

Aan
projectgroep nevengeulen

Van
Margriet Schoor
Datum
25 februari 2003
Onderwerp

Doorkiesnummer
026-3688558
Bijlage(n)
-

Gameren representatief?

1. Inleiding

De drie nevengeulen in de Gamerensche waard (zie figuur 1) zijn nu een aantal jaren biologisch en morfologisch gevolgd. De vraag is in hoeverre de resultaten die hierbij geboekt zijn, extrapoleerbaar zijn naar andere locaties langs de Nederlandse rivieren. Met andere woorden, is Gameren een representatieve uiterwaard of is de situatie meer of minder dynamisch dan bij andere, eventueel elders in het rivierengebied aan te leggen nevengeulen. In deze memo zal ik proberen antwoord te geven op deze kwestie.



figuur 1: De Gamerensche waard in 2002.

2. Methode

Om tot een afgewogen oordeel te komen of Gameren een representatieve uiterwaard is, zijn drie aspecten die van invloed zijn op de morfodynamiek in uiterwaarden nagegaan:

1. De afzetting van zand op oevers van de hoofdgeul
2. De potentiële dynamiek van de nevengeulen
3. De natuurlijkheid van de nevengeulen

Ad 1: In de huidige situatie, waarbij de rivier is vastgelegd met kribben, is het belangrijkste morfodynamische aspect in uiterwaarden de mate van sedimentatie na een hoogwater. Op uiterwaard niveau wordt zandafzetting bepaald door het stromingspatroon bij hoogwater en wordt het stromingspatroon voornamelijk bepaald door de ligging van bochten, schaar dijken en zand/grindgaten. Op hoger schaalniveau wordt de zanduitwisseling zomerbed/winterbed bepaald door breedte-diepte verhouding van de geul. De situatie van de Gamerensche uiterwaard wordt vergeleken met die van andere uiterwaarden langs de Waal, terwijl de Waal vergeleken wordt met de situatie langs andere riviertakken. Hierbij vormen de gegevens over oever sedimentatie in 1994 en 1995 (voor de aanleg van de nevengeulen) de basis.

Ad 2: De dynamiek van rivieren wordt voor een groot deel bepaald door de breedte-diepte verhouding, het stroomvermogen (stream power) en de Shields-parameter bij geulvullende afvoer. (Maas *et al.*, 1997). Breedte-diepte verhouding zegt iets over de mogelijkheden voor de vorming van banken en eilanden, de stream power (definitie: zie box) geeft het eroderend vermogen van de rivier aan en de Shields-parameter (definitie: zie box) zegt iets over het gemak waarmee sediment getransporteerd wordt. Hoge waarden voor deze parameters leiden tot hoge morfodynamiek. De invloed van de breedte-diepte verhouding domineert daarbij de invloed van de Shields-parameter en de stream power. Breedte-diepte verhouding, Shields-parameter en stream power worden berekend voor de nevengeulen van Gameren en vergeleken met die van de Waal, Nederrijn/Lek en IJssel. Ook de Russische Akhtuba (zijrivier van de beneden Wolga) wordt in de vergelijking meegenomen. Daarmee wordt een indruk verkregen van de potentiële morfodynamiek van de nevengeulen. Tevens worden de mogelijkheden aangegeven voor variatie in deze parameters op andere locaties en daarmee de kansen op meer of minder dynamiek.

Ad 3: De geomorfologische situatie van Gamerensche nevengeulen wordt vergeleken met die van natuurlijk gevormde nevengeulen in meanderend riviersysteem in historische en buitenlandse referentie (Russische beneden Wolga).

