



**Achtergrond
rapportage
Hydraulica NVO**

Transparent approach, swift results

MILIEU • RUIMTE • WATER

CSO



**Achtergrond
rapportage
Hydraulica NVO**

Opdrachtgever

Beluga, Rijkswaterstaat

Contactpersoon

CSO Adviesbureau

Postbus 2
3980 CA Bunnik
Tel. 030 – 659 43 21
Fax 030 – 657 17 92
info@cs0.nl

Contactpersoon CSO

F. Hoefsloot
D.R. van Putten

Projectcode: 14M3006
Document: 10312-VB-A-DO-BER-RIV
Versiedatum: 17-6-2014
Status: Definitief

Autorisatie

Opgesteld door

D.R. van Putten
Adviseur rivierkunde

Handtekening



.....

Akkoord bevonden door

F. Hoefsloot
Senior adviseur rivierkunde

Handtekening



.....

Contactgegevens projectleider

F. Hoefsloot

f.hoefsloot@cs0.nl

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	5
1.1	Eisen uit rivierkundig beoordelingskader	5
1.2	Ontwerpeisen	6
2.	Werkwijze	7
2.1	Baseline-schematisatie oevers	7
2.2	Afwijkende trajecten	9
2.3	Overzicht Baseline-maatregelen	9
2.4	WAQUA	11
3.	Resultaten	12
3.1	MHW-stand op de as van de rivier	12
3.2	MHW-stand buiten as van de rivier	12
3.3	Stroombeeld in de uiterwaard	13
3.4	Stroombeeld in de hoofdgeul	13
3.5	Morfologie zomerbed	14
3.6	Morfologie uiterwaard	15
4.	Terugkoppeling ontwerpeisen	16
4.1	Geen opstuwing	16
4.2	Vloeiende overgang	16
4.3	Uitgangspunten	16
4.4	Beoordeling	16
4.5	Dwarsstroming	16
4.6	Baseline schematisatie	16
5.	Conclusies	17
6.	Bijlagen	18

Bijlage 1: Waterstanden in de uiterwaard

Bijlage 2: Stroombeeld in de uiterwaard

Bijlage 3: Stroombeeld in de hoofdgeul

Bijlage 4: Absolute stroomsnelheden

1. Inleiding

Deze achtergrondrapportage beschrijft de werkwijze en resultaten van de rivierkundige beoordeling voor het ontwerp van alle NVO-locatie met uitzondering van Kleine Weerd. De resultaten van Kleine Weerd zijn separaat gedocumenteerd in het rapport “Achtergrond Rapportage Hydraulica Kleine Weerd, 10312-VBND-E001-03-DO-BER-RIV”.

De rivierkundige beoordeling bestaat uit het volledig doorlopen van het Rivierkundig Beoordelingskader 2.01 (RBK). In de uitgangspuntennotitie(9Y3641-101) is afgestemd welke inspanning hiervoor nodig is. Daarnaast zijn er aan het ontwerp rivierkundige eisen gesteld, waar in deze rapportage op is teruggekoppeld.

1.1 Eisen uit rivierkundig beoordelingskader

Voor de rivierkundige beoordeling is in de uitgangspuntennotitie vastgelegd hoe elk criterium uit het RBK geanalyseerd dient te worden, zie tabel 1.

Tabel 1: Te beoordelen effecten, methode en criteria

	§	Te beoordelen effect	Methode	Waqua berekeningen (Afvoer St. Pieter in m ³ /s)	Criterium	Presentatie
Hydraulische Effecten	1.1	Stroomvoerend deel rivier: MHW-stand op de as van de rivier	WAQUA	4000 m ³ /s	Opstuwung op de as van de rivier < 1mm	Grafiek waterstanden in de as van de rivier
	1.2	MHW stand buiten as van de rivier	WAQUA	Bedijkte Maas : 4000 m ³ /s Onbedijkte Maas: 4000 m ³ /s én 3430 m ³ /s	Opstuwung bij de waterkeringen. Ter beoordeling Waterschap /en RWS BG	Figuur waterstandsverschil tabel met maximale waterstandseffecten bij de waterkeringen
Hinder of Schade	2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	WAQUA	Bedijkte Maas : 4000 m ³ /s Onbedijkte Maas: 4000 m ³ /s én 3430 m ³ /s Indien significante effecten verwacht worden: 2264 m ³ /s en 1993 m ³ /s	Veranderingen grootte en richting stroomsnelheden bij MHW, Ter beoordeling RWS BG en terrein eigenaar	Figuur veranderingen stroomsnelheid Figuur van de stroombanen
	2.3	Stroombeeld in de hoofdgeul	Nabewerking WAQUA resultaten	1993 m ³ /s 1000 m ³ /s 1500 m ³ /s	Dwarsstroming op de oeverlijn. Ter beoordeling RWS BG	Figuren dwarsstroming op de oeverlijnen
Bodemligging en Morfologie *	3.1	Aanzanding en erosie van het Zomerbed (+oevers)	O.b.v. stroomsnelheid en WAQUA	Bedijkte Maas : 4000 m ³ /s Onbedijkte Maas: 4000 m ³ /s én 3430 m ³ /s Indien significante effecten verwacht worden: 2264 m ³ /s en 1993 m ³ /s		Figuren absolute stroomsnelheden en stroomsnelheidsverschillen
	3.2	Aanzanding en erosie van de uiterwaard en Nevengeulen				

*Uitgebreid onderzoek naar de morfologische effecten valt buiten de scope van deze rivierkundige beoordeling. Aanvullend morfologisch onderzoek is in opdracht van Rijkswaterstaat gecombineerd uitgevoerd voor NVO1, NVO2 en KRW3.

