



DELTA



RIVIER



OMGEVING

Informatiebladen Rijn Integraal Riviermanagement (IRM)

Versie 2.1, juni 2021



Informatiebladen IRM

1. Inleiding

Het programma Integraal Rivier Management is gestart met het verzamelen van informatie over de ontwikkeling van de rivierbodem, de opgave en kansen in het rivierengebied en de toekomstige vraag naar afvoercapaciteit. Deze informatie is per IRM traject gebundeld op de informatiebladen IRM. Tevens zijn op de informatiebladen mogelijke beleidsopties voor afvoercapaciteit en voor Rivierbodem beschreven en hun effect op de toestand van der Rivier.

De informatiebladen 2.0 zijn een momentopname van de beschikbare kennis in januari 2021. En zullen worden gebruikt als input voor de verschillende IRM bouwstenen, als het Beeld op de Rivier (BOR), de Nota Realistische Beleidsopties (NRB), de SysteemBeschouwing (SB) en de Nota Kansrijke Alternatieven (NKA).

2. Werkwijze

Per IRM-traject is een informatieblad opgesteld, waarin alle relevante feitelijke informatie over dit riviertraject is gebundeld. Hieronder staat aangegeven welke bronnen hiervoor zijn gebruikt.

Medio 2020 is een eerste versie opgesteld. Hier is een uitgebreide review op uitgevoerd door deskundigen van de bij IRM betrokken overheden. De resultaten van deze review zijn verwerkt in een verbeterde versie Informatiebladen 2.0 (maart 2021).

De Informatiebladen zijn groeidocumenten. Dit houdt in dat nieuwe informatie kan worden toegevoegd of verouderde informatie kan worden geupdate, tot een nieuwe versie van de informatiebladen.

3. Trajecten

In totaal zijn 9 trajecten voor de Maas en 17 trajecten voor de Rijntakken gedefinieerd (zie trajectindeling IRM¹). Niet voor alle trajecten is evenveel informatie beschikbaar gekomen en een

¹ [Werkindeling riviertrajecten IRM \(versie 7 juli 2020\) \(bouwplaatsirm.nl\)](https://bouwplaatsirm.nl)

aantal trajecten zijn voor de informatiebladen samengevoegd. De volgende informatiebladen zijn beschikbaar:

Voor de Maas zijn dit:

M1	Bovenmaas	M5	Venloslenk
M2	Grensmaas	M6	Bedijkte Maas
M3	Plassenmaas	M7	Getijdenmaas
M4	Peelhorstmaas	M8-9	Bergsche Maas - Afgedamde Maas

Voor de Rijntakken zijn dit:

R1.1	Bovenrijn	R3.2	Beneden Nederrijn
R1.2	Waalbochten	R3.3	Lek
R1.3	Pannerdensch Kanaal	R4.1	Midden IJssel
R1.4	Boven IJssel	R4.2	Sallandse IJssel
R1.5	Boven Nederrijn	R5.1-2-5	Beneden IJssel – Reevediep - Kampereiland/Ganzendiep
R2.1	Midden Waal	R5.3	Zwarte Water
R2.2	Beneden Waal	R5.4	Overijsselse Vecht
R2.3	Boven Merwede		
R3.1	Midden Nederrijn		

4. Reacties

Mocht u opmerkingen hebben over deze informatiebladen geef deze dan door op info@bouwplaats.nl

5. Bronnen

Bij het opstellen van de informatiebladen is gebruikt gemaakt van de volgende bronnen:

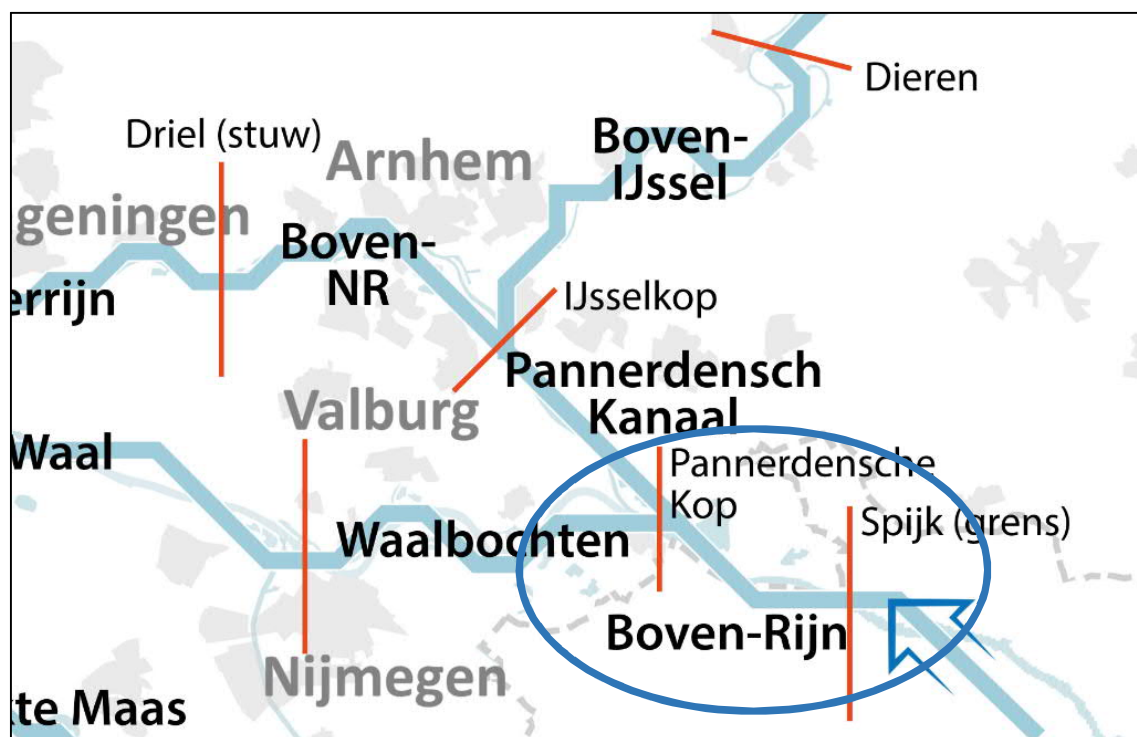
- Effecten morfologische ontwikkelingen op functies Rijn en Maas, Blueland Consultancy, nov 2019
- Karakterisering Opgaven Maas in kader van IRM, HKV, sept 2019
- Samenhang en afhankelijkheden tussen opgaven op de Rijntakken, Royal Haskoning DHV, juli 2019
- IRM QuickScan Afvoercapaciteit, HKV, oktober 2020
- Intern IRM werkdocument 'Quickscan rivierbodempligging Rijn', mei 2020
- Intern IRM werkdocument 'Quickscan rivierbodempligging', maart 2020
- Hydraulische knelpunten Rijntakken en Maas, Deltares, 2016
- Ontwikkelpad rivierbodempligging en sedimenthuishouding Maas, Intern werkdocument RWS, V24112020

1 Ligging

Het traject Boven-Rijn loopt vanaf de Duitse grens bij Spijk (km 857,7) tot het splitsingspunt Pannerdensche Kop (km 867,5) bij Millingen. Het traject is bijna 10 km lang. De Boven-Rijn is een redelijk recht riviertraject met brede uiterwaarden dat aan weerszijden begrensd wordt door kribben. De Boven-Rijn is gedeeltelijke gegraven. Vanaf het punt waar de Oude Rijn (km 862) als een oude verlaten meander in de uiterwaard ligt, heet de rivierloop ook wel het Bijlandsch Kanaal. Tot aan Millingen is de linkeroever Duits grondgebied.

De Oude Rijn vormde tot de aanleg van het Pannerdensche Kanaal in 1707 de oude loop van de Boven-Rijn en fungeerde als verbinding met de IJssel. De Oude Rijn is in de jaren 60-70 van de vorige eeuw door de afsluiting van de dijk bij Kandia (op het Pannerdens Kanaal) binnendijks komen te liggen en is nu een dode rivierloop. Het gebied wordt nu aangeduid als het Rijnstrangengebied. Het Rijnstrangengebied is onderdeel van het Natura2000 gebied Gelderse poort en karakteriseert zich als een gevarieerd landschap met rietmoerassen, oeverwallen, stroomruggen, oude beddingen en kommen. Het Rijnstrangengebied heeft een ruimtelijke reservering (Barro) t.b.v. hoogwaterbescherming.

In figuur 1 is de ligging van het traject weergegeven.



Figuur 1 Ligging van Boven-Rijn

2 Blik op het traject

Dit hoofdstuk bevat een beknopte beschrijving van de riviergebonden functies van dit traject. Het beschrijft de essentie van wat er speelt m.b.t. waterveiligheid, bevaarbaarheid, waterbeschikbaarheid, natuur & waterkwaliteit. Dit betreft geen uitgebreide beschrijving van de opgaven. Een uitgebreid beeld op de rivieren met de opgave volgt in het Beeld op de Rivieren dat in het kader IRM wordt ontwikkeld.

Na de essentie van wat er speelt, volgt een beschrijving van de bodemontwikkelingen en de veranderingen in klimaat, de invloed hiervan op de toestand van de rivier (rivierbodempligging, hoog- & laagwaterstanden), en de doorwerking op de riviergebonden functies.

2.1 Wat speelt er met betrekking tot de riviergebonden functies?

Hoogwaterveiligheid

Uiterwaarden dragen bij aan waterveiligheid door waterafvoer te faciliteren, dijken beschermen dit gebied tegen overstromingen. In het traject van de Boven-Rijn zijn de afgelopen decennia geen maatregelen getroffen die de afvoercapaciteit hebben vergroot.

De primaire waterkeringen in dit traject voldoen niet aan de geldende norm voor waterveiligheid en zullen versterkt moeten worden. De maximaal toelaatbare overstromingskans aan de noordzijde is 1/10.000^{ste} per jaar en de zuidzijde 1/3.000^{ste} per jaar. Om aan de normen te voldoen zijn vooral dijkversterkingen nodig. De versterkingsopgave is voor de dijken aan de noordzijde (48-1) het grootst. De verbetering van de dijk aan de noordzijde is opgenomen in de HWBP programmering. De dijken aan de zuidzijde volgen naar verwachting in de periode 2028-2050. Het Rijnstrangengebied heeft een ruimtelijke (BARRO) reservering om te zorgen dat het gebied behouden blijft voor inrichting ten behoeve van waterveiligheid op de lange termijn.

Het gebied heeft een grote samenhang met de het grensoverschrijdende gebied aan Duitse zijde. Niet alleen zijn de gebieden landschappelijk sterk vergelijkbaar en verbonden en hebben maatregelen effecten aan weerszijden van de grens effecten. Ook dragen de dijken aan Duitse zijde bij aan de bescherming van Nederlandse delen, bij een dijkdoorbraak aan Duitse zijde overstroomt ook Nederlands grondgebied. Nederland werkt hier nauw samen met Nord-Rhein Westfalen op het gebied van scheepvaart en hoogwaterbescherming.

Naar verwachting zal IenW in 2021 een besluit nemen m.b.t. de herijking van het beleidsuitgangspunt afvoerverdeling Rijntakken bij hoogwater. De herijking gaat over de vraag hoe de in beleid vastgelegde afvoerverdeling bij hoogwater in praktijk vorm krijgt. Hierbij is het uitgangspunt de beleidsafspraken dat de Lek boven een Rijnafvoer van 16.000 m³/s bij Lobith wordt ontzien. Onderdeel van het realiseren van de beleidsmatig afgesproken afvoerverdeling is de instelling van de regelwerken op de splitsingspunten. Afhankelijk van de gekozen afvoerverdeling en bijbehorende instelling van de regelwerken kan dit een verhoging of verlaging van de hoogwaterstanden langs de Waal betekenen (t.o.v. de hydraulische belasting in het OntwerpInstrumentarium van het HWBP). Bij instelling van de regelwerken op een Rijnafvoer van 18.000 m³/s nemen de hoogwaterstanden langs de Bovenrijn bij een Rijn-afvoer 16.000 m³/s met ongeveer 22 cm toe. Dit is vergeleken met de waterstanden op de Waal bij een afvoer van 16.000 m³/s en de instelling van de regelwerken op 16.000 m³/s (de huidige situatie).

De beleidsmatig gekozen afvoerverdeling, en de inrichting van het rivierbed in de nabijheid van de splitsingspunten, heeft invloed op het regelbereik van de regelwerken. Regelbereik is nodig om in te kunnen spelen op dynamiek in het systeem, en tussentijdse effecten door de gefaseerde uitvoering van maatregelen tijdelijk te kunnen compenseren. Wanneer de regelwerken in de uitgangssituatie helemaal open of helemaal dicht staan kan slechts één kant op geregeld worden, en is er dus onvoldoende regelbereik. In ideale omstandigheden staan de regelwerken in de middenstand en kan Rijkswaterstaat als watersysteembeheerder de afvoerverdeling in twee richtingen maximaal bijregelen.

Binnen IRM wordt voornamelijk de huidige beleidsmatige hoogwater afvoerverdeling met bijbehorende instellingen van de regelwerken als uitgangspunt gehanteerd.

Het doorgroeien en uitbreiden van begroeiing in het rivierbed kan leiden tot te hoge hoogwaterstanden. Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwing van begroeiing) is toegestaan. De Vegetatielegger is onderdeel van de Legger Rijkswaterstaatswerken. De Waterwet regelt de leggerplicht van alle waterstaatswerken. In de vorm van overzichtskaarten en regels zijn normen gespecificeerd voor vegetatie in het rivierbed ten behoeve van hoogwaterveiligheid en waterkwaliteit.

Bevaarbaarheid

De Boven-Rijn vormt samen met de Waal een belangrijke scheepvaartroute naar Duitsland en is een klasse VIc vaarweg. Momenteel wordt gewerkt aan de havens van Spijk en Lobith om het tekort aan ligplaatsen en overnachtingsplekken te verbeteren.

De ingang van de Bijlandsche plas vormt een ondiepte.

Aan de Duitse zijde is de bodem goeddeels gefixeerd; aan de Nederlandse zijde treedt erosie op. Om de bevaarbaarheid tijdens laagwater richting Duitsland te verbeteren is nabij Lobith een proefsuppletie uitgevoerd om te onderzoeken of en in welke mate sedimentmanagement een oplossing is voor het beïnvloeden van de rivierbodem en hieraan gekoppelde problemen met onvoldoende waterdiepten.

Natuur en waterkwaliteit

Op het gebied van natuur is er een reeks aan opgaven: behoudsopgaven van reeds bestaande natuur en opgaven volgend uit bestaand en nieuw, nog te ontwikkelen beleid. Er zijn vanuit nationale en regionale natuurbeheerplannen (NNN) en Europees beleid (Natura 2000) (beide bestaand beleid) ontwikkelopgaven voor boskernen en andere habitats. Ook is er een waterkwaliteitsopgave vanuit de KRW (macrofauna en vis).

Aanvullend op het bestaand beleid, wordt ook nieuw natuurbeleid uitgewerkt. Het traject kent een ontwikkelopgave in het kader van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW). De PAGW werkt aan plannen voor meer robuust riviersysteem passend bij het systeem (gegeven klimaatverandering en grootschalige ontwikkelingen). Bij toekomstige natuurontwikkeling zal in het bijzonder gekeken worden naar de ontwikkeling van een viertal hotspots en naar het verbinden van

deze grote natuurgebieden langs de rivier via de corridors. In de corridor tussen de hotspots liggen afwisselend grote en kleine stapstenen met geschikt leefgebied voor de gidssoorten. Er komt focus komt te liggen op het verbinden van natuurdoelen van de diverse programma's (één natuurdoelstelling in rivierbed).

Het gebied Gelderse Poort (waar het traject van de Boven-Rijn zich volledig in bevindt) is als hotspot aangemerkt. Ook het binnendijks gelegen Rijnstrangen gebied maakt deel van deze opgave.

Het beheer van natuur langs de Boven-Rijn bestaat uit het beheer van de begroeiing in het rivierbed en het sedimentbeheer in zowel uiterwaarden als in natuurvriendelijke oevertrajecten. Hierbij wordt zo veel mogelijk ruimte gegeven aan natuurlijke processen en het verkrijgen van leefgebieden voor bij het riviersysteem passende planten en dieren. Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwung van begroeiing) is toegestaan. Het is voor de natuur relevant dat daarbij in voldoende ontwikkelbeheerruimte wordt voorzien, waarmee de natuur ruimte krijgt om zich op natuurlijke wijze te ontwikkelen.

Naast de relatie met hoogwaterveiligheid hebben ook scheepvaart en natuur onderlinge relatie. Scheepvaart vervult een belangrijke rol op dit traject en heeft middels schroefwerking en golfslag direct effect op natuur.

Zoetwaterbeschikbaarheid

Voor zoetwaterbeschikbaarheid is de voorziening van het IJsselmeer – de belangrijkste zoetwaterbuffer in het landelijke hoofdwatersysteem – van groot belang. De afgelopen decennia is de verdeling van water vanuit de Boven-Rijn over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig eroderen van de rivierbodem in de Rijntakken geleidelijk veranderd. Het zomerbed in de Boven-Waal erodeert sneller dan de bodem in de andere riviertakken in het bovenstrooms deel van de Rijntakken. Hierdoor trekt de Waal steeds meer afvoer, ten koste van de afvoer van water naar de IJssel. De stuurbaarheid van rivierwater over de splitsingspunten en de toevoer van water richting strategische zoetwatervoorraden (o.a. het IJsselmeer als belangrijke buffer) is daarom aandachtspunt binnen DP Zoetwater.

2.2 Bodemontwikkeling en klimaatverandering en hun effect op de rivier

Een aantal omgevingsveranderingen beïnvloedt de toestand van de rivier. Het betreft de grootschalige rivierbodemontwikkeling en klimaatverandering. De veranderingen beïnvloeden de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier en hebben daardoor ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Bodemontwikkeling en het effect op de rivier

De Boven-Rijn ligt in het bovenstroomse deel van de Rijn in Nederland, waar de bodemligging de laatste jaren vrij stabiel is. Waarnemingen laten zien dat de rivierbodem in dit traject na een periode van grootschalig eroderen, de afgelopen tien jaar stabiel is gebleven en geen grootschalige verandering laat zien.

Een belangrijke oorzaak van de in het verleden opgetreden grootschalige bodemveranderingen is de normalisatie in de vorige eeuw waardoor de rivier een smallere en rechtere loop heeft gekregen (korter is geworden). De normalisatie bestaat uit een combinatie van maatregelen: aanleg van

kribben en zomerkades, verdieping van de vaargeul, bochtafsnijdingen, kanalisatie of aanleg van parallelle scheepvaartkanalen, aanleg van stuwen en regulering van de afvoerverdeling (bij hoog en laagwateromstandigheden). Ingrepen resulteerden in steeds smallere, diepere rivieren, die bovendien hun loop niet meer konden verleggen. Daarnaast is door de aanleg van (stuw)dammen in combinatie met sedimentmanagement gericht op de stabilisatie van de rivierbodem in het bovenstroomse - niet Nederlandse deel - van het stroomgebied van de Rijn, de omvang en de samenstelling van het binnenkomend sedimenttransport sterk veranderd.

Door de maatregelen is de ruimte voor de Nederlandse rivieren in de afgelopen eeuw fors afgenomen en is de natuurlijke sedimentbalans verstoord. De programma's Ruimte voor de Rivier, NURG en KRW volg(d)en een andere koers. In plaats van afname van ruimte, hebben de rivieren door die programma's weer wat meer vrijheid te gekregen. Dit heeft geresulteerd in (iets) meer ruimte en een andere inrichting van verschillende delen van het zomer- en winterbed. De extra ruimte die met de recente programma's is gecreëerd, staat echter niet in verhouding tot de afname van ruimte door de bedijking en de normalisatie.

De bedijking en de normalisatie- en reguleringswerken uit de 19^e en 20^{ste} eeuw hebben (soms onbedoeld) ook effect op de fysica van het riviersysteem, die tot tientallen jaren en zelfs langer na de ingreep kunnen doorwerken.

Ten eerste is door de maatregelen het overstromingsgebied voor de rivieren sterk afgenomen. Hierdoor is de komberging sterk afgenomen. Hogere afvoeren als gevolg van klimaatverandering leiden daardoor tot hogere waterstanden dan daarvoor. De top van hoogwatergolven wordt door het verlies aan ruimte ook veel minder afgevlakt. Daardoor verplaatst de afvoergolf zich sneller door de rivier.

Daarnaast hoort bij een sterk versmalde (en op trajecten ook kortere) rivier een veel flauwer verhang van de rivierbodem. De energie van het afstromende water – en daardoor het sedimenttransporterend vermogen - is door de ingrepen in de rivier in de 19^e en 20^{ste} eeuw toegenomen. Het verhang van de bedding van de rivier is feitelijk te steil in relatie tot de water- en sedimentbeweging van de rivier. De rivier zal zich aanpassen naar een flauwer verhang, waardoor het transporterende vermogen weer afneemt en de rivier weer in balans komt. De rivier kan dat flauwere verhang alleen maar krijgen door zich bovenstrooms in te snijden (de bodem benedenstrooms ligt min of meer vast doordat deze is gekoppeld aan het zeeniveau, het kantelpunt ligt ongeveer ter hoogte van Tiel (benedenstrooms is de bodem stabiel of zandt de rivier aan)). Dit doet de rivier door te eroderen. De rivierbodem groeit zo langzaam toe naar een flauwere helling. De afname van de hoeveelheid sediment die Nederland binnenkomt en de verandering in sedimentsamenstelling, beïnvloedt de erosie van het zomerbed.

Volgens een verkenning van Rijkswaterstaat hebben de normalisatie- en reguleringswerken een daling van het zomerbed op gang gebracht waardoor het verhang uiteindelijk 20% minder wordt. Normaal gesproken is dit een aanpassing die eeuwen duurt. Voor de Boven-Rijn en de Waal gaat het een stuk sneller doordat de mens met het actief onttrekken van bodemmateriaal uit het zomerbed het systeem een handje geholpen heeft. De normalisatie- en reguleringswerken hebben samen met de veranderingen van de omvang en de samenstelling van het inkomend sedimenttransport én het actief onttrekken van grote hoeveelheden zand en grind geleid tot erosie van de rivierbodem die lokaal oploopt tot enkele meters in de afgelopen eeuw.

Langs het bovenstroomse deel van de Rijntakken geldt al sinds medio jaren '90 dat in de baggercontracten van Rijkswaterstaat geen netto sedimentonttrekkingen zijn toegestaan: materiaal dat uit het zomerbed wordt gehaald, moet op de diepere delen in het zomerbed worden teruggestort. Deze afspraken zijn echter nog geen onderdeel van het formele rivierbeleid. De permanente onttrekkingen van sediment uit het zomerbed zijn enorm afgenomen. Desondanks vinden toch nog regelmatig sedimentonttrekkingen plaats op basis van zandwinconcessies die in het verleden zijn afgegeven. Sinds er niet meer permanent wordt onttrokken bij baggeronderhoud, is er een sterke afname van de erosietrend van de rivierbodembodem van de bovenloop van de Rijn (ongeveer een halvering). Voor de Maas zijn er nog helemaal geen afspraken met betrekking tot het stoppen van permanente sedimentonttrekkingen uit het zomerbed.

De afgelopen tien jaar is het zomerbed van de Boven-Rijn zelfs erg stabiel gebleven. Dit doet de vraag opkomen of deze stabilisatie van de rivierbodembodem in de Boven-Rijn erop wijst dat het grootste deel van de aanpassing van het zomerbed van de Boven-Rijn al is bereikt en het bodemerosieprobleem daar verleden tijd is. Deskundigen verschillen van mening hoe de ontwikkeling van het zomerbed van de Boven-Rijn zich in de komende tientallen jaren zal doorzetten. Het sedimentmanagement in het Duitse deel van de Rijn en het effect op de sedimentinvoer (omvang en samenstelling naar Nederland) heeft een grote invloed op de langjarige ontwikkeling van de toekomstige bodemligging van het zomerbed van de Rijntakken. De effecten van de proefsuppletie zullen ook in dit perspectief beschouwd moeten worden.

In Bijlage 1 is een drietal hypothesen gegeven m.b.t. de toekomstige grootschalige bodemontwikkeling van de Boven-Rijn. Op basis daarvan is voor de Boven-Rijn uitgegaan van een tweetal scenario's voor de toekomstige bodemtrends: een stabiele bodemligging en een erosieve trend van 1 cm per jaar. Onderstaande tabel geeft de invloed hiervan (zonder actief ingrijpen) op de toestand van de rivier in 2050:

	Rivierbodembodem ligging	Laagwater afvoer	Hoogwater stand	Laagwater stand
Niet actief ingrijpen tot 2050	-30 - 0 cm	n.v.t.	-15 - 0 cm	-30 - 0 cm

Tabel 1 Effect op toestand van de rivier in 2050 zonder actief ingrijpen op de rivierbodembodem

Rivierbodembodemligging	De bodem van het zomerbed van de Boven-Rijn ligt in 2050 0 tot 30cm lager.
Laagwaterafvoer	De Boven-Rijn afvoer betreft de onverdeelde Rijnafvoer. Verandering van de laagwaterafvoer door verandering van afvoerverdeling op de splitsingspunten is hier niet van toepassing.
Hoogwaterstand	De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodembodem mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Boven-Rijn resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 50%. Een daling van het zomerbed van 0 tot 30 cm betekent hierdoor een daling van hoogwaterstanden met 0 tot 15 cm.

Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen 1-op-1 met de rivierbodem mee, al het water staat immers in het zomerbed. De laagwaterstanden dalen hierdoor dus met 0 tot 30 cm.

De veranderingen in de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier hebben ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied. Indien de rivierbodem stabiel blijft en niet verder zakt is het effect op de verschillende functies beperkt. Als de rivierbodem wel verder zakt, dan kan dit voor de Boven-Rijn de volgende effecten met zich mee brengen:

- Een verlaging van de bodemligging zorgt voor een afname van de afdeklaag boven erosieve fijne lagen in het rivierbed, en kan een risico vormen voor de stabiliteit en standzekerheid van waterkeringen, oevers & kunstwerken. Een analyse naar de dekkingsgraad boven erosieve lagen laat zien dat op het traject tussen km 864 en de Pannerdensche Kop het fijne erosieve materiaal lokaal dicht aan het oppervlakte van het zomerbed ligt.
- Een verdere verlaging heeft tot gevolg dat kabels en leidingen in het gebied dichter aan de oppervlakte komen te liggen. Dit kan brede veiligheidsconsequenties hebben.
- Een verlaging van de bodemligging verlaagt de hoogwaterstanden en heeft hierdoor een positief effect op waterveiligheid.
- Een verlaging van de bodemligging verlaagt de laagwaterstanden. Dit heeft op de Boven-Rijn een negatieve invloed op natuur & waterkwaliteit omdat uiterwaarden minder vaak en minder langdurend in stromen en de grondwaterpeil zakt, waardoor de natuur verdroogt. Ook heeft dit effect op de bevaarbaarheid richting Duitsland omdat daar de rivierbodem op een vaste hoogte wordt gehouden.
- Een verlaging van de bodemligging en daarmee een veranderingen in waterstanden, grondwaterpijlen en kwelstromen, heeft ook invloed op het binnendijkse gebied. De verdroging die hierdoor binnendijks ontstaan brengt risico's voor stabiliteit van binnendijkse bebouwing en minder water beschikbaarheid voor de land, tuin- en fruitbouw met zich mee.

Klimaatverandering en effect op de toestand van de rivier

De effecten van klimaatverandering zijn veelzijdig. Klimaatverandering heeft onder andere effect op de hoge en lage rivierafvoeren. Verwacht wordt dat extreme lage en hoge rivierafvoeren vaker voorkomen en langduriger aanhouden. Op basis van de meest extreme klimaatscenario's van het KNMI zijn de effecten op hoog- en laagwaterstanden voor de Boven-Rijn in beeld gebracht. Voor laagwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het droge KNMI '14 scenario - Wh-dry. Voor hoogwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het KNMI '06 - W+.

Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de waterstandeffecten tot 2050.

	waterstand in 2050 door klimaatverandering
Effect op laagwaterstanden	- 40 cm
Effect op hoogwaterstanden	+ 28 cm

Tabel 2 Effect op waterstanden in 2050 door klimaatverandering

3 Beleidsopties rivierbodem Rijn

Hieronder volgt een overzicht van potentiële beleidsopties en de implicaties voor de Boven-Rijn. De potentiële beleidsopties zijn generiek voor alle riviertrajecten en gaan in op het herstel van de sedimenthuishouding en het beheer van de rivierbodempligging. Een uitgebreide probleemanalyse in de PlanMER moet meer inzicht geven in de effecten van veranderingen in het systeem met en zonder ingrijpen, inclusief de revenuen van actief ingrijpen.

Het effect van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 is kort beschreven en in context geplaatst met de effecten van klimaatverandering. Tabel 3 toont de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050: namelijk op bodempligging, hoog- en laagwaterstanden. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Deskundigen verschillen van mening hoe de ontwikkeling van het zomerbed van de Boven-Rijn zich in de komende tientallen jaren zal doorzetten (zie paragraaf 2.2). Twee scenario's zijn beschouwd: een scenario waarin de rivierbodempligging stabiel blijft en een scenario waarin de bodempligging erodeert van 1,0 cm per jaar.
- De bodempligging van het zomerbed van de Boven-Rijn is de laatste tien jaar stabiel geweest. Daarom is in de beleidsopties waarin de bodempligging wordt hersteld naar een toestand uit het verleden vanuit gegaan dat er geen ophoging nodig is om erosie uit het verleden teniet te doen.
- De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodempligging mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Waalbochten resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 50%.
- De laagwaterstanden veranderen 1-op-1 met de rivierbodempligging mee, al het water staat dan immers in het zomerbed.

Potentiële beleidsopties

A – Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk

In de basisreferentie wordt huidige beleid en beheer gecontinueerd en niet actief ingrijpen op de sedimenthuishouding en de rivierbodempligging.

- Bodempligging is stabiel, of erodeert met een trend van gemiddeld 1 cm per jaar.
- Geen beleid t.a.v. het beperken of stoppen van grootschalige bodempligging.
- Beheer en onderhoud verandert niet en blijft gericht op het lokaal verhelpen problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid.

In hoofdstuk 2 staat beschreven welke invloed dit heeft op de bodempligging, hoogwaterstand en laagwaterstand in 2050.

B - Herstel sedimenthuishouding ter ondersteuning van rivierbodempligging

Deze beleidsoptie richt zich op het herstel van de sedimenthuishouding. Dit kan door netto sedimentonttrekking uit het zomerbed niet meer toe te staan en het bevorderen van het (doorgaand) sedimenttransport. Er wordt geen sediment toegevoegd en niet actief gestuurd op een specifieke rivierbodempligging. De beleidsoptie draagt bij aan herstel van de sedimenthuishouding en zal zorgen voor een afname van de bodempliggingstrend. Het is niet duidelijk in welke mate de trend afneemt.

- Bodempligging is stabiel, of erodeert met een trend van minder dan 1 cm per jaar. Niet gericht op het nastreven van een specifieke rivierbodempligging.

- Dit kan gerealiseerd worden door behoud van sediment in het zomerbed, herstel van verstoringen in sedimentbalans en bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Boven-Rijn ligt in 2050 0 tot 30cm lager.
- Laagwaterafvoer De Boven-Rijn afvoer betreft de onverdeelde Rijnafvoer. Verandering van de laagwaterafvoer door verandering van afvoerverdeling op de splitsingspunten is hier niet van toepassing.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodem mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Boven-Rijn resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 50%. Een daling van het zomerbed van 0 tot 30 cm betekent hierdoor een daling van hoogwaterstanden met 0 tot 15 cm.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen 1-op-1 met de rivierbodem mee, al het water staat immers in het zomerbed. De laagwaterstanden dalen hierdoor dus met 0 tot 30 cm.

C – Huidige bodem zomerbed handhaven

Deze optie is gericht op het stoppen van de grootschalige bodemerosie en het handhaven van de rivierbodem op het huidige niveau.

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar en het zomerbed wordt op het niveau van 2020 gehouden.
- Dit kan gerealiseerd worden door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De rivierbodempligging van het zomerbed verandert niet, en blijft gelijk aan de bodempligging van 2020.
- Laagwaterafvoer De Boven-Rijn afvoer betreft de onverdeelde Rijnafvoer. Verandering van de laagwaterafvoer door verandering van afvoerverdeling op de splitsingspunten is hier niet van toepassing.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen niet.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet.

D - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 10 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerosie, het terugbrengen van de rivierbodem in het zomerbed naar de situatie van 10 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 10 jaargeleden past bij de uitgangspunten in het programma KRW (ecologische toestand van 2009 mag niet verslechteren) en WBI/OI-2017 programma (hydraulische ontwerpbelasting op dijken is gebaseerd op de bodem van 2013).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- De bodem van het zomerbed van de Boven-Rijn is de laatste tien tot twintig jaar stabiel geweest. Dat wil zeggen dat geen ophoging nodig is om bodemveranderingen die de afgelopen 10 jaar is opgetreden teniet te doen. Bodem handhaven op het huidige niveau.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De rivierbodempligging van het zomerbed verandert niet, en blijft gelijk aan de bodempligging van 2020..
- Laagwaterafvoer De Boven-Rijn afvoer betreft de onverdeelde Rijnafvoer. Verandering van de laagwaterafvoer door verandering van afvoerverdeling op de splitsingspunten is hier niet van toepassing.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen niet.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet.

E - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 20 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerosie, het terugbrengen van de rivierbodem in het zomerbed naar de situatie van 20 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 20 jaar geleden past bij de uitgangssituatie van het programma Ruimte voor de Rivier (herinrichtingen zijn ontworpen op bodempligging van 1997) en sluit aan bij de bodempligging die Duitsland wil handhaven (bodempligging van 2000).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- De bodem van het zomerbed van de Boven-Rijn is de laatste tien tot twintig jaar stabiel geweest. Dat wil zeggen dat geen ophoging nodig is om bodemveranderingen die de afgelopen 20 jaar is opgetreden teniet te doen. Bodem handhaven op het huidige niveau.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De rivierbodempligging van het zomerbed verandert niet, en blijft gelijk aan de bodempligging van 2020.
- Laagwaterafvoer De Boven-Rijn afvoer betreft de onverdeelde Rijnafvoer. Verandering van de laagwaterafvoer door verandering van afvoerverdeling op de splitsingspunten is hier niet van toepassing.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen niet.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet.

Samenvatting van de effecten op de toestand van de rivier per beleidsoptie

Tabel 3 geeft een samenvatting van de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050.

	Rivierbodem- ligging	Laagwater- afvoer	Hoogwater- stand	Laagwaterstanden
A. Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk	-30 - 0 cm	n.v.t.	- 30 - 0 cm	- 30 - 0 cm
B. Herstel Sedimenthuis-houding	-30 - 0 cm	n.v.t.	- 30 - 0 cm	- 30 - 0 cm
C. Huidige bodem zomerbed handhaven	0 cm	n.v.t.	0 cm	0 cm
D. Bodem zomerbed herstellen naar 10 jaar geleden	0 cm	n.v.t.	0 cm	0 cm
E. Bodem zomerbed herstellen naar 20 jaar geleden	0 cm	n.v.t.	0 cm	0 cm

Tabel 3 Veranderingen in de toestand van de rivier in de Boven-Rijn in de periode tot 2050 bij vijf principeopties voor de rivierbodempligging.

Klimaatverandering heeft invloed op de effecten

Het klimaateffect is voor elke beleidsoptie gelijk (negatieve effecten op zowel hoog- als laagwater) en daardoor niet onderscheidend. De effecten van klimaatverandering op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 staat in hoofdstuk 2.2 beschreven.

4 Beleidsopties Afvoercapaciteit

Hieronder wordt inzichtelijk gemaakt welke potentiële beleidsopties te onderscheiden zijn m.b.t. de strategische beleidskeuze omtrent extra afvoercapaciteit: principeopties voor behoud en versterking van afvoercapaciteit, en met wat dat zou vragen aan te realiseren waterstandsaling.

In de QuickScan afvoercapaciteit is voor de gehele Rijn in beeld gebracht welke vraag naar extra afvoercapaciteit er is voor het zichtjaar 2050 (welke initiatieven, plannen en ontwikkelingen vragen om vergroting van afvoercapaciteit?) en welke aanbod gecreëerd kan worden (hoe kunnen we dat realiseren?). In onderstaande onderdelen zijn de belangrijkste resultaten uit de QuickScan Afvoercapaciteit gesommeerd. Nadere details zijn in de QuickScan zelf terug te lezen.

Vraag naar extra afvoercapaciteit

De vraag naar extra afvoercapaciteit is vertaald naar waterstandseffecten en komt voort uit de volgende onderdelen:

Waterveiligheid: Relevante aspecten voor het bepalen van de vraag voor afvoercapaciteit voor deze categorie zijn:

- Klimaatopgave¹: Waterstandeffect voortkomend uit verhoogde afvoeren als gevolg van klimaatverandering.
- Buitendijks versterken: Opstuwing veroorzaakt door het buitenwaarts versterken van dijktrajecten.
- Kwetsbare of waardevolle dijktrajecten: op verschillende plekken is de wens om deze specifieke plekken te ontzien van dijkverhogingen. Deze categorie is opgebouwd uit de normopgave 2015 en de klimaatopgave en bevat daarmee de volledige hoogteopgave uit het HWBP voor die trajecten.

N.b. de hoogteopgave voortvloeiend uit de normering, buiten de kwetsbare dijktrajecten, is dus niet opgenomen. Deze vormt onderdeel van het HWBP.

Natuurontwikkelingen: Betreft de vraag ter compensatie van waterstandseffecten door verruwing binnen natuurontwikkeling i.h.k.v.:

- Natura2000 (N2000)
- Natuurnetwerk Nederland (NNN)
- Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW)

N.b. KRW Kaderrichtlijn water is niet meegenomen in deze Quicksan, omdat hiervan is uitgegaan dat deze waterstandsneutraal worden gerealiseerd.

¹ Het effect van klimaatverandering op hoogwaterstanden wijkt hier af van de inschatting in paragraaf 3. Dit komt doordat bij het specificeren van de vraag naar afvoercapaciteit t.b.v. klimaatverandering alleen gekeken is naar de traject-onderdelen die nog niet op het niveau van een verkenning zijn uitgewerkt in de programmering van het hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP, d.d. oktober 2020. Voor de reeds geprogrammeerde dijkversterkingsprojecten in het HWBP is de klimaatvraag op nul gezet. Het uitgangspunt is dat het HWBP op die trajecten de dijken zodanig versterkt dat ze voldoen aan de nieuwe waterveiligheidsnormen en de toekomstige klimaatverandering op kunnen vangen. Dit is in paragraaf 3 niet nader gespecificeerd en dient in het vervolg van IRM nader uitgewerkt te worden.

Nieuw rivierbodembeleid: Betreft de vraag om het effect van mogelijk nieuw beleid voor rivierbodembeleid. Voor dit aspect is het effect op hoogwaterstanden als de rivierbodem van 20 jaar terug wordt hersteld en gehandhaafd als uitgangspunt genomen.

Gebiedsontwikkelingen: Betreft de vraag om lokale en regionale initiatieven en ontwikkelingen met een mogelijk waterstandverhogend effect te compenseren.

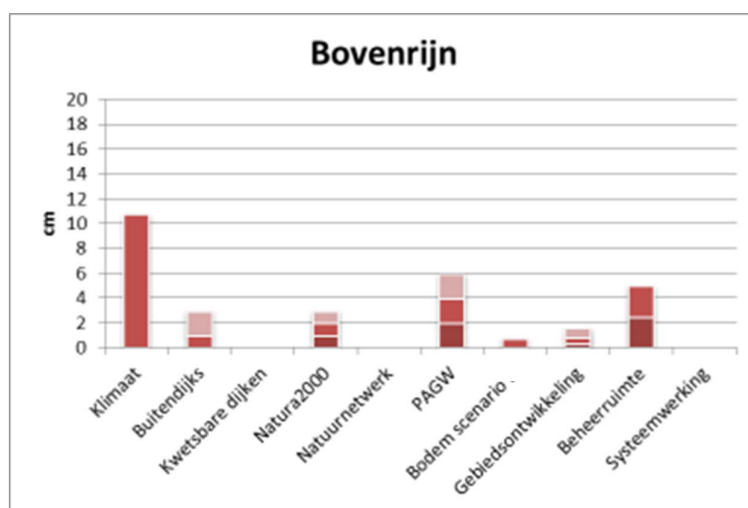
Beheerruimte: Betreft een marge of robuustheidstoelage voor de rivierbeheerder, zodat hij in geval van (tijdelijke) beperkte veranderingen in het riviersysteem en daarbij gepaarde waterstandseffecten als gevolg van natuurlijke processen (morfologische en/of vegetatie ontwikkelingen) en menselijke ingrepen niet direct hoeft in te grijpen.

Rivierkundige systeemwerking: Betreft effecten die voortkomen uit keuzes ten aanzien van de inrichting van het riviersysteem en eisen en wensen aan die inrichting vanwege effecten die in het gehele Nederlandse riviersysteem spelen. Voor de Rijn gaat het om vragen vanuit de hoogwater afvoerverdeling over de Rijntakken en de beheersing van die afvoerverdeling.

Resultaten

Figuur 2 geeft de trajectgemiddelde waarden per aspect. Zo kan eenvoudig worden afgelezen uit welke aspecten de belangrijkste vragen op dit traject naar voren komen. Voor de Bovenrijn komen uit klimaat en PAGW de grootste vragen voort, gevolgd door beheerruimte. Indien beschikbaar, zijn ook de minimale en maximale vraag in beeld gebracht.

De vraag naar extra afvoercapaciteit is onzeker. Daarom zijn voor een aantal aspecten door deskundigen inschattingen gedaan van de onzekerheid in de vraag, resulterend in een minimale, een gemiddelde en maximale vraag. Voor de overige aspecten is slechts 1 waarde beschikbaar.

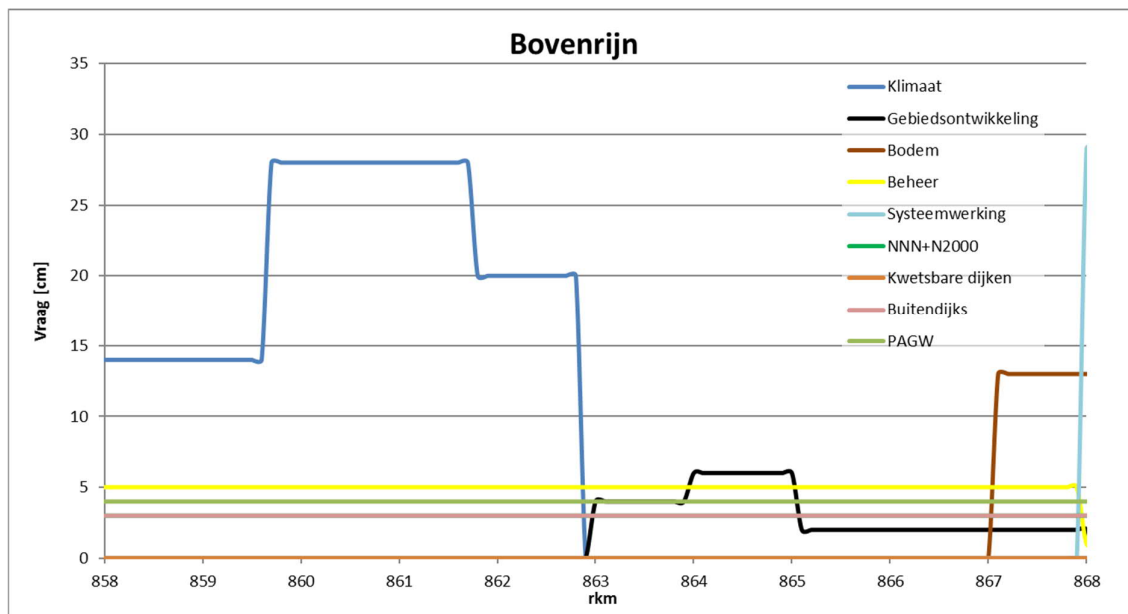


Figuur 2. De afzonderlijke vragen naar waterstandsvaling; indicatie van de onzekerheid in de trajectgemiddelde vraag: naast een basisinschatting is door deskundigen een lagere (donker) en hogere (licht) inschatting gegeven.

Het ruimtelijk verloop van de vraag voor de verschillende categorieën is weergegeven in figuur 3.

De grootste vraag komt voort uit klimaat. Tussen rivierkilometer 864-865 is een relatief grote vraag vanuit een gebiedsontwikkeling en vanaf rivierkilometer 867 levert nieuw rivierbodembeleid een significante vraag op. PAGW levert een constante vraag over het gehele traject.

Nota bene, de sterkte sprong (in lichtblauw) geldt voor het stroomafwaarts gelegen deeltraject en wordt hier verder niet beschouwd.



Figuur 3. De ruimtelijke variatie van de afzonderlijke vragen naar waterstandsval.

Principeopties voor omgaan met afvoercapaciteit

Potentiële opties voor beleid voor omgang met afvoercapaciteit variëren van behoud van de huidige afvoer- en bergingscapaciteit tot omvangrijke uitbreiding ervan. Bij behoud wordt extra te realiseren verruiming ingezet voor om rivierfuncties en –ontwikkelingen anders dan waterveiligheid mogelijk te maken, bij uitbreiding komt een deel van de te realiseren verruiming ten goede aan werkelijke vergroting van afvoer- en bergingscapaciteit. Hieronder worden de beleidsopties verder beschreven.

I – Behoud van afvoercapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie I wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten van programma's en ontwikkelingen in het kader van bestaand beleid en/of reeds gemaakte keuzes voor riviergebonden functies binnen IRM te compenseren. Die effecten worden op dit moment conform de Beleidslijn Grote Rivieren binnen elk project/programma afzonderlijk gecompenseerd. Hiermee wordt de huidige afvoercapaciteit behouden, waterstandsval wordt ingezet als compensatie voor vermindering van de afvoercapaciteit. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Natuurontwikkeling vanuit Natura 2000 en Natuurnetwerk;
- Gebiedsontwikkelingen conform huidig beleid.

II - Uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie II wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten vanuit huidige beleid en vanuit programma's en ontwikkelingen binnen nog te formuleren en vast te stellen beleidsontwikkelingen binnen IRM te compenseren. Hiermee wordt waterstandsval niet alleen ingezet als compensatie voor verlies aan afvoercapaciteit, maar wordt de afvoercapaciteit ook vergroot doordat het elementen bevat die bijdragen aan waterveiligheid en daarmee in potentie de

HWBP-opgave kunnen verminderen². Dit betreft het ontzien van kwetsbare en bijzondere dijktrajecten indien aanwezig in het specifieke traject, en opgaven vanuit de werking van het riviersysteem. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Buitendijks versterken vanuit HWBP;
- Natuurontwikkeling vanuit PAGW;
- Nieuw beleid voor ligging en beheer van de rivierbodem;
- Beheerruimte of robuustheidstoeslag;
- Gebiedsontwikkelingen waarvoor nog geen beleid is vastgesteld;
- Opgaven vanuit de werking van het riviersysteem: de instelling en beheersing van de afvoerverdeling op de Rijntakken.

III Omvangrijke uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken en de klimaatopgave met rivierverruiming trotseren

Met principeoptie III wordt naast rivierverruiming ook ingezet op het opvangen van de klimaatopgave via een aanzienlijke uitbreiding van de afvoercapaciteit. We onderscheiden binnen deze principeoptie twee varianten:

- IIIa: Opgaven vanuit bestaand beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder I)
- IIIb: Opgaven vanuit bestaand en nieuw beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder II).

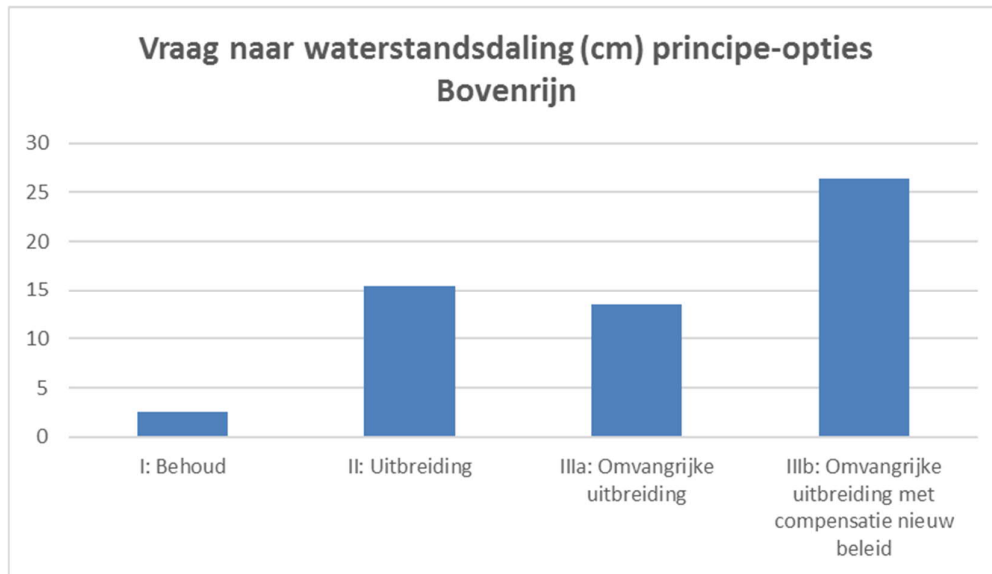
Totaalbeeld principeopties Afvoercapaciteit

Onderstaande tabel en figuren laten zien wat de te realiseren waterstandsdeling zou zijn binnen de verschillende principeopties, als trajectgemiddelde waarden, alsmede de ruimtelijke variatie.

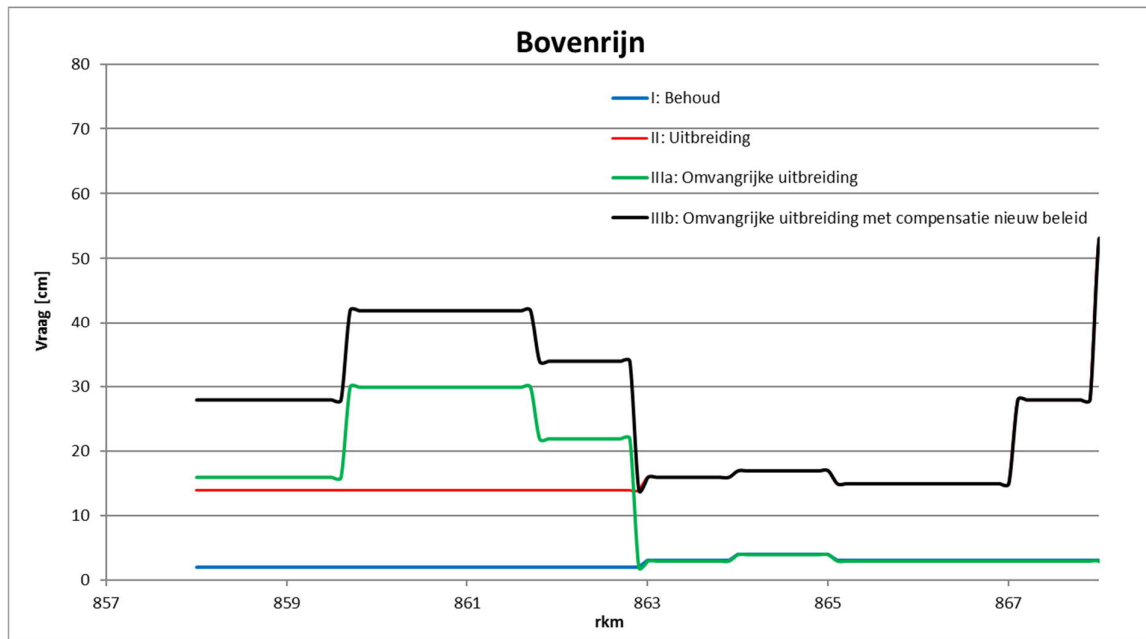
Riviertraject Boven-Rijn	Principeopties (cm)			
	I	II	IIIa	IIIb
Trajectgemiddeld	3	15	13	26
Minimum	2	14	2	14
Maximum	4	28	30	42

Tabel 4 Principeopties afvoercapaciteit, benodigde cm's waterstandsdeling

² Volledige invulling van de hoogwaterveiligheidsopgave via rivierverruiming is niet in de beleidsopties opgenomen. Dit is een uitvloeisel van eerdere MKBA-analyses in LTAR-tijd.



Figuur 4. Benodigde trajectgemiddelde cm's waterstandsddaling per principe optie voor extra afvoercapaciteit



Figuur 5. Ruimtelijke variatie van de benodigde cm's waterstandsddaling per principe optie voor extra afvoercapaciteit

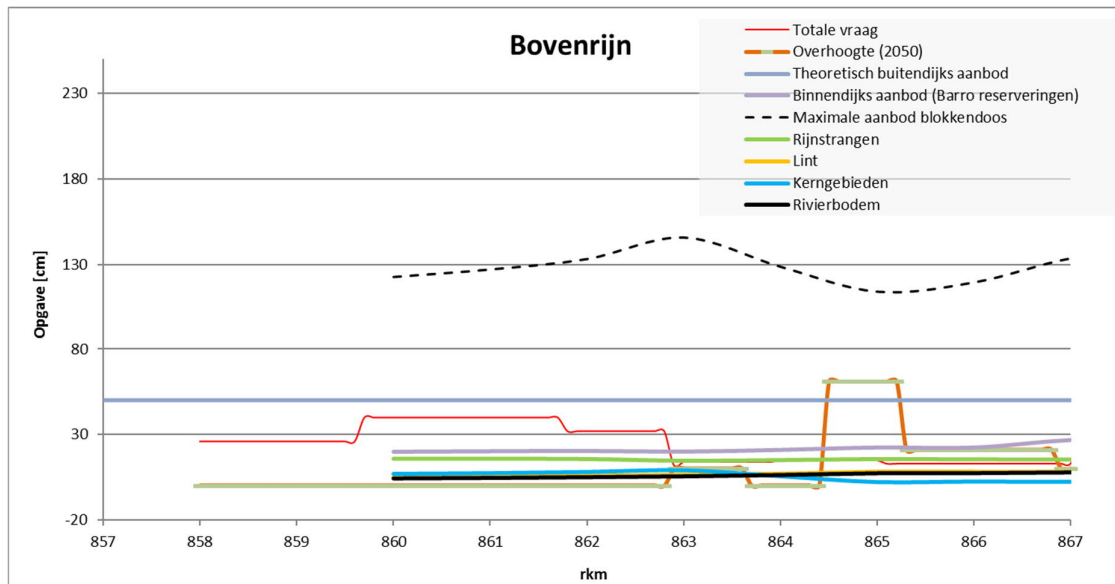
Het aanbod van afvoercapaciteit

Er is een globaal overzicht gemaakt van het mogelijke te creëren aanbod aan extra afvoercapaciteit in het rivierensysteem. Dit is gedaan op basis van een theoretische beschouwing van principe-maatregelen en eerder uitgevoerde verkenningen in het kader van het Deltaprogramma waarin binnendijkse en buitendijkse rivierverruimende maatregelen in beeld zijn gebracht. Dit resulteert in het volgende overzicht:

1. Afvoercapaciteit in het rivierensysteem die benut kan worden door de aanwezigheid van overhoogte in de dijken;

2. Afvoercapaciteit die maximaal (theoretisch) te realiseren met buitendijkse maatregelen. Dit is ingeschat op basis van een theoretische beschouwing, uitgaande van toepassing van een effectieve buitendijkse principe-maatregel voor rivierverruiming;
3. Afvoercapaciteit die te realiseren is door het inzetten van maatregelen in binnendijkse gebieden met een Barro reservering;
4. Afvoercapaciteit die te realiseren is met alle maatregelen die in het kader van het Deltaprogramma in beeld zijn gebracht en opgenomen zijn in de Blokkendoos (optelsom van combinatie van alle rivierverruimende maatregelen);
5. Afvoercapaciteit die te realiseren is met de maatregelpakketten die in het kader van het Deltaprogramma Rivieren zijn opgesteld (bestaande uit een combinatie van buitendijkse en binnendijkse ingrepen). Voor de Rijn zijn drie maatregelpakketten samengesteld: a. pakket Rijnstrangen, b. pakket Lint, en c. pakket Kerngebieden.

Onderstaand figuur toont de afvoercapaciteit die op basis van bovenstaande rubrieken te creëren is voor het traject Boven-Rijn. Daarnaast is de maximale totale vraag (principe optie IIIb) opgenomen om een eerste vergelijking te kunnen maken met de verschillende aanbod varianten.



Figuur 7. De totaalvraag naar extra afvoercapaciteit samen met het mogelijk te creëren extra aanbod aan afvoercapaciteit langs het traject.

De belangrijkste conclusies, die hieruit kunnen worden getrokken zijn:

1. Overhoogte kan lokaal de totale vraag naar waterstandsdeling opvangen (rondom rivierkm 865);
2. Met de theoretische beschouwing is afgeleid dat middels grootschalige buitendijkse rivierverruimingsmaatregelen (uiterwaardverlagingen, aanleg nevengeulen) de gehele vraag kan worden opgevangen;
3. Inzet van alle Barro reserveringen vervult vanaf rivierkilometer 863 de gehele vraag, stroomopwaarts niet.
4. Alle Blokkendoosmaatregelen tezamen in dit traject kunnen ruimschoots de totale vraag opvangen. Hier is nog nadere differentiatie nodig.

5. Tot rivierkilometer 863 vervult geen enkel bestaand maatregelpakket de totale vraag. Rijnstrangen (LTAR) heeft voldoende waterstandsdalend effect vanaf rivierkilometer 863. De overige maatregelpakketten leveren onvoldoende waterstandsaling op.

5 Combinatie van potentiële beleidsopties Rivierbodembodem en Afvoercapaciteit

De potentiële beleidsopties voor Rivierbodembodem en Afvoercapaciteit kunnen niet los van elkaar beschouwd worden. Dit hoofdstuk laat de onderlinge samenhang zien.

Rivierbodembodem --> afvoer- en bergingscapaciteit

Beleidsopties waarbij de erosie van de rivierbodembodem wordt stopgezet danwel de bodemligging omhoog wordt gebracht hebben invloed op de hoogwaterstanden. Binnen de huidige versterkingsopgave wordt een vaste bodemligging als uitgangspunt gehanteerd wordt niet geanticipeerd op de bodembodemontwikkeling. Welke bodemligging als uitgangspunt gehanteerd wordt, wordt bepaald per waterschap en kan verschillen per riviertraject. Een substantiële verhoging van het rivierbed kan effect hebben op de versterkingsopgave. De beleidsopties waarbij de bodembodem substantieel omhoog worden gebracht kunnen dus om extra afvoercapaciteit vragen. Het eroderen van de rivierbodembodem kan extra afvoercapaciteit creëren.

Met andere woorden, indien gekozen wordt voor rivierbodembodembeleid waarbij de rivierbodembodem 10 of 20 jaar terug wordt gebracht, wordt dit onderdeel van beleidsopties II en IIIb voor beleid t.a.v. afvoer- en bergingscapaciteit.

Afvoer- en bergingscapaciteit --> rivierbodembodem

De keuze voor de mate van te realiseren waterstandsddaling (m.a.w. de mate van rivierverruiming) kan ook een effect hebben op de bodembodem. Daar waar rivierverruiming plaatsvindt met maatregelen die zorgen voor een regelmatige afname van de afvoer door het zomerbed, verandert op lange termijn het evenwichtsprofiel van het zomerbed. Het zomerbed komt hier uiteindelijk omhoog. Hoe groter en meer rivierverruiming plaatsvindt, hoe meer dit bijdraagt aan het verminderen van bodembodmerosie.

Naast fysieke maatregelen is sedimentmanagement nodig om op korte termijn het gewenste bodembodemniveau te bereiken. Indien op korte termijn een bodembodemligging uit het verleden gehandhaafd gaat worden is een initiële suppletie noodzakelijk om deze verhoging op korte termijn te kunnen realiseren.

Bijlage 1: hypothesen voor de toekomstige grootschalige bodemontwikkeling van de Boven-Rijn

De afgelopen tien jaar is het zomerbed van de Boven-Rijn zelfs erg stabiel gebleven. Dit doet de vraag opkomen of de recente stagnatie van de rivierbodem in de Boven-Rijn erop wijst dat het grootste deel van de aanpassing van het zomerbed van de Boven-Rijn al is bereikt en het bodemerosieprobleem daar verleden tijd is. Deskundigen verschillen van mening hoe de ontwikkeling van het zomerbed van de Boven-Rijn zich in de komende tientallen jaren zal doorzetten. Het sedimentmanagement in het Duitse deel van de Rijn en het effect op de sedimentinvoer (omvang en samenstelling naar Nederland) heeft een grote invloed op de langjarige ontwikkeling van de toekomstige bodemligging van het zomerbed van de Rijntakken.

In deze bijlage is een drietal hypothesen gegeven m.b.t. de toekomstige grootschalige bodemontwikkeling van de Boven-Rijn.

Hypothese 1: één hypothese is dat dit traject met de huidige grootschalige bodemerosie al een eind op weg naar een bedding met een flauwer verhang. Aangenomen wordt dat het grootste deel van de aanpassing van het zomerbed van de Boven-Rijn al bereikt is en het bodemerosieprobleem daar verleden tijd is. Op basis hiervan wordt verwacht dat er in de toekomst geen grootschalige bodemveranderingen meer optreden: trend 0 cm per jaar.

Hypothese 2: een tweede hypothese is dat een vergroving van aangevoerd sediment uit Duitsland³ op het bovenstroomse traject tot een steiler bodemhelling leidt. De in de afgelopen 20-30 jaar afgenomen bodemerosie van de Boven-Rijn, in combinatie met een vergroving van het sediment van de rivierbedding, past in dit beeld. Het kost meer energie om grover sediment te verplaatsen. De rivier zal zich op grover sediment aanpassen door zijn verhang te versteilen totdat het verhang van de rivier, en dus de sterkte van de stroming om sediment te verplaatsen, weer in evenwicht is met het grovere sediment. Mogelijk erodeert de bedding van de Boven-Rijn niet verder of komt deze door grindaanvoer vanuit Duitsland nog wat hoger te liggen. Dat laatste kan een licht aanznijdende trend betekenen.

Als het van bovenstrooms aangevoerde sediment grover wordt, zou benedenstrooms meer erosie van de bedding kunnen optreden omdat de rivier het benedenstroomse, fijnere sediment gemakkelijker kan transporteren dan het grovere sediment bovenstrooms. Het zou kunnen dat de vergroving van de sedimentaanvoer vanuit Duitsland en de daaruit volgende vergroving van de Boven-Rijn bijdraagt aan de bodemerosie in de Waal en het Pannerdensch Kanaal. Mogelijk treedt het steiler worden van het verhang in Nederland met name in de Boven-Rijn op en leidt een combinatie van een flauwer verhang benedenstrooms van de Pannerdensche Kop en een steiler verhang van de Boven-Rijn tot een meer concaaf profiel van, bijvoorbeeld het traject Boven-Rijn - Waal. Met andere woorden: het zou kunnen dat hypothese 1 optreedt voor de riviertakken direct stroomafwaarts van de Pannerdensche Kop en hypothese 2 voor de Boven-Rijn.

³ Voor de vergroving van het sediment vanuit Duitsland noemen deskundigen de volgende mogelijke redenen: 1. door voortgaande bodemerosie in Duitsland ontstaat vergroving van de toplaag in de bedding van de Rijn in Duitsland (het fijne sediment spoelt weg, van bovenstrooms wordt te weinig fijn sediment aangevoerd om dit te compenseren, en het grove sediment blijft achter), 2. door voortgaande bodemerosie in Duitsland worden grovere afzettingen uit het Pleistoceen aangesneden, en 3. doordat in Duitsland al enkele tientallen jaren grof sediment in de rivier wordt gesuppleerd om bodemerosie tegen te gaan.

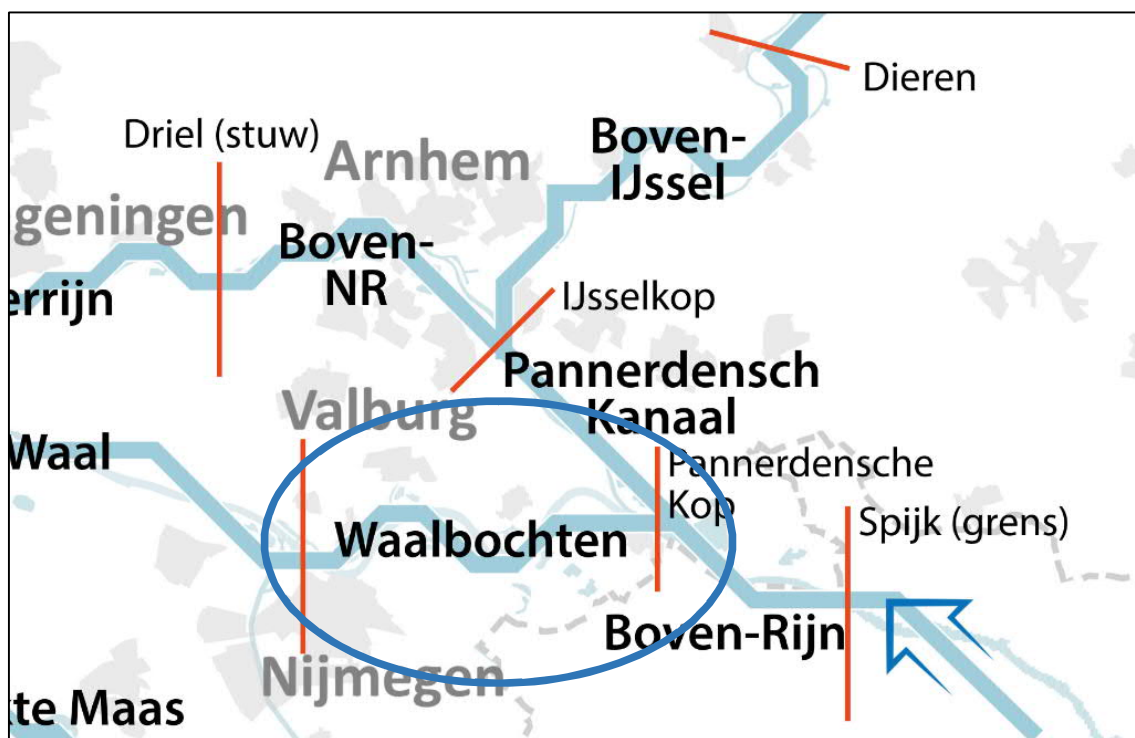
Hypothese 3: een derde hypothese is dat de bodemerosie zich op de Boven-Rijn uiteindelijk doorzet. Immers wat er op de Boven-Rijn gebeurt, wordt mede bepaald door wat er benedenstrooms gebeurt. Als de rivierbodem van de Waal en het Pannerdensch Kanaal blijft dalen, gaat ook de erosiebasis van de Boven-Rijn steeds verder omlaag en zal de trend op den duur toch weer negatief worden. De mate waarin de Waal en het Pannerdensch Kanaal in de toekomst blijven dalen hangt ook weer al van de mate van vergroving op die riviertakken. Als onder invloed van het Bulle-effect, het meeste grove materiaal vanuit de Boven-Rijn afbuigt naar het Pannerdensch Kanaal, dan kan de vergroving van de Waal beperkt blijven, waardoor het zomerbed van het bovenstroomse deel van de Waal blijft dalen. De morfologische reactie stroomopwaarts is een terugschrijdende erosie van het zomerbed van de Boven-Rijn. Stroomopwaarts zal het zomerbed naar verwachting eroderen tot de bedding zich heeft aangepast aan de verlaagde erosiebasis. Dit kan betekenen een erosieve trend van ongeveer 1 cm per jaar.

1 Ligging

Het traject Waalbochten loopt van het splitsingspunt Pannerdensch Kop (km 868) bij Millingen tot net benedenstrooms van Nijmegen (km 887) bij het Maas-Waalkanaal. Het traject is bijna 20 km lang. Het kenmerkt zich door vier opeenvolgende scherpe rivierbochten. Het zomerbed wordt begrensd door kribben en de uiterwaarden variëren aanzienlijk in breedte. Ter plaatse van Nijmegen is de Waal flink ingesnoerd.

Eén van de vier hotspots van de Programmatie Aanpak Ecologie Grote Wateren, de Gelderse Poort bevindt zich (gedeeltelijk) op het traject van de Waalbochten.

In figuur 1 is de ligging van het traject weergegeven.



Figuur 1 Ligging van Waalbochten

2 Blik op het traject

Dit hoofdstuk bevat een beknopte beschrijving van de riviergebonden functies van dit traject. Het beschrijft de essentie van wat er speelt m.b.t. waterveiligheid, bevaarbaarheid, waterbeschikbaarheid, natuur & waterkwaliteit. Dit betreft geen uitgebreide beschrijving van de opgaven. Een uitgebreid beeld op de rivieren met de opgave volgt in het Beeld op de Rivieren dat in het kader van IRM wordt ontwikkeld.

Na de essentie van wat er speelt, volgt een beschrijving van de bodemontwikkelingen en de veranderingen in klimaat, de invloed hiervan op de toestand van de rivier (rivierbodemplugging, hoog- & laagwaterstanden), en de doorwerking op de riviergebonden functies.

2.1 Wat speelt er met betrekking tot de riviergebonden functies?

Hoogwaterveiligheid

Uiterwaarden dragen bij aan waterveiligheid door waterafvoer te faciliteren, dijken beschermen dit gebied tegen overstromingen. Door een aantal maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier, Stroomlijn, KRW en NURG is de afvoercapaciteit vergroot. De meest omvangrijke rivierverruimende maatregel betrof de dijkeruglegging bij Nijmegen-Lent. In de PKB Ruimte voor de rivier waren bovenstrooms van Lent nog vier verruimingsmaatregelen opgenomen. Daar Lent meer waterstandverlaging kon realiseren en hiermee de afvoerverdeling scheef trok werd besloten om de verruiming bij Gent en de kribverlaging Waalbochten niet uit te voeren. Bovenstrooms van Lent zijn derhalve alleen verruiming uitgeoefend in de Millingerwaard en de Bemmelse Waard.

De primaire waterkeringen in dit traject voldoen niet aan de geldende norm voor waterveiligheid en zullen versterkt moeten worden. De maximaal toelaatbare overstromingskans aan de noordzijde is 1/10.000^{ste} per jaar en de zuidzijde 1/3.000^{ste} per jaar. Om aan de normen te voldoen zijn dijkversterkingen voorzien. De verbetering van de dijken aan de noordzijde is voor 2028 opgenomen in de HWBP programmering. De dijken aan de zuidzijde zijn iets later aan de beurt (2028-2050). Verwacht wordt dat een deel van de dijkversterking buitenwaarts zal gebeuren (in de richting van de uiterwaarden). Een deel van de dijkversterkingen (o.a. bij Nijmegen) is aangemerkt als complex en moeilijk inpasbaar.

Naar verwachting zal IenW in 2021 een besluit nemen m.b.t. de herijking van het beleidsuitgangspunt afvoerverdeling Rijntakken bij hoogwater. De herijking gaat over de vraag hoe de in beleid vastgelegde afvoerverdeling bij hoogwater in praktijk vorm krijgt. Hierbij is het uitgangspunt de beleidsafpraak dat de Lek boven een Rijnafvoer van 16.000 m³/s bij Lobith wordt ontzien. Onderdeel van het realiseren van de beleidsmatig afgesproken afvoerverdeling is de instelling van de regelwerken op de splitsingspunten. Afhankelijk van de gekozen afvoerverdeling en bijbehorende instelling van de regelwerken kan dit een verhoging of verlaging van de hoogwaterstanden langs de Waal betekenen (t.o.v. de hydraulische belasting in het OntwerpInstrumentarium van het HWBP). Bij instelling van de regelwerken op een Rijnafvoer van 18.000 m³/s nemen de hoogwaterstanden langs de Waal bij een Rijn-afvoer 16.000 m³/s met ongeveer 23 cm toe. Dit is vergeleken met de waterstanden op de Waal bij een afvoer van 16.000 m³/s en de instelling van de regelwerken op 16.000 m³/s (de huidige situatie).

De beleidsmatig gekozen afvoerverdeling, en de inrichting van het rivierbed in de nabijheid van de splitsingspunten, heeft invloed op het regelbereik van de regelwerken. Regelbereik is nodig om in te kunnen spelen op dynamiek in het systeem, en tussentijdse effecten door de gefaseerde uitvoering van maatregelen tijdelijk te kunnen compenseren. Wanneer de regelwerken in de uitgangssituatie helemaal open of helemaal dicht staan kan slechts één kant op geregeld worden, en is er dus onvoldoende regelbereik. In ideale omstandigheden staan de regelwerken in de middenstand en kan Rijkswaterstaat als watersysteembeheerder de afvoerverdeling in twee richtingen maximaal bijregelen.

Binnen IRM wordt vooralsnog de huidige beleidsmatige hoogwater afvoerverdeling met bij behorende instellingen van de regelwerken als uitgangspunt gehanteerd.

Op diverse locaties is het rivierbed vrij smal en wordt de Waal ingesnoerd. Dit zijn lokale hydraulische knelpunten in het systeem die ook wel lokale flessenhalzen worden genoemd. Het gaat om de locaties ter plaatse van km 869, 875 en 879. Behoud van ruimte voor ruimtelijke inrichting en ruimte voor het riviersysteem is een blijvend aandachtspunt.

Het doorgroeien en uitbreiden van begroeiing in het rivierbed kan leiden tot te hoge hoogwaterstanden. De vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwing van begroeiing) is toegestaan. De Vegetatielegger is onderdeel van de Legger Rijkswaterstaatswerken. De Waterwet regelt de leggerplicht van alle waterstaatswerken. In de vorm van overzichtskaarten en regels zijn normen gespecificeerd voor vegetatie in het rivierbed ten behoeve van hoogwaterveiligheid en waterkwaliteit.

Bevaarbaarheid

De Waal behoort tot de belangrijkste scheepvaartwegen van Europa. In het bochtige riviertraject wordt niet voldaan aan de vereiste vaarbreedte en diepte. Door natuurlijke processen ontstaat er een diepere buitenbocht en ondiepere binnenbocht.

Het zomerbed van de rivier toont een aanzienlijke erosie van ongeveer 2 cm per jaar. Dit zorgt voor problemen voor de bevaarbaarheid omdat een deel van het rivierbed niet mee zakt. Dit zijn bijvoorbeeld de harde laag en de bodemkribben die in de jaren '90 in de rivierbochten Erlecom, Gendt en Nijmegen zijn aangebracht t.b.v. het verbeteren van de bevaarbaarheid. Naast de gunstige werking hebben de bodembeschermingsconstructies ook nadelige effecten. De rivierbodem van het zomerbed in het traject erodeert namelijk aanzienlijk en de bodembeschermingsconstructies zakken niet mee.

Ook vormt de betonnen sluisdremmel van schutsluis Weurt, die de Waal via het Maaswaalkanaal met de Maas verbindt, voor de scheepvaart steeds moeilijker te passeren dremmel naarmate de rivier verder zakt en het kanaal uiteraard niet mee zakt.

Tot slot zijn er in dit traject veel kabels & leidingen-straten die onder de rivierbodem liggen. Ter plaatse van deze kabels & leidingen mag niet gebaggerd worden, waardoor ook hier drempels ontstaan in het riviersysteem die ondieptes vormen voor de scheepvaart.

Bij lage rivierafvoeren (beneden 1.500 m³/s) vormt allereerst de vaste laag van Nijmegen het meest kritieke vaardiepteknelpunt, kort gevolgd door het traject Tiel - Sint-Andries waar o.a. de vaste laag van St. Andries is gesitueerd, maar ook de ingang van het Amsterdam-Rijnkanaal, een

bochtovergang bovenstrooms van de vaste laag en een zeer diepe erosiekuil benedenstrooms van de vaste laag aan de linker oever en ernstige ondiepte aan de rechter oever.

Dieptebeperkingen resulteren in een lagere beladingsgraad op deze trajecten, een toename van brandstofkosten als gevolg van verminderde kielspeling (en meer weerstand), en daarmee een toename van de transportkosten. Om de diepgang bij lokale ondiepten te vergroten vindt baggerwerk plaats. In de omgeving van Nijmegen vindt regelmatig baggeronderhoud plaats om de vaargeul op diepte te houden. Baggerwerk levert hinder op voor de scheepvaart.

Naast bevaarbaarheidsproblemen i.r.t. diepgang is ook de vaarbreedte in dit traject een probleem. Vanwege de sterk gekromde rivierbochten is er over het gehele traject een vaarbreedteprobleem. Ook is de nautische veiligheid een probleem in het bochtige traject. Dit probleem wordt versterkt ter plaatse van onderhoudsbaggerwerk.

Tot slot heeft de spoorbrug over de Waal bij Nijmegen mogelijk te weinig doorvaarthoogte bij hoogwater. Naar verwachting wordt het tekort aan doorvaarthoogte pas aangepakt als deze brug vervangen of gerenoveerd gaan worden. Dit is geen opgave in het kader van het programma Integraal Riviermanagement.

Natuur en waterkwaliteit

In het kader van diverse programma's (Ruimte voor de Rivier, Stroomlijn, KRW en NURG) is de afgelopen jaren gewerkt aan de verbetering van de natuurwaarden op het traject van de Waalbochten. Op het gebied van natuur is er een reeks aan opgaven: behoudsopgaven van reeds bestaande natuur en opgaven volgend uit bestaand en nieuw, nog te ontwikkelen beleid. Er zijn vanuit nationale en regionale natuurbeheerplannen (NNN) en Europees beleid (Natura 2000) (beide bestaand beleid) ontwikkelopgaven voor boskernen en andere habitats. Ook is er een waterkwaliteitsopgave vanuit de KRW (macrofauna, vis en waterplanten).

Aanvullend op het bestaand beleid, wordt ook nieuw natuurbeleid uitgewerkt. Het traject kent een ontwikkelopgave in het kader van de Programmatiese Aanpak Grote Wateren (PAGW). Deze ontwikkelopgave maakt integraal deel uit van de opgave IRM. De PAGW werkt aan plannen voor een robuust riviersysteem passend bij het systeem (gegeven klimaatverandering, economische ontwikkelingen en ecologische knelpunten). Bij toekomstige natuurontwikkeling zal in het bijzonder gekeken worden naar de ontwikkeling van een viertal hotspots en naar het verbinden van deze grote natuurgebieden langs de rivier via de corridors. In de corridor tussen de hotspots liggen afwisselend grote en kleine stapstenen met geschikt leefgebied voor de gidssoorten. Er komt focus liggen op het verbinden van natuurdoelen van de diverse programma's (één natuurdoelstelling in rivierbed).

Het gebied Gelderse Poort (waar het traject van de Waalbochten zich volledig in bevindt) is als hotspot aangemerkt.

De grootschalige bodemerosie en de daarmee gepaard gaande daling van waterstanden én grondwaterstands daling zorgen voor een geleidelijke verdroging van de uiterwaarden. Daarnaast inunderen uiterwaarden minder vaak en minder omvangrijk. Het minder goed functioneren van recent aangelegde maatregelen voor het versterken van de natuur vormt een aanzienlijke bedreiging.

Het beheer van natuur langs het traject van de Waalbochten bestaat uit het beheer van de begroeiing in het rivierbed en het sedimentbeheer in zowel uiterwaarden als in natuurvriendelijke oevertrajecten. Hierbij wordt zo veel mogelijk ruimte gegeven aan natuurlijke processen en het verkrijgen van leefgebieden voor bij het riviersysteem passende planten en dieren. De vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwing van begroeiing) is toegestaan. Het is voor de natuur relevant dat daarbij in voldoende ontwikkelbeheerruimte wordt voorzien, waarmee de natuur ruimte krijgt om zich op natuurlijke wijze te ontwikkelen.

Naast de relatie met hoogwaterveiligheid hebben ook scheepvaart en natuur een onderlinge relatie. Scheepvaart vervult een belangrijke rol op dit traject en heeft middels schroefwerking en golfslag direct effect op natuur.

Zoetwaterbeschikbaarheid

Voor zoetwaterbeschikbaarheid is de watervoorziening van het IJsselmeer – de belangrijkste zoetwaterbuffer in het landelijke hoofdwatersysteem – van groot belang. De afgelopen decennia is de verdeling van water vanuit de Boven-Rijn over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig eroderen van de rivierbodem in de Rijntakken geleidelijk veranderd. Het zomerbed in de Waalbochten erodeert sneller dan de bodem in de andere riviertakken in het bovenstrooms deel van de Rijntakken. Hierdoor trekt de Waal steeds meer afvoer, ten koste van de afvoer van water naar de IJssel. De stuurbaarheid van rivierwater over de splitsingspunten en de toevoer van water richting strategische zoetwatervoorraden (o.a. het IJsselmeer als belangrijke buffer) is daarom aandachtspunt binnen DP Zoetwater.

2.2 Bodemontwikkeling en klimaatverandering en hun effect op de rivier

Een aantal omgevingsveranderingen beïnvloedt de toestand van de rivier. Het betreft de grootschalige rivierbodemontwikkeling en klimaatverandering. De veranderingen beïnvloeden de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier en hebben daardoor ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Bodemontwikkeling en het effect op de rivier

De Waalbochten liggen in het bovenstroomse deel van de Rijn in Nederland waar insnijding plaatsvindt. Waarnemingen laten zien dat de rivierbodem in dit traject in de afgelopen tientallen jaren is geërodeerd met een snelheid van 1,9 cm per jaar.

Een belangrijke oorzaak van de in het verleden opgetreden grootschalige bodemveranderingen is de normalisatie in de vorige eeuw waardoor de rivier een smallere en rechttere loop heeft gekregen (korter is geworden). De normalisatie bestaat uit een combinatie van maatregelen: aanleg van kribben en zomerkades, verdieping van de vaargeul, bochtafsnijdingen, kanalisatie of aanleg van parallelle scheepvaartkanalen, aanleg van stuwen en regulering van de afvoerverdeling (bij hoog en laagwateromstandigheden). Ingrepen resulteerden in steeds smallere, diepere rivieren, die bovendien hun loop niet meer konden verleggen. Daarnaast is door de aanleg van (stuw)dammen in combinatie met sedimentmanagement gericht op de stabilisatie van de rivierbodem in het bovenstroomse - niet Nederlandse deel - van het stroomgebied van de Rijn, de omvang en de samenstelling van het binnenkomend sedimenttransport sterk veranderd.

Door de maatregelen is de ruimte voor de Nederlandse rivieren in de afgelopen eeuw fors afgenomen en is de natuurlijke sedimentbalans verstoord. De programma's Ruimte voor de Rivier, NURG en KRW volg(d)en een andere koers. In plaats van afname van ruimte, hebben de rivieren door die programma's weer wat meer vrijheid te gekregen. Dit heeft geresulteerd in (iets) meer ruimte en een andere inrichting van verschillende delen van het zomer- en winterbed. De extra ruimte die met de recente programma's is gecreëerd, staat echter niet in verhouding tot de afname van ruimte door de bedijking en de normalisatie.

De bedijking en de normalisatie- en reguleringswerken uit de 19^e en 20^{ste} eeuw hebben (soms onbedoeld) effect op de fysica van het riviersysteem, die tot tientallen jaren en zelfs langer na de ingreep kunnen doorwerken.

Ten eerste is door de maatregelen het overstromingsgebied voor de rivieren sterk afgenomen. Hierdoor is de komberging sterk afgenomen. Hogere afvoeren als gevolg van klimaatverandering leiden daardoor tot hogere waterstanden dan daarvoor. De top van hoogwatergolven wordt door het verlies aan ruimte ook veel minder afgevlakt. Daardoor verplaatst de afvoergolf zich sneller door de rivier.

Daarnaast is de energie van het afstromende water – en daardoor het sedimenttransporterend vermogen - door de ingrepen in de rivier in de 19^e en 20^{ste} eeuw toegenomen. Het verhang van de bedding van de rivier is feitelijk te steil in relatie tot de water- en sedimentbeweging van de rivier. De rivier zal zich aanpassen naar een flauwer verhang, waardoor het transporterende vermogen weer afneemt en de rivier weer in balans komt. De rivier kan dat flauwere verhang alleen maar krijgen door zich bovenstrooms in te snijden (de bodem benedenstrooms ligt min of meer vast doordat deze is gekoppeld aan het zeeniveau, het kantelpunt ligt ongeveer ter hoogte van Tiel (benedenstrooms is de bodem stabiel of zandt de rivier aan)). Dit doet de rivier door te eroderen. De rivierbodem groeit zo langzaam toe naar een flauwere helling. De afname van de hoeveelheid sediment die Nederland binnenkomt en de verandering in sedimentsamenstelling, beïnvloedt de erosie van het zomerbed.

Volgens een verkenning van Rijkswaterstaat hebben de normalisatie- en reguleringswerken een daling van het zomerbed op gang gebracht waardoor het verhang uiteindelijk 20% minder wordt. Normaal gesproken is dit een aanpassing die eeuwen duurt. Voor de Boven-Rijn en de Waal gaat het een stuk sneller doordat de mens met het actief onttrekken van bodemmateriaal uit het zomerbed het systeem een handje geholpen heeft. De normalisatie- en reguleringswerken hebben samen met de veranderingen van de omvang en de samenstelling van het inkomend sedimenttransport én het actief onttrekken van grote hoeveelheden zand en grind geleid tot erosie van de rivierbodem die lokaal oploopt tot enkele meters in de afgelopen eeuw.

Langs het bovenstroomse deel van de Rijntakken geldt al sinds medio jaren '90 dat in de baggercontracten van Rijkswaterstaat geen netto sedimentonttrekkingen zijn toegestaan: materiaal dat uit het zomerbed wordt gehaald, moet op de diepere delen in het zomerbed worden teruggestort. Deze afspraken zijn echter nog geen onderdeel van het formele rivierbeleid. De permanente onttrekkingen van sediment uit het zomerbed zijn enorm afgenomen. Desondanks vinden toch nog regelmatig sedimentonttrekkingen plaats op basis van zandwinconcessies die in het verleden zijn afgegeven. Sinds er niet meer permanent wordt onttrokken bij baggeronderhoud, is er een sterke afname van de erosietrend van de rivierbodem van de bovenloop van de Rijn (ongeveer een halvering).

Verwacht wordt dat de na-ijleffecten van de normalisatie in het riviersysteem en rivierregulering nog decennia lang merkbaar zijn. Er zijn veel factoren die samen de toekomstige trend van de rivierbodem bepalen. Het sedimentmanagement in het Duitse deel van de Rijn en het effect op de sedimentinvoer (omvang en samenstelling naar Nederland) heeft naar verwachting grote invloed op de langjarige ontwikkeling van de toekomstige bodemligging van het zomerbed van het bochtige traject Waalbochten. Deskundigen verwachten dat de bodemerosie van de rivierbodem in het traject van de Waalbochten met ongeveer 1,9 cm per jaar doorgaat.

Het effect van de grootschalige bodemerosie in de Waalbochten wordt bepaald door het zakken van de rivierbodem zelf en de hieraan gekoppelde verandering van de laagwaterstanden en de verandering van de verdeling van de laagwaterafvoer over het splitsingspunt. Daarnaast resulteert het zakken van de rivierbodem ook in een verlaging van waterstanden in de rivier tijdens hoogwater. Onderstaande tabel geeft de invloed van doorgaande bodemerosie (zonder actief ingrijpen) op de toestand van de rivier in 2050:

	Rivierbodem ligging	Laagwater afvoer	Hoogwater stand	Laagwater stand
Niet actief ingrijpen tot 2050	- 57 cm	+ 40 m ³ /s	- 20 cm	- 47 cm

Tabel 1 Effect op toestand van de rivier in 2050 zonder nieuw bodembeleid

Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Waalbochten ligt in 2050 ongeveer 57 cm lager. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van -1,9 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.

Laagwaterafvoer De afvoerverdeling onder normale omstandigheden en bij laagwater wijzigt geleidelijk. Doordat de Waalbodem sneller zakt dan de rivierbodem op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Op basis van deze metingen is ingeschat dat de laagwaterafvoer op de Waal in 2050 40 m³/s hoger is bij een Rijnafvoer van 1.020 m³/s.

Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert.

De hoogwaterstanden zakken met de rivierbodem mee. Op basis van een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Waalbochten resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 35%. Een daling van het zomerbed met 57 cm betekent hierdoor een daling van hoogwaterstanden met 20 cm.

Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door de verandering van de rivierbodem en de verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn.

De laagwaterstanden zakken 1-op-1 met de rivierbodem mee, al het water staat immers in het zomerbed. De laagwaterstanden dalen hierdoor dus met 57 cm.

Door geleidelijke verandering van de rivierafvoer over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig zakken van het zomerbed, neemt de laagwaterafvoer op de Waal met 40 m³/s toe. Met behulp van de betrekkingsslijn is bepaald dat laagwaterstanden als gevolg van de veranderende afvoer op het traject van de Waalbochten met 10 cm toenemen. Dit is een indirecte verandering als gevolg van bodemontwikkelingen.

De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 47 cm af.

De veranderingen in de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier hebben ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied. Op dit moment zijn de effecten van bodemerosie op verschillende functies wisselend.

Mogelijke effecten in de toekomst als gevolg van een verdere verlaging van de rivierbodem zijn:

- Een verlaging van de bodemligging zorgt voor een afname van de afdeklaag boven kabels en leiding en erosieve fijne lagen in het rivierbed, en kan een risico vormen voor de stabiliteit en standzekerheid van waterkeringen, oevers & kunstwerken. Een analyse naar de dekkingsgraad boven erosieve lagen laat zien dat op het traject tussen de Pannerdensche Kop en Nijmegen het fijne erosieve materiaal lokaal dicht aan het oppervlakte van het zomerbed ligt. In het bochtige traject ligt bovendien een groot aantal kabels en leidingen.
 - Een verlaging van de bodemligging verlaagt de hoogwaterstanden en heeft hierdoor een positief effect op waterveiligheid. Behalve op plekken waar de keringen direct tegen het zomerbed aan liggen (zoals bij schaar dijken en stedelijke fronten). Daar kan bodemdaling een gevaar vormen voor stabiliteit van de keringen. Denk aan het lange traject met kades en damwanden bij Nijmegen.
 - Een verlaging van de bodemligging heeft effect op de laagwaterstanden (direct en indirect via een herverdeling van de laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) over de splitsingspunten). De laagwaterstanden op het bochtige Waaltraject zullen lager worden. Dit heeft een negatieve invloed op:
 - bevaarbaarheid: er ontstaan verminderde vaardiepten doordat er drempels ontstaan doordat het rivierbed niet overal zakt. Zo zakt de rivierbodem niet ter plaatse van de harde laag bij Nijmegen en de bodemkribben bij Erlecom en Gendt die in de jaren '90 in de rivierbochten zijn aangebracht t.b.v. het verbeteren van de bevaarbaarheid. De harde laag en de bodemkribben zakken niet mee en vormen hoogliggende obstakels in het weggezakkende rivierbed. Als gevolg hiervan ontstaan scheepvaartdrempels met diepgangbeperkingen in het vaarwegennetwerk. Ook de sluisdrempels van infrastructuur in het aangrenzende scheepvaartnetwerk zakken niet mee met de rivierbodem. Hierbij kan op dit traject gedacht worden aan de betonnen sluisdrempel van schutsluis Weurt (de ingang van het Maaswaalkanaal). Tot slot zijn er kabels & leidingen-straten die onder de rivierbodem liggen. Ter plaatse van deze kabels & leidingen mag niet gebaggerd worden, waardoor ook hier drempels ontstaan in het riviersysteem die tot ondieptes vormen voor de scheepvaart. Baggerwerk om de vaarweg op de locatie met diepgangbeperkingen op diepte te houden zorgt voor hinder voor de scheepvaart.
- De vaste laag bij Nijmegen vormt niet alleen een notabel scheepvaartknelpunt vanwege de diepgangbeperkingen. Er zijn door de abrupte verdieping van het rivierbed direct stroomafwaarts van de vaste laag op dit traject ook problemen met de nautische veiligheid (de manoeuvreerbaarheid).

- waterbeschikbaarheid vanwege lagere waterstanden ter plaatse van waterinnamepunt Groesbeek en Ooijpolder;
 - natuur & waterkwaliteit omdat uiterwaarden minder vaak en minder langdurig instromen en de grondwaterpeil zakt, waardoor de natuur verdroogt.
- Geohydrologische veranderingen met gevolgen voor meerdere functies: door het eroderen van de rivierbodembodem zakken niet alleen de rivierwaterstanden uit, maar ook kunnen significante effecten aan de orde zijn op de grondwaterstanden en grondwaterfluxen (kwel/wegzijging) in de omgeving, zowel binnen- als buitendijks. Er kan sprake zijn van drainerende of infiltrerende werking van de rivier. Afhankelijk van de hydrologische omstandigheden van de omgeving en het specifieke landgebruik (landbouw, natuur, stedelijk gebied) kan dit leiden tot verdroging of vernatting. Er kunnen zich bijvoorbeeld risico's voordoen voor de stabiliteit van binnendijkse bebouwing en voor minder of juist meer waterbeschikbaarheid (bij infiltrerende situatie) voor de land, tuin- en fruitbouw en natuur..
- Het ongelijkmatig zakken van de rivierbodembodem in de Rijntakken zorgt voor een geleidelijke verandering van de verdeling van water over de splitsingspunten bij een lage Rijnaafvoer (1.020 m³/s). Het zomerbed in de Boven-Waal erodeert sneller dan de bodem in de andere riviertakken in het bovenstrooms deel van de Rijntakken. Hierdoor trekt de Waal steeds meer afvoer, ten koste van de afvoer van water naar het Pannerdensche Kanaal en de IJssel. Dit is een vicieuze cirkel. De stuurbaarheid van rivierwater over de splitsingspunten tijdens laagwater en de toevoer van water richting strategische zoetwatervoorraden (o.a. het IJsselmeer als belangrijke buffer) is daarom steeds belangrijker aandachtspunt.

Klimaatverandering en effect op de toestand van de rivier

De effecten van klimaatverandering zijn veelzijdig. Klimaatverandering heeft onder andere effect op de hoge en lage rivierafvoeren. Verwacht wordt dat extreme lage en hoge rivierafvoeren vaker voorkomen en langduriger aanhouden. Op basis van de meest extreme klimaatscenario's van het KNMI zijn de effecten op hoog- en laagwaterstanden voor de Waalbochten in beeld gebracht. Voor laagwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het droge KNMI'14 scenario - Wh-dry. Voor hoogwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het KNMI'06 - W+. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de waterstandeffecten tot 2050.

	waterstand in 2050 door klimaatverandering
Effect op laagwaterstanden	- 40 cm
Effect op hoogwaterstanden	+ 31 cm

Tabel 2 Effect op waterstanden in 2050 door klimaatverandering

3 Beleidsopties rivierbodem Rijn

Hieronder volgt een overzicht van potentiële beleidsopties en de implicaties voor de Boven-Rijn. De potentiële beleidsopties zijn generiek voor alle riviertrajecten en gaan in op het herstel van de sedimenthuishouding en het beheer van de rivierbodempligging. Een uitgebreide probleemanalyse in de PlanMER moet meer inzicht geven in de effecten van veranderingen in het systeem met en zonder ingrijpen, inclusief de revenuen van actief ingrijpen.

Het effect van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 is kort beschreven en in context geplaatst met de effecten van klimaatverandering. Tabel 3 toont de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050: bodempligging, hoog- en laagwaterstanden.

Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bodemtrend zet zich in de situatie zonder ingrijpen voort met een erosie van 1,9 cm per jaar.
- De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodempligging mee. Op basis van een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Waalbochten resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 35%.
- De laagwaterstanden veranderen 1-op-1 met de rivierbodempligging mee, al het water staat dan immers in het zomerbed.
- De verdeling van de laagwaterafvoer verandert geleidelijk door het ongelijkmatig zakken van de rivierbodempligging in de Rijntakken. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Met deze geleidelijke verandering uit het verleden is rekening gehouden in de beleidsopties. Dat wil zeggen dat ervan wordt uitgegaan dat de verandering in laagwaterverdeling in de beleidsoptie waarin niet wordt ingegrepen wordt zich doorzet, en dat in de beleidsopties waarin de rivierbodempligging hersteld wordt naar een toestand uit het verleden, de opgetreden verandering in afvoerdeling bij laagwater teniet wordt gedaan.

Potentiële beleidsopties

A – Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk

In de basisreferentie wordt huidig beleid en beheer gecontinueerd en op de Waalbochten niet actief ingrijpen op de sedimenthuishouding en de rivierbodempligging.

- Bodemtrend zet zich voort met een erosie van gemiddeld 1,9 cm per jaar.
- Huidig sedimentbeheer t.a.v. baggeren en terugstorten wordt voortgezet.
- Geen beleid t.a.v. het beperken of stoppen van grootschalige bodemerosie.
- Beheer en onderhoud verandert niet en blijft gericht op het lokaal verhelpen problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid.

In hoofdstuk 2 staat beschreven welke invloed dit heeft op de bodempligging, hoogwaterstand en laagwaterstand in 2050.

B - Herstel sedimenthuishouding ter ondersteuning van rivierbodempligging

Deze beleidsoptie richt zich op het herstel van de sedimenthuishouding. Dit kan door netto sedimentonttrekking uit het zomerbed niet meer toe te staan en het bevorderen van het (doorgaand) sedimenttransport. Er wordt geen sediment toegevoegd en niet actief gestuurd op een specifieke rivierbodempligging. De beleidsoptie draagt bij aan herstel van de sedimenthuishouding en zal zorgen voor een afname van de bodemtrend. Het is niet duidelijk in welke mate de trend afneemt.

- De bodemtrend zal naar verwachting kleiner zijn dan een erosie van 1,9 cm per jaar. Het is niet bekend in welke mate. Niet gericht op het nastreven van een specifieke rivierbodempligging.
- Dit kan gerealiseerd worden door behoud van sediment in het zomerbed, herstel van verstoringen in sedimentbalans sedimenthuishouding en bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- **Rivierbodempligging** De bodem van het zomerbed van de Waalbochten ligt in 2050 tussen 0- 57 cm lager dan nu. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van maximaal -1,9 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.
- **Laagwaterafvoer** De afvoerverdeling onder normale omstandigheden en bij laagwater wijzigt geleidelijk. Doordat de Waalbodem sneller is gezakt dan de rivierbodempligging op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Als de bodemtrends op alle Rijntrajecten door herstel van sedimenthuishouding afnemen, zal ook de afvoerverdeling in de toekomst minder wijzigen. In welke mate dat gebeurt, is niet duidelijk. Aanname is dat de laagwaterafvoer van de Waal in de periode tot 2050 tussen de 0 en 40 m³/s zal toenemen.
- **Hoogwaterstand** Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert.
De hoogwaterstanden zakken met de rivierbodempligging mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Waalbochten resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 35%. Een daling van het zomerbed tussen 0 - 57 cm betekent hierdoor een daling van hoogwaterstanden tussen 0 - 20 cm.
- **Laagwaterstand** De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodempligging en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verlaagde rivierbodempligging neemt de laagwaterstand tussen 0 - 57 cm af. De toename van de laagwaterafvoer tussen de 0 en 40 m³/s heeft een verhogend effect op laagwaterstanden van op de Waalbochten tussen 0 - 10 cm toe. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal tussen 0 - 47 cm af.

C – Huidige bodem zomerbed handhaven

Deze optie is gericht op het stoppen van de grootschalige bodemerosie en het handhaven van de rivierbodempligging op het huidige niveau.

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar en het zomerbed wordt op het niveau van 2020 gehouden.

- Dit kan gerealiseerd worden door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De rivierbodempligging van het zomerbed verandert niet t.o.v. 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer verandert niet meer.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen niet meer.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet meer.

D - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 10 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerosie, het terugbrengen van de rivierbodempligging in het zomerbed naar de situatie van 10 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 10 jaargeleden past bij de uitgangspunten in het programma KRW (ecologische toestand van 2009 mag niet verslechteren) en WBI/OI-2017 programma (hydraulische ontwerpbelasting op dijken is gebaseerd op de bodem van 2013).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen) en het éénmalig omhoog brengen van de rivierbodempligging.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Waalbochten daalt jaarlijks met 1,9 cm. Met deze trend had de bodem van de Waalbochten 10 jaar geleden 19 cm hoger gelegen. De rivierbodempligging komt met deze optie 19 cm hoger te liggen dan in 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer neemt (ten opzichte van nu) af met 13 m³/s. Doordat de Waalbodempligging sneller is gezakt dan de rivierbodempligging op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Door het terugbrengen van de bodempligging naar 10 jaar geleden, wordt waterverdeling bij laagwaterafvoer deels hersteld (1/3 deel). Dit maakt dat, ten opzichte van 2020, de laagwaterafvoer met 13 m³/s afneemt.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzigt de hoogwaterafvoer over de takken niet. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodempligging mee. Een verhoging van het zomerbed met 19 cm betekent hier een verhoging van hoogwaterstanden met 7 cm.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodempligging en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verhoogde rivierbodempligging neemt de laagwaterstand met 19 cm toe. De afname

van de laagwaterafvoer met 13 m³/s heeft een verlagend effect op laagwaterstanden van 3 cm. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 16 cm toe.

E - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 20 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerrosie, het terugbrengen van de rivierbodembodem in het zomerbed naar de situatie van 20 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodemligging. De bodemligging van 20 jaar geleden past bij de uitgangssituatie van het programma Ruimte voor de Rivier (herinrichtingen zijn ontworpen op bodemligging van 1997) en sluit aan bij de bodemligging die Duitsland wil handhaven (bodemligging van 2000).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen) en het éénmalig omhoog brengen van de rivierbodembodem.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodembodemligging De bodembodem van het zomerbed van de Waalbochten daalt jaarlijks met 1,9 cm. Met deze trend had de bodembodem van de Waalbochten 20 jaar geleden 38 cm hoger gelegen. De rivierbodembodem komt met deze optie 38 cm hoger te liggen dan in jaar 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer neemt af met 27 m³/s. Doordat de Waalbodem sneller zakt dan de rivierbodembodem op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Door het terugbrengen van de bodembodem naar 20 jaar geleden, wordt waterverdeling bij laagwaterafvoer deels herstelt (2/3 deel). Dit maakt dat, ten opzichte van 2020, de laagwaterafvoer met 27 m³/s afneemt.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzigt de hoogwaterafvoer over de takken niet. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodembodem mee. Een verhoging van het zomerbed met 38 cm betekent hier een verhoging van hoogwaterstanden met 13 cm.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodembodem en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verhoogde rivierbodembodemligging neemt de laagwaterstand met 38 cm toe. De afname van de laagwaterafvoer met 27 m³/s heeft een verlagend effect op laagwaterstanden van 7 cm. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 31 cm toe.

Samenvatting van de effecten op de toestand van de rivier per beleidsoptie

Tabel 3 geeft een samenvatting van de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050.

	Rivierbodem -ligging	Laagwater- afvoer	Hoogwater- stand	Laagwaterstanden		
				Rivier- bodem	Laagwater- afvoer	TOTAAL
A. Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk	- 57 cm	+ 40 m ³ /s	- 20 cm	- 57 cm	+ 10 cm	- 47 cm
B. Herstel Sedimenthuis- houding	- 57 ~ 0 cm	0 ~ 40 m ³ /s	- 20 ~ 0 cm	- 57 ~ 0 cm	0 ~ 10 cm	- 47 ~ 0 cm
C. Huidige bodem zomerbed handhaven	0 cm	0 m ³ /s	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
D. Bodem zomerbed herstellen naar 10 jaar geleden	+ 19 cm	- 13 m ³ /s	+ 7 cm	+ 19 cm	-3 cm	+ 16 cm
E. Bodem zomerbed herstellen naar 20 jaar geleden	+ 38 cm	- 27 m ³ /s	+ 13 cm	+ 38 cm	-7 cm	+31 cm

Tabel 3 Veranderingen in de toestand van de rivier in de Waalbochten in de periode tot 2050 bij vijf principeopties voor de rivierbodempligging

Klimaatverandering heeft invloed op de effecten

Het klimaateffect is voor elke beleidsoptie gelijk (negatieve effecten op zowel hoog- als laagwater) en daardoor niet onderscheidend. De effecten van klimaatverandering op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 staat in hoofdstuk 2.2 beschreven.

De effecten van bodemontwikkelingen worden door klimaatverandering verder versterkt.

- Het teniet doen van bodemontwikkeling uit het verleden levert een verhoging van de hoogwaterstanden en vraagt om compensatie van het hoogwatereffect. Klimaatverandering zorgt ook voor een verhoging van hoogwaterstanden. Het actief rivierbodembeheer versterkt het klimaateffect en levert een aanzienlijke verhoging van de hoogwaterstanden.
- Het actief beheren van de rivierbodem of het ophogen en terugbrengen van de rivierbodem naar een ligging uit het verleden werkt positief door op laagwaterstanden. Bodemhandhaving levert een relatieve verhoging van laagwaterstanden (dus functiewinst) op, maar in combinatie met klimaatveranderingen nemen de laagwaterstanden op dit deel van de rivier in absolute zin af.

4 Beleidsopties Afvoercapaciteit

Hieronder wordt inzichtelijk gemaakt welke potentiële beleidsopties te onderscheiden zijn m.b.t. de strategische beleidskeuze omtrent extra afvoercapaciteit: principeopties voor behoud en versterking van afvoercapaciteit, en met wat dat zou vragen aan te realiseren waterstandsdeling.

In de QuickScan afvoercapaciteit is voor de gehele Rijn in beeld gebracht welke vraag naar extra afvoercapaciteit er is voor het zichtjaar 2050 (welke initiatieven, plannen en ontwikkelingen vragen om vergroting van afvoercapaciteit?) en welke aanbod gecreëerd kan worden (hoe kunnen we dat realiseren?). In onderstaande onderdelen zijn de belangrijkste resultaten uit de QuickScan Afvoercapaciteit gesommeerd. Nadere details zijn in de QuickScan zelf terug te lezen.

Vraag naar extra afvoercapaciteit

De vraag naar extra afvoercapaciteit is vertaald naar waterstandseffecten en komt voort uit de volgende onderdelen:

Waterveiligheid: Relevante aspecten voor het bepalen van de vraag voor afvoercapaciteit voor deze categorie zijn:

- Klimaatopgave¹: Waterstandeffect voortkomend uit verhoogde afvoeren als gevolg van klimaatverandering.
- Buitendijks versterken: Opstuwing veroorzaakt door het buitenwaarts versterken van dijktrajecten.
- Kwetsbare of waardevolle dijktrajecten: op verschillende plekken is de wens om deze specifieke plekken te ontzien van dijkverhogingen. Deze categorie is opgebouwd uit de normopgave 2015 en de klimaatopgave en bevat daarmee de volledige hoogteopgave uit het HWBP voor die trajecten.

N.b. de hoogteopgave voortvloeiend uit de normering, buiten de kwetsbare dijktrajecten, is dus niet opgenomen. Deze vormt onderdeel van het HWBP.

Natuurontwikkelingen: Betreft de vraag ter compensatie van waterstandseffecten door verruwing binnen natuurontwikkeling i.h.k.v.:

- Natura2000 (N2000)
- Natuurnetwerk Nederland (NNN)
- Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW)

N.b. KRW Kaderrichtlijn water is niet meegenomen in deze Quickscan, omdat hiervan is uitgegaan dat deze waterstandsneutraal worden gerealiseerd.

¹ Het effect van klimaatverandering op hoogwaterstanden wijkt hier af van de inschatting in paragraaf 3. Dit komt doordat bij het specificeren van de vraag naar afvoercapaciteit t.b.v. klimaatverandering alleen gekeken is naar de traject-onderdelen die nog niet op het niveau van een verkenning zijn uitgewerkt in de programmering van het hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP, d.d. oktober 2020. Voor de reeds geprogrammeerde dijkversterkingsprojecten in het HWBP is de klimaatvraag op nul gezet. Het uitgangspunt is dat het HWBP op die trajecten de dijken zodanig versterkt dat ze voldoen aan de nieuwe waterveiligheidsnormen en de toekomstige klimaatverandering op kunnen vangen. Dit is in paragraaf 3 niet nader gespecificeerd en dient in het vervolg van IRM nader uitgewerkt te worden.

Nieuw rivierbodembeleid: Betreft de vraag om het effect van mogelijk nieuw beleid voor rivierbodembeleid. Voor dit aspect is het effect op hoogwaterstanden als de rivierbodem van 20 jaar terug wordt hersteld en gehandhaafd als uitgangspunt genomen.

Gebiedsontwikkelingen: Betreft de vraag om lokale en regionale initiatieven en ontwikkelingen met een mogelijk waterstandverhogend effect te compenseren.

