



Dijkversterking Ijseldijk Zwolle-Olst

Deelrapport effectbeoordeling kansrijke alternatieven - rivierkunde

Waterschap Drents Overijsselse Delta

23 januari 2019

Project
Opdrachtgever Dijkversterking IJsseldijk Zwolle-Olst
Waterschap Drents Overijsselse Delta

Document
Status Deelrapport effectbeoordeling kansrijke alternatieven - rivierkunde
Definitief
Datum 23 januari 2019
Referentie 105830/19-001.017

Projectcode 105830
Projectleider A.M. Springer-Rouwette MSc
Projectdirecteur ing. A.J.P. Helder

Auteur(s) L.M. de Wit MSc
Gecontroleerd door drs. W.M. Zuijderwijk, ir. M.H.J. Jansen
Goedgekeurd door A.M. Springer-Rouwette MSc

Paraaf 

Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

1 INHOUDSOPGAVE

1	INTRODUCTIE	5
1.1	Functie deelrapport	5
1.2	Leeswijzer	5
2	WETTELIJK- EN BELEIDSKADER	6
3	HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELING	8
3.1	Huidige situatie	8
3.1.1	Hoogwaterveiligheid	8
3.1.2	Schade en hinder	13
3.1.3	Morfologie	14
3.2	Autonome ontwikkelingen	14
4	BEOORDELINGSKADER EN METHODIEK	17
4.1	Relevante ingreep-effectrelaties	17
4.2	Beoordelingskader	19
4.3	Methodiek	19
4.3.1	Waterstandsverschil op de rivieras	19
4.3.2	Dwarsstroming op de bakenlijn	20
4.3.3	Sedimentatie en erosie zomer- en winterbed	21
5	EFFECTBESCHRIJVING VAN DE KANSRIJKE ALTERNATIEVEN EN BEOORDELING	22
5.1	Deeltraject 1.1 De Haere	22
5.2	Deeltraject 1.2 De Haere 2	22
5.3	Deeltraject 2 Olst-Zuid	25
5.4	Deeltraject 3 Olst-Dorp	26
5.5	Deeltraject 4 Olst-Noord	26
5.6	Deeltraject 5.1 Den Nul-Zuid	26
5.7	Deeltraject 5.2 Den Nul-Midden	26
5.8	Deeltraject 5.3 Den Nul-Noord	26

5.9	Deeltraject 6 Duursche Waarden	28
5.10	Deeltraject 7.1 Wijhe-Zuid	28
5.11	Deeltraject 7.2 Wijhe-Dorp	28
5.12	Deeltraject 8 Wijhe-Noord	28
5.13	Deeltraject 9 Paddenpol-Herxen	28
	5.13.1 Alternatief D	28
	5.13.2 Alternatief F	31
	5.13.3 Overzicht deeltraject 9	32
5.14	Deeltraject 10.1 Herxen-Dorp	32
5.15	Deeltraject 10.2 Herxen-Tichelgaten	33
5.16	Deeltraject 11 Windesheim-Noord en Harculo	36
5.17	Deeltraject 12.1 Centrale Harculo-Zuid	37
5.18	Deeltraject 12.1 Centrale Harculo-Midden	37
5.19	Deeltraject 12.1 Centrale Harculo-Noord	37
5.20	Deeltraject 13.1 Schellerdijk	37
5.21	Deeltraject 13.2 Schellerdijk-Oldeneel	40
5.22	Deeltraject 13.3 Schellerdijk-Schellerwade	43
5.23	Deeltraject 13.4 Schellerdijk-Vitens	46
5.24	Deeltraject 14.1 Engelse Werk	48
5.25	Deeltraject 14.2 Katerveerdijk	49
5.26	Deeltraject 14.3 Katerveersluizen	51
5.27	Deeltraject 15.1 Spoolde 1	52
5.28	Deeltraject 15.2 Spoolde 2	54
5.29	Deeltraject 15.3 Spoolde-Kanaal	57
5.30	Trajectoverstijgende effecten	57
6	MITIGATIE EN COMPENSATIE	59
6.1	Maatregelen voor mitigatie en compensatie van effecten	59
	6.1.1 Deeltrajecten 1.2 en 2	59
	6.1.2 Deeltrajecten 9 en 10.1	60
	6.1.3 Deeltraject 15.1	61
	6.1.4 Dijkalternatief F	63
	6.1.5 KRW maatregelen	63
6.2	Overige rivierkundige effecten van compenserende maatregelen	64
7	AANDACHTSPUNTEN VOOR DE PLANUITWERKING	65
7.1	Leemten in kennis en informatie	65
7.2	Aanbevelingen	65

8	REFERENTIES	66
	Laatste pagina	66
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	Beschrijving aanpassingen referentieschematisatie	2
II	Stroombeeld referentie bij 16.000 m ³ /s	1
III	Sedimentatieruimtekaarten	4
IV	Kansrijke alternatieven op hoofdlijnen	3
V	Baselineschematisatie van de bodem	1
VI	Baselineschematisatie van de ruwheid	2

1

INTRODUCTIE

1.1 Functie deelrapport

Dit deelrapport beschrijft de effecten van de kansrijke alternatieven voor de dijkversterking IJsseldijk Zwolle-Olst op het thema rivierkunde. Het deelrapport is onderdeel van het MER deel A IJsseldijk Zwolle-Olst en bijlage bij het hoofdrapport. Het deelrapport bevat de specifieke uitgangspunten en gedetailleerde informatie voor het thema rivierkunde. Een algemene toelichting op het project IJsseldijk Zwolle-Olst en de aanpak en uitgangspunten voor de effectenstudies zijn te vinden in het hoofdrapport MER.

Het MER deel A, en dit bijbehorende deelrapport, gaat alleen in op de effecten van de kansrijke alternatieven met een detailniveau passend bij de verkenningsfase. In de planuitwerkingsfase wordt het voorkeursalternatief (VKA) in meer detail onderzocht in MER deel B.

1.2 Leeswijzer

Onderstaande tabel 1.1 toont de opbouw van het deelrapport:

Tabel 1.1 Leeswijzer deelrapport

Hoofdstuk	Geeft antwoord op de vraag
1 introductie	wat staat er in het deelrapport?
2 wettelijk en beleidskader	wat zijn de geldende kaders en richtlijnen voor rivierkunde?
3 huidige situatie en autonome ontwikkelingen	hoe ziet de milieusituatie er nu en straks uit voor rivierkunde?
4 beoordelingskader en methodiek	hoe onderzoeken we de effecten op rivierkunde?
5 effectbeschrijving van de kansrijke alternatieven en beoordeling	welke effecten hebben de maatregelen van de kansrijke alternatieven op rivierkunde?
6 mitigatie en compensatie	welke maatregelen kunnen we nemen om de milieueffecten te voorkomen of te beperken?
7 aandachtspunten voor de planuitwerking	welke openstaande vragen en aandachtspunten zijn er voor de volgende fase van het project?
8 referenties	welke bronnen zijn er gebruikt voor het samenstellen van dit deelrapport?

2

WETTELIJK- EN BELEIDSKADER

Dit hoofdstuk beschrijft de geldende wettelijke- en beleidskaders specifiek voor het thema rivierkunde. Het maakt onderscheid tussen wetten, beleidsstukken en richtlijnen op nationaal niveau (van het Rijk) en op regionaal niveau (van provincie, gemeentes en het waterschap).

Nationaal

Tabel 2.1 Overzicht wetten, beleidsstukken en richtlijnen op nationaal niveau

Wet / beleid / richtlijn	Status en datum	Uitleg en relevantie
Waterwet	29 januari 2009	De Waterwet stelt eisen (veiligheidsnormen) aan waterkeringen en regelt het beheer van oppervlakte- en grondwater. De IJsseldijk Zwolle-Olst is een primaire waterkering, welke is afgekeurd op basis van de geldende veiligheidseisen.
Beleidslijn Grote Rivieren:	februari 2014	De beleidslijn schrijft voor welke activiteiten binnen het rivierbed van de grote rivieren zijn toegestaan en onder welke voorwaarden. De rivierkundige voorwaarden zijn nader uitgewerkt in het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK), welke gebruikt wordt bij vergunningplichtige activiteiten. De beoogde dijkversterking moet worden uitgevoerd in overeenstemming met de beleidslijn.
Deltaprogramma	juni 2017	Het nationale programma waarin Rijk, waterschappen, provincies en gemeenten samenwerken, onder andere om de waterveiligheid in Nederland te verbeteren. Ieder jaar wordt vanuit het Deltaprogramma een voorstel gedaan voor onder andere de geprogrammeerde waterveiligheidsmaatregelen. Dit wordt vastgelegd in het Deltaplan Waterveiligheid. Maatregelen die in het Deltaprogramma zijn opgenomen kunnen mogelijk een effect hebben op de dijkversterkingsalternatieven.
Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren 4.0 (Rijkswaterstaat Water, Verkeer en leefomgeving, RWS Oost-Nederland, 2017)	23 januari 2017	Het kader gaat in op de te toetsen rivierkundige aspecten van een vergunningaanvraag, de hierbij te gebruiken rivierkundige modellen en randvoorwaarden en de te hanteren normering (criteria).
Kader Richtlijn Water (KRW)		De KRW is een Europese richtlijn en stelt eisen aan de kwaliteit van oppervlaktewater en grondwater in Europa. De IJssel is een KRW-waterlichaam IJssel. In het MER worden de effecten van de ingreep op de chemische en ecologische waterkwaliteit onderzocht. In de uiterwaarden zijn enkele KRW maatregelen gepland die mogelijk als compensatie kunnen dienen.
Dijkversterkingen langs de Grote Rivieren. Redeneerlijn	februari 2018	Bij dijkversterkingsmaatregelen langs de grote rivieren moet een afweging worden gemaakt tussen binnendijkse- of buitendijkse (rivierwaartse) verbreding van de

buitendijks (rivierwaarts) versterken		dijk. Voor binnendijkse maatregelen zal niet altijd ruimte zijn - of slechts tegen zeer hoge kosten of met technisch ingewikkelde constructies. De ruimte buitendijks (in het rivierbed) is schaars en dient zo veel mogelijk beschikbaar te blijven voor de afvoer en berging van rivierwater. Deze factsheet biedt een redeneerlijn hoe te handelen indien binnendijkse maatregelen redelijkerwijs niet mogelijk zijn.
---------------------------------------	--	--

Regionaal

Tabel 2.2 Overzicht beleidsstukken en richtlijnen op regionaal niveau

Beleid/richtlijn	Status en datum	Uitleg en relevantie
Werkwijzer Rivieringrepen - (voorbereiding) uitvoering	1 maart 2011	RWS-ON beoogt met het document initiatiefnemer te informeren over eisen die zij aan de initiatiefnemers stelt en de wijze waarop zij de beoordeling uitvoert. Op deze manier wil RWS ON bijdragen aan een voorspoedige procesgang in de fasen van de (voorbereiding) uitvoering en van de feitelijke realisatie, zodanig dat ook optimale condities voor de beheerfase gecreëerd worden.

3

HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELING

Het hoofdrapport MER geeft een algemene beschrijving van de omgeving van IJsseldijk Zwolle-Olst. Dit hoofdstuk beschrijft de huidige situatie en autonome ontwikkelingen rondom de IJsseldijk Zwolle-Olst specifiek voor het thema rivierkunde.

De huidige situatie betreft de situatie in het jaar 2018. De autonome ontwikkelingen zijn beschreven tot het referentiejaar 2030. Deze beschrijving dient als referentiesituatie om de alternatieven tegen te beoordelen.

3.1 Huidige situatie

Dit hoofdstuk gaat in op de huidige waarden en functies in het plan- en studiegebied en eventuele relevante zekere ontwikkelingen in de toekomst. Deze beschrijving dient als referentiesituatie om de alternatieven tegen te beoordelen. De referentiesituatie is beschreven aan de hand van de volgende rivierkundige aspecten:

- hoogwaterveiligheid;
- schade en hinder;
- morfologie.

Het referentiemodel is in overleg met Rijkswaterstaat Oost-Nederland aangepast om te voldoen aan de normsituatie voor hoogwaterveiligheid. In bijlage I worden deze aanpassingen beschreven.

3.1.1 Hoogwaterveiligheid

Hydraulische knelpunten

Bijlage II toont het stroombeeld over het gehele traject in de referentie situatie bij MHW. In het zomerbed varieert de stroomsnelheid tussen de 0,5 en 4,9 m/s. In het winterbed varieert de stroomsnelheid tussen de 0 en 1,5 m/s. De stroomlijnen (interval 200 m³/s) geven een indicatie van een hydraulisch knelpunt indien deze dicht bij elkaar liggen (contractie).

Op basis van het stroombeeld bij MHW over het gehele traject zijn er drie hydraulische knelpunten waar de rivier versmalt en de stroomsnelheden relatief hoog zijn:

- 1 deeltraject 2 tussen rkm 955,6 en 956,7;
- 2 deeltraject 9 tussen rkm 988 en 970;
- 3 deeltraject 15.1 tussen rkm 977,5 en 981,2.

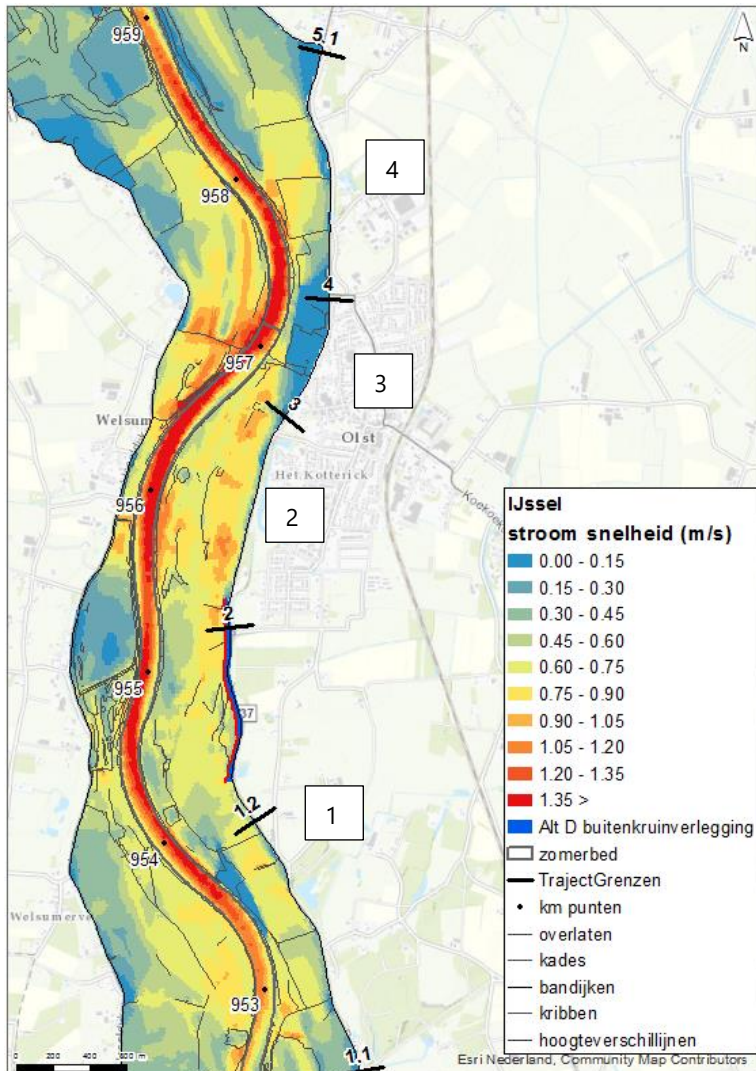
Stroombeeld langs de dijk

Afbeeldingen 3.1 tot en met 3.5 geven het stroombeeld ter plaatse van de huidige dijk in detail weer, deze stroombeelden gelden bij een Boven-Rijn afvoer van 16.000 m³/s. Locaties waar de stroomsnelheden langs de dijk relatief hoog zijn en waar rivierwaartse dijkversterking mogelijk opstuwung veroorzaakt zijn:

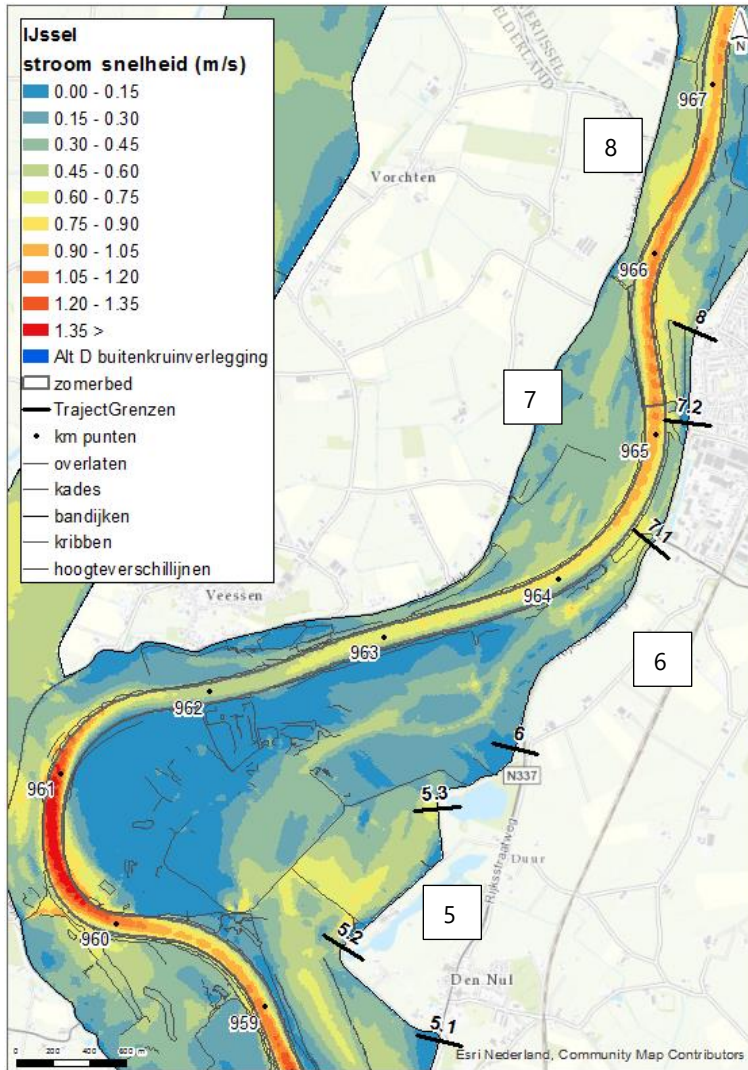
- deeltraject 2 (afbeelding 3.1): langs de dijk tussen rkm 955,5 en 956,5 (tegen het stadscentrum van Olst) zijn relatief hoge stroomsnelheden te zien van tussen de 0,9 en 1,2 m/s;
- deeltraject 9 (afbeelding 3.3): tussen rkm 968,3 en 969 zijn langs de dijk stroomsnelheden te zien tussen 0,75 en 1,05 m/s;

- deeltraject 11 (afbeelding 3.4) toont tussen rkm 971 en 971,7 stroomsnelheden tussen de 0,9 en 1,3 m/s;
- deeltraject 15 (afbeelding 3.5): de hoogste stroomsnelheden komen voor tussen rkm 979,5 en 882.

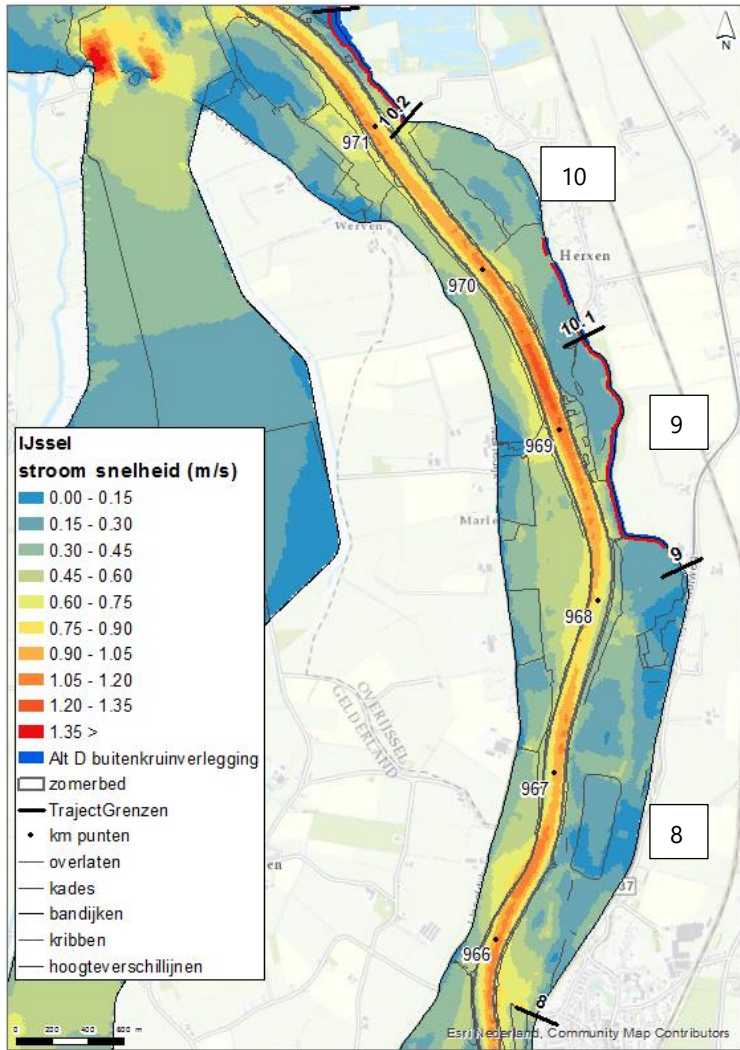
Afbeelding 3.1 Stroombeeld referentie tussen rkm 955 en 960 (Boven-Rijn afvoer 16.000 m³/s)



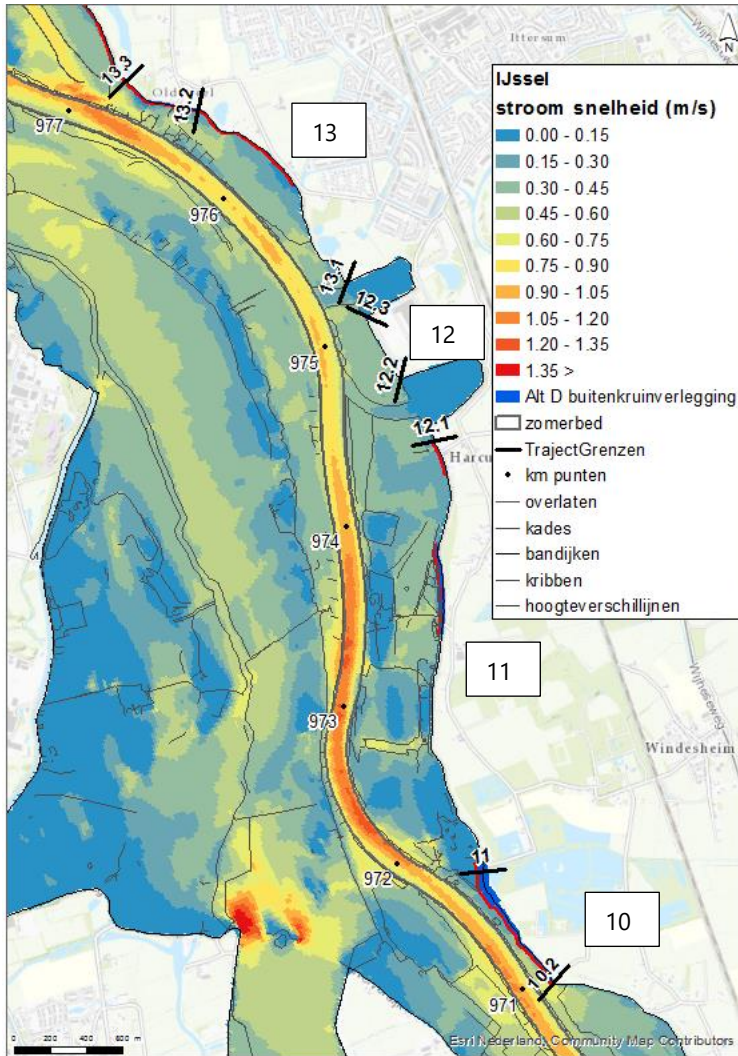
Afbeelding 3.2 Stroombeeld referentie tussen rkm 959 en 967 (Boven-Rijn afvoer 16.000 m³/s)



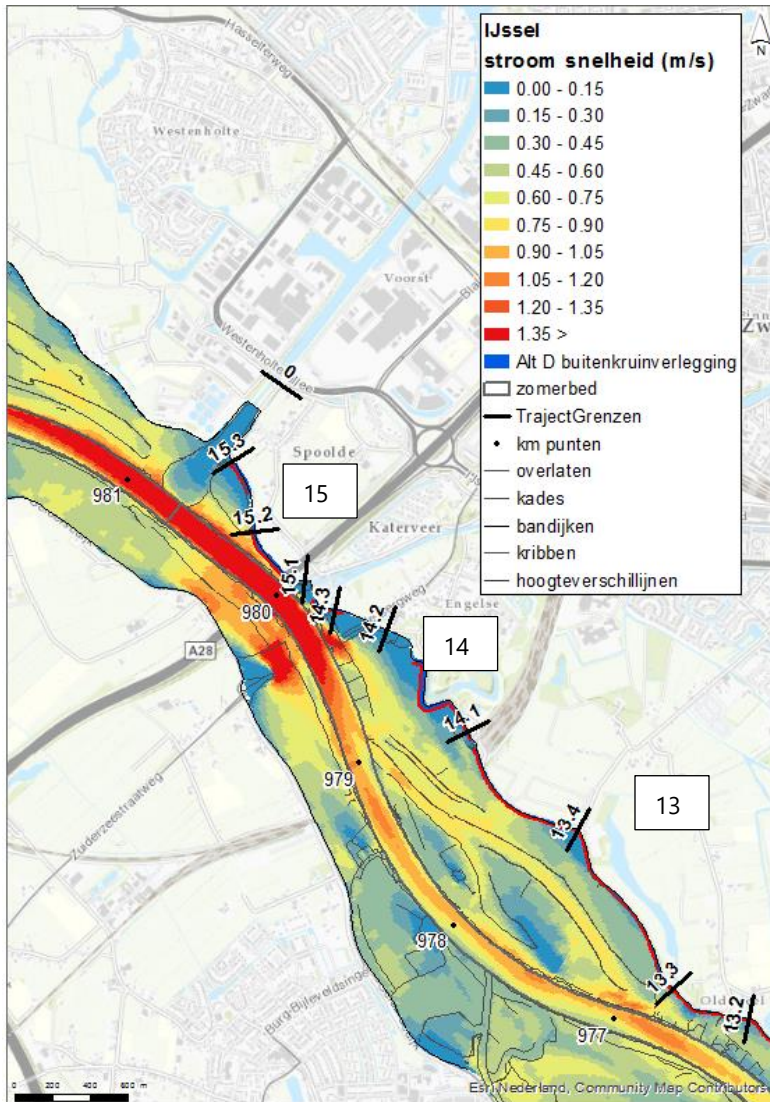
Afbeelding 3.3 Stroombeeld referentie tussen rkm 966 en 971 (Boven-Rijn afvoer 16.000 m³/s)



Afbeelding 3.4 Stroombeeld referentie tussen rkm 971 en 977 (Boven-Rijn afvoer 16.000 m³/s)



Afbeelding 3.5 Stroombeeld referentie tussen rkm 976 en 982 (Boven-Rijn afvoer 16.000 m³/s)



3.1.2 Schade en hinder

In de vaarweg mag de stroomsnelheid op de bakelijnslijn en loodrecht op de vaarweg niet toenemen tot boven een bepaalde maximum dwarsstroomsnelheid. Het overschrijden van het dwarsstroomsnelheids criterium kan leiden tot een zijdelingse verplaatsing van meer dan een halve scheepsbreedte (= maximaal mogelijke afwijking binnen een normaalprofiel vaarweg volgens de Richtlijnen Vaarwegen 2011). Bij een grotere zijdelingse verplaatsing overschrijdt het schip de begrenzing van zijn 2*B breedte vaarstrook en begeeft zich in de vaarstrook van andere (tegemoetkomende) schepen, waardoor een situatie ontstaat die onveilig is voor de scheepvaart.

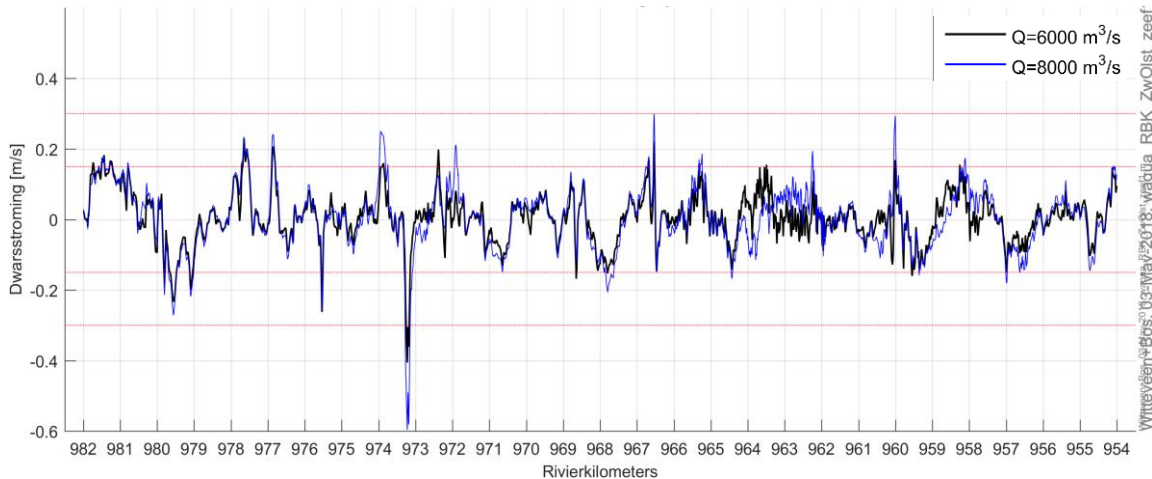
Er gelden twee criteria voor de dwarsstroming (conform RBK 4.0) afhankelijk van het dwarsdebiet:

- criterium bij dwarsdebiet groter dan 50 m³/s: dwarsstroming <0,15 m/s;
- criterium bij dwarsdebiet kleiner dan 50 m³/s: dwarsstroming <0,30 m/s.

