen die aanzette tot nadere analyse.

Andere opvallende ervaringen zijn:

- De instroomopeningen van nevengeulen zijn zeer erosiegevoelig; vooral als ze sterk in de stroombanen liggen
- Lokale versmallingen (regelwerken) in nevengeulen leiden tot draaikolken/neren direct stroomafwaarts van die versmalling
- De bedding van een nevengeul zal al meteen na aanleg sterk gaan variëren in ruimte en tijd (zowel qua bodemhoogte als qua bodemtextuur)
- De meeste morfologische dynamiek in de nevengeulen vindt plaats in de eerste jaren na aanleg

Tot ieders verrassing leek er aanvankelijk geen aanzanding (verondieping) van het zomerbed op te treden. De nadere analyses die toen in gang zijn gezet, leverde het inzicht op dat die aanzanding wel degelijk in lichte mate optrad, maar dat die gecompenseerd werd door een toevallig passerende bodemdalingsgolf in de Waal.

Bij de analyses die gedaan zijn ten behoeve van een beter begrip van de morfologische en hydrologische verschijnselen zijn diverse modellen toegepast en aangescherpt. Het is nu veel duidelijker welke methodieken bruikbaar zijn voor dit soort praktijkvoorbeelden met hun bijbehorende datasets.

Al met al zijn hierdoor de technische aandachtspunten voor het precieze ontwerp van nevengeulen helderder geworden. Er is nu meer inzicht in processen die nevengeulen in gang zetten. Ook is duidelijk dat je bij de aanleg van nevengeulen ook wat onvoorspelbaarheid introduceert. Met een verdere monitoring van de geulen in de Game-rensche Waard en in andere gebieden met andere (typen) nevengeulen zal de inschatting van de bandbreedtes waarbinnen nevengeulen zich zullen gedragen steeds beter worden. Hiermee kan het 'dynamisch rivierbeheer' steeds beter vorm gegeven worden. Een goed ontwerp en een regelmatige visuele check zijn echter noodzakelijk.

Het inzicht in het hydromorfologische 'gedrag' van nevengeulen langs de Waal is flink toegenomen:

- Het zand(transport) speelt een veel dominantere rol dan het slib(transport)
- Aanzanding in het zomerbed als gevolg van de aanleg van nevengeulen interfereert met andere grootschalige processen, waardoor altijd rekening gehouden zal moeten worden met temporele fluctuaties in die bodemhoogte
- Oevererosie in nevengeulen treedt vooral op bij instroomopeningen en direct stroomafwaarts van (kunstmatige) versmallingen
- Nevengeulen zijn morfologisch zeer heterogeen in tijd en ruimte, hetgeen optimale kansen schept voor natuurwinst.

3b) *Identificeren van faal-factoren in termen van habitat en ecotoxicologie voor doelsoorten waarvan de vestiging uit- of achterblijft bij de verwachtingen, en voor zover mogelijk, identificeren van succesfactoren voor vestiging van andere niet als doelsoort benoemde soorten.*

Gezien de soortenrijkdom van de aangetroffen aquatische organismen (vissen en macrofauna) worden nevengeulen snel gekoloniseerd. Ook is er blijkbaar veel variatie in (micro)habitats aanwezig. Een deel van deze habitats is duidelijk aanvullend op de al bestaande habitats in de hoofdstroom en in geïsoleerde wateren in de uiterwaarden. Toch blijken lang niet alle doelsoorten aanwezig. Een groot deel hiervan blijkt bij nader inzien slecht gekozen, omdat de vereiste specifieke milieuomstandigheden in de Gamerensche Waard niet voorkomen. Voor de soorten waarvan de habitat wel is aan te treffen is het ontbreken van de soort toe te schrijven aan een gebrek aan *schaalgrootte* in combinatie met een nog niet optimale *waterbodemkwaliteit*. De resultaten van de ecotoxicologische testen geven aan dat er toxische effecten van de bodem op de daarin aanwezige (macro)fauna te verwachten zijn. Wel blijkt er een geleidelijke afname van die toxiciteit op te treden (afdekking door schonere lagen). Ook het oorspronkelijk verwachte negatieve effect van de sterk wisselende waterstanden op de toxicologische risico's blijkt gering.

Een deel van de (doel)soorten waarvan de vestiging uitblijft is sterk gebonden aan (*dood*) *hout* of *waterplanten* in het water. Beiden zijn nauwelijks aanwezig in de nevengeulen in de Gamerensche Waard. Of de oorspronkelijk verwachte waterplantenvegetatie zich daadwerkelijk op een behoorlijke schaal zal gaan vestigen is zeer de vraag. Waarschijnlijk is de waterdynamiek (met name de variatie in waterstanden) daarvoor toch te hoog. Ook kan het zijn dat door de toename van de watertemperatuur het verspreidingsgebied van individuele soorten opgeschoven is, waardoor ze niet meer in de Waal te verwachten zijn.

De nevengeulen zijn snel gekoloniseerd door een breed scala aan soorten.

Van de beoogde doelsoorten is slechts een (klein) deel daadwerkelijk aangetroffen, waarschijnlijk vanwege de nog beperkte schaalgrootte en het ontbreken van enkele specifieke habitats (dood hout, waterplanten). Wellicht ook vanwege de nog niet optimale waterbodemkwaliteit.

Maatschappelijk gezien, kan gesteld worden dat de nevengeulen in de Gamerensche Waard goed geslaagd zijn. Vanuit de omwonenden is een brede waardering voor het gebied (Buijs *et al.*, 2004). Het hoog-dynamische karakter van de Gamerensche Waard ligt goed in de smaak bij recreanten en omwonenden (tijdens zomerse dagen bleken ook vele stromingsminnende jongeren in het water van de geulen aanwezig).

6.2 Evaluatie projectorganisatie

Om het monitorings- en evaluatieplan uit te voeren is indertijd een RIZA-projectteam geformeerd met specialisten van diverse disciplines: ecologie, morfologie, hydraulica, bodem(chemie) en ecotoxicologie. Dit team droeg zorg voor zowel de uitvoering van het meetprogramma als ook voor de jaarlijkse rapportage over de resultaten. Naast dit projectteam waren er vele personen en instanties betrokken bij de metingen en het veldwerk (bijlage B).

Doordat in 1997 een gedegen en uitgebreid monitoringsplan is opgesteld (Jans *et al.*, 1998), kon al die jaren doelgericht gemonitord worden. Omdat de resultaten jaarlijks werden vastgelegd en uitgewerkt in datarapportages en integrale jaarrapportages, konden tussentijds gerichte detailwijzigingen in het meetprogramma worden aangebracht. Ook werden we door die regelmatige rapportages snel op hiaten in metingen en/of inzichten gewezen.

Indertijd is doelbewust gekozen voor een multidisciplinair project(team), om op die manier zo goed mogelijk de daadwerkelijke projectdoelen te bereiken. Hiertoe was een integrale aanpak vereist, hetgeen geleidelijk steeds beter is gelukt omdat de diverse specialisten steeds weer werden geconfronteerd met elkaars resultaten en vragen. Hierdoor kon uiteindelijk de meerwaarde van het multidisciplinaire karakter van dit project bereikt worden.

De oorspronkelijke keuze van een vijfjarig monitoringsproject is een goede geweest. De financiële voortgang was daardoor beter verzorgd en het was ook van begin af aan duidelijk naar welk (eind)doel toegevoerd werd. Inhoudelijk is een monitoringsperiode van vijf jaar voor dergelijke grote inrichtingsmaatregelen echter niet voldoende. Diverse ecologische processen zitten in feite nog steeds in een kolonisatie/pioniersfase en de hydromorfologische processen zijn sterk afhankelijk van de toevallige rivierdynamiek van de betreffende jaren. Een langere meetperiode geeft meer zekerheid dat er ook extremere (sterk bepalende) gebeurtenissen (hoogwaters, droogte, e.d.) in zitten. Toch is ook inhoudelijk na vijf jaar een herbezinning aan te bevelen, daar nu met de kennis en de ervaring van de afgelopen vijf jaar een aangescherpt programma opgesteld kan worden.

6.3 Evaluatie monitoringsprogramma

De grondige en uitgebreide opzet van het in 1997 opgestelde monitoringsprogramma is zeer nuttig gebleken. Hierdoor konden we met de doelstellingen helder voor ogen het meetprogramma aanpassen op basis van de opgedane ervaringen. Meetresultaten leveren in eerste instantie veel aanleiding tot nieuwe vragen en neigingen om andere en meer dingen te gaan meten. Die neiging kon beheerst worden door het gerichte plan wat er aan ten grondslag lag.

Met betrekking tot de evaluatie van het monitoringsprogramma zou in feite het oorspronkelijke meetplan naast het uiteindelijk gerealiseerde plan gelegd kunnen worden. De diverse doorgevoerde wijzingen hebben echter verschillende redenen. Sommige wijzigingen werden doorgevoerd omdat de monitoring van twee andere nevengeulen niet doorging, terwijl andere aanpassingen voortkwamen uit tussentijdse inhoudelijke resultaten.

De belangrijkste bevindingen ten aanzien van de gemeten parameters en hun methodieken zijn:

Hydrologie

- DE ADCP-techniek blijkt een goede en kosteneffectieve methode voor de bepaling van de debieten door de nevengeulen.
- Een kwantitatieve toets van de gevolgen van veranderingen in morfologie en vegetatie op de Maatgevende HoogWaterstanden is lastig, daar de daadwerkelijke verschillen in dezelfde ordegrootte liggen als de ruis in de model-berekeningen.

Morfologie

- De ontwikkelingen in de Gamerensche Waard hebben ons geleerd dat er relatief weinig morfologische veranderingen optreden. Dit betekent voor komende herinrichtingsprojecten dat het gebiedsdekkend inmeten van de hoogteligging in een lagere frequentie dan één keer per jaar kan plaatsvinden. Lokale erosie is zelfs met gedetailleerde hoogtemetingen lastig op te sporen, en kan beter aan de hand van regelmatige visuele inspecties ('geulschouw') worden vastgesteld. Hierbij kan ook gebruik worden gemaakt van luchtfoto's.
- Voor het daadwerkelijk inmeten van die hoogteligging van de nevengeulen is de combinatie van peilingen en tachymetrische hoogtemetingen van de oevers niet effectief (te duur). Bij vervolgmonitoring zal eerst goed gekeken moeten worden of er inmiddels geschikte en betaalbare alternatieven zijn (b.v. laser-altimetrie).
- De multibeam-peilingen ten aanzien van de hoogteligging van het zomerbed blijken op zich zelf goed te werken (betrouwbaar en kosteneffectief). Het is echter gebleken dat autonome morfologische processen de metingen dusdanig kunnen beïnvloeden, dat het directe effect van de aanleg van nevengeulen moeilijk te onderscheiden is van andere, hiervan losstaande, processen. Zodoende kan alleen modelmatig goed getoetst worden of nevengeulen voldoen aan een bepaald aanzandingscriterium.
- Veel morfologische ontwikkelingen in de Gamerensche Waard waren te voorkomen geweest als in de beginfase meer aandacht was besteed aan het ontwerp. Vanwege de tijdsdruk door de koppeling met het destijds lopende dijkversterkings-programma was dit voor de Gamerensche Waard niet mogelijk, maar het is een belangrijke les voor vervolgprojecten.
- Op basis van de ervaringen in de Gamerensche Waard lijkt een sedimentvang aan het begin van een nevengeul, om te voorkomen dat de geul in korte tijd dichtzandt, niet nodig.
- De bemonsteringen ten behoeve van het inzicht in het slibtransport in de nevengeulen (zwevend stof bepalingen en slibdiktemetingen) kunnen bij een vervolg achterwege blijven. Dit omdat het slibtransport in de Waal/Bovenrijn van veel minder importantie blijkt te zijn

dan het zandtransport, maar ook omdat het lastig is gebleken om bruikbare meet- en verwerkingsmethoden (modellen) te ontwikkelen. Voor een beter inzicht in die slibhuishouding kan het nog steeds gewenst zijn om die metingen te doen, maar vanuit beheersoogpunt is dit duidelijk minder relevant.