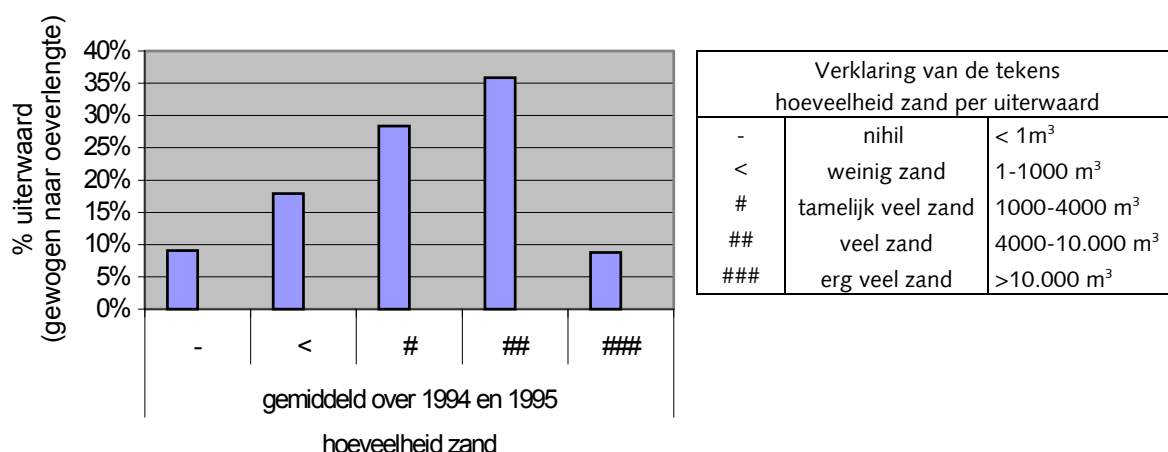
Het stroomvermogen wordt als volgt berekend: $P = \rho g Q i_s$ P = stroomvermogen (W/m), ρ = massadichtheid van water (kg/m³), Q = debiet (bij geulvullende afvoer; m³/s), i_s = waterspiegelverhang (-). De lokale sterkte van de stroming wordt het beste aangegeven met het stroomvermogen per eenheid van breedte, het specifieke stroomvermogen (Engels: specific stream power); P/B (in W/m²).	De Shields-parameter wordt als volgt berekend: $\theta = Ri / \Delta D_{50}$ θ = Shields parameter (-) R = hydraulische straal (m), i = verhang (-), Δ = relatieve sedimentdichtheid = $(\Delta_s - \Delta_w) / \Delta_w \sim 1.65$ (-) D_{50} = mediane korrelgrootte (m) In plaats van uit hydraulische straal en verhang kan de Shields parameter ook berekend worden uit stroomsnelheid en Chezy factor.
--	---

3. Resultaat

3.1. Afzetting van zand op oevers

In 1994 en 1995 is op de oevers van de Gamerense waard 4884 m³ resp. 5760 m³ zand afgezet (Sorber, 1997). In de indeling van Sorber is dat veel (klasse ##, zie figuur 2). Het gaat om de situatie voor het graven van de nevengeulen. De afzetting van zand op de oevers van de Gamerense uiterwaard wordt veroorzaakt door de stroming van sedimentrijk water vanuit het zomerbed de uiterwaard in. Hoewel de Gamerense waard in een buitenbocht ligt, is als gevolg van de ligging van een schaarlijk in de binnenbocht, deze stroming aanzienlijk.

Uit figuur 2 blijkt dat in 55 % van de uiterwaarden langs de Waal (gewogen naar oeverlengte) minder afzetting van zand op oevers plaats vond dan in Gameren (klassen -, <, en #) en in 45 % van de uiterwaarden evenveel of meer (klassen ## en ###). Hieruit volgt dat Gameren wat betreft zandafzetting op oevers voor de aanleg van de nevengeulen een tamelijk representatieve Waal-uiterwaard is.



Figuur 2: Zandafzetting op de oevers van Waal-uiterwaarden, gemiddeld over 1994 en 1995 (gegevens naar Sorber, 1997).

Op de oevers van Pannerdensch Kanaal, Nederrijn/Lek, IJssel en Maas wordt bij hoogwater veel minder zand afgezet dan op de oevers van de Waal. Dit heeft te maken met de kleinere breedte-diepte-verhouding van het zomerbed van deze riviertakken, waardoor de uitwisseling van water en sediment tussen hoofdgeul en oevers kleiner is (Schoor & Sorber 1999). In vergelijking met alle uiterwaarden in Nederland is de hoeveelheid zand die op de oevers van de Gamerensche waarden bij hoogwater wordt afgezet groot.

