

RAPPORT

Rivierkundige effectbeoordeling DO

Rivierkundige effectbeoordeling DO

Klant: Waterschap Rivierenland

Referentie: WATRC_BF6777-115-102_R0095_920854_f3.0

Status: F3.0

Datum: 24 mei 2022

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Water & Maritime
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Rivierkundige effectbeoordeling DO

Sub titel: Rivierkundige effectbeoordeling DO
Referentie: WATRC_BF6777-115-102_R0095_920854_f3.0
Status: F3.0
Datum: 24 mei 2022
Projectnaam: Neder-Betuwe
Projectnummer: BF6777-115-102
Auteur(s): Danny Booij

Opgesteld door: Danny Booij

Gecontroleerd door: Marcel van den Berg

Datum: 23 mei 2022

Goedgekeurd door: Martin de Kant / Ilse Hergarden

Datum: 24 mei 2022

Classificatie

Project gerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden veelelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Leeswijzer	1
2	Werkwijze en uitgangspunten	2
3	Definitief Ontwerp	3
4	Rivierkundige beoordeling	5
4.1	Hoogwaterveiligheid	5
4.1.1	Waterstandseffect op de as van de rivier	5
4.1.2	Waterstandseffect buiten de as van de rivier	6
4.1.3	Effect op afvoerverdeling	7
4.1.4	IJsafvoer	8
4.2	Hinder of schade door hydraulische effecten	8
4.2.1	Waterstanden en/of inundatiefrequentie van de uiterwaard	8
4.2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	8
4.2.3	Stroombeeld in vaarweg	9
4.3	Morfologische effecten	10
4.3.1	Morfologische effect op zomerbed	10
4.3.2	Morfologische effect op winterbed	11
5	Conclusie	12
6	Referenties	13

Bijlagen

Bijlage A - Absolute stroomsnelheid bij 6.000, 8.000 & 10.000 m³/s

Bijlage B - Stroomsnelheidsverschillen bij 6.000 & 8.000 m³/s

Bijlage C - Stroomsnelheidsverschillen bij aandachtslocaties bij 8.000 m³/s

Bijlage D - Stroomsnelheidsverschillen bij aandachtslocaties bij 10.000 m³/s

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Waalbandijk Neder-Betuwe is de primaire waterkering gelegen tussen Wolferen en Tiel, welke als onderdeel van normtraject 43-5 het achterland beschermt tegen overstromen. De Waalbandijk in de gemeente Neder-Betuwe is ca. 20 km lang en loopt van de Prins Bernhardsluizen bij het Amsterdam-Rijnkanaal tot aan Wolferen nabij Andelst. Deze kering is afgekeurd en dient versterkt te worden. Het dijkversterkingsproject Neder-Betuwe bevindt zich momenteel in de planuitwerkingsfase met als uitkomst het Definitief Ontwerp (DO).

Het plangebied loopt van rivierkilometer (rkm) 895 tot 915 van de Waal. De dijkverbetering vindt plaats aan de noordelijke oever. Dit traject ligt in het afvoer gedomineerd deel van de Rijntakken (Bovenrivieren). Dat betekent dat de waterstanden voornamelijk worden bepaald door de afvoer op de rivier. Over het algemeen is de uiterwaard in het plangebied vrij breed (0,5-1,0 km). Er zijn drie locaties in het gebied waar de kering dicht bij het zomerbed ligt: in de omgeving van Wely en Ochten en tussen Ochten en Dodewaard in. De bandijk loopt hier terug richting het zomerbed, waarmee er aan de rechteroever sprake is van een verminderd doorstroomprofiel. Deze drie locaties zijn daarom het meest gevoelig voor rivierkundige effecten, zoals ook uit de effectbeoordeling van de verschillende varianten in de verkenningsfase is gebleken.

De keringen zijn in het verleden ontworpen om een maatgevende afvoer van 16.000 m³/s te kunnen keren. De waterstanden die daarbij horen variëren tussen 12,1 m +NAP (rkm 915) en 13,7m +NAP (rkm 895). Vanwege de overgang naar de nieuwe normering gelden nieuwe normen voor de kering gebaseerd op een overstromingskans in plaats van een overschrijdingskans van de waterstand. Hierbij hoort een andere waterstand en een ander afvoer. Dit betekent dat de hydraulische randvoorwaarden waarmee de dijk is ontworpen zijn gewijzigd. Voor de rivierkundige effectbeoordeling wordt nog steeds gerekend met een maatgevende afvoer van 16.000 m³/s.

De uiterwaarden liggen op hoogte van circa 8m +NAP (de uiterwaard bij Dodewaard), circa 7,3m +NAP (de uiterwaard bovenstrooms van Ochten) en circa 6m +NAP (de uiterwaard tussen Ochten en Tiel). Deze uiterwaarden stromen mee bij afvoeren van circa 3.600 - 4.000 m³/s (gemiddelde overschrijdingskans van circa 30 dagen per jaar). Pas bij afvoeren hoger dan 4.000 m³/s komt water tegen de dijk aan te staan. De dijkversterking heeft dus geen rivierkundig effect bij lagere afvoeren.

Er spelen een aantal ontwikkelingen in het gebied die rivierkundig gezien relevant zijn:

- Uiterwaardontwikkeling Grote Willemspolder en Gouverneurspolder (Dekker Groep);
- Gebiedsontwikkelingen Veerhaven Ochten.

1.2 Leeswijzer

In dit rapport is de rivierkundige beoordeling van het DO dijkversterking Neder-Betuwe vastgelegd. De rivierkundige beoordeling stelt waterschap Rivierenland in staat om de vergunningaanvraag van dijkversterking Neder-Betuwe rivierkundig te onderbouwen. Hoofdstuk 2 presenteert de uitgangspunten en werkwijze voor de rivierkundige beoordeling. In hoofdstuk 3 wordt het DO kort toegelicht en wordt uitgelegd op welke wijze het DO is geschematiseerd. Waarna in hoofdstuk 4 de rivierkundige beoordeling is opgenomen gevolgd door de conclusie in hoofdstuk 5.

2 Werkwijze en uitgangspunten

De GIS-applicatie Baseline is gebruikt om het DO van dijkversterking Neder-Betuwe te schematiseren. Vervolgens is het 2D stromingsmodel WAQUA toegepast om deze schematisatie door te rekenen. De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd bij het maken van de rivierkundige modelberekeningen:

Referentie

- Voor de Baseline referentieschematisatie is 'baseline-rijn-beno18_5-v1' en 'waqua-rijn-beno18_5_20m_waal-v1' uitgeleverd (mail door T. Vos d.d. 24-04-2020);
- Op verzoek van RWS-ON is de referentieschematisatie uitgebreid met 27 maatregelen:
 - 11 maatregelen bevatten noodzakelijke verbeteringen en actualisaties van de referentieschematisatie;
 - 16 maatregelen betreffen verleende vergunningen.Het kenmerk van deze nieuwe referentie is 'nederbetuwe_do_ref'.

Maatregel

- Voor het DO van Dijkversterking Neder-Betuwe is een Baseline-maatregel gemaakt met het kenmerk 'wl_nb_asdo_a2';
- Betreffende maatregel bevat het effect van de (buitenwaartse) asverschuiving van de bandijk. De asverschuiving is geschematiseerd conform bijlage 15 van het RBK 5.0;
- Deze maatregel is ingemixt op 'nederbetuwe_DO_ref', de nieuwe variant heeft kenmerk: 'nederbetuwe_DO_a2'.

Model software (zoals benoemd in de mail van RWS-ON (T. Vos d.d. 24-04-2020))

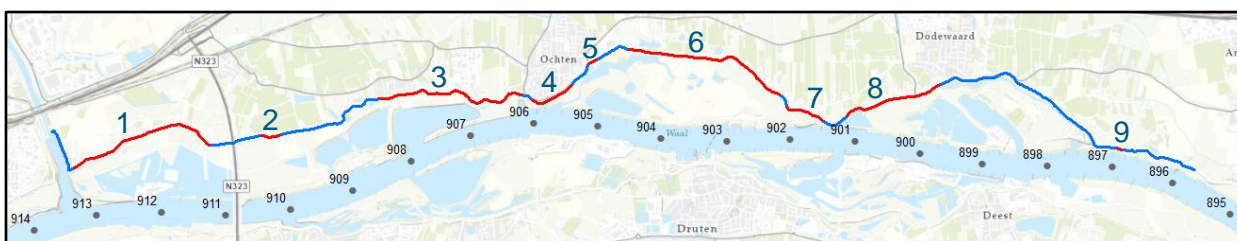
- Baseline versie 5.3.3;
- ArcGIS versie 10.5.1;
- WAQUA-versie SIMONA2019.

Werkwijze

- Zowel de variant ('nederbetuwe_DO_a2') als de referentie is doorgerekend met afvoer bij Lobith van 4.000, 6.000, 8.000, 10.000 en 16.000 m³/s. Alle berekeningen zijn gemaakt met een vaste afvoerverdeling op de splitsingspunten;
- Het project gebiedsontwikkeling Veerhaven Ochten blijft losgekoppeld van de rivierkundige beoordeling van dijkversterking Neder-Betuwe (mail door D. van Putten d.d. 16-12-2021).

3 Definitief Ontwerp

Het Definitief Ontwerp bevat zowel binnen- als buitenwaartse verplaatsingen van de banddijk. In totaal zijn er op het traject Wolferen – Tiel op een negental trajecten buitenwaartse versterkingen aanwezig die leiden tot een vermindering van de voor de rivier beschikbare ruimte, zie Figuur 3-1. Omdat dit mogelijk leidt tot ongewenste negatieve effecten – zoals een verhoging van de waterstanden bij hoogwater – is voor elk van de trajecten invulling gegeven aan de Redeneerlijn buitenwaarts versterken. In deze richtlijn is het beleidsmatige beoordelingskader voor de toelaatbaarheid van deze buitendijkse versterkingen vastgelegd. De toelichting op de gehanteerde redenering is te vinden in de VKA ontwerprapportage (RHDHV, 2020, kenmerk: WATRC_BF6777-111-100_R0043_904358_f1.0) en de bijbehorende ontwerpdocumenten per dijkvak.