Bodemkwaliteit en ecologische risico's

- De ingezette bemonsteringsmethodiek ten aanzien van de bodemonsters (textuur en chemie) is een juiste gebleken. Een ruimtelijk statistisch verantwoorde bemonsteringswijze lijkt aantrekkelijker, maar is vanwege de grote ruimtelijke variatie in bodemsamenstelling in de geulen al snel onbetaalbaar. De huidige methode van selectief, met veld- en praktijkervaring, bemonsteren van de geulen blijkt voldoende informatie op te leveren om gebiedsdekkende inschattingen te maken van de bodemsamenstelling van de nevengeulen. Doordat bij de huidige methode alleen de toplaag wordt bemonsterd, ontbreekt informatie over de diepere lagen, hetgeen vooral bij de diepe delen van de geul (b.v. de voormalige zandwinput) als een gemis kan worden gezien. Het is nu niet zeker uit welk materiaal het nieuwe sediment in de voormalige zandwinput bestaat.
- Het oorspronkelijke monitoringsprogramma met betrekking tot de ecotoxicologie was breder opgezet (meerdere nevengeulen). Door het niet ten uitvoer komen van die andere nevengeul-projecten is er een beperktere set aan gegevens. Deze geeft wel inzicht in de ecotoxicologische risico's, maar het is nu moeilijk om statistisch onderbouwde uitspraken te doen.
- De gevolgde methoden voor het beoordelen van de ecotoxicologische risico's hebben goed gewerkt. Ten aanzien van de bioaccumulatie is gedurende het onderzoek overgestapt van een laboratoriumtest met wormen (*Oligochaeten*) naar blootstelling van muggenlarven (*Chironomus riparius*) in het veld. Daarbij werd gebruik gemaakt van zogenaamde veldkooitjes, waarin in het laboratorium gekweekte muggenlarven werden uitgezet. De dieren werden hierbij blootgesteld aan het te onderzoeken sediment, terwijl ze tegelijkertijd blootgesteld worden aan de heersende milieucondities (bijv. waterkwaliteit en stroomsnelheid). Uiteindelijk bleken de veld- en de laboratoriumresultaten van de Gamerensche Waard goed overeen te komen. Voor een mogelijk vervolg wordt de voorkeur gegeven aan de veldkooitjes: natuurgetrouwer en kostenefficiënter.

Ecologie

- Met betrekking tot de vegetatiekartering dient opgemerkt te worden dat de gebruikte methode inhoudelijk goed past, maar dat de kosten sterk afhangen van de mogelijkheid om het maken van de benodigde luchtfoto's te combineren met andere projecten, daar anders de kosten sterk oplopen.
- De gebruikte methodiek voor de bepaling van de floristische kwaliteit van nevengeulen bleek op zich zelf geschikt. Het is echter wel gebleken dat de plantengroei geen goede indicator voor het ecologisch succes van nevengeulen is.
- Exacte kwantitatieve bepaling van de macrofaunagemeenschap is lastig en zeer arbeidsintensief. Waarschijnlijk levert een globale, minder kwantitatieve, aanpak meer op, omdat dan met hetzelfde budget op meer locaties bemonsterd kan worden. Hiermee kan

waarschijnlijk een betrouwbaarder beeld geschetst worden van de macrofaunagemeenschap in nevengeulen.

- De toegepaste methodieken voor de visbemonstering blijken prima geschikt (zowel inhoudelijk als qua kosten). Voor de bemonstering van de nuldejaars vis blijken de zegenbemonsteringen het meest geschikt (zowel ten behoeve van de bepaling van de diversiteit als voor de dichtheidsbepalingen). In het voorjaar kan dit aangevuld worden met bemonsteringen met behulp van een planktonnet.

Literatuurlijst

- Albarda, H. (1889). Catalogue raisonné et synonymique des Neuroptères observés dans les Pays-Bas et dans les pays limitrophes. Tijdschrift Entomol. 32: 211-375.
- Amoros, C. (2001). The concept of habitat diversity between and within ecosystems applied to river side-arm restoration. Environmental Management 28(6): 805-817.
- Anonymus (2000). Das Makrozoobenthos des Rheins 2000/Le macrozoobenthos du Rhin 2000. IKSr rapportnr. 128. Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn. Koblenz.
- AquaSense TEC (1997). Macrofauna van de Nederrijn. Bemonstering van kribvakken bij de lage waterstanden van januari 1997. In opdracht van RIZA. AquaSense rapport nr. 97.1032. AquaSense, Amsterdam.
- AquaSense (1998). Macrofauna in de Gamerense Waard. Inventarisatie van twee nevengeulen en een strang, april 1998. Rapport AquaSense 98.1248b. AquaSense, Amsterdam.
- AquaSense (1999). Macrofauna in hoogwaterpoelen langs de Rijn. Evaluatie van drift na de hoogwaters van begin 1995, najaar 1998 en voorjaar 1999. In opdracht van RIZA. AquaSense rapport nr. 99.1349. AquaSense, Amsterdam.
- AquaSense (2001). Ecotoxicologisch onderzoek in de Gamerense Waard 2001. In opdracht van: Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling / RIZA, Lelystad. AquaSense Rapportnr.: 1665. AquaSense, Amsterdam.
- Armitage, P.D., D. Moss, J.F. Wright & M.T. Furse (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. Water Res. 17(3): 333-347.
- Bal, D., H.M. Beije, M. Fellinger, R. Haveman, A.J.F.M. van Opstal & F.J. van Zadelhoff (2001). Handboek Natuurdoeltypen. Tweede geheel herziene druk. Expertisecentrum LNV, Wageningen.
- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (1996). Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. Informationsberichte des Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft. Heft 4/96. München.
- van Beek, G. & R. Munts (1998a). Onderzoek macrofauna in het zomerbed van de Boven-Rijn en Waal mei 1998. Rapport nr. 98.037. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- van Beek, G. & R. Munts (1998b). Onderzoek macrofauna in kribvakken met en zonder palenrij in de Waal mei-juni 1998. Rapport nr. 98.036. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- den Besten, P. (1997). Biotisch effectonderzoek Hollandsch Diep en Dordtsche Biesbosch. Nader onderzoek waterbodempkwaliteit. Rapport nr 97.098. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad.

-
- Buijs, A.E., T.A. de Boer, A.L. Gerritsen, F. Langers, S. de Vries, M. van Winsum-Westra & E.C.M. Ruijgrok (2004). Gevoelsrendement van natuurontwikkeling langs de rivieren. Alterra-rapport 868. Alterra, Wageningen.
- Buijse, A.D., H. Coops, M. Staras, L.H. Jans, G.J. van Geest, R.E. Grift, B.W. Ibelings, W. Oosterberg & F.C.J.M. Roozen (2002). Restoration strategies for river floodplains along large lowland rivers in Europe. *Freshwater Biology* 47: 889-907.
- CIW (2000). Normen voor het Waterbeheer - Achtergronddocument NW4. C. van de Guchte, M. Beek, J. Tuinstra & M. van Rossenberg. Commissie Integraal Waterbeheer.
- Crombaghs, B.H.J.M., R.W. Akkermans, R.E.M.B. Gubbels & G. Hoogerwerf (2000). Vissen in Limburgse beken. De verspreiding en ecologie van vissen in stromende wateren in Limburg. Natuurhistorische Genootschap in Limburg/Stichting RAVON. Stichting Natuurpublicaties Limburg. Maastricht.
- van Dessel, B. (1989). Ecologisch herstel van de Rijnmakrofauna. EHR publicaties en rapporten 14. RIZA, Lelystad.
- Dijkstra, J.T. & M.M. Schoor (2002). Point bar development and vegetation succession on the Volga-Akhtuba floodplain, Russia. Final report of the project Morphodynamics Lower Volga and Waal. RIZA werkdocument 2002.211X. RIZA, Lelystad.
- Duel, H., Pedroli, B. & G. Arts (1996). Een stroom natuur. Natuurs-treefbeelden voor Rijn en Maas. Achtergronddocument B: ontwikkelingsmogelijkheden voor doelsoorten. Watersysteemverkenningen. RIZA werkdocument 95.173X. RIZA, Lelystad.
- van Elswijk, M. (2000). Richtlijn Nader Onderzoek. Ernst- en urgentiebepaling van verontreinigde waterbodems. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling. Nota in voorbereiding.
- Geijskes, D.C. (1948). Verzeichnis der in den Niederlanden vorkommenden Plecoptera, mit einigen geschichtlichen, ökologischen und systematischen Bemerkungen. *Tijdschr. Ent.* 83: 3-16.
- Gittenberger, E., A.W. Jansen, W.J. Kuijper, J.G.J. Kuiper, T. Meijer, G. van der Velde & J.N. de Vries (1998). De Nederlandse zoetwatermollusken. Recente en fossiele weekdieren uit zoet en brak water. *Nederlandse Fauna (Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, Leiden)* 2: 1-288.
- Greijdanus-Klaas, M. (1997). Methodebeschrijving voor het berekenen van dominantie, aantal taxa en BMWP/ASPT index. RIZA werkdocument 97.126X. RIZA, Lelystad.
- Grift, R.E. (2001). How fish benefit from floodplain restoration along the lower River Rhine. PhD Thesis, Wageningen University.
- Grift, R.E., A.D. Buijse, J.G.P. Klein Breteler & W.L.T. van Densen (1998). Kansen voor stroomminnende vissen, Methodiek voor de bemonstering van de visgemeenschap in de uiterwaarden. Landbouwuniversiteit Wageningen, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij. RIZA nota 98.063. RIZA, Lelystad.
- van Haaren, T. (1996). De ecologie van de Nederlandse aquatische macrofauna met nadruk op soorten van stilstaand water, een literatuuronderzoek.