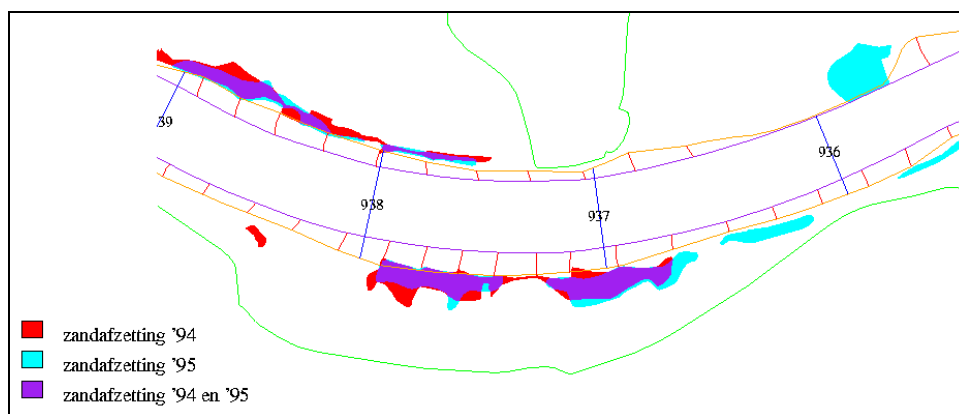
Figuren 3 en 4 laten zien waar in de Gamerense waard in 1994 en 1995 zand werd afgezet. In het bovenstroomse deel liggen nu de inlaten van de oostelijke kleine geul en de grote geul. De plaats waar in 1994 en 1995 zand is afgezet tussen het bedrijventerrein en de inlaat van de zandwinput ligt thans op het 'eiland' dat ontstaan is tussen de in- en uitlaat van westelijke kleine geul.



a) Gameren, maart 1994

b) Gameren, maart 1995

Figuur 3: luchtfoto's genomen na de hoogwaters van 1993/94 en 1995



figuur 4: locaties zandafzettingen in de Gamerensche waard in 1994 en 1995

Door het graven van de nevengeulen is de hoeveelheid water die bij hoogwater het winterbed bij Gameren in stroomt, toegenomen. Het is aannemelijk dat daarmee ook de hoeveelheid zand die bij hoogwater in het winterbed terecht komt, is toegenomen. Dit geldt algemeen, ook voor andere uiterwaarden waar nevengeulen gegraven zijn of worden. Een deel van dat zand zal in de bovenstroomse aantakking van de nevengeulen tot bezinking komen en een deel zal op de eilanden tussen de kleine nevengeulen en het zomerbed afgezet worden.

3.2. Dynamiek geulen Gameren

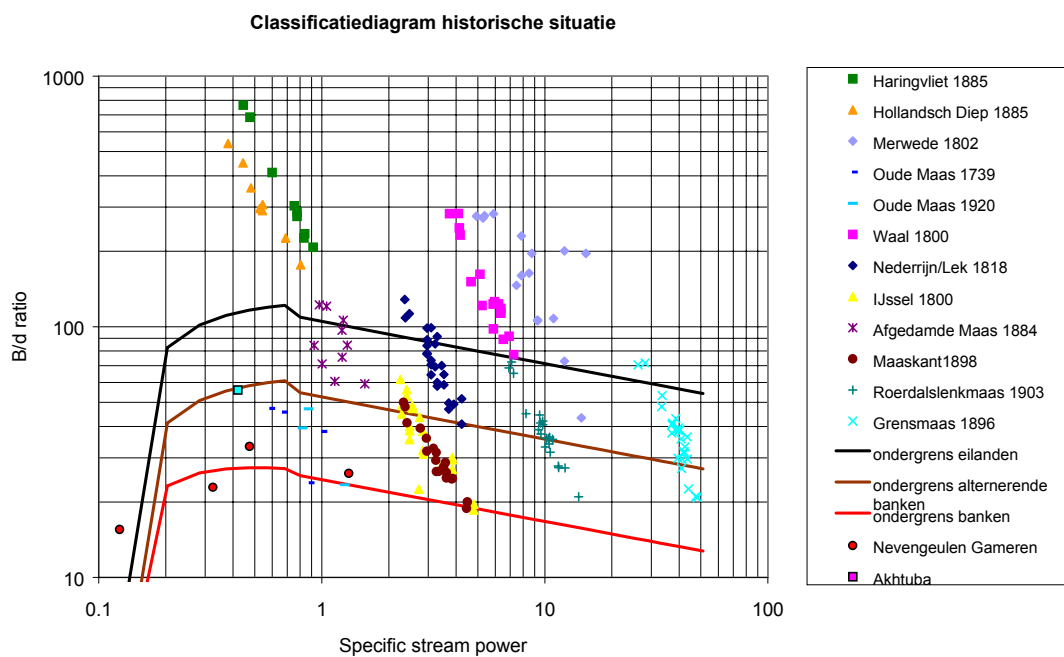
Tabel 1 geeft de rivierkundige parameters van de nevengeulen bij Gameren bij geulvullende afvoer.

