



Milieu- effectrapportage

Themarapport Rivierkunde

Dijkversterking Mastenbroek - IJssel

Colofon

Waterschap Drents Overijsselse Delta

Projectnaam: HWBP Mastenbroek-IJssel
Projectfase: Verkenningsfase
Documentnaam: Themaport Rivierkunde

Versie	Datum	Omschrijving
Definitief	6 nov 2025	Vrijgegeven door Dagelijks Bestuur

Inhoudsopgave

1. Inleiding, beoordelingskader en beleid	4
1.1. Inleiding	4
1.2. Beoordelingsmethode	5
2. Huidige situatie en autonome ontwikkeling (Referentiesituatie)	8
3. Effectenbeschrijving en -beoordeling	9
3.1. Inleiding	9
3.2. Opstuwing (waterstandseffecten)	9
3.3. Waterberging	12
3.4. Morfologie	12
3.5. Maatwerk locaties	13
3.6. Samenvattende beoordeling rivierkunde	14
4. Conclusie	16
4.1. Cumulatie	16
4.2. Mogelijkheden voor mitigatie	16
4.3. Leemten in kennis	16

1. Inleiding, beoordelingskader en beleid

1.1. Inleiding

Bij dijkversterkingsmaatregelen langs de grote rivieren moet een afweging worden gemaakt tussen binnendijkse- of buitendijkse (rivierwaartse) verbreding van de dijk. Voor binnendijkse maatregelen zal niet altijd ruimte zijn - of slechts met grote maatschappelijke gevolgen (hoge kosten, overlast, etc). De ruimte buitendijks (in het rivierbed) is schaars en dient zo veel mogelijk beschikbaar te blijven voor de afvoer en berging van rivierwater.

Om tot een goede afweging te komen heeft het HWBP de 'Redeneerlijn buitendijks (rivierwaarts) versterken' opgesteld (Factsheet HWBP). Belangrijk uitgangspunt daarin is dat buitendijkse (rivierwaartse) dijkversterkingen zo veel mogelijk worden voorkomen.

Voor het geval toch voor een buitendijkse oplossing wordt gekozen dienen deze volgens de redeneerlijn:

- a. Niet op een **hydraulisch ongunstige locatie** te liggen. Bijvoorbeeld als deze een hydraulisch knelpunt versterkt of creëert en de afvoerverdeling op de splitsingspunten significant verandert.
- b. Geen belemmering op te leveren voor het **veilig en doelmatig gebruik** van het rivierbed, waaronder de scheepvaartfunctie.

Dit deelrapport richt zich op de mogelijke rivierkundige gevolgen in het geval wordt gekozen voor een buitendijkse versterking. De gevolgen worden getoetst aan de hand van de Beleidsregels grote rivieren (Bgr 2025). Hierin valt een dijkversterking (het aanpassen van een waterstaatswerk) onder de riviergebonden activiteiten (BGR 2025, art 4.a). Deze worden toegestaan mits voldaan is aan de voorwaarden uit artikel 6 lid 1 en lid 2. Voor de effectbeoordeling is alleen het eerste lid relevant, het tweede lid heeft betrekking op procedurele voorwaarden.

Bgr 2025, Artikel 6.1:

Toestemming wordt alleen gegeven indien:

- a. sprake is van een zodanige situering en uitvoering van de activiteit dat een veilig en doelmatig gebruik van de rivier gewaarborgd blijft;
- b. feitelijke belemmeringen voor de vergroting van de afvoercapaciteit van de rivier worden voorkomen;
- c. er sprake is van een zodanige situering en uitvoering van de activiteit dat een waterstandsverhoging of afname van het bergend vermogen van de rivier wordt voorkomen of zoveel mogelijk wordt beperkt; en
- d. resterende onvermijdbare waterstandsverhoging en bergingsverlies wordt gecompenseerd.

De beleidsregels zijn verder uitgewerkt in het Rivierkundig Beoordelingskader (actuele versie RBK 6.0, 23 januari 2023). Opgemerkt wordt dat dit beoordelingskader nog niet geactualiseerd is na de laatste aanpassing van de Bgr (februari 2025). Het is nog niet inzichtelijk of er methodologisch significante aanpassingen voorzien zijn ten aanzien van de uitgevoerde analyses met betrekking tot opstuwing. Voor het aspect waterberging is in de nieuwe beleidsregels opgenomen dat bergingsverlies generiek zo veel mogelijk voorkomen moet worden en waar dit niet mogelijk is, gecompenseerd moet worden. Vóór wijziging van de Bgr hoefde berging in de IJsseldelta bijna nergens beschouwd te worden omdat de IJsseldelta

in het bergend regime was gelegen.. Met het vervallen van het onderscheid tussen bergend en stroomvoerend regime is dit veranderd. Rijkswaterstaat beraadt zich momenteel hoe deze regel concreet ingevuld moet worden in gebieden waar berging voorheen niet beschouwd hoefde te worden. Omwille van de voortgang van de dijkversterkingsopgave is voor dit project met RWS afgesproken dat we voor de beoordeling met betrekking tot de compensatie van de eventuele waterstandseffecten en bergend volume (nu art. 6) de huidige werkwijze binnen RWS-ON (van voor de BGR-wijziging) volgen en daarmee toetsen op basis van het stroomvoerend regime. Deze afspraak wordt bestuurlijk vastgelegd zodat hier in latere fases (planuitwerking en realisatie) geen onduidelijkheid over ontstaat. Deze afspraak is er op het moment van schrijven van dit document nog niet.