-
- Higler, L.W.G. (1995). Lijst van kokerjuffers (Trichoptera) in Nederland met opmerkingen over uitgestorven en bedreigde soorten. *Ent. Ber. Amst.* 55:(10): 149-156.
- Jans, L., T. Buijse, B. van der Heijdt, J. de Jonge, F. Kok, A. Sorber & M. van Wijngaarden (1998). Monitoring nevengeulen (1998-2003). Monitoringsprogramma voor nevengeulen in de Gamerensche, de Stiftse en de Afferdensche & Deestsche Waarden: morfologie, hydraulica, ecologie, bodemchemie en ecotoxicologie. Projectplan. RIZA werkdocument 98.071X. RIZA, Lelystad.
- Jans, L., A. Sorber, M. van Wijngaarden, E. Reinhold, B. van der Heijdt, A. van der Scheer, J. de Jonge & T. Buijse (1999). Monitoring nevengeulen. Integrale jaarrapportage 1997/1998. RIZA Werkdocument 99.047X. RIZA, Lelystad.
- Jans, L., M. van Wijngaarden, J. Oosterbaan, M. Schropp, A. van der Scheer, J. Backx & J. de Jonge (2000). Monitoring nevengeulen. Integrale jaarrapportage 1998/1999. RIZA Werkdocument 2000.034X. RIZA, Lelystad.
- Jans, L., J. Backx, M. Greijdenus-Klaas, J. de Jonge, V. van der Meij, J. Oosterbaan, A. van der Scheer, M. Schropp & M. van Wijngaarden (2001). Monitoring nevengeulen. Integrale jaarrapportage 1999/2000. RIZA Werkdocument 2001.062X. RIZA, Lelystad.
- Klink, A. (1989). The Lower Rhine. Palaeoecological analysis. In: G.E. Petts (ed.). *Historical change of large alluvial rivers: western Europe*. John Wiley & Sons Ltd. Pp. 183-201.
- Klink, A. (1997). Macrofauna van de Nederrijn. AquaSense Rapport 1032. AquaSense, Amsterdam.
- Klink, A. (1999). Inventarisatie van de macrofauna in de nevengeulen in de Gamerense Waard 1999. Hydrobiologisch Adviesburo Klink, bv, Wageningen.
- Klink, A. (2000a). Inventarisatie van de macrofauna in de nevengeulen in de Gamerense Waard; mei 2000. Rapporten en Mededelingen nr. 64. Hydrobiologisch Adviesburo Klink, bv, Wageningen.
- Klink, A. (2000b). Inventarisatie van de macrofauna in de nevengeulen in de Gamerense Waard; najaar 2000. Rapporten en Mededelingen nr. 69. Hydrobiologisch Adviesburo Klink, bv, Wageningen.
- Klink, A. (2000c). Inventarisatie van de macrofauna in de nevengeul bij Opijnen 2000. Rapporten en Mededelingen nr. 67. Hydrobiologisch Adviesburo Klink, bv, Wageningen.
- Klink, A. (2001). Zandsuppletie in kribvakken in de Waal. Effecten op de macrofauna 1. T-0 situatie. Hydrobiologisch Adviesburo Klink Rapporten en mededelingen nr. 71. Hydrobiologisch Adviesburo Klink, bv, Wageningen.
- Klink, A. (2001). Inventarisatie van de macrofauna in de nevengeulen van de Gamerense Waard; mei 2001. Rapporten en Mededelingen nr. 70. Hydrobiologisch Adviesburo Klink, bv, Wageningen.
- Klink, A. (2002). Zandsuppletie in kribvakken in de Waal. Effecten op de macrofauna 2. Een jaar na baggeren en suppleren. Hydrobiologisch Adviesburo Klink Rapporten en mededelingen nr. 78. Hydrobiologisch Adviesburo Klink, bv, Wageningen.

-
- Klink, A. & B. bij de Vaate (1994). De Tisza, een ecologische referentie voor makro-evertebraten in nevengeulen langs de Rijn? Hydrobiologisch Adviesburo Klink Rapp. Med. 50. Hydrobiologisch Adviesburo Klink bv, Wageningen.
- Klink, A., J. Mulder, M. Wilhelm & M. Jansen (1995). Ecologische ontwikkelingen in de wateren van Blauwe Kamer 1989 - 1995. Doorzicht afgenomen en inzicht toegenomen. Rapp. Med. Hydrobiol. Adviesburo Klink 58. Hydrobiologisch Adviesburo Klink bv, Wageningen.
- Kranenbarg, J. (2004). Monitoring nevengeulen. Juvenile vis-gemeenschap Gamerensche waard en Opijnen 1998-2002. RIZA Werkdocument nr. 2004.071X. RIZA, Lelystad.
- de Lange, H.J., J. de Jonge, P.J. den Besten, J. Oosterbaan, E.T.H.M. Peeters (in prep). Sediment pollution, structure and production of benthic macroinvertebrate communities in the Rhine-Meuse delta, the Netherlands. *Journal of the North American Benthological Society*.
- Liefveld, W., M. Greijdanus-Klaas, L. Jans, J. Kranenbarg, J. van de Hout & M. Platteeuw (2004; in prep.). Ecologisch rendement van herstel- en inrichtingsmaatregelen langs de Plassenmaas. Toepassing van een graadmeter op een traject langs de Limburgse Maas. RIZA Werkdocument. RIZA, Lelystad.
- Maas, J.L., C. van de Guchte & F.C.M. Kerkum (1993). Methodebeschrijvingen voor de beoordeling van verontreinigde waterbodems volgens de TRIADE-benadering. Methode-beschrijvingen voor enkele bioassays, bioaccumulatiemetingen en veldstudies. RIZA nota: 93.027. RIZA, Lelystad.
- Maas, G. J., H.P. Wolfert, M.M. Schoor & H. Middelkoop (1997). Classificatie van riviertrajecten en kansrijkdom voor ecotopen; een voorbeeldstudie vanuit historisch-morfologisch en rivierkundig perspectief. Rapport 552. DLO-Staringcentrum, Wageningen.
- Merkx, J.C.A. & J.G.P. Klein Breteler (2002a). Visbroedbemonstering in nevengeulen bij Gameren en Opijnen in 2001. Onderzoeksrapport OVB OND00125. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.
- Merkx, J.C.A. & J.G.P. Klein Breteler (2002b). Bemonstering van adulte rheofiele vissen in nevengeulen bij Gameren en Opijnen in 2001. Onderzoeksrapport OVB OND00125. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.
- van der Molen, D.T., A.D. Buijse, L.H. Jans, H.E.J. Simons, I. van Splunder & M. Platteeuw (2002). Ecologisch rendement van herstel- en inrichtingsmaatregelen. Ontwikkeling van een graadmeter en een proeve voor het traject van Lobith tot de Noordzee. RIZA rapport 2002.032. RIZA, Lelystad.
- Odé, B. & R. Beringen (2000). Floristisch meetnet oevers zoete rijkswateren 1999; uitwerking Rijntakken en evaluatie eerste ronde. RIZA Nota nr.: 2000.023, FLORON-rapport 20. FLORON, Leiden.
- Odé, B. & R. Beringen (2004). Floristisch meetnet oevers zoete rijkswateren; uitwerking tweede ronde Rijntakken (Bovenrijn/Waal, Nederrijn, IJssel, Zoetwatergetijderivieren en Bendenrivieren Noordrand). RIZA rapport nr. 2004.008, FLORON-rapport 31. FLORON, Leiden.

-
- Paalvast, P. (2000). Doorstroming. Een natuurontwikkelingsproject in de Dordtse Biesbosch. Moni-toring 1991 - 1997. Notanr. AP/3563610/2000/002. Ecoconsult, Vlaardingen. In opdracht van: RWS Directie Zuid-Holland.
- RIZA (2001). Waterbodembepoeding Ondersteunend Systeem, Waterbodembepoeding BOOS, versie 0,8. Gebruikers handleiding. Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad.
- Schoor, M. (1994). De Tisza, een morfologische referentie voor nevengeulen langs de Rijn? RIZA werkdokument 94.141X. RIZA, Lelystad.
- Schoor, M.M. & A.M. Sorber (1998). Morfologie natuurlijk. RIZA, Arnhem. ISBN 903695231x.
- Schoor, M.M., H.P. Wolfert, G.J. Maas, H. Middelkoop & J.J.P. Lambeek (1999). Potential for floodplain rehabilitation based on historical maps and present-day processes along the River Rhine, the Netherlands. In: S.B. Marriott & J. Alexander (eds.). Floodplains: interdisciplinary approaches: pp. 123-137. Special Publications 163. Geological Society, London.
- Schropp, M., M. van Wijngaarden, A. van der Scheer & B. van der Heijdt (2000). Monitoring nevengeulen. Morfologische en chemische monitoring geulen Gamerensche Waard. Datarapportage 1998/1999. RIZA Werkdocument 2000.006X. RIZA, Lelystad.
- Schropp, M., M. van Wijngaarden, A. van der Scheer & B. van der Heijdt (2001). Moni-toring nevengeulen: morfologische en chemische monitoring geulen Gamerensche waard. Datarapportage 1999/2000. RIZA Werkdocument 2001.003X. RIZA, Lelystad.
- Schropp, M., M. van Wijngaarden, A. van der Scheer & B. van der Heijdt (2002). Moni-to-ring nevengeulen. Morfologische en chemische monitoring geulen Gamerensche waard en Opijnen. Datarapportage 2000/2001. RIZA Werkdocument 2002.028X. RIZA, Lelystad.
- Sieben, J. (1998). Geulen in de Gamerensche uiterwaard. Aanvullende analyse van morfologische effecten. RIZA rapport 98.032. RIZA, Lelystad.
- Sieben, J. (2003). Veranderingen in het zomerbed door de geulen van de Gamerensche Waard. RIZA Werkdocument 2003.061X. RIZA, Lelystad.
- Simons, J., C. Bakker & A. Sorber (2000). Evaluatie nevengeulen Opijnen en Beneden-Leeuwen 1993-1998. RIZA rapport 2000.040. RIZA, Lelystad.
- Simons, H.E.J., C. Bakker, M.H.I. Schropp, L.H. Jans, F.R. Kok & R.E. Grift (2001). Man-made secondary channels along the river Rhine (The Netherlands); results of post-project monitoring. Regulated Rivers: Research & Management 17: 473-491.
- Sorber, A.M. (1997). Oeversedimentatie tijdens de hoogwaters 1993/1994 en 1995. RIZA-rapport 97.015. RIZA, Arnhem.
- Sorber, A., M. van Wijngaarden, B. van der Heijdt & A. van der Scheer (1999). Monitoring nevengeulen. Morfologische en bodem-chemische monitoring geulen Gamerensche Waard. Datarapportage 1997/1998. RIZA Werkdocument 99.012X. RIZA, Lelystad.

-
- STOWA - Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (1997a).
Ecotoxicologische risico-beoordeling van verontreinigde water-
bodems. STOWA nr. 97-42, RIZA Nota nr.: 97.085. RIZA, Lely-
stad.
- STOWA (1997b). Eco-atlas van waterorganismen. 97 40 deel IV
zoöplankton en macrofauna (exclusief insecten) & 97 41 deel V
macrofauna (insecten). STOWA, Utrecht.
- bij de Vaate, B., M. Greijdanus & J. van Schie (1998). Macrofauna. In:
C. Bakker, R. Noordhuis & K.H. Prins (red.). Watersysteemrapportage
Rijn 1995. Biologische monitoring zoete rijkswateren. RIZA
rapport 97.066. RIZA, Lelystad.
- Veen, P.J., T.J. Boudewijn, T. van Geelen, J.M. Reitsma & G.F.J. Smit
(1998). Natuurontwikkeling in de Vreugderijkerwaard. Een plan
voor de aanleg van een meestromende nevengeul langs de IJssel.
Rapport nr. 98.033. Bureau Waardenburg bv, Culemborg.
- Visser, A.Z. (2004). Een eenvoudig slibmodel van de Grote geul van
Gameren. Ontwikkeling en toepassing. RIZA-werkdocument
2004.060X. RIZA, Dordrecht.
- van Wijngaarden, M. (1998). Sedimentatie en erosie van zwevend stof
in nevengeulen. RIZA rapport 97.078. RIZA, Lelystad.
- Wolters, H.A., M. Platteeuw & M.M. Schoor (red.) (2001). Richtlijnen
voor inrichting en beheer van uiterwaarden; ecologie en veiligheid
gecombineerd. RIZA rapport 2001.059. RIZA, Lelystad.

