



Handreiking sedimentbeheer nevengeulen

Datum 8 februari 2010
Status Definitief



namen zijn gelakt art. 5.1, tweede lid onder e

Colofon

Uitgegeven door	Rijkswaterstaat Waterdienst
Informatie	www.Helpdeskwater.nl
Uitgevoerd door	[redacted] en [redacted]
Opmaak	[redacted]
Datum	8 februari 2010
Status	Definitief
Versienummer	1

Inhoud

1.	Inleiding 7
1.1	Aanleiding en probleemstelling 7
1.2	Doel 7
1.3	Afbakening 7
2	Morfologische werking hoofdgeul en nevengeul 9
2.1	Afvoerverdeling en stroomsnelheid 9
2.2	Sedimentverdeling en aanzanding 9
3	Bepalende factoren voor beheer en onderhoud 13
3.1	Aantakking en tracé 13
3.2	Lengte- en dwarsprofiel 14
3.3	Constructies en oeververdediging 15
4	Morfologische toetsing nevengeulontwerp 17
4.1	Bepaling van sedimentatie en erosie 17
4.2	Onderhouds- en baggerfrequentie 17
4.2.1	Inleiding 17
4.2.2	Bepalen van de onderhouds- en baggerfrequentie 19
4.3	Kosten voor beheer en onderhoud 20
4.3.1	Sedimentbeheer nevengeul 20
4.3.2	Onderhoud aan kunstwerken en oeververdediging en wegen 21
4.4	Scoretabel sedimentbeheer 22
	Geraadpleegde literatuur 25

1. Inleiding

1.1 Aanleiding en probleemstelling

In het kader van Ruimte voor de Rivier worden in opdracht van de Programmadirectie Ruimte voor de Rivier (PDR) langs de grote rivieren in de periode tot 2015, door initiatiefnemers nevengeulen aangelegd ten behoeve van de hoogwaterveiligheid. Na realisatie worden deze geulen overgedragen aan een (terrein-)beheerder en begint de fase van beheer en onderhoud. Behalve de terreinbeheerder heeft ook de regionale dienst van RWS als rivierbeheerder te maken met de geulen. Dit betreft met name het sedimentbeheer van de geulen zelf, eventueel een intensiever sedimentbeheer van de hoofdgeul en het bewaken van het scheepvaartbelang ten aanzien van en dwarsstromen.

Aanleg en onderhoud zijn twee aparte primaire processen bij RWS, en mede daardoor worden deze niet altijd integraal bekeken. Dit kan ertoe leiden dat in de aanlegfase ontwerpbeslissingen worden genomen die nadelig uitpakken voor beheer en onderhoud. Maar zelfs als aanleg en onderhoud via een Life Cycle Costing-benadering (LCC) wél in samenhang bekeken worden, is dit geen garantie voor een onderhoudsarme nevengeul. Nevengeulen langs de grote rivieren zijn een vrij recent fenomeen waar in het beheer nog weinig ervaring mee is. Achteraf kan dan blijken dat de LCC-benadering door ontoereikende kennis op basis van onjuiste uitgangspunten is uitgevoerd. Het is van belang dit risico te onderkennen en in het ontwerp mee te wegen.

Veel nevengeulprojecten bevinden zich nu vlak voor of na het SNIP 3-beslismoment (projectbesluit). De PDR beoordeelt ontwerpen voor nevengeulen die initiatiefnemers indienen onder meer op beheer- en onderhoudsaspecten. De programmadirectie PDR heeft daarom behoefte aan criteria waarmee de te verwachten kosten voor beheer en onderhoud van nevengeulen beoordeeld kunnen worden. Door deze criteria kenbaar te maken aan initiatiefnemers kunnen ontwerpen voor nevengeulen worden geoptimaliseerd, en worden relevante ontwerpaspecten hierin meegenomen.

1.2 Doel

Het doel van deze notitie is om de PDR criteria mee te geven voor het beoordelen van morfologische aspecten van nevengeulen in beheer- en onderhoudsplannen die door initiatiefnemers worden ingediend. De invalshoek is het minimaliseren van de beheer- en onderhoudsinspanning, zonder geweld te doen aan de primaire doelstellingen van de nevengeul (rivierverruiming, ecologie, ruimtelijke kwaliteit).

1.3 Afbakening

In deze notitie wordt de volgende afbakening aangehouden:

- De toetsingscriteria hebben uitsluitend betrekking op het sedimentbeheer van nevengeulen. Het vegetatiebeheer van nevengeulen wordt niet beschouwd, omdat dit nagenoeg los staat van de morfologische ontwikkeling van nevengeulen.
- De toetsingscriteria zijn primair gericht op nevengeulen die in opdracht van de PDR worden aangelegd. Dit betekent dat het accent zal liggen op de Rijntakken en in mindere mate op de Maas of de Rijn-Maasmonding.

- Gezien het krappe tijdschema zijn de toetsingscriteria opgesteld op basis van reeds beschikbare kennis, en die is opgedaan door een korte literatuurstudie van praktijkervaringen met reeds aangelegde nevengeulen, en door middel van expert judgement.

2 Morfologische werking hoofdgeul en nevengeul

2.1 Afvoerdeling en stroomsnelheid

Een nevengeul in de uiterwaard verruimt het doorstroomprofiel van de rivier en geeft zo een verlaging van de (maatgevende) hoogwaterstanden. Als waterstandsverlaging het enige doel is, dan volstaat een eenzijdig aangetakte geul; alleen bij hoogwater is meestromen noodzakelijk. Een dergelijke geul heeft bij voorkeur zo ver mogelijk bovenstrooms een relatief hoge drempel, omdat dit de instroom van zand bij hoogwater, en dus de onderhoudslasten, beperkt. Wel zullen eenzijdig aangetakte geulen met een hogere sliblast te maken hebben dan tweezijdig aangetakte geulen¹. Door het stijgen van de waterstand op de rivier stroomt slibrijk water de nevengeul in, het slib zakt in het stagnante water uit, en bij het dalen van de waterstand stroomt slibarm water de geul uit. Waterstandsfluctuaties als gevolg van scheepsbewegingen hebben een vergelijkbaar effect. Behalve bij een incidenteel hoogwater is er geen doorspoeling van slib en plantenresten, en op de lange termijn zal de geul verlanden. Het proces van aanslibbing van een eenzijdig aangetakte geul is vergelijkbaar met dat in havens langs een rivier.