Uitgangspunt van het rivierkundig beoordelingskader is dat de rivierkundige effecten van een maatregel zoveel mogelijk moeten worden vermeden (*"Dijkversterkingen worden in principe binnendijs uitgevoerd, maar op sommige locaties is dit niet mogelijk of wenselijk."*, RBK 6.0 p27).

Rivierkundige aspecten worden beoordeeld aan de hand van de drie deelaspecten: opstuwing (waterstandsverschillen), waterberging en morfologie.

- Voor **Opstuwing** zijn rivierkundige modelberekeningen uitgevoerd op basis waarvan een score neutraal of negatief is bepaald.
- **Waterberging** betreft met name verschillen tussen de alternatieven (binnenwaarts geen effect, buitenwaarts een (klein) negatief effect).
- **Morfologische** effecten worden afgeleid uit de resultaten van de rivierkundige modelberekening.

Tabel 1.1: Beoordelingskader rivierkunde

	Thema	Aspect	Effect tijdens aanleg / na aanleg	Beoordelingscriteria
Impact op de omgeving	Rivierkunde	Opstuwing	Effecten na aanlegfase (permanente effecten)	Berekende lokale toename van het waterstandseffect
		Waterberging	Effecten na aanlegfase (permanente effecten)	Wel/ geen effecten op waterberging
		Morfologie	Effecten na aanlegfase (permanente effecten)	Wel/ geen effect op de mate van aanzanding.

Tabel 1.2 geeft de voor de rivierkunde belangrijkste wet- en regelgeving en beleid en de daaruit volgende aandachtspunten.

Tabel 1.2: Beleidskader voor het thema Rivierkunde

Wet of beleidsdocument	Relevant beleid
Bgr 2025 Rivierkundig Beoordelingskader 6.0 (23 jan 2023)	Effecten op waterstand vermijden of compenseren. Voorgeschreven methodiek voor effectbepaling.

1.2. Beoordelingsmethode

Buitendijkse aanpassing aan de dijk kunnen impact hebben op de rivier. Om de effecten hiervan in beeld te brengen, is beoordeling aan de hand van de aspecten uit het Rivierkundig beoordelingskader voor ingrepen in de Grote rivieren van belang. Het effect van de dijkversterking op het rivierkundig functioneren van de IJssel brengt het MER in beeld aan de hand van de eventuele opstuwing van water; eventuele vermindering van het waterbergend vermogen en eventuele veranderingen in sedimentatie en erosie in het zomerbed. Hierbij is het

voorgeschreven Rivierkundig Beoordelingskader (RBK 6.0) gehanteerd ([IPLO, 2023](#)).

Uitgangspunt van het RBK is dat de rivierkundige effecten van een maatregel zoveel mogelijk moeten worden vermeden (*“Dijkversterkingen worden in principe binnendijs uitgevoerd, maar op sommige locaties is dit niet mogelijk of wenselijk.”*, RBK 6.0 p27).

Voor **opstuwing** geldt dat alleen berekende waterstandseffecten kleiner dan 1,0 mm toelaatbaar zijn, aangezien deze binnen de bandbreedte van de modelon nauwkeurigheid vallen. Grotere effecten dienen te worden vermeden of gecompenseerd.

Voor **waterberging** geldt de afspraak dat wordt beoordeeld aan de hand van het RBK van vóór de wijziging van de Bgr (februari '25) en dus niet wordt beschouwd aan de hand van het RBK. Wel geldt in het algemeen dat het ontnemen van bergingscapaciteit aan de rivier in het algemeen niet strookt met principes volgens 'Water en Bodem sturend' principes die sinds 2022 landelijk worden nagestreefd.. Voor **morfologische** effecten van ingrepen geldt dat deze beperkt moeten blijven zodat er geen nadelige gevolgen zijn op de hoogwaterveiligheid, de functies van waterstaatswerken, bevaarbaarheid van de vaarwegen en de stabiliteit van het riviersysteem op korte en lange termijn. Er zijn geen harde getalsmatige grenzen gedefinieerd.

