

Morfologische overwegingen ontwerp rivierverruiming regio Deventer.

**Beschrijving van morfologische
overwegingen bij de ontwik-
keling van het ontwerp voor
rivierverruiming bij Deventer.**

Ir. N.G.M van den Brink, 26-9-2008

Samenvatting

In de periode van 2002 tot en met 2008 is bij herhaling langdurig gewerkt aan de ontwikkeling van rivierverruimende maatregelen bij Deventer. De ontwikkeling in het ontwerp van de maatregelen laat zien dat de gunstige effecten op de veiligheid gaandeweg toenemen. Naarmate de ontwerpen meer effect hebben op de afvoer van water nemen echter ook de effecten op de morfologie en in het bijzonder de vaarweg toe.

De ontwerpen welke in 2008 zijn gemaakt door Haskoning in opdracht van de Provincie Overijssel en de Gemeente Deventer laten zien dat de meest ongunstige morfologische effecten kunnen worden teruggedrongen door aanvullende maatregelen. De getroffen maatregelen verhogen wel de kosten en verminderen de natuurwaarde en ruimtelijke kwaliteit.

Wat betreft het voorkeursalternatief zijn er nog drie morfologische knelpunten. Dit zijn:

- a. Aanzanding in de vaarweg,
- b. Erosie bij uitlaatpunten,
- c. Stabiliteit landtongen.

Voor alle drie de knelpunten zijn meerdere maatregelen getroffen. Dit zijn in het bijzonder:

- a. een aanzienlijke vermindering van de meestroomfrequentie van de geulen door het gebruik van hoge instroomdrempels,
- b. stroomgeleiding bij aantakkingen en smalle oevers,
- c. vermindering van de hydraulische belasting van landtongen door zoveel mogelijk spreiding van de stroming,
- d. verbreding van de landtongen zover als mogelijk en taluud oeververdedigingen op smalle delen.

De successie van de maatregel tot het VKA laat zien dat de maatregelen steeds meer worden toegesneden op het reduceren van het effect op het zomerbed. Die successie leidt, bij een reductie van het effect op de vaarweg, tot een steeds grotere spanning tussen de ruimtelijke kwaliteit en de MHW verlaging. Er is in het ontwerp een grens bereikt in wat met maatregelen in het plangebied voor de vaarweg kan worden gedaan.

Mogelijkheden voor verdere verbetering ten behoeve van de vaarweg liggen dan ook in toenemende mate buiten het plangebied. De meest kansrijke aanpassingen zijn:

1. Aanpassing van de kromming en/of breedte van het zomerbed om de aanzanding op belangrijke locaties (beperkende locaties) te verminderen,
2. Spreiden waterinlaat over een grotere lengte door middel van het doorlatend maken van het Westelijke landhoofd van de Wilhelminabrug,
3. Verminderen erosie bij uitlaten door versmalling of afsluiting van aantakingspunten,
4. Verminderen hydraulische belasting geulen en taluuds landtongen Bolwerksplas, door doorlatend maken westelijke landhoofd Wilhelminabrug.

Inhoudsopgave

Samenvatting 2

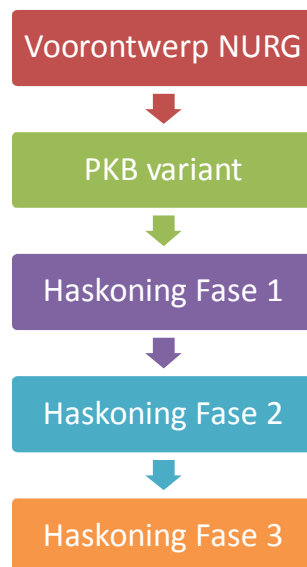
- 1. Inleiding 6**
 - 1.1 Inleiding 6
 - 1.2 Wijze van effectbeoordeling 7
 - 1.3 Beschrijving van toegepaste maatregelen ter voorkoming van aanzanding in de vaarweg 7
- 2. Voorbereiding NURG (2004) 8**
 - 2.1 Inleiding 8
 - 2.2 “Inrichtingsplan Keizers en Stobbenwaarden & de Bolwerksplas” 8
 - 2.3 Hydraulisch effect bij MHW 11
 - 2.4 Beschreven morfologische effecten 11
Regulering instroom nevengeulen 11
 - 2.5 De maatregelen om effecten op de vaarweg te verminderen 12
- 3. PKB Alternatief (2006) 13**
 - 3.1 Inleiding 13
 - 3.2 Ontwerp maatregel 13
 - 3.3 Hydraulische effect 14
 - 3.4 Beschreven effect van de maatregel 14
 - 3.5 De maatregelen om effecten op de vaarweg te verminderen 14
- 4. VKA Haskoning (2008) 15**
 - 4.1 Inleiding 15
 - 4.2 Fase 1 verkenning 15
 - 4.2.1. Hydraulische effect 16
 - 4.2.2. Beschreven effect van de maatregel 16
 - 4.2.3. De maatregelen om effecten op de vaarweg te verminderen 17
 - 4.3 Fase 2 verbetering 17
 - 4.3.1. Hydraulische effect 19
 - 4.3.2. Beschreven effect van de maatregel 19
 - 4.3.3. De maatregelen om effecten op de vaarweg te verminderen 20
 - 4.4 Fase 3 voorkeursrichting 22
 - 4.4.1. Hydraulische effect 22
 - 4.4.2. Beschreven effect van de maatregel 22
 - 4.4.3. De maatregelen om het effect op de vaarweg te verminderen 24
 - 4.4.4. Morfologisch gevoeligheidsonderzoek 24
- 5. Overzicht en discussie 25**
 - 5.1 Inleiding 25
 - 5.2 Maatregelen getroffen om aanzanding zomerbed te verminderen 25
 - 5.3 Effecten van getroffen maatregelen op overige aspecten 25
 - 5.4 Samenvattende beoordeling van de successie t.b.v. de vaarweg 26

6.	Conclusies en aanbevelingen 27
6.1	Conclusies. 27
6.2	Aanbevelingen voor het ontwerp. 27
6.2.1.	Aanzanding in de vaarweg 27
6.2.2.	Erosie uitlaatpunten. 28
6.2.3.	Stabiliteit landtongen en geul 29
7.	Literatuur 30

1. Inleiding

1.1 Inleiding

Welke stappen zijn er genomen om de morfologische effecten van rivierverruiming op het zomerbed te voorkomen en hoe leiden deze tot VKA? Deze vragen zijn de aanleiding voor dit onderzoek. Om dit te achterhalen worden belangrijke ontwerpen in het ontwerpproces van 2007 en 2008 beschouwd vanuit een morfologisch oogpunt. De stappen zijn:



De eerste stap, het NURG voorontwerp, is ook opgenomen omdat zij een goed beeld schetsen van de voorkeuren vanuit de regio. De tweede stap, de PKB variant, is opgenomen omdat zij een goed beeld geven van de denkrichting vanuit rivierverruiming. De opbouw van de rapportage volgt diezelfde stappen. Bij elk van de stappen worden drie aspecten belicht:

- De effecten op sedimenthuishouding in de hoofdgeul,
- De effecten op de sedimenthuishouding in het (neven) geul en winterbed,
- De toegepaste maatregelen ten behoeve van het zomerbed.

Aan het eind van alle maatregelen wordt een overzicht gegeven in de samenvatting.

1.2 Wijze van effectbeoordeling

De effecten van het ontwerp op de zand en slibhuishouding worden in beeld gebracht op basis van beschikbare kennis. De effecten worden kwalitatief gescoord waar mogelijk aan de hand van berekeningsresultaten. Als er geen morfologische berekeningen beschikbaar zijn dan wordt de effectbeoordeling gebaseerd op analyse en kwalitatieve inschatting. De scoring vindt plaats in tabellen op basis van de volgende inschatting:

Sterke toename	St
Toename	T
Geringe toename	Gt
Geen effect	0
Geringe afname	Ga
Afname	A
Sterke afname	Sa

De inschatting is gemaakt per ontwerp. Voor alle effecten geldt dat ook lokale effecten op dezelfde wijze worden beoordeeld. De scoring vindt apart plaats voor de zandhuishouding en de slibhuishouding. De scoring wordt afgebeeld in de volgende tabel.

Aspect	Sedimentatie	Erosie
Vaarweg	score	score
(Neven) geul	score	score
Winterbed	score	score

Tabel 1. Voorbeeld scoringstabel

1.3 Beschrijving van toegepaste maatregelen ter voorkoming van aanzanding in de vaarweg

Voor ieder ontwerp worden de maatregelen beschreven die tot doel hebben de aanzanding in de vaarweg te verminderen. Bij de maatregelen wordt kwalitatief weergegeven wat de effecten zijn van de maatregel.

2. Voorbereiding NURG (2004)

2.1 Inleiding

In het door Gedeputeerde Staten van Overijssel in 2002 vastgestelde natuurgebiedsplan Salland is het beleidsvoornemen kenbaar gemaakt om in het projectgebied een omvorming te laten plaatsvinden van (beheers) landbouw naar natuurontwikkeling. Beide projectgebieden zijn aangewezen als NURG gebieden waarin naast natuurontwikkeling ook rivierverruiming als doelstelling is geformuleerd. Op initiatief van Stichting IJssellandschap is vervolgens in 2004 integraal onderzoek gedaan naar herinrichting van de plangebieden. Dit plan geeft een goed beeld van de ontwikkeling zoals deze vanuit de regio wordt voorgestaan.

Het onderzoek vormt een belangrijke basis voor de planvorming in het kader van de PKB.

