



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Een nevengeul vol leven

Handreiking voor een goed ecologisch ontwerp

Water. Wegen. Werken. Rijkswaterstaat.



Voorwoord

Het is alweer zeventien jaar geleden dat Rijkswaterstaat de eerste nevengeul heeft aangelegd, langs de Waal bij Opijnen. Dat was destijds een uitzonderlijk en spannend experiment. Hoe zou het concept uitpakken? Wisten trekvissen zo'n geul te vinden? Waren voldoende zaadbronnen voorhanden om de eens zo karakteristieke soorten weer te laten opbloeien? Zou de scheepvaart hinder van stromingen ondervinden? Lange tijd is getobd over het sedimentonderhoud, want het was de verwachting dat nevengeulen misschien heel snel zouden verzanden.

Inmiddels zijn nevengeulen een voor de hand liggende keuze geworden als de waterkwaliteit en de bescherming tegen overstroming van de rivier om verbetering vragen. Het concept heeft zich in de praktijk bewezen. Vissen, macrofauna en waterplanten weten de geulen te vinden. Het effect op de waterstanden kan substantieel zijn. Met een zorgvuldig ontwerp is hinder voor de scheepvaart te voorkomen. En van duur sedimentonderhoud blijkt geen sprake.

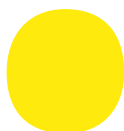
Toch blijft de inrichting en het beheer van nevengeulen een leerproces. Nevengeulen ontwikkelen zich heel geleidelijk, dat is juist een van de aantrekkelijke kanten. En iedere nevengeul heeft zijn eigen eigenaardigheden. Daarom is het belangrijk ervaringen te delen, daarvan te leren en zo steeds meer inzicht te krijgen.

Joost de Ruig,
Directeur Water en Scheepvaart, Rijkswaterstaat Oost Nederland

Inhoud

1. Inleiding	6
2. Algemene kenmerken van nevengeulen	9
2.1 Wat zijn nevengeulen?	10
2.2 Ecologische doelen	12
2.3 Hydromorfologie als stuurmiddel	18
2.4 Veiligheid en scheepvaart	27
3. Vier nevengeulen langs de Rijntakken	31
3.1 Leren van de praktijk	32
3.2 Kenmerken van de vier nevengeulen	38
3.3 Ecologisch rendement	52
4. Aanbevelingen voor inrichting en beheer	73
4.1 Inrichting	74
4.2 Beheer	78
Verder lezen	80
Colofon	82

1 Inleiding



Aanleiding

Rond 1900 zijn de Nederlandse rivieren ingrijpend 'genormaliseerd'. Slingerende rivieren zijn rechtgetrokken, met honderden kribben is het water in één diepe geul gedwongen en zomerkaden houden de uiterwaarden zo lang mogelijk droog. Deze ingrepen hebben voordelen opgeleverd voor veiligheid, scheepvaart en landbouw. Voor de natuur van de rivier is echter veel verloren gegaan. In de diepe, snelstromende hoofdgeul voelen winde, rivierfonteinkruid en rivierrombout zich niet meer thuis.

Sinds een jaar of twintig gloort er voor deze soorten licht aan de horizon: nevengeulen. Nevengeulen zijn wateren die parallel aan de hoofdgeul door de uiterwaard stromen. Aan het begin en het einde staan ze in verbinding met de rivier. In nevengeulen

mogen ondiepten, langzaam stromend water, sedimentatie en erosie terugkeren, waar in de hoofdgeul geen plaats meer voor is. Zo wordt het rivierengebied gevarieerder en rijker aan planten en dieren. En er is een tweede voordeel: nevengeulen geven de rivier meer ruimte voor water. Daardoor neemt de veiligheid toe.

Inmiddels zijn de eerste nevengeulen in het Nederlandse rivierengebied een feit. De aanleg ervan wordt gestimuleerd door de Europese Kaderrichtlijn Water, Natura 2000 en het programma Ruimte voor de Rivier. De eerste ervaringen hebben geleerd dat het ontwerpen van een nevengeul een kwestie van balanceren is. Balanceren tussen enerzijds ecologische idealen en anderzijds de praktische eisen van het waterbeheer voor veiligheid en scheepvaart. Voor de komende jaren staan nog meer

nevengeulen op stapel. Daarom is het wenselijk de ervaringen met de eerste nevengeulen te vertalen in adviezen voor het ontwerp.

Doel

Dit boekje bundelt de kennis over nevengeulen. Het biedt praktische ontwerpadviezen, zodat nieuwe nevengeulen zoveel mogelijk bijdragen aan de doelen van de Kaderrichtlijn Water, zonder scheepvaart en veiligheid in gevaar te brengen. Het boekje is bedoeld voor plannenmakers en ontwerpers, die niet per se zijn ingevoerd in ecologische en morfologische principes. Het boekje is als handreiking opgenomen in de Werkwijzer Aanleg van Rijkswaterstaat.

De inhoud borduurt voort op het boekje 'Kwaliteitsprincipes uiterwaardinrichting' dat in 2009 is uitgebracht door het ministerie van LNV, Staatsbosbeheer, Rijkswaterstaat en Dienst Landelijk Gebied (Peters, 2009). Daar staat goede informatie in over de mogelijkheden van geulen langs verschillende rivieren en handreikingen om te komen tot een ontwerp dat aansluit bij

de lokale landschapsprocessen. Dit nieuwe boekje voegt daar recente inzichten en ontwerpprincipes aan toe, op basis van ervaringen met nevengeulen langs de Rijntakken en internationale wetenschappelijke literatuur. Het accent ligt op de waterkwaliteit en de hydromorfologie van nevengeulen.

Leeswijzer

In dit boekje leest u in hoofdstuk 2 over de algemene kenmerken van nevengeulen. Het hoofdstuk gaat in op de ecologische doelen, de hydromorfologische basis en de randvoorwaarden van waterveiligheid en scheepvaart. Hoofdstuk 3 geeft de ervaringen met vier nevengeulen langs de Rijntakken weer: Gameraen, Klompenwaard, Bakenhof en Vreugderijkerwaard. De gemeten ontwikkelingen van de visstand, de macrofaunagemeenschap en waterplanten worden in verband gebracht met de hydromorfologische kenmerken van de nevengeulen. Hoofdstuk 4 brengt alle informatie samen tot adviezen voor het ontwerp en het beheer van nieuwe nevengeulen.



2.

Algemene kenmerken
van nevengeulen

2.1 Wat zijn nevengeulen?

Natuurlijke leefgebieden

Nevengeulen zijn wateren die in verbinding met de rivier staan en meestromen met de hoofdgeul. In natuurlijke rivieren ontstaan nevengeulen bijvoorbeeld als zich een eiland in de rivier vormt en de waterstroom zich splitst, of als een meander bijna is afgesloten maar nog net enige stroming trekt. In Nederland zijn nevengeulen verdwenen na de normalisatie van rivieren aan het einde van de negentiende eeuw. Nu worden ze weer aangelegd om de karakteristieke natuurwaarden van rivieren en de hoogwaterafvoer te verbeteren.

Nevengeulen kunnen de variatie aan leefgebieden voor planten en dieren vergroten. Sinds de normalisatie is de rivier heel gelijkvormig geworden. Processen als sedimentatie en erosie zijn verbannen uit de hoofdgeul en ook voor ondiepten is daar geen plaats meer. Veel karakteristieke soorten van het rivierengebied vinden daardoor geen geschikt habitat meer.

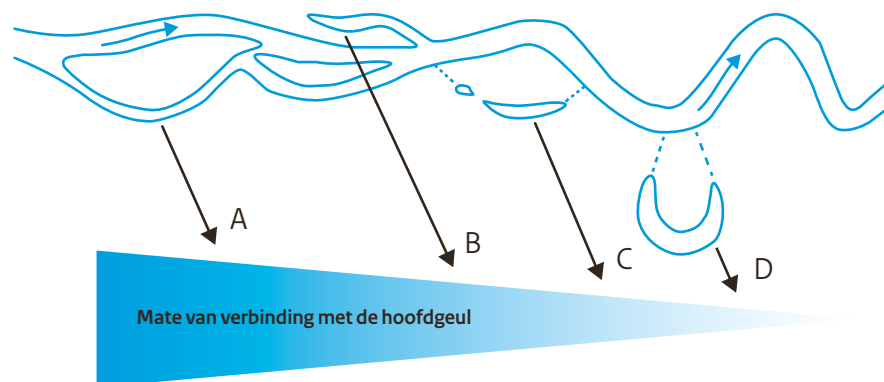
In nevengeulen kunnen de rivierprocessen tot op zekere hoogte terugkeren. Ook zijn daar geleidelijke overgangen van water naar oevers mogelijk, bijvoorbeeld via waterplanten, oeverbegroeiing en bomen langs de rand van de geul.

Figuur 1

De mate van verbinding met de hoofdstroom is een belangrijk aspect in het ontwerp van nevengeulen. De reeks schetst de ontwikkeling in de tijd.

A: meestromende geul; B: aangetakte strang; C: afgesloten strang; D: geïsoleerde verlandende strang of plas

Bron: naar Petts & Amoros (1996)



Voormalige kleiputten maken onderdeel uit van de grote nevengeul in Gameren. De beboste, kleiige oevers dragen bij aan de habitatvariatie in deze geul.

Successie

Een stromende nevengeul is meestal het begin van een successie naar een meer geïsoleerd water, waarbij de geul in een proces van honderden jaren langzaam verlandt en dichtgroeit met vegetatie. Strangen, die niet meer in verbinding met de hoofdstroom staan, zijn dan ook relictten van nevengeulen. Juist door hun lange ontwikkeling zijn ook deze wateren zeldzaam en ecologisch waardevol.

Een divers rivierenlandschap heeft een rijke schakering aan meer en minder geïsoleerde wateren. Op landschapsschaal is dit een belangrijk aspect van rivierherstel. Meestromende geulen, strangen, afgesloten strangen en geïsoleerde plassen hebben alle een eigen karakteristieke ontwikkeling en soortensamenstelling, die grotendeels samenhangt met de mate van waterdynamiek.

Compromis

Nevengeulen zorgen er ook voor dat bij hoogwater meer water door de uiterwaard kan stromen. Dat is goed voor de veiligheid. Door natuurlijke ontwikkelingen zoals sedimentatie en vegetatieontwikkeling zal het doorstroomprofiel van de nevengeul in de loop van de tijd kleiner worden. Het gewenste effect op de veiligheid neemt daardoor weer af. Door nevengeulen neemt bovendien de stroomsnelheid in de hoofdgeul af, waardoor sedimentatie optreedt. Dat kan hinderlijke ondiepten voor de scheepvaart veroorzaken. Deze samenhangen vragen een goede balans in het ontwerp. De ideale inrichting voor ecologie is niet altijd mogelijk.

2.2 Ecologische doelen

Een nevengeul biedt vooral kansen voor watergebonden ecologie, in het watervoerend deel en langs de oevers. Hieronder komen de waarden voor vis, kleine ongewervelde waterdieren (macrofauna) en waterplanten aan bod.

2.2.1 Vis

Soorten vis

Vissoorten worden ingedeeld in gilden. Belangrijke gilden voor nevengeulen zijn stroomminnend (reofiel), migrerend (diadroom), waterplantminnend (limnofiel)

en zonder specifieke voorkeur (eurytoop). Exoten worden soms als apart 'gilde' onderscheiden, hoewel de meeste exoten in rivieren reofiel zijn.

Vissen verplaatsen zich over grote afstanden. In de verschillende fasen van hun leven hebben ze andere leefgebieden nodig. Diadrome vissen, zoals de aal, migreren over grote afstanden en zijn daarom sterk afhankelijk van goede verbindingen in een riviersysteem. Andere soorten verblijven hun hele leven in langzaam stromend of stilstaand water met veel waterplanten (bittervoorn). Weer andere zoeken luwe en waterplantenrijke wateren op voor de paai

Tabel 1 Omschrijving van gilden in nevengeulen

Gilde	Omschrijving	Voorbeelden
Reofiel	Vis die gebonden is aan of een voorkeur heeft voor stromend water (stroomminnende vis)	barbeel (<i>Barbus barbus</i>) kopvoorn (<i>Squalius cephalus</i>) winde (<i>Leuciscus idus</i>) rivierprik (<i>Lampetra fluviatilis</i>)
Diadroom	Vis die zowel stroomopwaarts als stroomafwaarts migreert	aal (<i>Anguilla anguilla</i>) bot (<i>Platichthys flesus</i>)
Limnofiel	Vis die een voorkeur heeft voor water met waterplanten	bittervoorn (<i>Rhodeus sericeus</i>) ruisvoorn (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>) zeelt (<i>Tinca tinca</i>).
Eurytoop	Vis die in een brede range van condities kan voorkomen	brasem (<i>Abramis brama</i>) snoekbaars (<i>Sander lucioperca</i>)
Exoot	Vis die van nature niet in het betreffende water voorkomt	pontische stroomgrondel (<i>Neogobius fluviatilis</i>) blauwneus (<i>Vimba vimba</i>)



Voorbeelden van vissen uit de verschillende gilden: a. rivierprik; b. winde; c. zeelt; d. aal of paling.

en brengen de rest van hun volwassen leven door in de dynamische hoofdstroom (winde). Variatie in rivierbegeleidende wateren, die meer of minder vaak met de hoofdstroom zijn verbonden, leidt daarom tot een gevarieerde visstand.

Belang van nevengeulen voor vis

In nevengeulen kan langzaam stromend tot stilstaand water voorkomen. Verschillende vissoorten hebben dit habitat gedurende een deel van hun leven nodig. Nevengeulen die in verbinding met de sneller stromende hoofdgeul staan, zijn goed bereikbaar voor vis. De begroeiing van water- en oeverplanten kan als schuilplaats, paaiplaats en voedselbron dienen.

De structuur en leeftijdsopbouw van de visstand is een goede indicator voor de ecologische toestand van een riviersysteem. Afwezigheid van nevengeulen kan leiden tot het ontbreken of ondervertegenwoordigd zijn van jonge vis.

