

Baggeren zomerbedverdieping bij Kampen (De Stentor, 2023)

RAPPORT

Noodzaak instandhouding zomerbedverdiepingen

Eindrapport

Klant:	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Referentie:	BK6191-RHD-XX-XX-RP-X-0002
Status:	Definitief
Datum:	11 november 2025

Haskoning
Enhancing Society Together

ROYAL HASKONINGDHV (PTY) LTD

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Water & Maritime
Reg No. 1966/001916/07

Telefoon: +31 88 348 20 00
Fax: +31 33 463 36 52
E-mail: info@rhdhv.com
Website: haskoning.com

Titel document:	Noodzaak instandhouding zomerbedverdiepingen
Referentie:	BK6191-RHD-XX-XX-RP-X-0002
Status:	Eindrapport (definitief)
Datum:	11 november 2025
Projectnaam:	Noodzaak instandhouding zomerbedverdiepingen
Projectnummer:	BK6191
Opdrachtgever:	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Onder begeleiding van:	Rijkswaterstaat
Auteur(s):	Bescherming persoonlijke leven(Externe link, opent nieuw tabblad)ssfeer

Deze studie is uitgevoerd door Haskoning in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Haskoning namens het Ministerie begeleid door rivierkundige experts van Rijkswaterstaat, Bescherming persoonlijke leven(E, Bescherming persoonlijke leven(Externe link, opent nieuw tabblad)ssfeer De duiding van de voor- en nadelen en toekomstperspectieven van de bestaande zomerbedverdiepingen in deze studie komt niet noodzakelijk overeen met het algemene standpunt van Rijkswaterstaat met betrekking tot de aanleg van zomerbedverdiepingen.

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. Royal HaskoningDHV (Pty) Ltd aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

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

Inhoud

Samenvatting **6**

1 Introductie **7**

1.1 Achtergrond 7

1.2 Doel 8

1.3 Leeswijzer 8

2 Zomerbedverdiepingen **9**

2.1 Functioneren van zomerbedverdiepingen 9

2.2 Doel uitgevoerde zomerbedverdiepingen 10

2.2.1 Maas: Maaswerken 12

2.2.2 IJsseldelta: PKB Ruimte voor de Rivier 12

2.3 Aanleg en dimensies zomerbedverdiepingen 13

2.3.1 Maas 14

2.3.1.1 Algemeen 14

2.3.1.2 Gennep-Grave: Proefproject 1 14

2.3.1.3 Grave-Ravenstein 14

2.3.1.4 Gennep-Grave: tweede verdieping 14

2.3.1.5 Venlo-Arcen 15

2.3.2 IJsseldelta 15

2.4 Mitigerende maatregelen 15

2.4.1 Maas 16

2.4.1.1 Algemeen 16

2.4.1.2 Grave-Ravenstein 16

2.4.1.3 Gennep-Grave 17

2.4.1.4 Venlo-Arcen 17

2.4.2 IJsseldelta 17

2.5 Niet-uitgevoerde zomerbedverdiepingen 17

3 Beheer en ontwikkeling zomerbedverdiepingen **19**

3.1 Juridische status 19

3.1.1 Zandmaas/Maasroute: Tracébesluit 19

3.1.2 IJssel: Projectplan Waterwet 19

3.2 Onderhoudsbaggeren 19

3.2.1 Algemeen 19

3.2.2 Maas 19

3.2.3 IJsseldelta 20

3.3 Bodemhoogte 20

3.3.1 Maas 22
3.3.1.1 Algemeen 22
3.3.1.2 Grave-Ravenstein 22
3.3.1.3 Gennep-Grave 23
3.3.1.4 Venlo-Arcen 25
3.3.2 IJsseldelta 26
3.4 Waterstanden 27
3.4.1 Jaarlijkse actualisatie modellen 27
3.4.1.1 Maas 27
3.4.1.2 Rijn 27
3.4.2 Toets grote rivieren 28
3.5 Primaire keringen 28
3.6 Scheepvaart 29
3.7 Grondwater 29

4 Voor- en nadelen instandhouding zomerbedverdiepingen 31
4.1 Overzicht 31
4.2 Hoogwaterveiligheid 31
4.3 Scheepvaart 32
4.4 Natuur 32
4.5 Landbouw 33
4.6 Stabiliteit 33
4.7 Beheer 34

5 Handelingsperspectieven 35
5.1 Algemeen 35
5.1.1 Maas 35
5.1.2 IJsseldelta 36

6 Aanbevelingen 38

Literatuurlijst 39

Tabellen

Tabel 2-1 Overzicht uitgevoerde zomerbedverdiepingen en hun doelbereik. 11

Tabel 2-2 Dimensies zomerbedverdiepingen. 13

Tabel 2-3 Overzicht mitigerende maatregelen per zomerbedverdieping. 16

Tabel 3-1 Ontwikkeling bodemhoogte na aanleg zomerbedverdiepingen; tabel grotendeels gebaseerd op Meijer (2020) en Frings et al. (2024). 21

Tabel 4-1 Kwalitatief oordeel per functie van de impact bij instandhouding zomerbedverdiepingen. 31

Figuren

Figuur 1-1 Positionering van deze studie in de routekaart eerste fase programma Ruimte voor de Rivier 2.0 (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, april 2025). 7

Figuur 2-1 Effect van zomerbedverdieping in (boven) een vrij afwaterende IJssel en (onder) de gestuwde Maas – aangepaste versie van figuur uit Mosselman (2019). 9

Figuur 2-2: Geanticipeerd morfologisch effect van een zomerbedverdieping – aangepaste versie van figuur uit Mosselman (2019). 10

Figuur 2-3: Locaties zomerbedverdiepingen in de Maas. 10

Figuur 2-4: Locatie zomerbedverdieping in de Beneden-IJssel. 11

Figuur 2-5: Verlaging maatgevende waterstanden van zomerbedverdieping IJsseldelta, Reevediep en de combinatie (HKV, 2019). 13

Figuur 2-6 Dwarsprofiel zomerbedverdieping bij Gennep-Grave (Zandmaas) met de breedte en maximale diepte van Proefproject 1 en de tweede verdieping. 14

Figuur 3-1 Overzicht veranderingen bodemhoogten in de Maas inclusief de zomerbedverdiepingen, aangepaste versie van figuur uit Meijer (2020). 22

Figuur 3-2 Bodemhoogteontwikkeling Grave-Ravenstein voor de periode 2007-2020 (Meijer, 2020). 23

Figuur 3-3 Bodemhoogteontwikkeling Gennep-Grave voor de periode 1997-1999 (Schropp et al., 2000). 24

Figuur 3-4 Bodemhoogteontwikkeling Gennep-Grave voor de periode 2013-2019 (Meijer, 2020). 24

Figuur 3-5 Bodemhoogteontwikkeling Venlo-Arcen voor de periode 2015-2019 (Meijer, 2020). 25

Figuur 3-6 Cumulatieve volumes aanzanding zomerbedverdiepingen IJsseldelta (email Emiel Kater, 2023). 26

Figuur 3-7 Waterstandverschillen berekend met het Rijntakken model voor bodemhoogtes uit 2022 en 2019 (Kosters & Visser, 2022). 27

Figuur 3-8 Waterstandverschillen berekend met het Rijntakken model voor bodemhoogtes uit 2024 en 2022 (Van den Hoek, 2024). 28

Figuur 3-9 Effect zomerbedverlaging op de gemiddeld laagste grondwaterstand (DHV, 2013). 30

Figuur 4-1 Nadelen van zomerbedverlaging als direct of indirect gevolg van zomerbedverdieping (Asselman et al., 2018). 34

Samenvatting

Zomerbedverdiepingen zijn aangelegd als hoogwaterveiligheidsmaatregelen op 3 trajecten in de Maas en 1 in de IJssel in de periode 1996-2016. Ze zijn effectief gebleken in het verlagen van waterstanden bij hoge afvoeren zonder ruimtebeslag buiten het zomerbed. Om hun effectiviteit te borgen dienen zomerbedverdiepingen en bijbehorende interventiediepten als hoogwaterveiligheidsmaatregel te worden opgenomen in de Legger Rijkswaterstaatswerken. In de zomerbedverdieping in de IJsseldelta heeft sinds de aanleg in 2016 significante bovenstroomse sedimentatie plaatsgevonden, 17% van het oorspronkelijke volume, welke de effectiviteit van de maatregel verminderd heeft tot de uitgebreide baggerwerkzaamheden in 2023. Sinds de afronding van de zomerbedverdiepingen op de Maas was de sedimentatie een orde van grootte kleiner dan in de IJsseldelta en vond met name bovenstrooms plaats in de binnenbochten. Aan de benedenstroomse uiteinden van de verdiepingen vond veelal bodemerosie plaats, maar ook elders in de trajecten, waar erosiekuilen zich vormden ter hoogte van fijnere zandlagen in de ondergrond. Bij de aanleg van de zomerbedverdiepingen zijn diverse mitigerende maatregelen genomen om verdroging tegen te gaan, waaronder peilopzet en peilregulerende maatregelen op de Maas, maar de effecten op landbouw en natuurontwikkeling na aanleg zijn niet of nauwelijks onderzocht.

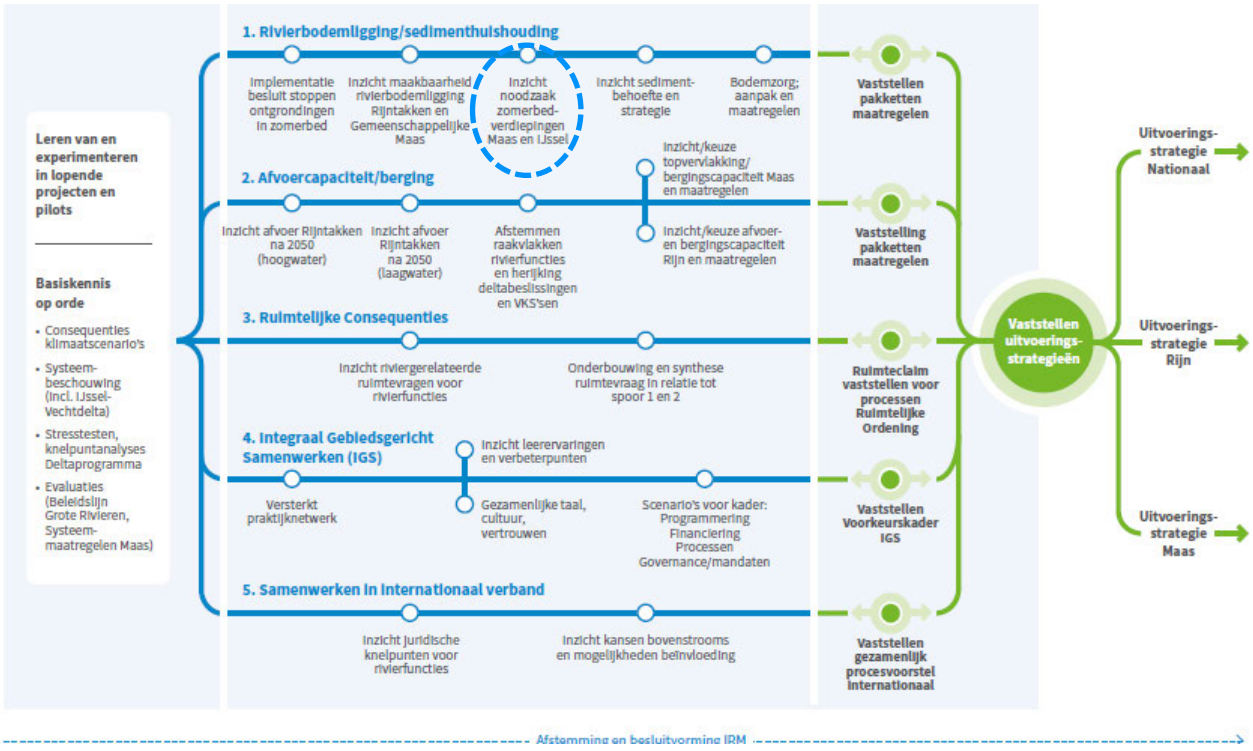
Het behoud zomerbedverdiepingen wordt beschouwd als referentie-toekomstperspectief, gezien hun bewezen effectiviteit voor hoogwaterveiligheid en het ontbreken van voor de hand liggende alternatieven op korte termijn. Bij het ontwikkelen van toekomstperspectieven van zomerbedverdiepingen is het direct waarborgen van (hoogwater)veiligheid van primair belang en het indirect ontwikkelen van natuur van secundair belang. Natuurontwikkeling kan adaptief worden ingepast op verschillende locaties en met uiteenlopende maatregelen (e.g., uiterwaardverlaging, aanleg van nevengeulen). Indien gekozen wordt voor het (gedeeltelijk) opvullen van de zomerbedverdiepingen op de Maas zal dit een inspanning vergen om voldoende sediment met de juiste korrelgroottesamenstelling te verkrijgen. Op de IJssel kan de zomerbedverdieping wel op natuurlijke wijze geleidelijk opgevuld worden, maar zijn er weinig alternatieve hoogwaterveiligheidsmaatregelen door het gebrek aan ruimte langs de rivier en moet rekening gehouden worden met systeemontwikkelingen in de IJsseldelta (e.g., IJsselmeerpeil, stormopzet). Op beide rivieren bestaan risico’s en beperkingen om te voldoen aan de vereiste vaargeuldiepte voor de scheepvaart. Voor alle zomerbedverdiepingen zal een integrale afweging plaats moeten vinden naar alle positieve en negatieve effecten van het (gedeeltelijk) vullen van zomerbedverdiepingen en van de compenserende hoogwatermaatregelen, en de benodigde inspanning om dit alles te realiseren.