Behalve hoogwaterveiligheid dienen nevengeulen vaak ook een ecologisch doel. Dit vertaalt zich in de ontwerpeisen ondiep, langzaam stromend water over een zo groot mogelijk afvoerbereik. Deze eisen worden gerealiseerd door een tweezijdig aangetakte geul met een diepe thalweg en flauw glooiende oevers. Langzaam stromend water wordt gerealiseerd met een afvoerregelwerk. Dit is een lokale vernauwing van het doorstroomprofiel waardoor energieverlies optreedt en de afvoer door de nevengeul beperkt wordt. In principe is dit regelwerk een vaste constructie (drempel, versmalling), tenzij er dwingende redenen zijn om er een beweegbare constructie van te maken. Een lagere geulafvoer bij een nagenoeg gelijkblijvend doorstroomprofiel geeft lagere stroomsnelheden, en behalve een ecologisch doel dient dit ook een morfologisch doel. Een kleine geulafvoer beperkt de instroom van sediment in de nevengeul en de lage stroomsnelheden zorgen voor een lage morfodynamiek in de geul zelf. Als vuistregel voor de stroomsnelheid wordt vaak een ontwerpwaarde van 0,30 m/s gehanteerd. Dit is laag genoeg om het zand op de geulbodem niet in beweging te brengen en hoog genoeg om rivierorganismen die afhankelijk zijn van stromend water te laten gedijen. De bijbehorende geulafvoer ligt in de orde van een paar procent van de totale rivierafvoer. Het afvoerregelwerk kan zich op een willekeurige plaats in het tracé van de nevengeul bevinden, en tevens dienst doen als oeververbinding naar het eiland dat door nevengeul en hoofdgeul wordt omsloten.

2.2 Sedimentverdeling en aanzanding

Voor het morfologisch gedrag van een systeem bestaande uit een hoofdgeul en een permanent meestromende nevengeul, is vooral het afvoerbereik van iets onder gemiddeld tot aan de lagere hoogwaters belangrijk. Bij lagere afvoeren is het sedimenttransport gering en de hogere hoogwaters komen te weinig voor om voor de morfologie van de rivier bepalend te zijn. Sedimentatie in nevengeulen bestaat uit zand en slib, maar bij permanent meestromende geulen is alleen zand van

¹ Eenzijdig en tweezijdig aangetakt zijn geen absolute begrippen, maar zeggen veeleer iets over de frequentie van meestromen (zelden – vaak). Als de waterstand maar hoog genoeg is, is elke nevengeul tweezijdig aangetakt.

invloed op de morfologische ontwikkeling van een geul. Slib wordt wel in de geul afgezet maar krijgt door het natte milieu meestal niet de kans om te consolideren en wordt bij het jaarlijkse hoogwater weer weggespoeld. Sedimentatie in de hoofdgeul bestaat uitsluitend uit zand.

Een permanent stromende nevengeul betekent een verruiming van het totale doorstroomprofiel, ook bij gemiddelde afvoerstandigheden. De sedimenttransportcapaciteit van beide geulen opgeteld, is echter altijd kleiner dan van de onverdeelde hoofdgeul. Dit betekent dat er een morfologische aanpassing van het profiel plaatsvindt om de sedimenttransportcapaciteit weer in evenwicht te brengen met het sedimentaanbod van bovenstrooms. Morfologische aanpassing wil zeggen dat de hoofdgeul en/of de nevengeul aanzandt. De mate waarin elk van beide geulen aanzandt hangt af van de sedimentverdeling tussen hoofdgeul en nevengeul in relatie tot de afvoerverdeling. De geul die in relatie tot de afvoer het meeste sediment ontvangt zandt het meeste aan. De aanzanding begint aan de bovenstroomse zijde van de hoofdgeul en/of nevengeul en breidt zich in benedenstroomse richting uit.

Het gegeven dat altijd in minstens één van beide geulen aanzanding optreedt, betekent dat bij het ontwerp een keuze gemaakt moet worden hoe de aanzanding over beide geulen wordt verdeeld. Bij de tot nu toe aangelegde nevengeulen is er meestal voor gekozen om de nevengeul te ontzien en de aanzanding vooral in de hoofdgeul te laten plaatsvinden. De overwegingen daarbij zijn dat:

- frequent baggerwerk in de nevengeul de ecologische ontwikkeling verstoort;
- een nevengeulafvoer van een paar procent een trajectgemiddelde aanzanding in de hoofdgeul geeft van slechts 1 à 2 dm en dit niet altijd tot een scheepvaartknelpunt hoeft te leiden;
- de hoofdgeul voor baggermaterieel beter bereikbaar is en onderhoud dus goedkoper is uit te voeren;
- baggerwerk in de hoofdgeul vaak kosteneffectief meegenomen kan worden in een regulier baggeronderhoudsprogramma.

De maximaal toelaatbare aanzanding in de hoofdgeul in verband met de scheepvaart is per riviertak verschillend. Op de IJssel is nauwelijks ruimte, de meeste ruimte is op de Nederrijn vanwege het gestuwde karakter, en de Waal neemt een middenpositie in. De kosten voor het onderhoudsbaggerwerk in de hoofdgeul komen ten laste van de SLA Hoofdvaarwegen en dus uiteindelijk van DGLM en niet DGW. De budgetten voor beheer en onderhoud, en dus ook voor baggerwerk, staan echter al jaren onder druk. Het sedimentbeheer van nevengeulen komt mogelijk wel ten laste van de SLA Hoofdwatersystemen.