BIJLAGEN

Bijlage A Lijst van producten vanuit het project 'Monitoring nevengeulen

Gamerensche Waard'

1998

- AquaSense (1998). Ecotoxicologisch onderzoek in de Gamerensche Waard 1998b. In opdracht van: Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA, Lelystad. Rapportnr.: 98.1248b. AquaSense, Amsterdam.
- AquaSense (1998). Macrofauna in de Gamerensche Waard. Inventarisatie van twee neven-geulen en een strang, april 1998. In opdracht van: Rijksinstituut voor Integraal Zoetwater-beheer en Afvalwaterbehandeling RIZA, Lelystad. Rapportnr.: 98.1248b. AquaSense, Amsterdam.
- Jans, L., T. Buijse, B. van der Heijdt, J. de Jonge, F. Kok, A. Sorber & M. van Wijngaarden (1998). Monitoring nevengeulen (1998-2003). Monitoringsprogramma voor nevengeulen in de Gamerensche, de Stiftse en de Afferdensche & Deestsche Waarden: morfologie, hydraulica, ecologie, bodemchemie en ecotoxicologie. Projectplan. RIZA-werkdocument 98.071X. RIZA, Lelystad.
- Odé, B. & R. Beringen (1998). Floristische inventarisatie Nevengeulen 1998. RIZA Werk-document 98.160X / FLORON-rapport 11. Stichting FLORON, Leiden.

1999

- AquaSense (1999). Ecotoxicologisch onderzoek in de Gamerensche Waard 1999. In opdracht van: Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA, Lelystad. Rapportnr.: 99.1425. AquaSense, Amsterdam.
- Jans, L., A. Sorber, M. van Wijngaarden, E. Reinhold, B. van der Heijdt, A. van der Scheer, J. de Jonge & T. Buijse (1999). Monitoring Nevengeulen. Integrale jaarrapportage 1997/1998. RIZA werk-document 99.047X. RIZA, Lelystad.
- Klink, A. (1999). Inventarisatie van de macrofauna in de nevengeulen in de Gamerensche Waard 1999. Hydrobiologisch Adviesbureau Klink, bv, Wageningen.
- Sorber, A. (1999). Zomerbed Gameren september 1995 - februari 1998. Memo WSR 99-17. RIZA, Arnhem.
- Sorber, A., M. van Wijngaarden, B. van der Heijdt & A. van der Scheer (1999). Monitoring nevengeulen: morfologische en chemische monitoring Oost- en Westgeul Gamerensche waard. Datarapportage 1997/1998. RIZA Werkdocument 99.012X. RIZA, Lelystad.

2000

- AquaSense (2000). Ecotoxicologisch onderzoek in de Gamerensche Waard 2000. In opdracht van: Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA, Lelystad. AquaSense Rapportnr.: 1607. AquaSense, Amsterdam.
- Bijker, A. (2000). Het optreden van drift van macrofauna in de meestromende nevengeul bij Opijnen. Productverslag. Stageverslag. SAXION Hogeschool IJsselland, Deventer.

-
- Jans, L., M. van Wijngaarden, J. Oosterbaan, M. Schropp, A. van der Scheer, J. Backx & J. de Jonge (2000). Monitoring nevengeulen. Integrale jaarrapportage 1998/1999. RIZA Werkdocument 2000.034X.
 - Kers, A.S., B. van Gennip & L. Jans (2000). Ecotopen- en struweelkartering Gamerensche Waard 2000. Rapport nr.: MD-GAE-2000.47. Meetkundige Dienst, Delft.
 - Klink, A. (2000). Inventarisatie van de macrofauna in de nevengeulen in de Gamerense Waard; mei 2000. Rapporten en Mededelingen nr. 64. Hydrobiologisch Adviesburo Klink, bv, Wageningen.
 - Klink, A. (2000). Inventarisatie van de macrofauna in de nevengeulen in de Gamerense Waard; najaar 2000. Rapporten en Mededelingen nr. 69. Hydrobiologisch Adviesburo Klink, bv, Wageningen.
 - Klink, A. (2000). Inventarisatie van de macrofauna in de nevengeul bij Opijnen 2000. Rapporten en Mededelingen nr. 67. Hydrobiologisch Adviesburo Klink, bv, Wageningen.
 - Merckx, J.C.A. (2000). Broedbemonstering van nevengeulen bij Gameren en Opijnen. Onderzoeksrapport OVB 00-05. OVB, Nieuwegein.
 - Odé, B. & R. Beringen (2000). Floristische inventarisatie nevengeulen, Gameren 2000. RIZA werkdocument 2000.163X / FLORON rapport 21. FLORON, Leiden.
 - Schropp, M.H.I. & L.H. Jans (2000). Morphological development of man-made side channels in the flood plain of the river Rhine. Proceedings International Workshop on Development and Management of Flood Plains and Wetlands (IWFV 2000). 5-8 September 2000. Beijing, China. Pp. 117-125.
 - Schropp, M., M. van Wijngaarden, A. van der Scheer & B. van der Heijdt (2000). Monitoring nevengeulen: morfologische en chemische monitoring geulen Gamerensche waard. Datarapportage 1998/1999. RIZA Werkdocument 2000.006X. RIZA, Lelystad.
 - Simons, J., C. Bakker & A. Sorber (2000). Evaluatie nevengeulen Opijnen en Beneden-Leeuwen 1993-1998. RIZA rapport 2000.040. RIZA, Lelystad.

2001

- AquaSense (2001). Ecotoxicologisch onderzoek in de Gamerensche Waard 2001. In opdracht van: Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA, Lelystad. AquaSense Rapportnr.: 1665. AquaSense, Amsterdam.
- Van den Brink, C. (2001). MHW-berekeningen Gameren 2000. Memo Ryn 00-31 (H). RIZA, Arnhem.
- Greijdanus-Klaas, M. & A. Klink (2001). Macrofauna in de nevengeulen van de Gamerensche waard, voor- en najaar 2000. Achtergrondrapportage. RIZA Werkdocument 2001.205X. RIZA, Lelystad.
- Jans, L., J. Backx, M. Greijdanus-Klaas, J. de Jonge, V. van der Meij, J. Oosterbaan, A. van der Scheer, M. Schropp & M. van Wijngaarden (2001). Monitoring nevengeulen. Integrale jaarrapportage 1999/2000. RIZA Werkdocument 2001.062X.

-
- Jans, L., M. Schropp, J. Backx, M. Greijdanus-Klaas & F. Kok (2001). Secondary channel dynamics: results of ecological and morphological monitoring. Posterpresentatie op het '1st International Symposium on Landscape Dynamics in Riverine Corridors', Ascona, Switzerland; 25-30 maart 2001.
 - Klink, A. (2001). Inventarisatie van de macrofauna in de nevengeulen in de Gamerense Waard; mei 2001. Rapporten en Mededelingen nr. 70. Hydrobiologisch Adviesburo Klink, bv, Wageningen.
 - Schropp, M., M. van Wijngaarden, A. van der Scheer & B. van der Heijdt (2001). Monitoring nevengeulen: morfologische en chemische monitoring geulen Gamerensche waard. Datarapportage 1999/2000. RIZA Werkdocument 2001.003X. RIZA, Lelystad.
 - Simons, J.H.E.J., C. Bakker, M.H.I. Schropp, L.H. Jans, F.R. Kok & R.E. Griff (2001). Man-made secondary channels along the river Rhine (The Netherlands); results of post-project monitoring. *Regulated Rivers: Research & Management* 17: 473-491.
 - Vendrig, K. (2001). Nevengeulen in Waal, biodiversiteit verhogend? Een vergelijking van macrofauna in de nevengeulen van de Gamerense Waard met de macrofauna van de Waal. Stagerapport Hogeschool van Utrecht. RIZA Werkdocument 2001.110X. RIZA, Lelystad.
 - Verheijen, A.J.A. (2001). The comparison of secondary channels in the Netherlands, Hungary and Austria. Stagerapport Universiteit Wageningen. RIZA Werkdocument 2001.115X. RIZA, Lelystad.

2002

- AquaSense (2002). Ecotoxicologisch onderzoek in de Gamerense Waard, 2002. In opdracht van: Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA, Lelystad. AquaSense rapportnr. 1698. AquaSense, Amsterdam.
- van den Brink, C. (2002). MHW toetsing geometrie 2000 Gameren. Memo Ryn 2002-10(H). RIZA, Arnhem.
- van den Brink, C. (2002). Hydraulisch 2D model Gameren voor lage afvoeren, bodem 2000. Memo Ryn 2002-11(H). RIZA, Arnhem.
- van Gennip, B. & J. Bergwerff (2002). Toelichting bij de Ecotopen- en struweelkartering. Gamerensche Waard 2002. Op basis van false colour-luchtfoto's 1:5.000. Rapport nr. MD-GAE-2002.37. Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft.
- Jans, L., M. Schropp, M. Greijdanus-Klaas, V. van der Meij, J. Oosterbaan, J. Backx, B. van der Heijdt, J. de Jonge, A. van der Scheer, M. van Wijngaarden & J. Kranenbarg (2002). Monitoring nevengeulen. Integrale jaarrapportage 2000/2001. RIZA Werkdocument 2002.083X. RIZA, Lelystad.
- Jans, L., M. Schropp, F. Kok & T. Buijse (2002). Experiences with side channels along the river Rhine in The Netherlands. Paper workshop on Side channels. 7 oktober 2002, Baja, Hungary.
- Klink, A. (2002). Inventarisatie van de macrofauna in de nevengeulen in de Gamerense Waard; oktober 2001. Rapporten en mededelingen nr. 76. Hydrobiologisch Adviesburo Klink, Wageningen.

-
- Merkx, J.C.A. & J.G.P. Klein Breteler (2002). Visbroedbemonstering in nevengeulen bij Gameren en Opijnen in 2001. Onderzoeksrapport OVB OND00125. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.
 - Merkx, J.C.A. & J.G.P. Klein Breteler (2002). Bemonstering van adulte rheofiele vissen in nevengeulen bij Gameren en Opijnen in 2001. Onderzoeksrapport OVB OND00125. Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij, Nieuwegein.
 - Merkx, J.C.A. & J.G.P. Klein-Breteler (2002). Visbroedbemonstering in nevengeulen bij Gameren en Opijnen in 2002. Onderzoeksrapport OVB OND00149. OVB, Nieuwegein.
 - Odé, B. & R. Beringen (2002). Floristische inventarisatie Nevengeulen, Gameren en Opijnen 2002. RIZA werkdocument 2002.184X / FLORON-rapport 28. Stichting FLORON, Leiden.
 - Schropp, M., M. van Wijngaarden, A. van der Scheer & B. van der Heijdt (2002). Monitoring nevengeulen. Morfologische en chemische monitoring geulen Gamerensche waard en Opijnen. Datarapportage 2000/2001. RIZA Werkdocument 2002.028X. RIZA, Lelystad.