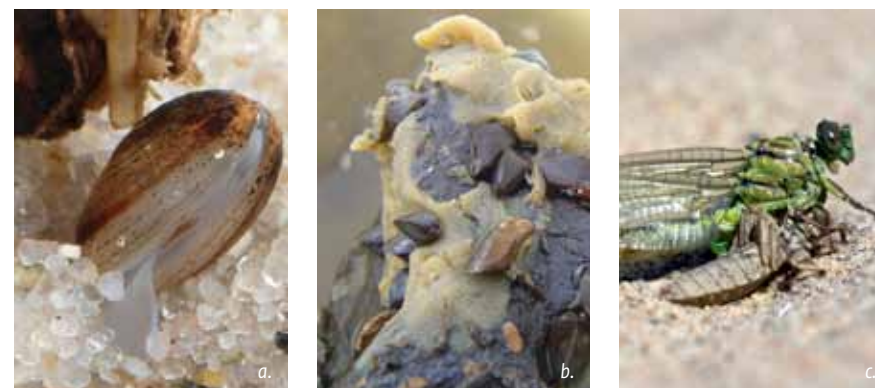
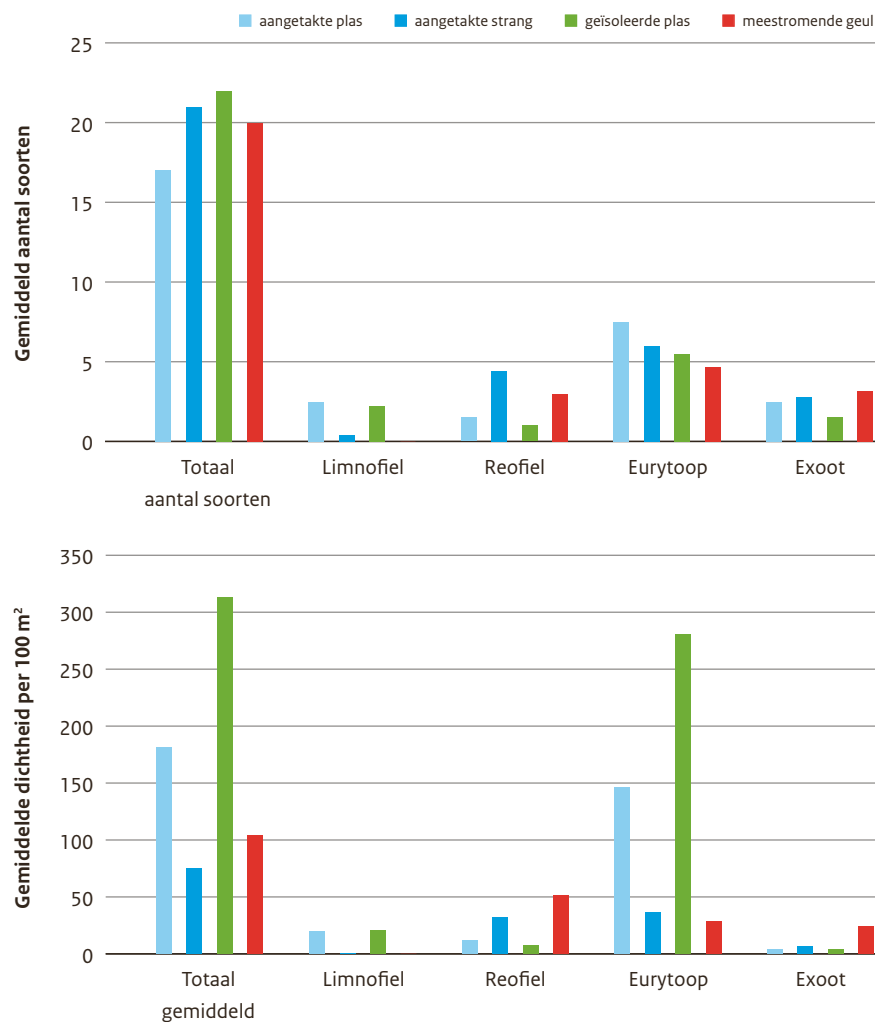
Eerder onderzoek heeft aangetoond dat de soortensamenstelling van rivierbegeleidende wateren duidelijk samenhangt met de mate van verbinding met de hoofdstroom. In aangetakte plassen bestaat de vispopulatie hoofdzakelijk uit eurytope vis, die geen specifieke voorkeur heeft voor het type water.

Stroomminnende of reofiele vis komt vooral voor in meestromende nevengeulen en aangetakte strangen.

Figuur 2

Visgilden in rivierbegeleidende wateren van de Rijn. De gegevens betreffen alleen jonge vis. In dit onderzoek is de Klompenwaard tot de aangetakte strangen gerekend. Gameren, Bakenhof en Vreugderijkerwaard zijn bij de meestromende geulen ingedeeld.

Bron: naar Dorenbosch et al. (2011)



Voorbeelden van macrofauna: a. erwtemossel (*Pisidium* sp.); b. steen begroeid met sponzen en driehoeksmosselen waartussen vlokreeften leven; c. rivierrombout (*Gomphus flavipes*) die net uit het huidje van de larve is gekropen.

2.2.2 Macrofauna

Soorten macrofauna

Macrofauna is de wereld van de ongewervelde dieren die met het blote oog zichtbaar zijn. In het water bestaat de macrofauna onder meer uit insectenlarven, kreeftachtigen (rivierkreeften, vlokreeften, zoetwaterpissebedden), platwormen, borstelarme wormen en weekdieren.

Macrofauna komt overal in het rivierstelsel voor. Soorten zijn vaak gebonden aan specifieke combinaties van stroomsnelheid, substraat en waterdiepte. Zo leven sommige alleen in snelstromend water met een grindbodem en andere juist in langzaam stromend water en een slibrijke bodem. Ook zuurstof, voedselrijkdom en de kwaliteit van bodem en water zijn sturend voor de soorten. Daardoor hebben

altijd stromende nevengeulen, eenzijdig aangetakte strangen en geïsoleerde strangen ieder een karakteristieke macrofaunasamenstelling, waarbij de soorten variëren van reofiel (voorkeur voor stroming) tot limnofiel (voorkeur voor stilstaand water) en fytofiel (voorkeur voor waterplanten en hout).

De macrofauna is in te delen in kenmerkende en dominante soorten. Kenmerkende soorten zijn gebonden aan een heel specifieke leefomgeving. Kenmerkend voor de Rijntakken zijn onder meer soorten die alleen voorkomen in stromend water met een zandbodem en water van goede kwaliteit. Dominante soorten komen in grote aantallen voor. Positief dominant zijn soorten die gevoelig zijn voor de waterkwaliteit, zoals driehoeksmosselen.

Negatief dominant zijn soorten die op een slechte waterkwaliteit wijzen, zoals bloedzuigers en pissebedden.

Belang van nevengeulen voor macrofauna

In een nevengeul komen andere substraten voor dan in de hoofdgeul, zoals dood hout, planten en slib. Het water stroomt minder snel en de variatie in stroomsnelheid en diepte is groter dan in de hoofdgeul. Hierdoor is het habitat in nevengeulen gevarieerder en voor meer macrofauna-soorten aantrekkelijk dan in de hoofdgeul, waar het habitat voornamelijk uit zand, stenen en diep snelstromend water bestaat. Ook komen in nevengeulen minder exoten voor, waarschijnlijk omdat er geen onnatuurlijk hard substraat is en het water minder snel stroomt.

2.2.3 Waterplanten

Waterplanten, ook wel macrofyten genoemd, zijn planten die tijdelijk of continu onder water staan. Tot de waterplanten behoren grotere draadwieren, kranswieren, mossen en hogere planten.

Soorten waterplanten

Waterplanten worden vaak ingedeeld naar hun groeivorm:

- *submers*: ondergedoken waterplanten;
- *drijvend*: de bladeren drijven op het wateroppervlak;
- *emers*: de waterplanten steken gedeeltelijk boven het wateroppervlak uit.

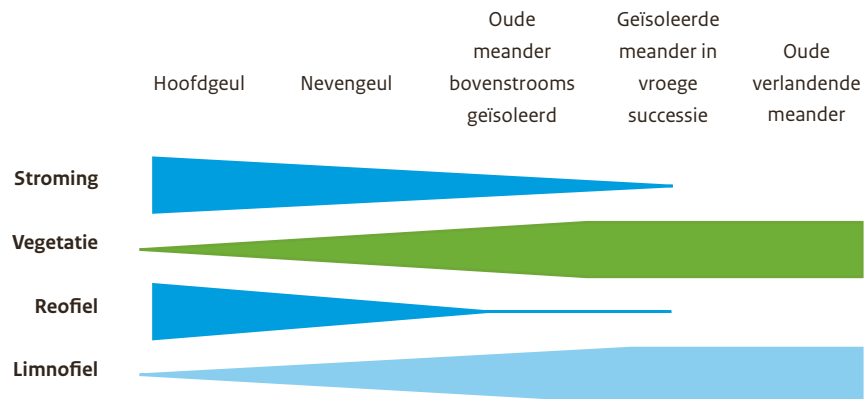


a. rivierfonteinkruid (*Potamogeton nodosus* c.); b. bemonstering van waterplanten; c. watergentiaan (*Nymphoides peltata*); d. zwanenbloem (*Butomus umbellatus*).

Figuur 3

Voorkomen van macrofauna bij verschillende ecologische omstandigheden (stroming, vegetatie) in uiterwaardenwateren.

Bron: naar Petts & Amoros (1996)



Belang van nevengeulen voor waterplanten

In de diepe hoofdgeul kunnen waterplanten moeilijk tot ontwikkeling komen. Nevengeulen met ondiepten bieden meer kansen. Recent onderzoek heeft uitgewezen dat waterplanten alleen gedijen in trajecten met kleine waterstandfluctuaties of in geïsoleerde plassen.

De kansen voor waterplanten hangen ook samen met de begroeiing op de oever. Waar de oevers kaal zijn, treedt meer schade op aan waterplanten. De reden is dat vee en ganzen vanaf kale oevers

gemakkelijk toegang hebben tot het aangrenzende water. Ze begrazen dan de waterplanten, die daardoor niet goed tot ontwikkeling komen. Bij dichte oevervegetatie treedt dit niet op.

Nevengeulen, strangen en geïsoleerde plassen zijn niet alleen van belang voor de waterplanten zelf. De waterplanten voorzien ook in schuilmogelijkheden voor jonge vis en paaiplassen voor plantminnende vis. Ook macrofauna profiteert van waterplanten, als leefgebied, voedselbron en schuilplaats.

2.3 Hydromorfologie als stuurmiddel

De ecologie van een nevengeul hangt samen met de hydromorfologische kenmerken van de geul. Met name de connectiviteit (mate van verbinding met de hoofdstroom), de stroming, de waterdiepte,

het substraat en het oevertype bepalen de aanwezigheid van soorten waterplanten, macrofauna en vis. Deze eigenschappen van nevengeulen zijn hieronder beschreven.

De hydromorfologische kenmerken hangen samen met het omringende riviersysteem. De kansrijkdom van aquatische ecotopen verschilt dan ook per riviertraject.

Tabel 2 Kansrijkdom van verschillende riviertrajecten voor de ontwikkeling van zand- en grindbanken, eilanden en verschillende rivierbegeleidende wateren.

Bron: naar Middelkoop et al. (2003)

Traject	Zand- of grindbanken	Dynamische eilanden	Ondiepe brede nevengeulen	Diepe smalle nevengeulen	Aangekoppelde strangen	Afgesloten strangen	Geïsoleerde strangen	Restgeulen	Kronkelwaardgeulen
Boven Rijn	■		■		■			■	
Boven Waal	■		■		■		■	■	
Midden Waal	■		■		■		■		
Beneden Waal	■		■		■				
Pannerdensch Kanaal				■					
Gestuwde Nederrijn / Lek					■		■		
Beneden Lek			■		■			■	■
Boven IJssel			■		■			■	■
Midden IJssel			■		■				
Sallandse IJssel			■		■				■
Beneden IJssel			■		■				

- **Verjongen:** ecotopen kunnen door natuurlijke processen ontstaan
- **Duurzaam creëren:** het is mogelijk ecotopen aan te leggen die passen bij de processen en de historie van het riviertraject
- **Behouden:** nieuwvorming is niet mogelijk, maar overgebleven ecotopen kunnen met maatregelen in stand blijven
- Creatie is niet duurzaam of niet passend bij riviertraject



Figuur 4

Kansen voor waterplanten in de hoofdgeul en aangetakte wateren, uitgedrukt in drie categorieën: klein, matig of groot. De kansrijkdom in de Nederrijn-Lek is nog onzeker. In deze gestuwde riviertak kan het waterpeil sterk variëren, vooral op het moment dat de stuwen open- of dichtgaan.

Bron: naar Van Geest et al. (2011)



2.3.1 Connectiviteit

De term connectiviteit geeft aan in welke mate rivierbegeleidende wateren verbonden zijn met de hoofdgeul. Connectiviteit wordt uitgedrukt in het aantal dagen per jaar dat het water in de nevengeul meestroomt met de hoofdgeul. De mate van connectiviteit werkt door in de soortenrijkdom van vis, macrofauna en waterplanten.

Het aantal dagen dat een nevengeul in verbinding staat met de hoofdgeul, hangt vooral samen met de bodemhoogte van de instroomopening (vaak een regelwerk). Bij strangen en geïsoleerde plassen bepaalt

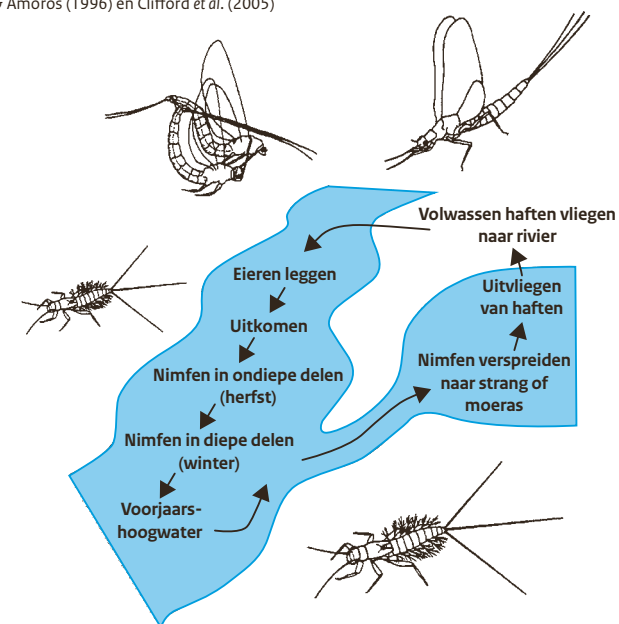
de hoogte van de uiterwaard hoe vaak het water met de hoofdgeul in verbinding staat. Door sedimentatie of erosie kan de connectiviteit in de loop van de tijd veranderen. Ook kan de connectiviteit in natte jaren aanzienlijk hoger zijn dan in droge jaren.

Hoogwaterveiligheid en scheepvaart stellen beperkingen aan de connectiviteit. Voor de hoogwaterveiligheid mag het water niet opstuwen; voor de scheepvaart mag niet te veel sedimentatie of dwarsstroming in de hoofdgeul optreden. Paragraaf 2.4 gaat hier verder op in.

Figuur 5

Eendagsvliegen (haften) gebruiken gedurende hun levenscyclus verschillende rivierbegeleidende wateren.