Figuur 3-1: Versterkingsrichting op traject Wolferen – Tiel; rood = buitenwaarts, blauw = binnenwaarts/behoud huidige profiel

Schematisatie Baseline

De effecten van de rivierwaartse dijkversterking zijn bepaald met behulp van de zogenaamde “schotjesmethode” cf. bijlage 15 van het Rivierkundig Beoordelingskader 5.0. In deze methode wordt het doorstroomoppervlak dat verloren gaat door de buitenwaartse dijkversterking uitgedrukt in een rivierwaartse verplaatsing van de buitenkruinlijn. Deze bestaat deels uit de werkelijke verplaatsing van de buitenkruinlijn in het dijkontwerp en deels uit een fictieve verplaatsing om daarmee de profielvernaauwing door taludverflauwing of buitenbermen in rekening te brengen. Deze gewijzigde ligging van de buitenkruinlijn wordt daarna geschematiseerd met een hoogwatervrije lijn. De verschuiving is voor elke 100 m (dijkpaal) berekend aan de hand van technische dwarsprofielen en daar tussenin zijn de contouren van het ruimtebeslag geschematiseerd die volgen uit het bovenaanzicht van het ontwerp.

Per dijkpaal is de correctie op de buitenkruinlijn (Δx) bepaald door eerst de afname van het doorstroomoppervlak te berekenen aan de hand van technische dwarsprofielen. Dit oppervlak is bepaald door gebruik te maken van het 3D model van het DO. Dit oppervlak is vervolgens over de hoogte van de teen van de dijk tot een hoogte gelijk aan de nieuwe hoogte van de dijk uitgesmeerd. Het betreffende oppervlak gedeeld door dit hoogteverschil levert een fictieve afstand op (Δx) die representatief is voor het oppervlak dat buitenwaarts aan de rivier ontnomen wordt.

In Tabel 3-1 is aangegeven wat de maximale verschuiving van de kruinlijn is per traject waar een rivierwaartse versterking is ontworpen (Figuur 3-1 toont de locatie van deze trajecten binnen het plangebied van de dijkversterking). Dit betreft dus de totale verschuiving van de kruinlijn als gevolg van de kruinverschuiving plus eventuele buitenbermen of taludverflauwing. Door deze afstand als hoogwatervrije lijn op te nemen (als buffer rond de geactualiseerde kruinlijn) worden de buitenwaartse effecten geschematiseerd.

Tabel 3-1: Overzicht van de buitenwaartse dijkversterkingen DO (rivierkundige deeltrajecten)

Nr.	Locatie	Dijkpaal	Berekende maximale verschuiving buitenkruinlijn, Δx (m)*
1	Ooij	DT174 – DT198	22,0
2	Echteld	DT163 – DT165	13,7
3	Ijzendoorn	DT121 – DT145	14,2
4	Ochten	DT112 – DT119	3,1
5	Ochten	DT106 – DT108	3,4
6	Gouverneurspolder	DT075 – DT101	7,3
7	Snor	DT066 – DT073	3,4
8	Dodewaard	DT046 – DT062	10,1
9	Wely	DD298 – DD299	12,3

* Niet gelijk aan werkelijke rivierwaartse verschuiving van de buitenkruinlijn

4 Rivierkundige beoordeling

Bij de invoering van de Waterwet in 2009 is het uitvoeren van onderhoud, aanleg, wijziging of overig gebruik van waterstaatswerken door of in opdracht van de beheerder (artikel 6.12 Waterbesluit) vrijgesteld van de Waterwet vergunningsplicht. Er geldt enkel een zorgplicht zoals vastgelegd in artikel 6.15 van het Waterbesluit. Deze stelt dat bij een dijkversterking de afvoercapaciteit gewaarborgd moet blijven en dat de waterstandsverhoging (of afname van bergend vermogen) ten gevolge van de dijkversterking gecompenseerd moet worden.

Binnen de zorgplicht is het Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren (vigerende versie: RBK-versie 5.0) niet van toepassing. Deze is enkel van toepassing in het geval dat compenserende maatregelen nodig zijn om eventuele onacceptabele negatieve effecten te mitigeren.

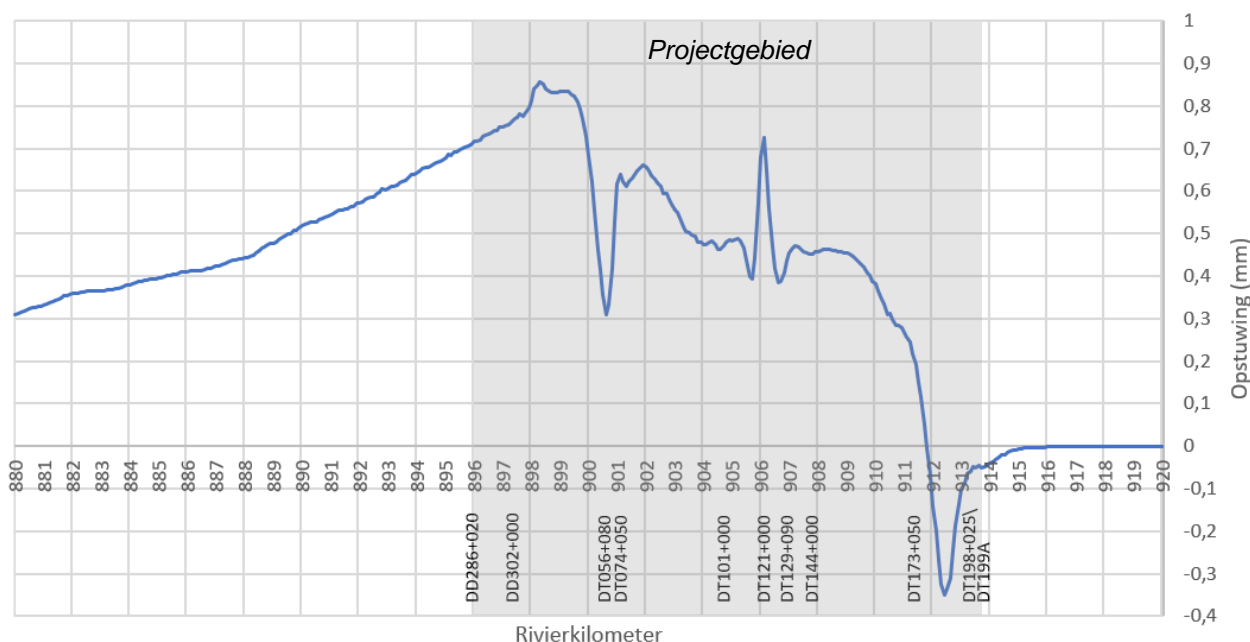
De rivierkundige beoordelingsaspecten en -criteria uit het RBK-versie 5.0 zijn desondanks toch onderzocht om te beoordelen of het Definitief Ontwerp van dijkversterking Neder-Betuwe leidt tot onacceptabele negatieve effecten. Dit stelt waterschap Rivierenland in staat om de vergunningaanvraag van dijkversterking Neder-Betuwe rivierkundig te onderbouwen.

4.1 Hoogwaterveiligheid

4.1.1 Waterstandseffect op de as van de rivier

Om de effecten van de ingreep op de hoogwaterveiligheid te toetsen zijn er voor zowel de variant (DO) als voor de huidige situatie (referentie) sommen gemaakt met een afvoer van 16.000 m³/s bij Lobith. De waterstand bij maatgevend hoogwater (MHW) op de as van de rivier is weergegeven in Figuur 4-1. Het waterstandseffect is uitgedrukt als het verschil ten opzichte van de referentie-situatie. Uit de figuur kan worden opgemaakt dat het DO voldoet aan de eis uit het RBK5.0 die stelt dat een maatregel een maximaal waterstandsverhogend effect mag hebben van 1 mm in de as van de rivier. Ter hoogte van rivierkilometer (rkm) 898,3 vindt er een maximale opstuwingsplaats van 0,86 mm. Verder kan uit het figuur worden opgemaakt:

- De buitenwaartse maatregelen hebben een opstuwend effect binnen het projectgebied welke doorwerkt in bovenstroomse richting;
- Het effect van de buitenwaartse maatregelen werkt buiten het projectgebied door in bovenstroomse richting. Hoe verder weg van het projectgebied, hoe kleiner het opstuwend effect;
- Bij de kop van Ochten (ca. rkm 906) veroorzaakt de buitenwaartse versterking enkel een zeer lokaal opstuwingspiekje kleiner dan 1 mm.