In Figuur 5 worden Specific stream power en breedte-diepteverhouding van de nevengeulen bij Gameren vergeleken met de historische situatie van de Nederlandse rivieren. Van de historische situatie en met name in het benedenrivierengebied is de Shieldsparameter moeilijk te berekenen door onzekerheden in de D50 en het voorkomen van zand-slibmengsels in het benedenrivierengebied. Figuur 6 geeft een vergelijking met de huidige, vastgelegde situatie van de Rijntakken. Hierbij worden de Shields parameter en de breedte-diepteverhouding vergeleken. In de figuren 5 en 6 zijn

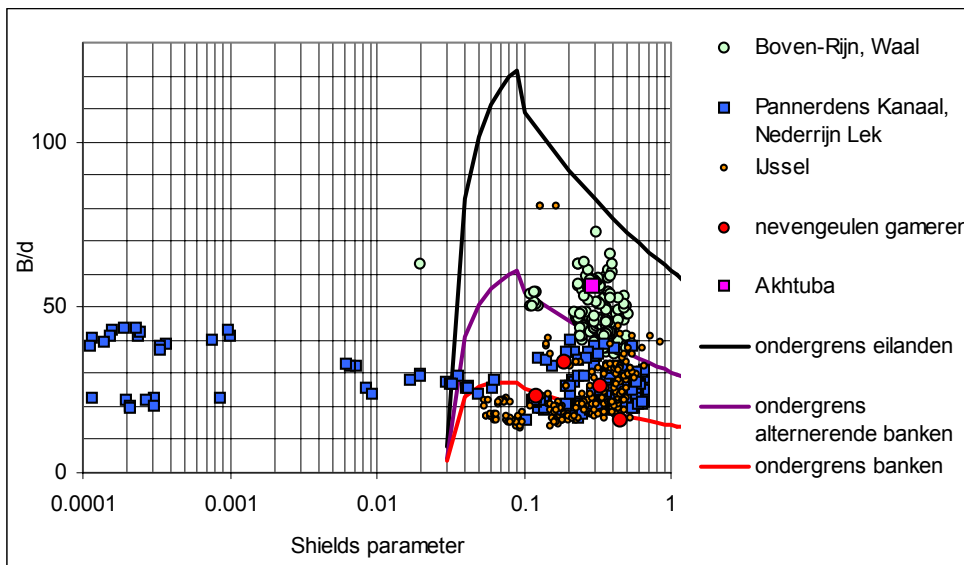
ook de theoretisch grenzen afgebeeld waarbij eilanden en banken kunnen voorkomen. Uit de figuren is de potentiële morfodynamiek van de nevengeulen bij Gameren af te leiden

Tabel 1: rivierkundige parameters van de nevengeulen bij Gameren (bron: Schropp et al., 2002)