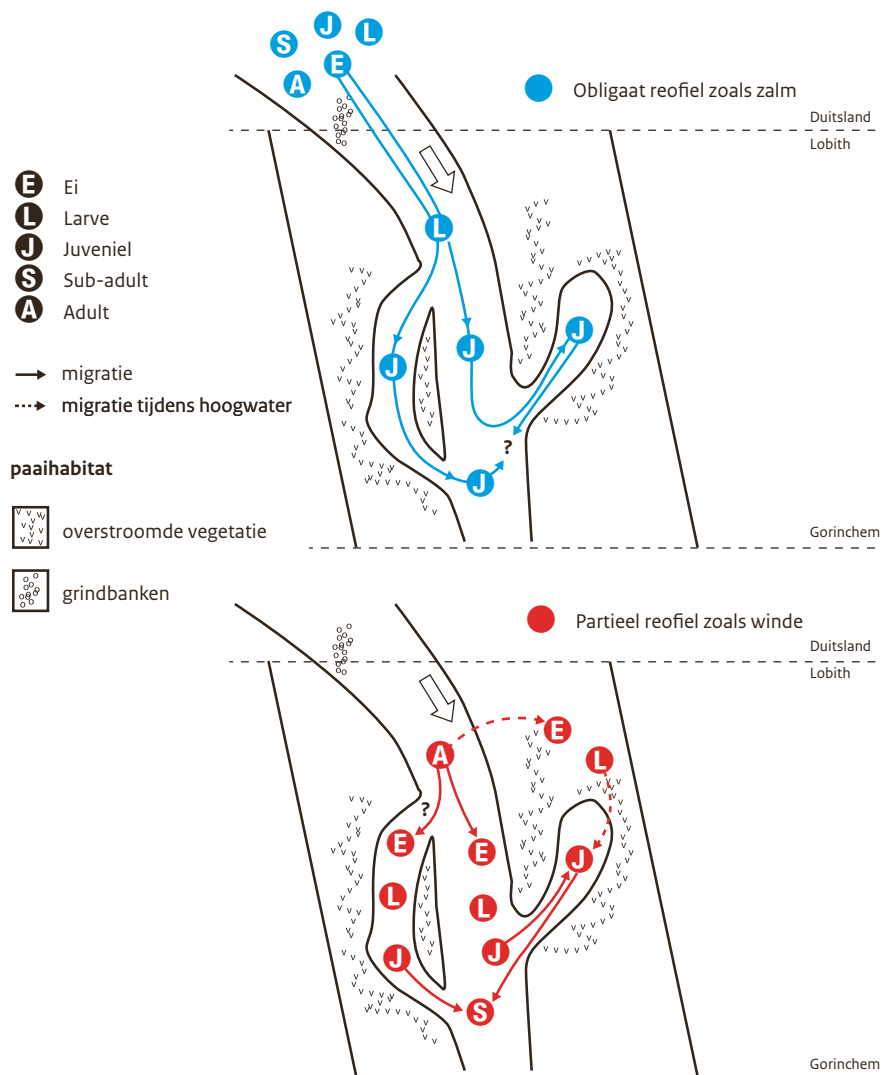
Bron: naar Petts & Amoros (1996) en Clifford et al. (2005)



Figuur 6

Meestromende nevengeulen zijn belangrijke paai- en opgroeigebieden voor reofiele vis. Obligaat reofiele soorten zoals de zalm paaien op grindbanken, waarna de larven en de jonge vis in de nevengeulen opgroeien. Partieel reofiele soorten paaien op overstromde oevers en in de nevengeul zelf.

Bron: naar Grift (2001)



Tabel 3 Voorkeur voor stroomsnelheden en waterdiepte van enkele vissoorten.

Bron: Van Emmerik & De Nie (2006)

Vissoort	Stroomsnelheid	Diepte
bermpje	0-20 cm/s	5- 50 cm
riviergrondel	0-10 cm/s	5-100 cm
beekprik	0-20 cm/s	1- 25 cm
serpeling	20-50 cm/s	50-200 cm
winde	5-50 cm/s	50-400 cm
snoek	0- 5 cm/s	50-400 cm
blankvoorn	0-20 cm/s	>100 cm

2.3.2 Stroming

Stroomminnende vis- en macrofauna-soorten hebben ieder hun eigen voorkeur voor de mate van stroming. De voorkeur varieert bovendien vaak per levensfase.

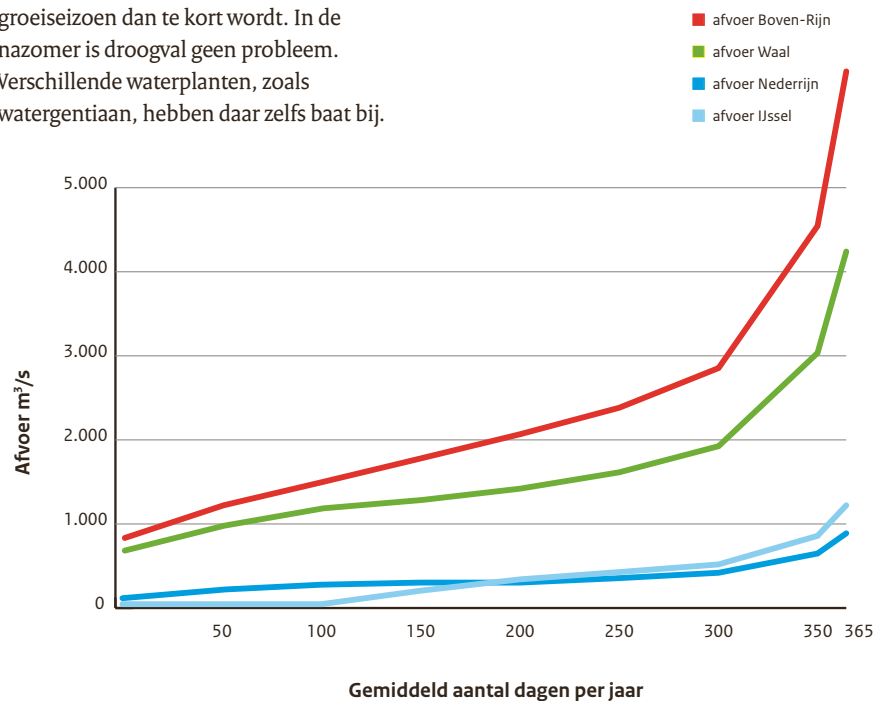
Nevengeulen stromen langzamer dan de hoofdgeul en bieden doorgaans een grotere variatie aan stroomsnelheden. In het ideale geval zijn alle stroomsnelheden tussen 0 en 100 cm per seconde in de geulen aanwezig. Het is wenselijk dat de geul in ieder geval flinke oppervlakten met stroomsnelheden tussen de 5 en 50 cm per seconde heeft. De mogelijke range aan stroomsnelheden hangt onder meer af van het riviertraject (gestuwd of vrij afstromend), de afmetingen en de helling van de nevengeul, de grootte van de instroomopening en de hoek van de instroomopening ten opzicht van de hoofdgeul.

2.3.3 Waterdiepte

Variatie in waterdiepte zorgt voor habitatvariatie in de waterkolom en op de bodem, onder meer door verschillen in lichtinval, temperatuur en stroomsnelheden. Een gevarieerde waterdiepte waarborgt dat soorten altijd de beschikking hebben over ondiepe en diepe delen, zowel bij hoge als bij lage afvoeren. Langs rivieren met grote waterstandsverschillen zijn grote land-waterovergangen te creëren door veel variatie in de bodemligging van de uiterwaard aan te brengen.

Afhankelijk van de rivierafvoer verandert de waterdiepte voortdurend in de loop van het jaar. Uit onderzoek blijkt dat de waterdiepte in het voorjaar minder dan twee meter moet zijn voor succesvolle kieming en vestiging van waterplanten.

Als de waterstanden in de maanden mei tot en met juli sterk fluctueren, kunnen waterplanten zich niet goed vestigen. Daarom zijn riviertrajecten met weinig waterstanddynamiek gunstig voor waterplanten. In de Rijntakken zijn dit alleen de benedenstroomse delen van de rivier. Ook mag de groeiplaats in de maanden mei tot en met juli niet droogvallen, omdat het groeiseizoen dan te kort wordt. In de nazomer is droogval geen probleem. Verschillende waterplanten, zoals watergentiaan, hebben daar zelfs baat bij.



Figuur 7
De grafiek geeft de onderschrijdingskans van afvoeren in de Rijntakken weer. Hieruit blijkt bijvoorbeeld dat de Boven-Rijnafvoer gemiddeld 100 dagen per jaar kleiner of gelijk aan 1500 m³/s is. Nevengeulen mogen maximaal ongeveer 3% van de afvoer uit de hoofdgeul onttrekken. De Waal en de Boven-Rijn, die vrijwel altijd een flinke afvoer hebben, bieden de beste mogelijkheden voor altijd meestromende nevengeulen. Nevengeulen langs de Nederrijn zullen een groot deel van de tijd nauwelijks stromen: de afvoer van de Nederrijn bedraagt gemiddeld 100 dagen per jaar ten hoogste 30 m³/s als gevolg van stuwen.



In de Klompenwaard is een grindbank in de geul ontstaan die het substraat gevarieerder maakt.

2.3.4 Substraat

Substraat is vast materiaal, in het water of op de oever. Organismen hebben substraat nodig als vestigings- of schuilplaats, als middel om voedsel te vergaren of voor de voortplanting. De meeste soorten hebben hun hele leven of in bepaalde fasen een specifieke voorkeur voor een bepaald type substraat. Veel vissen kiezen bijvoorbeeld grind of schoon zand om eieren af te zetten.

Voor macrofauna is substraat vaak een schuil- of vestigingsplaats. Waterplanten in stromende geulen vestigen zich bij voorkeur op een zandbodem. Nevengeulen dragen vooral bij aan de soortenrijkdom als zij substraat bieden dat in de hoofdgeul niet aanwezig is.

In de bovenstroomse delen van de Rijntakken is het kenmerkende substraat voor nevengeulen zand, in benedenstroomse rivierdelen fijn zand of slib en in de Grensmaas grind. Onnatuurlijk substraat, zoals stortsteen, wordt veelal door exoten gekoloniseerd, zoals Kaspische vlokreeften en driehoeksmosselen.

Het substraat wordt ook beïnvloed door erosie en sedimentatie, oeverbegroeiing en beheer. Door dood hout in de geul te laten liggen, kan het als vestigingsplaats en beschutting dienen voor soorten. Rond omgevallen bomen en andere obstakels ontstaat bovendien gevarieerd habitat door het samenspel van substraat, stroming en sedimentatie en erosie.

2.3.5 Oevers

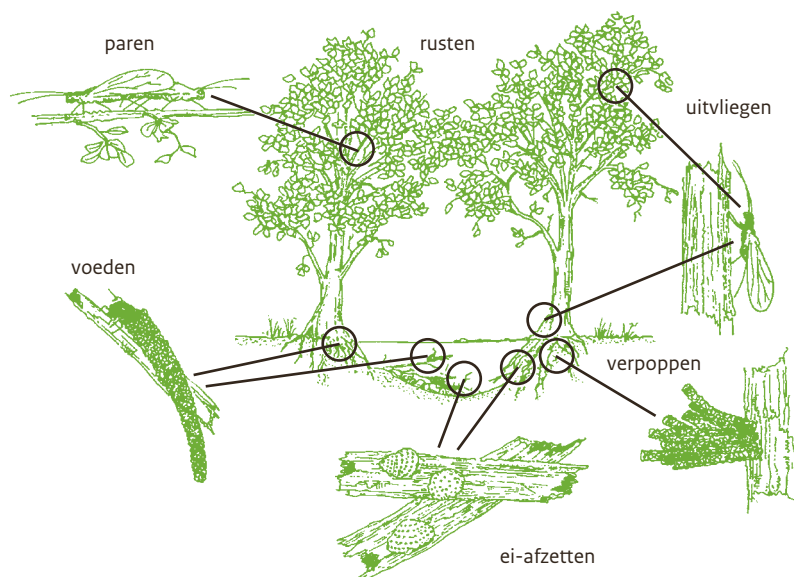
Nevengeulen hebben meer mogelijkheden voor glooiende oevers dan de hoog-dynamische hoofdgeul. De oevers van nevengeulen worden bovendien minder belast door passerende schepen. In nevengeulen kan daarom een grote variatie aan oevers ontstaan, met brede land-waterovergangen, water- en oeverplanten, overhangende takken en bomen. Oeverbegroeiing dient als rust-, schuil- en foerageerplaats voor macrofauna

en vis. Macrofaunasoorten zoals kokerjuffers en andere uitvliegende insecten brengen hun leven deels op het land door en zijn dan afhankelijk van hogere vegetatie. De oeverbegroeiing bepaalt ook of grote grazers en grazende vogels de oevers kunnen bereiken. Als de oevers kaal zijn en er veel ganzen foerageren, blijft de waterplantenontwikkeling achter. Afwisseling van kale en ruige of beboste oevers is waarschijnlijk positief voor de waterplantenontwikkeling.

Figuur 8

De diverse fasen in de levenscyclus van een kokerjuffer vragen een grote variatie in habitat.

Bron: Verdonschot (2010)



De IJssel is een smalle en bochtige vaarroute. Daarom moet hinder voor scheepvaart beperkt blijven.

2.4 Veiligheid en scheepvaart

Randvoorwaarden

In het rivierengebied spelen naast waterkwaliteit ook overstromingspreventie en scheepvaart een grote rol. Voorwaarde voor de aanleg en het beheer van nevengeulen is dat de hoogwaterveiligheid en de functie als scheepvaartroute gewaarborgd blijven.

Het graven van een nevengeul zal er over het algemeen toe leiden dat het rivierwater vlotter wegstroomt. De rivier krijgt immers meer ruimte. Hierdoor wordt de veiligheid groter. Door begroeiing en aanzanding in de geul kan dit positieve effect na verloop van tijd afnemen en zelfs omslaan in een negatief effect voor de veiligheid. Door de geul goed te beheren is dat te voorkomen. Voor de veiligheid is het ook van belang dat de rivier bij hoogwater niet de nevengeul als hoofdroute kiest. Als er te veel water door

de nevengeul stroomt, kan dat overmatige erosie en ondermijning van dijken, kribben en andere rivierwerken veroorzaken.

Doordat de nevengeul water uit het zomerbed onttrekt, neemt de stroomsnelheid in de hoofdgeul af. Dat kan leiden tot zandafzettingen in het zomerbed die hinderlijk voor de scheepvaart zijn. Ook kan de scheepvaart hinder ondervinden van dwarsstroming. Het ontwerp van de nevengeul moet daarom getoetst worden aan regels die de hinder voor de scheepvaart beperken.

Rijkswaterstaat-Oost-Nederland heeft een rivierkundig beoordelingskader opgesteld met voorwaarden voor veiligheid en scheepvaart. Met een slim ontwerp van de geul of met compenserende maatregelen zijn ongewenste effecten veelal te voorkomen. Dat zal echter over

het algemeen ten koste gaan van het ecologische rendement.