2.2 *“Inrichtingsplan Keizers en Stobbenwaarden & de Bolwerksplas”*

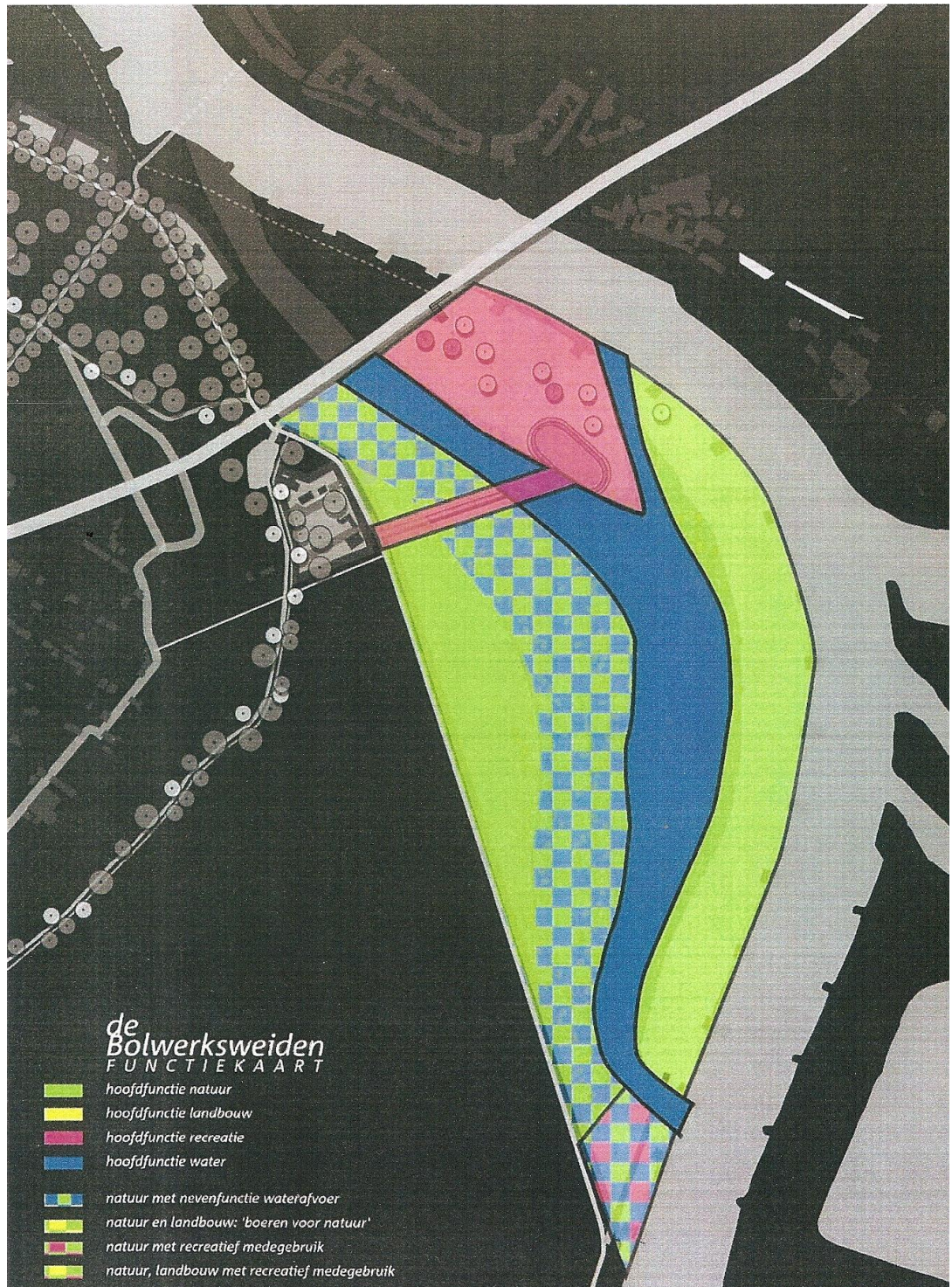
Het ontwerp en het onderzoek is uitgevoerd door Tauw. Hierbij zijn betrokken:

- a. Provincie Overijssel,
- b. DLG,
- c. Meander advies en Onderzoek,
- d. Stichting IJssellandschap,
- e. Alterra.

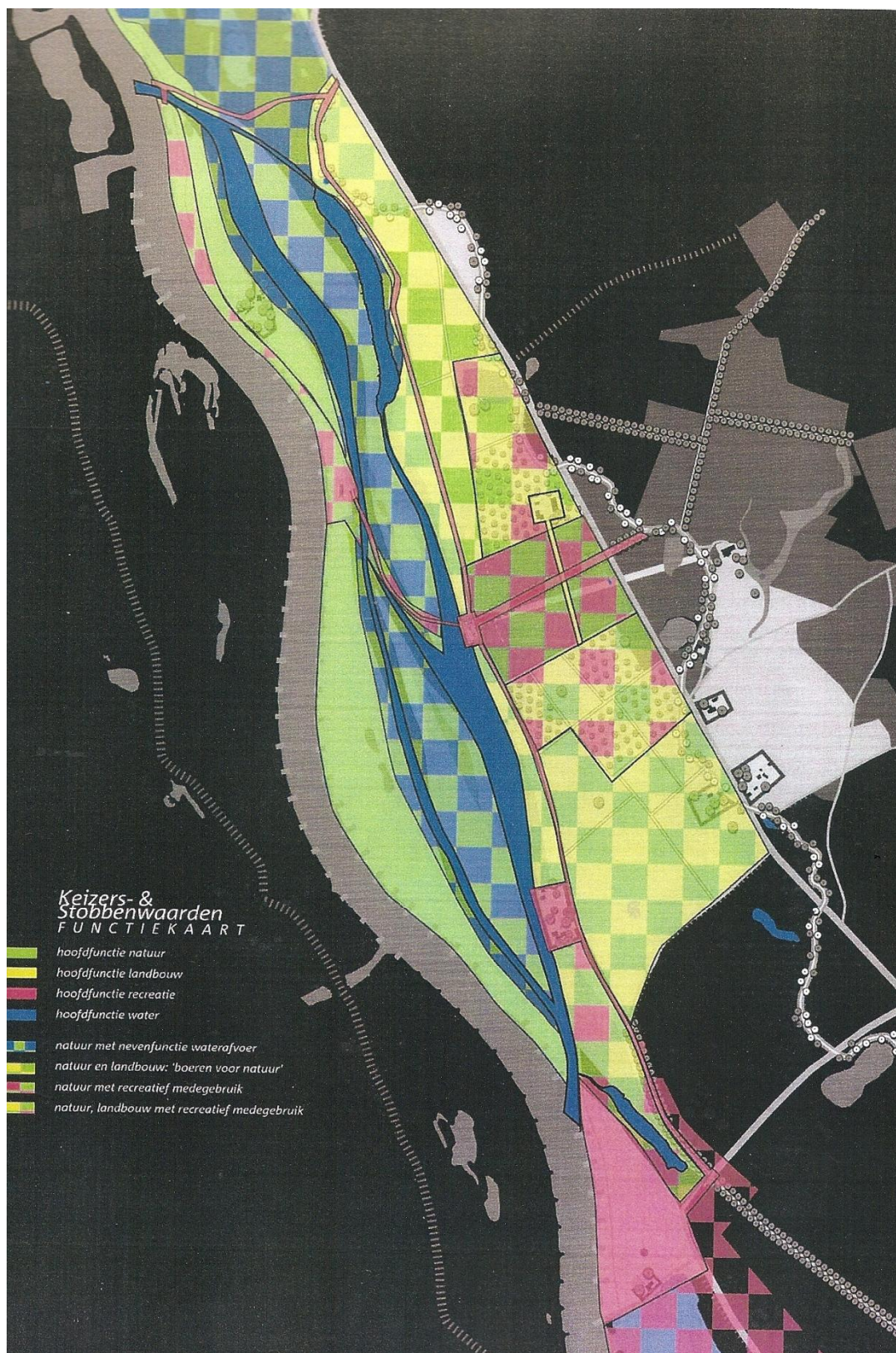
Het onderzoek heeft een integraal karakter en besteed aandacht aan:

- a. Flora,
- b. Fauna (incl vogels),
- c. Eigendom,
- d. Kostenraming,
- e. Taakstelling,
- f. Archeologie,
- g. Landbouw,
- h. Morfologie.

De ontwerpen uit deze studie zijn afgebeeld in de volgende twee figuren.



Figuur 1. Ontwerp Bolwerksplas Tauw 2004



Figuur 2. Ontwerp Keizers en Stobbenwaarden 2004

2.3 Hydraulisch effect bij MHW

De ontwerpen hebben een hydraulisch effect van respectievelijk -8 cm (handberekening Meander) en -4 centimeter (lit 1).

2.4 Beschreven morfologische effecten

Over de morfologische effecten wordt het volgende geschreven.

“Potentiële morfologische effecten van een nevengeul zijn:

- aanzanding in de hoofdgeul van de rivier als gevolg van afgenomen stroomsnelheden,
- aanzanding in de nevengeul door buitenproportionele sedimentinname;
- aanslibbing in de hoofdgeul (dit is mogelijk bij sterke verwijdingen of vrijwel stilstaand water),
- locale aanzanding bij de instroomopening door stroomverwijding;
- Benedenstroomse erosie (herstel van het sedimenttransport in de hoofdgeul)

Het gepresenteerde voorontwerp is niet getoetst op potentiële morfologische effecten. Het grootste risico is het eerst genoemde punt. Aangenomen wordt dat dit risico aanvaardbaar is indien aan de 3% eis wordt voldaan.”

Regulering instroom nevengeulen

“Aan de bovenstroomse zijde van de geul voorziet het voorontwerp voor beide gebieden in een drempel, waarvan de dimensies direct samenhangen met de gestelde rivierkundige randvoorwaarden. De drempel voorkomt stroomvoering bij waterstanden OLR en lager, en is op uiterwaardnivo zo gedimensioneerd dat juist wordt voldaan aan de 3% eis.”

Met hindsight wordt geschat wat het effect van de ingrepen is op morfologische processen in zomer en winterbed. Voor alle effecten geldt dat ook lokale effecten worden gescoord.

Aspect	Sedimentatie	Erosie
Vaarweg	T	Gt
(Neven) geul	Gt	O
Winterbed	O	Gt

Tabel 1. Zandhuishouding

Aspect	Sedimentatie	Erosie
Vaarweg	O	O
(Neven) geul	St	Gt
Winterbed	T	Gt

Tabel 2. Slibhuishouding

2.5 De maatregelen om effecten op de vaarweg te verminderen

In dit ontwerp zijn de regelwerken in de vorm van knijpwerken de belangrijkste ingrepen om het effect op de vaarweg te verminderen.

Ingrep	Voordeel	Nadeel
Knijp en regelwerken	Demping van aanzanding van het zomerbed	Geen of minimaal sedimentdynamiek in de geul,
	Permanente meestroming mogelijk	Extra aanslibbing in de geul,
		Vermindering van het MHW effect
		Extra kosten aanleg en onderhoud

Tabel 3. Overzicht voor en nadelen toegepaste ingreep t.b.v. vaarweg

3. PKB Alternatief (2006)

3.1 Inleiding

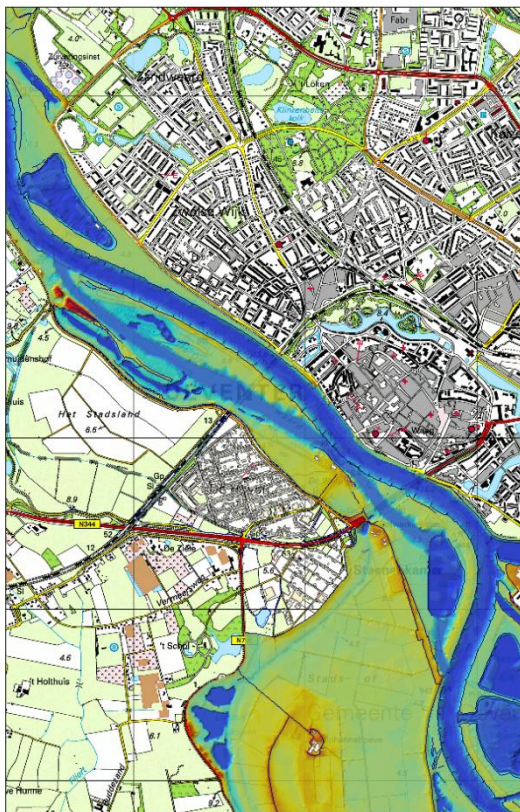
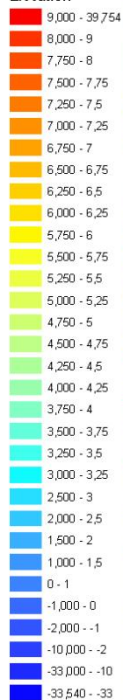
Bij de samenstelling van het PKB alternatief is gezocht naar rivierverruimende maatregelen die de kunnen bijdragen aan een hogere veiligheid tegen overstromen. Waar bij de NURG projecten de nadruk ligt op natuurontwikkeling ligt bij de PKB maatregelen de nadruk op rivierverruiming en kosten.