	G100	G265	G365voor de brug	G365 zandwinput
Qbf [m ³ /s]	22	73	45	45
i [10 ⁻⁵]	11	12	5.9	5.9
B [m]	50	65	80	210
d [m]	1.5	2.5	3.5	13.5
D50 [mm]	0.5	0.5	0.93	0.93
R [m]	1.42	2.32	3.22	11.96
Streampower/B [W/m ²]	0.47	1.32	0.33	0.12
Shields parameter [-]	0.19	0.34	0.12	0.46
B/d [-]	33	26	23	16



Figuur 5: Dynamiek nevengeulen Gameren in vergelijking met de Nederlandse rivieren in de 19^e eeuw.



figuur 6 : De morfodynamiek van de geulen bij Gameren in vergelijking met de huidige Rijntakken en de Russische Akhtuba.

De nevengeulen bij Gameren worden gekenmerkt door een lage breedte-diepteverhouding en een tamelijk, maar geen extreem lage specific streampower en Shieldparameter.

In vergelijking met de historische situatie zijn de nevengeulen bij Gameren nog het meest vergelijkbaar met de Oude Maas, een kleine laag dynamische tak in het benedenrivierengebied. De Oude Maas was in de 18^e en 19^e eeuw een sterk aanwassende rivier waar in de bedding op- en aanwassen ontstonden zonder dat daarbij de tegenoverliggende oever erodeerde (Maas, 2000)

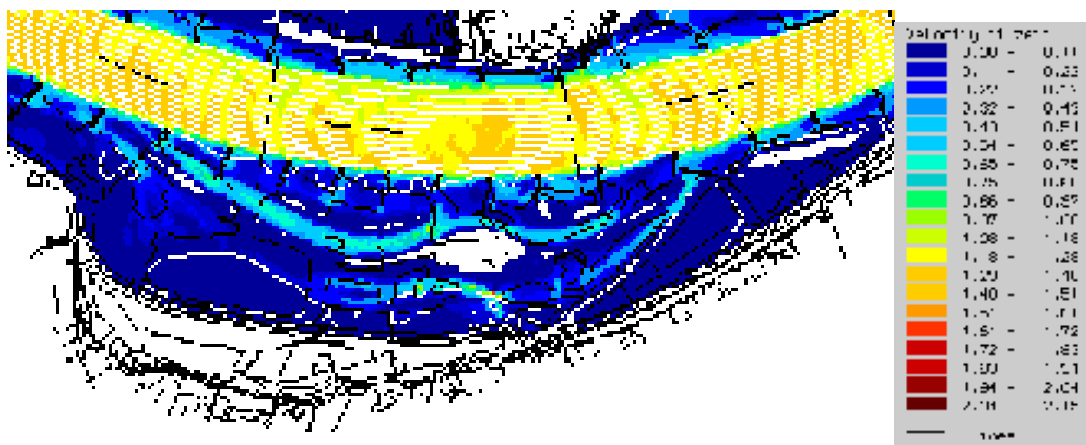
In vergelijking met de huidige vastgelegde Rijntakken, zijn de nevengeulen in Gameren vergelijkbaar met de IJssel. Hoewel het specifieke stroomvermogen en de Shields-parameter van de nevengeulen bij Gameren vergelijkbaar zijn met die van de Russische Akhtuba, is de Akhtuba door zijn grotere breedte-diepteverhouding beter vergelijkbaar is met een niet vastgelegde Waal, dan met de nevengeulen. In de Akhtuba en de Waal kunnen alternerende banken ontstaan, of in het geval van bochten, hoge duidelijke pointbars en bij hoog water zand sedimenteert er zand op de oevers van de geul. (zie figuur 7) Dit is in de nevengeulen van Gameren niet het geval.