Regelwerken

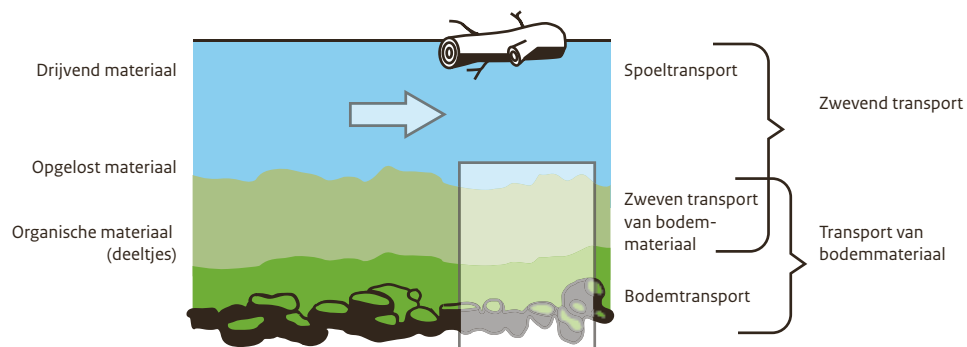
Met regelwerken is het mogelijk de in- en uitstroming van water en sediment te regelen, zodat de veiligheid en de scheepvaart niet in gevaar komen. Er bestaan verschillende typen regelwerken, variërend van een eenvoudige drempel van natuurlijke materialen tot een betonnen buis (duiker). Van belang zijn de hoogte van de drempel, de grootte van de doorstroomopening en de plaats in de nevengeul.

De hoogte van de drempel in het regelwerk bepaalt vanaf welke waterstand een nevengeul meestroomt: hoe hoger de drempel, hoe minder vaak de geul meestroomt. De hoogte werkt ook door in het type sediment dat in de geul terecht komt. In geval van een hoge drempel, komen vooral de deeltjes die hoog in de waterkolom zitten de geul in, zoals fijn zand en slib, drijvend hout, macrofauna, zaden, planten en visbroed. Deze deeltjes kunnen ontbreken in geval van een (ondergedoken) duiker, die vooral het diepere water onttrekt. Ook wordt de intrek van vis door een duiker bemoeilijkt door

Figuur 9

Het sediment in een stromende waterlaag is dicht bij de bodem het grofst en wordt hoger in de waterkolom steeds fijner. In geval van een drempel (grijze rechthoek) stroomt vooral het sediment dat hoger in de waterkolom zit de nevengeul in. Meestal zijn dit de fijnere sedimenten en drijvend materiaal.

Bron: naar Gordon et al. (2004)



Drempel in de oostgeul van Gameren.

de hoge stroomsnelheden. Dit laatste hoeft geen probleem te zijn als de vis via de uitstroomopening kan migreren.

De doorstroomopening van het regelwerk bepaalt hoeveel water bij een bepaalde waterstand de geul in stroomt. Ook de doorstroomopening kan verschillende vormen hebben. Bij een rechthoekige opening hangt het debiet direct samen met de waterstand en de stroomsnelheid. Bij een v-vormige opening neemt het debiet relatief snel af bij lagere waterstanden. Een duiker onder de laagwaterlijn garandeert een vast debiet, onafhankelijk van de waterstand. Om die reden hebben duikers relatief weinig invloed op de hoofdgeul.

Het regelwerk kan op verschillende plaatsen in de geul staan, bijvoorbeeld bij de instroomopening of in het midden.

Meestal wordt het regelwerk in een toegangsweg aangebracht, soms in de vorm van een brug. Achter het regelwerk ontstaan doorgaans erosiegaten. In geval van een drempel zal de geul verondiepen tot het niveau van de drempel.

Suboptimale nevengeulen

Het ontwerp van een nevengeul moet niet alleen aan de voorwaarden van veiligheid en scheepvaart voldoen, maar ook aan de natuur- en milieuwetgeving en bovendien inspelen op onder meer de wensen van bewoners en gebruikers, archeologische waarden en de geohydrologische situatie. Om deze redenen zijn nevengeulen vanuit ecologisch oogpunt vaak suboptimaal. Het is belangrijk te weten welke ecologische waarden deze suboptimale geulen wel kunnen bieden, om het ecologisch rendement binnen alle beperkingen zo groot mogelijk te maken.



3.

Vier nevengeulen
langs de Rijntakken

3.1 Leren van de praktijk

Langs de Rijntakken zijn sinds de jaren negentig van de vorige eeuw zes nevengeulen aangelegd: bij Gameren, Beneden-Leeuwen en Opijnen (1994-1999), in de Klompenwaard (1999), bij de Bakenhof (2001) en in de Vreugderijkerwaard (2002-2003). Deze geulen verkeren in verschillende ontwikkelingsfasen. Iedere geul heeft bovendien zijn eigen karakteristieke morfologie en hydrologie.

Dat komt tot uiting in de mate van verbinding (connectiviteit), de stroomsnelheid, het substraat, de waterdiepte en het type regelwerk. Deze verschillen werken door in de ecologische effectiviteit.

In iedere geul zijn - meer of minder regelmatig - metingen verricht om de ontwikkelingen te volgen. Dat biedt de mogelijkheid om verbanden te zoeken tussen morfologische en hydrologische karakteristieken en de ecologie van de geul.

Tabel 4 Hydromorfologische kenmerken van de nevengeulen bij Gameren, Klompenwaard, Bakenhof en Vreugderijkerwaard. Afvoeren en stroomsnelheden zijn berekend op basis van de kenmerken van de drempels en inlaatwerken.

	Gameren Oostgeul	Gameren Grote geul	Gameren Westgeul	Klompenwaard	Bakenhof	Vreugderijkerwaard
Kritieke afvoer bij Lobith voor meestromen (m³/s)	2700	1000	1100	3000	1150	altijd
Gemiddeld aantal dagen meestromen/jaar (vanaf aanleg tot en met 2010)	85	352	347	55	308*	364
Gemiddelde stroomsnelheid (in cm/s, standaarddeviatie tussen haakjes)						
Voorjaar (2650 m ³ /s Lobith)	-	14 (16)	22 (12)	-	10 (20)	8 (7)
Zomer (2000 m ³ /s Lobith)	-	15 (23)	20 (17)	-	3 (12)	6 (6)
Secchi-diepte in 2009 (m)						
maat voor doorzicht	-	0,57	-	0,21	0,35	0,65

* waarvan 72 met geopende stuwen

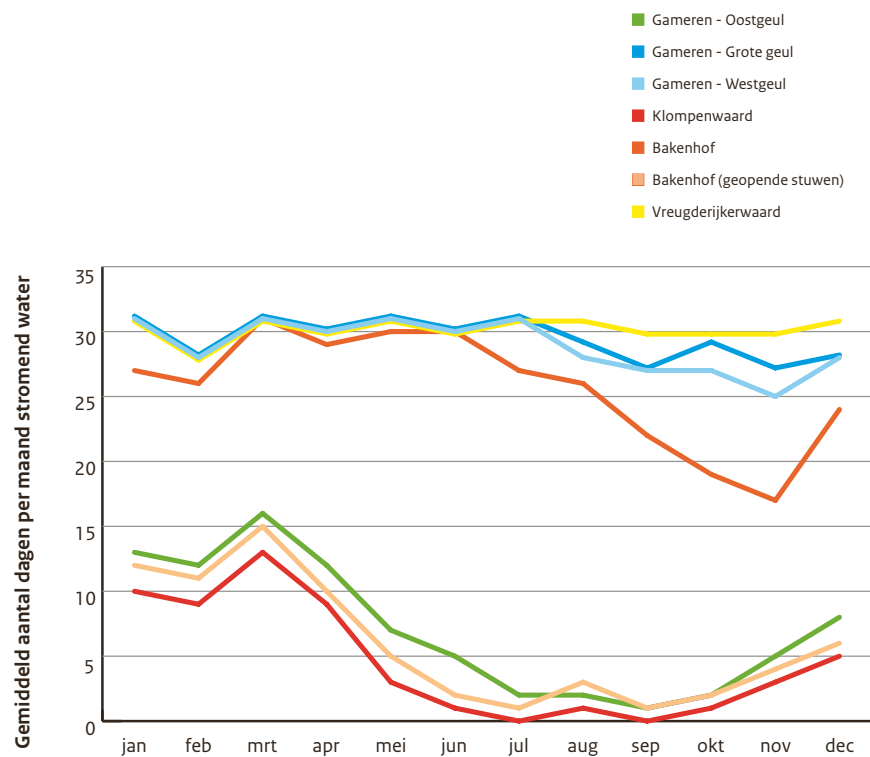
Dit hoofdstuk gaat daar op in, toegespitst op de geulen bij Gameren, Klompenwaard, de Bakenhof en de Vreugderijkerwaard. In deze vier geulen is in 2009 een vergelijkbare set gegevens verzameld.

Figuur 10 Geulen langs de Rijntakken die in 2009 zijn onderzocht.



Figuur 11

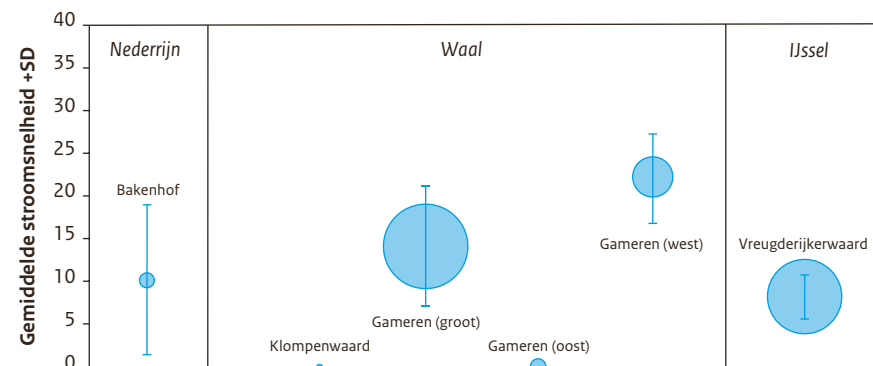
Het gemiddeld aantal dagen stromend water in de nevengeulen bij Gameren, Klompenwaard, Bakenhof en Vreugderijkerwaard. Berekende waarden op basis van het overschrijden van de kritieke afvoer bij Lobith (tabel 4) vanaf de aanleg tot en met 2010.



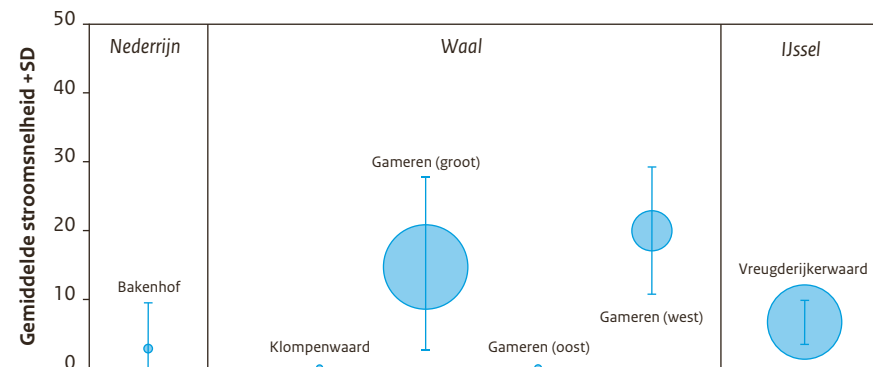
Figuur 12

Gemiddelde stroomsnelheid in de vier nevengeulen bij een representatieve afvoer in voorjaar en zomer (2650 en 2000 m³/s bij Lobith). De grootte van het bolletje weerspiegelt het stromend oppervlak. De lijn geeft de standaarddeviatie weer.

Voorjaar



Zomer





Gameren



3.2 Kenmerken van de vier nevengeulen

3.2.1 Gameren

Gameren ligt aan de linkeroever van de Waal, ter hoogte van Zaltbommel (rkm 937). In de uiterwaard liggen drie nevengeulen die sinds 1999 in werking zijn: de Oostgeul, de Westgeul en de Grote geul. De geulen zijn om drie redenen aangelegd: voor de winning van zand en klei, verhoging afvoercapaciteit (veiligheid) en natuurontwikkeling. De Grote geul bestaat deels uit een voormalige zandwinput.

Verbinding

In de instroomopeningen van de Oostgeul en de Westgeul liggen drempels. In het midden van de Grote geul ligt een brug die het debiet reguleert. De Oostgeul staat ongeveer drie maanden per jaar in verbinding met de hoofdgeul, met name in de winter. De Westgeul en de Grote geul zijn nagenoeg het hele jaar verbonden met de hoofdgeul.

Stroming

In de Westgeul is de gemiddelde stroomsnelheid van circa 20 cm/s vrijwel het hele jaar door stabiel. In de Grote geul bedraagt de gemiddelde stroomsnelheid 15 cm/s, met vrij grote verschillen binnen de geul. Bij het regelwerk en rond de eilanden zijn de stroomsnelheden hoger en in de aangetakte zandwinplas in het westelijk deel van de geul lager. Twee jaar na de aanleg is de oever van de Grote geul nabij

het regelwerk versterkt met stortsteen, om oevererosie tegen te gaan.