1 Introductie

1.1 Achtergrond

Zomerbedverdiepingen zijn in het verleden aangelegd als hoogwaterveiligheidsmaatregelen in de Maas (Venlo-Arcen, Gennep-Grave, Grave-Ravenstein) en de Beneden-IJssel (IJsseldelta). Deze ingrepen blijken zeer effectief in het verlagen van waterstanden bij hoge afvoeren. Belangrijk voordeel van deze maatregelen is dat ze geen ruimtebeslag nemen buiten het zomerbed. Bovendien kon het vrijgekomen sediment verkocht worden om de maatregelen (deels) te bekostigen en hebben ze een positief effect op de vaardiepte voor de scheepvaart. Zomerbedverdiepingen hebben echter ook negatieve effecten, waaronder bodemerosie en bijbehorende aantasting van de stabiliteit van kunstwerken en oevers, en de verlaging van grondwaterstanden, met implicaties voor natuur, landbouw en zoetwatervoorziening.

In het programma Integraal Riviermanagement (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, april 2025) staat als beleidsdoel voor rivierbodemligging en sedimenthuishouding om een voldoende stabiele en beheerbare bodemligging van het zomerbed te realiseren. Deze draagt bij aan herstel van de natuurlijke rivierdynamiek en zorgt voor een goede bevaarbaarheid en waterverdeling over Nederland bij lage rivierafvoeren. De meest urgente opgave is het stoppen van de erosie van de rivierbodem van Maas en Rijntakken. Omdat het de vraag is in hoeverre bestaande zomerbedverdiepingen passen binnen die beleidsdoelstelling, vindt een heroverweging plaats of de zomerbedverdiepingen in stand gehouden moeten worden (Figuur 1-1). Hierbij is van belang om het benodigde beheer en de effecten per zomerbedverdieping voor alle rivierfuncties inzichtelijk te maken.



Figuur 1-1 Positionering van deze studie in de routekaart eerste fase programma Ruimte voor de Rivier 2.0 (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, april 2025).

1.2 Doel

Het doel van deze studie is om beslisinformatie te verzamelen en te ordenen op basis waarvan een advies kan worden gegeven aan het Directoraat-generaal Water en Bodem (DGWB) met betrekking tot het toekomstperspectief van de bestaande zomerbedverdiepingen. In deze studie ligt de nadruk op het duiden en benutten van de beschikbare kennis die is opgedaan op basis van (lokale) observaties, ervaringen en beheerinspanning na het realiseren van de verdiepingen.

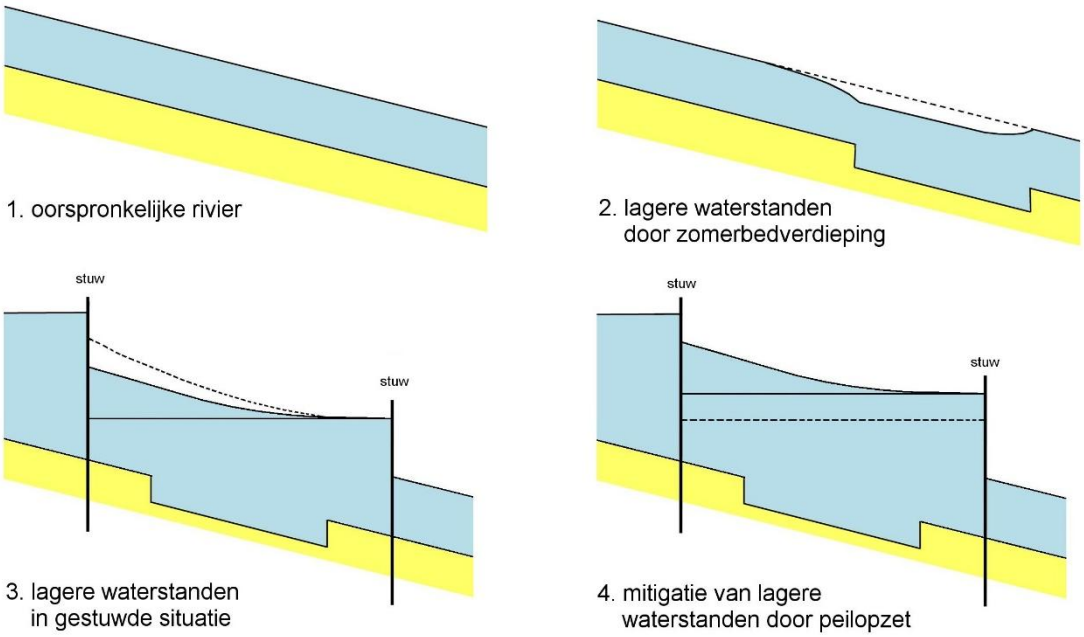
1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is een overzicht gegeven van de zomerbedverdiepingen, inclusief hun doel, de aanleg, de dimensies en de mitigerende maatregelen die genomen zijn. Hoofdstuk 3 geeft de rivierbodemontwikkelingen en het gevoerde beheer weer sinds de aanleg en de implicaties die dit heeft op rivierfuncties. In hoofdstuk 4 zijn de voor- en nadelen van de instandhouding van de verdiepingen samengevat. Als laatste worden in hoofdstuk 5 de handelingsperspectieven voor de bestaande zomerbedverdiepingen geschetst, variërend van het in stand houden van de zomerbedverdiepingen tot deze actief opvullen.

2 Zomerbedverdiepingen

2.1 Functioneren van zomerbedverdiepingen

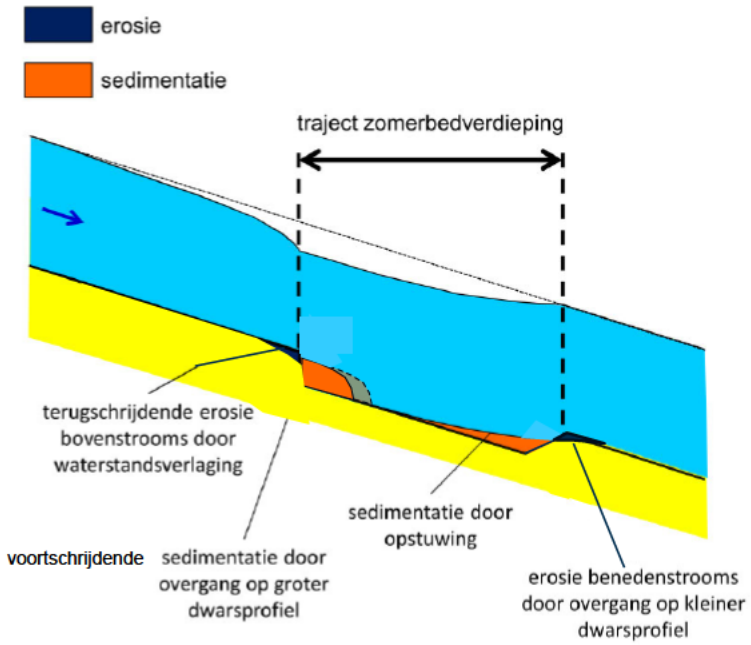
In een ongestuwde rivier zoals de IJssel leiden zomerbedverdiepingen tot verlaging van waterstanden ter plaatse van de zomerbedverdieping en direct bovenstrooms ervan (Figuur 2-1, deelfiguren 1 en 2). Het gaat hierbij om de verlaging van zowel de hoogwaterstanden, dit is het doel van deze hoogwaterveiligheidsmaatregel, als de laagwaterstanden. In het geval van een gestuwde rivier zoals de Maas worden de hoogwaterstanden eveneens verlaagd als de stuwen gestreken zijn (het effect is niet anders dan in een ongestuwde rivier). In gestuwde situatie worden de waterstanden ook verlaagd (deelfiguur 3), alleen het traject waarover deze verlaging optreedt is mogelijk iets gereduceerd. Dit is afhankelijk van de ligging van het verdiepingstraject binnen een stuwpand: waar een zomerbedverdieping direct bovenstrooms van een stuw ligt worden de waterstanden bepaald door de stuwopzet; waar een zomerbedverdieping direct benedenstrooms van een stuw ligt is het waterstandsverlagende effect in bovenstroomse richting beperkt tot de stuw. De rivierwaterstanden vormen de drainagebasis voor de grondwaterstanden in de uiterwaarden en het binnendijks gebied en de grondwaterstanden zullen dan ook dalen langs zomerbedverdiepingen. De mate waarin dit gebeurt is wel afhankelijk van de samenstelling van de ondergrond en de afstand tot de rivier. Om het effect van lagere grondwaterstanden te mitigeren, kan gekozen worden voor stuwpeilverhoging (deelfiguur 4).



Figuur 2-1 Effect van zomerbedverdieping in (boven) een vrij afwaterende IJssel en (onder) de gestuwde Maas – aangepaste versie van figuur uit Mosselman (2019).

Figuur 2-2 toont de verwachte morfologische effecten na aanleg van een zomerbedverdieping langs de as van de rivier. Het verdiepte traject fungeert typisch als sedimentvang waar sedimentatie optreedt door een afname in sedimenttransportcapaciteit van de rivier. Direct bovenstrooms van de verdieping zorgt de lagere waterstand voor een kleiner doorstroomprofiel en hogere stroomsnelheden, wat tot bodemerosie kan leiden.

Benedenstrooms kan ook erosie optreden vanwege het relatieve gebrek aan sedimentaanvoer als gevolg van sedimentatie bovenstrooms in de zomerbedverdieping.



Figuur 2-2: Geanticipeerd morfologisch effect van een zomerbedverdieping – aangepaste versie van figuur uit Mosselman (2019).

2.2 Doel uitgevoerde zomerbedverdiepingen

In Figuur 2-3 en Figuur 2-4 zijn de locaties van de zomerbedverdiepingen aangegeven in respectievelijk de Maas en Beneden-IJssel. In Tabel 2-1 is een overzicht gegeven van het jaar dat ze aangelegd zijn, het traject van de verdieping en de opgave voor de hoogwaterstandsdaling.



Figuur 2-3: Locaties zomerbedverdiepingen in de Maas.



Figuur 2-4: Locatie zomerbedverdieping in de Beneden-IJssel.

Tabel 2-1 Overzicht uitgevoerde zomerbedverdiepingen en hun doelbereik.

Zomerbed-verdieping	Aanleg (jaar)	Traject			Opgave		
		Rivier	Stuwpand	Traject (rkm)	Waterstands-daling (m)	Locatie (km)	Afvoer
Venlo-Arcen	2013-2015	Maas	Sambeek	109,0 – 120,4	0,40 m	109	3.275 m^3/s Borgharen
Gennep-Grave	1996	Maas	Grave	155,7 – 174,2	0,40 m*	-	-
	2011-2012			155,7 – 170,0		155-156	3.275 m^3/s Borgharen
Grave-Ravenstein	2007	Maas	Lith	176,1 – 181,7	0,15 m	176-177	3.275 m^3/s Borgharen
IJsseldelta	2016	Beneden IJssel	-	992,9 – 1000,6	0,21 m	979-980	16.000 m^3/s Lobith

**Voor Proefproject 1 (Gennep-Grave,1996) was er geen gespecificeerde doelstelling m.b.t. waterstandsdaling, enkel het vergroten van het inzicht in de rivierkundige processen die een rol spelen bij zomerbedverdiepingen en bijbehorende processen. In de tweede verdieping is meer gebaggerd waardoor de waterstandsdaling van 0,3 naar 0,4 m is toegenomen.*

2.2.1 Maas: Maaswerken

Zomerbedverdiepingen op de Maas zijn onderzocht als maatregelen voor hoogwaterbescherming in het Programma Maaswerken, deelproject Zandmaas. De verdiepingen zijn uiteindelijk vastgelegd in het Tracébesluit Zandmaas/Maasroute (2002), waarin tevens de doelstelling was opgenomen om de diepgang voor scheepvaart op de Maasroute te vergroten. Zie voor een overzicht van de voorgeschiedenis, planvorming en uitvoering Van der Hoek et al. (2021).

Zomerbedverdiepingen in de Maas zijn uitgevoerd op een drietal trajecten, van boven- naar benedenstrooms: Venlo-Arcen, Gennep-Grave en Grave-Ravenstein (Tabel 2-1). Naar deze verdiepingen wordt ook wel verwezen door middel van de stuwpanden waarin ze liggen, respectievelijk Sambeek, Grave en Lith.

Het project Zandmaas, waaronder de maatregel zomerbedverdieping valt, had als projectdoelstelling het realiseren van een beschermingsniveau van 1:250 jaar (maatgevende piekafvoer ten tijde van de aanleg was 3.275 m^3/s bij Borgharen) langs de onbedijkte Maas d.m.v. rivierverruiming. De opgave is vastgesteld met WAQUA-berekeningen van waterstanden behorende bij een maatgevende afvoergolf die was bijgesteld na de hoogwaters van 1993 en 1995[1] (Tabel 2-1).

Morfologische consequenties van de zomerbedverdieping zijn gesimuleerd met een Sobek 1D model met gegradeerd sediment welke gekalibreerd was op basis van Proefproject 1 (Sloff, 2001). Uit deze studie bleken terugschrijdende bodemerosie en voortschrijdende sedimentatie (Figuur 2-2) relatief beperkt en werd met name lokale erosie van fijn sediment in de ondergrond als risico geïdentificeerd.