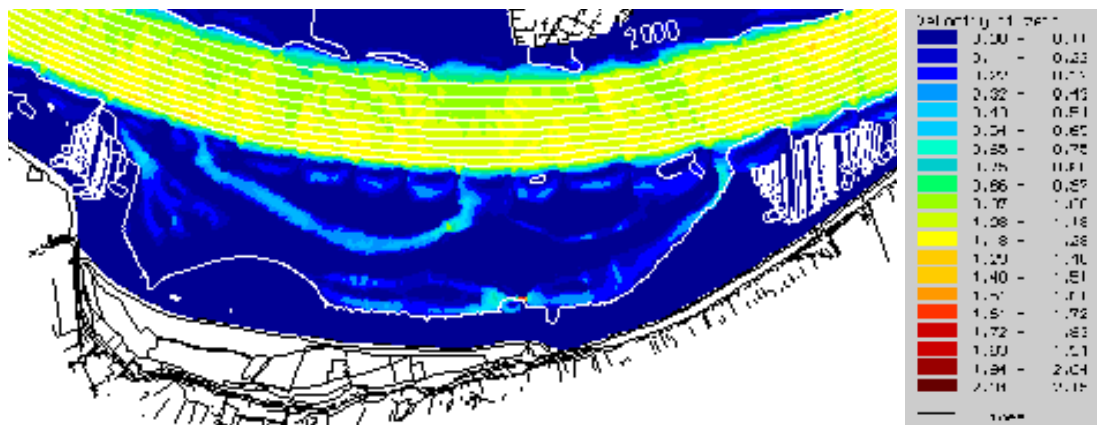
Figuur 7: Akhtuba bij Veterok (tussen Volgograd en Leninsk). Foto: Schoor.

De 2 kleine geulen bij Gameren hebben een iets grotere potentiële morfodynamiek dan de grote geul, met name door een hogere breedte-diepteverhouding. Uit figuur 5 en 6 blijkt dat de grote nevengeul G365 beneden de theoretische grens van bankvorming valt. Dit wil zeggen dat deze geul potentieel niet dynamisch is. Bij plaatselijke verbredingen kunnen zich nog wel banken vormen, zoals de bank die zich stroomafwaarts van de brug heeft gevormd. De kleine geulen G100 en G265 vallen in het gebied waar vorming van lage banken plaats kan vinden. Zij worden gekarakteriseerd als potentieel laag dynamisch.

Een parameter die direct van invloed is op de morfodynamiek is de stroomsnelheid die optreedt in de nevengeul. Deze zit indirect ook in de streampower en de Shields-parameter. Uit de figuren 8a en 8b blijkt dat de stroomsnelheden in de westelijke kleine geul (G265) het grootst zijn (60 cm/s bij 2000 m³/s en 80 cm/s bij 3000 m³/s) en dat daar dus de meeste dynamiek te verwachten valt. In de grote geul komen alleen ter plaatse van de inlaat en bij de brug wat hogere stroomsnelheden voor.



Figuur 8a: Stroomsnelheden bij $Q_{Waal} = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$ (v.d. Brink, 2002)



Figuur 8b: Stroomsnelheden bij $Q_{Waal} = 3000 \text{ m}^3/\text{s}$ (v.d. Brink, 2002)

3.3. *Natuurlijkheid nevengeulen*

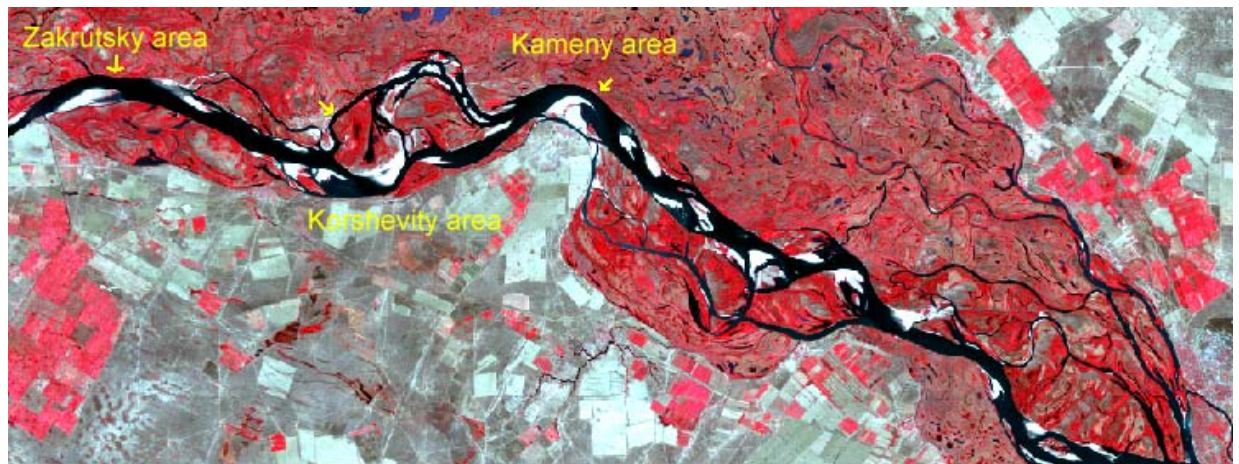
In een meanderend riviersysteem kunnen verschillende typen nevengeulen voorkomen. Deze variëren qua typen tussen a) een door een eiland van de hoofdgeul gescheiden tak en b) een zich door de uiterwaard slingerend zijstroompje.