Diepte en sediment

De geulen zijn inmiddels minder dan twee meter diep. In de Oostgeul heeft sedimentatie plaatsgevonden tijdens hoogwater, waardoor de geul tot boven het niveau van de drempel is verondiept. De aangetakte zandwinplas in de Grote geul was aanvankelijk zo'n achttien meter diep, maar is in de periode 2009-2011 door stortingen opgevuld tot een diepte van

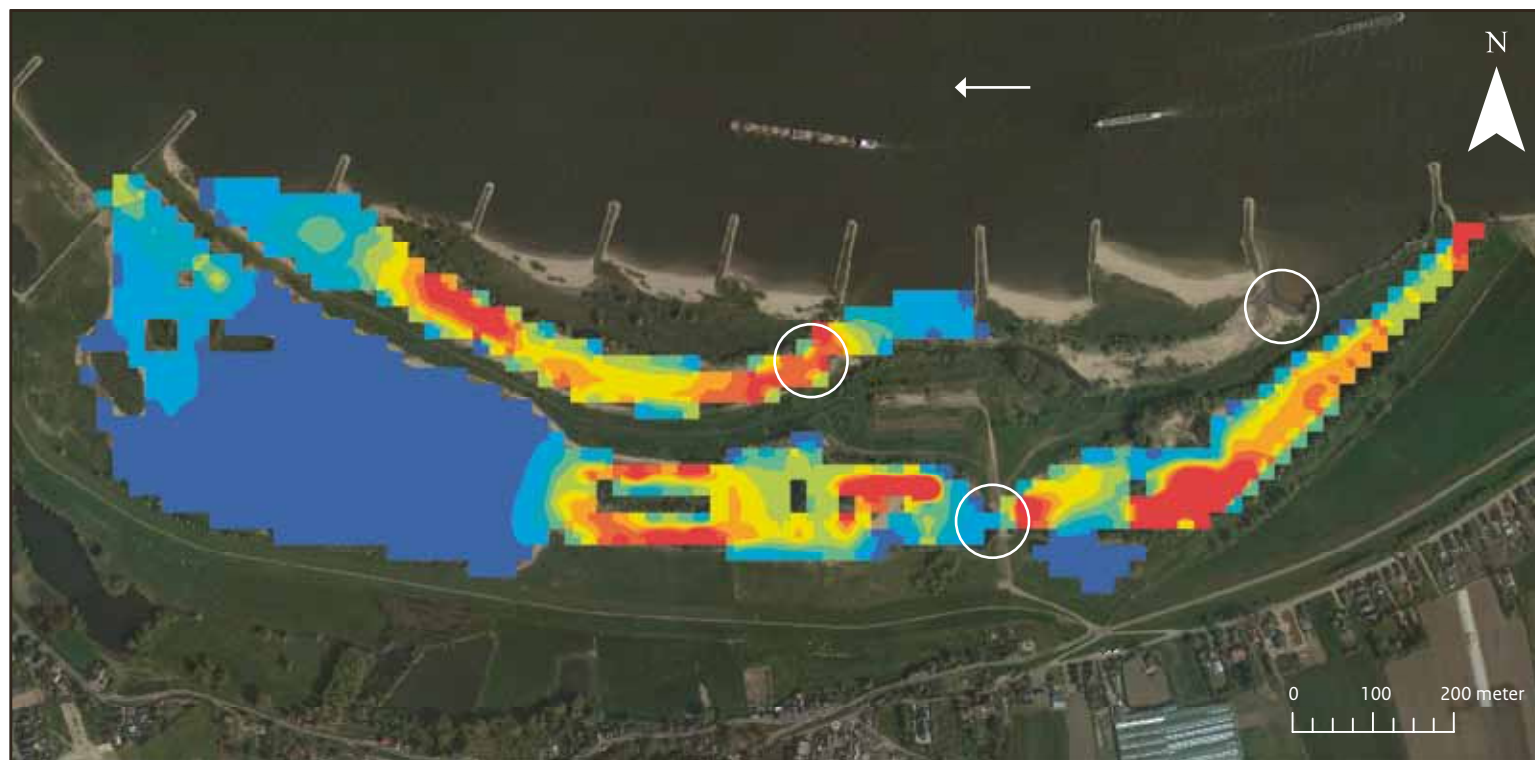
twee à drie meter. In de Grote geul is achter de duiker een diepe kolk uitgesleten. Het sediment heeft iets verderop een zandplaat gevormd. In de stromende delen is het sediment zandig, in de luwe delen ligt slib en bladafval. De Westgeul snijdt een kleilaag aan.

Figuur 13

Stroomsnelheden in de nevengeulen bij Gameren op basis van een representatieve voorjaarsafvoer (2650 m³/s bij Lobith). Bij deze afvoer stroomt de Oostgeul niet mee. De cirkels geven de regelwerken aan.

Legenda

Stroomsnelheid (cm/s)





Klompewaard



3.2.2 Klompenwaard

De Klompenwaard ligt aan de rechteroever van de Waal, vlak bij het splitsingspunt met het Pannerdens Kanaal (rkm 869). In 2002 is hier een geul gegraven en benedenstrooms aangetakt aan de Waal, in combinatie met verlaging van de uiterwaard. Het doel was zand- en kleiwinning, verlaging van de hoogwaterstand en natuurontwikkeling. Het natuurdoel is niet helder gedefinieerd, maar richt zich met name op drogere natuur en overgangen naar natte natuur.

Verbinding

In de instroomopening van de geul ligt een stortstenen drempel. Het water stroomt er pas overheen als de afvoer van de Rijn bij Lobith ten minste 3000 m³/s bedraagt. De nevengeul stroomt daardoor maar zestig dagen per jaar mee met de Waal. Een permanent stromende geul zou op deze plaats sterke aanzanding in de hoofdgeul kunnen veroorzaken, omdat dit deel van de rivier een grote sedimentdynamiek heeft. Ook zou een permanente verbinding gevolgen voor de waterverdeling over de Rijntakken kunnen hebben, door de ligging nabij het splitsingspunt.

Stroming

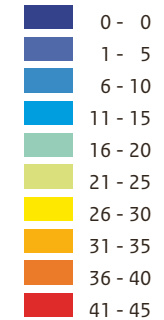
Omdat de geul minder dan twee maanden per jaar meestroomt, staat het water in de geul het grootste deel van de tijd stil. Met name in het voorjaar en de zomer is sprake van stagnant water. Passerende schepen veroorzaken waterbeweging, omdat de geul in verbinding met de hoofdgeul staat.

Diepte en sediment

De waterstand in de geul varieert sterk. Tijdens het paai- en groeiseizoen kunnen de waterstandverschillen vijf meter bedragen en over het gehele jaar gezien meer dan zes meter. Grote waterstandverschillen zijn kenmerkend voor het bovenstroomse deel van de Rijntakken. Het substraat in de geul bestaat voornamelijk uit slib; het water is troebel. Rond de instroomopening is stortsteen aangebracht, omdat hier direct na aanleg erosie is opgetreden.

Legenda

Stroomsnelheid (cm/s)



Figuur 14

Bij een representatieve voorjaarsafvoer (2650 m³/s bij Lobith) overstroomt de drempel van de geul in de Klompenwaard niet en is de stroomsnelheid 0 m³/s. De cirkel geeft de drempel aan.





Bakenhof





3.2.3 Bakenhof

De Bakenhof ligt in het gestuwde deel van de Nederrijn, vlak na de splitsing met de IJssel (rkm 881, Arnhem). De nevengeul is in 2002 aangelegd in het kader van Ruimte voor de Rivier, met versterking van natte natuur als nevengeul.

Verbinding

In de instroomopening staat een inlaatwerk dat ook als brug dienst doet. Ook in de uitstroomopening staat een brug met regelwerk. De nevengeul in de Bakenhof staat vrijwel het gehele jaar aan beide zijden in verbinding met de hoofdgeul. Alleen bij extreem laag water, als de afvoer bij Lobith kleiner is dan $1150 \text{ m}^3/\text{s}$, stroomt de geul niet mee. Om die reden is de geul in 2003, 2009 en 2011 deels drooggevallen.

Stroming

De stroomsnelheden in de geul variëren sterk. In het voorjaar stroomt het water meestal aanzienlijk harder dan in de zomer. De stuw bij Driel heeft daar grote invloed op. In de zomer staan de stuwen vaak dicht, waardoor er weinig water door de nevengeul stroomt. De stroomsnelheden zijn het hoogst bij de in- en uitstroomopeningen.

Legenda

Stroomsnelheid (cm/s)

■	0 - 0
■	1 - 5
■	6 - 10
■	11 - 15
■	16 - 20
■	21 - 25
■	26 - 30
■	31 - 35
■	36 - 40
■	41 - 45

Diepte en sediment

De nevengeul is bijna overal minder dan twee meter diep, behalve direct na de instroomopening en in het smalle deel bij de uitstroomopening. Bij de instroomopening is zand en klei geërodeerd, dat zich waarschijnlijk elders in de geul heeft afgezet. In de geul liggen zandbanken en ook de hogere oevers zijn van zand. In diepere delen ligt slib.

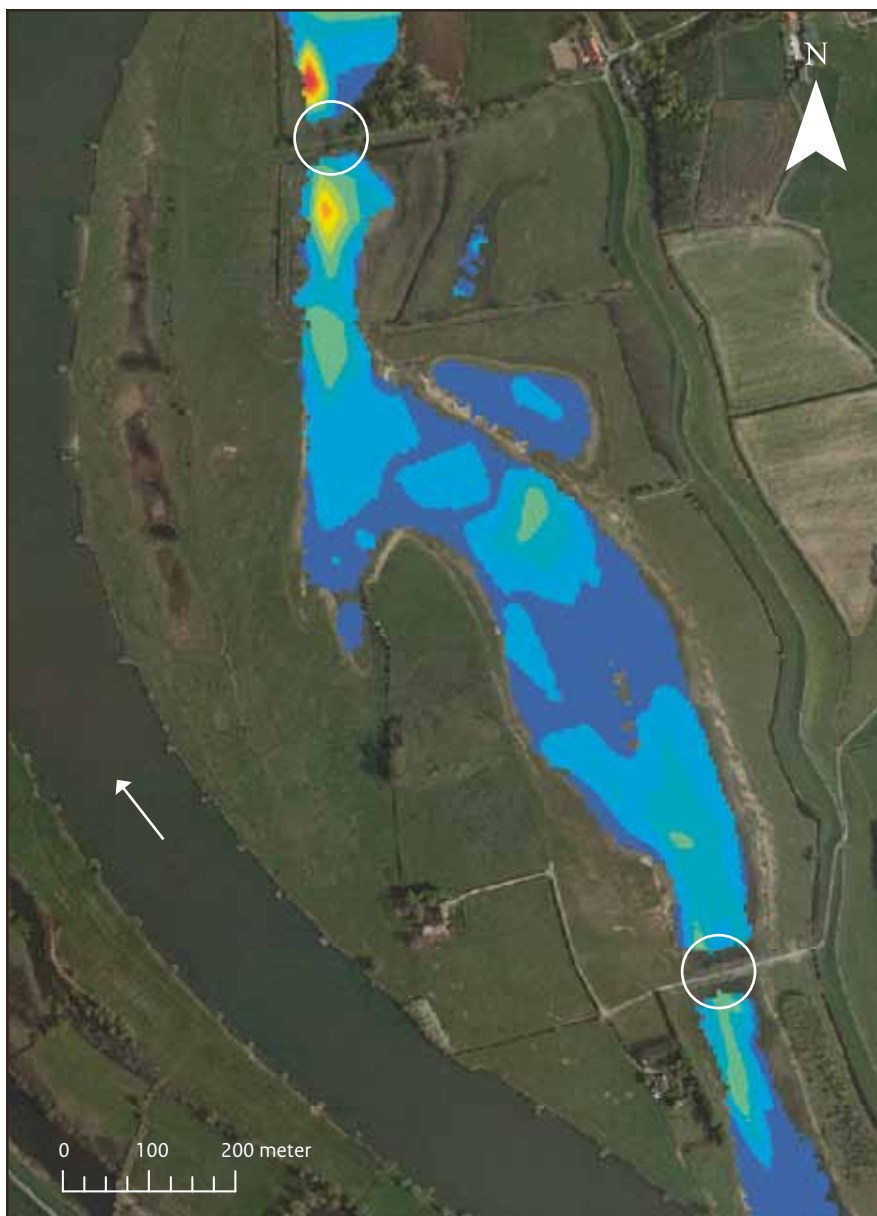
Figuur 15

Stroomsnelheden in de Bakenhof bij een representatieve voorjaarsafvoer ($2650 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Lobith) en geopende stuwen. Cirkels geven regelwerken in de in- en uitstroomopeningen aan.



Vreugderijkerwaard





Figuur 16
Stroomsnelheden in de nevengeulen van de Vreugderijkerwaard op basis van een representatieve voorjaarsafvoer (2650 m³/s bij Lobith). De cirkels geven de regelwerken aan.

3.2.4 Vreugderijkerwaard

De nevengeul van de Vreugderijkerwaard ligt aan rechteroever van de IJssel, net ten oorden van Zwolle (rkm 983). De geul is in 2002 gegraven en verbonden met de hoofdgeul. Het doel was rivierverruiming bij hoogwater en de ontwikkeling van droge en natte natuur.

Verbinding

De nevengeul in de Vreugderijkerwaard stroomt het hele jaar mee met de IJssel. Op ongeveer 250 meter vanaf de instroomopening liggen duikers die de afvoer regelen. Door de duikers heeft de geul een vrij continue afvoer, onafhankelijk van de afvoer van de IJssel. Dit beperkt de morfologische effecten in de hoofdgeul.

Stroming

De nevengeul ligt in het benedenstroomse deel van de IJssel, waar de rivier vrij afstroomt. De stroomsnelheden zijn hier van nature kleiner dan in de bovenstroomse delen van de Rijntakken. Ook de variatie in de stroomsnelheden tussen lente en zomer is klein. De gemiddelde stroomsnelheid in de geul is vrij laag, maar binnen de geul treden grote verschillen op. In de stromende delen van de geul bestaat het sediment uit zand, in de luwe delen uit zand met een laagje slib.

Diepte en sediment

In dit benedenstroomse deel van de rivier is de variatie in waterstanden gering. Ook gedurende het paai- en groeiseizoen blijft de waterdiepte min of meer gelijk. Er treedt weinig sedimentatie en erosie op.

Legenda

Stroomsnelheid (cm/s)



3.3 Ecologisch rendement

De nevengeulen uit de vorige paragraaf leveren verschillende resultaten op voor de ecologie. De hydromorfologische kenmerken, zoals de mate van verbinding met de hoofdgeul, de stroomsnelheid en de sedimentatie- en erosieprocessen, bepalen de geschiktheid van de geul voor riviergebonden vis, macrofauna en waterplanten.



Vis

Tabel 5 Aangetroffen soorten vis in de maanden maart-juli 2009 in de vier nevengeulen en de nabijgelegen kribvakken.

Habitattype	Bakenhof		Gameren		Klompewaard		Vreugderijkerwaard	
	Geul	Kribvak	Geul	Kribvak	Geul	Kribvak	Geul	Kribvak
Aantal trekken	4	5	6	6	4	5	7	4
alver	X	X	X	X		X	X	X
barbeel					X			X
kleine modderkruiper							X	
rivierdonderpad	X							
serpeling		X		X		X		X
sneep		X	X	X		X	X	X
winde	X	X	X	X	X	X	X	X
bot			X	X			X	
paling							X	
baars	X	X	X	X	X		X	X
blankvoorn	X	X	X		X	X	X	X
brasem	X	X	X		X		X	X
brasem/kolblei						X	X	X
kolblei					X		X	
pos	X		X		X	X	X	
roofblei	X	X	X	X	X	X	X	X
snoekbaars	X	X	X		X	X	X	X
blauwneus					X			
Kesslers grondel	X	X	X	X	X	X		
marmar grondel	X						X	
Pontische stroomgondel		X						
witvingrondel	X	X	X	X	X	X	X	X
Totaal	12	12	12	9	12	11	16	12

3.3.1 Vis

De functie van de nevengeulen voor vis is toegespitst op de functie als kraamkamer en opgroei gebied voor juvenielen.

Gegevens

De resultaten zijn gebaseerd op metingen van juveniele vis in 2009, aangevuld met oudere gegevens (Dorenbosch et al., 2011 en Grift, 2001). De gegevens hebben betrekking op het voorjaar en de zomer (maart-juli). Zowel de geulen als nabijgelegen kribvakken zijn bemonsterd, om de visstand in de geul te kunnen vergelijken met de visstand in de hoofdgeul. De vissoorten zijn ingedeeld in gilden die onder meer de voorkeur voor stromend water weerspiegelen (paragraaf 2.2.1).