Om de rivierkundige effecten van de verschillende alternatieven evenredig te kunnen wegen is de volgende aanpak gehanteerd:

- **Opstuwing:** De opstuwing is met een rivierkundige modelberekening cumulatief (voor alle buitenwaarse versterkingen tegelijk) berekend. Deze berekeningen zijn afgestemd met de vergunningverlener (Rijkswaterstaat). Op dijkvakken waar de berekeningen een relatief sterke toename van de waterstands-effecten laten zien zijn buitenwaartse versterkingen als negatief (-) beoordeeld, op dijkvakken waar de waterstandseffecten maar beperkt toenemen is de score neutraal (0). (Hoewel de effecten in absolute zin overal gering zijn, zijn er vanuit de berekeningen enkele dijkvakken te onderscheiden waar de effecten, om rivierkundig goed verklaarbare redenen, duidelijk sterker toenemen. Omdat de effecten bovenstrooms cumulatief doorwerken is de lokale toename van het effect de juiste maat om te differentiëren tussen de dijkvakken).
- **Waterberging:** Buitenwaartse alternatieven hebben een (beperkte) afname van de waterberging tot gevolg en zijn daarom als negatief (-) beoordeeld, overige alternatieven zijn neutraal (0) beoordeeld. Omdat in het huidige ontwerp geen compensatie is voorzien, en hiermee water en bodem sturende principes negatief worden beïnvloed, zijn buitendijkse versterkingen negatief beoordeeld.
- **Morfologische Effecten:** De morfologische aspecten worden beschouwd aan de hand van de rivierkundige modelberekeningen. Daaruit blijkt dat de effecten in alle gevallen beperkt blijven en daarom als neutraal beoordeeld kunnen worden.

Tabel 1.3: Scoretabel rivierkunde

	Thema	Aspect	Effect	Oordeel
Impact op de omgeving	Rivierkunde	Opstuwing	- Beperkte toename van cum. waterstandsverschil	0
			- Relatief sterke toename van cum. waterstandsverschil	-
		Waterberging	- Geen effect	0
				-

Thema	Aspect	Effect	Oordeel
		- Enige afname (buitenwaartse maatregel)	
	Morfologie	Geen significante effecten voorzien	0

2. Huidige situatie en autonome ontwikkeling (Referentiesituatie)

De IJssel is een rivier in Nederland die zich uitstrekt van Westervoort tot Kampen. De rivier is een zijtak van de Rijn en heeft een lengte van 127 kilometer. Het rivierbed varieert sterk in breedte en ligt tussen de 70 en 140 meter. De diepte van de IJssel verloopt van ca. NAP+3,0 m bij Westervoort tot NAP-7,0m bij Kampen. Het dijkversterkingsproject bevindt zich in de IJsseldelta nabij de monding in het Ketelmeer. Het projectgebied kenmerkt zich doordat de maatgevende waterstanden met name optreden bij combinaties van extreme storm en een verhoogd meerpeil. Afvoerpieken dragen binnen het projectgebied nauwelijks bij aan de maatgevende belastingen op de waterkering (dat neemt niet weg dat ingrepen binnen het gebied bovenstrooms wel effect kunnen hebben bij extreme afvoer). Bij de Molenbrug en de Stadsbrug Kampen is de rivier op haar smalst. Bij hoge afvoeren treed hier significante opstuwing op maar door recente ingrepen zijn de waterstanden wel beduidend lager dan bij extreme stormcondities.

Recente rivierkundige verbeteringen zijn de realisatie van de bypass Reevediep en de verlaging van het zomerbed benedenstrooms van het Reevediep. Met de afronding van dit Ruimte voor de Rivier project (in 2023) zijn er momenteel geen vastgestelde rivierkundige ingrepen voorzien. Wel lopen er vanuit de KRW meerdere projecten in de uiterwaarden, maar die zullen vanwege de beleidsregels grote rivieren geen significante rivierkundige effecten mogen geven.