Afbeelding 3.6 toont voor de huidige situatie de dwarsstroming op de bakelijnslijn voor afvoeren van 6.000 en 8.000 m³/s. Een negatieve waarde betekent dat de stroming richting het zomerbed gericht is. Een positieve waarde is richting het winterbed.

De dwarsstroomsnelheden op de bakelijns in de referentie situatie liggen bijna overal binnen de 0,3 m/s. Er is één locatie waar de dwarsstroomsnelheid bij een afvoer van 8.000 m³/s bijna 0,6 m/s is (rkm 973,3). Het blijkt dat hier water vanuit de uiterwaard het zomerbed instroomt. Over het algemeen zijn de dwarsstromingen bij 8.000 m³/s hoger dan bij 6.000 m³/s. Daarom zal 8000 m³/s worden gebruikt voor het bepalen van het effect op de dwarsstroming (zie sectie 4.3).

Afbeelding 3.6 Dwarsstroming referentie bij een afvoer van 6.000 m³/s en 8.000 m³/s. De rode lijnen geven de dwarsstromingscriteria aan



3.1.3 Morfologie

Stroomsnelheden in de rivier variëren als gevolg van veranderingen in breedte en waterdiepte en met de rivierafvoer. Strooming voert sediment mee. Op plekken waar een hoge stroomsnelheid is, wordt veel sediment meegevoerd. Daar waar de strooming lager is wordt juist weinig sediment getransporteerd. Het vermogen van de strooming om sediment mee te voeren wordt ook wel sedimenttransportcapaciteit genoemd. Op locaties in de rivier waar verschillen (gradiënten) zijn in de sedimenttransportcapaciteit, ontstaat erosie of sedimentatie. Simpelweg geldt dat als er op een locatie meer sediment wordt aangevoerd dan afgevoerd, dan ontstaat sedimentatie. Het omgekeerde geldt ook: als er minder sediment wordt aangevoerd dan afgevoerd ontstaat erosie. Het proces van erosie en sedimentatie beïnvloedt de waterdiepte, en omgekeerd beïnvloedt de waterdiepte het proces van sedimentatie en erosie. De feedback loop tussen deze verschillende processen gaat net zo lang door totdat sedimentaanvoer gelijk is aan sedimentafvoer; er is dan sprake van een evenwichtsbodemligging.

Of de berekende verandering van de bodemligging ook een probleem vormt voor de scheepvaart, hangt af van de beschikbare waterdiepte in de vaargeul (sedimentatieruimte). In bijlage III zijn de sedimentatieruimtekaarten opgenomen ter plaatse van de twee mogelijke dijkerugleggingen. Uit deze gegevens blijkt dat er op deze locaties geen morfologische knelpunten zijn en lijkt er enige sedimentatie ruimte aanwezig te zijn.

3.2 Autonome ontwikkelingen

Autonome ontwikkelingen zijn de activiteiten die plaatsvinden of zullen plaatsvinden, ook al gaat de voorgenomen dijkversterking niet door. Dit zijn alleen overheidsplannen en gebiedsactiviteiten waarover al een formeel besluit is genomen (bestemmingsplan, projectbesluit) en die binnen een afzienbare tijd tot uitvoering kunnen worden gebracht.

Voor het thema rivierkunde zijn er geen relevante autonome ontwikkelingen. Er is wel een andere ontwikkeling, waarover nog geen formele besluitvorming is geweest, die van belang is voor het thema rivierkunde. Het betreft de KRW-IJssel maatregelen.

KRW-IJssel maatregelen

In het plangebied van dijkversterking IJsseldijk Zwolle-Olst zijn meerdere locaties aangewezen als zoekgebied voor Kaderrichtlijn Water maatregelen. Het programma Kaderrichtlijn Water (KRW) is erop gericht om de ecologische waterkwaliteit van oppervlaktewateren en de kwaliteit van het grondwater op orde te krijgen. De maatregelen die genomen gaan worden zijn het realiseren van nevengeulen, versterken van natte natuur, aanleggen van natuurvriendelijke oevers en aanbrengen van rivierhout. Locaties waar Rijkswaterstaat KRW-maatregelen gepland heeft, die mogelijk raakvlakken hebben met de dijkversterking IJsseldijk Zwolle-Olst zijn:

- 1 Windesheim: aanleg 1,3 km nevengeul (Y3017) - traject 10 en 11;
- 2 Herxen: aanleg 3,4 km nevengeul (Y3032) en 1,8 km natuurvriendelijke oevers (X2311-c) - traject 9 en 10;
- 3 Buitenwaarde Wijhe: aanleg 1,5 km nevengeul (Y3017) en 1,2 km natuurvriendelijke oevers (X2311-c) - traject 7 en 8;
- 4 Olster- en Hengforderwaarden Rivierhout: verjonging 1,6 km binnenbochtgeul (Y3034), 1,0 km natuurvriendelijke oevers (X2311-c) en versterken 3 ha (kwel)moeras en natte natuur (Y3047) - traject 1 en 2.

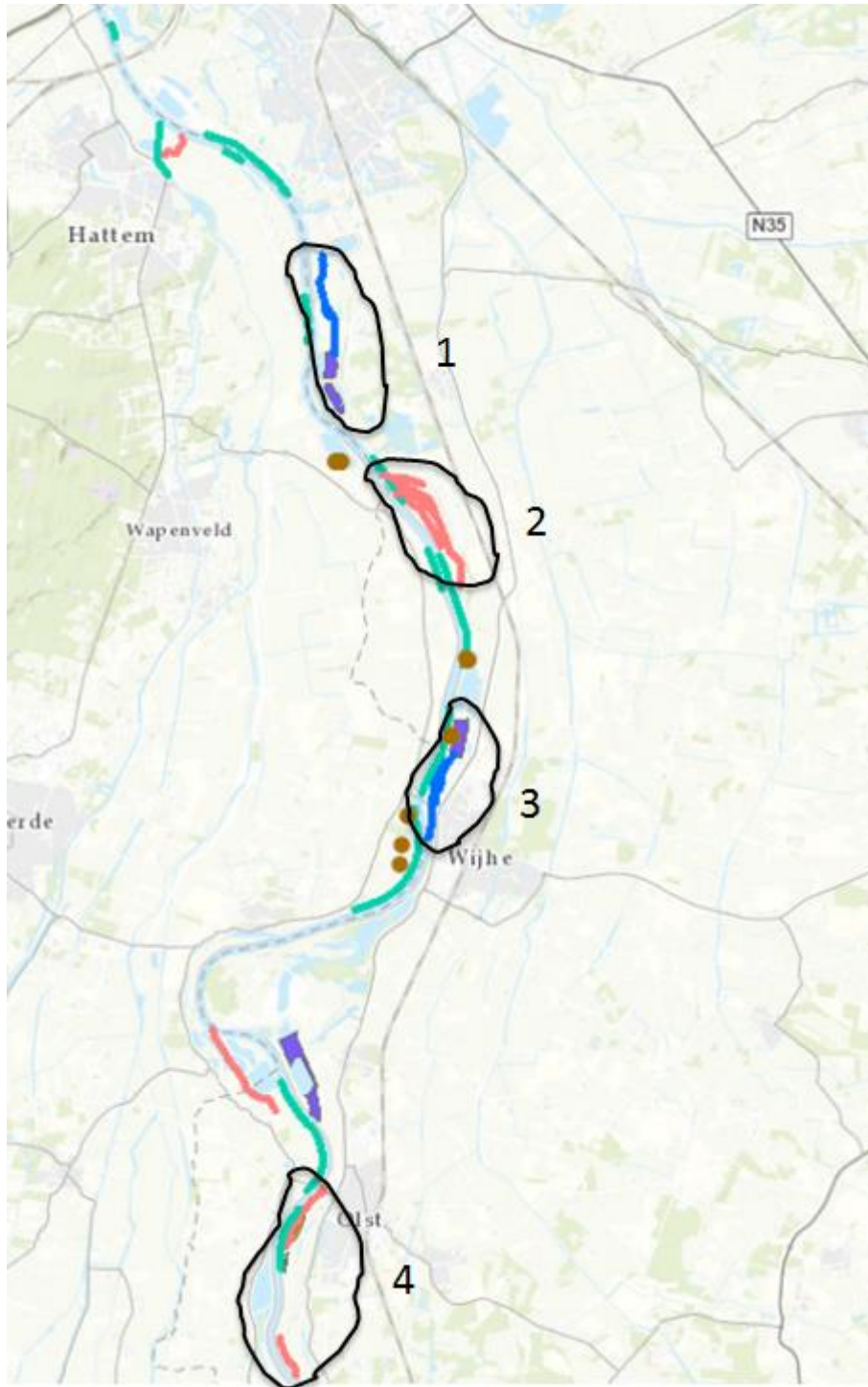
Afbeelding 3.7 geeft bovengenoemde locaties op kaart weer.

In de realisatie van de KRW-maatregelen onderzoekt Rijkswaterstaat om andere opgaven mee te koppelen. Hieronder valt onder andere de Buitenwaarden Wijhe waarin 15 ha nieuwe natuur (Natura2000) wordt gerealiseerd. Daarnaast gaat het om het verhogen van de recreatieve, natuurlijke en economische waarde van de uiterwaarden.

Over bovenstaande KRW-maatregelen is nog geen besluit genomen. Daarom zijn deze maatregelen geen autonome ontwikkeling. Vanwege de potentiële grote omvang vindt er nauwe afstemming plaats tussen Rijkswaterstaat en het waterschap over eventuele samenhang tussen deze raakvlakprojecten en de dijkversterking. De eventuele opstuwing als gevolg van rivierwaartse dijkversterkingen kan mogelijk met een extra verruiming van de geplande nevengeulen gecompenseerd worden. Opstuwing ontstaat ter plaatse van een rivierwaartse dijkversterking en plant zich in bovenstroomse richting voort. De KRW maatregel moet dus benedenstrooms of ter hoogte van de opstuwing genomen worden om effectief te zijn.

In paragraaf 6.1.5 is per KRW maatregel beschreven in hoeverre deze effectief is als compensatie voor de opstuwing als gevolg van alternatief D.

Afbeelding 3.7 Ligging geplande KRW geulen (RWS-ON, 2011)



4

BEOORDELINGSKADER EN METHODIEK

4.1 Relevante ingreep-effectrelaties

In het MER zijn zes kansrijke alternatieven (A tot en met F) onderzocht, die ieder bestaan uit een combinatie van één of meer verschillende ingrepen. Per deeltraject is in het hoofdrapport MER toegelicht welke kansrijke alternatieven daar van toepassing zijn. In de effectenstudie van rivierkunde zijn per deeltraject de effecten van de kansrijke alternatieven beschreven en beoordeeld. In bijlage IV zijn de zes kansrijke alternatieven op hoofdlijnen beschreven.

Zowel binnendijkse als buitendijkse dijkversterkingsmaatregelen zijn onderzocht. Voor het thema rivierkunde zijn met name dijk alternatief D en de twee dijkterugleggingen (alternatief F) van belang omdat deze de grootste effecten op de rivier veroorzaken. In het ontwerp van dijkalternatieven A, B en C wordt het doorstromend oppervlak van de rivier minimaal verkleind. Verwacht wordt dat de effecten voor het thema rivierkunde zeer klein zullen zijn.

Voor alternatief D wordt de kruin van het dijklichaam op een aantal trajecten verplaatst in buitendijkse richting. Dit vormt het rivierkundige worst-case alternatief. Ter plaatse van traject 5.3 (Den Nul) en 9 (Paddenpol-Herxen) zijn twee dijkterugleggingen onderzocht. Bijlage II toont de locaties waar voor alternatief D een dijkverlegging is onderzocht, voor de dijkterugleggingen is nog geen gedetailleerde informatie beschikbaar. De trajecten met de dijkterugleggingen zijn daarom indicatief aangegeven.

Tabel 4.1 beschrijft voor het thema rivierkunde de mogelijke effecten van de verschillende ingrepen. Deze ingreep-effectrelaties zijn de basis voor de effectbeschrijving en beoordeling in hoofdstuk 5.

De mogelijke rivierkundige effecten van maatregelen om de opstuwung op de rivieras te mitigeren en compenseren worden besproken in sectie 6.1.

Tabel 4.1 Overzicht van ingreep-effectrelaties voor rivierkunde

Ingreep (alternatief)	Permanent/ tijdelijk	Mogelijke effecten	Beoordeeld in aspect/ criterium
pipingberm binnendijks (A)	geen	geen	n.v.t.
klei-ingraving buitendijks (C, D)	geen	geen	n.v.t.
verticale voorziening piping (B, D)	geen	geen	n.v.t.
stabiliteitsberm binnendijks (B, C)	geen	geen	n.v.t.
zelfstandig kerende constructie (E)	geen	geen	n.v.t.
aanpassen bekleding (A, B, C, D, E)	geen	geen	n.v.t.
verhoging van de dijk (alternatief D, rivierwaartse dijkversterking)		<ul style="list-style-type: none">- waterstandsverschillen op de rivieras bij een Boven-Rijn afvoer van 16.000 m³/s- verhoogde dwarsstroming op de bakelij	<ul style="list-style-type: none">- hoogwaterveiligheid- schade en hinder

Ingreep (alternatief)	Permanent/ tijdelijk	Mogelijke effecten	Beoordeeld in aspect/ criterium
		- erosie van het zomerbed	- morfologie
dijkteruglegging (F)		- waterstandsverschillen op de rivieras bij een Bovenrijn afvoer van 16.000 m ³ /s - verhoging dwarsstroming op de bakelijijn - sedimentatie van het zomerbed	- hoogwaterveiligheid - schade en hinder - morfologie

Buitendijkse dijkverschuiving

Hoogwaterveiligheid

Als gevolg van een buitendijkse verlegging wordt de rivier smaller waardoor bij een hoogwater de waterstand toeneemt (opstuwung). Indien de buitendijkse verlegging ter plaatse van een hydraulisch knelpunt genomen wordt, zal het opstuwungseffect relatief groot zijn.

Schade en hinder

Een mogelijk effect van een buitendijkse verlegging is een toename van de dwarsstroomsnelheden ter plaatse van de bakelijijn (denkbeeldige lijn over de kribkoppen), waardoor een situatie kan ontstaan die onveilig is voor de scheepvaart. De stroming langs de dijk kan door de verlegging meer richting het zomerbed worden geduwd en hier lokaal de dwarsstroming verhogen. Dit speelt met name op locaties waar de buitendijkse verlegging dichtbij het zomerbed gelegen is.

Morfologie

Vanwege versmalling van de rivier kunnen de stroomsnelheden in het zomerbed toenemen waardoor de bodemligging afneemt (erosie). Nadelige morfologische effecten kunnen ontstaan als bijvoorbeeld de erosie bij een constructie dermate groot is dat deze instabiel wordt (gevaar van instorting). Anderzijds kan erosie ter plaatse van een morfologisch knelpunt voor de scheepvaart (te weinig waterdiepte in de vaargeul) juist weer positief zijn.

Dijkteruglegging

Hoogwaterveiligheid

Bij een dijkteruglegging wordt de rivier ruimer waardoor de waterstand afneemt (waterstandsval). Mogelijk ontstaat benedenstrooms van de dijkteruglegging, waar het water weer het zomerbed instroomt, een lokale opstuwungspiek. Indien de dijkteruglegging ter plaatse van een hydraulisch knelpunt genomen wordt is dit een effectieve ingreep. De dijkteruglegging in traject 9 (Paddenpol-Herxen) kan bijdragen aan het oplossen van het geïdentificeerde hydraulische knelpunt in dit traject. De onderzochte dijkteruglegging in traject 5 is niet gelegen nabij een hydraulisch knelpunt. De verwachting is dat een dijkteruglegging in traject 5 minder effectief is.

Schade en hinder

Een mogelijk effect van een dijkteruglegging is een afname van de dwarsstroomsnelheden ter hoogte van de instroom van de gecreëerde uiterwaard zodra deze gaat meestromen. De stroming wordt op deze locatie dan niet meer richting het zomerbed geduwd maar stroomt dan door de nieuwe uiterwaard. Benedenstrooms van de dijkteruglegging kan echter een toename van de dwarsstroomsnelheden ontstaan vanwege de grotere toevoer van water dat uit de nieuwe uiterwaard weer het zomerbed instroomt.

Morfologie

Zodra de nieuw gecreëerde uiterwaard meestroomt, wordt er water aan het zomerbed onttrokken en kunnen de stroomsnelheden in het zomerbed afnemen. Dit heeft een verhoging van de bodemligging

(sedimentatie) tot gevolg. Indien dit leidt tot een afname van de minimale vaargeul dimensies kan dit leiden tot een verhoging van de baggerinspanning.

4.2 Beoordelingskader

Tabel 4.2 geeft een overzicht van het beoordelingskader voor de effectenstudie voor het thema rivierkunde. Per aspect benoemt de tabel de criteria voor de effectbeschrijving en -beoordeling van de kansrijke alternatieven. De beoordelingscriteria zijn nader toegelicht in paragraaf 4.3.

Tabel 4.2 Beoordelingskader thema rivierkunde

Aspect	Criterium	Type beoordeling	Methode
hoogwaterveiligheid	waterstandsverschil rivieras ¹	kwantitatief dijkversterking kwalitatief voor de dijkverlegging	WAQUA-berekening bij extreme afvoer en alternatief D
schade en hinder	dwaarsstroming op de bakenlijn	kwalitatief voor de dijkversterking en dijkverlegging	WAQUA-berekening referentie en alternatief D
morfologie	erosie en sedimentatie zomerbed	kwalitatief voor de dijkverlegging	expert judgement op basis van stroombeelden referentie

4.3 Methodiek

Deze paragraaf beschrijft per criterium het bijbehorende studiegebied, de beoordelingsmethodiek en de maatlat voor beoordeling, zoals van toepassing voor het MER deel A. Deze methodiek is gericht op het in beeld brengen van de grote en onderscheidende effecten van de kansrijke alternatieven. In de planuitwerkingsfase wordt het MER deel B opgesteld. Het MER deel B onderzoekt in meer detail de effecten van het voorkeursalternatief.

4.3.1 Waterstandsverschil op de rivieras

Studiegebied

Het studiegebied strekt zich uit van de rivierwaartse dijkversterking tot enkele tientallen kilometers in stroomopwaartse richting (afhankelijk van de totale grootte van het effect).

Methode

Het effect op de hoogwaterveiligheid is voor het worst-case alternatief (alternatief D) in beeld gebracht op de rivieras bij een Boven-Rijnafvoer van 16.000 m³/s (MHW). Stroombeelden langs de dijk bij een extreme Boven-Rijnafvoer van 16.000 m³/s (MHW) zijn gebruikt om in te schatten of een rivierwaartse dijkversterking leidt tot opstuwing op de rivieras en ruimtelijk. Daarnaast zijn stroombanen bij deze afvoer in kaart gebracht om hydraulische knelpunten in de rivier te identificeren en om de effectiviteit van de dijkteruglegging voor het verlagen van de extreme waterstand kwalitatief te bepalen.

Maatlat beoordelingskader

Tabel 4.3 geeft de maatlat voor de beoordeling op het criterium waterstandsverschil op de rivieras weer. Een sterk negatieve beoordeling betekent niet dat een alternatief niet vergunbaar is. In geval van sterk negatieve

¹ Het criterium bergend vermogen van de rivier is niet meegenomen in de beoordeling omdat het effect op dit criterium door een dijkversterking klein is. Daarnaast behoort volgens de detailkaarten van de Beleidslijn Grote Rivieren het projectgebied tot het stromende regime en niet tot het bergende regime.

effecten geldt er wel een compensatieplicht is en moet nader onderzocht worden in hoeverre compensatie te realiseren is.

Tabel 4.3 Maatlat voor beoordeling criterium waterstandsvaling en opstuwing op de rivieras

Score	Maatlat
---	sterk negatief, waterstand neemt toe (> 1 mm)
-	negatief, er is beperkte stijging van de waterstand (tussen 0 mm en 1 mm)
0	neutraal, geen verandering ten opzichte van de referentiesituatie
+	positief, verlaging van de waterstand (tussen 0 en 1 mm) die zich in bovenstroomse richting voortplant
++	sterk positief, sterke verlaging van de waterstand (> 1 mm) die zich in bovenstroomse richting voortplant

4.3.2 Dwarsstroming op de bakenlijn

Studiegebied

Het studiegebied komt ongeveer overeen met het traject waar de rivierwaartse dijkversterking plaatsvindt.

Methode

Het aspect schade en hinder is in beeld gebracht aan de hand van dwarsstroming op de bakenlijn bij een Boven-Rijnafvoer 8.000 m³/s. Dwarsstroming kan hinderlijk zijn voor de scheepvaart. Er gelden twee criteria voor de dwarsstroming (conform RBK 4.0) afhankelijk van het dwarsdebiet:

- criterium bij dwarsdebiet groter dan 50 m³/s: dwarsstroming <0,15 m/s;
- criterium bij dwarsdebiet kleiner dan 50 m³/s: dwarsstroming <0,30 m/s.

Het effect van de dijkverleggingen op de dwarsstroming is kwalitatief beoordeeld gebruikmakend van een Boven-Rijn afvoer van 8.000 m³/s.

Maatlat beoordelingskader

Onderstaande tabel geeft de maatlat voor de beoordeling op het criterium dwarsstroming op de bakenlijn.

Tabel 4.4 Maatlat voor beoordeling criterium invloed op dwarsstroming op de bakenlijn

Score	Maatlat
---	sterk negatief, dwarsstroming neemt toe en absolute waarde > 0,30 m/s
-	negatief, dwarsstroming neemt toe, absolute waarde < 0,30 m/s
0	neutraal, geen verandering ten opzichte van de referentiesituatie
+	positief, dwarsstroming neemt af (tussen 0 en 0,05 m/s)
++	sterk positief, dwarsstroming neemt sterk af (> 0,05 m/s)

4.3.3 Sedimentatie en erosie zomer- en winterbed

Studiegebied

Het studiegebied strekt zich uit ter plaatse van de ingrepen tot mogelijk enkele kilometers in benedenstroomse richting (afhankelijk van de totale grootte van het effect). De voornaamste morfologische effecten planten zich in benedenstroomse richting voort en dempen langzaam uit.

Methode

De morfologische effecten van de dijkversterkingen zijn kwalitatief ingeschat op basis van stroomsnelheidsverschillen bij $Q_{br} = 8.000 \text{ m}^3/\text{s}$. De dijkterugleggingen zijn kwalitatief beoordeeld met behulp van de stroomsnelheidsverschillen bij een $Q_{br} = 8.000 \text{ m}^3/\text{s}$ en de sedimentatieruimtekaarten. Het aantal cm aanzanding en de lengte hiervan wordt beoordeeld.

Maatlat beoordelingskader

Onderstaande tabel geeft de maatlat voor de beoordeling op het criterium sedimentatie en erosie.

Tabel 4.5 Maatlat voor beoordeling criterium invloed op erosie/sedimentatie in het zomerbed

Score	Maatlat
-	sterk negatief, significante sedimentatie in het zomerbed (> 20 cm) of dusdanige erosie dat stabiliteit van constructies in gevaar komt
-	negatief, enige sedimentatie in het zomerbed (tot 20 cm)
0	neutraal, geen verandering ten opzichte van de referentiesituatie
+	positief, lokale lichte erosie van het zomerbed ter plaatse van ondiepte (enkele centimeters)
++	sterk positief, sterk positief, lokale erosie in het zomerbed ter plaatse van een ondiepte (10 cm of meer), mits de stabiliteit van constructies niet in gevaar komt

5

EFFECTBESCHRIJVING VAN DE KANSRIJKE ALTERNATIEVEN EN BEOORDELING

Dit hoofdstuk beschrijft en beoordeelt de effecten van kansrijk alternatief D voor het thema rivierkunde. Per deeltraject is beschreven welke elementen in, op en rond de dijk van belang zijn voor het thema rivierkunde op dat deeltraject. Vervolgens zijn per criterium de effecten van de kansrijke alternatieven beschreven en is elk van deze alternatieven beoordeeld conform het beoordelingskader in Hoofdstuk 4. Alternatief D houdt op een aantal trajecten een rivierwaartse as-verschuiving in. Op een aantal locaties is deze as-verschuiving traject overschrijdend. In deze gevallen zal in het eerste bovenstroomse traject waar de as-verschuiving van toepassing is de effecten worden beschreven. Tot slot is de effectbeoordeling per relevant traject samengevat met een toelichting op de onderscheidende effecten tussen de kansrijke alternatieven.

5.1 Deeltraject 1.1 De Haere

Voor dit deeltraject zijn voor kansrijk alternatief D geen rivierwaartse as-verschuivingen voorzien.

5.2 Deeltraject 1.2 De Haere 2

Voor alternatief D wordt op een deel van deeltraject 1.2 en een deel van deeltraject 2, een rivierwaartse as-verschuiving voorzien (afbeelding 5.1). Ter hoogte van de as-verschuiving varieert de afstand tussen het zomerbed en de dijk tussen de 300 en 400 m. Het gebied tussen de dijk wordt gekenmerkt door grasland met een aantal plassen en geultjes. In bijlage V en bijlage VI worden respectievelijk de Baseline bodemschematisatie en de schematisatie van de vegetatieruwheden van de referentie getoond.

Afbeelding 5.1 Rivierwaartse as-verschuiving op deeltrajecten 1.2-2

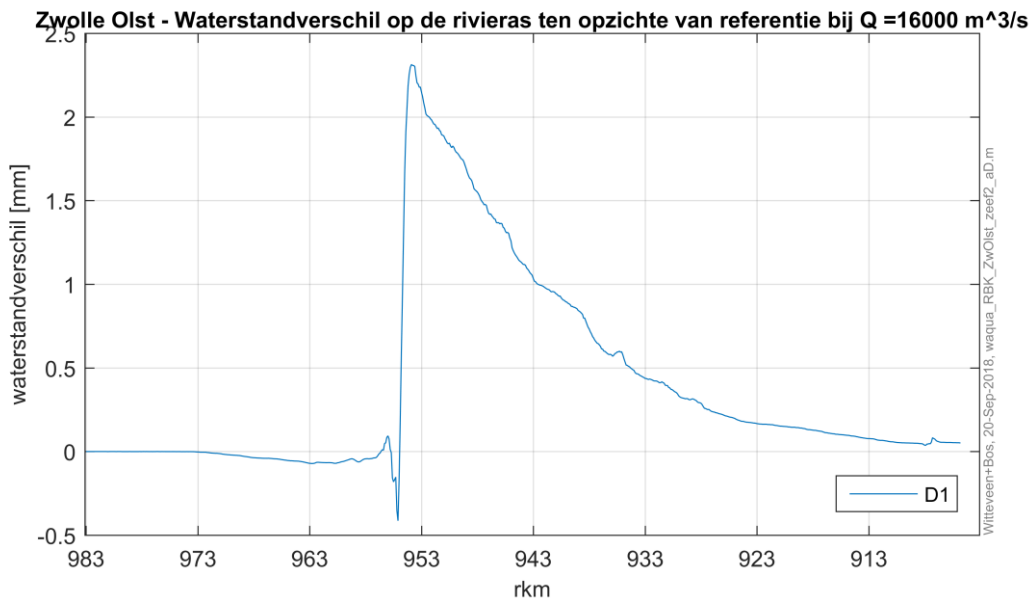


Waterstandsverschil op de rivieras

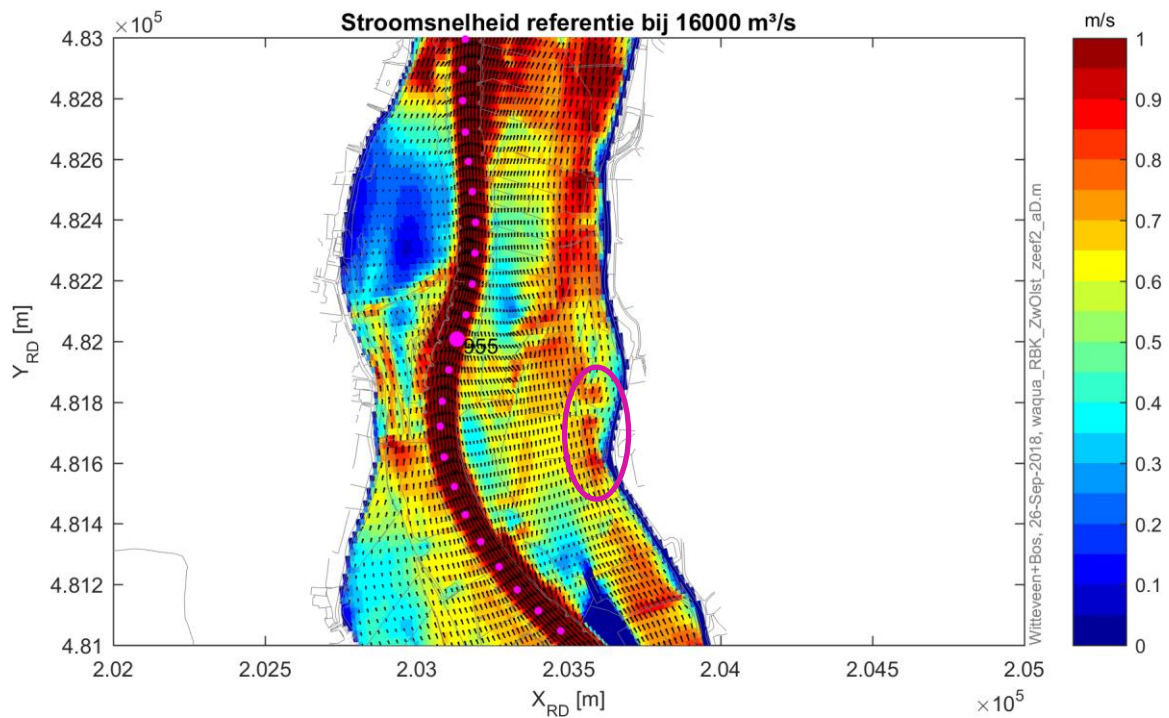
Afbeelding 5.2 toont het verschil in waterstanden op de rivieras voor een Maatgevend Hoogwater ($Q_{br} = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$) van de aangepaste dijkligging voor dijk alternatief D op deeltrajecten 1.2 en 2 ten opzichte van de referentie situatie. De maximale stijging van de waterstand bedraagt 2,3 mm bij rkm 954, de maximale daling van de waterstand bedraagt minder dan 0,5 mm (bij rkm 954,5). Hoewel de ingreep relatief ver van de rivier ligt is het effect toch groot. Dit komt omdat de stroomsnelheden langs de dijk in de huidige situatie hoog zijn, namelijk circa 0,8 m/s (zie afbeelding 5.3). Ook is de waterdiepte groot vanwege het geultje langs de dijk. Door de rivierwaartse as-verschuiving van de dijk wordt het doorstromend oppervlak kleiner. Vanwege de hoge stroomsnelheden ter plaatse leidt dit tot een opstuwing van de waterstand in de rivier in de bovenstroomse richting. In bovenstroomse richting neemt de stijging van de waterstand in de rivier langzaam af en is niet meer waarneembaar boven rkm 913.