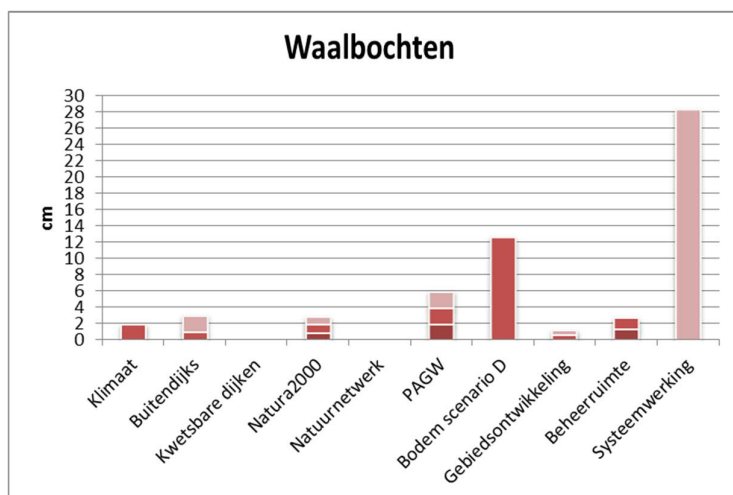
Beheerruimte: Betreft een marge of robuustheidstoelage voor de rivierbeheerder, zodat hij in geval van (tijdelijke) beperkte veranderingen in het riviersysteem en daarbij gepaarde waterstandseffecten als gevolg van natuurlijke processen (morfologische en/of vegetatie ontwikkelingen) en menselijke ingrepen niet direct hoeft in te grijpen.

Rivierkundige systeemwerking: Betreft effecten die voortkomen uit keuzes ten aanzien van de inrichting van het riviersysteem en eisen en wensen aan die inrichting vanwege effecten die in het gehele Nederlandse riviersysteem spelen. Voor de Rijn gaat het om vragen vanuit de hoogwater afvoerverdeling over de Rijntakken en de beheersing van die afvoerverdeling.

Resultaten

Figuur 2 geeft de trajectgemiddelde waarden per aspect. Zo kan eenvoudig worden afgelezen uit welke aspecten de belangrijkste vragen op dit traject naar voren komen. Voor de Waalbochten komen uit nieuw rivierbodembeleid en systeemwerking de grootste vragen voort. Indien beschikbaar, zijn ook de minimale en maximale vraag in beeld gebracht.

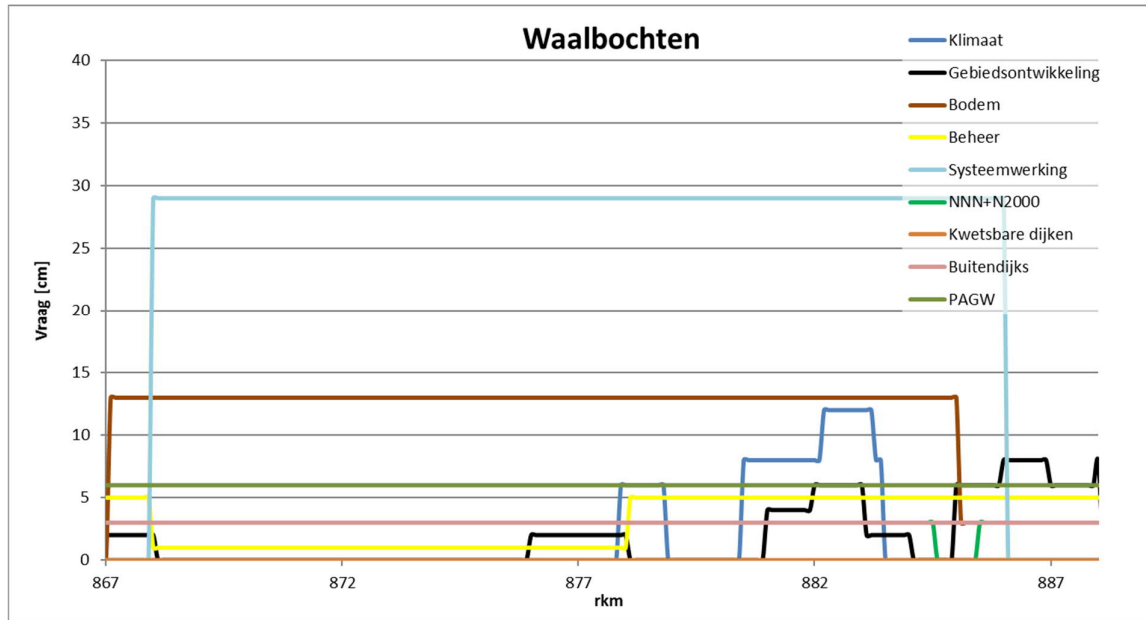
De vraag naar extra afvoercapaciteit is onzeker. Daarom zijn voor een aantal aspecten door deskundigen inschattingen gedaan van de onzekerheid in de vraag, resulterend in een minimale, een gemiddelde en maximale vraag. Voor de overige aspecten is slechts 1 waarde beschikbaar.



Figuur 2. De afzonderlijke vragen naar waterstandsvaling: indicatie van de onzekerheid in de trajectgemiddelde vraag; naast een basisinschatting is door deskundigen een lagere (donker) en hogere (licht) inschatting gegeven.

Het ruimtelijk verloop van de vraag voor de verschillende categorieën is weergegeven in figuur 3.

Systeemwerking als gevolg van de vraag vanuit de afvoerverdeling is over bijna het gehele traject de grootste vrager. Ook het herstel van de bodemligging (20 jaar terug) zorgt voor een grote vraag. Lokaal bestaat een grote piek, voortkomend uit de klimaatopgave. Verspreid zijn een aantal gebiedsontwikkelingen die waterstandsvaling vragen. En gemiddeld bestaat er een vraag voor de ontwikkeling van PAGW.



Figuur 3. De ruimtelijke variatie van de afzonderlijke vragen naar waterstandsval

Principeopties voor omgaan met afvoercapaciteit

Potentiële opties voor beleid voor omgang met afvoercapaciteit variëren van behoud van de huidige afvoer- en bergingscapaciteit tot omvangrijke uitbreiding ervan. Bij behoud wordt extra te realiseren verruiming ingezet voor om rivierfuncties en –ontwikkelingen anders dan waterveiligheid mogelijk te maken, bij uitbreiding komt een deel van de te realiseren verruiming ten goede aan werkelijke vergroting van afvoer- en bergingscapaciteit. Hieronder worden de beleidsopties verder beschreven.

I – Behoud van afvoercapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie I wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten van programma's en ontwikkelingen in het kader van bestaand beleid en/of reeds gemaakte keuzes voor riviergebonden functies binnen IRM te compenseren. Die effecten worden op dit moment conform de Beleidslijn Grote Rivieren binnen elk project/programma afzonderlijk gecompenseerd. Hiermee wordt de huidige afvoercapaciteit behouden, waterstandsval wordt ingezet als compensatie voor vermindering van de afvoercapaciteit. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Natuurontwikkeling vanuit Natura 2000 en Natuurnetwerk;
- Gebiedsontwikkelingen conform huidig beleid.

II - Uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie II wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten vanuit huidige beleid en vanuit programma's en ontwikkelingen binnen nog te formuleren en vast te stellen beleidsontwikkelingen binnen IRM te compenseren. Hiermee wordt waterstandsval niet alleen ingezet als compensatie voor verlies aan afvoercapaciteit, maar wordt de afvoercapaciteit ook vergroot doordat het elementen bevat die bijdragen aan waterveiligheid en daarmee in potentie de

HWBP-opgave kunnen verminderen². Dit betreft het ontzien van kwetsbare en bijzondere dijktrajecten indien aanwezig in het specifieke traject, en opgaven vanuit de werking van het riviersysteem. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Buitendijks versterken vanuit HWBP;
- Natuurontwikkeling vanuit PAGW;
- Nieuw beleid voor ligging en beheer van de rivierbodem;
- Beheerruimte of robuustheidstoeslag;
- Gebiedsontwikkelingen waarvoor nog geen beleid is vastgesteld;
- Opgaven vanuit de werking van het riviersysteem: de instelling en beheersing van de afvoerverdeling op de Rijntakken.

III Omvangrijke uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken en de klimaatopgave met rivierverruiming trotseren

Met principeoptie III wordt naast rivierverruiming ook ingezet op het opvangen van de klimaatopgave via een aanzienlijke uitbreiding van de afvoercapaciteit. We onderscheiden binnen deze principeoptie twee varianten:

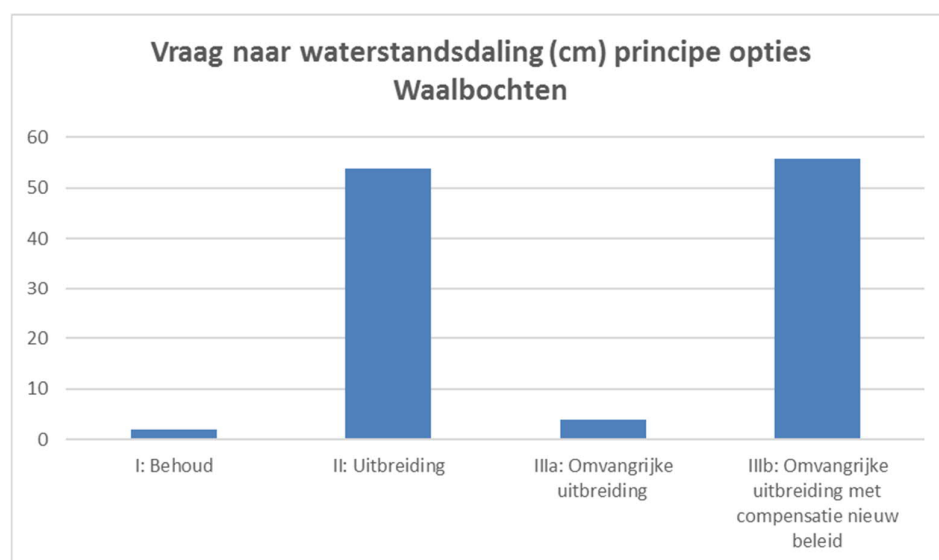
- IIIa: Opgaven vanuit bestaand beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder I)
- IIIb: Opgaven vanuit bestaand en nieuw beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder II).

Totaalbeeld principeopties Afvoercapaciteit

Onderstaande tabel en figuren laten zien wat de te realiseren waterstandsdeling zou zijn binnen de verschillende principeopties, als trajectgemiddelde waarden, alsmede de ruimtelijke variatie.

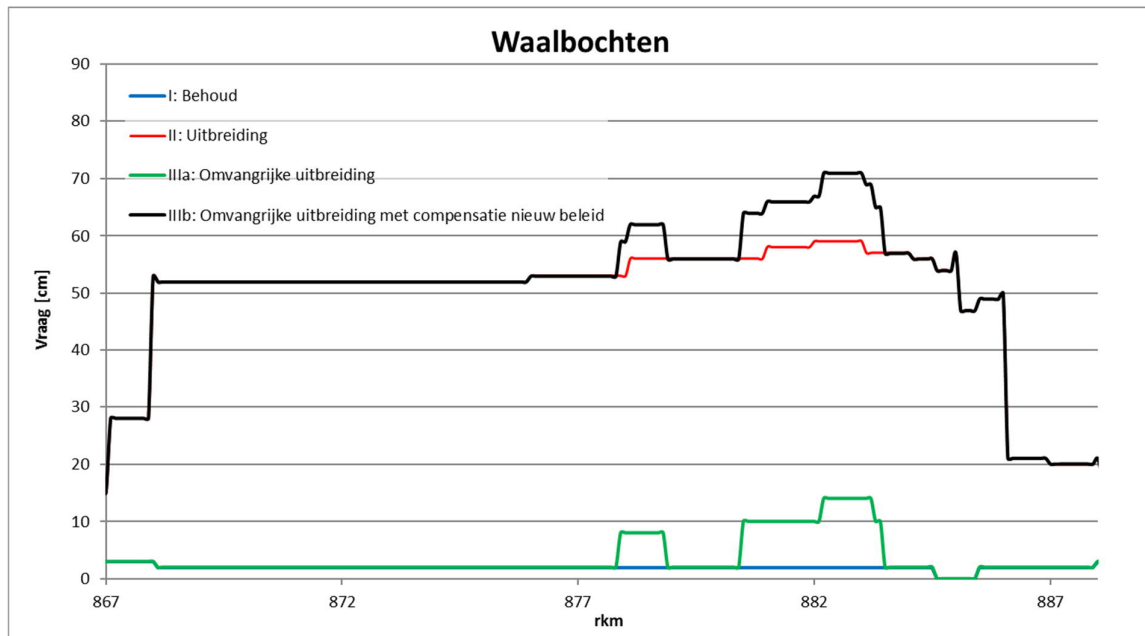
Tabel 4 Principeopties afvoercapaciteit, benodigde cm's waterstandsdeling

Riviertraject Waalbochten	Principeopties (cm)			
	I	II	IIIa	IIIb
Trajectgemiddeld	2	54	4	56
Minimum	0	15	0	15
Maximum	2	59	14	71



² Volledige invulling van de hoogwaterveiligheidsopgave via rivierverruiming is niet in de beleidsopties opgenomen. Dit is een uitvloeisel van eerdere MKBA-analyses in LTAR-tijd.

Figuur 4. Benodigde cm's waterstandsddaling per principe optie voor extra afvoercapaciteit



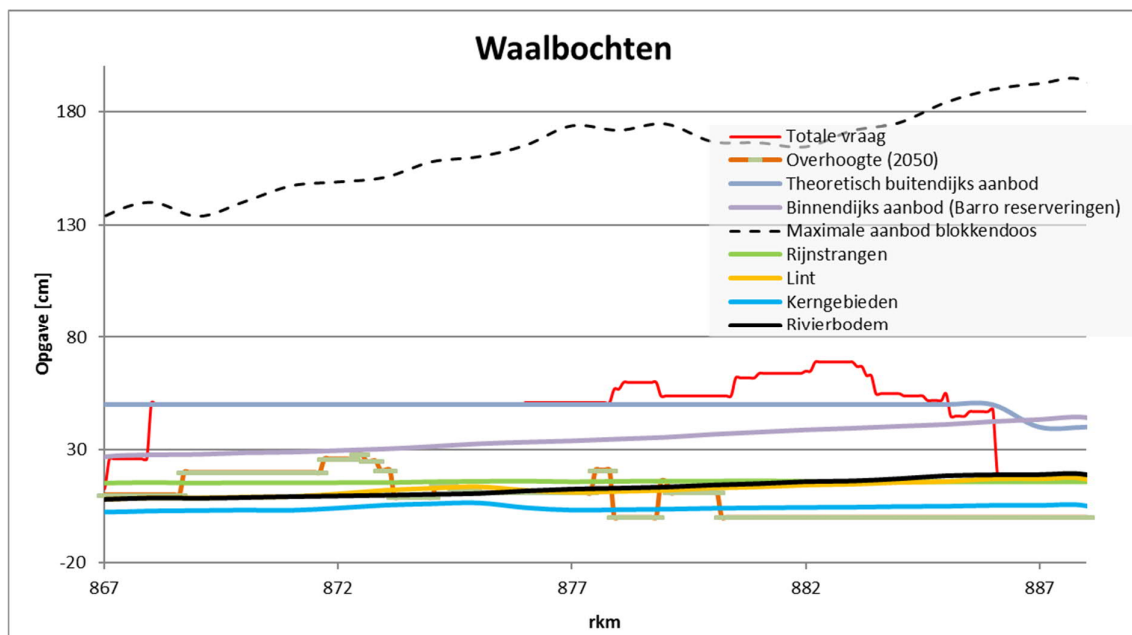
Figuur 5. Ruimtelijke variatie van de benodigde cm's waterstandsddaling per principe optie voor extra afvoercapaciteit

Het aanbod van afvoercapaciteit

Er is een globaal overzicht gemaakt van het mogelijke te creëren aanbod aan extra afvoercapaciteit in het rivierensysteem. Dit is gedaan op basis van een theoretische beschouwing van principe-maatregelen en eerder uitgevoerde verkenningen in het kader van het Deltaprogramma waarin binnendijkse en buitendijkse rivierverruimende maatregelen in beeld zijn gebracht. Dit resulteert in het volgende overzicht:

1. Afvoercapaciteit in het rivierensysteem die benut kan worden door de aanwezigheid van overhoogte in de dijken;
2. Afvoercapaciteit die maximaal (theoretisch) te realiseren met buitendijkse maatregelen. Dit is ingeschat op basis van een theoretische beschouwing, uitgaande van toepassing van een effectieve buitendijkse principe-maatregel voor rivierverruiming. Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
3. Afvoercapaciteit die te realiseren is door het inzetten van maatregelen in binnendijkse gebieden met een Barro reservering;
4. Afvoercapaciteit die te realiseren is met alle maatregelen die in het kader van het Deltaprogramma in beeld zijn gebracht en opgenomen zijn in de Blokkendoos (optelsom van combinatie van alle rivierverruimende maatregelen). Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
5. Afvoercapaciteit die te realiseren is met de maatregelpakketten die in het kader van het Deltaprogramma Rivieren zijn opgesteld (bestaande uit een combinatie van buitendijkse en binnendijkse ingrepen). Voor de Rijn zijn drie maatregelpakketten samengesteld: a. pakket Rijnstrangen, b. pakket Lint, en c. pakket Kerngebieden.

Onderstaand figuur toont de afvoercapaciteit die op basis van bovenstaande rubrieken te creëren is voor het traject Waalbochten. Daarnaast is de maximale totale vraag (principe optie IIIb) opgenomen om een eerste vergelijking te kunnen maken met de verschillende aanbod varianten.



Figuur 6. De totaalvraag naar extra afvoercapaciteit samen met het mogelijk te creëren extra aanbod aan afvoercapaciteit langs het traject.

De belangrijkste conclusies, die hieruit kunnen worden getrokken zijn:

1. Overhoogte is onvoldoende om de vraag naar waterstandsval op te vangen;
2. Met de theoretische beschouwing is afgeleid dat middels grootschalige buitendijkse rivierversuimingsmaatregelen (uiterwaardverlagingen, aanleg nevengeulen) de vraag voor een groot deel kan worden opgevangen;
3. Inzet van alle Barro reserveringen kan een bijdrage leveren in het opvangen van de vraag, maar is solitair onvoldoende;
4. Alle Blokkendoosmaatregelen tezamen in dit traject kunnen ruimschoots de totale vraag opvangen. Hier is nog nadere differentiatie nodig;
5. Geen enkel bestaand maatregelpakket uit de LTAR kan de totale vraag opvangen.

5 Combinatie van potentiële beleidsopties Rivierbodempligging en Afvoercapaciteit

De potentiële beleidsopties voor Rivierbodem en Afvoercapaciteit kunnen niet los van elkaar beschouwd worden. Dit hoofdstuk laat de onderlinge samenhang zien.

Rivierbodem --> afvoer- en bergingscapaciteit

Beleidsopties waarbij de erosie van de rivierbodem wordt stopgezet danwel de bodempligging omhoog wordt gebracht hebben invloed op de hoogwaterstanden. Binnen de huidige versterkingsopgave wordt een vaste bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt niet geanticipeerd op de bodemontwikkeling. Welke bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt, wordt bepaald per waterschap en kan verschillen per riviertraject. Een substantiële verhoging van het rivierbed kan effect hebben op de versterkingsopgave. De beleidsopties waarbij de bodem substantieel omhoog worden gebracht kunnen dus om extra afvoercapaciteit vragen. Het eroderen van de rivierbodem kan extra afvoercapaciteit creëren.

Met andere woorden, indien gekozen wordt voor rivierbodembeleid waarbij de rivierbodem 10 of 20 jaar terug wordt gebracht, wordt dit onderdeel van beleidsopties II en IIIb voor beleid t.a.v. afvoer- en bergingscapaciteit.

Afvoer- en bergingscapaciteit --> rivierbodem

De keuze voor de mate van te realiseren waterstandsdeling (m.a.w. de mate van rivierverruiming) kan ook een effect hebben op de bodem. Daar waar rivierverruiming plaatsvindt met maatregelen die zorgen voor een regelmatige afname van de afvoer door het zomerbed, verandert op lange termijn het evenwichtsprofiel van het zomerbed. Het zomerbed komt hier uiteindelijk omhoog. Hoe groter en meer rivierverruiming plaatsvindt, hoe meer dit bijdraagt aan het verminderen van bodemerosie.

Naast fysieke maatregelen is sedimentmanagement nodig om op korte termijn het gewenste bodemniveau te bereiken. Indien op korte termijn een bodempligging uit het verleden gehandhaafd gaat worden is een initiële suppletie noodzakelijk om deze verhoging op korte termijn te kunnen realiseren.

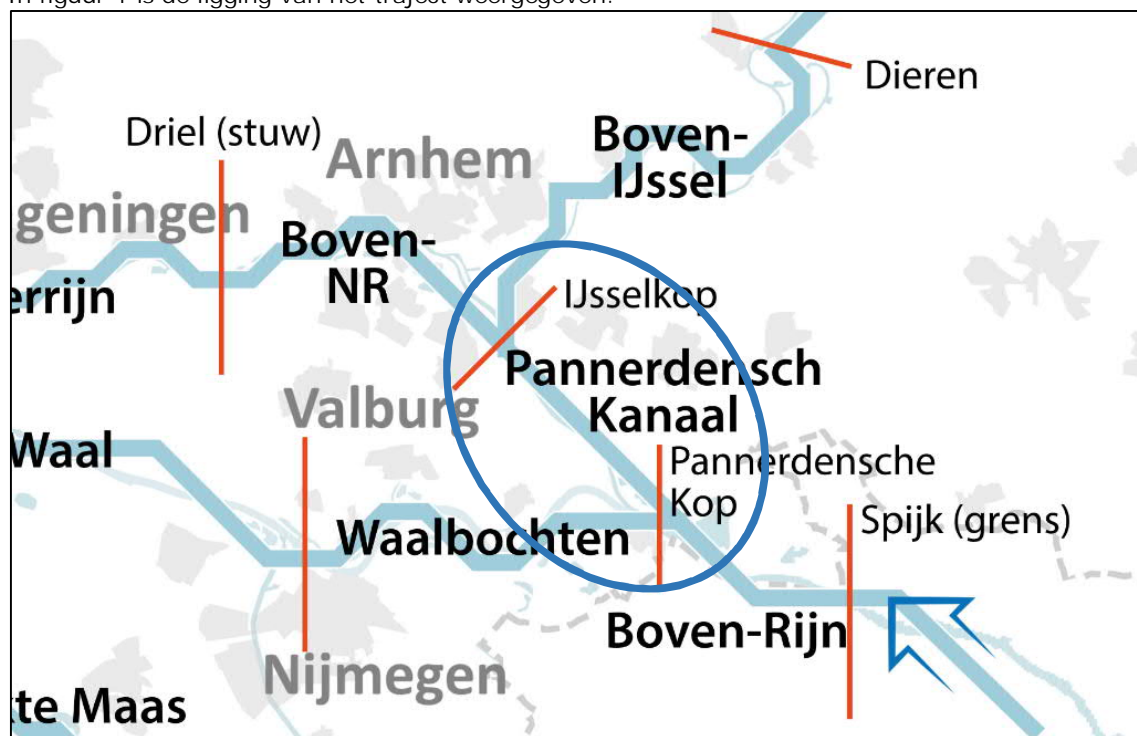
1 Ligging

Het traject Pannerdensch Kanaal zoals in IRM wordt beschouwd, loopt van het splitsingspunt Pannerdensch Kop (km 868) bij Millingen tot het splitsingspunt IJsselkop bij Arnhem (km 878,5). Het traject is ruim 10 km lang en bevat zowel het Pannerdensch kanaal als een deel van de Nederrijn. Langs het Pannerdensch Kanaal liggen rechte bedijkte oevers. Het zomerbed wordt aan weerszijden begrensd door kribben.

Het Pannerdensch Kanaal is het gedeelte tussen de Pannerdensch kop en gemaal Kandia. Dit kanaal ruim 300 jaar geleden aangelegd om de watertoevoer naar de IJssel en Nederrijn en de bevaarbaarheid te verbeteren. Bij gemaal Kandia begint formeele Nederrijn, hoewel het traject tussen Kandia en de IJsselkop in de praktijk vaak ook als Pannerdensch kanaal wordt aangeduid.

Het Pannerdensch Kanaal vervult een belangrijke rol in de waterverdeling over de Rijntakken. Bij hoogwateromstandigheden geldt een beleidsmatig vastgelegde verdeling. Voor het (in beperkte mate bijsturen) van de afvoerverdeling zijn er regelwerken bij Pannerden en Hondsbroeksche Pleij inzetbaar. De regelwerken worden voorafgaand aan het hoogwaterseizoen zo ingesteld dat bij hoogwater de afvoer zich conform de afgesproken verdeling verdeelt over de Rijntakken. De regelwerken worden niet tijdens een hoogwatersituatie anders ingesteld. Het Pannerdensch Kanaal is ook voor de scheepvaart van groot belang. De splitsingspunten hebben geen regelwerken voor laagwatersituaties. Stuw Driel kan een deel van het laagwaterafvoer beïnvloeden.

In figuur 1 is de ligging van het traject weergegeven.



Figuur 1 Ligging van Pannerdensch Kanaal

2 Blik op het traject

Dit hoofdstuk bevat een beknopte beschrijving van de riviergebonden functies van dit traject. Het beschrijft de essentie van wat er speelt m.b.t. waterveiligheid, bevaarbaarheid, waterbeschikbaarheid, natuur & waterkwaliteit. Dit betreft geen uitgebreide beschrijving van de opgaven. Een uitgebreid beeld op de rivieren met de opgave volgt in het Beeld op de Rivieren dat in het kader IRM wordt ontwikkeld.

Na de essentie van wat er speelt, volgt een beschrijving van de bodemontwikkelingen en de veranderingen in klimaat, de invloed hiervan op de toestand van de rivier (rivierbodempligging, hoog- & laagwaterstanden), en de doorwerking op de riviergebonden functies.

2.1 Wat speelt er met betrekking tot de riviergebonden functies?

Hoogwaterveiligheid

Uiterwaarden dragen bij aan waterveiligheid door waterafvoer te faciliteren, dijken beschermen dit gebied tegen overstromingen. Door een aantal maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier, Stroomlijn, KRW en NURG is de afvoercapaciteit vergroot. Zo is o.a. het project kadeverlaging Scherpekamp in de Huissensche Waarden uitgevoerd. Momenteel is het project Krib- en oeververlaging Pannerdensch Kanaal in voorbereiding. In het kader van het Hoogwaterbeschermingsprogramma zijn 2 kleinere dijkverbeteringen uitgevoerd bij Pannerden en Loo aan de O-zijde van het Pannerdens Kanaal. Het Rijnstrangengebied heeft een ruimtelijke (BARRO) reservering om te zorgen dat het gebied behouden blijft voor inrichting ten behoeve van waterveiligheid op de lange termijn.

De primaire waterkeringen in dit traject voldoen niet aan de geldende norm voor waterveiligheid en zullen versterkt moeten worden. De maximaal toelaatbare overstromingskans van de dijken langs het Pannerdensch Kanaal is 1/10.000^{ste} per jaar. Om aan de normen te voldoen zijn vooral dijkversterkingen nodig. De verbetering van de dijken aan beide zijde zijn al opgenomen in de HWBP programmering. Voor de oostzijde (48-1) staan die geprogrammeerd tussen 2020 en 2040. Verwacht wordt dat een deel van de dijkversterking buitenwaarts zal gebeuren (in de richting van de uiterwaarden).

Naar verwachting zal IenW in 2021 een besluit nemen m.b.t. de herijking van het beleidsuitgangspunt afvoerverdeling Rijntakken bij hoogwater. De herijking gaat over de vraag hoe de in beleid vastgelegde afvoerverdeling bij hoogwater in praktijk vorm krijgt. Hierbij is het uitgangspunt de beleidsafpraak dat de Lek boven een Rijnafvoer van 16.000 m³/s bij Lobith wordt ontzien. Onderdeel van het realiseren van de beleidsmatig afgesproken afvoerverdeling is de instelling van de regelwerken op de splitsingspunten. Afhankelijk van de gekozen afvoerverdeling en bijbehorende instelling van de regelwerken kan dit een verhoging of verlaging van de hoogwaterstanden langs de Waal betekenen (t.o.v. de hydraulische belasting in het OntwerpInstrumentarium van het HWBP). Bij instelling van de regelwerken op een Rijnafvoer van 18.000 m³/s nemen de hoogwaterstanden langs het Pannerdensch Kanaal bij een Rijn-afvoer 16.000 m³/s met ongeveer 30 cm af. Dit is vergeleken met de waterstanden op de Waal bij een afvoer van 16.000 m³/s en de instelling van de regelwerken op 16.000 m³/s (de huidige situatie).

De beleidsmatig gekozen afvoerverdeling, en de inrichting van het rivierbed in de nabijheid van de splitsingspunten, heeft invloed op het regelbereik van de regelwerken. Regelbereik is nodig om in te kunnen spelen op dynamiek in het systeem, en tussentijdse effecten door de gefaseerde uitvoering van maatregelen tijdelijk te kunnen compenseren. Wanneer de regelwerken in de uitgangssituatie helemaal open of helemaal dicht staan kan slechts één kant op geregeld worden, en is er dus onvoldoende regelbereik. In ideale omstandigheden staan de regelwerken in de middenstand en kan Rijkswaterstaat als watersysteembeheerder de afvoerverdeling in twee richtingen maximaal bijregelen.

Binnen IRM wordt vooralsnog de huidige beleidsmatige hoogwater afvoerverdeling met bij behorende instellingen van de regelwerken als uitgangspunt gehanteerd.

Op diverse locaties is het rivierbed vrij smal en wordt het Pannerdensch Kanaal ingesnoerd. Dit zijn lokale hydraulische knelpunten in het systeem die ook wel lokale flessenhalzen worden genoemd. Het gaat om de locaties ter plaatse van het begin en het einde van het Pannerdensch Kanaal. Behoud van ruimte is bij de ruimtelijke inrichting en ontwikkeling van het riviersysteem een blijvend aandachtspunt.

Het doorgroeien en uitbreiden van begroeiing in het rivierbed kan leiden tot te hoge hoogwaterstanden. Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwing van begroeiing) is toegestaan. De Vegetatielegger is onderdeel van de Legger Rijkswaterstaatswerken. De Waterwet regelt de leggerplicht van alle waterstaatswerken. In de vorm van overzichtskaarten en regels zijn normen gespecificeerd voor vegetatie in het rivierbed ten behoeve van hoogwaterveiligheid en waterkwaliteit.

Bevaarbaarheid

Als gevolg van een snellere bodemerosie op de Waal dan op het Pannerdensch Kanaal zal op termijn een diepgangknelpunt ontstaan bij de ingang van het Kanaal.

Bij de uitgang van het kanaal bij het splitsingspunt tussen IJssel en Nederrijn treedt een vergelijkbaar effect op, met name aan de zijde van de Nederrijn.

Bij de huidige Overeengekomen Lage Afvoer van 1.020 m³/s wordt de minimum vaardiepte van 2,80 m nog gehaald, maar bij droogte neemt de diepte op sommige locaties af tot bijna 2,0 m.

De twee grootste knelpunten op het Pannerdensch Kanaal bevinden zich beide rond de splitsingspunten: de ingang van het kanaal bij het splitsingspunt Pannerden en aan het einde van het kanaal bij het splitsingspunt IJsselkop nabij Westervoort tussen de Nederrijn en de IJssel.

Onder het Pannerdensch kanaal ligt een groot aantal kabels en leidingen, waarvan in sommige gevallen de bodemdekking te gering is. Deze leiding vormen op termijn mogelijk nautische knelpunten.

Natuur en waterkwaliteit

Op het gebied van natuur is er een reeks aan opgaven: behoudsopgaven van reeds bestaande natuur en opgaven volgend uit bestaand en nieuw, nog te ontwikkelen beleid. Er zijn vanuit nationale en regionale natuurbeheerplannen (NNN) en Europees beleid (Natura 2000) (beide

bestaand beleid) ontwikkelopgaven voor boskernen en andere habitats. Ook is er een waterkwaliteitsopgave vanuit de KRW (macrofauna en vis en waterplanten).

Aanvullend op het bestaand beleid, wordt ook nieuw natuurbeleid uitgewerkt. Het traject kent een ontwikkelopgave in het kader van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW). Deze ontwikkelopgave maakt integraal deel uit van de opgave IRM. De PAGW werkt aan plannen voor een robuust riviersysteem passend bij het systeem (gegeven klimaatverandering, economische ontwikkelingen en ecologische knelpunten). Bij toekomstige natuurontwikkeling zal in het bijzonder gekeken worden naar de ontwikkeling van een viertal hotspots en naar het verbinden van deze grote natuurgebieden langs de rivier via de corridors. In de corridor tussen de hotspots liggen afwisselend grote en kleine stapstenen met geschikt leefgebied voor de gidssoorten. Er komt focus te liggen op het verbinden van natuurdoelen van de diverse programma's (één natuurdoelstelling in rivierbed). Het gebied Gelderse Poort (waar het traject van het Pannerdensch Kanaal zich volledig in bevindt) is als hotspot aangemerkt. Ook het aangrenzende binnendijks gelegen Rijnstrangen gebied maakt deel van deze opgave

De grootschalige bodemerosie en de daarmee gepaard gaande daling van waterstanden én grondwaterstands daling zorgen voor een geleidelijke verdroging van de uiterwaarden. Daarnaast inunderen uiterwaarden minder vaak en minder omvangrijk. Het minder goed te functioneren van recent aangelegde maatregelen voor het versterken van de natuur vormt de grootste een aanzienlijke concrete bedreiging.

Het beheer van natuur langs het Pannerdensch Kanaal bestaat uit het beheer van de begroeiing in het rivierbed en het sedimentbeheer in zowel uiterwaarden als in natuurvriendelijke oevertrajecten. Hierbij wordt zo veel mogelijk ruimte gegeven aan natuurlijke processen en het verkrijgen van leefgebieden voor bij het riviersysteem passende planten en dieren. Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwing van begroeiing) is toegestaan. Het is voor de natuur relevant dat daarbij in voldoende ontwikkelbeheerruimte wordt voorzien, waarmee de natuur ruimte krijgt om zich op natuurlijke wijze te ontwikkelen.

Naast de relatie met hoogwaterveiligheid hebben ook scheepvaart en natuur onderlinge relatie. Scheepvaart vervult een belangrijke rol op dit traject en heeft middels schroefwerking en golflslag direct effect op natuur.

Zoetwaterbeschikbaarheid

Voor zoetwaterbeschikbaarheid is de voorziening van het IJsselmeer – de belangrijkste zoetwaterbuffer in het landelijke hoofdwatersysteem – van groot belang. De afgelopen decennia is de verdeling van water vanuit de Bovenrijn over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig eroderen van de rivierbodem in de Rijntakken geleidelijk veranderd. Het zomerbed in de Boven-Waal erodeert sneller dan de bodem in de andere riviertakken in het bovenstrooms deel van de Rijntakken. Hierdoor trekt de Waal steeds meer afvoer, ten koste van de afvoer van water naar de IJssel. De stuurbaarheid van rivierwater over de splitsingspunten en de toevoer van water richting strategische zoetwatervoorraden (o.a. het IJsselmeer als belangrijke buffer) is daarom aandachtspunt binnen DP Zoetwater.

2.2 Bodemontwikkeling en klimaatverandering en hun effect op de rivier

Een aantal omgevingsveranderingen beïnvloedt de toestand van de rivier. Het betreft de grootschalige rivierbodemontwikkeling en klimaatverandering. De veranderingen beïnvloeden de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier en hebben daardoor ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Bodemontwikkeling en het effect op de rivier

Het Pannerdensch Kanaal ligt in het bovenstroomse deel van de Rijn in Nederland waar insnijding plaatsvindt. Waarnemingen laten zien dat de rivierbodem in dit traject in de afgelopen tientallen jaren grootschalig eroderen is met een snelheid van 1,1 cm per jaar.

Een belangrijke oorzaak van de in het verleden opgetreden grootschalige bodemveranderingen is de normalisatie in de vorige eeuw waardoor de rivier een smallere en rechte loop heeft gekregen (korter is geworden). De normalisatie bestaat uit een combinatie van maatregelen: aanleg van kribben en zomerkades, verdieping van de vaargeul, bochtafsnijdingen, kanalisatie of aanleg van parallelle scheepvaartkanalen, aanleg van stuwen en regulering van de afvoerverdeling (bij hoog en laagwateromstandigheden). Ingrepen resulteerden in steeds smallere, diepere rivieren, die bovendien hun loop niet meer konden verleggen. Daarnaast is door de aanleg van (stuw)dammen in combinatie met sedimentmanagement gericht op de stabilisatie van de rivierbodem in het bovenstroomse - niet Nederlandse deel - van het stroomgebied van de Rijn, de omvang en de samenstelling van het binnenkomend sedimenttransport sterk veranderd.

Door de maatregelen is de ruimte voor de Nederlandse rivieren in de afgelopen eeuw fors afgenomen en is de natuurlijke sedimentbalans verstoord. De programma's Ruimte voor de Rivier, NURG en KRW volg(d)en een andere koers. In plaats van afname van ruimte, hebben de rivieren door die programma's weer wat meer vrijheid te gekregen. Dit heeft geresulteerd in (iets) meer ruimte en een andere inrichting van verschillende delen van het zomer- en winterbed. De extra ruimte die met de recente programma's is gecreëerd, staat echter niet in verhouding tot de afname van ruimte door de bedijking en de normalisatie.

De bedijking en de normalisatie- en reguleringswerken uit de 19^e en 20^{ste} eeuw hebben (soms onbedoeld) effect op de fysica van het riviersysteem, die tot tientallen jaren na de ingreep kunnen doorwerken.

Ten eerste is door de maatregelen het overstromingsgebied voor de rivieren sterk afgenomen. Hierdoor is de komberging sterk afgenomen. Hogere afvoeren als gevolg van klimaatverandering leiden daardoor tot hogere waterstanden dan daarvoor. De top van hoogwatergolven wordt door het verlies aan ruimte ook veel minder afgevlakt. Daardoor verplaatst de afvoergolf zich sneller door de rivier.

Daarnaast hoort bij een sterk versmalde (en op trajecten ook kortere) rivier een veel flauwer verhang van de rivierbodem. De energie van het afstromende water – en daardoor het sedimenttransporterend vermogen - is door de ingrepen in de rivier in de 19^e en 20^{ste} eeuw toegenomen. Het verhang van de bedding van de rivier is feitelijk te steil in relatie tot de water- en sedimentbeweging van de rivier. De rivier zal zich aanpassen naar een flauwer verhang, waardoor het transporterende vermogen weer afneemt en de rivier weer in balans komt. De rivier kan dat flauwere verhang alleen maar krijgen door zich bovenstrooms in te snijden. Dit doet de rivier door te eroderen. De rivierbodem groeit zo langzaam toe naar een flauwere helling. De afname van de

hoeveelheid sediment die Nederland binnenkomt en de verandering in sedimentsamenstelling, beïnvloedt de erosie van het zomerbed.

Volgens een verkenning van Rijkswaterstaat hebben de normalisatie- en reguleringswerken een daling van het zomerbed op gang gebracht waardoor het verhang uiteindelijk 20% minder wordt. Normaal gesproken is dit een aanpassing die eeuwen duurt. Op delen van de Rijntakken gaat het een stuk sneller doordat de mens met het actief onttrekken van bodemmateriaal uit het zomerbed dit natuurlijke proces heeft versneld. De normalisatie- en reguleringswerken hebben samen met de veranderingen van de omvang en de samenstelling van het inkomend sedimenttransport én het actief onttrekken van grote hoeveelheden zand en grind geleid tot erosie van de rivierbodem die lokaal oploopt tot enkele meters in de afgelopen eeuw.

Langs het bovenstroomse deel van de Rijntakken geldt al sinds medio jaren '90 dat in de baggercontracten van Rijkswaterstaat (t.b.v. het op diepte houden van de vaargeul) geen netto sedimentonttrekkingen zijn toegestaan: materiaal dat uit het zomerbed wordt gehaald, moet op de diepere delen in het zomerbed worden teruggestort. Deze afspraken zijn echter nog geen onderdeel van het formele rivierbeleid. Naast het baggercontract van Rijkswaterstaat zijn echter ook nog lopende zandwinconcessies (bijvoorbeeld voor het op diepte houden van de toegangseul naar een private/bedrijfshaven of langs een loswal), waar sprake is van zandwinning zonder terugstortverplichting. De permanente onttrekkingen van sediment uit het zomerbed zijn enorm afgenomen. Sinds er niet meer permanent wordt onttrokken bij baggeronderhoud, is er een sterke afname van de erosietrend van de rivierbodem van de bovenloop van de Rijn (ongeveer een halvering).

Verwacht wordt dat de na-ijleffecten van de normalisatie in het riviersysteem en rivierregulering nog decennia lang merkbaar zijn. Er zijn veel factoren die samen de toekomstige trend van de rivierbodem bepalen. Het sedimentmanagement in het Duitse deel van de Rijn en het effect op de sedimentinvoer (omvang en samenstelling naar Nederland) heeft naar verwachting grote invloed op de langjarige ontwikkeling van de toekomstige bodemligging van het zomerbed van het Pannerdensch Kanaal. Deskundigen verwachten dat de bodemerosie van de rivierbodem in het traject van het Pannerdensch Kanaal met ongeveer 1,1 cm per jaar doorgaat. Het zou kunnen dat door vergroving van de sedimentaanvoer vanuit Duitsland en de daaruit volgende vergroving van de Boven-Rijn, het Pannerdensch Kanaal eerst doorgaat met eroderen, en dat later de erosie afneemt. Dat kan gebeuren als onder invloed van het Bulle-effect, het meeste grove materiaal vanuit de Boven-Rijn afbuigt naar het Pannerdensch Kanaal en het bodemmateriaal van het Pannerdensch Kanaal ook grover wordt. Vooralsnog wordt uitgegaan van continueren van de waargenomen erosietrend.

Het effect van de grootschalige bodemerosie in het Pannerdensch Kanaal wordt bepaald door het zakken van de rivierbodem zelf en de hieraan gekoppelde verandering van de laagwaterstanden en de verandering van de verdeling van de laagwaterafvoer over het splitsingspunt. Daarnaast resulteert het zakken van de rivierbodem ook voor een verlaging van waterstanden in de rivier tijdens hoogwater.

Onderstaande tabel geeft de invloed van doorgaande bodemerosie (zonder actief ingrijpen) op de toestand van de rivier in 2050:

	Rivierbodempligging	Laagwaterafvoer	Hoogwaterstand	Laagwaterstand
Niet actief ingrijpen tot 2050	- 33 cm	-40 m ³ /s	- 10 cm	- 53 cm

Tabel 1 Effect op toestand van de rivier in 2050 zonder nieuw bodembeleid

Rivierbodempligging	De bodem van het zomerbed van het Pannerdensch Kanaal ligt in 2050 33 cm lager. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van -1,1 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.
Laagwaterafvoer	De afvoerverdeling onder normale omstandigheden en bij laagwater wijzigt geleidelijk. Doordat de Waalbodempligging sneller zakt dan de rivierbodempligging op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m ³ /s) met 40 m ³ /s is toegenomen. Voor het Pannerdensch Kanaal betekent dit een afname van de laagwaterafvoer met 40 m ³ /s.
Hoogwaterstand	Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert. De hoogwaterstanden zakken met de rivierbodempligging mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van het Pannerdensch Kanaal resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 33%. Een daling van het zomerbed met 33 cm betekent hierdoor een daling van hoogwaterstanden met 10 cm.
Laagwaterstand	De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door de verandering van de rivierbodempligging en de verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. De laagwaterstanden zakken 1-op-1 met de rivierbodempligging mee, al het water staat immers in het zomerbed. De laagwaterstanden dalen hierdoor dus met 33 cm. Door geleidelijke verandering van de rivierafvoer over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig zakken van het zomerbed, neemt de laagwaterafvoer op het Pannerdensch Kanaal met 40 m ³ /s af. Dit heeft een verlagend effect op laagwaterstanden van 20 cm. Dit is een indirecte verandering als gevolg van bodemontwikkelingen. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 53 cm af.

De veranderingen in de bodempligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier hebben ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied. Op dit moment zijn de effecten van bodemerosie op verschillende functies wisselend.

Mogelijke effecten in de toekomst als gevolg van een verdere verlaging van de rivierbodempligging zijn:

- Een verlaging van de bodempligging kan een risico vormen voor de stabiliteit en standzekerheid van oevers, kunstwerken & waterkeringen.

- Een verlaging van de bodemligging verlaagt de hoogwaterstanden en heeft hierdoor een positief effect op waterveiligheid. Behalve op plekken waar de keringen direct tegen het zomerbed aan liggen (zoals bij schaaldijken en stedelijke fronten). Daar kan bodemdaling een gevaar vormen voor stabiliteit van de keringen.
- Een verdere verlaging heeft tot gevolg dat kabels en leidingen in het gebied dichterbij de oppervlakte komen te liggen. Dit kan brede veiligheidsconsequenties hebben.
- Een verlaging van de bodemligging verlaagt de laagwaterstanden (direct en indirect via een herverdeling van de rivierafvoer van de laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) over de splitsingspunten). Dit heeft een negatieve invloed op:
 - o waterbeschikbaarheid vanwege lagere waterstanden ter plaatse van waterinnamepunten. Het innamepunt Pannerling voorziet de Linge in het beheergebied van waterschap Rivierenland van water. Het dalen van de waterstand door erosie van het zomerbed kan negatief effect hebben op de waterinname bij het innamepunt.
 - o natuur & waterkwaliteit omdat uiterwaarden minder vaak en minder langdurig in stromen en de grondwaterpeil zakt, waardoor de natuur verdroogt.
- Het ongelijkmatig zakken van de rivierbodem in de Rijntakken zorgt voor een geleidelijke verandering van de verdeling van water over de splitsingspunten bij een lage Rijnafvoer (1.020 m³/s). Het zomerbed in de Boven-Waal erodeert sneller dan de bodem in de andere riviertakken in het bovenstrooms deel van de Rijntakken. Hierdoor trekt de Waal steeds meer afvoer, ten koste van de afvoer van water naar het Pannerdensch Kanaal en de IJssel. Dit is een vicieuze cirkel. De stuurbaarheid van rivierwater over de splitsingspunten tijdens laagwater en de toevoer van water richting strategische zoetwatervoorraden (o.a. het IJsselmeer als belangrijke buffer) is daarom steeds belangrijker aandachtspunt.
- Een verlaging van de bodemligging en daarmee een veranderingen in waterstanden, grondwaterpijlen en kwelstromen, heeft ook invloed op het binnendijkse gebied. De verdroging die hierdoor binnendijs ontstaan brengt risico's voor stabiliteit van binnendijkse bebouwing en minder water beschikbaarheid voor de land, tuin- en fruitbouw met zich mee.

Klimaatverandering en effect op de toestand van de rivier

De effecten van klimaatverandering zijn veelzijdig. Klimaatverandering heeft onder andere effect op de hoge en lage rivierafvoeren. Verwacht wordt dat extreme lage en hoge rivierafvoeren vaker voorkomen en langduriger aanhouden. Op basis van de meest extreme klimaatscenario's van het KNMI zijn de effecten op hoog- en laagwaterstanden voor het Pannerdensch Kanaal in beeld gebracht. Voor laagwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het droge KNMI'14 scenario - Wh-dry. Voor hoogwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het KNMI'06 - W+.

Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de waterstandeffecten tot 2050.

	waterstand in 2050 door klimaatverandering
Effect op laagwaterstanden	- 40 cm
Effect op hoogwaterstanden	+ 3 cm

Tabel 2 Effect op waterstanden in 2050 door klimaatverandering

3 Beleidsopties rivierbodem Rijn

Hieronder volgt een overzicht van potentiële beleidsopties en de implicaties voor het Pannerdensch Kanaal. De potentiële beleidsopties zijn generiek voor alle riviertrajecten en gaan in het herstel van de sedimenthuishouding en het beheer van de rivierbodempligging. Een uitgebreide probleemanalyse in de PlanMER moet meer inzicht geven in de effecten van veranderingen in het systeem met en zonder ingrijpen, inclusief de revenuen van actief ingrijpen.

Het effect van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 is kort beschreven en in context geplaatst met de effecten van klimaatverandering. Tabel 3 toont de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050: bodempligging, hoog- en laagwaterstanden.

Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bodemtrend zet zich in de situatie zonder ingrijpen voort met een erosie van 1,1 cm per jaar
- De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodem mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van het Pannerdensch Kanaal resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 33%.
- De laagwaterstanden veranderen 1-op-1 met de rivierbodem mee, al het water staat dan immers in het zomerbed.
- De verdeling van de laagwaterafvoer verandert geleidelijk door het ongelijkmatig zakken van de rivierbodem in de Rijntakken. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Pannerdensch Kanaal-afvoer bij een karakteristieke laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is afgenomen. Met deze geleidelijke verandering uit het verleden is rekening gedaan in de beleidsopties. Dat wil zeggen dat ervan wordt uitgegaan dat de verandering in laagwaterverdeling in de beleidsoptie waarin niet wordt ingegrepen wordt zich doorzet, en dat in de beleidsopties waarin de rivierbodem hersteld wordt naar een toestand uit het verleden, de opgetreden verandering in afvoerverdeling bij laagwater teniet wordt gedaan.
- Bij de effecten per beleidsoptie gaan ervan uit dat de bovenstrooms en benedenstrooms gelegen trajecten dezelfde beleidsoptie van toepassing is.

Potentiële beleidsopties

A – Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk

In de basisreferentie wordt huidig beleid en beheer gecontinueerd en op het Pannerdensch Kanaal niet actief ingrepen op de sedimenthuishouding en de rivierbodemontwikkelingen.

- Bodemtrend zet zich voort met een erosie van gemiddeld 1,1 cm per jaar.
- Huidig sedimentbeleid t.a.v. onttrekken en terugstorten wordt voortgezet.
- Geen beleid t.a.v. bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport of het beperken of stoppen van grootschalige bodemerosie.
- Beheer en onderhoud verandert niet en blijft gericht op het lokaal verhelpen problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid.

In hoofdstuk 2 staat beschreven welke invloed dit heeft op de bodempligging, hoogwaterstand en laagwaterstand in 2050.

B - Herstel sedimenthuishouding ter ondersteuning van rivierbodempligging

Deze beleidsoptie richt zich op het herstel van de sedimenthuishouding. Dit kan door netto sedimentonttrekking uit het zomerbed niet meer toe te staan en het bevorderen van het (doorgaand) sedimenttransport. Er wordt geen sediment toegevoegd en niet actief gestuurd op een

specifieke rivierbodempligging. De beleidsoptie draagt bij aan herstel van de sedimenthuishouding en zal zorgen voor een afname van de bodemtrend. Het is niet duidelijk in welke mate de trend afneemt.

- De bodemtrend zal kleiner zijn dan een erosie van 1,1 cm per jaar. Het is niet bekend in welke mate. Niet gericht op het nastreven van een specifieke rivierbodempligging.
- Dit kan gerealiseerd worden door behoud van sediment in het zomerbed, herstel van verstoringen in sedimentbalans en bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van het Pannerdensch Kanaal ligt in 2050 tussen 0 tot 33 cm lager. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van maximaal -1,1 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.
- Laagwaterafvoer De afvoerverdeling onder normale omstandigheden en bij laagwater wijzigt geleidelijk. Doordat de Waalbodempligging sneller zakt dan de rivierbodempligging op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s (ten koste van het Pannerdensch Kanaal) is toegenomen. Als de bodemtrends op alle Rijntrajecten door herstel van sedimenthuishouding afnemen, zal ook de afvoerverdeling in de toekomst minder wijzigen. In welke mate dat gebeurt is niet duidelijk. Aanname is dat de laagwaterafvoer van het Pannerdensch Kanaal in de periode tot 2050 tussen de 0 en 40 m³/s zal afnemen.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert. De hoogwaterstanden zakken met de rivierbodempligging mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van het Pannerdensch Kanaal resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 33%. Een daling van het zomerbed tussen 0 en 33 cm betekent hierdoor een daling van hoogwaterstanden tussen 0 en 10 cm.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodempligging en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verlaagde rivierbodempligging neemt de laagwaterstand tussen 0 en 33 cm af. De afname van de laagwaterafvoer tussen 0 en 40 m³/s heeft een verlagend effect op laagwaterstanden tussen 0 en 20 cm. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal tussen 0 en 53 cm af.

C – Huidige bodem zomerbed handhaven

Deze optie is gericht op het stoppen van de grootschalige bodemerosie en het handhaven van de rivierbodempligging op het huidige niveau.

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar en het zomerbed wordt op het niveau van 2020 gehouden.
- Dit kan gerealiseerd worden door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De rivierbodempligging van het zomerbed verandert niet t.o.v. 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer verandert niet meer.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen niet meer.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet meer.

D - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 10 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerosie, het terugbrengen van de rivierbodempligging van 10 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 10 jaar geleden past bij de uitgangspunten in het programma KRW (ecologische toestand van 2009 mag niet verslechteren) en WBI/OI-2017 programma (hydraulische ontwerpbelasting op dijken is gebaseerd op de bodem van 2013).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van het Pannerdensch Kanaal daalt jaarlijks met 1,1 cm. Met deze trend had de bodem van het Pannerdensch Kanaal 10 jaar geleden 11 cm hoger gelegen. De rivierbodempligging komt met deze optie 11 cm hoger te liggen dan in 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer neemt toe met 13 m³/s. Doordat de Waalbodempligging sneller zakt dan de rivierbodempligging op andere Rijntakken, trekt het Pannerdensch Kanaal geleidelijk minder afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is afgenomen. Door het terugbrengen van de bodem naar 10 jaar geleden, wordt waterverdeling bij laagwaterafvoer deels hersteld (1/3 deel). Dit maakt dat, ten opzichte van 2020 met de huidige bodemtrend, de laagwaterafvoer met 13 m³/s toeneemt.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzigt de afvoer over de takken niet. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodempligging mee. Een verhoging van het zomerbed met 11 cm betekent hier een verhoging van hoogwaterstanden met 3 cm.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering

van de rivierbodem en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verhoogde rivierbodempligging neemt de laagwaterstand met 11 cm toe. De toename van de laagwaterafvoer met $13 \text{ m}^3/\text{s}$ heeft een verhogend effect op laagwaterstanden van 7 cm. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 18 cm toe.

E - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 20 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerrosie, het terugbrengen van de rivierbodem in het zomerbed naar de situatie van 20 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 20 jaar geleden past bij de uitgangssituatie van het programma Ruimte voor de Rivier (herinrichtingen zijn ontworpen op bodempligging van 1997) en sluit aan bij de bodempligging die Duitsland wil handhaven (bodempligging van 2000).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van het Pannerdensch Kanaal daalt jaarlijks met 1,1 cm. Met deze trend had de bodem van het Pannerdensch Kanaal 20 jaar geleden 22 cm hoger gelegen. De rivierbodem komt met deze optie 22 cm hoger te liggen dan in jaar 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer neemt toe met $27 \text{ m}^3/\text{s}$. Doordat de Waalbodempligging sneller zakt dan de rivierbodem op andere Rijntakken, trekt het Pannerdensch Kanaal geleidelijk minder afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat een karakteristieke laagwaterafvoer ($1.020 \text{ m}^3/\text{s}$) met $40 \text{ m}^3/\text{s}$ is afgenomen. Door het terugbrengen van de bodem naar 20 jaar geleden, wordt waterverdeling bij laagwaterafvoer deels herstelt (2/3 deel). Dit maakt dat, ten opzichte van 2020 met de huidige bodemtrend, de laagwaterafvoer met $27 \text{ m}^3/\text{s}$ toeneemt..
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzigt de hoogwaterafvoer over de takken niet. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodem mee. Een verhoging van het zomerbed met 22 cm betekent hier een verhoging van hoogwaterstanden met 7 cm.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodem en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verhoogde rivierbodempligging neemt de laagwaterstand met 22 cm toe. De toename van de laagwaterafvoer met $27 \text{ m}^3/\text{s}$ heeft een verhogend effect op laagwaterstanden van 13 cm. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 35 cm toe.

Samenvatting van de effecten op de toestand van de rivier per beleidsoptie

Tabel 3 geeft een samenvatting van de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050.

	Rivierbodembodempligging	Laagwaterafvoer	Hoogwaterstand	Laagwaterstanden		
				Rivierbodembodem	Laagwaterafvoer	TOTAAL
A. Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk	- 33 cm	- 40 m ³ /s	- 10 cm	- 33 cm	- 20 cm	- 53 cm
B. Herstel Sedimenthuis-houding	- 33 ~ 0 cm	- 40 ~ 0 m ³ /s	- 10 ~ 0 cm	- 33 ~ 0 cm	- 20 ~ 0 cm	- 53 ~ 0 cm
C. Huidige bodem zomerbed handhaven	0 cm	0 m ³ /s	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
D. Bodem zomerbed herstellen naar 10 jaar geleden	+ 11 cm	+ 13 m ³ /s	+ 3 cm	+ 11 cm	+ 7 cm	+ 18 cm
E. Bodem zomerbed herstellen naar 20 jaar geleden	+ 22 cm	+ 27 m ³ /s	+ 7 cm	+ 22 cm	+ 13 cm	+ 35 cm

Tabel 3 Veranderingen in de toestand van de rivier in het Pannerdensch Kanaal in de periode tot 2050 bij vijf principeopties voor de rivierbodempligging

Klimaatverandering heeft invloed op de effecten

Het klimaateffect is voor elke beleidsoptie gelijk (negatieve effecten op zowel hoog- als laagwater) en daardoor niet onderscheidend. De effecten van klimaatverandering op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 staat in hoofdstuk 2.2 beschreven.

De effecten van bodemontwikkelingen worden door klimaatverandering verder versterkt.

- Het actief beheren van de rivierbodembodem of het ophogen en terugbrengen van de rivierbodembodem naar een ligging uit het verleden werkt positief door op laagwaterstanden. Bodemhandhaving levert een relatieve verhoging van laagwaterstanden (dus functiewinst) op, maar in combinatie met klimaatveranderingen nemen de laagwaterstanden in absolute zin af.
- Het teniet doen bodemontwikkeling uit het verleden levert een verhoging van de hoogwaterstanden en vraagt om compensatie van het hoogwatereffect. Klimaatverandering zorgt ook voor een verhoging van hoogwaterstanden. Het actief rivierbodembodembeheer i.c.m. het klimaateffect levert een aanzienlijke verhoging van de hoogwaterstanden.

4 Beleidsopties Afvoercapaciteit

Hieronder wordt inzichtelijk gemaakt welke potentiële beleidsopties te onderscheiden zijn m.b.t. de strategische beleidskeuze omtrent extra afvoercapaciteit: principeopties voor behoud en versterking van afvoercapaciteit, en met wat dat zou vragen aan te realiseren waterstands daling.

In de QuickScan afvoercapaciteit is voor de gehele Rijn in beeld gebracht welke vraag naar extra afvoercapaciteit er is voor het zichtjaar 2050 (welke initiatieven, plannen en ontwikkelingen vragen om vergroting van afvoercapaciteit?) en welke aanbod gecreëerd kan worden (hoe kunnen we dat realiseren?). In onderstaande onderdelen zijn de belangrijkste resultaten uit de QuickScan Afvoercapaciteit gesommeerd. Nadere details zijn in de QuickScan zelf terug te lezen.

Vraag naar extra afvoercapaciteit

De vraag naar extra afvoercapaciteit is vertaald naar waterstandseffecten en komt voort uit de volgende onderdelen:

Waterveiligheid: Relevante aspecten voor het bepalen van de vraag voor afvoercapaciteit voor deze categorie zijn:

- Klimaatopgave¹: Waterstandeffect voortkomend uit verhoogde afvoeren als gevolg van klimaatverandering.
- Buitendijks versterken: Opstuwing veroorzaakt door het buitenwaarts versterken van dijktrajecten.
- Kwetsbare of waardevolle dijktrajecten: op verschillende plekken is de wens om deze specifieke plekken te ontzien van dijkverhogingen. Deze categorie is opgebouwd uit de normopgave 2015 en de klimaatopgave en bevat daarmee de volledige hoogteopgave uit het HWBP voor die trajecten.

N.b. de hoogteopgave voortvloeiend uit de normering, buiten de kwetsbare dijktrajecten, is dus niet opgenomen. Deze vormt onderdeel van het HWBP.

Natuurontwikkelingen: Betreft de vraag ter compensatie van waterstandseffecten door verruwing binnen natuurontwikkeling i.h.k.v.:

- Natura2000 (N2000)
- Natuurnetwerk Nederland (NNN)
- Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW)

N.b. KRW Kaderrichtlijn water is niet meegenomen in deze Quickscan, omdat hiervan is uitgegaan dat deze waterstandsneutraal worden gerealiseerd.

Nieuw rivierbodembeleid: Betreft de vraag om het effect van mogelijk nieuw beleid voor rivierbodembeleid. Voor dit aspect is het effect op hoogwaterstanden als de rivierbodem van 20 jaar terug wordt hersteld en gehandhaafd als uitgangspunt genomen.

¹ Het effect van klimaatverandering op hoogwaterstanden wijkt hier af van de inschatting in paragraaf 3. Dit komt doordat bij het specificeren van de vraag naar afvoercapaciteit t.b.v. klimaatverandering alleen gekeken is naar de traject-onderdelen die nog niet op het niveau van een verkenning zijn uitgewerkt in de programmering van het hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP, d.d. oktober 2020. Voor de reeds geprogrammeerde dijkversterkingsprojecten in het HWBP is de klimaatvraag op nul gezet. Het uitgangspunt is dat het HWBP op die trajecten de dijken zodanig versterkt dat ze voldoen aan de nieuwe waterveiligheidsnormen en de toekomstige klimaatverandering op kunnen vangen. Dit is in paragraaf 3 niet nader gespecificeerd en dient in het vervolg van IRM nader uitgewerkt te worden.

Gebiedsontwikkelingen: Betreft de vraag om lokale en regionale initiatieven en ontwikkelingen met een mogelijk waterstandverhogend effect te compenseren.

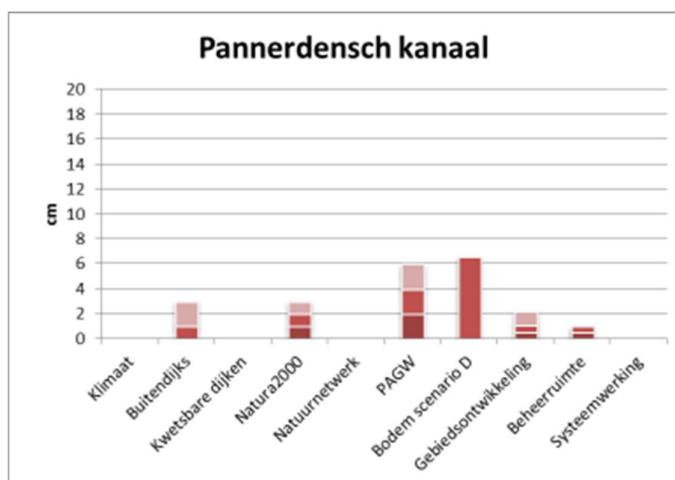
Beheerruimte: Betreft een marge of robuustheidstoeslag voor de rivierbeheerder, zodat hij in geval van (tijdelijke) beperkte veranderingen in het riviersysteem en daarbij gepaarde waterstandseffecten als gevolg van natuurlijke processen (morfologische en/of vegetatie ontwikkelingen) en menselijke ingrepen niet direct hoeft in te grijpen.

Rivierkundige systeemwerking: Betreft effecten die voortkomen uit keuzes ten aanzien van de inrichting van het riviersysteem en eisen en wensen aan die inrichting vanwege effecten die in het gehele Nederlandse riviersysteem spelen. Voor de Rijn gaat het om vragen vanuit de hoogwater afvoerverdeling over de Rijntakken en de beheersing van die afvoerverdeling.

Resultaten

Figuur 2 geeft de trajectgemiddelde waarden per aspect. Zo kan eenvoudig worden afgelezen uit welke aspecten de belangrijkste vragen op dit traject naar voren komen. Voor het Pannerdensch Kanaal komen uit rivierbodembodemherstel, alsmede PAGW, Natura2000 en compensatie van buitendijks versterken de grootste vraag voort. Indien beschikbaar, zijn ook de minimale en maximale vraag in beeld gebracht.

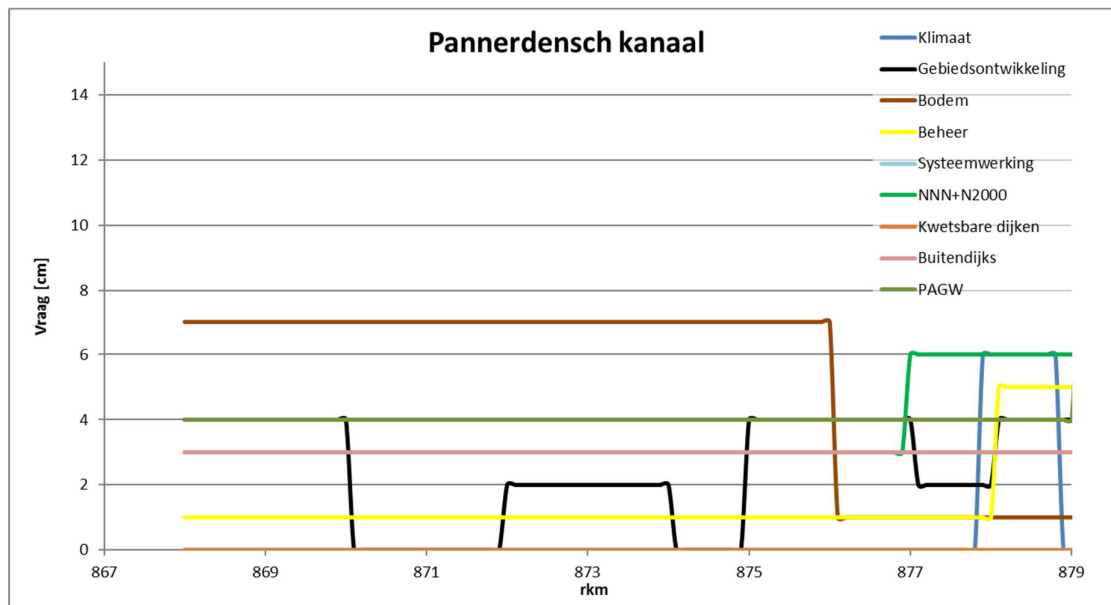
De vraag naar extra afvoercapaciteit is onzeker. Daarom zijn voor een aantal aspecten door deskundigen inschattingen gedaan van de onzekerheid in de vraag, resulterend in een minimale, een gemiddelde en maximale vraag. Voor de overige aspecten is slechts 1 waarde beschikbaar.



Figuur 2. De afzonderlijke vragen naar waterstandsvaling: indicatie van de onzekerheid in de trajectgemiddelde vraag: naast een basisinschatting is door deskundigen een lagere (donker) en hogere (licht) inschatting gegeven.

Het ruimtelijk verloop van de vraag voor de verschillende categorieën is weergegeven in figuur 3.

Te zien is dat zowel herstel bodemligging als PAGW een redelijk uniform karakter hebben op dit traject. In het benedenstroomse gedeelte is er een vraag vanuit NatuurNetwerkNederland, Natura2000 en klimaat.



Figuur 3. De ruimtelijke variatie van de afzonderlijke vragen naar waterstandsaling

Principeopties voor omgaan met afvoercapaciteit

Potentiële opties voor beleid voor omgang met afvoercapaciteit variëren van behoud van de huidige afvoer- en bergingscapaciteit tot omvangrijke uitbreiding ervan. Bij behoud wordt extra te realiseren verruiming ingezet voor om rivierfuncties en –ontwikkelingen anders dan waterveiligheid mogelijk te maken, bij uitbreiding komt een deel van de te realiseren verruiming ten goede aan werkelijke vergroting van afvoer- en bergingscapaciteit. Hieronder worden de beleidsopties verder beschreven.

I – Behoud van afvoercapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie I wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten van programma's en ontwikkelingen in het kader van bestaand beleid en/of reeds gemaakte keuzes voor riviergebonden functies binnen IRM te compenseren. Die effecten worden op dit moment conform de Beleidslijn Grote Rivieren binnen elk project/programma afzonderlijk gecompenseerd. Hiermee wordt de huidige afvoercapaciteit behouden, waterstandsaling wordt ingezet als compensatie voor vermindering van de afvoercapaciteit. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Natuurontwikkeling vanuit Natura 2000 en Natuurnetwerk;
- Gebiedsontwikkelingen conform huidig beleid.

II - Uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie II wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten vanuit huidige beleid en vanuit programma's en ontwikkelingen binnen nog te formuleren en vast te stellen beleidsontwikkelingen binnen IRM te compenseren. Hiermee wordt waterstandsaling niet alleen ingezet als compensatie voor verlies aan afvoercapaciteit, maar wordt de afvoercapaciteit ook vergroot doordat het elementen bevat die bijdragen aan waterveiligheid en daarmee in potentie de HWBP-opgave kunnen verminderen². Dit betreft het ontzien van kwetsbare en bijzondere

² Volledige invulling van de hoogwaterveiligheidsopgave via rivierverruiming is niet in de beleidsopties opgenomen. Dit is een uitvloeisel van eerdere MKBA-analyses in LTAR-tijd.

dijktrajecten indien aanwezig in het specifieke traject, en opgaven vanuit de werking van het riviersysteem. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Buitendijks versterken vanuit HWBP;
- Natuurontwikkeling vanuit PAGW;
- Nieuw beleid voor ligging en beheer van de rivierbodem;
- Beheerruimte of robuustheidstoeslag;
- Gebiedsontwikkelingen waarvoor nog geen beleid is vastgesteld;
- Opgaven vanuit de werking van het riviersysteem: de instelling en beheersing van de afvoerverdeling op de Rijntakken.

III Omvangrijke uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken en de klimaatopgave met rivierverruiming trotseren

Met principeoptie III wordt naast rivierverruiming ook ingezet op het opvangen van de klimaatopgave via een aanzienlijke uitbreiding van de afvoercapaciteit. We onderscheiden binnen deze principeoptie twee varianten:

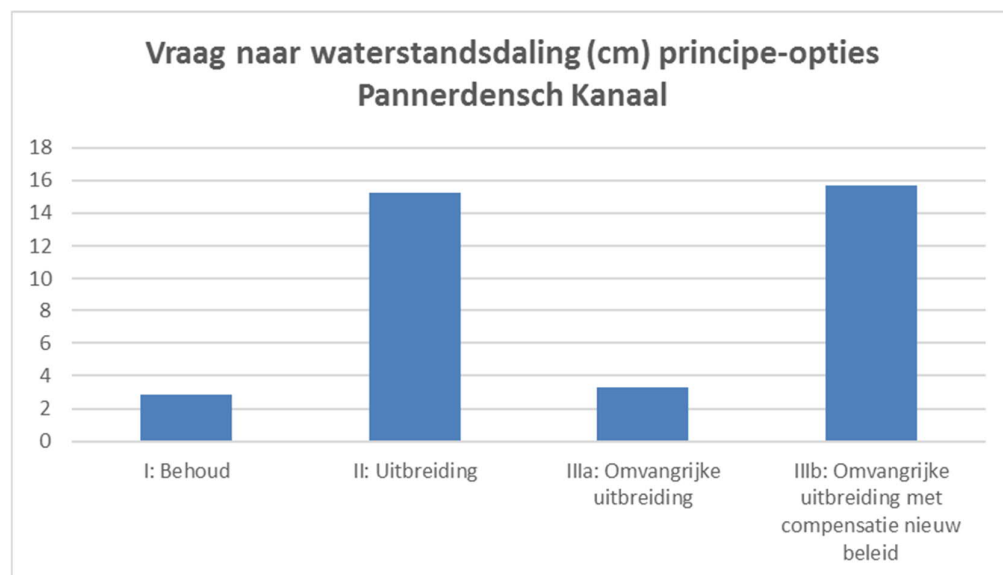
- IIIa: Opgaven vanuit bestaand beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder I)
- IIIb: Opgaven vanuit bestaand en nieuw beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder II).

Totaalbeeld principeopties Afvoercapaciteit

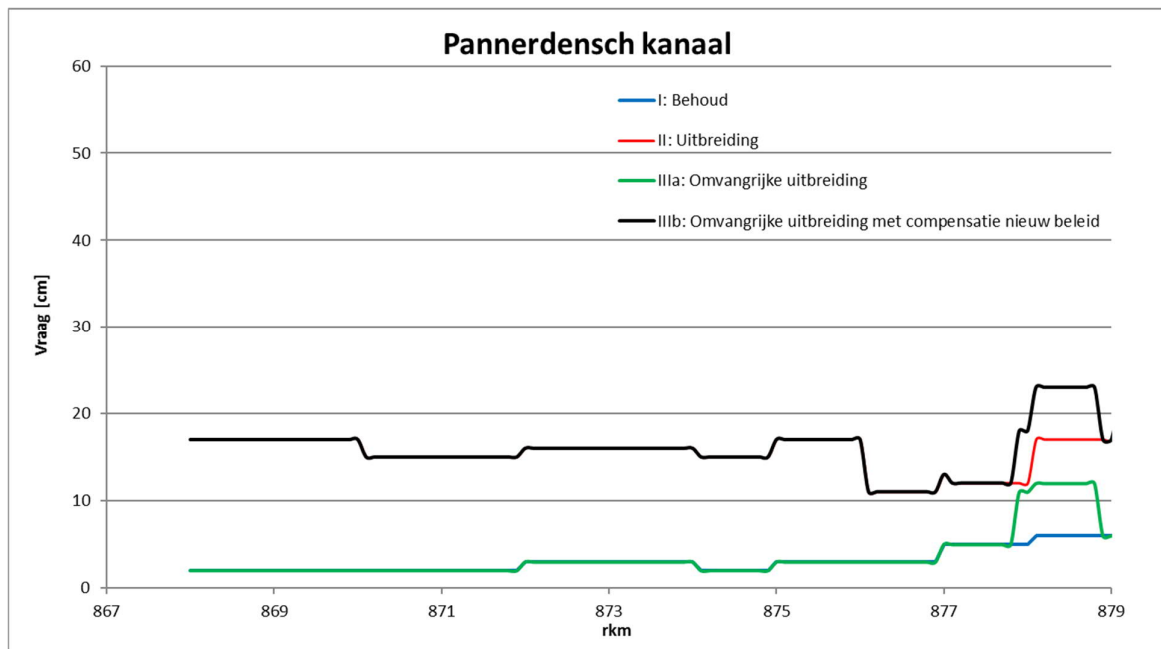
Onderstaande tabel en figuren laten zien wat de te realiseren waterstandsdingaling zou zijn binnen de verschillende principeopties, als trajectgemiddelde waarden, alsmede de ruimtelijke variatie.

Tabel 4 *Principeopties afvoercapaciteit, benodigde cm's waterstandsdingaling*

Riviertraject	Principeopties (cm)			
	I	II	IIIa	IIIb
Pannerdensch Kanaal				
Trajectgemiddeld	3	15	3	16
Minimum	2	11	2	11
Maximum	6	17	12	23



Figuur 4. *Benodigde cm's waterstandsdingaling per principeoptie voor extra afvoercapaciteit*



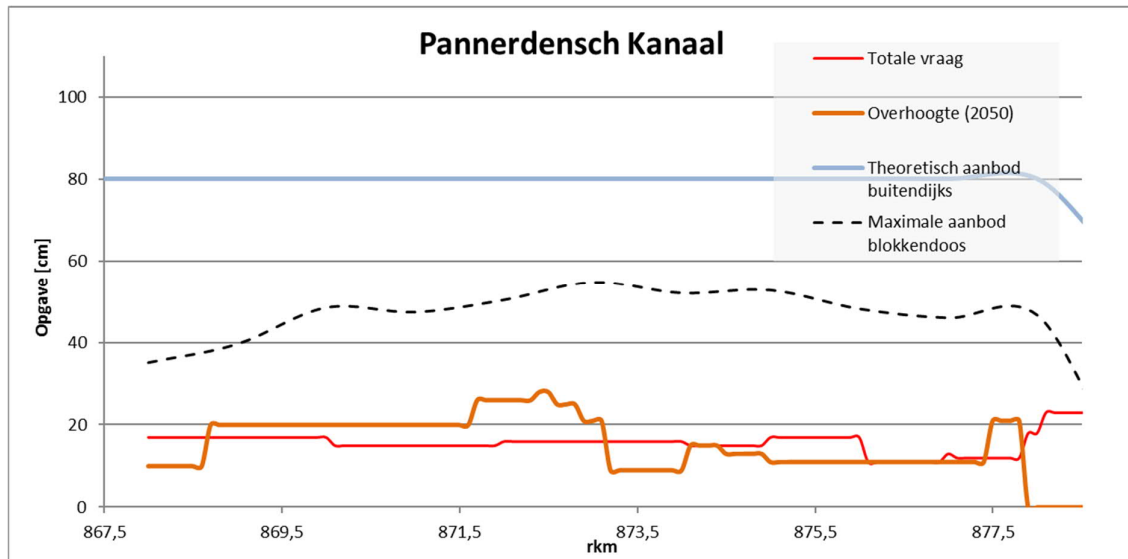
Figuur 5. Ruimtelijke variatie van de benodigde cm's waterstandsvaling per principeoptie voor extra afvoercapaciteit

Het aanbod van afvoercapaciteit

Er is een globaal overzicht gemaakt van het mogelijke te creëren aanbod aan extra afvoercapaciteit in het rivierensysteem. Dit is gedaan op basis van een theoretische beschouwing van principe-maatregelen en eerder uitgevoerde verkenningen in het kader van het Deltaprogramma waarin binnendijkse en buitendijkse rivierverruimende maatregelen in beeld zijn gebracht. Dit resulteert in het volgende overzicht:

1. Afvoercapaciteit in het rivierensysteem die benut kan worden door de aanwezigheid van overhoogte in de dijken;
2. Afvoercapaciteit die maximaal (theoretisch) te realiseren met buitendijkse maatregelen. Dit is ingeschat op basis van een theoretische beschouwing, uitgaande van toepassing van een effectieve buitendijkse principe-maatregel voor rivierverruiming. Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
3. Afvoercapaciteit die te realiseren is met alle maatregelen die in het kader van het Deltaprogramma in beeld zijn gebracht en opgenomen zijn in de Blokkendoos (optelsom van combinatie van alle rivierverruimende maatregelen). Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;

Onderstaand figuur toont de afvoercapaciteit die op basis van bovenstaande rubrieken te creëren is voor het traject Pannerdensch Kanaal. Daarnaast is de maximale totale vraag (principe optie IIIb) opgenomen om een eerste vergelijking te kunnen maken met de verschillende aanbod varianten.



Figuur 6. De totaalvraag naar extra afvoercapaciteit samen met het mogelijk te creëren extra aanbod aan afvoercapaciteit langs het traject.

De belangrijkste conclusies, die hieruit kunnen worden getrokken zijn:

1. Overhoogte kan een groot deel van de vraag naar waterstandsdeling opvangen;
2. Met de theoretische beschouwing is afgeleid dat middels grootschalige buitendijkse rivierverruimingsmaatregelen (bv. uiterwaardverlagingen) de gehele vraag ruimschoots kan worden opgevangen;
3. Alle Blokkendoosmaatregelen tezamen in dit traject kunnen ruimschoots de totale vraag opvangen. Hier is nog nadere differentiatie nodig;

5 Combinatie van potentiële beleidsopties Rivierbodempligging en Afvoercapaciteit

De potentiële beleidsopties voor Rivierbodem en Afvoercapaciteit kunnen niet los van elkaar beschouwd worden. Dit hoofdstuk laat de onderlinge samenhang zien.

Rivierbodem --> afvoer- en bergingscapaciteit

Beleidsopties waarbij de erosie van de rivierbodem wordt stopgezet danwel de bodempligging omhoog wordt gebracht hebben invloed op de hoogwaterstanden. Binnen de huidige versterkingsopgave wordt een vaste bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt niet geanticipeerd op de bodemontwikkeling. Welke bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt, wordt bepaald per waterschap en kan verschillen per riviertraject. Een substantiële verhoging van het rivierbed kan effect hebben op de versterkingsopgave. De beleidsopties waarbij de bodem substantieel omhoog worden gebracht kunnen dus om extra afvoercapaciteit vragen. Het eroderen van de rivierbodem kan extra afvoercapaciteit creëren.

Met andere woorden, indien gekozen wordt voor rivierbodembeleid waarbij de rivierbodem 10 of 20 jaar terug wordt gebracht, wordt dit onderdeel van beleidsopties II en IIIb voor beleid t.a.v. afvoer- en bergingscapaciteit.

Afvoer- en bergingscapaciteit --> rivierbodem

De keuze voor de mate van te realiseren waterstandsdeling (m.a.w. de mate van rivierverruiming) kan ook een effect hebben op de bodem. Daar waar rivierverruiming plaatsvindt met maatregelen die zorgen voor een regelmatige afname van de afvoer door het zomerbed, verandert op lange termijn het evenwichtsprofiel van het zomerbed. Het zomerbed komt hier uiteindelijk omhoog. Hoe groter en meer rivierverruiming plaatsvindt, hoe meer dit bijdraagt aan het verminderen van bodemerosie.

Naast fysieke maatregelen is sedimentmanagement nodig om op korte termijn het gewenste bodemniveau te bereiken. Indien op korte termijn een bodempligging uit het verleden gehandhaafd gaat worden is een initiële suppletie noodzakelijk om deze verhoging op korte termijn te kunnen realiseren.

1 Ligging

De Boven-IJssel loopt van het splitsingspunt IJsselkop (km 878,5) bij Arnhem tot Dieren (km 911.5) bij het Apeldoorns Kanaal. Het bochtige traject is ongeveer 33 km lang. Het zomerbed wordt begrensd door kribben (vaak aan één zijde). Bij de IJsselkop wordt de Boven-IJssel aan weerszijden ingesnoerd door de stedelijke gebieden van omgeving Arnhem, Velp en Westervoort. Ter hoogte van Doesburg mondt de Oude IJssel, een grotere regionale rivier, uit in de IJssel.

Oude 'verlaten' meanders in de uiterwaarden bij Rhederlaag en Doesburg getuigen van de omvangrijke bochtafsnijdingen die in de jaren vijftig en zestig zijn uitgevoerd en de rivier op dit traject met ongeveer 10 km hebben ingekort. De bochtafsnijdingen maakten onderdeel uit van de Rijnkanalisatie en hadden als doel de bevaarbaarheid van de IJssel te verbeteren.

Het regelwerk Hondsbroeksche Pleij vervult een belangrijke rol bij de verdeling van de rivierafvoer over de Rijntakken bij hoogwater.

In het Rivierklimaatpark IJsselpoort is verkend hoe in dit gebied tussen Arnhem en Giesbeek invulling gegeven kan worden aan ruimte voor hoogwater, natuurontwikkeling, verbeterde bevaarbaarheid en diverse regionale doelen. Ook loopt er een IRM-pilot in de vorm van een MIRT-onderzoek naar de opgaven, kansen en mogelijke oplossingsrichtingen in het gebied Havikerwaard-Fraterwaard-Olburgerwaard. De resultaten van dit onderzoek worden meegenomen in de afwegingen binnen het programma IRM.

In figuur 1 is de ligging van het traject weergegeven.



Figuur 1 Ligging van Boven-IJssel

2 Blik op het traject

Dit hoofdstuk bevat een beknopte beschrijving van de riviergebonden functies van dit traject. Het beschrijft de essentie van wat er speelt m.b.t. waterveiligheid, bevaarbaarheid, waterbeschikbaarheid, natuur & waterkwaliteit. Dit betreft geen uitgebreide beschrijving van de opgaven. Een uitgebreid beeld op de rivieren met de opgave volgt in het Beeld op de Rivieren dat in het kader IRM wordt ontwikkeld.

Na de essentie van wat er speelt, volgt een beschrijving van de bodemontwikkelingen en de veranderingen in klimaat, de invloed hiervan op de toestand van de rivier (rivierbodempligging, hoog- & laagwaterstanden), en de doorwerking op de riviergebonden functies.

2.1 Wat speelt er met betrekking tot de riviergebonden functies?

Hoogwaterveiligheid

Uiterwaarden dragen bij aan waterveiligheid door waterafvoer te faciliteren, dijken en hoge gronden beschermen dit gebied tegen overstromingen. Door een aantal maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier, Stroomlijn, KRW en NURG is de afvoercapaciteit vergroot. Zo is o.a. het project Dijkteruglegging Hondsbroeksche Pleij uitgevoerd. In dat project werd de primaire kering verlegd, een regelwerk aangelegd en een hoogwatergeul gegraven.

De primaire waterkeringen in dit traject voldoen niet aan de geldende norm voor waterveiligheid en zullen versterkt moeten worden. De maximaal toelaatbare overstromingskans van de dijken langs de noordzijde van de Boven-IJssel is 1/1.000^{ste} per jaar en aan de zuidzijde varieert de maximaal toelaatbare overstromingskans tussen 1/3.000^{ste} en 1/10.000^{ste} per jaar. De versterkingsopgaven zijn minder omvangrijk dan langs de andere Rijntakken. Om aan de normen te voldoen zijn vooral dijkversterkingen en in mindere mate ook dijkverhogingen voorzien. Verwacht wordt dat een deel van de dijkversterking buitenwaarts zal gebeuren (in de richting van de uiterwaarden). De verbetering van de dijken van dijktraject 48-1 landsgrens – Westervoort is opgenomen op het huidige HWBP programmering, en wordt in de periode tot 2035 gerealiseerd. Het dijktraject 48-2, Westervoort – Doesburg, is opgenomen in de potloodprogrammering van het HWBP is pas vanaf 2031 gepland. Het dijktraject 47-1 is na 2035 gepland en is nog niet geprogrammeerd.

Op het traject aan de Noordzijde tussen Rheden en Dieren (monding Apeldoorns Kanaal) liggen geen dijken en bieden hoge gronden bescherming tegen hoogwater. Klimaatverandering kan er toe leiden dat de hoge grondenlijn mogelijk opschuift. Er kunnen ook maatregelen genomen worden om het opschuiven van de hoge grondenlijn tegen te gaan. De Oude IJssel is van Doetinchem tot Doesburg ook bedijkt met primaire keringen. Deze keringen zijn nodig omdat hoge IJsselpelen tot in Doetinchem kunnen leiden tot peilverhoging, vooral in combinatie met hogere afvoeren in de Oude IJssel. Ingrepen in de IJssel kunnen effect hebben op de waterstanden en daarmee de waterveiligheid langs de Oude IJssel.

Naar verwachting zal IenW in 2021 een besluit nemen m.b.t. de herijking van het beleidsuitgangspunt afvoerverdeling Rijntakken bij hoogwater. De herijking gaat over de vraag hoe de in beleid vastgelegde afvoerverdeling bij hoogwater in praktijk vorm krijgt. Hierbij is het uitgangspunt de beleidsafpraak dat de Lek boven een Rijnafvoer van 16.000 m³/s bij Lobith wordt ontzien. Onderdeel van het realiseren van de beleidsmatig afgesproken afvoerverdeling is de

instelling van de regelwerken op de splitsingspunten. Afhankelijk van de gekozen afvoerverdeling en bijbehorende instelling van de regelwerken kan dit een verhoging of verlaging van de hoogwaterstanden langs de Waal betekenen (t.o.v. de hydraulische belasting in het OntwerpInstrumentarium van het HWBP). Bij instelling van de regelwerken op een Rijnafvoer van 18.000 m³/s nemen de hoogwaterstanden langs de IJssel bij een Rijn-afvoer 16.000 m³/s met ongeveer 6 cm af. Dit is vergeleken met de waterstanden op de Waal bij een afvoer van 16.000 m³/s en de instelling van de regelwerken op 16.000 m³/s (de huidige situatie).

De beleidsmatig gekozen afvoerverdeling, en de inrichting van het rivierbed in de nabijheid van de splitsingspunten, heeft invloed op het regelbereik van de regelwerken. Regelbereik is nodig om in te kunnen spelen op dynamiek in het systeem, en tussentijdse effecten door de gefaseerde uitvoering van maatregelen tijdelijk te kunnen compenseren. Wanneer de regelwerken in de uitgangssituatie helemaal open of helemaal dicht staan kan slechts één kant op geregeld worden, en is er dus onvoldoende regelbereik. In ideale omstandigheden staan de regelwerken in de middenstand en kan Rijkswaterstaat als watersysteembeheerder de afvoerverdeling in twee richtingen maximaal bijregelen.

Bij instelling van de regelwerken op een Rijnafvoer van 18.000 m³/s is rivierverruiming langs de Boven-IJssel nodig om het regelbereik van regelwerk Hondbroeksche Pleij te herstellen/vergroten.

Binnen IRM wordt voorsnog de huidige beleidsmatige hoogwater afvoerverdeling met bijbehorende instellingen van de regelwerken als uitgangspunt gehanteerd.

In de MIRT verkenning Rivierklimaatpark IJsselpoort is een voorkeursalternatief ontwikkeld waarmee 20 cm waterstands daling kan worden gerealiseerd. Naar verwachting zal in de tweede helft van 2020 de MIRT2 voorkeursbeslissing worden genomen. In het MIRT-onderzoek Havikerwaard-Fraterwaard-Olburgerwaard wordt onderzocht welke opgaven er zijn vanuit waterveiligheid en in hoeverre rivierverruiming nodig is om opgaven te realiseren of effecten te compenseren.

Op een aantal locaties is het rivierbed vrij smal en wordt de Boven-IJssel ingesnoerd. Dit zijn lokale hydraulische knelpunten in het systeem die ook wel lokale flessenhalzen worden genoemd. Het gaat om de locaties ter plaatse van km 884, 903, en 910. Behoud van ruimte is bij de ruimtelijke inrichting en ontwikkeling van het riviersysteem een blijvend aandachtspunt.

Het doorgroeien en uitbreiden van begroeiing in het rivierbed kan leiden tot te hoge hoogwaterstanden. Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwning van begroeiing) is toegestaan. De Vegetatielegger is onderdeel van de Legger Rijkswaterstaatswerken. De Waterwet regelt de leggerplicht van alle waterstaatswerken. In de vorm van overzichtskaarten en regels zijn normen gespecificeerd voor vegetatie in het rivierbed ten behoeve van hoogwaterveiligheid en waterkwaliteit.

Bevaarbaarheid

Dit traject is, met het gedeelte van de Midden-IJssel tot aan Zutphen, het drukst bevaren stuk van de IJssel. De Boven-IJssel is een belangrijke scheepvaartverbinding van Rotterdam/Duitsland met de Twentekanal, en in beperktere mate met de Oude IJssel (Doetinchem). De Boven-IJssel is

echter te ondiep en te smal voor de beoogde klasse Va-scheepvaart en daardoor moeilijk bevaarbaar, met name bij laagwater. Zowel diepte- als breedtebeperkingen treden op. Bij een aantal bochten geldt bij laagwater al een ontmoet- of voorbijloopverbod. Bekende knelpunten zijn: De Steeg, Beinum, Cortenoever en Zutphen.

Benedenstrooms van Zutphen en de Twentekanalen spelen deze problemen ook nog, maar in mindere mate door het beperktere scheepvaartverkeer. Door het verschil in verhang tussen de boven- en benedenloop van de IJssel is bij extreem laagwater de bovenloop van de IJssel ondieper dan de benedenloop. In dat geval varen schepen vanuit Twente naar Rotterdam om via Amsterdam en het IJsselmeer.

Dieptebeperkingen resulteren in een lagere beladingsgraad, een toename van brandstofkosten als gevolg van verminderde kielspeling (en meer weerstand), en daarmee een toename van de transportkosten.

De erosie van het zomerbed zorgt in de toekomst naar verwachting voor problemen voor de bevaarbaarheid omdat een deel van het rivierbed niet mee zakt (bv de drempels in het sluisstuw complex bij Doesburg). In het rivierbed bevinden zich een aantal natuurlijke harde lagen (oerlagen) die niet mee zakken. Deze vormen nu nog geen probleem, maar mogelijk wel bij het verdere doorgaande bodemerosie in de toekomst.

In het kader van de MIRT verkenning Rivierklimaatpark is een voorkeursalternatief ontwikkeld waarbij een zestal bekende scheepvaartknelpunten worden opgelost met ingrepen in de oevers. Tevens draagt de voorziene rivierverruiming bij aan het stopzetten van de uitschuring. In het MIRT-onderzoek Havikerwaard-Fraterwaard-Olburgerwaard wordt onderzocht welke opgaven er zijn vanuit scheepvaart en wat mogelijke oplossingsrichtingen zijn voor de aanwezige knelpunten.

De te krappe doorvaartopeningen van de oude IJsselbruggen vormen een veiligheidsknelpunt. Dit speelt bij Arnhem en Westervoort (spoorbrug en brug A12 over IJssel) en bij Doesburg (brug N317 over de IJssel). Naar verwachting wordt het tekort aan doorvaarthoogte pas aangepakt als deze vervangen of gerenoveerd gaan worden. Dit is geen opgave in het kader van het programma Integraal Riviermanagement.

Op het traject is alleen ter hoogte van Arnhem een kleine overnachtingsplek aanwezig voor de beroepsvaart. Rijkswaterstaat voert op dit moment een MIRT planstudie uit voor een mogelijke overnachtingshaven in het Rhederlaag bij Giesbeek.

De Oude IJssel is tot aan Ulft bevaarbaar voor beroepsvaart, klasse II (diepte 2,5 m, lengte 55 m). Bij Doesburg is in een haven aanwezig, die recent is voorzien van een zwaaigelegenheden, zodat schepen kunnen keren.

Natuur en waterkwaliteit

Het karakter van de IJssel met het bovenstroomse, diep ingesleten gedeelte, met het hoog dynamische deel met hoge oevers en met de kronkelwaarden tussen de IJsselkop en Deventer met aantakende beken vanuit de Veluwe en de Achterhoek, is bepalend voor de natuurwaarden op dit deel van de IJssel.

Op het gebied van natuur is er een reeks aan opgaven: behoudsopgaven van reeds bestaande natuur en opgaven volgend uit bestaand en nieuw, nog te ontwikkelen beleid. Er zijn vanuit nationale en regionale natuurbeheerplannen (NNN) en Europees beleid (Natura 2000) (beide bestaand beleid) ontwikkelopgaven voor boskernen en andere habitats. Ook is er een waterkwaliteitsopgave vanuit de KRW (macrofauna, vis en waterplanten). In het kader van de MIRT verkenning Rivierklimaatpark is een voorkeursalternatief ontwikkeld waarin maatregelen zijn opgenomen als de aanleg van een nieuwe nevengeul, natuurvriendelijke oevers, de uitbreiding van oobos en de omvorming van de landbouw naar natuur.

Vanuit de Kaderrichtlijn Water zijn er plannen voor de aanleg van nevengeulen, natuurvriendelijke oevers en herstel van beekmondingen en kwelmoerassen. In het MIRT-onderzoek Havikerwaard-Fraterwaard-Olburgerwaard wordt onderzocht welke oplossingsrichtingen er zijn voor de opgaven vanuit waterkwaliteit en natuur.

Aanvullend op het bestaand beleid, wordt ook nieuw natuurbeleid uitgewerkt. Het traject kent een ontwikkelopgave in het kader van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW). Deze ontwikkelopgave maakt integraal deel uit van de opgave IRM. De PAGW werkt aan plannen voor een robuust riviersysteem passend bij het systeem (gegeven klimaatverandering, economische ontwikkelingen en ecologische knelpunten). Bij toekomstige natuurontwikkeling zal in het bijzonder gekeken worden naar de ontwikkeling van een viertal hotspots en naar het verbinden van deze grote natuurgebieden langs de rivier via de corridors. In de corridor tussen de hotspots liggen afwisselend grote en kleine stapstenen met geschikt leefgebied voor de gidssoorten. Er komt focus komt te liggen op het verbinden van natuurdoelen van de diverse programma's (één natuurdoelstelling in rivierbed).

Het gebied Gelderse Poort (waar het traject van de BovenIJssel zich volledig in bevindt) is als hotspot aangemerkt.

De grootschalige bodemerrosie en de daarmee gepaard gaande daling van waterstanden én grondwaterstands daling zorgen voor een geleidelijke verdroging van de uiterwaarden. Daarnaast inunderen uiterwaarden minder vaak en minder omvangrijk. Het minder goed te functioneren van recent aangelegde maatregelen voor het versterken van de natuur vormt de grootste en meest concrete bedreiging.

Het beheer van natuur langs de Boven-IJssel bestaat uit het beheer van de begroeiing in het rivierbed en het sedimentbeheer in zowel uiterwaarden als in natuurvriendelijke oevertrajecten. Hierbij wordt zo veel mogelijk ruimte gegeven aan natuurlijke processen en het verkrijgen van leefgebieden voor bij het riviersysteem passende planten en dieren. Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwning van begroeiing) is toegestaan. Het is voor de natuur relevant dat daarbij in voldoende ontwikkelbeheerruimte wordt voorzien, waarmee de natuur ruimte krijgt om zich op natuurlijke wijze te ontwikkelen.

Naast de relatie met hoogwaterveiligheid hebben ook scheepvaart en natuur onderlinge relatie. Scheepvaart vervult een belangrijke rol op dit traject en heeft middels schroefwerking en golfslag direct effect op natuur.

Zoetwaterbeschikbaarheid

Voor zoetwaterbeschikbaarheid is de voorziening van het IJsselmeer – de belangrijkste zoetwaterbuffer in het landelijke hoofdwatersysteem – van groot belang. De afgelopen decennia is de verdeling van water vanuit de Boven-Rijn over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig eroderen van de rivierbodem in de Rijntakken geleidelijk veranderd. Het zomerbed in de Boven-Waal erodeert sneller dan de bodem in de andere riviertakken in het bovenstrooms deel van de Rijntakken. Hierdoor trekt de Waal steeds meer afvoer, ten koste van de afvoer van water naar de IJssel. De stuurbaarheid van rivierwater over de splitsingspunten en de toevoer van water richting strategische zoetwatervoorraden (o.a. het IJsselmeer als belangrijke buffer) is daarom aandachtspunt binnen DP Zoetwater.

Bij lokale inlaatpunten kan de inlaatcapaciteit (wanneer ze onder vrij verval water inlaten) onder druk komen te staan door het dalen van de waterstanden in de rivier als gevolg van de erosie van de rivierbodem. Dit speelt voor de Boven-IJssel bij de Dierense sluis: de inlaat naar het Apeldoorns kanaal.

2.2 Bodemontwikkeling en klimaatverandering en hun effect op de rivier

Een aantal omgevingsveranderingen beïnvloedt de toestand van de rivier. Het betreft de grootschalige rivierbodemontwikkeling en klimaatverandering. De veranderingen beïnvloeden de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier en hebben daardoor ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Bodemontwikkeling en het effect op de rivier

De Boven-IJssel ligt in het bovenstroomse deel van de Rijn in Nederland waar insnijding plaatsvindt. Waarnemingen laten zien dat de rivierbodem in dit traject in de afgelopen tientallen jaren grootschalig geërodeerd is met een snelheid van 0,4 cm per jaar.

De bodemerosie is het meest omvangrijk op de Boven-IJssel tussen IJsselkop en Dieren. Op de benedenstroomse trajecten langs de IJssel neemt de erosietrend af.

Een belangrijke oorzaak van de in het verleden opgetreden grootschalige bodemveranderingen is de normalisatie in de vorige eeuw waardoor de rivier een smallere en rechttere loop heeft gekregen (korter is geworden). De normalisatie bestaat uit een combinatie van maatregelen: aanleg van kribben en zomerkades, verdieping van de vaargeul, bochtafsnijdingen, kanalisatie of aanleg van parallelle scheepvaartkanalen, aanleg van stuwen en regulering van de afvoerverdeling (bij hoog en laagwateromstandigheden). Ingrepen resulteerden in steeds smallere, diepere rivieren, die bovendien hun loop niet meer konden verleggen. Daarnaast is door de aanleg van (stuw)dammen in combinatie met sedimentmanagement gericht op de stabilisatie van de rivierbodem in het bovenstroomse - niet Nederlandse deel - van het stroomgebied van de Rijn, de omvang en de samenstelling van het binnenkomend sedimenttransport sterk veranderd.

Door de maatregelen is de ruimte voor de Nederlandse rivieren in de afgelopen eeuw fors afgenomen en is de natuurlijke sedimentbalans verstoord. De programma's Ruimte voor de Rivier, NURG en KRW volg(d)en een andere koers. In plaats van afname van ruimte, hebben de rivieren door die programma's weer wat meer vrijheid te gekregen. Dit heeft geresulteerd in (iets) meer ruimte en een andere inrichting van verschillende delen van het zomer- en winterbed. De extra ruimte die met de recente programma's is gecreëerd, staat echter niet in verhouding tot de afname van ruimte door de bedijking en de normalisatie.

De bedijking en de normalisatie- en reguleringswerken uit de 19^e en 20^{ste} eeuw hebben (soms onbedoeld) effect op de fysica van het riviersysteem, die tot tientallen jaren en zelfs langer na de ingreep kunnen doorwerken.

Ten eerste is door de maatregelen het overstromingsgebied voor de rivieren sterk afgenomen. Hierdoor is de komberging sterk afgenomen. Hogere afvoeren als gevolg van klimaatverandering leiden daardoor tot hogere waterstanden dan daarvoor. De top van hoogwatergolven wordt door het verlies aan ruimte ook veel minder afgevlakt. Daardoor verplaatst de afvoergolf zich sneller door de rivier.

Daarnaast hoort bij een sterk versmalde en voor de IJssel vanwege de bochtafsnijdingen bij Rhederlaag en Doesburg ook een flink kortere rivier een veel flauwer verhang van de rivierbodem. De energie van het afstromende water – en daardoor het sedimenttransporterend vermogen - is door de ingrepen in de rivier in de 19^e en 20^{ste} eeuw toegenomen. Het verhang van de bedding van de rivier is feitelijk te steil in relatie tot de water- en sedimentbeweging van de rivier. De rivier zal zich aanpassen naar een flauwer verhang, waardoor het transporterende vermogen weer afneemt en de rivier weer in balans komt. De rivier kan dat flauwere verhang alleen maar krijgen door zich bovenstrooms in te snijden. Dit doet de rivier door te eroderen. De rivierbodem groeit zo langzaam toe naar een flauwere helling. De afname van de hoeveelheid sediment die Nederland binnenkomt en de verandering in sedimentsamenstelling, beïnvloedt de uitschuring van het zomerbed.

Volgens een verkenning van Rijkswaterstaat hebben de normalisatie- en reguleringswerken een daling van het zomerbed op gang gebracht waardoor het verhang uiteindelijk 20% minder wordt. Normaal gesproken is dit een aanpassing die eeuwen duurt. Op delen van de Rijntakken gaat het een stuk sneller doordat de mens met het actief onttrekken van bodemmateriaal uit het zomerbed dit natuurlijke proces heeft versneld. De normalisatie- en reguleringswerken hebben samen met de veranderingen van de omvang en de samenstelling van het inkomend sedimenttransport én het actief onttrekken van grote hoeveelheden zand en grind geleid tot erosie van de rivierbodem die lokaal oploopt tot enkele meters in de afgelopen eeuw.

Langs het bovenstroomse deel van de Rijntakken geldt al sinds medio jaren '90 dat in de baggercontracten van Rijkswaterstaat (t.b.v. het op diepte houden van de vaargeul) geen netto sedimentonttrekkingen zijn toegestaan: materiaal dat uit het zomerbed wordt gehaald, moet op de diepere delen in het zomerbed worden teruggestort. Deze afspraken zijn echter nog geen onderdeel van het formele rivierbeleid. Naast het baggercontract van Rijkswaterstaat zijn echter ook nog lopende zandwinconcessies (bijvoorbeeld voor het op diepte houden van de toegangsgeul naar een private/bedrijfshaven of langs een loswal), waar sprake is van zandwinning zonder terugstortverplichting. De permanente onttrekkingen van sediment uit het zomerbed zijn enorm afgenomen. Sinds er niet meer permanent wordt onttrokken bij baggeronderhoud, is er een sterke afname van de erosietrend van de rivierbodem van de bovenloop van de Rijn (ongeveer een halvering).

De erosie van het zomerbed van de Boven IJssel heeft naast de bovengeschetste redenen nog een andere oorzaak. De stuwwerking van de stuw bij Driel versterkt namelijk de erosieproblematiek. Het moment waarop de stuw in werking treedt hangt af van de gemeten afvoer en waterstand bij

Lobith. Door bodemerosie op de Boven-Rijn wordt de waterstand, waarbij de stuw geactiveerd wordt, vaker overschreden en treedt de stuw vaker en langduriger in werking. Dit beïnvloedt het stromend karakter van de Nederrijn-Lek, zorgt voor toenemende aanzanding bovenstrooms van de stuw en maakt het moeilijker om de afvoerverdeling bij laag water te sturen. Dit betekent ook dat er relatief meer afvoer naar de IJssel wordt gestuurd. Dit heeft een versterkend effect op de bodemerosie op de bovenloop van de IJssel.

Tot voor kort werd het materiaal dat vrij kwam uit baggerwerk in het bovenstroomse deel van de Nederrijn, stroomafwaarts van stuw Driel gestort in de Midden Nederrijn. In het nieuwe baggercontract van Rijkswaterstaat (PC-NAT 2021-2031) zal het materiaal worden teruggestort bovenstrooms van de IJsselkop in het Pannerdensch kanaal. Verwacht wordt dat ongeveer de helft in de Boven-IJssel terecht komt. Dat kan de erosie van de Boven-IJssel tegengaan en daarmee voorkomen dat er relatief steeds meer van het water vanuit het Pannerdensch Kanaal naar de Boven-IJssel gaat. Het steeds verder eroderen van de Boven-IJssel trekt op termijn ook de afvoerverdeling bij hoogwater scheef: het regelwerk bij Hondsbroeksche Pleij op de IJsselkop staat in de huidige situatie dicht en kan niet verder dichtgezet worden om het effect op de afvoerverdeling te corrigeren. Als het regelwerk wordt ingesteld op een afvoer van 18.000 m³/s ontstaat er wel ruimte om de verschuiving van de afvoerverdeling als gevolg van de bodemerosie te corrigeren.

Verwacht wordt dat de na-ijleffecten van de normalisatie in het riviersysteem en rivierregulering nog decennia lang merkbaar zijn. Er zijn veel factoren die samen de toekomstige trend van de rivierbodem bepalen. Deskundigen verwachten dat de bodemerosie van de rivierbodem in het traject van de Boven-IJssel met ongeveer 0,4 cm per jaar doorgaat.

Onderstaande tabel geeft de invloed van doorgaande bodemerosie (zonder actief ingrijpen) op de toestand van de rivier in 2050:

	Rivierbodem ligging	Laagwater afvoer	Hoogwater stand	Laagwater stand
Niet actief ingrijpen tot 2050	- 12 cm	- 40 m ³ /s	- 3 cm	- 52 cm

Tabel 1 Effect op toestand van de rivier in 2050 zonder nieuw bodembeleid

Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Boven-IJssel ligt in 2050 12 cm lager. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van -0,4 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.

Laagwaterafvoer De afvoerverdeling onder normale omstandigheden en bij laagwater wijzigt geleidelijk. Doordat de Waalbodempligging sneller zakt dan de rivierbodem op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Voor de IJssel is de laagwaterafvoer met 40 m³/s afgenomen.