1.2 Ontwerpeisen

Naast de eisen uit het RBK zijn er aan het ontwerp de volgende rivierkundige eisen gesteld:

Tabel 2: Specifieke rivierkundige ontwerpeisen

F-0.1	<p>Geen opstuwing: Aanleg van de natuur(vriende)lijke oevers mag niet leiden tot netto opstuwing in de Maas, conform de Waterwet</p> <p><i>Toelichting: Verificatie t.b.v. waterwetvergunning</i></p>
I000-1	<p>Interne raakvlakken: De overgang tussen natuurlijke oevers, natuurvriendelijke oevers en/of oevers die in de oude staat blijven dient ruimtelijk en scheepvaarttechnisch vloeiend te verlopen.</p>
BER-10	<p>Schematisatie en modelinstrumenten: Berekeningen dienen te worden uitgevoerd met Waqua versie 2007.</p>
BER-11	<p>Schematisatie en modelinstrumenten: Het Baseline referentiemodel KRW3_00 model dient te worden toegepast.</p> <p><i>Toelichting: Het gebruik van dit model is op 11-2-2014 telefonisch afgestemd met Jan Bremer, het model is vervolgens aangeleverd door Frontoffice ZN op 12-2-2014; Er wordt met een fijn rooster van de gehele Maas gerekend (met grof rooster kunnen de maatregelen niet goed worden geschematiseerd). Het toegepaste rooster is verfijnd met een factor 2 in beide richtingen, naam van het rooster is maas20m_1a.rgf;</i></p>
BER-12	<p>Schematisatie en modelinstrumenten: De doorrekening in Waqua dient met het ruwhedenbestand roughcombination.karak_4 te worden doorgerekend.</p>
BER-13	<p>Schematisatie en modelinstrumenten: Baseline schematisaties dienen te worden opgesteld met Baseline versie 4.03 met aangepaste baswaq.exe</p> <p><i>Toelichting: In 2012 is door Deltares een aangepaste versie van BASWAQ aangeleverd t.b.v. het project NVO2, welke een probleem oploste dat ontstond bij de omzetting van Baseline naar WAQUA wanneer het verfijnde rooster werd toegepast.</i></p>
BER-14	<p>Schematisatie en modelinstrumenten: De berekeningen dienen te worden uitgevoerd met een stationaire afvoer (geen hoogwatergolf)</p>
BER-15	<p>Schematisatie en modelinstrumenten: Laterale in en uitstroming dient niet meegenomen in het Waqua model.</p>
BER-16	<p>Algemene Uitgangspunten beoordeling: Voor het toetskader geldt het Rivierkundig beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren versie 2.01, juli 2009, de beoordeling dient op basis van tabel 3.1 criteria beoordelingskader en tabel 3.2 overschrijdingsfrequentie plaats te vinden.</p>
BER-17	<p>De dwarsstroming dient beoordeeld te worden conform de uitgangspunten uit H3.4 uitgangspunten notitie NVO2.</p>
BER-18	<p>Schematisatie Baseline: Voor de schematisatie Baseline dienen de uitgangspunten conform H3.5 uitgangspuntennotitie NVO2 gehanteerd te worden.</p>

2. Werkwijze

Om te komen tot de gevraagde WAQUA-berekeningen uit tabel 1, zijn input-bestanden nodig. Deze worden gegenereerd met Baseline. Voor Baseline zijn de volgende uitgangspunten overeengekomen:

- Te gebruiken referentiemodel: KRW3_00
- Te gebruiken rooster: maas20m_1a.rgf
- Te gebruiken Baseline versie: Baseline403 met aangepaste baswaq.exe (ivm conversie naar het fijne rooster)
- Naamgeving maatregel: ma_nvo2_<<oevertraject nummer>>_a1

De wijze van schematiseren van de oevers is hierna beschreven in paragraaf 2.1.