Voor de beoordeling van de maatgevende waterstand stelt het RBK dat een ingreep niet mag leiden tot opstuwing op de rivieras. Alternatief D voldoet op deze deeltrajecten niet aan die eis en scoort sterk negatief (-) voor het aspect hoogwaterveiligheid.

Afbeelding 5.2 Waterstandverschil op de rivieras van de as-verschuiving voor alternatief D ter hoogte van deeltrajecten 1.2 en 2 ten opzichte van de referentie bij een debiet van $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$



Afbeelding 5.3 Stroomsnelheid in de referentie situatie in het 2D vlak ter hoogte van deeltrajecten 1.2 en 2 bij een debiet van 16.000 m³/s



Dwarsstroming op de bakenlijn

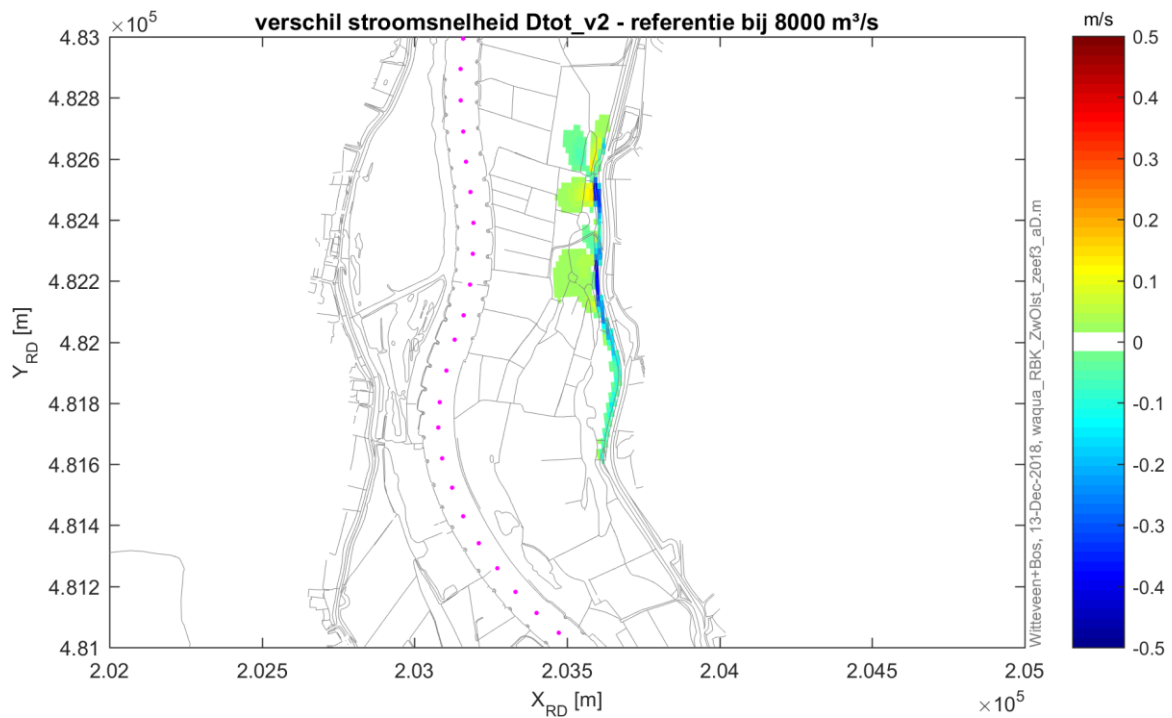
Een mogelijk effect van een rivierwaartse as-verschuiving is een toename van de dwarsstroomsnelheden ter plaatse van de bakenlijn (denkbeeldige lijn over de kribkoppen), waardoor een situatie kan ontstaan die onveilig is voor de scheepvaart. De stroming langs de dijk kan door de rivierwaartse as-verschuiving meer richting het zomerbed worden geduwd en hier lokaal de dwarsstroming verhogen. Dit speelt met name op locaties waar de rivierwaartse as-verschuiving dichtbij het zomerbed gelegen is, gezien dat op deze deeltrajecten niet het geval is worden er geen toename van de dwarsstroomsnelheden voorzien die onveilige situaties op kunnen leveren voor scheepvaart.

Erosie en sedimentatie van het zomerbed

Een ingreep kan ook leiden tot erosie of sedimentatie van het zomerbed. Door erosie kunnen constructies ondermijnd worden en sedimentatie kan leiden tot overlast voor de scheepvaart. Vanwege versmalling van de rivier door dijkverlegging kunnen de stroomsnelheden in het zomerbed toenemen waardoor de bodemligging afneemt (erosie).

Afbeelding 5.4 toont het verschil in stroomsnelheid tussen alternatief D op deeltrajecten 1.2 en 2 en de referentiesituatie bij een Boven-Rijnafvoer van 8.000 m³/s. In het zomerbed wordt geen verschil in stroomsnelheden waargenomen. Op basis van deze bevindingen verwachten we verwaarloosbare effecten op de erosie en sedimentatie van het zomerbed op deeltrajecten 1.2 en 2. Volgens het beoordelingskader geldt dat een ongewijzigde bodemligging neutraal (0) kan worden beoordeeld.

Afbeelding 5.4 Verschil in stroomsnelheid voor alternatief D ter hoogte van deeltrajecten 1.2 en 2 ten opzichte van de referentie bij een debiet van 8.000 m³/s



Overzicht deeltraject 1.2

Tabel 5.1 toont een overzicht van de effecten van een rivierwaartse as-verschuiving op deeltrajecten 1.2 en 2 voor de aspecten hoogwaterveiligheid, schade en hinder en morfologie.

Tabel 5.1 Overzicht effecten deeltraject 1.2 en 2

Aspect	Criteria	A	B	C	D	E
hoogwaterveiligheid	waterstandsverschil op de rivieras	0	0	0	-	0
schade en hinder	dwaarsstroming op de bakenlijn	0	0	0	0	0
morfologie	erosie en sedimentatie van het zomerbed	0	0	0	0	0

Op deze deeltrajecten scoort alternatief D sterk negatief op het aspect hoogwaterveiligheid en neutraal op de aspecten schade en hinder en morfologie. Wat betreft het aspect hoogwaterveiligheid wordt in hoofdstuk 6 een voorstel gedaan voor mitigerende maatregelen.

5.3 Deeltraject 2 Olst-Zuid

De rivierwaartse as-verschuiving van kansrijk alternatief D op dit deeltraject is besproken in sectie 5.2. De as-verschuiving leidt met name tot opstuwning op de rivieras op deeltraject 1.2, op deeltraject 2 zijn de effecten kleiner (afbeelding 5.40).

5.4 Deeltraject 3 Olst-Dorp

Voor dit deeltraject zijn voor alternatief D geen rivierwaartse as-verschuivingen voorzien.

5.5 Deeltraject 4 Olst-Noord

Voor dit deeltraject zijn voor alternatief D geen rivierwaartse as-verschuivingen voorzien.

5.6 Deeltraject 5.1 Den Nul-Zuid

Voor dit deeltraject zijn voor alternatief D geen rivierwaartse as-verschuivingen voorzien.

5.7 Deeltraject 5.2 Den Nul-Midden

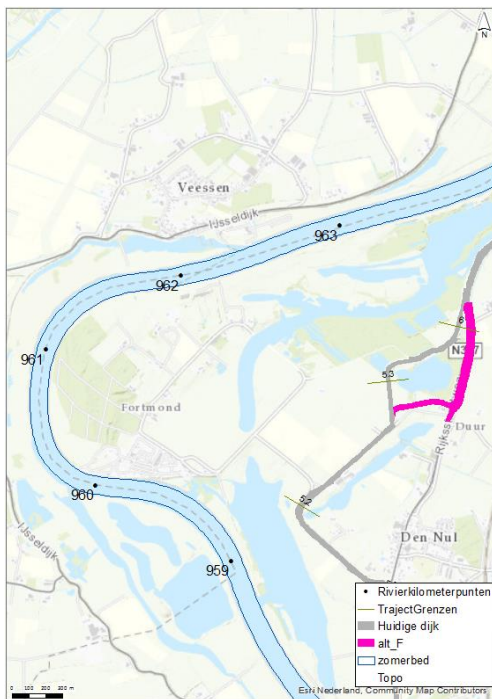
Voor dit deeltraject zijn voor alternatief D geen rivierwaartse as-verschuivingen voorzien.

5.8 Deeltraject 5.3 Den Nul-Noord

Voor dit deeltraject zijn voor alternatief D geen rivierwaartse as-verschuivingen voorzien.

Voor dijkalternatief F wordt er op deeltraject 5.3 een dijkteruglegging voorzien (Afbeelding 5.5). Ter hoogte van de dijkteruglegging varieert de afstand tussen de huidige dijk en het zomerbed tussen de 600 m en 2.000 m. Het gebied tussen de dijk en het zomerbed wordt gekenmerkt door akkerland, bos, geulen en plassen. In bijlage V en bijlage VI worden respectievelijk de Baseline bodemschematisatie en schematisatie van de vegetatieruwheden van de referentie getoond.

Afbeelding 5.5 Dijkteruglegging op deeltraject 5.3



Waterstandsverschil op de rivieras bij MHW

De verlegging van de dijk zorgt voor een relatief kleine toename van het doorstromend oppervlak van de rivier. Gezien de relatief beperkte toename van het doorstromend oppervlak van de rivier wordt er een beperkt effect op de extreme waterstand verwacht (minder dan 1 mm). Daarom wordt alternatief F op het aspect hoogwaterveiligheid voor dit deeltraject als positief (+) beoordeeld.

Dwarsstroming op de bakenlijn

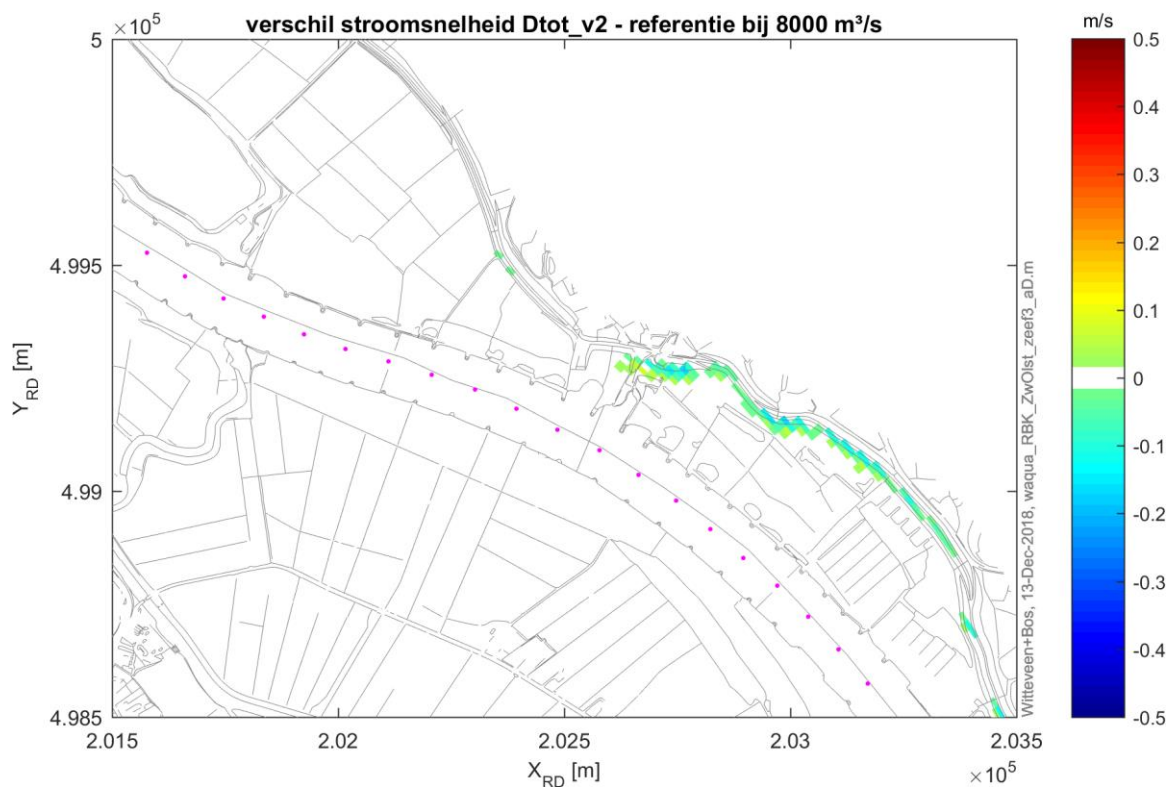
Een mogelijk effect van de dijkteruglegging is een afname van de dwarsstroomsnelheden ter hoogte van de instroom van de gecreëerde uiterwaard zodra deze gaat meestromen. De stroming wordt op deze locatie dan niet meer richting het zomerbed geduwd maar stroomt dan door de nieuwe uiterwaard.

Benedenstrooms van de dijkteruglegging kan echter een toename van de dwarsstroomsnelheden ontstaan vanwege de grotere toevoer van water dat uit de nieuwe uiterwaard weer het zomerbed instroomt. Dit speelt met name op locaties waar de afstand tot het zomerbed klein is. Aangezien dat dit op dit deeltraject niet het geval is, wordt er geen toename van de dwarsstroomsnelheden voorzien die onveilige situaties op kunnen leveren voor scheepvaart.

Erosie en sedimentatie van het zomerbed

Een ingreep kan ook leiden tot erosie of sedimentatie van het zomerbed. Door erosie kunnen constructies ondermijnd worden en sedimentatie kan leiden tot overlast voor de scheepsvaart. Vanwege verbreding van de rivier door een dijkverlegging kunnen de stroomsnelheden in het zomerbed afnemen waardoor de bodemligging toeneemt (sedimentatie). Gezien de afstand tussen het zomerbed en de dijk wordt er geen wijziging van de bodemligging in het zomerbed verwacht. Afbeelding 5.6 toont het verschil in stroomsnelheid tussen alternatief D op deeltraject 5.3 en de referentie situatie bij een Boven-Rijnafvoer van 8.000 m³/s. In het zomerbed wordt geen verschil in stroomsnelheid waargenomen. Op basis van deze bevindingen verwachten we dat er geen erosie op zal treden in het zomerbed. Volgens het beoordelingskader geldt dat een ongewijzigde bodemligging neutraal (0) kan worden beoordeeld.

Afbeelding 5.6 Verschil in stroomsnelheid in het 2D vlak voor alternatief D ter hoogte van deeltraject 5.3 ten opzichte van de referentie bij een debiet van 8.000 m³/s



Overzicht deeltraject 5.3

Tabel 5.2 Overzicht effecten deeltraject 5.3

Aspect	Criteria	A	B	C	D	E	F
hoogwaterveiligheid	waterstandsverschil op de rivieras	0	0	0	0	0	+
schade en hinder	dwaarsstroming op de bakelijns	0	0	0	0	0	0
morfologie	erosie en sedimentatie van het zomerbed	0	0	0	0	0	0

Op dit deeltraject scoort alternatief F positief voor het aspect hoogwaterveiligheid en neutraal op zowel het aspect schade en hinder als het aspect morfologie. Gezien de positieve/neutrale beoordeling wordt er geen aanbeveling gedaan wat betreft mitigerende maatregelen.

5.9 Deeltraject 6 Duursche Waarden

Voor dit deeltraject zijn voor alternatief D geen rivierwaartse as-verschuivingen voorzien.

5.10 Deeltraject 7.1 Wijhe-Zuid

Voor dit deeltraject zijn voor alternatief D geen rivierwaartse as-verschuivingen voorzien.

5.11 Deeltraject 7.2 Wijhe-Dorp

Voor dit deeltraject zijn voor alternatief D geen rivierwaartse as-verschuivingen voorzien.

5.12 Deeltraject 8 Wijhe-Noord

Voor dit deeltraject zijn voor alternatief D geen rivierwaartse as-verschuivingen voorzien.

5.13 Deeltraject 9 Paddenpol-Herxen

Op deeltraject 9 worden zowel een rivierwaartse as-verschuiving (alternatief D) als een dijkteruglegging beschouwd (alternatief F). In bijlage V en bijlage VI worden respectievelijk de Baseline bodemschematisatie en de schematisatie van de vegetatieruwheden van de referentie getoond.

5.13.1 Alternatief D

Voor alternatief D wordt op een deel van deeltraject 9 en deeltraject 10.1 een rivierwaartse as-verschuiving voorzien (afbeelding 5.7). Ter hoogte van de as-verschuiving varieert de afstand tussen het zomerbed en de dijk tussen de 90 en 300 m. Het gebied tussen de dijk wordt gekenmerkt door grasland en ruigte met een aantal plassen en geultjes.

Afbeelding 5.7 Rivierwaartse as-verschuiving op deeltrajecten 9-10.1

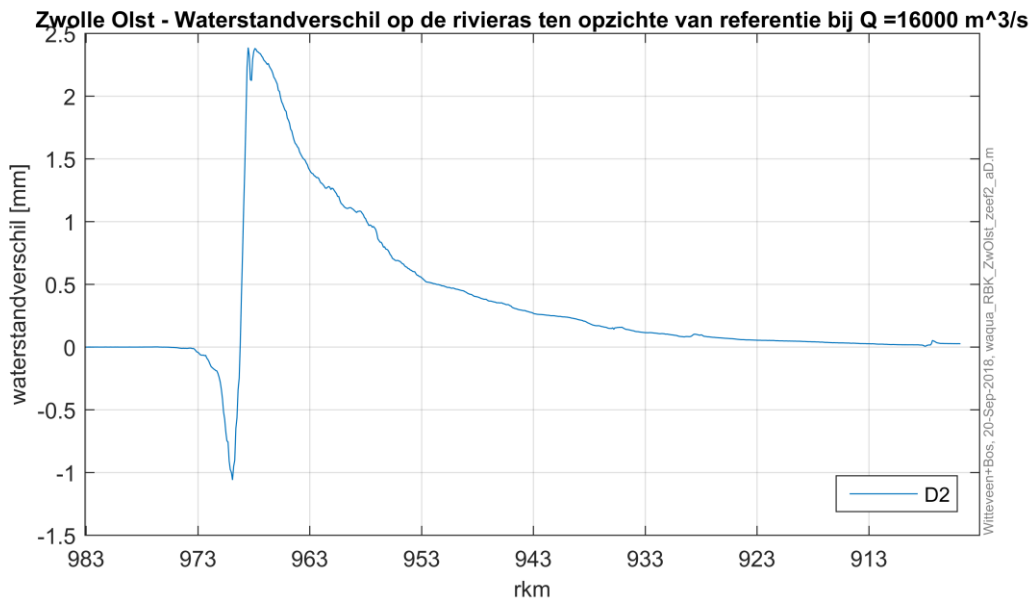


Waterstandsverschil op de rivieras

Afbeelding 5.9 toont het verschil in waterstanden op de rivieras voor een Maatgevend Hoogwater ($Q_{br} = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$) van de aangepaste dijkkligging voor dijk alternatief D op deeltrajecten 9 en 10.1 ten opzichte van de referentie situatie. De maximale stijging van de waterstand bedraagt 2,4 mm bij rkm 968,5, de maximale daling van de waterstand bedraagt iets meer dan 1 mm (bij rkm 969,5). De daling wordt veroorzaakt door de versnelde stroming waar het doorstromend oppervlakte kleiner is. Het doorstroomprofiel, met name ter hoogte van rkm 968,5, is krap in de huidige situatie waardoor er sprake is van een hydraulisch knelpunt (verwijzing naar beschrijving referentie). De rivierwaartse as-verschuiving zorgt voor een verdere afname van het doorstromend oppervlak met als gevolg opstuwing op de rivieras. In bovenstroomse richting neemt de stijging van de waterstand in de rivier langzaam af en is niet meer waarneembaar boven rkm 913.

Voor de beoordeling van de maatgevende waterstand stelt het RBK dat een ingreep niet mag leiden tot opstuwing op de rivieras. Alternatief D voldoet op deze deeltrajecten niet aan die eis en scoort sterk negatief (--) voor het aspect hoogwaterveiligheid.

Afbeelding 5.8 Waterstandverschil op de rivieras van de as-verschuiving voor alternatief D ter hoogte van deeltrajecten 9 en 10.1 ten opzichte van de referentie bij een debiet van 16.000 m³/s



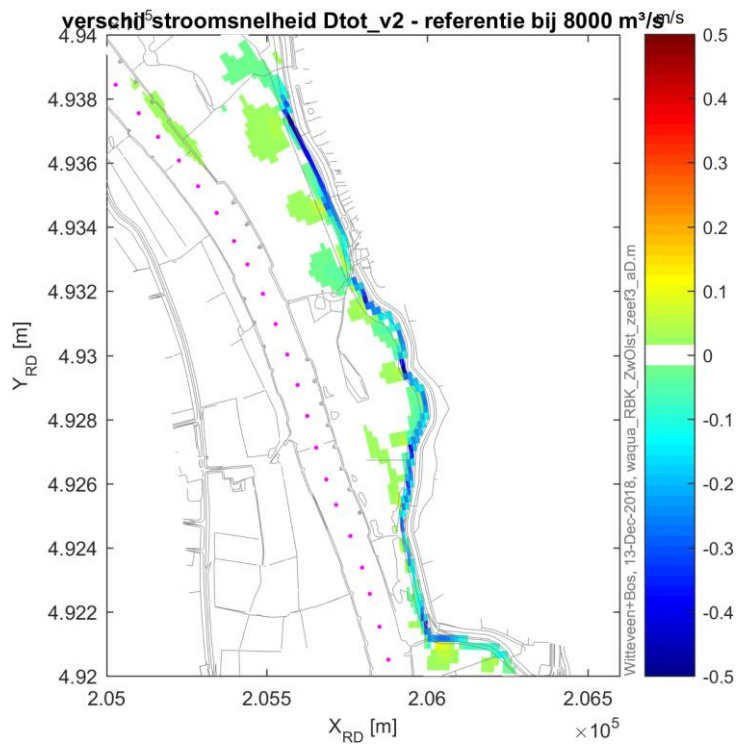
Dwarsstroming op de bakenlijn

Een mogelijk effect van een rivierwaartse as-verschuiving is een toename van de dwarsstroomsnelheden ter plaatse van de bakenlijn. De stroming langs de dijk kan door de verlegging meer richting het zomerbed worden gedruwd en hier lokaal de dwarsstroming verhogen. Dit speelt met name op locaties waar de rivierwaartse as-verschuiving dichtbij het zomerbed gelegen is, in dit geval ter hoogte van rkm 968,5. De verwachting is dat de dwarsstroomsnelheden ter hoogte van rkm 968,5, zullen toenemen.

Erosie en sedimentatie van het zomerbed

Een ingreep kan ook leiden tot erosie of sedimentatie van het zomerbed. Door erosie kunnen constructies ondermijnd worden en sedimentatie kan leiden tot overlast voor de scheepsvaart. Vanwege versmalling van de rivier door dijkverlegging kunnen de stroomsnelheden in het zomerbed toenemen waardoor de bodemligging afneemt (erosie). Afbeelding 5.9 toont het verschil in stroomsnelheid tussen alternatief D op deeltrajecten 9 en 10.1 en de referentie situatie bij een Boven-Rijnafvoer van 8.000 m³/s. In het zomerbed wordt een kleine toename in stroomsnelheden waargenomen (+, maximaal 0,02 m/s), op basis van deze bevindingen verwachten we dat de erosie in het zomerbed verwaarloosbaar zal zijn. Volgens het beoordelingskader kan een ongewijzigde bodemligging van het zomerbed als neutraal (0) worden beoordeeld.

Afbeelding 5.9 Verschil in stroomsnelheid voor alternatief D ter hoogte van deeltrajecten 9 en 10.1 ten opzichte van de referentie ' bij een debiet van 8.000 m³/s



5.13.2 Alternatief F

Voor dijkalternatief F wordt op een deel van deeltraject 9 een dijkteruglegging voorzien (afbeelding 5.10). In sectie 3.1.1 is deeltraject 9 als een hydraulisch knelpunt geïdentificeerd. Ter hoogte van de dijkteruglegging is de afstand tussen de dijk en het zomerbed slechts 90 m. De dijkteruglegging zorgt voor een verruiming tot 320 m van het gebied tussen de dijk en het zomerbed.

Afbeelding 5.10 Dijkteruglegging op deeltrajecten 9



Waterstandsverschil op de rivieras bij MHW

Door de teruglegging van de dijk wordt het doorstromend oppervlakte van de rivier groter waardoor de waterstand afneemt (waterstandsval). De verwachte maximale waterstandsval bedraagt circa 1,5 cm. Alternatief F wordt daarom op deze deeltrajecten als sterk positief (+ +) beoordeeld voor het aspect hoogwaterveiligheid.

Dwarsstroming op de bakelij

Een mogelijk effect van de dijkteruglegging is een afname van de dwarsstroomsnelheden ter hoogte van de instroom van de gecreëerde uiterwaard zodra deze gaat meestromen. De stroming wordt op deze locatie dan niet meer richting het zomerbed geduwd maar stroomt dan door de nieuwe uiterwaard. Benedenstrooms van de dijkteruglegging kan echter een toename van de dwarsstroomsnelheden ontstaan vanwege de grotere toevoer van water dat uit de nieuwe uiterwaard weer het zomerbed instroomt.

De dwarsstroming op de bakelij kan ter hoogte van de instroomlocatie afnemen, en ter hoogte van de uitstroom locatie toenemen. Gezien er zowel positieve als negatieve effecten op kunnen treden wordt de dwarsstroming op de bakelij neutraal (0) beoordeeld.

Erosie en sedimentatie van het zomerbed

Zodra de nieuw gecreëerde uiterwaard meestroomt, wordt er water aan het zomerbed onttrokken en kunnen de stroomsnelheden in het zomerbed afnemen. Dit heeft een verhoging van de bodemligging (sedimentatie) tot gevolg. Deze kan door middel van een kade worden gemitigeerd. Daarom wordt dit aspect negatief (-) beoordeeld.

5.13.3 Overzicht deeltraject 9

Tabel 5.3 toont een overzicht van de effecten van een rivierwaartse as-verschuiving op deeltrajecten 9 en 10.1 voor de aspecten hoogwaterveiligheid, schade en hinder en morfologie.

Tabel 5.3 Overzicht effecten deeltraject 9 en 10.1

Aspect	Criteria	A	B	C	D	E	F
hoogwaterveiligheid	waterstandsverschil op de rivieras	0	0	0	--	0	++
schade en hinder	dwarsstroming op de bakelij	0	0	0	-	0	0
morfologie	erosie en sedimentatie van het zomerbed	0	0	0	0	0	-

Op deze deeltrajecten scoort alternatief D sterk negatief op het aspect hoogwaterwaterveiligheid, negatief op het aspect schade en hinder en positief op het aspect morfologie. Wat betreft het aspect hoogwaterveiligheid wordt in hoofdstuk 6 een voorstel gedaan voor mitigerende maatregelen.

Op deeltraject 9 scoort alternatief F sterk positief op het aspect hoogwaterveiligheid, neutraal op het aspect schade en hinder en negatief op het aspect morfologie. Er wordt geen voorstel gedaan voor mitigerende maatregelen.

5.14 Deeltraject 10.1 Herxen-Dorp

De rivierwaartse as-verschuiving van kansrijk alternatief D op dit deeltraject is besproken in sectie 5.13. De as-verschuiving leidt met name tot opstuwing op de rivieras op deeltraject 9, op deeltraject 10.1 zijn de effecten minder sterk (afbeelding 5.39).

5.15 Deeltraject 10.2 Herxen-Tichelgaten

Voor alternatief D wordt op deeltraject 10.2 een rivierwaartse as-verschuiving van ongeveer 7 m voorzien (afbeelding 5.11). Ter hoogte van de as-verschuiving varieert de afstand tussen het zomerbed en de dijk tussen de 40 en 70 m. Het gebied tussen de dijk wordt gekenmerkt door grasland met enkele ruigtes. In bijlage V en bijlage VI worden respectievelijk de bodemschematisatie van de referentie en de vegetatieruwheden getoond.