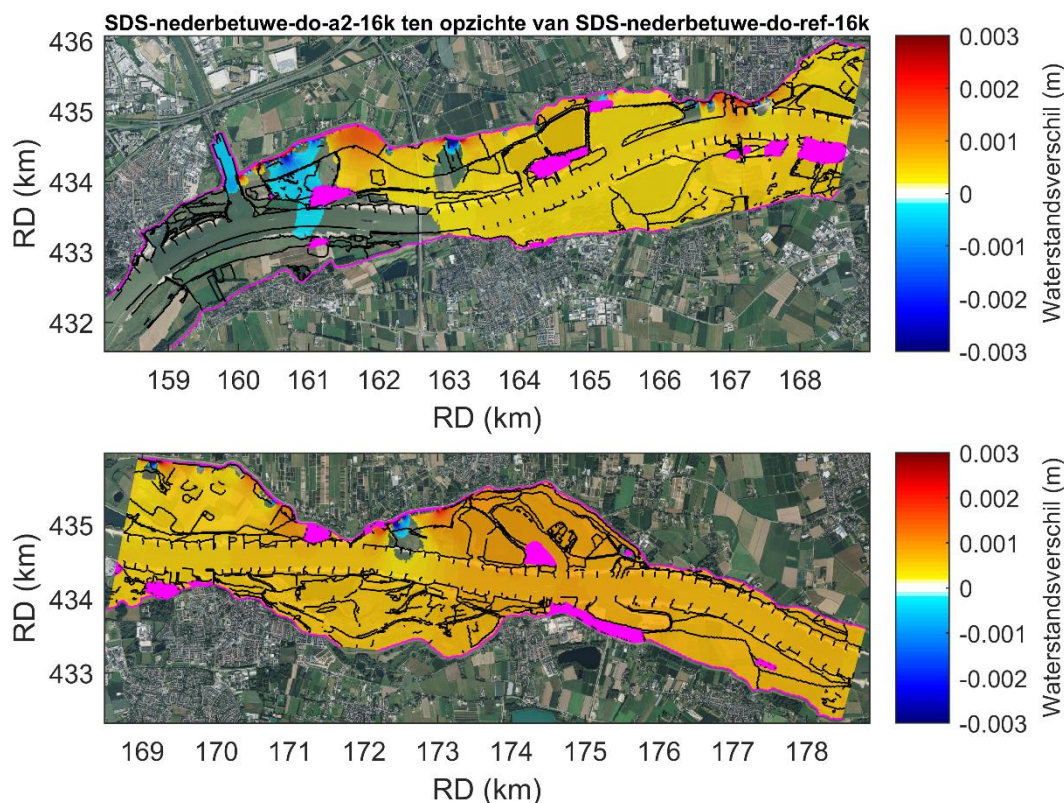
Figuur 4-1: Waterstandseffect (m) bij 16.000 m³/s op de as van de rivier tussen het DO en de referentie

4.1.2 Waterstandseffect buiten de as van de rivier

Het waterstandseffect buiten de as van de rivier (in het 2D-vlak) bij 16.000 m³/s is weergegeven in Figuur 4-2. In dit figuur is het lokale effect van de buitenwaartse versterkingen tegen de keringen te zien ten opzichte van de referentiesituatie. De effecten komen over het algemeen goed overeen met de waterstandseffecten op de as van de rivier. Echter, op sommige locaties wijken de waarden logischerwijs af van de effecten op de as van de rivier.

Enige terughoudendheid bij de interpretatie van de waterstandsverschillen langs de bandijk is geboden vanwege de toegepaste 'schothjesmethode'. In de rivierkundige modellen wordt gebruik gemaakt van roostercellen met een grootte van circa 15 bij 30m. Of een roostercel dicht wordt gezet door de nieuwe hoogwatervrije lijn is afhankelijk van het feit of deze nieuwe lijn voorbij het middelpunt van de betreffende roostercel komt. Als dat het geval is wordt een roostercel in zijn geheel dicht gezet. Dit kan lokaal voor een overschatting van het effect zorgen (of juist een onderschatting). Over een lang traject (zoals een dijkversterking) middelt dit zich uit.

Lokaal (tegen de kering aan) worden de effecten dus enigszins overschat vanwege de grilligheid van het rooster. Op de locaties direct voor de buitenwaartse versterkingen concentreert de stroming zich en worden lokaal grotere opstuwend effecten berekend dan op de as van de rivier. Deze lokale opstuwing is het grootst tegen de kering bij Ochten en Dodewaard (max. 3 mm). Op locaties in de luwte van de buitenwaartse versterkingen neemt de waterstand af. Een waterstandsverlaging van max. 2 mm treedt op tegen de bandijk in dijkvak Ooij (RD; ca. x = 161, y = 434). De berekende opstuwing is voor het Waterschap Rivierenland acceptabel en vormt geen probleem voor de dijkversterking.



Figuur 4-2: Waterstandsverschil (m) bij 16.000 m³/s in het 2D-vlak tussen het DO en de referentie. Verschillen kleiner dan 0,3 mm zijn niet weergegeven. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan

4.1.3 Effect op afvoerverdeling

Vanuit het RBK 5.0 (aspecten 1.3 en 1.4) is het vereist om het effect van de maatregelen op de afvoerverdeling bij de splitsingspunten IJsselkop en Pannerdensche Kop te beoordelen. Dit dient beoordeeld te worden voor MHW (16.000 m³/s), normaal hoogwater (10.000 m³/s) en laag water (OLA, 1020 m³/s).

Het DO leidt tot een enkel tot een zeer beperkte stijging van de waterstand (0,1 mm) op het splitsingspunt Pannerdensche Kop (rkm 867). Als vuistregel hanteren wij een verschuiving in de afvoerverdeling van 2 m³/s op het splitsingspunt bij een wijziging in waterstand van 1 mm. Met 0,1 mm zal de mogelijke verandering in afvoerverdeling dus ruim binnen de grenzen van de beoordelingsnorm van maximaal 5 m³/s blijven.

De IJsselkop is nog verder van het plangebied gelegen en daarom zal de afvoerverdeling daar ook niet veranderen. Bij een lagere afvoer dan 16.000 m³/s zijn de waterstandseffecten nog kleiner. De inschatting is dat er dan ook geen effecten op de afvoerverdeling plaats zullen vinden bij een normaal hoogwater (10.000 m³/s) en in zijn geheel niet bij OLA.

4.1.4 IJsafvoer

Binnen het Definitief Ontwerp dijkversterking Neder-Betuwe vinden er rivierkundig gezien alleen kleinschalige ingrepen plaats direct aan de banddijk, buiten het directe invloed gebied van het zomerbed. Er is in geen geval sprake van het aanleggen van geulen, het aantakken van bestaande strangen op het zomerbed, het lokaal veranderen van de normaalbreedte van de rivier of het wijzigen van de kribben. Hiermee is er geen sprake van impact op de afvoer van ijsschotsen in de rivier of de vorming van extra grootschalig ijsoppervlak langs de rivier. Er is dus geen sprake van ingrepen die het risico op ijsvorming of de afvoer van ijsschotsen significant verhogen.

4.2 Hinder of schade door hydraulische effecten

4.2.1 Waterstanden en/of inundatiefrequentie van de uiterwaard

Als gevolg van een ingreep kan de frequentie van instromen van (delen van) de uiterwaard veranderen. Dit kan nadelig zijn voor omwonenden, voor de bereikbaarheid van het gebied of voor de ontwikkeling van natuur. Dit beoordelingsaspect is omschreven in aspect 2.1 van RBK 5.0. Een verandering van de inundatiefrequentie mag in enkel beperkte mate leiden tot nadelige gevolgen voor de gebruikers van een gebied en/of benedenstroomse gebieden. Bij nadelige effecten moet in overleg met de belanghebbenden een oplossing worden gevonden.

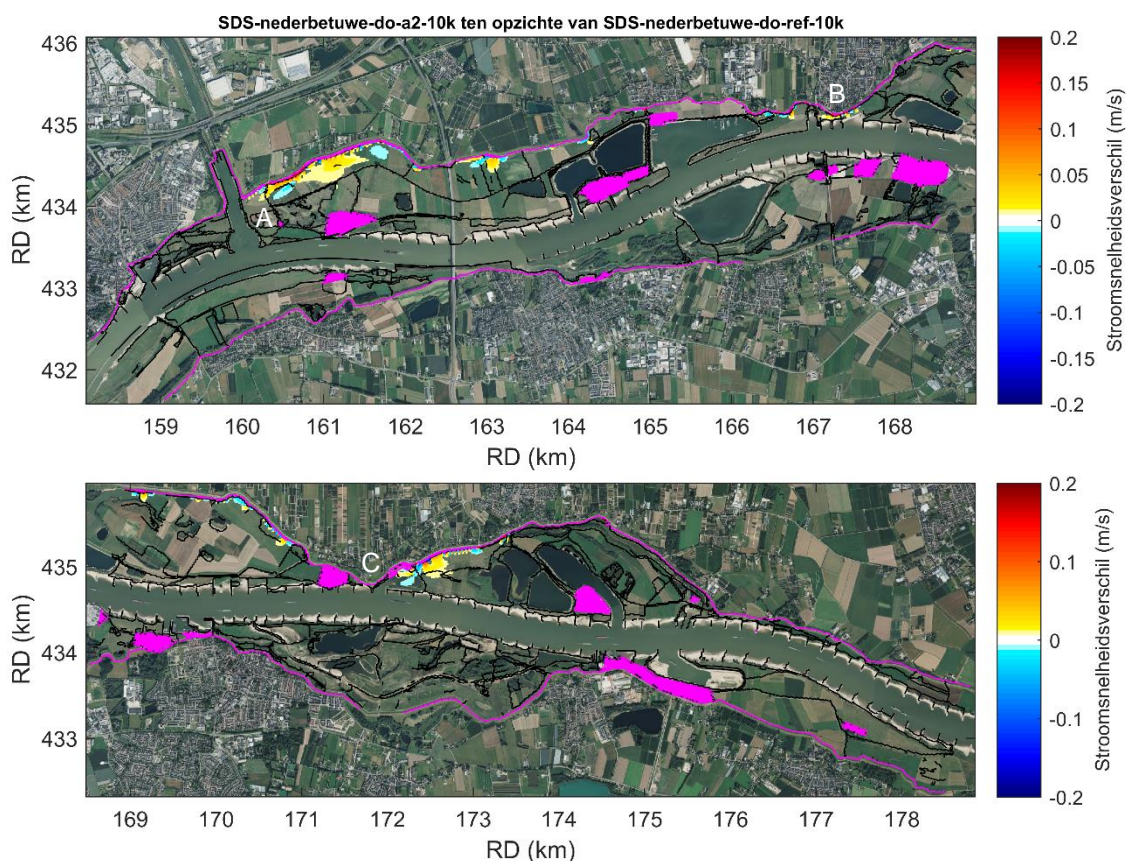
Er vinden geen ingrepen plaats aan de hoogte van oevers en zomerkades. Doordat de oevers en zomerkades het moment van inunderen bepalen zijn er geen effecten op de inundatiefrequentie van de uiterwaarden te verwachten. De waterstandseffecten van de maatregelen zijn dusdanig gering, ordegrootte millimeters en alleen tijdelijk van aard, namelijk bij hoogwater, dat er geen sprake is van een gewijzigde inundatiefrequentie. Er zal dus geen hinder voor terreineigenaren, bewoners of bedrijven optreden op het vlak van inundatiefrequentie.