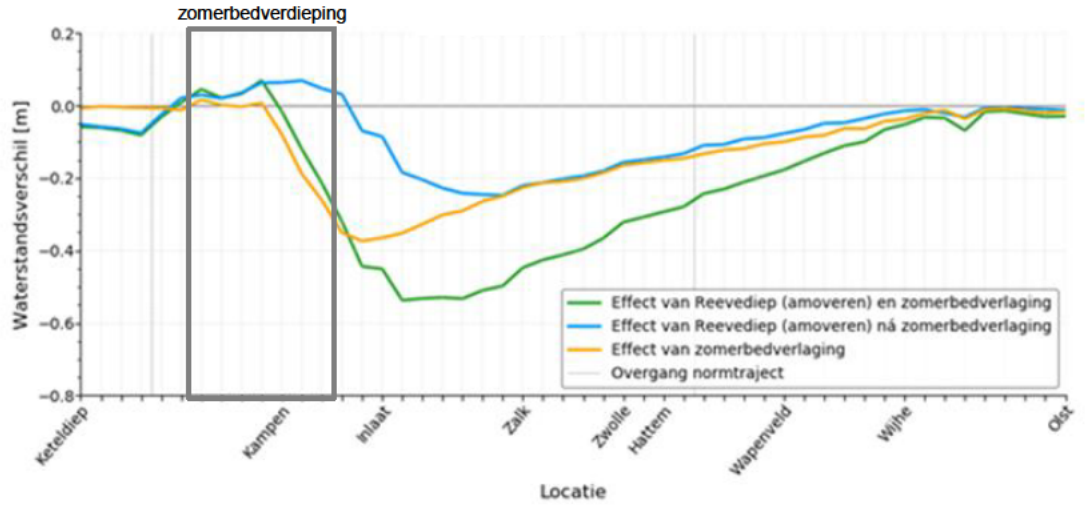
2.2.2 IJsseldelta: PKB Ruimte voor de Rivier

Op de Beneden-IJssel is de zomerbedverdieping bij Kampen in 2016 uitgevoerd als maatregel in de Planologische Kernbeslissing (PKB) Ruimte voor de Rivier (Tabel 2-1). Naar deze zomerbedverdieping wordt verwezen als “IJsseldelta”, “Beneden-IJssel” en “Kampen”. Deze zomerbedverdieping draagt bij aan het samenhangende pakket van maatregelen waarmee werd voldaan aan het destijds geldende vereiste veiligheidsniveau van 1:1250 jaar, de taakstelling voor Ruimte voor de Rivier (RvdR). Daarnaast is er binnen dit project een nieuwe riviertak aangelegd, namelijk het Reevediep, welke in 2019 geopend is.

De zomerbedverdieping heeft op zichzelf als doelstelling een waterstandsverlaging bij de maatgevende rivierafvoer van 21 cm tussen rivierkilometer 979,0 en 980,0 (maatgevende piekafvoer ten tijde van de aanleg was 16.000 m^3/s bij Lobith) en een bijdrage aan het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit in het projectgebied (Royal HaskoningDHV, 2013). Het gecombineerde waterstandseffect van het Reevediep en de zomerbedverdieping is 41 cm bij Zwolle (rkm 980). Waar de maatgevende hoogwaterstanden bij Zwolle afvoergedomineerd zijn, ligt de zomerbedverdieping zelf in het overgangsgebied van afvoer- naar windgedomineerde hoogwaters (HKV, 2019). Dit houdt in dat het waterstandsverlagende effect van de zomerbedverdieping zich niet vertaalt naar lagere maatgevende waterstanden over het hele traject van de verdieping, maar zich pas bovenstrooms van Kampen manifesteert (Figuur 2-5).

Morfologische veranderingen zijn berekend met het Delft3D model van de IJssel waaruit bleek dat een sedimentatiefront zich met ~500 m/jaar in benedenstroomse richting verplaatst in de zomerbedverdieping en er bovenstrooms mogelijk sprake zou zijn van terugschrijdende bodemerosie (DHV, 2013).

[1] Oorspronkelijke berekeningen in de MER waren uitgevoerd met het 1D model ZWENDL en een maatgevende afvoergolf waarbij de hoogwaters van 1993 en 1995 niet meegenomen waren.



Figuur 2-5: Verlaging maatgevende waterstanden van zomerbedverdieping IJsseldelta, Reevediep en de combinatie (HKV, 2019).

2.3 Aanleg en dimensies zomerbedverdiepingen

De dimensies van de zomerbedverdiepingen en gebaggerde hoeveelheden bodemmateriaal zijn weergegeven in Tabel 2-2. Deze zijn hieronder toegelicht.

Tabel 2-2 Dimensies zomerbedverdiepingen.

Zomerbed-verdieping	Traject (rkm)	Lengte (km)	Verdieping (m)		Breedte (m)	Volume (miljoen m³)	Talud	
			Diepte	Tolerantie			Dwars-richting	Langs-richting
Venlo-Arcen	109,0 – 115,0 115,0 – 120,4	6,0 km 5,4 km	3 m 2 m	>80% ±0,25 m	zomer-bed***	2 Mm³	1:4, 1:6 bij kritische objecten	1:30
Gennep-Grave	155,7 – 164,4* 166,6 – 174,2	8,7 km 7,6 km	3 m 1,5 m	?	50 m	1,52 Mm³	?	1:10
	155.7 – 165,175* 165,375 – 170,0 170,0 – 174,2	9,5 km 4,6 km 4,2 km	3 m** 3 m** 1,5 m**	-0,5 / 0 m	zomer-bed***	2,5 Mm³ (aan-vullend)	1:4	1:30
Grave-Ravenstein	176,1 – 181,1	5,0 km	3 m	-0,7 / +0,3 m	zomer-bed***	1,30 Mm³ (1,40 Mm³ beoogd)	1:3,5 maximaal	1:30
IJsseldelta	992,9 – 996,3 996,3 – 1000,6	3,4 km 4,3 km	1,8 m 2,3 m	±0,2 m	zomer-bed***	1,8 Mm³ (0,15 Mm³ zandvang)	1:7 maximaal	1:17

Onvermarktbare specie vanwege niet-gesprongen explosieven bij spoorbrug Mook.
**Het betreft hier de diepte ten opzichte van de oorspronkelijke bodemhoogte voor de eerste fase van de verdieping (Proefproject 1).*
***De verdieping heeft plaatsgevonden over de breedte van het zomerbed dat varieert langs het traject.*

2.3.1 Maas

2.3.1.1 Algemeen

Na Proefproject 1 in 1996 (op het traject Gennep-Grave), zijn zomerbedverdiepingen in de periode 2007-2015 achtereenvolgens uitgevoerd op de trajecten Grave-Ravenstein, Gennep-Grave en Venlo-Arcen (Tabel 2-1). In principe vond de zomerbedverdieping plaats over de hele breedte van het zomerbed door het bestaande onderwatertalud (typisch 1:4) door te trekken tot een vastgestelde maximumdiepte van 3,0 m (op enkele trajecten iets minder). Om hinderlijke effecten voor scheepvaart te voorkomen zijn de taluds in de lengterichting aan de boven- en benedenstroomse uiteinden (en ter hoogte van overgangen tussen verschillende dieptes) aangelegd met een helling van 1:30. Dit is gebaseerd op de evolutie van de rivierbodem in de jaren na Proefproject 1 (Schropp, 2000). Hieronder zijn afwijkingen of bijzonderheden weergegeven per zomerbedverdieping (zie ook Rijkswaterstaat, 2021b).

2.3.1.2 Gennep-Grave: Proefproject 1

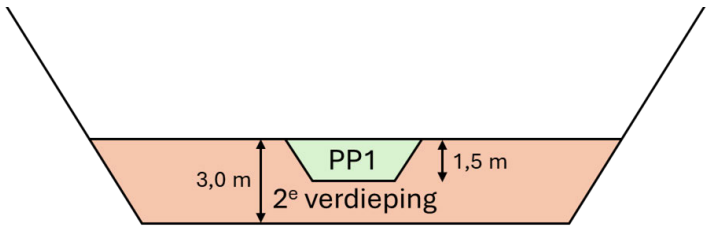
De eerste zomerbedverdieping bij Gennep-Grave wordt aangeduid als Proefproject 1 (PP1) in het project Zandmaas en is uitgevoerd in 1996 (Schropp, 2000). Deze zomerbedverdieping heeft plaatsgevonden over (slechts) een breedte van 50 m in het midden van het zomerbed (Figuur 2-6).

2.3.1.3 Grave-Ravenstein

In 2007 is deze zomerbedverdieping, de kortste van de vier trajecten, uitgevoerd. De verdieping was oorspronkelijk gedefinieerd op basis van een denkbeeldig lineair bodemverhang (in verticale zin) tussen de twee volgende locaties: -2,23 m+NAP bij rkm 175,7 en -3,17 m+NAP bij rkm 181,9. Bij de uitvoering is een tolerantie van -0,7 tot +0,3 m t.o.v. het denkbeeldig bodemverhang gehanteerd wat geresulteerd heeft in een gemiddeld 0,2 m diepere ligging om tot het beoogde volume van 1,4 Mm^3 te komen (Nijsten, 2009). Toch is door een meetafwijking uiteindelijk slechts 1,3 Mm^3 gerealiseerd en is ter compensatie benedenstrooms van spoorbrug Mook (Gennep-Grave, rkm 165) extra gebaggerd (Nijsten, 2009).

2.3.1.4 Gennep-Grave: tweede verdieping

Tussen 2011 en 2012 is de tweede zomerbedverdieping op het traject Gennep-Grave uitgevoerd (deze periode is vastgesteld gebaseerd op bodemmetingen; het project liep gedurende een langere periode van 2009-2013). De zomerbedverdieping heeft ditmaal plaatsgevonden over de gehele breedte van het zomerbed. Op een groot deel van het traject waar eerdere verdieping met 1,5 m had plaatsgevonden voor Proefproject 1 is dat vergroot naar 3 m (Figuur 2-6). Tevens is gebleken dat er na uitvoering van PP1 lokaal in bochten aanzanding was opgetreden (rkm 155,75-156,74 en 157,56-159,2) hetgeen (opnieuw) gebaggerd is (Janssen, 2014).



Figuur 2-6 Dwarsprofiel zomerbedverdieping bij Gennep-Grave (Zandmaas) met de breedte en maximale diepte van Proefproject 1 en de tweede verdieping.

Bij de uitvoering van de verruiming is het ontwerpprofiel 25 cm naar beneden geschoven, binnen de ontgravingsmarge van 50 cm, om te corrigeren voor een verschil tussen het oorspronkelijke ontwerp en de gemeten bodemhoogte (Rijkswaterstaat. 2021b). Het laatste stuk van de zomerbedverdieping is niet geheel afgegraven (rkm 175) in de periode 2011-2012 en is iets later uitgevoerd in het kader van de verdieping Venlo-Arcen (Janssen, 2014).

2.3.1.5 Venlo-Arcen

De laatste zomerbedverdieping is in 2013-2015 aangelegd op het traject Venlo-Arcen. Het dwarsprofiel van de zomerbedverdieping is lokaal aangepast t.b.v. van oeverstabiliteit. Bij bebouwing (Grubbenvorst), veerstoepen (Velden-Grubbenvorst), bruggen (Noorderbrug-A67) en scheepswerven (Smits) is de vooroever niet aangetast, waarbij een insteek 10 m van de oever en een minder steile helling van 1:6 is gehanteerd (Rijkswaterstaat, 2021b). De aannemer had een uitvoeringsontwerp gemaakt waarbij meer bodemmateriaal gebaggerd werd dan strikt benodigd. De bodemhoogtes zijn getoetst na uitvoering en vallen grotendeels binnen de 25 cm marge rondom ontwerp en zijn gemiddeld genomen 1 cm lager dan het ontwerp (Van der Hoek, 2016).

2.3.2 IJsseldelta

Bij de IJsseldelta is het zomerbed verdiept tot een bepaald referentieniveau (er heeft geen verdieping plaatsgevonden op plaatsen waar de bodem al op voldoende diepte lag). Hierbij is een minimumafstand is aangehouden van 15 m tot kribben, dijken, kades en oevers. Middels een 1:7 talud of flauwer is er vanaf de contourlijn van de zomerbedverdieping richting de beoogde diepte ontgraven. In langsrichting is een maximale taludhelling gehanteerd van 1:17. Direct bovenstrooms van de zomerbedverdieping (en benedenstrooms van de inlaat van het Reevediep) is een aanvullende verdieping van 0,15 Mm^3 gerealiseerd, de zogenaamde zandvang, die als onderhoudsruimte fungeert.

2.4 Mitigerende maatregelen

In Tabel 2-3 is een overzicht gegeven van de maatregelen die zijn genomen om directe en indirecte nadelige effecten van de zomerbedverdiepingen te mitigeren. Maatregelen die voorafgaand aan de zomerbedverdiepingen zijn genomen, waaronder het verleggen van kabels, archeologisch onderzoek (e.g., het lichten van de IJsselkogge) en onderzoek naar niet-gesprongen explosieven zijn niet opgenomen in dit overzicht.

Tabel 2-3 Overzicht mitigerende maatregelen per zomerbedverdieping.