Afbeelding 5.11 Rivierwaartse as-verschuiving op deeltraject 10.2

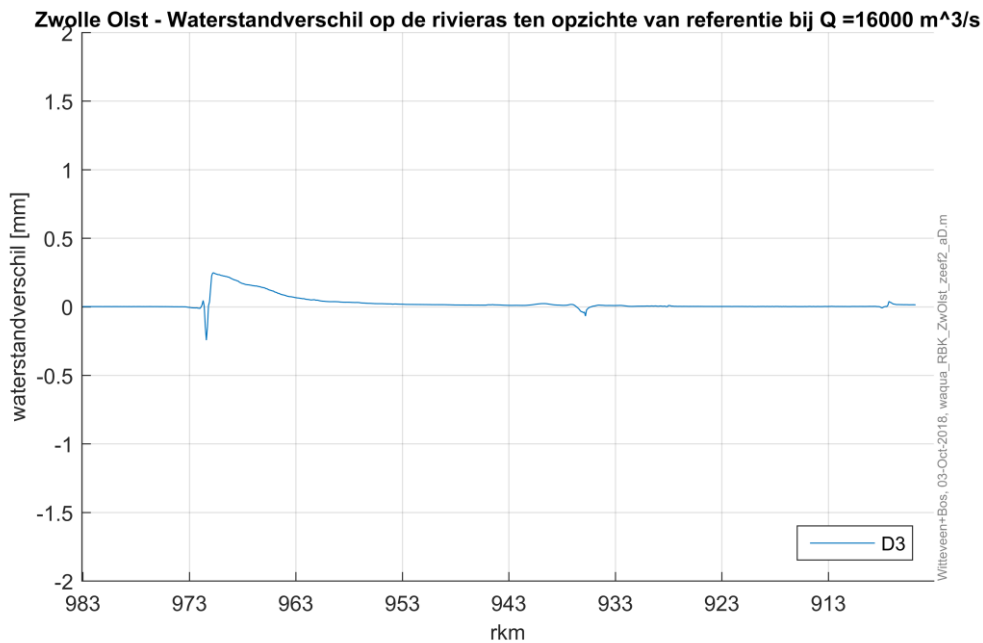


Waterstandsverschil op de rivieras

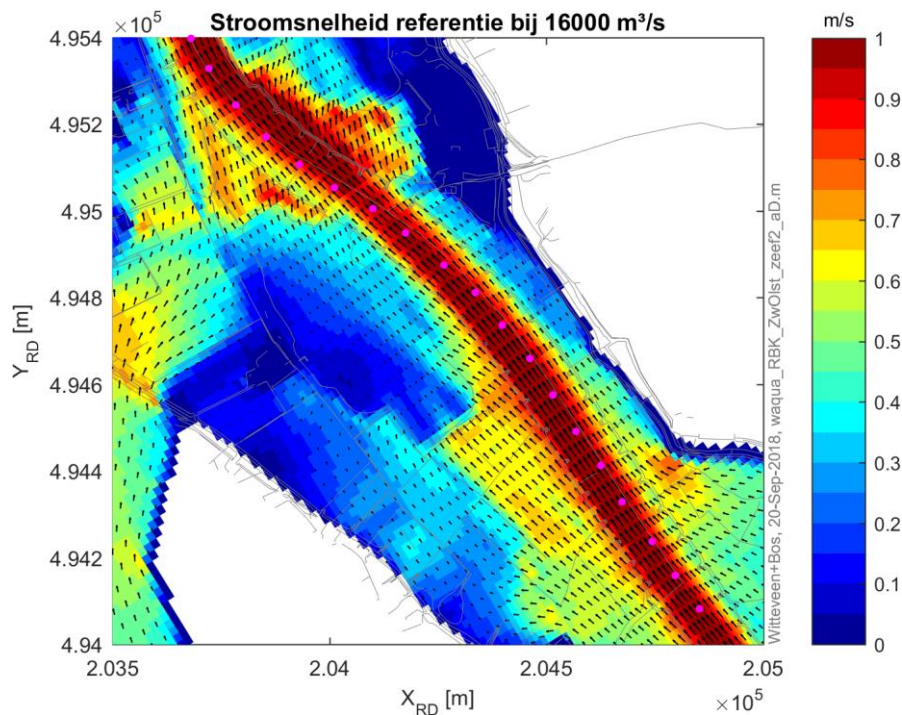
Afbeelding 5.12 toont het verschil in waterstanden op de rivieras voor een Maatgevend Hoogwater ($Q_{br} = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$) van de aangepaste dijkligging voor dijk alternatief D op deeltraject 10.2 ten opzichte van de referentie situatie. Het doorstroomoppervlak op dit deeltraject is niet heel ruim in de huidige situatie, de rivierwaartse as-verschuiving zorgt voor een afname van het doorstromend oppervlak. De maximale stijging van de waterstand bedraagt 0,25 mm (bij rkm 971), de maximale daling van de waterstand bedraagt iets minder dan 0,25 mm (bij rkm 971,5). Ondanks de redelijk krappe buitendijkse ruimte is de opstuwing gering, dit kan verklaart worden aan de hand van de stroombeelden, deze wordt getoond in afbeelding 5.13. De stroombeelden laten zien dat er zelfs voor een Maatgevend Hoogwater beperkte stroming is langs de dijk, een rivierwaartse as-verschuiving op deze locatie heeft dus weinig effect op het stroombeeld.

Volgens het RBK mag een ingreep niet leiden tot opstuwing op de rivieras. Alternatief D voldoet, met een opstuwing van 0,25 mm op dit deeltraject, niet aan de eis en scoort negatief (-) voor het aspect hoogwaterveiligheid.

Afbeelding 5.12 Waterstandverschil op de rivieras van de as-verschuiving voor alternatief D ter hoogte van deeltraject 10.2 ten opzichte van de referentie bij een debiet van 16.000 m³/s



Afbeelding 5.13 Stroomsnelheid in de referentie situatie in het 2D vlak ter hoogte van deeltraject 10.2 bij een debiet van 16.000 m³/s



Dwarsstroming op de bakenlijn

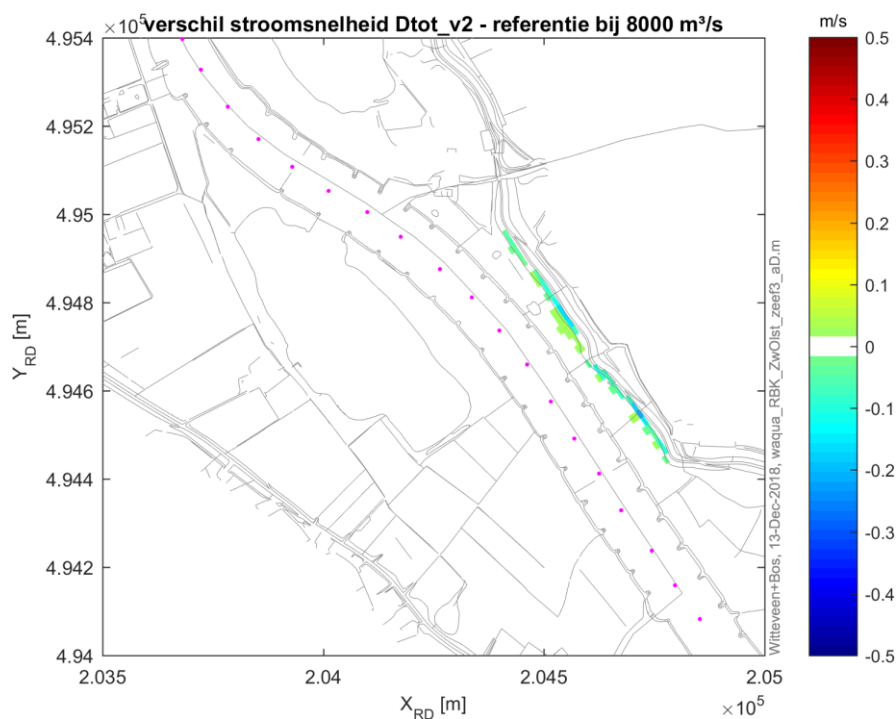
Een mogelijk effect van een rivierwaartse as-verschuiving is een toename van de dwarsstroomsnelheden ter plaatse van de bakenlijn. De stroming langs de dijk kan door de verlegging van de dijk meer richting het zomerbed worden geduwd en hier lokaal de dwarsstroming verhogen. Gezien de geringe opstuwning op de

rivieras wordt aangenomen dat toename van de dwarsstroming op de bakelijijn op dit traject verwaarloosbaar is.

Erosie en sedimentatie van het zomerbed

Een ingreep kan ook leiden tot erosie of sedimentatie van het zomerbed. Door erosie kunnen constructies ondermijnd worden en sedimentatie kan leiden tot overlast voor de scheepsvaart. Vanwege versmalling van de rivier door dijkverlegging kunnen de stroomsnelheden in het zomerbed toenemen waardoor de bodemligging afneemt (erosie). Afbeelding 5.14 toont het verschil in stroomsnelheid tussen alternatief D op deeltraject 10.2 en de referentie situatie bij een Boven-Rijnafvoer van 8.000 m³/s. In het zomerbed wordt geen verschil in stroomsnelheid waargenomen. Op basis van deze bevindingen verwachten we dat er geen erosie op zal treden in het zomerbed. Volgens het beoordelingskader geldt dat een ongewijzigde bodemligging neutraal (0) kan worden beoordeeld.

Afbeelding 5.14 Verschil in stroomsnelheid in het 2D vlak voor alternatief D ter hoogte van deeltraject 10.2 ten opzichte van de referentie bij een debiet van 8.000 m³/s



Overzicht deeltraject 10.2

Tabel 5.4 toont een overzicht van de effecten van een rivierwaartse as-verschuiving op deeltrajecten 9 en 10.1 voor de aspecten hoogwaterveiligheid, schade en hinder en morfologie.

Tabel 5.4 Overzicht effecten deeltraject 10.2

Aspect	Criteria	A	B	C	D	E
hoogwaterveiligheid	waterstandsverschil op de rivieras	0	0	0	-	0
schade en hinder	dwarsstroming op de bakelijijn	0	0	0	0	0
morfologie	erosie en sedimentatie van het zomerbed	0	0	0	0	0

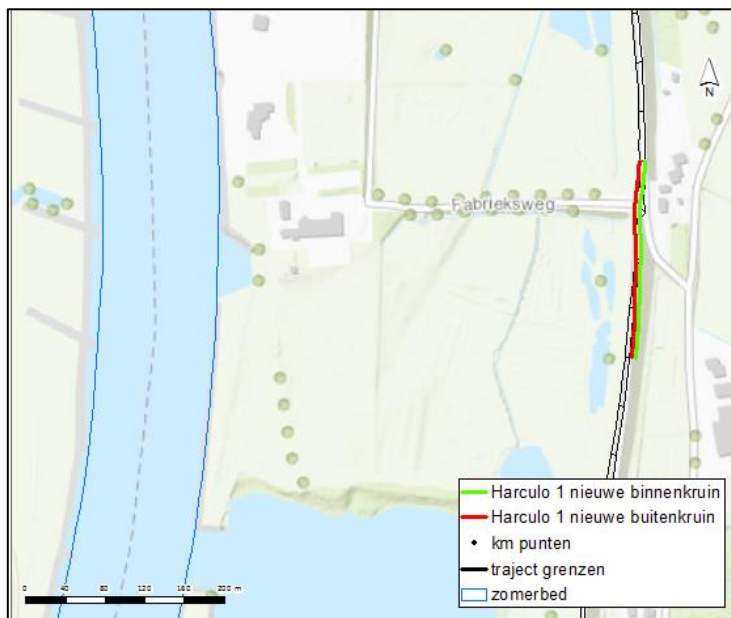
Op dit deeltraject scoort alternatief D negatief op het aspect hoogwaterveiligheid en neutraal op de aspecten schade en hinder en morfologie. Gezien de relatief geringe opstuwing op de rivieras zullen er voor dit deeltraject geen mitigerende maatregelen worden voorgesteld.

5.16 Deeltraject 11 Windesheim-Noord en Harculo

Voor alternatief D wordt op deeltraject 11 een rivierwaartse as-verschuiving van enkele meters voorzien (afbeelding 5.15). Ter hoogte van de as-verschuiving is de afstand tussen het zomerbed en de dijk ongeveer 400 m. Het gebied tussen de dijk en het zomerbed wordt gekenmerkt door met name gras en akker, met enkele plassen. In bijlage V en bijlage VI worden respectievelijk de Baseline bodemschematisatie en de vegetatieruwheden getoond van de referentie.

Gezien de geringe as-verschuiving en de ruimte tussen de dijk en het zomerbed is het effect van de as-verschuiving niet berekend middels het Waqua model. Het effect van de as-verschuiving zal daarom kwalitatief besproken worden.

Afbeelding 5.15 Rivierwaartse as-verschuiving op deeltraject 11



Waterstandsverschil op de rivieras

Als gevolg van een buitendijkse as-verschuiving wordt de doorstromend oppervlakte van de rivier kleiner waardoor bij een hoogwater de waterstand toeneemt (opstuwing). Aangezien de afstand tussen de dijk en het zomerbed 400 m is, leidt de buitendijkse as-verschuiving van slechts enkele meters tot een relatief kleine afname van het doorstromend oppervlak van de rivier. Daarnaast is de stroomsnelheid langs de dijk beperkt. Daarom wordt er een verwaarloosbaar effect op de extreme waterstand verwacht en wordt alternatief D op het aspect hoogwaterveiligheid voor dit deeltraject als neutraal (0) beoordeeld.

Dwarsstroming op de bakenlijn

Een mogelijk effect van een rivierwaartse as-verschuiving is een toename van de dwarsstroomsnelheden ter plaatse van de bakenlijn. De stroming langs de dijk kan door de verlegging van de dijk meer richting het zomerbed worden geduwd en hier lokaal de dwarsstroming verhogen. Gezien de geringe opstuwing op de rivieras wordt aangenomen dat toename van de dwarsstroming op de bakenlijn op dit traject verwaarloosbaar is.

Erosie en sedimentatie van het zomerbed

Een ingreep kan ook leiden tot erosie of sedimentatie van het zomerbed. Door erosie kunnen constructies ondermijnd worden en sedimentatie kan leiden tot overlast voor de scheepsvaart. Vanwege versmalling van de rivier door een rivierwaartse as-verschuiving kunnen de stroomsnelheden in het zomerbed toenemen waardoor de bodemligging afneemt (erosie). Gezien de afstand tussen het zomerbed en de dijk wordt er geen wijziging van de bodemligging in het zomerbed verwacht.

Overzicht deeltraject 11

Tabel 5.5 toont een overzicht van de effecten van een rivierwaartse as-verschuiving op deeltrajecten 9 en 10.1 voor de aspecten hoogwaterveiligheid, schade en hinder en morfologie.

Tabel 5.5 Overzicht effecten deeltraject 11

Aspect	Criteria	A	B	C	D	E
hoogwaterveiligheid	waterstandsverschil op de rivieras	0	0	0	0	0
schade en hinder	dwardsstroming op de bakelijns	0	0	0	0	0
morfologie	erosie en sedimentatie van het zomerbed	0	0	0	0	0

Op dit deeltraject scoort alternatief D neutral op zowel het aspect hoogwaterveiligheid als op de aspecten schade en hinder en morfologie.

5.17 Deeltraject 12.1 Centrale Harculo-Zuid

Voor dit deeltraject zijn voor alternatief D geen rivierwaartse as-verschuivingen voorzien.

5.18 Deeltraject 12.1 Centrale Harculo-Midden

Voor dit deeltraject zijn voor alternatief D geen rivierwaartse as-verschuivingen voorzien.

5.19 Deeltraject 12.1 Centrale Harculo-Noord

Voor dit deeltraject zijn voor alternatief D geen rivierwaartse as-verschuivingen voorzien.

5.20 Deeltraject 13.1 Schellerdijk

Voor alternatief D wordt op deeltraject 13.1 een rivierwaartse as-verschuiving van tussen de 2 m en 4 m voorzien (afbeelding 5.16). Ter hoogte van de as-verschuiving varieert de afstand tussen het zomerbed en de dijk tussen de 100 en 260 m. Het gebied tussen de dijk wordt gekenmerkt door grasland met enkele ruigtes en plassen. In bijlage V en bijlage VI worden respectievelijk de Baseline bodemschematisatie en de vegetatieruwheden getoond van de referentie.

Afbeelding 5.16 Rivierwaartse as-verschuiving op deeltraject 13.1

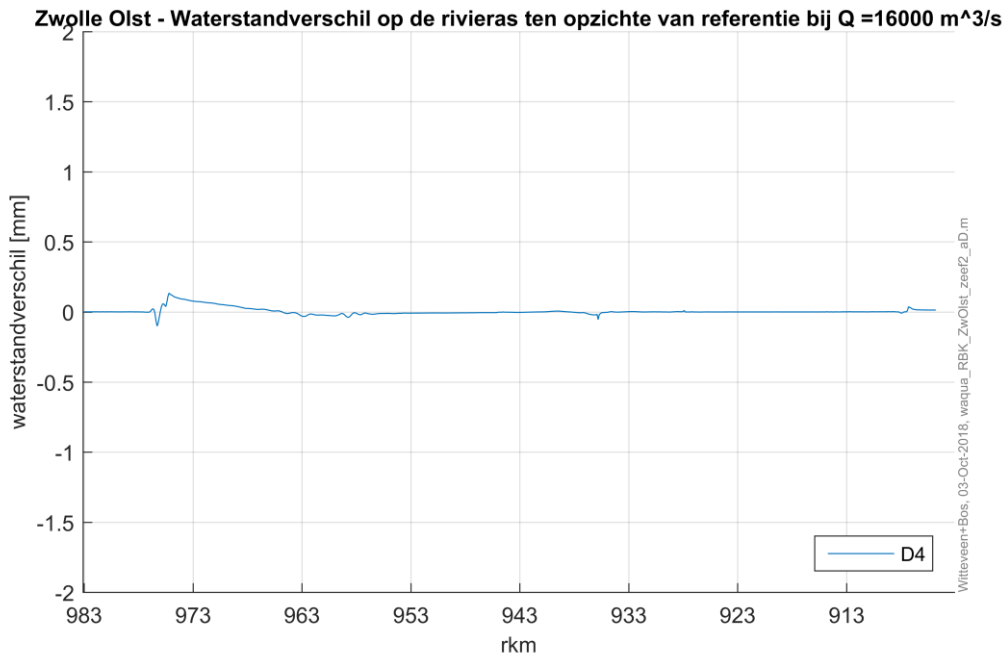


Waterstandsverschil op de rivieras

Afbeelding 5.17 toont het verschil in waterstanden op de rivieras voor een Maatgevend Hoogwater ($Q_{br} = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$) van de aangepaste dijkligging voor dijk alternatief D op deeltraject 13.1 ten opzichte van de referentie situatie. De maximale stijging van de waterstand bedraagt 0,13 mm (bij rkm 974,5), de maximale daling van de waterstand bedraagt 0,1 mm (bij rkm 974,9). De buitendijkse ruimte op dit deeltraject is redelijk ruim in de huidige situatie, de rivierwaartse as-verschuiving zorgt voor een relatief kleine afname van het doorstromend oppervlak tussen de referentie situatie en de aangepaste dijkligging voor dijk alternatief D op deeltraject 13.1.

Volgens het beoordelingskader mag een ingreep niet leiden tot opstuwung op de rivieras. Alternatief D voldoet, met een opstuwung van 0,13 mm op dit deeltraject, niet aan de eis en scoort negatief (-) voor het aspect hoogwaterveiligheid.

Afbeelding 5.17 Waterstandverschil op de rivieras van de as-verschuiving voor alternatief D ter hoogte van deeltraject 13.1 ten opzichte van de referentie bij een debiet van 16.000 m³/s



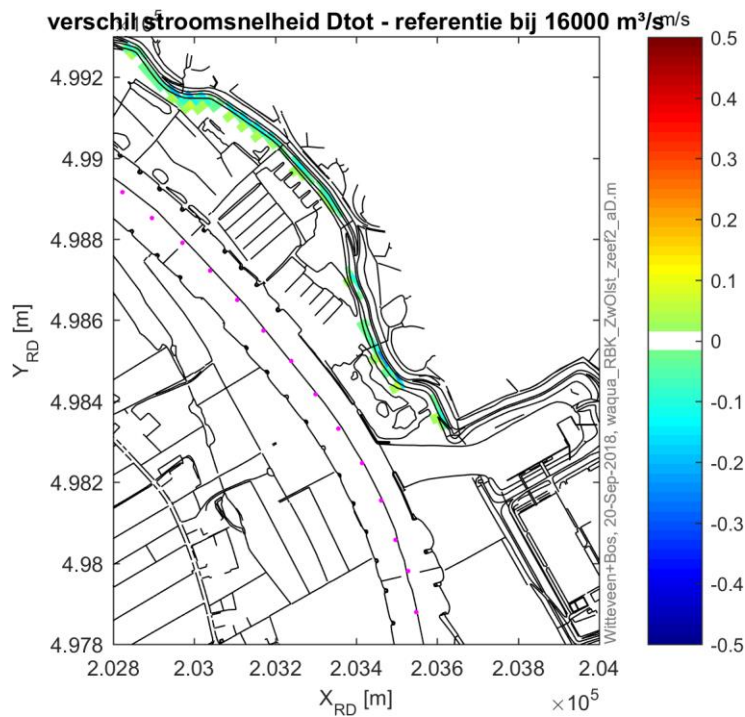
Dwarsstroming op de bakenlijn

Een mogelijk effect van een rivierwaartse as-verschuiving is een toename van de dwarsstroomsnelheden ter plaatse van de bakenlijn. De stroming langs de dijk kan door de verlegging meer richting het zomerbed worden geduwd en hier lokaal de dwarsstroming verhogen. Gezien de geringe opstuwing op de rivieras, van slechts 0,15 mm, wordt aangenomen dat toename van de dwarsstroming op de bakenlijn op dit traject verwaarloosbaar is.

Erosie en sedimentatie van het zomerbed

Een ingreep kan ook leiden tot erosie of sedimentatie van het zomerbed. Door erosie kunnen constructies ondermijnd worden en sedimentatie kan leiden tot overlast voor de scheepsvaart. Vanwege versmalling van de rivier door dijkverlegging kunnen de stroomsnelheden in het zomerbed toenemen waardoor de bodemligging afneemt (erosie). Afbeelding 5.18 toont het verschil in stroomsnelheid tussen alternatief D op deeltraject 13.1 en de referentie situatie bij een Boven-Rijnafvoer van 16.000 m³/s. In het zomerbed wordt geen verschil in stroomsnelheden waargenomen, op basis van deze bevindingen verwachten we verwaarloosbare effecten op het zomerbed door erosie op deeltraject 13.1 Het beoordelingskader stelt dat een ongewijzigde bodemligging neutraal (0) kan worden beoordeeld.

Afbeelding 5.18 Verschil in stroomsnelheid in het 2D vlak voor alternatief D ter hoogte van deeltraject 13.1 ten opzichte van de referentie bij een debiet van 16.000 m³/s



Overzicht deeltraject 13.1

Tabel 5.6 toont een overzicht van de effecten van een rivierwaartse as-verschuiving op deeltraject 13.1 voor de aspecten hoogwaterveiligheid, schade en hinder en morfologie.

Tabel 5.6 Overzicht effecten deeltraject 13.2

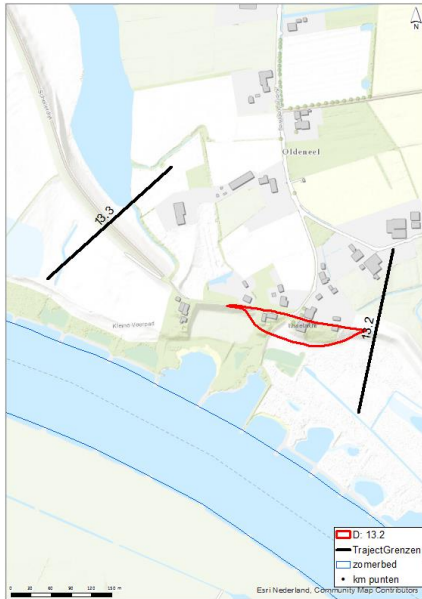
Aspect	Criteria	A	B	C	D	E
hoogwaterveiligheid	waterstandsverschil op de rivieras	0	0	0	-	0
schade en hinder	dwaarsstroming op de bakenlijn	0	0	0	0	0
morfologie	erosie en sedimentatie van het zomerbed	0	0	0	0	0

Op dit deeltraject scoort alternatief D negatief op het aspect hoogwaterveiligheid en neutraal op de aspecten schade en hinder en morfologie. Gezien de relatief geringe opstuwing op de rivieras zullen er voor dit deeltraject geen mitigerende maatregelen worden voorgesteld.

5.21 Deeltraject 13.2 Schellerdijk-Oldeneel

Voor alternatief D wordt op deeltraject 13.2 een rivierwaartse as-verschuiving voorzien van maximaal 40 m (afbeelding 5.19). Ter hoogte van de as-verschuiving varieert de afstand tot het zomerbed en de dijk tussen de 150 en 200 m. Het gebied tussen de dijk en de rivier wordt gekenmerkt door met name gras en akker, met enkele ruigtes en plassen. In bijlage V en bijlage VI worden respectievelijk de Baseline schematisatie van de bodem en de vegetatieruwheden van de referentie getoond.

Afbeelding 5.19 Rivierwaartse as-verschuiving op deeltraject 13.2

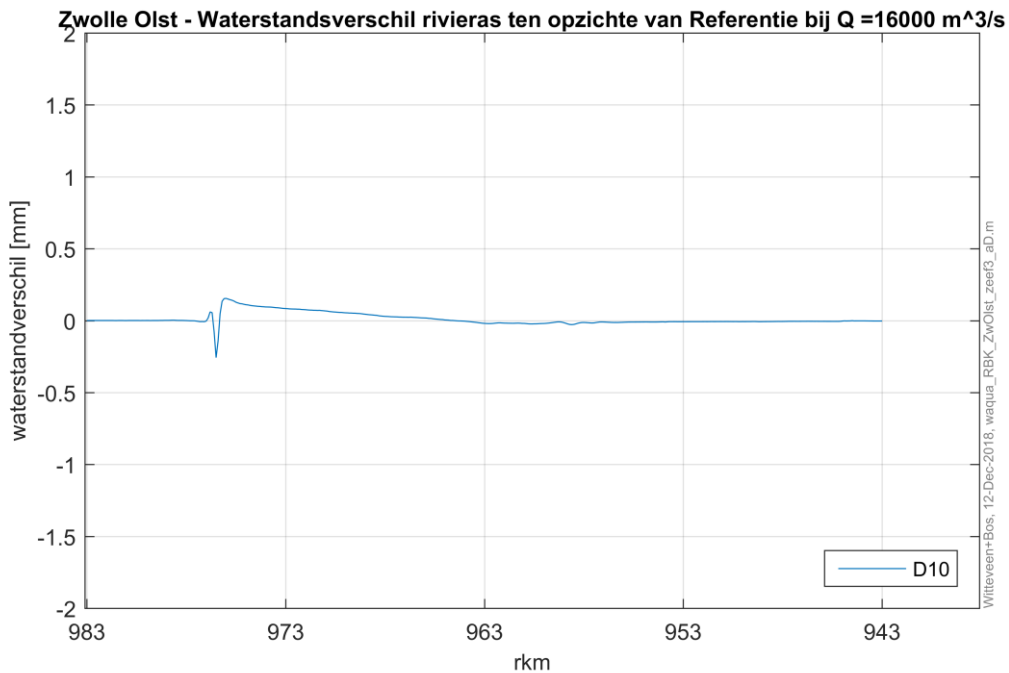


Waterstandsverschil op de rivieras

Afbeelding 5.20 toont het verschil in waterstanden op de rivieras voor een Boven-Rijnafvoer van 16.000 m³/s van de aangepaste dijkligging voor dijk alternatief D deeltraject 13.2. ten opzichte van de referentie situatie. De maximale opstuwing van de waterstand bedraagt 0,15 mm (bij rkm 976,6), de maximale daling van de waterstand bedraagt minder dan 0,25 mm bij rkm 976.6. De opstuwing op de rivieras is niet erg hoog omdat de rivierwaartse as-verschuiving klein is in vergelijking met de afstand tussen het zomerbed en de dijk.

Volgens het beoordelingskader mag een ingreep niet leiden tot opstuwing op de rivieras. Alternatief D voldoet, met een opstuwing van 0,15 mm op dit deeltraject, niet aan de eis en scoort negatief (-) voor het aspect hoogwaterveiligheid.