Hoewel op grond van kosten en andere overwegingen wel een voorkeur kan worden uitgesproken voor het verdelen van de mate van aanzanding tussen hoofdgeul en nevengeul, is het realiseren van de gewenste verdeling nog niet eenvoudig. Waar de afvoerverdeling tussen beide geulen goed te sturen is, geldt dit niet voor de sedimentverdeling. In tegenstelling tot de afvoerverdeling wordt de sedimentverdeling bepaald door de lokale geometrie van het splitsingspunt van hoofdgeul en nevengeul. Er is wel aan te geven welke factoren van invloed zijn op de sedimentverdeling, maar de morfologische kennis schiet tekort om dit om te zetten in kwantitatief geformuleerde ontwerpeisen.

De factoren die een laag sedimenttransport richting nevengeul opleveren zijn de volgende:

- aantakking van de nevengeul in een buitenbocht van de hoofdgeul;
- een flauwe hoek van aantakking tussen hoofdgeul en nevengeul;
- een groot en abrupt verschil in bodemhoogte tussen hoofdgeul en nevengeul.

De eisen beogen te voorkomen dat zand dat zich vlak boven de bodem voortbeweegt de nevengeul bereikt. Keerzijde van het realiseren van deze ontwerpeisen is dus wel een hogere sedimentlast voor de hoofdgeul.

3 Bepalende factoren voor beheer en onderhoud

3.1 Aantakking en tracé

Bovenstroomse aantakking van de geul

De sedimentverdeling tussen hoofdgeul en nevengeul wordt voor een belangrijk deel bepaald door de bovenstroomse aansluiting van de nevengeul op de hoofdgeul. Een buitenbocht van de rivier is dieper dan een binnenbocht en het sedimenttransport is er van de buiten- naar de binnenbocht gericht. Beide factoren zorgen voor een lage sedimentlast bij aantakking van een nevengeul in een buitenbocht, en een hoge sedimentlast bij aantakking in een binnenbocht.

In tegenstelling tot wat misschien intuïtief verwacht zou worden, is bij riviersplitsingen het sedimenttransport richting de aftakkende geul groter naarmate de hoek van aftakking groter is. Dit zgn. Bulle-effect is vooral van belang bij riviersplitsingen in twee min of meer gelijkwaardige geulen. Nevengeulen langs de rivieren zijn over het algemeen echter veel kleiner dan hoofdgeulen, en dan speelt dit effect maar een kleine rol.

Benedenstroomse aantakking van de geul

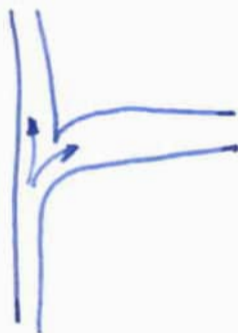
Een benedenstroomse aantakking van de nevengeul in een ondiepe binnenbocht belemmert de uitstroming uit de nevengeul, hoewel het effect bij hoogwater beperkt zal zijn. Een doorgraving door een ondiepe binnenbocht blijft niet lang in stand en is dus geen duurzame oplossing. Om een permanent open verbinding tussen nevengeul en hoofdgeul te verzekeren, geniet een benedenstroomse aantakking op een diepe buitenbocht de voorkeur.

Tracé van de geul

Een nevengeul die een rivierbocht afsnijdt kent een groot verhang en dus hoge stroomsnelheden. Dit is zeer effectief met het oog op verlaging van de hoogwaterstanden. Hoge stroomsnelheid betekent een hoge morfodynamiek en daardoor is een stabiel evenwicht tussen de instroom van sediment en de sedimenttransportcapaciteit van de geul moeilijk te bereiken. Er bestaat het risico van voortgaande uitschuring van de nevengeul, wat uiteindelijk kan leiden tot een volledige bochtafsnijding. Dit risico is te beperken door een afvoerregelwerk in het tracé op te nemen of door de nevengeul aan de bovenstroomse zijde niet aan te sluiten, zodat de geul alleen bij hoogwater meestroomt. Vanwege de hoge hydraulische belasting zal het noodzakelijk zijn de bovenstroomse drempel te verdedigen.

In een uiterwaard treedt de grootste morfologische activiteit op nabij het zomerbed. Hier vinden bij hoogwater zandafzettingen en de vorming van oeverwallen plaats. Voorkomen moet worden dat de in- en uitstroomopening en het tracé van de nevengeul gesitueerd worden op locaties die gevoelig zijn voor oeverafzettingen. Of dit aan de orde is kan beoordeeld worden aan de hand van waargenomen zandafzettingen op de oever na een hoogwater, of door te toetsen of de (met WAQUA berekende) stroomlijnen bij hoogwater op de oever gericht zijn.

Indien bij hoogwater de stroomlijnen een hoek maken met het tracé van de nevengeul, leidt dit tot oevererosie en verondieping van de nevengeul. Het geultracé dient daarom zo veel mogelijk parallel te lopen met de stroomlijnen bij hoogwater.



Dit betekent dat een nevengeul slechts flauw kan meanderen in de uiterwaard, omdat anders de stroomlijnen het geultracé niet kunnen volgen.

3.2 Lengte- en dwarsprofiel

Drempels en afvoerregelwerken

De meestroomfrequentie van een nevengeul is in hoge mate bepalend voor de sedimentlast. Een eenzijdig aangetakte geul stroomt zelden mee en kent dus een relatief lage sedimentlast. Het slib dat zich in de geul afzet spoelt bij hoogwater bovendien voor een belangrijk deel weer weg. De sedimentlast is nog lager indien de geul niet permanent is aangetakt, maar alleen bij hogere waterstanden. Bij lagere waterstanden is de geul van de rivier afgesloten en is er dus ook geen morfodynamiek.

Een tweezijdig aangetakte geul stroomt permanent mee en geeft een hogere sedimentlast, meestal bestaande uit zand. Bij dit type geul is de sedimentlast te verkleinen door met een afvoerregelwerk de geulafvoer te beperken, en daarmee de instroom van sediment.