In het basispakket van maatregelen zijn opgenomen maatregelen y31_y33_y34_1a en y36_y37_y39_2c.

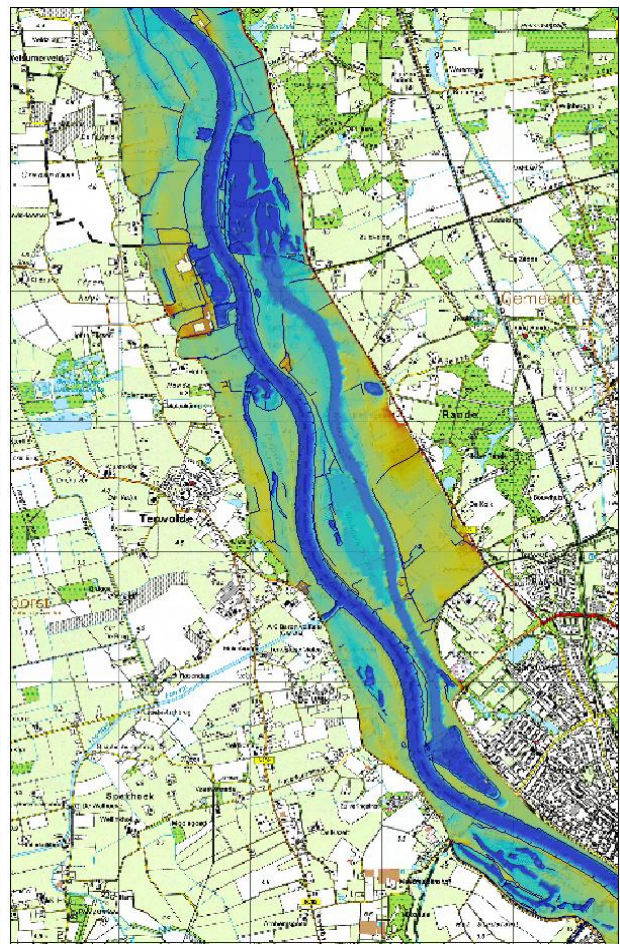
3.2 Ontwerp maatregel

De maatregelen in het PKB alternatief omvatten twee hoogwatergeulen. De ontwerpen zijn als pakket getoetst. De maatregelen hebben een beperkt detailniveau.

Legenda
bodemhoogte
Elevation



Figuur 3. PKB alternatief de BWO



Figuur 4. PKB alternatief KSO

3.3 Hydraulische effect

De ontwerpen hebben een hydraulisch effect van respectievelijk -17 cm (De Bolwerksplas, de Worp en Ossenwaard) en -7,5 centimeter (Keizers en Stobbenwaarden).

3.4 Beschreven effect van de maatregel

Er is geen specifieke berekening of beschrijving van de morfologische effecten van de maatregelen. In beide projectgebieden zijn tweezijdig aangetakte nevengeulen geprojecteerd. In combinatie met grote dimensies van de geulen -van belang voor het effect op waterstanden- zullen deze maatregelen grote morfologische effecten hebben.

Met hindsicht wordt geschat wat het effect van de ingrepen is op morfologische processen in zomer en winterbed. Voor alle effecten geldt dat ook lokale effecten worden gescoord.

Aspect	Sedimentatie	Erosie
Vaarweg	St	T
(Neven) geul	St	St
Winterbed	O	Gt

Tabel 4. Zandhuishouding

Aspect	Sedimentatie	Erosie
Vaarweg	Gt	O
(Neven) geul	St	St
Winterbed	T	T

Tabel 5. Slibhuishouding

3.5 De maatregelen om effecten op de vaarweg te verminderen

In dit ontwerp zijn nauwelijks regelwerken opgenomen. Alleen bij de Worp is een geleide kade opgenomen om verlegging van de hoofdgeul te voorkomen.

Ingrep	Voordeel	Nadeel
Geleiding	Stabilisatie locatie hoofgeul	Beperking morfodynamiek oever,

Tabel 6. Overzicht voor en nadelen toegepaste ingreep t.b.v. vaarweg

4. VKA Haskoning (2008)

4.1 Inleiding

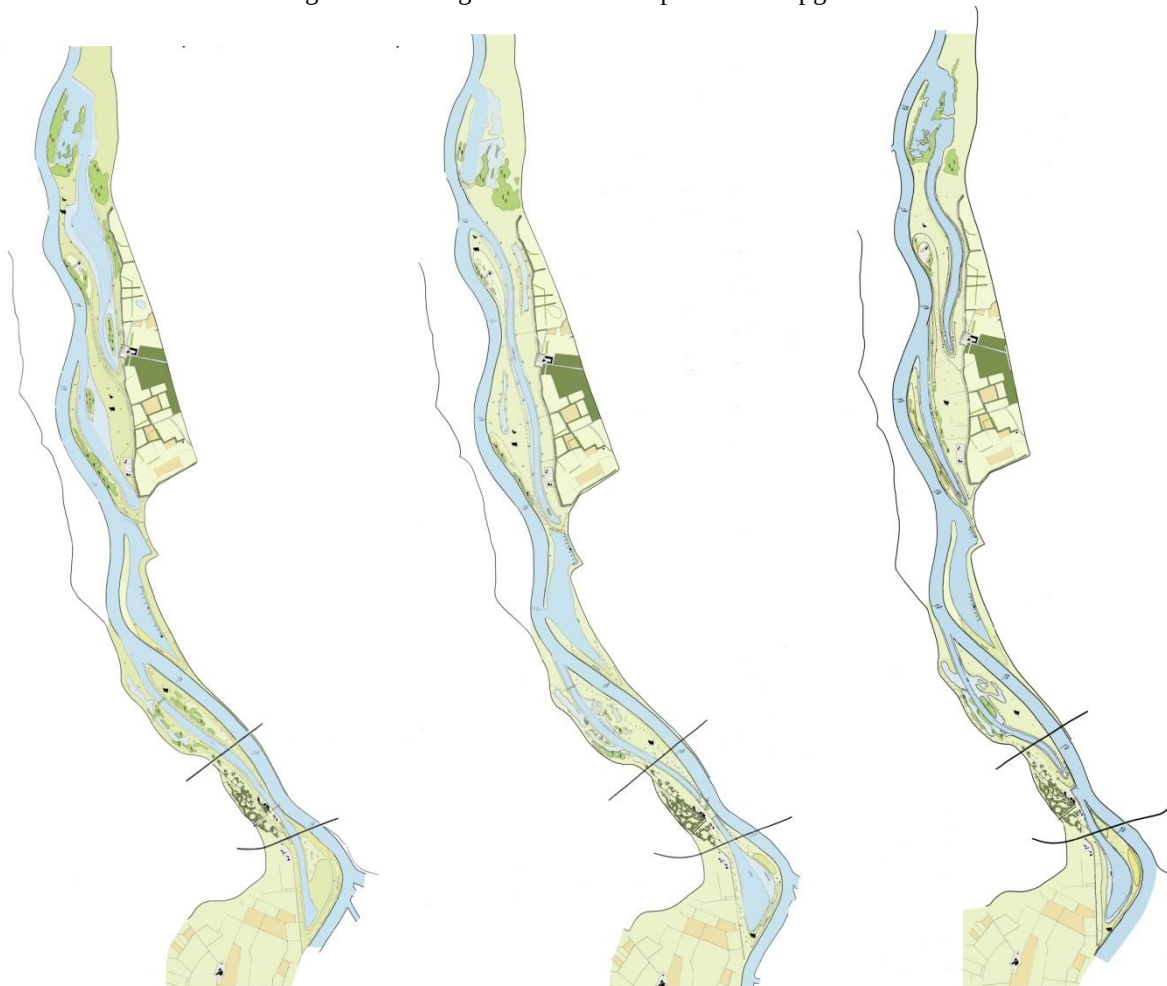
In de periode 2007 en 2008 is in opdracht van Provincie Overijssel en Gemeente Deventer een Voorkeursalternatief ontwikkeld. Bij de ontwikkeling van het alternatief is de omgeving betrokken. De ontwikkeling van dit ontwerp heeft plaats gevonden in de volgende drie stappen:

- Fase 1. Verkenningen alternatieven
- Fase 2. Optimalisatie alternatieven,
- Fase 3. Voorkeursrichtingen.

Aangenomen mag worden dat het ontwerp in de omgeving een groter draagvlak heeft dan het voorgaande alternatief.

4.2 Fase 1 verkenning

De verkenning heeft de volgende drie ontwerpvarianten opgeleverd.



Figuur 5. Ontwerpen fase 1 verkenningen Haskoning (bron VHP) november 2007 van links naar rechts: a. Dynamisch, b. behoud, c. hanken. Variant b. behoud bevat een syphon ter hoogte van de Worp.

4.2.1. Hydraulische effect

Alle ontwerpen hebben een hydraulisch effect van tenminste -17 cm (De Bolwerksplas, de Worp en Ossenwaard) en -10 centimeter (Keizers en Stobbenwaarden).

4.2.2. Beschreven effect van de maatregel

Er zijn geen specifieke berekeningen van de morfologische effecten van de maatregelen. In beide projectgebieden zijn eenzijdig aangetakte hanken geprojecteerd. Wel is vanuit morfologische invalshoek inhoudelijk gereageerd op de varianten. Twijfels zijn geuit over:

- De brede aantakkingen,
- De gevolgen voor het zomerbed van de verlaagde inlaatdrempels,
- de kwetsbaarheid van de lange landtongen.
- Onderhoud van de invaaropeningen.

Waarom geen meestromende nevengeulen?

In de varianten zijn vooralsnog geen meestromende nevengeulen opgenomen. De visie die daarachter ligt is dat er voor een robuuste rivierverruiming veel permanent water nodig is. Het daarvoor benodigde volume is erg groot in verhouding tot het gebied. Als deze wateren worden voorzien van permanente stroomvoering (b.v. op basis van een 3 of 5% norm) dan zal de hoeveelheid water in verhouding tot de dimensies erg klein worden.

Een kleine afvoer door een grote geul zal door buitenstaanders als niet stromend worden beleefd. Om dat beeld als randvoorwaarde goed over te brengen zijn in de eerste fase geen meestromende nevengeulen getekend. De inschatting is dat later in het traject mocht dit mogelijk blijken alsnog eventueel een inlaatwerk kan worden toegevoegd.

Bij het ontbreken van meestromende nevengeulen is de frequentie van het overstromen van drempels bepalend voor de morfologische effecten. In de volgende tabel zijn voor de drie varianten de overstromingsfrequenties vermeld. De overstromingsfrequenties zijn gebaseerd op metingen van de MSW stations Deventer en Olst.

Locatie	Kmr ¹	D1 (dynamisch)	Dagen/ jaar ²	B1 (behoud)	Dagen/ Jaar	H1 (hanken)	Dagen/ jaar
Randerstraat	952	-	-	3.5	55	-	-
Keizerswaard	950	4.1	40	-	-	4.1	40
Rioolwaterz.	948	3.0	115	4.3	45	3.0	115
Zandweerdp.	947	3.5	85	3.5	85	3.5	85
De Worp	945	3.5	95	Syphon	-	3.7	85
Bolwerksp.	943	3.5	105	3.5	105	3.5	105

Tabel 7. Tabel 1 overzicht drempelhoogtes uit 1^e fase ontwerp

Geschat is wat het effect van de ingrepen is op morfologische processen in zomer en winterbed. Voor alle effecten geldt dat ook lokale effecten worden gescoord.