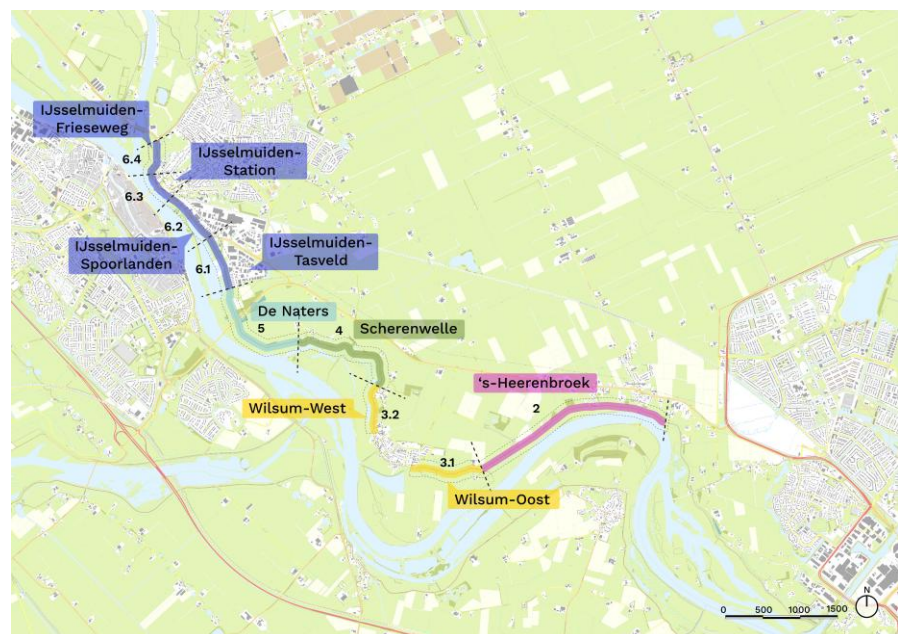
3. Effectenbeschrijving en -beoordeling

3.1. Inleiding

Dit hoofdstuk gaat in op de rivierkundige effecten van de dijkversterking in het traject Mastenbroek-IJssel. Dit traject is opgedeeld in verschillende deeltrajecten. De volgende deeltrajecten zijn onderdeel van de versterkingsopgave:

- 2 's Heerenbroek
- 3.1 Wilsum-Oost
- 3.2 Wilsum-West
- 4 Scherenwelle
- 5 De Naters
- 6.1 IJsselmuiden-Tasveld
- 6.2 IJsselmuiden-Spoorlanden
- 6.3 IJsselmuiden-Station
- 6.4 IJsselmuiden-Frieseweg

figuur 3-1 toont de ligging van de verschillende deeltrajecten.



figuur 3-1: Deeltrajecten Dijkversterking Mastenbroek-IJssel

3.2. Opstuwing (waterstandseffecten)

Opstuwing wordt beoordeeld aan de hand van de resultaten van rivierkundige modelberekeningen. Omdat het project zich bevindt in de overgangszone van afvoer-gedomineerd naar wind- en meerpeilgedomineerd bevindt zijn de effecten gering en maximaal in de orde van 1-2mm. Voor een groot deel van het traject zijn de effecten zelfs positief. Doordat er bij storm-gedomineerd hoogwater minder water vanuit het IJsselmeer/ Ketelmeer de IJssel op wordt gestuwd nemen de waterstanden bovenstrooms op de IJssel netto af.

Voor het overgangsgebied in de IJsseldelta is een aanpak voorgeschreven waarbij aan de hand van de conditionele illustratiepunten (CIP's) een gewogen gemiddelde van het waterstands-effect wordt bepaald voor meerdere hydraulische scenario's (combinatie's van afvoer, wind en meerpeil). In dit geval heeft Rijkswaterstaat een drietal scenario's voorgeschreven, waarbij de weegfactor van de scenario's varieert met de afstand langs de rivier. Deze aanpak leidt tot een groot aantal

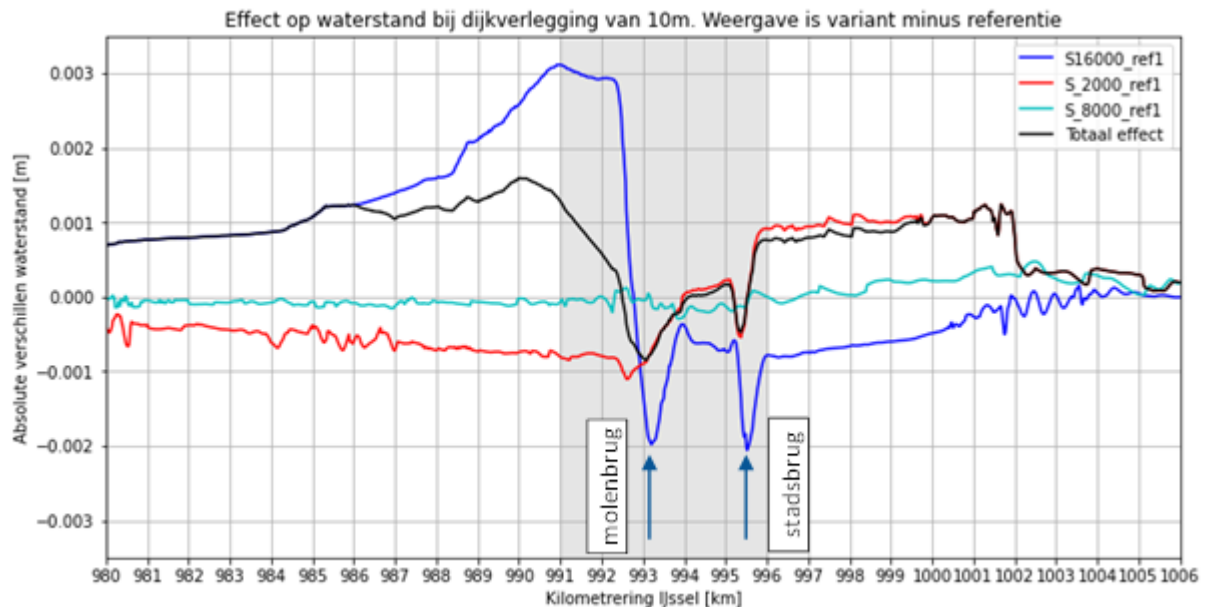
berekeningen met een enorme rekentijd (orde van weken) indien de effecten voor elk dijkvak apart bepaald worden. Vanwege de veronderstelde geringe effecten is er gekozen voor een vereenvoudigde aanpak waarbij in de hydraulische modelstudie twee varianten voor de buitenwaartse dijkversterking zijn geschematiseerd, namelijk één waarbij de dijk over het gehele dijktraject benedenstrooms van Wilsum 5m buitenwaarts wordt verlegd¹ en een tweede met 10m dijkverlegging. Daarmee wordt feitelijk het cumulatieve effect berekend van een buitendijkse versterking op alle dijkvakken. Omdat de effecten lokaal optreden maar bovenstrooms doorwerken is dit een bovengrensbepaling van de totale impact als de dijkversterking over het gehele traject buitenwaarts wordt uitgevoerd. Desondanks laten de berekeningen zien dat bij 5m buitenwaartse dijkverlegging de berekende opstuwing op geen enkele locatie meer dan 1mm bedraagt. Bij 10m dijkverlegging is dit wel het geval, de berekende opstuwing bedraagt dan lokaal maximaal 1,6mm.