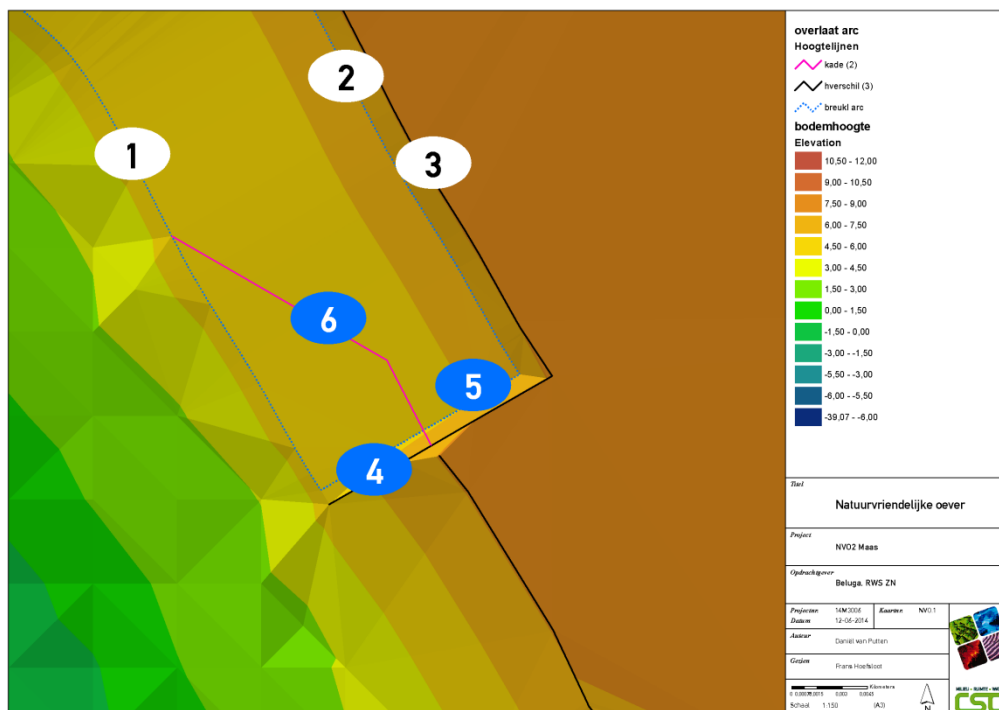
2.1 Baseline-schematisatie oevers

De oevers zijn in te delen in verschillende typen:

- NO = natuurlijke oever, de oever wordt volledig ontsteend, dit is tot 1 meter onder het ontwerp stuwpeil
- NVO+0.50 = natuurvriendelijke oever, de oever wordt ontsteend tot 50 cm onder het ontwerp stuwpeil
- NVO = natuurvriendelijke oever, de oever wordt ontsteend boven het ontwerp stuwpeil

Het ontwerp stuwpeil is de waterstand bij een afvoer van 120 m³/s. Deze is afkomstig uit het bestand 'Toekomstige_Betrekkinglijnen_Maas_versie_feb2014_rev.xls'.

De werkwijze van schematiseren is eenvoudig uit te leggen aan de hand van figuur 1.



Figuur 1: Baseline-schematisatie natuurvriendelijke oever

In deze figuren zijn 6 lijnen genummerd, die gezamenlijk het ontwerp in Baseline schematiseren.

De lijnen 1, 2 en 3 vormen gezamenlijk het ‘strandje’, de lijnen 4, 5 en 6 vormen de overgangsconstructie. Als eerste is ingegaan op de vorming van het strandje, daarna op de overgangsconstructie.

Lijn 1: breuklijn

Rivierwaarts is een insteeklijn gelegd deze lijn geeft aan tot waar ontstening plaatsvindt en dus ook vanaf waar de scheepsgolven effect hebben. Deze wordt de oeverlijn genoemd. De hoogte is bepaald aan de hand van het type oever (NO > stuwpeil minus 1m; NVO > stuwpeil, etc.), en de ligging is daar waar de Baseline-referentie deze hoogte heeft.

Lijn 2: breuklijn

Uit BEM-berekeningen is voor iedere dwarsprofiel (per 100m) de breedte van de geërodeerde oever bepaald (gebruik is gemaakt van de breedte na 20 jaar). De afstand waarop lijn 2 ten opzichte van lijn 1 is gelegd, is gelijk aan deze breedte. De hoogte van lijn 2 is zodanig dat er een 1:10 talud ontstaat. Bijvoorbeeld bij een breedte van 20 meter, is de k_hoogte 2 meter hoger dan de oeverlijn. Deze lijn wordt de erosielijn genoemd.

Wat betreft de erosielijn kunnen 3 situaties optreden:

1. Hoogte erosielijn > referentiehoogte
2. Referentiehoogte minus hoogte erosielijn < 1
3. Referentiehoogte minus hoogte erosielijn > 1

Bij situatie 1 ligt de erosielijn dus hoger dan de referentiehoogte. Dit is echter niet realistisch, er zal alleen erosie optreden, en geen sedimentatie. In dit geval wordt daarom de hoogte en ligging van de erosielijn aangepast. De ligging van de aangepaste erosielijn wordt bepaald door het snijpunt van de referentie-bodemhoogte met het 1:10-talud (vanaf de oeverlijn). De hoogte van deze aangepaste erosielijn is geprikt uit de referentie-bodemhoogte.

Bij situatie 2 en 3 wordt een hoogteverschillijn naast de erosielijn gelegd. Zie hoogteverschillijn voor uitleg hierover.

Lijn 3: hoogteverschillijn

Bij situatie 2 en 3 (zie “lijn 2: breuklijn” welke situaties dit zijn) is een hoogteverschillijn gelegd. Voor situatie 2 is deze gelegd op 10 cm vanaf de erosielijn, voor situatie 3 is deze zodanig gelegd dat er een 1:1 talud naar de referentiebodembodemhoogte ontstaat. De hoogte van de hoogteverschillijn is geprikt uit de referentie. Deze lijn fungeert als landwaartse insteeklijn.