¹ Indicatie

² Zie bijlage 1

	Dynamisch		Behoud		Hanken	
Aspect	Sedimentatie	Erosie	Sedimentatie	Erosie	Sedimentatie	Erosie
Vaarweg	St	Gt	St	Gt	St	Gt
(Neven) geul	St	Gt	T	Gt	T	Gt
Winterbed	Gt	Gt	Gt	Gt	Gt	Gt

Tabel 8. Zandhuishouding varianten fase 1

	Dynamisch		Behoud		Hanken	
Aspect	Sedimentatie	Erosie	Sedimentatie	Erosie	Sedimentatie	Erosie
Vaarweg	Gt	O	Gt	O	Gt	O
(Neven) geul	St	Gt	T	T	St	Gt
Winterbed	St	Gt	T	Gt	St	Gt

Tabel 9. Slibhuishouding varianten fase 1

4.2.3. De maatregelen om effecten op de vaarweg te verminderen

In deze ontwerpen zijn nauwelijks regelwerken opgenomen. Alleen bij de Worp zijn geleidekades of een syphon opgenomen om verlegging van de hoofdgeul te voorkomen.

Ingrep	Voordeel	Nadeel
Geleiding	Stabilisatie locatie hoofdgeul t.p.v. IJsselhotel	Doet afbreuk aan ruimtelijke kwaliteit, Kostenverhogend
Syphon	Stabilisatie locatie hoofdgeul t.p.v. IJsselhotel	Kostenverhogend Beheerkosten,

Tabel 10. Overzicht voor en nadelen toegepaste ingrep t.b.v. vaarweg

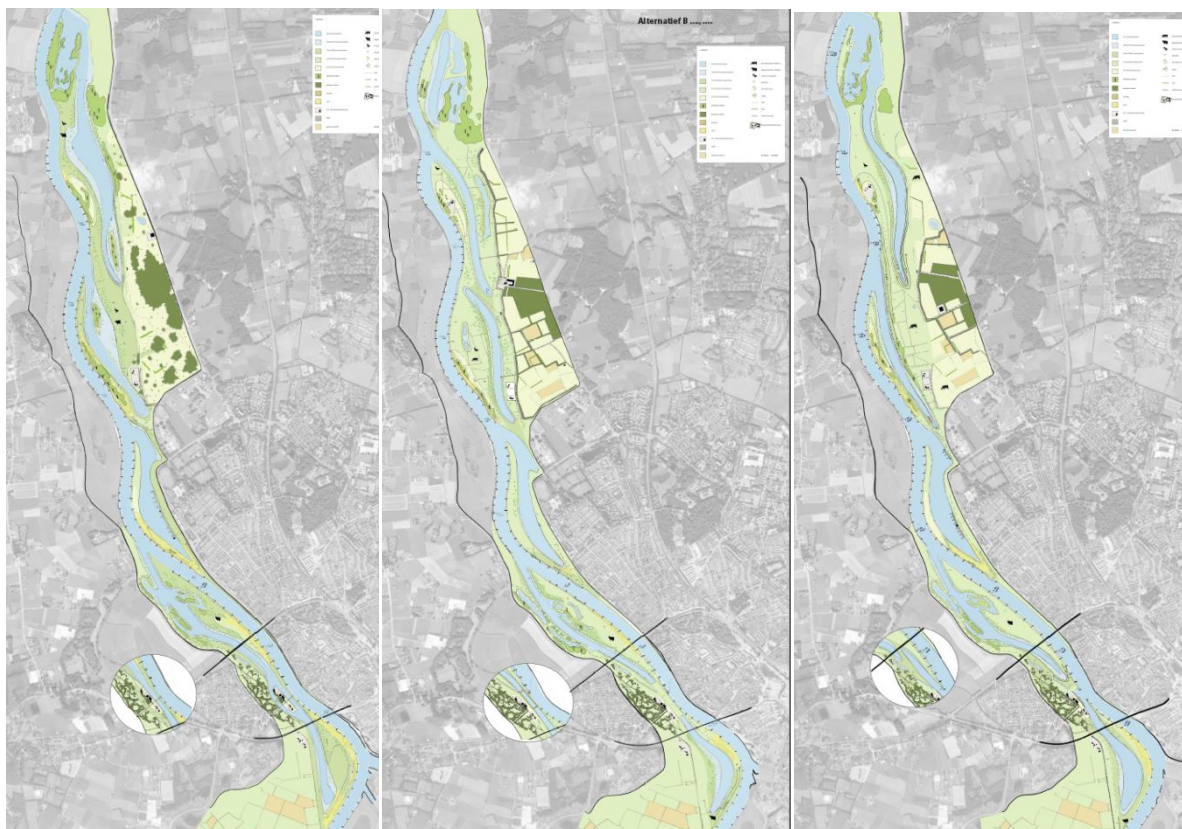
Op grond van ervaringen met de morfologische effecten van rivierverruimende maatregelen in het kader van RVR³ wordt verwacht dat bij deze overstromingsfrequenties (tabel 7) een sterke aanzanding van het zomerbed optreden. De variant 'Behoud' scoort wat betreft morfologie iets beter dan de andere twee varianten omdat de effecten kleiner zijn.

De effecten op het zomerbed en de stabiliteit van de landtongen zijn belangrijke bevindingen uit de eerste fase.

4.3 Fase 2 verbetering

Na de verkenning zijn de ontwerpen nader aangescherpt. Dit heeft de volgende drie ontwerpvarianten opgeleverd.

³ Doelend op rivierverruimingen met een grote hydraulische taakstelling zoals dijkverlegging Westenholtte en Schellerwaarden.



Figuur 6. Ontwerpen fase 2 verkenningen Haskoning (bron VHP) december 2007
van links naar rechts: a. Dynamisch2, b. behoud2, c. hanken2. Variant b.

Ten opzichte van de eerste fase zijn in de varianten de volgende veranderingen aangebracht:

Dynamisch:

De Ossenwaard is meer integraal als dynamisch opgepakt,
De landtongen zijn verbreed,
De bodem van enkele geulen is verdiept,
De drempels zijn verhoogd om de morfologische effecten op het zomerbed te verminderen.

Behoud:

De hanken zijn gesplitst,
De syphon is verlengd,
De landtongen zijn verbreed,
De bodem van enkele geulen is verdiept,
De drempels zijn verhoogd.

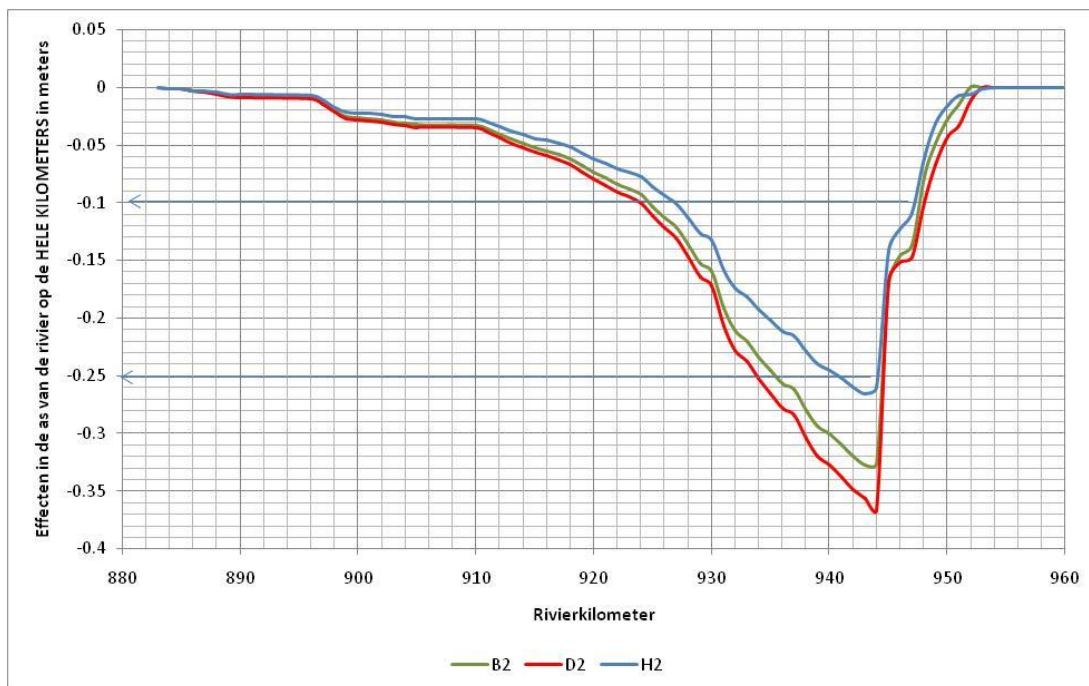
Hanken:

De drempel bij de Worp is vergroot,
De landtongen zijn verbreed,
De bodem van enkele geulen is verdiept,
De geul in de Ossenwaard is vergroot,
De drempels zijn verhoogd.

In alle varianten zijn de drempels verhoogd om de effecten op het zomerbed terug te dringen.

4.3.1. Hydraulische effect

Door de aanscherping van de ontwerpen zijn de hydraulische effecten van de maatregelen veranderd. De effectiviteit van de maatregelen is overwegend toegenomen. Gecombineerd leiden de maatregelen tot de volgende effecten.



Figuur 7. Waterstand effecten maatregelen fase 2

Alle ontwerpen hebben een hydraulisch effect van tenminste -17 cm (De Bolwerksplas, de Worp en Ossenwaard) en -10 centimeter (Keizers en Stobbenwaarden). Meest effectief is de maatregel dynamisch 2. Minst effectief is de variant Hanken.

4.3.2. Beschreven effect van de maatregel

De maatregelen zijn hydraulisch onderzocht op morfologische effecten zowel wat betreft het winterbed als het zomerbed (bijlage 3). Dit ten behoeve van het ontwerp voorbereiding van het voorkeursalternatief.

Wegens het ontbreken van meestromende nevengeulen of wijzigingen van het zomerbed worden de effecten op de morfologie van het zomerbed vooral veroorzaakt door de hoogtes van de drempels en de daarbij behorende overstromingsfrequenties. De drempelhoogtes staan vermeld in de volgende tabel.

Locatie	Kmr ⁴	D1 (dynamisch)	Dagen/ jaar ⁵	B1 (behoud)	Dagen/ Jaar	H1 (hanken)	Dagen/ jaar
Randerstraat	952	-	-	4,10		-	-
Keizerswaard	950	4,30	30	4,30	30	4,30	30
Rioolwaterz.	948	4,2	40	4,20	40	4,20	40
Zandweerdp.	947	4,60	30	4,00	50	4,60	30
De Worp	945	3,90	70	-	-	4,84	30
Bolwerksp.	943	4,00	75	4,00	75	4,00	75

Tabel 11. Tabel 1 overzicht drempelhoogtes uit 1^e fase ontwerp

In vergelijking met de ontwerpen uit de fase 1 zijn de overstromingsfrequenties fors afgenomen (10 tot 75 dagen). De verwachting is dat door de aanpassing de effecten op het zomerbed aanmerkelijk minder zijn geworden.