De werkelijke buitenwaartse verplaatsing varieert per dijkvak en ligt, op basis van de huidige ontwerpen binnen de aangehouden bandbreedte van 5-10m, veelal in de orde 7-8m. In de beleidsregels grote rivieren (BGR2025) is gesteld dat “er sprake dient te zijn van een zodanige situering en uitvoering van de activiteit dat een waterstandsverhoging of afname van het bergend vermogen van de rivier wordt voorkomen of zoveel mogelijk wordt beperkt (BGR2025 artikel 6.1.c). Zoveel mogelijk voorkomen betekent praktisch gezien dat de dijk alleen buitenwaarts wordt versterkt als er dringende redenen zijn waarom binnendijs niet mogelijk is.

In Figuur 3-1 zijn de berekende waterstandsverschillen langs het traject grafisch weergegeven. De drie lijnen S16000, S2000 en S8000 zijn de doorgerekende belastingscenario's. De scenario's en de weegfactoren worden door vergunningverlener (Rijkswaterstaat) voorgeschreven. Daarbij staat S16000 voor een scenario met een extreme afvoer en meerpeil zonder wind, S2000 heeft een reguliere afvoer en meerpeil bij een extreme WNW-storm en S8000 een scenario daar tussenin. Voor de effectbeoordeling bij de vergunning-aanvraag is de zwarte lijn van belang, dit is een gewogen gemiddelde van de drie berekende scenario's. Zoals uit de grafiek blijkt is in het linker deel (bovenstrooms) extreme afvoer dominant verondersteld (zwarte lijn = blauwe lijn) en in het rechterdeel (benedenstrooms) de windcondities (zwarte lijn = rode lijn). In het overgangsgebied wordt de weging geleidelijk verschoven.

De grijs gearceerde zone is het trajectdeel waar de buitenwaartse versterking is toegepast in het model (benedenstrooms van Wilsum tot aan het traject-einde). De figuur laat duidelijk zien dat effecten van de maatregelen binnen het aanpassingsgebied ook daarbuiten doorwerken. De overschrijdingen van de significantie grens van 1mm treden zelfs vrijwel uitsluitend op buiten het ingreepgebied. Dat maakt meteen ook duidelijk waarom het te kort door de bocht is om het effect van de lokale ingrepen te beoordelen op basis van het totale effect. Het is vooral van belang te kijken naar de lokale toe- en afname van het waterstandseffect om te beoordelen waar een buitenwaartse maatregel veel impact heeft en waar niet.

¹ De buitenwaartse verplaatsing is geschematiseerd als een fictieve verschuiving (en bloc). Dit betreft dus uitdrukkelijk niet modellering van de geometrische vorm van een eventuele kruinverschuiving met buitenberm.



Figuur 3-2: Overzicht berekende waterstandsverschillen tov referentie bij 10m buitenwaartse dijkverlegging

Voor het afvoergedomineerde scenario valt op dat de effecten rondom de Molenbrug (rivierkm 993.3) en stadsbrug (rivierkm 995.5) dominant zijn (twee pieken in de blauwe curve). Dat de waterstand onder de brug juist afneemt is een hydraulisch bekend fenomeen dat komt doordat de stroomsnelheid daar door de extra opstuwing juist toeneemt wat een extra verlaging van de waterstand geeft, die weer verdwijnt als de snelheid benedenstrooms weer afneemt.

Tussen deze twee pieken in is te zien dat de waterstandsverschillen in de bovenstroomse richting maar zeer langzaam toenemen (blauwe lijn heeft een flauwe helling). Bij het stormgedomineerde scenario (rode curve) is te zien dat deze effecten ook alleen dan in de omgekeerde richting plaatsvinden. De opstuwing vindt plaats aan de benedenstroomse zijde. Dit heeft ermee te maken dat bij extreme storm en lage afvoer de stroming zich omkeert (de wind blaast het water de IJssel op).