Dwarsprofiel van de nevengeul

De grootte van het dwarsprofiel van de geul wordt hoofdzakelijk bepaald door de te behalen waterstandsdeling. Daarbij zijn breedte en diepte in zekere mate uitwisselbaar. Bij een eenzijdig aangetakte geul is dan uit het oogpunt van sedimentbeheer een smal en diep profiel te verkiezen boven een breed en ondiep profiel. Een smalle, diepe geul heeft een kleiner wateroppervlak waardoor het uitwisselingsvolume bij waterstandsfluctuaties kleiner is en dus ook de slibvracht richting nevengeul.

Er is een relatie tussen de helling van het oevertalud en de vegetatieontwikkeling. Voor het behalen van de vereiste waterstandsdeling volstaat meestal een geul met steil talud, waardoor tevens weinig begroeiing op de oever kan ontstaan. Vanuit een ecologische optiek genieten flauwe taluds (minder dan 1:20) de voorkeur. Hierdoor ontstaat in de nevengeul een brede vegetatiezone die beheerd dient te worden.

Het verdient aanbeveling het dwarsprofiel in het ontwerp iets ruimer te dimensioneren dan voor de te behalen waterstandsdeling nodig is. De beheerruimte die zo ontstaat verlaagt de onderhoudsfrequentie waardoor het onderhoud kosteneffectiever uitgevoerd kan worden.

Zandvang

Een zandvang is een lokale, aanzienlijke verruiming van het doorstroomprofiel met als doel de stroomsnelheden sterk te reduceren om zo sediment in te vangen. De sedimentatie concentreert zich zo op een vooraf bepaalde locatie, wat met het oog op onderhoudsbaggerwerk efficiënt kan zijn. Omdat nagenoeg al het sediment wordt afgevangen, is het te verwijderen volume in het geval van een zandvang wel iets groter dan in het geval zonder. Het water dat de zandvang verlaat is sedimentarm, en daardoor treedt op het benedenstroomse geultraject erosie op. Het aanleggen van een zandvang is het meest zinvol vlak benedenstrooms van de instroomopening, omdat dan het traject waarover sedimentatie plaatsvindt zo kort mogelijk is. Een korte, diepe zandvang is te zien als een vorm van beheerruimte, omdat het grotere doorstroomprofiel alleen zorgt voor sedimentberging maar nauwelijks bijdraagt aan de waterstandsverlaging.

3.3 Constructies en oeververdediging

Bescherming van kribben

Het tracé van de geul dient zo ver mogelijk weg te blijven van de worteleinden van de kribben om aantasting en achterloopsheid van de krib te voorkomen. Vaak zal het niet mogelijk zijn aan deze eis te voldoen, omdat de geul in een kribvak aantakt en de inlaat een flauwe hoek maakt met de rivieras. In dat geval dient het worteleinde van de krib beschermd te worden.

Oevererosie en oeververdediging

Aangezien een nevengeul in principe onverdedigde oevers heeft, is een zekere mate van oevererosie onvermijdelijk, en in het geval van de vorming van steilranden zelfs ecologisch gewenst. Het is verstandig om aan weerszijden van de geul een strook van enkele tientallen meters vrij te laten waar oevererosie vrij spel heeft. Dit betekent dat in deze strook geen kwetsbare objecten als bandijken, zomerkades, kribben en wegen mogen liggen. Oevererosie is vooral te verwachten langs turbulente zones bij stroomvertragingen, zoals benedenstrooms van een brug, een afvoerregelwerk of een andere profielvernaauwing. De turbulentie is eventueel te reduceren door het doorstroomprofiel te verruimen, mits natuurlijk de toename van de geulafvoer die hiermee gepaard gaat niet leidt tot ongewenste morfologische effecten zoals aanzanding van de hoofdgeul. Verdediging van de geuloever is noodzakelijk op locaties waar sprake is van hoge stroomsnelheden in combinatie met weinig ruimte om oevererosie toe te staan. Oeververdedigingen dienen in lengterichting ver genoeg doorgezet te worden om te voorkomen dat benedenstrooms van de verdediging alsnog erosie optreedt.

Oevererosie is het verplaatsen van bodemmateriaal van de oevers naar de diepere delen van de geul. Hoewel door wegspoelen van materiaal het netto doorstroomprofiel iets kan toenemen, is een bredere maar ondiepere geul hydraulisch minder efficiënt. De waterstandsdaling wordt door oevererosie dan ook deels teniet gedaan en dit maakt onderhoudsbaggerwerk in de geul op termijn noodzakelijk. De kosten van investeren in oeververdediging moeten worden afgewogen tegen de extra beheer- en onderhoudskosten bij erosie en hoe vaak dit zal gaan optreden tijdens de levensduur van de geul. Een LCC-benadering biedt hier uitkomst.

Stabiliteit van wegen in de uiterwaard

Bij wegen in de uiterwaard die een hoek maken met de stroomlijnen bij hoogwater, is de overgang van de wegverharding naar de onverdedigde bodem een aandachtspunt. Bij hoogwater kan op de wegverharding schietend water ontstaan dat vervolgens boven de onverdedigde bodem met veel turbulentie wordt afgeremd. Dit leidt tot erosie van de wegberm en uiteindelijk ondermijning van de weg. In de Gamerense Waard is dit probleem uiteindelijk opgelost door de wegberm te verdedigen met grasklinkers. Bij de Bakenhof is als oplossing net benedenstrooms en parallel aan de weg een lage drempel aangelegd. Dit zorgt voor een grotere waterdiepte boven de weg en zo wordt voorkomen dat schietend water ontstaat.



Erosie van toegangsweg en brug bij Gameren na aanleg (2000) en verbeteringsmaatregelen (2005).

4 Morfologische toetsing nevengeulontwerp

4.1 Bepaling van sedimentatie en erosie

Zoals aangegeven in hoofdstuk 3 zijn de volgende factoren belangrijk of er sprake is van sedimentatie of erosie in de nevengeul. Deze factoren bepalen indirect de kosten voor beheer en onderhoud:

- éézijdige of tweezijdige aantakking;
- drempelhoogte aan de ingang, en is bepalend voor de meestroomfrequentie;
- wel of geen afvoerregelwerk;
- ligging van het geultracé ten opzichte van het zomerbed;
- dwarsprofiel van de geul en de lengte-verhouding nevengeul/hoofdgeul (indien er géén afvoerregelwerk is opgenomen).