Geschat is wat het effect van de ingrepen is op morfologische processen in zomer en winterbed. Voor alle effecten geldt dat ook lokale effecten worden gescoord.

	Dynamisch		Behoud		Hanken	
Aspect	Sedimentatie	Erosie	Sedimentatie	Erosie	Sedimentatie	Erosie
Vaarweg	T	Gt	T	Gt	T	Gt
(Neven) geul	Gt	Gt	Gt	Gt	Gt	Gt
Winterbed	Gt	Gt	Gt	Gt	Gt	Gt

Tabel 12. Zandhuishouding varianten fase 1

	Dynamisch		Behoud		Hanken	
Aspect	Sedimentatie	Erosie	Sedimentatie	Erosie	Sedimentatie	Erosie
Vaarweg	Gt	O	Gt	O	Gt	O
(Neven) geul	T	Gt	T	Gt	T	Gt
Winterbed	T	Gt	T	Gt	T	Gt

Tabel 13. Slibhuishouding varianten fase 1

4.3.3. De maatregelen om effecten op de vaarweg te verminderen

Naast de toetsing van de varianten is een gevoeligheidsonderzoek uitgevoerd van ontwerpvariabelen. Bij dit onderzoek zijn ook de hydraulische effecten van regelwerken nader onderzocht. Uit het hydraulisch onderzoek is gebleken dat de regelwerken bij het uitlaatpunt kunnen worden toegevoegd met een klein (enkele millimeters) hydraulisch effect.

Verder zijn in de ontwerpen dezelfde maatregelen opgenomen ten behoeve van de vaarweg. Bij de Worp zijn geleidekades of een syphon opgenomen om verlegging van de hoofdgeul te voorkomen.

⁴ Indicatie

⁵ Zie bijlage 1

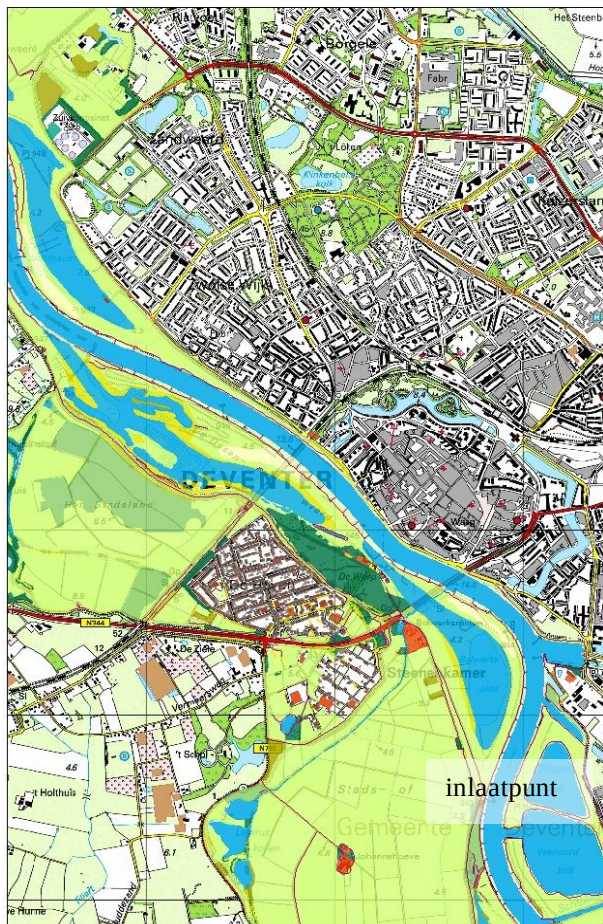
Ingrep	Voordeel	Nadeel
verhoging van de inlaatdrempels Geleiding	Vermindering aanzanding vaarweg	Vermindering MHW effect
	Stabilisatie locatie hoofgeul t.p.v. IJsselhotel	Doet afbreuk aan ruimtelijke kwaliteit, Kostenverhogend
Syphon	Stabilisatie locatie hoofgeul t.p.v. IJsselhotel	Kostenverhogend Beheerkosten,

Tabel 14. Overzicht voor en nadelen toegepaste ingrep t.b.v. vaarweg

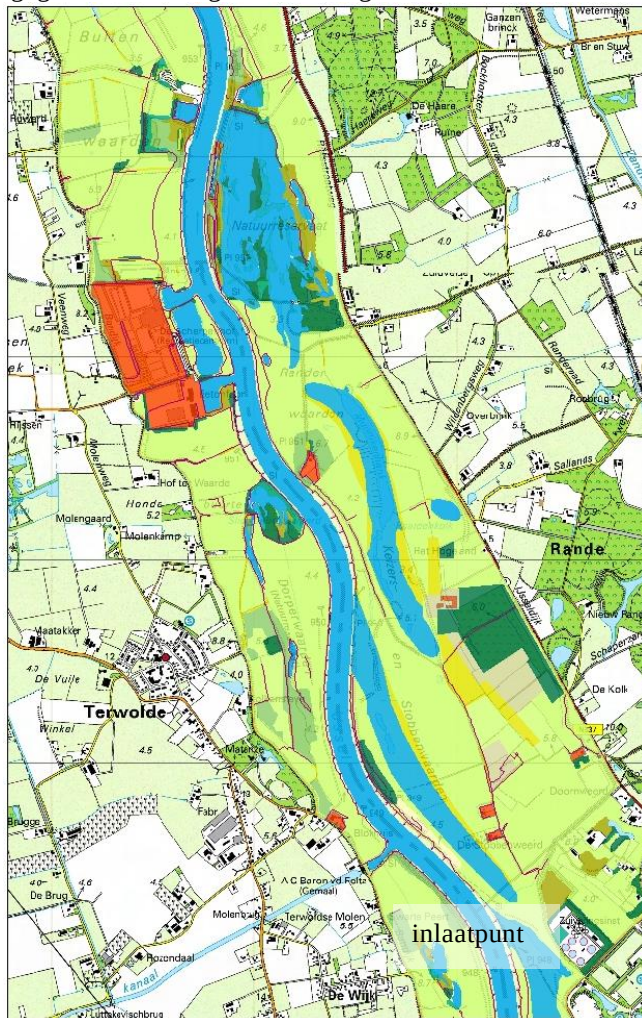
4.4 Fase 3 voorkeursrichting

Naar aanleiding van de bevindingen met de fase 1 en de fase 2 ontwerpen is een voorkeursrichting ontwikkeld. De voorkeursrichting is in hoofdlijn een doorontwikkeling van de hankenvariant. Aandacht is met name besteed aan lokaal benodigde dieptes, verbreding van de landtongen en vermindering van de frequentie van overstromen.

Het ontwerp van de maatregel is weer gegeven in de volgende twee figuren.



Figuur 8. VKA Hasko. 2008 BWO



Figuur 9. VKA Hasko. 2008 KSO

4.4.1. Hydraulische effect

De voorgestelde maatregelen hebben een effect op MHW standen van respectievelijk -18 centimeter (BWO) en -12 centimeter. De effectiviteit van de ingrepen op waterstanden is groter dan de meeste voorgaande alternatieven.

4.4.2. Beschreven effect van de maatregel

De morfologische effecten van de maatregel zijn onderzocht met behulp van 1D morfologische modellering (SOBEK). De geulen kenmerken zich als eenzijdig aangetakte hanken. Doordat de hanken zijn voorzien van inlaat drempels worden de morfologische effecten op het zomerbed beperkt. De twee belangrijkste inlaatdrempels liggen bij de bovenstroomse inlaatpunten op

respectievelijk kilometer 943 en 947. Bij deze drempels wordt de actuele terreinhoogte gehandhaafd. In eerdere varianten zijn diverse verlagingen van de inlaatpunten onderzocht. Uiteindelijk is er voor gekozen om ter beperking van de effecten op het zomerbed de huidige hoogte te handhaven. De drempelhoogtes zijn afgebeeld in de volgende tabel:

Locatie	Kmr ⁶	D1 (dynamisch)	Dagen/ jaar ⁷	Opmerkingen
Randerstraat	952	3,30	65	Uitlaatsdrempel
Keizerswaard	950	4,50	25	
Rioolwaterz.	948	4,20	40	
Zandweerdp.	947	4,60	30	
De Worp	945	4,80	30	
Bolwerksp.	943	5,20	25	

Tabel 15. Drempelhoogtes.

Worden de drempelhoogtes uit deze tabel 15 vergeleken met de hoogtes in tabellen 7 en 11 dan blijken de belangrijke inlaatsdrempels bij km 943 en 947 gaandeweg verhoogd van 3.5 naar 5.2 en 4.6. Deze verhoging heeft een nadelig effect op het hydraulisch effect van de maatregel. Desondanks zijn de drempels verhoogd en is hydraulisch effect van de maatregelen toegenomen door een betere vormgeving van de geulen.

Naast de inlaatsdrempels zijn alle uitlaatpunten voorzien van geleidingwerken om verwijding van de stroming in de vaargeul te voorkomen. De effecten op de sedimenthuishouding zijn opgenomen in de volgende tabellen.

Aspect	Sedimentatie	Erosie
Vaarweg	T	Gt
(Neven) geul	O	Gt
Winterbed	Gt ⁸	O

Tabel 16. Zandhuishouding

Aspect	Sedimentatie	Erosie
Vaarweg	O	O
(Neven) geul	Gt	Gt
Winterbed	Gt	Gt

Tabel 17. Slibhuishouding

⁶ Indicatie

⁷ Zie bijlage 1

⁸ Op en rond de inlaatsdrempels wordt sedimentatie verwacht.

4.4.3. De maatregelen om het effect op de vaarweg te verminderen

In de genese naar de voorkeursrichting zijn in dit ontwerp drie maatregelen getroffen om de effecten op de vaarweg te verminderen. Dit zijn:

1. Het éézijdig aantakken van de hanken,
2. De aanleg van hoogst mogelijke inlaatdrempels⁹,
3. De aanleg van geleidingswerken bij de uitlaten.

Ingreep	Voordeel	Nadeel
Éézijdige aantakking	Vermindering van aanzanding in de vaarweg	Geen stroming in de nevengeul bij lagere afvoeren,
	Vermindering aanslibbing in de geul	Vermindering verversing in de “neven” geul
	Vermindering aanzanding in de geul	
Verhoging inlaatdrempels	Vermindering van dwarsstroming	
	Vermindering van aanzanding in de vaarweg	Vermindering aanzanding op de oeverwal
	Vermindering van e.v.t hinderlijke dwarsstroming	Vermindering frequentie van meestromen
	Vermindering kans op erosie bij de uitlaat	Vermindering verversing
Geleidingswerken bij uitlaten		Vermindering afvoer van slib uit “neven” geul
	Vermindering erosie bij uitlaten	Vermindering ruimtelijke kwaliteit
	Vermindering e.v.t hinderlijke dwarsstromingen	Verhoging van kosten
		Vermindering flexibiliteit (introductie van gebiedsvreemd materiaal)

Tabel 18. Overzicht voor en nadelen toegepaste ingreep t.b.v. vaarweg

4.4.4. Morfologisch gevoeligheidsonderzoek

Van de voorkeursvariant van mei 2008 is de gevoeligheid onderzocht voor een eventuele verdere ophoging van de drempels [4]. Daarbij is onderzocht welke vermindering van het effect op het zomerbed optreedt als de drempels bij de Zandweerd 35 cm worden opgehoogd en die bij de Worp en Bolwerksplas 60 centimeter. Dit blijkt een reductie van het morfologisch effect op het zomerbed op te leveren tot 30% (van orde 35 centimeter maximaal naar orde 23 centimeter). Tegelijkertijd treedt ook een reductie op van het hydraulisch effect van 4 tot 8 millimeter. Dit laatste lijkt weinig maar is in het projectgebied van de Worp een gevoelig verlies. Omdat verwacht wordt dat de inlaatdrempels door autonome ontwikkeling (aanzanding bij hoogwater) langzaam zullen ophogen enom dat de hydraulische effectiviteit net voldoende is in het voorkeursalternatief wordt vooralsnog besloten de drempels niet verder op te hogen.