2003

- AquaSense (2003). Makrofauna uit de nevengeulen bij Opijnen en Gameren. Bemonsteringsjaar 2002. In opdracht van RIZA. AquaSense Rapportnummer 1981. AquaSense, Amsterdam.
- Balster, J. (2003). De Gamerensche Waard. Onderzoek naar effecten van toxische stoffen op macrofauna door gebruik van OMEGA. Stageverslag. RIZA Werkdocument 2003.099X. RIZA, Lelystad.
- Bucher, J. (2003). Macrofauna en bodemverontreiniging in nevengeulen. Een model- en veldstudie. Stageverslag. RIZA Werkdocument 2003.098X. RIZA, Lelystad.
- Jans, L., M. Schropp & F. Kok (2003). Side channel reha-bilitation along the Rhine (the Netherlands). International Conference on Lowland River Rehabilitation 2003. In: A.D. Buijse, R.S.E.W. Leuven & M. Greijdanus-Klaas (eds.). NCR-publication 22-2003. RIZA Werkdocument 2003.133X. RIZA, Lelystad.
- Schoor, M. (2003). Gameren representatief? Memo WSR/2003-001. RIZA, Arnhem.
- Sieben, J. (2003). Veranderingen in het zomerbed door de geulen van de Gamerensche Waard. RIZA Werkdocument 2003.061X. RIZA, Arnhem.

2004

- bij de Vaate, A., A. Klink, M. Greijdanus-Klaas, L.H. Jans, J. Oosterbaan & F. Kok. Effects of nature development on mac-roinvertibrates in a foreland along the river Waal, the main distributary in the Rhine delta. Submitted for River Research and Application.
- Kranenbarg, J. (2004). Monitoring nevengeulen. Juvenile vis-gemeenschap Gamerensche waard en Opijnen 1998-2002. RIZA Werkdocument nr. 2004.071X. RIZA, Lelystad.
- Visser, A.Z. (2004). Een eenvoudig slibmodel van de Grote geul van Gameren. Ontwikkeling en toepassing. RIZA-werkdocument 2004.060X. RIZA, Dordrecht.

Projecten, e.d. waarbij in een belangrijke mate gebruik is gemaakt van gegevens uit het project 'Monitoring nevengeulen Gamberensche Waard'

- Promotie-onderzoek Martin Baptist; WL/Delft Hydraulics & TU Delft
- Promotie-onderzoek GertJan Geerling; Katholieke Universiteit Nijmegen
- Onderzoek beoordelingsmethodiek BIOSAFE; Katholieke Universiteit Nijmegen; Reinier de Nooij
- Toepassingsmogelijkheden IKONOS-satellietbeelden; RWS Meetkundige Dienst
- Stromingsweerstand vegetatie in uiterwaarden: deel 1: handboek versie 1-2003. E.H. van Velzen, P. Jesse, P. Cornelissen & H. Coops (2004). RIZA rapport 2003.028. RIZA, Lelystad.
- Slibmodellering Project MER Afferdensche en Deestsche Waarden
- Wolters, H.A., M. Platteeuw & M.M. Schoor (red.) (2001). Richtlijnen voor inrichting en beheer van uiterwaarden; ecologie en veiligheid gecombineerd. RIZA rapport 2001.059. RIZA, Lelystad.
- D.T. van der Molen, A.D. Buijse, L.H. Jans, H.E.J. Simons, I. van Splunder & M. Platteeuw (2002). Ecologisch rendement van herstel- en inrichtingsmaatregelen. Ontwikkeling van een graadmeter en een proeve voor het traject van Lobith tot de Noordzee. RIZA rapport 2002.032. RIZA, Lelystad.
- Muggenlarven in nevengeulen van de Waal. Natuurcompendium 2003.

Bijlage B Betrokken personen en instanties bij het project 'Monitoring nevengeulen Gamerensche Waard'

Onderdeel	Verantwoordelijke personen (RIZA; tenzij anders vermeld)	Betrokken instanties (b.v. voor veld/ meetwerk)
Projectmanagement	Frank Kok (RWS Directie Oost-Nederland) & Luc Jans	
Projectassistentie	Frouwke Stegeman (tot 2000)	
GIS werkzaamheden	Wouter Dubbeldam	
Meetcoördinatie abiotiek	Dick Kos & Leo van Hal	Meetdienst RWS Directie Oost Nederland (Sybrand Oosterhof)
Morfologie	Anne Sorber (tot 1999), Max Schropp (vanaf 1999) Gegevensverwerking: Bertus Schutte	Meetdienst RWS Directie Oost Nederland & RWS Meetkundige Dienst / RWS AGI (Giel Kollaard)
Slibtransport	Marjolein van Wijngaarden (tot 2002) & Ton Visser (vanaf 2002)	Meetdienst RWS Directie Oost Nederland
Hydraulica	Anne Sorber (tot 1999), Max Schropp (vanaf 1999) & Claus van den Brink	Meetdienst RWS Directie Oost Nederland
Bodem(chemie)	Albert van der Scheer & Bertie van der Heijdt Organisatie/kwaliteitscontrole analyses: Aadje Mugie, e.a.	Veldassistentie: Meetdienst RWS Directie Oost Nederland (Albert ten Brinke, e.a.) Analyses: Alcontrol & TAUW
Ecotoxicologie	Jolande de Jonge & Johan Oosterbaan	AquaSense (Jaap Postma)
Vegetatie/Ecotopen	Luc Jans	RWS Adviesdienst Geoinformatie en ICT (AGI; voorheen Meetkundige Dienst) (Bas Kers, Bas van Gennip, e.a.)
Flora	Luc Jans	FLORON (Baudewijn Odé & Ruud Beringen)
Macrofauna	Esti Reinhold, Johan Oosterbaan en Marianne Greijdanus-Klaas Organisatie/kwaliteitscontrole analyses: Aadje Mugie, e.a.	Veldassistentie: Meetdienst RWS Directie Oost Nederland (Albert ten Brinke, e.a.) & RWS Dienstkring Bovenrijn-Waal Analyses: Hydrobiologisch Adviesburo Klink (Alexander Klink) & AquaSense (Michiel Wilhelm)
Vissen	Tom Buijse, Joost Backx, Vincent van der Meij & Jan Kranenburg	Organisatie voor Verbetering van de Binnenvisserij (OVV) (Johan Merckx & Jan Klein Breteler)

Bijlage C Beschrijving gebruikte methoden voor de diverse onderdelen

Hoogteligging zomerbed Waal

Elk kwartaal zijn door de Meetdienst van RWS Directie Oost-Nederland metingen uitgevoerd naar de hoogteligging van het zomerbed van de Waal nabij de Gamerensche Waard. Van 1996 tot en met 1998 met behulp van het zogeheten singlebeam systeem, daarna met het multibeam systeem. Deze peilingen vonden plaats vanaf zo'n 1 km stroomopwaarts tot aan zo'n 2 km stroomafwaarts van de geulen. Hiermee zijn vlakdekkende kaarten gemaakt van de hoogteligging van het zomerbed/vaar-geul (tussen de kribben) van de Waal.

Hoogteligging nevengeulen

De hoogteligging van de nevengeulen is jaarlijks bepaald door een combinatie van twee methodieken; tachymetrische⁶ bepalingen van de hoogte van de oevers en single/multibeampeilingen van de geulen zelf. Er werd steeds getracht om de meetgebieden van beide systemen deels te laten overlappen, waardoor geuldekkende kaarten gemaakt konden worden. Van de hoge delen van de Gamerensche Waard is alleen in 1996 en in 2002 de hoogte bepaald.

Bodemsamenstelling

1 à 2 keer per jaar zijn op zo'n 10 tot 30 locaties verspreid over de drie geulen bodemmonsters genomen. De locatiekeuze werd daarbij deels gestuurd vanuit de macrofauna en ecotoxicologie. Het betrof zowel locaties op periodiek droogvallende oevers als ook locaties die nooit droogvallen (diepe delen van de geulen en de voormalige zand- en kleiwinningsputten). De monsters werden genomen met behulp van een Van Veenhapper, een Eckmanhapper of (sporadisch) met een gutsboor. De monsters werden in de maanden daarna in het laboratorium geanalyseerd op zowel korrelgrootteverdeling (textuur) als ook op diverse chemische parameters (macrochemie en microverontreinigingen). De monsters hadden veelal betrekking op de bovenste 5 cm van het profiel.

Debiet

Het debiet van de nevengeulen zou maandelijks bepaald worden. Tijdens de eerste jaren waren er echter diverse praktische problemen, waardoor de metingen pas langzaam op gang kwamen. In eerste instantie werd het debiet bepaald met behulp van stroomsnelheidsmetingen met de zogeheten Ott-molen, later met een elektromagnetische stroomsnelheidsmeter (EMS). Met deze stroomsnelheden en dwarsprofielen van de geulen kon een debiet wordt berekend. In 2001 is

Noot

⁶ Infraroodmethode met een spiegel op een baak. berekent de afstand uit het faseverschil, en de hoogte uit de richting van de lichtstraal.

overgestapt op een andere meetmethode, namelijk de Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP). De ADCP meet tijdens het dwars overvaren van de geul simultaan de positie van het instrument, de stroomsnelheid en de stroomrichting op een aantal dieptes. Hiermee kon veel gemakkelijker en veel nauwkeuriger het debiet bepaald worden. Met de ADCP bleek het mogelijk om ook tijdens vrij hoge waterstanden metingen te doen.

Zwevend stof gehalte

Gedurende drie jaar zijn maandelijks op 3 tot 5 locaties in de Grote geul in de Gamerensche Waard zwevend stof monsters genomen. Deze locaties waren verspreid over de Grote geul (instroom; voor brug; na brug; begin zandvang; einde zandvang). In het laboratorium werd hierop een droge-stofbepaling uitgevoerd. In de laatste twee jaar werd aan de watermonsters niet alleen het droge stof gehalte bepaald, maar ook het Chlorofyl-gehalte. Dit laatste om algenbloei te kunnen scheiden van echte veranderingen in zwevend stof gehalte. Door bij verschillende rivierafvoeren te bemonsteren ontstond een beeld van de variatie in zwevende stof gehalten als functie van de rivierafvoer.

Ecotoxicologie

Elk jaar werden op vier locaties in de geulen bodemmonsters genomen ten behoeve van ecotoxicologische analyses. Hierbij werd een bemonsterings-schema gehanteerd waarbij elke specifieke locatie elke twee jaar bemonsterd werd. Met deze sedimentmonsters zijn in het laboratorium zowel bodemchemische als ecotoxicologische analyses uitgevoerd om daarmee zowel de acute als de chronische toxiciteit te bepalen. Ook werden op de betreffende locaties macrofaunamonsters genomen.