Aantal soorten en dichtheid in de vier geulen

Van de vier onderzochte nevengeulen is de Vreugderijkerwaard met zestien vissoorten het meest soortenrijk, op de voet gevolgd door de Bakenhof. In de Vreugderijkerwaard komen ook de meeste reofiele soorten voor, waaronder de kleine modderkruiper. In totaal zijn slechts twee diadrome soorten aangetroffen: in Gameren (bot) en de Vreugderijkerwaard (bot en paling). Limnofiele soorten zijn in de vier geulen niet gevonden.

In de vier geulen komen ongeveer evenveel soorten voor als in de nabijgelegen kribvakken in de hoofdgeul. Per zegentrek is het aantal soorten in de nevengeulen echter groter dan in de kribvakken.

Dat verschil tussen nevengeul en hoofdgeul is het grootst in Gameren en de Klompewaard. Voor alle geulen geldt dat er minder reofiele soorten voorkomen dan in de kribvakken. In de geulen leven juist meer eurytope soorten.

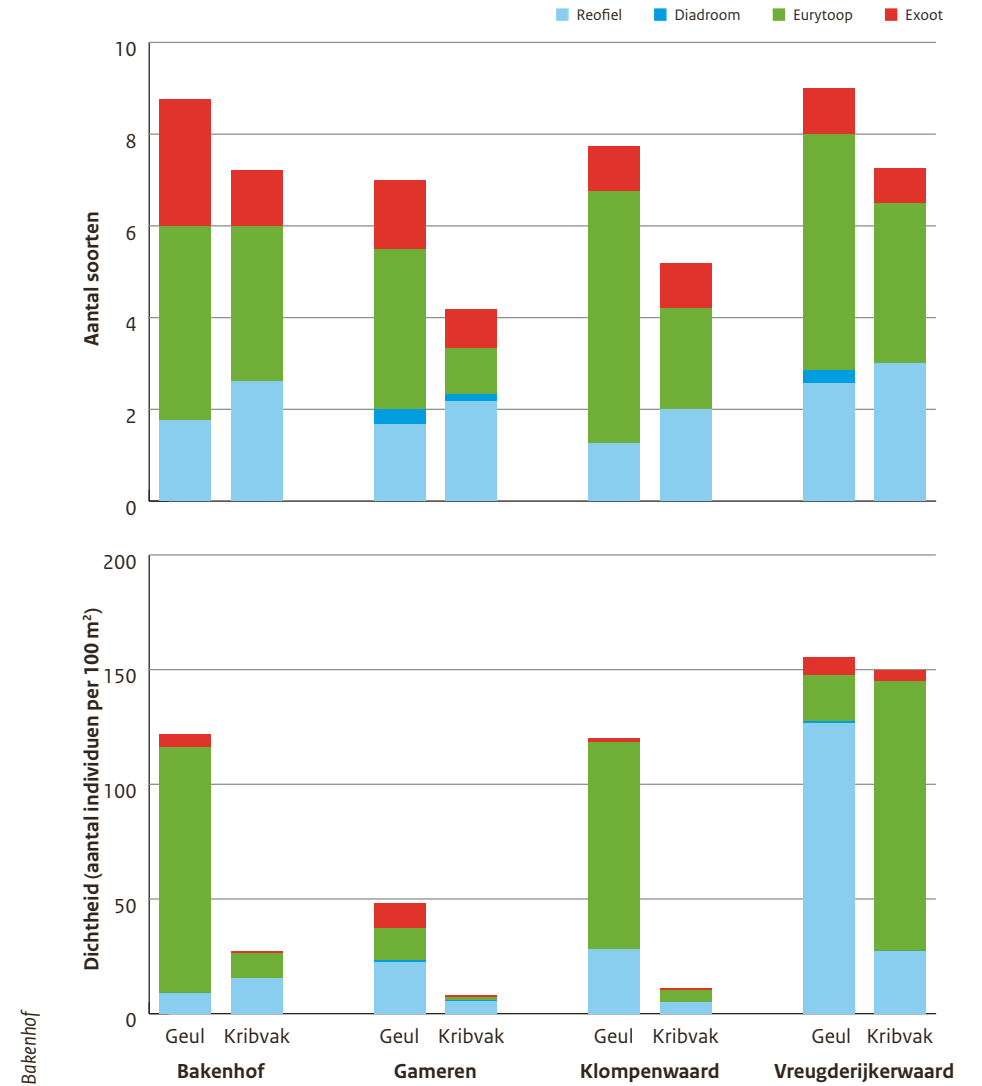
In de nevengeulen zijn de totale dichtheden van vis over het algemeen duidelijk hoger dan in de kribvakken. In Gameren, Klompewaard en Vreugderijkerwaard is ook de dichtheid van reofiele vis in de geul groter dan in het kribvak. Alleen in de Bakenhof zwemt minder reofiele vis in de nevengeul dan de kribvakken.

Het aandeel reofiele vis in de nevengeul hangt enerzijds samen met de mate van verbinding met de hoofdstroom en anderzijds met de stroomsnelheid. In Gameren en Vreugderijkerwaard is het grootste deel van de vissen in de nevengeul reofiel. Beide geulen stromen het hele jaar mee met de hoofdstroom, met vrij constante stroomsnelheden. In de Bakenhof en de Klompewaard bestaat de vispopulatie voornamelijk uit eurytope vis. De Bakenhof staat weliswaar altijd in verbinding met de hoofdgeul, maar door stuw van de Nederrijn staat het water vaak stil. De Klompewaard stroomt slechts twee maanden per jaar in mee met de hoofdgeul. Dat is blijkbaar onvoldoende voor de meeste reofiele vissoorten.



Figuur 17

Gemiddeld aantal soorten vis en gemiddelde dichtheden per trek van de gilden exoot, eurytoop, diadroom en reofiel in geulen en nabije kribvakken in 2009.



Tabel 6 Aantal soorten vis per gilde in de maanden maart-juli in de nevengeul van Gameren en de nabijgelegen kribvakken, vlak na aanleg in 1999 en tien jaar later. In 1999 is een zegen met een maaswijdte van 7.5 mm gebruikt, in 2009 van 5 mm.

		1999		2009		
Habitatype		Geul	Kribvak	Geul	Kribvak	
Aantal trekken		10	20	6	9	
reofiel	alver		X	X	X	
	barbeel	X	X			
	kopvoorn		X			
	riviergrondel	X	X			
	serpeling	X	X		X	
	sneep	X	X	X	X	
	winde	X	X	X	X	
	diadroom	bot			X	X
		driedoornige stekelbaars		X		
		paling	X			
eurytoop	baars	X	X	X	X	
	blankvoorn	X	X	X	X	
	brasem	X	X	X		
	karper	X				
	kolblei	X	X			
	pos	X	X	X		
	roofblei	X	X	X	X	
	snoekbaars	X	X	X	X	
	exoot	kesslers grondel			X	X
		pontische stroomgondel				X
witvingrondel				X	X	
Totaal	14	15	12	12		

Ontwikkeling in de tijd

Alleen voor Gameren is informatie beschikbaar over de visstand in 1999 en 2009, zowel voor de nevengeul als voor het kribvak. Dat maakt het mogelijk de ontwikkeling in de tijd te onderzoeken.

In 1999 zijn aanzienlijk meer trekken gemaakt dan in 2009. Daarom is het totaal aantal soorten moeilijk vergelijkbaar. Wel is duidelijk dat sinds 1999 drie nieuwe exoten in de geul zijn gekomen: Kesslers grondel, Pontische stroomgrondel en witvingrondel. De riviergrondel is in 2009 niet meer aangetroffen.

In de nevengeul is het gemiddeld aantal soorten per trek in 2009 hoger dan in 1999, voornamelijk door het grotere aantal soorten exoten. Het aantal andere soorten is ongeveer gelijkgebleven. Zowel in 1999 als in 2009 herbergt de nevengeul van Gameren meer soorten dan de kribvakken.

De dichtheid in de nevengeul is in 2009 hoger dan in 1999. Dat hoeft er niet op wijzen dat de nevengeul beter is gaan functioneren. Van jaar tot jaar kunnen de dichtheden sterk verschillen. In succesvolle jaren wordt zeer veel juveniele vis geproduceerd, waarvan een groot deel de volgende winter niet zal overleven. Toch is te zien dat de totale dichtheden en de dichtheden van reofiele vis in de nevengeul groter zijn dan in het kribvak, zowel in 1999 als in 2009. Dit leidt tot de conclusie dat nevengeulen snel na aanleg gekoloniseerd worden. De grootste verandering is de

toename van exoten. Deze hebben zich in de laatste twintig jaar in rap tempo verspreid in het Rijnstroomgebied.

Conclusie

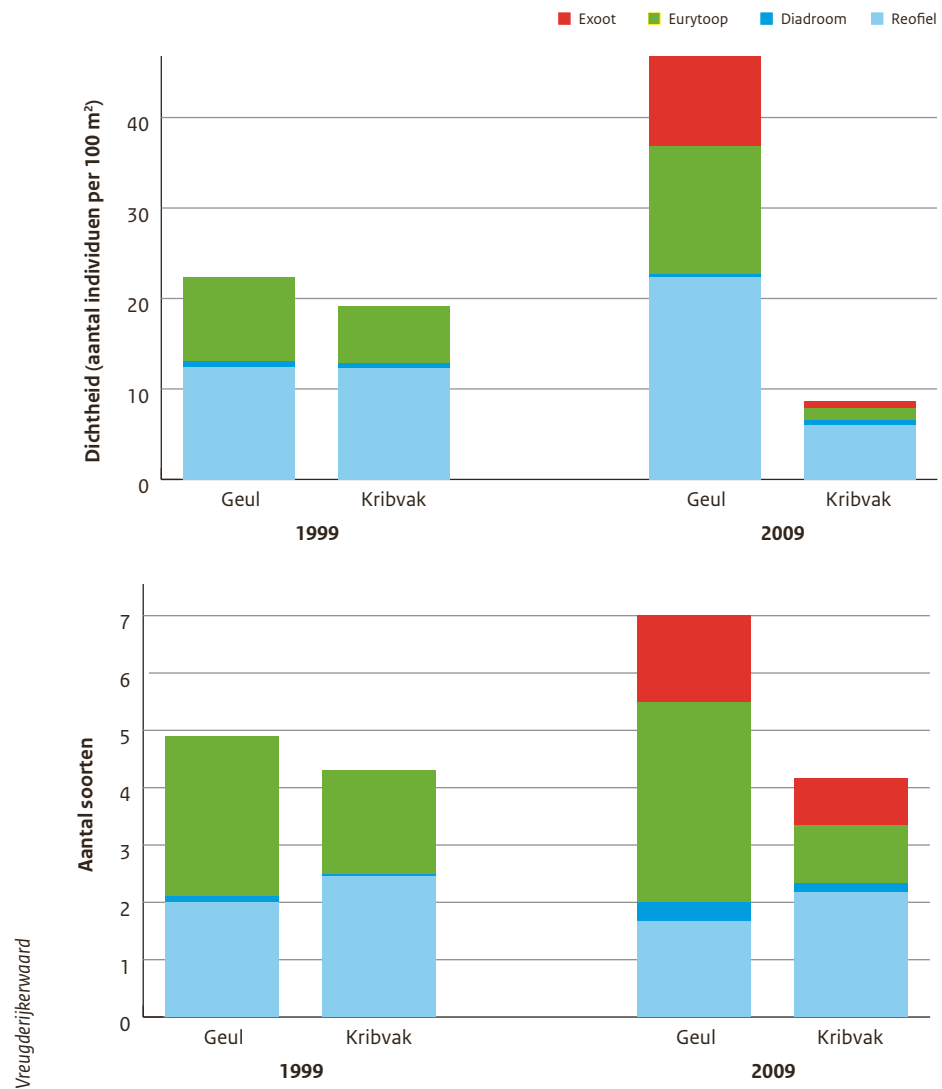
Nevengeulen bieden meerwaarde voor vis. De vier nevengeulen herbergen allemaal meer vissoorten dan de nabijgelegen kribvakken. Met uitzondering van de Bakenhof komen in de nevengeulen ook grotere aantallen stroominnende soorten voor dan in de kribvakken.

Stroominnende vis vraagt niet alleen een goede verbinding met de hoofdgeul, maar ook stromend water. Waarschijnlijk moet in ieder geval sprake zijn van stroming tot de juveniele vis aan het einde van de zomer groot genoeg is om de hoofdstroom op te trekken. Dat betekent in de praktijk dat de nevengeul ten minste tien maanden per jaar moet meestromen.



Figuur 18

Gemiddeld aantal soorten vis en gemiddelde dichtheden per trek van de gilden exoot, eurytoop, diadroom en reofiel in de nevengeul van Gameren en nabije kribvakken in 1999 (zegen met maaswijdte 7.5mm) en 2009 (zegen met maaswijdte 5 mm).





Macrofauna

3.3.2 Macrofauna

De samenstelling van de macrofauna in nevengeulen geeft aanwijzingen voor de waterkwaliteit. De dichtheid van macrofauna is bovendien van belang voor de voedselbeschikbaarheid voor vogels en vis. De macrofauna in de vier nevengeulen is in het voorjaar van 2009 bemonsterd.

Voor Gameren is een langere tijdreeks beschikbaar, van voor de aantakking (1998) tot vier jaar daarna (2002). Dat geeft een indruk van de ontwikkeling van de macrofauna in de tijd.

Aantal taxa

De soortenrijkdom van macrofauna is lastig vast te stellen. Van jonge dieren en poppen is het geslacht vaak wel te determineren, maar de specifieke soort nog niet. De rijkdom wordt daarom uitgedrukt in het aantal taxa: de optelsom van de aangetroffen soorten (bijvoorbeeld *Dreissena polymorpha*) en geslachten (bijvoorbeeld *Pisidium spec.*). De macrofauna in de vier nevengeulen en de nabijgelegen kribvakken is ingedeeld in kenmerkende en positief en negatief dominante taxa (zie paragraaf 2.2.2). In alle nevengeulen is het aantal kenmerkende en positief dominante taxa groter dan in de nabijgelegen kribvakken (hoofdgeul). In de nevengeulen komen bovendien meer inheemse taxa voor dan in de hoofdgeul, waar exoten overheersen.

In de nevengeulen komen gemiddeld 46 kenmerkende en positieve taxa voor en in de kribvakken 28. Het verschil met

de kribvakken - en daarmee met de hoofdgeul - is het grootst bij Gameren (Grote geul) en Bakenhof. De nevengeulen van Gameren (Grote geul oostzijde) en Vreugderijkerwaard herbergen de grootste aantallen kenmerkende en positief dominante taxa.

Ter vergelijking is ook de macrofauna bepaald in de Oude Waal, die niet in verbinding staat met de hoofdgeul. Het gebied bestaat uit een plas-draszone en een plas. Het plas-drasgebied stroomt bij hoog water vol en valt daarna geleidelijk droog. In deze niet-aangetakte systemen komen nog meer taxa voor dan in de nevengeulen, maar vooral taxa die kenmerkend zijn voor stilstaand water. Ze dragen echter wel bij aan de biodiversiteit van het riviereengebied.