Binnen de deeltrajecten 5 en 6.3 is er sprake van een flessenhals in de rivier bij zowel opstuwing onder stormcondities (vanuit het IJsselmeer) als onder maatgevend hoge rivierafvoeren. Voor de effectbeoordeling heeft dit er toe geleid dat de buitenwaartse alternatieven in de twee dijkvakken rondom de Molenbrug (deeltraject 5) en de Stadsbrug (deeltraject 6-3) sterk negatief (--) zijn beoordeeld ten aanzien van opstuwing. Als deze vakken buitenwaarts versterkt worden bestaat de mogelijkheid dat voor het voorkeursalternatief door cumulatie van effecten of door rekenkundige effecten bij update van het referentiemodel (die voor de vergunningverlening mogelijk nog nodig zal zijn) er mitigatie of compensatie benodigd zal zijn.

De overige deeltrajecten zijn neutraal (0) beoordeeld ten aanzien van opstuwing omdat het berekende effect zo klein is dat het altijd binnen de rekenon nauwkeurigheid van het model valt.

Bij de binnendijkse dijkversterking voldoet de buitendijkse taludlengte op enkele vakken niet aan de interne beleidsregels van het waterschap voor de beheerbaarheid van de taluds (deze worden te lang). Om die reden is in het ontwerp van enkele deeltrajecten een kleine onderhoudsberm aan de buitenteen voorzien. Deze zal bij de vergunningverlening in de definitieve doorrekening mogelijk geschematiseerd moeten worden als een buitenwaartse verlegging van de dijklijn met enkele decimeters. Vanuit de uitgevoerde berekeningen kan nu al

worden afgeleid dat dit geen noemenswaardige rivierkundige effecten zal hebben en de effecten ook in geen verhouding zullen staan tot die van een buitenwaartse versterking. Daarom zijn de binnendijkse versterkingen als neutraal (0) beoordeeld, ook wanneer een kleine buitenberm vanwege goed beheer nodig is.

3.3. Waterberging

Tot voor kort werden effecten op de waterberging in de IJsseldelta bijna nergens beoordeeld omdat deze zich in het stroomvoerend regime bevond. Achtergrond daarvan is dat de berging in uiterwaarden eraan bijdragen dat de hoogwaterpiek afvlakt en dat piekwaterstand benedenstrooms toenemen zodra de berging kleiner wordt. In de IJsseldelta geldt echter dat de maximale belasting wordt bepaald door stormcondities op het IJsselmeer en niet door een afvoerpiek op de IJssel. Daarbij moet het aspect berging dan worden gezien als onderdeel van het totale systeem van het IJsselmeergebied waarbij de omvang van de dijkversterking (hooguit enkele hectares ruimtebeslag) vele ordes kleiner is dan het wateroppervlak van het IJsselmeer (1100 km²).

Desondanks zijn sinds 2022 landelijk structurerende randvoorwaarden opgelegd waarbij Water en Bodem sturend zijn. Deze principes zorgen voor een verbeterd aanpassingsvermogen bij klimaatverandering in de inrichting van ons land. Eén van de principes is dat water de ruimte moet hebben en het IJsselmeer als nationale regenton behouden moet blijven. Afname van berging draagt hier dan negatief aan bij. Aangezien binnen het project nergens compensatie is voorzien voor bergingsafname bij de buitenwaartse versterkingen, zijn deze alternatieven als negatief (-) beoordeeld.

Voor de binnendijkse versterkingen geldt dat de buitenberm die op enkele locaties nodig is om te voldoen aan de interne beleidsregels voor de beheerbaarheid van de dijk op het aspect berging leidt tot een afname van het bergend vermogen die formeel vermeden c.q. gecompenseerd dient te worden. Omdat deze berm zowel qua hoogte als qua breedte veel minder omvangrijk is dan de buitendijkse alternatieven, zijn deze maatregelen als neutraal (0) beoordeeld.

Voor de uitvoering van de dijkversterking zal het mogelijk wenselijk zijn om gebruik te maken van buitendijkse loswallen en/of depots. Deze kunnen mogelijk tijdelijk een rivierkundig effect hebben en zullen in dat geval moeten voldoen aan vergunningsvoorwaarden van Rijkswaterstaat. Er zijn echter geen aanwijzingen dat de alternatieven op dit punt onderscheidend zullen zijn. Daarom is dit aspect in de afweging buiten beschouwing gelaten.

3.4. Morfologie

Voor morfologische effecten zijn vooral de dagelijkse omstandigheden en de hoogfrequente afvoerpieken van belang. Deze maken dat vrij direct of na verloop van jaren de rivierbedding kan veranderen waardoor er ook negatieve effecten kunnen optreden. Daarbij kan gedacht worden aan:

- Verondieping, heeft negatieve impact op de bevaarbaarheid en de onderhoudskosten.
- Erosie, kan leiden tot ondermijning van objecten zoals kribben, bodembescherming, brugpeilers en waterkeringen.