Langs de Russische beneden Wolga komen veel nevengeulen voor, welke variëren in grootte en activiteit. Daarnaast bestaan er vele vormen van niet permanent meestromende geulen en hoogwatergeulen (zie tabel 2 en figuur 9).

Ook geulen van het formaat zoals die bij Gameren komen voor, maar de meeste nevengeulen in de Wolga-Akhtuba floodplain zijn langer. Ook komen nevengeulen voor in zowel binnen- als buitenbochten en langs rechte stukken rivier. De hoogwatergeulen komen vrijwel alleen voor in binnenbochten. Indien de hoogwatergeul echter de functie van de hoofdgeul overneemt, komt de nevengeul (de voormalige hoofdgeul) in de buitenbocht te liggen.

Tabel 2: Nevengeulen Wolga

Type	Lengte	breedte
Hoofdgeul met eiland	1-5 km	2 x 500 m
Zijrivier Wolga (bv Akhtuba)	20-200 km	50-200 m
Permanente nevengeul Wolga	5-20 km	200-500 m
Periodieke nevengeul Wolga	5-20 km	50-200 m
Hoogwatergeul	1-5 km	20-200 m



figuur 9: false color beeld van een deel van de Wolga-Akhtuba floodplain (uitsnede: 80 x 30 km; pixel-grootte: 30 x 30 m). Let op de pointbars die zichtbaar zijn in de nevengeulen rechts in het beeld als witte stipjes (naar Dijkstra & Schoor 2002).

De meeste nevengeulen langs de Wolga hebben een laag dynamisch karakter, waarbij beide oevers flauw hellen en begroeid zijn met wilgenstruweel. In scherpe bochten treedt pointbar vorming op in de binnenbocht en bestaat de eroderende buitenbocht uit een steilrand van enkele meters hoog (zie figuur 11). Eilandjes komen in dergelijke geulen niet voor.

De niet permanent meestromende geulen worden gekenmerkt door een grote zandprop aan de bovenstroomse zijde, met daarachter een watervoerende geul (zie figuur 10). Soms ligt er in de monding van de geul een zandbank.



figuur 10: zandbank in inlaat hoogwatergeul Wolga



figuur 11: meanderende nevengeul Wolga

Hoewel klein, zijn de beide hoogwatergeulen in de Gamerensche waard (G100 en G265) natuurlijk van karakter. Er ontwikkelt zich een zandbank in de binnenbocht en in de oostelijke geul is een tendens naar een zandprop in de inlaat zichtbaar.

De lange nevengeul is minder natuurlijk; de variatie in breedte is veel groter dan bij een natuurlijk gevormde geul en ook eilandjes horen niet bij een geul met een zo kleine breedte-diepteverhouding als deze geul. De brug zorgt voor een onnatuurlijke versmalling, terwijl de voormalige zandwinplas een onnatuurlijke verbreding oplevert. Ter plaatse van de brug is de stroomsnelheid hoog, hetgeen tot gevolg heeft dat in de luwte na de brug zich een zandbank heeft gevormd. Op zichzelf is dit een natuurlijk proces, maar het kan alleen optreden na een onnatuurlijke versmalling.