4.2.2 Stroombeeld in de uiterwaard

Door ingrepen langs de rivier kunnen (lokale) stroomsnelheden in de uiterwaard veranderen. Dit kan resulteren in lokale erosie bij constructies als kribben, gebouwen, kaden, wegen, maar ook langs randen van plassen en geulen. De mate van eventuele effecten wordt ingeschat door het beoordelen van de verandering van de grootte en richting van de stroomsnelheden bij een afvoer van 10.000 m³/s. Een verandering van het stroombeeld in de uiterwaard mag in enkel beperkte mate leiden tot nadelige gevolgen voor de belanghebbenden. Bij nadelige effecten moet in overleg met deze belanghebbenden een oplossing worden gevonden. Dit beoordelingsaspect is omschreven in aspect 2.2 van RBK 5.0.

De veranderingen in het stroombeeld in de uiterwaarden (in het 2D-vlak) is weergegeven in Figuur 4-3 (Bijlage A toont de absolute stroomsnelheden van het DO op het traject voor verschillende afvoeren.) In dit figuur is het lokale effect van de buitenwaartse versterkingen tegen de keringen te zien ten opzichte van de referentiesituatie. De effecten op de stroomsnelheden in de uiterwaard zijn sterk gerelateerd aan de waterstandseffecten. Aangezien de effecten op de waterstanden beperkt zijn, zijn de stroomsnelheidsverschillen ook beperkt. Enkel zeer lokaal, ten hoogte van de buitenwaartse versterkingen, zijn marginale stroomsnelheidsverschillen aanwezig in de uiterwaard van maximaal +/- 0,1 m/s. Een dergelijk stroomsnelheidsverschil zal niet resulteren in significant meer lokale erosie rondom objecten of langs de waterlijn. Ook hier zijn de grootste verschillen het gevolg van de grilligheid van het rooster, zoals benoemd in sectie 4.2.1.

Bij een lagere afvoer dan 10.000 m³/s zijn de stroomsnelheidsverschillen nog kleiner, zie bijlage B. De stroomsnelheidsverschillen in de uiterwaard zijn dus zo klein en lokaal dat er geen nadelige effecten in termen van hinder en/of schade op zullen treden. Op het buitentalud van de dijk wordt rekening gehouden met het stroombeeld bij het ontwerpen van de bekleding voor de dijk. Dit zal dus ook geen hinder en/of schade opleveren en hiermee wordt voldaan aan het criterium.



Figuur 4-3: Stroomsnelheidsverschil (m/s) bij 10.000 m³/s in het 2D-vlak tussen het DO en de referentie. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan

4.2.3 Stroombeeld in vaarweg

Bij een stroming van uiterwaard naar hoofdgeul en omgekeerd (bijvoorbeeld bij de aan- of aftakking van een nevengeul of andere ingreep in de uiterwaard) kunnen er dwarsstromingen in de vaargeul ontstaan. Deze dwarsstromingen kunnen hinderlijk zijn voor de scheepvaart en de veiligheid (navigatie) nadelig beïnvloeden. Dit is aspect 2.3 van RBK 5.0. Ingrepen mogen niet resulteren in een absolute dwarsstrooming in de vaarweg die groter is dan 0,15 m/s bij een debiet van meer dan 50 m³/s. Bij kleine debieten (< 50 m³/s) geldt conform de Richtlijnen Vaarwegen (2017) een maximum dwarsstroomsnelheid van 0,30 m/s. Indien de dwarsstrooming in de referentie situatie al boven de normen zit, dan geldt dat de ingreep geen toename van de dwarsstrooming mag veroorzaken.

In sectie 4.2.2 is geconcludeerd dat enkel lokaal noemenswaardige effecten te verwachten zijn van de buitenwaartse versterkingen op de stroomsnelheden in de uiterwaarden. Op drie locaties treden deze stroomsnelheidsverschillen relatief dicht bij de vaargeul op, respectievelijk bij de Prins Bernhardsluizen (locatie A in Figuur 4-3), de Kop van Ochten (locatie B) en bij de Snor (locatie C).

Stroomsnelheidsverschillen zijn op deze drie locaties nader in kaart gebracht, zie Bijlage D. De maximale stroomsnelheidsverschillen ten opzichte van de referentiesituatie zijn bij locatie Prins Bernhardsluizen, Kop van Ochten en de Snor respectievelijk tussen de -0,0020 en 0,0030 m/s, tussen de - 0,0015 en 0,0010 m/s en tussen de -0,0025 en 0,0025 m/s.

Hieruit blijkt dat de stroomsnelheidsveranderingen twee orden van grootten kleiner zijn dan de vigerende normen. De verschillen in de dwarsstroomsnelheid loodrecht op de vaargeul zullen nog kleiner zijn. De berekende stroomsnelheidsverschillen zullen dus geen significante invloed hebben op de dwarsstroming. Er zijn dus geen significante veranderingen aanwezig in de dwarsstroming in de vaargeul en de maatregelen zullen dus ook geen hinder voor de scheepvaart en/of extra veiligheidsrisico's opleveren. Normen worden niet overschreden (of waren al overschreden) en de dwarsstroming neemt nergens significant toe. Hiermee wordt voldaan aan het criterium voor dwarsstroming.

4.3 Morfologische effecten

4.3.1 Morfologische effect op zomerbed

Ingrepen langs de rivier kunnen effect hebben op de stroomsnelheid in het zomerbed. Deze verandering van stroomsnelheid kan leiden tot ongewenst aanzanding of erosie, hetgeen een effect kan hebben op de bevaarbaarheid van de vaargeul voor de scheepvaart. Dit is aspect 3.1 uit RBK 5.0.

Er is gekozen om de morfologische effecten te beoordelen op basis van een deskundigheidsoordeel. Er is geen WAQMORF gebruikt. De effecten van sedimentatie (aanzanding) en erosie worden beoordeeld op basis van de stroomsnelheidsverschillen die optreden tussen de referentie en de variant bij een afvoer van 6.000 m³/s en 8.000 m³/s te Lobith. Dit zijn ook de afvoeren die WAQMORF voor deze situatie als relevant beschouwd (gecheckt in script van WAQMORF). Bij alle lagere afvoeren heeft de buitenwaartse kruinverplaatsing geen effect op de morfologische situatie, omdat de uiterwaarden dan nog niet mee stromen.

Voor het bepalen van de morfologisch te verwachten jaargemiddelde veranderingen wordt gekeken naar de afvoer van 8.000 m³/s te Lobith. De afvoer van 6.000 m³/s te Lobith wordt buiten beschouwing gelaten omdat stroomsnelheidsverschillen hier lager zijn dan bij de afvoer van 8.000 m³/s, zie figuren in Bijlage B.

Voor de bepaling van het aanzandings- en/of erosie-effect in het zomerbed is een vuistregel gebruikt op basis van de verandering in stroomsnelheid. Deze vuistregel stelt dat een stroomsnelheidsverandering van 0,01 m/s leidt tot een aanzanding/erosie van 1% van de waterdiepte als deze afvoer jaarrond voorkomt.

In sectie 4.2.3 is reeds geconcludeerd dat enkel op drie locaties noemenswaardige effecten te verwachten zijn van de buitenwaartse versterkingen op de stroomsnelheden in de vaargeul, respectievelijk bij de Prins Bernhardsluizen, de Kop van Ochten en bij de Snor. Stroomsnelheidsverschillen zijn hier beschouwd voor de afvoer van 8.000 m³/s. Hieruit is gebleken dat op de drie locaties verschillen van respectievelijk tussen de -0,0015 en 0,0010 m/s, - 0,0010 en 0,0005 m/s en -0,0020 en 0,0020 m/s voorkomen. Op alle overige locaties zijn de stroomsnelheidsverschillen in de vaargeul kleiner.

Gebaseerd op de hierboven gebruikte vuistregel kan een toe- of afname in stroomsnelheid van maximaal 0,002 m/s leiden tot een afname van 0,2% van de waterdiepte. Voor een afvoer van 8.000 m³/s is de waterdiepte op het traject +/- 11 m. Dat betekent dat de verandering van de evenwichtsdiepte (uitgegaan van lineaire relatie tussen de mate van voorkomen en bodemverandering) gelijk is aan circa 2,2 cm wanneer de afvoer van 8.000 m³/s jaarrond voorkomt. Echter, de overschrijdingsfrequentie voor een afvoer van 8.000 m³/s is gemiddeld 1 dag per jaar [1]. Dat is 0,3% van het jaar.

Dat betekent dat de verandering van de evenwichtsdiepte (uitgegaan van lineaire relatie tussen de mate van voorkomen en bodemverandering) gelijk is aan ongeveer 0,007 mm, wat als verwaarloosbaar klein wordt aangenomen.

Er is dus dat geen significant effect te verwachten op erosie en sedimentatie in het zomerbed en vaargeul ten gevolge van de buitenwaartse versterkingen van de dijk. De baggerinspanning in de vaargeul zal niet toenemen en de veiligheid van het scheepvaartverkeer blijft behouden. Hiermee wordt voldaan aan de criteria behorende bij aspect 3.1 van het RBK 5.0.