De dijkverlegging vindt plaats aan de buitenrand van de uiterwaarde. Onder **dagelijkse omstandigheden** stroomt de rivier door het zomerbed, ver weg van de dijk. Enige uitzondering daarop is rondom de stadsbrug bij IJsselmuiden waar het water tot aan de teen van de kade (kreukelberm staat). Daar zijn echter wel strekdammen en havendammen aanwezig die ervoor zorgen dat de stroming

minimaal zo'n 50m uit de teen van de dijk blijft. Aangezien de benodigde versterking slechts een buitenwaartse verplaatsing van 5-10m vraagt zal ook hier de stroming bij reguliere afvoer niet veranderen. De dijkversterking heeft geen effect op het stroombeeld en dus ook niet op de morfologie bij dagelijkse omstandigheden.

Bij **hoogwater** lopen de uiterwaarden onder water en verandert het stroombeeld wel wanneer de dijk buitenwaarts versterkt wordt. Bij de berekening van de opstuwing hebben we al gezien dat dit effect voor de waterstand zeer gering is. Hoewel voor morfologische effecten de berekende scenario's erg extreem zijn (meerjaren onderhoudsramingen lopen doorgaans over periodes van 50 of 100 jaar) is het wel zo dat de effecten bij de relevantere hoogfrequente hoogwaters altijd kleiner zullen zijn. Dat komt doordat de waterdiepte in de uiterwaard dan kleiner is waardoor er verhoudingsgewijs minder water door de uiterwaard en meer water door de hoofdgeul stroomt. Omdat een buitendijkse dijkversterking de uiterwaarde een beetje kleiner maakt is het effect op de stroming dus groter naarmate de waterdiepte en daarmee de bijdrage van de uiterwaarde aan de afvoer groter is.

Om het effect op de morfologie te beoordelen is alleen gekeken naar het scenario met een hoge afvoer. Hoewel dit scenario op het benedenstroomse deel niet relevant is voor het bepalen van de maatgevende waterstanden is dit wel het scenario waarbij de sterkste stroming en daarmee de meeste erosie optreedt. Bij de storm-scenario's werken wind en stroming elkaar tegen waardoor de stroming stilvalt of zelfs omkeert. De stroomsnelheden zijn daarbij in alle gevallen lager en de morfologische effecten dus kleiner.

De stroomsnelheid bij het hoge-afvoerscenario blijft op vrijwel het gehele traject gelijk of neemt met maximaal 0,1% toe of af. Alleen bij de Molenbrug zit een lokale piek waar de stroomsnelheid met 0,4% toeneemt. Dit is nog steeds een zeer gering effect dat zelfs bij zeer extreme condities niet tot noemenswaardige morfologische veranderingen zal leiden.

Omdat het effect onder reguliere condities lager is dan het berekende effect bij extreme afvoer, en het berekende effect al zeer beperkt is, kan gesteld worden dat er geen relevante morfologische effecten worden voorzien. Het oordeel is daarom voor alle deeltrajecten en alternatieven neutraal (0).

3.5. Maatwerk locaties

Langs het dijktraject liggen verschillende plekken waar maatwerk nodig is. Deze maatwerklocaties zijn niet meegenomen in de beoordeling van de alternatieven. Het MER benoemt de aandachtspunten die op deze plekken mogelijk kunnen spelen, zodat deze een plek krijgen in het vervolgproces.

Voor het onderdeel rivierkunde zijn er geen aandachtspunten ten aanzien van specifieke maatwerklocaties. Meer algemeen kan worden opgemerkt dat wanneer een maatwerklocatie betrekking heeft op ruimtelijke beperkingen aan de binnenzijde een lokale buitenwaartse versterking een voor de hand liggende maatwerkoplossing zou kunnen zijn.

- Voor de meeste deeltrajecten is voor buitenwaartse versterkingen enkel t.a.v. waterberging een negatieve score toegekend omdat deze leiden tot een afname van de waterberging. Daarbij is het probleem met name dat deze formeel vermeden c.q. gecompenseerd moet worden. Dat geldt voor een maatwerkoplossing uiteraard ook waarbij de omvang altijd minder is dan voor een heel deeltraject maar het probleem dat nog niet bekend is op welke manier dit dient te gebeuren is gelijk. De berekende

waterstandseffecten van een buitenwaartse versterking zijn hier verwaarloosbaar klein. Als dit al geldt voor een buitenwaartse versterking over het gehele deeltraject dan des te meer voor lokaal maatwerk.