Als men de Gamerensche waarden in zijn totaliteit beschouwd, valt met name op dat het oppervlakteaandeel van de geulen vele malen hoger is dan dat in een natuurlijk gevormde riviervlakte zou zijn. Dit maakt mede dat, mocht de dynamiek zodanig zijn dat er enige erosie optreedt, hiervoor nauwelijks ruimte is.

4. Conclusies en aanbevelingen

Belangrijkste conclusies van deze memo zijn:

1. Wat betreft de sedimentatie van zand op de oevers en in de inlaat van de nevengeulen is de Gamerensche waard een modale Waal-uiterwaard. In vergelijking met uiterwaarden langs de andere riviertakken is de sedimentatie er echter hoog.
2. De potentiële morfodynamiek van de nevengeulen is laag, dit wordt veroorzaakt door de lage breedte-diepteverhouding van de geulen. In de westelijke kleine geul (G265) is de potentiële morfodynamiek het grootst. Bij deze lage dynamiek past geringe zandbank vorming in binnenbochten. De grote geul (G365) valt door zijn combinatie van lage breedte-diepteverhouding en lage Shields parameter in het spectrum van de niet dynamische geulen.
3. Als geheel scoort de Gamerensche waard slecht op natuurlijkheid, het aandeel geul is daarvoor te hoog. Afzonderlijk beschouwd zijn de twee kleine geulen redelijk natuurlijk; de grote geul is dat niet.

Indien men nevengeulen wil ontwerpen met een natuurlijke morfodynamiek, houdt dit in dat er vrije meandering moet kunnen plaatsvinden. Hiertoe zijn de volgende randvoorwaarden van belang:

1. leg de geul in een omgeving die mag eroderen

2. ontwerp de nevengeul met een breedte-diepteverhouding (bij geulvullende afvoer) van ten minste 35 bij relatief hoge Shields-parameter van 0,6 of een breedte-diepteverhouding van ten minste 55 bij relatief lage Shields-parameter van 0,1 (in figuur 6 moet de geul dan boven de ondergrens van alternerende banken liggen).
3. geef de geul een slingerende loop.

Meestromende nevengeulen zijn in de natuurlijke situatie een weinig voorkomend fenomeen. Bij een natuurlijke geul in een meanderend riviersysteem past de ontwikkeling van een zandprop in de inlaat van de geul. Bij voldoende vaak optreden van hoogwaters kan deze decennia-lang in het pioniersstadium blijven. De erachter liggende geul zal op diepte blijven door de schurende werking van het hoge water.

5. Literatuur

- Brink, C. van de (2002) Hydraulisch 2D model Gameren voor lage afvoeren, bodem 2000. RIZA Memo Rijn 2002-011 (H), Arnhem.
- Dijkstra, J. & M. Schoor (2002) Pointbar development and vegetation succession on the Volga-Akhtuba floodplain, Russia. RIZA werkdokument 2002.211X, Arnhem.
- Maas, G.J. (2000) Historische geomorfologie Maas en Benedenrivieren; Oude Maas, Merwede-Hollandse Biesbosch, Afgedamde Maas en Maaskant.. Alterra rapport 075, ISSN 1566-7197, Wageningen
- Maas, G. J., H.P. Wolfert, M.M. Schoor & H. Middelkoop (1997) Classificatie van riviertrajecten en kansrijkdom voor ecotopen; een voorbeeldstudie vanuit historisch-morfologisch en rivierkundig perspectief. DLO-Staringcentrum, rapport 552, Wageningen.
- Sorber, A.M. (1997) Oeversedimentatie tijdens de hoogwaters 1993/1994 en 1995. RIZA rapport 97.015, Arnhem.
- Schoor, M.M. & A.M. Sorber (1999) Morfologie natuurlijk. RIZA, Arnhem. ISBN 903695231x.
- Schropp, M., M. van Wijngaarden, A. v.d. Scheer & B. v.d. Heijdt (2002) Monitoring nevengeulen, Morfologische en chemische monitoring geulen Gamerensche waard en Opijnen; Datarapportage 2000/2001. RIZA werkdokument 2002.028x, Arnhem.