Vegetatie

Tussen de lijnen 1 en 2 is de ecoruw gewijzigd in ruwcode 111 (kribvakstrand). Tussen de lijnen 2 en 3 is de ruwcode gewijzigd in 1852 (95% water en 5% struweel) in het geval van situatie 3. Bij situatie 2 is de steilrand slechts 10 cm breed en in dit geval zal er geen significante ruwe vegetatie op de steilrand ontstaan.

Lijn 4: hoogteverschillijn

Bij de overgangsconstructie (zowel bovenstrooms als benedenstrooms) van een oevertraject is een hoogteverschillijn gelegd als insteeklijn dwars op de rivier.

Lijn 5: breuklijn

Op een afstand van 1 meter naast lijn 4 is een breuklijn gelegd die oever- en erosielijn verbindt.

Lijn 6: kade

Bij de overgangen blijft een stuk van de steenbekleding liggen, en deze is landwaarts beschermd met een grindkoffer. Deze constructie is geschematiseerd als kade. De ligging van de kade is op de bovenkant van de steenbekleding. De lengte van de kade is 5 maal de erosiediepte (maaiveld minus oeverlijnhoogte). Daarna wordt over een afstand van 15m de kade teruggelegd naar de oeverlijn.

2.2 Afwijkende trajecten

Er zijn drie trajecten waar afwijkende Baseline-maatregelen zijn geschematiseerd, dit zijn:

1. Biesweerd/Hansummerweerd (kade)
2. Romeinenweerd (vegetatie)
3. Oeffelt en St. Agatha (kribben)

Biesweerd/Hansummerweerd:

Bij de Biesweerd is van een bestaande oevergeul de instroomhoogte verlaagd, zodanig dat er (gemiddeld) 109 dagen per jaar uitwisseling met het zomerbed mogelijk is. Op basis van overschrijdingsduur gegevens is bepaald dat deze 109 dagen per jaar gelijk is aan een afvoer van 250 m³/s bij Borgharen. Met behulp van de betrekkinglijnen is vervolgens een waterstand gevonden bij de kade van 14,3 m+NAP.

De breedte van de opening is 40 meter, daarom is de vooroeverdam over deze breedte verlaagd tot 14,3 m+NAP en loopt daarna geleidelijk op tot de huidige hoogte. Tevens is er een uitstulping in de oevergeul verwijderd. Aan de uitstroomzijde van de oevergeul is het maaiveld iets verlaagd.

Romeinenweerd:

Op de locatie Romeinenweerd is de bestaande vegetatie gewijzigd in natuurlijk grasland.

Oeffelt en St. Agatha:

Op het traject Oeffelt en St. Agatha zijn (naast enkele 'gewone' oeveraanpassingen) kribben verwijderd. Er is één krib blijven liggen, deze ligt in de monding van de beek 'Oeffeltse Raam'.

2.3 Overzicht Baseline-maatregelen

In tabel 3 is een overzicht opgenomen van de 16 Baseline-maatregelen en de oevertrajecten die zijn aangepast.

Tabel 3: Overzicht oever-trajecten en Baseline-naamgeving

Trajectnaam en nummer	Baseline-code	Hecto-start	Hecto-eind	Uitvoerbare lengte in km	Ontwerpkeuzes
E000.04	ma_nvo2_04_a1	85,700	86,400		
Buggenum		85,790	85,828	0,038	NVO
		85,828	86,300	0,472	NVO+(0,50)
E000.05	ma_nvo2_05_a1	86,850	89,025		
Biesweerd/ Hansummerweerd		86,850	87,834	0,984	Dam
		88,654	88,974	0,320	NO
E000.06	ma_nvo2_06_a1	92,415	95,080		
Beesel		92,415	92,580	0,165	NVO
		92,700	93,100	0,400	NVO