- Voor twee deeltrajecten (5 en 6-3) is aan buitenwaartse versterkingen ook een negatieve score toegekend ten aanzien van de waterstandseffecten omdat deze daar groter zijn dan bij de overige deeltrajecten. In absolute zin zijn de berekende effecten voor het gehele deeltraject nog steeds klein, maar liggen deze wel net rond de significantiegrens (<1mm verschil). Wanneer niet het gehele deeltraject maar slechts een maatwerklocatie buitenwaarts versterkt zou worden, zal het effect altijd minder zijn en dus onder de significantiegrens blijven mits de lengte van de maatwerkoplossing gering is ten opzichte van het gehele deeltraject en de uitwerking van het maatwerk aansluit bij de doorgerekende aanpassingen (een buitenwaartse versterking van 5-10m).

3.6. Samenvattende beoordeling rivierkunde

Binnen een beperkt aantal alternatieven bestaan er aandachtspunten vanuit het thema Rivierkunde. Het aspect **Opstuwing** is negatief gescoord voor drie alternatieven, de buitenwaartse versterkingen binnen deeltraject 5 en 6.3. Hier zou het mogelijk zijn dat de waterstandseffecten binnen het rekenkundig model de norm overschrijden.

Voor het aspect **Waterberging** zijn alle buitenwaartse alternatieven als negatief beoordeeld. Bij deze alternatieven dient er mogelijk compensatie getroffen te worden voor de vermindering van het waterbergend vermogen.

Voor het aspect **Morfologie** spelen er binnen geen van de alternatieven aandachtspunten.

Tabel 3.1: Effectbeoordeling rivierkunde

Rivierkunde	Opstuwing	Waterberging	Morfologie
Deeltraject 2			
Grond binnendijks	0	0	0
Constructie	0	0	0
Deeltraject 3.1			
Grond binnendijks	0	0	0
Deeltraject 3.2			
Grond buitendijks	0	-	0
Grond binnendijks	0	0	0
Constructie	0	0	0
Deeltraject 4			
Grond binnendijks	0	0	0
Grond buitendijks	0	-	0
Constructie met grond	0	0	0
Deeltraject 5			
Grond binnendijks	0	0	0
Grond buitendijks	--	-	0
Deeltraject 6.1			
Grond binnendijks	0	0	0
Constructie met grond	0	0	0
Deeltraject 6.2			
Grond buitendijks	0	-	0
Grond binnendijks	0	0	0
Constructie	0	0	0
Deeltraject 6.3			

Rivierkunde	Opstuwing	Waterberging	Morfologie
Enkelvoudige constructie	--	-	0
Meervoudige constructie	--	-	0
Deeltraject 6.4A			
Grond buitendijks	0	-	0
Grond binnendijks	0	0	0
Deeltraject 6.4B			
Grond buitendijks 1	0	-	0
Grond buitendijks 2	0	-	0

4. Conclusie

4.1. Cumulatie

De waterstands-effectbeoordeling is afgeleid van een berekening van het cumulatieve effect van een buitenwaartse versterking op alle relevante deeltrajecten. Uit de modelresultaten blijkt dat de grootste effecten ontstaan op twee deeltrajecten waar de rivier het smalst is (Stadsbrug en Molenbrug). Omdat de effecten die lokaal optreden bovenstrooms doorwerken kan cumulatie ertoe leiden dat er in deeltrajecten met een op zichzelf verwaarloosbaar effect een geringe overschrijding van het toegestane waterstandsverschil van 1mm optreedt. Daarom zijn in de beoordeling de twee vakken met de grootste impact negatiever beoordeeld. Wanneer deze twee vakken niet of slechts gedeeltelijk buitenwaarts versterkt worden is ook het cumulatieve effect van de overige dijkvakken in alle gevallen verwaarloosbaar klein.

4.2. Mogelijkheden voor mitigatie

Vanuit de Beleidsregels grote rivieren 2025 dienen zowel een afname van het bergend vermogen als een waterstandseffect bij maatgevende condities zoveel mogelijk vermeden en waar dit onmogelijk is gecompenseerd te worden.

Rivierkundige effecten treden alleen op bij buitenwaartse dijkversterking dus de voornaamste mogelijkheid tot mitigatie is de keuze voor een binnendijks alternatief.

Wanneer dit niet mogelijk is kan een (gedeeltelijke) mitigatie worden gevonden in het optimaliseren van het dwarsprofiel. Steilere taluds geven minder ruimtebeslag maar leiden wel tot meer golfoploop en daarmee hogere dijken. Daarnaast hebben steilere taluds impact op de stabiliteit van de dijk, de beheerbaarheid (maaïen) en de ruimtelijke kwaliteit.

Door het aanbrengen van ruwheidselementen op het boventalud kan de golfoploop gereduceerd worden en daarmee de benodigde kruinhoogte en dus ook het buitendijks ruimtebeslag worden verminderd. Dit leidt tot een afname van rivierkundige effecten. Daarbij moet dan gedacht worden aan steenachtige materialen. Dit is kostbaar en heeft daarnaast een sterke impact op de ruimtelijke kwaliteit.

4.3. Leemten in kennis

Er zijn voor deze fase van plan- en besluitvorming geen leemten in kennis die van wezenlijke invloed zijn op de effectbeoordelingen en selectie van een voorkeursalternatief.