Zomerbed-verdieping		Erosiemaatregelen		Waterstandsmaatregelen		Overig
		Bodem	Oever	Peilopzet	Grondwater	
Venlo-Arcen		- Bodembescherming t.p.v. leidingen	Aankoop oeverstroken van 25 m	0,25 m	- Vergoeding drainage maatregelen en schade - Aankoop landbouw-grond rond de Heukelomse Beek	- Aanpassingen stuw- en sluiscomplex Sambeek
Gennep-Grave	PP1	- Bodembescherming bij spoorbrug Mook, kabels en leidingen en een verkeersbrug	-	0 m	-	-
	tweede verdie-ping	- Versterken stortebed stuw Sambeek	Aankoop oeverstroken van 25 m	0,30 m*	- Vergoeding drainage maatregelen en schade	- Aanpassingen stuw- en sluiscomplex Grave*
Grave-Ravenstein		- Bodembescherming t.p.v. gasleidingen - Versterken stortebed stuw Grave	Aankoop oeverstroken van 25 m	0 m	- Vergoeding drainage maatregelen en schade	-
IJsseldelta		- Bodembescherming t.p.v. bruggen	-	Niet mogelijk	Verplaatsing pompputten drinkwaterwinning	- Vervanging van meerpalen voor buispalen - Aanleg van een zandvang

** peilopzet is uitgevoerd voor zowel grondwater als scheepvaart*

2.4.1 Maas

2.4.1.1 Algemeen

In het project Zandmaas is een aantal generieke mitigerende maatregelen genomen. Langs alle trajecten zijn oeverstroken van 25 meter aangekocht als buffer voor mogelijke oevererosie (Projectorganisatie De Maaswerken, 2002). Tevens zijn er regelingen ingesteld voor drainagemiddelen voor landbouw en bebouwing, en zijn vergoedingen betaald in geval van grondwaterschade (Rijkswaterstaat, 2021b). Hieronder zijn specifieke maatregelen per traject beschreven.

2.4.1.2 Grave-Ravenstein

Naar aanleiding van de zomerbedverdieping Grave-Ravenstein zijn er geen aanpassingen gemaakt aan het benedenstroomse stuw- en sluiscomplex Lith en het peil in het stuwpand is dan ook niet opgezet. Een daling van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand van maximaal 5 cm was voorzien, wat geen gevolgen zou hebben voor natuurgebieden (Rijkswaterstaat, 2021b). Omdat de verdieping helemaal bovenstrooms in het stuwpand ligt, zou peilopzet in het benedenstroomse deel van het stuwpand tot hinder leiden door vernatting (Meijer, 2016). Bovenstrooms van de zomerbedverdieping is wel het stortebed van stuw Grave versterkt, enkele jaren nadat de zomerbedverdieping was uitgevoerd.

De zomerbedverdieping is uitgevoerd tot op enige afstand bovenstrooms van gasleiding 505 (rkm 181,1) en ter plaatse van de gasleidingen is bodembescherming aangebracht (Nijsten, 2009).

2.4.1.3 Gennep-Grave

Bij het uitvoeren van Proefproject 1 is bodembescherming aangebracht bij spoorbrug Mook, halverwege het traject, bij kabels en leidingen direct bovenstrooms van het traject, bij een verkeersbrug en bij kabels en leidingen iets verder bovenstrooms van het traject, bij Gennep.

Aan het stuw- en sluiscomplex Grave, inclusief de vispassage, zijn aanpassingen gemaakt ten behoeve van de tweede zomerbedverdieping Gennep-Grave. Dit heeft een peilopzet van 30 cm mogelijk gemaakt om negatieve effecten voor zowel scheepvaart als verdroging tegen te gaan (Van der Hoek et al., 2021).

Bovenstrooms van de zomerbedverdieping is het stortebed van stuw Sambeek versterkt. Gedurende de uitvoering van de zomerbedverdieping waren er geen kabels en leidingen aanwezig waar rekening mee gehouden moest worden. Deze waren voorafgaand aan het project verlegd door de eigenaren in opdracht van Maaswerken.

2.4.1.4 Venlo-Arcen

Aan het stuw- en sluiscomplex Sambeek, inclusief de vispassage, zijn aanpassingen gemaakt ten behoeve van de zomerbedverdieping Venlo-Arcen. Dit heeft een peilopzet van 25 cm mogelijk gemaakt om de daling van grondwaterstanden (bovenstrooms in het stuwpand) te mitigeren. De peilopzet in het stuwpand Sambeek had primair tot doel om genoemde verdrogingseffecten in grondwaterafhankelijke natuur te voorkomen. De verruiming van de vaargeul was een (positief) neveneffect. De peilopzet heeft weer geleid tot de aankoop van landbouwgrond rond de Heukelomse Beek onder in het stuwpand voor natuurontwikkeling.

Twee leidingen van de Ruhr-Rotterdam-Pipeline en een gasleiding zijn beschermd met een zinkstuk met bestorting. Kleine aanpassingen in het baggerprofiel (insteek en talud) zijn gemaakt bij kritische objecten Scheepswerf Smits, veerstoepen, Grubbenvorst en de Noorderbrug-A67 (zie §2.3.1.5).

2.4.2 IJsseldelta

Op het traject van de verdieping is (aanvullende) bodembescherming aangebracht bij bruggen (Eilandbrug, Stadsbrug) en zijn meerpalen vervangen door langere buispalen. Bovenstrooms van de zomerbedverdieping zijn bij het Engelse werk (Vitens) twee pompputten verplaatst richting de IJssel (Royal HaskoningDHV, 2013). Aan de bovenstroomse zijde van de zomerbedverdieping is een zandvang (buffer) opgenomen van 0,15 Mm^3, die dient als sedimentatieruimte ten behoeve van beheer en onderhoud. Deze zandvang is daarom niet meegenomen bij het bepalen van het waterstandseffect van de zomerbedverdieping.

2.5 Niet-uitgevoerde zomerbedverdiepingen

Oorspronkelijk was het uitgangspunt om het gehele traject van de Zandmaas te verdiepen van stuw Linne tot voorbij stuw Grave (Rijkswaterstaat, 2021a). Op basis van morfologische en grondgegevens werd echter geconstateerd dat er (zeer) erosiegevoelige lagen in de ondergrond van de Maas zitten (fijne Miocene zanden; Bijlage 5, Meijer, 2020). Zomerbedverdieping zou daarmee grootschalige en mogelijk onbeheersbare bodemerosie en daarmee samenhangende (benedenstroomse) sedimentatie in de hand kunnen werken. Dit leidde in eerste instantie tot het inkorten van het te verdiepen traject en vervolgens tot het schrappen van een proefproject op het traject Belfeld -Venlo (Van der Hoek et al., 2021).

In de verkenningsfase van het Project Meanderende Maas is een effectstudie gedaan naar zomerbedverdieping (drie varianten) op het traject Ravenstein-Lith (Van Ravesteijn et al., 2019). Gebaseerd op deze studie en het advies zomerbedverdieping van Deltares (Mosselman, 2019) is besloten deze maatregel niet op te nemen in het voorkeursalternatief binnen dat project (Hoogewerf & Leemkuil, 2019).

Ook de zomerbedverdieping op de IJssel is over een kleiner traject uitgevoerd dan oorspronkelijk gepland: 7,5 km in plaats van 22 km. De redenen hiervoor waren negatieve effecten m.b.t. inundatiedynamiek van uiterwaarden in de IJsseldelta die deel uitmaken van het Natura 2000-gebied Rijntakken en de verlaging van grondwaterpeilen waardoor de hoeveelheid en kwaliteit van drinkwaterwinning in het geding kwam (Royal HaskoningDHV, 2013).

3 Beheer en ontwikkeling zomerbedverdiepingen

3.1 Juridische status

3.1.1 Zandmaas/Maasroute: Tracébesluit

Het Tracébesluit Zandmaas/Maasroute is vastgesteld op 12 maart 2002 (Uitspraak 200201802/1). Alle te nemen maatregelen voor verbetering van de scheepvaart zijn opgenomen in dit tracébesluit. Onder dit tracébesluit vallen de zomerbedverdiepingen Gennep-Grave (2009-2013), Grave-Ravenstein (2007) en Venlo-Arcen (2013-2015). In het tracébesluit zijn de zomerbedverdiepingen uitgewerkt en de effecten van deze zomerbedverdiepingen in kaart gebracht, daarnaast is het benodigde ruimtebeslag vastgesteld. Uit het tracébesluit volgt dat de Maasroute bevaarbaar moet zijn voor schepen met een diepgang van 3,5 m.

3.1.2 IJssel: Projectplan Waterwet

Het ontwerpbesluit projectplan Waterwet voor de zomerbedverlaging Beneden-IJssel is genomen in mei 2013 (Royal HaskoningDHV, 2013). Middels dit ontwerpbesluit is besloten tot wijziging van het waterstaatswerk 'IJssel' en dit uit te voeren in overeenstemming met het projectplan. Het projectplan bevat een beschrijving van de werkzaamheden en de wijze waarop deze uitgevoerd dienen te worden. Daarnaast bevat het ook een beschrijving van de te treffen voorzieningen gericht op het ongedaan maken of beperken van de nadelige gevolgen van de uitvoering van het werk. Daarbij is een bijkomende eis dat de waterstandsdaling als gevolg van de zomerbedverdieping ter hoogte van Zwolle (wingebied drinkwater Vitens), tijdens een representatieve zomerafvoer (1.980 m^3/s bij Lobith) niet groter mag zijn dan 5 cm.

3.2 Onderhoudsbaggeren

3.2.1 Algemeen

De beheer- en onderhoudsstrategie van zomerbedverdiepingen valt onder het Objectbeheerregime (OBR) bodems (Van Werven, 2023). De bijbehorende beheer- en onderhoudskosten zijn niet (of onvolledig) beschikbaar gesteld. Voor de Maas is wel een (relatief) beperkte kostenstijging vanaf 2016 genoemd na realisatie van rivierverruimingsprojecten in het zomerbed van de Gemeenschappelijke Maas (Maaswerken, Zandmaas). Het geprogrammeerde budget kon echter niet getraceerd worden. Voor de IJssel is in het OBR een kostenstijging verwacht als gevolg van de areaalverandering die gepaard gaat met de aanleg van zomerbedverdiepingen in het kader van een Ruimte voor de Rivier-project, namelijk dat van de IJsseldelta. Gesteld wordt dat de beheer- en onderhoudskosten stijgen, maar veel geringer dan oorspronkelijk geraamd (Van Werven, 2023). In het OBR is €500.000 per jaar gebudgetteerd voor de zomerbedverdieping IJsseldelta maar dit geldt vermoedelijk enkel voor de monitoring (email Erik Evers, 2025). Het onderhoudsbaggeren zelf zal duurder zijn. Uitgaande van een standaardprijs op de IJssel van 24 €/m^3 (geïndexeerd op basis van 15 €/m^3 in 2013 afkomstig uit de Projectfiche Zomerbedverdieping Beneden IJssel), zou de huidige jaarlijkse baggeropgave circa €1,5 miljoen zijn.

3.2.2 Maas

De zomerbedverdiepingen in de Maas worden niet specifiek gemonitord of gebaggerd maar vallen onder regulier onderhoudsbaggerwerk binnen het uitvoeringsprogramma Groot Onderhoud Vaarwegen (GoVa). In het kader van GoVa fase 2 is in 2010-2011 direct boven- en benedenstrooms van stuw- en sluiscomplex Grave gebaggerd (Frings et al., 2024). Het ging om 11.229 m^3 benedenstrooms, dat deels valt binnen het traject van de verdieping Grave-Ravenstein, welke 4 jaar daarvoor gerealiseerd was. Er is ook 81.264 m^3 bovenstrooms van het complex Grave gebaggerd dat deels valt binnen het traject Gennep-Grave. Dit vond echter plaats direct voorafgaand aan de tweede fase van de verdieping. Al het gebaggerde sediment is aan

het systeem onttrokken en niet op een andere locatie in de Maas teruggestort. De verwachte kostenstijging na 2016, zoals opgenomen in de OBR Bodem, of überhaupt enige directe onderhoudsbaggerkosten, zijn niet te herleiden uit de baggergegevens tot en met 2020.

Het geschatte jaarlijkse transport van zand en grind dat de Zandmaas binnenkomt is circa 50.000 m^3/jaar (Barneveld, 2021).

3.2.3 IJsseldelta

In de rivierkundige beoordeling wordt gesproken over een jaarlijkse baggeropgave van 65.000 m^3/jaar, welke van jaar tot jaar kan variëren met ±50% afhankelijk van de afvoercondities op de IJssel (Royal HaskoningDHV (2013). Na de aanleg van de zomerbedverdieping IJsseldelta in 2016 is de bodem jaarlijks gemonitord en pas in 2023 voor het eerst gebaggerd. Het ging om een volume van 109.000 m^3 wat met name afkomstig was uit het meest bovenstroomse vak. Contractueel mocht het gebaggerde materiaal verkocht worden maar dit bleek in de praktijk moeilijk, als gevolg van de kwaliteit van de specie en mogelijke verontreinigingen.

3.3 Bodemhoogte

In Tabel 3-1 is een overzicht gegeven van de monitoring van bodemhoogtes per zomerbedverdieping na aanleg. Op basis van de beschikbare gegevens is er in de gemonitorde periodes en trajecten niet gebaggerd, met uitzondering van ~10.000 m^3 aan het bovenstroomse uiteinde van Grave-Ravenstein in 2010-2011, en zijn veranderingen in bodemhoogte bijna geheel toe te schrijven aan natuurlijke erosie en sedimentatie. Vanwege onnauwkeurigheden in opeenvolgende bodemmetingen dienen veranderingen in (gemiddelde) bodemhoogte kleiner dan 5 cm met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden.

Tabel 3-1 Ontwikkeling bodemhoogte na aanleg zomerbedverdiepingen; tabel grotendeels gebaseerd op Meijer (2020) en Frings et al. (2024).