4.2 Onderhouds- en baggerfrequentie

4.2.1 *Inleiding*

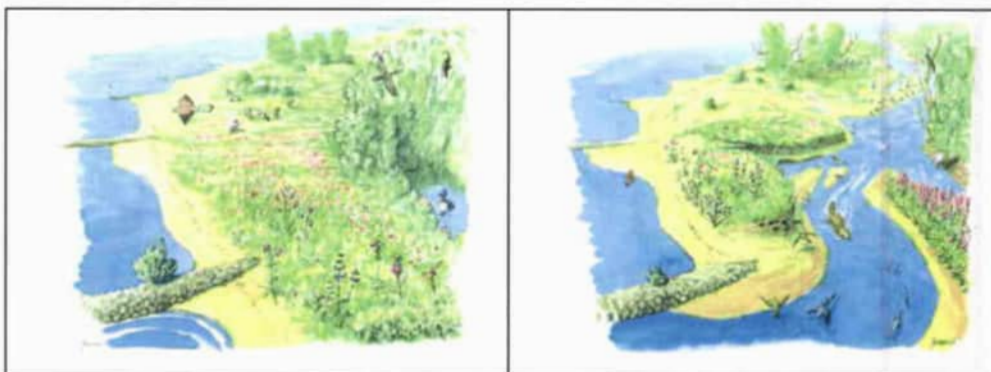
Bij het ontwerp van nevengeulen als maatregel voor Ruimte voor de Rivier is zowel het veiligheidsdoel als het natuurdoel van belang. Vaak wordt ervan uitgegaan dat de nevengeul morfologisch stabiel zal zijn, maar in de praktijk zal de aangelegde nevengeul slechts het beginstadium vormen. Doordat de huidige rivier sterk beteugeld is, zullen nevengeulen op termijn verzanden, zie onderstaande figuur.



Dit is echter in strijd met de veiligheidsdoelstelling om waterstandsvaling in de rivier te bereiken en in stand te houden. Periodiek uitgraven van nevengeulen is nodig om het waterstandsverlagend effect te behouden, maar omwille van het behoud van ecologische waarden in het systeem dient het uitgraven niet te vaak te gebeuren.

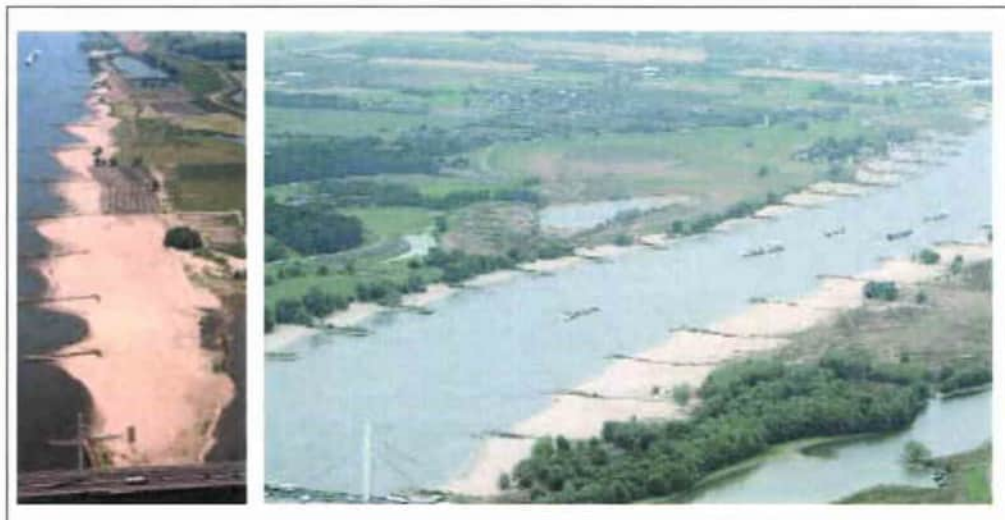
Hoewel de vereiste frequentie van uitgraven moeilijk te voorspellen is, is het waarschijnlijk dat de frequentie vanuit van hoogwaterveiligheid hoger zal zijn dan vanuit natuurbeheer wenselijk is. Een lage baggerfrequentie is mogelijk indien verondieping van de nevengeul niet onmiddellijk leidt tot een ontoelaatbare verhoging van de Maatgevende Hoogwaterstand (MHW).

In het algemeen hangt de onderhouds- en baggerfrequentie van een nevengeul af van de doelstellingen die er op liggen. Voor onderhoud en baggerwerkzaamheden zijn met name de doelstellingen vanuit veiligheid en natuur belangrijk. Daarnaast zijn kosten voor beheer en onderhoud in relatie tot het beschikbare budget van belang. De baggerfrequentie kan bepaald worden op basis van de beginselen van cyclisch beheer. Cyclisch beheer houdt rekening met veiligheid en met natuur en betreft het nabootsen van het natuurlijke erosieproces. Hierdoor worden (delen van) uiterwaarden door afgraven weer teruggezet in de pionierfase. Doordat onze rivieren vastliggen tussen kribben, harde oevers en strekdammen treden natuurlijke processen zoals erosie, waarbij de successie weer wordt teruggezet in vroegere stadia, nauwelijks meer op.