Vegetatie

Elke twee jaar is een vegetatiestructuurkaart/ecotopenkaart gemaakt van de Gamerensche Waard. Voor 1997 kon gebruik worden gemaakt van de algehele Waal ecotopenkartering. Voor de kartering van 2000 en 2002 kon daarbij aangesloten worden. In 2000 en 2002 is dit aangevuld met een kartering van alle bomen en struiken in het gebied, om zo de vestiging/ontwikkeling van bos in het gebied te kunnen volgen. Deze karteringen zijn uitgevoerd middels een combinatie van luchtfoto-interpretatie en veldwerk.

Flora

Drie keer (in 1998, 2000 en 2002) is de gehele Gamerensche Waard geïnventariseerd op het voorkomen van plantensoorten. Dit is gebeurd aan de hand van de standaard MWTL-methodiek (Tamis & Groen, 1996) waarmee ook een steekproef van de rest van de Waal/Rijn regelmatig geïnventariseerd wordt. Met deze methodiek kan per km-hok (1 x 1 km) de floristische kwaliteit van de diverse begroeiingstypen bepaald worden.

Macrofauna

In eerste instantie 1 keer, later 2 keer per jaar, is de samenstelling van de macrofauna van de nevengeulen bepaald door monsters te nemen van zowel het sediment als van het hout/vegetatie en de stenen in het

water. Veelal verspreid over de drie nevengeulen zo'n 15 tot 20 monsters. Hierbij is getracht om elk jaar dezelfde habitats te bemonsteren (indien mogelijk ook op dezelfde locaties). In het laboratorium zijn deze monsters uitgezocht en tot op soort gedetermineerd. De sedimentmonsters zijn genomen met behulp van een Eckman-happer en de stenen en het hout zijn afgeborsteld. De planten en de (harde) kleibanken zijn bemonsterd met behulp van een handnet. Alle monsters zijn gezeefd over een 500 µm zeef.

Vis

Voor de visbemonstering is qua methodiek aangesloten bij het in de periode 1997-2002 lopende onderzoeksproject "Kansen voor stroomminnende vissen" (Grift *et al.*, 1998; Grift, 2001). De nevengeulen zijn in principe twee keer per jaar met behulp van de vangtuigen kuil en zegen bemonsterd. Hiermee kon zowel het open water in de geulen (m.b.v. een kuil⁷) als ook de ondiepe oeverzones (m.b.v. een zegen) bevestigd worden. De voorjaarsbemonstering gaf daarbij een beeld van de larven in de geulen (en indirect ook een beeld van het voortplantings-succes) en de nazomerbemonstering kon laten zien of de nevengeulen als opgroeigebied (kunnen) fungeren.

De gevangen vis is op naam gebracht en opgemeten (lengte). Vissen die te klein waren om in het veld te determineren zijn geconserveerd en in het laboratorium gedetermineerd. De dichtheid is bepaald middels een verrekening met het bevestigde oppervlak.

Tijdens de gegevensverwerking zijn de volgende keuzen gemaakt voor deze rapportage:

- Alleen periode 1998-2002; de gegevens van de nazomer 2001 zijn buiten beschouwing gelaten vanwege een afwijkende bemonsteringswijze.
- Zegenbemonsteringen; juni alleen data van de vitragezegen (16 m lang, 1,5 mm maaswijdte, 40 m² per trek) en augustus/september alleen data van de 'roze' zegen (25 m lang, 7,5 mm maaswijdte, 60 m² per trek).

Deze visbroedbemonstering is in 2001 aangevuld met een bemonstering van de volwassen (paairijpe) vis. Hiertoe zijn fuiken in de diepere delen, in de stroomgeulen en in de oeverzone uitgezet die op regelmatige tijden gecontroleerd en geleegeerd zijn. Overigens is deze bemonstering vanwege de MKZ-crisis iets te laat opgestart (een deel van de vis had al gepaaid).

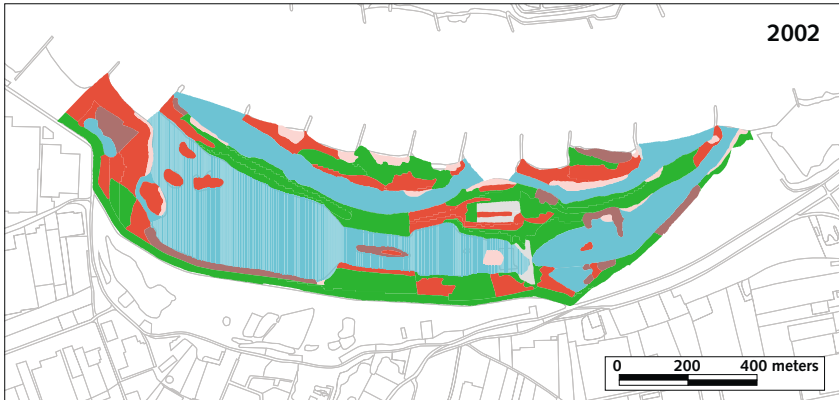
In 2002 is als test ook middels electrovisapparatuur de oeverzone bevestigd op plaatsen waar als gevolg van snelle stroming of obstakels niet goed met de zegen bemonsterd kon worden. Het betrof voornamelijk locaties nabij de instroom van de Grote geul.

.....

Noot

⁷ De gegevens van de kuilvangsten zijn verder niet meegenomen omdat de kuilvangsten zeer veel nulvangsten bleken te bevatten (zeer laag aandeel larvale en juveniele vis).

Bijlage D Ecotopenkaarten 1997, 2000 en 2002






- bos
- grasland
- onbegroeid / verhard
- ruigte
- water
- zandstrand / slikkige oever

Bijlage E Kaart houtigen hoger dan 2 meter

.....



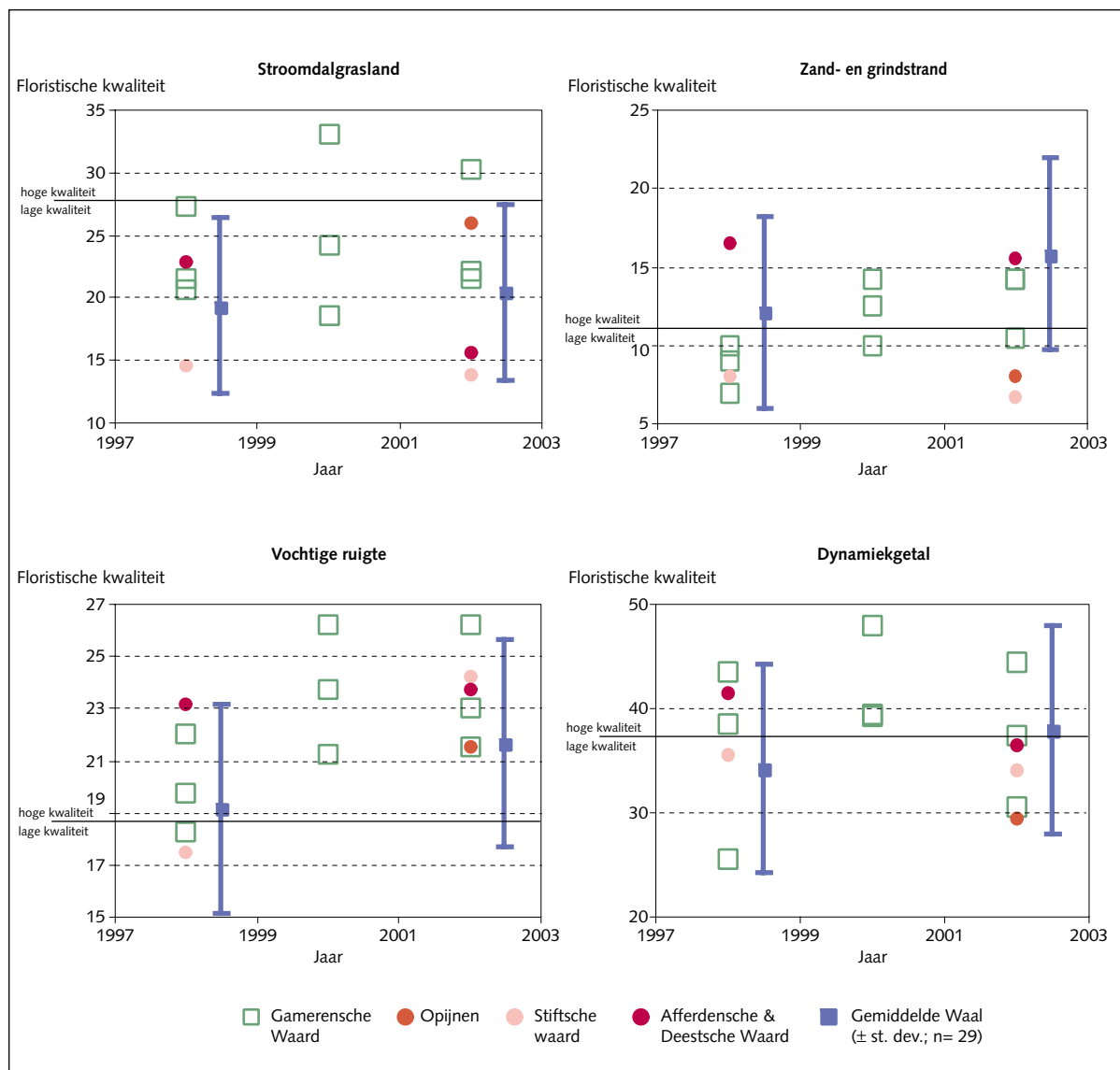
-  Populieren
-  Wilgen
-  Overigen

Bijlage F Floristische kwaliteit

In onderstaande figuren is de kwaliteit van de flora in de Gamerensche Waard uitgedrukt in indices. Deze indices zijn berekend conform de methodiek beschreven in (Odé & Beringen, 2004).

Voor de vegetatie van 'Slikkige oevers' is in de hoofdtekst een figuur opgenomen (paragraaf 5.2).

De hieronder weergegeven figuren voor 'Zand- en grindstrand', 'Vochtige ruigte' en 'Stroomdalgrasland' vormen de figuren voor de relevantste andere vegetatietypen.



Het dynamiekgetal geeft een indicatie over de mate waarin pioniervegetaties die gebonden zijn aan een hoge mate van hydro- en morfodynamiek tot ontwikkeling komen.

Bijlage G Doelsoortentabel macrofauna

Onderstaande tabel met doelsoorten macrofauna komt uit het handboek natuurdoeltypen (Bal *et al.*, 2001). Deze lijst geldt voor het natuurdoeltype: langzaam stromende rivier en nevengeul (3.10). Onderzocht is in hoeverre deze of aanverwante soorten in de nevengeulen van de Gamerensche Waard aangetroffen zijn. Voor de soorten die niet aangetroffen zijn is nagegaan wat daarvan de oorzaak zou kunnen zijn.