Zomerbed-verdieping	Monitoring (jaren)	Volumeverandering (-) erosie en (+) sedimentatie					Bodemhoogteverandering			
		Zomerbedverdieping			Omliggend zomerbed***		Zomerbedverdieping		Omliggend zomerbed**	
		m^3	m^3/jaar of m^3/hoog-water	%/jaar of %/hoog-water*	m^3	m^3/jaar	m	m/jaar of m/hoog-water	m	m/jaar
Venlo-Arcen	2015-2019	-25.207 m^3	-6.302 m^3/j	-0,3 %/j	-42.489 m^3	-10.622 m^3/j	-0,026 m	-0,007 m/j	-0,081 m	-0,020 m/j
	Hoogwater 2021	-47.390 m^3	-47.390 m^3/hw	-2,4 %/hw	-	-	-0,048 m	-0,048 m/hw	-	-
Gennep-Grave	1997-1999	-100.000 m^3	-50.000 m^3/j	-3,3 %/j	-	-	± decimeters		-	
	2013-2019	+5.458 m^3	+910 m^3/j	+0,02 %/j	-4.160 m^3	-693 m^3/j	+0,003	<±0,001 m/j	-0.005	<±0,001 m/j
	Hoogwater 2021	+58.619 m^3	+58.619 m^3/hw	1,5 %/hw	-	-	+0,034	+0,034 m/hw	-	-
Grave-Ravenstein	2007-2020*	+86.035 m^3*	+6.618 m^3/j*	+0,5 %/j*	-13.454 m^3*	-1.035 m^3/j*	+0,141 m*	+0,011 m/j*	-0,066 m*	-0,005 m/j*
	Hoogwater 2021	+7.394 m^3	+7.394 m^3/hw	+0,6 %/hw	-	-	+0,012 m	+0,012 m/hw	-	-
IJsseldelta	2016-2022	+312.000 m^3	+52.000 m^3/j	+2,9 %/j	-	-	-	-	-	-

**In deze periode is ~10.000 m^3 gebaggerd met een onbekend deel binnen de zomerbedverdieping en onbekend deel in het omliggende zomerbed. Hier is niet voor gecorrigeerd.*

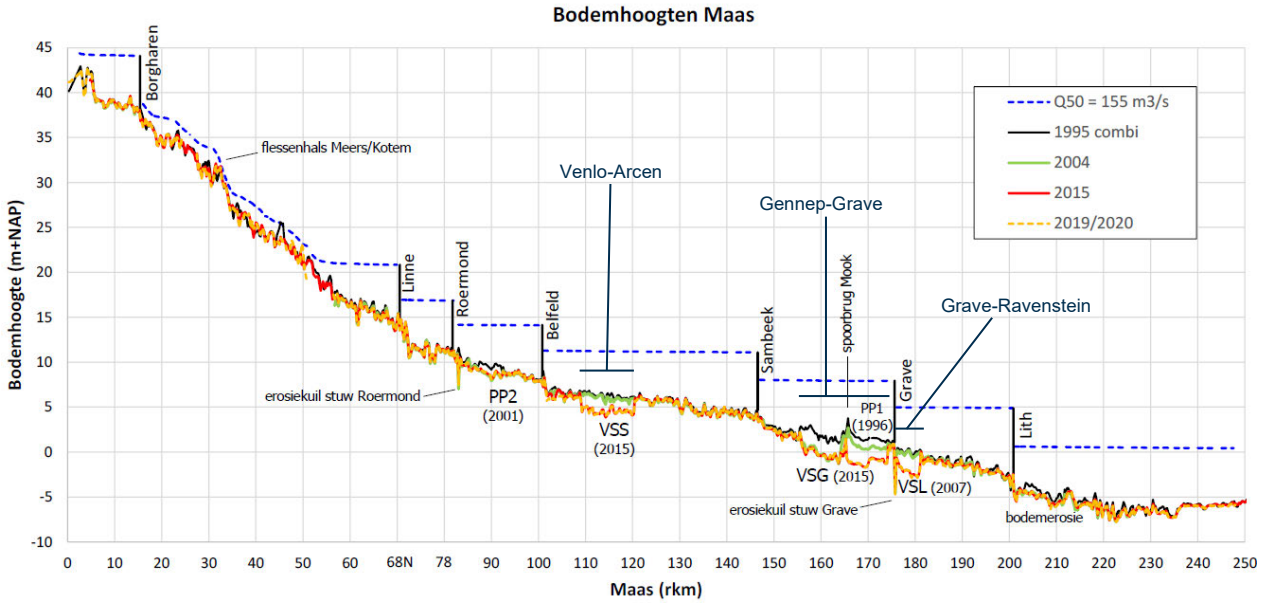
***Percentage volumeverandering t.o.v. volume zomerbedverdieping.*

****Omliggend zomerbed is het zomerbed buiten de verdiepingscontour, ernaast, en ~500 m boven- of benedenstrooms (Meijer, 2020).*

3.3.1 Maas

3.3.1.1 Algemeen

Al meer dan een eeuw is er sprake van rivierbodemdaling in het zomerbed van de Maas als gevolg van een beperkte aanvoer van sediment vanuit België en door sedimentwinning (Barneveld, 2021). Daar bovenop zijn de zomerbedverdiepingen uitgevoerd ten behoeve van hoogwaterveiligheid (zie § 2.2 en Figuur 3-1). Jaarlijks wordt door Rijkswaterstaat de bodemligging ingemeten waaruit blijkt wel dat er lokaal significante morfologische veranderingen plaatsvinden, maar dat de netto veranderingen per verdieping beperkt zijn, zie bijvoorbeeld Meijer (2020).



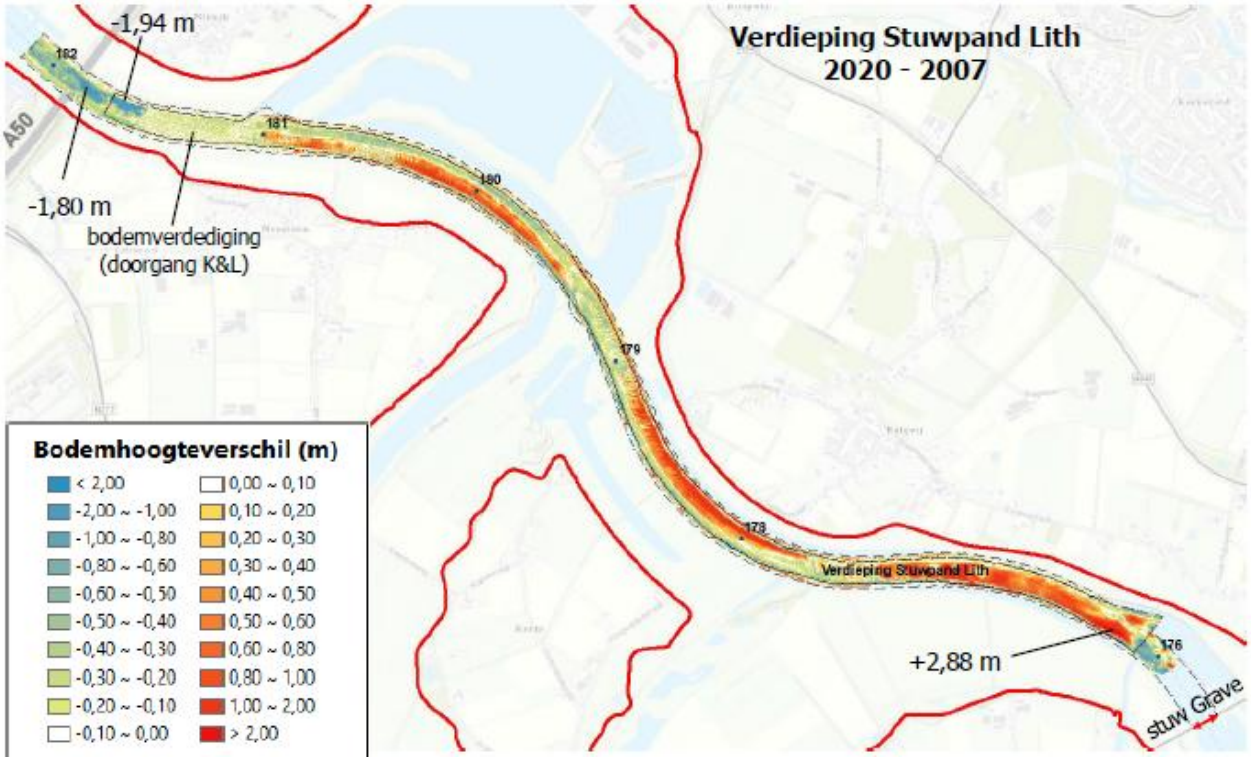
Figuur 3-1 Overzicht veranderingen bodemhoogten in de Maas inclusief de zomerbedverdiepingen, aangepaste versie van figuur uit Meijer (2020).

Over het algemeen treden er de eerste jaren direct na de verdieping beperkte volumeveranderingen op ten opzichte van de grootte van de zomerbedverdiepingen; dit is maximaal een paar procent per jaar. Het betreft de verwachte sedimentatie in met name het bovenstroomse deel van de zomerbedverdiepingen (Figuur 2-2) en in binnenbochten, hetgeen gebruikelijk is in meanderende rivieren. De verwachte bodemerosie vindt plaats direct boven- en benedenstrooms van de verdiepingstrajecten (Figuur 2-2), maar ook lokaal ter hoogte van blootgestelde fijne zandlagen (erosiekuilen). Hieronder zijn de bodemhoogteverandering per traject toegelicht.

3.3.1.2 Grave-Ravenstein

Het gehele traject Grave-Ravenstein vertoont sedimentatie over een relatief lange periode sinds de zomerbedverdieping, circa 0,5 % van de capaciteit van de zomerbedverdieping per jaar (2007-2020; Figuur 3-2). De morfologische veranderingen zijn in de lijn met de verwachtingen na het verdiepen van het zomerbed (zie Figuur 2-2). Sedimentatie treedt met name op in de binnenbochten en neemt af in benedenstroomse richting. Benedenstrooms vindt erosie plaats na de aangelegde bodembescherming en nabij de zomerbedversmalling. Bovenstrooms is het onduidelijk in welke mate er erosie heeft plaatsgevonden, aangezien in deze periode direct benedenstrooms van de stuw onderhoudsbaggerwerk is uitgevoerd. Als gevolg van het hoogwater van 2021 vonden lokaal grote veranderingen in bodemhoogte plaats, veelal samenhangend met beddingvormen tot maximaal 4 m hoog in het bovenstroomse deel van de zomerbedverdieping, maar netto sedimentatie was van dezelfde orde van grootte als het jaarlijkse gemiddelde in de periode daarvoor (Frings et al., 2024). In de periode 2019-2023 is sedimentatie

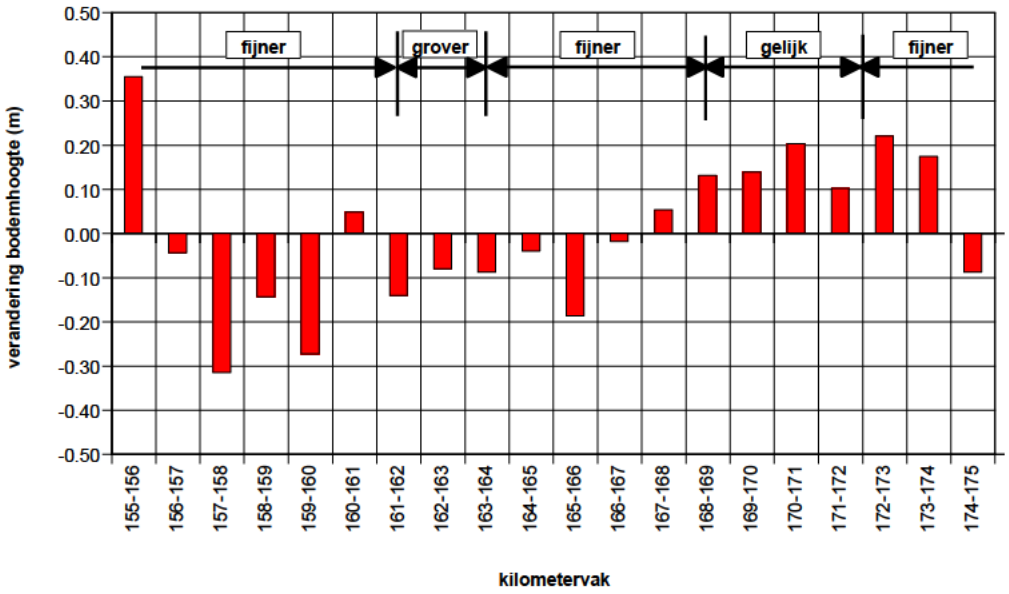
geobserveerd tussen rkm 178 en 181, hetgeen mogelijk duidt op het langzaam in benedenstroomse richting uitbreiden van het sedimentatiefront (Van den Hoek & Van der Deijl, 2023).



Figuur 3-2 Bodemhoogteontwikkeling Grave-Ravenstein voor de periode 2007-2020 (Meijer, 2020).