In de linkerfiguur is een uiterwaard zichtbaar die zich in 10 tot 20 jaar heeft ontwikkeld tot een soortenrijk natuurgebied. Er is een ooibos met spechten, bevers en broedende aalscholvers en er ligt een steeds verder ophogende oeverwal met stroomdalgraslandvegetatie en duinriet. Door het ontbreken van natuurlijke processen als erosie vindt alleen 'opbouw' (successie) plaats en nauwelijks 'afbraak'. Gevolg is een steeds ouder wordend ooibos, steeds dichter wordend grasland en het verdwijnen van soorten behorend bij jonge successiestadia. Hierdoor wordt een heel scala aan voor het rivierengebied karakteristieke soorten uitgesloten. Door periodiek ingrijpen worden de Maatgevende Hoogwaterstanden gehandhaafd, maar kunnen ook pionierhabitats weer terugkeren. In de rechterfiguur is te zien hoe door periodiek ingrijpen deze habitats terugkeren, terwijl delen van de oude stadia van stroomdalgrasland en ooibos behouden blijven.

Een goed voorbeeld van dit cyclisch beheer is de Ewijkse Plaat, een uiterwaard langs de Waal bij Beuningen (zie figuur op de volgende bladzijde). In het najaar van 1988 is deze plaat afgegraven waardoor een pioniersituatie is ontstaan. De plaat heeft daarna diverse successiestadia doorlopen waarbij pionier-soorten zijn verdwenen en ruigtes, zachthoutstruweel en zachthoutooibos tot ontwikkeling zijn gekomen.



Begrazing heeft vanaf een vroeg stadium plaats gevonden, maar dat kon de bosontwikkeling niet stuiten. Het terrein zal uiteindelijk vooral uit volwassen ooibos bestaan (Bron: Cyclisch beheer uiterwaarden, Peters, 2006).

4.2.2

Bepalen van de onderhouds- en baggerfrequentie

Voor het bepalen van de onderhouds- en baggerfrequentie is het raadzaam eerst na te gaan wat de doelstellingen zijn voor de betreffende uiterwaard en wat dat betekent voor de onderhouds- en baggerfrequentie. Daarnaast kunnen beheerkosten en beschikbaar budget een rol spelen, waarbij het beheer en onderhoud zo efficiënt mogelijk moeten worden uitgevoerd. Vanuit de veiligheidsdoelstellingen kan onderhoud en baggerwerk nodig zijn voor het behalen van de hydraulische taakstelling of het niet in gevaar brengen van de scheepvaart.

Als gevolg van het dichtslibben van een nevengeul of de ontwikkeling van struweel of bos langs de geul kan de MHW ontoelaatbaar verhoogd worden. Daarnaast kan de ontwikkeling van struweel of bos de zicht- of radarlijnen voor scheepvaart blokkeren. Aan de hand van de taakstelling, het inrichtingsplan, de vegetatieontwikkeling en sedimentatie kan worden ingeschat na hoeveel jaar ingrijpen noodzakelijk is. Van hieruit kan worden aangegeven hoe vaak gebaggerd moet worden (sedimentbeheer) of hoe frequent struweel of bos langs de geul moet worden teruggezet om opstuwing te voorkomen (vegetatiebeheer).

De natuurdoelstellingen komen veelal voort uit Europees en Nationaal beleid (KRW, N2000, EHS) en bij inrichting en beheer hebben we te maken met wet- en regelgeving (NB-wet, FF-wet). Een natuurdoel voor een nevengeul zou kunnen zijn dat hij permanent moet meestromen, met veel pioniersituaties voor vis (KRW). Een ander natuurdoel zou kunnen zijn dat hij eenzijdig aangetakt is, met veel invloed van kwel om zodoende specifieke kwelvegetaties tot ontwikkeling te laten komen. Of een natuurdoel zou kunnen zijn dat het een nevengeul met rivierbegeleidend ooibos is. In deze natuurdoelstellingen is impliciet ook aangegeven of de focus meer op pioniersituaties ligt of op situaties die wat verder in de vegetatiesuccessie zijn.

Indien een pioniersituatie moet worden nagestreefd, dan zou een frequentie van 1-5 jaar gehanteerd kunnen worden. Wanneer de doelstelling gericht is op de ontwikkeling van latere successiestadia dan is een frequentie van één keer in de 10-20 jaar of langer gewenst. Daarnaast kunnen ook andere doelstellingen of wet- en regelgeving van invloed zijn op de frequentie. Bijvoorbeeld de Kaderrichtlijn Water die een eis kan voorschrijven van bijvoorbeeld permanent watervoerend zijn van de nevengeul. Deze ontwerpeis zal zich doorvertalen naar het beheer- en onderhoud en frequentie van ingrijpen.

Omdat er nog niet veel ervaring is opgedaan met het sedimentbeheer van nevengeulen, is het lastig om daar nu al een beheer- en onderhoudsfrequentie voor op te geven. Wel is het mogelijk om een paar uitgangspunten te formuleren. Het eerste uitgangspunt is een gemiddelde sedimentatiesnelheid (ongeacht de Rijntak) van 1 tot 2 cm per jaar. Het tweede uitgangspunt is om de nevengeul vanuit ecologisch oogpunt niet vaker dan één keer in de 5-10 jaar te baggeren vanwege een ongestoorde ontwikkeling van het ecologisch systeem (waterplanten, vissen en macrofauna). Met deze uitgangspunten kan de benodigde beheerruimte in het geulontwerp geschat worden op ca. 10 tot 20 centimeter. Dit is een gemiddelde waarde en kan per uiterwaard hoger of lager zijn. Door beheerruimte in het ontwerp op te nemen is het voor veiligheid niet meteen nodig om in te grijpen, en is een ongestoorde ecologische ontwikkeling van de uiterwaard mogelijk. Wel is het raadzaam de ontwikkelingen van het ecologisch systeem en de morfologische processen van nevengeulen in een aantal uiterwaarden langjarig te blijven monitoren, zodat daarmee kennis wordt opgebouwd over de ecologie en morfologie van nevengeulen.

4.3 Kosten voor beheer en onderhoud

4.3.1 Sedimentbeheer nevengeul

De jaarlijkse kosten voor beheer en onderhoud zijn lastig te bepalen. Enerzijds zijn de mate van sedimentatie- of erosie van de geul hiervoor bepalend. Anderzijds is er nog een belangrijke keuze te maken, welke mate van verondieping van de geul aanleiding is om te baggeren. Vanuit hoogwaterveiligheid speelt niet alleen verondieping van de geul een rol, maar vooral ook de vegetatie in de uiterwaard.