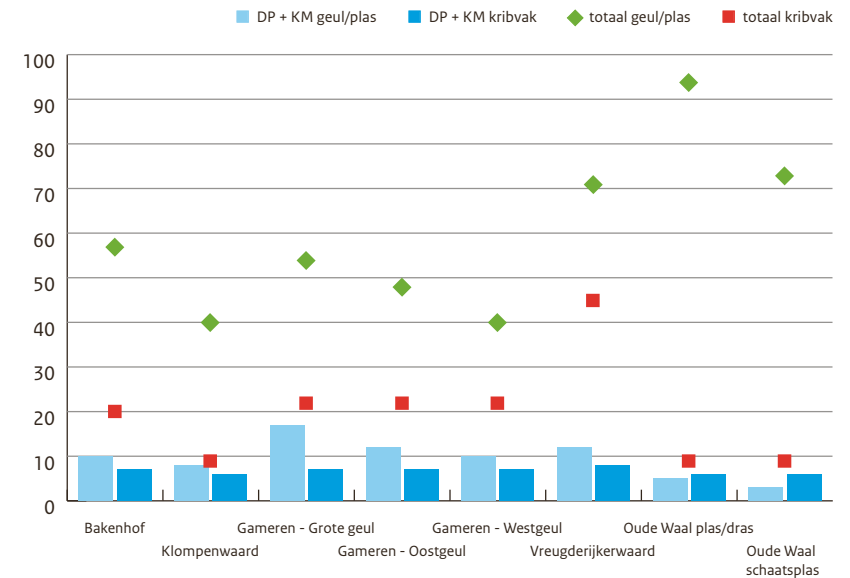
De geul in de Klompenwaard stroomt twee maanden per jaar mee.



Figuur 19

Aantal taxa van de macrofauna in nevengeulen en nabijgelegen kribvakken. Ter vergelijking is ook de geïsoleerde plas Oude Waal opgenomen. De waarden zijn gebaseerd op handnetmonsters in het voorjaar van 2009.

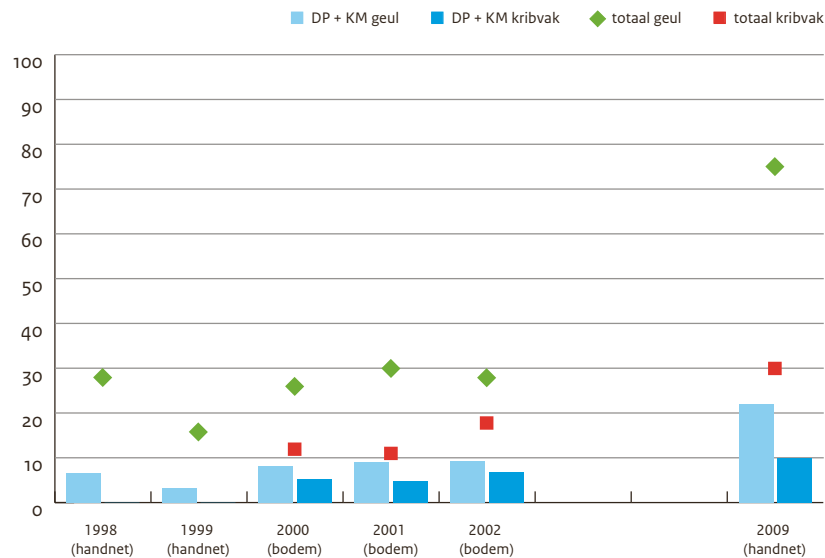
DP = aantal dominant positieve taxa, KM = aantal kenmerkende taxa, totaal = totaal aantal taxa





De oostelijke nevengeul van Gameren is grotendeels verzand. Er stroomt ongeveer honderd dagen per jaar water door. Aan de ribbels in het zand is te zien dat de stroomsnelheden dan vrij hoog zijn.

Figuur 20
Het aantal taxa van de macrofauna in Gameren (grote geul) en het nabijgelegen kribvak in de periode 1998-2009. De geul is in 1999 mee gaan stromen.
DP = aantal dominant positieve taxa, KM = aantal kenmerkende taxa, totaal = totaal aantal taxa



Ontwikkeling in de tijd

Bij Gameren is de macrofauna van 1998 tot en met 2002 jaarlijks bemonsterd en in 2009 opnieuw. De kribvakken zijn vanaf 2000 tot en met 2002 bemonsterd. De drie geulen van Gameren staan sinds 1999 in verbinding met de hoofdgeul. Het aantal kenmerkende en positief dominante taxa in de Grote geul is meteen na aantakking licht toegenomen. In 2009 is zelfs sprake van een forse toename, ook in het totaal aantal soorten. De Oostgeul stroomt slechts 100 dagen per jaar mee. Verrassend genoeg zijn in deze geul toch aanzienlijk meer kenmerkende en positief dominante taxa aangetroffen dan in het kribvak.

Bijzondere soorten

In de nevengeulen komen enkele families en soorten/taxa voor die in de hoofdgeul ontbreken:

- *kevers*: in de nevengeulen van Gameren en Vreugderijkerwaard;
- *haften*: in de nevengeulen van Bakenhof en Vreugderijkerwaard;
- *wantsen*: massaal in de nevengeulen van Bakenhof, Gameren, Klompenwaard en Vreugderijkerwaard; één exemplaar in de hoofdgeul van de IJssel;
- *kokerjuffers*: enkele soorten kokerjuffers waaronder de kokerjuffer *Psychomyia pusilla* (een gevoelige soort volgens de Rode Lijst);
- *overige tweevleugeligen (niet-vedermuggen)*: in alle nevengeulen.

Deze families hebben variatie in stroming en sediment nodig, wat de nevengeulen wel te bieden hebben en de hoofdgeul niet.

Aantal organismen

Het aantal organismen zegt iets over de hoeveelheid voedsel die beschikbaar is voor vissen, vogels en andere macrofauna-soorten. De bemonsteringswijze laat geen kwantitatieve uitspraken toe, maar zowel in het veld als in het laboratorium is geconstateerd dat de monsters uit de nevengeulen veel meer organismen bevatten dan de monsters uit de kribvakken.

Conclusie

Voor macrofauna leveren de nevengeulen meerwaarde op ten opzichte van de rivier zelf. In de nevengeulen komen meer macrofaunasoorten voor en meer kenmerkende en positief dominante taxa.

De nevengeulen herbergen bovendien minder exoten. In Gameren en de Vreugderijkerwaard komen de meeste kenmerkende en positief dominante taxa voor. Deze macrofaunasoorten hebben, net als stroomminnende vis stromend water nodig. Uit de metingen in de Oude Waal blijkt dat ook wateren die niet met de hoofdgeul zijn verbonden, bijdragen aan de biodiversiteit van het rivierengebied. Voor de ecologie kan het in sommige gevallen beter zijn een niet-aangetakte plas in stand te houden of aan te leggen dan een nevengeulen te graven. Mogelijk geldt dit voor de Klompenwaard.



Waterplanten

Tabel 7 Aangetroffen soorten in de maanden maart-juli in de vier nevengeulen en de nabijgelegen kribvakken. In de Klompenwaard zijn geen van deze waterplanten aangetroffen.

Soort	Latijnse naam	Gamerense Waard	Vreugderijkerwaard	Bakenhof	Klompewaard	
Oever	veenwortel	<i>Persicaria amphibia</i>	X			
	blauwe waterereprijs	<i>Veronica anagallis-aquatica</i>		X		
	grote kattenstaart	<i>Lythrum salicaria</i>		X		
	kalmoes	<i>Acorus calamus</i>		X		
	klein vlooienkruid	<i>Pulicaria vulgaris</i>		X		
	moerasvergeet-mij-nietje	<i>Myosotis palustris</i>		X		
	watermunt	<i>Mentha aquatica</i>		X		
	waterpeper	<i>Persicaria hydropiper</i>		X		
	Water/Oever	pijlkruid	<i>Sagittaria sagittifolia</i>	X		
		zwanenbloem	<i>Butomus umbellatus</i>	X		
Water	aarvederkruid	<i>Myriophyllum spicatum</i>	X	X	X	
	draadwier	<i>Draadwier</i>	X	X		
	kleine kroos	<i>Lemna minor</i>	X	X		
	doorgroeid fonteinkruid	<i>Potamogeton perfoliatus</i>		X		
	rivierfonteinkruid	<i>Potamogeton nodosus</i>		X		
	schedefonteinkruid	<i>Potamogeton pectinatus</i>		X	X	
	tenger fonteinkruid	<i>Potamogeton pusillus</i>		X		

3.3.3 Waterplanten

In de zomer van 2009 zijn de water- en oeverplanten in de vier nevengeulen en de nabijgelegen kribvakken in kaart gebracht. Het aantal soorten geeft een indicatie voor het functioneren van de nevengeul.

Aantal soorten

In de Vreugderijkerwaard groeien de meeste water- en oeverplanten. Dat geldt zowel voor de kribvakken als de nevengeul. In 2009 zijn in de nevengeul vijftien soorten aangetroffen, waaronder grote hoeveelheden aarvederkruid, rivierfonteinkruid, schedefonteinkruid en doorgroeid fonteinkruid. Rivierfonteinkruid en doorgroeid fonteinkruid zijn kenmerkende soorten voor het rivierengebied. De relatief kleine waterstandfluctuaties en het grote doorzicht maken deze geul heel geschikt voor waterplanten. Daarnaast bevinden zich in de IJssel relictpopulaties van onder meer doorgroeid fonteinkruid, wat de kolonisatie kan bespoedigen. In de noordzijde van de geul groeien opvallend weinig waterplanten. Mogelijk is dat een gevolg van graas door ganzen, die het water hier gemakkelijk kunnen bereiken vanaf de kale oevers.

In Gameren zijn waterplanten pas na tien jaar tot ontwikkeling gekomen, hoewel ook hier de omstandigheden gunstig lijken: het water is vrij helder en de peilvariatie niet zeer sterk. In 2009 zijn zes soorten gevonden. In de geulen van Bakenhof en Klompewaard zijn respectievelijk zeer weinig en geen waterplanten aangetroffen.

Het water in beide geulen is zeer troebel. De Klompewaard heeft bovendien zeer grote variaties in de waterstanden, tot meer dan zes meter per jaar. In de kribvakken nabij deze drie geulen groeien geen waterplanten.

Conclusie

Waterplanten vestigen zich het beste in nevengeulen met een kleine variatie in waterstanden en helder water. Waar in het voorjaar meer dan twee meter water staat, komen geen waterplanten tot ontwikkeling. Ondiepten in de geul zijn bevorderlijk. Die kunnen bijvoorbeeld ontstaan door afzetting van sediment dat bij de instroomopening erodeert. Ook graas beïnvloedt het voorkomen van waterplanten: waar grazers goed toegang tot de oevers hebben, komen minder waterplanten voor.



4.

Aanbevelingen voor
inrichting en beheer

Klompewaard

4.1 Inrichting

Voor het ontwerp van een nevengeul bestaat geen vast recept. Wat wenselijk en mogelijk is hangt sterk af van de lokale situatie, zoals de karakteristieken van het riviertraject, de voorwaarden van veiligheid en scheepvaart, wensen van omwonenden en de aard van het omringende landschap. De voorgaande hoofdstukken bieden wel handreikingen. De theoretische kennis uit de literatuur (hoofdstuk 2) en de praktijkvoorbeelden langs de Rijn (hoofdstuk 3) geven inzicht in de samenhang tussen de hydromorfologische kenmerken van nevengeulen en de kansen voor vis, macrofauna en waterplanten.

Voor het concept nevengeul blijkt een brede waaier aan varianten te bestaan, die misschien niet allemaal het ideaalbeeld bieden, maar vaak wel tot verrijking van de ecologie leiden. Dat geeft speelruimte om de inrichting van een nevengeul af te stemmen op de randvoorwaarden van de omgeving, met name op de randvoorwaarden van veiligheid en scheepvaart. Voor het functioneren als habitat voor stroomminnende soorten bestaan echter duidelijke ondergrenzen.

Hieronder staan overwegingen bij de inrichting van nevengeulen, ingedeeld van grof naar fijn. Deze kunnen als checklist dienen bij de keuze voor een nevengeul

Aandachtspunten bij de inrichting van een nevengeul:

- Kies ecologische doelen die passen bij de kenmerken van de rivier.
- Laat een nevengeul ten minste 300 dagen per jaar meestromen met de hoofdgeul.
- Zet in gestuwde trajecten niet in op stroomminnende vis en macrofauna, maar op een rijke waterplantenbegroeiing.
- Vermijd grote variaties in waterstanden en stroomsnelheden gedurende het jaar.
- Zorg voor gevarieerd habitat binnen de geul, door variatie in stroomsnelheid, substraat en oevers.
- Bied ruimte voor natuurlijke sedimentatie- en erosieprocessen.
- Geef de nevengeul de kans om zelf een natuurlijke oever te ontwikkelen.
- Kies voor een geïsoleerde plas of strang als aan een stromende nevengeul zoveel beperkingen kleven dat de omstandigheden voor stroomminnende soorten suboptimaal worden.
- Voor de aanleg van een nevengeul is een watervergunning of een projectplan Waterwet nodig.
- Neem vroegtijdig contact op met Rijkswaterstaat om natuurdoelen en andere belangen goed in balans te brengen.

en het ontwerp. Het is raadzaam ook de ervaringen van nieuwe praktijkvoorbeelden te benutten. De inrichting van nevengeulen blijft voorlopig een leerproces.

Aansluiten bij de kenmerken van het riviertraject

Een nevengeul is onderdeel van het omringende riviersysteem. Het ecologische doel van een nevengeul moet passen bij de systeemkenmerken. Belangrijke kenmerken zijn bijvoorbeeld de ligging (bovenstrooms of benedenstrooms), het verval, het sediment- en bodemtype, de stroomsnelheid, het debiet en de variatie in waterstanden. De kansrijkdom van aquatische ecotopen verschilt dan ook per riviertraject en is groter naarmate de bestaande systeemkenmerken meer lijken op de kenmerken van het beoogde aquatisch ecotoop.

In bovenstroomse riviertrajecten is de variatie in waterstanden en stroomsnelheden groter dan in benedenstroomse trajecten. Dat geeft kansen en beperkingen. De omstandigheden in gestuwde riviertrajecten, zoals de Nederrijn-Lek, zijn vaak minder karakteristiek voor rivieren.

Inzetten op een altijd stromende nevengeul met stroomminnende soorten heeft geen zin in deze stroomluwe trajecten, maar de ontwikkeling van waterplanten is juist wel kansrijk. In sommige trajecten langs de Nederrijn en de IJssel is kwel te benutten in het ontwerp van de nevengeul. De handreiking 'Kwaliteitsprincipes

uiterwaardinrichting' geeft een toelichting op de mogelijkheden van de verschillende Rijn- en Maastrajecten (Peters, 2009).