Trajectnaam en nummer	Baseline-code	Hecto-start	Hecto-eind	Uitvoerbare lengte in km	Ontwerpkeuzes
		93,140	93,986	0,846	NO
		93,986	94,200	0,214	NVO
		94,325	94,777	0,452	NVO
		94,900	95,081	0,181	NVO
E000.07	ma_nvo2_07_a1	104,030	104,770		
Romeinenweerd		104,030	104,770	0,740	Vegetatie
E000.10	ma_nvo2_10_a1	117,882	120,734		
Lottum		117,932	118,152	0,220	NVO
		118,152	118,700	0,548	NO
E000.11	ma_nvo2_11_a1	126,010	129,700		
Wellerlooi		126,010	126,725	0,715	NVO+(0,50)
		126,980	127,045	0,065	NVO+(0,50)
		127,400	128,410	1,010	NVO+(0,50)
		128,600	128,890	0,290	NVO+(0,50)
		129,180	129,545	0,365	NVO+(0,50)
E000.12	ma_nvo2_12_a1	154,660	161,100		
Oeffelt - St.Agatha		155,597	156,308	0,711	NVO
		156,800	156,930	0,130	NO
		157,180	157,392	0,212	NO
		157,675	158,550	0,875	NO
		158,550	159,210	0,660	NVO+(0,50)
		159,362	160,052	0,690	NVO+(0,50)
		160,158	161,045	0,887	NO
E000.14	ma_nvo2_14_a1	157,604	158,252		
Milsbeek		157,674	157,974	0,300	NO
		158,072	158,252	0,180	NVO+(0,50)
E000.18	ma_nvo2_18_a1	166,900	168,524		
De Hooge Voort		166,990	167,500	0,510	NO
E000.19	ma_nvo2_19_a1	179,697	181,700		
Neerloon		179,697	179,800	0,103	NO
		179,800	180,350	0,550	NO
		180,350	180,500	0,150	NVO+(0,50)
		180,500	180,950	0,450	NVO+(0,50)
E000.20	ma_nvo2_20_a1	183,000	184,200		
Niftrikse Waarden		183,000	183,550	0,550	NVO
		183,550	184,200	0,650	NO
E000.23	ma_nvo2_23_a1	192,500	193,100		
De Waarden		192,550	193,075	0,525	NVO
		193,075	193,100	0,025	NVO
E000.24	ma_nvo2_24_a1	192,520	196,392		
Maasbommel		192,520	192,585	0,065	NVO+(0,50)
		192,585	193,250	0,665	NVO+(0,50)
		193,300	193,500	0,200	NVO+(0,50)
		194,500	195,300	0,800	NO
		195,300	196,392	1,092	NVO

Trajectnaam en nummer	Baseline-code	Hecto-start	Hecto-eind	Uitvoerbare lengte in km	Ontwerpkeuzes
E000.25	ma_nvo2_25_a1	197,482	200,515		
Alphen		197,482	197,542	0,060	NVO
		197,542	198,690	1,148	NVO
		199,300	199,900	0,600	NO
E000.27	ma_nvo2_27_a1	209,435	211,562		
Eiland van Alem		209,435	209,500	0,065	NO
		209,500	209,878	0,378	NO
		210,000	210,247	0,247	NO
		210,312	210,350	0,038	NO
		210,350	210,968	0,618	NO
		211,065	211,150	0,085	NO
		211,150	211,562	0,412	NO
E000.29	ma_nvo2_29_a1	217,857	219,400		
Hedelse Bovenwaard		218,555	218,841	0,286	NVO

2.4 WAQUA

Alle 16 maatregelen zijn in de referentie ingemixt en geconverteerd naar WAQUA (OPC-code '003'). Vervolgens zijn de rivierkundige berekeningen uitgevoerd. Voor de WAQUA-berekeningen zijn de volgende uitgangspunten overeengekomen:

- WAQUA-versie: SIMONA2007-13
- Ruwheden-bestand: roughcombination.karak_4
- Stationaire afvoer
- Geen laterale in- of uitstroming

Verder zijn nog er nog twee bijzonderheden. Als eerste is dat het retentiegebied Lob van Gennep is afgesloten tijdens de berekeningen. Aangezien er met een stationaire afvoer is gerekend, heeft dit gebied geen retentiewerking meer. Wanneer het gebied dan toch zou open zijn, geven waterstandsverlagingen of –verhogingen een vertekend beeld. In het eerste geval zou er water uit de Lob wegstromen, waardoor er meer debiet door de Maas gaat stromen. In het tweede geval zou de Lob langzaam vol gaan stromen, waardoor benedenstreams minder debiet door de Maas stroomt. Vanwege deze ongewenste effecten, is ervoor gekozen de Lob van Gennep af te sluiten in de berekeningen.

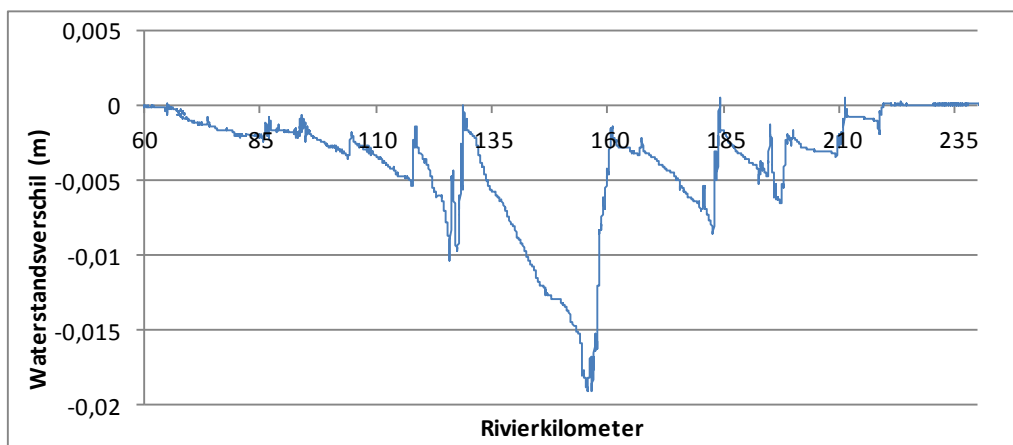
Het tweede is dat bij de simulatie met 3430 m³/s de dijkringen in de Maas niet-overstroombare kades hebben. Deze afvoer hoort bij een kans van voorkomen 1/250 jaar, en op deze afvoer zijn de dijkringen ingericht. Deze afvoer is daarmee gebruikt om waterstandverhogingen langs de dijkringen in de (onbedijkte) Maas in beeld te brengen. Bij de andere afvoeren die zijn doorgerekend zijn de dijkringen wel overstroombaar.