Zeldzaamheidsklassen: zz: zeer zeldzaam; vz: vrij zeldzaam; z: zeldzaam; a: algemeen

Naam	Zeldzaamheids-klasse	Aanwezig in nevengeulen Gamerensche Waard?	Wanneer, waar wel aangetroffen?	Habitatvoorkeur volgens Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (1996) en van Haaren (1996)
Kokerjuffers				
<i>Athripsodes albifrons</i>		<i>A. cinerea</i> wel	1 waarneming uit Limburg	reofiel met planten
<i>Ceraclea alboguttata</i>	zz		Drenthe en Zuid Limburg	reofiel
<i>Ceraclea dissimilis</i>	a		regelmatig in Rijntakken; Klink (1989)	reofiel, grote stromende wateren
<i>Ceraclea nigronevosa</i>			1 waarneming uit Lobith; Klink (1989)	reolimnofiel, rivieren en meren
<i>Hydropsyche modesta</i>		<i>H. spec</i> , <i>H. contubernalis</i> en <i>H. bulgaromanorum</i> wel		
<i>Hydroptila pulchricornis</i>	z	<i>H. spec</i> wel	Overijssel en Utrecht	plantenrijk, langzaam stromend water
<i>Oecetis notata</i>			Rijn (AquaSense, 1999); Maas Limburg	plantenrijk langzaam stromend of stilstaand water
<i>Psychomyia pusilla</i>		X	af en toe in Rijntakken sinds 1995	stromend water, liefst met vaste ondergrond (zand of klei)
<i>Setodes punctatus</i>			zomerbed vroeger (Higler, 1995); Rijn 2000 uitgestorven	grote stromende wateren
<i>Setodes viridis</i>			zomerbed vroeger (Higler, 1995); Rijn 2000 uitgestorven	stromend water
Stenvliegen				
<i>Euleuctra geniculata</i>			vroeger en Tisza 1996	stromend water; grindbodem
<i>Isogenus nubecula</i>			vroeger (Albarda, 1889) Rijn 2000 uitgestorven	stromend water
<i>Isoperla grammatica</i>			vroeger (Albarda, 1889)	stromend water; grindbodem
<i>Isoptena serricornis</i>			vroeger (Albarda, 1889)	stromend water; zandbodem
<i>Leuctra fusca</i>			vroeger en Tisza 1996	bergbekken met grindbodem
<i>Marthamea selysii</i>			vroeger en Tisza 1996 Rijn 2000 uitgestorven	
<i>Nemoura avicularis</i>				hoger gelegen water; koud
<i>Perlodes microcephala</i>				bergstromen
<i>Xanthoperla apicalis</i>			vroeger (Albarda, 1889)	

Zeldzaamheidsklassen: zz: zeer zeldzaam; vz: vrij zeldzaam; z: zeldzaam; a: algemeen

Naam	Zeldzaamheids-klasse	Aanwezig in nevengeulen Gamberensche Waard?	Wanneer, waar wel aangetroffen?	Habitatvoorkeur volgens Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (1996) en van Haaren (1996)
Libellen				
<i>Gomphus vulgatissimus</i>		X		langzaam stromend water; zand/slibbodem
<i>Ophiogomphus celilia</i>			vroeger (Albarda, 1889) Rijn 2000 uitgestorven	koudere bergstromen
<i>Gomphus flavipes</i>		X		stromend water; zandbodem
Haften				
<i>Ametropus fragilis</i>			vroeger (Albarda, 1889)	
<i>Baetis digitatus</i>				stilstaand of langzaam stromend water met waterplanten
<i>Baetis lutheri</i>	zz			snelstromende berglopen; grindbodem
<i>Baetis tracheatus</i>				vegetatierijke delen langzaam stromende rivieren
<i>Centroptilum pennulatum</i>		<i>C. luteolum</i> wel	vroeger (Albarda, 1889)	grote stromende wateren, gevoeliger dan <i>C. luteolum</i>
<i>Choroterpes picteti</i>			vroeger (Albarda, 1889)	grote rivieren; stenige bodem
<i>Ecdyonurus affinis</i>			vroeger (Albarda, 1889)	grote rivieren; stenige bodem
<i>Ecdyonurus dispar</i>			vroeger (Albarda, 1889)	stromend en stilstaand water; stenige bodem
<i>Ecdyonurus insignis</i>			vroeger (Albarda, 1889)	zuurstofrijk, stromend water; stenige bodem; thermofiel
<i>Ecdyonurus venosus</i>			vroeger (Albarda, 1889)	stromend en stilstaand water; stenige bodem
<i>Heptagenia coeruleans</i>			vroeger en Tisza 1996 Rijn 2000 met uitsterven bedreigd	matig stromend en stilstaand water; zand/slibbodem
<i>Heptagenia longicauda</i>			Rijn 2000 sterk bedreigd	stromend water
<i>Heptagenia sulphurea</i>	vz		vroeger, Tisza en Rijn recent (Klink, 1999)	stromend water op stenen
<i>Isonychia ignota</i>			vroeger (Albarda, 1889)	stromend water
<i>Oligoneuriella rhenana</i>			vroeger (Albarda, 1889)	snelstromend water; stenen
<i>Palingenia longicauda</i>			vroeger, paleo Tisza Rijn 2000 uitgestorven	larve graaft zich in in kleiwanden van stromende wateren
<i>Paraleptophlebia sub-marginata</i>	zz			langzaam stromend en stilstaand water; waterplanten en slibbodem
<i>Potamanthus luteus</i>	zz		wel in paleo Rijn (Klink 1989), Tisza; Rijn recent (AquaSense, 1999)	matig stromend water; stenige bodem
<i>Siphonurus aestivalis</i>			S. spec in Rijn recent (AquaSense, 1999)	langzaam stromend en stilstaand water; stenige bodem
<i>Siphonurus alternatus</i>			S. spec in Rijn recent (AquaSense, 1999)	langzaam stromend en stilstaand water; waterplanten
<i>Siphonurus lacustris</i>			S. spec in Rijn recent (AquaSense, 1999)	langzaam stromend helder water; waterplanten

Zeldzaamheidsklassen: zz: zeer zeldzaam; vz: vrij zeldzaam; z: zeldzaam; a: algemeen

Naam	Zeldzaamheids-klasse	Aanwezig in nevengeulen Gamereusche Waard?	Wanneer, waar wel aangetroffen?	Habitatvoorkeur volgens Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (1996) en van Haaren (1996)
Tweekleppigen				
<i>Unio crassus spp. nanus</i>	zz	<i>U. pictorum</i> en <i>U. tumidus</i> wel in Opijnen	Vroeger Gittenberg Tisza en Nederrijn (Klink, 1997)	zuurstofrijk stromend water; zandbodem langzaam stromend water; zand/slib bodem
<i>Pseudanodonta complanata</i>				
Platwormen				
<i>Planaria torva</i>			Noord- en Zuid-Holland, Overijssel, STOWA	stilstaand, onverwarmd niet verontreinigd water; waterplanten

N.B

Kokerjuffers: Van de genoemde 10 doelsoorten is slechts 1 soort aangetroffen in de nevengeul, 7 van de 10 komen nog wel voor in Nederland (vaak sporadisch) en de beide Setodes soorten zijn geheel uitgestorven in het Rijnstroomgebied, waardoor herkolonisatie wel erg lastig is.

Steevliegen: Steenvliegen worden in het Nederlandse deel van het Rijnstroomgebied niet of nauwelijks meer aangetroffen sinds 1990 (Geijskes, 1948). Oorzaak hiervan was de verslechterde waterkwaliteit, met name zuurstofgehalte in die periode. De terugkeer van deze soorten is moeilijk omdat de te overbruggen afstand groot is (>300 km).

Libellen: Van de drie doelsoorten worden er 2 aangetroffen in de nevengeul, de Beekrombout (*Gomphus vulgatissimus*) en de Rivierrombout (*Gomphus flavipes*). De Gaffellibel (*Ophiogomphus celilia*) komt sinds midden jaren negentig weer in Nederland voor (langs zijbeken van de Maas in Limburg) (bron: libellennieuwsmail).

De Rivierrombout is een libellensoort die leeft langs schone zandige rivieren. De larven zijn te vinden in de warme en langzaam stromende stukken van de rivier. Tussen 1902 en eind jaren negentig is de rivierrombout niet in Nederland aangetroffen. Inmiddels is de soort op verscheidene plaatsen gezien, zowel langs de Waal als de Rijn en de IJssel. De terugkeer van deze libel is toe te schrijven aan het schoner worden van de Nederlandse rivieren en wellicht aan het warmer worden van het water.

Tweekleppigen: Deze soorten komen van nature in lage dichtheden voor zodat de trefkans bij een bemonstering met behulp van een Eckmanhapper erg klein is.

Bijlage H Unieke macrofaunasoorten voor de nevengeulen Gamerensche Waard

Onderstaande macrofaunasoorten zijn in de nevengeulen in de Gamerensche Waard aangetroffen, maar recent (\pm sinds 1970) niet elders in de hoofdstroom of in andere uiterwaardwateren van de Rijn (bron: dataset A. Klink, 2003; ongepubliceerd).

De auto-ecologische beschrijvingen komen grotendeels uit Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft (1996).

Athripsodes cinereus: Slechts 1 exemplaar gevonden in oktober 2001 in de Oostgeul in het handnet-monster tussen de vegetatie. Deze kokerjuffersoort komt voor in het litoraal van meren en rivieren vaak op een vaste ondergrond tussen riet en biezen. Dit substraat is in de rivier zelf schaars.

Ephemera lineate: Deze larve van een eendagsvlieg is zowel in de Grote geul (mei 2001) als in de nevengeul Opijnen (mei 2002) aangetroffen, op beide locaties slechts 1 exemplaar. Deze eendagsvlieg is een soort van grote rivieren, hij leeft daar ingegraven in organisch rijk sediment. In de rivier zelf wordt voornamelijk grof zand aangetroffen met een laag gehalte aan organisch materiaal. De locaties waar *Ephemera lineata* is aangetroffen zijn door bladafval beide rijk aan organisch materiaal.

Limnius: Dit kevergeslacht is reofiel en leeft voornamelijk in beken, er is 1 exemplaar (larve) gevonden in het najaar van 2001 in de Westgeul.

Tipula (Yamatotipula): Langpootmuggenlarven hebben een slibrijke bodem en detritus nodig om in te leven en te foerageren. De poel waarin dit geslacht gevonden is voldoet aan deze habitateisen. In de rivier zelf wordt dit substraat nauwelijks aangetroffen.

Dicranomyia: Van dit Steltmuggeslacht, die leeft in mossen, is in de Gamerensche Waard 1 exemplaar gevonden in een handnetmonster van de bodem rondom een wilg in de Grote geul.

Pilaria discicollis gr.: Eveneens een steltmug; deze soort leeft voornamelijk in moerassige bodems en in de binnen-bocht van stromende wateren. Er is 1 exemplaar gevonden in de Oostgeul in mei 1998.

Eusimilium latipes: Kriebelmuggen worden in de hoofdstroom af en toe aangetroffen. Waarschijnlijk zijn ze door de achteruitgang van de waterkwaliteit en het verdwijnen van waterplanten uit de hoofdstroom verdwenen. Van deze soort is 1 exemplaar op de stenen van de Westgeul aangetroffen in mei 2000.

Chrysops relictus: Larven van de Goudoogdaas ontwikkelen zich in slibbodems van stromende en stilstaande wateren, terwijl de adulten zich in de nabijheid van deze wateren ophouden. In de Oostgeul zijn in oktober van 2002 8 exemplaren aangetroffen.

Scatella: Watervliegen van het geslacht *Scatella* leven in modderige oevers, met name organischrijke, waarbij het organisch materiaal voornamelijk uit algen bestaat. In de Oostgeul zijn in oktober 2002 hiervan 2 exemplaren aangetroffen.