4.3.2 Morfologische effect op winterbed

Ingrepen langs de rivier kunnen ook effect hebben op de stroomsnelheid in het winterbed, dit is aspect 3.2 uit RBK 5.0. Dit kan leiden tot lokale ongewenste schade door erosie aan objecten. Ten gevolge van de rivierwaartse versterking is er geen grootschalige aanzanding of erosie effecten te verwachten die tot ongewenste schade aan objecten zal leiden in de uiterwaard.

Ook voor het winterbed is gekozen om de morfologische effecten te beoordelen op basis van een deskundigheidsoordeel o.b.v. stroomsnelheidsverschillen. De maatregel heeft niet of nauwelijks effect op de stroomsnelheden in de uiterwaarden en tegen de bandijk, zie sectie 4.2.2. Lokaal, dicht tegen de bandijk, nemen de stroomsnelheden toe met maximaal 0,1 m/s. In de uiterwaard zijn de effecten kleiner. Dergelijke toenames leiden niet tot negatieve morfologische effecten. Ook de lokale stroomsnelheidsdalingen (< 0,1 m/s) zullen niet leiden tot ongewenste aanzanding in de uiterwaard. Concluderend heeft de rivierwaartse versterking geen significant effect op de morfologische processen in de uiterwaarden en wordt voldaan aan de criteria behorende bij aspect 3.2 van het RBK 5.0.

5 Conclusie

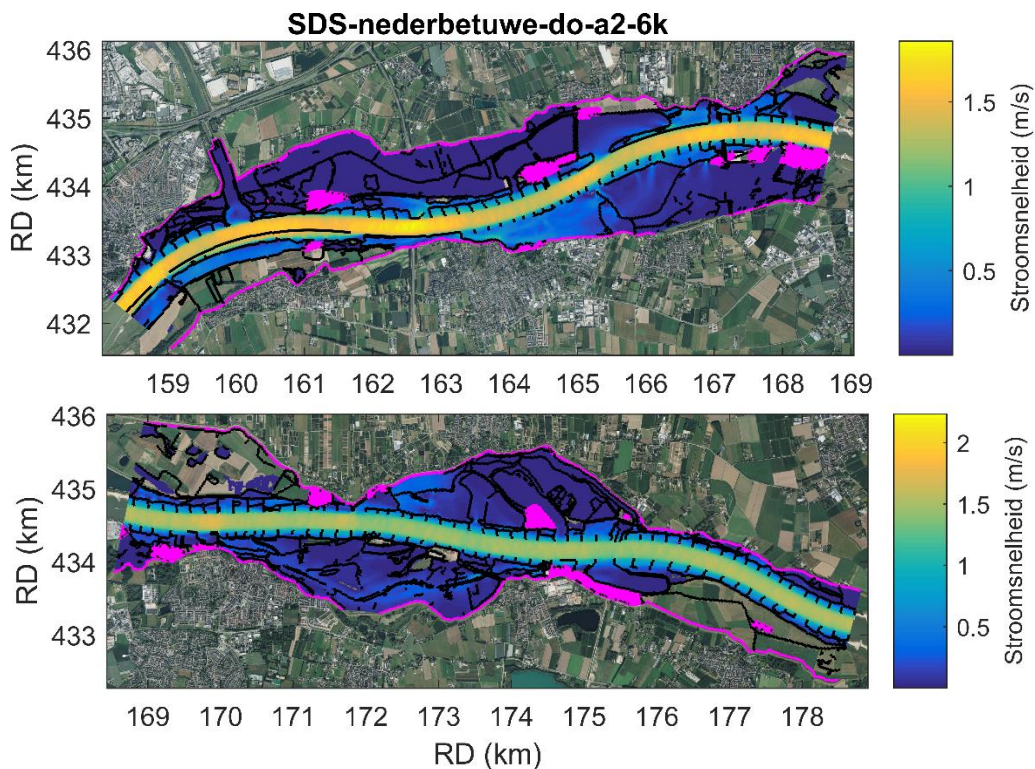
Tabel 5-1: Conclusies per beoordeelaspect van RBK 5.0

Asp.	Te beoordelen effect	Criterium	Effect van de ingreep	Voldoet ja/nee
1.1	MHW stand op de as van de rivier	Stroomvoerend: waterstandsverhoging gelijk of kleiner dan 1 mm (bij 16.000 m ³ /s te Lobith).	De rivierwaartse versterking leidt tot een opstuwing van 0,86 mm ter hoogte van rivierkilometer 898,3 t.o.v. de referentie.	Ja
1.2	MHW stand buiten de as van de rivier	Waterstandsverhoging in het 2D-vlak en langs de banddijk.	Langs de te versterken kering vindt een beperkte waterstandsverhoging plaats van maximaal 3,0mm. Beheerder is akkoord met de berekende opstuwing tegen de te versterken dijk.	Ja
1.3	Effect op afvoerverdeling bij MHW	Verandering afvoerverdeling < 5 m ³ /s bij Boven-Rijn afvoer van 16.000 m ³ /s.	Nauwelijks effect (< 1 m ³ /s).	Ja
1.4	Effect op afvoerverdeling bij normaal hoogwater	Verandering afvoerverdeling < 20 m ³ /s bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m ³ /s.	Nauwelijks effect (< 1 m ³ /s).	Ja
1.5	Ijsafvoer	Een goede geleiding van water en ijs dient gewaarborgd te blijven	Geen effect, maatregelen gaan geen effect hebben op de ijsafvoer.	Ja
2.1	Waterstanden en/of inundatiefrequentie van de uiterwaard	Verandering waterstanden en/of inundatiefrequentie bij Boven-Rijn afvoer van 10.000 m ³ /s.	Er zijn geen effecten op de inundatiefrequentie te verwachten en dus ook geen hinder voor terreineigenaren.	Ja
2.2	Stroombeeld in de uiterwaard	Verandering grootte en richting stroomsnelheden bij Boven-Rijn afvoer van 10.000m ³ /s.	De rivierwaartse versterking veroorzaakt geen verhoogd risico voor het optreden van erosie in de uiterwaard.	Ja
2.3	Stroombeeld in hoofdgeul bij de aan- en aftakking van nevengeul	Bij afvoer nevengeul < 50 m ³ /s: dwarsstroming vaarweg ≤ 0,3 m/s; Bij afvoer nevengeul > 50 m ³ /s: dwarsstroming vaarweg ≤ 0,15 m/s.	De rivierwaartse versterking zal enkel een verwaarloosbaar klein effect teweegbrengen m.b.t. veranderingen in dwarsstroming in de vaargeul.	Ja
3.1	Aanzanding en erosie van het zomerbed (+ oevers)	<u>Bij erosie:</u> geen verlaging gemiddelde bodemligging en geen oevererosie, beperkte ontgronding bij constructies per hoogwater. <u>Bij sedimentatie:</u> geen vermindering vaargeulafmetingen bij lage tot gemiddelde rivierafvoeren; geen verhoging MHW op lange termijn. <u>In het algemeen:</u> beperkte hinder door baggeren en/of terugstorten en behouden veiligheid scheepvaartverkeer.	De rivierwaartse versterking zal enkel een zeer beperkt effect teweegbrengen m.b.t. sedimentatie en erosie in het zomerbed en vaargeul. De baggerinspanning in de vaargeul zal niet toenemen en de veiligheid van het scheepvaartverkeer blijft behouden.	Ja
3.2	Aanzanding en erosie van uiterwaard en nevengeulen	<u>Bij sedimentatie:</u> beperkte sedimentatie t.o.v. beheerskosten. <u>Bij erosie:</u> geen bodemerosie langs waterkering; stroomsnelheid nevengeul bankfull < 0,3 m/s; geen bodemerosie langs waterkering.	Bij de afvoeren die morfologisch gezien het meest relevant zijn treedt geen verandering in de bestaande morfologische processen op in vergelijking tot de referentie situatie.	Ja

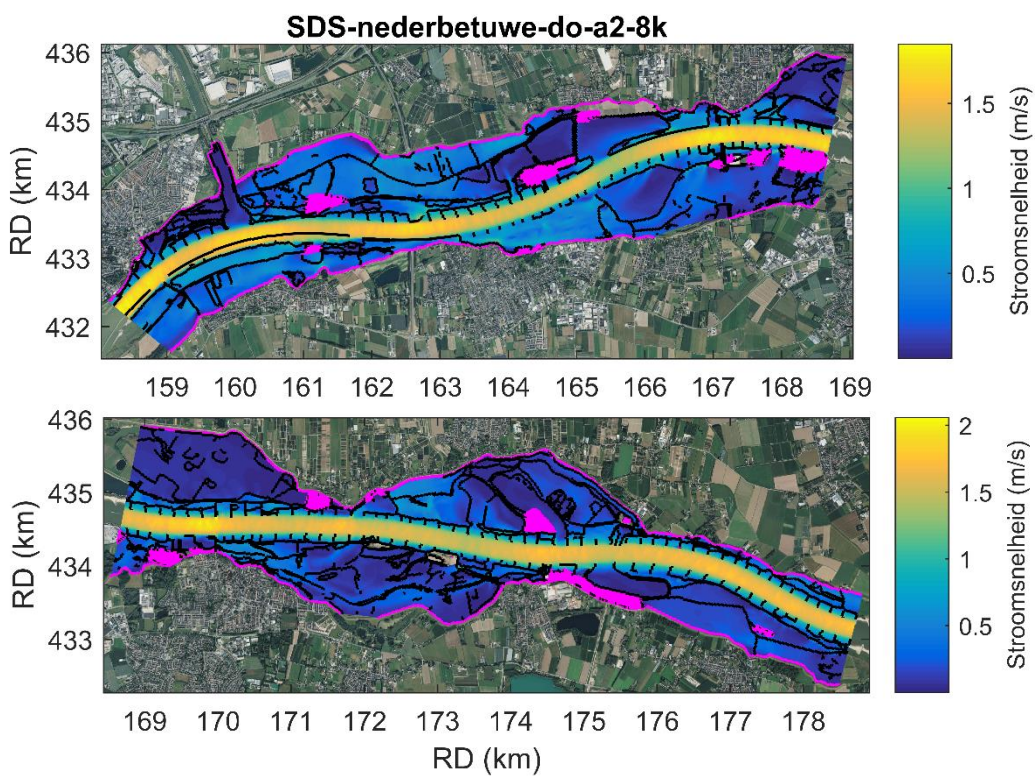
6 Referenties

- [1] B. Reeze, A. van Winden, J. Postma, R. Pot, J. Hop en W. Liefveld, „Watersysteemrapportage Rijntakken 1990-2015. Ontwikkelingen waterkwaliteit en ecologie.” 2017.