⁹ De drempels zijn gelegd op het huidige maaiveldnivo. Dit komt overeen met waterstanden die gemiddeld kortdurend in de winter worden overschreden. Overigens kunnen hoge waterstanden op dit nivo zowel door wind als door de aanvoer van water worden veroorzaakt. In het laatste geval stemt dit nivo overeen met een afvoer van ca 5000 m³/s bij Lobith.

5. Overzicht en discussie

5.1 Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken zijn zes stappen naar het huidige voorkeursalternatief afgebeeld. In de volgende paragrafen wordt een overzicht gegevens van de successie die de maatregelen hebben doorgemaakt.

5.2 Maatregelen getroffen om aanzanding zomerbed te verminderen

Aspect	MHW	Knijpwerken	Eenzijdige aantakking	Hoge inlaat drempels	Geleidingswerken
NURG (2004)	-	Ja	nee	nee	nee
PKB (2005)	0/-	Nee	nee	nee	nee
HASKO fase1	+	Nee	ja	ja	nee
HASKO fase2	+ / ++	Nee	ja	ja	nee
HASKO fase 3	+	Nee	ja	ja	ja

Tabel 19. Zomerbed (vaarweg)

De voorgaande tabel laat zien dat een groot aantal maatregelen in het ontwerp van Haskoning zijn toegepast om de aanzanding in het zomerbed te verminderen. Dit resulteert in een vermindering van de –kans op– aanzanding in het zomerbed (tabel 12) bij een groter waterstandverlagend effect bij MHW afvoeren. Door het grote aantal benedenstroomse aantakkingpunten, en de forse omvang ervan, is er toch nog kans op lokale erosie in het zomerbed.

5.3 Effecten van getroffen maatregelen op overige aspecten

De getroffen maatregelen hebben een prijs. Hieronder is weer gegeven welke gevolgen de maatregelen met zich meebrengen.

Aspect	Verhoging kosten aanleg	Verhoging Kosten beheer	Verminder- ring MHW effect	Verminder- ring waarde ruimtelijk	Verminder- ring waarde ecologie
Knijpwerk	Ja	ja	ja	ja	ja ¹⁰
Hoge inlaat drempel	Nee	nee	ja	nee	ja ¹¹
Geleidingswerken	Ja	nee	ja	ja ¹²	nauwelijks

Tabel 20. Zomerbed (vaarweg)

De voorgaande tabel laat zien dat de getroffen maatregelen negatieve effecten hebben op aspecten kosten, MHW, RK en ecologische waarde.

¹⁰ I.h.b. door beperking morfodynamiek in de nevengeul.

¹¹ I.h.b. als beperking voor fourageergebied voor rheofiele vis.

¹² Dit speelt heel heel sterk bij het IJsselhotel. De benodigde geleidingswerken stuiten op veel weerstand bij de omgeving (Q teams).

5.4 Samenvattende beoordeling van de successie t.b.v. de vaarweg

In de voorgaande paragrafen zijn de effecten op diverse aspecten vergeleken. Meest sturend zijn de effecten op de waterstanden bij maatgevend hoogwater en de effecten op de vaarweg. De ontwikkeling daarvan is samengevat in de volgende tabel.

	Belangrijkste ingreep ten behoeve van de vaarweg	Beoordeling MHW effect (resp -8, -18 cm)	Beoordeling effect op de vaarweg
Voorontwerp NURG PKB variant Haskoning fase 1 Haskoning fase 2 Haskoning fase 3	Knijpwerken	--	--/-
	Geen	-	--
	Drempels toegevoegd	+	-
	Drempels verhoogd	+ / ++	-
	Drempels verhoogd en regelwerken toegevoegd	+ / 0	- / 0

Tabel 21. Overzicht successie maatregelen

De voorgaande tabel en de tabellen 7, 11, en 15 laten zien dat de maatregel steeds meer is toegesneden op het reduceren van het effect op het zomerbed. De successie leidt bij een reductie van het effect op de vaarweg binnen het plangebied tot een steeds grotere spanning tussen de ruimtelijke kwaliteit en de MHW verlaging. De indruk is dat in dit ontwerp de mogelijkheden voor verruiming binnen het plangebied maximaal zijn opgerekt.

6. Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies.

De successie van rivierverruimende maatregelen in de projectgebieden heeft twee kenmerken. In de eerste plaats is het hydraulisch effect van de maatregel sterk toegenomen. Was deze in eerste instantie nog -4 tot -8 centimeter, uiteindelijk lopen de effecten op van -12 tot -18 centimeter.

In de tweede plaats is het karakter van de ingrepen verschoven van een kleinschalige meestromende nevengeul naar een grootschalig systeem van laagdynamische hanken.

Hoewel het hydraulisch effect van de maatregel (bijna) is verdrievoudigd is het effect op de vaarweg verminderd. Het offer dat hiervoor is gebracht is dat het meestromende karakter van de geulen is verlaten zodat het winterbed alleen bij hoge afvoeren meestroomt. Daarnaast zijn er op diverse locaties regelwerken toegevoegd.

De inspanningen hebben niet kunnen voorkomen dat ook het laatste voorkeursalternatief nog een aanzanding in het zomerbed zal veroorzaken. Deze aanzanding is echter vele malen kleiner dan de aanzanding die van het eerdere ontwerp wordt verwacht.

Geconcludeerd moet worden dat de laatste maatregel, indien beoordeeld op veiligheid en vaarweg, van alle varianten het beste scoort (tabel 21).

Minpuntje zijn de vele forse benedenstroomse aantakkingen in het ontwerp van Haskoning. Bij de benedenstroomse aantakkingen (4x) bestaat een gevaar van een lokale verwijding van de stroming en lokale erosie van de bodem tijdens hoogwater.

Als laatste wordt opgemerkt dat de spanningen tussen de eisen vanuit de scheepvaart en de ruimtelijke kwaliteit en de MHW verlaging steeds groter worden. Er is in het ontwerp duidelijk een grens bereikt in wat met maatregelen in het plangebied nog voor de scheepvaart kan worden gedaan.

6.2 Aanbevelingen voor het ontwerp.

Hoewel er ten opzichte van eerdere varianten flinke vooruitgang is geboekt zijn er nog drie morfologische knelpunten die extra aandacht verdienen.

- a. Aanzanding in de vaarweg,
- b. Erosie bij uitlaatpunten,
- c. Stabiliteit landtongen en bodem geul.

6.2.1. Aanzanding in de vaarweg

De laatste morfologische berekeningen laten zien dat op verschillende trajecten nog aanzanding is te verwachten in de orde grootte van 20 tot 30 centimeter. De kans is aanwezig dat dit zal leiden tot extra vaarbeperkingen na hoogwater. Het verdient aanbeveling om de kans op vaarbeperkingen verder te verkleinen. De mogelijke maatregelen staan samengevat in de volgende tabel.

Aspect	Verhoging kosten	Verminder- ring MHW effect	Verminder- ring waarde ruimtelijk
Regelbare inlaat	ja	nee	ja
Verhoging drempel	nee	ja	nee
Aanpassing kromming en breedte zomerbed	ja	nee	onbekend
Spreading inlaat	ja	nee	nee

Tabel 22. Mogelijke aanpassingen t.b.v. vermindering aanzanding in de vaarweg

De laatste mogelijkheid duidt op het spreiden van de inlaat van water over een langere lengte. Binnen het plangebied is hiervoor geen ruimte meer. Buiten het plangebied is deze oplossing wel mogelijk in het bijzonder door het doorlatend maken van het westelijke landhoofd van de Wilhelminabrug.

Als handhaving van het effect op MHW en op ruimtelijke kwaliteit als belangrijkste selectiecriteria worden gehanteerd, dan zijn de laatste twee ingrepen het meest kansrijk.

6.2.2. Erosie uitlaatpunten.

Het voorkeursalternatief (mei 2008) bevat 5 uitlaatpunten. De vormgeving ervan verdient extra aandacht met het oog op het voorkomen van erosie van het zomerbed en het ontstaan van hinderlijke dwarsstromen. Het verdient aanbeveling om per geval in detail te bekijken of de aantakking anders kan. Daarbij kunnen de volgende ingrepen worden overwogen.

Aspect	Verhoging kosten	Verminder- ring MHW effect	Verminder- ring waarde ruimtelijk
Versmallen monding	Nee	mogelijk	mogelijk
Asluiten	Nee	mogelijk	mogelijk
Geleidingswerken uitbreiden	Ja	mogelijk	ja

Tabel 23. Mogelijke aanpassingen t.b.v. vermindering erosie in de vaarweg

De eerste twee maatregelen zijn het meest kansrijk.

6.2.3. Stabiliteit landtongen en geul

Het derde en laatste zorgpunt t.a.v. morfologie betreft de stabiliteit van de bodem in de geul en de landtongen. Het verdient aanbeveling extra waarborgen te bieden voor de stabiliteit van de landtongen. Daarbij kunnen de volgende ingrepen worden overwogen.

Aspect	Verhoging kosten	Vermindering MHW effect	Vermindering waarde ruimtelijk
Verbreden landtongen	Nee	Ja	Nee
Meer uitgebreid verdedigen taluuds	Ja	nee	waarschijnlijk
Verminderen hydraulische belasting	onbekend	waarschijnlijk	Mogelijk

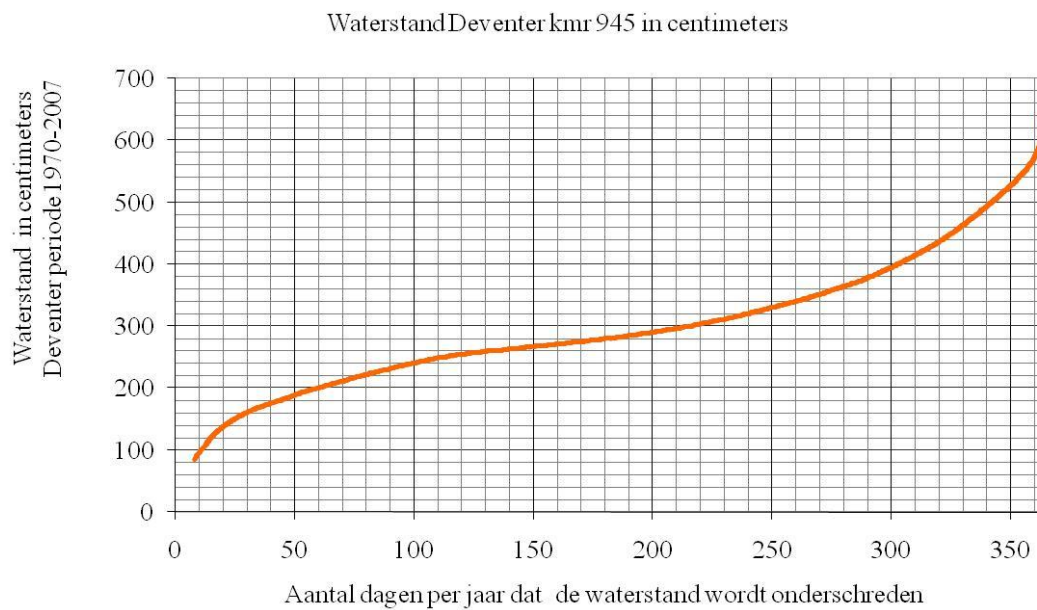
Tabel 24. Mogelijke aanpassingen t.b.v. vergroting stabiliteit landtongen

Van de drie voorgenoemde mogelijkheden verdient met name de laatste aanpassing extra aandacht. Waarschijnlijk vermindert het doorlatend maken van het Westelijke landhoofd van de Wilhelminabrug de hydraulische belasting op de landtong bij de Bolwerksplas en de Worp doordat meer water ten westen van het IJsselhotel kan worden afgevoerd..