Hoogwaterstand	<p>Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert.</p> <p>De hoogwaterstanden zakken met de rivierbodem mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Boven-IJssel resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 25%. Een daling van het zomerbed met 12 cm betekent hierdoor een daling van hoogwaterstanden met 3 cm.</p>
Laagwaterstand	<p>De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodem en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn.</p> <p>De laagwaterstanden zakken 1-op-1 met de rivierbodem mee, al het water staat immers in het zomerbed. De laagwaterstanden dalen hierdoor dus met 12 cm.</p> <p>Door geleidelijke verandering van de rivierafvoer over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig zakken van het zomerbed, neemt de laagwaterafvoer op de IJssel met 40 m³/s af. Op basis van de betrekkinglijn is bepaald dat laagwaterstanden als gevolg van de veranderende afvoer op de Boven-IJssel met 40 cm afnemen. Dit is een indirecte verandering als gevolg van bodemontwikkelingen.</p> <p>De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 52 cm af.</p>

De veranderingen in de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier hebben ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Mogelijke effecten als gevolg van een verdere verlaging van de rivierbodem zijn:

- Een verlaging van de bodemligging kan zorgen voor een afname van de afdeklaag boven kabels en leiding en erosieve fijne lagen in het rivierbed, en kan een risico vormen voor de stabiliteit en standzekerheid van waterkeringen, oevers & kunstwerken. In het traject ligt een aantal kabels en leidingen bij km 881,5, km 883, km 883,8 en km 904,5 (leidingen voor gas en brandstof). Een analyse naar de dekkingsgraad boven erosieve lagen laat zien dat op het traject van de Boven-IJssel slechts op een zeer beperkt aantal locaties fijn erosief materiaal lokaal dicht aan het oppervlakte van het zomerbed ligt.
- Een verdere verlaging heeft tot gevolg dat kabels en leidingen in het gebied dichter aan de oppervlakte komen te liggen. Dit kan brede veiligheidsconsequenties hebben.
- Een verlaging van de bodemligging verlaagt de hoogwaterstanden en heeft hierdoor een positief effect op waterveiligheid. Behalve op plekken waar de keringen direct tegen het zomerbed aan liggen (zoals bij schaar dijken en stedelijke fronten). Daar kan bodemdaling een gevaar vormen voor stabiliteit van de keringen.
- Een verlaging van de bodemligging verlaagt de laagwaterstanden (direct en indirect via een herverdeling van de laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) over de splitsingspunten). Dit heeft een negatieve invloed op
 - o bevaarbaarheid: er ontstaan verminderde vaardiepten doordat er drempels ontstaan doordat het rivierbed niet overal zakt. Zo zakt de rivierbodem niet ter plaatste van de kabels & leidingen-straten die onder de rivierbodem liggen. Op het traject bevindt zich een aantal kabels en leidingen. Ter plaatse van deze kabels & leidingen mag niet gebaggerd worden, waardoor ook hier drempels ontstaan in het riviersysteem die tot ondieptes vormen voor de scheepvaart. Ook de beperkingen bij laagwater voor de invaart naar de Oude IJssel vanwege de drempelhoogte bij Doesburg nemen toe. Naast de kabels &

- leidingen bevindt zich een aantal natuurlijke niet erodeerbare vaste lagen (oerlagen) in het rivierbed. Deze kunnen in de toekomst zorgen voor drempelvorming en dieptebeperkingen in het rivierbed.
- o waterbeschikbaarheid vanwege lagere waterstanden ter plaatse van waterinnamepunten (voor de Boven-IJssel is de inlaat bij Dierense sluis (de inlaat naar het Apeldoorns kanaal) een belangrijk innamepunt).
 - o natuur & waterkwaliteit omdat uiterwaarden minder vaak en minder langdurig in stromen en de grondwaterpeil zakt, waardoor de natuur verdroogt.
- Het ongelijkmatig zakken van de rivierbodem in de Rijntakken zorgt voor een geleidelijke verandering van de verdeling van water over de splitsingspunten bij een laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s). Het zomerbed in de Boven-Waal erodeert sneller dan de bodem in de andere riviertakken in het bovenstrooms deel van de Rijntakken. Hierdoor trekt de Waal steeds meer afvoer, ten koste van de afvoer van water naar het Pannerdensch Kanaal en de IJssel. Door de aanwezigheid van stuwen erodeert de bodem van de Nederrijn niet en trekt de eroderende Boven-IJssel steeds meer afvoer ten koste van de afvoer naar de Nederrijn. Dit zijn een vicieuze cirkels. De stuurbaarheid van rivierwater over de splitsingspunten tijdens laagwater en de toevoer van water richting strategische zoetwatervoorraden (o.a. het IJsselmeer als belangrijke buffer) is daarom steeds belangrijker aandachtspunt.
 - Een verlaging van de bodemligging en daarmee veranderingen in waterstanden, grondwaterpijlen en kwelstromen, heeft ook invloed op het binnendijkse gebied. Afhankelijk van de hydrologische omstandigheden van de omgeving en het specifieke landgebruik (landbouw, natuur, stedelijk gebied) kan dit gevolgen hebben voor verdroging of vernatting. Er kunnen zich bijvoorbeeld risico's voordoen voor stabiliteit van binnendijkse bebouwing en voor minder of juist meer waterbeschikbaarheid (bij infiltrerende situatie) voor de land, tuin- en fruitbouw en natuur met zich mee.

Klimaatverandering en effect op de toestand van de rivier

De effecten van klimaatverandering zijn veelzijdig. Klimaatverandering heeft onder andere effect op de hoge en lage rivierafvoeren. Verwacht wordt dat extreme lage en hoge rivierafvoeren vaker voorkomen en langduriger aanhouden. Op basis van de meest extreme klimaatscenario's van het KNMI zijn de effecten op hoog- en laagwaterstanden voor de Boven-IJssel in beeld gebracht. Voor laagwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het droge KNMI '14 scenario - Wh-dry. Voor hoogwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het KNMI '06 - W+.

Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de waterstandeffecten tot 2050.

	waterstand in 2050 door klimaatverandering
Effect op laagwaterstanden	- 40 cm
Effect op hoogwaterstanden	+ 5 cm

Tabel 2 Effect op waterstanden in 2050 door klimaatverandering

3 Beleidsopties rivierbodembodem Rijn

Hieronder volgt een overzicht van potentiële beleidsopties en de implicaties voor de Boven-IJssel. De potentiële beleidsopties zijn generiek voor alle riviertrajecten en gaan in op het herstel van de van de sedimenthuishouding en het beheer van de rivierbodempligging. Een uitgebreide probleemanalyse in de PlanMER moet meer inzicht geven in de effecten van veranderingen in het systeem met en zonder ingrijpen, inclusief de revenuen van actief ingrijpen.

Het effect van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 is kort beschreven en in context geplaatst met de effecten van klimaatverandering. Tabel 3 toont de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050: bodempligging, hoog- en laagwaterstanden.

Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bodemtrend zet zich in de situatie zonder ingrijpen voort met een erosie van 0,4 cm per jaar
- De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodembodem mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Boven-IJssel resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 25%.
- De laagwaterstanden veranderen 1-op-1 met de rivierbodembodem mee, al het water staat dan immers in het zomerbed.
- De verdeling van de laagwaterafvoer verandert geleidelijk door het ongelijkmatig zakken van de rivierbodembodem in de Rijntakken. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de IJssel-afvoer bij een karakteristieke laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is afgenomen. Met deze geleidelijke verandering uit het verleden is rekening gedaan in de beleidsopties. Dat wil zeggen dat ervan wordt uitgegaan dat de verandering in laagwaterverdeling in de beleidsoptie waarin niet wordt ingegrepen wordt zich doorzet, en dat in de beleidsopties waarin de rivierbodembodem hersteld wordt naar een toestand uit het verleden, de opgetreden verandering in afvoerdeling bij laagwater teniet wordt gedaan.
- Bij de effecten per beleidsoptie gaan ervan uit dat de bovenstrooms en benedenstrooms gelegen trajecten dezelfde beleidsoptie van toepassing is.

Potentiële beleidsopties

A – Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk

In de basisreferentie wordt huidig beleid en beheer gecontinueerd en op de Boven-IJssel niet actief ingrijpen op de sedimenthuishouding en de rivierbodembodemontwikkelingen.

- Bodemtrend zet zich voort met een erosie van gemiddeld 0,4 cm per jaar.
- Huidig sedimentbeheer t.a.v. baggeren en terugstorten wordt voortgezet.
- Geen beleid t.a.v. bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport of het beperken of stoppen van grootschalige bodemerosie.
- Beheer en onderhoud verandert niet en blijft gericht op het lokaal verhelpen problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid.

In hoofdstuk 2 staat beschreven welke invloed dit heeft op de bodempligging, hoogwaterstand en laagwaterstand in 2050.

B - Herstel sedimenthuishouding ter ondersteuning van rivierbodempligging

Deze beleidsoptie richt zich op het herstel van de sedimenthuishouding. Dit kan door netto sedimentonttrekking uit het zomerbed niet meer toe te staan en het bevorderen van het

(doorgaand) sedimenttransport. Er wordt geen sediment toegevoegd en niet actief gestuurd op een specifieke rivierbodempligging. De beleidsoptie draagt bij aan herstel van de sedimenthuishouding en zal zorgen voor een afname van de bodemtrend. Het is niet duidelijk in welke mate de trend afneemt.

- De bodemtrend zal naar verwachting kleiner zijn dan een erosie van 0,4 cm per jaar. Het is niet bekend in welke mate. Niet gericht op het nastreven van een specifieke rivierbodempligging.
- Dit kan gerealiseerd worden door behoud van sediment in het zomerbed, herstel van verstoringen in sedimentbalans, bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport en andere verdeling van het sediment over het splitsingspunt IJsselkop.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- **Rivierbodempligging** De bodem van het zomerbed van de Boven-IJssel ligt in 2050 tussen 0 en 12 cm lager. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van maximaal -0,4 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.
- **Laagwaterafvoer** De afvoerverdeling onder normale omstandigheden en bij laagwater wijzigt geleidelijk. Doordat de Waalbodempligging sneller is gezakt dan de rivierbodempligging op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s (ten koste van de IJssel) is toegenomen. Als de bodemtrends op alle Rijntrajecten door herstel van sedimenthuishouding afnemen, zal ook de afvoerverdeling in de toekomst minder wijzigen. In welke mate dat gebeurt is niet duidelijk. Aanname is dat de laagwaterafvoer van de IJssel in de periode tot 2050 tussen de 0 en 40 m³/s zal afnemen.
- **Hoogwaterstand** Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert. De hoogwaterstanden zakken met de rivierbodempligging mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Boven-IJssel resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 25%. Een daling van het zomerbed tussen 0 - 12 cm betekent hierdoor een daling van hoogwaterstanden tussen 0 - 3 cm.
- **Laagwaterstand** De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodempligging en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door een verlaging van rivierbodempligging neemt de laagwaterstand tussen 0 tot 12 cm af. Door een verlaging van de laagwaterafvoer neemt de laagwaterstand op de Boven-IJssel tussen 0 en 40 cm af. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal tussen 0 en 52 cm af.

C – Huidige bodem zomerbed handhaven

Deze optie is gericht op het stoppen van de grootschalige bodemerosie en het handhaven van de rivierbodempligging op het huidige niveau.

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar en het zomerbed wordt op het niveau van 2020 gehouden.
- Dit kan gerealiseerd worden door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleids optie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De rivierbodempligging van het zomerbed verandert niet t.o.v. 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer verandert niet meer.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen niet meer.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet meer.

D - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 10 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerrosie, het terugbrengen van de rivierbodempligging in het zomerbed naar de situatie van 10 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 10 jaargeleden past bij de uitgangspunten in het programma KRW (ecologische toestand van 2009 mag niet verslechteren) en WBI/OI-2017 programma (hydraulische ontwerpbelasting op dijken is gebaseerd op de bodem van 2013).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleids optie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Boven-IJssel daalt jaarlijks met 0,4 cm. Met deze trend had de bodem van de Boven-IJssel 10 jaar geleden 4 cm hoger gelegen. De rivierbodempligging komt met deze optie 4 cm hoger te liggen dan in 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer neemt toe met 13 m³/s. Doordat de Waalbodempligging sneller zakt dan de rivierbodempligging op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de IJssel-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is afgenomen. Door het terugbrengen van de bodem naar 10 jaar geleden, wordt waterverdeling bij laagwaterafvoer deels hersteld (1/3 deel). Dit maakt dat, ten opzichte van 2020, de laagwaterafvoer met 13 m³/s toeneemt.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzigt de afvoer over de takken niet. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodempligging mee. Een verhoging van het zomerbed met 4 cm betekent hier een verhoging van hoogwaterstanden met 1 cm.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodempligging en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verhoogde

rivierbodempligging neemt de laagwaterstand met 4 cm toe. Met behulp van de betrekkinglijn is bepaald dat de laagwaterstanden als gevolg van de toename van de laagwaterafvoer op de Boven-IJssel met 13 cm toenemen. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 17 cm toe.

E - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 20 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerrosie, het terugbrengen van de rivierbodempligging in het zomerbed naar de situatie van 20 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 20 jaar geleden past bij de uitgangssituatie van het programma Ruimte voor de Rivier (herinrichtingen zijn ontworpen op bodempligging van 1997) en sluit aan bij de bodempligging die Duitsland wil handhaven (bodempligging van 2000).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Boven-IJssel daalt jaarlijks met 0,4 cm. Met deze trend had de bodem van de Boven-IJssel 20 jaar geleden 8 cm hoger gelegen. De rivierbodempligging komt met deze optie 8 cm hoger te liggen dan in jaar 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer neemt toe met 27 m³/s. Doordat de Waalbodempligging sneller zakt dan de rivierbodempligging op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de IJssel-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is afgenomen. Door het terugbrengen van de bodem naar 20 jaar geleden, wordt waterverdeling bij laagwaterafvoer deels herstelt (2/3 deel). Dit maakt dat, ten opzichte van 2020, de laagwaterafvoer met 27 m³/s toeneemt.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert. De hoogwaterstanden zakken met de rivierbodempligging mee. Een verhoging van het zomerbed met 8 cm betekent hier een verhoging van hoogwaterstanden met 2 cm.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodempligging en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verhoogde rivierbodempligging neemt de laagwaterstand met 8 cm toe. Met behulp van de betrekkinglijn is bepaald dat de laagwaterstanden als gevolg van de toename van de laagwaterafvoer op de Boven-IJssel met 27 cm toenemen. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 35 cm toe.

Samenvatting van de effecten op de toestand van de rivier per beleidsoptie

Tabel 3 geeft een samenvatting van de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050.

	Rivierbodem -ligging	Laagwater- afvoer	Hoogwater- stand	Laagwaterstanden		
				Rivier- bodem	Laagwater- afvoer	TOTAAL
A. Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk	- 12 cm	- 40 m ³ /s	- 3 cm	- 12 cm	- 40 cm	- 52 cm
B. Herstel Sedimenthuis-houding	- 12 ~ 0 cm	- 40 ~ 0 m ³ /s	- 3 ~ 0 cm	- 12 ~ 0 cm	- 40 ~ 0 cm	- 52 ~ 0 cm
C. Huidige bodem zomerbed handhaven	0 cm	0 m ³ /s	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
D. Bodem zomerbed herstellen naar 10 jaar geleden	+ 4 cm	+ 13 m ³ /s	+ 1 cm	+ 4 cm	+ 13 cm	+ 17 cm
E. Bodem zomerbed herstellen naar 20 jaar geleden	+ 8 cm	+ 27 m ³ /s	+ 2 cm	+ 8 cm	+ 27 cm	+ 35 cm

Tabel 3 Veranderingen in de toestand van de rivier in de Boven-IJssel in de periode tot 2050 bij vijf principeopties voor de rivierbodempligging

Klimaatverandering heeft invloed op de effecten

Het klimaateffect is voor elke beleidsoptie gelijk (negatieve effecten op zowel hoog- als laagwater) en daardoor niet onderscheidend. De effecten van klimaatverandering op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 staat in hoofdstuk 2.2 beschreven.

De effecten van bodemontwikkelingen worden door klimaatverandering verder versterkt.

- Het actief beheren van de rivierbodem of het ophogen en terugbrengen van de rivierbodem naar een ligging uit het verleden werkt positief door op laagwaterstanden. Bodemhandhaving levert een relatieve verhoging van laagwaterstanden (dus functiewinst) op, maar in combinatie met klimaatveranderingen nemen de laagwaterstanden in absolute zin af.
- Het teniet doen bodemontwikkeling uit het verleden levert een verhoging van de hoogwaterstanden en vraagt om compensatie van het hoogwatereffect. Klimaatverandering zorgt ook voor een verhoging van hoogwaterstanden. Het actief rivierbodembeheer i.c.m. het klimaateffect levert een verhoging van de hoogwaterstanden.

4 Beleidsopties Afvoercapaciteit

Hieronder wordt inzichtelijk gemaakt welke potentiële beleidsopties te onderscheiden zijn m.b.t. de strategische beleidskeuze omtrent extra afvoercapaciteit: principeopties voor behoud en versterking van afvoercapaciteit, en met wat dat zou vragen aan te realiseren waterstandsaling.

In de QuickScan afvoercapaciteit is voor de gehele Rijn in beeld gebracht welke vraag naar extra afvoercapaciteit er is voor het zichtjaar 2050 (welke initiatieven, plannen en ontwikkelingen vragen om vergroting van afvoercapaciteit?) en welke aanbod gecreëerd kan worden (hoe kunnen we dat realiseren?). In onderstaande onderdelen zijn de belangrijkste resultaten uit de QuickScan Afvoercapaciteit gesommeerd. Nadere details zijn in de QuickScan zelf terug te lezen.

Vraag naar extra afvoercapaciteit

De vraag naar extra afvoercapaciteit is vertaald naar waterstandseffecten en komt voort uit de volgende onderdelen:

Waterveiligheid: Relevante aspecten voor het bepalen van de vraag voor afvoercapaciteit voor deze categorie zijn:

- Klimaatopgave¹: Waterstandeffect voortkomend uit verhoogde afvoeren als gevolg van klimaatverandering.
- Buitendijks versterken: Opstuwing veroorzaakt door het buitenwaarts versterken van dijktrajecten.
- Kwetsbare of waardevolle dijktrajecten: op verschillende plekken is de wens om deze specifieke plekken te ontzien van dijkverhogingen. Deze categorie is opgebouwd uit de normopgave 2015 en de klimaatopgave en bevat daarmee de volledige hoogteopgave uit het HWBP voor die trajecten.

N.b. de hoogteopgave voortvloeiend uit de normering, buiten de kwetsbare dijktrajecten, is dus niet opgenomen. Deze vormt onderdeel van het HWBP.

Natuurontwikkelingen: Betreft de vraag ter compensatie van waterstandseffecten door verruwing binnen natuurontwikkeling i.h.k.v.:

- Natura2000 (N2000)
- Natuurnetwerk Nederland (NNN)
- Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW)

N.b. KRW Kaderrichtlijn water is niet meegenomen in deze Quicksan, omdat hiervan is uitgegaan dat deze waterstandsneutraal worden gerealiseerd.

¹ Het effect van klimaatverandering op hoogwaterstanden wijkt hier af van de inschatting in paragraaf 3. Dit komt doordat bij het specificeren van de vraag naar afvoercapaciteit t.b.v. klimaatverandering alleen gekeken is naar de traject-onderdelen die nog niet op het niveau van een verkenning zijn uitgewerkt in de programmering van het hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP, d.d. oktober 2020. Voor de reeds geprogrammeerde dijkversterkingsprojecten in het HWBP is de klimaatvraag op nul gezet. Het uitgangspunt is dat het HWBP op die trajecten de dijken zodanig versterkt dat ze voldoen aan de nieuwe waterveiligheidsnormen en de toekomstige klimaatverandering op kunnen vangen. Dit is in paragraaf 3 niet nader gespecificeerd en dient in het vervolg van IRM nader uitgewerkt te worden.

Nieuw rivierbodembeleid: Betreft de vraag om het effect van mogelijk nieuw beleid voor rivierbodembeleid. Voor dit aspect is het effect op hoogwaterstanden als de rivierbodem van 20 jaar terug wordt hersteld en gehandhaafd als uitgangspunt genomen.

Gebiedsontwikkelingen: Betreft de vraag om lokale en regionale initiatieven en ontwikkelingen met een mogelijk waterstandverhogend effect te compenseren.

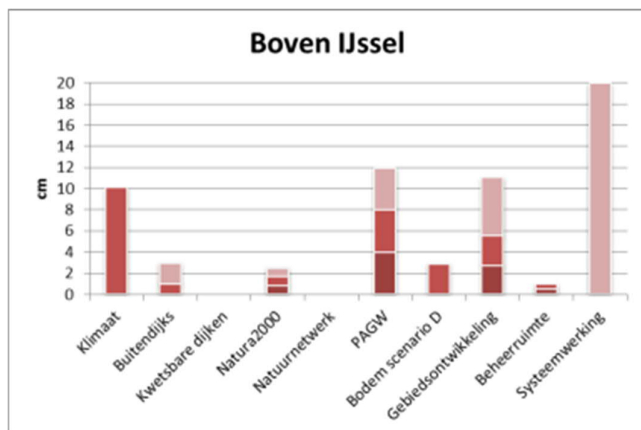
Beheerruimte: Betreft een marge of robuustheidstoelag voor de rivierbeheerder, zodat hij in geval van (tijdelijke) beperkte veranderingen in het riviersysteem en daarbij gepaarde waterstandseffecten als gevolg van natuurlijke processen (morfologische en/of vegetatie ontwikkelingen) en menselijke ingrepen niet direct hoeft in te grijpen.

Rivierkundige systeemwerking: Betreft effecten die voortkomen uit keuzes ten aanzien van de inrichting van het riviersysteem en eisen en wensen aan die inrichting vanwege effecten die in het gehele Nederlandse riviersysteem spelen. Voor de Rijn gaat het om vragen vanuit de hoogwater afvoerverdeling over de Rijntakken en de beheersing van die afvoerverdeling.

Resultaten

Figuur 2 geeft de trajectgemiddelde waarden per aspect. Zo kan eenvoudig worden afgelezen uit welke aspecten de belangrijkste vragen op dit traject naar voren komen. Voor de Boven IJssel komen uit klimaat, PAGW, gebiedsontwikkeling en systeemwerking de belangrijkste vragen voort. Indien beschikbaar, zijn ook de minimale en maximale vraag in beeld gebracht.

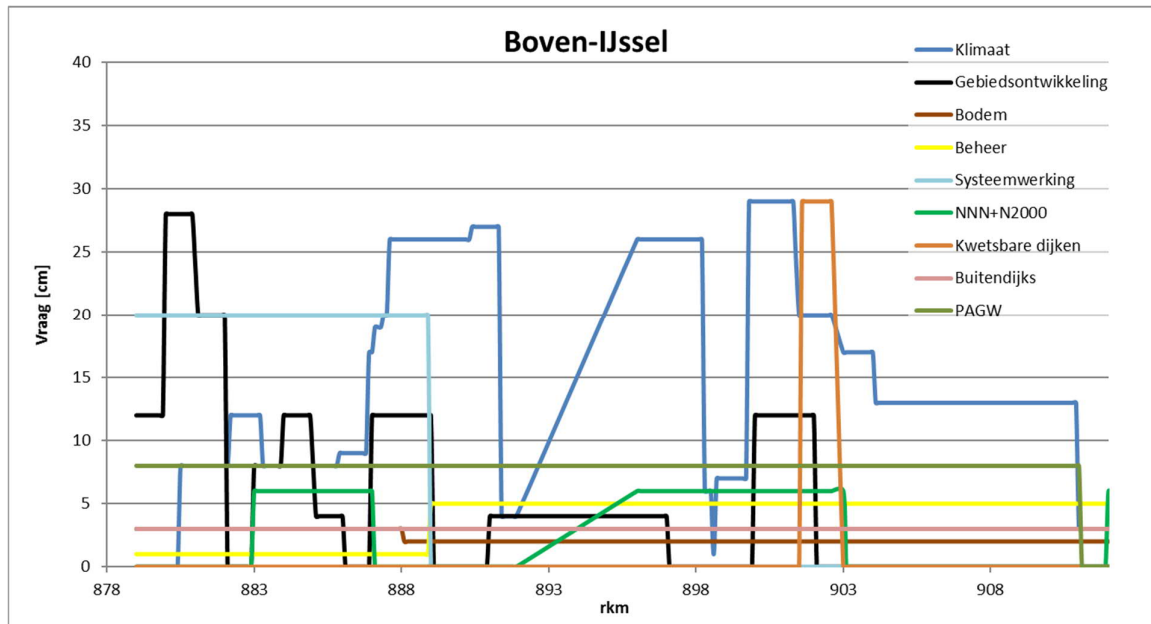
De vraag naar extra afvoercapaciteit is onzeker. Daarom zijn voor een aantal aspecten door deskundigen inschattingen gedaan van de onzekerheid in de vraag, resulterend in een minimale, een gemiddelde en maximale vraag. Voor de overige aspecten is slechts 1 waarde beschikbaar.



Figuur 2. De afzonderlijke vragen naar waterstandsdeling: indicatie van de onzekerheid in de trajectgemiddelde vraag: naast een basisinschatting is door deskundigen een lagere (donker) en hogere (licht) inschatting gegeven.

Het ruimtelijk verloop van de vraag voor de verschillende categorieën is weergegeven in figuur 3.

De vraag is over het gehele traject aanzienlijk. Opvallend is dat verschillende categorieën de grootste vraag bepalen. Zo is rond rivierkilometer 880 sprake van een grote gebiedsontwikkeling. Aansluitend volgt een grote vraag vanuit systeemwerking. Daarna leveren klimaat en op rivierkilometer 902 het ontzien van een kwetsbare dijk de grootste vraag.



Figuur 3. De ruimtelijke variatie van de afzonderlijke vragen naar waterstandsvaling

afvoer- en bergingscapaciteit tot omvangrijke uitbreiding ervan. Bij behoud wordt extra te realiseren verruiming ingezet voor om rivierfuncties en –ontwikkelingen anders dan waterveiligheid mogelijk te maken, bij uitbreiding komt een deel van de te realiseren verruiming ten goede aan werkelijke vergroting van afvoer- en bergingscapaciteit. Hieronder worden de beleidsopties verder beschreven.

I – Behoud van afvoercapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie I wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten van programma's en ontwikkelingen in het kader van bestaand beleid en/of reeds gemaakte keuzes voor riviergebonden functies binnen IRM te compenseren. Die effecten worden op dit moment conform de Beleidslijn Grote Rivieren binnen elk project/programma afzonderlijk gecompenseerd. Hiermee wordt de huidige afvoercapaciteit behouden, waterstandsvaling wordt ingezet als compensatie voor vermindering van de afvoercapaciteit. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Natuurontwikkeling vanuit Natura 2000 en Natuurnetwerk;
- Gebiedsontwikkelingen conform huidig beleid.

II - Uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie II wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten vanuit huidige beleid en vanuit programma's en ontwikkelingen binnen nog te formuleren en vast te stellen beleidsontwikkelingen binnen IRM te compenseren. Hiermee wordt waterstandsvaling niet alleen ingezet als compensatie voor verlies aan afvoercapaciteit, maar wordt de afvoercapaciteit ook vergroot doordat het elementen bevat die bijdragen aan waterveiligheid en daarmee in potentie de HWBP-opgave kunnen verminderen². Dit betreft het ontzien van kwetsbare en bijzondere dijktrajecten indien aanwezig in het specifieke traject, en opgaven vanuit de werking van het riviersysteem. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

² Volledige invulling van de hoogwaterveiligheidsopgave via rivierverruiming is niet in de beleidsopties opgenomen. Dit is een uitvloeisel van eerdere MKBA-analyses in LTAR-tijd.

- Buitendijks versterken vanuit HWBP;
- Natuurontwikkeling vanuit PAGW;
- Nieuw beleid voor ligging en beheer van de rivierbodem;
- Beheerruimte of robuustheidstoeslag;
- Gebiedsontwikkelingen waarvoor nog geen beleid is vastgesteld;
- Opgaven vanuit de werking van het riviersysteem: de instelling en beheersing van de afvoerverdeling op de Rijntakken.

III Omvangrijke uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken en de klimaatopgave met rivierverruiming trotseren

Met principeoptie III wordt naast rivierverruiming ook ingezet op het opvangen van de klimaatopgave via een aanzienlijke uitbreiding van de afvoercapaciteit. We onderscheiden binnen deze principeoptie twee varianten:

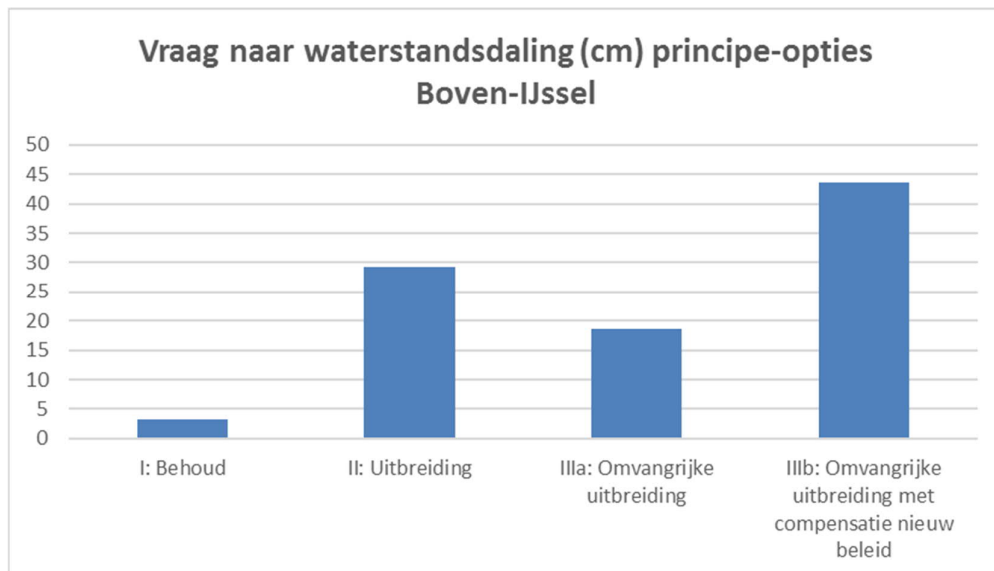
- IIIa: Opgaven vanuit bestaand beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder I)
- IIIb: Opgaven vanuit bestaand en nieuw beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder II).

Totaalbeeld principeopties Afvoercapaciteit

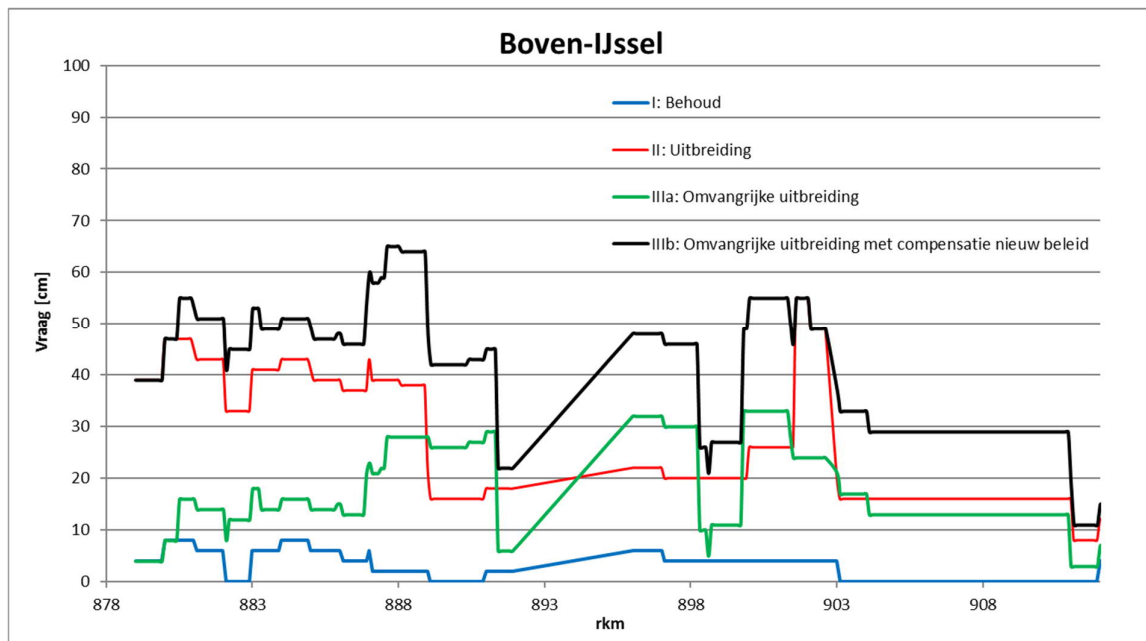
Onderstaande tabel en figuren laten zien wat de te realiseren waterstandsddaling zou zijn binnen de verschillende principeopties, als trajectgemiddelde waarden, alsmede de ruimtelijke variatie.

Tabel 4 *Principeopties afvoercapaciteit, benodigde cm's waterstandsddaling*

Riviertraject Boven-IJssel	Principeopties (cm)			
	I	II	IIIa	IIIb
Trajectgemiddeld	3	29	19	44
Minimum	0	8	3	11
Maximum	8	55	33	64



Figuur 4. Benodigde cm's waterstandsddaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit



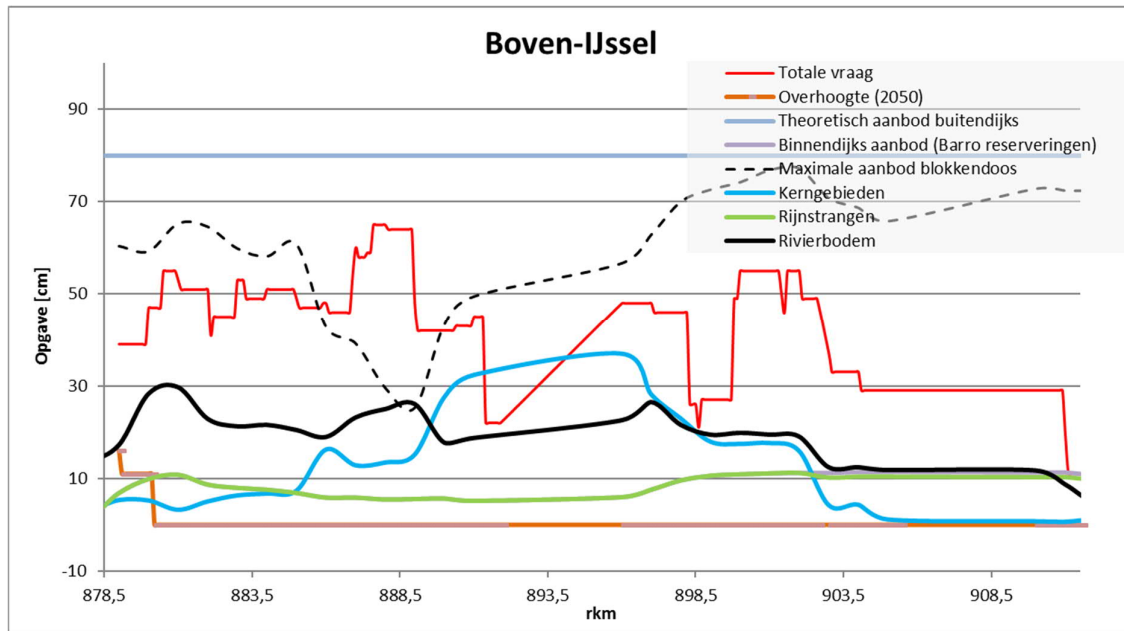
Figuur 5. Ruimtelijke variatie van de benodigde cm's waterstandsraling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit

Het aanbod van afvoercapaciteit

Er is een globaal overzicht gemaakt van het mogelijke te creëren aanbod aan extra afvoercapaciteit in het rivierensysteem. Dit is gedaan op basis van een theoretische beschouwing van principe-maatregelen en eerder uitgevoerde verkenningen in het kader van het Deltaprogramma waarin binnendijkse en buitendijkse rivierverruimende maatregelen in beeld zijn gebracht. Dit resulteert in het volgende overzicht:

1. Afvoercapaciteit in het rivierensysteem die benut kan worden door de aanwezigheid van overhoogte in de dijken;
2. Afvoercapaciteit die maximaal (theoretisch) te realiseren met buitendijkse maatregelen. Dit is ingeschat op basis van een theoretische beschouwing, uitgaande van toepassing van een effectieve buitendijkse principe-maatregel voor rivierverruiming. Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
3. Afvoercapaciteit die te realiseren is door het inzetten van maatregelen in binnendijkse gebieden met een Barro reservering;
4. Afvoercapaciteit die te realiseren is met alle maatregelen die in het kader van het Deltaprogramma in beeld zijn gebracht en opgenomen zijn in de Blokkendoos (optelsom van combinatie van alle rivierverruimende maatregelen). Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
5. Afvoercapaciteit die te realiseren is met de maatregelpakketten die in het kader van het Deltaprogramma Rivieren zijn opgesteld (bestaande uit een combinatie van buitendijkse en binnendijkse ingrepen). Voor de Rijn zijn drie maatregelpakketten samengesteld: a. pakket Rijnstrangen, b. pakket Lint, en c. pakket Kerngebieden.

Onderstaand figuur toont de afvoercapaciteit die op basis van bovenstaande rubrieken te creëren is voor het traject Boven-IJssel. Daarnaast is de maximale totale vraag (principe optie IIIb) opgenomen om een eerste vergelijking te kunnen maken met de verschillende aanbod varianten.



Figuur 6. De totaalvraag naar extra afvoercapaciteit samen met het mogelijk te creëren extra aanbod aan afvoercapaciteit langs het traject.

De belangrijkste conclusies, die hieruit kunnen worden getrokken zijn:

1. Overhoogte is nauwelijks aanwezig en kan enkel in de eerste rivierkilometers van dit traject een bijdrage leveren aan het opvangen van de totale vraag;
2. Met de theoretische beschouwing is afgeleid dat middels grootschalige buitendijkse rivierverruimingsmaatregelen (bv. uiterwaardverlagingen) de gehele vraag ruimschoots kan worden opgevangen;
3. Barro reserveringen kunnen een bijdrage leveren in het opvangen van de totale vraag. Deze valt nagenoeg gelijk aan de lijn van Rijnstrangen;
4. Alle Blokkendoosmaatregelen tezamen in dit traject kunnen de totale vraag opvangen, op een beperkt gebied rond rivierkilometer 888 na. Hier zijn aanvullende maatregelen nodig.
5. Bestaande maatregelpakketten zijn onvoldoende om de vraag op te kunnen vangen en kunnen enkel een bijdrage leveren aan invulling van de totale vraag. Voor het pakket Kerngebieden geldt dat de vraag op een beperkt volledig opgevangen kan worden, rond rivierkilometer 890.

5 Combinatie van potentiële beleidsopties Rivierbodempligging en Afvoercapaciteit

De potentiële beleidsopties voor Rivierbodem en Afvoercapaciteit kunnen niet los van elkaar beschouwd worden. Dit hoofdstuk laat de onderlinge samenhang zien.

Rivierbodem --> afvoer- en bergingscapaciteit

Beleidsopties waarbij de erosie van de rivierbodem wordt stopgezet danwel de bodempligging omhoog wordt gebracht hebben invloed op de hoogwaterstanden. Binnen de huidige versterkingsopgave wordt een vaste bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt niet geanticipeerd op de bodemontwikkeling. Welke bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt, wordt bepaald per waterschap en kan verschillen per riviertraject. Een substantiële verhoging van het rivierbed kan effect hebben op de versterkingsopgave. De beleidsopties waarbij de bodem substantieel omhoog worden gebracht kunnen dus om extra afvoercapaciteit vragen. Het eroderen van de rivierbodem kan extra afvoercapaciteit creëren.

Met andere woorden, indien gekozen wordt voor rivierbodembeleid waarbij de rivierbodem 10 of 20 jaar terug wordt gebracht, wordt dit onderdeel van beleidsopties II en IIIb voor beleid t.a.v. afvoer- en bergingscapaciteit.

Afvoer- en bergingscapaciteit --> rivierbodem

De keuze voor de mate van te realiseren waterstandsdeling (m.a.w. de mate van rivierverruiming) kan ook een effect hebben op de bodem. Daar waar rivierverruiming plaatsvindt met maatregelen die zorgen voor een regelmatige afname van de afvoer door het zomerbed, verandert op lange termijn het evenwichtsprofiel van het zomerbed. Het zomerbed komt hier uiteindelijk omhoog. Hoe groter en meer rivierverruiming plaatsvindt, hoe meer dit bijdraagt aan het verminderen van bodemerosie.

Naast fysieke maatregelen is sedimentmanagement nodig om op korte termijn het gewenste bodemniveau te bereiken. Indien op korte termijn een bodempligging uit het verleden gehandhaafd gaat worden is een initiële suppletie noodzakelijk om deze verhoging op korte termijn te kunnen realiseren.

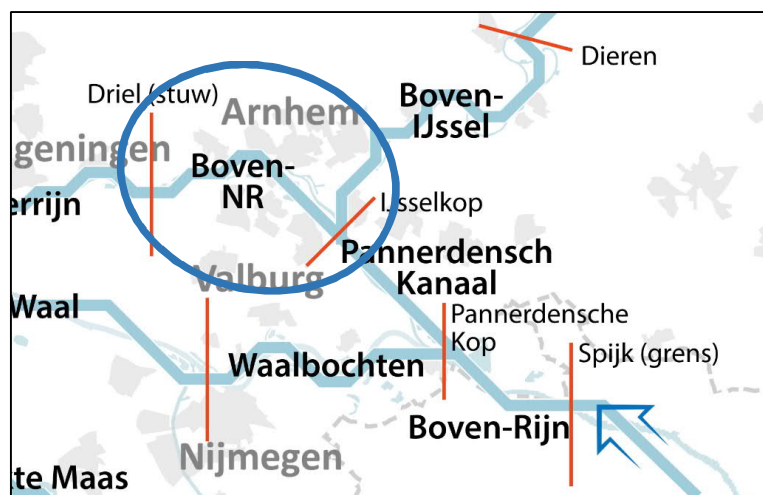
1 Ligging

Het traject Boven Nederrijn loopt van het splitsingspunt IJsselkop (km 878,5) bij Arnhem tot stuw Driel (km 891,5). Het traject is ongeveer 13 km lang en kenmerkt zich door flauwe rivierbochten. Het zomerbed wordt begrensd door kribben (deels aan één zijde). Bij de IJsselkop wordt de Boven Nederrijn aan weerszijden ingesnoerd door het stedelijke gebied van omgeving Arnhem.

Voor het sturen van de waterverdeling tijdens lage afvoeren zijn in de jaren zestig drie stuwen in de Nederrijn-Lek aangelegd: stuw Driel, Amerongen en Hagestein. De aanleg van de vizierstuwen maakte onderdeel uit van de Rijnkanalisatie. De stuw bij Driel in de Boven Nederrijn is van belang voor de laagwaterverdeling tussen de IJssel en de Nederrijn-Lek (en daarmee voor de zoetwatervoorziening van het IJsselmeer) en heeft een beperkt effect op de waterverdeling tussen de Waal en het Pannerdensch Kanaal.

De afvoerverdeling voor hoge afvoeren wordt geregeld via de 2 regelwerken in het Pannerdens kanaal en de IJsselkop. De stuwen zijn tijdens hoge afvoeren getrokken, maar zijn bij gemiddelde en lage afvoeren operationeel. De instellingen ervan zijn afhankelijk van de gemeten waterstand bij Lobith en vinden plaats conform een vastgesteld stuwprogramma. Uitgangspunt voor de waterverdeling bij lage afvoeren is dat zo lang mogelijk 285 m³/s Rijnwater naar de IJssel stroomt en altijd 25 m³/s voor de Nederrijn-Lek overblijft. Met de ingebruikname van de vistrap bij de stuw bij Driel in 2001 is rekening gehouden met 5 m³/s extra die via de vistrap afstroomt. Sinds die tijd wordt in het stuwprogramma rekening gehouden met een minimale afvoer van 30 m³/s naar de Nederrijn-Lek.

Door de bodemerosie in de bovenloop van de Rijn, gaat bij gelijke signaalwaterstand meer water langs Lobith. Bij de signaleringswaarde voor het sluiten van de stuw hoort nu een hogere afvoer dan oorspronkelijk rekening is gehouden. Met het vaker voorkomen van lage rivierafvoeren staat de stuw bij Driel eerder én langduriger dicht. Dit beïnvloedt het stromend karakter van de Nederrijn-Lek, zorgt voor toenemende aanzanding bovenstrooms van de stuw en maakt het moeilijker om de afvoerverdeling te sturen.



Figuur 1 Ligging van Boven Nederrijn

2 Blik op het traject

Dit hoofdstuk bevat een beknopte beschrijving van de riviergebonden functies van dit traject. Het beschrijft de essentie van wat er speelt m.b.t. waterveiligheid, bevaarbaarheid, waterbeschikbaarheid, natuur & waterkwaliteit. Dit betreft geen uitgebreide beschrijving van de opgaven. Een uitgebreid beeld op de rivieren met de opgave volgt in het Beeld op de Rivieren dat in het kader IRM wordt ontwikkeld.

Na de essentie van wat er speelt, volgt een beschrijving van de bodemontwikkelingen en de veranderingen in klimaat, de invloed hiervan op de toestand van de rivier (rivierbodemplugging, hoog- & laagwaterstanden), en de doorwerking op de riviergebonden functies.

2.1 Wat speelt er met betrekking tot de riviergebonden functies?

Hoogwaterveiligheid

Uiterwaarden dragen bij aan waterveiligheid door waterafvoer te faciliteren, dijken beschermen dit gebied tegen overstromingen. Door een aantal maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier, Stroomlijn, KRW en NURG is de afvoercapaciteit vergroot. Zo zijn o.a. de projecten Dijkverbetering Arnhemse- en Velpsebroek, Uiterwaardvergraving Meinerswijk, spoorbrug Oosterbeek en Bakenhof uitgevoerd. In het gebied Stadsblokken-Meinerswijk loopt de planvorming voor een particulier initiatief met o.a. woningbouw en bijbehorende netto rivierverruiming. Rivierverruiming op dit deel van de rivier beïnvloedt de afvoerverdeling tussen de IJssel en de Nederrijn.

De primaire waterkeringen in dit traject voldoen niet aan de geldende norm voor waterveiligheid en zullen versterkt moeten worden. De maximaal toelaatbare overstromingskans aan de zuidzijde is 1/10.000^{ste} per jaar. Aan de noordzijde bij Arnhem is de maximaal toelaatbare overstromingskans 1/1.000^{ste} per jaar. Vanaf Arnhem (km 885) bieden hoger gelegen gronden bescherming tegen overstromingen. Om aan de normen te voldoen zijn vooral dijkversterkingen en in mindere mate ook dijkverhogingen voorzien. De verbetering van de dijken aan de zuidzijde zijn voor 2028 opgenomen in de HWBP programmering. De dijken aan de noordzijde zijn later aan de beurt (2035-2050). Verwacht wordt dat een deel van de dijkversterking buitenwaarts zal gebeuren (in de richting van de uiterwaarden). Een deel van de dijkversterkingen (o.a. bij Arnhem) is vanwege landschappelijke inpassing en/of cultuurhistorische waarden aangemerkt als complex en moeilijk inpasbaar.

Op het noordelijk traject tussen Arnhem en de stuw bij Driel liggen geen dijken en bieden hoge gronden bescherming tegen hoogwater. Door de nieuwe strengere normen van de aangrenzende dijken kan de hoge grondenlijn opschuiven. Omdat het maaiveld achter de hoge grondenlijn sterk oploopt zal de verschuiving in dit traject marginaal zijn.

Naar verwachting zal IenW in 2021 een besluit nemen m.b.t. de herijking van het beleidsuitgangspunt afvoerverdeling Rijntakken bij hoogwater. De herijking gaat over de vraag hoe de in beleid vastgelegde afvoerverdeling bij hoogwater in praktijk vorm krijgt. Hierbij is het uitgangspunt de beleidsafspraken dat de Lek boven een Rijnafoer van 16.000 m³/s bij Lobith wordt ontzien. Onderdeel van het realiseren van de beleidsmatig afgesproken afvoerverdeling is de instelling van de regelwerken op de splitsingspunten. Afhankelijk van de gekozen afvoerverdeling

en bijbehorende instelling van de regelwerken kan dit een verhoging of verlaging van de hoogwaterstanden langs de gehele Nederrijn & Lek betekenen (t.o.v. de hydraulische belasting in het OntwerpInstrumentarium van het HWBP). Bij instelling van de regelwerken op een Rijnafvoer van 18.000 m³/s nemen de hoogwaterstanden langs de Nederrijn & Lek bij een Rijn-afvoer 16.000 m³/s met ongeveer 35 cm af (Lek wordt dan maximaal ontzien). Dit is vergeleken met de waterstanden op de Waal bij een afvoer van 16.000 m³/s en de instelling van de regelwerken op 16.000 m³/s (de huidige situatie).

Binnen IRM wordt voorsnog de huidige beleidsmatige hoogwater afvoerverdeling met bij behorende instellingen van de regelwerken als uitgangspunt gehanteerd.

De beleidsmatig gekozen afvoerverdeling, en de inrichting van het rivierbed in de nabijheid van de splitsingspunten, heeft invloed op het regelbereik van de regelwerken. Regelbereik is nodig om in te kunnen spelen op dynamiek in het systeem, en tussentijdse effecten door de gefaseerde uitvoering van maatregelen tijdelijk te kunnen compenseren. Wanneer de regelwerken in de uitgangssituatie helemaal open of helemaal dicht staan kan slechts één kant op geregeld worden, en is er dus onvoldoende regelbereik. In ideale omstandigheden staan de regelwerken in de middenstand en kan Rijkswaterstaat als watersysteembeheerder de afvoerverdeling in twee richtingen maximaal bijregelen.

Op een aantal locaties wordt de Boven Nederrijn ingesnoerd. Dit zijn lokale hydraulische knelpunten in het systeem die ook wel lokale flessenhalzen worden genoemd. Het gaat om de locaties ter plaatse van km 881 (bij Arnhem) en km 888 (spoorbrug bij Oosterbeek). Behoud van ruimte is bij de ruimtelijke inrichting en ontwikkeling van het riviersysteem is een blijvend aandachtspunt.

Het doorgroeien en uitbreiden van begroeiing in het rivierbed kan leiden tot te hoge hoogwaterstanden. Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwning van begroeiing) is toegestaan. De Vegetatielegger is onderdeel van de Legger Rijkswaterstaatswerken. De Waterwet regelt de leggerplicht van alle waterstaatswerken. In de vorm van overzichtskaarten en regels zijn normen gespecificeerd voor vegetatie in het rivierbed ten behoeve van hoogwaterveiligheid en waterkwaliteit.

Bevaarbaarheid

De Nederrijn & Lek spelen ook een belangrijke rol voor de scheepvaart. De Lek van het Lekkanaal bij Nieuwegein tot aan Schoonhoven wordt het meest intensief gebruikt door de scheepvaart. Het traject tussen het Lekkanaal bij Nieuwegein en het Amsterdam-Rijnkanaal bij Wijk bij Duurstede is het minst bevaren gedeelte. Dit komt doordat het scheepvaartverkeer vanuit Rotterdam naar Amsterdam afslaat bij Nieuwegein naar het Lekkanaal en het scheepvaartverkeer vanuit het oosten naar Amsterdam afslaat bij Wijk bij Duurstede naar het Amsterdam-Rijnkanaal. Het bovenstroomse traject van IJsselkop tot Wijk bij Duurstede (hier valt de Boven Nederrijn in) is weer wat drukker. Vrijwel de gehele Nederrijn & Lek traject tussen IJsselkop en de Beatrixsluizen ter plaatse van het Lekkanaal bij Nieuwegein (km 950) is voor de recreatievaart van belang. De (nieuwe) haven van Arnhem is een belangrijke overslaglocatie voor brandstof.

Tussen de IJsselkop en Arnhem (km 883) zijn er problemen met de bevaarbaarheid door een tekort aan vaarwegdiepte bij laagwater. Op het traject tot aan de stuw bij Driel vindt aanzanding plaats. Dit komt door de stuwwerking, de teruglegging van de lage Rijnkade in Arnhem i.c.m. de aanleg van een nevengeul in de Bakenhof en de situering van de Nederrijn in de binnenbocht van het splitsingspunt waardoor de Nederrijn het grootste deel van het doorgaande sediment vanuit het Pannerdensch kanaal ontvangt.

Dieptebeperkingen resulteren in een lagere beladingsgraad op deze trajecten, een toename van brandstofkosten als gevolg van verminderde kielspeling (en meer weerstand), en daarmee een toename van de transportkosten. Stroomopwaarts van Stuw Driel wordt als gevolg van de aanzanding flink gebaggerd om de vaargeul op diepte te houden.

Bij Arnhem (km 882) ligt een gasleiding onder de rivier. Ter plaatse van deze leiding mag niet gebaggerd worden, waardoor ook hier een drempel ontstaat in het riviersysteem die extra ondieptes vormen voor de scheepvaart.

Recent is het stuw- en schutsluiscomplex bij Driel grootschalige gerenoveerd en zijn twee vizierschuiven vervangen.

Bij meerdere bruggen is de doorvaarthoogte bij hoogwater onvoldoende. Dit speelt bij Arnhem (John Frost brug) en Oosterbeek (spoorbrug). Naar verwachting wordt het tekort aan doorvaarthoogte pas aangepakt als deze vervangen of gerenoveerd gaan worden. Dit is geen opgave in het kader van het programma Integraal Riviermanagement.

Natuur en waterkwaliteit

Op het gebied van natuur is er een reeks aan opgaven: behoudsopgaven van reeds bestaande natuur en opgaven volgend uit bestaand en nieuw, nog te ontwikkelen beleid. Er zijn vanuit nationale en regionale natuurbeheerplannen (NNN) en Europees beleid (Natura 2000) (beide bestaand beleid) ontwikkelopgaven voor boskernen en andere habitats. Ook is er een waterkwaliteitsopgave vanuit de KRW (macrofauna en vis en waterplanten).

Aanvullend op het bestaand beleid, wordt ook nieuw natuurbeleid uitgewerkt. Het traject kent een ontwikkelopgave in het kader van de Programmatiese Aanpak Grote Wateren (PAGW). Deze ontwikkelopgave maakt integraal deel uit van de opgave IRM. De PAGW werkt aan plannen voor een robuust riviersysteem passend bij het systeem (gegeven klimaatverandering, economische ontwikkelingen en ecologische knelpunten). Bij toekomstige natuurontwikkeling zal in het bijzonder gekeken worden naar de ontwikkeling van een viertal hotspots en naar het verbinden van deze grote natuurgebieden langs de rivier via de corridors. In de corridor tussen de hotspots liggen afwisselend grote en kleine stapstenen met geschikt leefgebied voor de gidssoorten. Er komt focus te liggen op het verbinden van natuurdoelen van de diverse programma's (één natuurdoelstelling in rivierbed).

Het gebied Gelderse Poort (waar het traject van Boven Nederrijn zich volledig in bevindt) is als hotspot aangemerkt.

Het beheer van natuur langs de Boven Nederrijn bestaat uit het beheer van de begroeiing in het rivierbed en het sedimentbeheer in zowel uiterwaarden als in natuurvriendelijke oevertrajecten.

Hierbij wordt zo veel mogelijk ruimte gegeven aan natuurlijke processen en het verkrijgen van leefgebieden voor bij het riviersysteem passende planten en dieren. De vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwing van begroeiing) is toegestaan. Het is voor de natuur relevant dat daarbij in voldoende ontwikkelbeheerruimte wordt voorzien, waarmee de natuur ruimte krijgt om zich op natuurlijke wijze te ontwikkelen.

Naast de relatie met hoogwaterveiligheid hebben ook scheepvaart en natuur een onderlinge relatie. Scheepvaart vervult een belangrijke rol op dit traject en heeft middels schroefwerking en golfslag direct effect op natuur.

Zoetwaterbeschikbaarheid

Voor zoetwaterbeschikbaarheid is de watervoorziening van het IJsselmeer – de belangrijkste zoetwaterbuffer in het landelijke hoofdwatersysteem – van groot belang. De afgelopen decennia is de verdeling van water vanuit de Bovenrijn over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig eroderen van de rivierbodembodem in de Rijntakken geleidelijk veranderd. Het zomerbed in de Boven-Waal erodeert sneller dan de bodem in de andere riviertakken in het bovenstrooms deel van de Rijntakken. Hierdoor trekt de Waal steeds meer afvoer, ten koste van de afvoer van water naar de IJssel. De stuurbaarheid van rivierwater over de splitsingspunten en de toevoer van water richting strategische zoetwatervoorraden (o.a. het IJsselmeer als belangrijke buffer) is daarom aandachtspunt binnen DP Zoetwater.

Het doel is om bij laagwaterafvoeren minimaal 30 m³/s naar de Nederrijn & Lek te sturen. Het regelbereik van stuw Driel om dat te bewerkstelligen is echter beperkt: alleen bij Bovenrijn-afvoeren tussen de 1.200 en 3.500 m³/s kan de rivierafvoer bij Driel gestuurd worden via de cilinderschuif. Het debiet kan bij een gesloten stuw worden gereguleerd. Bij situaties waarin de Rijnafvoer kleiner is dan 1.200 m³/s, wordt het sturen van de afvoerverdeling moeilijker. In dat geval is het niveau van de drempel bij stuw Driel beperkend: het verschil in waterstand boven- en benedenstrooms van de stuw neemt bij lagere afvoeren af en is dan te beperkt om het gewenste debiet via de cilinderschuif langs de stuw te krijgen. Er wordt dan via alternatieve wegen zoveel mogelijk vastgehouden aan de afvoer van 30 m³/s naar de Nederrijn & Lek, bijvoorbeeld door afvoer via de vispassage en schutssluisen naar de Nederrijn & Lek te loodsen of uiteindelijk door de vizierschuiven te openen.

2.2 Bodemontwikkeling en klimaatverandering en hun effect op de rivier

Een aantal omgevingsveranderingen beïnvloedt de toestand van de rivier. Het betreft de grootschalige rivierbodemontwikkeling en klimaatverandering. De veranderingen beïnvloeden de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier en hebben daardoor ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Bodemontwikkeling en het effect op de rivier

De Boven Nederrijn is een gestuwd riviertraject. Waarnemingen laten zien dat de rivierbodembodem in dit traject in de afgelopen tientallen jaren geërodeerd is met een snelheid van 0,1 cm per jaar.

Deze trends is sterk beïnvloed door menselijk ingrijpen. Op het traject tot aan de stuw bij Driel vindt namelijk flinke aanzanding plaats. Dit komt door de stuwwerking, de teruglegging van de lage Rijnkade in Arnhem i.c.m. de aanleg van een nevengeul in de Bakenhof en de situering van de

Nederrijn in de binnenbocht van het splitsingspunt waardoor de Nederrijn een relatief groter deel van het sediment krijgt vanuit het Pannerdensch kanaal. Stroomopwaarts van Stuw Driel wordt als gevolg van de aanzanding flink gebaggerd om de vaargeul op diepte te houden. Het sediment wordt benedenstrooms van de stuw weer teruggestort. Dit baggerwerk is duidelijk zichtbaar in de waargenomen trend: door de sedimentonttrekkingen resulteert de aanzandende trend in een lichte erosie en daardoor in de waarnemingen zelfs tot een lichte daling van het zomerbed.

De stuwwerking van de stuw bij Driel is een belangrijke oorzaak van de aanzanding op de bovenloop van de Boven Nederrijn. Door de bodemerosie uit het verleden wordt die waterstand vaker overschreden en treedt de stuw vaker en langduriger in werking. Dit beïnvloedt het stromend karakter van de Nederrijn-Lek, zorgt voor toenemende aanzanding bovenstrooms van de stuw en maakt het moeilijker om de afvoerverdeling bij laag water te sturen.

Tot op heden wordt het materiaal dat vrij kwam uit baggerwerk in het bovenstroomse deel van de Nederrijn, stroomafwaarts van stuw Driel gestort in de Midden Nederrijn. In het nieuwe baggercontract van Rijkswaterstaat (PC-NAT 2021-2031) zal het materiaal bovenstrooms van de IJsselkop in het Pannerdensch kanaal worden teruggestort. Verwacht wordt dat ongeveer de helft in de Boven-IJssel terecht komt. Dat kan de erosie van de Boven-IJssel tegengaan en daarmee voorkomen dat er relatief steeds meer van het water vanuit het Pannerdensch Kanaal naar de Boven-IJssel gaat. Het effect van deze maatregelen is niet meegenomen in de trend van deze riviertrajecten, maar kan dit wel op termijn beïnvloeden.

Het steeds verder eroderen van de Boven-IJssel trekt op termijn ook de afvoerverdeling bij hoogwater scheef: het regelwerk bij Hondsbroeksche Pleij op de IJsselkop is in de huidige situatie gesloten en kan niet verder dicht om het scheeftrekken te compenseren. Als het regelwerk wordt ingesteld op een afvoer van 18.000 m³/s kan het wel ingezet worden om het effect te corrigeren.

Op het bovenstroomse traject tot aan Driel zal ook in de toekomst intensief sedimentbeheer plaatsvinden. Uitgaande van de gemonitorde trend van de afgelopen jaren wordt rekening gehouden met een bodemtrend van 0,1 cm per jaar.

Net als op de overige Rijntakken heeft de geleidelijke wijziging van de afvoerverdeling over de Rijntakken op de splitsingspunten bij laagwater ook effect op de laagwaterafvoer van de Nederrijn. Het is onduidelijk hoeveel dit is, daarom wordt nu aangenomen dat de laagwaterafvoer op de Nederrijn blijft gelijk en verandert niet. Doordat de Waalbodembodem sneller zakt dan de rivierbodembodem op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Dit gaat ten koste van de laagwaterafvoer op het Pannerdensch Kanaal en de IJssel: op beide takken reduceert de laagwaterafvoer met 40 m³/s. Vanwege de gehanteerde minimale doorstroom van 30m³/s naar de Lek wordt aangenomen dat de laagwaterafvoer op de Nederrijn niet verandert en blijft gelijk.

Onderstaande tabel geeft de invloed van de lichte bodemerosie (zonder actief ingrijpen) op de toestand van de rivier in 2050:

	Rivierbodempligging	Hoogwaterstand	Laagwaterstand
Niet actief ingrijpen tot 2050	3 cm	-1 cm	3 cm

Tabel 1 Effect op toestand van de rivier in 2050 zonder nieuw bodembeleid

- Rivierbodempligging** De bodem van het zomerbed van de Boven Nederrijn ligt in 2050 3 cm lager. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van -0,1 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.
- Hoogwaterstand** Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert.
De hoogwaterstanden zakken met de rivierbodem mee. Op basis van een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Boven-Nederrijn resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 30%. Een daling van het zomerbed met 3 cm betekent hierdoor een daling van hoogwaterstanden met 1 cm.
- Laagwaterstand** De laagwaterstanden zakken 1-op-1 met de rivierbodem mee, al het water staat immers in het zomerbed. De laagwaterstanden dalen hierdoor dus met 3 cm.

Aangezien er geen grote veranderingen in de bodempligging en op de hoog- en laagwaterstanden van de rivier verwacht worden, zijn er ook geen nieuwe effecten te verwachten op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Klimaatverandering en effect op de toestand van de rivier

De effecten van klimaatverandering zijn veelzijdig. Klimaatverandering heeft onder andere effect op de hoge en lage rivierafvoeren. Verwacht wordt dat extreme lage en hoge rivierafvoeren vaker voorkomen en langduriger aanhouden. Op basis van de meest extreme klimaatscenario's van het KNMI zijn de effecten op hoog- en laagwaterstanden voor de Boven Nederrijn in beeld gebracht. Voor laagwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het droge KNMI'14 scenario - Wh-dry. Voor hoogwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het KNMI'06 - W+. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de waterstandeffecten tot 2050.

Beleidsmatig is vastgesteld dat de hoogwater-afvoerverdeling instant blijft en de Lek wordt ontzien. Uitgangspunt is dat klimaatverandering daarmee geen effecten heeft op de hoogwaterstanden in de Nederrijn-Lek.

	waterstand in 2050 door klimaatverandering
Effect op laagwaterstanden	- 40 cm
Effect op hoogwaterstanden	0 cm

Tabel 2 Effect op waterstanden in 2050 door klimaatverandering

3 Beleidsopties rivierbodembodem Rijn

Hieronder volgt een overzicht van potentiële beleidsopties en de implicaties voor de Boven Nederrijn. De potentiële beleidsopties zijn generiek voor alle riviertrajecten en gaan in op het herstel van de van de sedimenthuishouding en beheer van de rivierbodempligging. Een uitgebreide probleemanalyse in de PlanMER moet meer inzicht geven in de effecten van veranderingen in het systeem met en zonder ingrijpen, inclusief de revenuen van actief ingrijpen.

Het effect van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 is kort beschreven en in context geplaatst met de effecten van klimaatverandering. Tabel 3 toont de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050: bodempligging, hoog- en laagwaterstanden. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bodemtrend is -0,1 cm per jaar.
- De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodembodem mee. Op basis van een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Nederrijn resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 30%.
- De laagwaterstanden veranderen 1-op-1 met de rivierbodembodem mee, al het water staat dan immers in het zomerbed.
- Net als op de overige Rijntakken heeft de geleidelijke wijziging van de afvoerverdeling over de Rijntakken op de splitsingspunten bij laagwater ook effect op de laagwaterafvoer van de Nederrijn. Het is onduidelijk hoeveel dit is, daarom wordt nu aangenomen dat de laagwaterafvoer op de Nederrijn blijft gelijk en verandert niet.
- Bij de effecten per beleidsoptie gaan ervan uit dat de bovenstrooms en benedenstrooms gelegen trajecten dezelfde beleidsoptie van toepassing is.

Potentiële beleidsopties

A – Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk

In de basisreferentie wordt huidig beleid en beheer gecontinueerd en op de Boven Nederrijn niet actief ingrijpen op de sedimenthuishouding en de rivierbodembodemontwikkelingen.

- Bodemtrend is -0,1 cm per jaar.
- Het nieuwe sedimentbeheer t.a.v. baggeren en terugstorten is hier niet in meegenomen.
- Geen beleid t.a.v. bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport of het beperken of stoppen van grootschalige bodemerrosie.
- Beheer en onderhoud verandert niet en blijft gericht op het lokaal verhelpen problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid.

In hoofdstuk 2 staat beschreven welke invloed dit heeft op de bodempligging, hoogwaterstand en laagwaterstand in 2050.

B - Herstel sedimenthuishouding ter ondersteuning van rivierbodempligging

Deze beleidsoptie richt zich op het herstel van de sedimenthuishouding. Dit kan door netto sedimentonttrekking uit het zomerbed niet meer toe te staan en het bevorderen van het (doorgaand) sedimenttransport. Er wordt geen sediment toegevoegd en niet actief gestuurd op een specifieke rivierbodempligging. De beleidsoptie draagt bij aan herstel van de sedimenthuishouding.

- De bodemtrend zal naar verwachting kleiner of stabiel worden. In welke mate dit gebeurt is niet duidelijk.
- Niet gericht op het nastreven van een specifieke rivierbodempligging.

- Dit kan gerealiseerd worden door behoud van sediment in het zomerbed van dit traject, en bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport. En is vergelijkbaar met het nieuwe sedimentbeheer t.a.v. baggeren en terugstorten.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Boven-Nederrijn ligt in 2050 tussen 0 en 3 cm lager. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van maximaal -0,1 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert. De hoogwaterstanden zakken met de rivierbodem mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Boven-Nederrijn resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 30%. Een daling van het zomerbed tussen 0 - 3 cm betekent hierdoor een daling van hoogwaterstanden tussen 0 - 1 cm.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden zakken 1-op-1 met de rivierbodem mee. Door een verlaging van rivierbodempligging neemt de laagwaterstand tussen 0 tot 3 cm af.

C – Huidige bodem zomerbed handhaven

Deze optie is gericht op het stoppen van de grootschalige bodemerosie en het handhaven van de rivierbodem op het huidige niveau.

- De bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar en het zomerbed wordt op het niveau van 2020 gehouden.
- Dit kan gerealiseerd worden door sedimentmanagement of herinrichting in de rivier.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Boven Nederrijn verandert niet.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen niet.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet.

D - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 10 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerosie, het terugbrengen van de rivierbodem in het zomerbed naar de situatie van 10 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 10 jaargeleden past bij de uitgangspunten in het programma KRW (ecologische toestand van 2009 mag niet verslechteren) en WBI/OI-2017 programma (hydraulische ontwerpbelasting op dijken is gebaseerd op de bodem van 2013).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).

- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleids optie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Boven-Nederrijn daalt jaarlijks met 0,1 cm. Met deze trend had de bodem van de Boven-Nederrijn 10 jaar geleden 1 cm hoger gelegen. De rivierbodempligging komt met deze optie 1 cm hoger te liggen dan in 2020.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzigt de afvoer over de takken niet. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodempligging mee. Een verhoging van het zomerbed met 1 cm betekent hier geen verhoging van hoogwaterstanden.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden verandert 1-op-1 met de rivierbodempligging mee. Door een verhoging van rivierbodempligging neemt de laagwaterstand 1 cm af.

E - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 20 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerrosie, het terugbrengen van de rivierbodempligging in het zomerbed naar de situatie van 20 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 20 jaar geleden past bij de uitgangssituatie van het programma Ruimte voor de Rivier (herinrichtingen zijn ontworpen op bodempligging van 1997) en sluit aan bij de bodempligging die Duitsland wil handhaven (bodempligging van 2000).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleids optie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Boven-Nederrijn daalt jaarlijks met 0,1 cm. Met deze trend had de bodem van de Boven-Nederrijn 10 jaar geleden 2 cm hoger gelegen. De rivierbodempligging komt met deze optie 1 cm hoger te liggen dan in 2020.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzigt de afvoer over de takken niet. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodempligging mee. Een verhoging van het zomerbed met 1 cm betekent hier een verhoging van hoogwaterstanden van 1 cm.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden verandert 1-op-1 met de rivierbodempligging mee. Door een verhoging van rivierbodempligging neemt de laagwaterstand 2 cm af.

Samenvatting van de effecten op de toestand van de rivier per beleids optie

Tabel 3 geeft een samenvatting van de effecten van de potentiële beleids opties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050.

	Rivierbodempligging	Hoogwaterstand	Laagwaterstand
A. Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk	-3 cm	-1 cm	-3 cm
B. Herstel Sedimenthuis-houding	-3 - 0 cm	-1 - 0 cm	-3 - 0 cm
C. Huidige bodem zomerbed handhaven	0 cm	0 cm	0 cm
D. Bodem zomerbed herstellen naar 10 jaar geleden	1 cm	0 cm	1 cm
E. Bodem zomerbed herstellen naar 20 jaar geleden	2 cm	1 cm	2 cm

Tabel 3 Veranderingen in de toestand van de rivier in de Boven Nederrijn in de periode tot 2050 bij vijf principeopties voor de rivierbodempligging

[Klimaatverandering heeft invloed op de effecten](#)

Het klimaateffect is voor elke beleidsoptie gelijk (negatieve effecten op zowel hoog- als laagwater) en daardoor niet onderscheidend. De effecten van klimaatverandering op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 staat in hoofdstuk 2.2 beschreven. Omdat er geen grootschalige bodemontwikkeling op dit traject zijn, is het effect van klimaatverandering in dit traject bepalend voor de effecten op de rivier in 2050.

4 Beleidsopties Afvoercapaciteit

Hieronder wordt inzichtelijk gemaakt welke potentiële beleidsopties te onderscheiden zijn m.b.t. de strategische beleidskeuze omtrent extra afvoercapaciteit: principeopties voor behoud en versterking van afvoercapaciteit, en met wat dat zou vragen aan te realiseren waterstandsaling.

In de QuickScan afvoercapaciteit is voor de gehele Rijn in beeld gebracht welke vraag naar extra afvoercapaciteit er is voor het zichtjaar 2050 (welke initiatieven, plannen en ontwikkelingen vragen om vergroting van afvoercapaciteit?) en welke aanbod gecreëerd kan worden (hoe kunnen we dat realiseren?). In onderstaande onderdelen zijn de belangrijkste resultaten uit de QuickScan Afvoercapaciteit gesommeerd. Nadere details zijn in de QuickScan zelf terug te lezen.

Vraag naar extra afvoercapaciteit

De vraag naar extra afvoercapaciteit is vertaald naar waterstandseffecten en komt voort uit de volgende onderdelen:

Waterveiligheid: Relevante aspecten voor het bepalen van de vraag voor afvoercapaciteit voor deze categorie zijn:

- Klimaatopgave¹: Waterstandeffect voortkomend uit verhoogde afvoeren als gevolg van klimaatverandering.
- Buitendijks versterken: Opstuwing veroorzaakt door het buitenwaarts versterken van dijktrajecten.
- Kwetsbare of waardevolle dijktrajecten: op verschillende plekken is de wens om deze specifieke plekken te ontzien van dijkverhogingen. Deze categorie is opgebouwd uit de normopgave 2015 en de klimaatopgave en bevat daarmee de volledige hoogteopgave uit het HWBP voor die trajecten.

N.b. de hoogteopgave voortvloeiend uit de normering, buiten de kwetsbare dijktrajecten, is dus niet opgenomen. Deze vormt onderdeel van het HWBP.

Natuurontwikkelingen: Betreft de vraag ter compensatie van waterstandseffecten door verruwing binnen natuurontwikkeling i.h.k.v.:

- Natura2000 (N2000)
- Natuurnetwerk Nederland (NNN)
- Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW)

N.b. KRW Kaderrichtlijn water is niet meegenomen in deze Quicksan, omdat hiervan is uitgegaan dat deze waterstandsneutraal worden gerealiseerd.

¹ Het effect van klimaatverandering op hoogwaterstanden wijkt hier af van de inschatting in paragraaf 3. Dit komt doordat bij het specificeren van de vraag naar afvoercapaciteit t.b.v. klimaatverandering alleen gekeken is naar de traject-onderdelen die nog niet op het niveau van een verkenning zijn uitgewerkt in de programmering van het hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP, d.d. oktober 2020. Voor de reeds geprogrammeerde dijkversterkingsprojecten in het HWBP is de klimaatvraag op nul gezet. Het uitgangspunt is dat het HWBP op die trajecten de dijken zodanig versterkt dat ze voldoen aan de nieuwe waterveiligheidsnormen en de toekomstige klimaatverandering op kunnen vangen. Dit is in paragraaf 3 niet nader gespecificeerd en dient in het vervolg van IRM nader uitgewerkt te worden.

Nieuw rivierbodembeleid: Betreft de vraag om het effect van mogelijk nieuw beleid voor rivierbodembeleid. Voor dit aspect is het effect op hoogwaterstanden als de rivierbodem van 20 jaar terug wordt hersteld en gehandhaafd als uitgangspunt genomen.

Gebiedsontwikkelingen: Betreft de vraag om lokale en regionale initiatieven en ontwikkelingen met een mogelijk waterstandverhogend effect te compenseren.

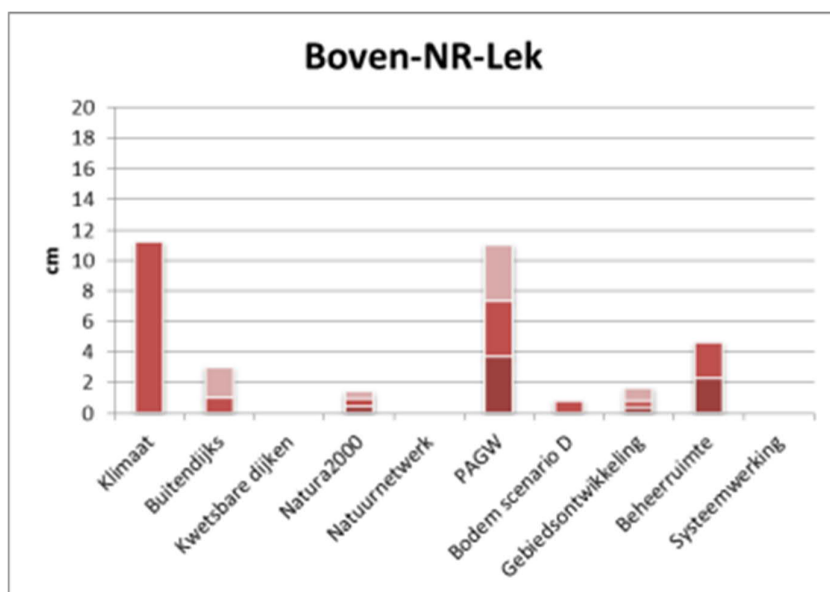
Beheerruimte: Betreft een marge of robuustheidstoeslag voor de rivierbeheerder, zodat hij in geval van (tijdelijke) beperkte veranderingen in het riviersysteem en daarbij gepaarde waterstandseffecten als gevolg van natuurlijke processen (morfologische en/of vegetatie ontwikkelingen) en menselijke ingrepen niet direct hoeft in te grijpen.

Rivierkundige systeemwerking: Betreft effecten die voortkomen uit keuzes ten aanzien van de inrichting van het riviersysteem en eisen en wensen aan die inrichting vanwege effecten die in het gehele Nederlandse riviersysteem spelen. Voor de Rijn gaat het om vragen vanuit de hoogwater afvoerverdeling over de Rijntakken en de beheersing van die afvoerverdeling.

Resultaten

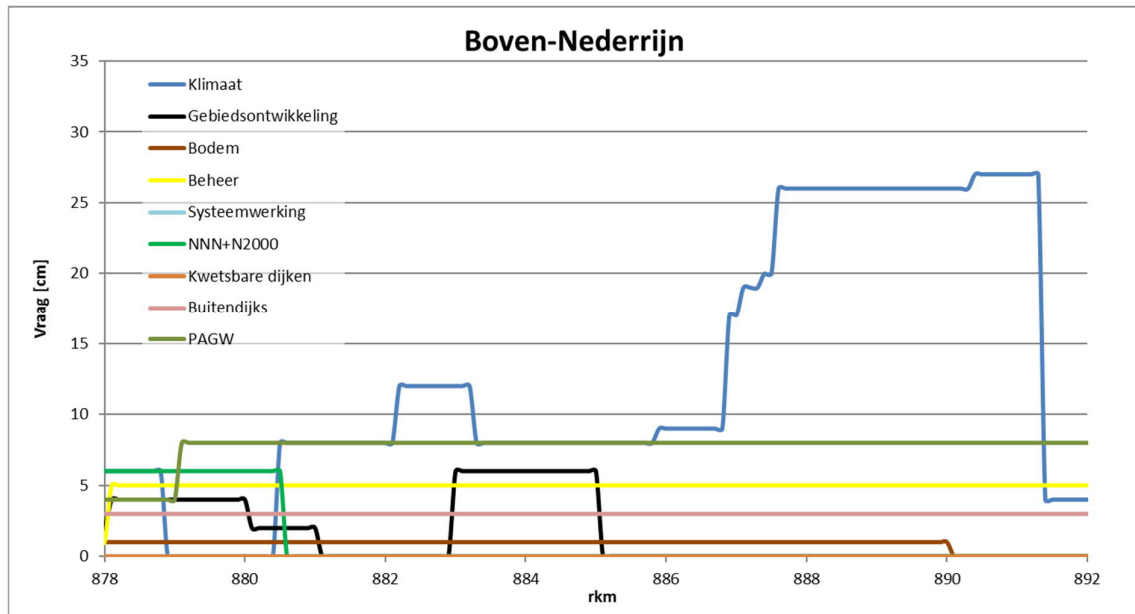
Figuur 2 geeft de trajectgemiddelde waarden per aspect. Zo kan eenvoudig worden afgelezen uit welke aspecten de belangrijkste vragen op dit traject naar voren komen. Voor de Boven Nederrijn komt uit klimaat de grootste vraag voort, gevolgd door PAGW en Beheerruimte. Indien beschikbaar, zijn ook de minimale en maximale vraag in beeld gebracht.

De vraag naar extra afvoercapaciteit is onzeker. Daarom zijn voor een aantal aspecten door deskundigen inschattingen gedaan van de onzekerheid in de vraag, resulterend in een minimale, een gemiddelde en maximale vraag. Voor de overige aspecten is slechts 1 waarde beschikbaar.



Figuur 2. De afzonderlijke vragen naar waterstandsvaling: indicatie van de onzekerheid in de trajectgemiddelde vraag; naast een basisinschatting is door deskundigen een lagere (donker) en hogere (licht) inschatting gegeven.

Het ruimtelijk verloop van de vraag voor de verschillende categorieën is weergegeven in figuur 3. Er is een grote vraag vanuit klimaat vanaf rivierkilometer 887. Ook PAGW laat over het gehele traject een vraag zien.



Figuur 3. De ruimtelijke variatie van de afzonderlijke vragen naar waterstandsval

Principeopties voor omgaan met afvoercapaciteit

Potentiële opties voor beleid voor omgang met afvoercapaciteit variëren van behoud van de huidige afvoer- en bergingscapaciteit tot omvangrijke uitbreiding ervan. Bij behoud wordt extra te realiseren verruiming ingezet voor om rivierfuncties en –ontwikkelingen anders dan waterveiligheid mogelijk te maken, bij uitbreiding komt een deel van de te realiseren verruiming ten goede aan werkelijke vergroting van afvoer- en bergingscapaciteit. Hieronder worden de beleidsopties verder beschreven.

I – Behoud van afvoercapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie I wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten van programma's en ontwikkelingen in het kader van bestaand beleid en/of reeds gemaakte keuzes voor riviergebonden functies binnen IRM te compenseren. Die effecten worden op dit moment conform de Beleidslijn Grote Rivieren binnen elk project/programma afzonderlijk gecompenseerd. Hiermee wordt de huidige afvoercapaciteit behouden, waterstandsval wordt ingezet als compensatie voor vermindering van de afvoercapaciteit. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Natuurontwikkeling vanuit Natura 2000 en Natuurnetwerk;
- Gebiedsontwikkelingen conform huidig beleid.

II - Uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie II wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten vanuit huidige beleid en vanuit programma's en ontwikkelingen binnen nog te formuleren en vast te stellen beleidsontwikkelingen binnen IRM te compenseren. Hiermee wordt waterstandsval niet allen ingezet als compensatie voor verlies aan afvoercapaciteit, maar wordt de afvoercapaciteit ook vergroot doordat het elementen bevat die bijdragen aan waterveiligheid en daarmee in potentie de HWBP-opgave kunnen verminderen². Dit betreft het ontzien van kwetsbare en bijzondere

² Volledige invulling van de hoogwaterveiligheidsopgave via rivierverruiming is niet in de beleidsopties opgenomen. Dit is een uitvloeisel van eerdere MKBA-analyses in LTAR-tijd.

dijktrajecten indien aanwezig in het specifieke traject, en opgaven vanuit de werking van het riviersysteem. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Buitendijks versterken vanuit HWBP;
- Natuurontwikkeling vanuit PAGW;
- Nieuw beleid voor ligging en beheer van de rivierbodem;
- Beheerruimte of robuustheidstoeslag;
- Gebiedsontwikkelingen waarvoor nog geen beleid is vastgesteld;
- Opgaven vanuit de werking van het riviersysteem: de instelling en beheersing van de afvoerverdeling op de Rijntakken.

III Omvangrijke uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken en de klimaatopgave met rivierverruiming trotseren

Met principeoptie III wordt naast rivierverruiming ook ingezet op het opvangen van de klimaatopgave via een aanzienlijke uitbreiding van de afvoercapaciteit. We onderscheiden binnen deze principeoptie twee varianten:

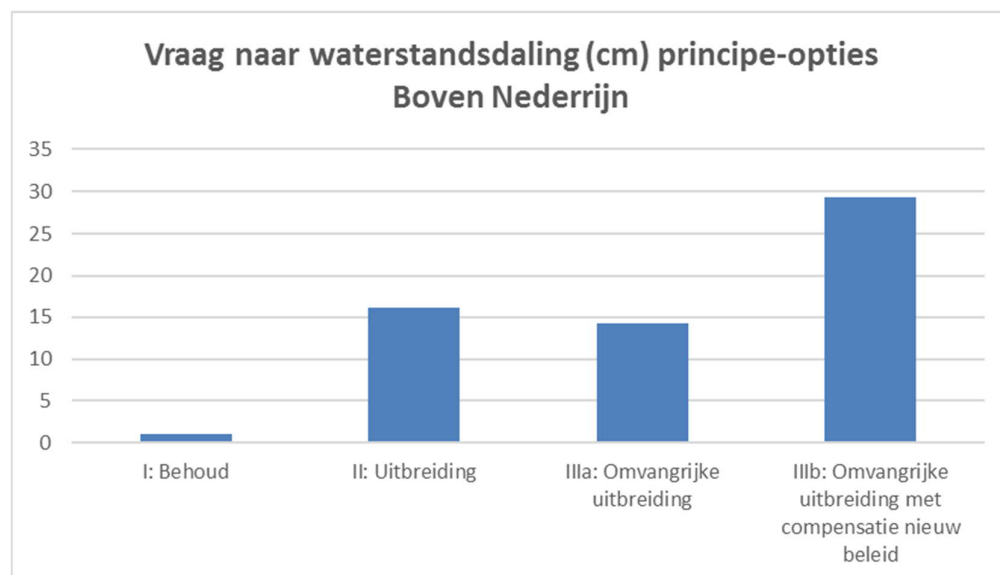
- IIIa: Opgaven vanuit bestaand beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder I)
- IIIb: Opgaven vanuit bestaand en nieuw beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder II).

Totaalbeeld principeopties Afvoercapaciteit

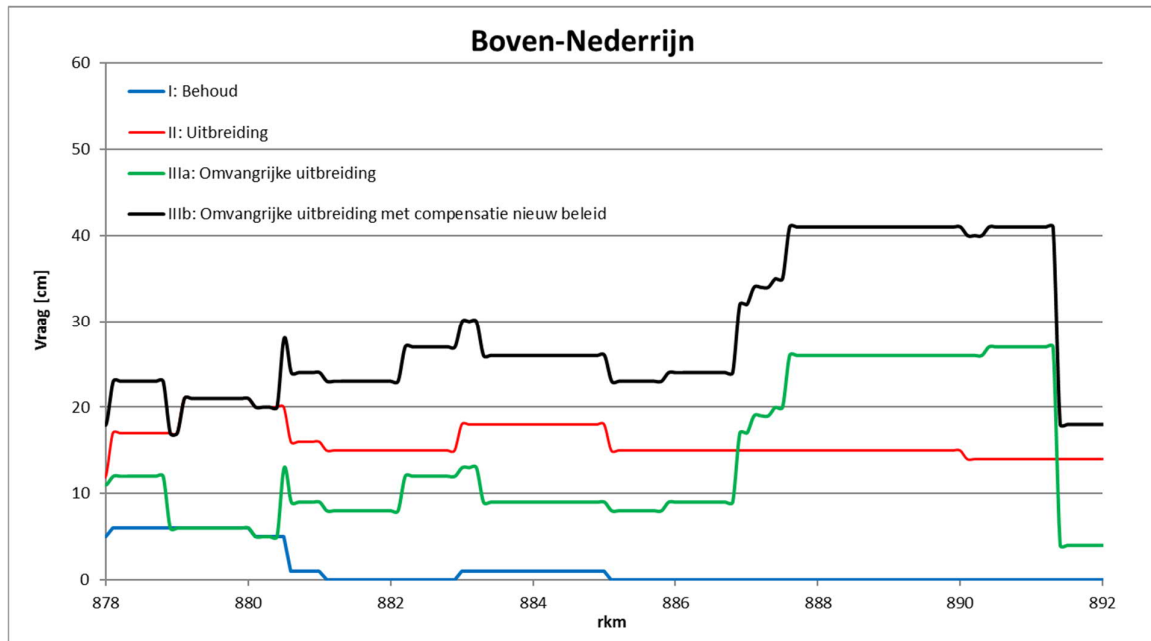
Onderstaande tabel en figuren laten zien wat de te realiseren waterstandsdingaling zou zijn binnen de verschillende principeopties, als trajectgemiddelde waarden, alsmede de ruimtelijke variatie.

Riviertraject	Principeopties (cm)			
	I	II	IIIa	IIIb
Boven Nederrijn-Lek				
Trajectgemiddelde waarde	1	16	14	29
Minimum	0	12	5	17
Maximum	6	21	27	41

Tabel 4 Principeopties afvoercapaciteit, benodigde cm's waterstandsdingaling



Figuur 4. Benodigde cm's waterstandsdingaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit



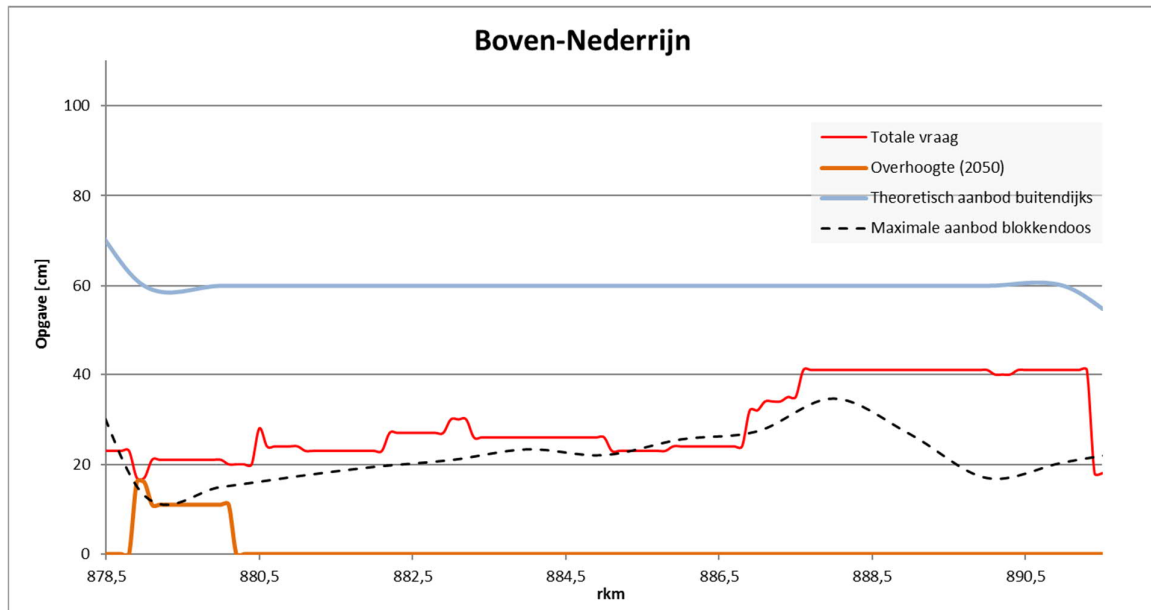
Figuur 5. Ruimtelijke variatie van de benodigde cm's waterstandsvaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit

Het aanbod van afvoercapaciteit

Er is een globaal overzicht gemaakt van het mogelijke te creëren aanbod aan extra afvoercapaciteit in het rivierensysteem. Dit is gedaan op basis van een theoretische beschouwing van principe-maatregelen en eerder uitgevoerde verkenningen in het kader van het Deltaprogramma waarin binnendijkse en buitendijkse rivierverruimende maatregelen in beeld zijn gebracht. Dit resulteert in het volgende overzicht:

1. Afvoercapaciteit in het rivierensysteem die benut kan worden door de aanwezigheid van overhoogte in de dijken;
2. Afvoercapaciteit die maximaal (theoretisch) te realiseren met buitendijkse maatregelen. Dit is ingeschat op basis van een theoretische beschouwing, uitgaande van toepassing van een effectieve buitendijkse principe-maatregel voor rivierverruiming. Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
3. Afvoercapaciteit die te realiseren is met alle maatregelen die in het kader van het Deltaprogramma in beeld zijn gebracht en opgenomen zijn in de Blokkendoos (optelsom van combinatie van alle rivierverruimende maatregelen). Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;

Onderstaand figuur toont de afvoercapaciteit die op basis van bovenstaande rubrieken te creëren is voor het traject Boven Nederrijn. Daarnaast is de maximale totale vraag (principe optie IIIb) opgenomen om een eerste vergelijking te kunnen maken met de verschillende aanbod varianten.



Figuur 7. De totaalvraag naar extra afvoercapaciteit samen met het mogelijk te creëren extra aanbod aan afvoercapaciteit langs het traject.

De belangrijkste conclusies, die hieruit kunnen worden getrokken zijn:

1. Overhoogte is nauwelijks aanwezig en kan enkel in de eerste rivierkilometers van dit traject een bijdrage leveren aan het opvangen van de totale vraag;
2. Met de theoretische beschouwing is afgeleid dat middels grootschalige buitendijkse rivierverruimingsmaatregelen (bv. uiterwaardverlagingen) de gehele vraag ruimschoots kan worden opgevangen;
3. Alle Blokkendoosmaatregelen tezamen in dit traject kunnen voor een groot deel de totale vraag opvangen. Echter, aanvullende maatregelen zijn nodig om de gehele vraag op te kunnen vangen;

5 Combinatie van potentiële beleidsopties Rivierbodempligging en Afvoercapaciteit

De potentiële beleidsopties voor Rivierbodem en Afvoercapaciteit kunnen niet los van elkaar beschouwd worden. Dit hoofdstuk laat de onderlinge samenhang zien.

Rivierbodem --> afvoer- en bergingscapaciteit

Beleidsopties waarbij de erosie van de rivierbodem wordt stopgezet danwel de bodempligging omhoog wordt gebracht hebben invloed op de hoogwaterstanden. Binnen de huidige versterkingsopgave wordt een vaste bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt niet geanticipeerd op de bodemontwikkeling. Welke bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt, wordt bepaald per waterschap en kan verschillen per riviertraject. Een substantiële verhoging van het rivierbed kan effect hebben op de versterkingsopgave. De beleidsopties waarbij de bodem substantieel omhoog worden gebracht kunnen dus om extra afvoercapaciteit vragen. Het eroderen van de rivierbodem kan extra afvoercapaciteit creëren.

Met andere woorden, indien gekozen wordt voor rivierbodembeleid waarbij de rivierbodem 10 of 20 jaar terug wordt gebracht, wordt dit onderdeel van beleidsopties II en IIIb voor beleid t.a.v. afvoer- en bergingscapaciteit.

Afvoer- en bergingscapaciteit --> rivierbodem

De keuze voor de mate van te realiseren waterstandsdeling (m.a.w. de mate van rivierverruiming) kan ook een effect hebben op de bodem. Daar waar rivierverruiming plaatsvindt met maatregelen die zorgen voor een regelmatige afname van de afvoer door het zomerbed, verandert op lange termijn het evenwichtsprofiel van het zomerbed. Het zomerbed komt hier uiteindelijk omhoog. Hoe groter en meer rivierverruiming plaatsvindt, hoe meer dit bijdraagt aan het verminderen van bodemerosie.

Naast fysieke maatregelen is sedimentmanagement nodig om op korte termijn het gewenste bodemniveau te bereiken. Indien op korte termijn een bodempligging uit het verleden gehandhaafd gaat worden is een initiële suppletie noodzakelijk om deze verhoging op korte termijn te kunnen realiseren.

1 Ligging

Het traject Midden-Waal loopt van benedenstrooms van Nijmegen (km 887) bij het Maas-Waalkanaal tot Tiel Passewaaij (km 917,5). Het traject is ruim 30 km lang. Het zomerbed wordt begrensd door kribben en de uiterwaarden variëren aanzienlijk in breedte. Op de rivierbocht bij Tiel na, kenmerkt dit deel van de Waal zich door de rechte rivierloop met brede oeverwallen en smalle uiterwaarden. De dijken en oeverwallen hebben een kronkelend karakter welke veroorzaakt is door de vroegere bedding van de Waal (het dijklichaam en de rivier verwijderen en naderen elkaar afwisselend) en door de vele dijkdoorbraken in het verleden zijn dijken soms aan de rivierzijde en soms aan de landzijde komen te liggen.

Ter plaatse van Tiel sluit het Amsterdams-Rijnkanaal aan op de Waal. Het Amsterdam-Rijnkanaal vormt de scheepvaartverbinding naar Amsterdam.

Op het gehele traject zijn de kribben in het kader van het programma Ruimte voor de Rivier verlaagd. Op het traject Wamel – Ophemert (km 911 – 922) zijn de kribben in twee binnenbochten van de Waal zelfs geheel verwijderd en vervangen door langsdammen. De langsdammen liggen parallel aan de stroomrichting van de rivier en delen de rivier op in een brede hoofdgeul en een oevergeul.

In figuur 1 is de ligging van het traject weergegeven.



Figuur 1 Ligging van Midden-Waal

2 Blik op het traject

Dit hoofdstuk bevat een beknopte beschrijving van de riviergebonden functies van dit traject. Het beschrijft de essentie van wat er speelt m.b.t. hoogwaterveiligheid, bevaarbaarheid, waterbeschikbaarheid, natuur & waterkwaliteit. Dit betreft geen uitgebreide beschrijving van de opgaven. Een uitgebreid beeld op de rivieren met de opgave volgt in het Beeld op de Rivieren dat in het kader van IRM wordt ontwikkeld.

Na de essentie van wat er speelt, volgt een beschrijving van de bodemontwikkelingen en de veranderingen in klimaat, de invloed hiervan op de toestand van de rivier (rivierbodemplugging, hoog- & laagwaterstanden), en de doorwerking op de riviergebonden functies.

2.1 Wat speelt er met betrekking tot de riviergebonden functies?

Hoogwaterveiligheid

Uiterwaarden dragen bij aan waterveiligheid door waterafvoer te faciliteren, dijken beschermen dit gebied tegen overstromingen. Door een aantal maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier, Stroomlijn, KRW en NURG is de afvoercapaciteit vergroot. In het kader van het programma Ruimte voor de Rivier zijn langs het gehele traject de kribben met een halve tot anderhalve meter verlaagd. De kribben staat hierdoor zo'n honderd dagen per jaar boven water terwijl ze voor de verlaging zo'n tweehonderdvijftig dagen boven water stonden. Op het traject Wamel – Ophemert (km 911 – 922) zijn de kribben in twee binnenbochten van de Waal zelfs geheel verwijderd en vervangen door langsdammen. Doel van de langsdammen is om verbeteringen voor de bevaarbaarheid, waterveiligheid, zoetwatervoorziening en natuur te realiseren. Daarnaast hebben de langsdammen als doel om de doorgaande bodemerosie op het traject (ongeveer 1 cm per jaar) tegen te gaan. De langsdammen zijn als pilot aangelegd en heeft een uitgebreid monitorings- en onderzoeksprogramma.

De primaire waterkeringen in dit traject voldoen niet aan de geldende norm voor waterveiligheid en zullen opnieuw versterkt moeten worden. De maximaal toelaatbare overstromingskans voor de dijken aan de noordzijde is 1/10.000^{ste} per jaar en de zuidzijde 1/3.000^{ste} per jaar. Om aan de normen te voldoen zijn dijkversterkingen voorzien. De verbetering van de dijken aan de noordzijde zijn voor 2028 opgenomen in de HWBP programmering. De dijken aan de zuidzijde zijn iets later aan de beurt (2028-2050). Verwacht wordt dat een deel van de dijkversterking buitenwaarts zal gebeuren (in de richting van de uiterwaarden). Mogelijk zal over een gedeelte van het traject ook buitendijks versterkt worden, in hoeverre dat speelt komt in de planuitwerking aan bod.

Binnendijkse gebieden bij Loenen en Oosterhout hebben een ruimtelijke reservering (Barro) t.b.v. hoogwaterveiligheid op de lange termijn. Binnen het lopende HWBP dijkversterkingsproject Wolferen-Sprok is gekozen om de dijkverlegging niet op te nemen in het voorkeursalternatief. Bij Oosterhout is besloten en met de bewoners gecommuniceerd dat de Barroreservering voorlopig wordt aangehouden en in het kader van IRM wordt onderzocht of rivierverruiming middels dijkverlegging op de lange termijn gewenst is.

Naar verwachting zal IenW in 2021 een besluit nemen m.b.t. de herijking van het beleidsuitgangspunt afvoerverdeling Rijntakken bij hoogwater. De herijking gaat over de vraag hoe

de in beleid vastgelegde afvoerverdeling bij hoogwater in praktijk vorm krijgt. Hierbij is het uitgangspunt de beleidsafpraak dat de Lek boven een Rijnafvoer van 16.000 m³/s bij Lobith wordt ontzien. Onderdeel van het realiseren van de beleidsmatig afgesproken afvoerverdeling is de instelling van de regelwerken op de splitsingspunten. Afhankelijk van de gekozen afvoerverdeling en bijbehorende instelling van de regelwerken kan dit een verhoging of verlaging van de hoogwaterstanden langs de Waal betekenen (t.o.v. de hydraulische belasting in het OntwerpInstrumentarium van het HWBP). Bij instelling van de regelwerken op een Rijnafvoer van 18.000 m³/s nemen de hoogwaterstanden langs de Waal bij een Rijn-afvoer 16.000 m³/s met ongeveer 23 cm toe. Dit is vergeleken met de waterstanden op de Waal bij een afvoer van 16.000 m³/s en de instelling van de regelwerken op 16.000 m³/s (de huidige situatie).

Binnen IRM wordt voorsnog de huidige beleidsmatige hoogwater afvoerverdeling met bij behorende instellingen van de regelwerken als uitgangspunt gehanteerd.

Op diverse locaties is het rivierbed vrij smal en wordt de Midden-Waal ingesnoerd. Dit zijn lokale hydraulische knelpunten in het systeem die ook wel lokale flessenhalzen worden genoemd. Het gaat om de locaties ter plaatse van km 889,5, 901, 909 en 917,5. Behoud van ruimte (dus voorkomen/oplossen van knelpunten) is bij de ruimtelijke inrichting en ontwikkeling van het riviersysteem is een blijvend aandachtspunt.

Het doorgroeien en uitbreiden van begroeiing in het rivierbed kan leiden tot te hoge hoogwaterstanden. De Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwing van begroeiing) is toegestaan. De Vegetatielegger is onderdeel van de Legger Rijkswaterstaatswerken. De Waterwet regelt de leggerplicht van alle waterstaatswerken. In de vorm van overzichtskaarten en regels zijn normen gespecificeerd voor vegetatie in het rivierbed ten behoeve van hoogwaterveiligheid en waterkwaliteit.

Bevaarbaarheid

De Waal behoort tot de belangrijkste scheepvaartwegen van Europa. Het zomerbed van de Midden-Waal vertoont een erosie van ruim 1 cm per jaar. Dit zorgt voor problemen voor de bevaarbaarheid omdat delen van het rivierbed niet mee zakken. Het gaat in dit traject om een groot aantal kabels & leidingen-straten die onder de rivierbodem liggen. Ter plaatse van deze kabels & leidingen mag niet gebaggerd worden, waardoor hier drempels ontstaan in het riviersysteem die ondieptes vormen voor de scheepvaart. Daarnaast ontstaat na hoge afvoeren lokaal sedimentatie in het zomerbed (o.a. bij de uitstroom van nevengeulen, ter plaatse van niet-uniformiteiten in het rivierbed zoals verwijdingen of versmallingen van het winterbed en bij ondiepe binnenbochten). Ook zorgen rivierduinen die zich bij hoge afvoeren ontwikkelen, die bij lage afvoeren voor ondiepten. Op vrijwel het gehele traject is de diepgang bij overeengekomen laagwaterafvoer (OLA) te beperkt. Een afname van de diepgang resulteert in een lagere beladingsgraad op deze trajecten, een toename van brandstofkosten als gevolg van verminderde kielspeling (en meer weerstand), en daarmee een toename van de transportkosten.

Om de diepgang bij lokale ondiepten te vergroten vindt baggerwerk plaats. Tussen Oosterhout en de Tacitusbrug bij Ewijk vindt regelmatig baggeronderhoud plaats om de vaargeul op diepte te houden. Baggerwerk levert hinder op voor de scheepvaart.

De Prins Willem-Alexanderbrug bij Beneden-Leeuwen ligt ten opzichte van het hoogwaterreferentievlak ca. 1,5 meter te laag qua minimale doorvaarhoogte. De Tacitus brug is recent gerenoveerd, waarbij de doorvaarhoogte en de vaarbreedte is verbeterd. De brug en de schutsluis bij de ingang van het Amsterdam-Rijnkanaal bij Tiel zijn op termijn aan vervanging toe. Deze zijn niet als urgent beoordeeld. Dit is geen opgave in het kader van het programma Integraal Riviermanagement, maar zal opgepakt worden in het programma vervanging en renovatie (V&R).

Bij lagere rivierafvoeren (beneden 1.500 m³/s) vormt het traject Tiel - Sint-Andries een vaardiepteknelpunt. In dit traject is o.a. de vaste laag van St. Andries is gesitueerd, maar ook de ingang van het Amsterdam-Rijnkanaal, een bochtovergang bovenstrooms van de vaste laag en een zeer diepe erosiekuil benedenstrooms van de vaste laag aan de linker oever en ernstige ondiepte aan de rechter oever.

Natuur en waterkwaliteit

Op het gebied van natuur is er een reeks aan opgaven: behoudsopgaven van reeds bestaande natuur en opgaven volgend uit bestaand en nieuw, nog te ontwikkelen beleid. Er zijn vanuit nationale en regionale natuurbeheerplannen (NNN) en Europees beleid (Natura 2000 (beide bestaand beleid) ontwikkelopgaven voor boskernen en andere habitats. Ook is er een waterkwaliteitsopgave vanuit de KRW (macrofauna en vis en waterplanten).

Aanvullend op het bestaand beleid, wordt ook nieuw natuurbeleid uitgewerkt. Het traject kent een ontwikkelopgave in het kader van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW). Deze ontwikkelopgave maakt integraal deel uit van de opgave IRM. De PAGW werkt aan plannen voor een robuust riviersysteem passend bij het systeem (gegeven klimaatverandering, economische ontwikkelingen en ecologische knelpunten). Bij toekomstige natuurontwikkeling zal in het bijzonder gekeken worden naar de ontwikkeling van een viertal hotspots en naar het verbinden van deze grote natuurgebieden langs de rivier via de corridors. In de corridor tussen de hotspots liggen afwisselend grote en kleine stapstenen met geschikt leefgebied voor de gidssoorten. Er komt focus te liggen op het verbinden van natuurdoelen van de diverse programma's (één natuurdoelstelling in rivierbed).

De Midden-Waal wordt gezien als een verbindingszone om hotspots van de Programmatische Aanpak Ecologie Grote Wateren – Gelderse poort en Biesbosch – met elkaar te verbinden. Bij Ewijk ligt een kolk die is aangewezen als te optimaliseren habitat voor de knoflookpad. Tussen Deest (km 899) en Druten (903) is het reeds bestaande natuurgebied aangewezen als grote stapsteen. De enige gewenste toevoeging vanuit de PAGW opgave aan dit gebied is een klein areaal hardhoutoibos.

De grootschalige bodemerosie en de daarmee gepaard gaande daling van waterstanden én grondwaterstands daling zorgen voor een geleidelijke verdroging van de uiterwaarden. Daarnaast inunderen uiterwaarden minder vaak en minder omvangrijk. Het minder goed functioneren van recent aangelegde maatregelen voor het versterken van de natuur vormt een aanzienlijke bedreiging. De effecten van de grondwaterstands daling werken ook door binnendijks.

Het beheer van natuur langs het traject van de Midden-Waal bestaat uit het beheer van de begroeiing in het rivierbed en het sedimentbeheer in zowel uiterwaarden als in natuurvriendelijke oevertrajecten. Hierbij wordt zo veel mogelijk ruimte gegeven aan natuurlijke processen en het verkrijgen van leefgebieden voor bij het riviersysteem passende planten en dieren. De Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwing van begroeiing) is toegestaan. Het is voor de natuur relevant dat daarbij in voldoende ontwikkelbeheerruimte wordt voorzien, waarmee de natuur ruimte krijgt om zich op natuurlijke wijze te ontwikkelen.

Naast de relatie met hoogwaterveiligheid hebben ook scheepvaart en natuur onderlinge relatie. Scheepvaart vervult een belangrijke rol op dit traject en heeft middels schroefwerking en golfslag direct effect op natuur.

Zoetwaterbeschikbaarheid

De Lek, de Hollandsche IJssel en het IJsselmeergebied vormen belangrijke zoetwatervoorzieningen in het Nederlandse hoofdwatersysteem. Om in de toekomst als gevolg van klimaatverandering tijdens laagwater en droogte met de bestaande infrastructuur het beschikbare water efficiënt te kunnen vasthouden en verdelen werkt het Deltaprogramma Zoetwater aan een zoetwaterstrategie. Doel is om vanuit de bovenlopen van de Hollandsche IJssel en de Lek Midden-West Nederland op een efficiënte manier van zoetwater te voorzien. Om een zoetwatertekort in het IJsselmeergebied te voorkomen, wordt gedacht om water vanuit de Midden-Waal via het Amsterdam-Rijnkanaal (km 913) naar het IJsselmeer te voeren. Met het onttrekken van water uit de Midden-Waal ten behoeve van de zoetwatervoorziening, zakken de waterstanden op de Waal tussen Tiel en Zaltbommel.

2.2 Bodemontwikkeling en klimaatverandering en hun effect op de rivier

Een aantal omgevingsveranderingen beïnvloedt de toestand van de rivier. Het betreft de grootschalige rivierbodemontwikkeling en klimaatverandering. De veranderingen beïnvloeden de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier en hebben daardoor ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Bodemontwikkeling en het effect op de rivier

De Midden-Waal ligt in het deel van de Rijn in Nederland waar insnijding plaatsvindt. Waarnemingen laten zien dat de rivierbodem in dit traject in de afgelopen tientallen jaren is geërodeerd met een snelheid van 1,1 cm per jaar.