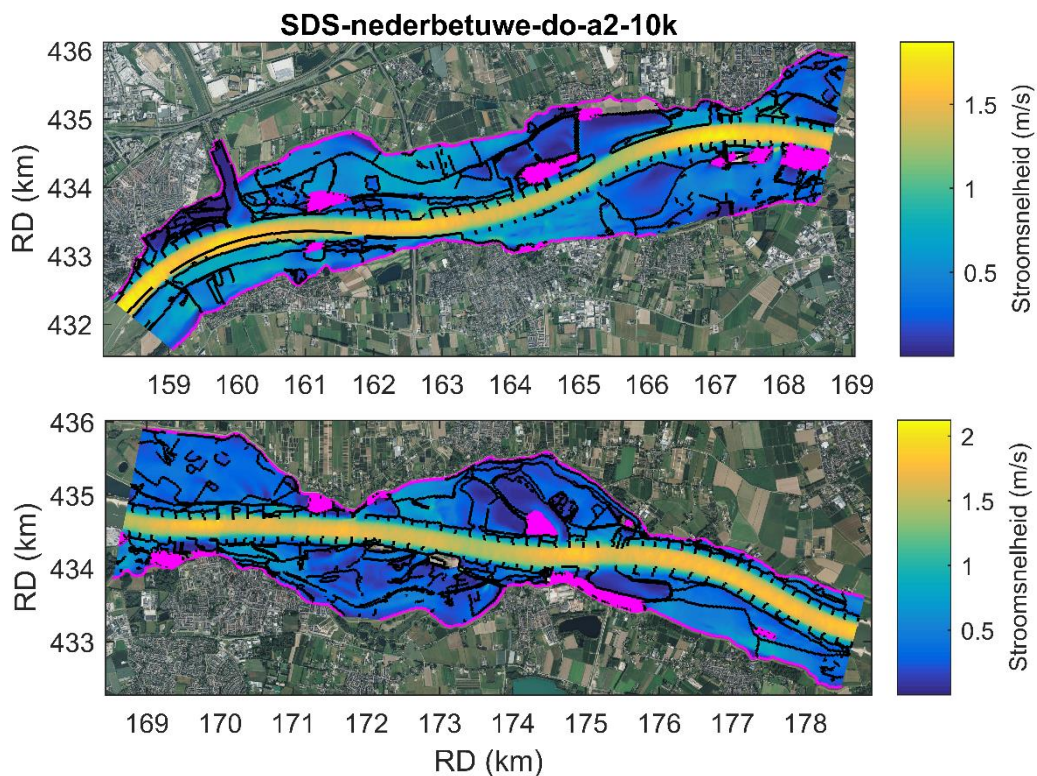
Bijlage A
Absolute stroomsnelheid bij 6.000, 8.000 & 10.000 m³/s



Figuur 6-1: Absolute stroomsnelheid (m/s) bij 6.000 m³/s in het 2D-vlak van het DO. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan

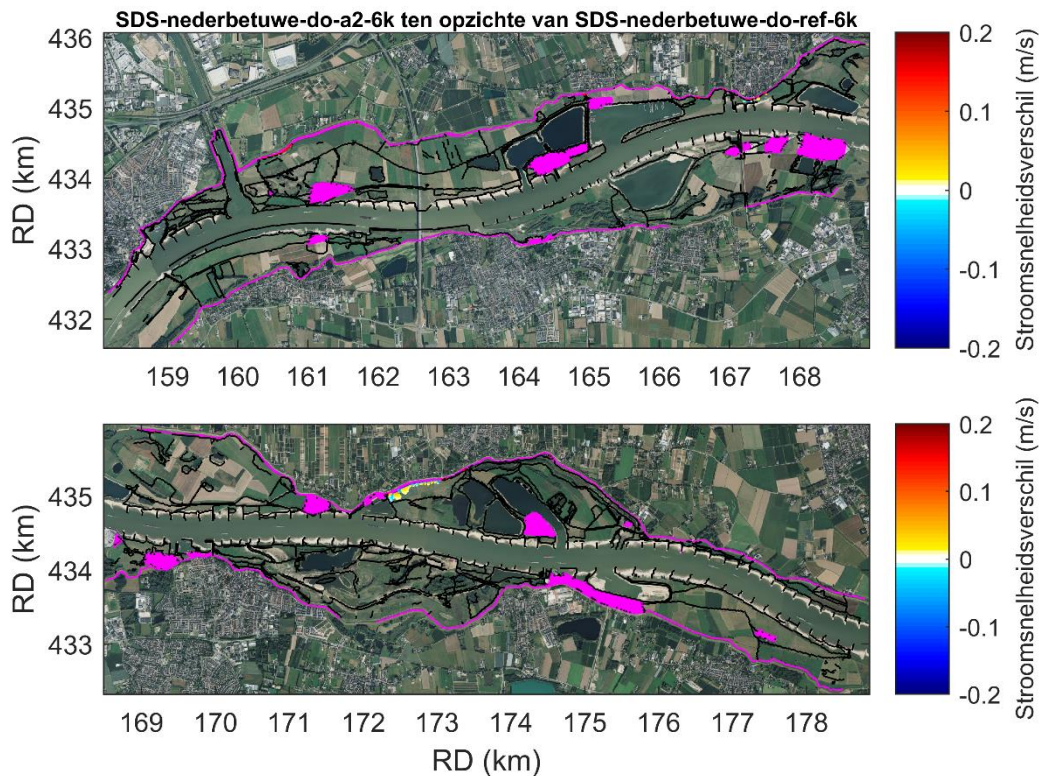


Figuur 6-2: Absolute stroomsnelheid (m/s) bij 8.000 m³/s in het 2D-vlak van het DO. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan

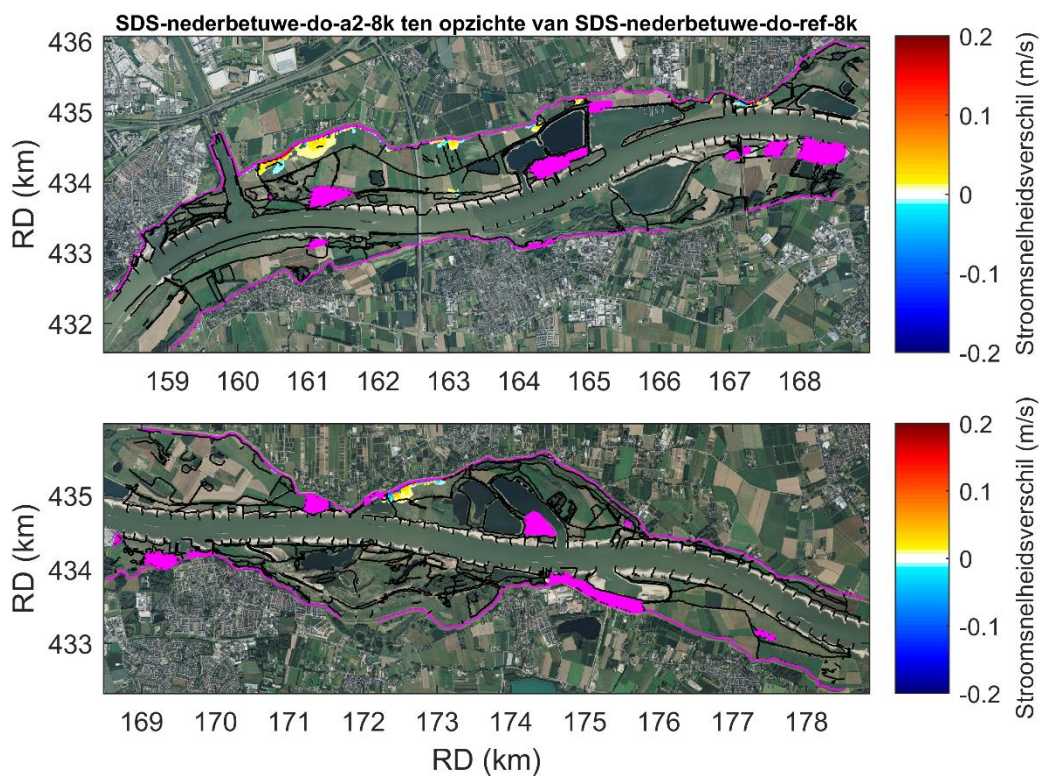


Figuur 6-3: Absolute stroomsnelheid (m/s) bij 10.000 m³/s in het 2D-vlak van het DO. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan

Bijlage B
Stroomsnelheidsverschillen bij 6.000 & 8.000 m³/s



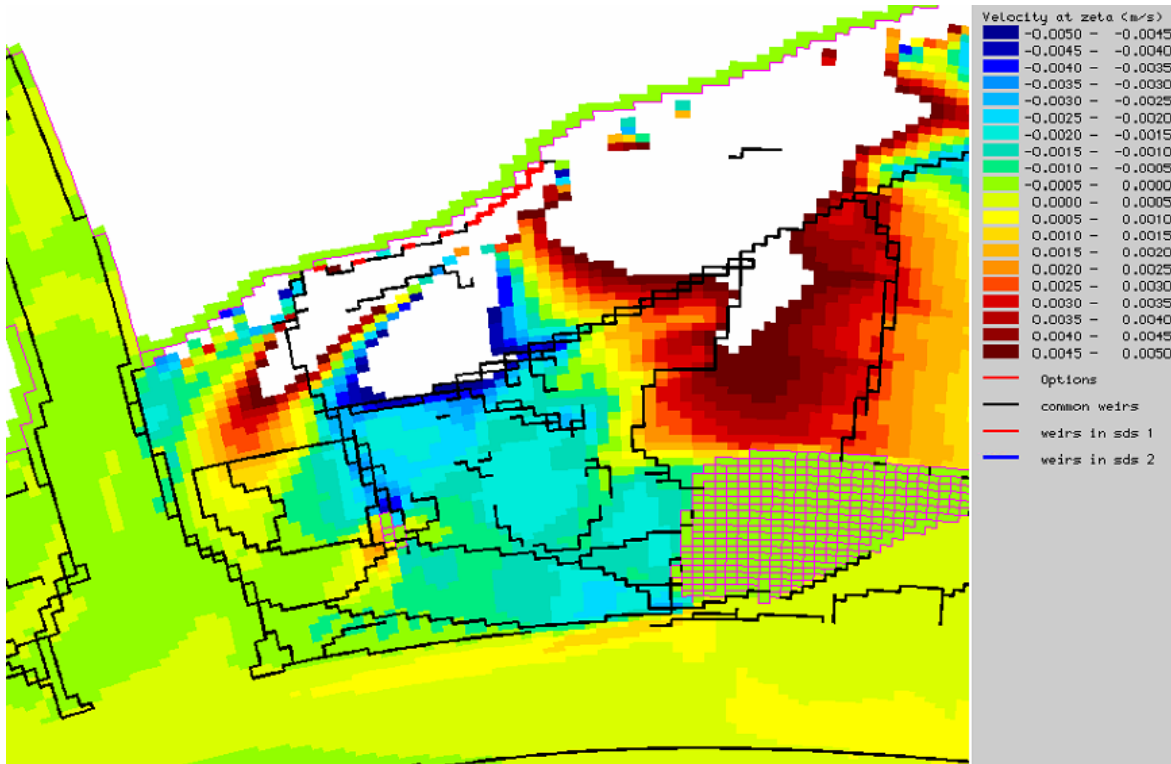
Figuur 6-4: Stroomsnelheidsverschil (m/s) bij 6.000 m³/s in het 2D-vlak tussen het DO en de referentie. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan



Figuur 6-5: Stroomsnelheidsverschil (m/s) bij 8.000 m³/s in het 2D-vlak tussen het DO en de referentie. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan

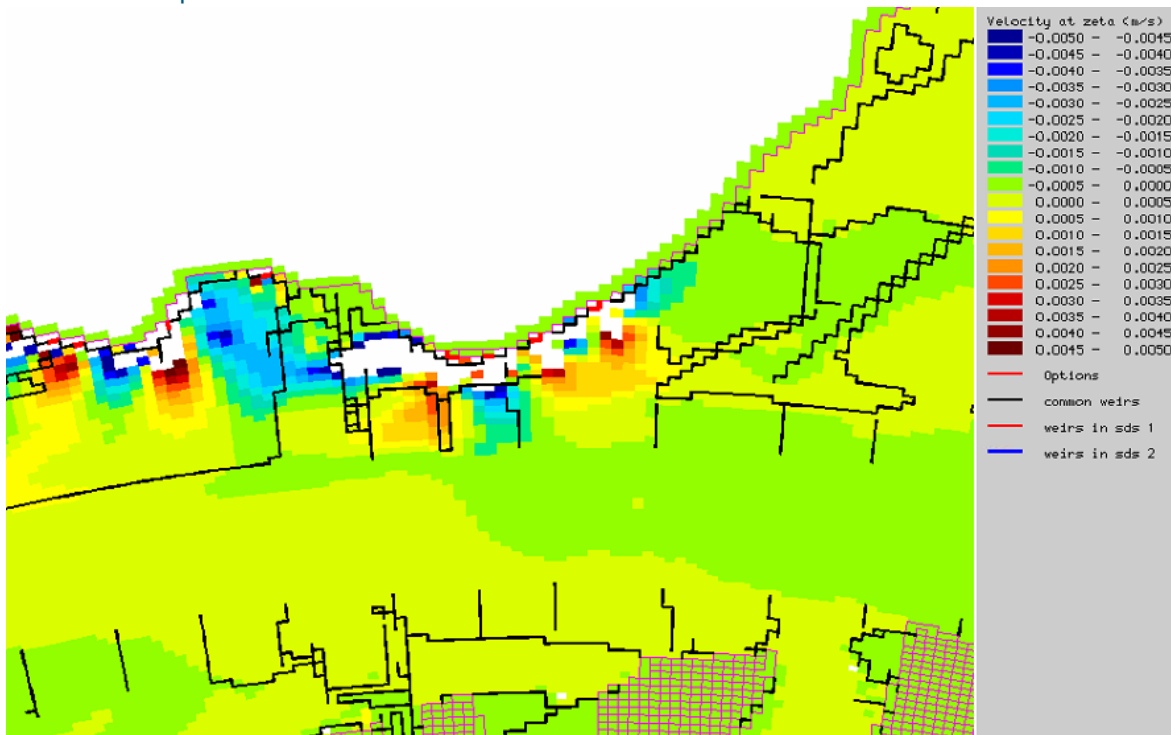
Bijlage C
Stroomsnelheidsverschillen bij aandachtslocaties bij 8.000 m³/s

Locatie A – Prins Bernhardsluizen



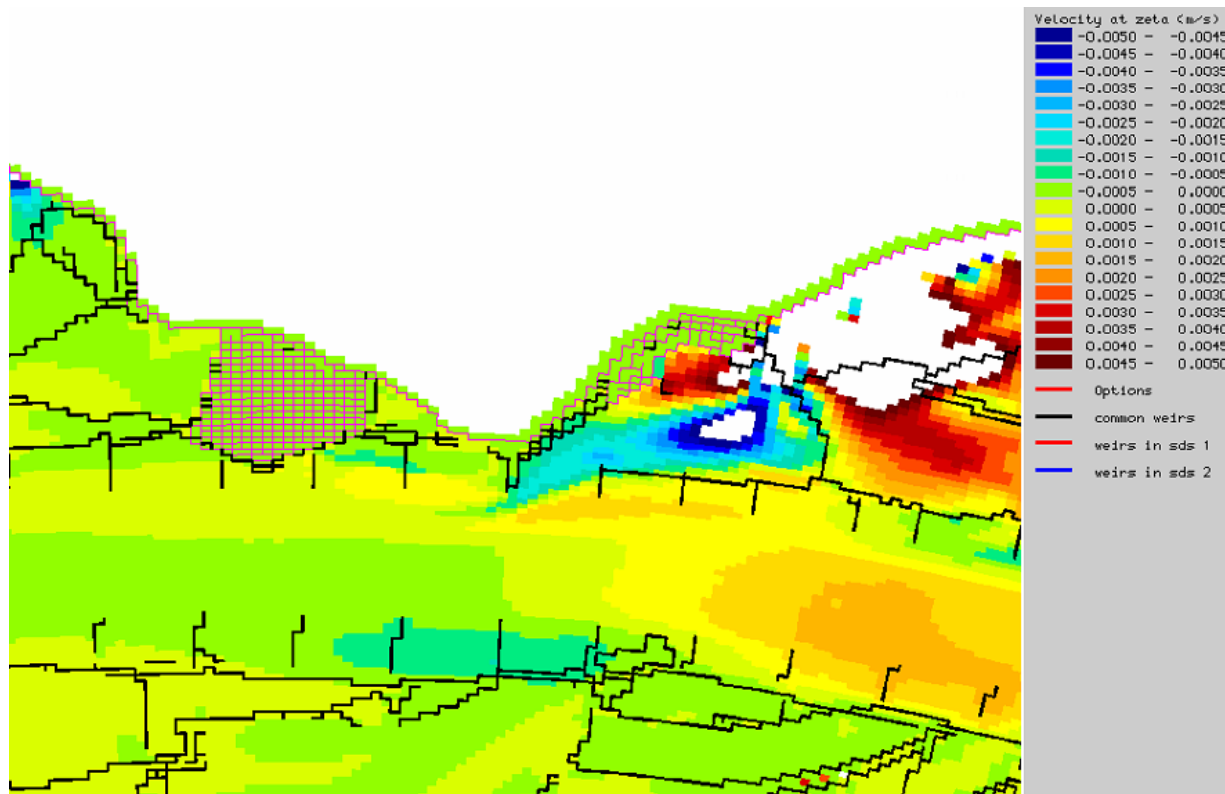
Figuur 6-6: Stroomsnelheidsverschil (m/s) bij de Prins Bernhardsluizen bij 8.000 m³/s in het 2D-vlak tussen het DO en de referentie. De roze vlakken geven hoogwaterrijke terreinen aan, zwarte lijnen de overlaten. Kleurenbalk is afgekapt op +/- 0,005 m/s

Locatie B – Kop van Ochten



Figuur 6-7: Stroomsnelheidsverschil (m/s) bij de Kop van Ochten bij 8.000 m³/s in het 2D-vlak tussen het DO en de referentie. De roze vlakken geven hoogwaterrijke terreinen aan, zwarte lijnen de overlaten. Kleurenbalk is afgekapt op +/- 0,005 m/s