3. Resultaten

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de WAQUA-berekeningen uitgewerkt per criterium uit het Rivierkundig beoordelingskader.

3.1 MHW-stand op de as van de rivier

De MHW-stand op de as van de rivier is bepaald voor een afvoer van 4000 m³/s. In figuur 2 zijn de waterstanden van de variant vergeleken met de referentiewaterstanden.



Figuur 2: Waterstandsverschil bij MHW (4000 m³/s) tussen de variant en de referentie

Deze figuur laat zien dat de maatregelen een waterstandsverlagend effect hebben. Over een traject van 130 kilometer dalen de waterstanden. De grootte van de daling varieert, en is maximaal 1,9cm. Op dit traject is er geen enkele punt waar een verhoging van meer dan één millimeter optreedt. Dat betekent dat er geen opstuwing wordt veroorzaakt door de maatregelen.

Conclusie is dat de aan het criterium uit het RBK is voldaan wat betreft de MHW-stand op de as van de rivier.

3.2 MHW-stand buiten as van de rivier

De MHW-stand buiten de as van de rivier wordt bij twee afvoerniveaus geanalyseerd: 4000 m³/s en 3430 m³/s. Dit laatste afvoerniveau is relevant voor de dijkringen die in het winterbed van de Maas liggen. De resultaten zijn weergegeven in bijlage 1.

Uit de figuren in de bijlage blijkt dat in het algemeen er geen waterstandsverhoging langs de waterkeringen optreedt. Er is één uitzondering, namelijk de locatie Beesel. Hier treden in de berekeningen instabiliteiten op. Deze instabiliteiten zorgen voor (lokale) waterstandsverhogingen en –verlagingen. Dit is echter een numeriek probleem uit WAQUA, en geen werkelijk optredende opstuwing. Normaalgesproken kan dit probleem worden opgelost door in WAQUA een kleinere tijdstap te kiezen, maar vanwege de grootte van het model is dat niet werkbaar.

Figuur 2 geeft geen aanwijzing dat er waterstandsverhoging optreedt op de locatie. Aangezien ook op de andere locaties geen opstuwing langs de waterkeringen optreden, is het zeer aannemelijk dat er ook bij Beesel geen opstuwing optreedt.

3.3 Stroombeeld in de uiterwaard

Door de maatregelen kunnen stroomsnelheden in de uiterwaard veranderen. Dit kan resulteren in lokale erosie, wat kan worden beschouwd als hinder of schade. De optredende snelheidsveranderingen zijn weergegeven in bijlage 2.

Uit de figuren blijkt voor de trajecten steeds hetzelfde beeld. Op de oevertrajecten zelf is een toename van de snelheid, hoewel de toename beperkt is, tot maximaal 0,3 m/s. De toename van snelheid verspreidt zich benedenstrooms van het traject nog enigszins door, maar neemt in grootte snel af. Zowel rivierwaarts als landwaarts van de trajecten (dus respectievelijk het zomerbed en de uiterwaard), zijn er geen snelheidsveranderingen.

Een uitzondering op dit beeld is er bij Beesel. Op deze locatie is sprake van instabiliteiten, waardoor er afwisselend een sterke verhoging en een sterke verlaging van stroomsnelheden is weergegeven. Dit is een numeriek probleem in WAQUA, en zal niet zo in werkelijkheid optreden. Aangezien bij geen van de trajecten significante snelheidsveranderingen optreden, is het aannemelijk dat dit ook voor Beesel geldt.

Conclusie is dat de oevertrajecten (buiten de verwachte erosie door scheepvaartgolven in de oever zelf) niet tot lokale erosie leiden, en er dus geen sprake is van hinder of schade.