Een belangrijke oorzaak van de in het verleden opgetreden grootschalige bodemveranderingen is de normalisatie in de vorige eeuw waardoor de rivier een smallere en rechttere loop heeft gekregen (korter is geworden). De normalisatie bestaat uit een combinatie van maatregelen: aanleg van kribben en zomerkades, verdieping van de vaargeul, bochtafsnijdingen, kanalisatie of aanleg van parallelle scheepvaartkanalen, aanleg van stuwen en regulering van de afvoerverdeling (bij hoog en laagwateromstandigheden). Ingrepen resulteerden in steeds smallere, diepere rivieren, die bovendien hun loop niet meer konden verleggen. Daarnaast is door de aanleg van (stuw)dammen in combinatie met sedimentmanagement gericht op de stabilisatie van de rivierbodem in het bovenstroomse - niet Nederlandse deel - van het stroomgebied van de Rijn, de omvang en de samenstelling van het binnenkomend sedimenttransport sterk veranderd.

Door de maatregelen is de ruimte voor de Nederlandse rivieren in de afgelopen eeuw fors afgenomen en is de natuurlijke sedimentbalans verstoord. De programma's Ruimte voor de Rivier, NURG en KRW volg(d)en een andere koers. In plaats van afname van ruimte, hebben de rivieren door die programma's weer wat meer vrijheid te gekregen. Dit heeft geresulteerd in (iets) meer ruimte en een andere inrichting van verschillende delen van het zomer- en winterbed. De extra ruimte die met de recente programma's is gecreëerd, staat echter niet in verhouding tot de afname van ruimte door de bedijking en de normalisatie.

De bedijking en de normalisatie- en reguleringswerken uit de 19e en 20ste eeuw hebben (soms onbedoeld) effect op de fysica van het riviersysteem, die tot tientallen jaren en zelfs langer na de ingreep kunnen doorwerken.

Ten eerste is door de maatregelen het overstromingsgebied voor de rivieren sterk afgenomen. Hierdoor is de komberging sterk afgenomen. Hogere afvoeren als gevolg van klimaatverandering leiden daardoor tot hogere waterstanden dan daarvoor. De top van hoogwatergolven wordt door het verlies aan ruimte ook veel minder afgevlakt. Daardoor verplaatst de afvoergolf zich sneller door de rivier.

Daarnaast is de energie van het afstromende water – en daardoor het sedimenttransporterend vermogen - door de ingrepen in de rivier in de 19e en 20ste eeuw toegenomen. Het verhang van de bedding van de rivier is feitelijk te steil in relatie tot de water- en sedimentbeweging van de rivier. De rivier zal zich aanpassen naar een flauwer verhang, waardoor het transporterende vermogen weer afneemt en de rivier weer in balans komt. De rivier kan dat flauwere verhang alleen maar krijgen door zich bovenstrooms in te snijden (de bodem benedenstrooms ligt min of meer vast doordat deze is gekoppeld aan het zeeniveau, het kantelpunt ligt ongeveer ter hoogte van Tiel (benedenstrooms is de bodem stabiel of zandt de rivier aan)). Dit doet de rivier door te eroderen. De rivierbodem groeit zo langzaam toe naar een flauwere helling. De afname van de hoeveelheid sediment die Nederland binnenkomt en de verandering in sedimentsamenstelling, beïnvloedt de erosie van het zomerbed.

Volgens een verkenning van Rijkswaterstaat hebben de normalisatie- en reguleringswerken een daling van het zomerbed op gang gebracht waardoor het verhang uiteindelijk 20% minder wordt. Normaal gesproken is dit een aanpassing die eeuwen duurt. Voor de Bovenrijn en de Waal gaat het een stuk sneller doordat de mens met het actief onttrekken van bodemmateriaal uit het zomerbed dit natuurlijke proces heeft versneld. De normalisatie- en reguleringswerken hebben samen met de veranderingen van de omvang en de samenstelling van het inkomend sedimenttransport én het actief onttrekken van grote hoeveelheden zand en grind geleid tot erosie van de rivierbodem die lokaal oploopt tot enkele meters in de afgelopen eeuw.

Langs het bovenstroomse deel van de Rijntakken geldt al sinds medio jaren '90 dat in de baggercontracten van Rijkswaterstaat (t.b.v. het op diepte houden van de vaargeul) geen netto sedimentonttrekkingen zijn toegestaan: materiaal dat uit het zomerbed wordt gehaald, moet op de diepere delen in het zomerbed worden teruggestort. Deze afspraken zijn echter nog geen onderdeel van het formele rivierbeleid. Naast het baggercontract van Rijkswaterstaat zijn echter ook nog lopende zandwinconcessies (bijvoorbeeld voor het op diepte houden van de toegangsgeul naar een private/bedrijfshaven of langs een loswal), waar sprake is van zandwinning zonder

terugstortverplichting. De permanente onttrekkingen van sediment uit het zomerbed zijn enorm afgenomen. Sinds er niet meer permanent wordt onttrokken bij baggeronderhoud, is er een sterke afname van de erosietrend van de rivierbodembodem van de bovenloop van de Rijn (ongeveer een halvering).

Verwacht wordt dat de na-ijleffecten van de normalisatie in het riviersysteem en rivierregulering nog decennia lang merkbaar zijn. Er zijn veel factoren die samen de toekomstige trend van de rivierbodembodem bepalen. Het sedimentmanagement in het Duitse deel van de Rijn en het effect op de sedimentinvoer (omvang en samenstelling naar Nederland) heeft naar verwachting grote invloed op de langjarige ontwikkeling van de toekomstige bodemligging van het zomerbed van de Midden-Waal. Deskundigen verwachten dat de bodemerosie van de rivierbodembodem in het traject van de Midden-Waal met ongeveer 1,1 cm per jaar doorgaat.

Het effect van de grootschalige bodemerosie in de Midden-Waal wordt bepaald door het zakken van de rivierbodembodem zelf en de hieraan gekoppelde verandering van de laagwaterstanden en de verandering van de verdeling van de laagwaterafvoer over het splitsingspunt. Daarnaast resulteert het zakken van de rivierbodembodem ook voor een verlaging van waterstanden in de rivier tijdens hoogwater.

Onderstaande tabel geeft de invloed van doorgaande bodemerosie (zonder actief ingrijpen) op de toestand van de rivier in 2050:

	Rivierbodembodem ligging	Laagwater afvoer	Hoogwater stand	Laagwater stand
Niet actief ingrijpen tot 2050	- 33 cm	+ 40 m ³ /s	- 12 cm	- 23 cm

Tabel 1 Effect op toestand van de rivier in 2050 zonder nieuw bodembeleid

Rivierbodembodemligging De bodem van het zomerbed van de Midden-Waal ligt in 2050 33 cm lager. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van -1,1 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.

Laagwaterafvoer De afvoerverdeling onder normale omstandigheden en bij laagwater wijzigt geleidelijk. Doordat de Waalbodembodem sneller zakt dan de rivierbodembodem op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Op basis van deze metingen is ingeschat dat de laagwaterafvoer op de Waal in 2050 40 m³/s hoger is.

Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert. De hoogwaterstanden zakken met de rivierbodembodem mee. Op basis van een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Midden-Waal resulteert in een verandering van de

hoogwaterstand met 35%. Een daling van het zomerbed met 33 cm betekent hierdoor een daling van hoogwaterstanden met 12 cm.

Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodem en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. De laagwaterstanden zakken 1-op-1 met de rivierbodem mee, al het water staat immers in het zomerbed. De laagwaterstanden dalen hierdoor dus met 33 cm. Door geleidelijke verandering van de rivierafvoer over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig zakken van het zomerbed, neemt de laagwaterafvoer op de Waal met 40 m³/s toe. Met behulp van de betrekkinglijn is bepaald dat laagwaterstanden als gevolg van de veranderende afvoer bij de Midden-Waal toenemen met 10 cm. Dit is een indirecte verandering als gevolg van bodemontwikkelingen. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 23 cm af.

De veranderingen in de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier hebben ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied. Op dit moment zijn de effecten van bodemerosie op verschillende functies wisselend. Voornamelijk de bevaarbaarheid tijdens laagwater vormt een knelpunt.

Mogelijke effecten als gevolg van een verdere verlaging van de rivierbodem zijn:

- Een verlaging van de bodemligging zorgt voor een afname van de afdeklaag boven kabels en leiding en erosieve fijne lagen in het rivierbed, en kan een risico vormen voor de stabiliteit en standzekerheid van waterkeringen, oevers & kunstwerken. Een analyse naar de dekkingsgraad boven erosieve lagen laat zien dat langs het Midden-Waal traject het fijne erosieve materiaal op een aantal locaties dicht aan het oppervlakte van het zomerbed ligt. In het bochtige traject ligt een groot aantal kabels en leidingen. Een verdere verlaging heeft tot gevolg dat kabels en leidingen in het gebied dichter aan de oppervlakte komen te liggen. Dit kan brede veiligheidsconsequenties hebben.
- Een verlaging van de bodemligging verlaagt de hoogwaterstanden en heeft hierdoor een positief effect op waterveiligheid. Behalve op plekken waar de keringen direct tegen het zomerbed aan liggen (zoals bij schaar dijken en stedelijke fronten). Daar kan bodemdaling een gevaar vormen voor stabiliteit van de keringen.
- Een verlaging van de bodemligging zorgt voor geohydrologische veranderingen met gevolgen voor meerdere functies: door het eroderen van de rivierbodem zakken niet alleen de rivierwaterstanden uit, maar ook kunnen significante effecten aan de orde zijn op de grondwaterstanden en grondwaterfluxen (kwel/wegzijing) in de omgeving, zowel binnen- als buitendijks. Er kan sprake zijn van drainerende of infiltrerende werking van de rivier. Afhankelijk van de hydrologische omstandigheden van de omgeving en het specifieke landgebruik (landbouw, natuur, stedelijk gebied) kan dit gevolgen hebben voor verdroging of vernatting. Er kunnen zich bijvoorbeeld risico's voordoen voor stabiliteit van binnendijkse bebouwing en voor minder of juist meer waterbeschikbaarheid (bij infiltrerende situatie) voor de land, tuin- en fruitbouw en natuur met zich mee.
- Een verlaging van de bodemligging heeft effect op de laagwaterstanden (direct en indirect via een herverdeling van de laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) over de rivierafvoer over de splitsingspunten). De laagwaterstanden op het bochtige Waaltraject zullen lager worden. Dit heeft een negatieve invloed op:

- bevaarbaarheid: er ontstaan verminderde vaardiepten doordat er drempels ontstaan doordat het rivierbed niet overal zakt. Zo zakt de rivierbodem niet ter plaatse van de kabels & leidingen-straten die onder de rivierbodem liggen. Op het traject bevindt zich een groot aantal kabels en leidingen. Ter plaatse van deze kabels & leidingen mag niet gebaggerd worden, waardoor ook hier drempels ontstaan in het riviersysteem die tot ondieptes vormen voor de scheepvaart. Daarnaast zakken ook de sluisdrempels van infrastructuur in het aangrenzende scheepvaartnetwerk niet mee met de rivierbodem. Hierbij kan op dit traject gedacht worden aan de betonnen sluisdrempel van schutsluis Bernardsluis (de ingang van het Amsterdam-Rijnkanaal). De aangrenzende scheepvaarnetwerken hebben naast drempelvorming ook last van versnelde aanslibbing in havens door verminderde werking van de eieren van Thijsse¹. Bij de ingang van het Amsterdam-Rijnkanaal bevindt zich een dergelijke constructie. Het functioneren van de eieren van Thijsse wordt negatief beïnvloed door grootschalig morfologisch gedrag in de rivier. Het resultaat is dat havens en kanaalmonden (sneller) dichtslibben. Dit resulteert in extra baggerwerkzaamheden.
- waterbeschikbaarheid vanwege lagere waterstanden ter plaatsen van waterinnamepunten;
- natuur & waterkwaliteit omdat uiterwaarden minder vaak en minder langdurig instromen en de grondwaterpeil zakt, waardoor de natuur verdroogt.

Klimaatverandering en effect op de toestand van de rivier

De effecten van klimaatverandering zijn veelzijdig. Klimaatverandering heeft onder andere effect op de hoge en lage rivierafvoeren. Verwacht wordt dat extreme lage en hoge rivierafvoeren vaker voorkomen en langduriger aanhouden. Op basis van de meest extreme klimaatscenario's van het KNMI zijn de effecten op hoog- en laagwaterstanden voor de Midden-Waal in beeld gebracht. Voor laagwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het droge KNMI '14 scenario - Wh-dry. Voor hoogwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het KNMI '06 - W+.

Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de waterstandeffecten tot 2050.

	waterstand in 2050 door klimaatverandering
Effect op laagwaterstanden	- 40 cm
Effect op hoogwaterstanden	+ 36 cm

Tabel 2 Effect op waterstanden in 2050 door klimaatverandering

¹ Ter plaatse van diverse aansluitingen van havens en kanalen op de Rijntakken bevinden zich eivormige verbredingen aan de kant van kanaalmonden of binnenvaarthavens, vaak in combinatie met stroomgeleiders of voorhavendammen. Deze eivormige verbredingen worden 'eieren van Thijsse' genoemd. In de eivormige ruimte tussen deze dammen is het water voortdurend in beweging waardoor zich geen sediment kan afzetten in kanalen of havens met stilstaand water. Daarnaast kunnen de stroomgeleiders of voorhavendammen door beïnvloeding van de stroming ook zorgen voor een uitschurende werking in het zomerbed waardoor er een geleidelijke overgang ontstaat van een diep kanaal naar een ondiepe rivier.

3 Beleidsopties rivierbodem Rijn

Hieronder volgt een overzicht van potentiële beleidsopties en de implicaties voor de Midden-Waal. De potentiële beleidsopties zijn generiek voor alle riviertrajecten en gaan in op het herstel van de sedimenthuishouding en beheer van de rivierbodempligging. Een uitgebreide probleemanalyse in de PlanMER moet meer inzicht geven in de effecten van veranderingen in het systeem met en zonder ingrijpen, inclusief de revenuen van actief ingrijpen.

Het effect van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 is kort beschreven en in context geplaatst met de effecten van klimaatverandering. Tabel 3 toont de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050: bodempligging, hoog- en laagwaterstanden.

Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bodemtrend zet zich in de situatie zonder ingrijpen voort met een erosie van 1,1 cm per jaar
- De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodem mee. Op basis van een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Midden-Waal resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 35%.
- De laagwaterstanden veranderen 1-op-1 met de rivierbodem mee, al het water staat dan immers in het zomerbed.
- De verdeling van de laagwaterafvoer verandert geleidelijk door het ongelijkmatig zakken van de rivierbodem in de Rijntakken. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Met deze geleidelijke verandering uit het verleden is rekening gehouden in de beleidsopties. De verandering in laagwaterverdeling zet door als niet wordt ingegrepen. En wordt teniet gedaan als de rivierbodem wordt hersteld naar een bodempligging uit het verleden.
- Bij de effecten per beleidsoptie gaan ervan uit dat de bovenstrooms en benedenstrooms gelegen trajecten dezelfde beleidsoptie van toepassing is.

Potentiële beleidsopties

A – Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk

In de basisreferentie wordt huidig beleid en beheer gecontinueerd en op de Midden-Waal niet actief ingrijpen op de sedimenthuishouding en de rivierbodemontwikkelingen.

- Bodemtrend zet zich voort met een erosie van gemiddeld 1,1 cm per jaar.
- Huidig sedimentbeheer t.a.v. baggeren en terugstorten wordt voortgezet.
- Geen beleid t.a.v. bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport of het beperken of stoppen van grootschalige bodemerosie.
- Beheer en onderhoud verandert niet en blijft gericht op het lokaal verhelpen problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid.

In hoofdstuk 2 staat beschreven welke invloed dit heeft op de bodempligging, hoogwaterstand en laagwaterstand in 2050.

B - Herstel sedimenthuishouding ter ondersteuning van rivierbodempligging

Deze beleidsoptie richt zich op het herstel van de sedimenthuishouding. Dit kan door netto sedimentonttrekking uit het zomerbed niet meer toe te staan en het bevorderen van het (doorgaand) sedimenttransport. Er wordt niet actief gestuurd op een specifieke rivierbodempligging. De beleidsoptie draagt bij aan herstel van de sedimenthuishouding en zal zorgen voor een afname van de bodemtrend. Het is niet duidelijk in welke mate de trend afneemt.

- De bodemtrend zal naar verwachting kleiner zijn dan een erosie van 1,9 cm per jaar. Het is niet bekend in welke mate. Niet gericht op het nastreven van een specifieke rivierbodempligging.
- Dit kan gerealiseerd worden door behoud van sediment in het zomerbed, herstel van verstoringen in sedimentbalans sedimenthuishouding en bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.
- Dit kan gerealiseerd worden door behoud van sediment in het zomerbed, herstel van verstoringen in sedimentbalans en bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- **Rivierbodempligging** De bodem van het zomerbed van de Waalbochten ligt in 2050 tussen 0- 33 cm lager dan nu. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van maximaal -1,1 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.
- **Laagwaterafvoer** De afvoerverdeling onder normale omstandigheden en bij laagwater wijzigt geleidelijk. Doordat de Waalbodem sneller is gezakt dan de rivierbodempligging op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Als de bodemtrends op alle Rijntrajecten door herstel van sedimenthuishouding afnemen, zal ook de afvoerverdeling in de toekomst minder wijzigen. In welke mate dat gebeurt, is niet duidelijk. Aanname is dat de laagwaterafvoer van de Waal in de periode tot 2050 tussen de 0 en 40 m³/s zal toenemen.
- **Hoogwaterstand** Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert. De hoogwaterstanden zakken met de rivierbodempligging mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Waalbochten resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 35%. Een daling van het zomerbed tussen 0 - 33 cm betekent hierdoor een daling van hoogwaterstanden tussen 0 - 12 cm.
- **Laagwaterstand** De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodempligging en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verlaagde rivierbodempligging neemt de laagwaterstand tussen 0 - 33 cm. Op basis van de betrekkinglijn is bepaald dat laagwaterstanden als gevolg van de veranderende afvoer bij de Midden-Waal tussen 0 - 10 cm toenemen. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal tussen 0 - 23 cm af.

C – Huidige bodem zomerbed handhaven

Deze optie is gericht op het stoppen van de grootschalige bodemerosie en het handhaven van de rivierbodempligging op het huidige niveau.

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar en het zomerbed wordt op het niveau van 2020 gehouden..

- Dit kan gerealiseerd worden door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De rivierbodempligging verandert niet, en blijft gelijk aan de bodempligging van 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer verandert niet meer.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen niet meer.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet meer.

D - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 10 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerrosie, het terugbrengen van de rivierbodempligging in het zomerbed naar de situatie van 10 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 10 jaargeleden past bij de uitgangspunten in het programma KRW (ecologische toestand van 2009 mag niet verslechteren) en WBI/OI-2017 programma (hydraulische ontwerpbelasting op dijken is gebaseerd op de bodem van 2013).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Midden-Waal daalt jaarlijks met 1,1 cm. Met deze trend had de bodem van de Midden-Waal 10 jaar geleden 11 cm hoger gelegen. De rivierbodempligging komt met deze optie 19 cm hoger te liggen dan in 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer neemt af met 13 m³/s. Doordat de Waalbodempligging sneller zakt dan de rivierbodempligging op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Door het terugbrengen van de bodem naar 10 jaar geleden, wordt waterverdeling bij laagwaterafvoer deels herstelt (1/3 deel). Dit maakt dat, ten opzichte van 2020, de laagwaterafvoer met 13 m³/s afneemt.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzigt de afvoer over de takken niet. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodempligging mee. Een verhoging van het zomerbed met 11 cm betekent hier een verhoging van hoogwaterstanden met 4 cm.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodempligging en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verhoogde rivierbodempligging neemt de laagwaterstand met 11 cm toe. Op basis van

de betrekkinglijn is bepaald dat laagwaterstanden als gevolg van de veranderende afvoer bij de Midden-Waal met 3 cm afnemen. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 8 cm toe.

E - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 20 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerrosie, het terugbrengen van de rivierbodem in het zomerbed naar de situatie van 20 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodemligging. De bodemligging van 20 jaar geleden past bij de uitgangssituatie van het programma Ruimte voor de Rivier (herinrichtingen zijn ontworpen op bodemligging van 1997) en sluit aan bij de bodemligging die Duitsland wil handhaven (bodemligging van 2000).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodemligging De bodem van het zomerbed van de Midden-Waal daalt jaarlijks met 1,1 cm. Met deze trend had de bodem van de Midden-Waal 20 jaar geleden 22 cm hoger gelegen. De rivierbodem komt met deze optie 38 cm hoger te liggen dan in jaar 2020.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door de verandering van de rivierbodem en de verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Door het terugbrengen van de bodem naar 20 jaar geleden, wordt waterverdeling bij laagwaterafvoer deels herstelt (2/3 deel). Dit maakt dat, ten opzichte van 2020, de laagwaterafvoer met 27 m³/s afneemt.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzigt de afvoer over de takken niet. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodem mee. Een verhoging van het zomerbed met 22 cm betekent hier een verhoging van hoogwaterstanden met 8 cm.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodem en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verhoogde rivierbodemligging neemt de laagwaterstand met 22 cm toe. Op basis van de betrekkinglijn is bepaald dat laagwaterstanden als gevolg van de veranderende afvoer bij de Midden-Waal met 7 cm afnemen. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 15 cm toe.

Samenvatting van de effecten op de toestand van de rivier per beleidsoptie

Tabel 3 geeft een samenvatting van de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050.

	Rivierbodem -ligging	Laagwater- afvoer	Hoogwater- stand	Laagwaterstanden		
				Rivier- bodem	Laagwater- afvoer	TOTAAL
A. Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk	- 33 cm	+ 40 m ³ /s	- 12 cm	- 33 cm	+ 10 cm	- 23 cm
B. Herstel Sedimenthuis- houding	- 33 ~ 0 cm	0 ~ 40 m ³ /s	- 12 ~ 0 cm	- 33 ~ 0 cm	0 ~ 10 cm	- 23 ~ 0 cm
C. Huidige bodem zomerbed handhaven	0 cm	0 m ³ /s	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
D. Bodem zomerbed herstellen naar 10 jaar geleden	+ 11 cm	- 13 m ³ /s	+ 4 cm	+ 11 cm	-3 cm	+ 8 cm
E. Bodem zomerbed herstellen naar 20 jaar geleden	+ 22 cm	- 27 m ³ /s	+ 8 cm	+ 22 cm	-7 cm	+15 cm

Tabel 3 Veranderingen in de toestand van de rivier in de Midden-Waal in de periode tot 2050 bij vijf principeopties voor de rivierbodempligging

Klimaatverandering heeft invloed op de effecten

Het klimaateffect is voor elke beleidsoptie gelijk (negatieve effecten op zowel hoog- als laagwater) en daardoor niet onderscheidend. De effecten van klimaatverandering op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 staat in hoofdstuk 2.2 beschreven.

De effecten van bodemontwikkelingen worden door klimaatverandering verder versterkt.

- Het teniet doen van de bodemontwikkeling uit het verleden levert een verhoging van de hoogwaterstanden en vraagt om compensatie van het hoogwatereffect. Klimaatverandering zorgt ook voor een verhoging van hoogwaterstanden. Het actief rivierbodembeheer i.c.m. het klimaateffect levert een aanzienlijke verhoging van de hoogwaterstanden.
- Het actief beheren van de rivierbodem of het ophogen en terugbrengen van de rivierbodem naar een ligging uit het verleden werkt positief door op laagwaterstanden. Bodemhandhaving levert een relatieve verhoging van laagwaterstanden (dus functiewinst) op, maar in combinatie met klimaatveranderingen nemen de laagwaterstanden in absolute zin af.

4 Beleidsopties Afvoercapaciteit

Hieronder wordt inzichtelijk gemaakt welke potentiële beleidsopties te onderscheiden zijn m.b.t. de strategische beleidskeuze omtrent extra afvoercapaciteit: principeopties voor behoud en versterking van afvoercapaciteit, en met wat dat zou vragen aan te realiseren waterstandsaling.

In de QuickScan afvoercapaciteit is voor de gehele Rijn in beeld gebracht welke vraag naar extra afvoercapaciteit er is voor het zichtjaar 2050 (welke initiatieven, plannen en ontwikkelingen vragen om vergroting van afvoercapaciteit?) en welke aanbod gecreëerd kan worden (hoe kunnen we dat realiseren?). In onderstaande onderdelen zijn de belangrijkste resultaten uit de QuickScan Afvoercapaciteit gesommeerd. Nadere details zijn in de QuickScan zelf terug te lezen.

Vraag naar extra afvoercapaciteit

De vraag naar extra afvoercapaciteit is vertaald naar waterstandseffecten en komt voort uit de volgende onderdelen:

Waterveiligheid: Relevante aspecten voor het bepalen van de vraag voor afvoercapaciteit voor deze categorie zijn:

- Klimaatopgave²: Waterstandeffect voortkomend uit verhoogde afvoeren als gevolg van klimaatverandering.
- Buitendijks versterken: Opstuwing veroorzaakt door het buitenwaarts versterken van dijktrajecten.
- Kwetsbare of waardevolle dijktrajecten: op verschillende plekken is de wens om deze specifieke plekken te ontzien van dijkverhogingen. Deze categorie is opgebouwd uit de normopgave 2015 en de klimaatopgave en bevat daarmee de volledige hoogteopgave uit het HWBP voor die trajecten.

N.b. de hoogteopgave voortvloeiend uit de normering, buiten de kwetsbare dijktrajecten, is dus niet opgenomen. Deze vormt onderdeel van het HWBP.

Natuurontwikkelingen: Betreft de vraag ter compensatie van waterstandseffecten door verruwing binnen natuurontwikkeling i.h.k.v.:

- Natura2000 (N2000)
- Natuurnetwerk Nederland (NNN)
- Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW)

N.b. KRW Kaderrichtlijn water is niet meegenomen in deze Quicksan, omdat hiervan is uitgegaan dat deze waterstandsneutraal worden gerealiseerd.

² Het effect van klimaatverandering op hoogwaterstanden wijkt hier af van de inschatting in paragraaf 3. Dit komt doordat bij het specificeren van de vraag naar afvoercapaciteit t.b.v. klimaatverandering alleen gekeken is naar de traject-onderdelen die nog niet op het niveau van een verkenning zijn uitgewerkt in de programmering van het hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP, d.d. oktober 2020. Voor de reeds geprogrammeerde dijkversterkingsprojecten in het HWBP is de klimaatvraag op nul gezet. Het uitgangspunt is dat het HWBP op die trajecten de dijken zodanig versterkt dat ze voldoen aan de nieuwe waterveiligheidsnormen en de toekomstige klimaatverandering op kunnen vangen. Dit is in paragraaf 3 niet nader gespecificeerd en dient in het vervolg van IRM nader uitgewerkt te worden.

Nieuw rivierbodembeleid: Betreft de vraag om het effect van mogelijk nieuw beleid voor rivierbodembeleid. Voor dit aspect is het effect op hoogwaterstanden als de rivierbodem van 20 jaar terug wordt hersteld en gehandhaafd als uitgangspunt genomen.

Gebiedsontwikkelingen: Betreft de vraag om lokale en regionale initiatieven en ontwikkelingen met een mogelijk waterstandverhogend effect te compenseren.

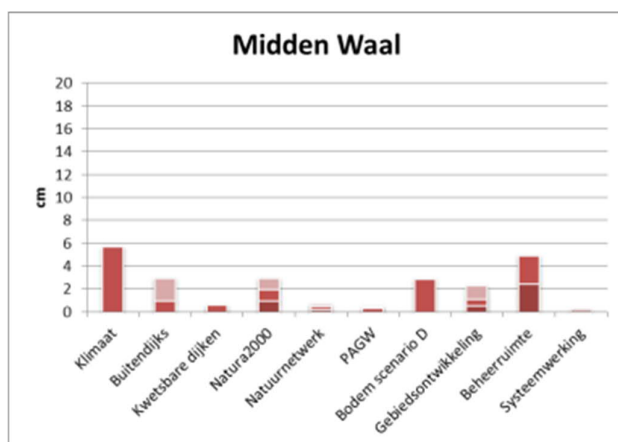
Beheerruimte: Betreft een marge of robuustheidstoeslag voor de rivierbeheerder, zodat hij in geval van (tijdelijke) beperkte veranderingen in het riviersysteem en daarbij gepaarde waterstandseffecten als gevolg van natuurlijke processen (morfologische en/of vegetatie ontwikkelingen) en menselijke ingrepen niet direct hoeft in te grijpen.

Rivierkundige systeemwerking: Betreft effecten die voortkomen uit keuzes ten aanzien van de inrichting van het riviersysteem en eisen en wensen aan die inrichting vanwege effecten die in het gehele Nederlandse riviersysteem spelen. Voor de Rijn gaat het om vragen vanuit de hoogwater afvoerverdeling over de Rijntakken en de beheersing van die afvoerverdeling.

Resultaten

Figuur 2 geeft de trajectgemiddelde waarden per aspect. Zo kan eenvoudig worden afgelezen uit welke aspecten de belangrijkste vragen op dit traject naar voren komen. Voor de Midden-Waal zijn klimaat, natuur en beheerruimte de belangrijkste vragers. Indien beschikbaar, zijn ook de minimale en maximale vraag in beeld gebracht.

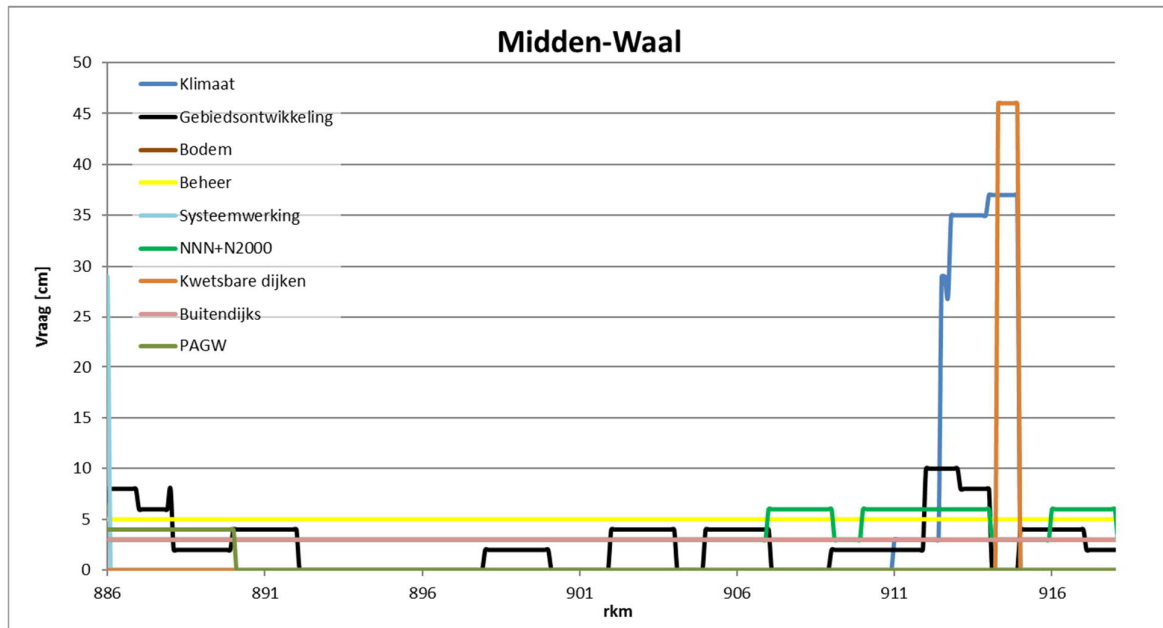
De vraag naar extra afvoercapaciteit is onzeker. Daarom zijn voor een aantal aspecten door deskundigen inschattingen gedaan van de onzekerheid in de vraag, resulterend in een minimale, een gemiddelde en maximale vraag. Voor de overige aspecten is slechts 1 waarde beschikbaar.



Figuur 2. De afzonderlijke vragen naar waterstandsdeling: indicatie van de onzekerheid in de trajectgemiddelde vraag: naast een basisinschatting is door deskundigen een lagere (donker) en hogere (licht) inschatting gegeven.

Het ruimtelijk verloop van de vraag voor de verschillende categorieën is weergegeven in figuur 3.

Opvallend is de grote piek van het ontzien van kwetsbare dijktrajecten op rivierkilometer 915 en bovenstrooms vanuit klimaat. Op dit traject spelen meerdere gebiedsontwikkelingen, die tot max. 10 cm vraag opleveren.



Figuur 3. Ruimtelijke variatie van de afzonderlijke vragen naar waterstandsvaling

Principeopties voor omgaan met afvoercapaciteit

Potentiële opties voor beleid voor omgang met afvoercapaciteit variëren van behoud van de huidige afvoer- en bergingscapaciteit tot omvangrijke uitbreiding ervan. Bij behoud wordt extra te realiseren verruiming ingezet voor om rivierfuncties en –ontwikkelingen anders dan waterveiligheid mogelijk te maken, bij uitbreiding komt een deel van de te realiseren verruiming ten goede aan werkelijke vergroting van afvoer- en bergingscapaciteit. Hieronder worden de beleidsopties verder beschreven.

I – Behoud van afvoercapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie I wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten van programma's en ontwikkelingen in het kader van bestaand beleid en/of reeds gemaakte keuzes voor riviergebonden functies binnen IRM te compenseren. Die effecten worden op dit moment conform de Beleidslijn Grote Rivieren binnen elk project/programma afzonderlijk gecompenseerd. Hiermee wordt de huidige afvoercapaciteit behouden, waterstandsvaling wordt ingezet als compensatie voor vermindering van de afvoercapaciteit. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Natuurontwikkeling vanuit Natura 2000 en Natuurnetwerk;
- Gebiedsontwikkelingen conform huidig beleid.

II - Uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie II wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten vanuit huidige beleid en vanuit programma's en ontwikkelingen binnen nog te formuleren en vast te stellen beleidsontwikkelingen binnen IRM te compenseren. Hiermee wordt waterstandsvaling niet alleen ingezet als compensatie voor verlies aan afvoercapaciteit, maar wordt de afvoercapaciteit ook vergroot doordat het elementen bevat die bijdragen aan waterveiligheid en daarmee in potentie de HWBP-opgave kunnen verminderen³. Dit betreft het ontzien van kwetsbare en bijzondere

³ Volledige invulling van de hoogwaterveiligheidsopgave via rivierverruiming is niet in de beleidsopties opgenomen. Dit is een uitvloeisel van eerdere MKBA-analyses in LTAR-tijd.

dijktrajecten indien aanwezig in het specifieke traject, en opgaven vanuit de werking van het riviersysteem. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Buitendijks versterken vanuit HWBP;
- Natuurontwikkeling vanuit PAGW;
- Nieuw beleid voor ligging en beheer van de rivierbodem;
- Beheerruimte of robuustheidstoeslag;
- Gebiedsontwikkelingen waarvoor nog geen beleid is vastgesteld;
- Opgaven vanuit de werking van het riviersysteem: de instelling en beheersing van de afvoerverdeling op de Rijntakken.

III Omvangrijke uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken en de klimaatopgave met rivierverruiming trotseren

Met principeoptie III wordt naast rivierverruiming ook ingezet op het opvangen van de klimaatopgave via een aanzienlijke uitbreiding van de afvoercapaciteit. We onderscheiden binnen deze principeoptie twee varianten:

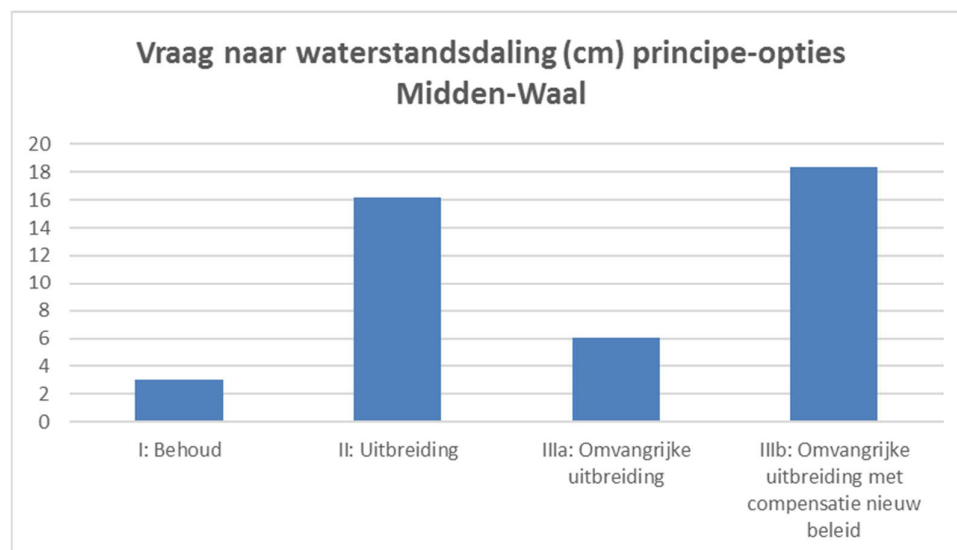
- IIIa: Opgaven vanuit bestaand beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder I)
- IIIb: Opgaven vanuit bestaand en nieuw beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder II).

Totaalbeeld principeopties Afvoercapaciteit

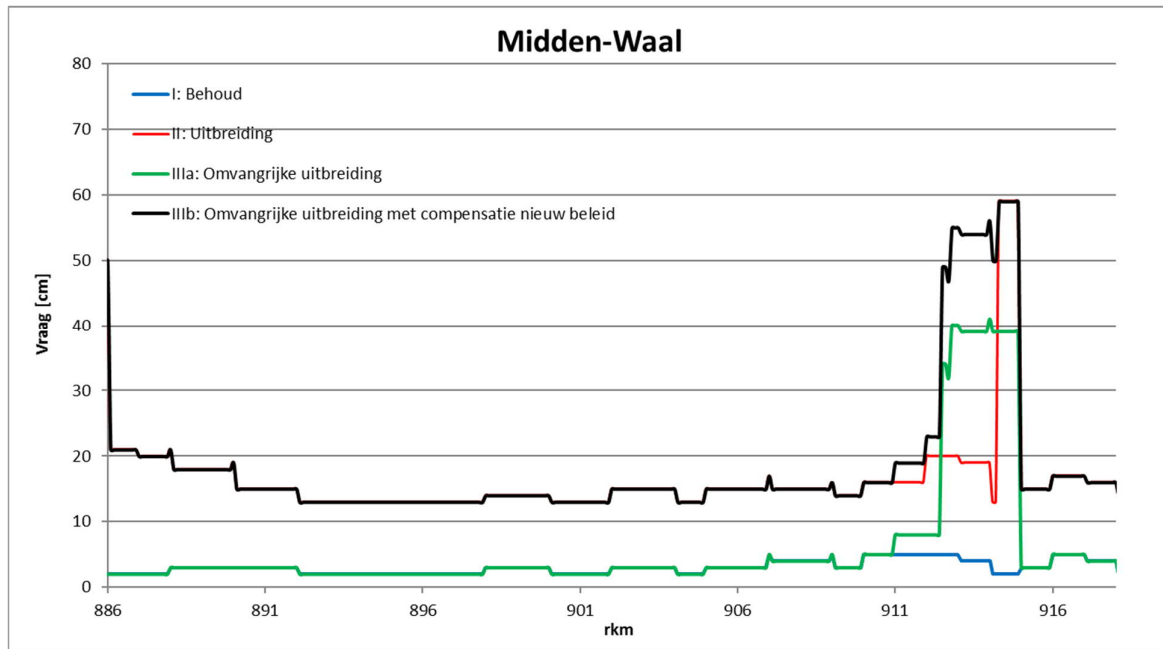
Onderstaande tabel en figuren laten zien wat de te realiseren waterstandsddaling zou zijn binnen de verschillende principeopties, als trajectgemiddelde waarden, alsmede de ruimtelijke variatie.

Riviertraject Midden-Waal	Principeopties (cm)			
	I	II	IIIa	IIIb
Trajectgemiddeld	3	16	6	18
Minimum	2	13	2	13
Maximum	5	59	39	59

Tabel 4 Principeopties afvoercapaciteit, benodigde cm's waterstandsddaling



Figuur 4. Benodigde cm's waterstandsddaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit



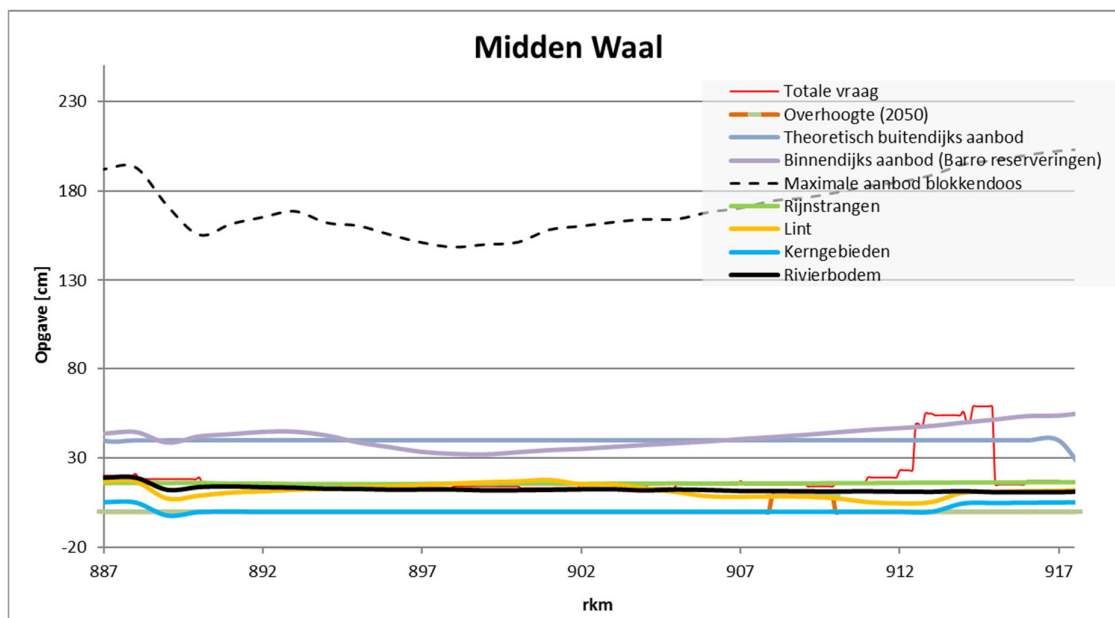
Figuur 5. Ruimtelijke variatie van de benodigde cm's waterstandsdeling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit

Het aanbod van afvoercapaciteit

Er is een globaal overzicht gemaakt van het mogelijke te creëren aanbod aan extra afvoercapaciteit in het rivierensysteem. Dit is gedaan op basis van een theoretische beschouwing van principe-maatregelen en eerder uitgevoerde verkenningen in het kader van het Deltaprogramma waarin binnendijkse en buitendijkse rivierverruimende maatregelen in beeld zijn gebracht. Dit resulteert in het volgende overzicht:

1. Afvoercapaciteit in het rivierensysteem die benut kan worden door de aanwezigheid van overhoogte in de dijken;
2. Afvoercapaciteit die maximaal (theoretisch) te realiseren met buitendijkse maatregelen. Dit is ingeschat op basis van een theoretische beschouwing, uitgaande van toepassing van een effectieve buitendijkse principe-maatregel voor rivierverruiming. Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
3. Afvoercapaciteit die te realiseren is door het inzetten van maatregelen in binnendijkse gebieden met een Barro reservering;
4. Afvoercapaciteit die te realiseren is met alle maatregelen die in het kader van het Deltaprogramma in beeld zijn gebracht en opgenomen zijn in de Blokkendoos (optelsom van combinatie van alle rivierverruimende maatregelen). Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
5. Afvoercapaciteit die te realiseren is met de maatregelpakketten die in het kader van het Deltaprogramma Rivieren zijn opgesteld (bestaande uit een combinatie van buitendijkse en binnendijkse ingrepen). Voor de Rijn zijn drie maatregelpakketten samengesteld: a. pakket Rijnstrangen, b. pakket Lint, en c. pakket Kerngebieden.

Onderstaand figuur toont de afvoercapaciteit die op basis van bovenstaande rubrieken te creëren is voor het traject Midden Waal. Daarnaast is de maximale totale vraag (principe optie IIIb) opgenomen om een eerste vergelijking te kunnen maken met de verschillende aanbod varianten.



Figuur 6. De totaalvraag naar extra afvoercapaciteit samen met het mogelijk te creëren extra aanbod aan afvoercapaciteit langs het traject.

De belangrijkste conclusies, die hieruit kunnen worden getrokken zijn:

1. Overhoogte is nauwelijks aanwezig en kan dus nauwelijks een bijdrage leveren aan het opvangen van de totale vraag;
2. Met de theoretische beschouwing is afgeleid dat middels grootschalige buitendijkse rivierverruimingsmaatregelen (bv. Uiterwaardverlagingen en de aanleg van nevengeulen) de gehele vraag voor het grootste deel kan worden opgevangen, behalve het traject tussen rivierkilometer 912 - 915;
3. De Barro reserveringen zijn hier dusdanig van omvang dat deze de gehele vraag zou kunnen opvangen, op de lokale piek rond rivierkm 915 na.
4. Alle Blokkendoosmaatregelen tezamen in dit traject kunnen de totale vraag ruimschoots opvangen. Hier is nadere differentiatie nodig.
5. Bestaande maatregelpakketten uit de LTAR, vooral Lint en Rijnstrangen kunnen een groot deel van de totale vraag opvangen, behalve het traject tussen rivierkilometer 912 – 915.

5 Combinatie van potentiële beleidsopties Rivierbodempligging en Afvoercapaciteit

De potentiële beleidsopties voor Rivierbodem en Afvoercapaciteit kunnen niet los van elkaar beschouwd worden. Dit hoofdstuk laat de onderlinge samenhang zien.

Rivierbodem --> afvoer- en bergingscapaciteit

Beleidsopties waarbij de erosie van de rivierbodem wordt stopgezet danwel de bodempligging omhoog wordt gebracht hebben invloed op de hoogwaterstanden. Binnen de huidige versterkingsopgave wordt een vaste bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt niet geanticipeerd op de bodemontwikkeling. Welke bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt, wordt bepaald per waterschap en kan verschillen per riviertraject. Een substantiële verhoging van het rivierbed kan effect hebben op de versterkingsopgave. De beleidsopties waarbij de bodem substantieel omhoog worden gebracht kunnen dus om extra afvoercapaciteit vragen. Het eroderen van de rivierbodem kan extra afvoercapaciteit creëren.

Met andere woorden, indien gekozen wordt voor rivierbodembeleid waarbij de rivierbodem 10 of 20 jaar terug wordt gebracht, wordt dit onderdeel van beleidsopties II en IIIb voor beleid t.a.v. afvoer- en bergingscapaciteit.

Afvoer- en bergingscapaciteit --> rivierbodem

De keuze voor de mate van te realiseren waterstandsdeling (m.a.w. de mate van rivierversuiming) kan ook een effect hebben op de bodem. Daar waar rivierversuiming plaatsvindt met maatregelen die zorgen voor een regelmatige afname van de afvoer door het zomerbed, verandert op lange termijn het evenwichtsprofiel van het zomerbed. Het zomerbed komt hier uiteindelijk omhoog. Hoe groter en meer rivierversuiming plaatsvindt, hoe meer dit bijdraagt aan het verminderen van bodemerosie.

Naast fysieke maatregelen is sedimentmanagement nodig om op korte termijn het gewenste bodemniveau te bereiken. Indien op korte termijn een bodempligging uit het verleden gehandhaafd gaat worden is een initiële suppletie noodzakelijk om deze verhoging op korte termijn te kunnen realiseren.

1 Ligging

Het traject Beneden-Waal loopt van Tiel Passewaaij (km 917,5) tot aan Woudrichem (km 953) bij de aantakking van de Afdamde Maas. Het traject is ruim 35 km lang. Het zomerbed wordt begrensd door kribben, langsdammen en de uiterwaarden variëren aanzienlijk in breedte. Op de rivierbocht bij St. Andries na, is de loop van het riviertraject vrij recht met zeer flauwe rivierbochten. Vanaf St. Andries wordt de invloed van de Noordzee merkbaar door getijdewerking.

Op het gehele traject zijn de kribben in het kader van het programma Ruimte voor de Rivier verlaagd. Op het traject Wamel – Ophemert (km 911 – 922) zijn de kribben in twee binnenbochten van de Waal zelfs geheel verwijderd en vervangen door langsdammen. De langsdammen liggen parallel aan de stroomrichting van de rivier en deelt de rivier in een brede hoofdgeul en een oevergeul.

In het verleden waren de Maas en Waal bij Heerewaarden verbonden en werd een deel van het Waalwater via de Maas werd afgevoerd.

In figuur 1 is de ligging van het traject weergegeven.



Figuur 1 Ligging van Beneden-Waal

2 Blik op het traject

Dit hoofdstuk bevat een beknopte beschrijving van de riviergebonden functies van dit traject. Het beschrijft de essentie van wat er speelt m.b.t. hoogwaterveiligheid, bevaarbaarheid, waterbeschikbaarheid, natuur & waterkwaliteit. dit betreft geen uitgebreide beschrijving van de opgaven. Een uitgebreid beeld op de rivieren met de opgave volgt in het Beeld op de Rivieren dat in het kader van IRM wordt ontwikkeld.

Na de essentie van wat er speelt, volgt een beschrijving van de bodemontwikkelingen en de veranderingen in klimaat, de invloed hiervan op de toestand van de rivier (rivierbodempligging, hoog- & laagwaterstanden), en de doorwerking op de riviergebonden functies.

2.1 Wat speelt er met betrekking tot de riviergebonden functies?

Hoogwaterveiligheid

Uiterwaarden dragen bij aan waterveiligheid door waterafvoer te faciliteren, dijken beschermen dit gebied tegen overstromingen. Door een aantal maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier, Stroomlijn, KRW en NURG is de afvoercapaciteit vergroot. In het kader van het programma Ruimte voor de Rivier zijn langs het gehele traject de kribben met een halve tot anderhalve meter verlaagd. De kribben staat hierdoor zo'n honderd dagen per jaar boven water terwijl ze voor de verlaging zo'n tweehonderdvijftig dagen boven water stonden. Op het traject Wamel – Ophemert (km 911 – 922) zijn de kribben in twee binnenbochten van de Waal zelfs geheel verwijderd en vervangen door langsdammen. Doel van de langsdammen is om verbeteringen voor de bevaarbaarheid, waterveiligheid, zoetwatervoorziening en natuur te realiseren. Daarnaast hebben de langsdammen als doel om de doorgaande bodemerosie op het traject (ongeveer 1 cm per jaar) tegen te gaan. De langsdammen zijn als pilot aangelegd en heeft een uitgebreid monitorings- en onderzoeksprogramma.

Bij Brakel is er een rivierverruimende maatregel uitgevoerd, bestaande uit uiterwaardverlaging in de Brakelse benedenwaarden en de dijkverlegging Munnikenland. Als resultaat van het MIRT onderzoek Varik-Heesselt is in 2019 besloten om de dijkverlegging op deze plek nu nog niet uit te voeren. Binnendijkse gebieden bij Brakel en Varik hebben een ruimtelijke reservering (Barro) t.b.v. hoogwaterveiligheid op de lange termijn. Besloten is de Barro reservering bij Varik vooralsnog in stand te houden en in het kader van IRM te onderzoeken of deze reservering op de lange termijn ingezet moet worden.

De primaire waterkeringen in dit traject voldoen niet aan de geldende norm voor waterveiligheid en zullen opnieuw versterkt moeten worden. De maximaal toelaatbare overstromingskans voor de dijken aan de noordzijde is 1/10.000^{ste} per jaar. De maximaal toelaatbare overstromingskans voor de dijken aan de zuidzijde varieert tussen 1/3.000^{ste}, 1/10.000^{ste} en 1/30.000^{ste} per jaar. Om aan de normen te voldoen zijn dijkversterkingen en dijkverhogingen voorzien. De verbetering van de dijken aan de noordzijde zijn voor 2028 opgenomen in de HWBP programmering. De resterende dijken aan de zuidzijde zijn iets later aan de beurt (2028-2050). Verwacht wordt dat een deel van de dijkversterking buitenwaarts zal gebeuren (in de richting van de uiterwaarden).

Naar verwachting zal IenW in 2021 een besluit nemen m.b.t. de herijking van het beleidsuitgangspunt afvoerverdeling Rijntakken bij hoogwater. De herijking gaat over de vraag hoe

de in beleid vastgelegde afvoerverdeling bij hoogwater in praktijk vorm krijgt. Hierbij is het uitgangspunt de beleidsafpraak dat de Lek boven een Rijnafvoer van 16.000 m³/s bij Lobith wordt ontzien. Onderdeel van het realiseren van de beleidsmatig afgesproken afvoerverdeling is de instelling van de regelwerken op de splitsingspunten. Afhankelijk van de gekozen afvoerverdeling en bijbehorende instelling van de regelwerken kan dit een verhoging of verlaging van de hoogwaterstanden langs de Waal betekenen (t.o.v. de hydraulische belasting in het OntwerpInstrumentarium van het HWBP). Bij instelling van de regelwerken op een Rijnafvoer van 18.000 m³/s nemen de hoogwaterstanden langs de Waal bij een Rijn-afvoer 16.000 m³/s met ongeveer 23 cm toe. Dit is vergeleken met de waterstanden op de Waal bij een afvoer van 16.000 m³/s en de instelling van de regelwerken op 16.000 m³/s (de huidige situatie).

Binnen IRM wordt voorsnog de huidige beleidsmatige hoogwater afvoerverdeling met bij behorende instellingen van de regelwerken als uitgangspunt gehanteerd.

Op diverse locaties is het rivierbed vrij smal en wordt de Beneden-Waal ingesnoerd. Dit zijn lokale hydraulische knelpunten in het systeem die ook wel lokale flessenhalzen worden genoemd. Het gaat om de locaties ter plaatse van km 921, 927, 939 en 951 en 955. Behoud van ruimte (dus voorkomen/oplossen van knelpunten) is bij de ruimtelijke inrichting en ontwikkeling van het riviersysteem is een blijvend aandachtspunt.

Het doorgroeien en uitbreiden van begroeiing in het rivierbed kan leiden tot te hoge hoogwaterstanden. De Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwing van begroeiing) is toegestaan. De Vegetatielegger is onderdeel van de Legger Rijkswaterstaatswerken. De Waterwet regelt de leggerplicht van alle waterstaatswerken. In de vorm van overzichtskaarten en regels zijn normen gespecificeerd voor vegetatie in het rivierbed ten behoeve van hoogwaterveiligheid en waterkwaliteit.

Bevaarbaarheid

De Waal behoort tot de belangrijkste scheepvaartwegen van Europa. Om de bevaarbaarheid in het bochtige riviertraject van St. Andries te verbeteren is halverwege de jaren '90 een vaste laag van stortstenen aangebracht in de buitenbocht. De vaste laag beïnvloedt het stroombeeld in de bocht, waardoor de aanzanding in de ondiepe binnenbocht wegschuurt en de vaardiepte in de binnenbocht toeneemt. Daardoor is de bevaarbaarheid in de bocht verbeterd. Desondanks vormt de bocht nog steeds regelmatig een knelpunt voor de scheepvaart. Dit komt doordat bij de overgang van de vaste laag naar het normale rivierbed, het stroombeeld zich herstelt en de sterke bochtstroming dwars op de rivier bij hoge rivierafvoeren een zandbank vormt in de binnenbocht. Deze zandbank veroorzaakt bij lage rivierafvoeren een vaardiepteprobleem.

De rivierbocht bij St. Andries met de vaste laag bevindt zich in een licht aanzandend gebied. Anders dan bij de vaste laag bij Nijmegen (die in een eroderend traject ligt) vormt de vaste laag geen hoogliggend obstakel in een weggezakt rivierbed. Van drempelvorming door de vaste laag als gevolg van het grootschalig eroderen van het rivierbed is hier dus geen sprake. Wel is er direct benedenstrooms van de vaste laag sprake van een diepe erosiekuil aan de linkeroever en een ondiepte aan de rechteroever. Deze ondiepte vormt een knelpunt voor de scheepvaart bij gemiddelde lage rivierafvoeren (rond de 1500 m³/s) en is het meest kritieke diepteknelpunt langs de Waal en is die diepgang bepalend voor de beladingsgraad van de scheepvaart op de Waal.

Lange termijn analyses van de bodemhoogte laten zien dat de erosiekuil steeds dieper wordt, terwijl gemiddeld de ondiepte steeds ondieper wordt. De bodemhoogte ter plaatse van de ondiepte aan de rechteroever wordt actief onderhouden met baggerwerkzaamheden (gemiddeld ruim 60.000 m³ per jaar). Door de snelheid van het aanzanden ten opzichte van de huidige baggerfrequentie, keert het knelpunt na onderhoud telkens weer snel terug.

In dit traject zijn veel kabels & leidingen-straten die onder de rivierbodem liggen. Ter plaatse van deze kabels & leidingen mag niet gebaggerd worden, waardoor daar wel drempels kunnen ontstaan in het riviersysteem die tot ondieptes vormen voor de scheepvaart.

Bij extreem lage afvoeren beïnvloedt de vaardiepte op de rivier bij St. Andries het doorgaande scheepvaartverkeer op de Waal van Rotterdam naar het Duitse achterland dus niet (dan is het bochtige Waaltraject bovenstrooms maatgevend). Maar wel de scheepvaart naar Amsterdam via Tiel, het scheepvaartverkeer dat via het Kanaal van St. Andries over de Maas vaart en het scheepvaartverkeer vanuit Zeeland en Antwerpen. Dieptebeperkingen resulteren in een lagere beladingsgraad op deze trajecten, een toename van brandstofkosten als gevolg van verminderde kielspeling (en meer weerstand), en daarmee een toename van de transportkosten.

Bij laagwater op de Waal maakt de scheepvaart over de Waal vaker gebruik van de Maas. De schepen steken dan via het Kanaal van St. Andries van de Waal over naar de Maas. De sluiscapaciteit van St. Andries is onvoldoende en de wachttijden vormen nu al een knelpunt. Door de toename van het aantal schepen, neemt de wachttijd bij de sluizen verder toe.

Naast bevaarbaarheidsproblemen i.r.t. diepgang, zorgt de Martinus Nijhoffbrug bij Zaltbommel voor onvoldoende doorvaarthoogte bij hogere waterstanden. Naar verwachting wordt het tekort aan doorvaarthoogte pas aangepakt als deze vervangen of gerenoveerd gaan worden. Dit is geen opgave in het kader van het programma Integraal Riviermanagement, maar zal opgepakt worden in het programma vervanging en renovatie (V&R).

Op dit traject is een tekort aan overnachtingsplekken en ligplaatsen.

Natuur en waterkwaliteit

In het kader van diverse programma's (Ruimte voor de Rivier, Stroomlijn, KRW en NURG) is de afgelopen jaren gewerkt aan de verbetering van de natuurwaarden op het traject van de Midden-Waal. Op het gebied van natuur is er een reeks aan opgaven: behoudsopgaven van reeds bestaande natuur en opgaven volgend uit bestaand en nieuw, nog te ontwikkelen beleid. Er zijn vanuit nationale en regionale natuurbeheerplannen (NNN) en Europees beleid (Natura 2000) (beide bestaand beleid) ontwikkelopgaven voor boskernen en andere habitats. Ook is er een waterkwaliteitsopgave vanuit de KRW (macrofauna, vis en waterplanten).

Op dit moment loopt het KRW project Wamel-Dreumel-Heerewaarden.

Aanvullend op het bestaand beleid, wordt ook nieuw natuurbeleid uitgewerkt. Het traject kent een ontwikkelopgave in het kader van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW). Deze ontwikkelopgave maakt integraal deel uit van de opgave IRM. De PAGW werkt aan plannen voor een robuust riviersysteem passend bij het systeem (gegeven klimaatverandering, economische ontwikkelingen en ecologische knelpunten). Bij toekomstige natuurontwikkeling zal in het bijzonder gekeken worden naar de ontwikkeling van een viertal hotspots en naar het verbinden van deze grote natuurgebieden langs de rivier via de corridors. In de corridor tussen de hotspots

liggen afwisselend grote en kleine stapstenen met geschikt leefgebied voor de gidssoorten. Er komt focus te liggen op het verbinden van natuurdoelen van de diverse programma's (één natuurdoelstelling in rivierbed).

De Beneden-Waal wordt gezien als een verbindingzone om hotspots van de Programmatische Aanpak Ecologie Grote Wateren – Gelderse poort en Biesbosch – met elkaar te verbinden. Het gebied rondom St. Andries is zelfs aangemerkt als belangrijke stapsteen. Deze stapsteen bevat volgens de PAGW opgave in 2050 een groter areaal hardhoutoibos, riet/moerasruigte en ondiep water. Iets benedenstrooms van Sint Andries ligt de Heesseltsche uiterwaard en de Hurwenense uiterwaard die beiden redelijk natuurlijk zijn ingericht. Dit gebied is aangewezen als grote stapsteen met toevoeging van een aantal hectares hardhout-en zachthoutoibos in de Hurwenense uiterwaard.

De Gamerensche waarden zijn aangewezen als kleine stapsteen die aansluit op hotspot Biesbosch. De hotspot Biesbosch loopt vanaf km 937 tot voorbij de grens van traject Beneden-Waal (km 953).

Het beheer van natuur langs de Beneden-Waal bestaat uit het beheer van de begroeiing in het rivierbed en het sedimentbeheer in zowel uiterwaarden als in natuurvriendelijke oevertrajecten. Hierbij wordt zo veel mogelijk ruimte gegeven aan natuurlijke processen en het verkrijgen van leefgebieden voor bij het riviersysteem passende planten en dieren. De Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwing van begroeiing) is toegestaan. Het is voor de natuur relevant dat daarbij in voldoende ontwikkelbeheerruimte wordt voorzien, waarmee de natuur ruimte krijgt om zich op natuurlijke wijze te ontwikkelen.

Naast de relatie met hoogwaterveiligheid hebben ook scheepvaart en natuur een onderlinge relatie. Scheepvaart vervult een belangrijke rol op dit traject en heeft middels schroefwerking en golflslag direct effect op natuur.

Zoetwaterbeschikbaarheid

De Lek, de Hollandsche IJssel en het IJsselmeergebied vormen belangrijke zoetwaterlichamen in het Nederlandse watersysteem. Om in de toekomst als gevolg van klimaatverandering tijdens laagwater en droogte met de bestaande infrastructuur het beschikbare water efficiënt te kunnen vasthouden en verdelen werkt het Deltaprogramma Zoetwater aan een zoetwaterstrategie. Doel is om vanuit de Lek en de Hollandsche IJssel Midden-West Nederland op een efficiënte manier van zoetwater te voorzien. Om een zoetwatertekort in het IJsselmeergebied te voorkomen, wordt gedacht om water vanuit de Midden-Waal via het Amsterdam-Rijnkanaal (km 913) naar het IJsselmeer te voeren. Met het onttrekken van water uit de Midden-Waal ten behoeve van de zoetwatervoorziening, zakken de waterstanden op de Waal tussen Tiel en Zaltbommel. Indicatieve berekeningen hebben laten zien dat de waterstanden tijdens piekwatervraag in extreem droge perioden met 5 tot 10 cm afnemen. Een verlaging van waterstanden vertaalt zich 1-op-1 door in een verkleining van de vaardiepte. De afname van de vaardiepte versterkt het scheepvaartknelpunt bij St. Andries op de Beneden-Waal.

2.2 Bodemontwikkeling en klimaatverandering en hun effect op de rivier

Een aantal omgevingsveranderingen beïnvloedt de toestand van de rivier. Het betreft de grootschalige rivierbodemontwikkeling en klimaatverandering. De veranderingen beïnvloeden de

bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier en hebben daardoor ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Bodemontwikkeling en het effect op de rivier

De Beneden-Waal is het overgangsgebied tussen het insnijdende bovenrivierengebied en het sedimenterende benedenrivierengebied. Waarnemingen laten zien dat de rivierbodem in dit traject een wisselend patroon laat zien van lichte erosie en beperkte aanzanding. Gemiddeld is de rivierbodem in de afgelopen tientallen jaren licht gestegen met een snelheid van 0,1 cm per jaar.

Door de normalisatie in de vorige eeuw heeft de rivier een smallere en rechttere loop gekregen. Dit heeft op het bovenstroomse deel van de Rijn grootschalige erosie teweeg gebracht. De energie van het afstromende water – en daardoor het sedimenttransporterend vermogen - is door de ingrepen in de rivier in de 19^e en 20^{ste} eeuw toegenomen. Het verhang van de bedding van de rivier is feitelijk te steil in relatie tot de water- en sedimentbeweging van de rivier. De rivier past zich aan naar een flauwer verhang, waardoor het transporterende vermogen weer afneemt en de rivier weer in balans komt. De rivier kan dat flauwere verhang alleen maar krijgen door zich bovenstrooms in te snijden. Het kantelpunt van de rivierbodem die hierdoor ontstaat ligt ongeveer ter hoogte van Tiel. Benedenstrooms is de bodem van het zomerbed redelijk stabiel en/of zandt de rivier licht aan. Dit komt doordat de ligging van het rivierbodem hier beïnvloed wordt door het zeeniveau. Daarnaast zien we dat de normaalbreedte van de rivier (de breedte van een rivier tussen de normaallijnen, breedte van het zomerbed) op dit traject toeneemt van 250 meter naar 340 meter. Hierdoor neemt het stroomvoerende vermogen op dit traject af. Daar past een afvlakking van het verhang bij. Stroomsnelheden nemen in stroomafwaartse richting af, waardoor de rivierbodem stabiel is of licht aanzandt.

Langs het bovenstroomse deel van de Rijntakken geldt al sinds medio jaren '90 dat in de baggercontracten van Rijkswaterstaat (t.b.v. het op diepte houden van de vaargeul) geen netto sedimentonttrekkingen zijn toegestaan: materiaal dat uit het zomerbed wordt gehaald, moet op de diepere delen in het zomerbed worden teruggestort. Deze afspraken zijn echter nog geen onderdeel van het formele rivierbeleid. Naast het baggercontract van Rijkswaterstaat zijn echter ook nog lopende zandwinconcessies (bijvoorbeeld voor het op diepte houden van de toegangseul naar een private/bedrijfshaven of langs een loswal), waar sprake is van zandwinning zonder terugstortverplichting. De permanente onttrekkingen van sediment uit het zomerbed zijn enorm afgenomen. Sinds er niet meer permanent wordt onttrokken bij baggeronderhoud, is er een sterke afname van de erosietrend van de rivierbodem van de bovenloop van de Rijn (ongeveer een halvering).

Voorlopig wordt in IRM ervan uitgegaan dat de trend van de rivierbodem in het traject van de Beneden-Waal gelijk blijft en de rivierbodemligging gemiddeld met ongeveer 0,1 cm per jaar omhoog komt.

Onderstaande tabel geeft de invloed van doorgaande bodemontwikkeling (zonder actief ingrijpen) op de toestand van de rivier in 2050:

	Rivierbodem ligging	Laagwater afvoer	Hoogwater stand	Laagwater stand
Niet actief ingrijpen tot 2050	+ 3 cm	+ 40 m ³ /s	+ 1 cm	+ 5 cm

Tabel 1 Effect op toestand van de rivier in 2050 zonder nieuw bodembeleid

Rivierbodempligging	De bodem van het zomerbed van de Beneden-Waal ligt in 2050 3 cm hoger. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van +0,1 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.
Laagwaterafvoer	De afvoerverdeling onder normale omstandigheden en bij laagwater wijzigt geleidelijk. Doordat de Waalbodem op de bovenloop sneller zakt dan de rivierbodem op andere meer bovenstrooms gelegen Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m ³ /s) met 40 m ³ /s is toegenomen. Op basis van deze metingen is ingeschat dat de laagwaterafvoer op de Waal in 2050 40 m ³ /s hoger is.
Hoogwaterstand	Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodem mee. Op basis van een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Beneden-Waal resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 35%. Een toename van het zomerbed met 3 cm betekent hierdoor een toename van hoogwaterstanden met 1 cm.
Laagwaterstand	De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodem en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. De laagwaterstanden veranderen 1-op-1 met de rivierbodem mee, al het water staat immers in het zomerbed. De laagwaterstanden nemen hierdoor dus met 3 cm toe. Door geleidelijke verandering van de rivierafvoer over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig zakken van het zomerbed, neemt de laagwaterafvoer op de Waal met 40 m ³ /s toe. Op basis van de betrekkingsslijn is bepaald dat laagwaterstanden als gevolg van de veranderende afvoer bij de Beneden-Waal toenemen met 2 cm. Dit is een indirecte verandering als gevolg van bodemontwikkelingen. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 5 cm toe.

Op dit moment zijn de effecten van aanzanding voornamelijk zichtbaar bij benedenstrooms bij de vaste laag van St. Andries. Rijkswaterstaat schat in dat het baggerwerk hier zal gaan toenemen. Met het doorzetten van onderhoudsbaggerwerk wordt verwacht dat de doorwerking van de grootschalige veranderingen in de bodempligging op de hoog- en laagwaterstanden van de rivier beperkt is. Daarom worden ook weinig effecten verwacht op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Klimaatverandering en effect op de toestand van de rivier

De effecten van klimaatverandering zijn veelzijdig. Klimaatverandering heeft onder andere effect op de hoge en lage rivierafvoeren. Verwacht wordt dat extreme lage en hoge rivierafvoeren vaker voorkomen en langduriger aanhouden. Op basis van de meest extreme klimaatscenario's van het KNMI zijn de effecten op hoog- en laagwaterstanden voor de Beneden-Waal in beeld gebracht. De toename van de laagwaterstanden wordt veroorzaakt door het extreme zeespiegelscenario. Voor laagwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het droge KNMI'14 scenario - Wh-dry. Voor hoogwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het KNMI'06 - W+. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de waterstandeffecten tot 2050.

	waterstand in 2050 door klimaatverandering
Effect op laagwaterstanden	+ 30 cm
Effect op hoogwaterstanden	+ 37 cm

Tabel 2 Effect op waterstanden in 2050 door klimaatverandering

3 Beleidsopties rivierbodembodem Rijn

Hieronder volgt een overzicht van potentiële beleidsopties en de implicaties voor de Beneden-Waal. De potentiële beleidsopties zijn generiek voor alle riviertrajecten en gaan in op het herstel van de sedimenthuishouding en het beheer van de rivierbodempligging. Een uitgebreide probleemanalyse in de PlanMER moet meer inzicht geven in de effecten van veranderingen in het systeem met en zonder ingrijpen, inclusief de revenuen van actief ingrijpen.

Het effect van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 is kort beschreven en in context geplaatst met de effecten van klimaatverandering. Tabel 3 toont de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050: bodempligging, hoog- en laagwaterstanden.

Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bodemtrend zet zich in de situatie zonder ingrijpen voort met een toename van 0,1 cm per jaar
- De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodembodem mee. Op basis van een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Beneden-Waal resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 35%.
- De laagwaterstanden veranderen 1-op-1 met de rivierbodembodem mee, al het water staat dan immers in het zomerbed.
- De verdeling van de laagwaterafvoer verandert geleidelijk door het ongelijkmatig zakken van de rivierbodembodem in de Rijntakken. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Met deze geleidelijke verandering uit het verleden is rekening gedaan in de beleidsopties. Dat wil zeggen dat ervan wordt uitgegaan dat de verandering in laagwaterverdeling in de beleidsoptie waarin niet wordt ingegrepen wordt zich doorzet, en dat in de beleidsopties waarin de rivierbodembodem hersteld wordt naar een toestand uit het verleden, de opgetreden verandering in afvoerdeling bij laagwater teniet wordt gedaan.
- Bij de effecten per beleidsoptie gaan ervan uit dat de bovenstrooms en benedenstrooms gelegen trajecten dezelfde beleidsoptie van toepassing is.

Potentiële beleidsopties

A – Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk

In de basisreferentie wordt huidig beleid en beheer gecontinueerd en op de Beneden-Waal niet actief ingrijpen op de sedimenthuishouding en de rivierbodembodemontwikkelingen.

- Bodemtrend zet zich voort met een aangroei van 0,1 cm per jaar.
- Het nieuwe sedimentbeheer t.a.v. baggeren en terugstorten is hier niet in meegenomen.
- Geen beleid t.a.v. bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport of het beperken of stoppen van grootschalige bodemerosie.
- Beheer en onderhoud verandert niet en blijft gericht op het lokaal verhelpen problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid.

In hoofdstuk 2 staat beschreven welke invloed dit heeft op de bodempligging, hoogwaterstand en laagwaterstand in 2050.

B - Herstel sedimenthuishouding ter ondersteuning van rivierbodempligging

Deze beleidsoptie richt zich op het herstel van de sedimenthuishouding. Dit kan door netto sedimentonttrekking uit het zomerbed niet meer toe te staan en het bevorderen van het (doorgaand) sedimenttransport. Er wordt niet actief gestuurd op een specifieke rivierbodempligging.

De beleidsoptie draagt bij aan herstel van de sedimenthuishouding en zal zorgen voor een toename van de bodemtrend. Het is niet duidelijk in welke mate de trend toeneemt.

- De bodemtrend zal mogelijk veranderen (mogelijk een toename doordat het sediment in het systeem blijft). Het is niet bekend in welke mate. Uitgangspunt is dat de bodemtrend zich voortzet met een aangroei van 0,1 cm (of meer) per jaar. Niet gericht op het nastreven van een specifieke rivierbodempligging.
- Dit kan gerealiseerd worden door behoud van sediment in het zomerbed, herstel van verstoringen in sedimentbalans sedimenthuishouding en bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport. Vergelijkbaar met het nieuwe sedimentbeheer t.a.v. baggeren en terugstorten.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Beneden Waal ligt 3 cm (of meer) hoger dan nu.
- Laagwaterafvoer De afvoerverdeling onder normale omstandigheden en bij laagwater wijzigt geleidelijk. Doordat de Waalbodern sneller is gezakt dan de rivierbodern op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Als de bodemtrends op alle Rijntrajecten door herstel van sedimenthuishouding afnemen, zal ook de afvoerverdeling in de toekomst minder wijzigen. In welke mate dat gebeurt, is niet duidelijk. Aanname is dat de laagwaterafvoer van de Waal in de periode tot 2050 tussen de 0 en 40 m³/s zal toenemen.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodern mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Beneden Waal resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 35%. Een aanzanding van het zomerbed van 3 cm (of meer) geeft een stijging van hoogwaterstanden 1 (of meer) cm.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodern en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verhoogde rivierbodempligging neemt de laagwaterstand met 3 cm (of meer) toe. Op basis van de betrekkingsslijn is bepaald dat laagwaterstanden als gevolg van de veranderende afvoer bij de Beneden-Waal toenemen tussen 0 of 2 cm. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal tussen 3 - 5 cm (of meer) toe.

C – Huidige bodern zomerbed handhaven

Deze optie is gericht op het stoppen van de grootschalige bodernerosie en het handhaven van de rivierbodern op het huidige niveau.

- De erosieve boderntrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar en het zomerbed wordt op het niveau van 2020 gehouden.

- Dit kan gerealiseerd worden door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De rivierbodempligging van het zomerbed verandert niet t.o.v. 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer verandert niet meer.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen niet meer.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet meer.

D - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 10 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerrosie, het terugbrengen van de rivierbodempligging in het zomerbed naar de situatie van 10 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 10 jaargeleden past bij de uitgangspunten in het programma KRW (ecologische toestand van 2009 mag niet verslechteren) en WBI/OI-2017 programma (hydraulische ontwerpbelasting op dijken is gebaseerd op de bodem van 2013).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Beneden-Waal groeit jaarlijks met 0,1 cm. Met deze trend had de bodem van de Beneden-Waal 10 jaar geleden 1 cm lager gelegen. De rivierbodempligging komt met deze optie 1 cm lager te liggen dan in 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer neemt af met 27 m³/s. Doordat de Waalbodempligging sneller zakt dan de rivierbodempligging op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Door het terugbrengen van de bodem naar 20 jaar geleden, wordt waterverdeling bij laagwaterafvoer deels herstelt (2/3 deel). Dit maakt dat, ten opzichte van 2020, de laagwaterafvoer met 13 m³/s afneemt.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzigt de hoogwaterafvoer over de takken niet. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodempligging mee. Een verlaging van het zomerbed met 1 cm betekent hier een verlaging van hoogwaterstanden met 0 cm.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodempligging en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verlaagde rivierbodempligging neemt de laagwaterstand met 1 cm af. Op basis van de

betrekkingslijn is bepaald dat laagwaterstanden als gevolg van de veranderende afvoer bij de Beneden-Waal afnemen met 1 cm. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 2 cm af.

E - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 20 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerrosie, het terugbrengen van de rivierbodem in het zomerbed naar de situatie van 20 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodemligging. De bodemligging van 20 jaar geleden past bij de uitgangssituatie van het programma Ruimte voor de Rivier (herinrichtingen zijn ontworpen op bodemligging van 1997) en sluit aan bij de bodemligging die Duitsland wil handhaven (bodemligging van 2000).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodemligging De bodem van het zomerbed van de Beneden-Waal groeit jaarlijks met 0,1 cm. Met deze trend had de bodem van de Beneden-Waal 20 jaar geleden 2 cm lager gelegen. De rivierbodem komt met deze optie 2 cm lager te liggen dan in 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer neemt af met 13 m³/s. Doordat de Waalbodem op de bovenloop van de Waal sneller zakt dan de rivierbodem op andere meer bovenstrooms gelegen Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Door het terugbrengen van de bodem naar 20 jaar geleden zal de laagwaterafvoer met 2/3 minder ver zijn toegenomen. Dit maakt dat, ten opzichte van nu, de laagwaterafvoer met 27 m³/s afneemt.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzigt de afvoer over de takken niet. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodem mee. Een verlaging van het zomerbed met 2 cm betekent hier een verlaging van hoogwaterstanden met 1 cm.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodem en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verlaagde rivierbodemligging neemt de laagwaterstand met 2 cm af. Op basis van de betrekkingslijn is bepaald dat laagwaterstanden als gevolg van de veranderende afvoer bij de Beneden-Waal afnemen met 2 cm. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 4 cm af.

Samenvatting van de effecten op de toestand van de rivier per beleidsoptie

Tabel 3 geeft een samenvatting van de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050.

	Rivierbodem- ligging	Laagwater- afvoer	Hoogwater- stand	Laagwaterstanden		
				Rivier- bodem	Laagwater- afvoer	TOTAAL
A. Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk	+ 3 cm	+ 40 m ³ /s	+ 1 cm	+ 3 cm	+ 2 cm	+ 5 cm
B. Herstel Sedimenthuis-houding	+ 3 (of meer) cm	0 ~ 40 m ³ /s	+ 1 (of meer) cm	+ 3 (of meer) cm	0 ~ 2 cm	3 ~ 5 (of meer) cm
C. Huidige bodem zomerbed handhaven	0 cm	0 m ³ /s	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
D. Bodem zomerbed herstellen naar 10 jaar geleden	- 1 cm	- 13 m ³ /s	- 0 cm	- 1 cm	- 1 cm	- 2 cm
E. Bodem zomerbed herstellen naar 20 jaar geleden	- 2 cm	- 27 m ³ /s	- 1 cm	- 1 cm	- 2 cm	- 4 cm

Tabel 3 Veranderingen in de toestand van de rivier in de Beneden-Waal in de periode tot 2050 bij vijf principeopties voor de rivierbodempligging

Klimaatverandering heeft invloed op de effecten

Het klimaateffect is voor elke beleids optie gelijk (negatieve effecten op zowel hoog- als laagwater) en daardoor niet onderscheidend. De effecten van klimaatverandering op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 staat in hoofdstuk 2.2 beschreven.

Omdat de grootschalige bodemontwikkeling van dit traject klein is, is het effect van klimaatverandering in dit traject bepalend voor de effecten op de rivier in 2050.

4 Beleidsopties Afvoercapaciteit

Hieronder wordt inzichtelijk gemaakt welke potentiële beleidsopties te onderscheiden zijn m.b.t. de strategische beleidskeuze omtrent extra afvoercapaciteit: principeopties voor behoud en versterking van afvoercapaciteit, en met wat dat zou vragen aan te realiseren waterstandsaling.

In de QuickScan afvoercapaciteit is voor de gehele Rijn in beeld gebracht welke vraag naar extra afvoercapaciteit er is voor het zichtjaar 2050 (welke initiatieven, plannen en ontwikkelingen vragen om vergroting van afvoercapaciteit?) en welke aanbod gecreëerd kan worden (hoe kunnen we dat realiseren?). In onderstaande onderdelen zijn de belangrijkste resultaten uit de QuickScan Afvoercapaciteit gesommeerd. Nadere details zijn in de QuickScan zelf terug te lezen.

Vraag naar extra afvoercapaciteit

De vraag naar extra afvoercapaciteit is vertaald naar waterstandseffecten en komt voort uit de volgende onderdelen:

Waterveiligheid: Relevante aspecten voor het bepalen van de vraag voor afvoercapaciteit voor deze categorie zijn:

- Klimaatopgave¹: Waterstandeffect voortkomend uit verhoogde afvoeren als gevolg van klimaatverandering.
- Buitendijks versterken: Opstuwing veroorzaakt door het buitenwaarts versterken van dijktrajecten.
- Kwetsbare of waardevolle dijktrajecten: op verschillende plekken is de wens om deze specifieke plekken te ontzien van dijkverhogingen. Deze categorie is opgebouwd uit de normopgave 2015 en de klimaatopgave en bevat daarmee de volledige hoogteopgave uit het HWBP voor die trajecten.

N.b. de hoogteopgave voortvloeiend uit de normering, buiten de kwetsbare dijktrajecten, is dus niet opgenomen. Deze vormt onderdeel van het HWBP.

Natuurontwikkelingen: Betreft de vraag ter compensatie van waterstandseffecten door verruwing binnen natuurontwikkeling i.h.k.v.:

- Natura2000 (N2000)
- Natuurnetwerk Nederland (NNN)
- Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW)

N.b. KRW Kaderrichtlijn water is niet meegenomen in deze Quicksan, omdat hiervan is uitgegaan dat deze waterstandsneutraal worden gerealiseerd.

¹ Het effect van klimaatverandering op hoogwaterstanden wijkt hier af van de inschatting in paragraaf 3. Dit komt doordat bij het specificeren van de vraag naar afvoercapaciteit t.b.v. klimaatverandering alleen gekeken is naar de traject-onderdelen die nog niet op het niveau van een verkenning zijn uitgewerkt in de programmering van het hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP, d.d. oktober 2020. Voor de reeds geprogrammeerde dijkversterkingsprojecten in het HWBP is de klimaatvraag op nul gezet. Het uitgangspunt is dat het HWBP op die trajecten de dijken zodanig versterkt dat ze voldoen aan de nieuwe waterveiligheidsnormen en de toekomstige klimaatverandering op kunnen vangen. Dit is in paragraaf 3 niet nader gespecificeerd en dient in het vervolg van IRM nader uitgewerkt te worden.

Nieuw rivierbodembesluit: Betreft de vraag om het effect van mogelijk nieuw beleid voor rivierbodembesluit. Voor dit aspect is het effect op hoogwaterstanden als de rivierbodem van 20 jaar terug wordt hersteld en gehandhaafd als uitgangspunt genomen.

Gebiedsontwikkelingen: Betreft de vraag om lokale en regionale initiatieven en ontwikkelingen met een mogelijk waterstandverhogend effect te compenseren.

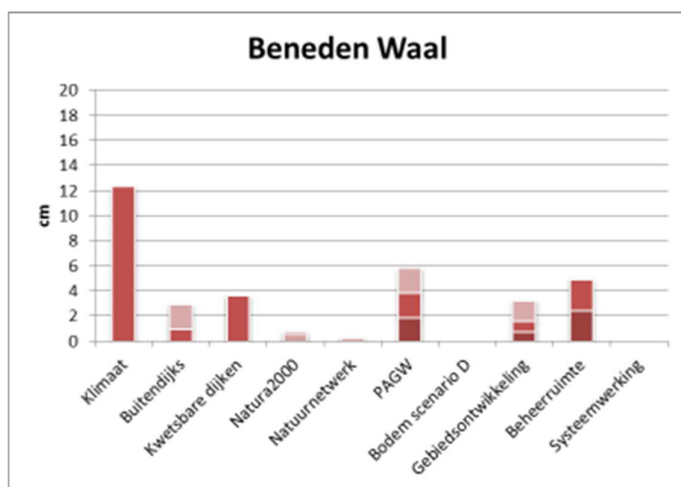
Beheerruimte: Betreft een marge of robuustheidstoelag voor de rivierbeheerder, zodat hij in geval van (tijdelijke) beperkte veranderingen in het riviersysteem en daarbij gepaarde waterstandseffecten als gevolg van natuurlijke processen (morfologische en/of vegetatie ontwikkelingen) en menselijke ingrepen niet direct hoeft in te grijpen.

Rivierkundige systeemwerking: Betreft effecten die voortkomen uit keuzes ten aanzien van de inrichting van het riviersysteem en eisen en wensen aan die inrichting vanwege effecten die in het gehele Nederlandse riviersysteem spelen. Voor de Rijn gaat het om vragen vanuit de hoogwater afvoerverdeling over de Rijntakken en de beheersing van die afvoerverdeling.

Resultaten

Figuur 2 geeft de trajectgemiddelde waarden per aspect. Zo kan eenvoudig worden afgelezen uit welke aspecten de belangrijkste vragen op dit traject naar voren komen. Voor de Beneden Waal komen uit klimaat, het ontzien van kwetsbare dijktrajecten, PAGW en beheerruimte de grootste vraag voort. Indien beschikbaar, zijn ook de minimale en maximale vraag in beeld gebracht.

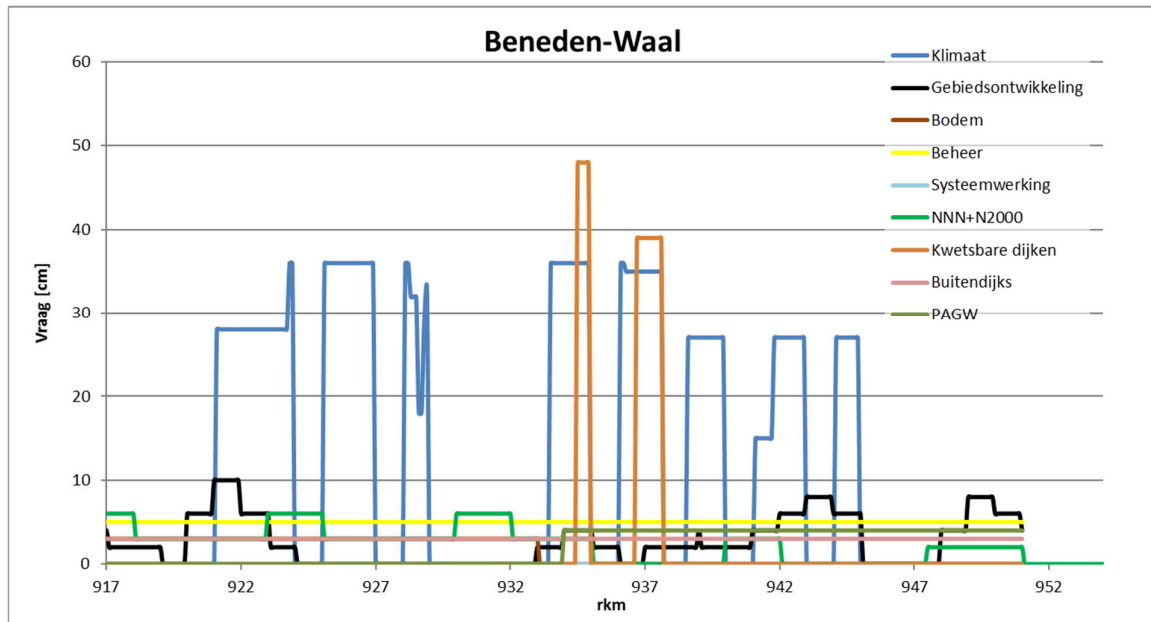
De vraag naar extra afvoercapaciteit is onzeker. Daarom zijn voor een aantal aspecten door deskundigen inschattingen gedaan van de onzekerheid in de vraag, resulterend in een minimale, een gemiddelde en maximale vraag. Voor de overige aspecten is slechts 1 waarde beschikbaar. Zie de resultaten in figuur 3.



Figuur 2. De afzonderlijke vragen naar waterstandsvaling; indicatie van de onzekerheid in de trajectgemiddelde vraag; naast een basisinschatting is door deskundigen een lagere (donker) en hogere (licht) inschatting gegeven.

Het ruimtelijk verloop van de vraag voor de verschillende categorieën is weergegeven in figuur 3.

De vraag vanuit klimaat en kwetsbare dijktrajecten is grillig en kent hoge pieken tot 48 cm. Op dit traject leveren meerdere gebiedsontwikkelingen een significante vraag op. Ook NatuurNetwerkNederland, Natura2000 en –vanaf rivierkilometer 934- ook PAGW leveren een vraag op.



Figuur 3. De ruimtelijke variatie van de afzonderlijke vragen naar waterstandsdeling

Principeopties voor omgaan met afvoercapaciteit

Potentiële opties voor beleid voor omgang met afvoercapaciteit variëren van behoud van de huidige afvoer- en bergingscapaciteit tot omvangrijke uitbreiding ervan. Bij behoud wordt extra te realiseren verruiming ingezet voor om rivierfuncties en –ontwikkelingen anders dan waterveiligheid mogelijk te maken, bij uitbreiding komt een deel van de te realiseren verruiming ten goede aan werkelijke vergroting van afvoer- en bergingscapaciteit. Hieronder worden de beleidsopties verder beschreven.

I – Behoud van afvoercapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie I wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten van programma's en ontwikkelingen in het kader van bestaand beleid en/of reeds gemaakte keuzes voor riviergebonden functies binnen IRM te compenseren. Die effecten worden op dit moment conform de Beleidslijn Grote Rivieren binnen elk project/programma afzonderlijk gecompenseerd. Hiermee wordt de huidige afvoercapaciteit behouden, waterstandsdeling wordt ingezet als compensatie voor vermindering van de afvoercapaciteit. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Natuurontwikkeling vanuit Natura 2000 en Natuurnetwerk;
- Gebiedsontwikkelingen conform huidig beleid.

II - Uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie II wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten vanuit huidige beleid en vanuit programma's en ontwikkelingen binnen nog te formuleren en vast te stellen beleidsontwikkelingen binnen IRM te compenseren. Hiermee wordt waterstandsdeling niet allen ingezet als compensatie voor verlies aan afvoercapaciteit, maar wordt de afvoercapaciteit ook vergroot doordat het elementen bevat die bijdragen aan waterveiligheid en daarmee in potentie de HWBP-opgave kunnen verminderen². Dit betreft het ontzien van kwetsbare en bijzondere

² Volledige invulling van de hoogwaterveiligheidsopgave via rivierverruiming is niet in de beleidsopties opgenomen. Dit is een uitvloeisel van eerdere MKBA-analyses in LTAR-tijd.

dijktrajecten indien aanwezig in het specifieke traject, en opgaven vanuit de werking van het riviersysteem. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Buitendijks versterken vanuit HWBP;
- Natuurontwikkeling vanuit PAGW;
- Nieuw beleid voor ligging en beheer van de rivierbodem;
- Beheerruimte of robuustheidstoelage;
- Gebiedsontwikkelingen waarvoor nog geen beleid is vastgesteld;
- Opgaven vanuit de werking van het riviersysteem: de instelling en beheersing van de afvoerverdeling op de Rijntakken.

III Omvangrijke uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken en de klimaatopgave met rivierverruiming trotseren

Met principeoptie III wordt naast rivierverruiming ook ingezet op het opvangen van de klimaatopgave via een aanzienlijke uitbreiding van de afvoercapaciteit. We onderscheiden binnen deze principeoptie twee varianten:

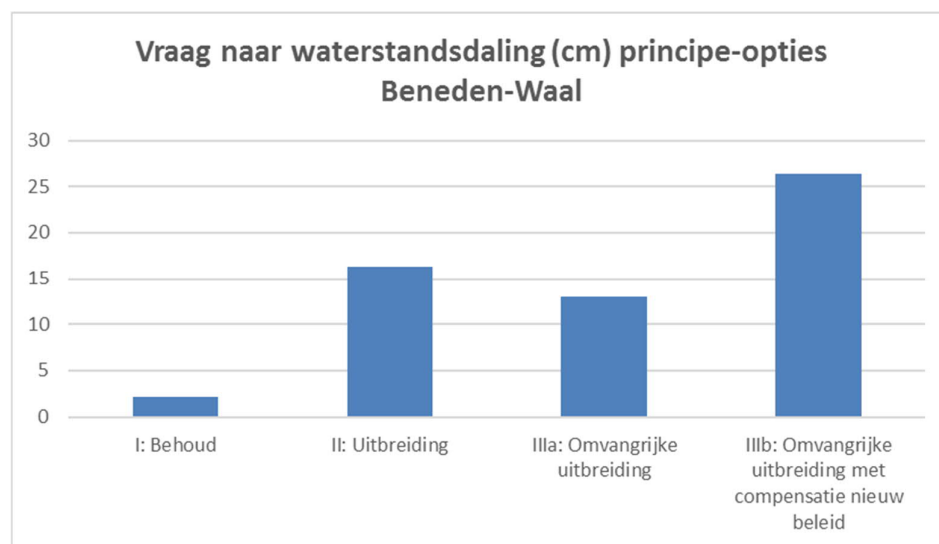
- IIIa: Opgaven vanuit bestaand beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder I)
- IIIb: Opgaven vanuit bestaand en nieuw beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder II).

Totaalbeeld principeopties Afvoercapaciteit

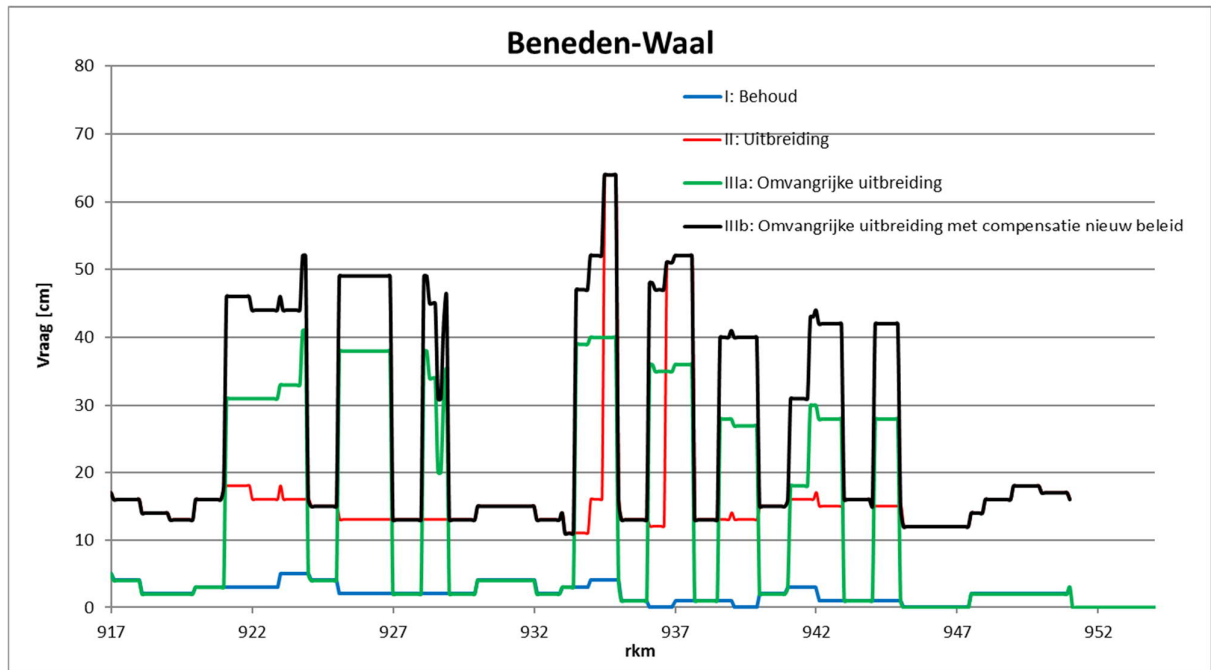
Onderstaande tabel en figuren laten zien wat de te realiseren waterstandsdingaling zou zijn binnen de verschillende principeopties, als trajectgemiddelde waarden, alsmede de ruimtelijke variatie.

Tabel 4 *Principeopties afvoercapaciteit, benodigde cm's waterstandsdingaling*

Riviertraject Beneden-Waal	Principeopties (cm)			
	I	II	IIIa	IIIb
Trajectgemiddeld	2	16	13	26
Minimum	0	11	0	11
Maximum	5	64	41	64



Figuur 5. *Benodigde cm's waterstandsdingaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit*



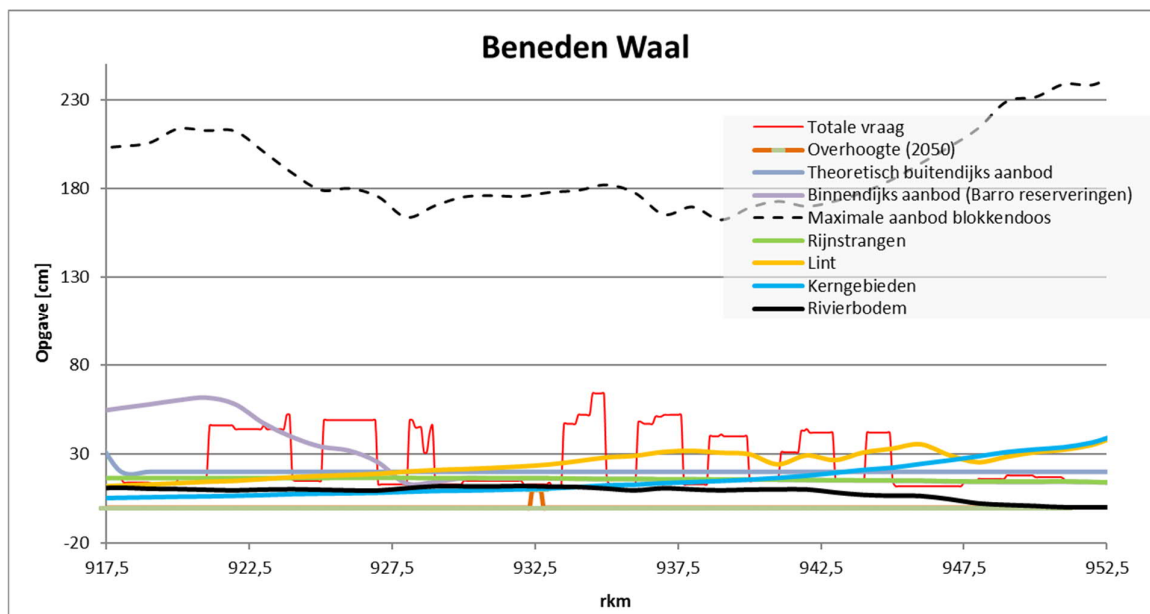
Figuur 5. Ruimtelijke variatie van de benodigde cm's waterstandsvaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit

Het aanbod van afvoercapaciteit

Er is een globaal overzicht gemaakt van het mogelijke te creëren aanbod aan extra afvoercapaciteit in het rivierensysteem. Dit is gedaan op basis van een theoretische beschouwing van principe-maatregelen en eerder uitgevoerde verkenningen in het kader van het Deltaprogramma waarin binnendijkse en buitendijkse rivierverruimende maatregelen in beeld zijn gebracht. Dit resulteert in het volgende overzicht:

1. Afvoercapaciteit in het rivierensysteem die benut kan worden door de aanwezigheid van overhoogte in de dijken;
2. Afvoercapaciteit die maximaal (theoretisch) te realiseren met buitendijkse maatregelen. Dit is ingeschat op basis van een theoretische beschouwing, uitgaande van toepassing van een effectieve buitendijkse principe-maatregel voor rivierverruiming. Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
3. Afvoercapaciteit die te realiseren is door het inzetten van maatregelen in binnendijkse gebieden met een Barro reservering;
4. Afvoercapaciteit die te realiseren is met alle maatregelen die in het kader van het Deltaprogramma in beeld zijn gebracht en opgenomen zijn in de Blokkendoos (optelsom van combinatie van alle rivierverruimende maatregelen). Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
5. Afvoercapaciteit die te realiseren is met de maatregelpakketten die in het kader van het Deltaprogramma Rivieren zijn opgesteld (bestaande uit een combinatie van buitendijkse en binnendijkse ingrepen). Voor de Rijn zijn drie maatregelpakketten samengesteld: a. pakket Rijnstrangen, b. pakket Lint, en c. pakket Kerngebieden.

Onderstaand figuur toont de afvoercapaciteit die op basis van bovenstaande rubrieken te creëren is voor het traject Beneden Waal. Daarnaast is de maximale totale vraag (principe optie IIIb) opgenomen om een eerste vergelijking te kunnen maken met de verschillende aanbod varianten.



Figuur 6. De totaalvraag naar extra afvoercapaciteit samen met het mogelijk te creëren extra aanbod aan afvoercapaciteit langs het traject.

De belangrijkste conclusies, die hieruit kunnen worden getrokken zijn:

1. Overhoogte is niet tot nauwelijks aanwezig en kan dus nauwelijks een bijdrage leveren aan het opvangen van de totale vraag;
2. Met de theoretische beschouwing is afgeleid dat middels grootschalige buitendijkse rivierverruimingsmaatregelen (bv. Uiterwaardverlagingen en de aanleg van nevengeulen) een deel van de vraag kan worden opgevangen. Aanvullende maatregelen zijn echter nodig;
3. De Barro reserveringen zijn dusdanig van omvang dat deze een groot deel van de vraag zou kunnen opvangen, maar aanvullende maatregelen zijn nodig om de gehele vraag te kunnen voorzien.
4. Alle Blokkendoosmaatregelen tezamen in dit traject kunnen de totale vraag ruimschoots opvangen. Hier is nadere differentiatie nodig.
5. Bestaande maatregelpakketten uit de LTAR, vooral Lint en Rijnstrangen kunnen een deel van de totale vraag opvangen. Ook de variant Kerngebieden kan in de 1^e trajecthelft een bijdrage leveren, vanaf rivierkilometer 945 ontstijgt het aanbod zelfs de totale vraag.

5 Combinatie van potentiële beleidsopties Rivierbodempligging en Afvoercapaciteit

De potentiële beleidsopties voor Rivierbodem en Afvoercapaciteit kunnen niet los van elkaar beschouwd worden. Dit hoofdstuk laat de onderlinge samenhang zien.

Rivierbodem --> afvoer- en bergingscapaciteit

Beleidsopties waarbij de erosie van de rivierbodem wordt stopgezet danwel de bodempligging omhoog wordt gebracht hebben invloed op de hoogwaterstanden. Binnen de huidige versterkingsopgave wordt een vaste bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt niet geanticipeerd op de bodemontwikkeling. Welke bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt, wordt bepaald per waterschap en kan verschillen per riviertraject. Een substantiële verhoging van het rivierbed kan effect hebben op de versterkingsopgave. De beleidsopties waarbij de bodem substantieel omhoog worden gebracht kunnen dus om extra afvoercapaciteit vragen. Het eroderen van de rivierbodem kan extra afvoercapaciteit creëren.

Met andere woorden, indien gekozen wordt voor rivierbodembeleid waarbij de rivierbodem 10 of 20 jaar terug wordt gebracht, wordt dit onderdeel van beleidsopties II en IIIb voor beleid t.a.v. afvoer- en bergingscapaciteit.

Afvoer- en bergingscapaciteit --> rivierbodem

De keuze voor de mate van te realiseren waterstandsdeling (m.a.w. de mate van rivierversuiming) kan ook een effect hebben op de bodem. Daar waar rivierversuiming plaatsvindt met maatregelen die zorgen voor een regelmatige afname van de afvoer door het zomerbed, verandert op lange termijn het evenwichtsprofiel van het zomerbed. Het zomerbed komt hier uiteindelijk omhoog. Hoe groter en meer rivierversuiming plaatsvindt, hoe meer dit bijdraagt aan het verminderen van bodemerosie.

Naast fysieke maatregelen is sedimentmanagement nodig om op korte termijn het gewenste bodemniveau te bereiken. Indien op korte termijn een bodempligging uit het verleden gehandhaafd gaat worden is een initiële suppletie noodzakelijk om deze verhoging op korte termijn te kunnen realiseren.

1 Ligging

Het traject Boven-Merwede loopt van Woudrichem (km 953) bij de aantakking van de afgedamde Maas tot Werkendam (962,5) bij de aantakking van het Steurgat. Het traject is bijna 10 km lang. Op dit traject wordt het riviersysteem niet meer alleen beïnvloed door de rivierafvoeren, maar ook door de waterstanden op zee. De waterstanden vertonen flinke fluctuaties als gevolg van het getij.

Het zomerbed wordt begrensd door kribben. De dijk ligt soms heel dicht tegen het zomerbed van de rivier (schaardijk): bij Gorinchem, Kerkeind, Boven-Hardinxveld. Op ander locatie variëren de uiterwaarden in breedte tot enkele honderden meters.

De Boven-Merwede stroomt door een stedelijk en bebouwd gebied. De Boven-Merwede wordt aan weerszijden ingesnoerd door de bebouwde gebieden van omgeving Gorinchem, Woudrichem, Sleenwijk en Werkendam. Aan het water liggen bedrijven die vaak afhankelijk zijn van transport over water. De Boven-Merwede staat via de Beneden-Merwede en de Noord in verbinding met de Nieuwe Waterweg en maakt dus onderdeel uit van een brede, bedrijvige scheepvaartroute.

In het traject loopt er een IRM-pilot in de vorm van een MIRT-onderzoek naar de opgaven en kansen in het gebied rond Werkendam, waarin ook eerste oplossingsrichtingen worden geschetst. Dit betreft opgaven als: uitbreiding van de haven, realisatie van overnachtingsplaatsen, natuurontwikkeling, dijkversterking en verbetering van de waterkwaliteit. Rivierverruimende maatregelen zijn in beeld als middel om de opgaven te realiseren of effecten te compenseren. De uitkomsten van het onderzoek worden meegenomen in de afweging binnen het programma IRM.

In figuur 1 is de ligging van het traject weergegeven.



Figuur 1 Ligging van Boven-Merwede

2 Blik op het traject

Dit hoofdstuk bevat een beknopte beschrijving van de riviergebonden functies van dit traject. Het beschrijft de essentie van wat er speelt m.b.t. hoogwaterveiligheid, bevaarbaarheid, waterbeschikbaarheid, natuur & waterkwaliteit. Dit betreft geen uitgebreide beschrijving van de opgaven. Een uitgebreid beeld op de rivieren met de opgave volgt in het Beeld op de Rivieren dat in het kader van IRM wordt ontwikkeld.

Na de essentie van wat er speelt, volgt een beschrijving van de bodemontwikkelingen en de veranderingen in klimaat, de invloed hiervan op de toestand van de rivier (rivierbodemplugging, hoog- & laagwaterstanden), en de doorwerking op de riviergebonden functies.

2.1 Wat speelt er met betrekking tot de riviergebonden functies?

Hoogwaterveiligheid

Uiterwaarden dragen bij aan waterveiligheid door waterafvoer te faciliteren, dijken beschermen dit gebied tegen overstromingen. Door een aantal maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier, Stroomlijn, KRW en NURG is de afvoercapaciteit vergroot. In het kader van het programma Ruimte voor de Rivier is een nevengeul door de uiterwaarden bij het bedrijventerrein Avelingen aangelegd. Daarnaast grenst de Boven-Merwede aan de Noordwaard, waarvan de ontpoldering in het kader van Ruimte voor de Rivier voor een flinke waterstandsdeling langs de Boven-Merwede tijdens hoogwater heeft gezorgd.

De primaire waterkeringen in dit traject voldoen niet aan de geldende norm voor waterveiligheid en zullen versterkt moeten worden. Dijken aan de zuidzijde langs dit traject hebben een maximaal toelaatbare overstromingskans van 1/10.000^{ste} per jaar en aan de noordzijde 1/30.000^{ste} per jaar. Om aan de normen te voldoen zijn dijkversterkingen en dijkverhogingen voorzien. De verbetering van de dijken aan beide zijde zijn tussen 2028- 2050 opgenomen in de HWBP programmering. Verwacht wordt dat de dijkversterking grotendeels buitenwaarts zal gebeuren (in de richting van de uiterwaarden). Mogelijk zal over een gedeelte van het traject ook buitendijks versterkt worden, in hoeverre dat speelt komt in de planuitwerking aan bod.