Afbeelding 5.20 Waterstandverschil op de rivieras van de as-verschuiving voor alternatief D ter hoogte van deeltraject 13.2 ten opzichte van de referentie bij een debiet van 16.000 m³/s



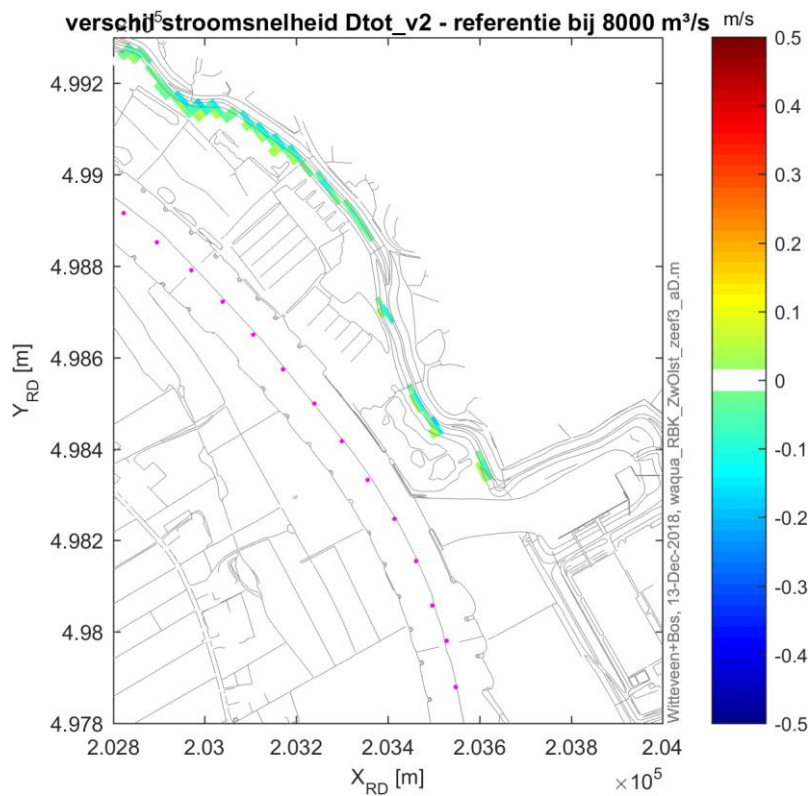
Dwarsstroming op de bakenlijn

Een mogelijk effect van een rivierwaartse as-verschuiving is een toename van de dwarsstroomsnelheden ter plaatse van de bakenlijn. De stroming langs de dijk kan door de verlegging meer richting het zomerbed worden gedruwd en hier lokaal de dwarsstroming verhogen. Gezien de geringe opstuwing op de rivieras, van slechts 0,15 mm, wordt aangenomen dat toename van de dwarsstroming op de bakenlijn op dit traject verwaarloosbaar is.

Erosie en sedimentatie van het zomerbed

Een ingreep kan ook leiden tot erosie of sedimentatie van het zomerbed. Door erosie kunnen constructies ondermijnd worden en sedimentatie kan leiden tot overlast voor de scheepsvaart. Vanwege versmalling van de rivier door dijkverlegging kunnen de stroomsnelheden in het zomerbed toenemen waardoor de bodemligging afneemt (erosie). Afbeelding 5.21 toont het verschil in stroomsnelheid tussen alternatief D op deeltraject 13.2 en de referentie situatie bij een Boven-Rijnafvoer van 16.000 m³/s. In het zomerbed wordt geen verschil in stroomsnelheden waargenomen, op basis van deze bevindingen verwachten we verwaarloosbare effecten op het zomerbed door erosie op deeltraject 13.2. Het beoordelingskader stelt dat een ongewijzigde bodemligging neutraal (0) kan worden beoordeeld.

Afbeelding 5.21 Verschil in stroomsnelheid in het 2D vlak voor alternatief D ter hoogte van deeltraject 13.2 ten opzichte van de referentie bij een debiet van 8.000 m³/s



Overzicht deeltraject 13.3

Tabel 5.7 toont een overzicht van de effecten van een rivierwaartse as-verschuiving op deeltraject 13.2 voor de aspecten hoogwaterveiligheid, schade en hinder en morfologie.

Tabel 5.7 Overzicht effecten deeltraject 13.3

Aspect	Criteria	A	B	C	D	E
hoogwaterveiligheid	waterstandsverschil op de rivieras	0	0	0	-	0
schade en hinder	dwaarsstroming op de bakenlijn	0	0	0	0	0
morfologie	erosie en sedimentatie van het zomerbed	0	0	0	0	0

Op dit deeltraject scoort alternatief D negatief op het aspect hoogwaterveiligheid en neutraal op de aspecten schade en hinder en morfologie. Gezien de relatief geringe opstuwing op de rivieras zullen er voor dit deeltraject geen mitigerende maatregelen worden voorgesteld.

5.22 Deeltraject 13.3 Schellerdijk-Schellerwade

Voor alternatief D wordt op deeltraject 13.3 een rivierwaartse as-verschuiving van tussen de 3 m en 6 m voorzien (afbeelding 5.22). Ter hoogte van de as-verschuiving varieert de afstand tussen het zomerbed en de dijk tussen de 200 en 700 m. Het gebied tussen de dijk wordt gekenmerkt door een diepe bedding met daar omheen grasland. In bijlage V en bijlage VI worden respectievelijk de Baseline schematisatie van de bodem en de vegetatieruwheden van de referentie getoond.

Afbeelding 5.22 Rivierwaartse as-verschuiving op deeltraject 13.3

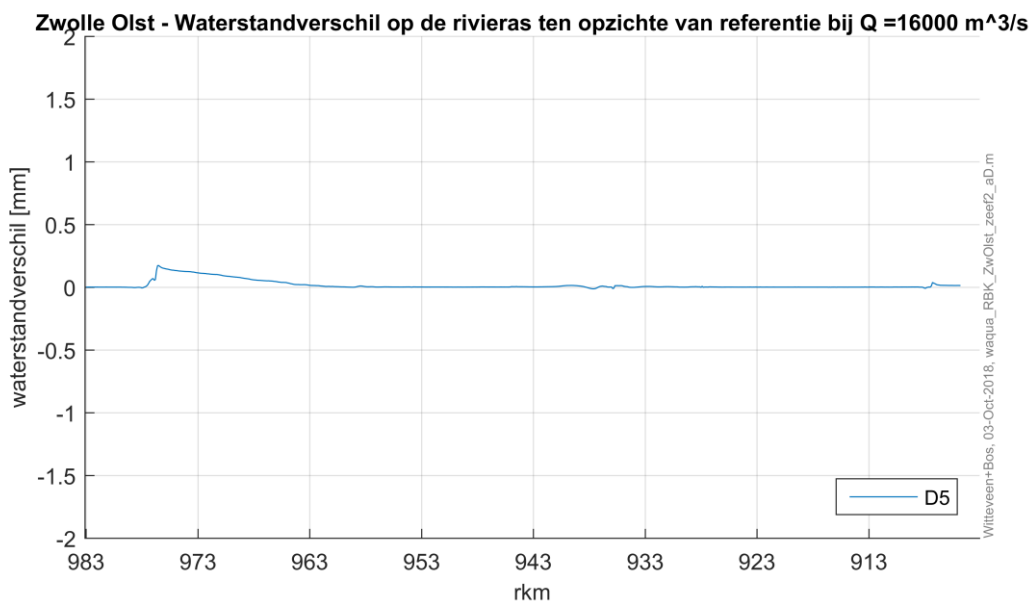


Waterstandsverschil op de rivieras

Afbeelding 5.23 toont het verschil in waterstanden op de rivieras voor een Boven-Rijnafvoer van 16.000 m³/s van de aangepaste dijkligging voor dijk alternatief D deeltraject 13.3. ten opzichte van de referentie situatie. De maximale opstuwung van de waterstand bedraagt 0,18 mm (bij rkm 975,3), de maximale daling van de waterstand bedraagt minder dan 0,02 mm bij rkm 938. De opstuwung op de rivieras is niet erg hoog omdat de rivierwaartse as-verschuiving klein is in vergelijking met de afstand tussen het zomerbed en de dijk.

Volgens het beoordelingskader mag een ingreep niet leiden tot opstuwung op de rivieras. Alternatief D voldoet, met een opstuwung van 0,18 mm op dit deeltraject, niet aan de eis en scoort negatief (-) voor het aspect hoogwaterveiligheid.

Afbeelding 5.23 Waterstandsverschil op de rivieras van de as-verschuiving voor alternatief D ter hoogte van deeltraject 13.3 ten opzichte van de referentie bij een debiet van 16.000 m³/s



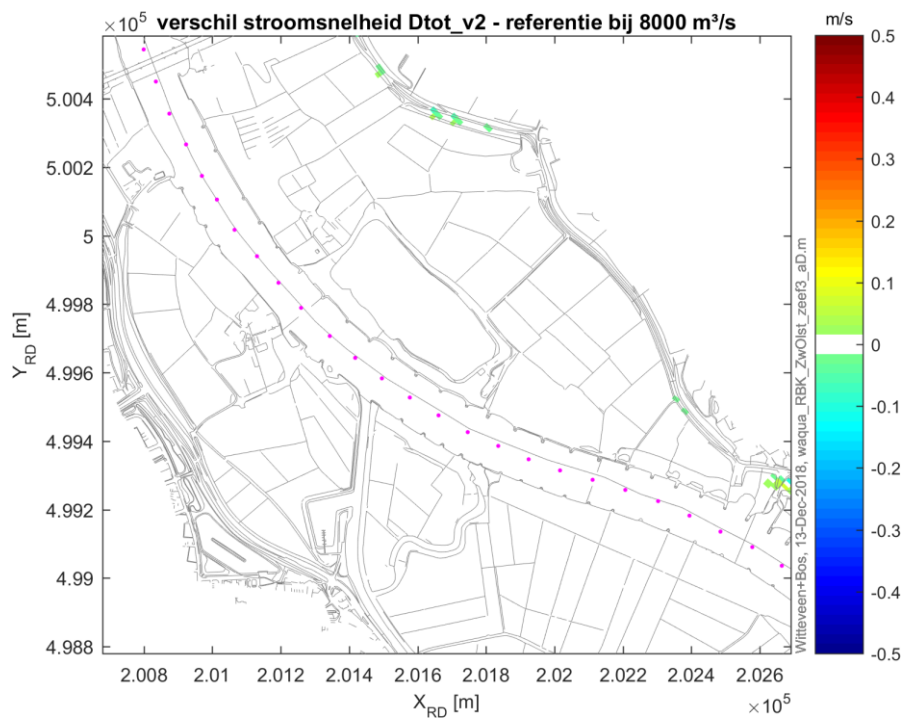
Dwarsstroming op de bakenlijn

Een mogelijk effect van een rivierwaartse as-verschuiving is een toename van de dwarsstroomsnelheden ter plaatse van de bakenlijn. De stroming langs de dijk kan door de verlegging meer richting het zomerbed worden geduwd en hier lokaal de dwarsstroming verhogen. Gezien de geringe opstuwing op de rivieras, van slechts 0,18 mm, wordt aangenomen dat toename van de dwarsstroming op de bakenlijn op dit traject verwaarloosbaar is.

Erosie en sedimentatie van het zomerbed

Een ingreep kan ook leiden tot erosie of sedimentatie van het zomerbed. Door erosie kunnen constructies ondermijnd worden en sedimentatie kan leiden tot overlast voor de scheepsvaart. Vanwege vernauwing van de rivier door dijkverlegging kunnen de stroomsnelheden in het zomerbed toenemen waardoor de bodemligging afneemt (erosie). Afbeelding 5.24 toont het verschil in stroomsnelheid tussen alternatief D op deeltraject 13.3 en de referentie situatie bij een Boven-Rijnafvoer van $8.000 \text{ m}^3/\text{s}$. In het zomerbed wordt geen verschil in stroomsnelheden waargenomen, op basis van deze bevindingen verwachten we verwaarloosbare effecten op het zomerbed door erosie op deeltraject 13.3. Het beoordelingskader stelt dat een ongewijzigde bodemligging neutraal (0) kan worden beoordeeld.

Afbeelding 5.24 Verschil in stroomsnelheid in het 2D vlak voor alternatief D ter hoogte van deeltraject 13.3 ten opzichte van de referentie bij een debiet van $8.000 \text{ m}^3/\text{s}$



Overzicht deeltraject 13.3

Tabel 5.8 toont een overzicht van de effecten van een rivierwaartse as-verschuiving op deeltraject 13.3 voor de aspecten hoogwaterveiligheid, schade en hinder en morfologie.

Tabel 5.8 Overzicht effecten deeltraject 13.3

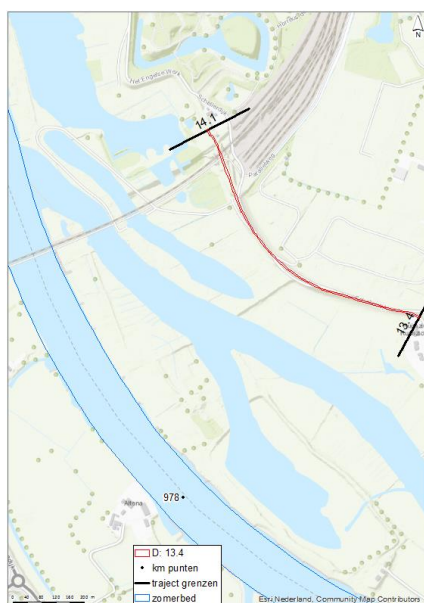
Aspect	Criteria	A	B	C	D	E
hoogwaterveiligheid	waterstandsverschil op de rivieras	0	0	0	-	0
schade en hinder	dwaarsstroming op de bakelijns	0	0	0	0	0
morfologie	erosie en sedimentatie van het zomerbed	0	0	0	0	0

Op dit deeltraject scoort alternatief D negatief op het aspect hoogwaterveiligheid en neutraal op de aspecten schade en hinder en morfologie. Gezien de relatief geringe opstuwing op de rivieras zullen er voor dit deeltraject geen mitigerende maatregelen worden voorgesteld.

5.23 Deeltraject 13.4 Schellerdijk-Vitens

Voor alternatief D wordt op deeltraject 13.4 een rivierwaartse as-verschuiving van tussen de 3 m en 6 m voorzien (afbeelding 5.25). Ter hoogte van de as-verschuiving varieert de afstand tussen het zomerbed en de dijk tussen de 200 en 700 m. Het gebied tussen de dijk wordt gekenmerkt door een diepe bedding met daar omheen grasland en enkele ruigtes met plassen. In bijlage V en bijlage VI worden respectievelijk de Baseline schematisatie van de bodem en vegetatieruwheid van de referentie getoond.

Afbeelding 5.25 Rivierwaartse as-verschuiving op deeltraject 13.4

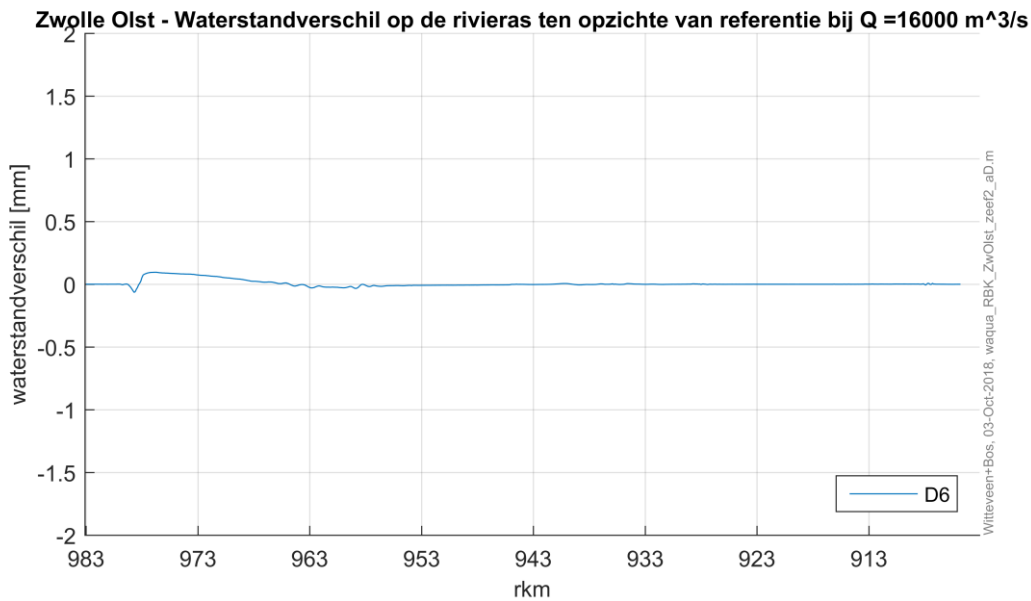


Waterstandsverschil op de rivieras

Afbeelding 5.26 toont het verschil in waterstanden op de rivieras voor een Maatgevend Hoogwater ($Q_{br} = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$) van de aangepaste dijkligging voor dijk alternatief D op deeltraject 13.4 ten opzichte van de referentie situatie. De maximale stijging van de waterstand bedraagt iets minder dan 0,1 mm (bij rkm 976,2), de maximale daling van de waterstand bedraagt iets meer dan 0,06 mm (bij rkm 979,1). De opstuwing op de rivieras is niet erg hoog omdat de rivierwaartse as-verschuiving klein is in vergelijking met de afstand tussen het zomerbed en de dijk.

Volgens het RBK mag een ingreep niet leiden tot opstuwing op de rivieras. Alternatief D voldoet, met een opstuwing van 0,1 mm op dit deeltraject, niet aan de eis en scoort licht negatief (-) voor het aspect hoogwaterveiligheid.

Afbeelding 5.26 Waterstandverschil op de rivieras van de as-verschuiving voor alternatief D ter hoogte van deeltraject 13.4 ten opzichte van de referentie bij een debiet van 16.000 m³/s



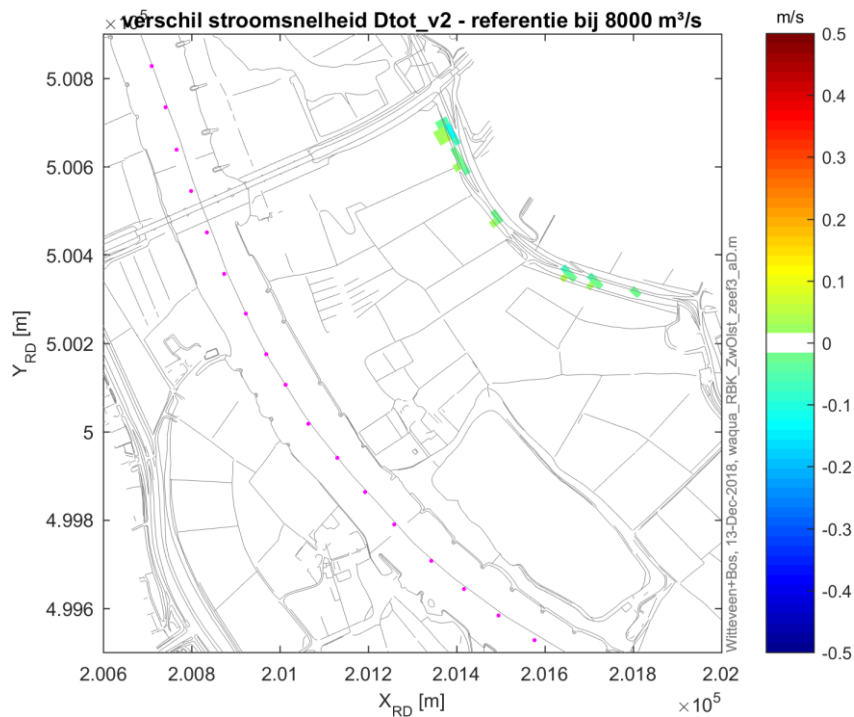
Dwarsstroming op de bakenlijn

Een mogelijk effect van een rivierwaartse as-verschuiving is een toename van de dwarsstroomsnelheden ter plaatse van de bakenlijn. De stroming langs de dijk kan door de verlegging meer richting het zomerbed worden geduwd en hier lokaal de dwarsstroming verhogen. Gezien de geringe opstuwing op de rivieras, van slechts 0,1 mm, wordt aangenomen dat toename van de dwarsstroming op de bakenlijn op dit traject verwaarloosbaar is.

Erosie en sedimentatie van het zomerbed

Een ingreep kan ook leiden tot erosie of sedimentatie van het zomerbed. Door erosie kunnen constructies ondermijnd worden en sedimentatie kan leiden tot overlast voor de scheepsvaart. Vanwege vernauwing van de rivier door dijkverlegging kunnen de stroomsnelheden in het zomerbed toenemen waardoor de bodemligging afneemt (erosie). Afbeelding 5.27 toont het verschil in stroomsnelheid tussen alternatief D op deeltraject 13.4 en de referentie situatie bij een Boven-Rijnafvoer van 8.000 m³/s. In het zomerbed wordt geen verschil in stroomsnelheden waargenomen, op basis van deze bevindingen verwachten we verwaarloosbare effecten op het zomerbed door erosie op deeltraject 13.4. Het beoordelingskader stelt dat een ongewijzigde bodemligging neutraal (0) kan worden beoordeeld.

Afbeelding 5.27 Stroomsnelheid in de referentie situatie in het 2D vlak ter hoogte van deeltraject 13.4 bij een debiet van 8.000 m³/s



Overzicht deeltraject 13.4

Tabel 5.9 toont een overzicht van de effecten van een rivierwaartse as-verschuiving op deeltraject 13.4 voor de aspecten hoogwaterveiligheid, schade en hinder en morfologie.

Tabel 5.9 Overzicht effecten deeltraject 13.4

Aspect	Criteria	A	B	C	D	E
hoogwaterveiligheid	waterstandsverschil op de rivieras	0	0	0	-	0
schade en hinder	dwaarsstroming op de bakenlijn	0	0	0	0	0
morfologie	erosie en sedimentatie van het zomerbed	0	0	0	0	0

Op dit deeltraject scoort alternatief D negatief op het aspect hoogwaterveiligheid en neutraal op de aspecten schade en hinder en morfologie. Gezien de relatief geringe opstuwing op de rivieras zullen er voor dit deeltraject geen mitigerende maatregelen worden voorgesteld.

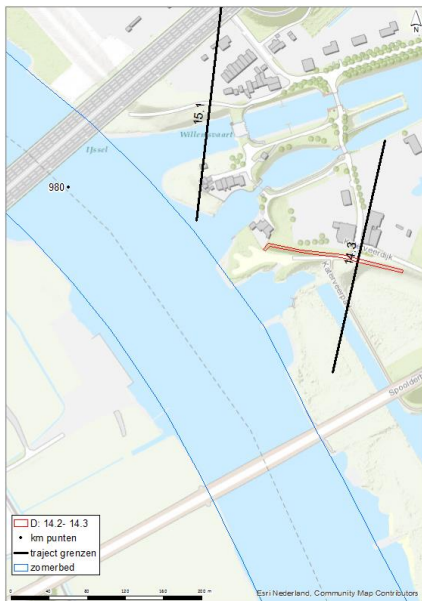
5.24 Deeltraject 14.1 Engelse Werk

Voor dit deeltraject zijn voor alternatief D geen rivierwaartse as-verschuivingen voorzien.

5.25 Deeltraject 14.2 Katerveerdijk

Voor alternatief D wordt op een deel van deeltrajecten 14.2 en 14.3 een rivierwaartse as-verschuiving van ongeveer 3 m voorzien (afbeelding 5.28). Ter hoogte van de as-verschuiving varieert de afstand tussen het zomerbed en de dijk tussen de 50 en 150 m. Het gebied tussen de dijk wordt gekenmerkt door grasland met enkele ruigtes en plassen. In bijlage V en bijlage VI worden respectievelijk de Baseline schematisatie van de bodem en vegetatieruwheid van de referentie getoond.

Afbeelding 5.28 Rivierwaartse as-verschuiving op deeltrajecten 14.2 en 14.3

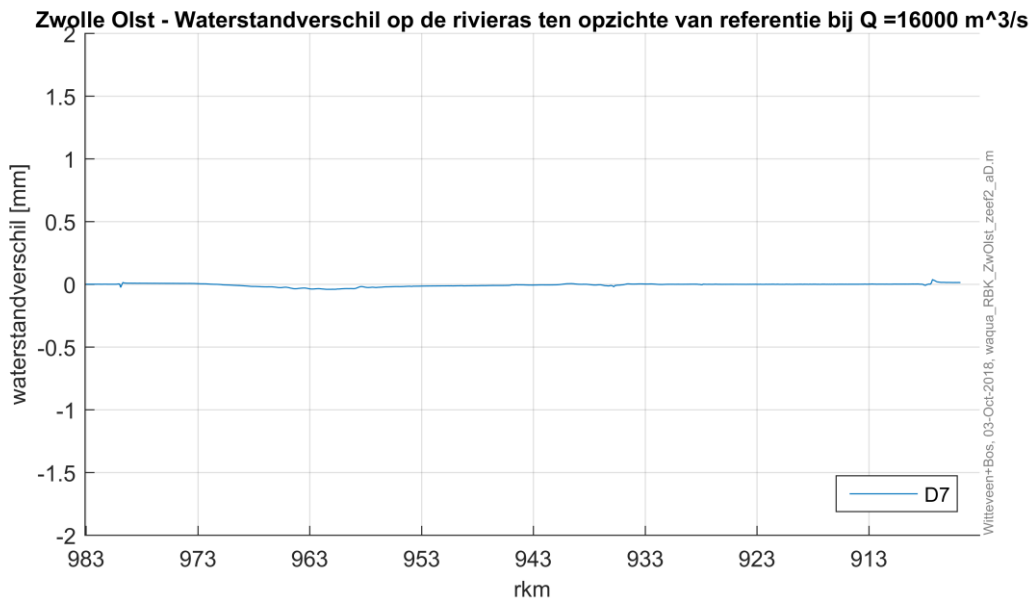


Waterstandsverschil op de rivieras

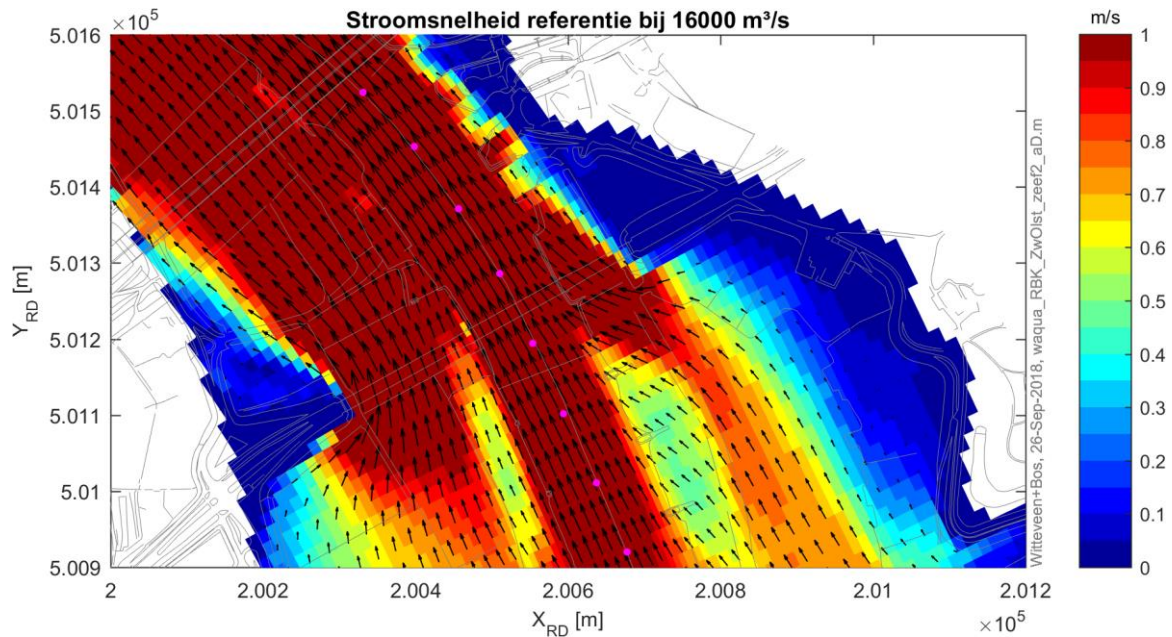
Afbeelding 5.29 toont het verschil in waterstanden op de rivieras voor een Maatgevend Hoogwater ($Q_{br} = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$) van de aangepaste dijkligging voor dijk alternatief D op deeltrajecten 14.2 en 14.3 ten opzichte van de referentie situatie. Het verschil in waterstand op de rivieras varieert tussen een maximale stijging en daling van 0,04 m. Hoewel de ingreep dicht de rivier ligt, is het effect toch klein. Dit komt omdat de stroomsnelheden langs de dijk in de huidige situatie erg laag zijn, namelijk maximaal 0,1 m/s (zie afbeelding 5.30).

In vergelijking met de effecten van alternatief D op andere trajecten kunnen deze waarden verwaarloosd worden, er wordt daarom gesteld dat alternatief D op deze trajecten voldoet aan het RBK en kan worden beoordeeld als neutraal (0).

Afbeelding 5.29 Waterstandverschil op de rivieras van de as-verschuiving voor alternatief D ter hoogte van deeltrajecten 14.2 en 14.3 ten opzichte van de referentie bij een debiet van 16.000 m³/s



Afbeelding 5.30 Stroomsnelheid in de referentie situatie in het 2D vlak ter hoogte van deeltrajecten 14.2 en 14.3 bij een debiet van 16.000 m³/s



Dwarsstroming op de bakenlijn

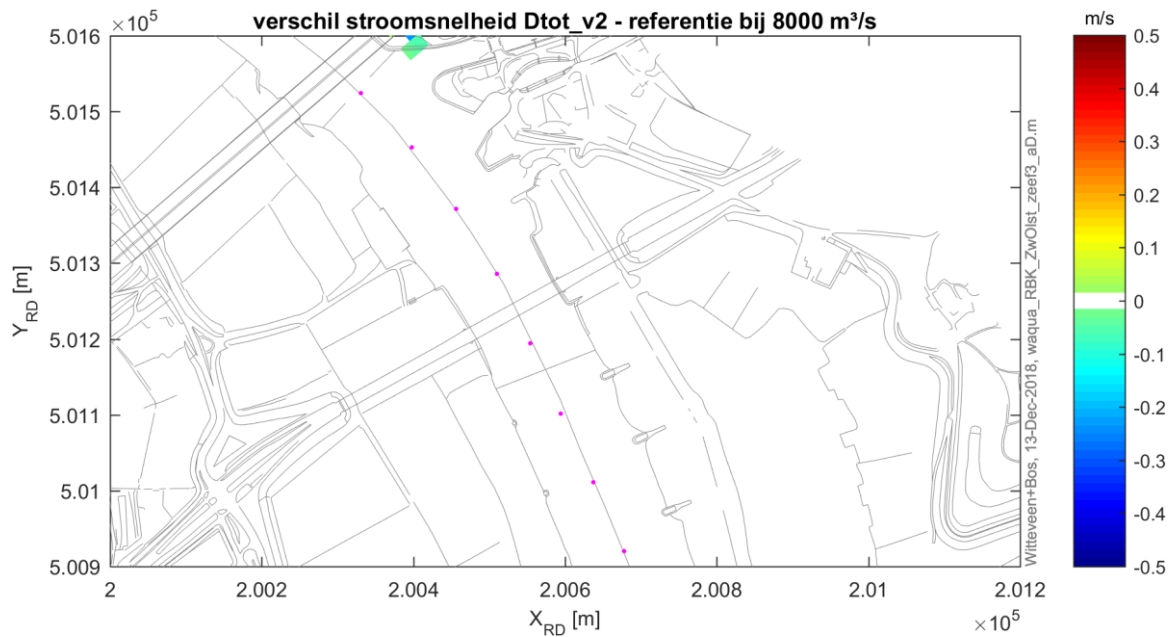
Een mogelijk effect van een rivierwaartse as-verschuiving is een toename van de dwarsstroomsnelheden ter plaatse van de bakenlijn. De stroming langs de dijk kan door de verlegging meer richting het zomerbed worden geduwd en hier lokaal de dwarsstroming verhogen. Gezien het effect op de rivieras nihil is, wordt aangenomen dat toename van de dwarsstroming op de bakenlijn op dit traject verwaarloosbaar is.