3.4 Stroombeeld in de hoofdgeul

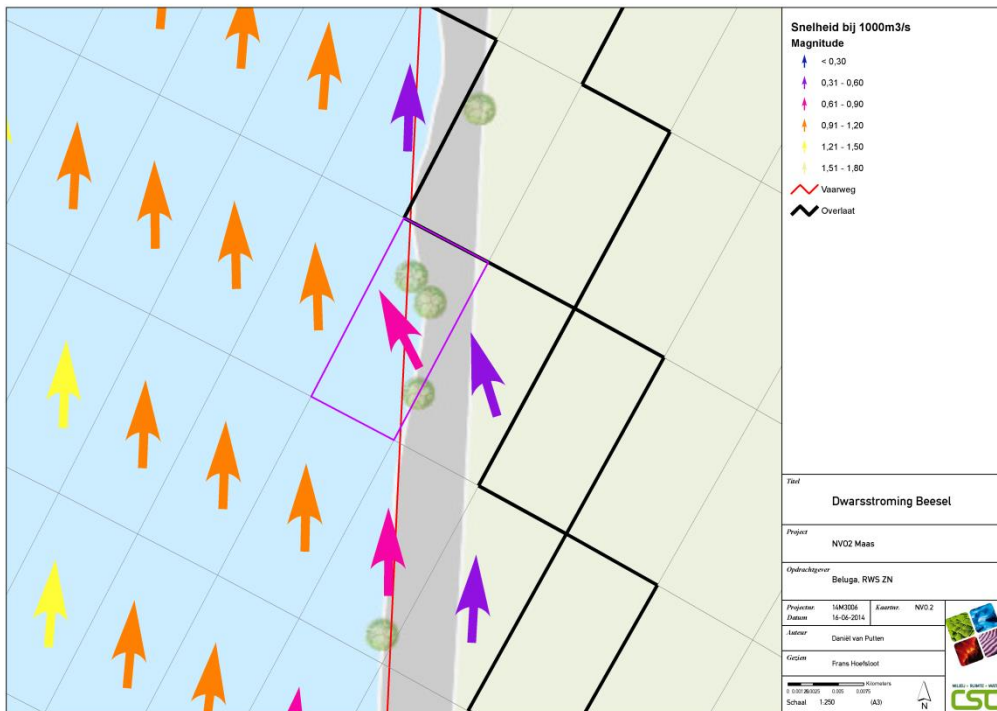
Bij een stroming van uiterwaard naar hoofdgeul en omgekeerd, ontstaat er een dwarsstroom die hinder of onveiligheid voor de scheepvaart kan opleveren. De Richtlijn Vaarwegen geeft als maximum toelaatbare dwarsstroomsnelheid op een vaarweg 0,3 m/s. In het RBK is deze norm overgenomen. Conform de uitgangspuntennotitie is de dwarsstroming onderzocht voor drie afvoeren: 1000 m³/s, 1500 m³/s en 1993 m³/s. De dwarsstroming is bepaald op de rand van de vaargeul, en is weergegeven in bijlage 3.

Rond de oevertrajecten bevinden zich op diverse locatie dwarsstroming groter dan 0,3 m/s. Deze worden echter niet altijd veroorzaakt door een oevertraject. In zulke gevallen is nagegaan of er geen toename van de dwarsstroming is.

Op de locaties Romeinenweerd, Lottum, Wellerlooi, Milsbeek, Hooge Voort en De Waarden zijn geen dwarsstromingen aanwezig die groter zijn dan 0,3 m/s.

Op de locaties Buggenum, Biesweerd/Hansummerweerd, Oeffelt-St.Agatha, Neerloon, Niftrikse Waarden, Maasbommel, Eiland van Alem en Hedelse Bovenwaard treden wel dwarsstromingen op boven de norm. Deze zijn in de referentiesituatie echter ook al aanwezig, en de dwarsstromingen nemen niet toe door de oevertrajecten.

Op twee locaties is wel een toename in dwarsstroming, dit zijn de locaties Beesel en Alpen. Op de locatie Beesel treedt dit alleen op in de 1000 m³/s-situatie, bij Alphen alleen bij 1993 m³/s-situatie. Op de locatie Beesel is de toename te verklaren door de schematisatie in WAQUA. Met behulp van figuur 3 is dit nader uitgewerkt.



Figuur 3: Snelheid op WAQUA-rooster bij Beesel

In figuur 3 zijn de WAQUA-roostercellen weergegeven, met daarin de snelheid (zowel grootte als richting). In rood is de vaarweglijn weergegeven, hierop wordt de dwarsstroming bepaald. In de paarse cel (centraal in de figuur), treedt de verhoogde dwarsstroming op. In deze cel is de richting van de snelheid naar links afgebogen, terwijl in de cellen daaromheen de snelheidsrichting voornamelijk noord is. De afwijking in de paarse cel ligt eraan dat water in de paarse cel alleen door de linkerrand van de cel stroomt, en niet door de bovenrand. Bij een afvoer van 1000m³/s stroomt de cel boven de paarse cel namelijk niet mee, aangezien hier een overlaat van het oevertraject op is geprojecteerd. De dwarsstroming is dus veroorzaakt door een overlaat die ongunstig op het WAQUA-rooster valt. Hieruit wordt geconcludeerd dat de dwarsstroming in werkelijkheid niet zal optreden, maar alleen optreedt in WAQUA-berekeningen.

Op de locatie Alphen is er een nieuwe dwarsstroming (>0,3 m/s) bijgekomen, op 140 m benedenstrooms van het oevertraject. De toename ten opzichte van de referentiesituatie is echter zeer klein: 0,005 m/s (= 5 mm/s). Deze toename zorgt ervoor dat de dwarsstroming toeneemt van 0,295 m/s tot 0,300 m/s. De breedte waarover deze dwarsstroming optreedt is klein (minder dan 15 m).

Aangezien de toename in dwarsstroming zeer klein is, en de breedte waarover de dwarsstroming optreedt ook klein is, is dit ontwerp vergelijkbaar.

De conclusie is dat er geen dwarsstromingsproblemen zijn.