Naar verwachting zal IenW in 2021 een besluit nemen m.b.t. de herijking van het beleidsuitgangspunt afvoerverdeling Rijntakken bij hoogwater. De herijking gaat over de vraag hoe de in beleid vastgelegde afvoerverdeling bij hoogwater in praktijk vorm krijgt. Hierbij is het uitgangspunt de beleidsafpraak dat de Lek boven een Rijnafvoer van 16.000 m³/s bij Lobith wordt ontzien. Onderdeel van het realiseren van de beleidsmatig afgesproken afvoerverdeling is de instelling van de regelwerken op de splitsingspunten. Afhankelijk van de gekozen afvoerverdeling en bijbehorende instelling van de regelwerken kan dit een verhoging of verlaging van de hoogwaterstanden langs de Waal betekenen (t.o.v. de hydraulische belasting in het OntwerpInstrumentarium van het HWBP). Bij instelling van de regelwerken op een Rijnafvoer van 18.000 m³/s nemen de hoogwaterstanden langs de Waal bij een Rijn-afvoer 16.000 m³/s met ongeveer 23 cm toe. Dit is vergeleken met de waterstanden op de Waal bij een afvoer van 16.000 m³/s en de instelling van de regelwerken op 16.000 m³/s (de huidige situatie). Binnen IRM wordt voorsnog de huidige beleidsmatige hoogwater afvoerverdeling met bij behorende instellingen van de regelwerken als uitgangspunt gehanteerd.

Ter plaatse van Gorinchem is het rivierbed vrij smal en wordt de Boven-Merwede ingesnoerd. Dit is een lokaal hydraulische knelpunt die ook wel lokale flessenhals wordt genoemd. In het kader van het Deltaprogramma wordt op dit moment gewerkt aan het doorlaatbaar maken van het zuidelijke landhoofd van de A27 bij Sleeuwijk, hierdoor wordt dit knelpunt verkleind.

Behoud van ruimte is bij de ruimtelijke inrichting en ontwikkeling van het riviersysteem een blijvend aandachtspunt.

Het doorgroeien en uitbreiden van begroeiing in het rivierbed kan leiden tot te hoge hoogwaterstanden. De Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwing van begroeiing) is toegestaan. De Vegetatielegger is onderdeel van de Legger Rijkswaterstaatswerken. De Waterwet regelt de leggerplicht van alle waterstaatswerken. In de vorm van overzichtskaarten en regels zijn normen gespecificeerd voor vegetatie in het rivierbed ten behoeve van hoogwaterveiligheid en waterkwaliteit.

Bevaarbaarheid

Bij de toegang van de haven van Werkendam is onvoldoende vaardiepte. In dit traject is een tekort aan overnachtingsplaatsen en ligplekken.

Natuur en waterkwaliteit

Op het gebied van natuur is er een reeks aan opgaven: behoudsopgaven van reeds bestaande natuur en opgaven volgend uit bestaand en nieuw, nog te ontwikkelen beleid. Er zijn vanuit nationale en regionale natuurbeheerplannen (NNN) en Europees beleid (Natura 2000) (beide bestaand beleid) ontwikkelopgaven voor boskernen en andere habitats. Ook is er een waterkwaliteitsopgave vanuit de KRW (macrofauna en vis en waterplanten).

Aanvullend op het bestaand beleid, wordt ook nieuw natuurbeleid uitgewerkt. Het traject kent een ontwikkelopgave in het kader van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW). Deze ontwikkelopgave maakt integraal deel uit van de opgave IRM. De PAGW werkt aan plannen voor een robuust riviersysteem passend bij het systeem (gegeven klimaatverandering, economische ontwikkelingen en ecologische knelpunten). Bij toekomstige natuurontwikkeling zal in het bijzonder gekeken worden naar de ontwikkeling van een viertal hotspots en naar het verbinden van deze grote natuurgebieden langs de rivier via de corridors. In de corridor tussen de hotspots liggen afwisselend grote en kleine stapstenen met geschikt leefgebied voor de gidssoorten. Er komt focus te liggen op het verbinden van natuurdoelen van de diverse programma's (één natuurdoelstelling in rivierbed).

Het traject van de Boven-Merwede maakt volledig deel uit van één van de vier hotspots van de Programmatische Aanpak Ecologie Grote Wateren, de Biesbosch.

Het beheer van natuur langs het traject van de Boven-Merwede bestaat uit het beheer van de begroeiing in het rivierbed en het sedimentbeheer in zowel uiterwaarden als in natuurvriendelijke oevertrajecten. Hierbij wordt zo veel mogelijk ruimte gegeven aan natuurlijke processen en het verkrijgen van leefgebieden voor bij het riviersysteem passende planten en dieren. De Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwing van begroeiing) is toegestaan. Het

is voor de natuur relevant dat daarbij in voldoende ontwikkelbeheerruimte wordt voorzien, waarmee de natuur ruimte krijgt om zich op natuurlijke wijze te ontwikkelen.

Naast de relatie met hoogwaterveiligheid hebben ook scheepvaart en natuur onderlinge relatie. Scheepvaart vervult een belangrijke rol op dit traject en heeft middels schroefwerking en golfslag direct effect op natuur.

Zoetwaterbeschikbaarheid

Dit gebied kent geen grote aandachtspunten met betrekking tot de waterbeschikbaarheid en de stuurbaarheid van zoetwater over het watersysteem. Wel zal als gevolg van klimaatverandering (lagere rivierafvoeren die langer duren en vaker optreden i.c.m. zeespiegelstijging) de zoutwaterindringing toenemen. Toename van verzilting kan in de toekomst uitdagingen opleveren bij zoetwaterinname punten.

2.2 Bodemontwikkeling en klimaatverandering en hun effect op de rivier

Een aantal omgevingsveranderingen beïnvloedt de toestand van de rivier. Het betreft de grootschalige rivierbodemontwikkeling en klimaatverandering. De veranderingen beïnvloeden de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier en hebben daardoor ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Bodemontwikkeling en het effect op de rivier

De Boven-Merwede is onderdeel van het benedenrivierengebied van de Rijn waar van nature aanzanding plaatsvindt. Waarnemingen laten echter zien dat de rivierbodem in dit traject in de afgelopen tientallen jaren geërodeerd is met gemiddeld 0,4 cm per jaar.

De ontwikkeling van het zomerbed wordt sterk bepaald door menselijk ingrijpen. Op dit traject is de afgelopen jaren regelmatig grootschalig gebaggerd voor de scheepvaart om de rivier op diepte te houden, zodat de watergebonden bedrijventerreinen bereikbaar blijven. Het sediment werd permanent uit het systeem onttrokken. Vanaf 2021 is in het baggercontract van Rijkswaterstaat opgenomen dat de onttrekkingen in een periode van 5 jaar stapsgewijs worden afgebouwd naar nul. Het sediment dat onttrokken wordt moet teruggebracht worden in het systeem (bijvoorbeeld in de diepere delen, of in de erosiekuilen in de Rijn-Maasmonding in de Nieuwe Maas en de Oude Maas). Als gevolg van dit nieuwe beheer kan de trend van de rivierbodem in het traject van de Lek veranderen. Het is onbekend in welke mate.

Zonder het actief menselijk ingrijpen in de benedenloop van de Rijn zal er van nature aanzanding plaatsvinden. Het natuurlijke bodemtrend wordt door experts in geschat op een aanzanding van gemiddeld 0,4cm per jaar.

Voorlopig wordt in IRM ervan uitgegaan dat de trend van de rivierbodem in het traject van de Boven-Merwede gelijk blijft en de rivierbodemligging met ongeveer 0,4 cm per jaar erodeert.

Onderstaande tabel geeft de invloed van doorgaande bodemontwikkeling (zonder actief ingrijpen) op de toestand van de rivier in 2050:

	Rivierbodempligging	Laagwaterafvoer	Hoogwaterstand	Laagwaterstand
Niet actief ingrijpen tot 2050	-12 cm	+ 40 m ³ /s	-4 cm	- 10 cm

Tabel 1 Effect op toestand van de rivier in 2050 zonder nieuw bodembeleid

Rivierbodempligging	De bodem van het zomerbed van de Boven-Merwede ligt in 2050 12 cm lager. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van - 0,4 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.
Laagwaterafvoer	De afvoerverdeling onder normale omstandigheden en bij laagwater wijzigt geleidelijk. Doordat de Waalbodempligging op de bovenloop sneller zakt dan de rivierbodempligging op andere meer bovenstrooms gelegen Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m ³ /s) met 40 m ³ /s is toegenomen. Op basis van deze metingen is ingeschat dat de laagwaterafvoer op de Boven-Merwede in 2050 40 m ³ /s hoger is.
Hoogwaterstand	Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodempligging mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Boven-Merwede resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 35%. Een afname van het zomerbed met 12 cm betekent hierdoor een daling van hoogwaterstanden met 4 cm.
Laagwaterstand	De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodempligging en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. De laagwaterstanden veranderen 1-op-1 met de rivierbodempligging mee, al het water staat immers in het zomerbed. De laagwaterstanden nemen hierdoor dus met 12 cm af. Door geleidelijke verandering van de rivierafvoer over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig zakken van het zomerbed, neemt de laagwaterafvoer op de Boven-Merwede met 40 m ³ /s toe. Op basis van de betrekkinglijn is bepaald dat laagwaterstanden als gevolg van de veranderende afvoer bij de Boven-Merwede toenemen met 2 cm. Dit is een indirecte verandering als gevolg van bodemontwikkelingen. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 10 cm af.

De veranderingen in de bodempligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier hebben ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied. Op dit moment zijn de effecten van bodemerosie op verschillende beperkt.

Mogelijke effecten in de toekomst als gevolg van een verdere verlaging van de rivierbodempligging zijn:

- Risico voor de stabiliteit en standzekerheid van waterkeringen, oevers & kunstwerken: Door de verdieping komt het zomerbed lager te liggen en kan de stabiliteit van

waterkeringen, oevers en kunstwerken (schutsluis- en stuwcomplexen Linne en Roermond) in gevaar komen.

- Een verdere verlaging heeft tot gevolg dat kabels en leidingen in het gebied dichterbij de oppervlakte komen te liggen. Dit kan brede veiligheidsconsequenties hebben.

Klimaatverandering en effect op de toestand van de rivier

De effecten van klimaatverandering zijn veelzijdig. Klimaatverandering heeft onder andere effect op de hoge en lage rivierafvoeren. Verwacht wordt dat extreme lage en hoge rivierafvoeren vaker voorkomen en langduriger aanhouden en de zeespiegel sterker zal stijgen. Op basis van de meest extreme klimaatscenario's van het KNMI zijn de effecten op hoog- en laagwaterstanden voor de Boven-Merwede in beeld gebracht. De toename van de laagwaterstanden wordt veroorzaakt door het extreme zeespiegelscenario. Voor laagwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het droge KNMI'14 scenario - Wh-dry. Voor hoogwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het KNMI'06 - W+. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de waterstandeffecten tot 2050.

Dit traject was geen onderdeel van eerdere studies, waardoor hier geen waarde voor beschikbaar zijn op dit moment. De waarden van de Beneden-Waal zijn hier overgenomen.

	waterstand in 2050 door klimaatverandering
Effect op laagwaterstanden	+ 30 cm
Effect op hoogwaterstanden	+ 37 cm

Tabel 2 Effect op waterstanden in 2050 door klimaatverandering

3 Beleidsopties rivierbodembodem Rijn

Hieronder volgt een overzicht van potentiële beleidsopties en de implicaties voor de Boven-Merwede. De potentiële beleidsopties zijn generiek voor alle riviertrajecten en gaan in op het herstel van de sedimenthuishouding en het beheer van de rivierbodempligging. Een uitgebreide probleemanalyse in de PlanMER moet meer inzicht geven in de effecten van veranderingen in het systeem met en zonder ingrijpen, inclusief de revenuen van actief ingrijpen.

Dit traject was geen onderdeel van eerdere studies. De aannames en uitgangspunten, zoals ook in de andere trajecten zijn gebruikt, worden zoveel mogelijk overgenomen. Gezien de invloed van het getij in dit traject, dient er nog een extra controle plaats te vinden op deze uitgangspunten en aannames.

Het effect van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 is kort beschreven en in context geplaatst met de effecten van klimaatverandering. Tabel 3 toont de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050: bodempligging, hoog- en laagwaterstanden.

Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bodemtrend zet zich in de situatie zonder ingrijpen voort met een afname van 0,4 cm per jaar.
- De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodembodem mee. Op basis van een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Boven-Merwede resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 35%.
- De laagwaterstanden veranderen 1-op-1 met de rivierbodembodem mee, al het water staat dan immers in het zomerbed.
- De verdeling van de laagwaterafvoer verandert geleidelijk door het ongelijkmatig zakken van de rivierbodembodem in de Rijntakken. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Met deze geleidelijke verandering uit het verleden is rekening gehouden in de beleidsopties. De verandering in laagwaterverdeling zet door als niet wordt ingegrepen. En wordt teniet gedaan als de rivierbodembodem wordt hersteld naar een bodempligging uit het verleden.
- Bij de effecten per beleidsoptie gaan ervan uit dat de bovenstrooms en benedenstrooms gelegen trajecten dezelfde beleidsoptie van toepassing is.

Potentiële beleidsopties

A – Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk

In de basisreferentie wordt huidig beleid en beheer gecontinueerd en op de Boven-Merwede niet actief ingrijpen op de sedimenthuishouding en de rivierbodembodemontwikkelingen.

- Bodemtrend zet zich voort met een afname van gemiddeld 0,1 cm per jaar.
- Het nieuwe sedimentbeheer t.a.v. baggeren en terugstorten is hier niet in meegenomen.
- Geen beleid t.a.v. bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport of het beperken of stoppen van grootschalige bodemerrosie.
- Beheer en onderhoud verandert niet en blijft gericht op het lokaal verhelpen van problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid.

In hoofdstuk 2 staat beschreven welke invloed dit heeft op de bodempligging, hoogwaterstand en laagwaterstand in 2050.

B - Herstel sedimenthuishouding ter ondersteuning van rivierbodempligging

Deze beleidsoptie richt zich op het herstel van de sedimenthuishouding. Dit kan door netto sedimentonttrekking uit het zomerbed niet meer toe te staan en het bevorderen van het (doorgaand) sedimenttransport. Er wordt niet actief gestuurd op een specifieke rivierbodempligging. De beleidsoptie draagt bij herstel van de sedimenthuishouding en zal zorgen voor een toename van de bodemtrend. Het is niet duidelijk in welke mate de trend toeneemt.

- De bodemtrend zal naar verwachting kleiner zijn dan een erosie van 0,4 cm per jaar. Het is niet bekend in welke mate. Niet gericht op het nastreven van een specifieke rivierbodempligging.
- Dit kan gerealiseerd worden door behoud van sediment in het zomerbed, herstel van verstoringen in sedimentbalans sedimenthuishouding en bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- **Rivierbodempligging** De bodem van het zomerbed van de Boven-Merwede ligt tussen de 0 – 12 cm (of meer) lager dan nu. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van maximaal -0,4 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.
- **Laagwaterafvoer** De afvoerverdeling onder normale omstandigheden en bij laagwater wijzigt geleidelijk. Doordat de Waalbodempligging sneller zakt dan de rivierbodempligging op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Als de bodemtrends op alle Rijntrajecten door herstel van sedimenthuishouding afnemen, zal ook de afvoerverdeling in de toekomst minder wijzigen. In welke mate dat gebeurt, is niet duidelijk. Aanname is dat de laagwaterafvoer van de Waal in de periode tot 2050 tussen de 0 en 40 m³/s zal toenemen.
- **Hoogwaterstand** Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodempligging mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Boven-Merwede resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 35%. Een aanzanding van het zomerbed van 3 cm (of meer) geeft een stijging van hoogwaterstanden 1 (of meer) cm.
- **Laagwaterstand** De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodempligging en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verlaagde rivierbodempligging neemt de laagwaterstand tussen 0 – 12 cm af. Op basis van de betrekkinglijn is bepaald dat laagwaterstanden als gevolg van de veranderende afvoer bij de Boven-Merwede toenemen tussen 0 of 2 cm. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal tussen 0 - 10 cm af.

C – Huidige bodem zomerbed handhaven

Deze optie is gericht op het stoppen van de grootschalige bodemerosie en het handhaven van de rivierbodem op het huidige niveau.

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen in de sedimenthuishouding of herinrichting in de rivier.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De rivierbodempligging van het zomerbed verandert niet t.o.v. 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer verandert niet.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen niet.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet.

D - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 10 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerosie, het terugbrengen van de rivierbodem in het zomerbed naar de situatie van 10 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 10 jaargeleden past bij de uitgangspunten in het programma KRW (ecologische toestand van 2009 mag niet verslechteren) en WBI-2017 programma (hydraulische ontwerpbelasting op dijken is gebaseerd op de bodem van 2013).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen) en het éénmalig omhoog brengen van de rivierbodem.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Boven-Merwede daalt jaarlijks met 0,4 cm. Met deze trend had de bodem van de Boven-Merwede 10 jaar geleden 4 cm hoger gelegen.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer neemt (ten opzichte van 2020) af met 13 m³/s. Doordat de Waalbodem op de bovenloop van de Waal sneller zakt dan de rivierbodem op andere meer bovenstrooms gelegen Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Door het terugbrengen van de bodem naar 10 jaar geleden zal de laagwaterafvoer met 1/3 minder ver zijn toegenomen. Dit maakt dat, ten opzichte van nu, de laagwaterafvoer met 13 m³/s afneemt.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzigt de afvoer over de takken niet. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodem mee. Een verhoging van het zomerbed met 4 cm betekent hier een verhoging van hoogwaterstanden met 1 cm.

- **Laagwaterstand** De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodem en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verhoogde rivierbodempligging neemt de laagwaterstand met 4 cm toe. Op basis van de betrekkingsslijn is bepaald dat laagwaterstanden als gevolg van de veranderende afvoer bij de Boven-Merwede afnemen met 1 cm. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 3 cm toe.

E - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 20 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerosie, het terugbrengen van de rivierbodem in het zomerbed naar de situatie van 20 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 20 jaar geleden past bij de uitgangssituatie van het programma Ruimte voor de Rivier (herinrichtingen zijn ontworpen op bodempligging van 1997) en sluit aan bij de bodempligging die Duitsland wil handhaven (bodempligging van 2000).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen) en het éénmalig omhoog brengen van de rivierbodem.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- **Rivierbodempligging** De bodem van het zomerbed van de Boven-Merwede daalt jaarlijks met 0,4 cm. Met deze trend had de bodem van de Boven-Merwede 20 jaar geleden 8 cm lager gelegen.
- **Laagwaterafvoer** De laagwaterafvoer neemt af met 13 m³/s. Doordat de Waalbodempligging op de bovenloop van de Waal sneller zakt dan de rivierbodem op andere meer bovenstrooms gelegen Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Door het terugbrengen van de bodem naar 20 jaar geleden zal de laagwaterafvoer met 2/3 minder ver zijn toegenomen. Dit maakt dat, ten opzichte van nu, de laagwaterafvoer met 27 m³/s afneemt.
- **Hoogwaterstand** Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzigt de afvoer over de takken niet. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodem mee. Een verhoging van het zomerbed met 8 cm betekent hier een verhoging van hoogwaterstanden met 3 cm.
- **Laagwaterstand** De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodem en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verhoogde rivierbodempligging neemt de laagwaterstand met 8 cm toe. Op basis van de betrekkingsslijn is bepaald dat laagwaterstanden als gevolg van de veranderende afvoer bij de Boven-Merwede afnemen met 2 cm. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 6 cm toe.

Samenvatting van de effecten op de toestand van de rivier per beleids optie

Tabel 3 geeft een samenvatting van de effecten van de potentiële beleids opties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050.

	Rivierbodembodempligging	Laagwaterafvoer	Hoogwaterstand	Laagwaterstanden		
				Rivierbodembodem	Laagwaterafvoer	TOTAAL
A. Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk	- 12 cm	+ 40 m ³ /s	- 4 cm	- 12 cm	+ 2 cm	- 10 cm
B. Herstel Sedimenthuishouding	-12 ~ 0 cm	0 ~ 40 m ³ /s	- 4 ~ 0 cm	-12 ~ 0 cm	0 ~ 2 cm	-10 ~ 0 cm
C. Huidige bodem zomerbed handhaven	0 cm	0 m ³ /s	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
D. Bodem zomerbed herstellen naar 10 jaar geleden	4 cm	- 13 m ³ /s	1 cm	4 cm	- 1 cm	3 cm
E. Bodem zomerbed herstellen naar 20 jaar geleden	8 cm	- 27 m ³ /s	3 cm	8 cm	- 2 cm	6 cm

Tabel 3 Veranderingen in de toestand van de rivier in de Boven-Merwede in de periode tot 2050 bij vijf principeopties voor de rivierbodempligging

Klimaatverandering heeft invloed op de effecten

Het klimaat effect is voor elke beleids optie gelijk (effecten op zowel hoog- als laagwater) en daardoor niet onderscheidend. De effecten van klimaatverandering op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 staat in hoofdstuk 2.2 beschreven.

Omdat de grootschalige bodemontwikkeling van dit traject klein is, is het effect van klimaatverandering in dit traject bepalend voor de effecten op de rivier in 2050.

4 Beleidsopties Afvoercapaciteit

In de Quick Scan Afvoercapaciteit is voor het grootste deel van de Rijn in beeld gebracht welke vraag naar extra afvoercapaciteit er is (welke initiatieven, plannen en ontwikkelingen vragen om vergroting van afvoercapaciteit) en welke aanbod gecreëerd kan worden (hoe kunnen we dat realiseren). Tijdens de uitvoering van de Quick Scan Afvoercapaciteit was het traject Boven Merwede geen onderdeel van de scope. Dat betekent dat informatie over afvoercapaciteit voor dit traject ontbreekt.

5 Combinatie van potentiële beleidsopties Rivierbodempligging en Afvoercapaciteit

De potentiële beleidsopties voor Rivierbodem en Afvoercapaciteit kunnen niet los van elkaar beschouwd worden. Dit hoofdstuk laat de onderlinge samenhang zien.

Rivierbodem --> afvoer- en bergingscapaciteit

Beleidsopties waarbij de erosie van de rivierbodem wordt stopgezet danwel de bodempligging omhoog wordt gebracht hebben invloed op de hoogwaterstanden. Binnen de huidige versterkingsopgave wordt een vaste bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt niet geanticipeerd op de bodemontwikkeling. Welke bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt, wordt bepaald per waterschap en kan verschillen per riviertraject. Een substantiële verhoging van het rivierbed kan effect hebben op de versterkingsopgave. De beleidsopties waarbij de bodem substantieel omhoog worden gebracht kunnen dus om extra afvoercapaciteit vragen. Het eroderen van de rivierbodem kan extra afvoercapaciteit creëren.

Met andere woorden, indien gekozen wordt voor rivierbodembeleid waarbij de rivierbodem 10 of 20 jaar terug wordt gebracht, wordt dit onderdeel van beleidsopties II en IIIb voor beleid t.a.v. afvoer- en bergingscapaciteit.

Afvoer- en bergingscapaciteit --> rivierbodem

De keuze voor de mate van te realiseren waterstandsdeling (m.a.w. de mate van rivierverruiming) kan ook een effect hebben op de bodem. Daar waar rivierverruiming plaatsvindt met maatregelen die zorgen voor een regelmatige afname van de afvoer door het zomerbed, verandert op lange termijn het evenwichtsprofiel van het zomerbed. Het zomerbed komt hier uiteindelijk omhoog. Hoe groter en meer rivierverruiming plaatsvindt, hoe meer dit bijdraagt aan het verminderen van bodemerosie.

Naast fysieke maatregelen is sedimentmanagement nodig om op korte termijn het gewenste bodemniveau te bereiken. Indien op korte termijn een bodempligging uit het verleden gehandhaafd gaat worden is een initiële suppletie noodzakelijk om deze verhoging op korte termijn te kunnen realiseren.

1 Ligging

Het traject Midden Nederrijn loopt van stuw Driel (km 891,5) tot stuw Amerongen (km 922,3). Het traject is bijna 30 km lang. Het zomerbed van de Midden Nederrijn wordt aan weerszijden begrensd door kribben. De uiterwaarden variëren in breedte van honderd tot enkele honderden meters. Dijken beschermen de achterliggende poldergebieden. Op het traject tussen Amerongen en Rhenen en tussen Wageningen en Oosterbeek liggen aan de noordzijde ter plekke van de hoge gronden geen dijken.

Voor het sturen van de waterverdeling tijdens lage afvoeren zijn in de jaren zestig drie stuwen in de Nederrijn-Lek aangelegd: stuw Driel, Amerongen en Hagestein. De aanleg van de vizierstuwen maakten onderdeel uit van de Rijn kanalisatie. De stuw bij Driel in de Boven Nederrijn is van belang voor de laagwaterverdeling tussen de IJssel en de Nederrijn-Lek (en daarmee voor de zoetwatervoorziening van het IJsselmeer) en heeft een beperkt effect op de waterverdeling tussen de Waal en het Pannerdensch Kanaal. De stuwen bij Hagestein en Amerongen zorgen voor voldoende vaardiepte op de Nederrijn-Lek.

In figuur 1 is de ligging van het traject weergegeven.



Figuur 1 Ligging van Midden Nederrijn

2 Blik op het traject

Dit hoofdstuk bevat een beknopte beschrijving van de riviergebonden functies van dit traject. Het beschrijft de essentie van wat er speelt m.b.t. waterveiligheid, bevaarbaarheid, waterbeschikbaarheid, natuur & waterkwaliteit. Dit betreft geen uitgebreide beschrijving van de opgaven. Een uitgebreid beeld op de rivieren met de opgave volgt in het Beeld op de Rivieren dat in het kader van IRM wordt ontwikkeld.

Na de essentie van wat er speelt, volgt een beschrijving van de bodemontwikkelingen en de veranderingen in klimaat, de invloed hiervan op de toestand van de rivier (rivierbodempligging, hoog- & laagwaterstanden), en de doorwerking op de riviergebonden functies.

2.1 Wat speelt er met betrekking tot de riviergebonden functies?

Hoogwaterveiligheid

Uiterwaarden dragen bij aan waterveiligheid door waterafvoer te faciliteren, dijken beschermen dit gebied tegen overstromingen. Door een aantal maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier, Stroomlijn, KRW en NURG is de afvoercapaciteit vergroot. Zo zijn o.a. de uiterwaardvergraving in de Doorwerthsche uiterwaarden, de Middelwaard, de Tollewaard uitgevoerd en werd het obstakel bij de Machinistenschool in Elst verwijderd.

De primaire waterkeringen in dit traject voldoen niet aan de geldende norm voor waterveiligheid en zullen versterkt moeten worden. De maximaal toelaatbare overstromingskans van de dijken aan de zuidzijde is 1/3.000^{ste} per jaar. Aan de noordzijde is alleen het traject tussen Wageningen en Rhenen bedijkt: de maximaal toelaatbare overstromingskans is 1/30.000^{ste} per jaar. Vanaf Amerongen geldt aan de noordzijde een maximaal toelaatbare overstromingskans van 1/10.000^{ste} per jaar. Om aan de normen te voldoen zijn vooral dijkversterkingen en in mindere mate ook dijkverhogingen voorzien. De versterking van de Grebbedijk aan de noordzijde is voor 2028 opgenomen in de HWBP programmering. De dijken aan de zuidzijde zijn iets later aan de beurt (2028-2035). Verwacht wordt dat een deel van de dijkversterking bij Wageningen buitenwaarts zal gebeuren (in de richting van de uiterwaarden). Een deel van de dijkversterkingen (o.a. bij Wageningen, Heteren en Opheusden) is vanwege landschappelijke inpassing en/of cultuurhistorische waarden aangemerkt als complex en moeilijk inpasbaar. De brede uiterwaarden langs de Rijn bieden kansen voor rivierverruiming.

De noordzijde van het traject is vrijwel geheel onbedijkt. Aan de noordzijde van het traject tussen Oosterbeek en Wageningen en tussen Rhenen en Amerongen bieden hoge gronden bescherming tegen hoogwater. Alleen tussen Wageningen en Rhenen ligt een stukje dijk, en stroomafwaarts van Amerongen.

Naar verwachting zal IenW in 2021 een besluit nemen m.b.t. de herijking van het beleidsuitgangspunt afvoerverdeling Rijntakken bij hoogwater. De herijking gaat over de vraag hoe de in beleid vastgelegde afvoerverdeling bij hoogwater in praktijk vorm krijgt. Hierbij is het uitgangspunt de beleidsafpraak dat de Lek boven een Rijnafvoer van 16.000 m³/s bij Lobith wordt ontzien. Onderdeel van het realiseren van de beleidsmatig afgesproken afvoerverdeling is de instelling van de regelwerken op de splitsingspunten. Afhankelijk van de gekozen afvoerverdeling en bijbehorende instelling van de regelwerken kan dit een verhoging of verlaging van de

hoogwaterstanden langs de gehele Nederrijn & Lek betekenen (t.o.v. de hydraulische belasting in het OntwerpInstrumentarium van het HWBP). Bij instelling van de regelwerken op een Rijnafvoer van 18.000 m³/s nemen de hoogwaterstanden langs de Nederrijn & Lek bij een Rijn-afvoer 16.000 m³/s met ongeveer 35 cm af (Lek wordt dan maximaal ontzien). Dit is vergeleken met de waterstanden op de Waal bij een afvoer van 16.000 m³/s en de instelling van de regelwerken op 16.000 m³/s (de huidige situatie).

Binnen IRM wordt vooralsnog de huidige beleidsmatige hoogwater afvoerverdeling met bij behorende instellingen van de regelwerken als uitgangspunt gehanteerd.

Bij de Blauwe Kamer (km 907) bevindt zich een lokaal hydraulische knelpunt. Behoud van ruimte is bij de ruimtelijke inrichting en ontwikkeling van het riviersysteem een blijvend aandachtspunt.

Het doorgroeien en uitbreiden van begroeiing in het rivierbed kan leiden tot te hoge hoogwaterstanden. De Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwing van begroeiing) is toegestaan. De Vegetatielegger is onderdeel van de Legger Rijkswaterstaatswerken. De Waterwet regelt de leggerplicht van alle waterstaatswerken. In de vorm van overzichtskaarten en regels zijn normen gespecificeerd voor vegetatie in het rivierbed ten behoeve van hoogwaterveiligheid en waterkwaliteit.

Bevaarbaarheid

De Nederrijn & Lek spelen ook een belangrijke rol voor de scheepvaart. De rivier de Lek, van het Lekkanaal bij Nieuwegein tot aan Schoonhoven wordt het meest intensief gebruikt door de scheepvaart. Het traject tussen het Lekkanaal bij Nieuwegein en het Amsterdam-Rijnkanaal bij Wijk bij Duurstede is het minst bevaren gedeelte. Dit komt doordat het scheepvaartverkeer vanuit Rotterdam naar Amsterdam afslaat bij Nieuwegein naar het Lekkanaal en het scheepvaartverkeer vanuit het oosten naar Amsterdam afslaat bij Wijk bij Duurstede naar het Amsterdam-Rijnkanaal. Het bovenstroomse traject van Wijk bij Duurstede tot IJsselkop (hier valt de Midden Nederrijn in) is weer wat drukker. Vrijwel de gehele Nederrijn & Lek traject tussen de Beatrixsluizen ter plaatse van het Lekkanaal bij Nieuwegein (km 950) en IJsselkop is voor de recreatievaart van belang.

De stuw bij Amerongen moet zorgen voor voldoende vaardiepte op het traject. In het meest bovenstroomse deel van stuwpannd Amerongen (direct benedenstrooms van stuw Driel) is de vaardiepte tijdens laagwater onvoldoende. Dit kan enerzijds komen doordat het in het meest stroomopwaarts deel van het stuwpannd ligt en er mogelijk wat lokale aanzanding is door de uiterwaardvergraving in de Doorwerthsche uiterwaarden.

Recent is het stuw- en schutsluiscomplex bij Amerongen grootschalige gerenoveerd en zijn twee vizierschuiven vervangen. Door de vervanging is het capaciteitsknelpunt van de schutsluis en de vaardiepte verbeterd.

Bij de brug bij Heteren (A50) heeft onvoldoende doorvaarthoogte bij hoogwater. Naar verwachting wordt het tekort aan doorvaarthoogte pas aangepakt als deze vervangen of gerenoveerd gaan worden. Dit is geen opgave in het kader van het programma Integraal Riviermanagement, maar zal opgepakt worden in het programma vervanging en renovatie (V&R).

Natuur en waterkwaliteit

Dit deel van de rivier is gestuwd en stroomt een groot deel van het jaar niet. Door langere periodes van lage afvoeren en waterstanden bij Lobith wordt de Nederrijn-Lek vaker gestuwd. Daardoor vermindert het natuurlijk stromend karakter van de rivier. De natuur kenmerkt zich door de stuwwallen langs de Veluwezoom en de Utrechtse Heuvelrug met steile hellingen. Ook ligt hier de Renkumse beekdal. Er is een sterke verbinding tussen de uiterwaarden en de stuwwal, en daarmee met het gebied ten noorden van de Nederrijn & Lek.

Op het gebied van natuur is er een reeks aan opgaven: behoudsopgaven van reeds bestaande natuur en opgaven volgend uit bestaand en nieuw, nog te ontwikkelen beleid. Er zijn vanuit nationale en regionale natuurbeheerplannen (NNN) en Europees beleid (Natura 2000) (beide bestaand beleid) ontwikkelopgaven voor boskernen en andere habitats. Ook is er een waterkwaliteitsopgave vanuit de KRW (macrofauna, vis en waterplanten). Het gaat vooral om opgave gerelateerd aan macrofauna. Er wordt gedacht aan maatregelen zoals aanleg geulen en strangen, natuurvriendelijke oevers, uiterwaardherinrichting en vispassages de stuwen om deze opgaven op te lossen. Locaties waar deze maatregelen denkbaar zijn, zijn o.a. Elst, Eck en Wiel, Plassenwaard en Grebbendijk).

Aanvullend op het bestaand beleid, wordt ook nieuw natuurbeleid uitgewerkt. Het traject kent een ontwikkelopgave in het kader van de Programmatiese Aanpak Grote Wateren (PAGW). Deze ontwikkelopgave maakt integraal deel uit van de opgave IRM. De PAGW werkt aan plannen voor een robuust riviersysteem passend bij de abiotische uitgangssituatie (gegeven klimaatverandering, economische ontwikkelingen en ecologische knelpunten). Bij toekomstige natuurontwikkeling in het riviereengebied zal in het bijzonder gekeken worden naar de ontwikkeling van een viertal hotspots en naar het verbinden van deze grote natuurgebieden langs de rivier via de corridors. In de corridor tussen de hotspots liggen afwisselend grote en kleine stapstenen met geschikt leefgebied voor de gidssoorten. Er komt focus te liggen op het verbinden van natuurdoelen van de diverse programma's (één natuurdoelstelling in rivierbed). In dit traject staat de verbinding tussen de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug en de rivier via de Noordelijke Corridor (Renkum – Elst) centraal. De Midden Nederrijn wordt gezien als een belangrijke verbindingzone om de hotspots van de Programmatiese Aanpak Grote Wateren, c.q. Gelderse Poort en de Biesbosch, met elkaar te verbinden.

Het beheer van natuur langs de Bovenrijn bestaat uit het beheer van de begroeiing in het rivierbed en het sedimentbeheer in zowel uiterwaarden als in natuurvriendelijke oevertrajecten. Hierbij wordt zo veel mogelijk ruimte gegeven aan natuurlijke processen en het verkrijgen van leefgebieden voor bij het riviersysteem passende planten en dieren. De Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwning van begroeiing) is toegestaan. Het is voor de natuur relevant dat daarbij in voldoende ontwikkelbeheerruimte wordt voorzien, waarmee de natuur ruimte krijgt om zich op natuurlijke wijze te ontwikkelen.

Naast de relatie met hoogwaterveiligheid hebben ook scheepvaart en natuur een onderlinge relatie. Scheepvaart vervult een belangrijke rol op dit traject en heeft middels schroefwerking en golflslag direct effect op natuur.

Zoetwaterbeschikbaarheid

Er zijn met betrekking tot de waterbeschikbaarheid op de Nederrijn & Lek drie draaiknoppen: Stuw Driel (doorvoer gestuwde panden en toevoer naar de IJssel), de inlaat bij Wijk bij Duurstede (Stichtse Rijnlanden) en Stuw Hagestein (bestrijding verzilting, waterbeschikbaarheid westen). De Midden Nederrijn kent geen grote aandachtspunten met betrekking tot de waterbeschikbaarheid en stuurbaarheid van zoetwater over het hoofdwatersysteem.

2.2 Bodemontwikkeling en klimaatverandering en hun effect op de rivier

Een aantal omgevingsveranderingen beïnvloedt de toestand van de rivier. Het betreft de grootschalige rivierbodemontwikkeling en klimaatverandering. De veranderingen beïnvloeden de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier en hebben daardoor ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Bodemontwikkeling en het effect op de rivier

De Midden Nederrijn is een gestuwd traject en ligt in het deel van de Nederrijn waar het rivierbed aanzandt. Waarnemingen laten zien dat de rivierbodem in dit traject in de afgelopen tientallen jaren gestegen is met een snelheid van gemiddeld 0,3 cm per jaar.

De ontwikkeling van de bodemligging van de bedding van de Nederrijn-Lek is sterk beïnvloed door de aanleg van de stuwen bij Driel, Amerongen en Hagestein. De stuwen zijn gebouwd in gegraven geulen naast de rivier. Bij voltooiing van de stuw is de rivier door het gegraven geuldeel geleid. Dit geuldeel lag in alle drie gevallen lager dan de oorspronkelijke geul.

De stuwwerking van de stuwen zorgt voor stroomvertraging en vormt daardoor een belangrijke oorzaak van de aanzanding in de stuwpannen. De stuwen functioneren als een zandvang, waardoor stroomopwaarts van de stuw sedimentatie plaatsvindt en stroomafwaarts erosie.

De aanzanding op dit traject wordt ook veroorzaakt doordat het materiaal dat vrij komt uit baggerwerk in het bovenstroomse deel van de Nederrijn (tussen de IJsselkop en stuw Driel), stroomafwaarts van stuw Driel in de Midden Nederrijn wordt gestort. In het nieuwe baggercontract van Rijkswaterstaat (PC-NAT 2021-2031) zal het materiaal bovenstrooms van de IJsselkop worden teruggestort in het Pannerdensch kanaal. Dit kan er toe leiden dat de aanzandende trend in de toekomst minder wordt.

Daarnaast kan de aanzanding het gevolg zijn van de uitgevoerde rivierverruiming in het kader van Ruimte voor de Rivier.

Deskundigen verwachten dat de aanzanding van de rivierbodem in het traject van de Midden Nederrijn met ongeveer 0,3 cm per jaar doorgaat. Hierbij is geen rekening gehouden met het effect van het nieuwe baggercontract van Rijkswaterstaat.

Net als op de overige Rijntakken heeft de geleidelijke wijziging van de afvoerverdeling over de Rijntakken op de splitsingspunten bij laagwater ook effect op de laagwaterafvoer van de Nederrijn. Het is onduidelijk hoeveel dit is, daarom wordt nu aangenomen dat de laagwaterafvoer op de Nederrijn blijft gelijk en verandert niet. Doordat de Waalbodern sneller zakt dan de rivierbodem op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Dit gaat ten koste van de laagwaterafvoer op het Pannerdensch Kanaal en de IJssel:

op beide takken reduceert de laagwatervvoer met 40 m³/s. Vanwege de gehanteerde minimale doorstroom van 30m³/s naar de Lek wordt aangenomen dat de laagwaterafvoer op de Nederrijn niet verandert en blijft gelijk.

Onderstaande tabel geeft de invloed van doorgaande bodemontwikkeling (zonder actief ingrijpen) op de toestand van de rivier in 2050:

	Rivierbodempligging	Hoogwaterstand	Laagwaterstand
Niet actief ingrijpen tot 2050	+ 9 cm	+ 3 cm	0 cm

Tabel 1 Effect op toestand van de rivier in 2050 zonder nieuw bodembeleid

Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Midden Nederrijn ligt in 2050 9 cm hoger. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van + 0,3 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.

Hoogwaterstand De hoogwaterstanden bewegen met de rivierbodem mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Midden Nederrijn resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 30%. Een stijging van het zomerbed met 9 cm betekent hierdoor een stijging van hoogwaterstanden met 3 cm.

Laagwaterstand Aangezien de laagwaterstand van de Midden Nederrijn gestuwd wordt, blijft de laagwaterstand onveranderd, ongeacht de bodemontwikkeling.

Op dit moment zijn de effecten van aanzanding die is opgetreden in het verleden beperkt. De beperkte sedimentatie vraagt hooguit af en toe wat onderhoudsbaggerwerk om de rivier op diepte te houden. Verwacht wordt dat de doorwerking van de grootschalige veranderingen in de bodempligging op de hoog- en laagwaterstanden van de rivier beperkt is. Daarom worden ook weinig effecten verwacht op de riviergebonden functies in het riviereengebied.

Klimaatverandering en effect op de toestand van de rivier

De effecten van klimaatverandering zijn veelzijdig. Klimaatverandering heeft onder andere effect op de hoge en lage rivierafvoeren. Verwacht wordt dat extreme lage en hoge rivierafvoeren vaker voorkomen en langduriger aanhouden. Op basis van de meest extreme klimaatscenario's van het KNMI zijn de effecten op hoog- en laagwaterstanden voor de Midden Nederrijn in beeld gebracht. Voor laagwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het droge KNMI'14 scenario - Wh-dry. Voor hoogwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het KNMI'06 - W+. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de waterstandeffecten tot 2050.

Uitgangspunt is dat er in een gestuwd traject door actief stuwpelbeheer geen veranderingen zijn in waterstanden tijdens normale en lagere afvoeromstandigheden. Voor de hoogwater afvoerverdeling is vastgesteld dat de Nederrijn-Lek wordt ontzien. Uitgangspunt is dat klimaatverandering daarmee geen effecten heeft op de hoogwaterstanden in de Nederrijn & Lek.

	waterstand in 2050 door klimaatverandering
Effect op laagwaterstanden	0 cm
Effect op hoogwaterstanden	0 cm

Tabel 2 Effect op waterstanden in 2050 door klimaatverandering

3 Beleidsopties rivierbodembodem Rijn

Hieronder volgt een overzicht van potentiële beleidsopties en implicaties voor de Midden Nederrijn. De potentiële beleidsopties zijn generiek voor alle riviertrajecten en gaan in op het herstel van de sedimenthuishouding en beheer van de rivierbodembodemligging. Een uitgebreide probleemanalyse in de PlanMER moet meer inzicht geven in de effecten van veranderingen in het systeem met en zonder ingrijpen, inclusief de revenuen van actief ingrijpen.

Het effect van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 is kort beschreven en in context geplaatst met de effecten van klimaatverandering. Tabel 3 toont de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050: bodembodemligging, hoog- en laagwaterstanden.

Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bodemtrend zet zich in de situatie zonder ingrijpen voort met een stijging van gemiddeld 0,3 cm per jaar
- De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodembodem mee. Op basis van een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Midden Nederrijn resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 30%.
- De Midden Nederrijn is gestuwd. De laagwaterstand blijft daardoor onveranderd, ongeacht de bodembodemontwikkeling.
- Anders dan op de overige Rijntakken heeft de geleidelijke wijziging van de afvoerverdeling over de Rijntakken op de splitsingspunten bij laagwater geen effect op de laagwaterafvoer van de Nederrijn. De laagwaterafvoer op de Nederrijn blijft gelijk en verandert niet.
- Bij de effecten per beleids optie gaan ervan uit dat de bovenstrooms en benedenstrooms gelegen trajecten dezelfde beleids optie van toepassing is.

Potentiële beleidsopties

A – Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk

In de basisreferentie wordt huidig beleid en beheer gecontinueerd en op de Midden Nederrijn niet actief ingrijpen op de sedimenthuishouding en de rivierbodembodemontwikkelingen.

- Bodemtrend zet zich voort met een stijging van gemiddeld 0,3 cm per jaar.
- Het nieuwe sedimentbeheer t.a.v. baggeren en terugstorten is hier niet in meegenomen.
- Geen beleid t.a.v. bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport of het beperken of stoppen van grootschalige bodembodemerosie.
- Beheer en onderhoud verandert niet en blijft gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid.

In hoofdstuk 2 staat beschreven welke invloed dit heeft op de bodembodemligging, hoogwaterstand en laagwaterstand in 2050.

B - Herstel sedimenthuishouding ter ondersteuning van rivierbodembodemligging

Deze beleids optie richt zich op het herstel van de sedimenthuishouding. Dit kan door netto sedimentonttrekking uit het zomerbed niet meer toe te staan en het bevorderen van het (doorgaand) sedimenttransport. Er wordt niet actief gestuurd op een specifieke rivierbodembodemligging. De beleids optie draagt bij aan herstel van de sedimenthuishouding en zal zorgen voor een toename van de bodemtrend. Het is niet duidelijk in welke mate de trend toeneemt.

- De bodemtrend zal mogelijk veranderen. Het is niet bekend in welke mate. Uitgangspunt is dat de bodemtrend zich voortzet met een aangroei van 0,3 cm per jaar.

- Niet gericht op het nastreven van een specifieke rivierbodempligging.
- Dit kan gerealiseerd worden door behoud van sediment in het zomerbed, herstel van verstoringen in sedimentbalans sedimenthuishouding en bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Midden Nederrijn ligt 9 cm hoger dan nu.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodem mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Midden Nederrijn resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 30%. Een aanzanding van het zomerbed van 9 cm geeft een stijging van hoogwaterstanden 3 cm.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet.

C – Huidige bodem zomerbed handhaven

Deze optie is gericht op het stoppen van de grootschalige bodemerosie en het handhaven van de rivierbodem op het huidige niveau.

- De bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar en het zomerbed wordt op het niveau van 2020 gehouden.
- Dit kan gerealiseerd worden door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De rivierbodempligging verandert niet, en blijft gelijk aan de bodempligging van 2020.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen niet meer.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet.

D - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 10 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerosie, het terugbrengen van de rivierbodem in het zomerbed naar de situatie van 10 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 10 jaargeleden past bij de uitgangspunten in het programma KRW (ecologische toestand van 2009 mag niet verslechteren) en WBI/OI-2017 programma (hydraulische ontwerpbelasting op dijken is gebaseerd op de bodem van 2013).

- De bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).

- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Midden Nederrijn stijgt jaarlijks met 0,3 cm. Met deze trend had de bodem van de Midden Nederrijn 10 jaar geleden 3 cm lager gelegen. De rivierbodempligging komt met deze optie 3 cm lager te liggen dan in 2020.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodempligging mee. Een verlaging van het zomerbed met 3 cm betekent hier een daling van hoogwaterstanden met 1 cm.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet.

E - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 20 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerosie, het terugbrengen van de rivierbodempligging in het zomerbed naar de situatie van 20 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 20 jaar geleden past bij de uitgangssituatie van het programma Ruimte voor de Rivier (herinrichtingen zijn ontworpen op bodempligging van 1997) en sluit aan bij de bodempligging die Duitsland wil handhaven (bodempligging van 2000).

- De bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Midden Nederrijn stijgt jaarlijks met 0,3 cm. Met deze trend had de bodem van de Midden Nederrijn 20 jaar geleden 6 cm lager gelegen. De rivierbodempligging komt met deze optie 6 cm lager te liggen dan in 2020
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodempligging mee. Een verlaging van het zomerbed met 6 cm betekent hier een verlaging van hoogwaterstanden met 2 cm.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet.

Samenvatting van de effecten op de toestand van de rivier per beleidsoptie

Tabel 3 geeft een samenvatting van de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050.

	Rivierbodempligging	Hoogwaterstand	Laagwaterstand
A. Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk	+ 9 cm	+ 3 cm	0 cm

	Rivierbodempligging	Hoogwaterstand	Laagwaterstand
B. Herstel Sedimenthuishouding	+ 9 cm	+ 3 cm	0 cm
B. Huidige bodem zomerbed handhaven	0 cm	0 cm	0 cm
C. Bodem zomerbed herstellen naar 10 jaar geleden	- 3 cm	- 1 cm	0 cm
D. Bodem zomerbed herstellen naar 20 jaar geleden	- 6 cm	- 2 cm	0 cm

Tabel 3 Veranderingen in de toestand van de rivier in de Midden Nederrijn in de periode tot 2050 bij vier principeopties voor de rivierbodempligging

Klimaatverandering heeft invloed op de effecten

Het klimaateffect is voor elke beleids optie gelijk (negatieve effecten op zowel hoog- als laagwater) en daardoor niet onderscheidend. Omdat dit traject gestuwd is, zijn er nauwelijks effecten van klimaatverandering op dit traject, is het effect van grootschalige bodemontwikkeling in dit traject bepalend voor de effecten op de rivier in 2050.

4 Beleidsopties Afvoercapaciteit

Hieronder wordt inzichtelijk gemaakt welke potentiële beleidsopties te onderscheiden zijn m.b.t. de strategische beleidskeuze omtrent extra afvoercapaciteit: principeopties voor behoud en versterking van afvoercapaciteit, en met wat dat zou vragen aan te realiseren waterstandsaling.

In de QuickScan afvoercapaciteit is voor de gehele Rijn in beeld gebracht welke vraag naar extra afvoercapaciteit er is voor het zichtjaar 2050 (welke initiatieven, plannen en ontwikkelingen vragen om vergroting van afvoercapaciteit?) en welke aanbod gecreëerd kan worden (hoe kunnen we dat realiseren?). In onderstaande onderdelen zijn de belangrijkste resultaten uit de QuickScan Afvoercapaciteit gesommeerd. Nadere details zijn in de QuickScan zelf terug te lezen.

Vraag naar extra afvoercapaciteit

De vraag naar extra afvoercapaciteit is vertaald naar waterstandseffecten en komt voort uit de volgende onderdelen:

Waterveiligheid: Relevante aspecten voor het bepalen van de vraag voor afvoercapaciteit voor deze categorie zijn:

- Klimaatopgave¹: Waterstandeffect voortkomend uit verhoogde afvoeren als gevolg van klimaatverandering.
- Buitendijks versterken: Opstuwing veroorzaakt door het buitenwaarts versterken van dijktrajecten.
- Kwetsbare of waardevolle dijktrajecten: op verschillende plekken is de wens om deze specifieke plekken te ontzien van dijkverhogingen. Deze categorie is opgebouwd uit de normopgave 2015 en de klimaatopgave en bevat daarmee de volledige hoogteopgave uit het HWBP voor die trajecten.

N.b. de hoogteopgave voortvloeiend uit de normering, buiten de kwetsbare dijktrajecten, is dus niet opgenomen. Deze vormt onderdeel van het HWBP.

Natuurontwikkelingen: Betreft de vraag ter compensatie van waterstandseffecten door verruwing binnen natuurontwikkeling i.h.k.v.:

- Natura2000 (N2000)
- Natuurnetwerk Nederland (NNN)
- Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW)

N.b. KRW Kaderrichtlijn water is niet meegenomen in deze Quicksan, omdat hiervan is uitgegaan dat deze waterstandsneutraal worden gerealiseerd.

¹ Het effect van klimaatverandering op hoogwaterstanden wijkt hier af van de inschatting in paragraaf 3. Dit komt doordat bij het specificeren van de vraag naar afvoercapaciteit t.b.v. klimaatverandering alleen gekeken is naar de traject-onderdelen die nog niet op het niveau van een verkenning zijn uitgewerkt in de programmering van het hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP, d.d. oktober 2020. Voor de reeds geprogrammeerde dijkversterkingsprojecten in het HWBP is de klimaatvraag op nul gezet. Het uitgangspunt is dat het HWBP op die trajecten de dijken zodanig versterkt dat ze voldoen aan de nieuwe waterveiligheidsnormen en de toekomstige klimaatverandering op kunnen vangen. Dit is in paragraaf 3 niet nader gespecificeerd en dient in het vervolg van IRM nader uitgewerkt te worden.

Nieuw rivierbodembeleid: Betreft de vraag om het effect van mogelijk nieuw beleid voor rivierbodembeleid. Voor dit aspect is het effect op hoogwaterstanden als de rivierbodem van 20 jaar terug wordt hersteld en gehandhaafd als uitgangspunt genomen.

Gebiedsontwikkelingen: Betreft de vraag om lokale en regionale initiatieven en ontwikkelingen met een mogelijk waterstandverhogend effect te compenseren.

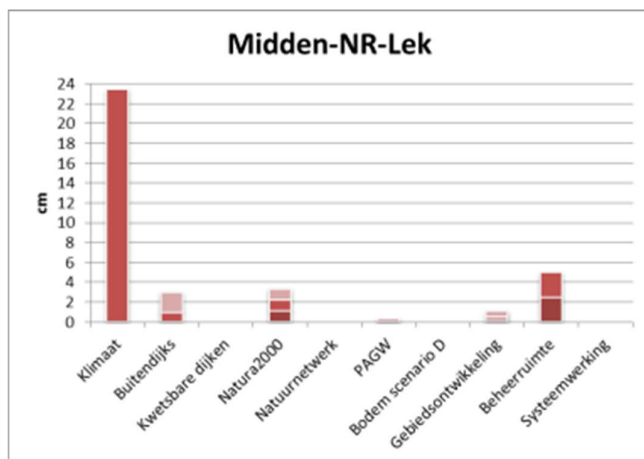
Beheerruimte: Betreft een marge of robuustheidstoeslag voor de rivierbeheerder, zodat hij in geval van (tijdelijke) beperkte veranderingen in het riviersysteem en daarbij gepaarde waterstandseffecten als gevolg van natuurlijke processen (morfologische en/of vegetatie ontwikkelingen) en menselijke ingrepen niet direct hoeft in te grijpen.

Rivierkundige systeemwerking: Betreft effecten die voortkomen uit keuzes ten aanzien van de inrichting van het riviersysteem en eisen en wensen aan die inrichting vanwege effecten die in het gehele Nederlandse riviersysteem spelen. Voor de Rijn gaat het om vragen vanuit de hoogwater afvoerverdeling over de Rijntakken en de beheersing van die afvoerverdeling.

Resultaten

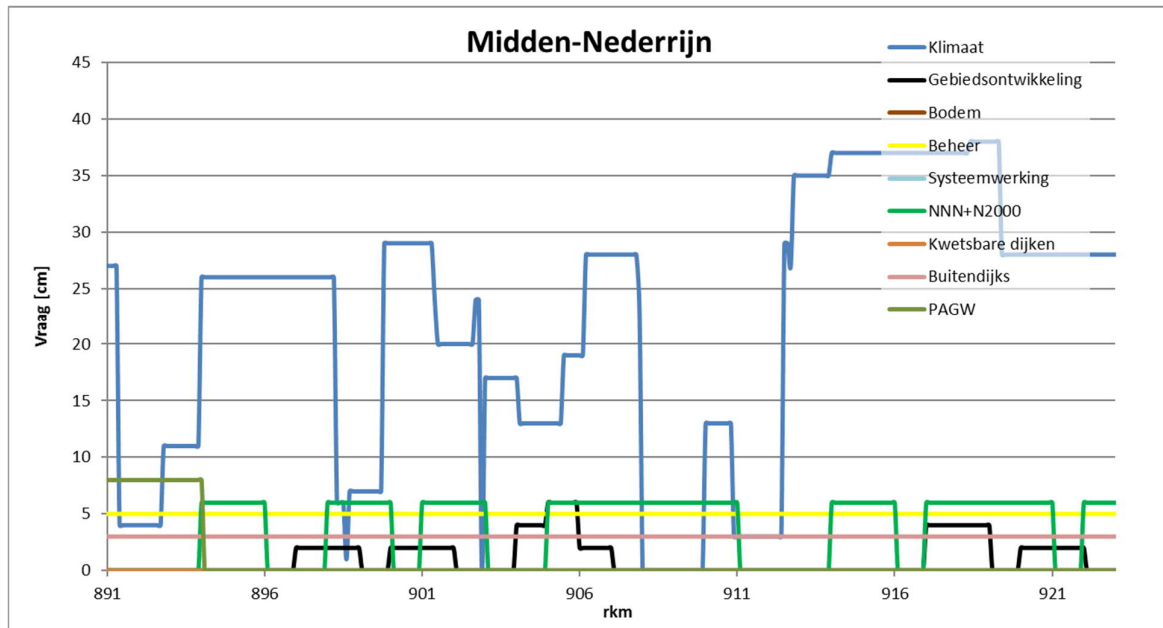
Figuur 2 geeft de trajectgemiddelde waarden per aspect. Zo kan eenvoudig worden afgelezen uit welke aspecten de belangrijkste vragen op dit traject naar voren komen. Voor de Midden-Nederrijn komt uit klimaat de grootste vraag voort.

Indien beschikbaar, zijn ook de minimale en maximale vraag in beeld gebracht. De vraag naar extra afvoercapaciteit is onzeker. Daarom zijn voor een aantal aspecten door deskundigen inschattingen gedaan van de onzekerheid in de vraag, resulterend in een minimale, een gemiddelde en maximale vraag. Voor de overige aspecten is slechts 1 waarde beschikbaar.



Figuur 2. De afzonderlijke vragen naar waterstands daling: indicatie van de onzekerheid in de trajectgemiddelde vraag: naast een basisinschatting is door deskundigen een lagere (donker) en hogere (licht) inschatting gegeven.

Het ruimtelijk verloop van de vraag voor de verschillende categorieën is weergegeven in figuur 3. Klimaat is verreweg de grootste vrager op dit traject met een piek tot 37 cm.



Figuur 3. De ruimtelijke variatie van de afzonderlijke vragen naar waterstandsaling

Principeopties voor omgaan met afvoercapaciteit

Potentiële opties voor beleid voor omgang met afvoercapaciteit variëren van behoud van de huidige afvoer- en bergingscapaciteit tot omvangrijke uitbreiding ervan. Bij behoud wordt extra te realiseren verruiming ingezet voor om rivierfuncties en –ontwikkelingen anders dan waterveiligheid mogelijk te maken, bij uitbreiding komt een deel van de te realiseren verruiming ten goede aan werkelijke vergroting van afvoer- en bergingscapaciteit. Hieronder worden de beleidsopties verder beschreven.

I – Behoud van afvoercapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie I wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten van programma's en ontwikkelingen in het kader van bestaand beleid en/of reeds gemaakte keuzes voor riviergebonden functies binnen IRM te compenseren. Die effecten worden op dit moment conform de Beleidslijn Grote Rivieren binnen elk project/programma afzonderlijk gecompenseerd. Hiermee wordt de huidige afvoercapaciteit behouden, waterstandsaling wordt ingezet als compensatie voor vermindering van de afvoercapaciteit. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Natuurontwikkeling vanuit Natura 2000 en Natuurnetwerk;
- Gebiedsontwikkelingen conform huidig beleid.

II - Uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie II wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten vanuit huidige beleid en vanuit programma's en ontwikkelingen binnen nog te formuleren en vast te stellen beleidsontwikkelingen binnen IRM te compenseren. Hiermee wordt waterstandsaling niet alleen ingezet als compensatie voor verlies aan afvoercapaciteit, maar wordt de afvoercapaciteit ook vergroot doordat het elementen bevat die bijdragen aan waterveiligheid en daarmee in potentie de HWBP-opgave kunnen verminderen². Dit betreft het ontzien van kwetsbare en bijzondere

² Volledige invulling van de hoogwaterveiligheidsopgave via rivierverruiming is niet in de beleidsopties opgenomen. Dit is een uitvloeisel van eerdere MKBA-analyses in LTAR-tijd.

dijktrajecten indien aanwezig in het specifieke traject, en opgaven vanuit de werking van het riviersysteem. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Buitendijks versterken vanuit HWBP;
- Natuurontwikkeling vanuit PAGW;
- Nieuw beleid voor ligging en beheer van de rivierbodem;
- Beheerruimte of robuustheidstoelage;
- Gebiedsontwikkelingen waarvoor nog geen beleid is vastgesteld;
- Opgaven vanuit de werking van het riviersysteem: de instelling en beheersing van de afvoerverdeling op de Rijntakken.

III Omvangrijke uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken en de klimaatopgave met rivierverruiming trotseren

Met principeoptie III wordt naast rivierverruiming ook ingezet op het opvangen van de klimaatopgave via een aanzienlijke uitbreiding van de afvoercapaciteit. We onderscheiden binnen deze principeoptie twee varianten:

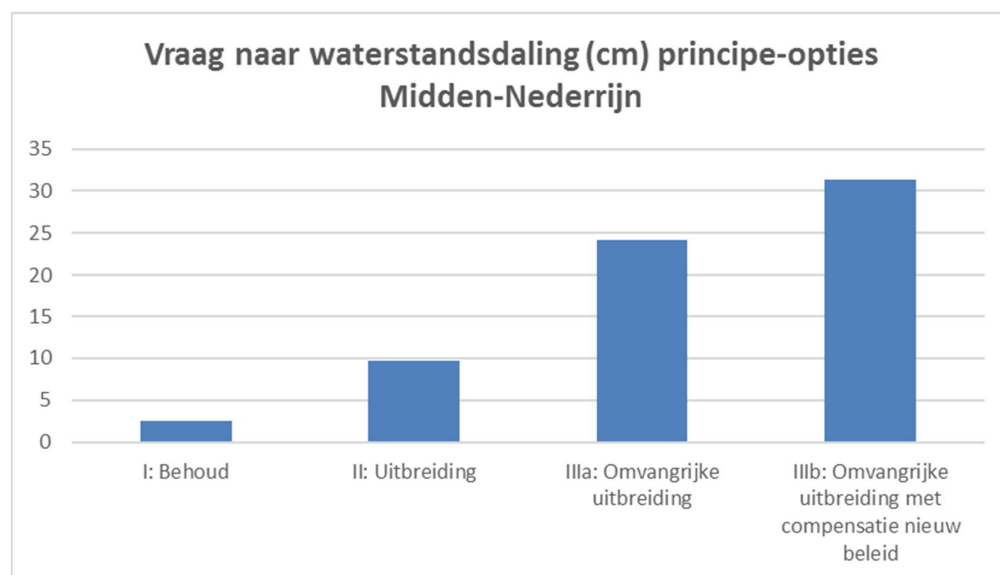
- IIIa: Opgaven vanuit bestaand beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder I)
- IIIb: Opgaven vanuit bestaand en nieuw beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder II).

Totaalbeeld principeopties Afvoercapaciteit

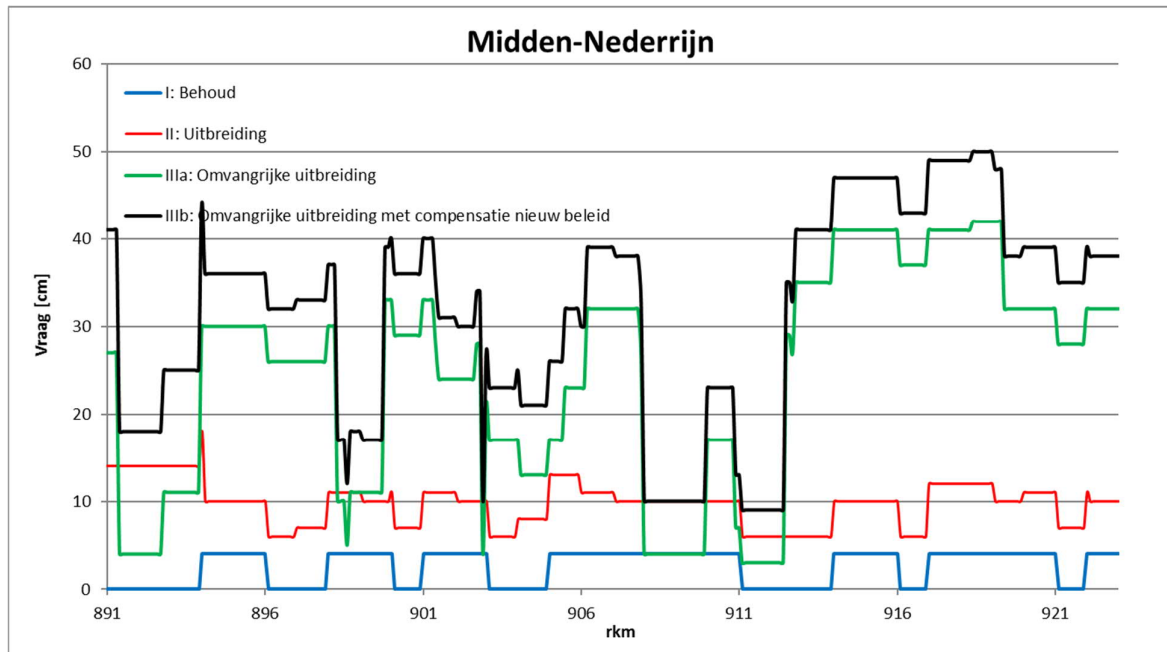
Onderstaande tabel en figuren laten zien wat de te realiseren waterstandsdingaling zou zijn binnen de verschillende principeopties, als trajectgemiddelde waarden, alsmede de ruimtelijke variatie.

Tabel 4 *Principeopties afvoercapaciteit, benodigde cm's waterstandsdingaling*

Riviertraject Midden Nederrijn-Lek	Principeopties (cm)			
	I	II	IIIa	IIIb
Trajectgemiddeld	2	10	24	31
Minimum	0	6	3	9
Maximum	4	18	42	50



Figuur 4. *Benodigde cm's waterstandsdingaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit*



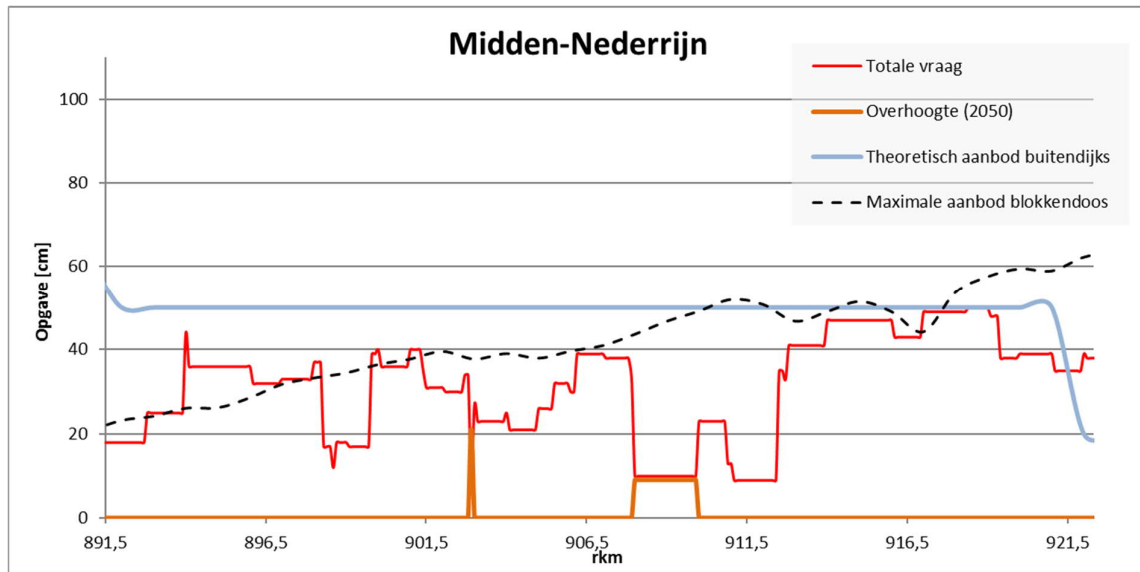
Figuur 5. Ruimtelijke variatie van de benodigde cm's waterstandsaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit

Het aanbod van afvoercapaciteit

Er is een globaal overzicht gemaakt van het mogelijke te creëren aanbod aan extra afvoercapaciteit in het rivierensysteem. Dit is gedaan op basis van een theoretische beschouwing van principe-maatregelen en eerder uitgevoerde verkenningen in het kader van het Deltaprogramma waarin binnendijkse en buitendijkse rivierverruimende maatregelen in beeld zijn gebracht. Dit resulteert in het volgende overzicht:

1. Afvoercapaciteit in het rivierensysteem die benut kan worden door de aanwezigheid van overhoogte in de dijken;
2. Afvoercapaciteit die maximaal (theoretisch) te realiseren met buitendijkse maatregelen. Dit is ingeschat op basis van een theoretische beschouwing, uitgaande van toepassing van een effectieve buitendijkse principe-maatregel voor rivierverruiming. Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
3. Afvoercapaciteit die te realiseren is met alle maatregelen die in het kader van het Deltaprogramma in beeld zijn gebracht en opgenomen zijn in de Blokkendoos (optelsom van combinatie van alle rivierverruimende maatregelen). Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen.

Onderstaand figuur toont de afvoercapaciteit die op basis van bovenstaande rubrieken te creëren is voor het traject Midden Nederrijn. Daarnaast is de maximale totale vraag (principe optie IIIb) opgenomen om een eerste vergelijking te kunnen maken met de verschillende aanbod varianten.



Figuur 7. De totaalvraag naar extra afvoercapaciteit samen met het mogelijk te creëren extra aanbod aan afvoercapaciteit langs het traject.

De belangrijkste conclusies, die hieruit kunnen worden getrokken zijn:

1. Overhoogte is enkel op rivierkilometer 903 en rond rivierkilometer 909 aanwezig en kan daar lokaal (bijna) de gehele vraag opvangen;
2. Met de theoretische beschouwing is afgeleid dat middels grootschalige buitendijkse rivierverruimingsmaatregelen (bv. Oevergeulen en zomerbedverbredingen) de gehele vraag ruimschoots kan worden opgevangen, op het allerlaatste stukje na;
3. Alle Blokkendoosmaatregelen tezamen in dit traject kunnen de totale vraag bijna geheel opvangen. Tussen rivierkilometer 893 en 898 zijn nog aanvullende maatregelen nodig, evenals een beperkte aanvulling rond rivierkilometer 900-901 en rond 917.

5 Combinatie van potentiële beleidsopties Rivierbodempligging en Afvoercapaciteit

De potentiële beleidsopties voor Rivierbodem en Afvoercapaciteit kunnen niet los van elkaar beschouwd worden. Dit hoofdstuk laat de onderlinge samenhang zien.

Rivierbodem --> afvoer- en bergingscapaciteit

Beleidsopties waarbij de erosie van de rivierbodem wordt stopgezet danwel de bodempligging omhoog wordt gebracht hebben invloed op de hoogwaterstanden. Binnen de huidige versterkingsopgave wordt een vaste bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt niet geanticipeerd op de bodemontwikkeling. Welke bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt, wordt bepaald per waterschap en kan verschillen per riviertraject. Een substantiële verhoging van het rivierbed kan effect hebben op de versterkingsopgave. De beleidsopties waarbij de bodem substantieel omhoog worden gebracht kunnen dus om extra afvoercapaciteit vragen. Het eroderen van de rivierbodem kan extra afvoercapaciteit creëren.

Met andere woorden, indien gekozen wordt voor rivierbodembeleid waarbij de rivierbodem 10 of 20 jaar terug wordt gebracht, wordt dit onderdeel van beleidsopties II en IIIb voor beleid t.a.v. afvoer- en bergingscapaciteit.

Afvoer- en bergingscapaciteit --> rivierbodem

De keuze voor de mate van te realiseren waterstandsdeling (m.a.w. de mate van rivierverruiming) kan ook een effect hebben op de bodem. Daar waar rivierverruiming plaatsvindt met maatregelen die zorgen voor een regelmatige afname van de afvoer door het zomerbed, verandert op lange termijn het evenwichtsprofiel van het zomerbed. Het zomerbed komt hier uiteindelijk omhoog. Hoe groter en meer rivierverruiming plaatsvindt, hoe meer dit bijdraagt aan het verminderen van bodemerosie.

Naast fysieke maatregelen is sedimentmanagement nodig om op korte termijn het gewenste bodemniveau te bereiken. Indien op korte termijn een bodempligging uit het verleden gehandhaafd gaat worden is een initiële suppletie noodzakelijk om deze verhoging op korte termijn te kunnen realiseren.

1 Ligging

Het traject Beneden Nederrijn loopt van stuw Amerongen (km 922,3) tot stuw Hagestein (km 946,9). Het traject is bijna 25 km lang. Het traject is redelijk bochtig. Het zomerbed van de Nederrijn wordt op dit traject aan weerszijden begrensd door kribben. De uiterwaarden variëren in breedte van honderd tot enkele honderden meters. Dijken beschermen de achterliggende poldergebieden.

Bij Wijk bij Duurstede kruist het Amsterdam-Rijnkanaal de Nederrijn en gaat de Nederrijn over in de Lek.

Voor het sturen van de waterverdeling tijdens lage afvoeren zijn in de jaren zestig drie stuwen in de Nederrijn-Lek aangelegd: stuw Driel, Amerongen en Hagestein. De aanleg van de vizierstuwen maakten onderdeel uit van de Rijnkanalisatie. De stuw bij Driel in de Boven Nederrijn is van belang voor de waterverdeling bij laagwater tussen de IJssel en de Nederrijn-Lek (en daarmee voor de zoetwatervoorziening van het IJsselmeer) en heeft een beperkt effect op de waterverdeling tussen de Waal en het Pannerdensch Kanaal. De stuwen bij Hagestein en Amerongen zorgen voor voldoende vaardiepte op de Nederrijn-Lek.

In figuur 1 is de ligging van het traject weergegeven.



Figuur 1 Ligging van Beneden Nederrijn

2 Blik op het traject

Dit hoofdstuk bevat een beknopte beschrijving van de riviergebonden functies van dit traject. Het beschrijft de essentie van wat er speelt m.b.t. waterveiligheid, bevaarbaarheid, waterbeschikbaarheid, natuur & waterkwaliteit. Dit betreft geen uitgebreide beschrijving van de opgaven. Een uitgebreid beeld op de rivieren met de opgave volgt in het Beeld op de Rivieren dat in het kader van IRM wordt ontwikkeld.

Na de essentie van wat er speelt, volgt een beschrijving van de bodemontwikkelingen en de veranderingen in klimaat, de invloed hiervan op de toestand van de rivier (rivierbodemplugging, hoog- & laagwaterstanden), en de doorwerking op de riviergebonden functies.

2.1 Wat speelt er met betrekking tot de riviergebonden functies?

Hoogwaterveiligheid

Uiterwaarden dragen bij aan waterveiligheid door waterafvoer te faciliteren, dijken beschermen dit gebied tegen overstromingen. Door een aantal maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier, Stroomlijn, KRW en NURG is de afvoercapaciteit vergroot. Zo zijn o.a. dijkverbetering uitgevoerd in de Betuwe/Tieler- en Culemborgerwaard.

De primaire waterkeringen in dit traject voldoen niet aan de geldende norm voor waterveiligheid en zullen versterkt moeten worden. De maximaal toelaatbare overstromingskans is voor alle dijken langs dit traject is 1/10.000^{ste} per jaar. Alleen het eerst deel van de dijken aan de zuidzijde heeft een minder strenge norm: 1/3.000^{ste} per jaar. Om aan de normen te voldoen zijn vooral dijkversterkingen en in mindere mate ook dijkverhogingen voorzien. De versterking van de dijken aan de noordzijde zijn voor 2028 opgenomen in de HWBP programmering. Dit geldt ook voor de dijken aan de zuidzijde tussen Everdingen en Hagestein.

Momenteel worden bij Wijk bij Duurstede, Fort Everdingen en Culemborgse veer oplossingen voor de dijkvesteringen uitgewerkt. De overige dijken aan de zuidzijde zijn iets later aan de beurt (2028-2050). Verwacht wordt dat een deel van de dijkversterking buitenwaarts zal gebeuren (in de richting van de uiterwaarden). Een deel van de dijkversterkingen (o.a. bij Maurik, Wijk bij Duurstede, Culemborg) is vanwege landschappelijke inpassing en/of cultuurhistorische waarden aangemerkt als complex en moeilijk inpasbaar. De brede uiterwaarden bieden kansen voor rivierverruiming.

Naar verwachting zal IenW in 2021 een besluit nemen m.b.t. de herijking van het beleidsuitgangspunt afvoerverdeling Rijntakken bij hoogwater. De herijking gaat over de vraag hoe de in beleid vastgelegde afvoerverdeling bij hoogwater in praktijk vorm krijgt. Hierbij is het uitgangspunt de beleidsafpraak dat de Lek boven een Rijnafoer van 16.000 m³/s bij Lobith wordt ontzien. Onderdeel van het realiseren van de beleidsmatig afgesproken afvoerverdeling is de instelling van de regelwerken op de splitsingspunten. Afhankelijk van de gekozen afvoerverdeling en bijbehorende instelling van de regelwerken kan dit een verhoging of verlaging van de hoogwaterstanden langs de gehele Nederrijn & Lek betekenen (t.o.v. de hydraulische belasting in het OntwerpInstrumentarium van het HWBP). Bij instelling van de regelwerken op een Rijnafoer van 18.000 m³/s nemen de hoogwaterstanden langs de Nederrijn & Lek bij een Rijn-afvoer 16.000 m³/s met ongeveer 35 cm af (Lek wordt dan maximaal ontzien). Dit is vergeleken met de

waterstanden op de Waal bij een afvoer van 16.000 m³/s en de instelling van de regelwerken op 16.000 m³/s (de huidige situatie).

Binnen IRM wordt vooralsnog de huidige beleidsmatige hoogwater afvoerverdeling met bij behorende instellingen van de regelwerken als uitgangspunt gehanteerd.

De Beneden Nederrijn wordt op een aantal locaties ingesnoerd (lokale hydraulische knelpunten). Deze bevinden zich bij 928,5 km (bij de veerstoep bij Wijk bij Duurstede), 933,5 km (bij de veerstoep bij Beusichem) en 940,5 km (bij Culemborg). Behoud van ruimte is bij de ruimtelijke inrichting en ontwikkeling van het riviersysteem een blijvend aandachtspunt.

Het doorgroeien en uitbreiden van begroeiing in het rivierbed kan leiden tot te hoge hoogwaterstanden. De Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwning van begroeiing) is toegestaan. De Vegetatielegger is onderdeel van de Legger Rijkswaterstaatswerken. De Waterwet regelt de leggerplicht van alle waterstaatswerken. In de vorm van overzichtskaarten en regels zijn normen gespecificeerd voor vegetatie in het rivierbed ten behoeve van hoogwaterveiligheid en waterkwaliteit.

Bevaarbaarheid

De Nederrijn & Lek spelen ook een belangrijke rol voor de scheepvaart. De Lek van het Lekkanaal bij Nieuwegein tot aan Schoonhoven wordt het meest intensief gebruikt door de scheepvaart. Het traject tussen het Lekkanaal bij Nieuwegein en het Amsterdam-Rijnkanaal bij Wijk bij Duurstede is het minst bevaren gedeelte (dit betreft de Beneden Nederrijn). Dit komt doordat het scheepvaartverkeer vanuit Rotterdam naar Amsterdam afslaat bij Nieuwegein naar het Lekkanaal en het scheepvaartverkeer vanuit het oosten naar Amsterdam afslaat bij Wijk bij Duurstede naar het Amsterdam-Rijnkanaal. Het bovenstroomse traject van Wijk bij Duurstede tot IJsselkop is weer wat drukker. Vrijwel de gehele Nederrijn & Lek traject tussen de Beatrixsluizen ter plaatse van het Lekkanaal bij Nieuwegein (km 950) en IJsselkop is voor de recreatievaart van belang.

De stuw bij Hagestein zorgt voor voldoende vaardiepte op het traject bij lage en middelhoge afvoeren. Bij Rijnafvoeren onder 1200 m³/s zijn de Bernardsluizen geopend en is de waterstand in het traject gelijk aan de waterstand op de Waal bij Tiel. Recent is het stuw- en schutsluiscomplex bij Hagestein grootschalige gerenoveerd. Ook de Princes Irenesluis naar het Amsterdam-Rijnkanaal bij Wijk bij Duurstede is recent aangepast: de capaciteit van de schutsluis is vergroot.

Op het traject tussen Wijk bij Duurstede en Culemborg is de vaardiepte tijdens laagwater onvoldoende. De rivierbocht bij Culemborg en bij Wijk bij Duurstede ter plaatse van de kruising met het Amsterdam-Rijnkanaal zijn de locaties met de minste (maatgevende) diepgang.

Bij de spoorbrug bij Culemborg heeft onvoldoende doorvaarthoogte bij hoogwater. Naar verwachting wordt het tekort aan doorvaarthoogte pas aangepakt als deze vervangen of gerenoveerd gaan worden. Dit is geen opgave in het kader van het programma Integraal Riviermanagement.

Natuur en waterkwaliteit

Op het gebied van natuur is er een reeks aan opgaven: behoudsopgaven van reeds bestaande natuur en opgaven volgend uit bestaand en nieuw, nog te ontwikkelen beleid. Er zijn vanuit nationale en regionale natuurbeheerplannen (NNN) en Europees beleid (Natura 2000) (beide bestaand beleid) ontwikkelopgaven voor boskernen en andere habitats. Ook is er een waterkwaliteitsopgave vanuit de KRW (macrofauna, vis en waterplanten). Het gaat vooral om opgave gerelateerd aan macrofauna. Er wordt gedacht aan maatregelen zoals aanleg geulen en strangen, natuurvriendelijke oevers, uiterwaardherinrichting en vispassages de stuwen om deze opgaven op te lossen. Locaties waar deze maatregelen denkbaar zijn, zijn o.a. Lunenburgerwaard, Redichemse Waard en Steenwaard.

Aanvullend op het bestaand beleid, wordt ook nieuw natuurbeleid uitgewerkt. Het traject kent een ontwikkelopgave in het kader van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW).

Deze ontwikkelopgave maakt integraal deel uit van de opgave IRM. De PAGW werkt aan plannen voor een robuust riviersysteem passend bij de abiotische uitgangssituatie (gegeven klimaatverandering, economische ontwikkelingen en ecologische knelpunten). Bij toekomstige natuurontwikkeling in het rivierengebied zal in het bijzonder gekeken worden naar de ontwikkeling van een viertal hotspots en naar het verbinden van deze grote natuurgebieden langs de rivier via de corridors. In de corridor tussen de hotspots liggen afwisselend grote en kleine stapstenen met geschikt leefgebied voor de gidssoorten. Er komt focus te liggen op het verbinden van natuurdoelen van de diverse programma's (één natuurdoelstelling in rivierbed).

De Beneden Nederrijn wordt gezien als een belangrijke verbindingszone om hotspots van de Programmatische Aanpak Grote Wateren, c.q. Geldersche Poort en Biesbosch, met elkaar te verbinden.

Het beheer van natuur langs de Beneden Nederrijn bestaat uit het beheer van de begroeiing in het rivierbed en het sedimentbeheer in zowel uiterwaarden als in natuurvriendelijke oevertrajecten. Hierbij wordt zo veel mogelijk ruimte gegeven aan natuurlijke processen en het verkrijgen van leefgebieden voor bij het riviersysteem passende planten en dieren. De Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwning van begroeiing) is toegestaan. Het is voor de natuur relevant dat daarbij in voldoende ontwikkelbeheerruimte wordt voorzien, waarmee de natuur ruimte krijgt om zich op natuurlijke wijze te ontwikkelen.

Naast de relatie met hoogwaterveiligheid hebben ook scheepvaart en natuur onderlinge relatie. Scheepvaart vervult een belangrijke rol op dit traject en heeft middels schroefwerking en golflslag direct effect op natuur.

Zoetwaterbeschikbaarheid

Er zijn met betrekking tot de waterbeschikbaarheid op de Nederrijn & Lek drie draaiknoppen: Stuw Driel (doorvoer gestuwde panden en toevoer naar de IJssel), de inlaat bij Wijk bij Duurstede (Stichtse Rijnlanden) en Stuw Hagestein (bestrijding verzilting, waterbeschikbaarheid westen).

Het doel is om bij laagwaterafvoeren minimaal 30 m³/s naar de Nederrijn & Lek te sturen. Het regelbereik van de stuwen om dat te bewerkstelligen is echter beperkt: alleen bij Bovenrijn-afvoeren tussen de 1.200 en 3.500 m³/s kan de rivierafvoer bij Driel gestuurd worden via de cilinderschuif. Het debiet kan bij een gesloten stuw worden gereguleerd. Bij Bovenrijn-afvoeren lager dan 1.200

m³/s wordt het sturen van de afvoerverdeling bij stuw Driel namelijk moeilijker. In dat geval is het niveau van de drempel bij stuw Driel beperkend: het verschil in waterstand boven- en benedenstrooms van de stuw neemt bij lagere afvoeren af en is dan te beperkt om het gewenste debiet via de cilinderschuif langs de stuw te krijgen. Er wordt dan via alternatieve wegen zoveel mogelijk vastgehouden aan de afvoer van 30 m³/s naar de Nederrijn & Lek, bijvoorbeeld door afvoer via de vispassage en schutssluisen naar de Nederrijn & Lek te loodsen of uiteindelijk door de vizierschuiven te openen. Andere sturingsmogelijkheden liggen bij stuw Hagestein en de inlaat bij de Irenesluizen (ingang van het noordelijke deel van het Amsterdam-Rijnkanaal bij Wijk bij Duurstede). Wanneer hier meer water wordt gevraagd, wordt via het Betuwepand van het Amsterdam-Rijnkanaal (het zuidelijke deel) meer water naar het noorden getrokken (door de inlaat te reguleren of de stuw verder open te zetten). Dit kan tot een afvoer van 1.200 m³/s, daaronder is het Betuwepand helemaal open.

Bij Rijnafoeren bij Lobith lager dan 1.200 m³/s staan daarom de Prins Bernhardsluizen bij de ingang van het Amsterdam-Rijnkanaal (Betuwepand) bij Tiel permanent open, waardoor het stuwpand tussen Amerongen en Hagestein de waterstand van de Waal volgt. Het stuwpand staat dan via het Betuwepand in open verbinding met de Waal. Het waterpeil in het stuwpand zakt bij laagwater dus mee met de waterstand op de Waal. Dit kan problemen geven bij de waterinlaat van Stichtse Rijnlanden richting de Kromme Rijn bij Wijk bij Duurstede. Het water wordt daar namelijk onder vrij verval ingenomen.

2.2 Bodemontwikkeling en klimaatverandering en hun effect op de rivier

Een aantal omgevingsveranderingen beïnvloedt de toestand van de rivier. Het betreft de grootschalige rivierbodemontwikkeling en klimaatverandering. De veranderingen beïnvloeden de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier en hebben daardoor ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Bodemontwikkeling en het effect op de rivier

De Beneden Nederrijn is een gestuwd traject en ligt in het deel van de Nederrijn waar het rivierbed aanzand. Waarnemingen laten zien dat de rivierbodem in dit traject in de afgelopen tientallen jaren gestegen is met een snelheid van gemiddeld 0,3 cm per jaar.

De ontwikkeling van de bodemligging van de bedding van de Nederrijn-Lek is sterk beïnvloed door de aanleg van de stuwen bij Driel, Amerongen en Hagestein. De stuwen zijn gebouwd in gegraven geulen naast de rivier. Bij voltooiing van de stuw is de rivier door het gegraven geuldeel geleid. Dit geuldeel lag in alle drie gevallen lager dan de oorspronkelijke geul.

De stuwwerking van de stuwen zorgt voor stroomvertraging en vormt daardoor een belangrijke oorzaak van de aanzanding in de stuwpanden. De stuwpanden functioneren als een zandvang, waardoor stroomopwaarts van de stuw sedimentatie plaatsvindt en stroomafwaarts erosie. Daarnaast kan de aanzanding het gevolg zijn van de uitgevoerde rivierverruiming in het kader van Ruimte voor de Rivier.

Deskundigen verwachten dat de aanzanding van de rivierbodem ook in de toekomst in het traject van de Beneden Nederrijn met ongeveer 0,3 cm per jaar doorgaat.

Net als op de overige Rijntakken heeft de geleidelijke wijziging van de afvoerverdeling over de Rijntakken op de splitsingspunten bij laagwater ook effect op de laagwaterafvoer van de Nederrijn. Het is onduidelijk hoeveel dit is, daarom wordt nu aangenomen dat de laagwaterafvoer op de Nederrijn blijft gelijk en verandert niet. Doordat de Waalbodem sneller zakt dan de rivierbodem op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Dit gaat ten koste van de laagwaterafvoer op het Pannerdensch Kanaal en de IJssel: op beide takken reduceert de laagwaterafvoer met 40 m³/s. Vanwege de gehanteerde minimale doorstroom van 30m³/s naar de Lek wordt aangenomen dat de laagwaterafvoer op de Nederrijn niet verandert en blijft gelijk.

Onderstaande tabel geeft de invloed van doorgaande bodemontwikkeling (zonder actief ingrijpen) op de toestand van de rivier in 2050:

	Rivierbodempligging	Hoogwaterstand	Laagwaterstand
Niet actief ingrijpen tot 2050	+ 9 cm	+ 3 cm	0 cm

Tabel 1 Effect op toestand van de rivier in 2050 zonder nieuw bodembeleid

Rivierbodempligging	De bodem van het zomerbed van de Beneden Nederrijn ligt in 2050 9 cm hoger. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van + 0,3 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.
Hoogwaterstand	De hoogwaterstanden bewegen met de rivierbodem mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Beneden Nederrijn resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 30%. Een stijging van het zomerbed met 9 cm betekent hierdoor een stijging van hoogwaterstanden met 3 cm.
Laagwaterstand	Aangezien de laagwaterstand van de Beneden Nederrijn gestuurd wordt, blijft de laagwaterstand onveranderd, ongeacht de bodemontwikkeling..

Op dit moment zijn de effecten van aanzanding die is opgetreden beperkt. De beperkte sedimentatie vraagt hooguit af en toe wat onderhoudsbaggerwerk om de rivier op diepte te houden. Verwacht wordt dat de doorwerking van de grootschalige veranderingen in de bodempligging op de hoog- en laagwaterstanden van de rivier beperkt is. Daarom worden ook weinig effecten verwacht op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Klimaatverandering en effect op de toestand van de rivier

De effecten van klimaatverandering zijn veelzijdig. Klimaatverandering heeft onder andere effect op de hoge en lage rivierafvoeren. Verwacht wordt dat extreme lage en hoge rivierafvoeren vaker voorkomen en langduriger aanhouden. Op basis van de meest extreme klimaatscenario's van het KNMI zijn de effecten op hoog- en laagwaterstanden voor de Beneden Nederrijn in beeld gebracht. Voor laagwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het droge KNMI'14 scenario - Wh-dry. Voor hoogwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het KNMI'06 - W+. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de waterstandeffecten tot 2050.

Uitgangspunt is dat er in een gestuwd traject door actief stuwpeilbeheer geen veranderingen zijn in waterstanden tijdens normale en lagere afvoerstandigheden. Voor de hoogwater afvoerverdeling is vastgesteld de Lek wordt ontzien. Uitgangspunt is dat klimaatverandering daarmee geen effecten heeft op de hoogwaterstanden in de Nederrijn & Lek.

	waterstand in 2050 door klimaatverandering
Effect op laagwaterstanden	0 cm
Effect op hoogwaterstanden	0 cm

Tabel 2 Effect op waterstanden in 2050 door klimaatverandering

3 Beleidsopties rivierbodembodem Rijn

Hieronder volgt een overzicht van potentiële beleidsopties en implicaties voor de Beneden Nederrijn. De potentiële beleidsopties zijn generiek voor alle riviertrajecten en gaan in op het herstel van de sedimenthuishouding en beheer van de rivierbodempligging. Een uitgebreide probleemanalyse in de PlanMER moet meer inzicht geven in de effecten van veranderingen in het systeem met en zonder ingrijpen, inclusief de revenuen van actief ingrijpen.

Het effect van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 is kort beschreven en in context geplaatst met de effecten van klimaatverandering. Tabel 3 toont de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050: bodempligging, hoog- en laagwaterstanden. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bodemtrend zet zich in de situatie zonder ingrijpen voort met een stijging van 0,3 cm per jaar
- De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodembodem mee. Op basis van een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Beneden Nederrijn resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 30%.
- De laagwaterstanden in de Beneden Nederrijn veranderen niet, omdat dit traject gestuurd is.
- Anders dan op de overige Rijntakken heeft de geleidelijke wijziging van de afvoerverdeling over de Rijntakken op de splitsingspunten bij laagwater geen effect op de laagwaterafvoer van de Nederrijn. De laagwaterafvoer op de Nederrijn blijft gelijk en verandert niet.
- Bij de effecten per beleids optie gaan ervan uit dat de bovenstrooms en benedenstrooms gelegen trajecten dezelfde beleids optie van toepassing is.

Potentiële beleidsopties

A – Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk

In de basisreferentie wordt huidig beleid en beheer gecontinueerd en op de Beneden Nederrijn niet actief ingrijpen op de sedimenthuishouding en de rivierbodembodemontwikkelingen.

- Bodemtrend zet zich voort met een stijging van gemiddeld 0,3 cm per jaar.
- Huidig sedimentbeheer t.a.v. baggeren en terugstorten wordt voortgezet.
- Geen beleid t.a.v. bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport of het beperken of stoppen van grootschalige bodemerrosie.
- Beheer en onderhoud verandert niet en blijft gericht op het lokaal verhelpen problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid.

In hoofdstuk 2 staat beschreven welke invloed dit heeft op de bodempligging, hoogwaterstand en laagwaterstand in 2050.

B - Herstel sedimenthuishouding ter ondersteuning van rivierbodempligging

Deze beleids optie richt zich op het herstel van de sedimenthuishouding. Dit kan door netto sedimentonttrekking uit het zomerbed niet meer toe te staan en het bevorderen van het (doorgaand) sedimenttransport. Er wordt geen sediment toegevoegd en niet actief gestuurd op een specifieke rivierbodempligging. De beleids optie draagt bij aan herstel van de sedimenthuishouding en zal zorgen voor een toename van de bodemtrend. Het is niet duidelijk in welke mate de trend toeneemt.

- De bodemtrend zal mogelijk veranderen. Het is niet bekend in welke mate (mogelijk een toename doordat het sediment in het systeem blijft). Uitgangspunt is dat de bodemtrend zich voortzet met een aangroei van 0,3 cm (of meer) per jaar.
- Niet gericht op het nastreven van een specifieke rivierbodempligging.

- Dit kan gerealiseerd worden door behoud van sediment in het zomerbed, herstel van verstoringen in sedimentbalans en bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Beneden Nederrijn ligt 9 cm (of meer) hoger dan 2020.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodem mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Beneden Nederrijn resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 30%. Een aanzanding van het zomerbed van 9 cm (of meer) geeft een stijging van hoogwaterstanden 3 (of meer) cm.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet.

C – Huidige bodem zomerbed handhaven

Deze optie is gericht op het stoppen van de grootschalige bodemerosie en het handhaven van de rivierbodem op het huidige niveau.

- De bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar en het zomerbed wordt op het niveau van 2020 gehouden.
- Dit kan gerealiseerd worden door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De rivierbodempligging verandert niet, en blijft gelijk aan de bodempligging van 2020.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen niet.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet.

D - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 10 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerosie, het terugbrengen van de rivierbodem in het zomerbed naar de situatie van 10 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 10 jaar geleden past bij de uitgangspunten in het programma KRW (ecologische toestand van 2009 mag niet verslechteren) en WBI/OI-2017 programma (hydraulische ontwerpbelasting op dijken is gebaseerd op de bodem van 2013).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Beneden Nederrijn stijgt jaarlijks met 0,3 cm. Met deze trend had de bodem van de Beneden Nederrijn 10 jaar geleden 3 cm lager gelegen. De rivierbodempligging komt met deze optie 3 cm lager te liggen dan in 2020.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden bewegen met de rivierbodempligging mee. Een verlaging van het zomerbed met 3 cm betekent hier een daling van hoogwaterstanden met 1 cm.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet.

E - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 20 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerosie, het terugbrengen van de rivierbodempligging in het zomerbed naar de situatie van 20 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 20 jaar geleden past bij de uitgangssituatie van het programma Ruimte voor de Rivier (herinrichtingen zijn ontworpen op bodempligging van 1997) en sluit aan bij de bodempligging die Duitsland wil handhaven (bodempligging van 2000).

- De bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Beneden Nederrijn stijgt jaarlijks met gemiddeld 0,3 cm. Met deze trend had de bodem van de Beneden Nederrijn 20 jaar geleden 6 cm lager gelegen. De rivierbodempligging komt met deze optie 6 cm lager te liggen dan in 2020.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden bewegen met de rivierbodempligging mee. Een verlaging van het zomerbed met 6 cm betekent hier een verlaging van hoogwaterstanden met 2 cm.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet.

Samenvatting van de effecten op de toestand van de rivier per beleidsoptie

Tabel 3 geeft een samenvatting van de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050.

	Rivierbodempligging	Hoogwaterstand	Laagwaterstand
A. Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk	+ 9 cm	+ 3 cm	0 cm
B. Herstel Sedimenthuishouding	+ 9 (of meer) cm	+ 3 (of meer) cm	0 cm

	Rivierbodempligging	Hoogwaterstand	Laagwaterstand
C. Huidige bodem zomerbed handhaven	0 cm	0 cm	0 cm
D. Bodem zomerbed herstellen naar 10 jaar geleden	- 3 cm	- 1 cm	0 cm
E. Bodem zomerbed herstellen naar 20 jaar geleden	- 6 cm	- 2 cm	0 cm

Tabel 3 Veranderingen in de toestand van de rivier in de Beneden Nederrijn in de periode tot 2050 bij vijf principeopties voor de rivierbodempligging

Klimaatverandering heeft invloed op de effecten

Het klimaat-effect is voor elke beleids-optie gelijk (negatieve effecten op zowel hoog- als laagwater) en daardoor niet onderscheidend. Omdat dit traject gestuurd is, zijn er nauwelijks effecten van klimaatverandering op dit traject, is het effect van grootschalige bodemontwikkeling in dit traject bepalend voor de effecten op de rivier in 2050.

4 Beleidsopties Afvoercapaciteit

Hieronder wordt inzichtelijk gemaakt welke potentiële beleidsopties te onderscheiden zijn m.b.t. de strategische beleidskeuze omtrent extra afvoercapaciteit: principeopties voor behoud en versterking van afvoercapaciteit, en met wat dat zou vragen aan te realiseren waterstandsaling.

In de QuickScan afvoercapaciteit is voor de gehele Rijn in beeld gebracht welke vraag naar extra afvoercapaciteit er is voor het zichtjaar 2050 (welke initiatieven, plannen en ontwikkelingen vragen om vergroting van afvoercapaciteit?) en welke aanbod gecreëerd kan worden (hoe kunnen we dat realiseren?). In onderstaande onderdelen zijn de belangrijkste resultaten uit de QuickScan Afvoercapaciteit gesommeerd. Nadere details zijn in de QuickScan zelf terug te lezen.

Vraag naar extra afvoercapaciteit

De vraag naar extra afvoercapaciteit is vertaald naar waterstandseffecten en komt voort uit de volgende onderdelen:

Waterveiligheid: Relevante aspecten voor het bepalen van de vraag voor afvoercapaciteit voor deze categorie zijn:

- Klimaatopgave¹: Waterstandeffect voortkomend uit verhoogde afvoeren als gevolg van klimaatverandering.
- Buitendijks versterken: Opstuwing veroorzaakt door het buitenwaarts versterken van dijktrajecten.
- Kwetsbare of waardevolle dijktrajecten: op verschillende plekken is de wens om deze specifieke plekken te ontzien van dijkverhogingen. Deze categorie is opgebouwd uit de normopgave 2015 en de klimaatopgave en bevat daarmee de volledige hoogteopgave uit het HWBP voor die trajecten.

N.b. de hoogteopgave voortvloeiend uit de normering, buiten de kwetsbare dijktrajecten, is dus niet opgenomen. Deze vormt onderdeel van het HWBP.

Natuurontwikkelingen: Betreft de vraag ter compensatie van waterstandseffecten door verruwing binnen natuurontwikkeling i.h.k.v.:

- Natura2000 (N2000)
- Natuurnetwerk Nederland (NNN)
- Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW)

N.b. KRW Kaderrichtlijn water is niet meegenomen in deze Quicksan, omdat hiervan is uitgegaan dat deze waterstandsneutraal worden gerealiseerd.

¹ Het effect van klimaatverandering op hoogwaterstanden wijkt hier af van de inschatting in paragraaf 3. Dit komt doordat bij het specificeren van de vraag naar afvoercapaciteit t.b.v. klimaatverandering alleen gekeken is naar de traject-onderdelen die nog niet op het niveau van een verkenning zijn uitgewerkt in de programmering van het hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP, d.d. oktober 2020. Voor de reeds geprogrammeerde dijkversterkingsprojecten in het HWBP is de klimaatvraag op nul gezet. Het uitgangspunt is dat het HWBP op die trajecten de dijken zodanig versterkt dat ze voldoen aan de nieuwe waterveiligheidsnormen en de toekomstige klimaatverandering op kunnen vangen. Dit is in paragraaf 3 niet nader gespecificeerd en dient in het vervolg van IRM nader uitgewerkt te worden.

Nieuw rivierbodembeleid: Betreft de vraag om het effect van mogelijk nieuw beleid voor rivierbodembeleid. Voor dit aspect is het effect op hoogwaterstanden als de rivierbodem van 20 jaar terug wordt hersteld en gehandhaafd als uitgangspunt genomen.

Gebiedsontwikkelingen: Betreft de vraag om lokale en regionale initiatieven en ontwikkelingen met een mogelijk waterstandverhogend effect te compenseren.

Beheerruimte: Betreft een marge of robuustheidstoelag voor de rivierbeheerder, zodat hij in geval van (tijdelijke) beperkte veranderingen in het riviersysteem en daarbij gepaarde waterstandseffecten als gevolg van natuurlijke processen (morfologische en/of vegetatie ontwikkelingen) en menselijke ingrepen niet direct hoeft in te grijpen.

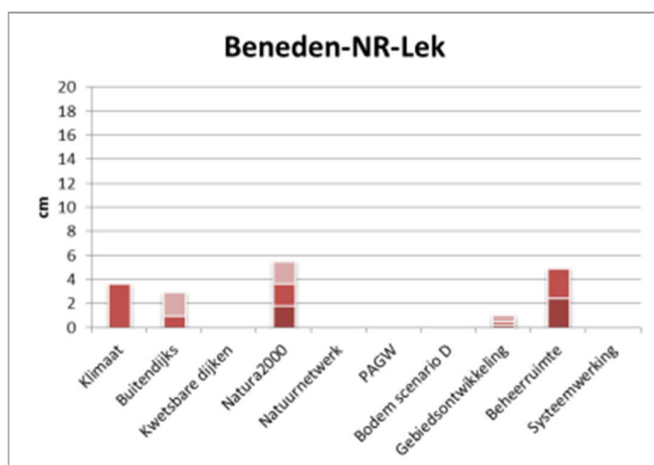
Rivierkundige systeemwerking: Betreft effecten die voortkomen uit keuzes ten aanzien van de inrichting van het riviersysteem en eisen en wensen aan die inrichting vanwege effecten die in het gehele Nederlandse riviersysteem spelen. Voor de Rijn gaat het om vragen vanuit de hoogwater afvoerverdeling over de Rijntakken en de beheersing van die afvoerverdeling.

Resultaten

Figuur 2 geeft de trajectgemiddelde waarden per aspect. Zo kan eenvoudig worden afgelezen uit welke aspecten de belangrijkste vragen op dit traject naar voren komen. Voor de Beneden Nederrijn komt uit klimaat de grootste vraag voort.

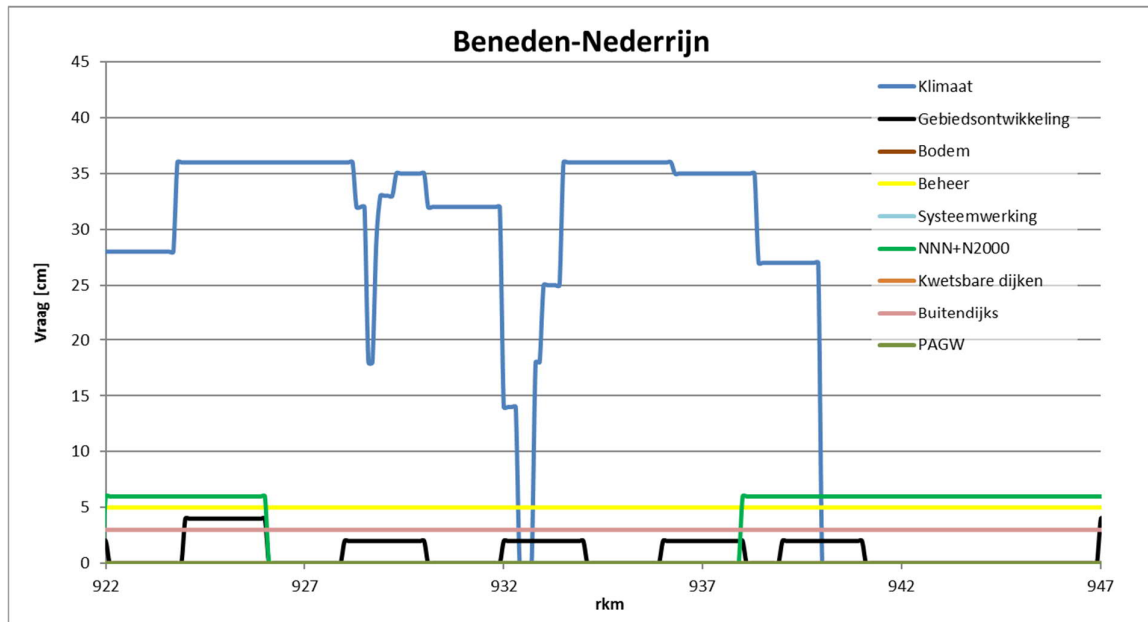
Indien beschikbaar, zijn ook de minimale en maximale vraag in beeld gebracht.

De vraag naar extra afvoercapaciteit is onzeker. Daarom zijn voor een aantal aspecten door deskundigen inschattingen gedaan van de onzekerheid in de vraag, resulterend in een minimale, een gemiddelde en maximale vraag. Voor de overige aspecten is slechts 1 waarde beschikbaar.



Figuur 2. De afzonderlijke vragen naar waterstandsvaling: indicatie van de onzekerheid in de trajectgemiddelde vraag: naast een basisinschatting is door deskundigen een lagere (donker) en hogere (licht) inschatting gegeven.

Het ruimtelijk verloop van de vraag voor de verschillende categorieën is weergegeven in figuur 3.



Figuur 3. De ruimtelijke variatie van de afzonderlijke vragen naar waterstandsaling

Principeopties voor omgaan met afvoercapaciteit

Potentiële opties voor beleid voor omgang met afvoercapaciteit variëren van behoud van de huidige afvoer- en bergingscapaciteit tot omvangrijke uitbreiding ervan. Bij behoud wordt extra te realiseren verruiming ingezet voor om rivierfuncties en –ontwikkelingen anders dan waterveiligheid mogelijk te maken, bij uitbreiding komt een deel van de te realiseren verruiming ten goede aan werkelijke vergroting van afvoer- en bergingscapaciteit. Hieronder worden de beleidsopties verder beschreven.

I – Behoud van afvoercapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie I wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten van programma's en ontwikkelingen in het kader van bestaand beleid en/of reeds gemaakte keuzes voor riviergebonden functies binnen IRM te compenseren. Die effecten worden op dit moment conform de Beleidslijn Grote Rivieren binnen elk project/programma afzonderlijk gecompenseerd. Hiermee wordt de huidige afvoercapaciteit behouden, waterstandsaling wordt ingezet als compensatie voor vermindering van de afvoercapaciteit. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Natuurontwikkeling vanuit Natura 2000 en Natuurnetwerk;
- Gebiedsontwikkelingen conform huidig beleid.

II - Uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie II wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten vanuit huidige beleid en vanuit programma's en ontwikkelingen binnen nog te formuleren en vast te stellen beleidsontwikkelingen binnen IRM te compenseren. Hiermee wordt waterstandsaling niet alleen ingezet als compensatie voor verlies aan afvoercapaciteit, maar wordt de afvoercapaciteit ook vergroot doordat het elementen bevat die bijdragen aan waterveiligheid en daarmee in potentie de HWBP-opgave kunnen verminderen². Dit betreft het ontzien van kwetsbare en bijzondere

² Volledige invulling van de hoogwaterveiligheidsopgave via rivierverruiming is niet in de beleidsopties opgenomen. Dit is een uitvloeisel van eerdere MKBA-analyses in LTAR-tijd.

dijktrajecten indien aanwezig in het specifieke traject, en opgaven vanuit de werking van het riviersysteem. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Buitendijks versterken vanuit HWBP;
- Natuurontwikkeling vanuit PAGW;
- Nieuw beleid voor ligging en beheer van de rivierbodem;
- Beheerruimte of robuustheidstoelage;
- Gebiedsontwikkelingen waarvoor nog geen beleid is vastgesteld;
- Opgaven vanuit de werking van het riviersysteem: de instelling en beheersing van de afvoerverdeling op de Rijntakken.