Erosie en sedimentatie van het zomerbed

Een ingreep kan ook leiden tot erosie of sedimentatie van het zomerbed. Door erosie kunnen constructies ondermijnd worden en sedimentatie kan leiden tot overlast voor de scheepsvaart. Vanwege versmalling van de rivier door dijkverlegging kunnen de stroomsnelheden in het zomerbed toenemen waardoor de

bodemligging afneemt (erosie). Afbeelding 5.31 toont het verschil in stroomsnelheid tussen alternatief D op deeltrajecten 14.2 en 14.3 en de referentie situatie bij een Boven-Rijnafvoer van 8.000 m³/s. In het zomerbed wordt ter hoogte van de ingreep geen verschil in stroomsnelheden waargenomen, benedenstrooms van de ingreep is een kleine verhoging van de stroomsnelheid te zien (ongeveer 0.05 m/s). Op basis van deze bevindingen verwachten we verwaarloosbare effecten op het zomerbed door erosie op deeltrajecten 14.2 en 14.3. Het beoordelingskader stelt dat een ongewijzigde bodemligging neutraal (0) kan worden beoordeeld.

Afbeelding 5.31 Verschil in stroomsnelheid in het 2D vlak voor alternatief D ter hoogte van deeltrajecten 14.2 en 14.3 ten opzichte van de referentie bij een debiet van 8.000 m³/s



Overzicht deeltraject 14.2

Tabel 5.10 toont een overzicht van de effecten van een rivierwaartse as-verschuiving op deeltraject 14.2 en 14.3 voor de aspecten hoogwaterveiligheid, schade en hinder en morfologie.

Tabel 5.10 Overzicht effecten deeltraject 14.2 en 14.3

Aspect	Criteria	A	B	C	D	E
hoogwaterveiligheid	waterstandsverschil op de rivieras	0	0	0	0	0
schade en hinder	dwardsstroming op de bakenlijn	0	0	0	0	0
morfologie	erosie en sedimentatie van het zomerbed	0	0	0	0	0

Op dit deeltraject scoort alternatief D neutraal op alle aspecten.

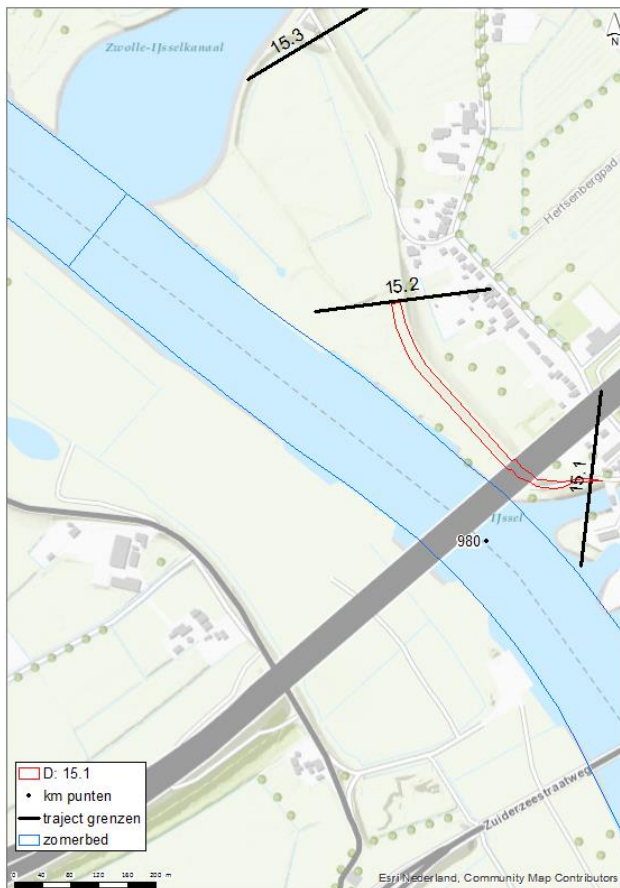
5.26 Deeltraject 14.3 Katerveersluizen

De effecten van de rivierwaartse as-verschuiving van kansrijk alternatief D op dit deeltraject zijn besproken in sectie 0.

5.27 Deeltraject 15.1 Spoolde 1

Voor alternatief D wordt op een deel van deeltraject 15.1 een rivierwaartse as-verschuiving van ongeveer 14 m voorzien (afbeelding 5.32). Ter hoogte van de as-verschuiving varieert de afstand tussen het zomerbed en de dijk tussen de 30 en 100 m. Het gebied tussen de dijk wordt gekenmerkt door gras en akkerland met enkele ruigtes. In bijlage V en bijlage VI worden respectievelijk de Baseline schematisatie van de bodem en vegetatierutheid van de referentie getoond.

Afbeelding 5.32 Rivierwaartse as-verschuiving op deeltraject 15.1

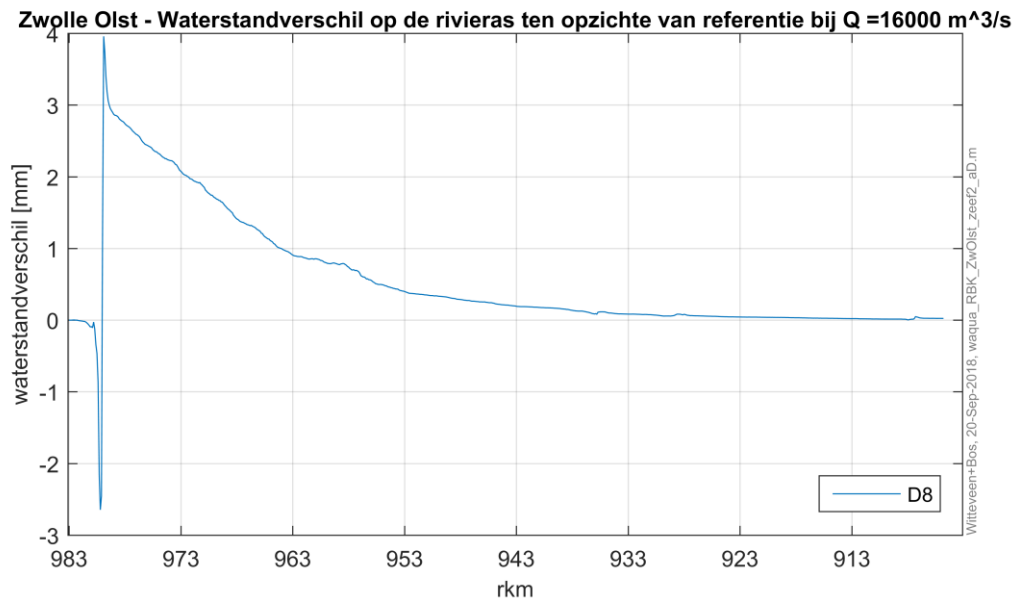


Waterstandsverschil op de rivieras

Afbeelding 5.33 toont het verschil in waterstanden op de rivieras voor een Maatgevend Hoogwater ($Q_{br}=16.000 \text{ m}^3/\text{s}$) van de aangepaste dijkligging voor dijk alternatief D op deeltraject 15.1 ten opzichte van de referentie situatie. De maximale stijging van de waterstand bedraagt 4 mm (bij rkm 981,4), de maximale daling van de waterstand bedraagt iets minder dan 2,5 mm (bij rkm 981,9). De buitendijkse ruimte op dit deeltraject is erg krap in de huidige situatie en de voorziene rivierwaartse as-verschuiving van 14 m voor dijkalternatief D, zorgt voor een verdere afname van het doorstromend oppervlak. In bovenstroomse richting neemt de stijging van de waterstand in de rivier langzaam af en is niet meer waarneembaar boven rkm 913.

Voor de beoordeling van de maatgevende waterstand stelt het RBK dat een ingreep niet mag leiden tot opstuwung op de rivieras. Alternatief D voldoet op dit deeltrajecten niet aan die eis en scoort sterk negatief (--) voor het aspect hoogwaterveiligheid.

Afbeelding 5.33 Waterstandverschil op de rivieras van de as-verschuiving voor alternatief D ter hoogte van deeltraject 15.1 ten opzichte van de referentie bij een debiet van 16.000 m³/s



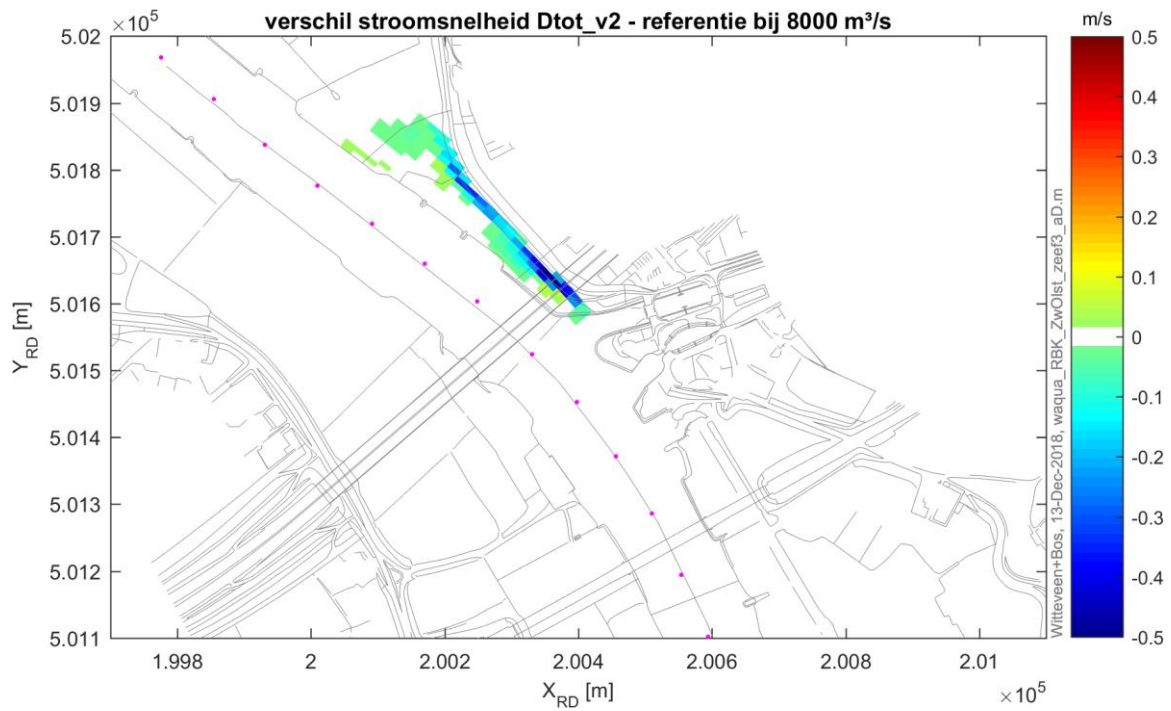
Dwarsstroming op de bakenlijn

Een mogelijk effect van een rivierwaartse as-verschuiving is een toename van de dwarsstroomsnelheden ter plaatse van de bakenlijn. De stroming langs de dijk kan door de verlegging meer richting het zomerbed worden geduwd en hier lokaal de dwarsstroming verhogen. Dit speelt met name op locaties waar de rivierwaartse as-verschuiving dichtbij het zomerbed gelegen is, wat op dit deeltraject het geval is. Het is mogelijk dat de dwarsstroming op de bakenlijn als gevolg van de rivierwaartse as-verschuiving toe neemt (-).

Erosie en sedimentatie van het zomerbed

Een ingreep kan ook leiden tot erosie of sedimentatie van het zomerbed. Door erosie kunnen constructies ondermijnd worden en sedimentatie kan leiden tot overlast voor de scheepsvaart. Vanwege vernauwing van de rivier door dijkverlegging kunnen de stroomsnelheden in het zomerbed toenemen waardoor de bodemligging afneemt (erosie). Afbeelding 5.34 toont het verschil in stroomsnelheid in het 2D vlak tussen alternatief D op deeltraject 15.1 en de referentie situatie bij een Boven-Rijnafvoer van 8.000 m³/s. In het zomerbed wordt ter hoogte van de ingreep geen verschil in stroomsnelheden waargenomen, benedenstrooms van de ingreep is een kleine verhoging van de stroomsnelheid te zien (ongeveer 0.05 m/s). Op basis van deze bevindingen verwachten we verwaarloosbare effecten op het zomerbed door erosie op deeltraject 15.1. Het beoordelingskader stelt dat een ongewijzigde bodemligging neutraal (0) kan worden beoordeeld.

Afbeelding 5.34 Verschil in stroomsnelheid in het 2D vlak voor alternatief D ter hoogte van deeltraject 15.1 ten opzichte van de referentie bij een debiet van 8.000 m³/s



Overzicht deeltraject 15.1

Tabel 5.11 toont een overzicht van de effecten van een rivierwaartse as-verschuiving op deeltraject 15.1 voor de aspecten hoogwaterveiligheid, schade en hinder en morfologie.

Tabel 5.11 Overzicht effecten deeltraject 15.1

Aspect	Criteria	A	B	C	D	E
hoogwaterveiligheid	waterstandsverschil op de rivieras	0	0	0	---	0
schade en hinder	dwarsstroming op de bakenlijn	0	0	0	-	0
morfologie	erosie en sedimentatie van het zomerbed	0	0	0	0	0

Op dit deeltraject scoort alternatief D sterk negatief op het aspect hoogwaterveiligheid en negatief op de aspecten schade en hinder. Wat betreft het aspect hoogwater veiligheid is in hoofdstuk 6 een voorstel gedaan voor mitigerende maatregelen.

5.28 Deeltraject 15.2 Spolde 2

Voor alternatief D wordt op een deel van deeltraject 15.2 een rivierwaartse as-verschuiving van tussen de 13 en 14 m voorzien (afbeelding 5.35). Ter hoogte van de as-verschuiving varieert de afstand tussen het zomerbed en de dijk tussen de 100 en 300 m. Het gebied tussen de dijk wordt gekenmerkt door gras en akkerland met enkele ruigtes. In bijlage V en bijlage VI worden respectievelijk de Baseline schematisatie van de bodem en vegetatierutheid van de referentie getoond.

Afbeelding 5.35 Rivierwaartse as-verschuiving op deeltraject 15.2

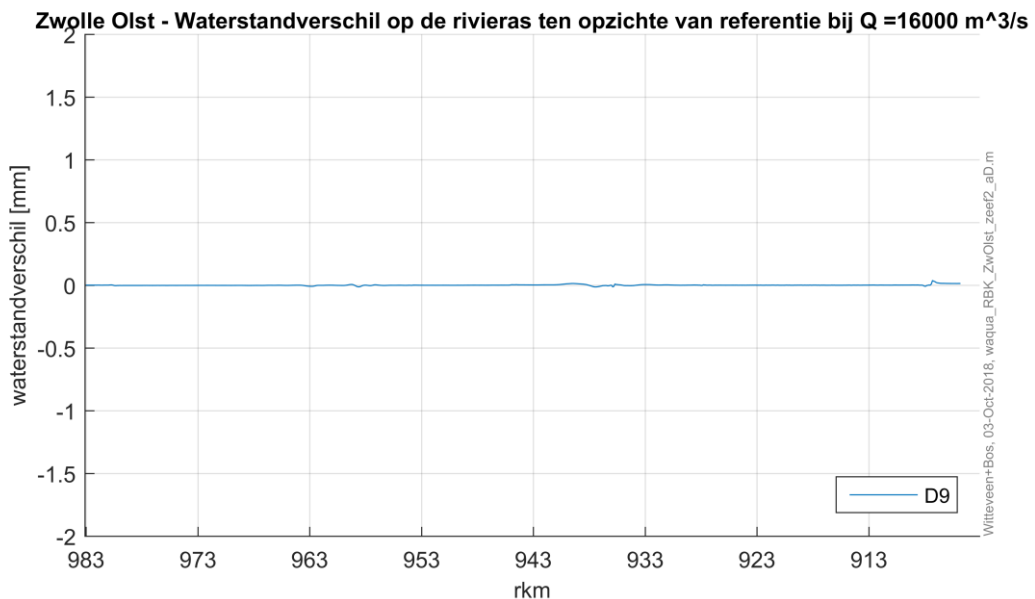


Waterstandsverschil op de rivieras

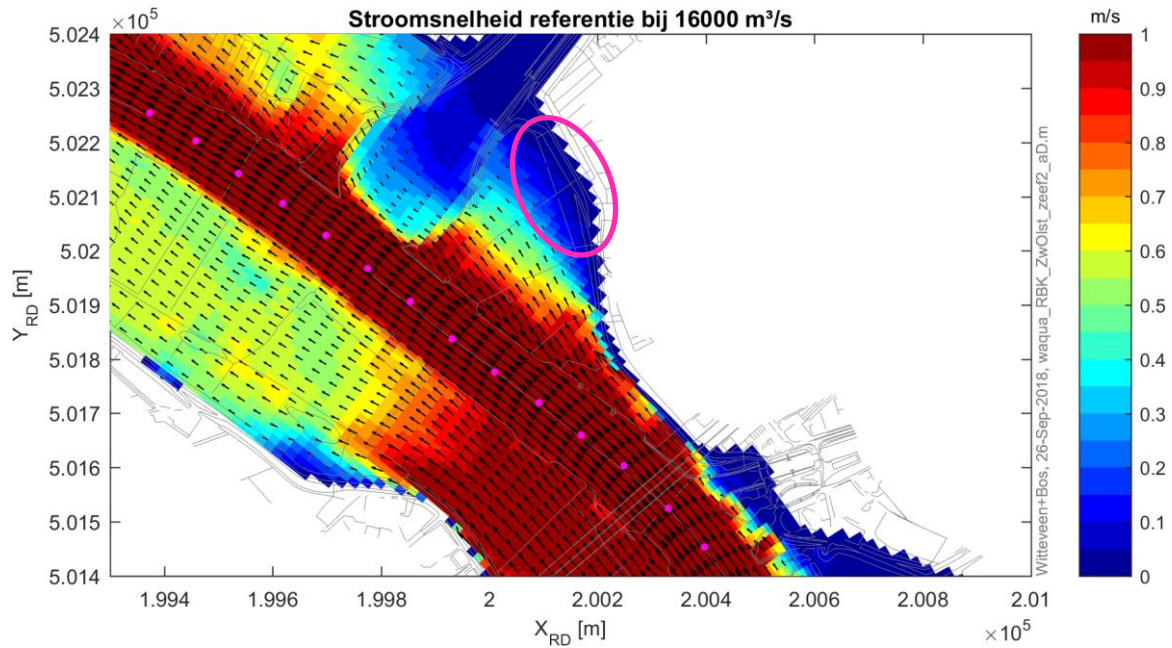
Afbeelding 5.36 toont het verschil in waterstanden op de rivieras voor een Maatgevend Hoogwater ($Q_{br} = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$) van de aangepaste dijkligging voor dijk alternatief D op deeltraject 15.2 ten opzichte van de referentie situatie. Het verschil in waterstand op de rivieras varieert tussen de $-0,01 \text{ mm}$ en $0,04 \text{ mm}$. De buitendijkse ruimte op dit deeltraject is erg ruim in de huidige situatie, de rivierwaartse as-verschuiving van 13-14 m zorgt voor een relatief kleine afname van het doorstromend oppervlak. Daar komt bij dat de stroomsnelheden langs de dijk in de huidige situatie erg laag zijn, namelijk ongeveer $0,1 \text{ m/s}$.

In vergelijking met de effecten van alternatief D op andere deeltrajecten kunnen deze waarden verwaarloosd worden, er wordt daarom gesteld dat alternatief D op dit deeltraject voldoet aan de eisen van het beoordelingskader en kan worden beoordeeld als neutraal (0).

Afbeelding 5.36 Waterstandverschil op de rivieras van de as-verschuiving voor alternatief D ter hoogte van deeltraject 15.2 ten opzichte van de referentie bij een debiet van $16.000 \text{ m}^3/\text{s}$



Afbeelding 5.37 Stroomsnelheid in het 2D vlak in de referentie situatie bij een debiet van 16.000 m³/s



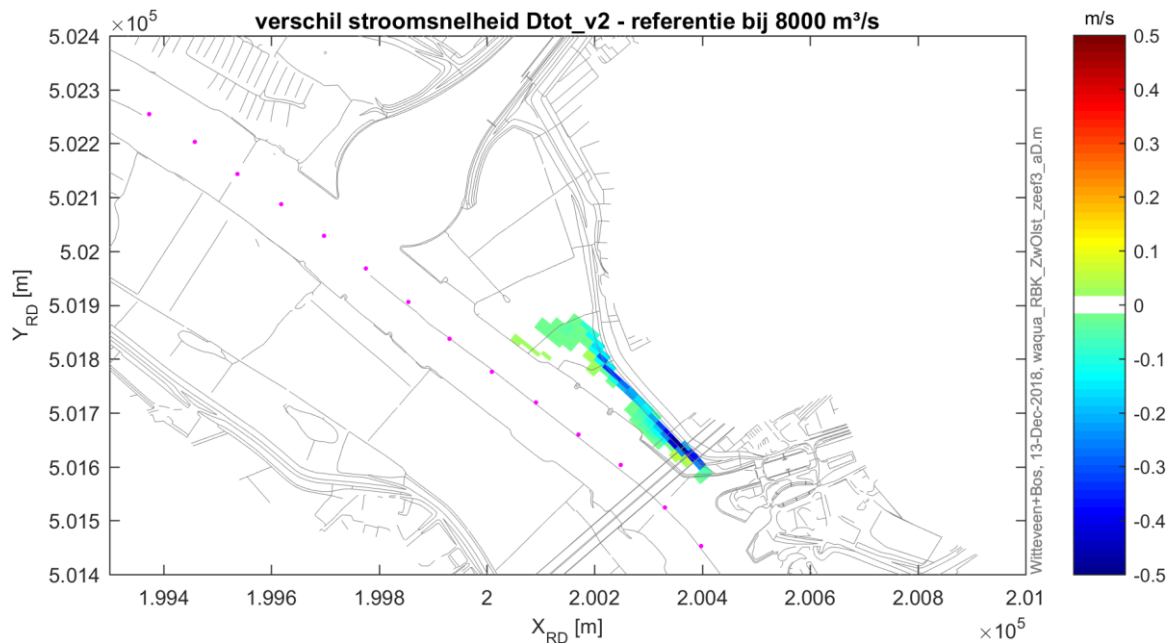
Dwarsstroming op de bakenlijn

Een mogelijk effect van een rivierwaartse as-verschuiving is een toename van de dwarsstroomsnelheden ter plaatse van de bakenlijn. De stroming langs de dijk kan door de verlegging meer richting het zomerbed worden geduwd en hier lokaal de dwarsstroming verhogen. Gezien het effect op de rivieras nihil is, wordt aangenomen dat toename van de dwarsstroming op de bakenlijn op dit traject verwaarloosbaar is.

Erosie en sedimentatie van het zomerbed

Een ingreep kan ook leiden tot erosie of sedimentatie van het zomerbed. Door erosie kunnen constructies ondermijnd worden en sedimentatie kan leiden tot overlast voor de scheepsvaart. Vanwege versmalling van de rivier door dijkverlegging kunnen de stroomsnelheden in het zomerbed toenemen waardoor de bodemligging afneemt (erosie). Afbeelding 5.38 toont het verschil in stroomsnelheid tussen alternatief D op deeltraject 15.2 en de referentie situatie bij een Boven-Rijnafvoer van 8.000 m³/s. In het zomerbed wordt geen verschil in stroomsnelheden waargenomen, op basis van deze bevindingen verwachten we verwaarloosbare effecten op het zomerbed door erosie op deeltraject 15.2. Het beoordelingskader stelt dat een ongewijzigde bodemligging neutraal (0) kan worden beoordeeld.

Afbeelding 5.38 Verschil in stroomsnelheid in het 2D vlak voor alternatief D ter hoogte van deeltraject 15.2 ten opzichte van de referentie bij een debiet van 8.000 m³/s



Overzicht deeltraject 15.2

Tabel 5.12 toont een overzicht van de effecten van een rivierwaartse as-verschuiving op deeltraject 15.2 voor de aspecten hoogwaterveiligheid, schade en hinder en morfologie.

Tabel 5.12 Overzicht effecten deeltraject 15.2

Aspect	Criteria	A	B	C	D	E
hoogwaterveiligheid	waterstandsverschil op de rivieras	0	0	0	0	0
schade en hinder	dwaarsstroming op de bakelijns	0	0	0	0	0
morfologie	erosie en sedimentatie van het zomerbed	0	0	0	0	0

Op dit deeltraject scoort alternatief D neutraal op alle aspecten.

5.29 Deeltraject 15.3 Spoolde-Kanaal

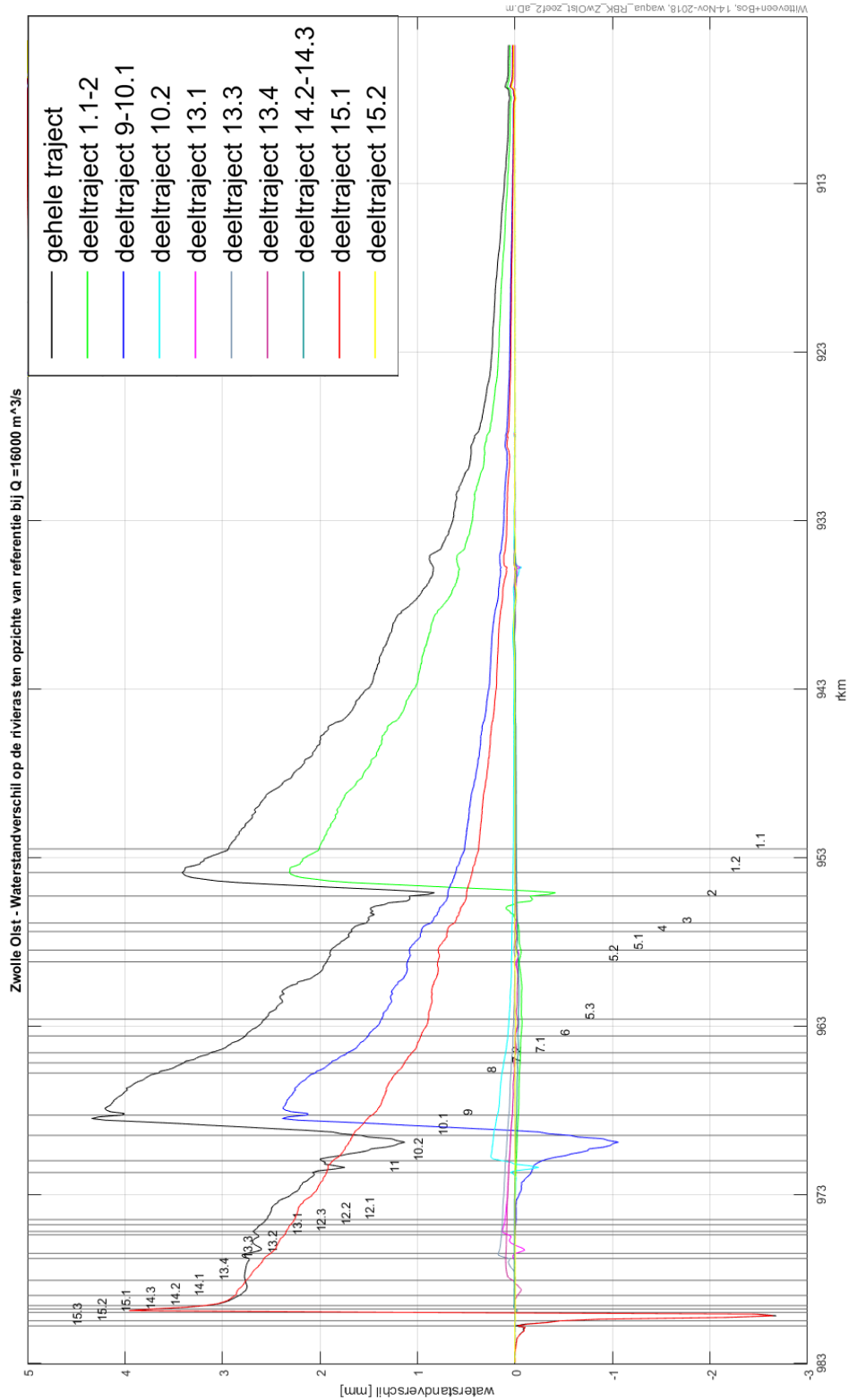
Voor dit deeltraject zijn voor alternatief D geen rivierwaartse as-verschuivingen voorzien.