3.5 Morfologie zomerbed

De morfologische dynamiek van de gestuwde Maas is beperkt, zeker in vergelijking met bijvoorbeeld de vrij afstromende Rijntakken. Voor een inschatting van de morfologische effecten, is gebruik gemaakt van de absolute en relatieve stroomsnelheden. De relatieve stroomsnelheden zijn weergegeven in bijlage 2. De absolute snelheden zijn weergegeven in bijlage 4.

Uit de figuren in bijlage 2 is te zien dat er nauwelijks stroomsnelheidsverschillen in het zomerbed aanwezig zijn. Alleen bij Wellerlooi en Oeffelt en St. Agatha is de verandering in snelheid groter dan 0,03 m/s. Maar ook op deze twee locatie is de snelheidsverandering klein, tot 0,1m/s. Deze kleine snelheidsverschillen zullen niet leiden tot significante morfologische effecten.

Een ander aspect aan de morfologie in het zomerbed is dat op de strandjes door afslag sediment vrijkomt. Door de hogere stroomsnelheid wordt dit van de strandjes afgevoerd, en zal in het zomerbed terecht komen. Of er genoeg ruimte is in het zomerbed, en hoe ver het sediment wordt afgevoerd is geen onderdeel van deze opdracht. Uitgebreid onderzoek naar de morfologische effecten valt buiten de scope van deze rivierkundig beoordeling. Aanvullend morfologisch onderzoek is in opdracht van Rijkswaterstaat gecombineerd uitgevoerd voor NVO1, NVO2 en KRW3. Wel is in het kader van dit project een analyse gemaakt van het in 20 jaar vrijkomende sediment uit de oevers in relatie tot de beschikbare ruimte in het zomerbed/de vaargeul. De bevindingen hiervan zijn gerapporteerd in het document “10312-VB-A-DO-BER-SED MEMO_werkwijze volumeberekeningen”, CSO, 11 juni 2014.

3.6 Morfologie uiterwaard

De interpretatie van de morfologische effecten in de uiterwaard is uitgevoerd op basis van dezelfde figuren als in paragraaf 3.5, namelijk de figuren uit bijlage 2 en bijlage 4.

Zoals al eerder opgemerkt in paragraaf 3.3, zijn er nauwelijks snelheidsverschillen in de uiterwaard. Alleen bij de benedenstroomse overgangsconstructies treden lichte snelheidsverhogingen op. Dit komt omdat er meer debiet over de oevertrajecten stroomt, waardoor bij de overgangsconstructie de snelheid iets toeneemt ten opzichte van de referentiesituatie. Aangezien ook deze snelheidsverschillen klein zijn, zijn er geen morfologische effecten te verwachten.

4. Terugkoppeling ontwerpeisen

In het voorgaande hoofdstuk is ingegaan op de eisen die gesteld zijn in het RBK. In dit hoofdstuk wordt teruggekoppeld of aan de ontwerpeisen is voldaan.

4.1 Geen opstuwing

Conform eis F-0.1 dient opstuwing voorkomen te worden. Figuur 1 heeft aangetoond dat aan deze eis is voldaan.

4.2 Vloeiende overgang

Conform eis I000-1 dient de overgang van bestaande oever naar natuurvriendelijke oever (en vice versa), ruimtelijk en scheepvaart technisch vloeiend te verlopen.

Paragraaf 3.4 toont aan dat de trajecten geen hinderlijke dwarsstroming veroorzaken. Daarmee zijn de ontwerpen scheepvaart technisch vloeiend.

4.3 Uitgangspunten

De eisen BER-10, BER-11, BER-12, BER-13, BER-14 en BER-15 hebben betrekking op het gebruik van bepaalde versies van modelinstrumentarium, en type modelopzet. In de hoofdstuk 2 is aangetoond dat aan al deze eisen is voldaan.

4.4 Beoordeling

De rivierkundige beoordeling is conform eis BER-16 volledig volgens het Rivierkundig Beoordelingskader.

4.5 Dwarsstroming

Conform eis BER-17 is de dwarsstroming beoordeeld zoals overeengekomen in H3.4 van de uitgangspunten notitie NVO2. Hierin zijn de volgende criteria opgenomen:

- De beoordeling vindt plaats op basis van de criteria uit het RVW2011
- Toetsing vindt plaats op de “oeverlijn” = uiteinde vaarwegleggerprofiel
- Dwarsstroming is toelaatbaar als $v \leq 0,3$ m/s

Het criterium in het RVW2011 is een maximale dwarsstroming 0,3 m/s.

In paragraaf 3.4 is deze werkwijze aangehouden, waarmee voldaan is aan de eis BER-17.

4.6 Baseline schematisatie

Conform eis BER-18 zijn de schematisaties van de oevertrajecten uitgevoerd zoals overeengekomen in de uitgangspuntennotitie. Een en ander is uitgebreid beschreven in paragraaf 2.1.

5. Conclusies

Op basis van de resultaten van deze rivierkundige analyse, kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Aan alle criteria uit het RBK wordt voldaan
- Aan alle gestelde rivierkundige ontwerpeisen is voldaan