III Omvangrijke uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken en de klimaatopgave met rivierverruiming trotseren

Met principeoptie III wordt naast rivierverruiming ook ingezet op het opvangen van de klimaatopgave via een aanzienlijke uitbreiding van de afvoercapaciteit. We onderscheiden binnen deze principeoptie twee varianten:

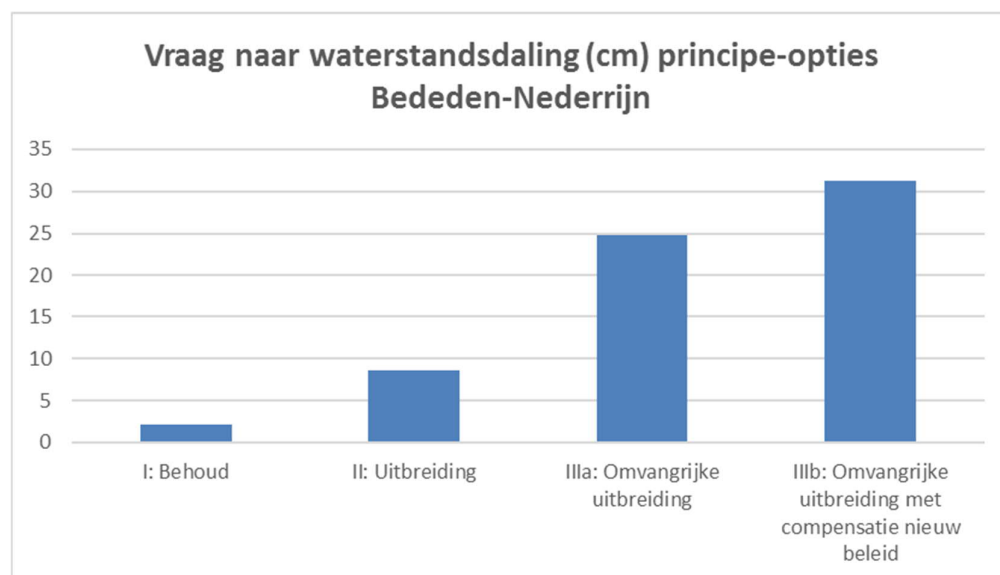
- IIIa: Opgaven vanuit bestaand beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder I)
- IIIb: Opgaven vanuit bestaand en nieuw beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder II).

Totaalbeeld principeopties Afvoercapaciteit

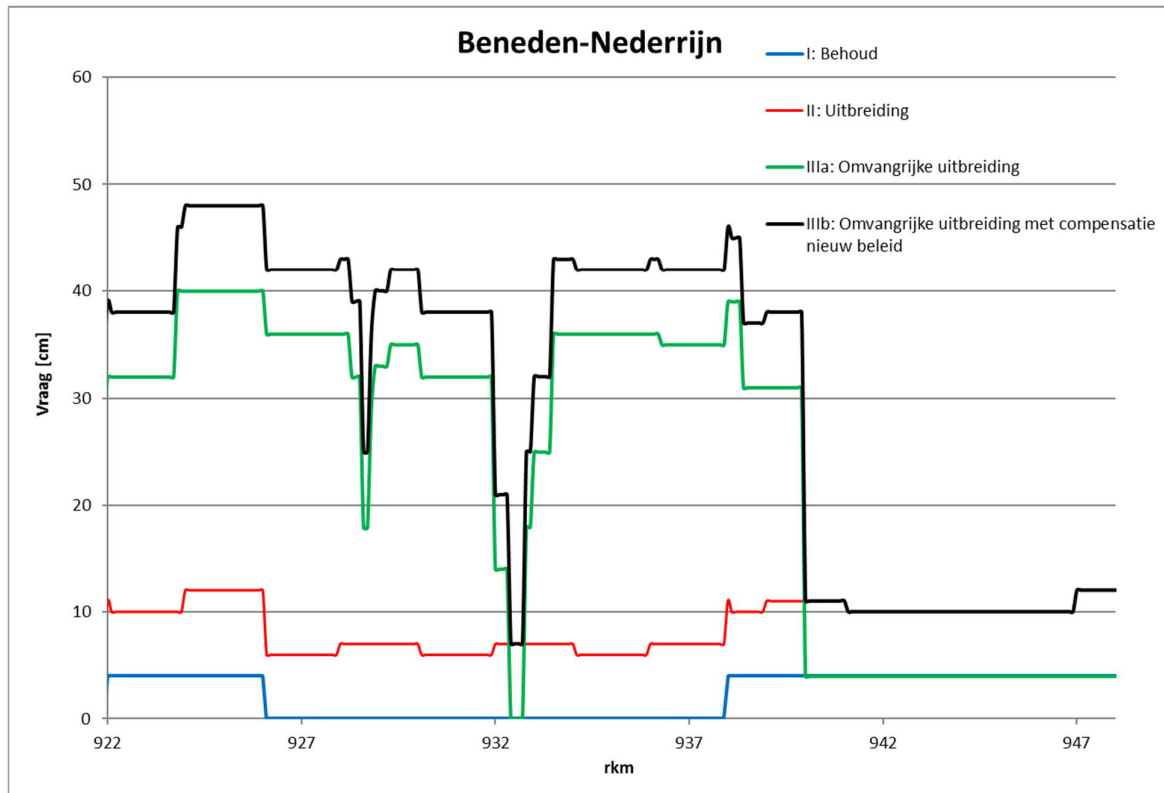
Onderstaande tabel en figuren laten zien wat de te realiseren waterstandsdingaling zou zijn binnen de verschillende principeopties, als trajectgemiddelde waarden, alsmede de ruimtelijke variatie.

Tabel 4 *Principeopties afvoercapaciteit, benodigde cm's waterstandsdingaling*

Riviertraject Beneden Nederrijn	Principeopties (cm)			
	I	II	IIIa	IIIb
Trajectgemiddeld	2	9	25	31
Minimum	0	6	0	7
Maximum	4	12	40	48



Figuur 4. Benodigde cm's waterstandsdingaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit



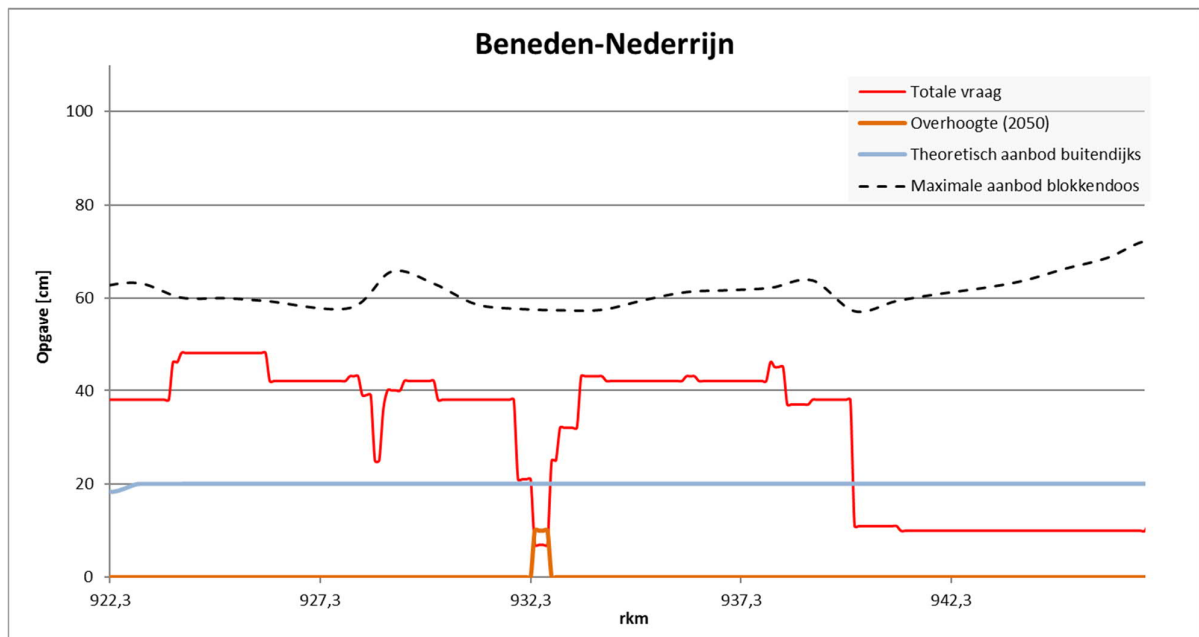
Figuur 5. Ruimtelijke variatie van de benodigde cm's waterstandsvaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit

Het aanbod van afvoercapaciteit

Er is een globaal overzicht gemaakt van het mogelijke te creëren aanbod aan extra afvoercapaciteit in het rivierensysteem. Dit is gedaan op basis van een theoretische beschouwing van principe-maatregelen en eerder uitgevoerde verkenningen in het kader van het Deltaprogramma waarin binnendijkse en buitendijkse rivierverruimende maatregelen in beeld zijn gebracht. Dit resulteert in het volgende overzicht:

1. Afvoercapaciteit in het rivierensysteem die benut kan worden door de aanwezigheid van overhoogte in de dijken;
2. Afvoercapaciteit die maximaal (theoretisch) te realiseren met buitendijkse maatregelen. Dit is ingeschat op basis van een theoretische beschouwing, uitgaande van toepassing van een effectieve buitendijkse principe-maatregel voor rivierverruiming. Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
3. Afvoercapaciteit die te realiseren is met alle maatregelen die in het kader van het Deltaprogramma in beeld zijn gebracht en opgenomen zijn in de Blokkendoos (optelsom van combinatie van alle rivierverruimende maatregelen). Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;

Onderstaand figuur toont de afvoercapaciteit die op basis van bovenstaande rubrieken te creëren is voor het traject Beneden Nederrijn. Daarnaast is de maximale totale vraag (principe optie IIIb) opgenomen om een eerste vergelijking te kunnen maken met de verschillende aanbod varianten.



Figuur 6. De totaalvraag naar extra afvoercapaciteit samen met het mogelijk te creëren extra aanbod aan afvoercapaciteit langs het traject.

De belangrijkste conclusies, die hieruit kunnen worden getrokken zijn:

1. Overhoogte is enkel op rivierkilometer 932,5 aanwezig en kan daar lokaal de gehele vraag opvangen;
2. Met de theoretische beschouwing is afgeleid dat middels grootschalige buitendijkse rivierverruimingsmaatregelen (bv. Oevergeulen en zomerbedverbredingen) een deel van de vraag kan worden opgevangen. Echter, een significante vraag blijft bestaan tussen rivierkilometer 922,3 en 940;
3. Alle Blokkendoosmaatregelen tezamen in dit traject kunnen de totale vraag ruimschoots opvangen. Hier is nadere differentiatie nodig.

5 Combinatie van potentiële beleidsopties Rivierbodempligging en Afvoercapaciteit

De potentiële beleidsopties voor Rivierbodem en Afvoercapaciteit kunnen niet los van elkaar beschouwd worden. Dit hoofdstuk laat de onderlinge samenhang zien.

Rivierbodem --> afvoer- en bergingscapaciteit

Beleidsopties waarbij de erosie van de rivierbodem wordt stopgezet danwel de bodempligging omhoog wordt gebracht hebben invloed op de hoogwaterstanden. Binnen de huidige versterkingsopgave wordt een vaste bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt niet geanticipeerd op de bodemontwikkeling. Welke bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt, wordt bepaald per waterschap en kan verschillen per riviertraject. Een substantiële verhoging van het rivierbed kan effect hebben op de versterkingsopgave. De beleidsopties waarbij de bodem substantieel omhoog worden gebracht kunnen dus om extra afvoercapaciteit vragen. Het eroderen van de rivierbodem kan extra afvoercapaciteit creëren.

Met andere woorden, indien gekozen wordt voor rivierbodembeleid waarbij de rivierbodem 10 of 20 jaar terug wordt gebracht, wordt dit onderdeel van beleidsopties II en IIIb voor beleid t.a.v. afvoer- en bergingscapaciteit.

Afvoer- en bergingscapaciteit --> rivierbodem

De keuze voor de mate van te realiseren waterstandsdeling (m.a.w. de mate van rivierverruiming) kan ook een effect hebben op de bodem. Daar waar rivierverruiming plaatsvindt met maatregelen die zorgen voor een regelmatige afname van de afvoer door het zomerbed, verandert op lange termijn het evenwichtsprofiel van het zomerbed. Het zomerbed komt hier uiteindelijk omhoog. Hoe groter en meer rivierverruiming plaatsvindt, hoe meer dit bijdraagt aan het verminderen van bodemerosie.

Naast fysieke maatregelen is sedimentmanagement nodig om op korte termijn het gewenste bodemniveau te bereiken. Indien op korte termijn een bodempligging uit het verleden gehandhaafd gaat worden is een initiële suppletie noodzakelijk om deze verhoging op korte termijn te kunnen realiseren.

1 Ligging

Het traject Lek loopt van stuw Hagestein (km 946,9) tot het veer bij Schoonhoven (km 971,4). Het traject is bijna 25 km lang. Dit traject wordt intensief gebruikt door de scheepvaart met circa 40.000 scheepsbewegingen per jaar. Een groot deel van het scheepvaartverkeer komt vanuit Rotterdam en slaat bij Nieuwegein af naar Amsterdam via het Lekkanaal.

Benedenstrooms van Hagestein wordt het riviersysteem niet meer alleen beïnvloed door de rivierafvoeren, maar ook door de waterstanden op zee.

In figuur 1 is de ligging van het traject weergegeven.



Figuur 1 Ligging van Lek

2 Blik op het traject

Dit hoofdstuk bevat een beknopte beschrijving van de riviergebonden functies van dit traject. Het beschrijft de essentie van wat er speelt m.b.t. waterveiligheid, bevaarbaarheid, waterbeschikbaarheid, natuur & waterkwaliteit. Dit betreft geen uitgebreide beschrijving van de opgaven. Een uitgebreid beeld op de rivieren met de opgave volgt in het Beeld op de Rivieren dat in het kader van IRM wordt ontwikkeld.

Na de essentie van wat er speelt, volgt een beschrijving van de bodemontwikkelingen en de veranderingen in klimaat, de invloed hiervan op de toestand van de rivier (rivierbodemplugging, hoog- & laagwaterstanden), en de doorwerking op de riviergebonden functies.

2.1 Wat speelt er met betrekking tot de riviergebonden functies?

Hoogwaterveiligheid

Uiterwaarden dragen bij aan waterveiligheid door waterafvoer te faciliteren, dijken beschermen dit gebied tegen overstromingen. Door een aantal maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier, Stroomlijn, KRW en NURG is de afvoercapaciteit vergroot. Zo is o.a. het project Ruimte voor de Lek bij Vianen en Nieuwegein uitgevoerd (met uiterwaardvergraving in de Honswijkerwaarden, Hagesteinse uiterwaarden en Heerenwaarden en verlaging van de toegangsdam naar stuweiland Hagestein). Ook zijn dijkverbeteringen langs de Lek bij de Alblasserwaard en Vijfheerenlanden uitgevoerd.

De primaire waterkeringen in dit traject voldoen niet aan de geldende norm voor waterveiligheid en zullen versterkt moeten worden. De maximaal toelaatbare overstromingskans voor alle dijken langs dit traject is 1/10.000^{ste} per jaar. Om aan de normen te voldoen zijn vooral dijkversterkingen en in mindere mate ook dijkverhogingen voorzien. De versterking van de dijken zijn voor 2028 opgenomen in de HWBP programmering. Een deel van de dijkversterkingen (bij Vianen, Nieuwegein, Sluis, Schoonhoven) is vanwege landschappelijke inpassing en/of cultuurhistorische waarden aangemerkt als complex en moeilijk inpasbaar. Er zijn hier smalle uiterwaarden. De combinatie van de invloed van zee en de smalle uiterwaarden zorgen ervoor dat rivierverruiming geen wezenlijke bijdrage levert aan verbetering van de hoogwaterveiligheid.

Naar verwachting zal IenW in 2021 een besluit nemen m.b.t. de herijking van het beleidsuitgangspunt afvoerverdeling Rijn takken bij hoogwater. De herijking gaat over de vraag hoe de in beleid vastgelegde afvoerverdeling bij hoogwater in praktijk vorm krijgt. Hierbij is het uitgangspunt de beleidsafpraak dat de Lek boven een Rijnafvoer van 16.000 m³/s bij Lobith wordt ontzien. Onderdeel van het realiseren van de beleidsmatig afgesproken afvoerverdeling is de instelling van de regelwerken op de splitsingspunten. Afhankelijk van de gekozen afvoerverdeling en bijbehorende instelling van de regelwerken kan dit een verhoging of verlaging van de hoogwaterstanden langs de gehele Nederrijn & Lek betekenen (t.o.v. de hydraulische belasting in het OntwerpInstrumentarium van het HWBP). Bij instelling van de regelwerken op een Rijnafvoer van 18.000 m³/s nemen de hoogwaterstanden langs de Nederrijn & Lek bij een Rijn-afvoer 16.000 m³/s met ongeveer 35 cm af (Lek wordt dan maximaal ontzien). Dit is vergeleken met de waterstanden op de Waal bij een afvoer van 16.000 m³/s en de instelling van de regelwerken op 16.000 m³/s (de huidige situatie).

Binnen IRM wordt voornamelijk de huidige beleidsmatige hoogwater afvoerverdeling met bijbehorende instellingen van de regelwerken als uitgangspunt gehanteerd.

In het stedelijke gebied tussen Nieuwegein en Vianen wordt de Lek ingesnoerd door bebouwing (deels ook buitendijks) en de landhoofden van de Lekbrug/A2 (een lokaal hydraulische knelpunt). Vanaf Tienhoven is de Lek smal en aan beide zijden ingesnoerd door dijken met veel bebouwing op en aan de dijk. Behoud van ruimte is bij de ruimtelijke inrichting en ontwikkeling van het riviersysteem een blijvend aandachtspunt.

Het doorgroeien en uitbreiden van begroeiing in het rivierbed kan leiden tot te hoge hoogwaterstanden. De Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwning van begroeiing) is toegestaan. De Vegetatielegger is onderdeel van de Legger Rijkswaterstaatswerken. De Waterwet regelt de leggerplicht van alle waterstaatswerken. In de vorm van overzichtskaarten en regels zijn normen gespecificeerd voor vegetatie in het rivierbed ten behoeve van hoogwaterveiligheid en waterkwaliteit.

Bevaarbaarheid

De Nederrijn & Lek spelen ook een belangrijke rol voor de scheepvaart. De Lek van het Lekkanaal bij Nieuwegein tot aan Schoonhoven wordt het meest intensief gebruikt door de scheepvaart. Het traject tussen het Lekkanaal bij Nieuwegein en het Amsterdam-Rijnkanaal bij Wijk bij Duurstede is het minst bevaren gedeelte (dit betreft de Beneden Nederrijn). Dit komt doordat het scheepvaartverkeer vanuit Rotterdam naar Amsterdam afslaat bij Nieuwegein naar het Lekkanaal en het scheepvaartverkeer vanuit het oosten naar Amsterdam afslaat bij Wijk bij Duurstede naar het Amsterdam-Rijnkanaal. Het bovenstroomse traject van Wijk bij Duurstede tot IJsselkop is weer wat drukker.

Bij Nieuwegein takt het Lekkanaal aan via de Beatrixsluizen op de Lek. Het Lekkanaal staat in verbinding met het Amsterdam-Rijnkanaal. Aan de zuidzijde verbindt het Merwedekanaal via de Koninginnensluis bij Vianen de Nederrijn-Lek met de Waal bij Gorinchem. Het traject ligt op de route Amsterdam-Rotterdam-Antwerpen.

Met de aanleg van een 3^e kolk is recent de capaciteit van de Beatrixsluizen vergroot. Dit in combinatie met de verbreding van het Lekkanaal maakt de doorgang van grotere schepen mogelijk (klasse VIc). De Lek (nu nog klasse VIb) vormt nu het nautisch knelpunt om deze grotere klasse te accommoderen. Om de Lek geschikt te maken zou de vaardiepte moeten worden vergroot van 3,15 naar 4,40 m onder Overeengekomen laagwatervlak en de vaarbreedte verbreed van 80 naar 100 m breed. De dijken langs het traject zijn echter smal en steil, waardoor verbreding en verdieping van de vaargeul kan leiden tot instabiliteit van de kering.

Stroomafwaarts van Nieuwegein ligt bij Klaphek een traject waar veel aanzanding plaatsvindt en vaardieptebeperkingen optreden. Dit punt kan door diep belanden schepen uitsluitend bij vloed worden gepasseerd. De ondiepte wordt mede veroorzaakt door de aanwezigheid van kabels en leidingen ter plaatse. Er wordt veel gebaggerd om de vaargeul voor de scheepvaart op diepte te houden.

Er is nu reeds sprake van een verschil in referentiehoogte wanneer gebaggerd moet worden tussen het traject Hagestein-Schoonhoven (3,30 meter waterdiepte bij OLR/OLW) en Schoonhoven-Krimpen (3,85 m. waterdiepte bij OLR/OLW).

Natuur en waterkwaliteit

Op het gebied van natuur is er een reeks aan opgaven: behoudsopgaven van reeds bestaande natuur en opgaven volgend uit bestaand en nieuw, nog te ontwikkelen beleid. Er zijn vanuit nationale en regionale natuurbeheerplannen (NNN) en Europees beleid (Natura 2000) (beide bestaand beleid) ontwikkelopgaven voor boskernen en andere habitats. Ook is er een waterkwaliteitsopgave vanuit de KRW (macrofauna, vis en waterplanten). Het gaat vooral om opgave gerelateerd aan vis. Er wordt gedacht aan de aanleg van natuurvriendelijke oevers.

Vanuit de Kaderrichtlijn zijn er plannen voor het realiseren van nevengeulen, o.a. rond stuw Hagestein, bij Williger Langerak en Lopikerkapel. Ook ligt er een opgave voor het realiseren van natuurvriendelijke oevers, deels in combinatie met natuuropgaven vanuit N2000.

In het project Salmsteke Ontkiemt! wordt dijkversterking gecombineerd met natuurontwikkeling, verbetering van de waterkwaliteit aanleg van een getijddegeul en de aanleg van een zwemplas en andere recreatieve voorzieningen

Aanvullend op het bestaand beleid, wordt ook nieuw natuurbeleid uitgewerkt. Het traject kent een ontwikkelopgave in het kader van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW).

Deze ontwikkelopgave maakt integraal deel uit van de opgave IRM. De PAGW werkt aan plannen voor een robuust riviersysteem passend bij de abiotische uitgangssituatie (gegeven klimaatverandering, economische ontwikkelingen en ecologische knelpunten). Bij toekomstige natuurontwikkeling in het rivierengebied zal in het bijzonder gekeken worden naar de ontwikkeling van een viertal hotspots en naar het verbinden van deze grote natuurgebieden langs de rivier via de corridors. In de corridor tussen de hotspots liggen afwisselend grote en kleine stapstenen met geschikt leefgebied voor de gidssoorten. Er komt focus te liggen op het verbinden van natuurdoelen van de diverse programma's (één natuurdoelstelling in rivierbed).

De Lek wordt gezien als een verbindingzone om de hotspots van de Programmatische Aanpak Grote Wateren, c.q. Geldersche Poort en Biesbosch, met elkaar te verbinden.

Het beheer van natuur langs de Bovenrijn bestaat uit het beheer van de begroeiing in het rivierbed en het sedimentbeheer in zowel uiterwaarden als in natuurvriendelijke oevertrajecten. Hierbij wordt zo veel mogelijk ruimte gegeven aan natuurlijke processen en het verkrijgen van leefgebieden voor bij het riviersysteem passende planten en dieren. De Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwung van begroeiing) is toegestaan. Het is voor de natuur relevant dat daarbij in voldoende ontwikkelbeheerruimte wordt voorzien, waarmee de natuur ruimte krijgt om zich op natuurlijke wijze te ontwikkelen.

Naast de relatie met hoogwaterveiligheid hebben ook scheepvaart en natuur een onderlinge relatie. Scheepvaart vervult een belangrijke rol op dit traject en heeft middels schroefwerking en golflslag direct effect op natuur.

Zoetwaterbeschikbaarheid

Er zijn met betrekking tot de waterbeschikbaarheid op de Nederrijn & Lek drie draaiknoppen: Stuw Driel (doorvoer gestuwde panden en toevoer naar de IJssel), de inlaat bij Wijk bij Duurstede (Stichtse Rijnlanden) en Stuw Hagestein (bestrijding verzilting, waterbeschikbaarheid westen). Het traject kent geen grote aandachtspunten met betrekking tot de waterbeschikbaarheid en de stuurbaarheid van water over het hoofdwatersysteem. Wel zal als gevolg van klimaatverandering (o.a. zeespiegelstijging) de zoutwaterindringing toenemen. Toename van verzilting kan in de toekomst uitdagingen opleveren bij zoetwaterinname punten.

2.2 Bodemontwikkeling en klimaatverandering en hun effect op de rivier

Een aantal omgevingsveranderingen beïnvloedt de toestand van de rivier. Het betreft de grootschalige rivierbodemontwikkeling en klimaatverandering. De veranderingen beïnvloeden de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier en hebben daardoor ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Bodemontwikkeling en het effect op de rivier

De Lek is een ongestuwd traject en ligt in het benedenstroomse deel van de Rijn waar van nature aanzanding plaatsvindt. Waarnemingen laten zien dat de rivierbodem in dit traject in de afgelopen tientallen jaren gestegen is met een snelheid van 0,3 cm per jaar.

In dit benedenstroomse deel van de Rijntakken zandt de rivier aan. Dit komt o.a. doordat de ligging van het rivierbodem hier beïnvloed wordt door de zee. Hierdoor neemt het stroomvoerende vermogen op dit traject af en wordt het verhang flauwer. Stroomsnelheden nemen in stroomafwaartse richting af, waardoor de rivierbodem aanzandt. Daarnaast kan de aanzanding het gevolg zijn van de uitgevoerde rivierverruiming in het kader van Ruimte voor de Rivier.

Op dit traject is de afgelopen jaren regelmatig grootschalig gebaggerd voor de scheepvaart om de rivier op diepte te houden, zodat de watergebonden bedrijventerreinen bereikbaar blijven. Op jaarbasis wordt 10.000 m³ sediment permanent uit het systeem onttrokken. Vanaf 2021 is in het baggercontract van Rijkswaterstaat opgenomen dat de onttrekkingen in een periode van 5 jaar stapsgewijs worden afgebouwd naar nul. Het sediment dat onttrokken wordt moet teruggebracht worden in het systeem (bijvoorbeeld in de diepere delen, of in de erosiekuilen in de Rijn-Maasmonding in de Nieuwe Maas en de Oude Maas). Als gevolg van dit nieuwe beheer kan de trend van de rivierbodem in het traject van de Lek veranderen. Het is onbekend in welke mate. Voorlopig wordt in IRM ervan uitgegaan dat de trend van de rivierbodem in het traject van de Lek gelijk blijft en de rivierbodempligging met ongeveer 0,3 cm per jaar omhoog komt.

Net als op de overige Rijntakken heeft de geleidelijke wijziging van de afvoerverdeling over de Rijntakken op de splitsingspunten bij laagwater ook effect op de laagwaterafvoer van de Nederrijn. Het is onduidelijk hoeveel dit is, daarom wordt nu aangenomen dat de laagwaterafvoer op de Nederrijn blijft gelijk en verandert niet. Doordat de Waalbodempligging sneller zakt dan de rivierbodem op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Dit gaat ten koste van de laagwaterafvoer op het Pannerdensch Kanaal en de IJssel: op beide takken reduceert de laagwaterafvoer met 40 m³/s. Vanwege de gehanteerde minimale doorstroom van 30m³/s naar de Lek wordt aangenomen dat de laagwaterafvoer op de Lek niet verandert en blijft gelijk.

Onderstaande tabel geeft de invloed van doorgaande bodemontwikkeling (zonder actief ingrijpen) op de toestand van de rivier in 2050:

	Rivierbodempligging	Hoogwaterstand	Laagwaterstand
Niet actief ingrijpen tot 2050	+ 9 cm	+ 3 cm	+ 9 cm

Tabel 1 Effect op toestand van de rivier in 2050 zonder nieuw bodembeleid

- Rivierbodempligging** De bodem van het zomerbed van de Lek ligt in 2050 9 cm hoger. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van + 0,3 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.
- Hoogwaterstand** De hoogwaterstanden bewegen met de rivierbodem mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Lek resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 30%. Een stijging van het zomerbed met 9 cm betekent hierdoor een stijging van hoogwaterstanden met 3 cm.
- Laagwaterstand** De laagwaterstanden bewegen 1-op-1 met de rivierbodem mee, al het water staat immers in het zomerbed. De laagwaterstanden stijgen hierdoor dus met 9 cm.

Op dit moment zijn de effecten van aanzanding die is opgetreden in het verleden beperkt. De beperkte sedimentatie vraagt hooguit af en toe wat onderhoudsbaggerwerk om de rivier op diepte te houden. Verwacht wordt dat de doorwerking van de grootschalige veranderingen in de bodempligging op de hoog- en laagwaterstanden van de rivier beperkt is. Daarom worden ook weinig effecten verwacht op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Klimaatverandering en effect op de toestand van de rivier

De effecten van klimaatverandering zijn veelzijdig. Klimaatverandering heeft onder andere effect op de hoge en lage rivierafvoeren. Verwacht wordt dat extreme lage en hoge rivierafvoeren vaker voorkomen en langduriger aanhouden. Op basis van de meest extreme klimaatscenario's van het KNMI zijn de effecten op hoog- en laagwaterstanden voor de Lek in beeld gebracht. Voor laagwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het droge KNMI'14 scenario - Wh-dry. Voor hoogwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het KNMI'06 - W+. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de waterstandeffecten tot 2050.

De effecten van klimaatverandering worden in dit traject voornamelijk bepaald door veranderingen m.b.t. de zeespiegelstijging.

	waterstand in 2050 door klimaatverandering
Effect op laagwaterstanden	+ 40 cm
Effect op hoogwaterstanden	+ 15 cm

Tabel 2 Effect op waterstanden in 2050 door klimaatverandering

3 Beleidsopties rivierbodembodem Rijn

Hieronder volgt een overzicht van potentiële beleidsopties en de implicaties voor de Lek. De potentiële beleidsopties zijn generiek voor alle riviertrajecten en gaan in op het herstel van de sedimenthuishouding en beheer van de rivierbodempligging. Een uitgebreide probleemanalyse in de PlanMER moet meer inzicht geven in de effecten van veranderingen in het systeem met en zonder ingrijpen, inclusief de revenuen van actief ingrijpen.

Het effect van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 is kort beschreven en in context geplaatst met de effecten van klimaatverandering. Tabel 3 toont de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

bodemligging, hoog- en laagwaterstanden. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bodemtrend zet zich in de situatie zonder ingrijpen voort met een stijging van 0,3 cm per jaar.
- De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodembodem mee. Op basis van een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Lek resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 30%.
- De laagwaterstanden veranderen 1-op-1 met de rivierbodembodem mee, al het water staat dan immers in het zomerbed.
- Anders dan op de overige Rijntakken heeft de geleidelijke wijziging van de afvoerverdeling over de Rijntakken op de splitsingspunten bij laagwater geen effect op de laagwaterafvoer van de Lek. De laagwaterafvoer op de Lek blijft gelijk en verandert niet.
- Bij de effecten per beleidsoptie gaan ervan uit dat de bovenstrooms en benedenstrooms gelegen trajecten dezelfde beleidsoptie van toepassing is.

Potentiële beleidsopties

A – Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk

In de basisreferentie wordt huidig beleid en beheer gecontinueerd en op de Lek niet actief ingrijpen op de sedimenthuishouding en de rivierbodembodemontwikkelingen.

- Bodemtrend zet zich voort met een stijging van gemiddeld 0,3 cm per jaar.
- Het nieuwe sedimentbeheer t.a.v. baggeren en terugstorten is hier niet in meegenomen.
- Geen beleid t.a.v. bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport of het beperken of stoppen van grootschalige bodemerosie.
- Beheer en onderhoud verandert niet en blijft gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid.

In hoofdstuk 2 staat beschreven welke invloed dit heeft op de bodempligging, hoogwaterstand en laagwaterstand in 2050.

B - Herstel sedimenthuishouding ter ondersteuning van rivierbodempligging

Deze beleidsoptie richt zich op het herstel van de sedimenthuishouding. Dit kan door netto sedimentonttrekking uit het zomerbed niet meer toe te staan en het bevorderen van het (doorgaand) sedimenttransport. Er wordt geen sediment toegevoegd en niet actief gestuurd op een specifieke rivierbodempligging. De beleidsoptie draagt bij aan herstel van de sedimenthuishouding en zal zorgen voor een toename van de bodemtrend. Het is niet duidelijk in welke mate de trend toeneemt.

- De bodemtrend zal mogelijk veranderen. Het is niet bekend in welke mate (mogelijk een toename doordat het sediment in het systeem blijft). Uitgangspunt is dat de bodemtrend zich voortzet met een aangroei van 0,3 cm (of meer) per jaar.
- Niet gericht op het nastreven van een specifieke rivierbodempligging.
- Dit kan gerealiseerd worden door behoud van sediment in het zomerbed, herstel van verstoringen in sedimentbalans en bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Lek ligt 9 cm (of meer) hoger dan in 2020.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodem mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Lek resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 30%. Een aanzanding van het zomerbed van 9 cm (of meer) geeft een stijging van hoogwaterstanden 3 (of meer) cm.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen 1-op-1 met de rivierbodem mee, al het water staat immers in het zomerbed. De laagwaterstanden stijgen hierdoor dus met 9 cm (of meer).

C – Huidige bodem zomerbed handhaven

Deze optie is gericht op het stoppen van de grootschalige bodemerosie en het handhaven van de rivierbodem op het huidige niveau.

- De bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar en het zomerbed wordt op het niveau van 2020 gehouden.
- Dit kan gerealiseerd worden door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De rivierbodempligging verandert niet, en blijft gelijk aan de bodempligging van 2020.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen niet.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet.

D - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 10 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerosie, het terugbrengen van de rivierbodem in het zomerbed naar de situatie van 10 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 10 jaargeleden past bij de uitgangspunten in het programma KRW (ecologische toestand van 2009 mag niet verslechteren) en WBI/OI-2017 programma (hydraulische ontwerpbelasting op dijken is gebaseerd op de bodem van 2013).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.

- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Lek stijgt jaarlijks met gemiddeld 0,3 cm. Met deze trend had de bodem van de Lek 10 jaar geleden 3 cm lager te liggen dan in 2020.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden bewegen met de rivierbodem mee. Een verlaging van het zomerbed met 3 cm betekent hier een daling van hoogwaterstanden met 1 cm.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden bewegen 1-op-1 met de rivierbodem mee, al het water staat immers in het zomerbed. De laagwaterstanden dalen hierdoor dus met 3 cm.

E - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 20 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerrosie, het terugbrengen van de rivierbodem in het zomerbed naar de situatie van 20 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 20 jaar geleden past bij de uitgangssituatie van het programma Ruimte voor de Rivier (herinrichtingen zijn ontworpen op bodempligging van 1997) en sluit aan bij de bodempligging die Duitsland wil handhaven (bodempligging van 2000).

- De bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Lek stijgt jaarlijks met gemiddeld 0,3 cm. Met deze trend had de bodem van de Lek 20 jaar geleden 6 cm lager gelegen. De rivierbodem komt met deze optie 6 cm lager te liggen dan in 2020.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden bewegen met de rivierbodem mee. Een verlaging van het zomerbed met 6 cm betekent hier een verlaging van hoogwaterstanden met 2 cm.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden bewegen 1-op-1 met de rivierbodem mee, al het water staat immers in het zomerbed. De laagwaterstanden dalen hierdoor dus met 6 cm.

Samenvatting van de effecten op de toestand van de rivier per beleidsoptie

Tabel 3 geeft een samenvatting van de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050.

	Rivierbodempligging	Hoogwaterstand	Laagwaterstand
A. Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk	+ 9 cm	+ 3 cm	+ 9 cm
B. Herstel Sedimenthuishouding	+ 9 (of meer) cm	+ 3 (of meer) cm	+ 9 (of meer) cm
C. Huidige bodem zomerbed handhaven	0 cm	0 cm	0 cm
D. Bodem zomerbed herstellen naar 10 jaar geleden	- 3 cm	- 1 cm	- 3 cm
E. Bodem zomerbed herstellen naar 20 jaar geleden	- 6 cm	- 2 cm	- 6 cm

Tabel 3 Veranderingen in de toestand van de rivier in de Lek in de periode tot 2050 bij vier principeopties voor de rivierbodempligging

Klimaatverandering heeft invloed op de effecten

Het klimaateffect is voor elke beleidsoptie gelijk (negatieve effecten op zowel hoog- als laagwater) en daardoor niet onderscheidend.

De effecten van het tegengaan van bodemontwikkelingen in perspectief met de effecten van klimaatverandering:

- Het teniet doen van bodemontwikkeling uit het verleden levert een verlaging van de hoogwaterstanden. Klimaatverandering zorgt juist voor een verhoging van hoogwaterstanden. Het actief rivierbodembeheer kan het klimaateffect dus gedeeltelijk compenseren.
- Het teniet doen bodemontwikkeling uit het verleden werkt negatief door op laagwaterstanden: deze worden lager. In dit geval compenseert dat het klimaateffect iets, dat zorgt voor een toename van laagwaterstanden.

4 Beleidsopties Afvoercapaciteit

Hieronder wordt inzichtelijk gemaakt welke potentiële beleidsopties te onderscheiden zijn m.b.t. de strategische beleidskeuze omtrent extra afvoercapaciteit: principeopties voor behoud en versterking van afvoercapaciteit, en met wat dat zou vragen aan te realiseren waterstandsaling.

In de QuickScan afvoercapaciteit is voor de gehele Rijn in beeld gebracht welke vraag naar extra afvoercapaciteit er is voor het zichtjaar 2050 (welke initiatieven, plannen en ontwikkelingen vragen om vergroting van afvoercapaciteit?) en welke aanbod gecreëerd kan worden (hoe kunnen we dat realiseren?). In onderstaande onderdelen zijn de belangrijkste resultaten uit de QuickScan Afvoercapaciteit gesommeerd. Nadere details zijn in de QuickScan zelf terug te lezen.

Vraag naar extra afvoercapaciteit

De vraag naar extra afvoercapaciteit is vertaald naar waterstandseffecten en komt voort uit de volgende onderdelen:

Waterveiligheid: Relevante aspecten voor het bepalen van de vraag voor afvoercapaciteit voor deze categorie zijn:

- Klimaatopgave¹: Waterstandeffect voortkomend uit verhoogde afvoeren als gevolg van klimaatverandering.
- Buitendijks versterken: Opstuwing veroorzaakt door het buitenwaarts versterken van dijktrajecten.
- Kwetsbare of waardevolle dijktrajecten: op verschillende plekken is de wens om deze specifieke plekken te ontzien van dijkverhogingen. Deze categorie is opgebouwd uit de normopgave 2015 en de klimaatopgave en bevat daarmee de volledige hoogteopgave uit het HWBP voor die trajecten.

N.b. de hoogteopgave voortvloeiend uit de normering, buiten de kwetsbare dijktrajecten, is dus niet opgenomen. Deze vormt onderdeel van het HWBP.

Natuurontwikkelingen: Betreft de vraag ter compensatie van waterstandseffecten door verruwing binnen natuurontwikkeling i.h.k.v.:

- Natura2000 (N2000)
- Natuurnetwerk Nederland (NNN)
- Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW)

N.b. KRW Kaderrichtlijn water is niet meegenomen in deze Quicksan, omdat hiervan is uitgegaan dat deze waterstandsneutraal worden gerealiseerd.

¹ Het effect van klimaatverandering op hoogwaterstanden wijkt hier af van de inschatting in paragraaf 3. Dit komt doordat bij het specificeren van de vraag naar afvoercapaciteit t.b.v. klimaatverandering alleen gekeken is naar de traject-onderdelen die nog niet op het niveau van een verkenning zijn uitgewerkt in de programmering van het hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP, d.d. oktober 2020. Voor de reeds geprogrammeerde dijkversterkingsprojecten in het HWBP is de klimaatvraag op nul gezet. Het uitgangspunt is dat het HWBP op die trajecten de dijken zodanig versterkt dat ze voldoen aan de nieuwe waterveiligheidsnormen en de toekomstige klimaatverandering op kunnen vangen. Dit is in paragraaf 3 niet nader gespecificeerd en dient in het vervolg van IRM nader uitgewerkt te worden.

Nieuw rivierbodembeleid: Betreft de vraag om het effect van mogelijk nieuw beleid voor rivierbodembeleid. Voor dit aspect is het effect op hoogwaterstanden als de rivierbodem van 20 jaar terug wordt hersteld en gehandhaafd als uitgangspunt genomen.

Gebiedsontwikkelingen: Betreft de vraag om lokale en regionale initiatieven en ontwikkelingen met een mogelijk waterstandverhogend effect te compenseren.

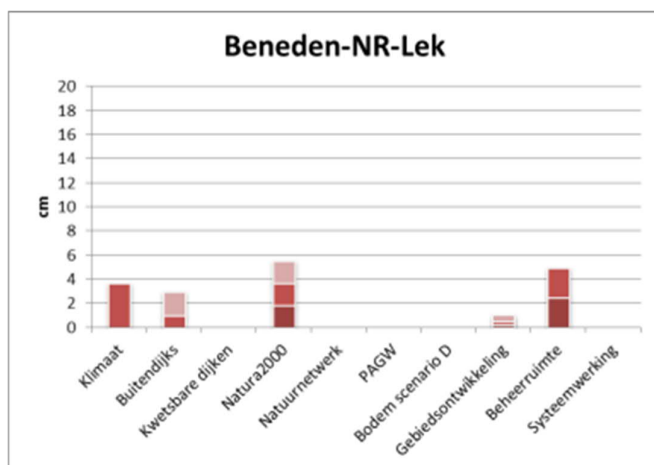
Beheerruimte: Betreft een marge of robuustheidstoelag voor de rivierbeheerder, zodat hij in geval van (tijdelijke) beperkte veranderingen in het riviersysteem en daarbij gepaarde waterstandseffecten als gevolg van natuurlijke processen (morfologische en/of vegetatie ontwikkelingen) en menselijke ingrepen niet direct hoeft in te grijpen.

Rivierkundige systeemwerking: Betreft effecten die voortkomen uit keuzes ten aanzien van de inrichting van het riviersysteem en eisen en wensen aan die inrichting vanwege effecten die in het gehele Nederlandse riviersysteem spelen. Voor de Rijn gaat het om vragen vanuit de hoogwater afvoerverdeling over de Rijntakken en de beheersing van die afvoerverdeling.

Resultaten

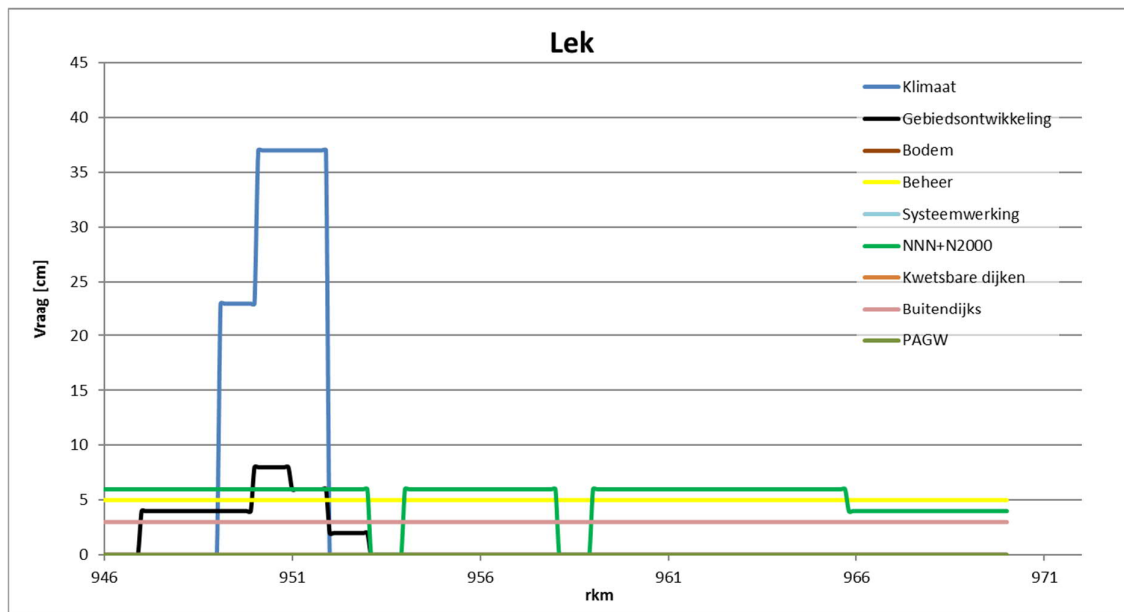
Figuur 2 geeft de trajectgemiddelde waarden per aspect. Zo kan eenvoudig worden afgelezen uit welke aspecten de belangrijkste vragen op dit traject naar voren komen. Indien beschikbaar, zijn ook de minimale en maximale vraag in beeld gebracht. De vraag naar extra afvoercapaciteit is onzeker. Daarom zijn voor een aantal aspecten door deskundigen inschattingen gedaan van de onzekerheid in de vraag, resulterend in een minimale, een gemiddelde en maximale vraag. Voor de overige aspecten is slechts 1 waarde beschikbaar.

Voor de Lek komen uit klimaat, Natura2000 en beheerruimte de grootste vragen voort.



Figuur 2. De afzonderlijke vragen naar waterstandsdeling: indicatie van de onzekerheid in de trajectgemiddelde vraag: naast een basisinschatting is door deskundigen een lagere (donker) en hogere (licht) inschatting gegeven.

Het ruimtelijk verloop van de vraag voor de verschillende categorieën is weergegeven in figuur 3. De grootste vraag komt vanuit klimaat met een piek tot 37 cm.



Figuur 3. De ruimtelijke variatie van de afzonderlijke vragen naar waterstandsval

Principeopties voor omgaan met afvoercapaciteit

Potentiële opties voor beleid voor omgang met afvoercapaciteit variëren van behoud van de huidige afvoer- en bergingscapaciteit tot omvangrijke uitbreiding ervan. Bij behoud wordt extra te realiseren verruiming ingezet voor om rivierfuncties en –ontwikkelingen anders dan waterveiligheid mogelijk te maken, bij uitbreiding komt een deel van de te realiseren verruiming ten goede aan werkelijke vergroting van afvoer- en bergingscapaciteit. Hieronder worden de beleidsopties verder beschreven.

I – Behoud van afvoercapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie I wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten van programma's en ontwikkelingen in het kader van bestaand beleid en/of reeds gemaakte keuzes voor riviergebonden functies binnen IRM te compenseren. Die effecten worden op dit moment conform de Beleidslijn Grote Rivieren binnen elk project/programma afzonderlijk gecompenseerd. Hiermee wordt de huidige afvoercapaciteit behouden, waterstandsval wordt ingezet als compensatie voor vermindering van de afvoercapaciteit. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Natuurontwikkeling vanuit Natura 2000 en Natuurnetwerk;
- Gebiedsontwikkelingen conform huidig beleid.

II - Uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie II wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten vanuit huidige beleid en vanuit programma's en ontwikkelingen binnen nog te formuleren en vast te stellen beleidsontwikkelingen binnen IRM te compenseren. Hiermee wordt waterstandsval niet alleen ingezet als compensatie voor verlies aan afvoercapaciteit, maar wordt de afvoercapaciteit ook vergroot doordat het elementen bevat die bijdragen aan waterveiligheid en daarmee in potentie de HWBP-opgave kunnen verminderen². Dit betreft het ontzien van kwetsbare en bijzondere

² Volledige invulling van de hoogwaterveiligheidsopgave via rivierverruiming is niet in de beleidsopties opgenomen. Dit is een uitvloeisel van eerdere MKBA-analyses in LTAR-tijd.

dijktrajecten indien aanwezig in het specifieke traject, en opgaven vanuit de werking van het riviersysteem. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Buitendijks versterken vanuit HWBP;
- Natuurontwikkeling vanuit PAGW;
- Nieuw beleid voor ligging en beheer van de rivierbodem;
- Beheerruimte of robuustheidstoelage;
- Gebiedsontwikkelingen waarvoor nog geen beleid is vastgesteld;
- Opgaven vanuit de werking van het riviersysteem: de instelling en beheersing van de afvoerverdeling op de Rijntakken.

III Omvangrijke uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken en de klimaatopgave met rivierverruiming trotseren

Met principeoptie III wordt naast rivierverruiming ook ingezet op het opvangen van de klimaatopgave via een aanzienlijke uitbreiding van de afvoercapaciteit. We onderscheiden binnen deze principeoptie twee varianten:

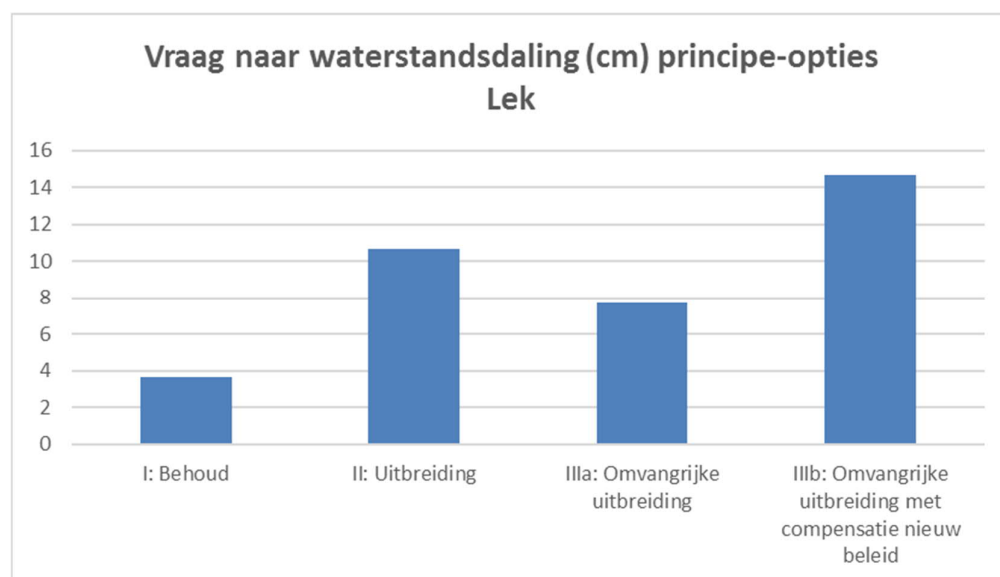
- IIIa: Opgaven vanuit bestaand beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder I)
- IIIb: Opgaven vanuit bestaand en nieuw beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder II).

Totaalbeeld principeopties Afvoercapaciteit

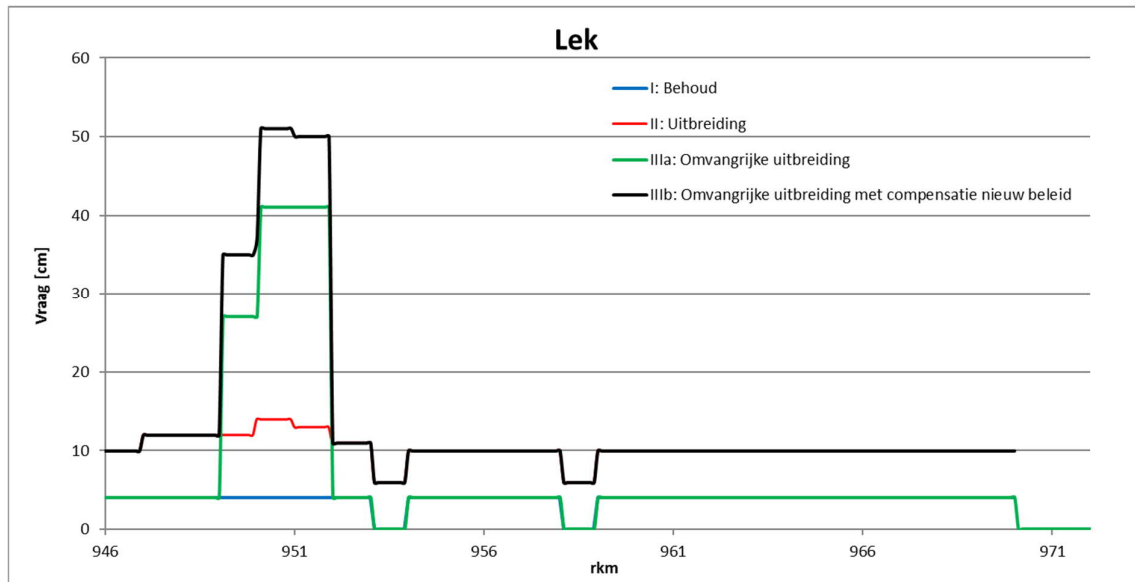
Onderstaande tabel en figuren laten zien wat de te realiseren waterstandsdingaling zou zijn binnen de verschillende principeopties, als trajectgemiddelde waarden, alsmede de ruimtelijke variatie.

Tabel 4. Principeopties afvoercapaciteit, benodigde cm's waterstandsdingaling

Riviertraject Beneden Nederrijn-Lek	Principeopties (cm)			
	I	II	IIIa	IIIb
Trajectgemiddeld	4	11	8	15
Minimum	0	6	0	6
Maximum	4	14	41	51



Figuur 4. Benodigde cm's waterstandsdingaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit



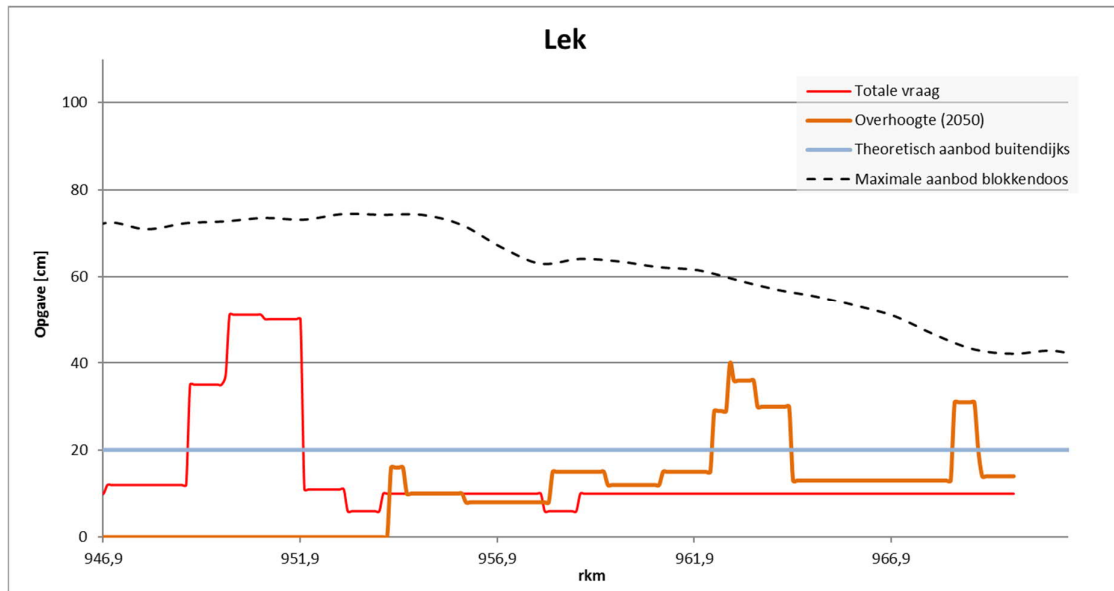
Figuur 6. Ruimtelijke variatie benodigde cm's waterstandsaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit

Het aanbod van afvoercapaciteit

Er is een globaal overzicht gemaakt van het mogelijke te creëren aanbod aan extra afvoercapaciteit in het rivierensysteem. Dit is gedaan op basis van een theoretische beschouwing van principe-maatregelen en eerder uitgevoerde verkenningen in het kader van het Deltaprogramma waarin binnendijkse en buitendijkse rivierverruimende maatregelen in beeld zijn gebracht. Dit resulteert in het volgende overzicht:

1. Afvoercapaciteit in het rivierensysteem die benut kan worden door de aanwezigheid van overhoogte in de dijken;
2. Afvoercapaciteit die maximaal (theoretisch) te realiseren met buitendijkse maatregelen. Dit is ingeschat op basis van een theoretische beschouwing, uitgaande van toepassing van een effectieve buitendijkse principe-maatregel voor rivierverruiming. Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
3. Afvoercapaciteit die te realiseren is met alle maatregelen die in het kader van het Deltaprogramma in beeld zijn gebracht en opgenomen zijn in de Blokkendoos (optelsom van combinatie van alle rivierverruimende maatregelen). Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;

Onderstaand figuur toont de afvoercapaciteit die op basis van bovenstaande rubrieken te creëren is voor het traject Lek.



Figuur 7. De totaalvraag naar extra afvoercapaciteit samen met het mogelijk te creëren extra aanbod aan afvoercapaciteit langs het traject.

De belangrijkste conclusies, die hieruit kunnen worden getrokken zijn:

1. Overhoogte is grootschalig aanwezig kan daar de gehele vraag (grotendeels) opvangen. Alleen het eerste gedeelte van dit traject kent geen overhoogte in de keringen;
2. Met de theoretische beschouwing is afgeleid dat middels grootschalige buitendijkse rivierverruimingsmaatregelen (bv. Oevergeulen en zomerbedverbredingen) de gehele vraag ruimschoots kan worden opgevangen, op het traject rivierkilometer 948 – 952 na;
3. Alle Blokkendoosmaatregelen tezamen in dit traject kunnen de totale vraag ruimschoots opvangen. Hier is nadere differentiatie nodig.

5 Combinatie van potentiële beleidsopties Rivierbodempligging en Afvoercapaciteit

De potentiële beleidsopties voor Rivierbodem en Afvoercapaciteit kunnen niet los van elkaar beschouwd worden. Dit hoofdstuk laat de onderlinge samenhang zien.

Rivierbodem --> afvoer- en bergingscapaciteit

Beleidsopties waarbij de erosie van de rivierbodem wordt stopgezet danwel de bodempligging omhoog wordt gebracht hebben invloed op de hoogwaterstanden. Binnen de huidige versterkingsopgave wordt een vaste bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt niet geanticipeerd op de bodemontwikkeling. Welke bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt, wordt bepaald per waterschap en kan verschillen per riviertraject. Een substantiële verhoging van het rivierbed kan effect hebben op de versterkingsopgave. De beleidsopties waarbij de bodem substantieel omhoog worden gebracht kunnen dus om extra afvoercapaciteit vragen. Het eroderen van de rivierbodem kan extra afvoercapaciteit creëren.

Met andere woorden, indien gekozen wordt voor rivierbodembeleid waarbij de rivierbodem 10 of 20 jaar terug wordt gebracht, wordt dit onderdeel van beleidsopties II en IIIb voor beleid t.a.v. afvoer- en bergingscapaciteit.

Afvoer- en bergingscapaciteit --> rivierbodem

De keuze voor de mate van te realiseren waterstandsdeling (m.a.w. de mate van rivierverruiming) kan ook een effect hebben op de bodem. Daar waar rivierverruiming plaatsvindt met maatregelen die zorgen voor een regelmatige afname van de afvoer door het zomerbed, verandert op lange termijn het evenwichtsprofiel van het zomerbed. Het zomerbed komt hier uiteindelijk omhoog. Hoe groter en meer rivierverruiming plaatsvindt, hoe meer dit bijdraagt aan het verminderen van bodemerosie.

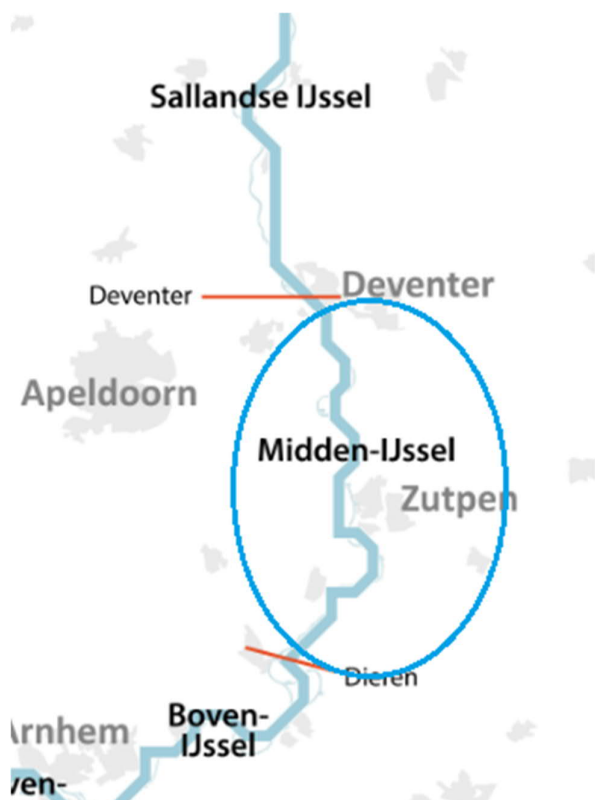
Naast fysieke maatregelen is sedimentmanagement nodig om op korte termijn het gewenste bodemniveau te bereiken. Indien op korte termijn een bodempligging uit het verleden gehandhaafd gaat worden is een initiële suppletie noodzakelijk om deze verhoging op korte termijn te kunnen realiseren.

1 Ligging

Het traject Midden-IJssel loopt van het Dieren (km 911,5) bij het Apeldoorns Kanaal tot het centrum van Deventer (km 945). Het traject is bijna 35 km lang. Het kenmerkt zich door diverse opvolgende scherpe rivierbochten. Het zomerbed wordt over grote delen van het traject begrensd door kribben. De uiterwaarden variëren aanzienlijk in breedte. De IJssel wordt lokaal ingesnoerd door de stedelijke gebieden van omgeving Zutphen en Deventer.

In het traject komen verschillende beken uit in de IJssel, zoals de Baakse Beek, de Grote Beek, de Berkel en de Schipbeek. Bij Eefde is de IJssel verbonden met de Twentekanalen, die ervoor zorgen dat regio Twente (Almelo, Hengelo, Enschede) is aangesloten op het landelijke netwerk van rivieren en kanalen.

In figuur 1 is de ligging van het traject weergegeven.



Figuur 1 Ligging van Midden-IJssel

2 Blik op het traject

Dit hoofdstuk bevat een beknopte beschrijving van de riviergebonden functies van dit traject. Het beschrijft de essentie van wat er speelt m.b.t. waterveiligheid, bevaarbaarheid, waterbeschikbaarheid, natuur & waterkwaliteit. Dit betreft geen uitgebreide beschrijving van de opgaven. Een uitgebreid beeld op de rivieren met de opgave volgt in het Beeld op de Rivieren dat in het kader van IRM wordt ontwikkeld.

Na de essentie van wat er speelt, volgt een beschrijving van de bodemontwikkelingen en de veranderingen in klimaat, de invloed hiervan op de toestand van de rivier (rivierbodemplugging, hoog- & laagwaterstanden), en de doorwerking op de riviergebonden functies.

2.1 Wat speelt er met betrekking tot de riviergebonden functies?

Hoogwaterveiligheid

Uiterwaarden dragen bij aan waterveiligheid door waterafvoer te faciliteren, dijken beschermen dit gebied tegen overstromingen. Door een aantal maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier, Stroomlijn, KRW en NURG is de afvoercapaciteit vergroot. Zo zijn o.a. de projecten Dijkteruglegging Cortenoever en Voorsterklei bij Zutphen en uiterwaardherinrichtingen bij Deventer uitgevoerd.

De nieuwe normen voor hoogwaterveiligheid zorgen voor verbeteringsopgaven. De maximaal toelaatbare overstromingskans van de dijken aan de westzijde is 1/1.000^{ste} per jaar. Aan de oostzijde varieert de maximaal toelaatbare overstromingskans: tot km 922 (bocht bij Cortenoever) 1/3.000^{ste} per jaar, tussen km 922 en km 927 (Zutphen) 1/10.000^{ste} per jaar, tussen 927 (Zutphen) en de sluis bij Eefde 1/1.000^{ste} per jaar, tussen de sluis bij Eefde en km 942 1/300^{ste} per jaar en tot vervolgens tot Deventer 1/1.000^{ste} per jaar. Voor een deel bestaan de primaire waterkeringen in dit traject uit lage kades of hoge gronden, bijvoorbeeld tussen Dieren en Brummen, bij Gorssel en langs de Schipbeek. Om aan de normen te voldoen zijn vooral dijkversterkingen en in mindere mate ook dijkverhogingen voorzien. Verwacht wordt dat een deel van de dijkversterking buitenwaarts zal gebeuren (in de richting van de uiterwaarden). De verbetering van de dijken aan de westzijde en aan de oostzijde tot aan Zutphen zijn voor de periode 2028-2035 opgenomen in de HWBP programmering. De versterkingen aan de oostzijde stroomafwaarts van Zutphen staan voor na 2035 gepland.

Deze nieuwe normen voor hoogwaterveiligheid zorgen voor verbeteringsopgaven. De dijkversterking bij Bussloo en Deventer is vanwege landschappelijke inpassing en/of cultuurhistorische waarden aangemerkt als complex en moeilijk inpasbaar.

Naar verwachting zal IenW in 2021 een besluit nemen m.b.t. de herijking van het beleidsuitgangspunt afvoerverdeling Rijntakken bij hoogwater. De herijking gaat over de vraag hoe de in beleid vastgelegde afvoerverdeling bij hoogwater in praktijk vorm krijgt. Hierbij is het uitgangspunt de beleidsafpraak dat de Lek boven een Rijnafoer van 16.000 m³/s bij Lobith wordt ontzien. Onderdeel van het realiseren van de beleidsmatig afgesproken afvoerverdeling is de instelling van de regelwerken op de splitsingspunten. Afhankelijk van de gekozen afvoerverdeling en bijbehorende instelling van de regelwerken kan dit een verhoging of verlaging van de hoogwaterstanden langs de Waal betekenen (t.o.v. de hydraulische belasting in het

OntwerpInstrumentarium van het HWBP). Bij instelling van de regelwerken op een Rijnafvoer van 18.000 m³/s nemen de hoogwaterstanden langs de IJssel bij een Rijn-afvoer 16.000 m³/s met ongeveer 6 cm af. Dit is vergeleken met de waterstanden op de Waal bij een afvoer van 16.000 m³/s en de instelling van de regelwerken op 16.000 m³/s (de huidige situatie).

Binnen IRM wordt voornamelijk de huidige beleidsmatige hoogwater afvoerverdeling met bij behorende instellingen van de regelwerken als uitgangspunt gehanteerd.

Op een aantal locaties wordt de Midden-IJssel ingesnoerd. Dit zijn lokale hydraulische knelpunten in het systeem die ook wel lokale flessenhalzen worden genoemd. Het gaat om de locaties ter plaatse van km 926,5 (bij de stad Zutphen) en km 944 (bij de stad Deventer). Behoud van ruimte is bij de ruimtelijke inrichting en ontwikkeling van het riviersysteem een blijvend aandachtspunt. Aan de westzijde van Deventer heeft het binnendijkse gebied een ruimtelijke reservering (Barro) t.b.v. hoogwaterbescherming. In de PKB Ruimte voor de Rivier was de binnendijkse Barro reservering bij Zutphen nog opgenomen. Deze is in het kader van het project IJsselsprong Zutphen komen te vervallen.

Het doorgroeien en uitbreiden van begroeiing in het rivierbed kan leiden tot te hoge hoogwaterstanden. De Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwing van begroeiing) is toegestaan. De Vegetatielegger is onderdeel van de Legger Rijkswaterstaatswerken. De Waterwet regelt de leggerplicht van alle waterstaatswerken. In de vorm van overzichtskaarten en regels zijn normen gespecificeerd voor vegetatie in het rivierbed ten behoeve van hoogwaterveiligheid en waterkwaliteit.

Bevaarbaarheid

De Midden-IJssel is een belangrijke scheepvaartverbinding met de Twentekanalen. Het traject is samen met de Boven-IJssel het drukst bevaren stuk van de IJssel. De IJssel is echter te ondiep en te smal voor de beoogde klasse Va-scheepvaart en daardoor moeilijk bevaarbaar, met name met laagwater. Zowel diepte- als breedte beperkingen treden op. Bij een aantal bochten geldt al een ontmoet- of voorbijloopverbod. Bekende knelpunten zijn: Cortenoever en Zutphen.

Benedenstrooms van Zutphen en de Twentekanalen spelen deze problemen ook nog, maar in mindere mate door het beperktere scheepvaartverkeer. Door het verschil in verhang tussen de boven- en benedenloop van de IJssel is bij extreem laagwater de bovenloop van de IJssel ondieper dan de benedenloop. In dat geval varen een aantal schepen om via Amsterdam en het IJsselmeer om naar Rotterdam te varen.

Dieptebeperkingen resulteren in een lagere beladingsgraad op deze trajecten, een toename van brandstofkosten als gevolg van verminderde kielspeling (en meer weerstand), en daarmee een toename van de transportkosten.

De erosie van het zomerbed zorgt in de toekomst naar verwachting voor problemen voor de bevaarbaarheid omdat een deel van het rivierbed niet mee zakt. In het rivierbed bevinden zich een aantal natuurlijke harde lagen (oerlagen) die niet mee zakken. Deze vormen nu nog geen probleem, maar mogelijk wel bij het verdere doorgaande bodemerosie in de toekomst. De drempel van de schutsluis bij Eefde (naar de Twentekanalen) is bewust lager aangelegd vanwege de zakkende bodem. Hier worden dus in de toekomst geen problemen met drempelvorming verwacht

die de bereikbaarheid van de Twentekanalen negatief beïnvloeden. Er doen zich echter nu al problemen voor in het voorpand van de sluisen; dat zandt sterk aan, met name bij de ingang. De waterbouwkundige werken die dit moeten voorkomen, functioneren niet goed meer a.g.v. bodemerosie. Dit verschijnsel doet zich voor bij vrijwel alle sluisen langs de Rijnakten.

Bij meerdere bruggen is de doorvaarthoogte onvoldoende. Dit speelt o.a. bij de bruggen bij Zutphen en Deventer. Naar verwachting wordt het tekort aan doorvaarthoogte pas aangepakt als deze vervangen of gerenoveerd gaan worden. Dit is geen opgave in het kader van het programma Integraal Riviermanagement.

De spoor- en verkeersbrug in Zutphen vormt het grootste knelpunt. Deze brug is weliswaar beweegbaar, maar de doorvaartbreedte van het hefgedeelte is beperkt. Ook vinden er veel aanvaringen plaats. Een MIRT-onderzoek naar de mogelijkheden om het knelpunt op te lossen wordt naar verwachting opgestart in 2021.

In Zutphen en Deventer zijn havens voor de beroeps- en recreatievaart aanwezig. Er zijn plannen om de (binnen)havens van Deventer te moderniseren en te voorzien van een containeroverslag.

Natuur en waterkwaliteit

Het karakter van de IJssel is bepalend voor de natuurwaarden op dit deel van de IJssel. Het betreft name het bovenstroomse, diep ingesleten gedeelte, met het hoog dynamische deel met hoge oevers en met de kronkelwaarden tussen de IJsselkop en Deventer met aantakende beken vanuit de Veluwe en de Achterhoek.

Op het gebied van natuur is er een reeks aan opgaven: behoudsopgaven van reeds bestaande natuur en opgaven volgend uit bestaand en nieuw, nog te ontwikkelen beleid. Er zijn vanuit nationale en regionale natuurbeheerplannen en Natura 2000 (beide bestaand beleid) ontwikkelopgaven voor boskernen en andere habitats. In de Midden-IJssel vinden diverse verkenningen plaats naar natuurherstel- en ontwikkeling van de waarden. Ook is er een waterkwaliteitsopgave vanuit de KRW (macrofauna, vis en waterplanten). Er wordt gedacht aan maatregelen zoals aanleg geulen en strangen, natuurvriendelijke oevers en uiterwaardherinrichting om deze opgaven op te lossen.

Naast bestaand beleid, wordt ook nieuw natuurbeleid uitgewerkt. Het traject kent een ontwikkelopgave in het kader van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW). Deze ontwikkelopgave maakt integraal deel uit van de opgave IRM. De PAGW werkt aan plannen voor een robuust riviersysteem passend bij de abiotische uitgangssituatie (gegeven klimaatverandering, economische ontwikkelingen en ecologische knelpunten). Bij toekomstige natuurontwikkeling in het rivierengebied zal in het bijzonder gekeken worden naar de ontwikkeling van een viertal hotspots en naar het verbinden van deze grote natuurgebieden langs de rivier via de corridors. In de corridor tussen de hotspots liggen afwisselend grote en kleine stapstenen met geschikt leefgebied voor de gidssoorten. Er komt focus te liggen op het verbinden van natuurdoelen van de diverse programma's (één natuurdoelstelling in rivierbed). De Midden-IJssel wordt gezien als een belangrijke verbindingzone om hotspots van de Programmatische Aanpak Grote Wateren – Gelderse poort en IJssel-Vechtdelta – met elkaar te verbinden.

De verandering van de laagwatertafvoer als gevolg van de grootschalige bodemerosie de daarmee gepaard gaande daling van waterstanden én grondwaterstands daling zorgen voor een geleidelijke verdroging van de uiterwaarden. Daarnaast inunderen uiterwaarden minder vaak en minder omvangrijk. Het minder goed te functioneren van recent aangelegde maatregelen voor het versterken van de natuur vormt de grootste en meest concrete bedreiging.

Het beheer van natuur langs de Midden IJssel bestaat uit het beheer van de begroeiing in het rivierbed en het sedimentbeheer in zowel uiterwaarden als in natuurvriendelijke oevertrajecten. Hierbij wordt zo veel mogelijk ruimte gegeven aan natuurlijke processen en het verkrijgen van leefgebieden voor bij het riviersysteem passende planten en dieren. De Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwning van begroeiing) is toegestaan. Het is voor de natuur relevant dat daarbij in voldoende ontwikkelbeheerruimte wordt voorzien, waarmee de natuur ruimte krijgt om zich op natuurlijke wijze te ontwikkelen.

Naast de relatie met hoogwaterveiligheid hebben ook scheepvaart en natuur onderlinge relatie. Scheepvaart vervult een belangrijke rol op dit traject en heeft middels schroefwerking en golfslag direct effect op natuur.

Zoetwaterbeschikbaarheid

Voor zoetwaterbeschikbaarheid is de watervoorziening van het IJsselmeer – de belangrijkste zoetwaterbuffer in het landelijk hoofdwatersysteem – van groot belang. De afgelopen decennia is de verdeling van water vanuit de Bovenrijn over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig zakken van de rivierbodem in de Rijntakken geleidelijk veranderd. Het zomerbed in de Boven-Waal erodeert sneller dan de bodem in de andere riviertakken in het bovenstrooms deel van de Rijntakken. Hierdoor trekt de Waal steeds meer afvoer, ten koste van de afvoer van water naar de IJssel. De stuurbaarheid van rivierwater over de splitsingspunten en de toevoer van water richting strategische zoetwatervoorraden (o.a. het IJsselmeer als belangrijke buffer) is daarom aandachtspunt binnen DP Zoetwater.

Op dit traject is tevens de wateraanvoer middels gemaal Eefde van belang. Het peilbeheer van de Twentekanal en de regionale watervoorziening voor het achterland (tot aan Drenthe) zijn (nagenoeg) volledig afhankelijk van aanvoer vanuit de IJssel. De opvoerhoogte staat onder druk bij afnemende waterstanden op de IJssel.

Bij lokale inlaatpunten kan de inlaatcapaciteit onder druk komen te staan door het dalen van de waterstanden in de rivier als gevolg van de erosie van de rivierbodem. Dit speelt voor de Midden-IJssel bij het gemaal bij Eefde: de inlaat naar de Twentekanal. Er is een beperkte pompmogelijkheid als de waterstand op de IJssel te ver daalt. Door de bodemerosie is er een toename in de opvoerhoogte van de pompen waardoor de pompcapaciteit afneemt.

2.2 Bodemontwikkeling en klimaatverandering en hun effect op de rivier

Een aantal omgevingsveranderingen beïnvloedt de toestand van de rivier. Het betreft de grootschalige rivierbodemontwikkeling en klimaatverandering. De veranderingen beïnvloeden de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier en hebben daardoor ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Bodemontwikkeling en het effect op de rivier

De Midden-IJssel ligt in het bovenstroomse deel van de Rijn in Nederland waar insnijding plaatsvindt. Waarnemingen laten zien dat de rivierbodem in dit traject in de afgelopen tientallen jaren grootschalig erosie is afgenomen tot een snelheid van gemiddeld 0,4 cm per jaar.

Een belangrijke oorzaak van de in het verleden opgetreden grootschalige bodemveranderingen is de normalisatie in de vorige eeuw waardoor de rivier een smallere en rechttere loop heeft gekregen (korter is geworden). De normalisatie bestaat uit een combinatie van maatregelen: aanleg van kribben en zomerkades, verdieping van de vaargeul, bochtafsnijdingen, kanalisatie of aanleg van parallelle scheepvaartkanalen, aanleg van stuwen en regulering van de afvoerverdeling (bij hoog en laagwateromstandigheden). De ingrepen resulteerden in steeds smallere, diepere rivieren, die bovendien hun loop niet meer konden verleggen. Daarnaast is door de aanleg van (stuw)dammen in combinatie met sedimentmanagement gericht op de stabilisatie van de rivierbodem in het bovenstroomse - niet Nederlandse deel - van het stroomgebied van de Rijn, de omvang en de samenstelling van het binnenkomend sedimenttransport sterk veranderd.

Door de maatregelen is de ruimte voor de Nederlandse rivieren in de afgelopen eeuw fors afgenomen en is de natuurlijke sedimentbalans verstoord. De programma's Ruimte voor de Rivier, NURG en KRW volg(d)en een andere koers. In plaats van afname van ruimte, hebben de rivieren door die programma's weer wat meer vrijheid te gekregen. Dit heeft geresulteerd in (iets) meer ruimte en een andere inrichting van verschillende delen van het zomer- en winterbed. De extra ruimte die met de recente programma's is gecreëerd, staat echter niet in verhouding tot de afname van ruimte door de bedijking en de normalisatie.

De bedijking en de normalisatie- en reguleringswerken uit de 19^e en 20^{ste} eeuw hebben (soms onbedoeld) effect op de fysica van het riviersysteem, die tot tientallen jaren en zelfs langer na de ingreep kunnen doorwerken.

Ten eerste is door de maatregelen het overstromingsgebied voor de rivieren sterk afgenomen. Hierdoor is de komberging sterk afgenomen. Hogere afvoeren als gevolg van klimaatverandering leiden daardoor tot hogere waterstanden dan daarvoor. De top van hoogwatergolven wordt door het verlies aan ruimte ook veel minder afgevlakt. Daardoor verplaatst de afvoergolf zich sneller door de rivier.

Daarnaast is de energie van het afstromende water – en daardoor het sedimenttransporterend vermogen - door de ingrepen in de rivier in de 19^e en 20^{ste} eeuw toegenomen. Het verhang van de bedding van de rivier is feitelijk te steil in relatie tot de water- en sedimentbeweging van de rivier. De rivier zal zich aanpassen naar een flauwer verhang, waardoor het transporterende vermogen weer afneemt en de rivier weer in balans komt. De rivier kan dat flauwere verhang alleen maar krijgen door zich bovenstrooms in te snijden. Dit doet de rivier door te eroderen. De rivierbodem groeit zo langzaam toe naar een flauwere helling. De afname van de hoeveelheid sediment die Nederland binnenkomt en de verandering in sedimentsamenstelling, beïnvloedt de erosie van het zomerbed.

Volgens een verkenning van Rijkswaterstaat hebben de ingrepen een daling van het zomerbed op gang gebracht waardoor het verhang uiteindelijk 20% minder wordt. Normaal gesproken is dit een aanpassing die eeuwen duurt. Op delen van de Rijntakken gaat het een stuk sneller doordat de mens met het actief onttrekken van bodemmateriaal uit het zomerbed dit natuurlijke proces heeft versneld. De normalisatie- en reguleringswerken hebben samen met de veranderingen van de omvang en de samenstelling van het inkomend sedimenttransport én het actief onttrekken van grote hoeveelheden zand en grind geleid tot erosie van de rivierbodembodem die lokaal oploopt tot enkele meters in de afgelopen eeuw.

De erosie van het zomerbed van de Midden IJssel heeft naast de bovengeschetste redenen nog een andere oorzaak. De stuwwerking van de stuw bij Driel versterkt namelijk de erosieproblematiek. Het moment waarop de stuw in werking treedt hangt af van de gemeten afvoer en waterstand bij Lobith. Door bodemerosie op de Bovenrijn wordt de waterstand, waarbij de stuw geactiveerd wordt, vaker overschreden en treedt de stuw vaker en langduriger in werking. Dit beïnvloedt het stromend karakter van de Nederrijn-Lek, zorgt voor toenemende aanzanding bovenstrooms van de stuw en maakt het moeilijker om de afvoerverdeling bij laag water te sturen. Dit betekent ook dat er relatief meer afvoer naar de IJssel wordt gestuurd. Dit heeft een versterkend effect op de bodemerosie op de bovenloop van de IJssel.

Verwacht wordt dat de na-ijleffecten van de normalisatie in het riviersysteem en rivierregulering nog decennia lang merkbaar zijn. Deskundigen verwachten dat de bodemerosie van de rivierbodembodem in het traject van de Midden-IJssel met ongeveer 0,4 cm per jaar doorgaat.

Onderstaande tabel geeft de invloed van doorgaande bodemerosie (zonder actief ingrijpen) op de toestand van de rivier in 2050:

	Rivierbodembodem ligging	Laagwater afvoer	Hoogwater stand	Laagwater stand
Niet actief ingrijpen tot 2050	- 12 cm	- 40 m ³ /s	- 3 cm	- 50 cm

Tabel 1 Effect op toestand van de rivier in 2050 zonder nieuw bodembeleid

- Rivierbodembodemligging De bodem van het zomerbed van de Midden-IJssel ligt in 2050 12 cm lager. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van -0,4 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.
- Laagwaterafvoer De afvoerverdeling onder normale omstandigheden en bij laagwater wijzigt geleidelijk. Doordat de Waalbodembodem sneller zakt dan de rivierbodembodem op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Voor de IJssel is de laagwaterafvoer met 40 m³/s afgenomen.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert. De hoogwaterstanden zakken met de rivierbodembodem mee. Op

basis van een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Midden-IJssel resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 25%. Een daling van het zomerbed met 12 cm betekent hierdoor een daling van hoogwaterstanden met 3 cm.

Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodem en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. De laagwaterstanden zakken 1-op-1 met de rivierbodem mee, al het water staat immers in het zomerbed. De laagwaterstanden dalen hierdoor dus met 12 cm. Door geleidelijke verandering van de rivierafvoer over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig zakken van het zomerbed, neemt de laagwaterafvoer op de IJssel met 40 m³/s af. Op basis van de betrekkinglijn is bepaald dat laagwaterstanden als gevolg van de veranderende afvoer op de Midden-IJssel afnemen met 38 cm. Dit is een indirecte verandering als gevolg van bodemontwikkelingen. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 50 cm af.

De veranderingen in de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier hebben ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied. Op dit moment zijn de effecten van bodemerosie nog vrij beperkt. Met name de gevolgen van geleidelijke verandering van de rivierafvoer over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig zakken van het zomerbed en de effecten op de zoetwatertoevoer naar het IJsselmeer als belangrijke zoetwater-buffer worden meer en meer zichtbaar.

Mogelijke effecten in de toekomst als gevolg van een verdere verlaging van de rivierbodem zijn:

- Een verlaging van de bodemligging kan zorgen voor een afname van de afdeklaag boven kabels en leiding en erosieve fijne lagen in het rivierbed, en kan een risico vormen voor de stabiliteit en standzekerheid van waterkeringen, oevers & kunstwerken. In het traject ligt een aantal kabels en leidingen: bij km 930,1, km 931,5 en km 939,5 (leidingen voor gas en brandstof). Een analyse naar de dekkingsgraad boven erosieve lagen laat zien dat op het traject van de Midden-IJssel slechts op een zeer beperkt aantal locaties fijn erosief materiaal lokaal dicht aan het oppervlakte van het zomerbed ligt. Een verdere verlaging heeft tot gevolg dat kabels en leidingen in het gebied dicht aan de oppervlakte komen te liggen. Dit kan brede veiligheidsconsequenties hebben.
- Een verlaging van de bodemligging verlaagt de hoogwaterstanden en heeft hierdoor een positief effect op waterveiligheid. Behalve op plekken waar de keringen direct tegen het zomerbed aan liggen (zoals bij schaaldijken en stedelijke fronten). Daar kan bodemdaling een gevaar vormen voor stabiliteit van de keringen.
- Een verlaging van de bodemligging verlaagt de laagwaterstanden (direct en indirect via een herverdeling van de laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) over de splitsingspunten). Dit heeft een negatieve invloed op:
 - o bevaarbaarheid: er ontstaan verminderde vaardiepten doordat er drempels ontstaan doordat het rivierbed niet overal zakt. Zo zakt de rivierbodem niet ter plaatste van de kabels & leidingen-straten die onder de rivierbodem liggen. Ter plaatse van deze kabels & leidingen mag niet gebaggerd worden, waardoor daar drempels ontstaan in het riviersysteem die tot ondieptes vormen voor de scheepvaart. Naast de kabels & leidingen bevindt zich een aantal natuurlijke niet erodeerbare vaste lagen (oerlagen) in het rivierbed. Deze kunnen in de toekomst zorgen voor drempelvorming en dieptebeperkingen in het

- rivierbed. Daarnaast zakken ook de sluisdrempels van infrastructuur in het aangrenzende scheepvaartnetwerk niet mee met de rivierbodem. Om hierop te anticiperen op de zakkende bodem en mogelijke diepteproblemen, is de betonnen sluisdrempel van schutsluis bij Eefde (de ingang naar de Twentekanalen) bewust lager gelegd. In het voorpand van het Twenthekanaal treedt aanzanding op, dat naar de sluizen leidt. In combinatie met bodemdaling op de IJssel is hier dus sterke drempelvorming naar de Twentekanalen.
- o waterbeschikbaarheid vanwege lagere waterstanden ter plaatse van waterinnamepunten (voor de Midden-IJssel is de inlaat bij sluis Eefde (de inlaat naar de Twentekanalen) een belangrijk innamepunt, de opvoerhoogte wordt hier groter).
 - o natuur & waterkwaliteit omdat uiterwaarden en weerden minder vaak en minder langdurig in stromen en de grondwaterpeil zakt, waardoor de natuur verdroogt.
- Een verlaging van de bodemligging en daarmee veranderingen in waterstanden, grondwaterpijlen en kwelstromen, heeft ook invloed op het binnendijkse gebied. Afhankelijk van de hydrologische omstandigheden van de omgeving en het specifieke landgebruik (landbouw, natuur, stedelijk gebied) kan dit gevolgen hebben voor verdroging of vernatting. Er kunnen zich bijvoorbeeld risico's voordoen voor stabiliteit van binnendijkse bebouwing en voor minder of juist meer waterbeschikbaarheid (bij infiltrerende situatie) voor de land, tuin- en fruitbouw en natuur met zich mee.
 - Het ongelijkmatig zakken van de rivierbodem in de Rijntakken zorgt voor een geleidelijke verandering van de verdeling van water over de splitsingspunten bij een lage Rijnafvoer (1.020 m³/s). Het zomerbed in de Boven-Waal erodeert sneller dan de bodem in de andere riviertakken in het bovenstreams deel van de Rijntakken. Hierdoor trekt de Waal steeds meer afvoer, ten koste van de afvoer van water naar het Pannerdensche Kanaal en de IJssel. Dit is een vicieuze cirkel. De stuurbaarheid van rivierwater over de splitsingspunten tijdens laagwater en de toevoer van water richting strategische zoetwatervoorraden (o.a. het IJsselmeer als belangrijke buffer) is daarom steeds belangrijker aandachtspunt.

Klimaatverandering en effect op de toestand van de rivier

De effecten van klimaatverandering zijn veelzijdig. Klimaatverandering heeft onder andere effect op de hoge en lage rivierafvoeren. Verwacht wordt dat extreme lage en hoge rivierafvoeren vaker voorkomen en langduriger aanhouden. Op basis van de meest extreme klimaatscenario's van het KNMI zijn de effecten op hoog- en laagwaterstanden voor de Midden-IJssel in beeld gebracht. Voor laagwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het droge KNMI'14 scenario - Wh-dry. Voor hoogwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het KNMI'06 - W+.

Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de waterstandeffecten tot 2050.

	waterstand in 2050 door klimaatverandering
Effect op laagwaterstanden	- 40 cm
Effect op hoogwaterstanden	+ 5 cm

Tabel 2 Effect op waterstanden in 2050 door klimaatverandering

3 Beleidsopties rivierbodem Rijn

Hieronder volgt een overzicht van potentiële beleidsopties en de implicaties voor de Midden-IJssel. De potentiële beleidsopties zijn generiek voor alle riviertrajecten en gaan in op het herstel van de sedimenthuishouding en het beheer van de rivierbodempligging. Een uitgebreide probleemanalyse in de PlanMER moet meer inzicht geven in de effecten van veranderingen in het systeem met en zonder ingrijpen, inclusief de revenuen van actief ingrijpen.

Het effect van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 is kort beschreven en in context geplaatst met de effecten van klimaatverandering. Tabel 3 toont de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050: bodempligging, hoog- en laagwaterstanden.

Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bodemtrend zet zich in de situatie zonder ingrijpen voort met een erosie van 0,4 cm per jaar
- De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodem mee. Op basis van een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Midden-IJssel resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 25%.
- De laagwaterstanden veranderen 1-op-1 met de rivierbodem mee, al het water staat dan immers in het zomerbed.
- De verdeling van de laagwaterafvoer verandert geleidelijk door het ongelijkmatig zakken van de rivierbodem in de Rijntakken. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de IJssel-afvoer bij een karakteristieke laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is afgenomen. Met deze geleidelijke verandering uit het verleden is rekening gedaan in de beleidsopties. Dat wil zeggen dat ervan wordt uitgegaan dat de verandering in laagwaterverdeling in de beleidsoptie waarin niet wordt ingegrepen wordt zich doorzet, en dat in de beleidsopties waarin de rivierbodem hersteld wordt naar een toestand uit het verleden, de opgetreden verandering in afvoerverdeling bij laagwater teniet wordt gedaan.
- Bij de effecten per beleidsoptie gaan ervan uit dat de bovenstrooms en benedenstrooms gelegen trajecten dezelfde beleidsoptie van toepassing is.

Potentiële beleidsopties

A – Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk

In de basisreferentie wordt huidig beleid en beheer gecontinueerd en op de Midden-IJssel niet actief ingrijpen op de sedimenthuishouding en de rivierbodemontwikkelingen.

- Bodemtrend zet zich voort met een erosie van gemiddeld 0,4 cm per jaar.
- Huidig sedimentbeheer t.a.v. baggeren en terugstorten wordt voortgezet.
- Geen beleid t.a.v. bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport of het beperken of stoppen van grootschalige bodemerosie.
- Beheer en onderhoud verandert niet en blijft gericht op het lokaal verhelpen van problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid.

In hoofdstuk 2 staat beschreven welke invloed dit heeft op de bodempligging, hoogwaterstand en laagwaterstand in 2050.

B - Herstel sedimenthuishouding ter ondersteuning van rivierbodempligging

Deze beleidsoptie richt zich op het herstel van de sedimenthuishouding. Dit kan door netto sedimentonttrekking uit het zomerbed niet meer toe te staan en het bevorderen van het (doorgaand) sedimenttransport. Er wordt geen sediment toegevoegd en niet actief gestuurd op een

specifieke rivierbodempligging. De beleidsoptie draagt bij aan herstel van de sedimenthuishouding en zal zorgen voor een afname van de bodemtrend. Het is niet duidelijk in welke mate de trend afneemt.

- De bodemtrend zal naar verwachting kleiner zijn dan een erosie van gemiddeld 0,4 cm per jaar. Het is niet bekend in welke mate. Niet gericht op het nastreven van een specifieke rivierbodempligging.
- Dit kan gerealiseerd worden door behoud van sediment in het zomerbed, herstel van verstoringen in sedimentbalans en bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- **Rivierbodempligging** De bodem van het zomerbed van de Midden-IJssel ligt in 2050 tussen 0 en 12 cm lager. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van maximaal -0,4 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.
- **Laagwaterafvoer** De afvoerverdeling onder normale omstandigheden en bij laagwater wijzigt geleidelijk. Doordat de Waalbodempligging sneller is gezakt dan de rivierbodempligging op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s (ten koste van de IJssel) is toegenomen. Als de bodemtrends op alle Rijntrajecten door herstel van sedimenthuishouding afnemen, zal ook de afvoerverdeling in de toekomst minder wijzigen. In welke mate dat gebeurt, is niet duidelijk. Aanname is dat de laagwaterafvoer van de IJssel in de periode tot 2050 tussen de 0 en 40 m³/s zal afnemen.
- **Hoogwaterstand** Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert. De hoogwaterstanden zakken met de rivierbodempligging mee. Op basis van een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Midden-IJssel resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 25%. Een daling van het zomerbed tussen 0 - 12 cm betekent hierdoor een daling van hoogwaterstanden tussen 0 - 3 cm.
- **Laagwaterstand** De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodempligging en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verlaagde rivierbodempligging neemt de laagwaterstand tussen 0 tot 12 cm af. Op basis van de betrekkingsslijn is bepaald dat laagwaterstanden als gevolg van de veranderende afvoer bij de Midden-IJssel tussen 0 - 38 cm afnemen. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal tussen 0 en 50 cm af.

C – Huidige bodem zomerbed handhaven

Deze optie is gericht op het stoppen van de grootschalige bodemerosie en het handhaven van de rivierbodempligging op het huidige niveau.

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar en het zomerbed wordt op het niveau van 2020 gehouden.
- Dit kan gerealiseerd worden door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleids optie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De rivierbodempligging verandert niet, en blijft gelijk aan de bodempligging van 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer verandert niet.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen niet.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet.

D - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 10 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerosie, het terugbrengen van de rivierbodempligging in het zomerbed naar de situatie van 10 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 10 jaargeleden past bij de uitgangspunten in het programma KRW (ecologische toestand van 2009 mag niet verslechteren) en WBI/OI-2017 programma (hydraulische ontwerpbelasting op dijken is gebaseerd op de bodem van 2013).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleids optie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Midden-IJssel daalt jaarlijks met 0,4 cm. Met deze trend had de bodem van de Midden-IJssel 10 jaar geleden 4 cm hoger gelegen. De rivierbodempligging komt met deze optie 4 cm hoger te liggen dan in 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer neemt toe met 13 m³/s. Doordat de Waalbodempligging sneller zakt dan de rivierbodempligging op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de IJssel-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is afgenomen. Door het terugbrengen van de bodem naar 10 jaar geleden, wordt waterverdeling bij laagwaterafvoer deels hersteld (1/3 deel). Dit maakt dat, ten opzichte van 2020, de laagwaterafvoer met 13 m³/s toeneemt.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzig de afvoer over de takken niet. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodempligging mee. Een verhoging van het zomerbed met 4 cm betekent hier een verhoging van hoogwaterstanden met 1 cm.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering

van de rivierbodem en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verhoogde rivierbodempligging neemt de laagwaterstand met 4 cm toe. Met behulp van de betrekkinglijn is bepaald dat de laagwaterstanden als gevolg van de toename van de laagwaterafvoer op de Midden-IJssel met 13 cm toenemen. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 17 cm toe.

E - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 20 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerrosie, het terugbrengen van de rivierbodem in het zomerbed naar de situatie van 20 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 20 jaar geleden past bij de uitgangssituatie van het programma Ruimte voor de Rivier (herinrichtingen zijn ontworpen op bodempligging van 1997) en sluit aan bij de bodempligging die Duitsland wil handhaven (bodempligging van 2000).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- **Rivierbodempligging** De bodem van het zomerbed van de Midden-IJssel daalt jaarlijks met 0,4 cm. Met deze trend had de bodem van de Midden-IJssel 20 jaar geleden 8 cm hoger gelegen. De rivierbodem komt met deze optie 8 cm hoger te liggen dan in 2020.
- **Laagwaterafvoer** De laagwaterafvoer neemt toe met 27 m³/s. Doordat de Waalbodern sneller zakt dan de rivierbodem op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de IJssel-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is afgenomen. Door het terugbrengen van de bodem naar 20 jaar geleden, wordt waterverdeling bij laagwaterafvoer deels herstelt (2/3 deel). Dit maakt dat, ten opzichte van 2020, de laagwaterafvoer met 27 m³/s toeneemt.
- **Hoogwaterstand** Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzig de afvoer over de takken niet. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodem mee. Een verhoging van het zomerbed met 8 cm betekent hier een verhoging van hoogwaterstanden met 2 cm.
- **Laagwaterstand** De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodem en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verhoogde rivierbodempligging neemt de laagwaterstand met 8 cm toe. Met behulp van de betrekkinglijn is bepaald dat de laagwaterstanden als gevolg van de toename van de laagwaterafvoer op de Midden-IJssel met 25 cm toenemen. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 33 cm toe.

Samenvatting van de effecten op de toestand van de rivier per beleidsoptie

Tabel 3 geeft een samenvatting van de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050.

	Rivierbodem -ligging	Laagwater- afvoer	Hoogwater- stand	Laagwaterstanden		
				Rivier- bodem	Laagwater- afvoer	TOTAAL
A. Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk	- 12 cm	- 40 m ³ /s	- 3 cm	- 12 cm	- 38 cm	- 50 cm
B. Herstel Sedimenthuis- houding	- 12 ~ 0 cm	- 40 ~ 0 m ³ /s	- 3 ~ 0 cm	- 12 ~ 0 cm	- 38 ~ 0 cm	- 50 ~ 0 cm
C. Huidige bodem zomerbed handhaven	0 cm	0 m ³ /s	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
D. Bodem zomerbed herstellen naar 10 jaar geleden	+ 4 cm	+ 13 m ³ /s	+ 1 cm	+ 4 cm	+ 13 cm	+ 17 cm
E. Bodem zomerbed herstellen naar 20 jaar geleden	+ 8 cm	+ 27 m ³ /s	+ 2 cm	+ 8 cm	+ 25 cm	+ 33 cm

Tabel 3 Veranderingen in de toestand van de rivier in de Midden-IJssel in de periode tot 2050 bij vijf principeopties voor de rivierbodempligging

Klimaatverandering heeft invloed op de effecten

Het klimaateffect is voor elke beleidsoptie gelijk (negatieve effecten op zowel hoog- als laagwater) en daardoor niet onderscheidend. De effecten van klimaatverandering op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 staat in hoofdstuk 2.2 beschreven.

De effecten van bodemontwikkelingen worden door klimaatverandering verder versterkt.

- Het actief beheren van de rivierbodem of het ophogen en terugbrengen van de rivierbodem naar een ligging uit het verleden werkt positief door op laagwaterstanden. Bodemhandhaving levert een relatieve verhoging van laagwaterstanden (dus functiewinst) op, maar in combinatie met klimaatveranderingen nemen de laagwaterstanden in absolute zin af.
- Het teniet doen van bodemontwikkeling uit het verleden levert een verhoging van de hoogwaterstanden en vraagt om compensatie van het hoogwatereffect. Klimaatverandering zorgt ook voor een verhoging van hoogwaterstanden. Het actief rivierbodembeheer i.c.m. het klimaateffect levert een aanzienlijke verhoging van de hoogwaterstanden.

4 Beleidsopties Afvoercapaciteit

Hieronder wordt inzichtelijk gemaakt welke potentiële beleidsopties te onderscheiden zijn m.b.t. de strategische beleidskeuze omtrent extra afvoercapaciteit: principeopties voor behoud en versterking van afvoercapaciteit, en met wat dat zou vragen aan te realiseren waterstandsaling.

In de QuickScan afvoercapaciteit is voor de gehele Rijn in beeld gebracht welke vraag naar extra afvoercapaciteit er is voor het zichtjaar 2050 (welke initiatieven, plannen en ontwikkelingen vragen om vergroting van afvoercapaciteit?) en welke aanbod gecreëerd kan worden (hoe kunnen we dat realiseren?). In onderstaande onderdelen zijn de belangrijkste resultaten uit de QuickScan Afvoercapaciteit gesommeerd. Nadere details zijn in de QuickScan zelf terug te lezen.

Vraag naar extra afvoercapaciteit

De vraag naar extra afvoercapaciteit is vertaald naar waterstandseffecten en komt voort uit de volgende onderdelen:

Waterveiligheid: Relevante aspecten voor het bepalen van de vraag voor afvoercapaciteit voor deze categorie zijn:

- Klimaatopgave¹: Waterstandeffect voortkomend uit verhoogde afvoeren als gevolg van klimaatverandering.
- Buitendijks versterken: Opstuwing veroorzaakt door het buitenwaarts versterken van dijktrajecten.
- Kwetsbare of waardevolle dijktrajecten: op verschillende plekken is de wens om deze specifieke plekken te ontzien van dijkverhogingen. Deze categorie is opgebouwd uit de normopgave 2015 en de klimaatopgave en bevat daarmee de volledige hoogteopgave uit het HWBP voor die trajecten.

N.b. de hoogteopgave voortvloeiend uit de normering, buiten de kwetsbare dijktrajecten, is dus niet opgenomen. Deze vormt onderdeel van het HWBP.

Natuurontwikkelingen: Betreft de vraag ter compensatie van waterstandseffecten door verruwing binnen natuurontwikkeling i.h.k.v.:

- Natura2000 (N2000)
- Natuurnetwerk Nederland (NNN)
- Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW)

N.b. KRW Kaderrichtlijn water is niet meegenomen in deze Quickscan, omdat hiervan is uitgegaan dat deze waterstandsneutraal worden gerealiseerd.

¹ Het effect van klimaatverandering op hoogwaterstanden wijkt hier af van de inschatting in paragraaf 3. Dit komt doordat bij het specificeren van de vraag naar afvoercapaciteit t.b.v. klimaatverandering alleen gekeken is naar de traject-onderdelen die nog niet op het niveau van een verkenning zijn uitgewerkt in de programmering van het hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP, d.d. oktober 2020. Voor de reeds geprogrammeerde dijkversterkingsprojecten in het HWBP is de klimaatvraag op nul gezet. Het uitgangspunt is dat het HWBP op die trajecten de dijken zodanig versterkt dat ze voldoen aan de nieuwe waterveiligheidsnormen en de toekomstige klimaatverandering op kunnen vangen. Dit is in paragraaf 3 niet nader gespecificeerd en dient in het vervolg van IRM nader uitgewerkt te worden.

Nieuw rivierbodembesluit: Betreft de vraag om het effect van mogelijk nieuw beleid voor rivierbodembesluit. Voor dit aspect is het effect op hoogwaterstanden als de rivierbodem van 20 jaar terug wordt hersteld en gehandhaafd als uitgangspunt genomen.

Gebiedsontwikkelingen: Betreft de vraag om lokale en regionale initiatieven en ontwikkelingen met een mogelijk waterstandverhogend effect te compenseren.

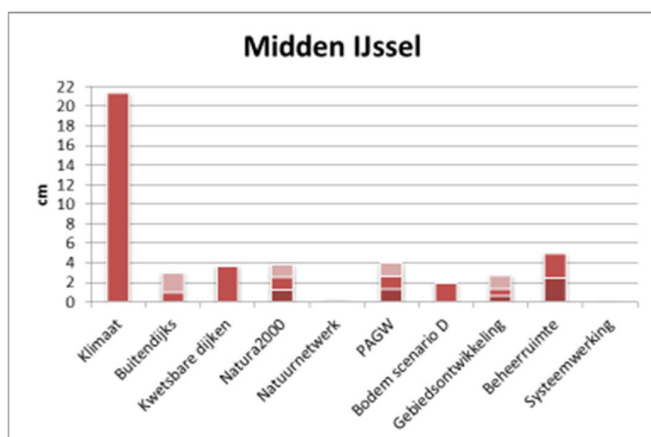
Beheerruimte: Betreft een marge of robuustheidstoelag voor de rivierbeheerder, zodat hij in geval van (tijdelijke) beperkte veranderingen in het riviersysteem en daarbij gepaarde waterstandseffecten als gevolg van natuurlijke processen (morfologische en/of vegetatie ontwikkelingen) en menselijke ingrepen niet direct hoeft in te grijpen.

Rivierkundige systeemwerking: Betreft effecten die voortkomen uit keuzes ten aanzien van de inrichting van het riviersysteem en eisen en wensen aan die inrichting vanwege effecten die in het gehele Nederlandse riviersysteem spelen. Voor de Rijn gaat het om vragen vanuit de hoogwater afvoerverdeling over de Rijntakken en de beheersing van die afvoerverdeling.

Resultaten

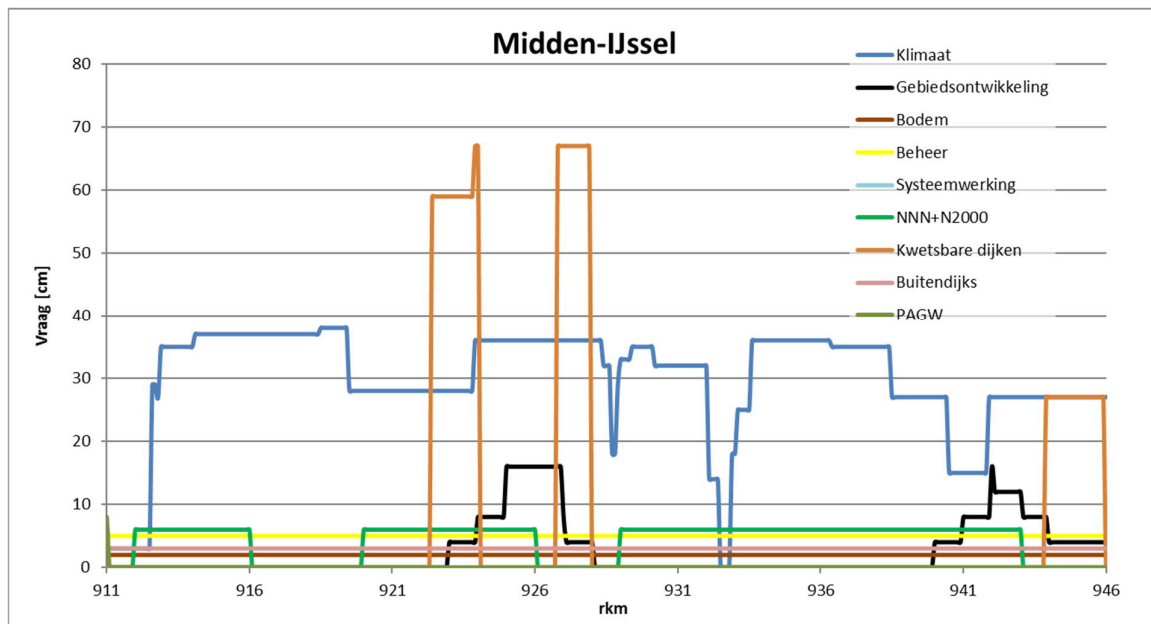
Figuur 2 geeft de trajectgemiddelde waarden per aspect. Zo kan eenvoudig worden afgelezen uit welke aspecten de belangrijkste vragen op dit traject naar voren komen. Indien beschikbaar, zijn ook de minimale en maximale vraag in beeld gebracht. De vraag naar extra afvoercapaciteit is onzeker. Daarom zijn voor een aantal aspecten door deskundigen inschattingen gedaan van de onzekerheid in de vraag, resulterend in een minimale, een gemiddelde en maximale vraag. Voor de overige aspecten is slechts 1 waarde beschikbaar.

Voor de Midden IJssel komt uit klimaat de grootste vraag voort.



Figuur 2. De afzonderlijke vragen naar waterstandsval: indicatie van de onzekerheid in de trajectgemiddelde vraag: naast een basisinschatting is door deskundigen een lagere (donker) en hogere (licht) inschatting gegeven.

Het ruimtelijk verloop van de vraag voor de verschillende categorieën is weergegeven in figuur 3. De twee grootste pieken reiken tot 67 cm en komen voort uit het ontzien van twee kwetsbare dijktrajecten. Daarnaast levert klimaat over bijna het gehele traject een vraag met een maximum tot 38 cm.



Figuur 3. Ruimtelijke variatie van de afzonderlijke vragen naar waterstandsaling

Principeopties voor omgaan met afvoercapaciteit

Potentiële opties voor beleid voor omgang met afvoercapaciteit variëren van behoud van de huidige afvoer- en bergingscapaciteit tot omvangrijke uitbreiding ervan. Bij behoud wordt extra te realiseren verruiming ingezet voor om rivierfuncties en –ontwikkelingen anders dan waterveiligheid mogelijk te maken, bij uitbreiding komt een deel van de te realiseren verruiming ten goede aan werkelijke vergroting van afvoer- en bergingscapaciteit. Hieronder worden de beleidsopties verder beschreven.