5.30 Trajectoverstijgende effecten

Afbeelding 5.39 toont het verschil in waterstanden op de rivieras voor een Maatgevend Hoogwater ($Q_{br} = 16.000 \text{ m}^3/\text{s}$) van de aangepaste dijkligging voor dijk alternatief D op het gehele traject ten opzichte van de referentie situatie, de grijze verticale lijnen geven bij benadering de trajectgrenzen aan (uitgedrukt in rivierkilometers). De maximale opstuwing op de rivieras bedraagt 4,2 mm (deeltrajecten 9-10.1, bij rkm 968,5), de maximale waterstandsval bedraagt 2,7 mm (bij rkm 981,9). De opstuwing op de rivieras wordt gedomineerd door de effecten van drie ingrepen op deeltrajecten 1-1.2 (rkm 955, deeltrajecten 9.1-10 (rkm 968,5) en deeltraject 15.1 (rkm 981,4). De maximale opstuwing op de rivieras, bij rkm 968,5, wordt

veroorzaakt door het gecombineerde effect van de ingrepen voor dijkalternatief D op deeltrajecten 9-10.1 en deeltraject 15.1. In bovenstroomse richting neemt de stijging van de waterstand in de rivier langzaam af en is niet meer waarneembaar bovenstrooms van rkm 913.

Afbeelding 5.39 Waterstandverschil op de rivieras van de as-verschuiving voor alternatief D, per as-verschuiving (gekleurde lijnen) en voor het gehele traject (zwarte lijn) ten opzichte van de referentie bij een 16.000 m³/s (MHW). De verticale grijze lijnen geven de trajectgrenzen aan.



6

MITIGATIE EN COMPENSATIE

Om de negatieve effecten van de dijkversterkingsmaatregelen tegen te gaan moeten er zogeheten mitigerende of compenserende maatregelen getroffen worden. Dit hoofdstuk beschrijft welke mitigerende en compenserende maatregelen mogelijk zijn om de negatieve effecten van de kansrijke alternatieven te verkleinen of te compenseren. Vervolgens is beschreven welke maatregelen toegepast zijn in het ontwerp en hoe dat de effectbeoordeling heeft gewijzigd.

6.1 Maatregelen voor mitigatie en compensatie van effecten

Mitigerende maatregelen zijn bedoeld om de verwachte negatieve effecten van de dijkversterkingsmaatregelen te verkleinen of te voorkomen en liggen in het projectgebied. Compenserende maatregelen creëren nieuwe waarden om de waarden die verloren gaan (de negatieve effecten) te vervangen. Uit de beoordeling van de effecten van kansrijk alternatief D is naar voren gekomen dat er op het traject drie ingrepen worden gedaan die significante impact hebben op de opstuwing op de rivieras. Deze drie zijn gedefinieerd als knelpunten. In secties 6.1.1, 6.1.2, en 6.1.3 zullen de mogelijke compenserende maatregelen betreft de opstuwing op de rivieras worden besproken per knelpunt. Mitigatie en compensatie maatregelen werken in een bovenstroomse richting door. Het is daarom van belang verder benedenstrooms van een knelpunt mitigerende en compenserende maatregelen te nemen.

Opgemerkt wordt dat mitigerende maatregelen vanuit rivierkundig perspectief alleen een vergladding van het rivierwaartse dijktaalud inhouden (glad grasland in plaats van ruwere vegetatie). Overige maatregelen om de opstuwing tegen te gaan zoals rivierverruimende maatregelen vallen onder compensatie.

6.1.1 Deeltrajecten 1.2 en 2

Op deeltrajecten 1.2 en 2 veroorzaakt de rivierwaartse as-verschuiving van kansrijk alternatief D voor significante opstuwing op de rivieras (2,3 mm). De opstuwing op de rivieras kan als volgt worden gecompenseerd:

- verkleinen van de vegetatieruwheid van de uiterwaard;
- door de rivier te verruimen middels uiterwaardverlaging en/of de aanleg van een nevengeul. Gezien de bovenstroomse locatie van dit deeltraject zijn mitigatie en compensatie maatregelen op deeltrajecten 9 en 10.1 en 15.1 kansrijker.

Compensatie

Afbeelding 6.1 toont een kaart met daarop de locatie van de rivierwaartse as-verschuiving en locaties waar zich plassen en geulen, bossen en riet en ruigtes bevinden. De stukken bos en riet en ruigte zouden vervangen kunnen worden door gras, hierdoor wordt de ruwheid kleiner waardoor de opstuwing op de rivieras. Opgemerkt wordt dat mitigatie door het aanpassen van ruwheden alleen haalbaar is als onderdeel van herinrichting van het specifieke gebied. Bovendien moeten de aangepaste vegetatievormen beheersbaar zijn en gegarandeerd tot een verminderd ruw oppervlak leiden. De plassen en geulen zouden verruimd kunnen worden ter compensatie van de as-verschuiving.

Een andere mogelijkheid is het vergraven van een gebied of de aanleg van een nevengeul tussen IJssel en de dijk (vooral gras en akkerland). Het vergraven van dit gebied of de aanleg van een nevengeul vergroot het doorstromend oppervlak en verkleint de stromingsweerstand waarmee de opstuwing op de rivieras op dit traject gecompenseerd kan worden.

Afbeelding 6.1 Kaart met de rivierwaartse as-verschuiving voor alternatief D en vegetatieruwheden voor plassen, bossen en riet en ruigtes



6.1.2 Deeltrajecten 9 en 10.1

Op deeltrajecten 9 en 10.1 veroorzaakt de rivierwaartse as-verschuiving voor kansrijk alternatief D voor significante opstuwing op de rivieras (2.3 mm). De opstuwing op de rivieras wordt veroorzaakt doordat het doorstromend oppervlak kleiner wordt als gevolg van de rivierwaartse as-verschuiving. De opstuwing op de rivieras kan worden gecompenseerd door de vegetatieruwheid van de uiterwaard te verkleinen en/of door bepaalde gebieden te vergraven zodat het doorstromend oppervlak vergroot wordt.

Compensatie

Afbeelding 6.2 toont een kaart met daarop de locatie van de rivierwaartse as-verschuiving en locaties waar zich plassen, bossen en riet en ruigtes bevinden. De stukken bos en riet en ruigte zouden vervangen kunnen

worden door gras, hierdoor wordt de ruwheid kleiner en de opstuwing op de rivieras minder. Compensatie door het aanpassen van ruwheden is alleen haalbaar als onderdeel van herinrichting van dat specifieke gebied, bovendien moeten de aangepaste vegetatievormen beheersbaar zijn en gegarandeerd tot een verminderd ruw oppervlak leiden. De plassen, en met name de grote plas op het smalste deel tussen de dijk en het zomerbed, zouden verruimd kunnen worden. Hierdoor zou het doorstromend oppervlak vergroot worden, ter compensatie van de as-verschuiving. Een andere optie is het vergraven van een gebied ten westen van de IJssel dat wordt gebruikt als gras en akkerland. Het vergraven van dit gebied vergroot het doorstromend oppervlak en verkleint de stromingsweerstand.

Afbeelding 6.2 Kaart met de rivierwaartse as-verschuiving voor alternatief D en vegetatieruwheden voor plassen, bossen en riet en ruigtes



6.1.3 Deeltraject 15.1

Op deeltraject 15.1 zorgt de rivierwaartse as-verschuiving voor kansrijk alternatief D voor significante opstuwing op de rivieras (4 mm). Gezien de benedenstroomse locatie van dit deeltraject hebben eventuele compenserende maatregelen ook bovenstrooms effect. De opstuwing op de rivieras kan worden gecompenseerd door de vegetatieruwheid van de uiterwaard te verkleinen of worden gecompenseerd door de rivier te verruimen. Denk hierbij aan uiterwaardverlaging en/of de aanleg van een nevengeul.

Compensatie

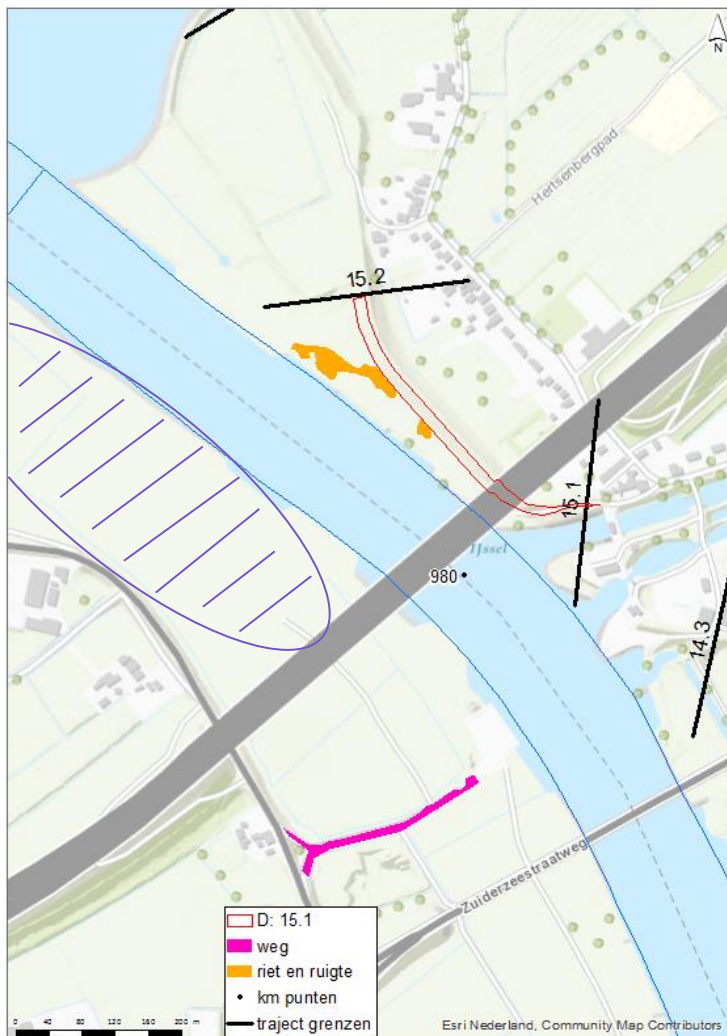
Afbeelding 6.3 toont een kaart met daarop de locatie van de rivierwaartse as-verschuiving en een aantal vegetatieruwheden. Rivierwaarts van de dijkverlegging op dit traject bevinden zich een aantal gebieden met

riet en ruigte. Het vervangen van deze vegetatie door bijvoorbeeld grasland zou de ruwheid van dit deel van de uiterwaard verlagen, waardoor de opstuwing op de rivieras vermindert. Compensatie door het aanpassen van ruwheden is alleen haalbaar als onderdeel van herinrichting van dat specifieke gebied, bovendien moeten de aangepaste vegetatievormen beheersbaar zijn en gegarandeerd tot een verminderd ruw oppervlak leiden.

Ten westen van de rivier bevindt zich een weg naar een silo, deze weg vormt een obstakel. Een mogelijkheid zou zijn om deze weg te verlagen.

Het gebied aan de oostkant van het zomerbed en ten noorden van de grootste brug zijn onbebouwd en worden gebruikt als gras en akkerland (paars gestreept vlak in afbeelding 6.3). De aanleg van een nevengeul in dit gebied is een effectieve compenserende maatregel. Door de nevengeul zal het doorstromend oppervlak groter worden en neemt de stromingsweerstand af waardoor er waterstandsdingaling in de bovenstroomse richting ontstaat. Een andere mogelijke maatregel is het ontgraven van het bovengenoemde gebied, met als resultaat een groter doorstromend oppervlak en afname van de stromingsweerstand waardoor een waterstandsdingaling in de bovenstroomse richting wordt gehaald.

Afbeelding 6.3 Kaart met de rivierwaartse as-verschuiving voor alternatief D en vegetatieruwheden riet en ruigte en een weg



6.1.4 Dijkalternatief F

Voor dijkalternatief F worden op deeltrajecten 5.3 en deeltraject 9 dijkterugleggingen voorzien. Met de dijk teruglegging zal het doorstromend oppervlak van de rivier groter worden en neemt de stromingsweerstand af waardoor er waterstandsdeling in de bovenstroomse richting ontstaat.

Deeltraject 5.3

In sectie 5.8 wordt beschreven dat door de dijkteruglegging op deeltraject 5.3 een beperkt effect op de extreme waterstand wordt verwacht.

Deeltraject 9

Op deeltraject 9, beschreven in sectie 5.13, wordt door de dijkteruglegging een waterstandsdeling van circa 1,5 cm verwacht. Deze waterstandsdeling kan mogelijk dienen als compensatie voor de opstuwung op de rivieras stroomopwaarts van de waterstandsdeling.

6.1.5 KRW maatregelen

In het plangebied van IJsseldijk Zwolle-Olst zijn vier locaties voor ook KRW-maatregelen in beeld:

- 1 Windesheim: aanleg 1,3 km nevengeul (Y3017);
- 2 Herxen: aanleg 3,4 km nevengeul (Y3032) en 1,8 km natuurvriendelijke oevers (X2311-c);
- 3 Buitenwaarde Wijhe: aanleg 1,5 km nevengeul (Y3017) en 1,2 km natuurvriendelijke oevers (X2311-c);
- 4 Olster- en Hengforderwaarden Rivierhout: verjonging 1,6 km binnenbochtgeul (Y3034), 1,0 km natuurvriendelijke oevers (X2311-c) en versterken 3 ha (kwel)moeras en natte natuur (Y3047).

Afhankelijk van hoe deze aangelegd worden kunnen de geulen ter compensatie dienen voor opstuwung door de dijkversterkingsmaatregelen.

Afbeelding 3.7 toont de ligging van de geplande KRW geulen.

Opstuwung ontstaat ter plaatse van een rivierwaartse dijkversterking en plant zich in bovenstroomse richting voort. De KRW maatregel moet dus benedenstrooms of ter hoogte van de opstuwung genomen worden om effectief te zijn. De ingrepen op drie locaties op het traject die de meeste opstuwung op de rivieras veroorzaken bevinden zich ter hoogte van rkm 955, rkm 969 en rkm 980. KRW maatregel 4 bevindt zich te ver bovenstrooms (rkm 954 - rkm 957) in het project gebied om effectief de opstuwung op de rivieras te verkleinen of compenseren; daarom worden alleen KRW maatregelen 1, 2 en 3 uitgebreider besproken. Uit persoonlijke communicatie met RWS-ON is gebleken dat de KRW-geulen in principe waterstandsneutraal worden aangelegd. Dit betekent dat de waterstandsdeling als gevolg van rivierverruiming wordt benut om ruwere vegetatie te laten ontwikkelen. Compensatie van de negatieve effecten van de dijkversterkingsmaatregelen kan plaatsvinden door de geulen ruimer te dimensioneren (dieper, breder, langer) waardoor er netto waterstandsdeling ontstaat.

KRW maatregel 1 - Windesheim

Door de 1,3 km lange nevengeul bij Windesheim ruimer te dimensioneren kan een netto waterstandsdeling op de rivieras gehaald worden. Ter hoogte van de geplande nevengeul bevindt zich voor dijk alternatief D geen knelpunt. Gezien het effect van de nevengeul zich in bovenstroomse richting voortplant kan deze maatregel mogelijk de opstuwung op deeltrajecten 1.2-2 en deeltrajecten 9.1-10 verkleinen of zelfs compenseren. Deze maatregel zal geen compensatie bieden voor de opstuwung op deeltraject 15.1.

KRW maatregel 2 - Herxen

Door de 3,4 km lange nevengeul bij Herxen ruimer te dimensioneren kan een netto waterstandsdeling op de rivieras gehaald worden. Ter hoogte van de geplande nevengeul bevindt zich voor dijk alternatief D een knelpunt (rkm 969), deze maatregel kan dienen als compensatie voor de opstuwung. Aangezien het effect van de nevengeul zich in bovenstroomse richting voortplant kan deze maatregel mogelijk ook de opstuwung

op deeltrajecten 1.2-2 verkleinen of zelfs compenseren. Deze maatregel zal geen compensatie bieden voor de opstuwing op deeltraject 15.1.

KRW maatregel 3 - Buitenwaarde Wijhe

Door de 1,5 km lange nevengeul bij Wijhe ruimer te dimensioneren kan een netto waterstandsdeling op de rivieras gehaald worden. Ter hoogte van de geplande nevelgeul bevindt zich voor dijk alternatief D geen knelpunt. Gezien het effect van de nevengeul zich in bovenstroomse richting voortplant kan deze maatregel mogelijk de opstuwing op deeltrajecten 1.2-2 verkleinen of zelfs compenseren. Deze maatregel zal geen compensatie bieden voor de opstuwing op deeltrajecten 9-10.1 en deeltraject 15.1.

6.2 Overige rivierkundige effecten van compenserende maatregelen

Aandachtspunten voor overige nadelige rivierkundige effecten die kunnen optreden bij compenserende maatregelen zijn met name een toename van de dwarsstroming en ontstaan van sedimentatie in het zomerbed.

Een vergraving of de aanleg van een nevengeul kan leiden tot een afname van de dwarsstroomsnelheden ter hoogte van de instroom van de gecreëerde uiterwaard of nevengeul zodra deze gaat meestromen. De stroming wordt op deze locatie dan niet meer richting het zomerbed geduwd maar stroomt dan door de nieuwe uiterwaard of nevengeul. Benedenstrooms van de vergraving of de nevengeul kan echter een toename van de dwarsstroomsnelheden ontstaan vanwege de grotere toevoer van water dat uit de nieuwe uiterwaard weer het zomerbed instroomt.

Wanneer de uiterwaard of nevengeul meestroomt wordt er water aan het zomerbed onttrokken en kunnen de stroomsnelheden in het zomerbed afnemen. Dit heeft een verhoging van de bodemligging (sedimentatie) tot gevolg. Indien dit leidt tot een afname van de minimale vaargeul dimensies kan dit leiden tot een verhoging van de baggerinspanning. Bovenstaande effecten dienen in de planstudiefase nader onderzocht te worden.

7

AANDACHTSPUNTEN VOOR DE PLANUITWERKING

7.1 Leemten in kennis en informatie

Onderstaand zullen puntsgewijs een aantal onderwerpen worden benoemd die zijn ervaren als ofwel gebrek aan kennis ofwel gebrek aan informatie:

- eigendom: wat mag wel en niet bij verleggingen;
- detaillering van dijkverlegging.

7.2 Aanbevelingen

- het gebruik van recente waterdiepte kaarten in plaats van sedimentatieruimtekaarten;
- berekenen van rivierkundig effect van dijkversterkingsmaatregelen voor het VKA;
- beoordeling van de effecten van de maatregelen die genomen worden om de waterstandseffecten te compenseren (tweede orde effecten) conform Rivierkundig Beoordelingskader (RWS-WVL).

8

REFERENTIES

- RWS-ON (2017). Meekoppelkansen KRW RWS_ingevulde tabellen.pptx.
- Gemeente Olst-Wijhe (2017). Structuurvisie Olst-Wijhe. 14 september 2017.
- RWS-WVL (2017). Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren (versie 4).

Bijlage(n)



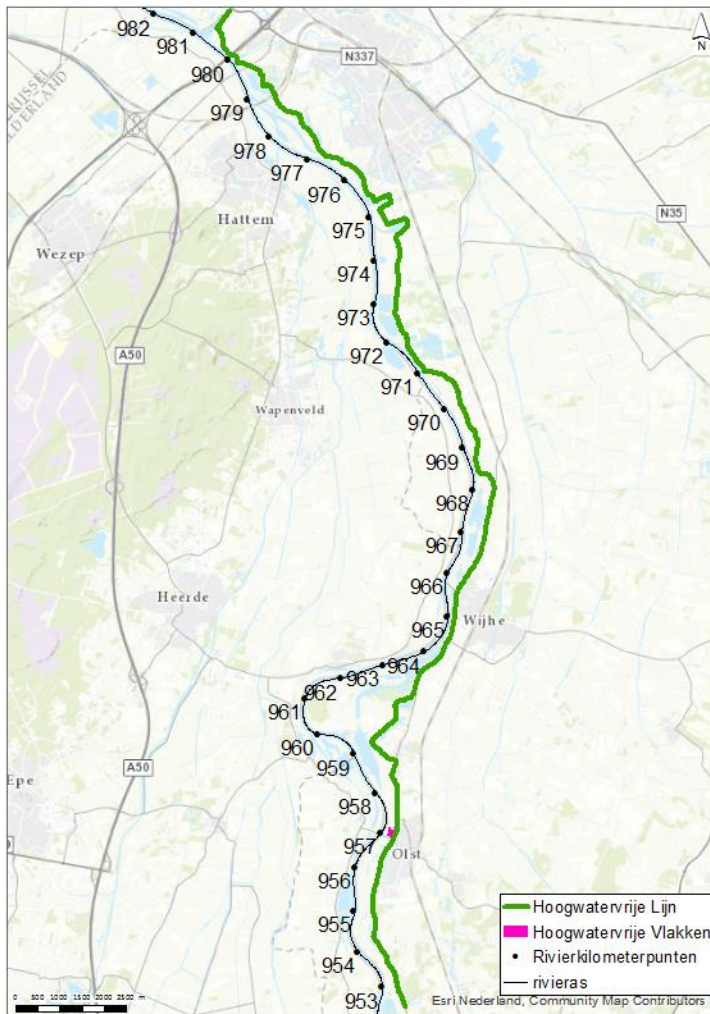
BIJLAGE: BESCHRIJVING AANPASSINGEN REFERENTIESCHEMATISATIE

Het aangeleverde referentiemodel (beno15_5_20m_ijssel-v2) is op aanwijzing van Rijkswaterstaat Oost-Nederland (Corné de Leeuw) aangepast om te voldoen aan de meest actuele situatie in het projectgebied. Deze bijlage beschrijft de aanpassingen ten opzichte van het oorspronkelijke referentiemodel.

Hoogwatervrije lijn

De buitenkruinlijn van de huidige dijk lag in het oorspronkelijke referentiemodel niet op de juiste locatie. Veelal kwam dit overeen met het midden van de huidige kruin van de dijk. Dit is gecorrigeerd in het oorspronkelijke referentiemodel (beno15_5_20m_ijssel-v2) door de juiste buitenkruinlijn als een hoogwatervrije lijn toe te voegen. Afbeelding I.1 toont in het groen de toegevoegde hoogwatervrije lijn.

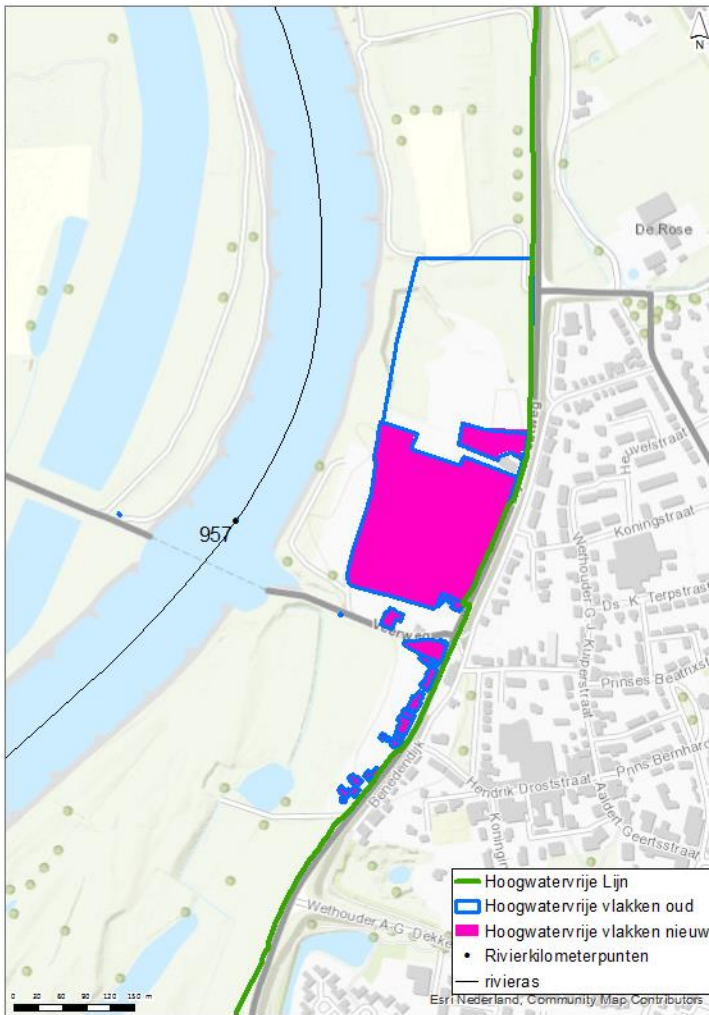
Afbeelding I.1 De IJssel tussen rkm 953 en rkm 982 met een hoogwatervrije lijn die is toegevoegd aan het oorspronkelijke referentiemodel



Hoogwatervrije vlakken

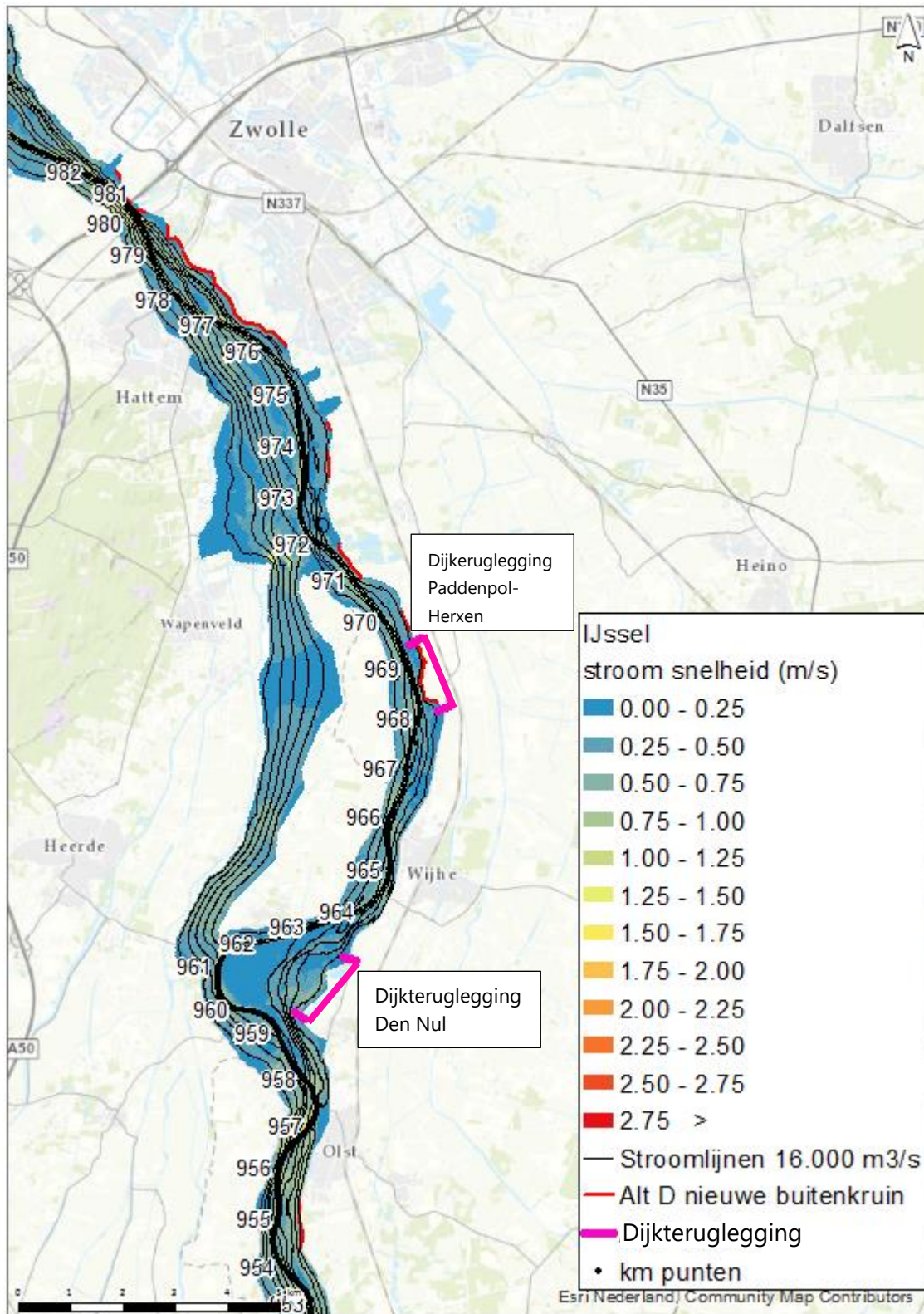
Een hoogwatervrij vlak (vergunning) bij Olst, ter hoogte van rkm 957, is verkleind. Afbeelding I.2 toont in het blauw het hoogwatervrije terrein in de oorspronkelijke referentie en in het roze het hoogwatervrije terrein in de nieuwe referentie.