Limnophora: Larven van het vliegengeslacht *Limnophora* leven in stromend water tussen de algen. In de Oostgeul is in oktober 2002 hiervan 1 exemplaar aangetroffen.

Cyclorappa: Galmuggen mineren in planten. In het handnetmonster uit de Oostgeul in oktober 2002 zijn 4 exemplaren aangetroffen.

Bijlage I De Nederlandse riviervissen en hun indeling in ecologische groepen

In de Nederlandse Rijntakken en Maas worden 57 vissoorten aangetroffen. Afhankelijk van hun levensstrategie verschilt de wijze waarop deze soorten gebruik maken van de habitats in het rivierengebied. Op basis van het gebruik van hoofdstroom en uiterwaarden kunnen de riviervissen geïnclassificeerd worden in reofiele, eurytope en limnofiele soorten.

	<i>Wetenschappelijke naam</i>
Obligaat reofiel (reofiel A)	
Barbeel	<i>Barbus barbus</i>
Beekforel	<i>Salmo trutta fario</i>
Beekprik	<i>Lampetra planeri</i>
Bermpje	<i>Barbatula barbatulus</i>
Elrits	<i>Phoxinus phoxinus</i>
Kopvoorn	<i>Leuciscus cephalus</i>
Rivierdonderpad	<i>Cottus gobio</i>
Serpeling	<i>Leuciscus leuciscus</i>
Sneep	<i>Chondrostoma nasus</i>
Vlagzalm	<i>Thymallus thymallus</i>
Partieel reofiel (reofiel B)	
Gestippelde alver	<i>Alburnoides bipunctatus</i>
Kleine Modderkruiper	<i>Cobitis taenia</i>
Kwabaal	<i>Lota lota</i>
Riviergrondel	<i>Gobio gobio</i>
Winde	<i>Leuciscus idus</i>
Diadroom (reofiel C)	
Bot	<i>Pleuronectes flesus</i>
Driedoornige stekelbaars	<i>Gasterosteus aculeatus</i>
Elft	<i>Alosa alosa</i>
Fint	<i>Alosa fallax</i>
Houting	<i>Coregonus (lavaretus) oxyrhynchus</i>
Rivierprik	<i>Lampetra fluviatilis</i>
Steur	<i>Acipenser sturio</i>
Spiering	<i>Osmerus eperlanus</i>
Zalm	<i>Salmo salar</i>
Zeeforel	<i>Salmo trutta trutta</i>
Zeeprik	<i>Petromyzon marinus</i>
Eurytoop	
Aal (diadrome soort)	<i>Anguilla anguilla</i>
Alver	<i>Alburnus alburnus</i>
Baars	<i>Perca fluviatilis</i>
Blankvoorn	<i>Rutilus rutilus</i>
Brasem	<i>Abramis brama</i>
Giebel	<i>Carassius auratus gibelio</i>
Karper	<i>Cyprinus carpio</i>
Kolblei	<i>Abramis bjoerkna</i>
Meerval	<i>Silurus glanis</i>
Pos	<i>Gymnocephalus cernuus</i>

Snoek	<i>Esox lucius</i>
Snoekbaars	<i>Stizostedion lucioperca</i>
Limnofiel	
Bittervoorn	<i>Rhodeus sericeus amarus</i>
Grote Modderkruiper	<i>Misgurnus fossilis</i>
Kroeskarper	<i>Carassius carassius</i>
Ruisvoorn	<i>Rutilus erythrophthalmus</i>
Tiendornige stekelbaars	<i>Pungitius pungitius</i>
Vetje	<i>Leucaspis delineatus</i>
Zeelt	<i>Tinca tinca</i>
Exoten	
Amerikaanse hondsvij	<i>Umbra pygmaea</i>
Blauwband	<i>Pseudorasbora parva</i>
Blauwneus	<i>Vimba vimba</i>
Zwarte Amerikaanse dwergmeerval	<i>Ameiurus melas</i>
Gup	<i>Poecilia reticulata</i>
Marmelgrondel	<i>Proterorhinus marmoratus</i>
Roofblei	<i>Aspius aspius</i>
Zonnebaars	<i>Lepomis gibbosus</i>
Overig	
Diklipharder	<i>Chelon labrosus</i>
Dunlipharder	<i>Liza ramada</i>
Grote marene	<i>Coregonus lavaretus</i>
Kleine marene	<i>Coregonus albula</i>

Reofiele soorten zijn voor het vervullen van hun levenscyclus gebonden aan habitats met stromend water. Dit kan zijn voor de voortplanting, de opgroei of als foerageergebied voor adulten. Riviervissen zoals de barbeel en de kopvoorn die voor alle onderdelen van hun levensloop gebonden zijn aan stromend water worden *obligaat reofiel* genoemd (reofiel A), soorten als winde en riviergrondel die voor ten minste één (meestal de paai) maar niet alle onderdelen van hun levensloop gebonden zijn aan stromend water worden *partieel reofiel* genoemd (reofiel B). Hiernaast leven ook soorten van de groep der *diadromen*, zoals zalm en zeeprick die een deel van hun levenscyclus in zoet water en een deel in zout water vervullen, in de rivier. Deze soorten ook wel reofiel C genoemd trekken voor hun paai en/of opgroei over grote afstanden door de rivieren. Hierbij worden veelal de landsgrenzen overschreden.

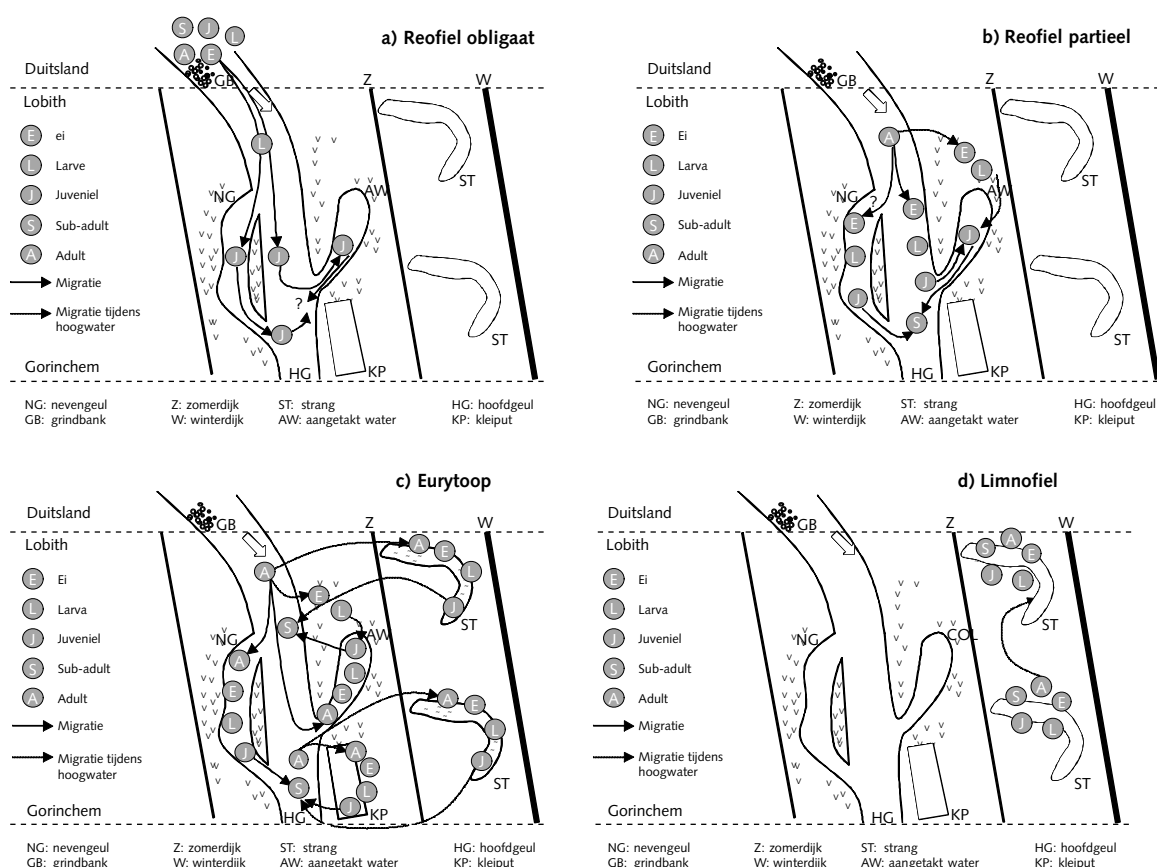
Eurytope soorten, zoals brasem en blankvoorn zijn habitatgeneralisten die in zowel de hoofdstroom als verschillende soorten uiterwaardwateren voorkomen. In tegenstelling tot reofiele soorten stellen ze weinig specifieke eisen aan hun leefomgeving en ze zijn voor het doorlopen van hun levensloop niet gebonden aan stromend water.

Limnofiele soorten, zoals zeelt en kroeskarper vereisen de aanwezigheid van vegetatie en komen hoofdzakelijk voor in de geïsoleerde rivierplassen waar waterplanten aanwezig zijn.

Naast de hierboven beschreven indeling kunnen vissen ook worden ingedeeld naar het paaisubstraat dat ze benodigd hebben. Er is onderscheid te maken tussen de lithofielen die paaien op grind en stenen, de

fytolithofiele die paaien op planten, stenen of hout, de fytofielen die uitsluitend op planten paaien en de psamofiele paaiers die op zand paaien. De obligaat reofiele soorten behoren hoofdzakelijk tot de lithofiele paaiers. Partieel reofiele en eurytope soorten vallen voornamelijk in de groep der fytolithofiele paaiers en de limnofiele soorten behoren tot de fytofielie paaiers.

Het ruimtelijk gebruik van hoofdstroom en uiterwaarden van de Rijn op het traject Lobith-Gorinchem door de ecologische groepen tijdens verschillende levensstadia (ei, larve, juveniel, sub-adult, adult). Voorbeeldsoorten voor de gilden zijn obligaat reofiel - barbeel, partieel reofiel - winde, eurytoop - brasem en limnofiel –zeelt. (Bron: Grift, 2001)



Veel soorten maken gebruik van uiterwaardwateren tijdens hun levenscyclus en sommige soorten zijn er zelfs van afhankelijk. Uiterwaarden worden tijdelijk of permanent gebruikt om te paaien, te foerageren of om slechte omstandigheden in de hoofdstroom te ontwijken. Afhankelijk van de geologie en morfologie van de vloedvlakten ontstaat tijdens overstromingen een breed aanbod van habitattypen. Door sedimentatie en erosie als gevolg van overstromingen worden zandbanken gevormd, strangen en nevengeulen uitgeschuurd of juist gevuld met zand en slib.

Larven van vrijwel alle vissoorten vereisen stroomluwtes in de ondiepe oeverzone. Door de aanwezigheid en diversiteit van dit type habitat en het grote voedselaanbod zijn uiterwaarden voor veel vissoorten belangrijke kinderkamers.

Het ruimtelijk gebruik van de hierboven besproken soortgroepen en de rol van uiterwaardwateren hierin wordt voor de bovenloop van de Nederlandse Rijn weergegeven in de volgende figuur.