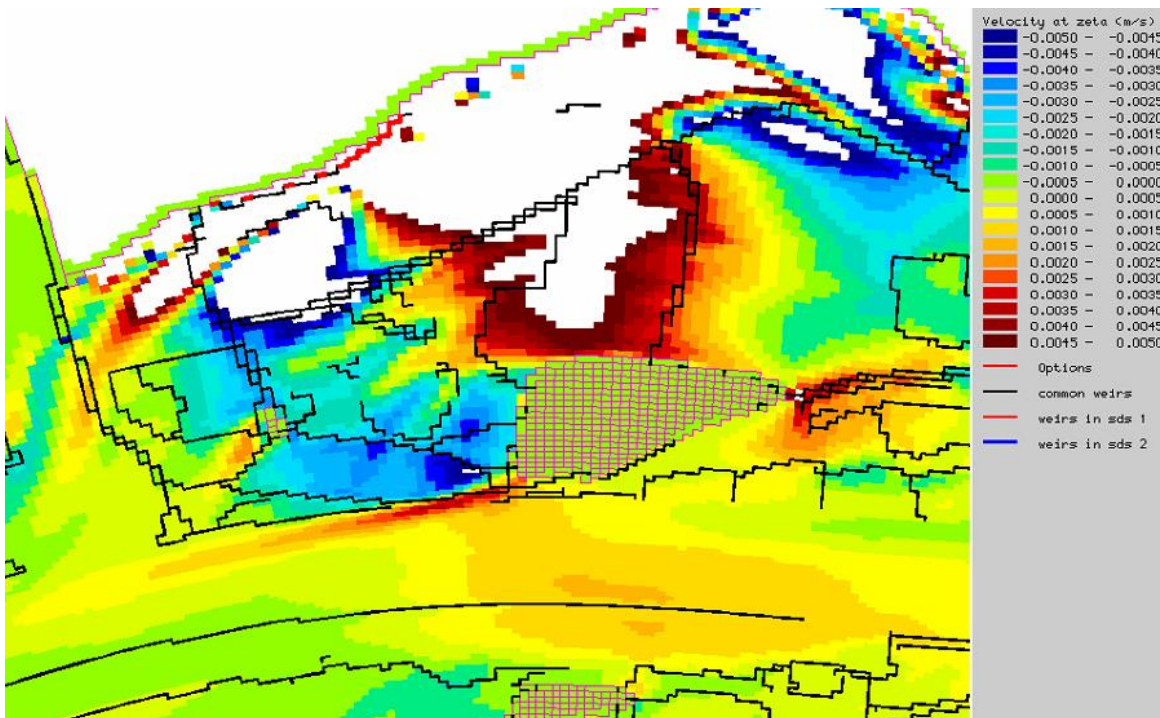
Locatie C – de Snor



Figuur 6-8: Stroomsnelheidsverschil (m/s) bij de Snor bij 8.000 m³/s in het 2D-vlak tussen het DO en de referentie. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan, zwarte lijnen de overlatten. Kleurenbalk is afgekapt op +/- 0,005 m/s

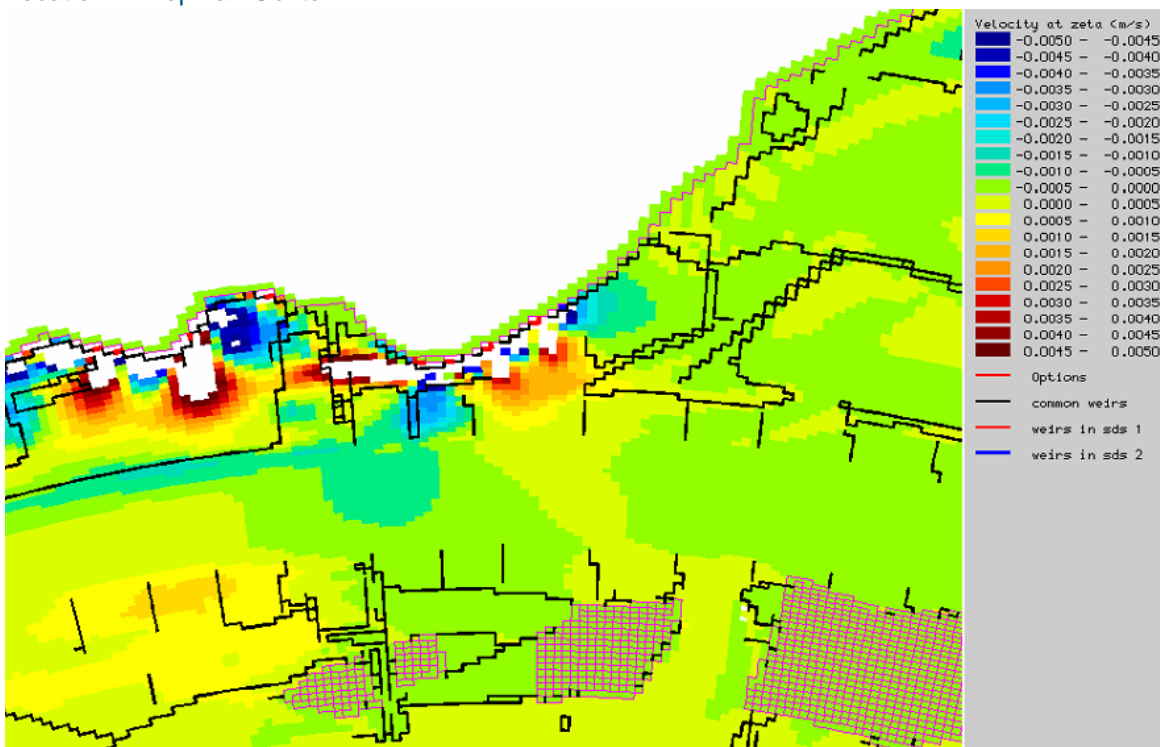
Bijlage D
Stroomsnelheidsverschillen bij aandachtslocaties bij 10.000 m³/s

Locatie A – Prins Bernhardsluizen



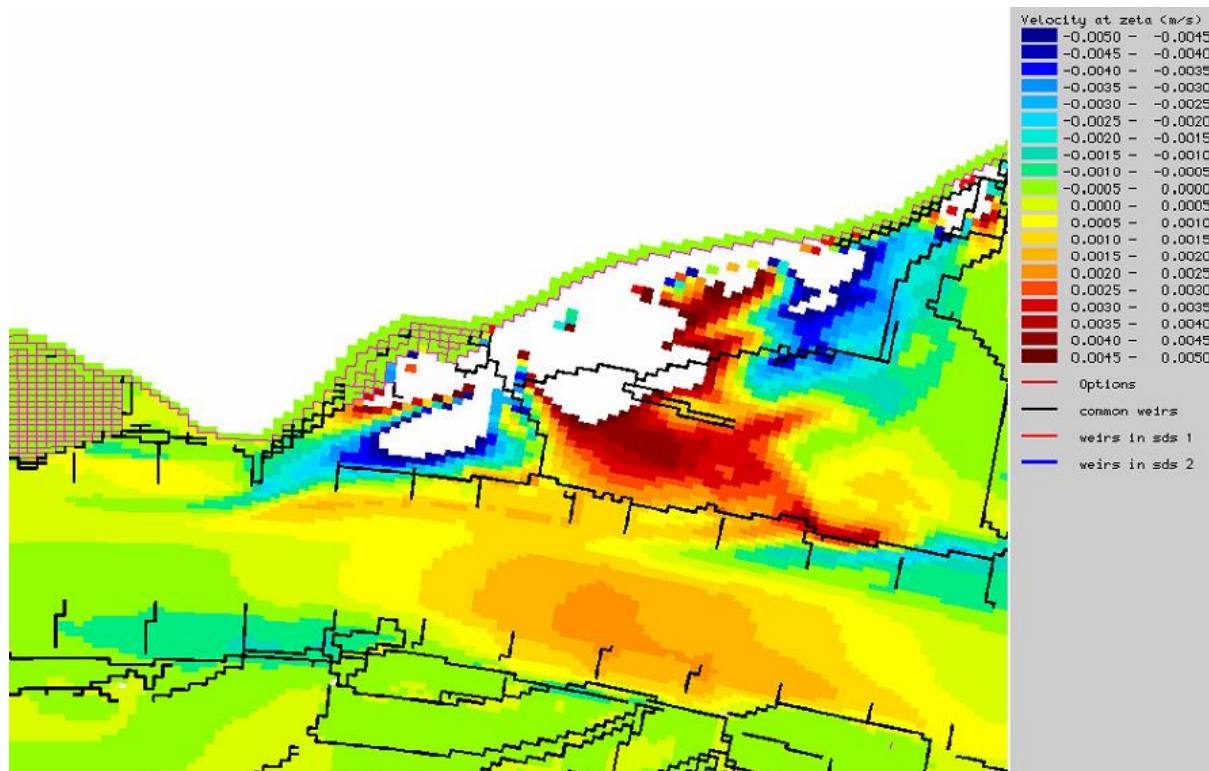
Figuur 6-9: Stroomsnelheidsverschil (m/s) bij de Prins Bernhardsluizen bij 10.000 m³/s in het 2D-vlak tussen het DO en de referentie. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan, zwarte lijnen de overlaten. Kleurenbalk is afgekapt op +/- 0,005 m/s

Locatie B – Kop van Ochten



Figuur 6-10: Stroomsnelheidsverschil (m/s) bij de Kop van Ochten bij 10.000 m³/s in het 2D-vlak tussen het DO en de referentie. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan, zwarte lijnen de overlaten. Kleurenbalk is afgekapt op +/- 0,005 m/s

Locatie C – de Snor



Figuur 6-11: Stroomsnelheidsverschil (m/s) bij de Snor bij 10.000 m³/s in het 2D-vlak tussen het DO en de referentie. De roze vlakken geven hoogwatervrije terreinen aan, zwarte lijnen de overlaten. Kleurenbalk is afgekapt op +/- 0,005 m/s