Bij de inrichting van een uiterwaard is ook de andere natuur in de omgeving van belang. De vraag is met welke aanvullende leefgebieden het ecosysteem van de rivier het meest gebaat is. Dat hoeft niet altijd een nevengeul te zijn. In sommige gevallen kan drogere natuur of geïsoleerd water meer opleveren.

Rekening houden met scheepvaart en veiligheid

Het is raadzaam in een vroeg stadium de randvoorwaarden van scheepvaart en veiligheid te verkennen. Vaak zullen scheepvaart en veiligheid beperkingen stellen aan de mate van verbinding en de hoeveelheid water die door de nevengeul stroomt. Zo moet bij laag water voldoende water door de hoofdgeul blijven stromen en mag de afvoer door de nevengeul niet tot te veel aanzanding in de hoofdgeul leiden. Daarom is in vrijwel alle gevallen een regelwerk vereist om de mate van verbinding te reguleren.

Als scheepvaart en veiligheid tot veel beperkingen voor een stromende nevengeul leiden, kan een eenzijdig aangetakte strang of een geïsoleerde strang soms aantrekkelijker zijn. In sommige gevallen is een geul die snel verzandt te overwegen. Daarmee wordt wel een ecologisch proces in gang gezet, terwijl geen langdurige effecten voor de scheepvaart ontstaan.

Zoveel mogelijk in verbinding met de hoofdgeul

Een nevengeul die permanent in open verbinding met de hoofdgeul staat, biedt de beste kansen voor stroomminnende vis en macrofauna. Een geul wordt voor deze soorten snel minder effectief als hij gemiddeld minder dan 300 dagen per jaar meestroomt. Het is daarbij van belang dat de nevengeul de meeste jaren ten minste van februari/maart tot het einde van de zomer aan beide zijden in verbinding met de hoofdgeul staat.

Keur aan regelwerken

Er bestaan verschillende typen regelwerken, van een eenvoudige drempel van natuurlijke materialen tot een volledig betonnen constructie. Met name de drempelhoogte bepaalt het aantal maanden dat de geul in verbinding met de hoofdgeul staat en meestroomt. Voor het debiet en de stroomsnelheid is ook het doorstroomprofiel van belang. In geval van een hoge drempel, zoals in de Oostgeul van Gameren, blijkt de geul te verzanden tot de hoogte van de drempel.

Het water kan ook via een duiker naar de nevengeul stromen. Dat levert een constante afvoer in de nevengeul op zolang het water in de rivier hoger dan de duiker staat, met als voordeel dat morfologische effecten in de hoofdgeul beperkt blijven.

Klein maar fijn

Een geul hoeft voor de ecologie niet groot en breed te zijn. Een kleine geul die goed

verbonden is met de hoofdgeul en constante stroomsnelheden heeft, geeft een beter resultaat dan een grote geul die onregelmatig verbonden is en grotere verschillen in stroomsnelheden heeft. Soms zijn meerdere kleine geulen mogelijk, wat de variatie aan habitat vergroot.

Variatie in stroomsnelheid

Voor stroomminnende soorten is het natuurlijk relevant dat het water in de nevengeul stroomt. Een duidelijke ondergrens voor de stroomsnelheid is er niet. Stroomminnende soorten zijn al te vinden in nevengeulen waar het water gemiddeld minder dan 10 cm/s stroomt. In die geulen zijn wel enkele sneller stromende delen, met snelheden tot 50 cm/s, die mogelijk essentieel zijn. Opvallend is dat de nevengeulen met de meeste stroomminnende soorten vrijwel altijd stromend water hebben en vrij constante stroomsnelheden gedurende het jaar.

De stroomsnelheid in de nevengeul is afhankelijk van:

- de stroomsnelheden in de hoofdgeul;
- het debiet door de nevengeul;
- de verhouding tussen de breedte en de diepte van de nevengeul (in brede geulen stroomt het water langzamer dan in smalle geulen met eenzelfde waterdiepte en debiet);
- de hoek tussen de instroomopening van de geul en de stroomrichting in de hoofdgeul;
- het verhang van de geul.

De verschillende soorten vis en macrofauna hebben hun eigen voorkeuren voor de stroomsnelheid. Daarom is het raadzaam binnen de nevengeul voor variatie in stroomsnelheden te zorgen, door een wisselende breedte en diepte. Vaak zorgen de regelwerken voor lokaal hogere stroomsnelheden. Verdere variatie is te bereiken met de vorming van eilanden en de aanwezigheid van dood hout.

Variatie in waterdiepte

Ook in de waterdiepte is enige variatie wenselijk. De mogelijkheden hangen echter sterk af van het riviertraject. Een aantal stroomminnende soorten is afhankelijk van waterplanten. Waterplanten vereisen ondiep, helder water. Als een geul bestaat uit diepe plassen, is het raadzaam deze deels te verondiepen. De geul biedt bij voorkeur bij verschillende afvoeren variatie in waterdiepte en stromend habitat.

Een eenvoudige manier om variatie in de waterdiepte te krijgen, is het aanbrengen van dood hout in de stromende geul. Rond het hout zal door stroming, erosie en sedimentatie vanzelf een gevarieerde waterdiepte ontstaan.

Variatie in substraat

Het is van belang dat een nevengeul als uitgangssituatie karakteristiek substraat in de bedding heeft. In de meeste gevallen is dat zand. Het beste resultaat ontstaat als de geul daarna zelf de bedding en oevers kan

vormen. Leg de geul niet precies aan, maar laat de rivier het werk doen. Erosie zorgt ervoor dat elders in de geul sedimentatie kan plaatsvinden, bijvoorbeeld in de vorm van een eiland.

Een gevarieerd substraat is positief voor de soortenrijkdom van de macrofaunagemeenschap. De variatie in substraat is te stimuleren met gevarieerde stroomsnelheden en het toelaten van dood hout. Het dode hout vormt zelf ook geschikt substraat, dat op dit moment nauwelijks in de rivieren aanwezig is.

Steile en begroeide oevers

Oevers kunnen steil, flauw, begroeid of kaal zijn. Langs kale oevers is wilgenopslag te verwachten, waardoor de stromingsweerstand kan toenemen. Het is aan te raden daar rekening mee te houden in het ontwerp. Steile of beboste oevers zorgen voor schaduw in de geul, wat voor een aantal macrofaunasoorten aantrekkelijk is. Waar het water goed bereikbaar is voor ganzen of grote grazers, zullen weinig waterplanten tot ontwikkeling komen als gevolg van vraat en vertrapping. Dichtbegroeide oevers zijn slecht bereikbaar voor deze grazers.

Ook voor de oevers geldt: laat de nevengeul het werk doen. Leg de geul bij voorkeur enigszins 'sloedig' aan en zaai oevers liever niet in. Zo kan zich een natuurlijke oever vormen en krijgen pioniersoorten een kans.

4.2 Beheer

De oudste nevengeulen langs de Rijntakken zijn zo'n vijftien jaar geleden gegraven. Door hydromorfologische en ecologische processen zijn de geulen veranderd, soms langzaam en soms met horten en stoten. Ondanks die verandering hebben ze hun functie voor de ecologie behouden.

Grootschalig onderhoud is tot nu toe nergens nodig geweest, niet voor de ecologie en ook niet voor de veiligheid. De verwachting is dat ook in de komende twintig jaar hooguit onderhoud aan kunstwerken of instroomopeningen nodig is. De noodzaak voor onderhoud hangt af van de doelstellingen van een nevengeul.

Als de geul een rivierverruimende functie heeft, kan afname van de afvoercapaciteit aanleiding zijn voor onderhoud. Meestal is de vegetatieontwikkeling in de uiterwaard en op de oevers de belangrijkste oorzaak van de verminderde afvoercapaciteit. Onderhoud kan zich dan beperken tot die delen van de uiterwaard.

Vanuit ecologisch perspectief is het wenselijk een geul als start van een langjarige ontwikkeling te zien. Van nature verlandt een nevengeul. Afhankelijk van de lokale omstandigheden verloopt dat proces meer of minder snel. Zo begon in Gameraen pas na tien jaar de vestiging van waterplanten. Bij een goed ontworpen geul kan het dertig tot vijftig jaar duren voordat het stromende karakter grotendeels is verdwenen. In die periode zal de geul aan steeds andere soorten habitat bieden. Juist wateren die zich over lange tijden hebben kunnen ontwikkelen, worden nu als zeer waardevol beschouwd. De oudste strangen in de uiterwaarden zijn honderden jaren oud. Ook op lange termijn is echter stromend habitat in de uiterwaarden gewenst. Dat kan ofwel ontstaan door nieuwe geulen aan te leggen ofwel door oude geulen via cyclisch beheer weer open te graven. Zo ontstaat langzaam een rivierenlandschap met een mozaïek van pas gevormde en volgroeide leefgebieden die samen rijke ecologische kwaliteit bieden.



Verder lezen

Algemeen nevengeulen

- Geerling, G.W. & Van Kouwen, L.A.H., 2011. *Handvatten voor nevengeulen in de Rijntakken*. Deltares. Delft.
- Middelkoop, H., Stouthamer, E., Schoor, M.M., Wolfert, H.P., Maas, G.J., 2003. *Kansrijkdom voor rivierecotopen vanuit historisch-geomorfologisch perspectief: Rijntakken-Maas-Benedenrivieren*. NCR publication (Ext. rep. 21-2003). Utrecht, Arnhem, Wageningen: NCR.
- Peters, B., 2009. *Kwaliteitsprincipes uiterwaardinrichting. Principes voor de landschapsecologische kwaliteit van inrichtingsprojecten in het rivierengebied*. Uitgave van Ministerie van LNV, Staatsbosbeheer, Rijkswaterstaat en Dienst Landelijk Gebied.
- Petts, G.E. & Amoros, C., 1996. *Fluvial Hydrosystems*. Chapman & Hall. London.
- Verdonschot, P.F.M., 2010. *Het brede beekdal als klimaatbestendige buffer in de veranderende leefomgeving. Flexibele toepassing van het 5-B-concept in Peel en Maasvallei*. Alterra Wageningen UR. ISBN 978-90-327-0379-0.

Waterplanten

- Pot, R., 2007. *Veldgids water- en oeverplanten; 2e druk*. KNNV-Uitgeverij/Stowa, Utrecht.
- Stowa, 2010. *Handboek Hydrobiologie, 2010*. Deel III hoofdstuk 11. Vegetatie. www.stowa.nl/Thema_s/Handboek_Hydrobiologie/
- Van Geest, G., de Niet, A., Teurlinkx, S., 2011. *Waterplanten langs de Rijntakken*. Deltares, Delft.

Macrofauna

- De Pauw, N. & Vannevel, R., 1991. *Macro-invertebraten en waterkwaliteit*. Antwerpen: Stichting Leefmilieu.
- Stowa 2010. *Handboek Hydrobiologie, 2010*. Deel III hoofdstuk 12. Macrofauna. www.stowa.nl/Thema_s/Handboek_Hydrobiologie/

Vis

- Dorenbosch, M., van Kessel, N., Kranenbarg, J., Spikmans, F., Verberk, W.C.E.P., Leuven, R.S.E.W., 2011. *Nevengeulen in uiterwaarden als kraamkamer voor riviervissen*. Nederlands Centrum voor Natuuronderzoek: Stichting RAVON, Stichting Bargerveen, Radboud Universiteit Nijmegen en Natuurbalans – Limes Divergens, Nijmegen
- Grift, R., 2001. *How fish benefit from floodplain restoration along the lower River Rhine*. Wageningen Univ. Te downloaden van: agris.fao.org/agris-search/search/display.do?f=2001/NL/NL01034.xml;NL2001004279
- Stowa, 2010. *Handboek Hydrobiologie*. Deel III hoofdstuk 13. Vis. www.stowa.nl/Thema_s/Handboek_Hydrobiologie/
- Van Emmerik W. & De Nie, H.W., 2006. *De zoetwatervissen van Nederland. Ecologisch bekeken*. Sportvisserij Nederland, Bilthoven. ISBN 90-810295-1-7

Morfologie

- Gerritsen, H. & Schropp, M., 2010. *Handreiking sedimentbeheer nevengeulen*. Rijkswaterstaat Waterdienst, Lelystad
- Gordon, N.D. McMahon Th., A., Finlayson, B.L., Gippel, C.J., Nathan, R.J., 2004. *Stream Hydrology: An Introduction for Ecologists, 2nd Edition*. Wiley and Sons, Ltd., The Atrium, Southern gate, Chichester. ISBN 978-0-470-84358-1
- Liefveld, W.M & Postma, R., 2007: *Twee rivieren: Rijn en Maas*. Ministerie Verkeer en Waterstaat, ISBN 9789036913843
- Ten Brinke, W., 2005. *De beteugelde rivier. Bovenrijn, Waal, Pannerdensch Kanaal, Nederrijn-Lek en IJssel in vorm*. Natuurwetenschap en Techniek, Veen Magezines, Amsterdam. ISBN 9789076988658
- Van Dam, O., Osté, A.J., de Groot, B., van Dorst, M.A.M., 2007. *Handboek hydromorfologie: Monitoring en afleiding hydromorfologische parameters Kaderrichtlijn Water*. ISBN nummer: ISBN 9789036914512 RWS Waterdienst rapportnummer: WD 2007.006. RWS Data-ICT-Dienst rapp.nr: DID-2007-GPM-027

Colofon

Dit boekje is een uitgave van Rijkswaterstaat. De inhoud is gebaseerd op het rapport 'Handvatten voor nevengeulen in de Rijntakken' van Deltares (Geerling & Van Kouwen, 2011).

Te refereren als: Schoor, M.M., Greijdanus, M., Geerling, G.W., Van Kouwen, L.A.H. & Postma, R. 2011. *Een nevengeul vol leven, handreiking voor een goed ecologisch ontwerp*. Rijkswaterstaat. 2011.

Tekst

Renske Postma *Met andere woorden*

Fotografie

Margriet Schoor: omslag, pag. 8, 17d, 19, 25, 27, 30, 36, 37, 40, 41, 44, 45, 48, 49, 56, 60, 65, 66, 72, 79

Gerben van Geest: pag. 17a t/m 17c, 69

Leon van Kouwen: pag. 11

Arjan Sieben: pag. 29

John van Schie: pag. 15b

© Biopix: pag. 13a t/m 13d, 15a, 53

© Arie Ouwerkerk/www.agami.nl: pag. 15c, 63

Ontwerp en opmaak

2D3D

Begeleiding



Margriet Schoor *Rijkswaterstaat Oost-Nederland* (eindredactie)

Marianne Greijdanus *Rijkswaterstaat Waterdienst*

Gertjan Geerling *Deltares*

Leon van Kouwen *Deltares*

September 2011



Dit is een uitgave van

Rijkswaterstaat

Kijk voor meer informatie op
www.rijkswaterstaat.nl
of bel 0800 - 8002
(ma t/m zo 06.00 - 22.30 uur, gratis)

september 2011 | ON0911DD070