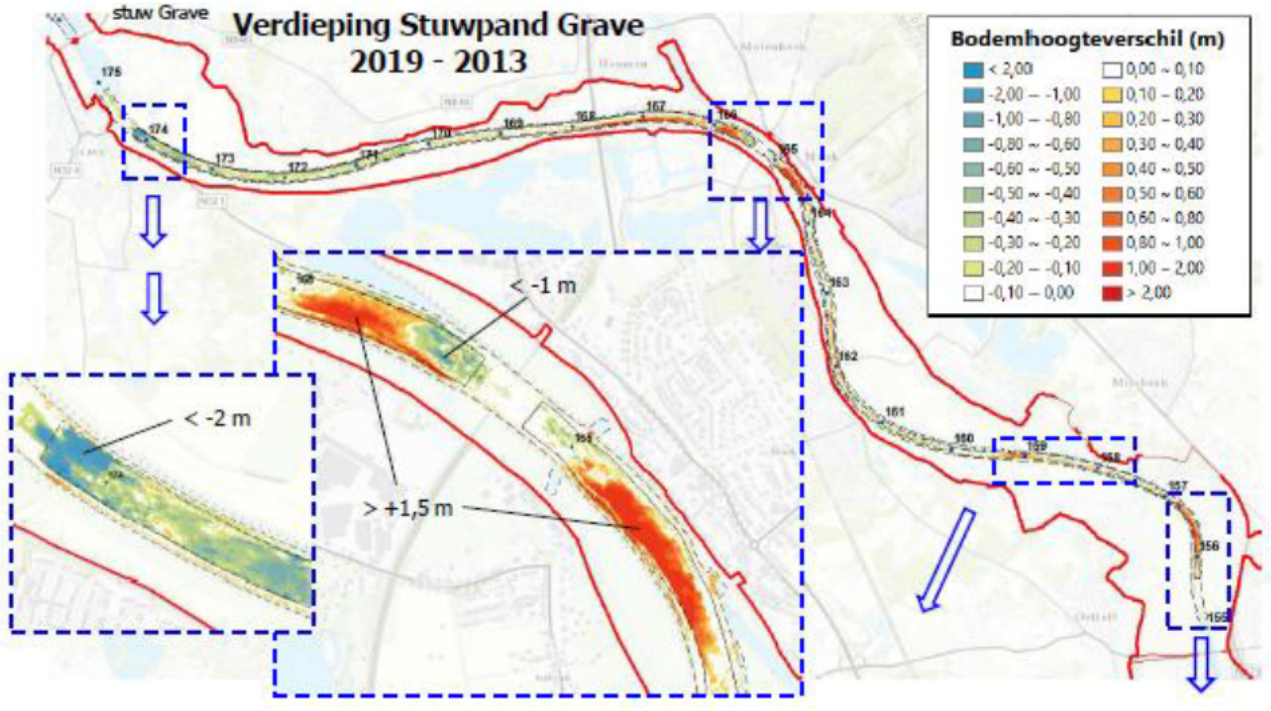
3.3.1.3 Gennep-Grave

Direct na de Proefproject 1 heeft er significante bodemerosie plaatsgevonden, inclusief de ontwikkeling van een erosiekuil, in het bovenstroomse deel van het verdiepingstraject (Figuur 3-3; Schropp et al., 2000). Dit kan gerelateerd worden aan de aanwezigheid van erosiegevoelige zandlagen (Meijer, 2020). In het benedenstroomse deel vond depositie plaats met sediment dat deels afkomstig was van de erosiekuil. Dit was echter minder dan de bovenstroomse erosie en dus is er netto gezien sediment uit het traject getransporteerd (in benedenstroomse richting). De morfologische aanpassingen kwamen niet overeen met de algemeen verwachte ontwikkeling van zomerbedverdiepingen (Figuur 2-2).



Figuur 3-3 Bodemhoogteontwikkeling Gennep-Grave voor de periode 1997-1999 (Schropp et al., 2000).

Tussen Proefproject 1 en de tweede verdieping was netto bodemerosie geconstateerd maar lokaal ook sedimentatie in de binnenbochten. De bochten zijn vervolgens opnieuw uitgebaggerd tijdens de tweede verdieping (§ 2.3.1.4). In de periode na de tweede verdieping, van 2013 tot 2019, was er sedimentatie opgetreden in het zomerbedverdiepingstraject, wederom de binnenbochten, en beperkte erosie daarbuiten, met name aan het benedenstroomse uiteinde (Figuur 3-4).

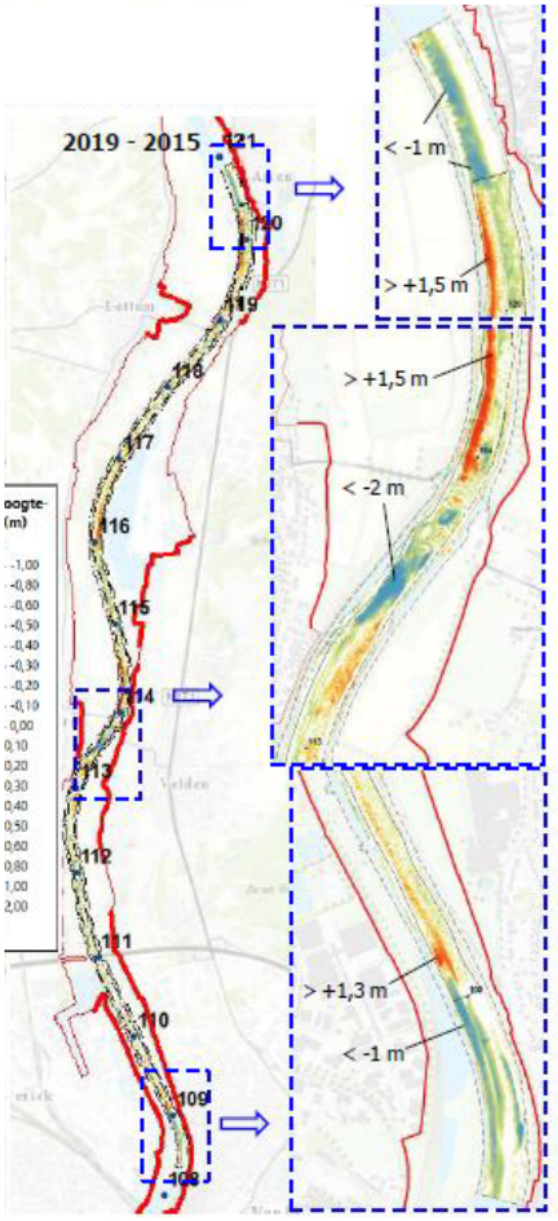


Figuur 3-4 Bodemhoogteontwikkeling Gennep-Grave voor de periode 2013-2019 (Meijer, 2020).

Vanaf rkm 169-170 slaat de trend van bovenstroomse sedimentatie om naar benedenstroomse erosie. Dit is te verwachten voor een lange zomerbedverdieping (16,3 km, een dergelijke trend is niet waargenomen bij het traject Grave-Ravenstein van 5 km; zie ook Figuur 2-2). Netto gezien bedraagt de sedimentatie in de periode 2013-2019 nog geen 0,02 % per jaar en is daarmee een ordegrootte kleiner dan voor Grave-Ravenstein. Als gevolg van het hoogwater van 2021 vond sedimentatie plaats ter hoogte van rkm 157. Dit is gerelateerd aan lokale omstandigheden en niet zozeer aan de bovenstroomse opvulling van de zomerbedverdieping (Frings et al., 2024). In de periode 2019-2023 is tevens sedimentatie (+2 m) geobserveerd ter hoogte van rkm 164,5-166 (Van den Hoek & Van der Deijl, 2023).

3.3.1.4 Venlo-Arcen

Op het traject Venlo-Arcen heeft in de periode 2015-2019 sedimentatie plaatsgevonden in binnenbochten terwijl er aanzienlijke bodemerosie heeft plaatsgevonden boven- en benedenstrooms van het traject en bij een erosiekuil op rkm 113,5 (Figuur 3-5).

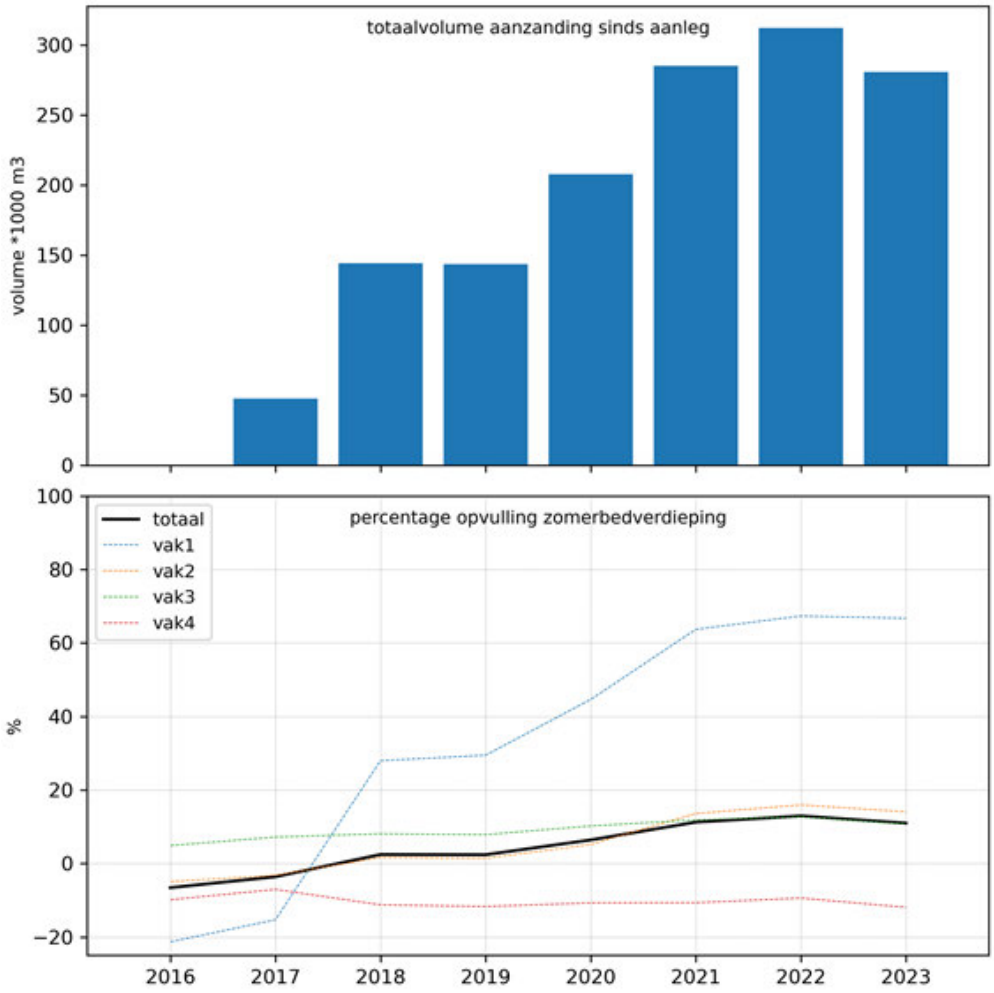


Figuur 3-5 Bodemhoogteontwikkeling Venlo-Arcen voor de periode 2015-2019 (Meijer, 2020).

De morfologische veranderingen op deze locaties zijn in de lijn der verwachting na het verdiepen van het zomerbed (Figuur 2-2), waarbij het optreden van een erosiekuil gerelateerd kan worden aan de aanwezigheid van erosiegevoelige zandlagen, hetgeen al naar voren was gekomen in morfologische modelberekeningen in de planstudie (Meijer, 2020). Netto gezien leidt dit tot een negatieve sedimentbalans over het gehele traject (net als eerste fase Gennep-Grave, Proefproject 1), waarbij er ondanks de algemene afname in stroomsnelheden in de verdieping meer erosie plaatsvindt van fijn sediment. De erosie is versterkt tijdens het hoogwater van 2021 waarbij de bodem gemiddeld enkele centimeters lager is komen te liggen (Frings et al., 2024).

3.3.2 IJsseldelta

Jaarlijkse bodemmetingen tussen 2002 en 2009 tonen een stabiele ligging van het zomerbed (DHV, 2013). In de periode 2016-2022 is 312.000 m^3 sediment in de zomerbedverdieping IJsseldelta (inclusief zandvang) afgezet. Dit komt neer op een gemiddelde baggeropgave van 52.000 m^3/jaar die van jaar tot jaar varieert van minder dan 30.000 tot bijna 100.000 m^3/jaar (Figuur 3-6). Deze getallen komen goed overeen met de geschatte 65.000 m^3/jaar ±50% uit de rivierkundige beoordeling (zie § 3.2.3) en is iets groter dan de geschatte jaarlijkse influx van zand en grind van ~30.000 m^3/jaar in de IJssel (Frings, et al., 2019).



Figuur 3-6 Cumulatieve volumes aanzanding zomerbedverdiepingen IJsseldelta (email Emiel Kater, 2023).