Het uitbaggeren van de geul en terugsnoeien van de vegetatie zijn belangrijke beheersmaatregelen voor de veiligheidsdoelstelling. Voor de doelstelling van ruimtelijke kwaliteit wordt o.a. gekeken naar ecologische en landschappelijke waarden in het gebied, waar de beheersmaatregelen rekening mee moeten houden. Dit kan betekenen dat het voor ecologie en ruimtelijke kwaliteit beter is om minder vaak in te grijpen dan vanuit veiligheid ingegeven. Om de doelstellingen natuur- en veiligheid te verenigen, is het raadzaam om de nevengeul over te dimensioneren en extra beheerruimte op te nemen in het ontwerp zodat de frequentie van ingrijpen afneemt met minder verstoring voor natuur. Hieronder zijn voor enkele nevengeulen langs de Rijntakken de gemeten aanzandingssnelheden gegeven.

Aanzandingssnelheden (zie geraadpleegde literatuur):

1. zandwinplas: 5 tot 20 cm/jaar, afhankelijk van factoren in hoofdstuk 3:
 - o Gameren zandwinplas : 10 tot 15 cm per jaar. Huidige diepte ca. 10 tot 15 meter. Na twintig jaar is de verondieping ca. 2 tot 3 m (zie lodingsgegevens 2008 en 2002);
 - o Beneden-Leeuwen : 6 cm tot 20 cm per jaar, inclusief hoogwater;

2. nevengeul: 0,2 tot 10 cm/jaar, afhankelijk van factoren in hoofdstuk 3:
 - o Gameren: oostgeul: 5 tot 10 cm per jaar, en is na twaalf jaar dicht gesedimenteerd;
 - o Gameren westgeul: 2 tot 8 cm per jaar, als basis voor de aanname van 2000 m³/jr sedimentatie voor deze tweezijdig aangetakte nevengeul langs de Waal;
 - o Gameren grote geul: 5 tot 11 cm per jaar en vooral sedimentatie in de diepere delen;
 - o Duursche Waarden: 0,2 tot 3 cm per jaar, inclusief hoogwater;
 - o Stiftse Waarden: 0,5 tot 3 cm per jaar, inclusief hoogwater.

3. zomerbed (bij Gameren): -10 tot -20 cm erosie tot + 5 cm sedimentatie.

Met geschatte aanzandingssnelheden eenheidsprijzen kunnen de B&O kosten worden berekend. Op grond van metingen in de westelijke nevengeul van Gameren wordt de aanzanding geschat op 2000 m³/jaar (Schropp, 2009). De eenheidsprijs wordt geschat op € 15,-/m³ met marge van ± € 5,-/m³, excl. afvoer- en verwerkingskosten. Met deze getallen is het jaarlijks onderhoudsbedrag voor het sedimentbeheer in de westgeul van Gameren te schatten 2000 m³/jr x € 15,- /m³ = € 30.000,-/jr, excl. transport en verwerking. Voor een willekeurig andere nevengeul dient met tabel 1 te worden bekeken welke factoren anders zijn dan de westgeul van Gameren (2-zijdig aangetakt, Waal, meestroomfrequentie 329 dagen/jr, etc.). Daarmee kan een inschatting worden gemaakt van te verwachte aanzandingssnelheid [cm/jr] en sedimentatiehoeveelheden [m³/jaar] voor deze willekeurig andere nevengeul.

Het jaarlijkse bedrag voor sedimentbeheer is met een grote marge omgeven als gevolg van onzekerheden in het jaarlijkse aanzandingsvolume, de te hanteren eenheidsprijzen, eventuele opbrengsten uit de verkoop van het zand of afzet- en verwerkingsmogelijkheden van slib. Bij andere uitgangspunten resulteert een ander, meestal hoger bedrag. Daarom wordt aanbevolen om het jaarlijkse bedrag voor sedimentbeheer bij te stellen zodra er meer praktijkgegevens beschikbaar komen van aanzandingssnelheden en onderhoud van nevengeulen in de komende jaren.

4.3.2

Onderhoud aan kunstwerken en oeververdediging en wegen

Het is niet zinvol een relatie te leggen tussen rivierkundige parameters en het specifieke onderhoud aan kunstwerken, oeververdediging en wegen in de uiterwaard. Wel kan er met behulp van B&O-kentallen voor deze specifieke objecten de jaarlijkse onderhoudskosten worden berekend. Deze kentallen gelden bij normale rivierafvoeren en waterstanden. Er wordt géén rekening gehouden met extra onderhoud bij extreme rivierafvoeren. In de hierboven genoemde eenheidsprijs van € 15,-/m³ is het onderhoud aan kunstwerken, oeververdediging en wegen in de uiterwaard niet opgenomen.

4.4 **Scoretabel sedimentbeheer**

In tabel 1 is een samenvatting gegeven van welke factoren bepalend zijn voor de kosten van het sedimentbeheer van nevengeulen. De toepassing van de tabel bestaat eruit dat het een maatlat is waarlangs een ontwerp voor een nevengeul gelegd wordt. Iedere factor in de eerste kolom wordt getoetst aan de criteria in de tweede en derde kolom.

Het totaal van de scores per factor, gecombineerd met het belang van iedere factor voor de B&O-kosten, geven een indruk of de B&O-last van een geulontwerp groot of klein is. Omgekeerd kan de tabel gebruikt worden om een ontwerp voor een nevengeul te maken of bij te stellen waarbij het doel is de onderhoudslasten te minimaliseren.

De score van een geulontwerp op B&O is kwalitatief van aard en is niet kwantitatief uitgewerkt. De reden hiervoor is dat de scores op de verschillende factoren zich niet zonder meer laten optellen. Dit zou een weging van de scores vergen die verder gaat dan de 'groot' of 'klein', zoals nu toegepast.