Afbeelding I.2 De IJssel ter hoogte van rkm 957. De blauw omrande vlakken laten een aantal hoogwatervrije terreinen zien in de oorspronkelijke referentie, de roze vlakken laten de hoogwater vrije vlakken zien in de nieuwe referentie



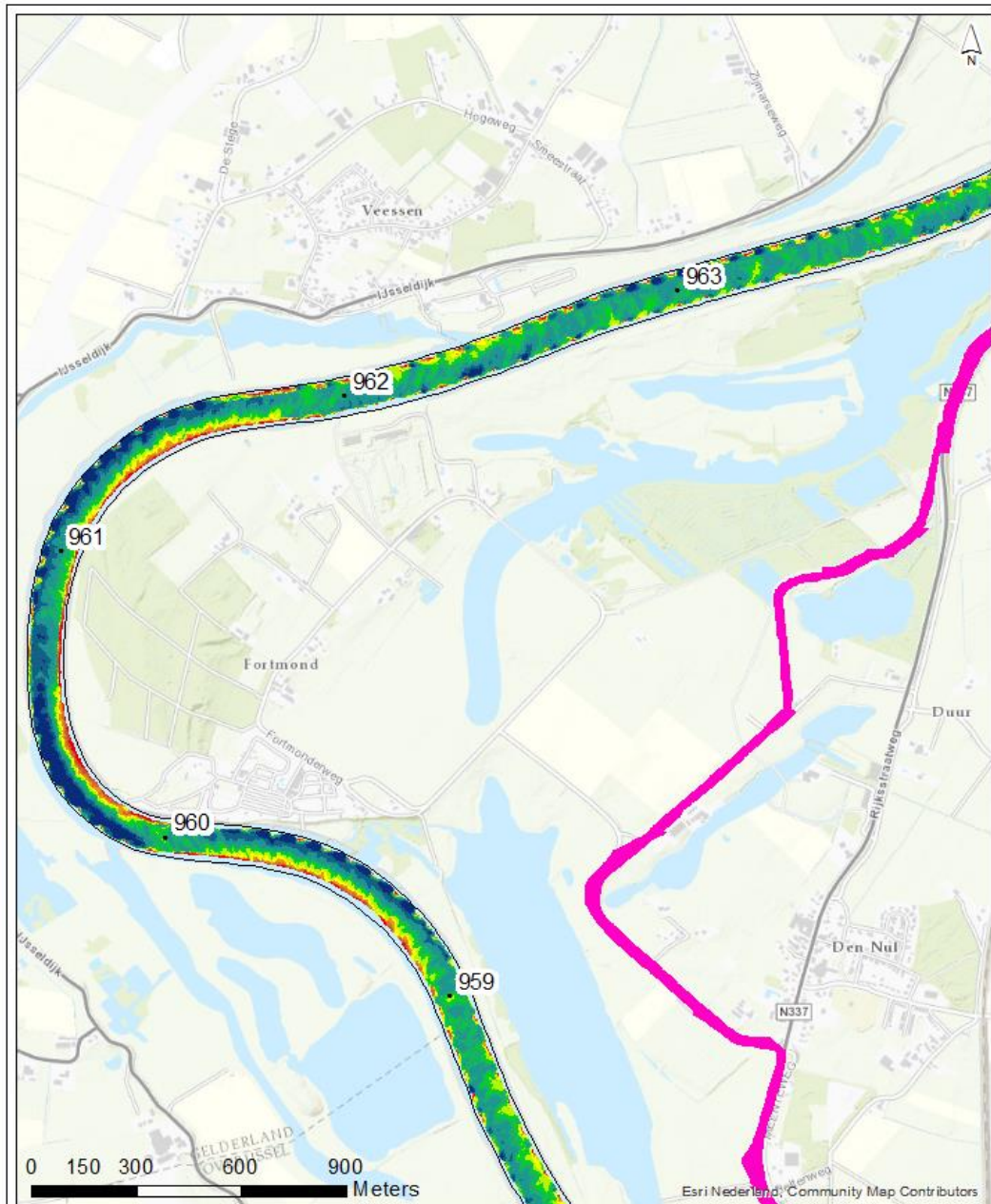


BIJLAGE: STROOMBEELD REFERENTIE BIJ 16.000 M³/S

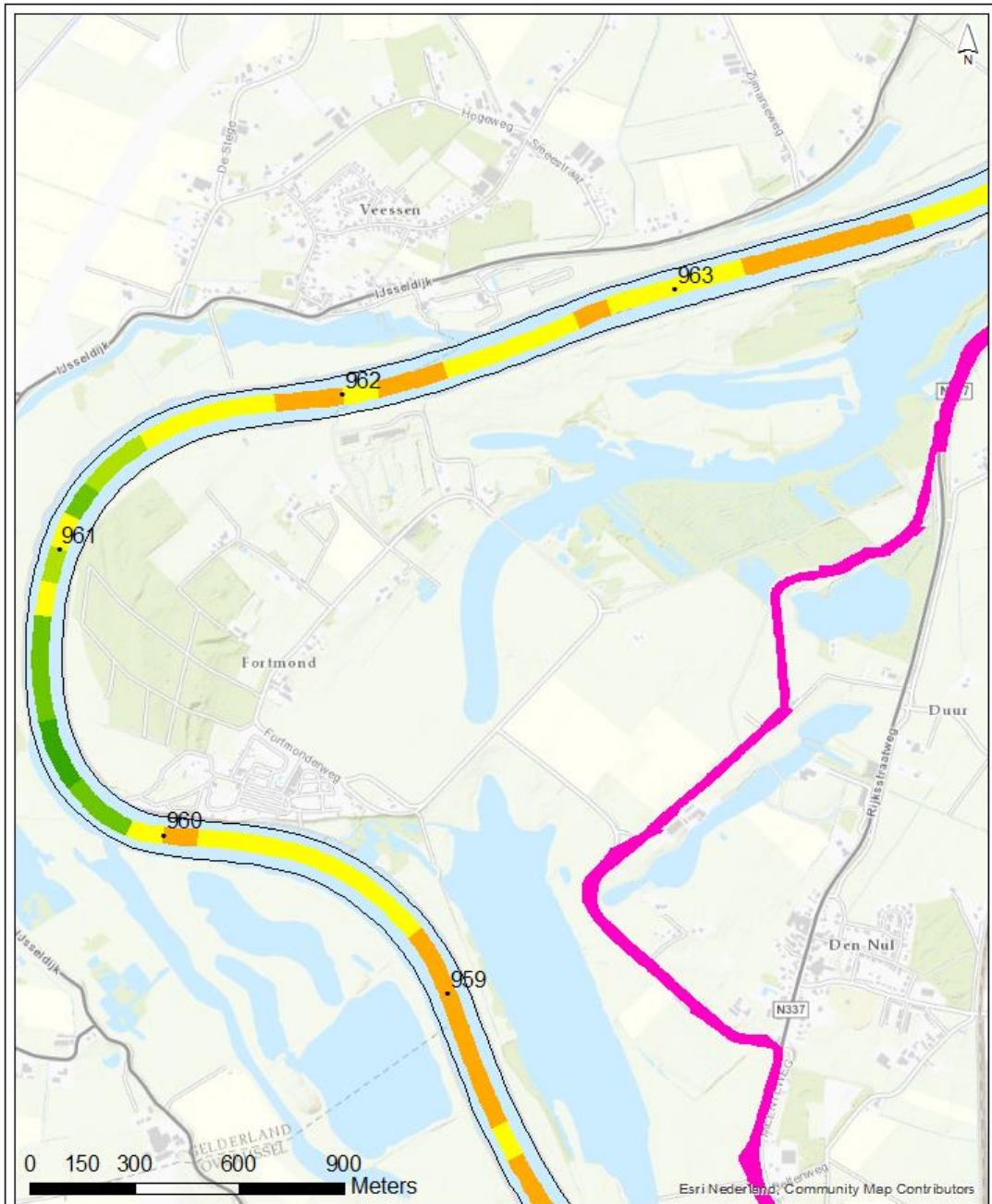




BIJLAGE: SEDIMENTATIERUIMTEKAARTEN



Sedimentatieruimte	0-0,25 (voldoende)	Bestaande dijk
t.o.v. minimale diepte IJssel [cm]	0,25-0,50 (voldoende)	zomerbed
<-1 (onvoldoende)	0,50-0,75 (voldoende)	kilometer punten
-1-0,75 (onvoldoende)	0,75-1 (voldoende)	
-0,75-0,50 (onvoldoende)	1-1,50 (voldoende)	
-0,50-0,25 (onvoldoende)	1,50-2 (voldoende)	
-0,25-0 (onvoldoende)	>2 (voldoende)	



Sedimentatieruimte

t.o.v. streefdiepte IJssel [cm]

- <-0,5 (onvoldoende)
- -0,5-0,25 (onvoldoende)
- 0,25-0 (voldoende bij 30% extra streefdiepte)
- 0-0,25 (voldoende bij 40% extra streefdiepte)
- 0,25-0,50 (voldoende)

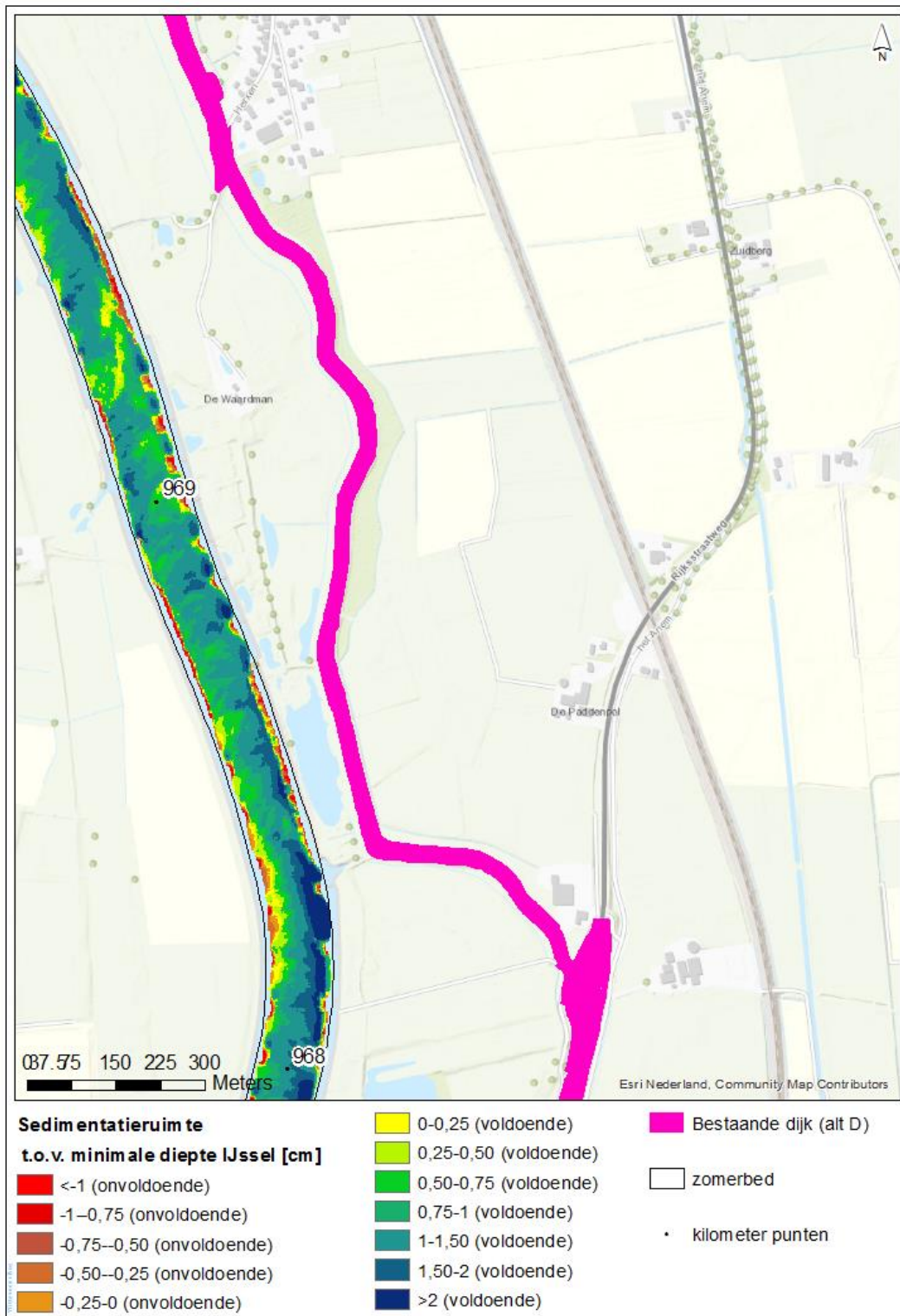
■ 0,50-0,75 (voldoende)

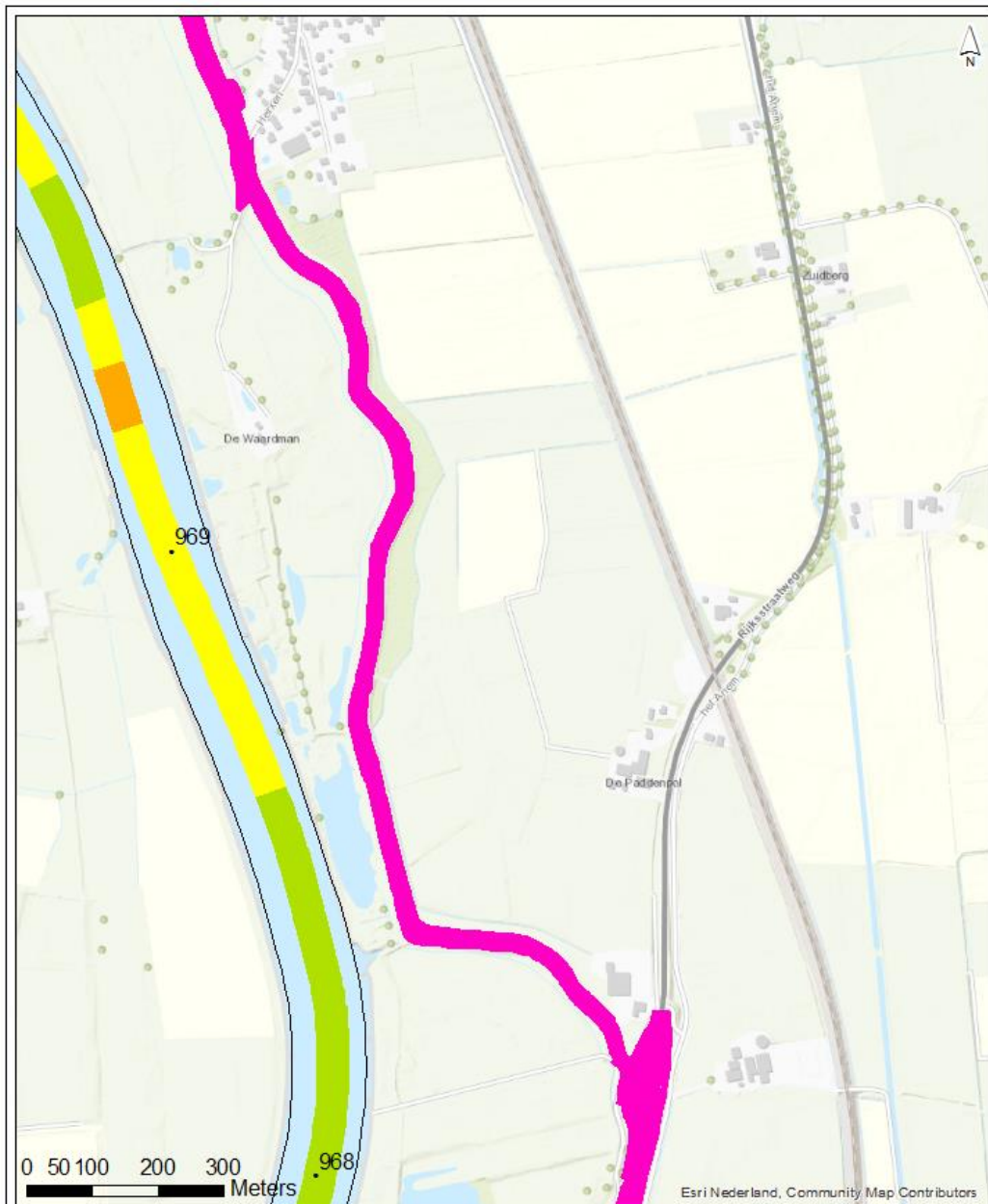
■ >0,75 (voldoende)

■ Bestaande dijk

□ zomerbed

• kilometer punten





Sedimentatieruimte

t.o.v. streefdiepte IJssel [cm]

- <-0,5 (onvoldoende)
- 0,5--0,25 (onvoldoende)
- 0,25-0 (voldoende bij 30% extra streefdiepte)
- 0-0,25 (voldoende bij 40% extra streefdiepte)
- 0,25-0,50 (voldoende)

0,50-0,75 (voldoende)

>0,75 (voldoende)

Bestaande dijk

zomerbed

• kilometer punten

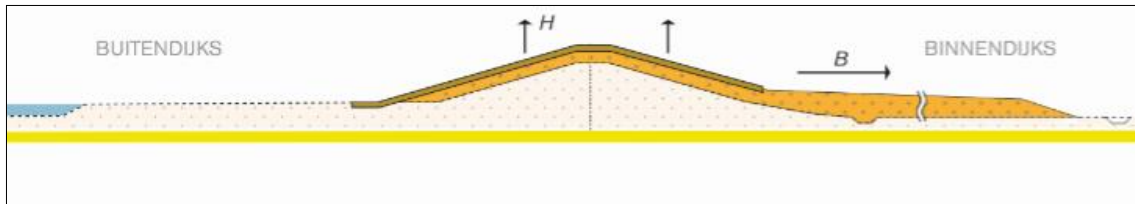
IV

BIJLAGE: KANSRIJKE ALTERNATIEVEN OP HOOFDLIJNEN

Alternatief A - Binnendijkse grondoplossing met pipingberm

Het pipingprobleem wordt binnendijks opgelost door middel van een lange grondberm (tot 100 m), ook wel een pipingberm genoemd. Deze grondberm zorgt er tevens voor dat het stabiliteitsprobleem van de dijk wordt opgelost. De bekleding van de dijk wordt vervangen en erosiebestendig gemaakt. Door de dijk te verhogen wordt voorkomen dat er te veel water over de dijk heen stroomt. Verhogen kan op verschillende manieren, in onderstaande afbeelding is de variant 'vierkant ophogen' weergegeven.

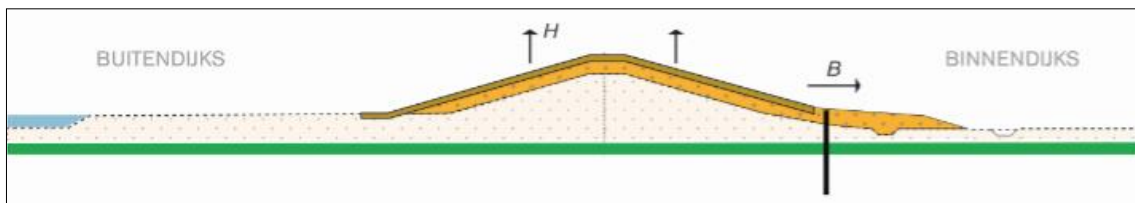
Afbeelding IV.1 Alternatief A. Binnendijkse grondoplossing met pipingberm



Alternatief B - Binnendijkse grondoplossing met verticale pipingvoorziening

Het stabiliteitsprobleem wordt binnendijks opgelost door middel van een relatief korte grondberm (veelal <20 m), ook wel stabiliteitsberm genoemd. Door middel van een verticale pipingvoorziening onder de stabiliteitsberm wordt piping tegengegaan. Deze houdt het zand tegen dat in geval van piping onder de dijk wegspoelt. De bekleding van de dijk wordt vervangen en erosiebestendig gemaakt. Door de dijk te verhogen wordt voorkomen dat er te veel water over de dijk heen stroomt. Verhogen kan op verschillende manieren, in onderstaande afbeelding is de variant 'vierkant ophogen' weergegeven.

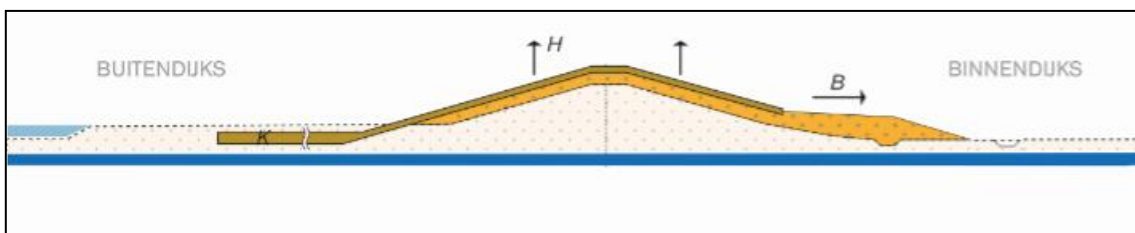
Afbeelding IV.2 Binnendijkse grondoplossing met verticale pipingvoorziening



Alternatief C - Binnendijkse grondoplossing met buitendijkse klei-ingraving

Het stabiliteitsprobleem wordt binnendijks opgelost door middel van een korte grondberm, ook wel stabiliteitsberm genoemd. Het pipingprobleem wordt aan de rivierzijde opgelost door het ingraven van klei. De bekleding van de dijk wordt vervangen en erosiebestendig gemaakt. Door de dijk te verhogen wordt voorkomen dat er te veel water over de dijk heen stroomt. Verhogen kan op verschillende manieren, in onderstaande afbeelding is de variant 'vierkant ophogen' weergegeven.

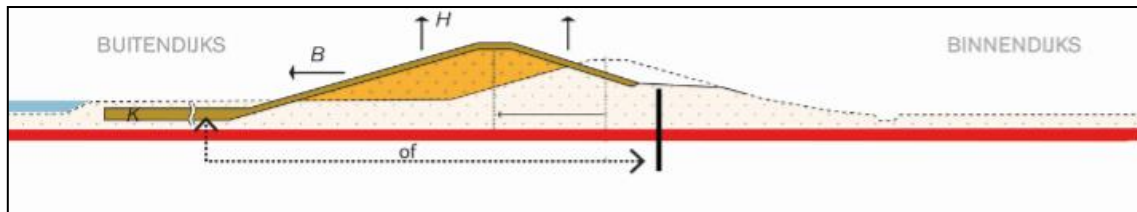
Afbeelding IV.3 Binnendijkse grondoplossing met buitendijkse klei-ingraving



Alternatief D - Verschuiving in buitendijkse richting met buitendijkse klei-ingraving of verticale pipingvoorziening

De kruin van het dijklichaam wordt verplaatst in buitendijkse richting, waarbij het oude dijklichaam als berm wordt benut om het stabiliteitsprobleem op te lossen. Hierdoor worden binnendijkse waarden en functies zoveel mogelijk gespaard. De bekleding van de dijk wordt vervangen en erosiebestendig gemaakt. Het pipingprobleem kan opgelost worden door het ingraven van klei óf door het aanbrengen van een verticale pipingvoorziening onder het oude dijklichaam. Door de dijk te verhogen wordt voorkomen dat er te veel water over de dijk heen stroomt.

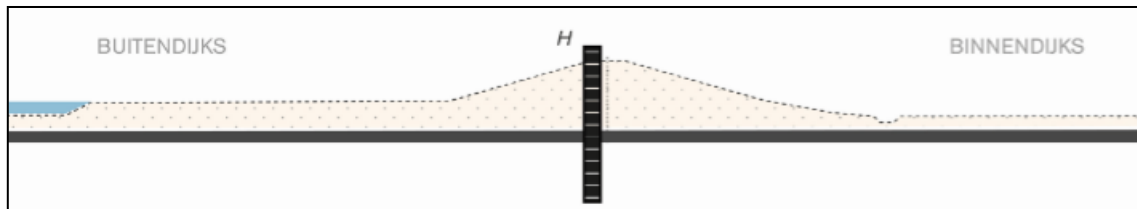
Afbeelding IV.4 Verschuiving in buitendijkse richting met buitendijkse klei-ingraving of verticale pipingvoorziening



Alternatief E - Zelfstandig kerende constructie

Alle faalmechanismen worden opgelost door middel van een constructie die in de huidige dijk wordt geplaatst. Deze constructie kan de waterkerende functie vervullen, wat betekent dat er geen steun nodig is van een binnen- of buitentalud. Voorbeelden van zelfstandig kerende constructies zijn een betonnen wand (diepwand) of twee aan elkaar verbonden damwanden (kistdam). Wanneer de dijk ook hoger moet worden, steekt de constructie boven de huidige dijk uit. Een zelfstandig kerende constructie kan ook op maatwerklocaties (bijvoorbeeld ter hoogte van woningen) toegepast worden om de dijk te versterken en de woningen te behouden.

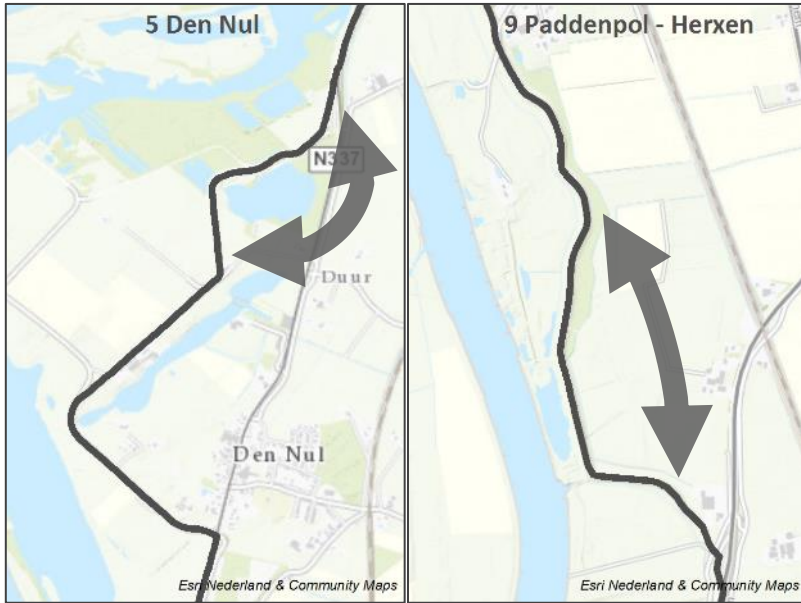
Afbeelding IV.5 Zelfstandig kerende constructie



Alternatief F - Dijkverlegging

Op twee trajecten is ook een binnendijkse dijkverlegging onderzocht als kansrijk alternatief. Afbeelding IV.6 geeft aan waar deze dijkverleggingen onderzocht zijn. De pijlen geven het zoekgebied weer.

Afbeelding IV.6 Weergave locatie dijkverleggingen op deeltraject 5.3 (Den Nul) en deeltraject 9 (Paddenpol-Herxen)





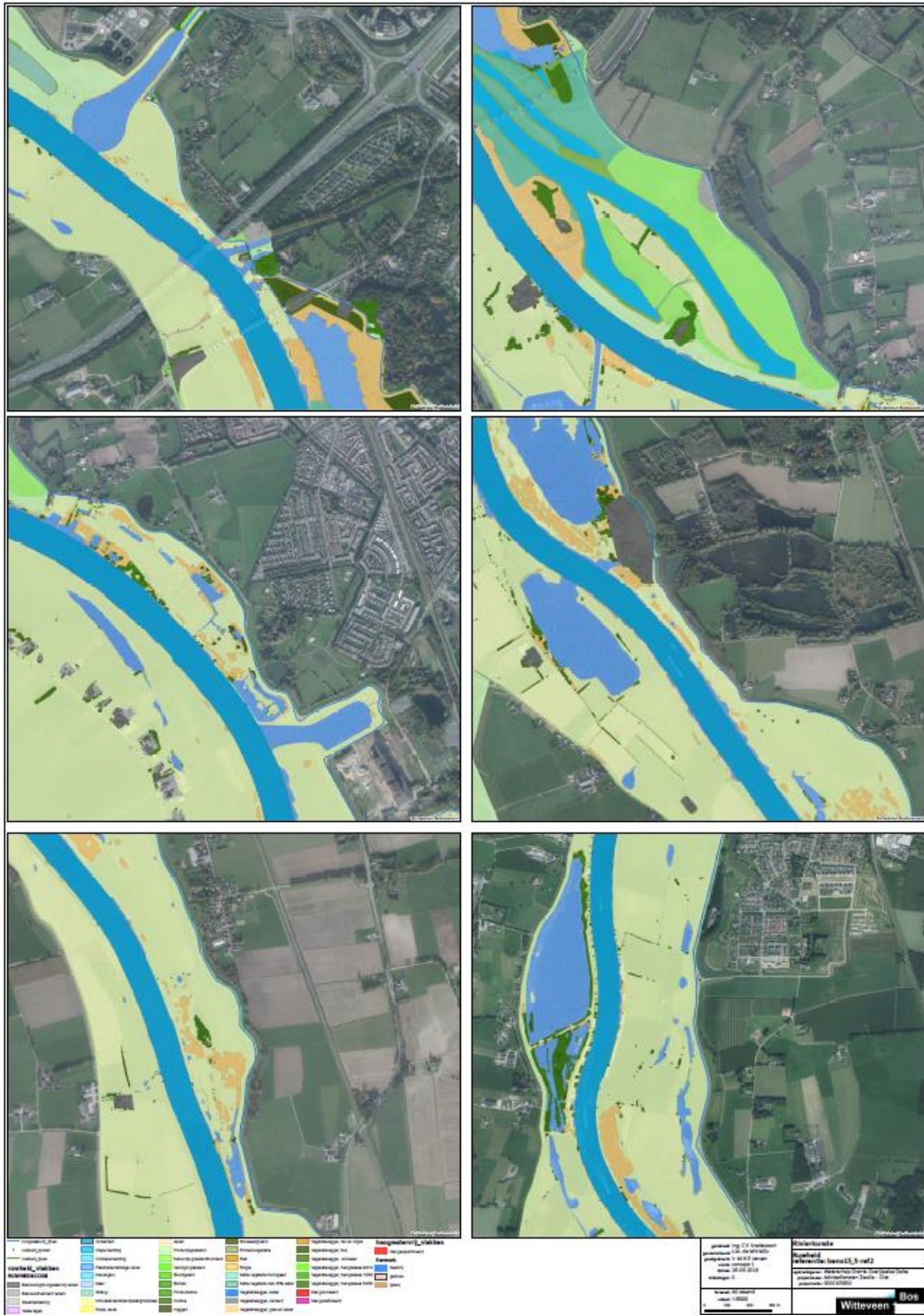
BIJLAGE: BASELINESCHEMATISATIE VAN DE BODEM



VI

BIJLAGE: BASELINESCHEMATISATIE VAN DE RUWHEID

Ruwheden referentie



Ruwheden variant