7. Literatuur

- [1] Brink, N.G.M van den Brink, Hydraulische effecten Keizers en Stobbewaarden, RWS-RIZA 2005,
- [2] Doorn, Noel van et al, Inrichtingsplan Keizers en Stobbenwaarden en de Bolwerksweiden, 2004
- [3] PKB deel , kabinetsstandpunt, nota van toelichtingen, februari 2006,
- [4] Smale, A., Morfologische onderzoek Deventer inclusief gevoeligheid drempelhoogte, ref OST140-3/140-5/winb003, juni 2008,

Bijlage 1. Overstromingsfrequenties bij Deventer



Bijlage 3

t.a.v. G.Gerrits
Royal Haskoning
Barbarossastraat 35
6500 AD Nijmegen

Betreft: Nader onderzoek morfologische effecten zomerbed (kwalitatief)
Datum: 20 maart 2008

Beste Geert,

Met dit bericht doe ik verslag van een nadere beschouwing van de morfologische effecten op het zomerbed van de ontwerpen die getoetst zijn.

1. Aanleiding

De volgende tekst is aangeleverd voor de MER.

Verkennde effectbeschrijving en beoordeling morfologisch

Het hydraulisch effect van de maatregel vergt een wijziging van de afvoerverdeling tussen zomer en winterbed bij maatgevende afvoeren. Wijziging in de verdeling tussen zomer en winterbedafvoer veroorzaakt effecten in het zomer en winterbed.

Zomerbed (RELATIEF)

De praktisch relevante morfologische respons van het zomerbed wordt bepaald door de mate van verandering in die verdeling over een representatieve periode. De ervaring leert dat met name veranderingen in de frequentie van meestromen bepalend is voor de morfologische respons van het zomerbed. Daarom wordt de morfologische effectbeoordeling gedaan aan de hand van de gewijzigde drempelhoogtes van instroomdrempels.

Afwezige uitwisselpunten of hoogste drempels scoren een +, laagste drempels een -, middenvormen een 0. Een 0 score geeft aan dat het model gemiddeld scoort ten opzichte van de andere. Alle modellen veroorzaken morfologische respons van het zomerbed.

Drempel	Locatie	A	A	B	B	C	C
Bolwerksplas	943,500 l.o.	4,00	0	4,00	0	4,00	0
Worp	945,000 l.o.	3,90	-	-	+	4,84	0
Zandweerdplas	946,500 r.o.	4,60	0	4,00	-	4,60	0
Hank1 Keizersw	948 r.o.	4,2	0	4,20	0	4,20	0
Hank 2 Keizersw	950 r.o.	4,30	0	4,30	0	4,30	0
Totaal (som)			-		0		0

Tabel 1.

Naar verhouding scoort het model A het slechtst.

Restricties op natuurlijke morfodynamiek

Elke ingreep die aanvullende restricties veroorzaakt voor natuurlijke morfodynamiek van de rivier scoren negatief, elke ingreep die aanvullende mogelijkheden schepst voor morfodynamiek scoort positief.

Drempel	Locatie	Restrictie	A	B	C
Bolwerksplas	944 l.o.	Oever smal beperking laterale bewegingsruimte zomerbed	-	-	-
Worp	945,000 l.o.	Oever smal beperking laterale bewegingsruimte zomerbed	-	-	-
Zandweerdplas	947,000 r.o.	Oever smal beperking laterale bewegingsruimte zomerbed	-	-	-
Hank1 Keizersw	949 r.o.	Oever smal beperking laterale bewegingsruimte zomerbed	-	0	-
Hank 2 Keizersw	950 r.o.	Oever smal beperking laterale bewegingsruimte zomerbed	0	0	0
Totaal (som)			-	0	-

Mitigatie van negatieve effecten Morfologisch

Negatieve morfologische effecten zoals vermindering van vaardiepte en restricties van de oever kunnen worden verzacht door:

1. Aanvullende maatregelen als kribben en regelwerken,
2. Aanvullend baggerbeheer,
3. Ander materiaalgebruik op oevers.

In deze tekst zijn de modellen onderling vergeleken. Van alle modellen wordt gezegd dat zij een morfologische resons van het zomerbed veroorzaken. Daarnaast wordt geconstateerd dat alle modellen beperkingen opleggen aan de laterale bewegelijkheid van het zomerbed. Deze zal moeten worden opgevangen door het gebruik van oeververdedigingen.

2. Doel/vraagstelling

De vraag die nu rijst is: hoe ernstig moeten wij de te verwachten effecten taxeren?

3. Methode

Om een antwoord te geven op de vraag zijn vier zaken bekeken.

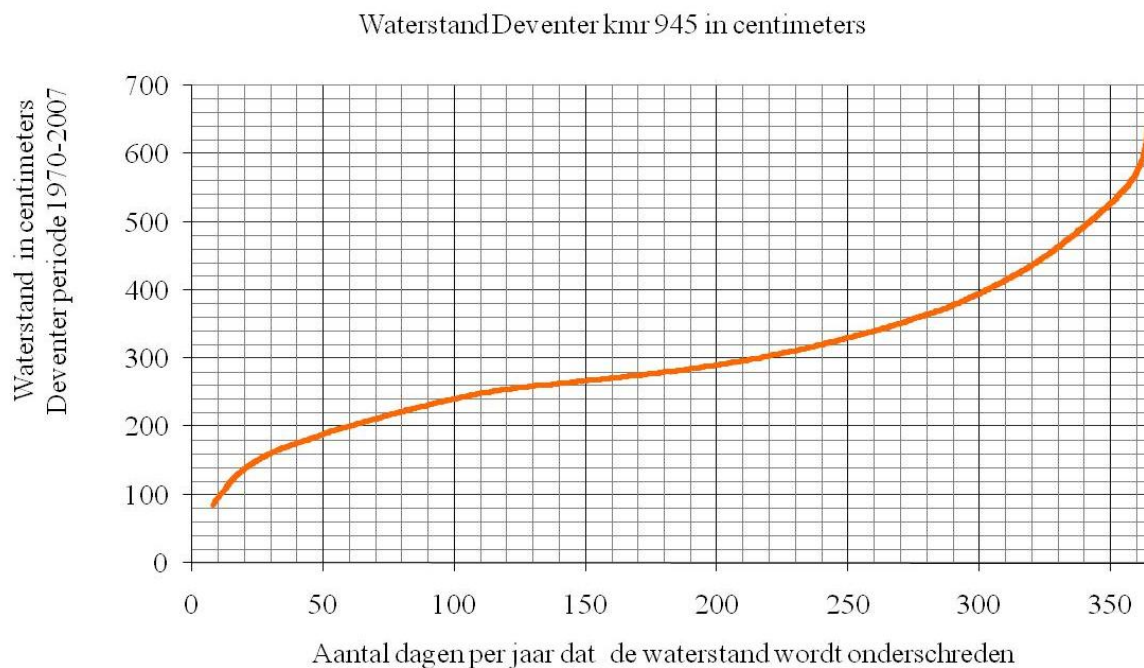
- a. Verwachte frequentie van meestromen,
- b. Verwachte wijziging van de stroomsnelheid van het zomerbed,
- c. Hydraulische invloed van de drempels,

4. Beschouwing

4.1. Frequentie van meestromen.

Wij beschikken gelukkig over een lange meetreeks van gemeten waterstanden bij Deventer. Deze meetreeks geeft een nauwkeurig beeld van de waterstanden door het jaar heen.

Het meetstation bevindt zich ter hoogte van kilometer 945.



Figuur 1. Gemeten waterstanden MSW Deventer, bron RIJKSWATERSTAAT ON, MSW NET.

Bij een gemiddeld verhang van 10 centimeter per kilometer kunnen hieruit de volgende overschrijdingsfrequenties worden ontleend.

Drempel	Locatie	A	Overs. Freq. d.p.j.	B	Overs. Freq. d.p.j.	C	Overs. Freq. d.p.j.
Bolwerksplas	943,500 l.o.	4,00	75	4,00	75	4,00	75
Worp	945,000 l.o.	3,90	65	-	-	4,84	25
Zandweerdplas	946,500 r.o.	4,60	30	4,00	55	4,60	30
Hank1 Keizersw	948 r.o.	4,20	40	4,20	40	4,20	40
Hank 2 Keizersw	950 r.o.	4,30	25	4,30	25	4,30	25

Tabel 1. Overschrijdingsfrequenties drempels in dagen per jaar.

Drempel	Locatie	Huidige situatie	Overs. Freq. d.p.j.
Bolwerksplas	943,500 l.o.	5,50 tot 4,7	15 tot 35
Worp	945,000 l.o.	5,1 tot 4,8	20 tot 30
Zandweerdplas	946,500 r.o.	5,0 tot 4,6	15 tot 30
"Hank1" Keizersw	948 r.o.	5,0 tot 4,8	10 tot 25
"Hank 2" Keizersw	950 r.o.	4,30	25

Tabel 2. Overschrijdingsfrequenties huidige drempels

Veranderingen van overschrijdingsfrequenties.