Tabel 1 Scoretabel bepalende factoren voor het sedimentbeheer

Factor	Effect op sedimentlast / schade aan de nevengeul		Belang voor B&O-kosten	Toelichting
	Gunstig	Ongunstig		
Riviertak	Nederrijn, Lek	Bovenrijn, Waal, Merwede, Pan. Kanaal, IJssel	Groot	Nederrijn en Lek zijn gestuwd waardoor de morfologische activiteit hier gering is.
Eénzijdig of tweezijdig aangetakt	Eenzijdig aangetakt	Tweezijdig aangetakt	Groot	Bij tweezijdige aantakking stroomt de geul mee bij lage en hoge afvoeren en is de sedimentlast hoger dan bij éénzijdige aantakking.
Bovenstroomse aantakking in binnen- of buitenbocht van het zomerbed	Aantakking in buitenbocht	Aantakking in binnenbocht	Klein	Door de spiraalstroom is het sedimenttransport naar de binnenbocht gericht.
Benedenstroomse aantakking in binnen- of buitenbocht van het zomerbed	Aantakking in buitenbocht	Aantakking in binnenbocht	Klein	De ondiepe binnenbocht belemmert de uitstroming uit de nevengeul.
Bodemhoogteverschil tussen hoofdgeul en nevengeul bij bovenstroomse aantakking	Groot en abrupt	Klein en geleidelijk	Klein	Een bodemsprong beperkt het bodemtransport naar de nevengeul.
Oriëntatie van de bovenstroomse aantakking ten opzichte van het zomerbed	Parallel aan zomerbed	Haaks op zomerbed	Klein	Door het Bulle-effect trekt een haakse aantakking meer sediment aan.
Oriëntatie van de bovenstroomse aantakking ten opzichte van de stroomlijnen bij hoogwater	Haaks of parallel rivierwaarts gericht	Parallel geulwaarts gericht	Groot	Een parallelle geulwaartse oriëntatie kan bij hoogwater tot een aanzienlijke sedimentlast leiden.
Ligging van het geultracé ten opzichte van het zomerbed.	Diep in de uiterwaard	Nabij het zomerbed	Groot indien de locatie gevoelig is voor oeverafzetting, anders klein.	Sediment dat bij hoogwater normaliter op de oever wordt afgezet, komt in de nevengeul terecht als deze dicht bij de rivier ligt.
Oriëntatie van het geultracé ten opzichte van de stroomlijnen bij hoogwater	Nevengeul parallel aan stroomlijnen	Nevengeul haaks op stroomlijnen	Klein	Parallele oriëntatie zorgt voor uitschuring van de geul, haakse oriëntatie voor erosie van de geuloever.
Lengteverhouding nevengeul / hoofdgeul	Nevengeul langer dan hoofdgeul	Nevengeul korter dan hoofdgeul	Groot indien er geen afvoerregelwerk is, anders klein	De lengteverhouding bepaalt het verhang in de nevengeul en daarmee de grootte van het debiet en het sedimenttransport.

Factor	Effect op sedimentlast / schade aan de nevengeul		Belang voor B&O-kosten	Toelichting
	Gunstig	Ongunstig		
Regelwerk voor de afvoer	Aanwezig	Afwezig	Groot	Beperking van de afvoer door de nevengeul beperkt ook de sedimentinstroom naar de geul.
Afmetingen van het dwarsprofiel van de nevengeul	Klein dwarsprofiel	Groot dwarsprofiel	Groot indien er geen afvoerregelwerk is, anders klein	Breedte en diepte van de geul bepalen mede de geulafvoer en dus de sedimentinstroom.
Vorm van het dwarsprofiel van de nevengeul	Smal en diep dwarsprofiel	Breed en ondiep dwarsprofiel	Groot bij een eenzijdig aangetakte geul, anders klein	Het wateroppervlak bepaalt het uitwisselingsvolume en dus de sliblast bij waterstandsfluctuaties.
Zandvang	Zandvang direct benedenstrooms van instroom	Geen zandvang	Klein	Een zandvang bij de instroom concentreert de sedimentlast op één plaats en deze kan zo kosteneffectiever weggehaald worden. Is een LCC-aspect.
Lokale vernauwingen en verbredingen	Wel aanwezig	Niet aanwezig	Groot	Kan lokale sedimentatie of erosie geven en/of oeververdediging noodzakelijk maken.
Invloed van scheepvaart	Lage scheepvaartintensiteit	Hoge scheepvaartintensiteit	Klein	Scheepsgolven en zuigende werking geven extra erosie en sedimentatie.
Bodemtype van de geul	Klei	Zand	Klein	Klei voorkomt of vertraagt bodem- en oevererosie. Effect van het bodemtype op de aanzanding is nihil.

Geraadpleegde literatuur

Cyclisch beheer in uiterwaarden, natuur en veiligheid in de praktijk, B. Peters et al., Buro Drift, 2006.

Evaluatie Duursche Waarden 1989 - 1993, M. Cals et al, RWS RIZA, 2004.

Evaluatie nevengeulen Gamerensche Waard 1996 – 2002, L. Jans et al, RWS RIZA, 2004.

Kosten sedimentbeheer nevengeulen (memo), M. Schropp, RWS Waterdienst, 2009.

KRW in rivierprojecten: eisen en wensen (memo), M. Schoor, RWS Oost-Nederland, 2008.

Leidraad Rivieren, bijlage 11 : ontwerpprincipes nevengeulen, Ministerie V&W, 2007.

Ontwerpwaarden nevengeulen (memo), M. Schropp, RWS RIZA, 2004.

Richtlijnen voor inrichting en beheer van uiterwaarden, ecologie en veiligheid gecombineerd, H.A.Wolters, M.Platteeuw en M.M. Schoor (red.), RWS RIZA, 2001, RIZA rapport 2001.059.

Rivierkundige aspecten van nevengeulen in de uiterwaard, H. Havinga, RWS Oost-Nederland, 2003.

Stroming en sedimentatiegedrag in de Stiftse Waarden vóór en na de aanleg van een nevengeul, N. van den Brink, RWS RIZA, 1995.