3.4 Waterstanden

3.4.1 Jaarlijkse actualisatie modellen

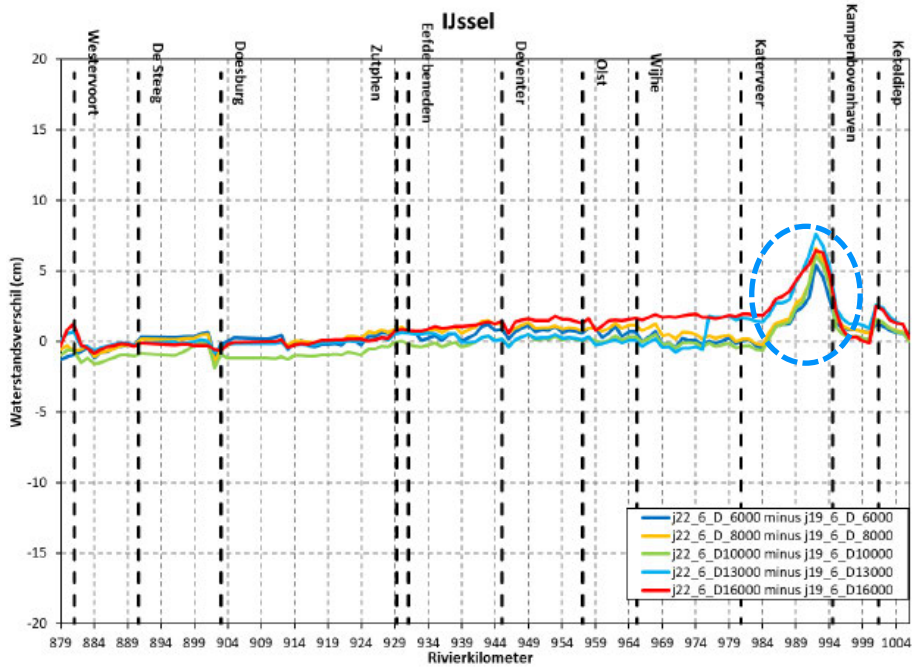
3.4.1.1 Maas

In het kader van de actualisatie van het (zesde-generatie) Maasmodel zijn stationaire en dynamische berekeningen uitgevoerd met bodemhoogtes van het zomer- en winterbed uit 2019 en 2023 (Van den Hoek & Van der Deijl, 2023). De effecten van lokaal hogere zomerbedliggingen als gevolg van sedimentatie zijn niet te herleiden uit de resultaten. Over het algemeen liggen de waterstanden enkele centimeters lager, hetgeen wordt geassocieerd met de grootschalige trend in bodemdaling van het zomerbed en ingrepen in het winterbed.

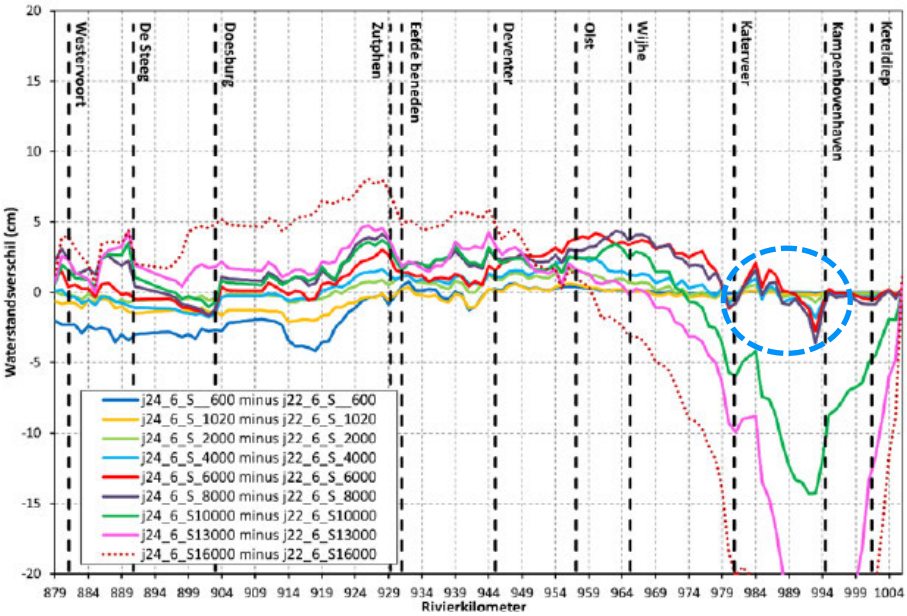
3.4.1.2 Rijn

In het kader van de Jaarlijkse Actualisatie Modellen Rijn 2022 en 2024 zijn berekeningen uitgevoerd met verschillende bodemhoogtes van het zomer- en winterbed behorende bij respectievelijk de periodes 2019-2022 en 2022-2024.

In de periode 2019-2022 is een toename van de waterstand bij extreem hoogwater van 8 cm geconstateerd (rkm 993; Figuur 3-7) welke veroorzaakt werd door een hogere zomerbedligging van lokaal ongeveer 40 cm (breedtegemiddeld). Dit gebied van sedimentatie betreft de zandvang en een deel van de zomerbedverdieping. Omdat de zandvang al enige tijd niet voldoende is onderhouden vindt de aanzanding ook verder benedenstrooms plaats (Kosters & Visser, 2022). Hoewel de lokale toename van waterstanden significant is, werkt deze beperkt door in bovenstroomse richting. Hierdoor is het effect ter hoogte van het taakstellingspunt bij rkm 979-980 minimaal.



Figuur 3-7 Waterstandverschillen berekend met het Rijntakken model voor bodemhoogtes uit 2022 en 2019 (Kosters & Visser, 2022).



Figuur 3-8 Waterstandverschillen berekend met het Rijntakken model voor bodemhoogtes uit 2024 en 2022 (Van den Hoek, 2024).

In de periode 2022-2024 is vervolgens weer een afname van de waterstand geconstateerd bij lage afvoeren (S/D6000 en S/D8000, het Reevediep stroomt dan nog niet mee; Figuur 3-8). Dit komt doordat de zandvang van de zomerbedverdieping bij rkm 993, benedenstrooms van de inlaat van het Reevediep, is uitgebaggerd (Van den Hoek, 2024).

3.4.2 Toets grote rivieren

In de Toets grote rivieren 2023 is gerapporteerd over de toestand van het rivierbed van de grote rivieren in relatie tot de functie hoogwaterveiligheid (RWS, 2022). Voor de bodemligging is in de Legger Rijkswaterstaatswerken géén interventieniveau voor hoogwaterveiligheid vastgesteld. Toetsing aan een norm is derhalve niet mogelijk[2]. Grootschalige bodemveranderingen van het zomerbed zijn echter wel relevant voor de functie hoogwaterveiligheid en zijn daarom in beeld gebracht gebaseerd op de veldsituatie 2021 en 2014 met inachtneming van de vergunningen en projecten uit Ruimte voor de Rivier en Maaswerken. Het functioneren van de zomerbedverdiepingen van de Maas en de Beneden-IJssel is hiermee indirect getoetst. Constatering in die toets was dat de geconstateerde waterstandsverhogingen bij de zomerbedverdiepingen beperkt zijn, tot ~5 cm (RWS, 2022).

3.5 Primaire keringen

Het wettelijk verplichte Beoordelings- en Ontwerpinstrumentarium 2023 (BOI2023)[3] voor primaire keringen is vigerend sinds 2023. BOI2023 wordt gebruikt voor primaire keringen om per dijktraject de overstromingskans te beoordelen en versterkingsmaatregelen te ontwerpen die aan de veiligheidsnorm voldoen (Informatiepunt Leefomgeving, 2023). Hierbij is uitgegaan van de werkelijke bodemhoogte en zijn enkel aanpassingen aan het rivierbed in beschouwing genomen als daar een investeringsbeslissing (MIRT) is genomen én een bodemschematisatie beschikbaar is. Indien de uitgevoerde zomerbedverdiepingen niet in stand worden gehouden, dan zal de behaalde waterstandsdaling (deels) teniet worden gedaan. Dit zal

[2] In toekomstige leggers worden naar verwachting wel interventieniveaus voor de bodemligging in relatie tot hoogwaterveiligheid opgenomen. In de ontwerp-legger 2021 zijn bijvoorbeeld al interventieniveaus voor nevengeulen opgenomen, en in de toekomst zal dit worden uitgebreid met bijvoorbeeld interventieniveaus voor zomerbedverdiepingen (Kater, 2022).

[3] BOI2023 is de opvolger van het Wettelijk Beoordelings-Instrumentarium 2017 (WBI2017).

direct leiden tot een grotere faalkans van de primaire keringen en op termijn een grotere versterkingsopgave om te voldoen aan de hoogwaterveiligheidsnorm.

De versterkingsopgave volgend uit de beoordelingen van de primaire keringen leidt tot projecten in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP; alliantie van Rijkswaterstaat en waterschappen). Het doel van het HWBP is om in 2050 alle primaire waterkeringen te laten voldoen aan de gestelde norm. Op basis van de geringe sedimentatie en beperkte implicaties op waterstanden (§ 3.3 en 3.4), zijn de implicaties van bodemaanpassingen sinds de aanleg van de zomerbedverdiepingen op de veiligheid van primaire keringen relatief klein. Het is inmiddels wel gebleken dat jaarlijks onderhoud in de IJsseldelta noodzakelijk is.

3.6 Scheepvaart

In de Legger Rijkswaterstaatswerken zijn wél interventieniveaus voor de bodemligging vastgelegd, maar deze zijn gericht op de dimensies van de vaargeul en niet het (gehele) zomerbed. Zowel de Maas als de IJssel maken deel uit het uitgebreide Trans-European Transport Network (TEN-T) netwerk en zijn druk bevaren (in beide gevallen 8000-9000 scheepspassages in 2024). Hiervoor geldt dat de vaargeul moet voldoen aan een minimale vaardiepte van 2,5 m (Europese Unie, 2024).

In het kader van het tracébesluit Zandmaas/ Maasroute is het zomerbed verdiept tot een diepte van 4,9 m, wat overeenkomt met een diepgang van 3,5 m (bij MLW, dus t.o.v. stuwpeil), om deze toegankelijk te maken voor scheepsklasse CEMT Vb. Deze vereiste is strenger dan de normen vanuit het (TEN-T) en komt daarmee in aanmerking voor subsidiemogelijkheden (Europese Unie, 2024). De aanleg van de zomerbedverdiepingen was ook onderdeel van een eerdere subsidie vanuit TEN-T; 2007-NL-18010-P | Innovation and Networks Executive Agency.

In de IJssel (Wijhe-Kampen) wordt in het overgangsgebied (van rivier naar meerpeil) een waterdiepte gegarandeerd van 2,5 m (bij OLR) naar 3,50 m (bij MLW). Een uitzondering hierop is de laatste ~700 m van de zomerbedverdieping (rkm 999,9-1000,6) waarbij de Zuiderzeehaven bereikbaar moet zijn voor bijzonder transport (superjachten en nieuwbouw coasters) met een diepgang van 5 m en een gegarandeerde bodemhoogte van -6,2 m NAP. Dit is vastgelegd in de Bestuursovereenkomst Verruiming Sluiscomplex Kornwerderzand (Staatscourant, 2020).

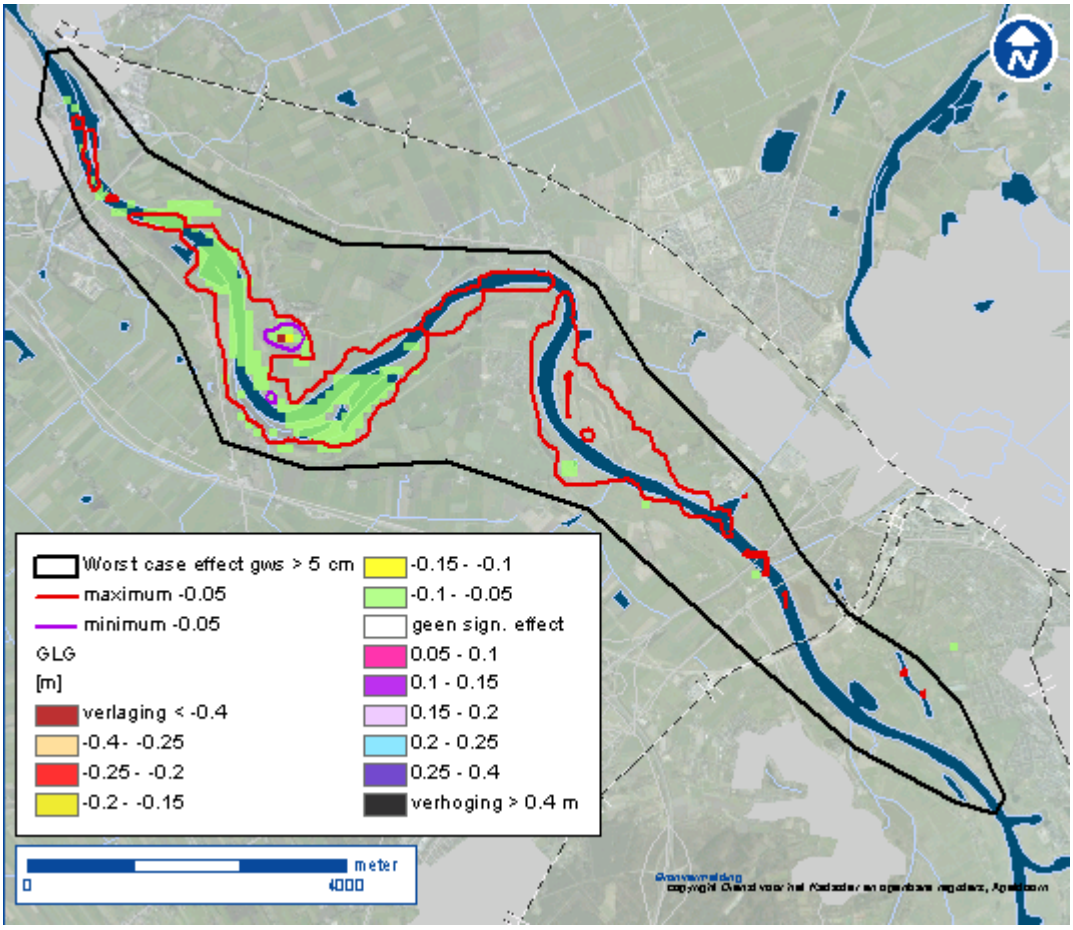
Hoewel zowel de Maas als de IJssel voldoen aan de minimale vaardiepte van 2,5 m, dient vanuit het TEN-T ook te worden voorkomen dat de goede navigatietoestand verslechtert. Er is hierbij niet gespecificeerd of de afname in vaardiepte als verslechtering wordt beschouwd indien nog steeds wordt voldaan aan de minimaal benodigde vaardiepte en op welke schaal dit wordt beschouwd (e.g., stuwpand).