I – Behoud van afvoercapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie I wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten van programma's en ontwikkelingen in het kader van bestaand beleid en/of reeds gemaakte keuzes voor riviergebonden functies binnen IRM te compenseren. Die effecten worden op dit moment conform de Beleidslijn Grote Rivieren binnen elk project/programma afzonderlijk gecompenseerd. Hiermee wordt de huidige afvoercapaciteit behouden, waterstandsaling wordt ingezet als compensatie voor vermindering van de afvoercapaciteit. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Natuurontwikkeling vanuit Natura 2000 en Natuurnetwerk;
- Gebiedsontwikkelingen conform huidig beleid.

II - Uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie II wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten vanuit huidige beleid en vanuit programma's en ontwikkelingen binnen nog te formuleren en vast te stellen beleidsontwikkelingen binnen IRM te compenseren. Hiermee wordt waterstandsaling niet alleen ingezet als compensatie voor verlies aan afvoercapaciteit, maar wordt de afvoercapaciteit ook vergroot doordat het elementen bevat die bijdragen aan waterveiligheid en daarmee in potentie de HWBP-opgave kunnen verminderen². Dit betreft het ontzien van kwetsbare en bijzondere

² Volledige invulling van de hoogwaterveiligheidsopgave via rivierverruiming is niet in de beleidsopties opgenomen. Dit is een uitvloeisel van eerdere MKBA-analyses in LTAR-tijd.

dijktrajecten indien aanwezig in het specifieke traject, en opgaven vanuit de werking van het riviersysteem. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Buitendijks versterken vanuit HWBP;
- Natuurontwikkeling vanuit PAGW;
- Nieuw beleid voor ligging en beheer van de rivierbodem;
- Beheerruimte of robuustheidstoelage;
- Gebiedsontwikkelingen waarvoor nog geen beleid is vastgesteld;
- Opgaven vanuit de werking van het riviersysteem: de instelling en beheersing van de afvoerverdeling op de Rijntakken.

III Omvangrijke uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken en de klimaatopgave met rivierverruiming trotseren

Met principeoptie III wordt naast rivierverruiming ook ingezet op het opvangen van de klimaatopgave via een aanzienlijke uitbreiding van de afvoercapaciteit. We onderscheiden binnen deze principeoptie twee varianten:

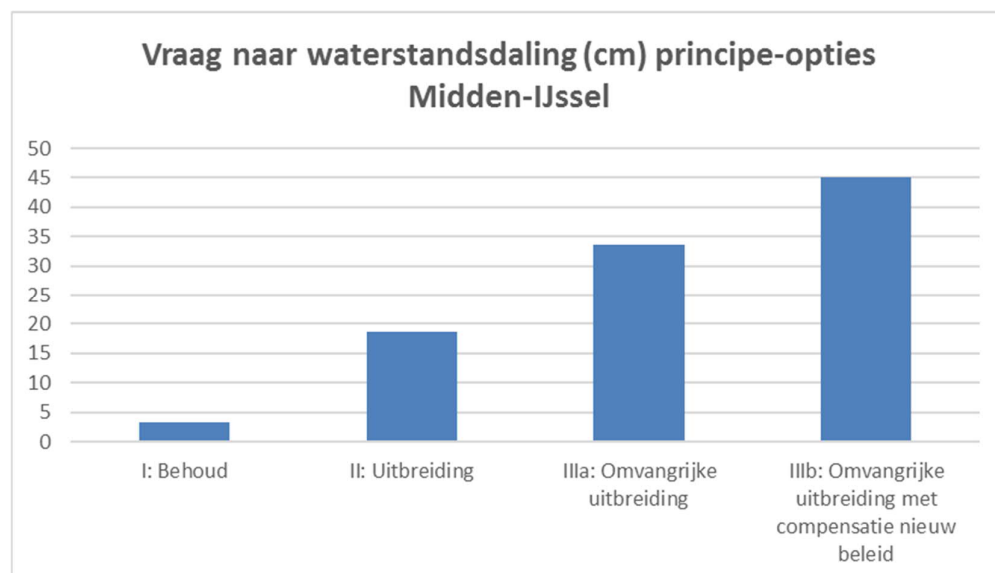
- IIIa: Opgaven vanuit bestaand beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder I)
- IIIb: Opgaven vanuit bestaand en nieuw beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder II).

Totaalbeeld principeopties Afvoercapaciteit

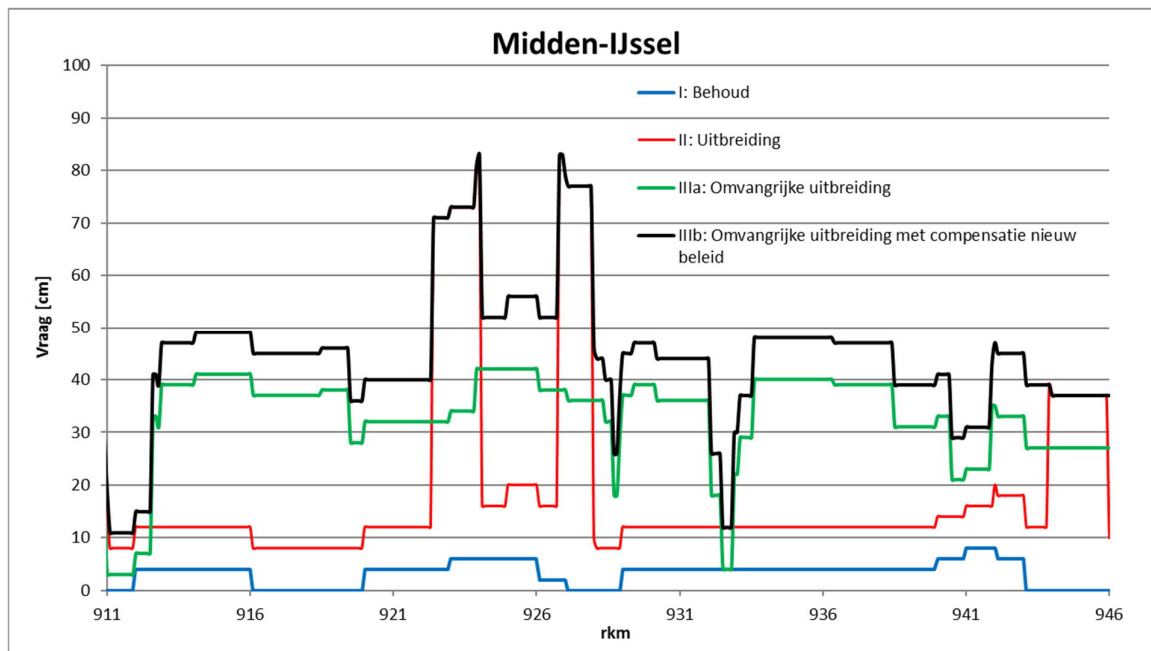
Onderstaande tabel en figuren laten zien wat de te realiseren waterstandsdingaling zou zijn binnen de verschillende principeopties, als trajectgemiddelde waarden, alsmede de ruimtelijke variatie.

Tabel 4 *Principeopties afvoercapaciteit, benodigde cm's waterstandsdingaling*

Riviertraject Midden-IJssel	Principeopties (cm)			
	I	II	IIIa	IIIb
Trajectgemiddeld	3	19	34	45
Minimum	0	11	3	11
Maximum	8	50	33	64



Figuur 4. *Benodigde cm's waterstandsdingaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit*



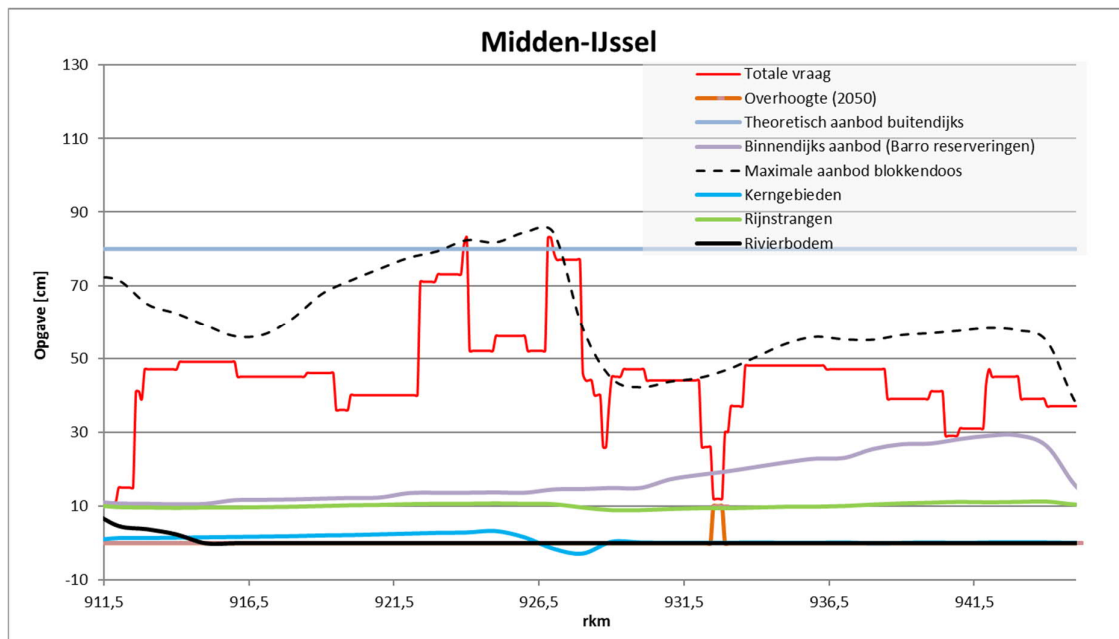
Figuur 5 Ruimtelijke variatie van de benodigde cm's waterstandsraling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit

Het aanbod van afvoercapaciteit

Er is een globaal overzicht gemaakt van het mogelijke te creëren aanbod aan extra afvoercapaciteit in het rivierensysteem. Dit is gedaan op basis van een theoretische beschouwing van principe-maatregelen en eerder uitgevoerde verkenningen in het kader van het Deltaprogramma waarin binnendijkse en buitendijkse rivierverruimende maatregelen in beeld zijn gebracht. Dit resulteert in het volgende overzicht:

1. Afvoercapaciteit in het rivierensysteem die benut kan worden door de aanwezigheid van overhoogte in de dijken;
2. Afvoercapaciteit die maximaal (theoretisch) te realiseren met buitendijkse maatregelen. Dit is ingeschat op basis van een theoretische beschouwing, uitgaande van toepassing van een effectieve buitendijkse principe-maatregel voor rivierverruiming. Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
3. Afvoercapaciteit die te realiseren is door het inzetten van maatregelen in binnendijkse gebieden met een Barro reservering;
4. Afvoercapaciteit die te realiseren is met alle maatregelen die in het kader van het Deltaprogramma in beeld zijn gebracht en opgenomen zijn in de Blokkendoos (optelsom van combinatie van alle rivierverruimende maatregelen). Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
5. Afvoercapaciteit die te realiseren is met de maatregelpakketten die in het kader van het Deltaprogramma Rivieren zijn opgesteld (bestaande uit een combinatie van buitendijkse en binnendijkse ingrepen). Voor de Rijn zijn drie maatregelpakketten samengesteld: a. pakket Rijnstrangen, b. pakket Lint, en c. pakket Kerngebieden.

Onderstaand figuur toont de afvoercapaciteit die op basis van bovenstaande rubrieken te creëren is voor het traject Midden IJssel. Daarnaast is de maximale totale vraag (principe optie IIIb) opgenomen om een eerste vergelijking te kunnen maken met de verschillende aanbod varianten.



Figuur 7. De totaalvraag naar extra afvoercapaciteit samen met het mogelijk te creëren extra aanbod aan afvoercapaciteit langs het traject.

De belangrijkste conclusies, die hieruit kunnen worden getrokken zijn:

1. Overhoogte is zeer beperkt aanwezig en kan daar lokaal een deel van de vraag opvangen;
2. Met de theoretische beschouwing is afgeleid dat middels grootschalige buitendijkse rivierverruimingsmaatregelen (bv. Oevergeulen en uiterwaardverlagingen) de gehele vraag ruimschoots kan worden opgevangen, op een beperkte restopgave van de 2 grootste pieken na;
3. De Barro reserveringen kunnen een bijdrage leveren in het opvangen van de vraag, maar aanvullende maatregelen zijn nodig;
4. Alle Blokkendoosmaatregelen tezamen in dit traject kunnen de totale vraag opvangen. Er is nadere differentiatie nodig om de maatregelen nader te duiden.
5. Maatregelpakketten in het kader van het Deltaprogramma: de pakketten Rijnstrangen en Lint creëren het meeste, maar nog ontoereikende, aanbod.

5 Combinatie van potentiële beleidsopties Rivierbodempligging en Afvoercapaciteit

De potentiële beleidsopties voor Rivierbodem en Afvoercapaciteit kunnen niet los van elkaar beschouwd worden. Dit hoofdstuk laat de onderlinge samenhang zien.

Rivierbodem --> afvoer- en bergingscapaciteit

Beleidsopties waarbij de erosie van de rivierbodem wordt stopgezet danwel de bodempligging omhoog wordt gebracht hebben invloed op de hoogwaterstanden. Binnen de huidige versterkingsopgave wordt een vaste bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt niet geanticipeerd op de bodemontwikkeling. Welke bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt, wordt bepaald per waterschap en kan verschillen per riviertraject. Een substantiële verhoging van het rivierbed kan effect hebben op de versterkingsopgave. De beleidsopties waarbij de bodem substantieel omhoog worden gebracht kunnen dus om extra afvoercapaciteit vragen. Het eroderen van de rivierbodem kan extra afvoercapaciteit creëren.

Met andere woorden, indien gekozen wordt voor rivierbodembeleid waarbij de rivierbodem 10 of 20 jaar terug wordt gebracht, wordt dit onderdeel van beleidsopties II en IIIb voor beleid t.a.v. afvoer- en bergingscapaciteit.

Afvoer- en bergingscapaciteit --> rivierbodem

De keuze voor de mate van te realiseren waterstandsdeling (m.a.w. de mate van rivierverruiming) kan ook een effect hebben op de bodem. Daar waar rivierverruiming plaatsvindt met maatregelen die zorgen voor een regelmatige afname van de afvoer door het zomerbed, verandert op lange termijn het evenwichtsprofiel van het zomerbed. Het zomerbed komt hier uiteindelijk omhoog. Hoe groter en meer rivierverruiming plaatsvindt, hoe meer dit bijdraagt aan het verminderen van bodemerosie.

Naast fysieke maatregelen is sedimentmanagement nodig om op korte termijn het gewenste bodemniveau te bereiken. Indien op korte termijn een bodempligging uit het verleden gehandhaafd gaat worden is een initiële suppletie noodzakelijk om deze verhoging op korte termijn te kunnen realiseren.

1 Ligging

Het traject Sallandse IJssel loopt van het centrum van Deventer (km 945) tot de Spooldersluis bij Zwolle (km 980,7). Het traject is ruim 35 km lang. Het traject kenmerkt zich door diverse opvolgende scherpe en minder scherpe rivierbochten. Het zomerbed wordt over grote delen van het traject begrensd door kribben. De uiterwaarden variëren in breedte.

Bij Terwolde en Hattem bevinden zich de verbindingen tussen het regionale watersysteem aan de Gelderse/Veluwse zijde van de IJssel en de IJssel. Het Sallandse/Overijsselse deel van de IJsselvallei is niet verbonden met de IJssel, maar watert via weteringen en de stadsgrachten van Zwolle af op het Zwarte Water. In Zwolle is er een verbinding voor het scheepvaartverkeer tussen de IJssel en het Zwarte Water via de Spooldersluis en het Zwolle-IJsselkanaal.

In het traject ligt de IRM-pilot dijkverlegging Paddenpol. Binnen het HWBP-project Zwolle-Olst wordt een dijkverlegging verkend, waarmee opgaven t.a.v. waterveiligheid, waterkwaliteit, natuur en recreatie gerealiseerd kunnen worden.

In figuur 1 is de ligging van het traject weergegeven.



Figuur 1 Ligging van Sallandse IJssel

2 Blik op het traject

Dit hoofdstuk bevat een beknopte beschrijving van de riviergebonden functies van dit traject. Het beschrijft de essentie van wat er speelt m.b.t. waterveiligheid, bevaarbaarheid, waterbeschikbaarheid, natuur & waterkwaliteit. Dit betreft geen uitgebreide beschrijving van de opgaven. Een uitgebreid beeld op de rivieren met de opgave volgt in het Beeld op de Rivieren dat in het kader van IRM wordt ontwikkeld.

Na de essentie van wat er speelt, volgt een beschrijving van de bodemontwikkelingen en de veranderingen in klimaat, de invloed hiervan op de toestand van de rivier (rivierbodemplugging, hoog- & laagwaterstanden), en de doorwerking op de riviergebonden functies.

2.1 Wat speelt er met betrekking tot de riviergebonden functies?

Hoogwaterveiligheid

Uiterwaarden dragen bij aan waterveiligheid door waterafvoer te faciliteren, dijken beschermen dit gebied tegen overstromingen. Door een aantal maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier, Stroomlijn, KRW en NURG is de afvoercapaciteit vergroot. Belangrijke rivierverruimende maatregelen die in het kader van het programma Ruimte voor de Rivier zijn uitgevoerd zijn de aanleg van de hoogwatergeul bij Veessen en Wapenveld, en de herinrichtingen van de Keizers- en Stobbenwaarden bij Deventer, Olsterwaarden bij Olst en de Scheller en Oldeneler Buitenwaarden bij Zwolle.

De primaire waterkeringen in dit traject voldoen niet aan de geldende norm voor waterveiligheid en zullen versterkt moeten worden. De maximaal toelaatbare overstromingskans van de dijken aan de westzijde is 1/1.000^{ste} per jaar. Aan de oostzijde is de overstromingskans in de omgeving van Deventer 1/1.000^{ste} per jaar en verder van Diepenveen (km 950) naar het noorden tot aan Zwolle 1/3.000^{ste} per jaar. De hieruit volgende opgaven zijn minder omvangrijk dan langs de andere Rijntakken. Om aan de normen te voldoen zijn vooral dijkversterkingen en in mindere mate ook dijkverhogingen voorzien. Verwacht wordt dat een deel van de dijkversterking buitenwaarts zal gebeuren (in de richting van de uiterwaarden). De verbetering van de dijken aan de oostzijde van de IJssel tussen Zwolle en Olst opgenomen in de HWBP programmering. Het traject tussen Diepenveen en Olst is voor de periode 2028-2035 opgenomen in de HWBP programmering. De versterking tussen Deventer naar Diepenveen is voor de 3^e periode (2035-2050) van het HWBP gepland. Aan de westzijde wordt de IJsseldijk bij het Apeldoorns Kanaal te Hattem momenteel versterkt. De overige dijktrajecten volgen na 2030. De dijkversterkingen bij Deventer en Hattem zijn vanwege landschappelijke inpassing en/of cultuurhistorische waarden aangemerkt als complex en moeilijk inpasbaar.

Naar verwachting zal IenW in 2021 een besluit nemen m.b.t. de herijking van het beleidsuitgangspunt afvoerverdeling Rijntakken bij hoogwater. De herijking gaat over de vraag hoe de in beleid vastgelegde afvoerverdeling bij hoogwater in praktijk vorm krijgt. Hierbij is het uitgangspunt de beleidsafpraak dat de Lek boven een Rijnafvoer van 16.000 m³/s bij Lobith wordt ontzien. Onderdeel van het realiseren van de beleidsmatig afgesproken afvoerverdeling is de instelling van de regelwerken op de splitsingspunten. Afhankelijk van de gekozen afvoerverdeling en bijbehorende instelling van de regelwerken kan dit een verhoging of verlaging van de hoogwaterstanden langs de Waal betekenen (t.o.v. de hydraulische belasting in het

OntwerpInstrumentarium van het HWBP). Bij instelling van de regelwerken op een Rijnafvoer van 18.000 m³/s nemen de hoogwaterstanden langs de IJssel bij een Rijn-afvoer 16.000 m³/s met ongeveer 6 cm af. Dit is vergeleken met de waterstanden op de Waal bij een afvoer van 16.000 m³/s en de instelling van de regelwerken op 16.000 m³/s (de huidige situatie).

Binnen IRM wordt voornamelijk de huidige beleidsmatige hoogwater afvoerverdeling met bij behorende instellingen van de regelwerken als uitgangspunt gehanteerd.

Op een aantal locaties wordt de Sallandse IJssel ingesnoerd. Dit zijn lokale hydraulische knelpunten in het systeem die ook wel lokale flessenhalzen worden genoemd. Het gaat o.a. om de locatie ter plaatse van km 980 (bij de stad Zwolle). Behoud van ruimte is bij de ruimtelijke inrichting en ontwikkeling van het riviersysteem een blijvend aandachtspunt. Aan de westzijde van Deventer heeft het binnendijkse gebied een ruimtelijke reservering (Barro) t.b.v. hoogwaterbescherming.

Binnen het kader van de dijkversterking Zwolle-Olst vindt er een verkenning plaats naar de mogelijkheden voor een dijkverlegging bij Paddenpol/Herxen (km 968). De verkenning is een IRM-pilot.

Het doorgroeien en uitbreiden van begroeiing in het rivierbed kan leiden tot te hoge hoogwaterstanden. De Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwing van begroeiing) is toegestaan. De Vegetatielegger is onderdeel van de Legger Rijkswaterstaatswerken. De Waterwet regelt de leggerplicht van alle waterstaatswerken. In de vorm van overzichtskaarten en regels zijn normen gespecificeerd voor vegetatie in het rivierbed ten behoeve van hoogwaterveiligheid en waterkwaliteit.

Bevaarbaarheid

De IJssel is over de gehele lengte te ondiep en te smal voor de beoogde klasse Va-scheepvaart en daardoor moeilijk bevaarbaar. De benedenloop van de IJssel – vanaf de Twentekanalen bij Zutphen richting de IJsseldelta – is minder intensief bevaren dan de bovenloop. Door het verschil in verhang tussen de boven- en benedenloop van de IJssel hebben bij extreem laagwater de Beneden-IJssel en Sallandse IJssel meer diepgang dan de bovenloop van de IJssel. Bij extreem laagwater wordt de benedenloop van de IJssel gebruikt als omvaarroute van de Twentekanalen naar Rotterdam via Kampen en Amsterdam.

Dieptebeperkingen resulteren in een lagere beladingsgraad op deze trajecten, een toename van brandstofkosten als gevolg van verminderde kielspeling (en meer weerstand), en daarmee een toename van de transportkosten.

Bij meerdere bruggen is de doorvaarthoogte onvoldoende. Dit speelt o.a. bij de bruggen bij Deventer en Zwolle. Naar verwachting wordt het tekort aan doorvaarthoogte pas aangepakt als deze vervangen of gerenoveerd gaan worden. Dit is geen opgave in het kader van het programma Integraal Riviermanagement.

De bereikbaarheid van de haven van Deventer is bij laag water problematisch. De sluis die toegang geeft tot de haven is niet berekend op de grote waterstandsverschillen die optreden bij droogte. Bovendien is de sluis te klein (klasse IV) voor de ambitie van de gemeente Deventer om een klasse

Va-terminal in de haven te exploiteren. Voor de realisatie van die ambitie ontbreken bovendien voldoende wachtplaatsen nabij de sluis.

Op het traject tussen Zutphen en Zwolle ontbreken overnachtingsvoorzieningen voor schepen; Deventer lijkt een logische locatie, met name de oude dwarshavens aan de IJsselzijde nabij de sluis, evt. te combineren met de benodigde extra wachtplaatsen voor de sluis.

Natuur en waterkwaliteit

In het kader van diverse programma's (Ruimte voor de Rivier, Stroomlijn, KRW) is met de aanleg van nevengeulen tussen Deventer en Zwolle de afgelopen jaren gewerkt aan de verbetering van de natuurwaarden op het traject. Op het gebied van natuur is er een reeks aan opgaven:

behoudsopgaven van reeds bestaande natuur en opgaven volgend uit bestaand en nieuw, nog te ontwikkelen beleid. Er zijn vanuit nationale en regionale natuurbeheerplannen (NNN) en Europees beleid (Natura 2000) (beide bestaand beleid) ontwikkelopgaven voor boskernen en andere habitats. In de Sallandse IJssel vinden diverse verkenningen plaats naar natuurherstel- en ontwikkeling van de waarden. Ook is er een waterkwaliteitsopgave vanuit de KRW (macrofauna, vis en waterplanten). Er wordt gedacht aan maatregelen zoals aanleg geulen en strangen, natuurvriendelijke oevers en uiterwaardherinrichting om deze opgaven op te lossen.

Aanvullend op het bestaand beleid, wordt ook nieuw natuurbeleid uitgewerkt. Het traject kent een ontwikkelopgave in het kader van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW).

Deze ontwikkelopgave maakt integraal deel uit van de opgave IRM. De PAGW werkt aan plannen voor een robuust riviersysteem passend bij de abiotische uitgangssituatie (gegeven klimaatverandering, economische ontwikkelingen en ecologische knelpunten). Bij toekomstige natuurontwikkeling in het riviereengebied zal in het bijzonder gekeken worden naar de ontwikkeling van een viertal hotspots en naar het verbinden van deze grote natuurgebieden langs de rivier via de corridors. In de corridor tussen de hotspots liggen afwisselend grote en kleine stapstenen met geschikt leefgebied voor de gidssoorten. Er komt focus te liggen op het verbinden van natuurdoelen van de diverse programma's (één natuurdoelstelling in rivierbed). De Sallandse IJssel wordt gezien als een belangrijke verbindingzone om hotspots van de Programmatische Aanpak Grote Wateren – Gelderse poort en IJssel-Vechtdelta – met elkaar te verbinden.

De afname van de afvoer over de IJssel en de daarmee gepaard gaande daling van laagwaterstanden en grondwaterstanden, zorgt ook voor een geleidelijke verdroging van de uiterwaarden en binnendijkse gronden.

Het beheer van natuur langs de Sallandse IJssel bestaat uit het beheer van de begroeiing in het rivierbed en het sedimentbeheer in zowel uiterwaarden als in natuurvriendelijke oevertrajecten. Hierbij wordt zo veel mogelijk ruimte gegeven aan natuurlijke processen en het verkrijgen van leefgebieden voor bij het riviersysteem passende planten en dieren. Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwung van begroeiing) is toegestaan. Het is voor de natuur relevant dat daarbij in voldoende ontwikkelbeheerruimte wordt voorzien, waarmee de natuur ruimte krijgt om zich op natuurlijke wijze te ontwikkelen.

Naast de relatie met hoogwaterveiligheid hebben ook scheepvaart en natuur onderlinge relatie. Scheepvaart vervult een belangrijke rol op dit traject en heeft middels schroefwerking en golfslag direct effect op natuur.

Zoetwaterbeschikbaarheid

Voor zoetwaterbeschikbaarheid is de watervoorziening van het IJsselmeer – de belangrijkste zoetwaterbuffer in het landelijk hoofdwatersysteem – van groot belang. De afgelopen decennia is de verdeling van water vanuit de Bovenrijn over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig eroderen van de rivierbodem in de Rijntakken geleidelijk veranderd. Het zomerbed in de Boven-Waal erodeert sneller dan de bodem in de andere riviertakken in het bovenstrooms deel van de Rijntakken. Hierdoor trekt de Waal steeds meer afvoer, ten koste van de afvoer van water naar de IJssel. De stuurbaarheid van rivierwater over de splitsingspunten en de toevoer van water richting strategische zoetwatervoorraden (o.a. het IJsselmeer als belangrijke buffer) is daarom aandachtspunt binnen DP Zoetwater.

2.2 Bodemontwikkeling en klimaatverandering en hun effect op de rivier

Een aantal omgevingsveranderingen beïnvloedt de toestand van de rivier. Het betreft de grootschalige rivierbodemontwikkeling en klimaatverandering. De veranderingen beïnvloeden de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier en hebben daardoor ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Bodemontwikkeling en het effect op de rivier

De Sallandse IJssel ligt in het bovenstroomse deel van de Rijn in Nederland waar insnijding plaatsvindt. Waarnemingen laten zien dat de rivierbodem in dit traject in de afgelopen tientallen jaren grootschalig erosie is afgenomen tot een snelheid van gemiddeld 0,3 cm per jaar. De eroderende trend is minder sterk dan op de meer bovenstroomse delen van de IJssel. Bij Zwolle is de bodemligging al tientallen jaren redelijk stabiel.

Een belangrijke oorzaak van de in het verleden opgetreden grootschalige bodemveranderingen is de normalisatie in de vorige eeuw waardoor de rivier een smallere en rechttere loop heeft gekregen (korter is geworden). De normalisatie bestaat uit een combinatie van maatregelen: aanleg van kribben en zomerkaedes, verdieping van de vaargeul, bochtafsnijdingen, kanalisatie of aanleg van parallelle scheepvaartkanalen, aanleg van stuwen en regulering van de afvoerverdeling (bij hoog en laagwateromstandigheden). De ingrepen resulteerden in steeds smallere, diepere rivieren, die bovendien hun loop niet meer konden verleggen. Daarnaast is door de aanleg van (stuw)dammen in combinatie met sedimentmanagement gericht op de stabilisatie van de rivierbodem in het bovenstroomse - niet Nederlandse deel - van het stroomgebied van de Rijn, de omvang en de samenstelling van het binnenkomend sedimenttransport sterk veranderd.

Door de maatregelen is de ruimte voor de Nederlandse rivieren in de afgelopen eeuw fors afgenomen en is de natuurlijke sedimentbalans verstoord. De programma's Ruimte voor de Rivier, NURG en KRW volg(d)en een andere koers. In plaats van afname van ruimte, hebben de rivieren door die programma's weer wat meer vrijheid te gekregen. Dit heeft geresulteerd in (iets) meer ruimte en een andere inrichting van verschillende delen van het zomer- en winterbed. De extra ruimte die met de recente programma's is gecreëerd, staat echter niet in verhouding tot de afname van ruimte door de bedijking en de normalisatie.

De bedijking en de normalisatie- en reguleringswerken uit de 19^e en 20^{ste} eeuw hebben (soms onbedoeld) effect op de fysica van het riviersysteem, die tot tientallen jaren en zelfs langer na de ingreep kunnen doorwerken.

Ten eerste is door de maatregelen het overstromingsgebied voor de rivieren sterk afgenomen. Hierdoor is de komberging sterk afgenomen. Hogere afvoeren als gevolg van klimaatverandering leiden daardoor tot hogere waterstanden dan daarvoor. De top van hoogwatergolven wordt door het verlies aan ruimte ook veel minder afgevlakt. Daardoor verplaatst de afvoergolf zich sneller door de rivier.

Daarnaast is de energie van het afstromende water – en daardoor het sedimenttransporterend vermogen - door de ingrepen in de rivier in de 19^e en 20^{ste} eeuw toegenomen. Het verhang van de bedding van de rivier is feitelijk te steil in relatie tot de water- en sedimentbeweging van de rivier. De rivier zal zich aanpassen naar een flauwer verhang, waardoor het transporterende vermogen weer afneemt en de rivier weer in balans komt. De rivier kan dat flauwere verhang alleen maar krijgen door zich bovenstrooms in te snijden en benedenstrooms aan te zanden. De rivierbodem groeit zo langzaam toe naar een flauwere helling. De afname van de hoeveelheid sediment die Nederland binnenkomt en de verandering in sedimentsamenstelling, beïnvloedt de uitschuring van het zomerbed.

Volgens een verkenning van Rijkswaterstaat hebben de ingrepen een daling van het zomerbed op gang gebracht waardoor het verhang uiteindelijk 20% minder wordt. Normaal gesproken is dit een aanpassing die eeuwen duurt. Op delen van de Rijntakken gaat het een stuk sneller doordat de mens met het actief onttrekken van bodemmateriaal het systeem een handje geholpen heeft. De normalisatie- en reguleringswerken hebben samen met de veranderingen van de omvang en de samenstelling van het inkomend sedimenttransport én het actief onttrekken van grote hoeveelheden zand en grind geleid tot erosie van de rivierbodem die lokaal oploopt tot enkele meters in de afgelopen eeuw.

De erosie van het zomerbed heeft naast de bovengeschetste redenen voor de IJssel nog een reden. Door de verlaging van de bodemligging in de Bovenrijn zijn de laagwaterstanden op de Bovenrijn lager komen te liggen. Dit heeft effect gehad op de stuwwerking in de Nederrijn en Lek. De stuw bij Driel treedt namelijk in werking op basis van de overschrijding van een waterstand bij Lobith. Door bodemerosie op de Bovenrijn wordt de waterstand, waarbij de stuw geactiveerd wordt, vaker overschreden en treedt de stuw vaker en langduriger in werking. Dit betekent dat er relatief meer afvoer naar de IJssel wordt gestuurd. Dit heeft een versterkend effect op de bodemerosie van de IJssel.

Verwacht wordt dat de na-ijleffecten van de normalisatie in het riviersysteem en rivierregulering nog decennia lang merkbaar zijn. Deskundigen verwachten dat de bodemerosie van de rivierbodem in het traject van de Sallandse IJssel met ongeveer 0,3 cm per jaar doorgaat.

Onderstaande tabel geeft de invloed van doorgaande bodemerosie (zonder actief ingrijpen) op de toestand van de rivier in 2050:

	Rivierbodem ligging	Laagwater afvoer	Hoogwater stand	Laagwater stand
Niet actief ingrijpen tot 2050	- 9 cm	- 40 m ³ /s	- 2 cm	- 34 cm

Tabel 1 Effect op toestand van de rivier in 2050 zonder nieuw bodembeleid

Rivierbodempligging	De bodem van het zomerbed van de Sallandse IJssel ligt in 2050 9 cm lager. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van - 0,3 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.
Laagwaterafvoer	De afvoerverdeling onder normale omstandigheden en bij laagwater wijzigt geleidelijk. Doordat de Waalbodern sneller zakt dan de rivierbodem op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m ³ /s) met 40 m ³ /s is toegenomen. Voor de IJssel is de laagwaterafvoer met 40 m ³ /s afgenomen.
Hoogwaterstand	Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzigt de afvoer over de takken niet. De hoogwaterstanden zakken met de rivierbodem mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Sallandse IJssel resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 25%. Een daling van het zomerbed met 9 cm betekent hierdoor een daling van hoogwaterstanden met 2 cm.
Laagwaterstand	De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodem en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. De laagwaterstanden zakken 1-op-1 met de rivierbodem mee, al het water staat immers in het zomerbed. De laagwaterstanden dalen hierdoor dus met 9 cm. Door geleidelijke verandering van de rivierafvoer over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig zakken van het zomerbed, neemt de laagwaterafvoer op de IJssel met 40 m ³ /s af. Met behulp van de betrekkinglijn is bepaald dat de laagwaterstanden als gevolg van de afname van de laagwaterafvoer op de Sallandse IJssel afnemen met 25 cm. Dit is een indirecte verandering als gevolg van bodemontwikkelingen. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 34 cm af.

De veranderingen in de bodempligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier hebben ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied. Op dit moment zijn de effecten van bodemerosie nog vrij beperkt. Met name de gevolgen van geleidelijke verandering van de rivierafvoer over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig zakken van het zomerbed en de effecten op de zoetwatertoevoer naar het IJsselmeer als belangrijke zoetwater-buffer worden meer en meer zichtbaar.

Mogelijke effecten in de toekomst als gevolg van een verdere verlaging van de rivierbodem zijn:

- Een verlaging van de bodemligging kan zorgen voor een afname van de afdeklaag boven kabels en leiding en erosieve fijne lagen in het rivierbed, en kan een risico vormen voor de stabiliteit en standzekerheid van waterkeringen, oevers & kunstwerken. In het traject ligt een aantal kabels en leidingen: bij km 45,5, km 949, km 957,5, km 974 en km 978 (leidingen voor gas en brandstof). Een analyse naar de dekkingsgraad boven erosieve lagen laat zien dat op het traject van de Sallandse IJssel slechts op een beperkt aantal locaties fijn erosief materiaal lokaal dicht aan het oppervlakte van het zomerbed ligt. Een verdere verlaging heeft tot gevolg dat kabels en leidingen in het gebied dichter aan de oppervlakte komen te liggen. Dit kan brede veiligheidsconsequenties hebben.
- Een verlaging van de bodemligging verlaagt de hoogwaterstanden en heeft hierdoor een positief effect op waterveiligheid. Behalve op plekken waar de keringen direct tegen het zomerbed aan liggen (zoals bij schaar dijken en stedelijke fronten). Daar kan bodemdaling een gevaar vormen voor stabiliteit van de keringen.
- Een verlaging van de bodemligging verlaagt de laagwaterstanden (direct en indirect via een herverdeling van de laagwater-Rijnafvoer ($1.020 \text{ m}^3/\text{s}$) over de splitsingspunten). Dit heeft een negatieve invloed op:
 - o bevaarbaarheid: er ontstaan verminderde vaardiepten doordat er drempels ontstaan doordat het rivierbed niet overal zakt. Zo zakt de rivierbodem niet ter plaatste van de kabels & leidingen-straten die onder de rivierbodem liggen. Ter plaatse van deze kabels & leidingen mag niet gebaggerd worden, waardoor daar drempels ontstaan in het riviersysteem die tot ondieptes vormen voor de scheepvaart. Ook de aansluiting met havens, zoals bij Deventer, wordt slechter.
 - o natuur & waterkwaliteit omdat uiterwaarden en weerden minder vaak en minder langdurende in stromen en de grondwaterpeil zakt, waardoor de natuur verdroogt.
 - o Een verlaging van de bodemligging en daarmee veranderingen in waterstanden, grondwaterpijlen en kwelstromen, heeft ook invloed op het binnendijkse gebied. Afhankelijk van de hydrologische omstandigheden van de omgeving en het specifieke landgebruik (landbouw, natuur, stedelijk gebied) kan dit gevolgen hebben voor verdroging of vernatting. Er kunnen zich bijvoorbeeld risico's voordoen voor stabiliteit van binnendijkse bebouwing en voor minder of juist meer waterbeschikbaarheid (bij infiltrerende situatie) voor de land, tuin- en fruitbouw en natuur met zich mee.
- Het ongelijkmatig zakken van de rivierbodem in de Rijntakken zorgt voor een geleidelijke verandering van de verdeling van water over de splitsingspunten bij een lage Rijnafvoer ($1.020 \text{ m}^3/\text{s}$). Het zomerbed in de Boven-Waal erodeert sneller dan de bodem in de andere riviertakken in het bovenstrooms deel van de Rijntakken. Hierdoor trekt de Waal steeds meer afvoer, ten koste van de afvoer van water naar het Pannerdensche Kanaal en de IJssel. Dit is een vicieuze cirkel. De stuurbaarheid van rivierwater over de splitsingspunten tijdens laagwater en de toevoer van water richting strategische zoetwatervoorraden (o.a. het IJsselmeer als belangrijke buffer) is daarom steeds belangrijker aandachtspunt.

Klimaatverandering en effect op de toestand van de rivier

De effecten van klimaatverandering zijn veelzijdig. Klimaatverandering heeft onder andere effect op de hoge en lage rivierafvoeren. Verwacht wordt dat extreme lage en hoge rivierafvoeren vaker voorkomen en langduriger aanhouden. Op basis van de meest extreme klimaatscenario's van het KNMI zijn de effecten op hoog- en laagwaterstanden voor de Sallandse IJssel in beeld gebracht. Voor laagwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het droge KNMI'14 scenario - Wh-dry. Voor hoogwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het KNMI'06 - W+. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de waterstandeffecten tot 2050.

	waterstand in 2050 door klimaatverandering
Effect op laagwaterstanden	- 40 cm
Effect op hoogwaterstanden	+ 7 cm

Tabel 2 Effect op waterstanden in 2050 door klimaatverandering

3 Beleidsopties rivierbodembodem Rijn

Hieronder volgt een overzicht van potentiële beleidsopties en de implicaties voor de Sallandse IJssel. De potentiële beleidsopties zijn generiek voor alle riviertrajecten en gaan in op het herstel van de sedimenthuishouding en beheer van de rivierbodempligging. Een uitgebreide probleemanalyse in de PlanMER moet meer inzicht geven in de effecten van veranderingen in het systeem met en zonder ingrijpen, inclusief de revenuen van actief ingrijpen.

Het effect van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 is kort beschreven en in context geplaatst met de effecten van klimaatverandering. Tabel 3 toont de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050: bodempligging, hoog- en laagwaterstanden.

Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bodemtrend zet zich in de situatie zonder ingrijpen voort met een erosie van gemiddeld 0,3 cm per jaar
- De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodembodem mee. Op basis van een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Sallandse IJssel resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 25%.
- De laagwaterstanden veranderen 1-op-1 met de rivierbodembodem mee, al het water staat dan immers in het zomerbed.
- De verdeling van de laagwaterafvoer verandert geleidelijk door het ongelijkmatig zakken van de rivierbodembodem in de Rijntakken. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de IJssel-afvoer bij een karakteristieke laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is afgenomen. Met deze geleidelijke verandering uit het verleden is rekening gedaan in de beleidsopties. Dat wil zeggen dat ervan wordt uitgegaan dat de verandering in laagwaterverdeling in de beleidsoptie waarin niet wordt ingegrepen wordt zich doorzet, en dat in de beleidsopties waarin de rivierbodembodem hersteld wordt naar een toestand uit het verleden, de opgetreden verandering in afvoerdeling bij laagwater teniet wordt gedaan.
- Bij de effecten per beleidsoptie gaan ervan uit dat de bovenstrooms en benedenstrooms gelegen trajecten dezelfde beleidsoptie van toepassing is.

Potentiële beleidsopties

A – Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk

In de basisreferentie wordt huidig beleid en beheer gecontinueerd en op de Sallandse IJssel niet actief ingrijpen op de sedimenthuishouding en de rivierbodembodemontwikkelingen.

- Bodemtrend zet zich voort met een erosie van gemiddeld 0,3 cm per jaar.
- Huidig sedimentbeheer t.a.v. baggeren en terugstorten wordt voortgezet.
- Geen beleid t.a.v. bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport of het beperken of stoppen van grootschalige bodemerosie.
- Beheer en onderhoud verandert niet en blijft gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid.

In hoofdstuk 2 staat beschreven welke invloed dit heeft op de bodempligging, hoogwaterstand en laagwaterstand in 2050.

B - Herstel sedimenthuishouding ter ondersteuning van rivierbodempligging

Deze beleidsoptie richt zich op het herstel van de sedimenthuishouding. Dit kan door netto sedimentonttrekking uit het zomerbed niet meer toe te staan en het bevorderen van het (doorgaand) sedimenttransport. Er wordt geen sediment toegevoegd en niet actief gestuurd op een

specifieke rivierbodempligging. De beleidsoptie draagt bij aan herstel van de sedimenthuishouding en zal zorgen voor een afname van de bodemtrend. Het is niet duidelijk in welke mate de trend afneemt.

- De bodemtrend zal naar verwachting kleiner zijn dan een erosie van 0,3 cm per jaar. Het is niet bekend in welke mate. Niet gericht op het nastreven van een specifieke rivierbodempligging.
- Dit kan gerealiseerd worden door behoud van sediment in het zomerbed, herstel van verstoringen in sedimentbalans en bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Sallandse IJssel ligt in 2050 tussen 0 en 9 cm lager. Deze verandering is gelijk aan de jaarlijkse bodemverandering van maximaal -0,3 cm vermenigvuldigd met de periode van 30 jaar tot 2050.
- Laagwaterafvoer De afvoerverdeling onder normale omstandigheden en bij laagwater wijzigt geleidelijk. Doordat de Waalbodempligging sneller is gezakt dan de rivierbodempligging op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s (ten koste van de IJssel) is toegenomen. Als de bodemtrends op alle Rijntrajecten door herstel van sedimenthuishouding afnemen, zal ook de afvoerverdeling in de toekomst minder wijzigen. In welke mate dat gebeurt, is niet duidelijk. Aanname is dat de laagwaterafvoer van de IJssel in de periode tot 2050 tussen de 0 en 40 m³/s zal afnemen.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert. De hoogwaterstanden zakken met de rivierbodempligging mee. Op basis een vuistregel is aangenomen dat een verandering in de ligging van het zomerbed van de Sallandse IJssel resulteert in een verandering van de hoogwaterstand met 25%. Een daling van het zomerbed tussen 0 - 9 cm betekent hierdoor een daling van hoogwaterstanden tussen 0 - 2 cm.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodempligging en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verlaagde rivierbodempligging neemt de laagwaterstand tussen 0 tot 12 cm af. Op basis van de betrekkinglijn is bepaald dat laagwaterstanden als gevolg van de veranderende afvoer bij de Sallandse IJssel tussen 0 - 25 cm afnemen. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal tussen 0 en 34 cm af.

C – Huidige bodem zomerbed handhaven

D Deze optie is gericht op het stoppen van de grootschalige bodemerosie en het handhaven van de rivierbodempligging op het huidige niveau.

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar en het zomerbed wordt op het niveau van 2020 gehouden.

- Dit kan gerealiseerd worden door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De rivierbodempligging verandert niet, en blijft gelijk aan de bodempligging van 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer verandert niet.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen niet.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet.

D - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 10 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerrosie, het terugbrengen van de rivierbodempligging in het zomerbed naar de situatie van 10 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 10 jaargeleden past bij de uitgangspunten in het programma KRW (ecologische toestand van 2009 mag niet verslechteren) en WBI/OI-2017 programma (hydraulische ontwerpbelasting op dijken is gebaseerd op de bodem van 2013).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Sallandse IJssel daalt jaarlijks met 0,3 cm. Met deze trend had de bodem van de Sallandse IJssel 10 jaar geleden 3 cm hoger gelegen. De rivierbodempligging komt met deze optie 3 cm hoger te liggen dan in 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer neemt toe met 13 m³/s. Doordat de Waalbodempligging sneller zakt dan de rivierbodempligging op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de IJssel-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is afgenomen. Door het terugbrengen van de bodem naar 10 jaar geleden, wordt waterverdeling bij laagwaterafvoer deels hersteld (1/3 deel). Dit maakt dat, ten opzichte van 2020, de laagwaterafvoer met 13 m³/s toeneemt.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzig de afvoer over de takken niet. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodempligging mee. Een verhoging van het zomerbed met 3 cm betekent hier een verhoging van hoogwaterstanden met 1 cm.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodempligging en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verhoogde rivierbodempligging neemt de laagwaterstand met 3 cm toe. Met behulp van

de betrekkinglijn is bepaald dat de laagwaterstanden als gevolg van de toename van de laagwaterafvoer op de Sallandse IJssel toenemen met 8 cm. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 11 cm toe.

E - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 20 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerrosie, het terugbrengen van de rivierbodem in het zomerbed naar de situatie van 20 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodemligging. De bodemligging van 20 jaar geleden past bij de uitgangssituatie van het programma Ruimte voor de Rivier (herinrichtingen zijn ontworpen op bodemligging van 1997) en sluit aan bij de bodemligging die Duitsland wil handhaven (bodemligging van 2000).

- De erosieve bodemtrend wordt teruggebracht naar 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door ingrepen door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- **Rivierbodemligging** De bodem van het zomerbed van de Sallandse IJssel daalt jaarlijks met 0,3 cm. Met deze trend had de bodem van de Sallandse IJssel 20 jaar geleden 6 cm hoger gelegen. De rivierbodem komt met deze optie 6 cm hoger te liggen dan in 2020.
- **Laagwaterafvoer** De laagwaterafvoer neemt toe met 27 m³/s. Doordat de Waalbodern sneller zakt dan de rivierbodem op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de IJssel-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is afgenomen. Door het terugbrengen van de bodem naar 20 jaar geleden, wordt waterverdeling bij laagwaterafvoer deels hersteld (2/3 deel). Dit maakt dat, ten opzichte van 2020, de laagwaterafvoer met 27 m³/s toeneemt
- **Hoogwaterstand** Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzig de afvoer over de takken niet. De hoogwaterstanden veranderen met de rivierbodem mee. Een verhoging van het zomerbed met 6 cm betekent hier een verhoging van hoogwaterstanden met 2 cm.
- **Laagwaterstand** De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodem en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door de verhoogde rivierbodemligging neemt de laagwaterstand met 6 cm toe. Met behulp van de betrekkinglijn is bepaald dat de laagwaterstanden als gevolg van de toename van de laagwaterafvoer op de Sallandse IJssel toenemen met 17 cm. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 23 cm toe.

Samenvatting van de effecten op de toestand van de rivier per beleidsoptie

Tabel 3 geeft een samenvatting van de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050.

	Rivierbodem- ligging	Laagwater- afvoer	Hoogwater- stand	Laagwaterstanden		
				Rivier- bodem	Laagwater- afvoer	TOTAAL
A. Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk	- 9 cm	- 40 m ³ /s	- 2 cm	- 9 cm	- 25 cm	- 34 cm
B. Herstel Sedimenthuis-houding	- 9 ~ 0 cm	- 40 ~ 0 m ³ /s	- 2 ~ 0 cm	- 9 ~ 0 cm	- 25 ~ 0 cm	- 34 ~ 0 cm
C. Huidige bodem zomerbed handhaven	0 cm	0 m ³ /s	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
D. Bodem zomerbed herstellen naar 10 jaar geleden	+ 3 cm	+ 13 m ³ /s	+ 1 cm	+ 3 cm	+ 8 cm	+ 11 cm
E. Bodem zomerbed herstellen naar 20 jaar geleden	+ 6 cm	+ 27 m ³ /s	+ 2 cm	+ 6 cm	+ 17 cm	+ 23 cm

Tabel 3 Veranderingen in de toestand van de rivier in de Sallandse IJssel in de periode tot 2050 bij vijf principeopties voor de rivierbodempligging

Klimaatverandering heeft invloed op de effecten

Het klimaateffect is voor elke beleidsoptie gelijk (negatieve effecten op zowel hoog- als laagwater) en daardoor niet onderscheidend. De effecten van klimaatverandering op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 staat in hoofdstuk 2.2 beschreven.

De effecten van bodemontwikkelingen worden door klimaatverandering verder versterkt.

- Het teniet doen van bodemontwikkeling uit het verleden levert een verhoging van de hoogwaterstanden en vraagt om compensatie van het hoogwatereffect. Klimaatverandering zorgt ook voor een verhoging van hoogwaterstanden. Het actief rivierbodembeheer i.c.m. het klimaateffect levert een aanzienlijke verhoging van de hoogwaterstanden.
- Het actief beheren van de rivierbodem of het ophogen en terugbrengen van de rivierbodem naar een ligging uit het verleden werkt positief door op laagwaterstanden. Bodemhandhaving levert een relatieve verhoging van laagwaterstanden (dus functiewinst) op, maar in combinatie met klimaatveranderingen nemen de laagwaterstanden in absolute zin af.

4 Beleidsopties Afvoercapaciteit

Hieronder wordt inzichtelijk gemaakt welke potentiële beleidsopties te onderscheiden zijn m.b.t. de strategische beleidskeuze omtrent extra afvoercapaciteit: principeopties voor behoud en versterking van afvoercapaciteit, en met wat dat zou vragen aan te realiseren waterstandsaling.

In de QuickScan afvoercapaciteit is voor de gehele Rijn in beeld gebracht welke vraag naar extra afvoercapaciteit er is voor het zichtjaar 2050 (welke initiatieven, plannen en ontwikkelingen vragen om vergroting van afvoercapaciteit?) en welke aanbod gecreëerd kan worden (hoe kunnen we dat realiseren?). In onderstaande onderdelen zijn de belangrijkste resultaten uit de QuickScan Afvoercapaciteit gesommeerd. Nadere details zijn in de QuickScan zelf terug te lezen.

Vraag naar extra afvoercapaciteit

De vraag naar extra afvoercapaciteit is vertaald naar waterstandseffecten en komt voort uit de volgende onderdelen:

Waterveiligheid: Relevante aspecten voor het bepalen van de vraag voor afvoercapaciteit voor deze categorie zijn:

- Klimaatopgave¹: Waterstandeffect voortkomend uit verhoogde afvoeren als gevolg van klimaatverandering.
- Buitendijks versterken: Opstuwing veroorzaakt door het buitenwaarts versterken van dijktrajecten.
- Kwetsbare of waardevolle dijktrajecten: op verschillende plekken is de wens om deze specifieke plekken te ontzien van dijkverhogingen. Deze categorie is opgebouwd uit de normopgave 2015 en de klimaatopgave en bevat daarmee de volledige hoogteopgave uit het HWBP voor die trajecten.

N.b. de hoogteopgave voortvloeiend uit de normering, buiten de kwetsbare dijktrajecten, is dus niet opgenomen. Deze vormt onderdeel van het HWBP.

Natuurontwikkelingen: Betreft de vraag ter compensatie van waterstandseffecten door verruwing binnen natuurontwikkeling i.h.k.v.:

- Natura2000 (N2000)
- Natuurnetwerk Nederland (NNN)
- Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW)

N.b. KRW Kaderrichtlijn water is niet meegenomen in deze Quicksan, omdat hiervan is uitgegaan dat deze waterstandsneutraal worden gerealiseerd.

¹ Het effect van klimaatverandering op hoogwaterstanden wijkt hier af van de inschatting in paragraaf 3. Dit komt doordat bij het specificeren van de vraag naar afvoercapaciteit t.b.v. klimaatverandering alleen gekeken is naar de traject-onderdelen die nog niet op het niveau van een verkenning zijn uitgewerkt in de programmering van het hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP, d.d. oktober 2020. Voor de reeds geprogrammeerde dijkversterkingsprojecten in het HWBP is de klimaatvraag op nul gezet. Het uitgangspunt is dat het HWBP op die trajecten de dijken zodanig versterkt dat ze voldoen aan de nieuwe waterveiligheidsnormen en de toekomstige klimaatverandering op kunnen vangen. Dit is in paragraaf 3 niet nader gespecificeerd en dient in het vervolg van IRM nader uitgewerkt te worden.

Nieuw rivierbodembeleid: Betreft de vraag om het effect van mogelijk nieuw beleid voor rivierbodembeleid. Voor dit aspect is het effect op hoogwaterstanden als de rivierbodem van 20 jaar terug wordt hersteld en gehandhaafd als uitgangspunt genomen.

Gebiedsontwikkelingen: Betreft de vraag om lokale en regionale initiatieven en ontwikkelingen met een mogelijk waterstandverhogend effect te compenseren.

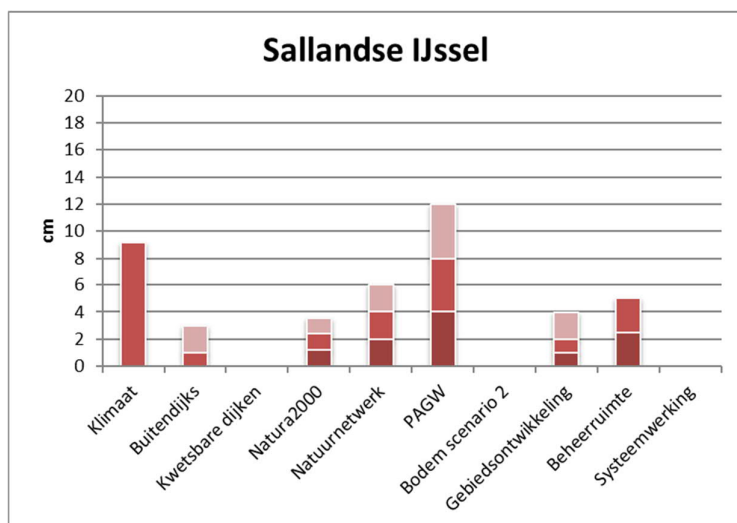
Beheerruimte: Betreft een marge of robuustheidstoelage voor de rivierbeheerder, zodat hij in geval van (tijdelijke) beperkte veranderingen in het riviersysteem en daarbij gepaarde waterstandseffecten als gevolg van natuurlijke processen (morfologische en/of vegetatie ontwikkelingen) en menselijke ingrepen niet direct hoeft in te grijpen.

Rivierkundige systeemwerking: Betreft effecten die voortkomen uit keuzes ten aanzien van de inrichting van het riviersysteem en eisen en wensen aan die inrichting vanwege effecten die in het gehele Nederlandse riviersysteem spelen. Voor de Rijn gaat het om vragen vanuit de hoogwater afvoerverdeling over de Rijntakken en de beheersing van die afvoerverdeling.

Resultaten

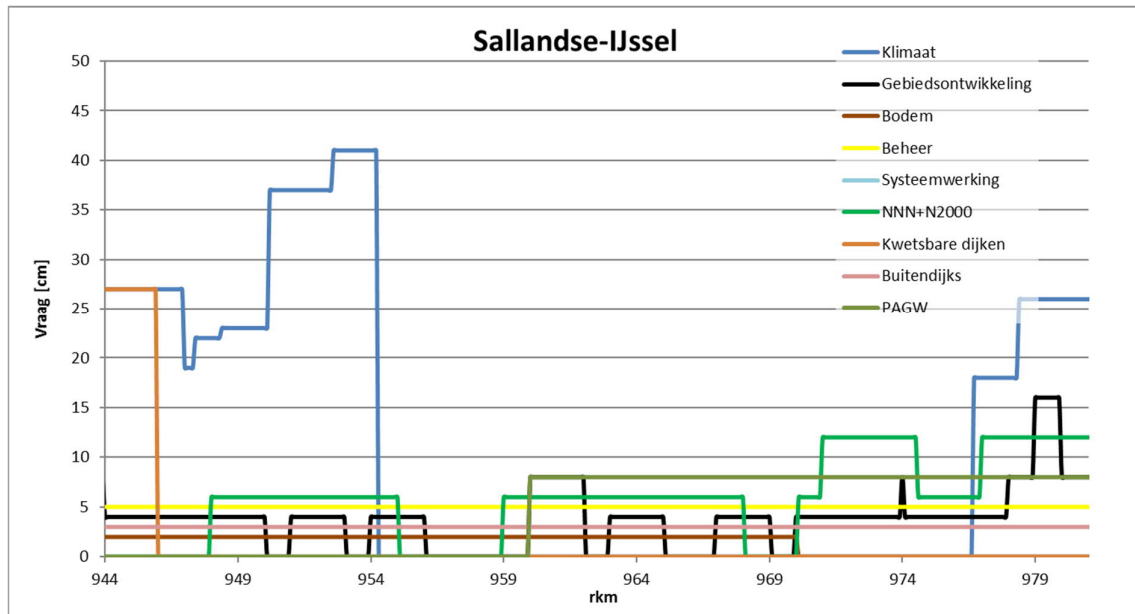
Figuur 2 geeft de trajectgemiddelde waarden per aspect. Zo kan eenvoudig worden afgelezen uit welke aspecten de belangrijkste vragen op dit traject naar voren komen. Indien beschikbaar, zijn ook de minimale en maximale vraag in beeld gebracht. De vraag naar extra afvoercapaciteit is onzeker. Daarom zijn voor een aantal aspecten door deskundigen inschattingen gedaan van de onzekerheid in de vraag, resulterend in een minimale, een gemiddelde en maximale vraag. Voor de overige aspecten is slechts 1 waarde beschikbaar.

Voor de Sallandse IJssel komen uit PAGW, Natuurnetwerk en klimaat de grootste vragen voort.



Figuur 2. De afzonderlijke vragen naar waterstandsvaling; indicatie van de onzekerheid in de trajectgemiddelde vraag; naast een basisinschatting is door deskundigen een lagere (donker) en hogere (licht) inschatting gegeven.

Het ruimtelijk verloop van de vraag voor de verschillende categorieën is weergegeven in figuur 3. Aan het begin van dit traject levert het ontzien van een kwetsbaar dijktraject een grote vraag, gevolgd door een nog grotere (tot 41 cm) vraag vanuit klimaat. Op dit traject leveren daarnaast NatuurNetwerkNederland, Natura2000 alsmede PAGW een vraag op. Aan het einde van dit traject volgt een grote vraag vanuit klimaat en een gebiedsontwikkeling.



Figuur 3. Ruimtelijke variatie van de afzonderlijke vragen naar waterstandsvaling

Principeopties voor omgaan met afvoercapaciteit

Potentiële opties voor beleid voor omgang met afvoercapaciteit variëren van behoud van de huidige afvoer- en bergingscapaciteit tot omvangrijke uitbreiding ervan. Bij behoud wordt extra te realiseren verruiming ingezet voor om rivierfuncties en –ontwikkelingen anders dan waterveiligheid mogelijk te maken, bij uitbreiding komt een deel van de te realiseren verruiming ten goede aan werkelijke vergroting van afvoer- en bergingscapaciteit. Hieronder worden de beleidsopties verder beschreven.

I – Behoud van afvoercapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie I wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten van programma's en ontwikkelingen in het kader van bestaand beleid en/of reeds gemaakte keuzes voor riviergebonden functies binnen IRM te compenseren. Die effecten worden op dit moment conform de Beleidslijn Grote Rivieren binnen elk project/programma afzonderlijk gecompenseerd. Hiermee wordt de huidige afvoercapaciteit behouden, waterstandsvaling wordt ingezet als compensatie voor vermindering van de afvoercapaciteit. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Natuurontwikkeling vanuit Natura 2000 en Natuurnetwerk;
- Gebiedsontwikkelingen conform huidig beleid.

II - Uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie II wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten vanuit huidige beleid en vanuit programma's en ontwikkelingen binnen nog te formuleren en vast te stellen beleidsontwikkelingen binnen IRM te compenseren. Hiermee wordt waterstandsvaling niet allen ingezet als compensatie voor verlies aan afvoercapaciteit, maar wordt de afvoercapaciteit ook vergroot doordat het elementen bevat die bijdragen aan waterveiligheid en daarmee in potentie de HWBP-opgave kunnen verminderen². Dit betreft het ontzien van kwetsbare en bijzondere

² Volledige invulling van de hoogwaterveiligheidsopgave via rivierverruiming is niet in de beleidsopties opgenomen. Dit is een uitvloeisel van eerdere MKBA-analyses in LTAR-tijd.

dijktrajecten indien aanwezig in het specifieke traject, en opgaven vanuit de werking van het riviersysteem. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Buitendijks versterken vanuit HWBP;
- Natuurontwikkeling vanuit PAGW;
- Nieuw beleid voor ligging en beheer van de rivierbodem;
- Beheerruimte of robuustheidstoelage;
- Gebiedsontwikkelingen waarvoor nog geen beleid is vastgesteld;
- Opgaven vanuit de werking van het riviersysteem: de instelling en beheersing van de afvoerverdeling op de Rijntakken.

III Omvangrijke uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken en de klimaatopgave met rivierverruiming trotseren

Met principeoptie III wordt naast rivierverruiming ook ingezet op het opvangen van de klimaatopgave via een aanzienlijke uitbreiding van de afvoercapaciteit. We onderscheiden binnen deze principeoptie twee varianten:

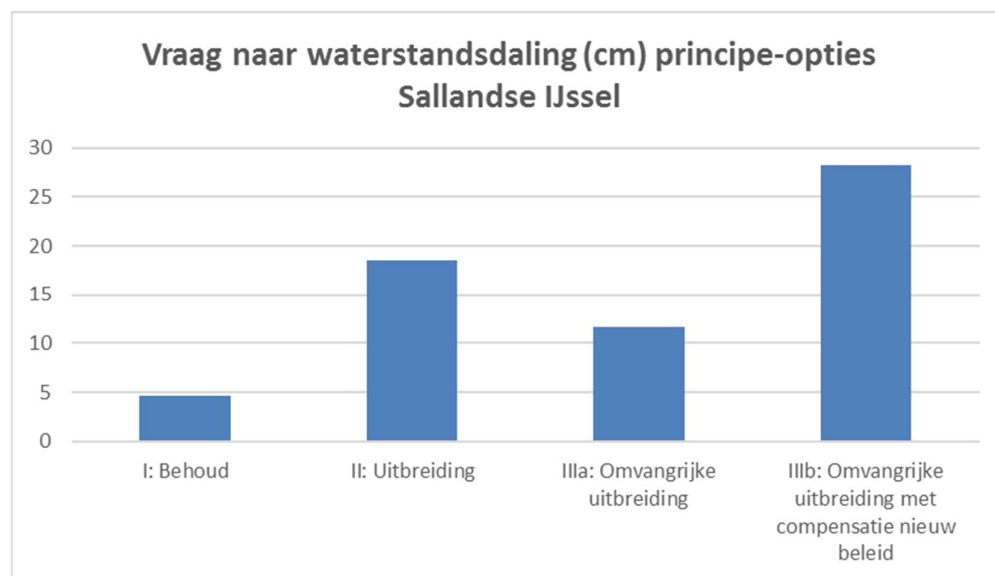
- IIIa: Opgaven vanuit bestaand beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder I)
- IIIb: Opgaven vanuit bestaand en nieuw beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder II).

Totaalbeeld principeopties Afvoercapaciteit

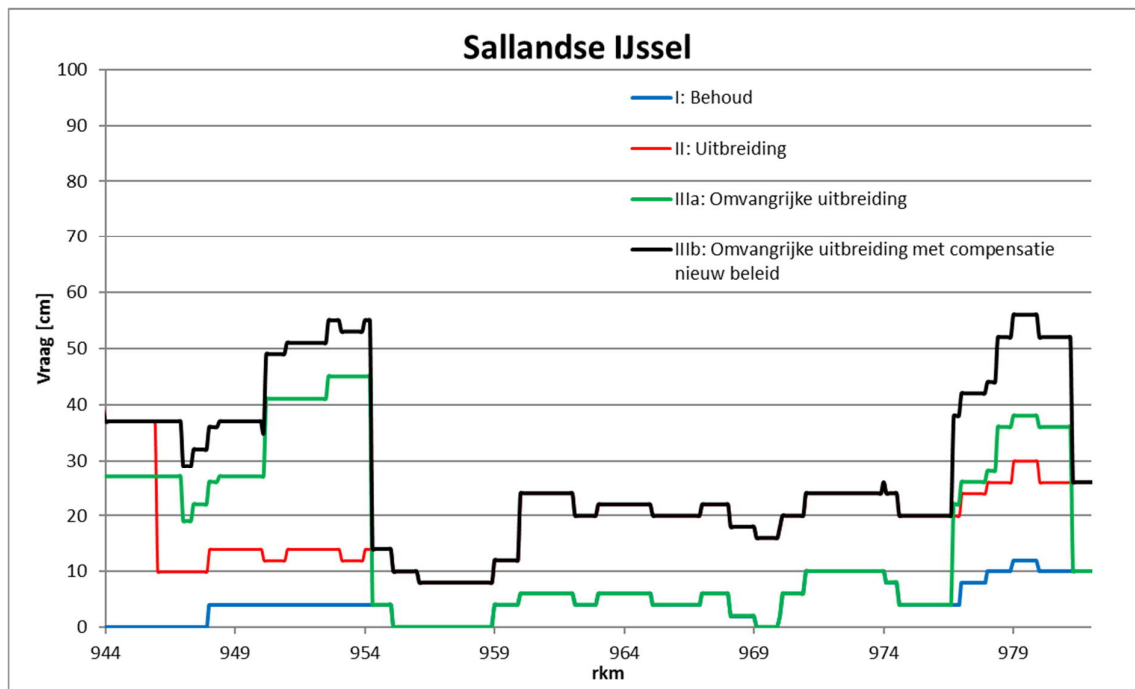
Onderstaande tabel en figuren laten zien wat de te realiseren waterstandsdingaling zou zijn binnen de verschillende principeopties, als trajectgemiddelde waarden, alsmede de ruimtelijke variatie.

Tabel 4 *Principeopties afvoercapaciteit, benodigde cm's waterstandsdingaling*

Riviertraject Beneden IJssel	Principeopties (cm)			
	I	II	IIIa	IIIb
Trajectgemiddeld	5	19	12	28
Minimum	0	8	0	8
Maximum	10	37	45	56



Figuur 4. *Benodigde cm's waterstandsdingaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit*



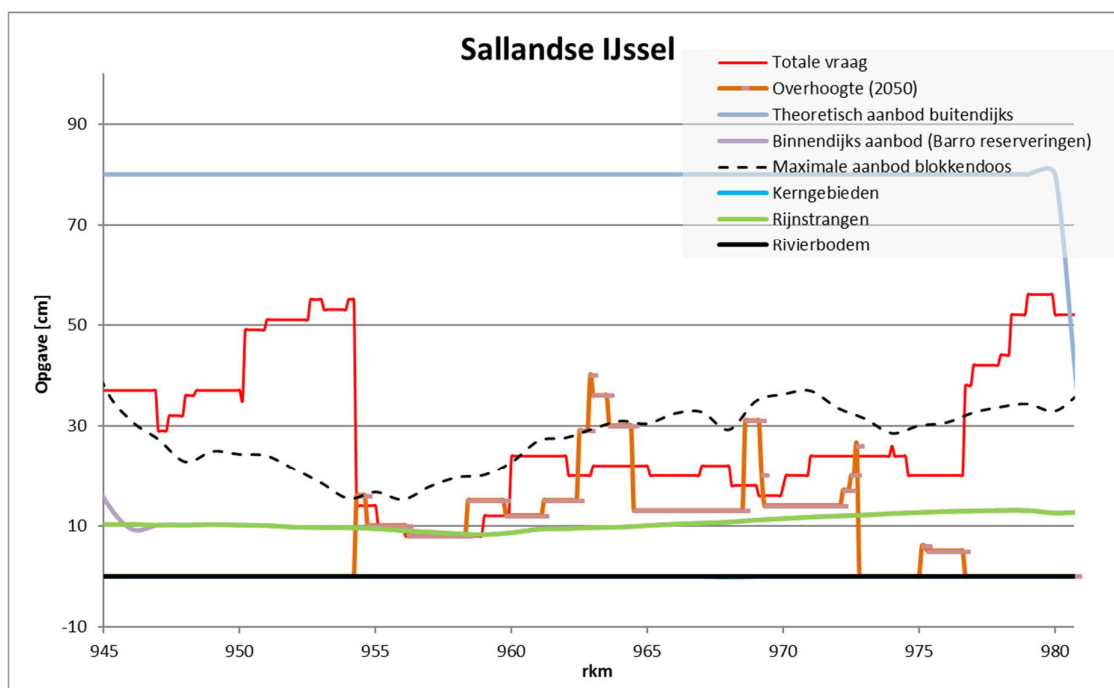
Figuur 5. Ruimtelijke variatie van de benodigde cm's waterstands-daling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit

Het aanbod van afvoercapaciteit

Er is een globaal overzicht gemaakt van het mogelijke te creëren aanbod aan extra afvoercapaciteit in het rivierensysteem. Dit is gedaan op basis van een theoretische beschouwing van principe-maatregelen en eerder uitgevoerde verkenningen in het kader van het Deltaprogramma waarin binnendijkse en buitendijkse rivierverruimende maatregelen in beeld zijn gebracht. Dit resulteert in het volgende overzicht:

1. Afvoercapaciteit in het rivierensysteem die benut kan worden door de aanwezigheid van overhoogte in de dijken;
2. Afvoercapaciteit die maximaal (theoretisch) te realiseren met buitendijkse maatregelen. Dit is ingeschat op basis van een theoretische beschouwing, uitgaande van toepassing van een effectieve buitendijkse principe-maatregel voor rivierverruiming. Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
3. Afvoercapaciteit die te realiseren is door het inzetten van maatregelen in binnendijkse gebieden met een Barro reservering;
4. Afvoercapaciteit die te realiseren is met alle maatregelen die in het kader van het Deltaprogramma in beeld zijn gebracht en opgenomen zijn in de Blokkendoos (optelsom van combinatie van alle rivierverruimende maatregelen). Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
5. Afvoercapaciteit die te realiseren is met de maatregelpakketten die in het kader van het Deltaprogramma Rivieren zijn opgesteld (bestaande uit een combinatie van buitendijkse en binnendijkse ingrepen). Voor de Rijn zijn drie maatregelpakketten samengesteld: a. pakket Rijnstrangen, b. pakket Lint, en c. pakket Kerngebieden.

Onderstaand figuur toont de afvoercapaciteit die op basis van bovenstaande rubrieken te creëren is voor het traject Sallandse IJssel. Daarnaast is de maximale totale vraag (principe optie IIIb) opgenomen om een eerste vergelijking te kunnen maken met de verschillende aanbod varianten.



Figuur 6. De totaalvraag naar extra afvoercapaciteit samen met het mogelijk te creëren extra aanbod aan afvoercapaciteit langs het traject.

De belangrijkste conclusies, die hieruit kunnen worden getrokken zijn:

1. Overhoogte is op een aantal locaties aanwezig en kan daar de gehele vraag (grotendeels) opvangen;
2. Met de theoretische beschouwing is afgeleid dat middels grootschalige buitendijkse rivierverruimingsmaatregelen (bv. Oevergeulen en zomerbedverbredingen) de gehele vraag ruimschoots kan worden opgevangen;
3. De Barro reserveringen kunnen lokaal een bijdrage leveren aan het invullen van de vraag, maar aanvullende maatregelen zijn nodig
4. Alle Blokkendoosmaatregelen tezamen in dit traject kunnen een deel van de totale vraag opvangen. Hier is nog wel nadere differentiatie nodig.
5. Maatregelpakketten in het kader van het Deltaprogramma: Rijnstrangen creëert de meeste waterstandsdeling. Echter dit is nog onvoldoende om de totale vraag te kunnen opvangen.

5 Combinatie van potentiële beleidsopties Rivierbodempligging en Afvoercapaciteit

De potentiële beleidsopties voor Rivierbodem en Afvoercapaciteit kunnen niet los van elkaar beschouwd worden. Dit hoofdstuk laat de onderlinge samenhang zien.

Rivierbodem --> afvoer- en bergingscapaciteit

Beleidsopties waarbij de erosie van de rivierbodem wordt stopgezet danwel de bodempligging omhoog wordt gebracht hebben invloed op de hoogwaterstanden. Binnen de huidige versterkingsopgave wordt een vaste bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt niet geanticipeerd op de bodemontwikkeling. Welke bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt, wordt bepaald per waterschap en kan verschillen per riviertraject. Een substantiële verhoging van het rivierbed kan effect hebben op de versterkingsopgave. De beleidsopties waarbij de bodem substantieel omhoog worden gebracht kunnen dus om extra afvoercapaciteit vragen. Het eroderen van de rivierbodem kan extra afvoercapaciteit creëren.

Met andere woorden, indien gekozen wordt voor rivierbodembeleid waarbij de rivierbodem 10 of 20 jaar terug wordt gebracht, wordt dit onderdeel van beleidsopties II en IIIb voor beleid t.a.v. afvoer- en bergingscapaciteit.

Afvoer- en bergingscapaciteit --> rivierbodem

De keuze voor de mate van te realiseren waterstandsdeling (m.a.w. de mate van rivierverruiming) kan ook een effect hebben op de bodem. Daar waar rivierverruiming plaatsvindt met maatregelen die zorgen voor een regelmatige afname van de afvoer door het zomerbed, verandert op lange termijn het evenwichtsprofiel van het zomerbed. Het zomerbed komt hier uiteindelijk omhoog. Hoe groter en meer rivierverruiming plaatsvindt, hoe meer dit bijdraagt aan het verminderen van bodemerosie.

Naast fysieke maatregelen is sedimentmanagement nodig om op korte termijn het gewenste bodemniveau te bereiken. Indien op korte termijn een bodempligging uit het verleden gehandhaafd gaat worden is een initiële suppletie noodzakelijk om deze verhoging op korte termijn te kunnen realiseren.

Informatieblad Beneden-IJssel – Reevediep

In de voorgaande studies die in het kader van IRM zijn uitgevoerd, was het Reevediep, het Keteldiep en het Kattendiep geen onderdeel van de scope. Dat betekent dat informatie ontbreekt om de factsheets volledig te vullen. Informatie die wel beschikbaar is, is opgenomen. Dit is echter beperkter dan in de andere trajecten.

1 Ligging

Het traject Beneden-IJssel loopt van Zwolle (km 980) tot net voor Ketelhaven in het Ketelmeer (km 1005). Het traject is ruim 25 km lang. Het Reevediep, het Keteldiep en het Kattendiep maken onderdeel uit van dit traject. Het traject kenmerkt zich als een meanderende rivier met een aantal scherpe rivierbochten direct stroomafwaarts van Zwolle. Karakteristiek zijn de vrij hooggelegen gebieden met rivierduinen en oeverwallen die grenzen aan de IJssel. Deze bestaan uit klei en zandafzettingen die de rivier gedurende haar eeuwenlange geschiedenis heeft afgezet. Niet alleen de rivierafvoer heeft invloed op de waterstanden, maar ook het IJsselmeer met meerpeil en opwaaiing bij wind uit westelijke tot noordelijke richtingen. De Ketelpolder en het Kampereiland met het Ganzendiep kunnen worden gezien als overstromingsgebied van de riviertrajecten Beneden-IJssel en Zwarte water. Deze gebieden kunnen bij een combinatie van een hoge rivierafvoer en (wester)storm onder water lopen en zorgen in die situatie voor een lagere waterstand op de IJssel en het Zwarte Water.

Eén van de vier hotspots van de Programmatie Aanpak Ecologie Grote Wateren is gelokaliseerd in de IJssel- Vechtdelta.

In figuur 1 is de ligging van het traject weergegeven.



Figuur 1 Ligging van Beneden-IJssel, Reevediep, Kampereiland/Ganzendiep

2 Blik op het traject

Dit hoofdstuk bevat een beknopte beschrijving van de riviergebonden functies van dit traject. Het beschrijft de essentie van wat er speelt m.b.t. waterveiligheid, bevaarbaarheid, waterbeschikbaarheid, natuur & waterkwaliteit. Dit betreft geen uitgebreide beschrijving van de opgaven. Een uitgebreid beeld op de rivieren met opgave volgt in het Beeld op de Rivieren dat in het kader van IRM wordt ontwikkeld.

Na de essentie van wat er speelt, volgt een beschrijving van de bodemontwikkelingen en de veranderingen in klimaat, de invloed hiervan op de toestand van de rivier (rivierbodemplugging, hoog- & laagwaterstanden), en de doorwerking op de riviergebonden functies

2.1 Wat speelt er met betrekking tot de riviergebonden functies?

Hoogwaterveiligheid

Uiterwaarden dragen bij aan waterveiligheid door waterafvoer te faciliteren, dijken beschermen dit gebied tegen overstromingen. Door een aantal maatregelen in het kader van Ruimte voor de Rivier, Stroomlijn, KRW en NURG is de afvoercapaciteit vergroot. Belangrijke rivierverruimende maatregelen die in het kader van het programma Ruimte voor de Rivier zijn uitgevoerd zijn de dijkverlegging bij Westenholte, de zomerbedverdieping tussen Kampen en Eilandbrug en de aanleg van het Reevediep fase 1 (de Bypass waterverbinding tussen de IJssel bij Kampen en het Drontermeer bij Noordeinde). Voor Fase 2 van het Reevediep is het Projectplan waterwet afgerond en de aannemer is bezig met de voorbereiding van de resterende werkzaamheden.

De primaire waterkeringen in dit traject voldoen niet aan de geldende norm voor waterveiligheid en zullen versterkt moeten worden. De maximaal toelaatbare overstromingskans voor de dijktrajecten langs de dit traject varieert van 1/1.000 tot 1/10.000 per jaar. De dijken aan de zuid/west-zijde hebben een vereist beschermingsniveau van 1/1.000 per jaar. De dijken aan de noord/oost-zijde hebben tot IJsselmuiden een vereist beschermingsniveau van 1/3.000 per jaar. Stroomafwaarts van IJsselmuiden is de eis met 1/10.000 per jaar strenger. De versterkingsopgave is beperkt. De hoogteopgave is ongeveer 10-20cm. De versterking is geprogrammeerd na 2028, en voor sommige trajecten zelfs na 2035.

Doordat dit gebied in actieve verbinding staat met het IJsselmeer, wordt hoogwaterwatersituaties niet alleen bepaalt door hoge afvoeren, maar ook door storm/peilopzet vanuit het IJsselmeer. Dit maakt de hoogwaterveiligheid voor de IJssel-Vechtdelta complexer dan de andere riviertrajecten van de Rijn. Tot aan de inlaat van het Reevediep is de afvoer bepalend voor de hoogwaterstanden. Tot aan Zwolle heeft de windopzet vanuit het IJsselmeer zeker ook zijn effect. Het traject te stroomafwaarts van Kampen wordt de hoogwatersituatie voornamelijk door windopzet gedomineerd, en in mindere mate door afvoer.

Naar verwachting zal IenW in 2021 een besluit nemen m.b.t. de herijking van het beleidsuitgangspunt afvoerdeling Rijntakken bij hoogwater. De herijking gaat over de vraag hoe de in beleid vastgelegde afvoerdeling bij hoogwater in praktijk vorm krijgt. Hierbij is het uitgangspunt de beleidsafpraak dat de Lek boven een Rijnafvoer van 16.000 m³/s bij Lobith wordt ontzien. Onderdeel van het realiseren van de beleidsmatig afgesproken afvoerdeling is de instelling van de regelwerken op de splitsingspunten. Afhankelijk van de gekozen afvoerdeling

en bijbehorende instelling van de regelwerken kan dit een verhoging of verlaging van de hoogwaterstanden langs de Waal betekenen (t.o.v. de hydraulische belasting in het OntwerpInstrumentarium van het HWBP). Bij instelling van de regelwerken op een Rijnafvoer van 18.000 m³/s nemen de hoogwaterstanden langs de IJssel bij een Rijn-afvoer 16.000 m³/s met ongeveer 6 cm af. Dit is vergeleken met de waterstanden op de Waal bij een afvoer van 16.000 m³/s en de instelling van de regelwerken op 16.000 m³/s (de huidige situatie). Binnen IRM wordt voorsnog de huidige beleidsmatige hoogwater afvoerverdeling met bij behorende instellingen van de regelwerken als uitgangspunt gehanteerd.

Op een aantal locaties wordt de Beneden-IJssel ingesnoerd. Dit zijn lokale hydraulische knelpunten in het systeem die ook wel lokale flessenhalzen worden genoemd. Het gaat o.a. om de locatie ter plaatse van km 980 (brug A28 over IJssel bij de stad Zwolle), km 984 (bij Zalk), km 993 (brug N764 bij Kampen) en km 1000 (brug N50 over de IJssel bij Kampen). Behoud van ruimte is bij de ruimtelijke inrichting en ontwikkeling van het riviersysteem is een blijvend aandachtspunt.

Het doorgroeien en uitbreiden van begroeiing in het rivierbed kan leiden tot te hoge hoogwaterstanden. De Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwing van begroeiing) is toegestaan. De Vegetatielegger is onderdeel van de Legger Rijkswaterstaatswerken. De Waterwet regelt de leggerplicht van alle waterstaatswerken. In de vorm van overzichtskaarten en regels zijn normen gespecificeerd voor vegetatie in het rivierbed ten behoeve van hoogwaterveiligheid en waterkwaliteit.

Bevaarbaarheid

De IJssel is over de gehele lengte te ondiep en te smal voor de beoogde klasse Va-scheepvaart en daardoor moeilijk bevaarbaar. De benedenloop van de IJssel – vanaf de Twentekanalen bij Zutphen richting de IJsseldelta – is minder intensief bevaren dan de bovenloop. Het waterpeil tijdens laagwater wordt in dit traject grotendeels bepaald door het IJsselmeerpeil. Door het verschil in verhang tussen de boven- en benedenloop van de IJssel hebben bij extreem laagwater de Beneden-IJssel en Sallandse IJssel meer diepgang dan de bovenloop van de IJssel. Bij extreem laagwater wordt de benedenloop van de IJssel gebruikt als omvaarroute van de Twentekanalen naar Rotterdam via Kampen en Amsterdam.

Het traject is sterk meanderend en bevat een aantal scherpe ondiepe rivierbochten met vaarwegbreedte en -dieptebeperkingen voor de scheepvaart, o.a. bij Zalk. De scheepvaart ondervindt bij de IJsselburg/Kattenveerbrug van de A28 over de IJssel ook hinder van ondieptes, omdat daar vanwege kruisende leidingen niet kan worden gebaggerd. Dieptebeperkingen resulteren in een lagere beladingsgraad op deze trajecten, een toename van brandstofkosten als gevolg van verminderde kielspeling (en meer weerstand), en daarmee een toename van de transportkosten.

Een aantal bruggen (de Molenbrug van de N764 en de IJsselburg/Kattenveerbrug van de A28) heeft te weinig doorvaarthoogte bij hoogwater. Naar verwachting wordt het tekort aan doorvaarthoogte pas aangepakt als deze vervangen of gerenoveerd gaan worden. Dit is geen opgave in het kader van het programma Integraal Riviermanagement.

De stadsbrug Kampen vormt regelmatig een knelpunt voor de scheepvaart. Deze brug kan doorgaans alleen worden gepasseerd mét brugopening. In de spits wordt opening regelmatig tegengehouden i.v.m. resulterende verkeersproblemen. De stadsbrug ligt tussen het centrum van Kampen en het NS-station.

Binnen het traject ligt de Spoldersluis, de scheepvaartverbinding tussen de IJssel, Zwolle en het Zwarte Water. De Spoldersluis vormt de verbindende waterkering tussen Salland en Mastenbroek.

Natuur en waterkwaliteit

De Beneden-IJssel is een laaglandgebied met waardevolle rivierduinen en oeverwallen met laag dynamische natuur. In het (recente) verleden is langs dit traject in het kader van diverse programma's bestaande natuurwaarden versterkt en nieuwe natuur ontwikkeld.

Zo zijn vanuit KaderRichtlijn Water (KRW) diverse maatregelen uitgevoerd (oeveraanpassingen, maatregelen uiterwaarden (vergravingen, strangen, geulen) om de ecologische waterkwaliteit te verbeteren. De gewenste toestand t.a.v. ecologische waterkwaliteit (macrofauna, vis en waterplanten) is nog niet bereikt. Er zijn in de toekomst daarom additionele maatregelen nodig om de (ecologische) waterkwaliteit te verbeteren. De precieze locatie van maatregelen ligt niet vast. Eerste beeld is dat de zoekgebieden voor aanvullende KRW-maatregelen buiten het gebied van de Beneden-IJssel liggen.

Toekomstige natuurontwikkeling is te verwachten in het kader van bestaand beleid, zoals Nationaal Natuurnetwerk (NNN) en Natura 2000. Er zijn ontwikkelopgaven voor boskernen en andere habitats.

Aanvullend op het bestaand beleid, wordt ook nieuw natuurbeleid uitgewerkt. Het traject kent een ontwikkelopgave in het kader van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW).

Deze ontwikkelopgave maakt integraal deel uit van de opgave IRM. De PAGW werkt aan plannen voor een robuust riviersysteem passend bij de abiotische uitgangssituatie (gegeven klimaatverandering, economische ontwikkelingen en ecologische knelpunten). Bij toekomstige natuurontwikkeling in het rivierengebied zal in het bijzonder gekeken worden naar de ontwikkeling van een viertal hotspots en naar het verbinden van deze grote natuurgebieden langs de rivier via de corridors. In de corridor tussen de hotspots liggen afwisselend grote en kleine stapstenen met geschikt leefgebied voor de gidssoorten. Er komt focus te liggen op het verbinden van natuurdoelen van de diverse programma's (één natuurdoelstelling in rivierbed).

Het gebied van de IJssel-Vechtdelta (waar het traject van de Beneden IJssel - Reevediep zich volledig in bevindt) is als hotspot aangemerkt.

Het beheer van natuur langs de Beneden IJssel bestaat uit het beheer van de begroeiing in het rivierbed en het sedimentbeheer in zowel uiterwaarden als in natuurvriendelijke oevertrajecten. Hierbij wordt zo veel mogelijk ruimte gegeven aan natuurlijke processen en het verkrijgen van leefgebieden voor bij het riviersysteem passende planten en dieren. De Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwning van begroeiing) is toegestaan. Het is voor de natuur relevant dat daarbij in voldoende ontwikkelbeheerruimte wordt voorzien, waarmee de natuur ruimte krijgt om zich op natuurlijke wijze te ontwikkelen.

Naast de relatie met hoogwaterveiligheid hebben ook scheepvaart en natuur onderlinge relatie. Scheepvaart vervult een belangrijke rol op dit traject en heeft middels schroefwerking en golfslag direct effect op natuur.

Zoetwaterbeschikbaarheid

Voor zoetwaterbeschikbaarheid is de watervoorziening van het IJsselmeer – de belangrijkste zoetwaterbuffer in het landelijk hoofdwatersysteem – van groot belang. De afgelopen decennia is de rivierafvoer over de IJssel bij laagwater en normale afvoeromstandigheden geleidelijk afgenomen. Dit komt door een geleidelijke verandering in de afvoerverdeling over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig eroderen van de rivierbodem in de Rijntakken. Het zomerbed in de Boven-Waal erodeert sneller dan de bodem in de andere bovenstrooms gelegen riviertakken. Hierdoor trekt de Waal steeds meer afvoer, ten koste van de afvoer van water naar de IJssel. De stuurbaarheid van rivierwater over de splitsingspunten en de toevoer van water richting strategische zoetwatervoorraden (o.a. het IJsselmeer als belangrijke buffer) is daarom aandachtspunt voor de IJssel binnen DP Zoetwater.

2.2 Bodemontwikkeling en klimaatverandering en hun effect op de rivier

Een aantal omgevingsveranderingen beïnvloedt de toestand van de rivier. Het betreft de grootschalige rivierbodemontwikkeling en klimaatverandering. De veranderingen beïnvloeden de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier en hebben daardoor ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Bodemontwikkeling en het effect op de rivier

De bedding van dit deel van de IJssel is de afgelopen eeuw licht geërodeerd (met een trend van minder dan 0,4 cm per jaar). Het bodemmateriaal neemt in dit traject in stroomafwaartse richting af van zandig materiaal naar slibrijk. In de afgelopen 20 jaar is de erosie sterk afgenomen en is op dit traject de bodemligging redelijk stabiel. De verwachte bodemtrend is 0 cm per jaar.

De zomerbedverlaging in het kader van het programma Ruimte voor de Rivier over een lengte van 7,5 km (tussen Kampen en Eilandbrug) zal de komende jaren invloed hebben op de grootschalige morfologie van dit traject. Deze zomerbedverlaging leidt terplekke en benedenstrooms tot een verlaging van de waterspiegel bij hoge afvoer. Bij windopzet kan de zomerbedverlaging juist tot waterstand verhoging leiden. Terplekke van de zomerbedverdieping wil de rivierbodem zich gelijk trekken met de boven- en benedenstroomse bodemligging, door sediment in te vangen. Stroomopwaarts van de zomerbedverlaging zal het zomerbed naar verwachting eroderen tot de bedding zich heeft aangepast aan deze verlaagde erosiebasis.

Uitgangspunt is dat de zomerbedverlaging actief beheerd wordt door het sediment dat neerslaat in de verlaging periodiek weg te baggeren om zo het verlaagde zomerbed op diepte te houden. Zo blijft het hydraulisch effect van de verlaging behouden. Vanwege deze onderhoudsverplichting is het uitgangspunt om de gemiddelde bodemverandering voor dit traject ook gelijk te houden aan 0 cm per jaar.

Doordat de ligging van de rivierbodem op dit traject stabiel blijft, zijn er nauwelijks effecten te verwachten op de toestand van de rivier in 2050. Alleen is er een beperkt indirect effect door

geleidelijke herverdeling van de laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) over de splitsingspunten. Dit effect zal waarschijnlijk niet worden gedaan door de invloed van het IJsselmeerpil. Het effect van het IJsselmeerpil is in deze resultaten niet meegenomen en vraag nog een nadere uitwerking in het vervolg.

	Rivierbodem ligging	Laagwater afvoer	Hoogwater stand	Laagwater stand
Niet actief ingrijpen tot 2050	0 cm	-40 m ³ /s	0 cm	- 2 cm

Tabel 1 Effect op toestand van de rivier in 2050 zonder nieuw bodembeleid

Rivierbodempligging	De bodem van het zomerbed van de Beneden-IJssel ligt in 2050 op het zelfde niveau als nu.
Laagwaterafvoer	De afvoerverdeling onder normale omstandigheden en bij laagwater wijzigt geleidelijk. Doordat de Waalbodem sneller zakt dan de rivierbodem op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m ³ /s) met 40 m ³ /s is toegenomen. Voor de IJssel is de laagwaterafvoer met 40 m ³ /s afgenomen.
Hoogwaterstand	Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzigt de afvoer over de takken niet. Doordat de rivierbodem niet verandert, veranderen de hoogwaterstanden niet. Voor het wind gedomineerde geldt dit niet. Dit is afhankelijk van het IJsselmeer.
Laagwaterstand	Doordat de rivierbodem niet verandert, veranderen daardoor de laagwaterstanden niet. De laagwaterstand zakt op dit traject daardoor alleen indirect door een geleidelijke afname van de rivierafvoer bij laagwater door het ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door geleidelijke verandering van de rivierafvoer over de splitsingspunten als gevolg van het ongelijkmatig zakken van het zomerbed, neemt de laagwaterafvoer op de IJssel met 40 m ³ /s af. Met behulp van de betrekkingsslijn is bepaald dat de laagwaterstanden als gevolg van de toename van de laagwaterafvoer op de Beneden-IJssel afnemen met 2 cm. Dit is een indirecte verandering als gevolg van bodemontwikkelingen.

Samenvattend zijn de grootschalige morfologische veranderingen op dit traject zeer beperkt, en daardoor is er nauwelijks effect op waterstanden en dus rivierfuncties. Er is een erg beperkt effect (paar cm) van de geleidelijke herverdeling van de rivierafvoer door ongelijkmatige grootschalige bodemontwikkeling op de bovenstroomse riviertakken in het splitsingspunten gebied op laagwaterstanden. Daarmee is het effect op rivierfuncties beperkt.

[Klimaatverandering en effect op de toestand van de rivier](#)

De effecten van klimaatverandering zijn veelzijdig. Klimaatverandering heeft onder andere op de hoge en lage rivierafvoeren. Verwacht wordt dat extreme lage en hoge rivierafvoeren vaker voorkomen en langduriger aanhouden. Op basis van de meest extreme klimaatscenario's van het

KNMI zijn de effecten op hoog- en laagwaterstanden voor de Benden IJssel in beeld gebracht. Voor laagwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het droge KNMI '14 scenario - Wh-dry. Voor hoogwateromstandigheden is gebruik gemaakt van het KNMI '06 - W+. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de waterstandeffecten tot 2050.

Vanwege de invloed van het IJsselmeerpeil wordt aangenomen dat klimaatverandering geen invloed heeft op de laagwaterstanden.

	waterstand in 2050 door klimaatverandering
Effect op laagwaterstanden	0 cm
Effect op hoogwaterstanden	15 cm

Tabel 2 Effect op waterstanden in 2050 door klimaatverandering

3 Beleidsopties rivierbodem IJssel-Vechtdelta

Hieronder volgt een overzicht van potentiële beleidsopties en implicaties voor de Beneden-IJssel. De potentiële beleidsopties zijn generiek voor alle riviertrajecten en gaan in op het herstel van de sedimenthuishouding en beheer van de rivierbodempligging. Een uitgebreide probleemanalyse in de PlanMER moet meer inzicht geven in de effecten van veranderingen in het systeem met en zonder ingrijpen, inclusief de revenuen van actief ingrijpen.

Het effect van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 is kort beschreven en in context geplaatst met de effecten van klimaatverandering. Tabel 3 toont de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050: bodempligging, hoog- en laagwaterstanden.

Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Zomerbedmaatregelen worden in standgehouden en worden niet naar een toestand uit het verleden (van vóór de maatregel) teruggebracht.
- Bodempligging blijft constant, bodemverandering is 0 cm per jaar.
- Het wind gedomineerde gebied is afhankelijk van het IJsselmeer. Aangenomen wordt dat de hoogwaterstanden niet hier niet anders zullen zijn bij een veranderende bodem. De hoogwaterstanden veranderen niet doordat de rivierbodempligging niet verandert.
- De laagwaterstanden veranderen 1-op-1 met de rivierbodempligging mee, al het water staat dan immers in het zomerbed.
- De verdeling van de laagwaterafvoer verandert geleidelijk door het ongelijkmatig zakken van de rivierbodempligging in de Rijntakken. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de IJssel-afvoer bij een karakteristieke laagwater-Rijnafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is afgenomen. Met deze geleidelijke verandering uit het verleden is rekening gehouden in de beleidsopties. Dat wil zeggen dat ervan wordt uitgegaan dat de verandering in laagwaterverdeling in de beleidsoptie waarin niet wordt ingegrepen wordt zich doorzet, en dat in de beleidsopties waarin de rivierbodempligging hersteld wordt naar een toestand uit het verleden, de opgetreden verandering in afvoerdeling bij laagwater teniet wordt gedaan.
- Bij de effecten per beleidsoptie gaan ervan uit dat de bovenstrooms en benedenstrooms gelegen trajecten dezelfde beleidsoptie van toepassing is.

Potentiële beleidsopties

A – Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk

In de basisreferentie wordt huidig beleid en beheer gecontinueerd en op de Beneden-IJssel niet aanvullend actief ingrijpen op de sedimenthuishouding en de rivierbodempligging.

- Bodemtrend blijft 0 cm per jaar.
- Huidig sedimentbeheer t.a.v. baggeren zomerbedverdieping wordt voortgezet.
- Geen beleid t.a.v. bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport of het beperken of stoppen van grootschalige bodemerosie.
- Beheer en onderhoud verandert niet en blijft gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid.

In hoofdstuk 2 staat beschreven welke invloed dit heeft op de bodempligging, hoogwaterstand en laagwaterstand in 2050.

B - Herstel sedimenthuishouding ter ondersteuning van rivierbodempligging

Deze beleidsoptie richt zich op het herstel van de sedimenthuishouding. Dit kan door netto sedimentonttrekking uit het zomerbed niet meer toe te staan en het bevorderen van het (doorgaand) sedimenttransport. Er wordt niet actief gestuurd op een specifieke rivierbodempligging. De beleidsoptie draagt bij aan herstel van de sedimenthuishouding en zal zorgen voor een afname van de bodemtrend. Het is niet duidelijk in welke mate de trend afneemt.

- Bodemtrend blijft 0 cm per jaar.
- Dit kan gerealiseerd worden door behoud van sediment in het zomerbed, herstel van verstoringen in sedimentbalans en bevorderen van (doorgaand) sedimenttransport.
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De bodem van het zomerbed van de Beneden-IJssel verandert niet.
- Laagwaterafvoer De afvoerverdeling onder normale omstandigheden en bij laagwater wijzigt geleidelijk. Doordat de Waalbodempligging sneller is gezakt dan de rivierbodempligging op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s (ten koste van de IJssel) is toegenomen. Als de bodemtrends op alle Rijntrajecten door herstel van sedimenthuishouding afnemen, zal ook de afvoerverdeling in de toekomst minder wijzigen. In welke mate dat gebeurt, is niet duidelijk. Aanname is dat de laagwaterafvoer van de IJssel in de periode tot 2050 tussen de 0 en 40 m³/s zal afnemen.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd. Daarom is uitgangspunt dat de verdeling van de afvoer over de takken bij hoogwater niet verandert. Bij gelijk blijvende bodempligging veranderen de hoogwaterstanden niet.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodempligging en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door een gelijk blijvende rivierbodempligging verandert de laagwaterstand niet direct door een andere bodempligging. Met behulp van de betrekkingsslijn is bepaald dat de laagwaterstanden als gevolg van de afname van de laagwaterafvoer op de Beneden-IJssel afnemen tussen de 0 en 2 cm. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal tussen de 0 en 2 cm af.

C – Huidige bodem zomerbed handhaven

Deze optie is gericht op het stoppen van de grootschalige bodemerosie en het handhaven van de rivierbodempligging op het huidige niveau.

- Bodemtrend blijft 0 cm per jaar, en het zomerbed wordt op het niveau van 2020 gehouden.
- Huidig sedimentbeleid t.a.v. onderhouden zomerbedverdieping wordt voortgezet.
- Dit kan gerealiseerd worden door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).

- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen.

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging De rivierbodempligging verandert niet t.o.v. 2020.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer verandert niet t.o.v. 2020.
- Hoogwaterstand De hoogwaterstanden veranderen niet t.o.v. 2020.
- Laagwaterstand De laagwaterstanden veranderen niet t.o.v. 2020.

D - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 10 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerrosie, het terugbrengen van de rivierbodempligging in het zomerbed naar de situatie van 10 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodempligging. De bodempligging van 10 jaargeleden past bij de uitgangspunten in het programma KRW (ecologische toestand van 2009 mag niet verslechteren) en WBI/OI-2017 programma (hydraulische ontwerpbelasting op dijken is gebaseerd op de bodem van 2013).

- Bodemtrend blijft 0 cm per jaar.
- Huidig sedimentbeleid t.a.v. onderhouden zomerbedverdieping wordt voortgezet.
- Dit kan gerealiseerd worden door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodempligging Bij een bodemtrend van 0 cm per jaar, verandert de bodem van het zomerbed van de Beneden-IJssel niet en is de bodem van 10 jaar geleden gelijk aan de huidige bodempligging.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer neemt toe met 13 m³/s. Doordat de Waalbodempligging sneller zakt dan de rivierbodempligging op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de Waal-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is toegenomen. Door het terugbrengen van de bodem naar 10 jaar geleden, wordt waterverdeling bij laagwaterafvoer deels herstelt (1/3 deel). Dit maakt dat, ten opzichte van 2020, de laagwaterafvoer met 13 m³/s afneemt.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzigt de hoogwaterafvoer over de takken niet. Bij gelijk blijvende bodempligging veranderen de hoogwaterstanden niet.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodempligging en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door een gelijk blijvende rivierbodempligging verandert de laagwaterstand niet direct door een andere bodempligging. Met behulp van de betrekkingsslijn is bepaald dat de laagwaterstanden als gevolg van de toename van de laagwaterafvoer op de Beneden-IJssel toenemen met 1 cm. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 1 cm toe.

E - Bodem zomerbed herstellen naar situatie 20 jaar geleden en op dat niveau onderhouden

Deze optie is gericht op het stoppen van grootschalige bodemerrosie, het terugbrengen van de rivierbodem in het zomerbed naar de situatie van 20 jaar geleden en het vervolgens handhaven van die bodemligging. De bodemligging van 20 jaar geleden past bij de uitgangssituatie van het programma Ruimte voor de Rivier (herinrichtingen zijn ontworpen op bodemligging van 1997) en sluit aan bij de bodemligging die Duitsland wil handhaven (bodemligging van 2000).

- Bodemtrend blijft 0 cm per jaar.
- Huidig sedimentbeleid t.a.v. onderhouden zomerbedverdieping wordt voortgezet.
- Dit kan gerealiseerd worden door sedimentmanagement en/of herinrichting van de rivier (verruimingsmaatregelen of constructieve maatregelen).
- Beheer en onderhoud gericht op het lokaal verhelpen van kleinschalige problemen t.b.v. scheepvaartprofiel en hoogwaterveiligheid blijft nodig. De beleidsoptie kan een extra beheerinspanning van de rivierbeheerder betekenen

Effect op de toestand van de rivier in de periode tot 2050:

- Rivierbodemligging Bij een bodemtrend van 0 cm per jaar, verandert de bodem van het zomerbed van de Beneden-IJssel niet en is de bodem van 20 jaar geleden gelijk aan de huidige bodemligging.
- Laagwaterafvoer De laagwaterafvoer neemt toe met 27 m³/s
Doordat de Waalbodern sneller zakt dan de rivierbodem op andere Rijntakken, trekt de Waal geleidelijk meer afvoer. Metingen van de afgelopen 30 jaar laten zien dat de IJssel-afvoer bij een karakteristieke laagwaterafvoer (1.020 m³/s) met 40 m³/s is afgenomen. Door het terugbrengen van de bodem naar 20 jaar geleden, wordt waterverdeling bij laagwaterafvoer deels herstelt (2/3 deel). Dit maakt dat, ten opzichte van 2020, de laagwaterafvoer met 27 m³/s afneemt.
- Hoogwaterstand Bij hoogwater wordt de afvoer met regelwerken actief gestuurd en wijzigt de hoogwaterafvoer over de takken niet. Bij gelijk blijvende bodemligging veranderen de hoogwaterstanden niet.
- Laagwaterstand De verandering in laagwaterstand wordt veroorzaakt door een verandering van de rivierbodem en een verandering van de rivierafvoer bij laagwater door ongelijkmatig zakken van het zomerbed in de Rijn. Door een gelijk blijvende rivierbodemligging verandert de laagwaterstand niet direct door een andere bodemligging. Met behulp van de betrekkingsslijn is bepaald dat de laagwaterstanden als gevolg van de toename van de laagwaterafvoer op de Beneden-IJssel toenemen met 1 cm. De laagwaterstand neemt hierdoor in totaal met 1 cm toe.

Samenvatting van de effecten op de toestand van de rivier per beleidsoptie

Tabel 3 geeft een samenvatting van de effecten van de potentiële beleidsopties op de toestand van de rivier in de periode tot 2050.

	Rivierbodem -ligging	Laagwater- afvoer	Hoogwater- stand	Laagwaterstanden		
				Rivier- bodem	Laagwater- afvoer	TOTAAL
A. Basisreferentie – voortzetten huidige praktijk	0 cm	- 40 m ³ /s	0 cm	0 cm	-2 cm	0 cm
B. Herstel Sedimenthuis- houding	0 cm	- 40 ~0 m ³ /s	0 cm	0 cm	-2 ~0 cm	0 cm
C. Huidige bodem zomerbed handhaven	0 cm	0 m ³ /s	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
D. Bodem zomerbed herstellen naar 10 jaar geleden	0 cm	+ 13 m ³ /s	0 cm	0 cm	1 cm	0 cm
E. Bodem zomerbed herstellen naar 20 jaar geleden	0 cm	+ 27 m ³ /s	0 cm	0 cm	1 cm	0 cm

Tabel 3 Veranderingen in de toestand van de rivier in de Beneden-IJssel in de periode tot 2050 bij vijf principeopties voor de rivierbodempligging

Klimaatverandering heeft invloed op de effecten

Het klimaat-effect is voor elke beleidsoptie gelijk (negatieve effecten op zowel hoog- als laagwater) en daardoor niet onderscheidend. De effecten van klimaatverandering op de toestand van de rivier voor de periode tot 2050 staat in hoofdstuk 2.2 beschreven.

De grootschalige morfologische veranderingen op dit traject zijn minimaal, wat maakt dat de toekomstige waterstanden voornamelijk bepaald worden door klimaatverandering.

4 Beleidsopties Afvoercapaciteit

Hieronder wordt inzichtelijk gemaakt welke potentiële beleidsopties te onderscheiden zijn m.b.t. de strategische beleidskeuze omtrent extra afvoercapaciteit: principeopties voor behoud en versterking van afvoercapaciteit, en met wat dat zou vragen aan te realiseren waterstandsaling.

In de QuickScan afvoercapaciteit is voor de gehele Rijn in beeld gebracht welke vraag naar extra afvoercapaciteit er is voor het zichtjaar 2050 (welke initiatieven, plannen en ontwikkelingen vragen om vergroting van afvoercapaciteit?) en welke aanbod gecreëerd kan worden (hoe kunnen we dat realiseren?). In onderstaande onderdelen zijn de belangrijkste resultaten uit de QuickScan Afvoercapaciteit gesommeerd. Nadere details zijn in de QuickScan zelf terug te lezen.

Vraag naar extra afvoercapaciteit

De vraag naar extra afvoercapaciteit is vertaald naar waterstandseffecten en komt voort uit de volgende onderdelen:

Waterveiligheid: Relevante aspecten voor het bepalen van de vraag voor afvoercapaciteit voor deze categorie zijn:

- Klimaatopgave¹: Waterstandeffect voortkomend uit verhoogde afvoeren als gevolg van klimaatverandering.
- Buitendijks versterken: Opstuwing veroorzaakt door het buitenwaarts versterken van dijktrajecten.
- Kwetsbare of waardevolle dijktrajecten: op verschillende plekken is de wens om deze specifieke plekken te ontzien van dijkverhogingen. Deze categorie is opgebouwd uit de normopgave 2015 en de klimaatopgave en bevat daarmee de volledige hoogteopgave uit het HWBP voor die trajecten.

N.b. de hoogteopgave voortvloeiend uit de normering, buiten de kwetsbare dijktrajecten, is dus niet opgenomen. Deze vormt onderdeel van het HWBP.

Natuurontwikkelingen: Betreft de vraag ter compensatie van waterstandseffecten door verruwing binnen natuurontwikkeling i.h.k.v.:

- Natura2000 (N2000)
- Natuurnetwerk Nederland (NNN)
- Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW)

N.b. KRW Kaderrichtlijn water is niet meegenomen in deze Quicksan, omdat hiervan is uitgegaan dat deze waterstandsneutraal worden gerealiseerd.