Drempel	Locatie	Huidig	Overs.	Verandering
---------	---------	--------	--------	-------------

		<i>Overs. Freq. d.p.j.</i>	<i>Freq. d.p.j. var. A</i>	<i>Aantal dagen overstroming</i>
<i>Bolwerksplas</i>	<i>943,500 l.o.</i>	<i>15 tot 35</i>	<i>75</i>	<i>+40 tot +60</i>
<i>Worp</i>	<i>945,000 l.o.</i>	<i>20 tot 30</i>	<i>65</i>	<i>+35 tot + 45</i>
<i>Zandweerdplas</i>	<i>946,500 r.o.</i>	<i>15 tot 30</i>	<i>30</i>	<i>0 tot +15</i>
<i>“Hank1” Keizersw</i>	<i>948 r.o.</i>	<i>10 tot 25</i>	<i>40</i>	<i>+15 tot +30</i>
<i>“Hank 2” Keizersw</i>	<i>950 r.o.</i>	<i>25</i>	<i>25</i>	<i>0</i>

Tabel 3. Verandering van overstroming drempels variant A

<i>Drempel</i>	<i>Locatie</i>	<i>Huidig Overs. Freq. d.p.j.</i>	<i>Overs. Freq. d.p.j. var. B</i>	<i>Verandering Aantal dagen overstroming</i>
<i>Bolwerksplas</i>	<i>943,500 l.o.</i>	<i>15 tot 35</i>	<i>75</i>	<i>+40 tot +60</i>
<i>Worp</i>	<i>945,000 l.o.</i>	<i>20 tot 30</i>	<i>-</i>	<i>n.v.t.</i>
<i>Zandweerdplas</i>	<i>946,500 r.o.</i>	<i>15 tot 30</i>	<i>55</i>	<i>+25 tot +40</i>
<i>“Hank1” Keizersw</i>	<i>948 r.o.</i>	<i>10 tot 25</i>	<i>40</i>	<i>+15 tot +30</i>
<i>“Hank 2” Keizersw</i>	<i>950 r.o.</i>	<i>25</i>	<i>25</i>	<i>0</i>

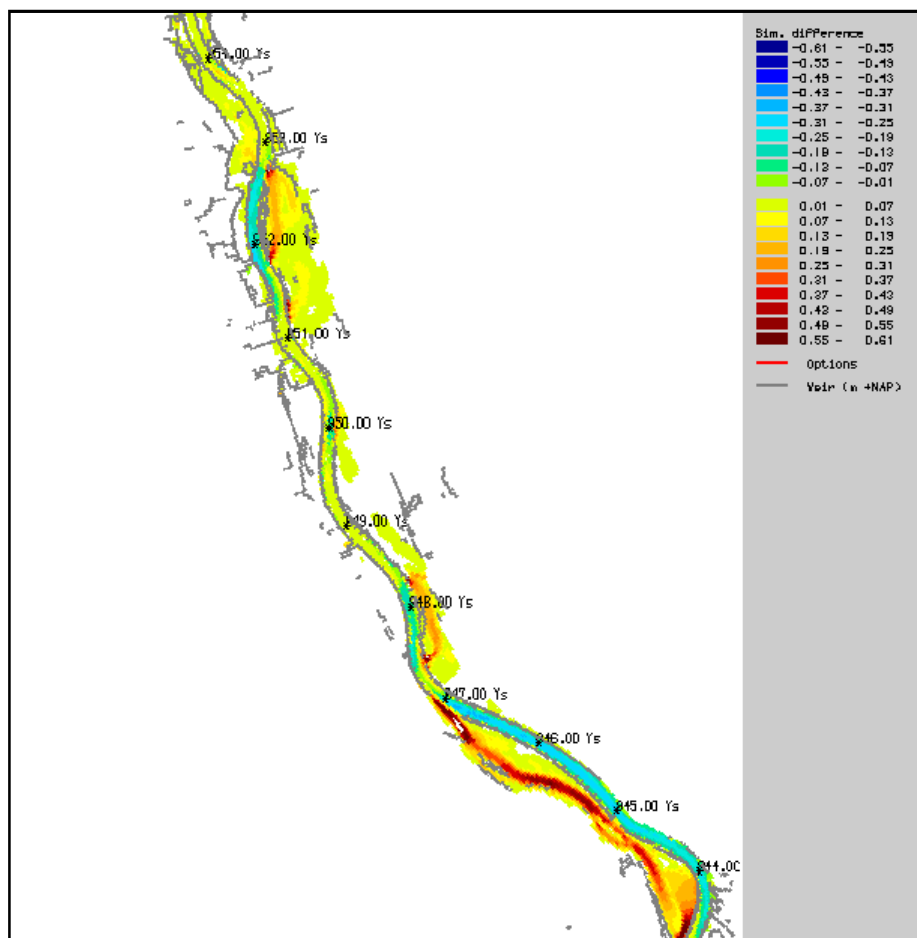
Tabel 4. Verandering van overstroming drempels variant B

<i>Drempel</i>	<i>Locatie</i>	<i>Huidig Overs. Freq. d.p.j.</i>	<i>Overs. Freq. d.p.j. var. C</i>	<i>Verandering Aantal dagen overstroming</i>
<i>Bolwerksplas</i>	<i>943,500 l.o.</i>	<i>15 tot 35</i>	<i>75</i>	<i>+40 tot +60</i>
<i>Worp</i>	<i>945,000 l.o.</i>	<i>20 tot 30</i>	<i>25</i>	<i>-5 tot +5</i>
<i>Zandweerdplas</i>	<i>946,500 r.o.</i>	<i>15 tot 30</i>	<i>30</i>	<i>0 tot +15</i>
<i>“Hank1” Keizersw</i>	<i>948 r.o.</i>	<i>10 tot 25</i>	<i>40</i>	<i>+15 tot +30</i>
<i>“Hank 2” Keizersw</i>	<i>950 r.o.</i>	<i>25</i>	<i>25</i>	<i>0</i>

Tabel 5. Verandering van overstroming drempels variant C

4.2. Verwachte wijziging van de stroomsnelheid in het zomerbed

Variant A heeft van alle modellen de laagste drempels. Dit model is maatgevend voor de te verwachten effecten op de stroomsnelheden in het zomerbed. Het grootste morfologische effect wordt veroorzaakt bij het frequent meestromen van de geulen. In de volgende figuur is de verandering van stroomsnelheid te zien bij een laag en frequent voorkomend hoogwater (Q 560 op de IJssel, 40 dagen per jaar overschreden).



Figuur 2. Verandering van stroomsnelheid bij 560 m³/s op de IJssel. D2 minus referentie.

De grootste effecten treden op tussen kilometers 943 en 947 en tussen rivierkilometers 951 en 952. Deze trajecten zijn zichtbaar als blauwe trajecten.

4.3. Hydraulische invloed van drempels

Variant A heeft van alle modellen de laagste drempels. Dit model is maatgevend voor de te verwachten effecten van de drempels.

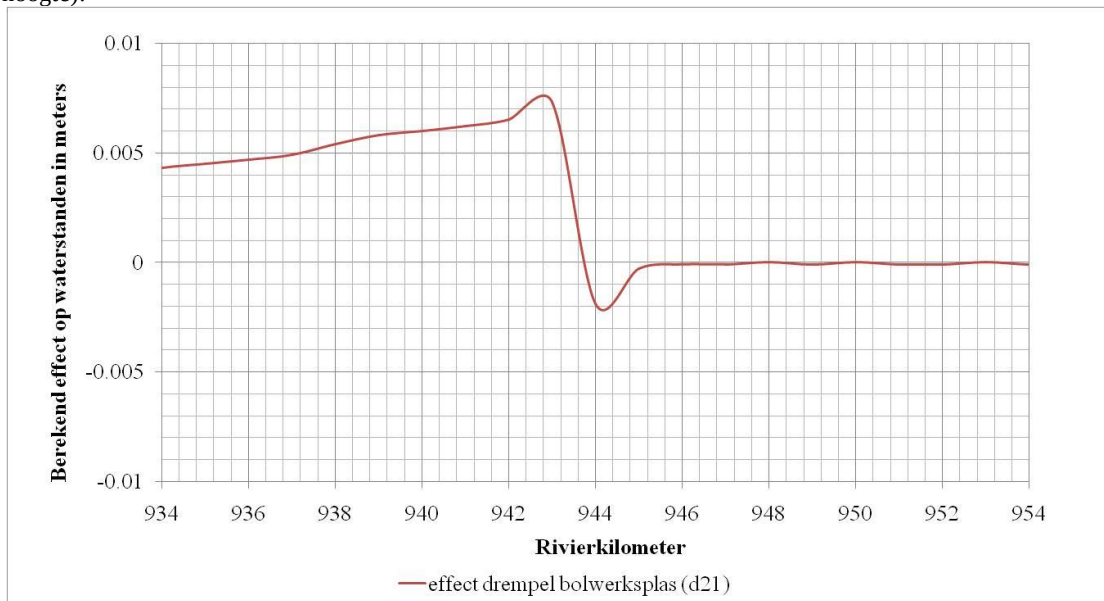
In eerder uitgevoerd gevoeligheidsonderzoek is de invloed van de drempels op de hydraulische effectiviteit van maatregelen verkend. Dit leverde het volgende overzicht op:

	Beschrijving	Bevinding
H1_2b	Effect niet verlagen drempel zandweerdplas	+7 mm
H1_3	Weg naar bebouwing op hogere drempel gelegd (4,6 + NAP)	+1 mm
H1_4	Effect afsluiten middelste hank	+3 mm
H1_8a	Drempels inlaat Bolwerksplas niet verlaagd	+16 mm
H1_9	Regelwerken uitlaten	+2 mm

Tabel 6. overzicht effecten drempels op taakstellingen (uit gevoeligheidsonderzoek)

Het voorgaande onderzoek is uitgevoerd op basis van de ontwerpen van najaar 2007.

Als extra controle is in het huidige ontwerp de gevoeligheid van de drempel bij de Bolwerksplas onderzocht. In het onderzoek is de drempel verhoogd van NAP +4,0 m naar NAP + 5,55 m (huidige hoogte).



Figuur 2. Effect hoogte drempel Bolwerksplas

Tellen we het effect van een verhoging van drempels (naar huidige hoogte) bij elkaar op dan is voor de Keizers en Stobbenwaarden een effect te verwachten kleiner dan 1 centimeter en voor de Bolwerkplas en de Worp circa 1,3 centimeter (sommatie van 0,5 bij de Keizers en Stobbenwaarden en 0,8 lokaal).

5. Conclusies

De frequentie waarmee de drempels overstroomd neemt toe met 0 tot 60 dagen per jaar. Zolang de absolute frequentie van overstroomd lager blijft dan 25 dagen per jaar zullen de effecten op het zomerbed beperkt zijn. De geulen die vaker dan 25 dagen per jaar meestroomd hebben een significante invloed op het zomerbed.

Alle geulen behoren tot die laatste categorie. Vanuit de frequentie geredeneerd is een significante aanzanding van het zomerbed te verwachten over een tamelijk lang traject.

De impact die als gevolg van het meestroomd van de geulen op het zomerbed is te verwachten wordt bevestigd door de verschillen in de stroomsnelheden bij een laag hoogwater (Q IJssel ca $560 \text{ m}^3/\text{s}$). In het bijzonder tussen kilometers 943 en 947 en tussen kilometer 951 en 952 zijn problemen te verwachten. Gezien de grootte van het hydraulische effect moet rekening worden gehouden met een aanzanding in de orde van decimeters. De scheepvaart zal hierdoor worden gehinderd met name in de binnenbochten en bij onderlinge passages.

De drempels beïnvloeden het hydraulische effect van de ingrepen met maximaal 8 millimeter per drempel bij een vergelijking tussen de huidige drempelhoogtes en de ontwerphoogtes. Wordt het ontwerp aangepast waarbij alle drempels worden teruggelegd op de huidige hoogte dan zal dit bij de Worp maximaal 1,5 centimeter verlies van effect opleveren en bij de Zandweerd maximaal 1 centimeter. Er is binnen de voorliggende ontwerpen nog voldoende ruimte om dit verlies aan hydraulisch effect op te vangen.

6. Aanbevelingen

De voorliggende ontwerpen zullen leiden frequente hinder voor de scheepvaart. Het verdient aanbeveling om de effecten te compenseren met aanvullende maatregelen en/of het ontwerp aan te passen.