¹ Het effect van klimaatverandering op hoogwaterstanden wijkt hier af van de inschatting in paragraaf 3. Dit komt doordat bij het specificeren van de vraag naar afvoercapaciteit t.b.v. klimaatverandering alleen gekeken is naar de traject-onderdelen die nog niet op het niveau van een verkenning zijn uitgewerkt in de programmering van het hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP, d.d. oktober 2020. Voor de reeds geprogrammeerde dijkversterkingsprojecten in het HWBP is de klimaatvraag op nul gezet. Het uitgangspunt is dat het HWBP op die trajecten de dijken zodanig versterkt dat ze voldoen aan de nieuwe waterveiligheidsnormen en de toekomstige klimaatverandering op kunnen vangen. Dit is in paragraaf 3 niet nader gespecificeerd en dient in het vervolg van IRM nader uitgewerkt te worden.

Nieuw rivierbodembesluit: Betreft de vraag om het effect van mogelijk nieuw beleid voor rivierbodembesluit. Voor dit aspect is het effect op hoogwaterstanden als de rivierbodem van 20 jaar terug wordt hersteld en gehandhaafd als uitgangspunt genomen.

Gebiedsontwikkelingen: Betreft de vraag om lokale en regionale initiatieven en ontwikkelingen met een mogelijk waterstandverhogend effect te compenseren.

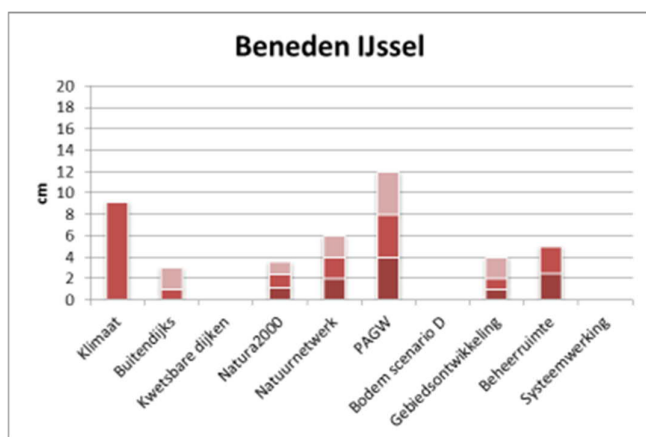
Beheerruimte: Betreft een marge of robuustheidstoelag voor de rivierbeheerder, zodat hij in geval van (tijdelijke) beperkte veranderingen in het riviersysteem en daarbij gepaarde waterstandseffecten als gevolg van natuurlijke processen (morfologische en/of vegetatie ontwikkelingen) en menselijke ingrepen niet direct hoeft in te grijpen.

Rivierkundige systeemwerking: Betreft effecten die voortkomen uit keuzes ten aanzien van de inrichting van het riviersysteem en eisen en wensen aan die inrichting vanwege effecten die in het gehele Nederlandse riviersysteem spelen. Voor de Rijn gaat het om vragen vanuit de hoogwater afvoerverdeling over de Rijntakken en de beheersing van die afvoerverdeling.

Resultaten

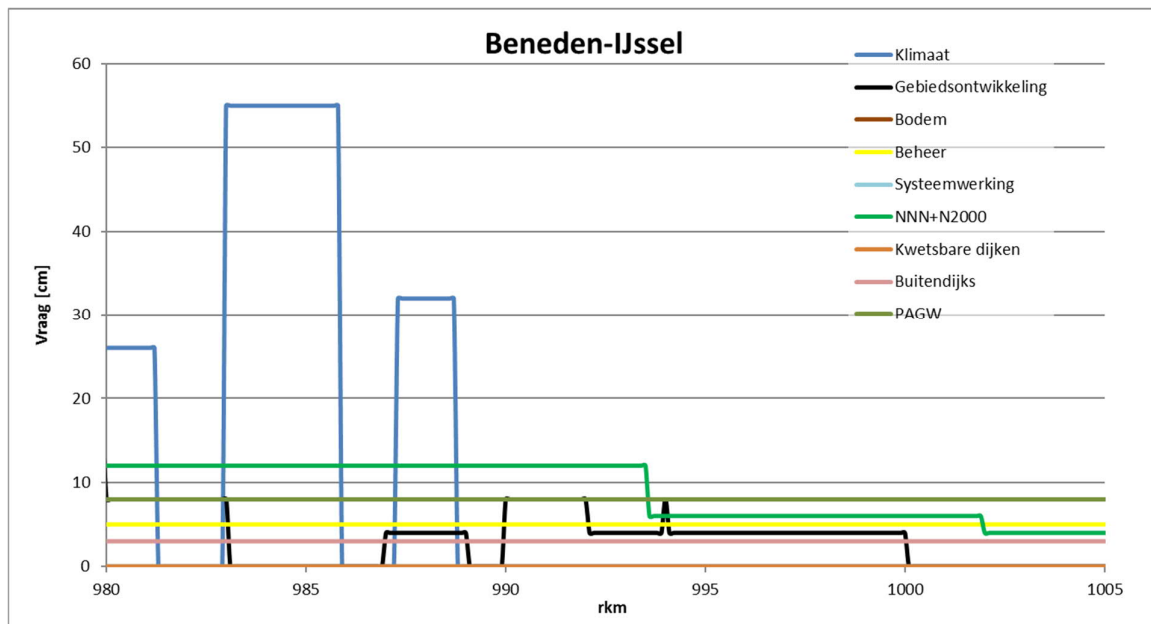
Figuur 2 geeft de trajectgemiddelde waarden per aspect. Zo kan eenvoudig worden afgelezen uit welke aspecten de belangrijkste vragen op dit traject naar voren komen. Indien beschikbaar, zijn ook de minimale en maximale vraag in beeld gebracht. De vraag naar extra afvoercapaciteit is onzeker. Daarom zijn voor een aantal aspecten door deskundigen inschattingen gedaan van de onzekerheid in de vraag, resulterend in een minimale, een gemiddelde en maximale vraag. Voor de overige aspecten is slechts 1 waarde beschikbaar.

Voor de Sallandse IJssel komen uit PAGW, Natuurnetwerk en klimaat de grootste vragen voort.



Figuur 2. De afzonderlijke vragen naar waterstandsval: indicatie van de onzekerheid in de trajectgemiddelde vraag: naast een basisinschatting is door deskundigen een lagere (donker) en hogere (licht) inschatting gegeven.

Het ruimtelijk verloop van de vraag voor de verschillende categorieën is weergegeven in figuur 3. De grootste vraag wordt bepaald door de vraag vanuit klimaat met een piek tot 55 cm. Daarnaast leveren NatuurNetwerkNederland, Natura2000 alsmede PAGW aanzienlijke vragen op.



Figuur 3. De ruimtelijke variatie van de afzonderlijke vragen naar waterstandsaling

afvoer- en bergingscapaciteit tot omvangrijke uitbreiding ervan. Bij behoud wordt extra te realiseren verruiming ingezet voor om rivierfuncties en –ontwikkelingen anders dan waterveiligheid mogelijk te maken, bij uitbreiding komt een deel van de te realiseren verruiming ten goede aan werkelijke vergroting van afvoer- en bergingscapaciteit. Hieronder worden de beleidsopties verder beschreven.

I – Behoud van afvoercapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie I wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten van programma's en ontwikkelingen in het kader van bestaand beleid en/of reeds gemaakte keuzes voor riviergebonden functies binnen IRM te compenseren. Die effecten worden op dit moment conform de Beleidslijn Grote Rivieren binnen elk project/programma afzonderlijk gecompenseerd. Hiermee wordt de huidige afvoercapaciteit behouden, waterstandsaling wordt ingezet als compensatie voor vermindering van de afvoercapaciteit. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Natuurontwikkeling vanuit Natura 2000 en Natuurnetwerk;
- Gebiedsontwikkelingen conform huidig beleid.

II - Uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie II wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten vanuit huidige beleid en vanuit programma's en ontwikkelingen binnen nog te formuleren en vast te stellen beleidsontwikkelingen binnen IRM te compenseren. Hiermee wordt waterstandsaling niet allen ingezet als compensatie voor verlies aan afvoercapaciteit, maar wordt de afvoercapaciteit ook vergroot doordat het elementen bevat die bijdragen aan waterveiligheid en daarmee in potentie de HWBP-opgave kunnen verminderen². Dit betreft het ontzien van kwetsbare en bijzondere dijktrajecten indien aanwezig in het specifieke traject, en opgaven vanuit de werking van het riviersysteem. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

² Volledige invulling van de hoogwaterveiligheidsopgave via rivierverruiming is niet in de beleidsopties opgenomen. Dit is een uitvloeisel van eerdere MKBA-analyses in LTAR-tijd.

- Buitendijks versterken vanuit HWBP;
- Natuurontwikkeling vanuit PAGW;
- Nieuw beleid voor ligging en beheer van de rivierbodem;
- Beheerruimte of robuustheidstoeslag;
- Gebiedsontwikkelingen waarvoor nog geen beleid is vastgesteld;
- Opgaven vanuit de werking van het riviersysteem: de instelling en beheersing van de afvoerverdeling op de Rijntakken.

III Omvangrijke uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken en de klimaatopgave met rivierverruiming trotseren

Met principeoptie III wordt naast rivierverruiming ook ingezet op het opvangen van de klimaatopgave via een aanzienlijke uitbreiding van de afvoercapaciteit. We onderscheiden binnen deze principeoptie twee varianten:

- IIIa: Opgaven vanuit bestaand beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder I)
- IIIb: Opgaven vanuit bestaand en nieuw beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder II).

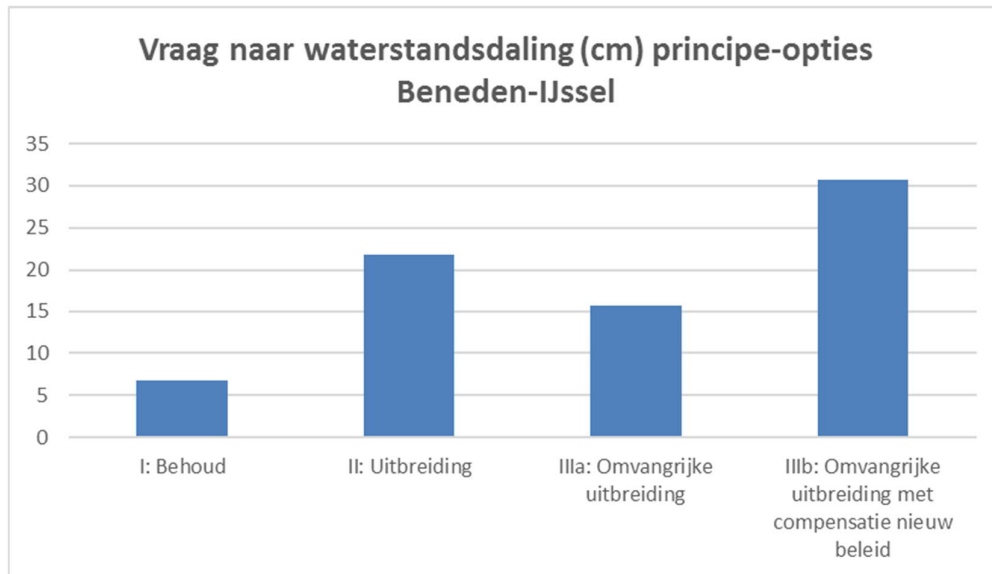
Totaalbeeld principeopties Afvoercapaciteit

Onderstaande tabel en figuren laten zien wat de te realiseren waterstandsdeling zou zijn binnen de verschillende principeopties, als trajectgemiddelde waarden, alsmede de ruimtelijke variatie.

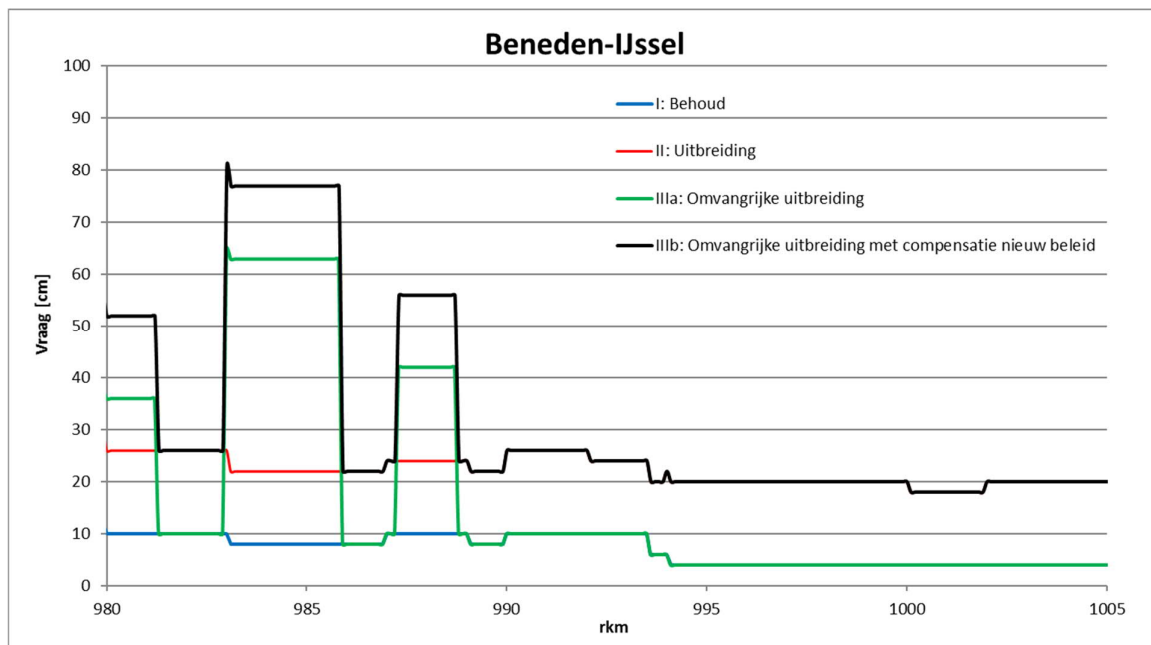
Kanttekening daarbij: De opgaves behorende bij de beleidsopties voor de Beneden-IJssel vragen een nadere beschouwing, aangezien in dit traject stormopzet en rivierafvoer bepalend zijn voor risico's rond waterveiligheid. Waterstandsstijgingen vanuit mogelijke ontwikkelingen kunnen hier niet zonder meer worden doorvertaald naar benodigde waterstandsdalingen. Het Reevediep zelf is niet onderzocht in de QS Afvoercapaciteit. Er is in deze tabel aangenomen dat maximaal dezelfde waarde voor de vraag kan gelden als de Beneden IJssel.

Tabel 4 Principeopties afvoercapaciteit, benodigde cm's waterstandsdaling

Riviertraject Beneden IJssel	Principeopties (cm)			
	I	II	IIIa	IIIb
Trajectgemiddeld	7	22	16	31
Minimum	4	18	4	18
Maximum	10	26	64	81



Figuur 4. Benodigde cm's waterstandsddaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit



Figuur 5. Ruimtelijke variatie van de benodigde cm's waterstandsddaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit

Het aanbod van afvoercapaciteit

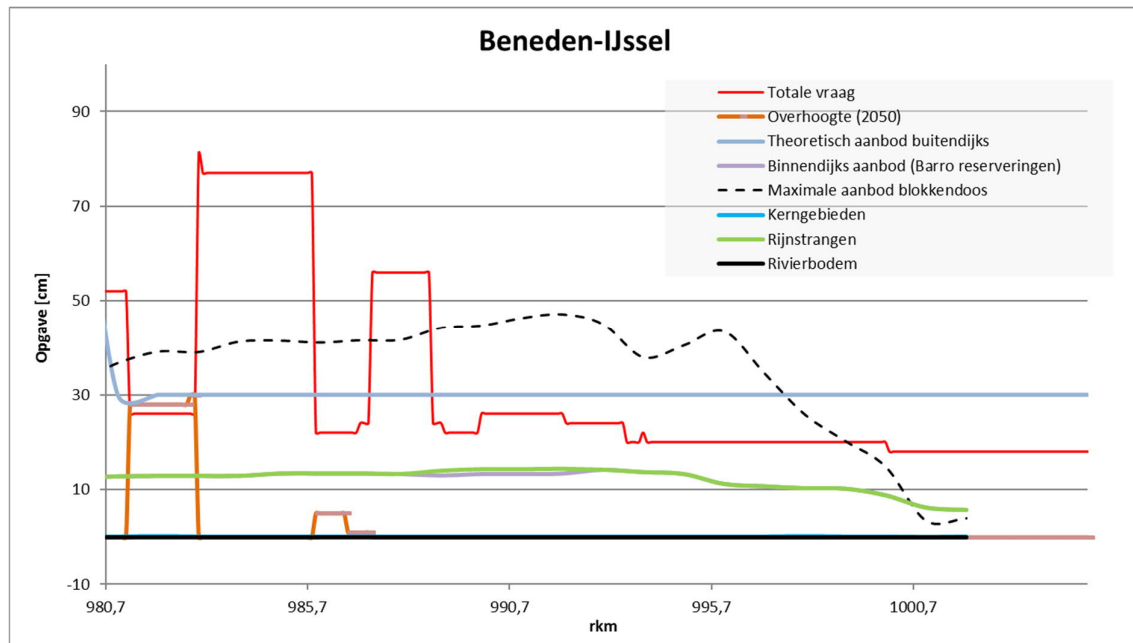
Er is een globaal overzicht gemaakt van het mogelijke te creëren aanbod aan extra afvoercapaciteit in het rivierensysteem. Dit is gedaan op basis van een theoretische beschouwing van principe-maatregelen en eerder uitgevoerde verkenningen in het kader van het Deltaprogramma waarin binnendijkse en buitendijkse rivierverruimende maatregelen in beeld zijn gebracht. Dit resulteert in het volgende overzicht:

1. Afvoercapaciteit in het rivierensysteem die benut kan worden door de aanwezigheid van overhoogte in de dijken;
2. Afvoercapaciteit die maximaal (theoretisch) te realiseren met buitendijkse maatregelen. Dit is ingeschat op basis van een theoretische beschouwing, uitgaande van toepassing van een

effectieve buitendijkse principe-maatregel voor rivierverruiming. Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;

3. Afvoercapaciteit die te realiseren is door het inzetten van maatregelen in binnendijkse gebieden met een Barro reservering;
4. Afvoercapaciteit die te realiseren is met alle maatregelen die in het kader van het Deltaprogramma in beeld zijn gebracht en opgenomen zijn in de Blokkendoos (optelsom van combinatie van alle rivierverruimende maatregelen). Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
5. Afvoercapaciteit die te realiseren is met de maatregelpakketten die in het kader van het Deltaprogramma Rivieren zijn opgesteld (bestaande uit een combinatie van buitendijkse en binnendijkse ingrepen). Voor de Rijn zijn drie maatregelpakketten samengesteld: a. pakket Rijnstrangen, b. pakket Lint, en c. pakket Kerngebieden.

Onderstaand figuur toont de afvoercapaciteit die op basis van bovenstaande rubrieken te creëren is voor het traject Beneden IJssel. Daarnaast is de maximale totale vraag (principe optie IIIb) opgenomen om een eerste vergelijking te kunnen maken met de verschillende aanbod varianten.



Figuur 7. De totaalvraag naar extra afvoercapaciteit samen met het mogelijk te creëren extra aanbod aan afvoercapaciteit langs het traject. Let op: pakket Kerngebieden valt gelijk met pakket Rivierbodem

De belangrijkste conclusies, die hieruit kunnen worden getrokken zijn:

1. Overhoogte is op rivierkilometer 981 – 982 aanwezig en kan daar de gehele vraag opvangen;
2. Met de theoretische beschouwing is afgeleid dat middels grootschalige buitendijkse rivierverruimingsmaatregelen (bv. Oevergeulen en zomerbedverbredingen) de gehele vraag grotendeels kan worden opgevangen, behalve de drie grote pieken op het eerste trajectgedeelte;
3. De Barro reserveringen kunnen lokaal een bijdrage leveren aan het invullen van de vraag, maar aanvullende maatregelen zijn nodig;

4. Alle Blokkendoosmaatregelen tezamen in dit traject kunnen een deel van de totale vraag opvangen. Hier is nog wel nadere differentiatie nodig.
5. Maatregelpakketten in het kader van het Deltaprogramma: Rijnstrangen creëert de meeste waterstandsaling. Echter dit is nog onvoldoende om de totale vraag te kunnen opvangen.

5 Combinatie van potentiële beleidsopties Rivierbodempligging en Afvoercapaciteit

De potentiële beleidsopties voor Rivierbodem en Afvoercapaciteit kunnen niet los van elkaar beschouwd worden. Dit hoofdstuk laat de onderlinge samenhang zien.

Rivierbodem --> afvoer- en bergingscapaciteit

Beleidsopties waarbij de erosie van de rivierbodem wordt stopgezet danwel de bodempligging omhoog wordt gebracht hebben invloed op de hoogwaterstanden. Binnen de huidige versterkingsopgave wordt een vaste bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt niet geanticipeerd op de bodemontwikkeling. Welke bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt, wordt bepaald per waterschap en kan verschillen per riviertraject. Een substantiële verhoging van het rivierbed kan effect hebben op de versterkingsopgave. De beleidsopties waarbij de bodem substantieel omhoog worden gebracht kunnen dus om extra afvoercapaciteit vragen. Het eroderen van de rivierbodem kan extra afvoercapaciteit creëren.

Met andere woorden, indien gekozen wordt voor rivierbodembeleid waarbij de rivierbodem 10 of 20 jaar terug wordt gebracht, wordt dit onderdeel van beleidsopties II en IIIb voor beleid t.a.v. afvoer- en bergingscapaciteit.

Afvoer- en bergingscapaciteit --> rivierbodem

De keuze voor de mate van te realiseren waterstandsdeling (m.a.w. de mate van rivierversuiming) kan ook een effect hebben op de bodem. Daar waar rivierversuiming plaatsvindt met maatregelen die zorgen voor een regelmatige afname van de afvoer door het zomerbed, verandert op lange termijn het evenwichtsprofiel van het zomerbed. Het zomerbed komt hier uiteindelijk omhoog. Hoe groter en meer rivierversuiming plaatsvindt, hoe meer dit bijdraagt aan het verminderen van bodemerosie.

Naast fysieke maatregelen is sedimentmanagement nodig om op korte termijn het gewenste bodemniveau te bereiken. Indien op korte termijn een bodempligging uit het verleden gehandhaafd gaat worden is een initiële suppletie noodzakelijk om deze verhoging op korte termijn te kunnen realiseren.

In de voorgaande studies die in het kader van IRM zijn uitgevoerd, waren het Zwarte Water en de Overijsselse Vecht geen onderdeel van de scope. Dit betekent dat informatie ontbreekt om de factsheets volledig te vullen. Informatie die wel beschikbaar is, is opgenomen. Dit is echter beperkter dan in de andere trajecten. In overleg met betrokkenen zal in 2021 verkend worden of de factsheets voor het Zwarte Water en de Overijsselse Vecht alsnog ingevuld kunnen worden.

1 Ligging

Het traject Zwarte Water loopt van de Keersluis bij Zwolle (km 1) tot aan het Zwarte Meer bij Genemuiden (km 20). In de gepresenteerde figuren is de volgende rivierkilometrerings aangehouden: 101-120, zodat de resultaten in dezelfde figuren als de Overijsselse Vecht kunnen worden gepresenteerd. Het traject is ongeveer 20 km lang.

Het bovenstroomse deel van het Zwarte Water wordt gevoed via de Stadsgrachten van Zwolle, waar de Sallandse Weteringen en het Overijssels Kanaal op afwateren. Ten noorden van Zwolle mondt de Overijsselse Vecht uit in het Zwarte Water. Het Zwarte Water stroomt via plaatsen als Hasselt, Zwartsluis en Genemuiden en mondt uit in het Zwarte Meer. Via de Spooldersluis en het Zwolle-IJsselkanaal is de scheepvaart bij Zwolle is het Zwarte Water in verbinding met de IJssel.. De watersystemen van het Zwarte Water en de IJssel komen in het Ketelmeer bij elkaar. Er komen verschillende regionale wateren (weteringen, vaarten, beken) uit op het Zwarte Water, waaronder de Dedemsvaart bij Hasselt en het Meppelerdiep bij Zwartsluis.

Bij een waterstand onder NAP +0,50 m staat het Meppelerdiep in open verbinding met het Zwarte Water. Bij NAP +0,50 sluit de keersluis en wordt de afvoer geregeld met gemaal Zedemuden.

In figuur 1 is de ligging van het traject weergegeven.



Figuur 1 Ligging van Zwarte Water

2 Blik op het traject

Dit hoofdstuk bevat een beknopte beschrijving van de riviergebonden functies van dit traject. Het beschrijft de essentie van wat er speelt m.b.t. waterveiligheid, bevaarbaarheid, waterbeschikbaarheid, natuur & waterkwaliteit. Dit betreft geen uitgebreide beschrijving van de opgaven. Een uitgebreid beeld op de rivieren met de opgave volgt in het Beeld op de Rivieren dat in het kader IRM wordt ontwikkeld.

Na de essentie van wat er speelt, volgt een beschrijving van de bodemontwikkelingen en de veranderingen in klimaat, de invloed hiervan op de toestand van de rivier (rivierbodempligging, hoog- & laagwaterstanden), en de doorwerking op de riviergebonden functies.

2.1 Wat speelt er met betrekking tot de riviergebonden functies?

Hoogwaterveiligheid

Uiterwaarden dragen bij aan waterveiligheid door waterafvoer te faciliteren en voor komberging bij een gesloten Ramspolkering, dijken beschermen dit gebied tegen overstromingen. De primaire waterkeringen in dit traject voldoen niet aan de geldende norm voor waterveiligheid en zullen versterkt moeten worden. De maximaal toelaatbare overstromingskans van de dijken aan de westzijde (rond polder Mastenbroek) is 1/1.000 per jaar. Aan de oostzijde is de maximaal toelaatbare overstromingskans van de dijken tussen Zwolle en het punt waar de Overijsselse Vecht aantakt 1/3.000 per jaar. Vanaf dat punt hebben de resterende dijken een maximaal toelaatbare overstromingskans van 1/300 per jaar.

De verbetering van de dijken aan de oostzijde van de stad Zwolle met de strengste norm zijn al opgenomen in de HWBP programmering (HWBP project Stadsdijken Zwolle). Datzelfde geldt voor een klein dijktraject bij Hasselt. De andere dijktrajecten zijn voor de periode 2028-2035 opgenomen in de HWBP programmering. De dijkversterkingen bij Hasselt en Zwartsluis zijn vanwege landschappelijke inpassing en/of cultuurhistorische waarden zijn complex en mogelijk moeilijk inpasbaar.

Doordat dit gebied in actieve verbinding staat met het IJsselmeer, wordt hoogwaterwatersituaties niet alleen bepaalt door hoge afvoeren, maar ook door storm/peilopzet vanuit het IJsselmeer. De balgstuw Ramspol is aangelegd om de invloed van stormopzet vanuit het IJsselmeer te verminderen. Het systeem is daarmee over gegaan van een puur windgedomineerd systeem in een systeem waarin waterstanden in een subtiel samenspel van wind en afvoer worden bepaald. Dit maakt de hoogwaterveiligheid voor de IJssel-Vechtdelta complexer dan de andere IRM-riviertrajecten.

De brughoofden bij Hasselt vormen in combinatie met de dichte bebouwing aan weerszijden van de rivier voor een flessenhals waardoor dit aangemerkt is als een hydraulisch knelpunt. Behoud van ruimte is bij de ruimtelijke inrichting en ontwikkeling van het riviersysteem een blijvend aandachtspunt.

Het doorgroeien en uitbreiden van begroeiing in het rivierbed kan leiden tot te hoge hoogwaterstanden. De Vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwing van begroeiing) is

toegestaan. De Vegetatielegger is onderdeel van de Legger Rijkswaterstaatswerken. De Waterwet regelt de leggerplicht van alle waterstaatswerken. In de vorm van overzichtskaarten en regels zijn normen gespecificeerd voor vegetatie in het rivierbed ten behoeve van hoogwaterveiligheid en waterkwaliteit. Ook hiervoor geldt dat het samenspel tussen wind en afvoer het beheer van dit gebied complexer is dan andere riviertrajecten.

Bevaarbaarheid

Via het Zwolle IJsselkanaal staat het Zwarte Water in verbinding met de IJssel en via het Zwarte Meer met het IJsselmeergebied en de vaarwegen naar Amsterdam en het noorden van het land. Daarnaast staat het Zwarte Water in verbinding met het regionale vaarwegsysteem. Het Zwarte Water is tussen het Meppelerdiep bij Zwartsluis en de aansluiting met het Zwarte Meer te ondiep voor de beoogde klasse Va-scheepvaart. Verder stroomopwaarts tot aan het Zwolle IJsselkanaal is er een wens om de vaardiepte te vergroten.

Natuur en waterkwaliteit

Op het gebied van natuur heeft het gebied rond het Zwarte Water een ontwikkelwens vanuit het Nationale Natuur Netwerk. Een groot deel van het Zwarte Water is onderdeel van het Natura 2000 gebied 'uiterwaarden Zwarte Water en Vecht'.

Toekomstige natuurontwikkeling is te verwachten in het kader van bestaand beleid, zoals Nationaal Natuurnetwerk (NNN), de nationale en regionale natuurbeheerplannen en Natura 2000. Er zijn ontwikkelopgaven voor m.n. kievitsbloemhooilanden en ooibossen.

Vanuit de Kaderrichtlijn Water wordt een nevengeul aangelegd ten zuiden van Hasselt en worden natuurvriendelijke oevers gerealiseerd op diverse locaties langs het Zwarte Water.

Aanvullend op het bestaand beleid, wordt ook nieuw natuurbeleid uitgewerkt. Het traject kent een ontwikkelopgave in het kader van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW).

Deze ontwikkelopgave maakt integraal deel uit van de opgave IRM. De PAGW werkt aan plannen voor een robuust riviersysteem passend bij de abiotische uitgangssituatie (gegeven klimaatverandering, economische ontwikkelingen en ecologische knelpunten). Bij toekomstige natuurontwikkeling in het rivierengebied zal in het bijzonder gekeken worden naar de ontwikkeling van een viertal hotspots en naar het verbinden van deze grote natuurgebieden langs de rivier via de corridors. In de corridor tussen de hotspots liggen afwisselend grote en kleine stapstenen met geschikt leefgebied voor de gidssoorten. Er komt focus te liggen op het verbinden van natuurdoelen van de diverse programma's (één natuurdoelstelling in rivierbed).

Het gebied van de IJssel-Vechtdelta (waar het traject van de Beneden IJssel - Reevediep zich volledig in bevindt) is als hotspot aangemerkt.

Het beheer van natuur langs het traject van het Zwarte Water bestaat uit het beheer van de begroeiing in het rivierbed en het sedimentbeheer in zowel uiterwaarden als in natuurvriendelijke oevertrajecten. Hierbij wordt zo veel mogelijk ruimte gegeven aan natuurlijke processen en het verkrijgen van leefgebieden voor bij het riviersysteem passende planten en dieren. De vegetatielegger beschrijft welke begroeiing en vegetatie in het rivierbed ten behoeve van waterkwaliteit en hoogwaterveiligheid (weerstand en opstuwing van begroeiing) is toegestaan. Het

is voor de natuur relevant dat daarbij in voldoende ontwikkelbeheerruimte wordt voorzien, waarmee de natuur ruimte krijgt om zich op natuurlijke wijze te ontwikkelen.

Zoetwaterbeschikbaarheid

Op een aantal locaties in het Zwarte Water wordt zoetwater ingenomen. Het Zwarte Water kent geen grote aandachtspunten met betrekking tot de waterbeschikbaarheid en stuurbaarheid van zoetwater over het landelijke hoofdwatersysteem.

Het Deltaprogramma Zoetwater heeft de belangrijkste 150 inlaatpunten in beeld gebracht. In de buurt van Zwartsluis en Genemuiden is een aantal zoetwaterinlaatpunten. Van belang is dat er voldoende water van voldoende kwaliteit beschikbaar is.

2.2 Bodemontwikkeling en klimaatverandering en hun effect op de rivier

Een aantal omgevingsveranderingen beïnvloedt de toestand van de rivier. Het betreft de grootschalige rivierbodemontwikkeling en klimaatverandering. De veranderingen beïnvloeden de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier en hebben daardoor ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Bodemontwikkeling en het effect op de rivier

Bij het opstellen van deze factsheet was geen informatie bekend over de grootschalige bodemontwikkeling van dit traject en op welke manier de bodemontwikkeling van invloed is op de riviergebonden functies in dit gebied.

Klimaatverandering en effect op de toestand van de rivier

De effecten van klimaatverandering zijn veelzijdig. Klimaatverandering heeft onder andere effect op de hoge en lage rivierafvoeren. Verwacht wordt dat extreme lage en hoge rivierafvoeren vaker voorkomen en langduriger aanhouden.

De ontwikkeling van waterstanden in de Zwarte Water als gevolg van klimaatverandering zijn afhankelijk van zowel de afvoer van de Vecht, het peil van het IJsselmeer en windopzet op het IJsselmeer. Vanwege de invloed van het IJsselmeerpeil wordt aangenomen dat klimaatverandering geen invloed heeft op de laagwaterstanden.

Voor de Zwarte Water is momenteel geen klimaattoeslag beschikbaar om de klimaatverandering te kwantificeren in een waterstand. In de QuickScan Afvoercapaciteit is wel een aanname gedaan voor het effect van klimaatverandering op de hoogwaterstand in 2050.

Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de waterstandeffecten tot 2050.

	waterstand in 2050 door klimaatverandering
Effect op laagwaterstanden	?
Effect op hoogwaterstanden	10 cm

Tabel 2 Effect op waterstanden in 2050 door klimaatverandering

3 Beleidsopties rivierbodembodem IJssel-Vechtdelta

Bij het opstellen van deze factsheet was geen informatie bekend over de grootschalige bodemontwikkeling van dit traject en op welke manier de bodemontwikkeling van invloed is op de riviergebonden functies in dit gebied. Er zijn daarom geen potentiële beleidsopties voor de rivierbodembodem gedefinieerd.

4 Beleidsopties Afvoercapaciteit

Hieronder wordt inzichtelijk gemaakt welke potentiële beleidsopties te onderscheiden zijn m.b.t. de strategische beleidskeuze omtrent extra afvoercapaciteit: principeopties voor behoud en versterking van afvoercapaciteit, en met wat dat zou vragen aan te realiseren waterstandsdaling.

In de QuickScan afvoercapaciteit is voor de gehele Rijn in beeld gebracht welke vraag naar extra afvoercapaciteit er is voor het zichtjaar 2050 (welke initiatieven, plannen en ontwikkelingen vragen om vergroting van afvoercapaciteit?) en welke aanbod gecreëerd kan worden (hoe kunnen we dat realiseren?). In onderstaande onderdelen zijn de belangrijkste resultaten uit de QuickScan Afvoercapaciteit gesommeerd. Nadere details zijn in de QuickScan zelf terug te lezen.

Vraag naar extra afvoercapaciteit

De vraag naar extra afvoercapaciteit is vertaald naar waterstandseffecten en komt voort uit de volgende onderdelen:

Waterveiligheid: Relevante aspecten voor het bepalen van de vraag voor afvoercapaciteit voor deze categorie zijn:

- Klimaatopgave¹: Waterstandeffect voortkomend uit verhoogde afvoeren als gevolg van klimaatverandering.
- Buitendijks versterken: Opstuwing veroorzaakt door het buitenwaarts versterken van dijktrajecten.
- Kwetsbare of waardevolle dijktrajecten: op verschillende plekken is de wens om deze specifieke plekken te ontzien van dijkverhogingen. Deze categorie is opgebouwd uit de normopgave 2015 en de klimaatopgave en bevat daarmee de volledige hoogteopgave uit het HWBP voor die trajecten.

N.b. de hoogteopgave voortvloeiend uit de normering, buiten de kwetsbare dijktrajecten, is dus niet opgenomen. Deze vormt onderdeel van het HWBP.

Natuurontwikkelingen: Betreft de vraag ter compensatie van waterstandseffecten door verruwing binnen natuurontwikkeling i.h.k.v.:

- Natura2000 (N2000)
- Natuurnetwerk Nederland (NNN)
- Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW)

N.b. KRW Kaderrichtlijn water is niet meegenomen in deze Quickscan, omdat hiervan is uitgegaan dat deze waterstandsneutraal worden gerealiseerd.

¹ Het effect van klimaatverandering op hoogwaterstanden wijkt hier af van de inschatting in paragraaf 3. Dit komt doordat bij het specificeren van de vraag naar afvoercapaciteit t.b.v. klimaatverandering alleen gekeken is naar de traject-onderdelen die nog niet op het niveau van een verkenning zijn uitgewerkt in de programmering van het hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP, d.d. oktober 2020. Voor de reeds geprogrammeerde dijkversterkingsprojecten in het HWBP is de klimaatvraag op nul gezet. Het uitgangspunt is dat het HWBP op die trajecten de dijken zodanig versterkt dat ze voldoen aan de nieuwe waterveiligheidsnormen en de toekomstige klimaatverandering op kunnen vangen. Dit is in paragraaf 3 niet nader gespecificeerd en dient in het vervolg van IRM nader uitgewerkt te worden.

Nieuw rivierbodembelid: Betreft de vraag om het effect van mogelijk nieuw beleid voor rivierbodembelid. Voor dit aspect is het effect op hoogwaterstanden als de rivierbodem van 20 jaar terug wordt hersteld en gehandhaafd als uitgangspunt genomen.

Gebiedsontwikkelingen: Betreft de vraag om lokale en regionale initiatieven en ontwikkelingen met een mogelijk waterstandverhogend effect te compenseren.

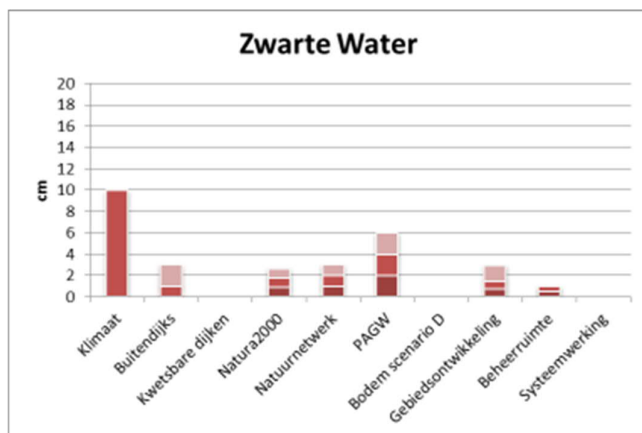
Beheerruimte: Betreft een marge of robuustheidstoelag voor de rivierbeheerder, zodat hij in geval van (tijdelijke) beperkte veranderingen in het riviersysteem en daarbij gepaarde waterstandseffecten als gevolg van natuurlijke processen (morfologische en/of vegetatie ontwikkelingen) en menselijke ingrepen niet direct hoeft in te grijpen.

Rivierkundige systeemwerking: Betreft effecten die voortkomen uit keuzes ten aanzien van de inrichting van het riviersysteem en eisen en wensen aan die inrichting vanwege effecten die in het gehele Nederlandse riviersysteem spelen. Voor de Rijn gaat het om vragen vanuit de hoogwater afvoerverdeling over de Rijntakken en de beheersing van die afvoerverdeling.

Resultaten

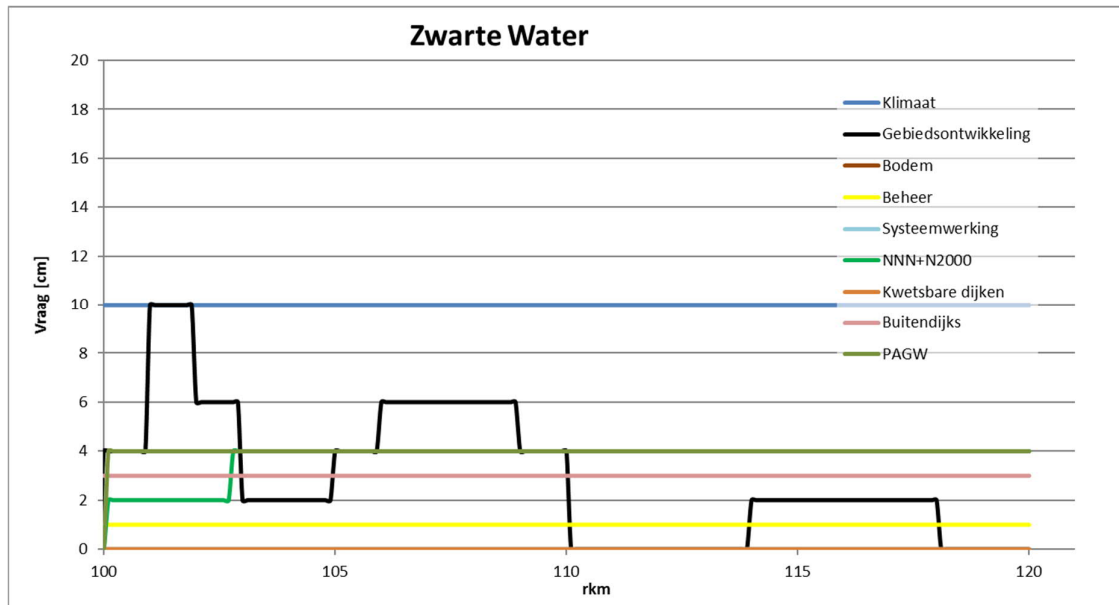
Figuur 2 geeft de trajectgemiddelde waarden per aspect. Zo kan eenvoudig worden afgelezen uit welke aspecten de belangrijkste vragen op dit traject naar voren komen. Indien beschikbaar, zijn ook de minimale en maximale vraag in beeld gebracht. De vraag naar extra afvoercapaciteit is onzeker. Daarom zijn voor een aantal aspecten door deskundigen inschattingen gedaan van de onzekerheid in de vraag, resulterend in een minimale, een gemiddelde en maximale vraag. Voor de overige aspecten is slechts 1 waarde beschikbaar.

Voor het Zwarte Water komen uit PAGW en klimaat de grootste vragen voort.



Figuur 2. De afzonderlijke vragen naar waterstandsvaling: indicatie van de onzekerheid in de trajectgemiddelde vraag: naast een basisinschatting is door deskundigen een lagere (donker) en hogere (licht) inschatting gegeven.

Het ruimtelijk verloop van de vraag voor de verschillende categorieën is weergegeven in figuur 3. Naast een constante klimaatvraag op dit traject vallende verschillende gebiedsontwikkelingen op met een maximale vraag van 10 cm.



Figuur 3. De ruimtelijke variatie van de afzonderlijke vragen naar waterstandsaling

Principeopties voor omgaan met afvoercapaciteit

Potentiële opties voor beleid voor omgang met afvoercapaciteit variëren van behoud van de huidige afvoer- en bergingscapaciteit tot omvangrijke uitbreiding ervan. Bij behoud wordt extra te realiseren verruiming ingezet voor om rivierfuncties en –ontwikkelingen anders dan waterveiligheid mogelijk te maken, bij uitbreiding komt een deel van de te realiseren verruiming ten goede aan werkelijke vergroting van afvoer- en bergingscapaciteit. Hieronder worden de beleidsopties verder beschreven.

I – Behoud van afvoercapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie I wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten van programma's en ontwikkelingen in het kader van bestaand beleid en/of reeds gemaakte keuzes voor riviergebonden functies binnen IRM te compenseren. Die effecten worden op dit moment conform de Beleidslijn Grote Rivieren binnen elk project/programma afzonderlijk gecompenseerd. Hiermee wordt de huidige afvoercapaciteit behouden, waterstandsaling wordt ingezet als compensatie voor vermindering van de afvoercapaciteit. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Natuurontwikkeling vanuit Natura 2000 en Natuurnetwerk;
- Gebiedsontwikkelingen conform huidig beleid.

II - Uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie II wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten vanuit huidige beleid en vanuit programma's en ontwikkelingen binnen nog te formuleren en vast te stellen beleidsontwikkelingen binnen IRM te compenseren. Hiermee wordt waterstandsaling niet alleen ingezet als compensatie voor verlies aan afvoercapaciteit, maar wordt de afvoercapaciteit ook vergroot doordat het elementen bevat die bijdragen aan waterveiligheid en daarmee in potentie de HWBP-opgave kunnen verminderen². Dit betreft het ontzien van kwetsbare en bijzondere

² Volledige invulling van de hoogwaterveiligheidsopgave via rivierverruiming is niet in de beleidsopties opgenomen. Dit is een uitvloeisel van eerdere MKBA-analyses in LTAR-tijd.

dijktrajecten indien aanwezig in het specifieke traject, en opgaven vanuit de werking van het riviersysteem. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Buitendijks versterken vanuit HWBP;
- Natuurontwikkeling vanuit PAGW;
- Nieuw beleid voor ligging en beheer van de rivierbodem;
- Beheerruimte of robuustheidstoeslag;
- Gebiedsontwikkelingen waarvoor nog geen beleid is vastgesteld;
- Opgaven vanuit de werking van het riviersysteem: de instelling en beheersing van de afvoerverdeling op de Rijntakken.

III Omvangrijke uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken en de klimaatopgave met rivierverruiming trotseren

Met principeoptie III wordt naast rivierverruiming ook ingezet op het opvangen van de klimaatopgave via een aanzienlijke uitbreiding van de afvoercapaciteit. We onderscheiden binnen deze principeoptie twee varianten:

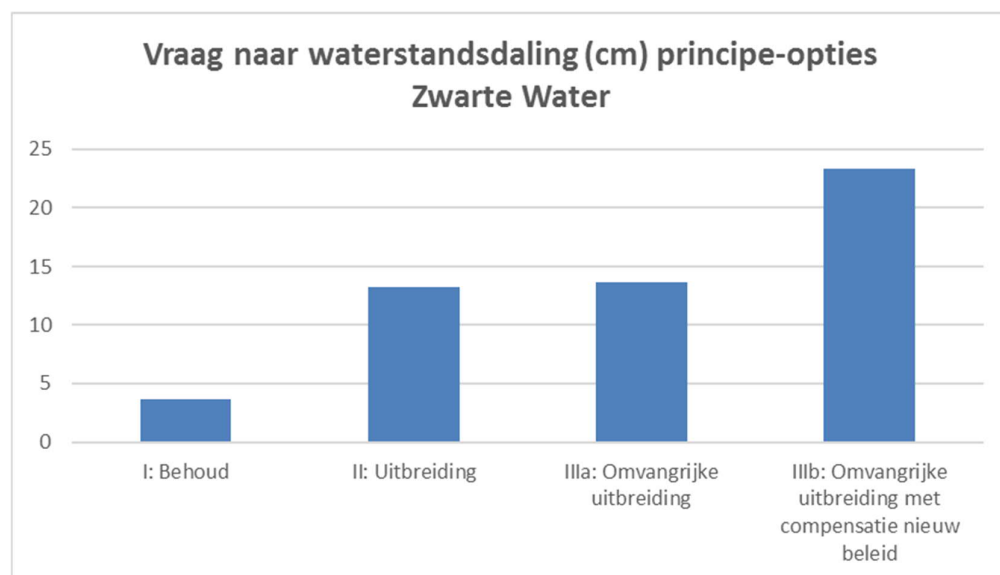
- IIIa: Opgaven vanuit bestaand beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder I)
- IIIb: Opgaven vanuit bestaand en nieuw beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder II).

Totaalbeeld principeopties Afvoercapaciteit

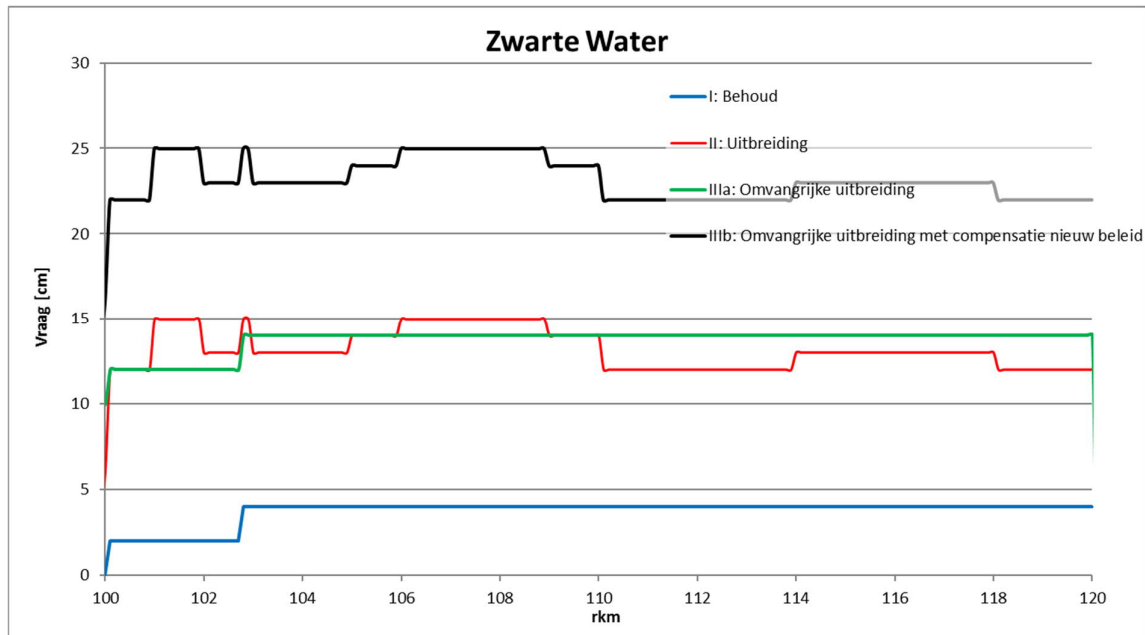
Onderstaande tabel en figuren laten zien wat de te realiseren waterstandsddaling zou zijn binnen de verschillende principeopties, als trajectgemiddelde waarden, alsmede de ruimtelijke variatie.

Tabel 4 *Principeopties afvoercapaciteit, benodigde cm's waterstandsddaling*

Riviertraject Zwarte Water	Principeopties (cm)			
	I	II	IIIa	IIIb
Trajectgemiddeld	4	13	14	23
Minimum	0	4	10	14
Maximum	4	15	15	25



Figuur 4 *Benodigde cm's waterstandsddaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit*



Figuur 5. Ruimtelijke variatie van de benodigde cm's waterstands daling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit

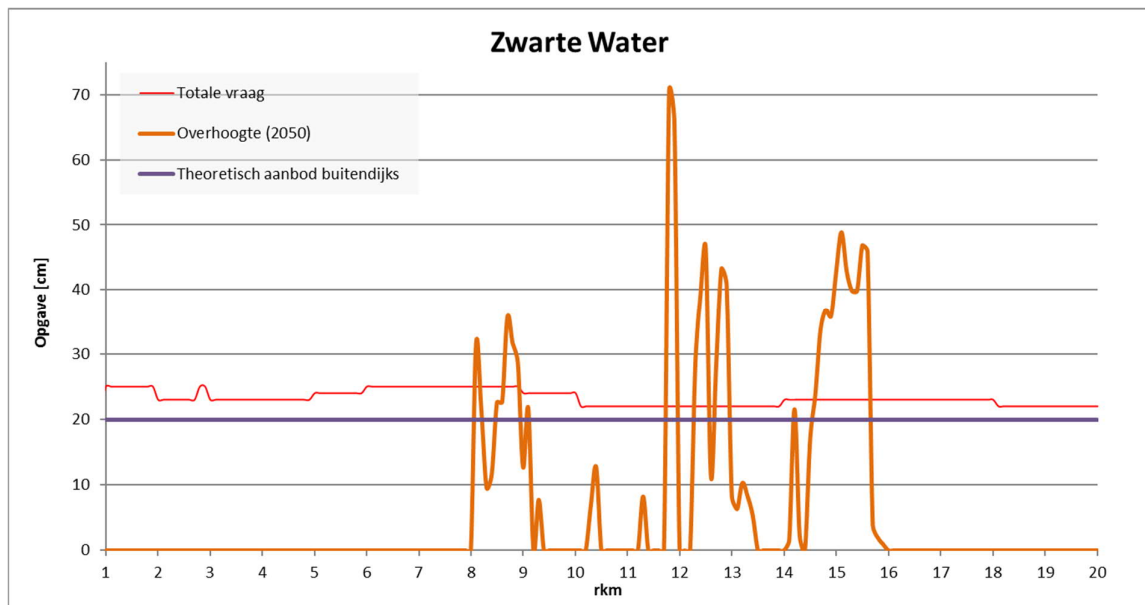
Het aanbod van afvoercapaciteit

Er is een globaal overzicht gemaakt van het mogelijke te creëren aanbod aan extra afvoercapaciteit in het rivierensysteem. Dit is gedaan op basis van een theoretische beschouwing van principe-maatregelen. Dit resulteert in het volgende overzicht:

1. Afvoercapaciteit in het rivierensysteem die benut kan worden door de aanwezigheid van overhoogte in de dijken;
2. Afvoercapaciteit die maximaal (theoretisch) te realiseren met buitendijkse maatregelen. Dit is ingeschat op basis van een theoretische beschouwing, uitgaande van toepassing van een effectieve buitendijkse principe-maatregel voor rivierverruiming. Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen. Aandachtspunt is de minder effectieve rivierverruiming in het benedenstroomse gedeelte vanwege de grote invloed van het meerpeil;

In het Deltaprogramma zijn op dit traject geen maatregelpakketten opgesteld.

Onderstaand figuur toont de afvoercapaciteit die op basis van bovenstaande rubrieken te creëren is voor het traject Zwarte Water. Daarnaast is de maximale totale vraag (principe optie IIIb) opgenomen om een eerste vergelijking te kunnen maken met de verschillende aanbod varianten.



Figuur 6. De totaalvraag naar extra afvoercapaciteit samen met het mogelijk te creëren extra aanbod aan afvoercapaciteit langs het traject.

De belangrijkste conclusies, die hieruit kunnen worden getrokken zijn:

1. Overhoogte is vanaf rivierkilometer 8 – 16 veelvuldig aanwezig en kan daar de gehele vraag opvangen.;
2. Met de theoretische beschouwing is afgeleid dat middels grootschalige buitendijkse rivierverruimingsmaatregelen (bv. Oevergeulen en zomerbedverbredingen) het grootste deel van de vraag kan worden opgevangen, maar aanvullende maatregelen zijn nodig;

5 Combinatie van potentiële beleidsopties Rivierbodempligging en Afvoercapaciteit

Bij het opstellen van deze factsheet was geen informatie bekend over de grootschalige bodemontwikkeling van dit traject en op welke manier de bodemontwikkeling van invloed is op de riviergebonden functies in dit gebied.

De potentiële beleidsopties voor Rivierbodem en Afvoercapaciteit kunnen niet los van elkaar beschouwd worden. Dit hoofdstuk laat de onderlinge samenhang zien.

Rivierbodem --> afvoer- en bergingscapaciteit

Beleidsopties waarbij de erosie van de rivierbodem wordt stopgezet danwel de bodempligging omhoog wordt gebracht hebben invloed op de hoogwaterstanden. Binnen de huidige versterkingsopgave wordt een vaste bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt niet geanticipeerd op de bodemontwikkeling. Welke bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt, wordt bepaald per waterschap en kan verschillen per riviertraject. Een substantiële verhoging van het rivierbed kan effect hebben op de versterkingsopgave. De beleidsopties waarbij de bodem substantieel omhoog worden gebracht kunnen dus om extra afvoercapaciteit vragen. Het eroderen van de rivierbodem kan extra afvoercapaciteit creëren.

Met andere woorden, indien gekozen wordt voor rivierbodembeleid waarbij de rivierbodem 10 of 20 jaar terug wordt gebracht, wordt dit onderdeel van beleidsopties II en IIIb voor beleid t.a.v. afvoer- en bergingscapaciteit.

Afvoer- en bergingscapaciteit --> rivierbodem

De keuze voor de mate van te realiseren waterstandsdaling (m.a.w. de mate van rivierverruiming) kan ook een effect hebben op de bodem. Daar waar rivierverruiming plaatsvindt met maatregelen die zorgen voor een regelmatige afname van de afvoer door het zomerbed, verandert op lange termijn het evenwichtsprofiel van het zomerbed. Het zomerbed komt hier uiteindelijk omhoog. Hoe groter en meer rivierverruiming plaatsvindt, hoe meer dit bijdraagt aan het verminderen van bodemerosie.

Naast fysieke maatregelen is sedimentmanagement nodig om op korte termijn het gewenste bodemniveau te bereiken. Indien op korte termijn een bodempligging uit het verleden gehandhaafd gaat worden is een initiële suppletie noodzakelijk om deze verhoging op korte termijn te kunnen realiseren.

In de voorgaande studies die in het kader van IRM zijn uitgevoerd, was het Zwarte Water en de Overijsselse Vecht geen onderdeel van de scope. Dat betekent dat informatie ontbreekt om de informatieblad volledig te vullen. Informatie die wel beschikbaar is, is opgenomen. Dit is echter beperkter dan in de andere trajecten. In overleg met betrokkenen is verder verkend hoe de informatieblad voor het Zwarte Water en de Overijsselse Vecht alsnog ingevuld konden worden. De Verkenning Veilige Vecht is een belangrijke bron voor karakteristieken en de basis voor de beleidsopties. In deze verkenning wordt naast dijkversterking ook onderzocht welke bijdrage maatregelen in het watersysteem (rivier en stroomgebied) kunnen leveren aan de waterveiligheid, klimaatbestendigheid en kansen voor het gebied.

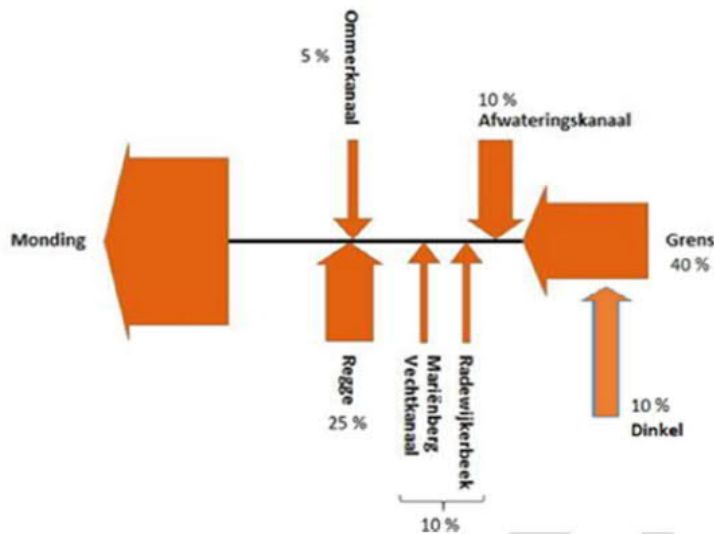
1 Ligging

Het deel van de Overijsselse Vecht die in de scope van het programma Integraal Riviermanagement wordt beschouwd loopt van Varsen (km 35,5) waar de Regge instroomt in de Vecht tot aan het Zwarte Water bij Zwolle (km 60). Het traject is bijna 25 km lang. In figuur 1 is de ligging van het traject weergegeven.



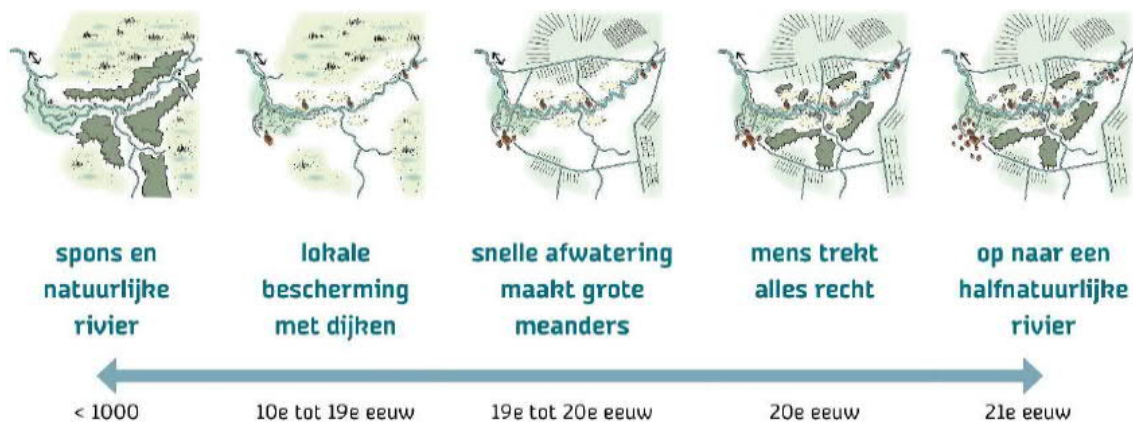
Figuur 1 Ligging van Overijsselse Vecht

De Overijsselse Vecht heeft zijn oorsprong in Duitsland. De Overijsselse Vecht heeft een totale lengte van 167 km, met een verval van 105 meter, waarvan 60 km in Nederland ligt. De Overijsselse Vecht is een echte regenrivier en heeft daardoor een zeer fluctuerende afvoer. De fluctuatie in rivierafvoer wordt versterkt door het al dan niet samenvallen van de zijdelingse toestromen vanuit verschillende regionale wateren (weteringen, kanalen, beken) op de Overijsselse Vecht.



Figuur 2 Herkomst van water in de Overijsselse Vecht

Door grootscheepse aanpassingen in de waterhuishouding van de Vecht en in het stroomgebied van de Vecht is de piekafvoer toegenomen en de minimale afvoer afgenomen ten opzichte van de oorspronkelijke situatie (zie ook figuur Historische ontwikkeling). De basisafvoer is ca. 2,5 m³/seconde, er moet een minimale afvoer van 1,5 m³ per seconde worden gewaarborgd (Waterakkoord Twentekanaal Overijsselse Vecht). In de praktijk is, gemeten bij Dalfsen, de afvoer zomer en winterafvoer resp. 23 en 72 m³/seconde. De maximale afvoer is 550 m³/sec.

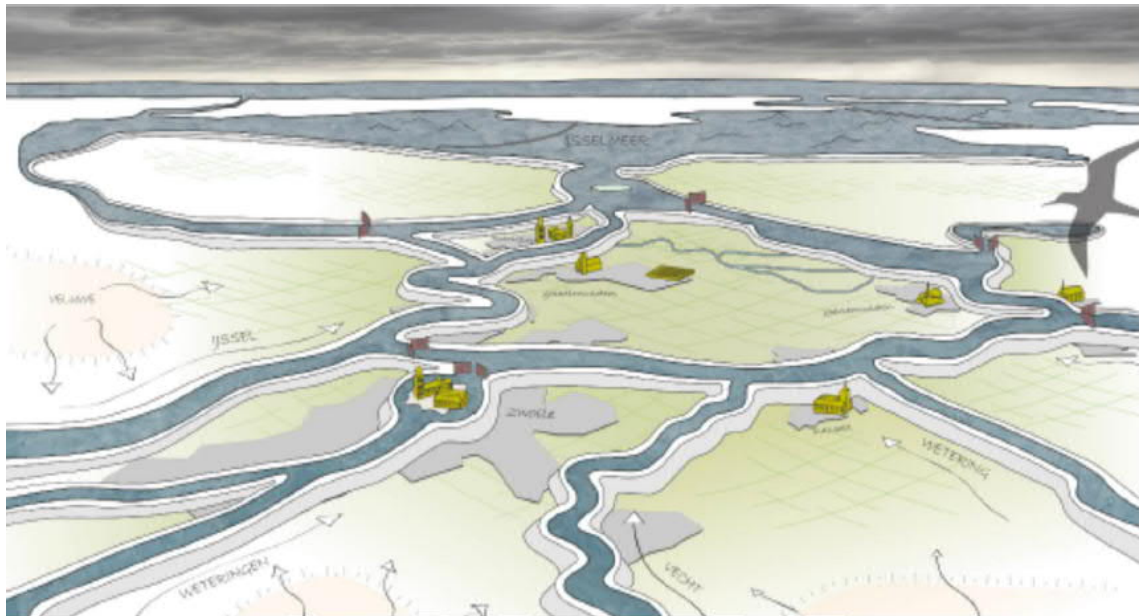


Figuur 3 Historische ontwikkeling van de Vecht (bron: concept Ruimtelijk Kwaliteitskader Veilige Vecht)

Ten noorden van Zwolle mondt de Overijsselse Vecht uit in het Zwarte Water. Via de grachten van de Zwolse binnenstad staat het systeem van Zwarte Water en Vecht ook rechtsreeks in verbinding met de Sallandse Weteringen, deze verbinding is af te sluiten met een beweegbare kering ter hoogte van Zwolle. Via de Spooldersluis en het Zwolle-IJsselkanaal is de scheepvaart bij Zwolle vanaf de Overijsselse Vecht in verbinding met de IJssel. De watersystemen van de Overijsselse Vecht en de IJssel komen in het Ketelmeer bij elkaar. Juist dit complexe systeem maakt ook dat richting de toekomst Zwolle op een vanuit waterveiligheid gezien kwetsbare locatie ligt (zie figuur 4 Ligging van Zwolle in de IJssel-Vechtdelta).

Via het Meppelerdiep heeft het riviersysteem koppeling met het Drentse watersysteem van kanalen en beken vanaf het Drentse plateau. De waterafvoer gaat via deze koppeling maar, niet minder

belangrijk, is dit in droge perioden voor Drenthe een belangrijke aanvoerroute (DPA-Drents Primair Aanvoersysteem).



Figuur 4: Ligging van Zwolle in de IJssel-Vechtdelta (bron: Strategie Waterveiligheid en klimaatbestendigheid IJssel-Vechtdelta, 2015).

2 Blik op het traject

Dit hoofdstuk bevat een beknopte beschrijving van de riviergebonden functies van dit traject. Het beschrijft de essentie van wat er speelt m.b.t. waterveiligheid, bevaarbaarheid, waterbeschikbaarheid, natuur & waterkwaliteit. Dit betreft geen uitgebreide beschrijving van de opgaven. Een uitgebreid beeld op de rivieren met de opgave volgt in het Beeld op de Rivieren dat in het kader van IRM wordt ontwikkeld.

Na de essentie van wat er speelt, volgt een beschrijving van de bodemontwikkelingen en de veranderingen in klimaat, de invloed hiervan op de toestand van de rivier (rivierbodempligging, hoog- & laagwaterstanden), en de doorwerking op de riviergebonden functies.

2.1 Wat speelt er met betrekking tot de riviergebonden functies?

Masterplan Vecht – Visie Lange termijn: een veilige, beleefbare, halfnatuurlijke laaglandrivier

Onder de vlag van een samenwerking van 13 gebiedspartijen is een visie opgeschreven in het 'Masterplan Ruimte voor de Vecht'¹, om te komen tot een veilige, beleefbare, halfnatuurlijke laaglandrivier. Diverse maatregelen zijn in deeltrajecten getroffen, zowel in het IRM-deel en het bovenstroomse deel van de Vecht, die bijdragen aan de realisatie van de 'half natuurlijke laagland rivier'. Maatregelen als: verwijderen van de oeverbekleding en stortsteen, graven van nevengeulen, aanleg van poelen en slenken in de uiterwaarden. Verder wordt er in het kader van de 'half natuurlijke laagland rivier' gestreefd naar een meer natuurlijk stuwregime. De komende jaren moeten nog meer maatregelen genomen worden om het doel van de visie te bereiken.

Hoogwaterveiligheid

Het stroomgebied van de Vecht ligt voor een groot deel in Nederland ligt. Dit deel van de Vecht wordt sterk beïnvloed door het gehele stroomgebied. Maatregelen bovenstrooms van dit watersysteem kunnen effect hebben op de reductie van de piekafvoer en daarmee op de hoogwaterafvoer op de Vecht.

Uiterwaarden dragen bij aan waterveiligheid door waterafvoer te faciliteren, de primaire en regionale keringen beschermen dit gebied tegen overstromingen. De primaire waterkeringen in dit traject voldoen niet aan de geldende norm voor waterveiligheid en zullen versterkt moeten worden. De maximaal toelaatbare overstromingskans van de dijken aan de noordzijde is 1/300 per jaar en aan de zuidzijde 1/3.000 per jaar. De verbetering van de dijken van Dalfsen tot aan Zwolle aan beide zijden van de rivier zijn opgenomen in de HWBP programmering. De andere dijktrajecten zijn voor de periode na 2030 opgenomen in de HWBP programmering.

Om Dalfsen en Zwolle ook in de toekomst te beschermen, gaat het waterschap Drents Overijsselse Delta de Vechtdijken versterken. Daarnaast onderzoekt het waterschap samen met waterschap Vechtstromen en provincie en gemeenten of andere maatregelen langs de Vecht en in het stroomgebied van de Vecht ook kunnen bijdragen aan de waterveiligheid tussen Dalfsen en Zwolle. De dijkversterking en systeemmaatregelen worden onderzocht in het HWBP-project 'Veilige Vecht'.

¹ Masterplan: Onze visie – Ruimte voor de Vecht

Hiermee wordt voortgebouwd op de resultaten van de Project Overstijgende Verkenning (POV) Systeemmaatregelen Vecht (2018). Uit dit conceptuele samenwerkingsproject van waterschappen Vechtstromen en Drenst Overijsselse Delta is gebleken dat verschillende typen systeemmaatregelen in het Vechtdal de afvoer van de Vecht en/of de hydraulische belastingen (waterstanden en golven) op de dijken kunnen verlagen. Op deze manier kunnen systeemmaatregelen een bijdrage leveren aan de waterveiligheidsopgave tussen Dalfsen en Zwolle en de omvang van een dijkversterking tussen Dalfsen en Zwolle mogelijk beperken. Het bergen van water op de Vecht en in andere de meer bovenstroomse delen van de regionale watersystemen reduceert de afvoerpiek en draagt bij aan de waterveiligheid benedenstrooms. Bij het zoeken van mogelijke oplossingsrichtingen is zoveel mogelijk aangesloten bij de trits van vasthouden – bergen – afvoeren, wat leidt tot onderstaande maatregeltypes. Deze maatregelen zijn echter een stap extra boven op de waterveiligheidsopgave van het HWBP.

Om deze maatregelen daadwerkelijk tot realisatie te kunnen krijgen dienen ze zoveel mogelijk aan te sluiten bij ontwikkeldoelstellingen in de stroomopwaarts gelegen gebieden. Te denken valt aan thema's zoals duurzame landbouw, natuurontwikkeling, optimalisatie van het watersysteem en vitaal platteland.

De waterschappen Drents Overijsselse Delta en Vechtstromen voeren gezamenlijk de verkenning uit van de dijkversterking tussen Dalfsen en Zwolle. Daarbij worden ook systeemmaatregelen onderzocht, zowel in het traject als elders in het stroomgebied van de Vecht. Systeemmaatregelen bestaan uit rivierverruiming, waterberging en water vasthouden in de haarvaten van het systeem. Zo worden onder andere een dijkverlegging bij Zwolle/Herften, waterberging bij Dalfsen, oplossen van een hydraulisch knelpunt in Dalfsen en nevengeulen tussen Ommen en Dalfsen onderzocht.

Het gebied benedenstrooms van Vechterweerd staat in actieve verbinding met het IJsselmeer. Hierdoor wordt de hoogwaterwatersituaties niet alleen bepaald door hoge afvoeren, maar ook door storm/peilopzet vanuit het IJsselmeer. De Vechterweerd is een fors obstakel dat de windopzet vanuit het IJsselmeer behoorlijk reduceert/blokkeert.

De dynamiek van de afvoer en de windwerking levert wisselende waterstanden op, dit levert ook kansen voor de ontwikkeling van een systeem (Vechtstrangen) waarin het binnendijks gebied samen met buitendijks gebied deel uitmaakt van het stelsel van rivieren of de Delta en zo in verbinding staat met het regionale watersysteem rondom Zwolle. Deze aanpak levert ook een bijdrage aan de waterveiligheid.

De brughoofden van de A28 bij Zwolle en de N757 bij Dalfsen vormen een flessenhals waardoor ze aangemerkt zijn als een hydraulisch knelpunt. Behoud van ruimte is bij de ruimtelijke inrichting en ontwikkeling van het riviersysteem een blijvend aandachtspunt.

Het rivierbed wordt volgens de beleidslijn Grote Rivieren en Beleidsregels Overijsselse Vecht van het waterschap beheerd. Dit betekent dat het rivierbed jaarlijks geschouwd wordt op verruiming. Waar nodig wordt gehandhaafd zodat de rivierafvoer voldoende geborgd blijft. Het waterschap maakt geen gebruik van een vegetatielegger, de manier waarop de uiterwaarden worden beheerd zijn vastgelegd in het beheerplan. Nieuwe ontwikkelingen en activiteiten worden getoetst aan de beleidsregels Overijsselse Vecht. De beleidsregels Overijsselse Vecht zijn in ontwikkeling.

Bevaarbaarheid

De Overijsselse Vecht is een vaarweg voor regionale en recreatieve scheepvaart.

Begin 19e eeuw is de Overijsselse Vecht gekanaliseerd. Een groot aantal rivierbochten werd afgesneden. Ook werden er zeven stuwen met schutsluizen aangelegd, waarvan de sluisen bij Junne en Mariënberg een paar jaar geleden zijn aangelegd. In het IRM-traject bevinden zich twee stuwen: de stuw bij Vilsteren en de stuw bij Vechterweerd (tussen Dalfsen en Zwolle). In de nevengeul bij Visteren is eveneens een stuw aangelegd, stuw Plaggenmars. De nevengeul is niet passeerbaar voor de recreatievaart. De Overijsselse Vecht is niet bevaarbaar voor beroepsvaart, maar alleen door kleine klasse gemotoriseerde recreatievaart. Op dit moment wordt ter gewerkt aan het beleid voor het varen op de Vecht, belangrijk onderdeel is de zonering van 'Rust en Drukte'.

De maximaal toelaatbare vaardiepte wordt bepaald door de drempels in de sluisen:

- Vechterweerd: Maximale diepte ca. 1,25 m. minimaal 1,10 op de drempel,
- Vilsteren: maximale diepgang 1,15 m.

Voor de overige trajecten wordt een vaardiepte van 1,5 meter gegarandeerd.

Door de realisatie van de twee sluisen en Junne en Mariënheem is er een toename in vaarbewegingen op de Vecht. Hiervoor zullen er ook extra voorzieningen noodzakelijk bij de sluisen Vechterweerd en Vilsteren. De komende jaren zal hier aan worden gewerkt.

De Overijsselse Vecht is een vaarweg voor regionale en recreatieve scheepvaart. Door de vele maatregelen die zijn getroffen in en langs de Vecht is er meer zandtransport en afzetting in het zomerbed. Hierdoor wordt vaardiepte de komende jaren een belangrijk aandachtspunt. Onderzoek naar de ontwikkeling van het zandtransport zal de komende jaren een beter beeld moeten geven van de bodemligging. Baggeren zal wellicht noodzakelijk zijn, in de praktijk kan dit botsen met natuurbelangen.

- I. Huidige bodemontwikkeling past binnen het stramien te ontwikkelen naar een half natuurlijke laaglandrivier. Ingrijpen dus minimaal.
- II. Alleen baggeren op de noodzakelijke locaties nabij sluisen.

Natuur en waterkwaliteit

Op het gebied van natuur heeft het gebied rond de Overijsselse Vecht een ontwikkelwens vanuit het Nationale Natuur Netwerk. Een groot deel van de Overijsselse Vecht is aangemerkt als Natura 2000 gebied.

Toekomstige natuurontwikkeling is te verwachten in het kader van bestaand beleid, zoals Nationaal Natuurnetwerk, de nationale en regionale natuurbeheerplannen en Natura 2000. Er zijn ontwikkelopgaven voor boskernen en andere habitats.

Het N2000 project Uiterwaarden Zwartewater Vecht gaat in 2021 in uitvoering. Maatregelen tbv de verbetering van het kievitsbloemhooiland zijn de belangrijkste opgave binnen dit project. Werkzaamheden worden daar waar mogelijk gecombineerd met maatregelen in het kader van KRW-maatregelen langs de oevers van het Zwartewater en het benedenstrooms van stuw Vechterweerd liggende deel van de Vecht.

De Kaderrichtlijn Water (KRW) betekent voor de Overijsselse Vecht dat in 2027 kenmerkende soorten van vissen, macrofauna en waterplanten weer voldoende voorkomen en de waterkwaliteit aan de internationale normen voldoet. Afgelopen jaren zijn er al diverse KRW-maatregelen genomen. Het verplichte KRW-monitoringprogramma richt zich op de levensgemeenschappen in de

hoofdgeul en de nevengeulen. Om de effecten van de maatregelen op het Overijsselse Vechtsysteem te kunnen evalueren worden metingen gedaan die zich focussen op ontwikkeling van kenmerkende rivierhabitats en hun rheofiele (stromingsminnende) bewoners, die gebonden zijn aan de natuurlijke processen.

Met nog te nemen maatregelen wordt een meer natuurlijke inrichting van de rivier en uiterwaarden gerealiseerd waardoor de leefomstandigheden voor vis (en macrofauna) en versterking van de oevervegetatie (microflora) in het KRW-waterlichaam Vecht worden verbeterd. Ook zullen er maatregelen genomen moeten worden die een bijdrage leveren aan de verbetering van de visstrek vanaf de Noordzee tot aan de bron van de Vecht, een deel van deze maatregelen moeten worden genomen in het benedenstroomse deel van de Vecht. Deze maatregelen dragen ook bij aan de realisatie van de 'half natuurlijke laaglandrivier'.

Voor het IRM deel van de Vecht staan (voorlopig) de volgende KRW-maatregelen voor derde planperiode in de planning:

- Aanleg leefgebied voor vis in verlandde slenken;
- Natuurlijker inrichten van uiterwaarden (dmv slenken en poelen);
- Verwijderen oeverbescherming;
- Aanpassingen aan stuwen in hoofd- en nevengeul;
- Inbrengen van hout in geulen;
- Aanpassing van peilen naar natuurlijker peilbeheer.

Aanvullend op het bestaand beleid, wordt ook nieuw natuurbeleid uitgewerkt. Het traject kent een ontwikkelopgave in het kader van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW). Deze ontwikkelopgave maakt integraal deel uit van de opgave IRM. De PAGW werkt aan plannen voor een robuust riviersysteem passend bij de abiotische uitgangssituatie (gegeven klimaatverandering, economische ontwikkelingen en ecologische knelpunten). Bij toekomstige natuurontwikkeling in het riviereengebied zal in het bijzonder gekeken worden naar de ontwikkeling van een viertal hotspots en naar het verbinden van deze grote natuurgebieden langs de rivier via de corridors. In de corridor tussen de hotspots liggen afwisselend grote en kleine stapstenen met geschikt leefgebied voor de gidssoorten. Er komt focus te liggen op het verbinden van natuurdoelen van de diverse programma's (één natuurdoelstelling in rivierbed).

Het gebied van de IJssel-Vechtdelta is als hotspot aangemerkt. De Overijsselse Vecht maakt hier geen onderdeel van uit, maar sluit hier wel op aan.

Het Vechtdal is voor wat betreft de stikstofproblematiek één van de deelgebieden waar binnen ook onderzocht wordt hoe opgaven en ontwikkelingen op het gebied van landbouw, natuur en water, elkaar kunnen versterken en een plek krijgen in de gebiedsagenda Gebiedsgerichte Aanpak Stikstof² van de provincie Overijssel.

Zoetwaterbeschikbaarheid

Op een aantal locaties langs de Vecht wordt zoetwater ingenomen. De Overijsselse Vecht kent ook aandachtspunten met betrekking tot de waterbeschikbaarheid en stuurbaarheid van zoetwater over het watersysteem. De Vecht is een regenrivier en de afvoer daalt in droge perioden sterk. Het water is in droge periode afkomstig van de IJssel en wordt via de Twente kanalen aangevoerd. Flinkere delen van de uiterwaarden verdrogen, wat nadelig is voor zowel de aanwezige landbouw als de natuur. Dit vraagt om een systeem dat water regionaal beter en langer vast kan houden om de

² Gebiedsgerichte Aanpak Stikstof is een programma van de Provincie Overijssel. Voor meer informatie: Dossier stikstof: aanpak stikstof Overijssel - Provincie Overijssel

vraag naar water niet toe te laten nemen. Vasthouden in de haarvaten draag bovendien bij aan het voorkomen van afvoerpieken en langzaam weer afgeven van water.

Het binnendijkse gebied dat vanuit dit systeem wordt gevoed valt onder ZON, waarbij wordt ingestoken op sparen, aanvoeren en accepteren. Een aangepast grond- en watergebruik is nodig om de verdroging van de uiterwaarden en binnendijkse gebieden aan te pakken.

Bij Vechterweerd is er een wens voor de uitbreiding van de capaciteit voor drinkwaterwinning met oeverinfiltratie. Dit vraagt om een constante aanvoer van water. De lage afvoer in droge perioden en de waterkwaliteit bij lage afvoeren zijn hierbij aandachtspunten.

2.2 Bodemontwikkeling en klimaatverandering en hun effect op de rivier

Een aantal omgevingsveranderingen beïnvloedt de toestand van de rivier. Het betreft de grootschalige rivierbodemontwikkeling en klimaatverandering. De veranderingen beïnvloeden de bodemligging en de hoog- en laagwaterstanden van de rivier en hebben daardoor ook een effect op de riviergebonden functies in het rivierengebied.

Bodemontwikkeling en het effect op de rivier

Over dit traject is geen informatie bekend over de grootschalige bodemontwikkeling en op welke manier de bodemontwikkeling van invloed is op de riviergebonden functies in dit gebied.

De geometrie en bodemligging van het zomerbed beïnvloedt de (hoogwater)veiligheid en de bevaarbaarheid van de Vecht. Met behulp van peilingen is een actueel beeld verkregen van ondieptes en aanzandingen in de Vecht. De komende jaren wordt dit verder gemonitord binnen het monitoringsplan Vecht 2020-2025.

Vergelijking van meerdere bodemmeetreeksen geeft inzicht in de morfodynamiek van de Vecht, hetgeen bijdraagt aan een beter begrip van het hydromorfologisch en ecologisch functioneren van de Vecht en is uiteindelijk bepalend voor het nemen van beheermaatregelen op de Vecht.

Er zijn in de afgelopen jaren veel ontsteningsprojecten uitgevoerd, waarbij is de oeverbescherming verwijderd. Dit komt voort uit de opgave voor de KRW en de visie om te komen tot een half natuurlijke laaglandrivier. Hierdoor zullen naar verwachting processen van sedimentatie en erosie weer meer gaan plaatsvinden. Deze hebben op termijn ook invloed op de bodemligging van de rivier, waarschijnlijk wordt de rivier iets breder en ondieper. De ruimte voor deze ontwikkeling moet blijven passen binnen de kaders volgens de beleidslijn en beleidsregels. Vanwege het feit dat de Vecht gestuwd is heeft de bodemligging relatief weinig invloed op de laagwaterstanden op de Vecht.

Klimaatverandering en effect op de toestand van de rivier

De effecten van klimaatverandering zijn veelzijdig. Klimaatverandering heeft onder andere effect op de hoge en lage rivierafvoeren en mogelijk ook het windklimaat bij het IJsselmeer. Verwacht wordt dat extreme lage en hoge rivierafvoeren vaker voorkomen en langduriger aanhouden. Het (voorgenomen) beleid uit gaat van handhaven van het IJsselmeerpeil, in die zin dat het streefpeil gelijk blijft en meerpeilpieken 'gematigd' beheerst worden.

De ontwikkeling van waterstanden in de Overijsselse Vecht als gevolg van klimaatverandering zijn afhankelijk van zowel de afvoer van de Vecht, het peil van het IJsselmeer en windopzet op het IJsselmeer. Vanwege de invloed van het IJsselmeerpeil en de aanwezigheid van stuwen bij

Vechterweerd en Vilsteren wordt aangenomen dat klimaatverandering geen invloed heeft op de laagwaterstanden.

Voor de Overijsselse Vecht is momenteel geen klimaattoeslag beschikbaar om de klimaatverandering te kwantificeren in een waterstand. In de QuickScan Afvoercapaciteit is wel een aanname gedaan voor het effect van klimaatverandering op de hoogwaterstand in 2050. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de waterstandeffecten tot 2050.

	waterstand in 2050 door klimaatverandering
Effect op laagwaterstanden	0
Effect op hoogwaterstanden	10 cm

Tabel 2 Effect op waterstanden in 2050 door klimaatverandering

3 Beleidsopties rivierbodem Overijsselse Vecht

Bij het opstellen van deze factsheet was geen informatie bekend over de grootschalige bodemontwikkeling van dit traject en op welke manier de bodemontwikkeling van invloed is op de riviergebonden functies in dit gebied. Er zijn daarom geen potentiële beleidsopties voor de rivierbodem gedefinieerd.

Binnen het monitoringsplan Vecht 2020-2025 is één 'multibeam metingen' één van de onderdelen. Op deze manier wordt meer informatie verkregen over de bodemligging.

4 Beleidsopties Afvoercapaciteit

Hieronder wordt inzichtelijk gemaakt welke potentiële beleidsopties te onderscheiden zijn m.b.t. de strategische beleidskeuze omtrent extra afvoercapaciteit: principeopties voor behoud en versterking van afvoercapaciteit, en met wat dat zou vragen aan te realiseren waterstandsaling.

In de QuickScan afvoercapaciteit is voor de gehele Rijn in beeld gebracht welke vraag naar extra afvoercapaciteit er is voor het zichtjaar 2050 (welke initiatieven, plannen en ontwikkelingen vragen om vergroting van afvoercapaciteit?) en welke aanbod gecreëerd kan worden (hoe kunnen we dat realiseren?). In onderstaande onderdelen zijn de belangrijkste resultaten uit de QuickScan Afvoercapaciteit gesommeerd. Nadere details zijn in de QuickScan zelf terug te lezen.

Vraag naar extra afvoercapaciteit

De vraag naar extra afvoercapaciteit is vertaald naar waterstandseffecten en komt voort uit de volgende onderdelen:

Waterveiligheid: Relevante aspecten voor het bepalen van de vraag voor afvoercapaciteit voor deze categorie zijn:

- Klimaatopgave³: Waterstandeffect voortkomend uit verhoogde afvoeren als gevolg van klimaatverandering.
- Buitendijks versterken: Opstuwing veroorzaakt door het buitenwaarts versterken van dijktrajecten.
- Kwetsbare of waardevolle dijktrajecten: op verschillende plekken is de wens om deze specifieke plekken te ontzien van dijkverhogingen. Deze categorie is opgebouwd uit de normopgave 2015 en de klimaatopgave en bevat daarmee de volledige hoogteopgave uit het HWBP voor die trajecten.

N.b. de hoogteopgave voortvloeiend uit de normering, buiten de kwetsbare dijktrajecten, is dus niet opgenomen. Deze vormt onderdeel van het HWBP.

Natuurontwikkelingen: Betreft de vraag ter compensatie van waterstandseffecten door verruwing binnen natuurontwikkeling i.h.k.v.:

- Natura2000 (N2000)
- Natuurnetwerk Nederland (NNN)
- Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW)

N.b. KRW Kaderrichtlijn water is niet meegenomen in deze Quicksan, omdat hiervan is uitgegaan dat deze waterstandsneutraal worden gerealiseerd.

³ Het effect van klimaatverandering op hoogwaterstanden wijkt hier af van de inschatting in paragraaf 3. Dit komt doordat bij het specificeren van de vraag naar afvoercapaciteit t.b.v. klimaatverandering alleen gekeken is naar de traject-onderdelen die nog niet op het niveau van een verkenning zijn uitgewerkt in de programmering van het hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP, d.d. oktober 2020. Voor de reeds geprogrammeerde dijkversterkingsprojecten in het HWBP is de klimaatvraag op nul gezet. Het uitgangspunt is dat het HWBP op die trajecten de dijken zodanig versterkt dat ze voldoen aan de nieuwe waterveiligheidsnormen en de toekomstige klimaatverandering op kunnen vangen. Dit is in paragraaf 3 niet nader gespecificeerd en dient in het vervolg van IRM nader uitgewerkt te worden.

Nieuw rivierbodembeleid: Betreft de vraag om het effect van mogelijk nieuw beleid voor rivierbodembeleid. Voor dit aspect is het effect op hoogwaterstanden als de rivierbodem van 20 jaar terug wordt hersteld en gehandhaafd als uitgangspunt genomen.

Gebiedsontwikkelingen: Betreft de vraag om lokale en regionale initiatieven en ontwikkelingen met een mogelijk waterstandverhogend effect te compenseren.

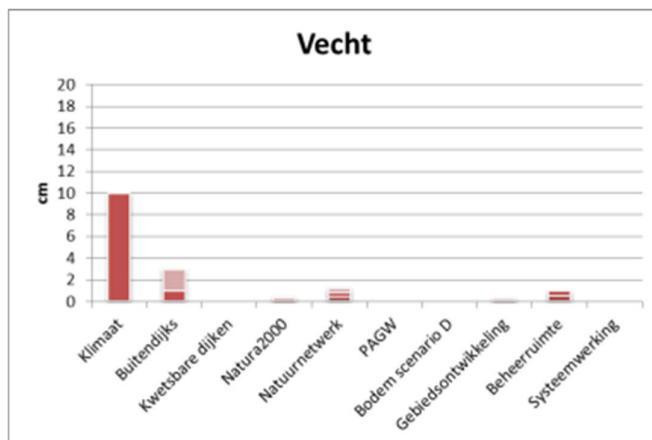
Beheerruimte: Betreft een marge of robuustheidstoets voor de rivierbeheerder, zodat hij in geval van (tijdelijke) beperkte veranderingen in het riviersysteem en daarbij gepaarde waterstandseffecten als gevolg van natuurlijke processen (morfologische en/of vegetatie ontwikkelingen) en menselijke ingrepen niet direct hoeft in te grijpen.

Rivierkundige systeemwerking: Betreft effecten die voortkomen uit keuzes ten aanzien van de inrichting van het riviersysteem en eisen en wensen aan die inrichting vanwege effecten die in het gehele Nederlandse riviersysteem spelen. Voor de Rijn gaat het om vragen vanuit de hoogwater afvoerverdeling over de Rijntakken en de beheersing van die afvoerverdeling.

Resultaten

Figuur 2 geeft de trajectgemiddelde waarden per aspect. Zo kan eenvoudig worden afgelezen uit welke aspecten de belangrijkste vragen op dit traject naar voren komen. Indien beschikbaar, zijn ook de minimale en maximale vraag in beeld gebracht. De vraag naar extra afvoercapaciteit is onzeker. Daarom zijn voor een aantal aspecten door deskundigen inschattingen gedaan van de onzekerheid in de vraag, resulterend in een minimale, een gemiddelde en maximale vraag. Voor de overige aspecten is slechts 1 waarde beschikbaar.

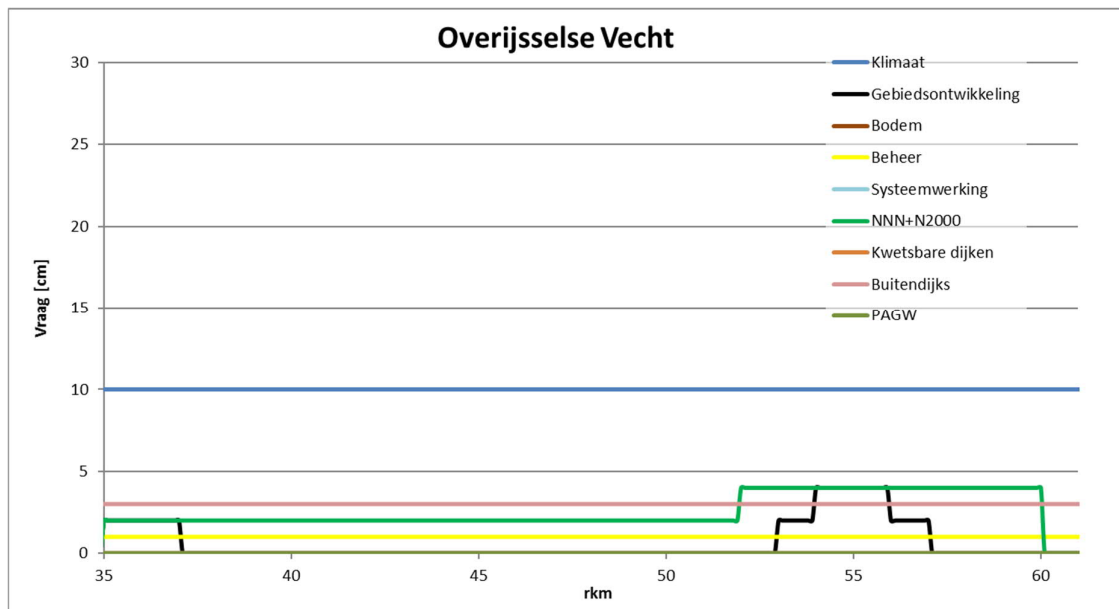
Voor de Overijsselse Vecht komt de grootste vraag vanuit klimaat voort.



Figuur 5. De afzonderlijke vragen naar waterstands daling: indicatie van de onzekerheid in de trajectgemiddelde vraag: naast een basisinschatting is door deskundigen een lagere (donker) en hogere (licht) inschatting gegeven.

Het ruimtelijk verloop van de vraag voor de verschillende categorieën is weergegeven in figuur 3.

De vraag vanuit klimaat is constant op 10 cm. Daarnaast leveren NatuurNetwerkNederland, Natua2000, lokaal gebiedsontwikkeling en buitendijks versterken een bescheiden op.



Figuur 6. De ruimtelijke variatie van de afzonderlijke vragen naar waterstandsval

Principeopties voor omgaan met afvoercapaciteit

Potentiële opties voor beleid voor omgang met afvoercapaciteit variëren van behoud van de huidige afvoer- en bergingscapaciteit tot omvangrijke uitbreiding ervan. Bij behoud wordt extra te realiseren verruiming ingezet voor om rivierfuncties en –ontwikkelingen anders dan waterveiligheid mogelijk te maken, bij uitbreiding komt een deel van de te realiseren verruiming ten goede aan werkelijke vergroting van afvoer- en bergingscapaciteit. Hieronder worden de beleidsopties verder beschreven.

I – Behoud van afvoercapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie I wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten van programma's en ontwikkelingen in het kader van bestaand beleid en/of reeds gemaakte keuzes voor riviergebonden functies binnen IRM te compenseren. Die effecten worden op dit moment conform de Beleidslijn Grote Rivieren binnen elk project/programma afzonderlijk gecompenseerd. Hiermee wordt de huidige afvoercapaciteit behouden, waterstandsval wordt ingezet als compensatie voor vermindering van de afvoercapaciteit. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Natuurontwikkeling vanuit Natura 2000 en Natuurnetwerk;
- Gebiedsontwikkelingen conform huidig beleid.

II - Uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken

Met principeoptie II wordt rivierverruiming ingezet om de waterstandseffecten vanuit huidige beleid en vanuit programma's en ontwikkelingen binnen nog te formuleren en vast te stellen beleidsontwikkelingen binnen IRM te compenseren. Hiermee wordt waterstandsval niet alleen ingezet als compensatie voor verlies aan afvoercapaciteit, maar wordt de afvoercapaciteit ook vergroot doordat het elementen bevat die bijdragen aan waterveiligheid en daarmee in potentie de HWBP-opgave kunnen verminderen⁴. Dit betreft het ontzien van kwetsbare en bijzondere

⁴ Volledige invulling van de hoogwaterveiligheidsopgave via rivierverruiming is niet in de beleidsopties opgenomen. Dit is een uitvloeisel van eerdere MKBA-analyses in LTAR-tijd.

dijktrajecten indien aanwezig in het specifieke traject, en opgaven vanuit de werking van het riviersysteem. Zo wordt invulling gegeven aan vragen vanuit:

- Buitendijks versterken vanuit HWBP;
- Natuurontwikkeling vanuit PAGW;
- Nieuw beleid voor ligging en beheer van de rivierbodem;
- Beheerruimte of robuustheidstoelage;
- Gebiedsontwikkelingen waarvoor nog geen beleid is vastgesteld;
- Opgaven vanuit de werking van het riviersysteem: de instelling en beheersing van de afvoerverdeling op de Rijntakken.

III Omvangrijke uitbreiding van afvoer- en bergingscapaciteit: opgaven vanuit bestaand beleid en nieuw beleid via IRM mogelijk maken en de klimaatopgave met rivierverruiming trotseren

Met principeoptie III wordt naast rivierverruiming ook ingezet op het opvangen van de klimaatopgave via een aanzienlijke uitbreiding van de afvoercapaciteit. We onderscheiden binnen deze principeoptie twee varianten:

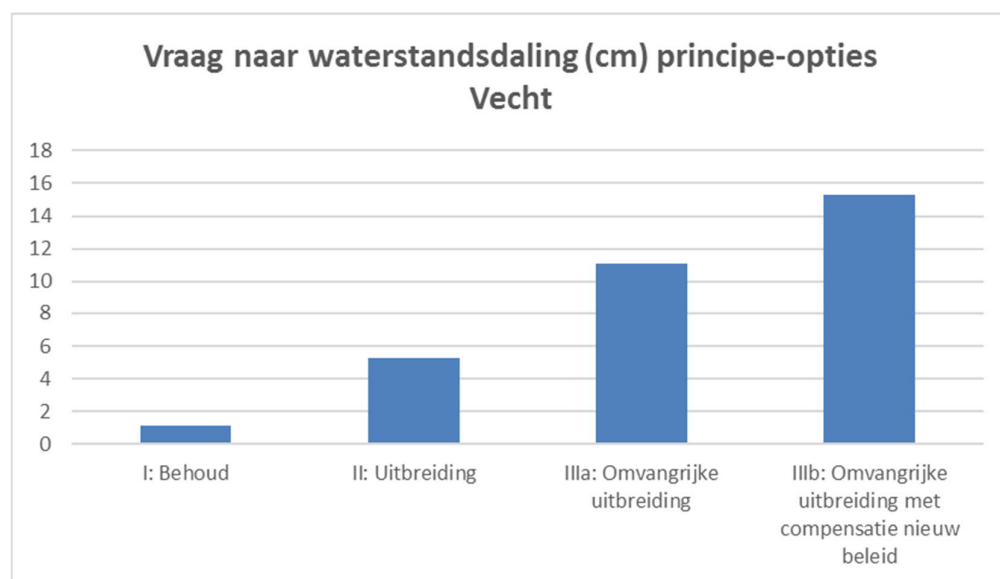
- IIIa: Opgaven vanuit bestaand beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder I)
- IIIb: Opgaven vanuit bestaand en nieuw beleid worden eveneens mogelijk gemaakt (zie onder II).

Totaalbeeld principeopties Afvoercapaciteit

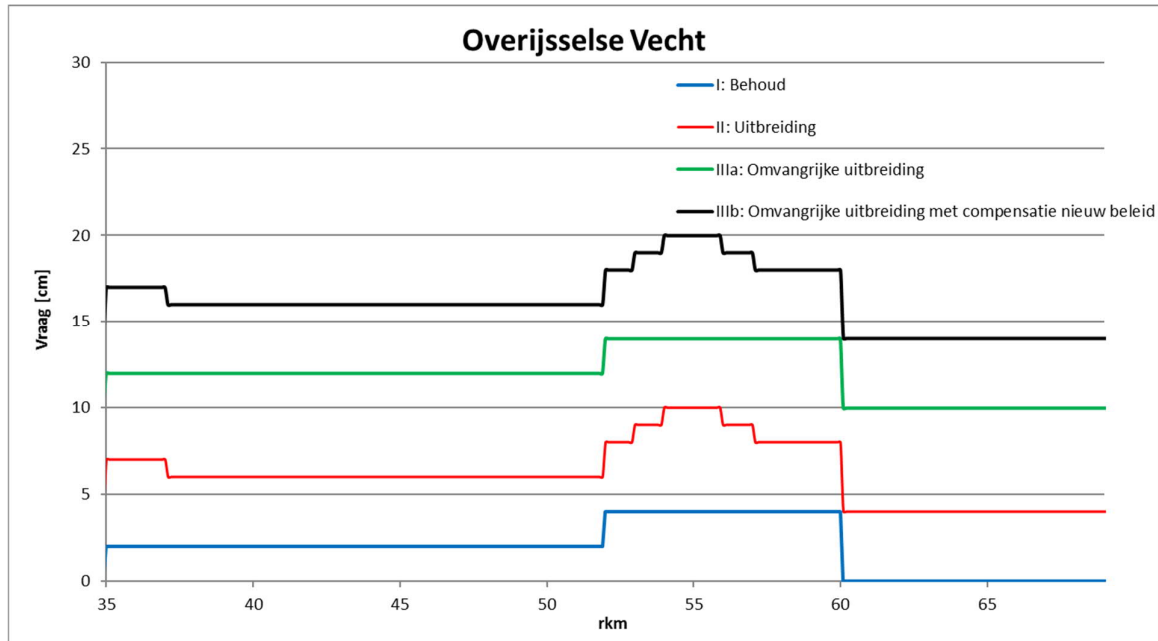
Onderstaande tabel en figuren laten zien wat de te realiseren waterstandsddaling zou zijn binnen de verschillende principeopties, als trajectgemiddelde waarden, alsmede de ruimtelijke variatie.

Tabel 4 *Principeopties afvoercapaciteit, benodigde cm's waterstandsddaling*

Riviertak Vecht	Principeopties (cm)			
	I	II	IIIa	IIIb
Trajectgemiddeld	1	5	11	15
Minimum	0	4	10	14
Maximum	4	10	14	20



Figuur 7 *Benodigde cm's waterstandsddaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit*



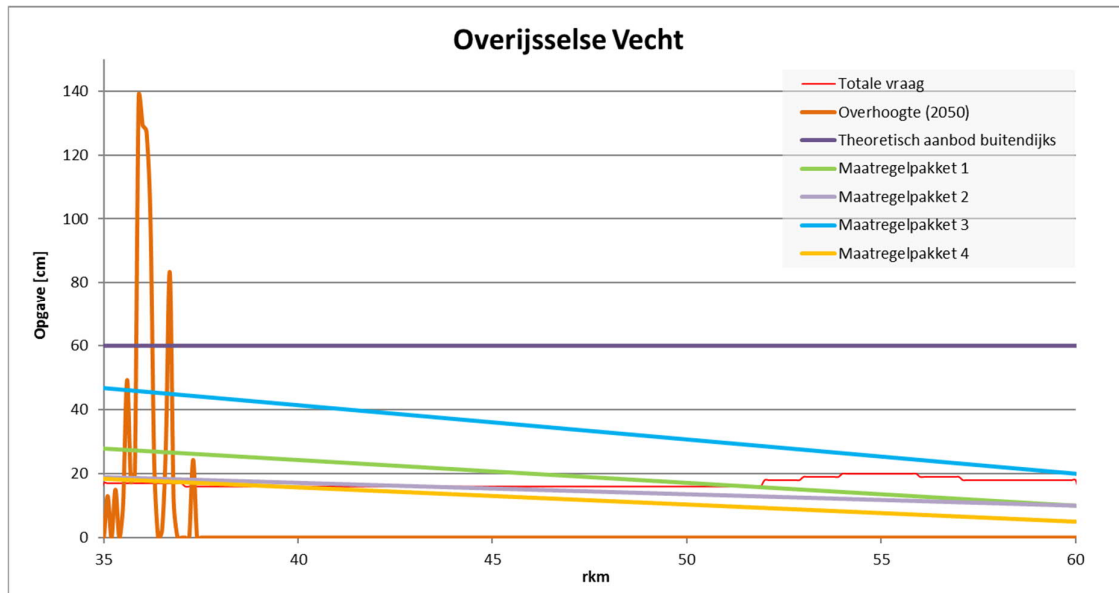
Figuur 8 Ruimtelijke variatie van de benodigde cm's waterstandsvaling per principe-optie voor extra afvoercapaciteit

Het aanbod van afvoercapaciteit

Er is een globaal overzicht gemaakt van het mogelijke te creëren aanbod aan extra afvoercapaciteit in het rivierensysteem. Dit is gedaan op basis van een theoretische beschouwing van principe-maatregelen en eerder uitgevoerde verkenningen in het kader van het Deltaprogramma waarin binnendijkse en buitendijkse rivierverruimende maatregelen in beeld zijn gebracht. Dit resulteert in het volgende overzicht:

1. Afvoercapaciteit in het rivierensysteem die benut kan worden door de aanwezigheid van overhoogte in de dijken;
2. Afvoercapaciteit die maximaal (theoretisch) te realiseren met buitendijkse maatregelen. Dit is ingeschat op basis van een theoretische beschouwing, uitgaande van toepassing van een effectieve buitendijkse principe-maatregel voor rivierverruiming. Nadere uitwerking is echter nog essentieel om hier meer betrouwbare resultaten uit te verkrijgen;
3. Afvoercapaciteit die te realiseren is met de maatregelpakketten die in het kader van het POV Vecht zijn opgesteld (bestaande uit een combinatie van buitendijkse en binnendijkse ingrepen). Voor de IJsselvechtdelta zijn vier maatregelpakketten samengesteld: maatregelpakket 1: Overlaat Dalfsen en bergen langs de Vecht; maatregelpakket 2: Rivierverruiming en bergen langs de Vecht; maatregelpakket 3: Vasthouden in het stroomgebied en bergen langs de Vecht; en maatregelpakket 4: Overlaat Dalfsen.

Onderstaand figuur toont de afvoercapaciteit die op basis van bovenstaande rubrieken te creëren is voor het traject Overijsselse Vecht. Daarnaast is de maximale totale vraag (principe optie IIIb) opgenomen om een eerste vergelijking te kunnen maken met de verschillende aanbod varianten.



Figuur 9. De totaalvraag naar extra afvoercapaciteit samen met het mogelijk te creëren extra aanbod aan afvoercapaciteit langs het traject.

De belangrijkste conclusies, die hieruit kunnen worden getrokken zijn:

1. Overhoogte is in het bovenstroomse gedeelte ruimschoots groter dan de vraag. Vanaf rivierkilometer 37 is er geen sprake meer van overhoogte;
2. Met de theoretische beschouwing is afgeleid dat middels grootschalige buitendijkse rivierverruimingsmaatregelen (bv. Oevergeulen en zomerbedverbredingen) de gehele vraag ruimschoots kan worden opgevangen;
3. Maatregelpakketten in het kader van POV Vecht: pakket 3 vangt de gehele vraag op. De pakketten 1 vangt de totale vraag tot rivierkilometer 52 op, pakket 2 vangt de vraag tot rivierkilometer 45 op. Pakket 4 heeft een minder groot effect en vangt tot rivierkilometer 42 de vraag op. Stroomafwaarts zijn nog aanvullende maatregelen nodig.

5 Combinatie van potentiële beleidsopties Rivierbodempligging en Afvoercapaciteit

Bij het opstellen van dit informatieblad was geen informatie bekend over de grootschalige bodemontwikkeling van dit traject en op welke manier de bodemontwikkeling van invloed is op de riviergebonden functies in dit gebied.

De potentiële beleidsopties voor Rivierbodem en Afvoercapaciteit kunnen niet los van elkaar beschouwd worden. Dit hoofdstuk laat de onderlinge samenhang zien.

Rivierbodem --> afvoer- en bergingscapaciteit

Beleidsopties waarbij de erosie van de rivierbodem wordt stopgezet danwel de bodempligging omhoog wordt gebracht hebben invloed op de hoogwaterstanden. Binnen de huidige versterkingsopgave wordt een vaste bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt niet geanticipeerd op de bodemontwikkeling. Welke bodempligging als uitgangspunt gehanteerd wordt, wordt bepaald per waterschap en kan verschillen per riviertraject. Een substantiële verhoging van het rivierbed kan effect hebben op de versterkingsopgave. De beleidsopties waarbij de bodem substantieel omhoog worden gebracht kunnen dus om extra afvoercapaciteit vragen. Het eroderen van de rivierbodem kan extra afvoercapaciteit creëren.

Met andere woorden, indien gekozen wordt voor rivierbodembeleid waarbij de rivierbodem 10 of 20 jaar terug wordt gebracht, wordt dit onderdeel van beleidsopties II en IIIb voor beleid t.a.v. afvoer- en bergingscapaciteit.

Afvoer- en bergingscapaciteit --> rivierbodem

De keuze voor de mate van te realiseren waterstandsdeling (m.a.w. de mate van rivierverruiming) kan ook een effect hebben op de bodem. Daar waar rivierverruiming plaatsvindt met maatregelen die zorgen voor een regelmatige afname van de afvoer door het zomerbed, verandert op lange termijn het evenwichtsprofiel van het zomerbed. Het zomerbed komt hier uiteindelijk omhoog. Hoe groter en meer rivierverruiming plaatsvindt, hoe meer dit bijdraagt aan het verminderen van bodemerosie.

Naast fysieke maatregelen is sedimentmanagement nodig om op korte termijn het gewenste bodemniveau te bereiken. Indien op korte termijn een bodempligging uit het verleden gehandhaafd gaat worden is een initiële suppletie noodzakelijk om deze verhoging op korte termijn te kunnen realiseren.