3.7 Grondwater

In 1996, voorafgaand aan Proefproject 1 op het traject Gennep-Grave, is een grondwatermeetnet geïnstalleerd om de effecten van zomerbedverdieping te monitoren. In 1998 is uit een eerste analyse van de metingen en aanvullende modellering gebleken dat grondwaterstandsverlaging met name optreedt bij hogere winterafvoeren en in mindere mate bij lagere zomerafvoeren (Hoogewoud, 1998). Het effect op de vochttoestand van de bodem en daarmee op vegetatie is tevens beperkt omdat grondwaterstanden langs de Maas op meer dan 1 meter diepte zitten (Hoogewoud, 1998). Het effect is klein ondanks de relatief grote lengte van het verdiepingstraject en een onveranderd peilregime (pas bij de tweede verdieping is het peil opgezet). In 2008 is het meetnet Grondwaterzandmaas geïnstalleerd en zijn meetgegevens gebruikt ter onderbouwing voor de afhandeling van schade als gevolg van de gezamenlijke effecten van zomerbedverdiepingen Gennep-Grave en Venlo-Arcen, en peilopzet in de stuwpanden Grave en Sambeek (Inckel, 2017). Er zijn geen studies bekend waar op basis van deze meetdata effecten van

zomerbedverdiepingen op grondwaterstanden inzichtelijk zijn gemaakt en is verwezen naar het landelijke hydrologisch model (zie ook de netapplicatie https://grondwatereffect.netlify.app/).

Monitoring langs de IJssel dient plaats te vinden in verband met de vergunningen voor het project (Waterwet, Ontgrondingenwet, Natuurbeschermingswet) en bestuurlijke afspraken met de gemeente Kampen en Vitens. Tijdens een representatieve zomerafvoer (1.980 m^3/s bij Lobith) mag de waterstandsverlaging bij Zwolle niet meer dan 5 cm zijn (DHV, 2013). Er zijn geen studies of meetgegevens beschikbaar waar de verlagingen van de (grond)waterstanden geëvalueerd zijn. Op basis van modelberekeningen voor de aanleg is de verwachting dat de effecten gering zullen zijn in de zomer (Figuur 3-9). Tevens is er sinds 2018 de ruimte om het zomerpeil op het IJsselmeer, direct benedenstrooms van de zomerbedverdieping, 10 cm op te zetten, hetgeen de grondwaterstanden langs de zomerbedverdieping ook zal beïnvloeden.



Figuur 3-9 Effect zomerbedverlaging op de gemiddeld laagste grondwaterstand (DHV, 2013).

4 Voor- en nadelen instandhouding zomerbedverdiepingen

4.1 Overzicht

Een overzicht van voor- en nadelen m.b.t. de aanleg van zomerbedverdiepingen is weergegeven in het adviesrapport van Mosselman (2019) en risico's (nadelen) zijn verder uitgewerkt in het rapport van Snoek & Flierman (2019). In dit onderzoek beschouwen we de relevante voor- en nadelen voor het in stand houden van de bestaande zomerbedverdiepingen gebaseerd op metingen, studies en ervaringen (zie hoofdstuk 3). Hierbij gaan we uit van de huidige situatie (anno 2025), waarbij het riviersysteem en de randvoorwaarden inmiddels zijn veranderd sinds de aanleg. De netto-effecten bij het in stand houden van zomerbedverdiepingen zijn kwalitatief beoordeeld per traject en per riviergebonden functie (Tabel 4-1). Bij de scores wordt de huidige situatie met zomerbedverdieping vergeleken ten opzichte van de huidige situatie zonder zomerbedverdieping inclusief de huidige stuwpeilen, ondanks dat deze soms zijn veranderd naar aanleiding van de aanleg van de zomerbedverdiepingen. De onderliggende overwegingen en voor- en nadelen van de zomerbedverdiepingen worden hieronder toegelicht.

Tabel 4-1 Kwalitatief oordeel per functie van de impact bij instandhouding zomerbedverdiepingen.

Zomerbed-verdieping	Hoogwater-veiligheid	Scheepvaart	Natuur	Landbouw	Stabiliteit	Beheer
Venlo-Arcen	++	+	-	-	- -	0
Gennep-Grave	++	+	-	-	-	0
Grave-Ravenstein	++	+	-	-	-	0
IJsseldelta	++	+	- -	-	-	-

4.2 Hoogwaterveiligheid

De zomerbedverdiepingen leiden tot significante verlagingen in hoogwaterstanden, hetgeen ook het primaire doel was van deze maatregelen (Figuur 2-1, deelfiguur 2; Tabel 2-1). Daarbij nemen minder ruimte in beslag dan andere hoogwatermaatregelen, zoals uiterwaardverlaging, dijkversterking en dijkverlegging en worden ze in alle gevallen als zeer positief beoordeeld (Tabel 4-1). Om de effectiviteit van de maatregelen onderling te duiden, zouden verschillende maten gebruikt kunnen worden, waaronder de waterstandsdaling uit de opgave per miljoen m^3 aan verdieping. In dit geval is de verdieping bij Venlo-Arcen iets effectiever dan op de andere verdiepingen van de Maas, 0,2 m per miljoen m^3 versus 0,10-0,12 m per miljoen m^3.

De zomerbedverdieping in de IJsseldelta heeft een effectiviteit van 0,12 m per miljoen m^3 ter hoogte van het taakstellingspunt bij Zwolle. Dit punt ligt wel ruim 10 km bovenstrooms van de zomerbedverdieping, waardoor deze effectief is over een relatief lang traject; ter vergelijking, de taakstellingspunten op de Maas liggen op het bovenstroomse uiteinde van de zomerbedverdiepingen. Daarentegen is het effect op de hoogwaterveiligheid in het benedenstroomse deel van de zomerbedverdieping in Kampen afwezig als gevolg van windgedomineerde maatgevende hoogwaterstanden (Figuur 2-5). Het eventueel niet in stand houden van de zomerbedverdieping zal bij Zwolle leiden tot een waterstandstoename die ongeveer gelijk is aan de oorspronkelijke taakstelling van 21 cm. Ter hoogte van Kampen zal dit leiden tot maatgevende hoogwaterstanden tot 10 cm hoger dan voor uitvoering van het gehele maatregelpakket IJsseldelta Zuid (HKV, 2019).

4.3 Scheepvaart

Met de aanleg van de zomerbedverdiepingen is de vaargeul terplekke verruimd, met als bijkomende voordelen: meer kielspeling voor schepen, lagere stroomsnelheden en er is minder vaak hinder als gevolg van baggerwerkzaamheden om de vaarweg op de voorgeschreven diepte te houden (Nijsten, 2009). Daarentegen kunnen bij de boven- en benedenstroomse uiteinden van de verdiepingen stroomsnelheidsgradiënten optreden die de scheepvaart enigszins bemoeilijken. Per saldo is het effect ingeschat als licht positief op zowel de Maas als Beneden-IJssel (Tabel 4-1). Bij het (deels) vullen van de zomerbedverdiepingen zou TEN-T regelgeving mogelijk in het geding komen en levert de Bestuursovereenkomst Verruiming Sluiscomplex Kornwerderzand een beperking op voor het benedenstroomse deel van de verdieping in de IJsseldelta.

De noodzaak tot aanpassingen aan stuw- en sluiscomplexen was nadelig voor de scheepvaart tijdens de uitvoeringsperiode, maar dit is niet relevant voor de huidige situatie die we hier beschouwen. Ook in het geval dat de zomerbedverdiepingen niet in stand worden gehouden gaan we niet uit van een verandering in streefpeil, ondanks dat dit wel als mitigerende maatregel was ingesteld, bij Gennep-Grave en, met name, Venlo-Arcen (Tabel 2-3). Bij MLW is er een minimaal verval in stuwpanden (Figuur 2-5; deelfiguur 3) en levert de aanwezigheid van de zomerbedverdiepingen geen beperking op voor de vaardiepte (temeer omdat bij hogere waterstanden ook geen grotere vaardiepte wordt toegestaan benedenstrooms van de stuwen). De combinatie van bovenstrooms peilopzet in combinatie met benedenstrooms verdieping leidt er wel toe dat de stuwen minder frequent doorvaarbaar zijn bij hoge waterstanden. Dit geldt met name voor stuw Grave, waar doorvaren vaak vermeden wordt en er gekozen wordt voor het schutten. De stuwen worden pas gestreken bij gelijke boven- en benedenstroomse waterstanden hetgeen nu bij hogere afvoeren plaatsvindt dan voor de verdiepingen (Schropp, 2025). Hierbij treedt ook een afhankelijkheid op waarbij stuw Grave langer in bedrijf moet blijven om de waterstanden bij Sambeek-beneden op te zetten om deze tijdig te strijken.

4.4 Natuur

De voor- en nadelen van de huidige zomerbedverdiepingen op de ecologische waterkwaliteit (leefomgeving voor planten en dieren die voedsel en beschutting biedt) en daarmee natuurontwikkeling zijn grotendeels onbekend door een gebrek aan directe monitoring en studies na aanleg. De aanwezigheid van zomerbedverdiepingen ondermijnt de vijf sleutelfactoren voor een ecologisch robuust riviersysteem zoals opgenomen in de ecologische systeemopgave Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW)-Rivieren: schaal, dynamiek, habitatkwaliteit, habitatvariatie en connectiviteit (Heusden et al., 2021). Over het algemeen zijn de gevolgen negatief voor de dynamiek en diversiteit in ecologie (Tabel 4-1).

In principe hebben de zomerbedverdiepingen een negatief effect op de (natuurlijke) dynamiek van bodemveranderingen en de continuïteit van sedimenttransport in benedenstroomse richting. In de praktijk is dit effect echter beperkt. In het geval van de Maas is het zomerbed actief ondanks het geringe aanbod van sediment. In de IJssel wordt weliswaar getransporteerde bodemmateriaal afgevangen maar dit bleek ook deels (licht) verontreinigd. In het kader van een KRW-project zal in 2026 gebaggerd (schoon) sediment ingezet worden voor de aanleg van natuureilanden in het Ketelmeer (H20 Actueel, 2025). Alhoewel natuurlijke sedimenttransportprocessen in de benedenloop van de IJssel hiermee buiten spel gezet worden, kan sediment op deze wijze gericht ingezet worden voor natuurontwikkeling.

Zomerbedverdiepingen leiden tot verlaging van (grond)waterstanden, wat leidt tot minder frequente inundaties van uiterwaarden. Uit metingen blijkt dat bijvoorbeeld bij Gennep, waar de waterstandsdaling relatief groot is, de inundatiefrequentie van de uiterwaarden is afgenomen van ca. 6 dagen per jaar naar ca. 2 dagen per jaar (analyse Rijkswaterstaat WVL). Tijdens laagwatersituaties leiden de zomerbedverdiepingen tot een extra drainerende werking wat negatief is voor grondwaterafhankelijke

natuur. Naast een verhoogd risico op verdroging leidt dit ook tot een beperkte uitwisseling van organisch materiaal, nutriënten etc. Het effect van veranderingen op de natuur varieert echter ruimtelijk, per traject en binnen trajecten.

In de IJsseldelta zijn (grond)waterstanden nauwelijks te sturen voor natuurdoeleinden, ook al is er enige ruimte met de mogelijke peilopzet op het IJsselmeer. Tevens is er weinig sprake van wateraanvoer naar uiterwaarden door kwel. Langs de Maas is grondwaterstandsverlaging deels gemitigeerd door peilopzet en een aangepast peilbeheer van de stuwpanden Grave en Sambeek. De peilopzet mitigeert de grondwaterstandsverlaging onder in de stuwpanden op momenten dat er voldoende water is voor het handhaven van het peil; boven in de stuwpanden is het effect zeer beperkt (Figuur 2-1, deelfiguur 4). Deze maatregel draagt wel bij aan een onnatuurlijk peilbeheer. Als de zomerbedverdiepingen niet in stand worden gehouden en de mitigerende maatregelen blijven zoals ze nu zijn, dan treedt er vernatting van de natuur op t.o.v. de situatie voor de zomerbedverdiepingen. De vernatting van uiterwaarden kan juist gunstig zijn voor bepaalde habitattypen wat dus ook als kans gezien kan worden voor natuurontwikkeling en het behalen van PAGW natuurdoelen.

De aanwezigheid van natuur (in de huidige situatie) en daarmee de mate waarin het negatieve effect van zomerbedverdiepingen zich manifesteert verschilt in enige mate. Natuur heeft een prominente rol in de IJsseldelta, dat valt onder het Natura 2000-gebied Rijntakken, en langs het traject Grave-Ravenstein, namelijk in natuurgebied Keent, dat is ontwikkeld na de zomerbedverdieping. Langs delen van de Zandmaas zijn natuurdoelen slechts ten dele afhankelijk van rivierwaterstanden omdat de relatief smalle uiterwaarden voor een groot deel relatief hoog liggen en gevoed worden door kwelwater vanaf de Peelhorst en Maasduinen, met name op het traject Venlo-Arcen. Gezien klimaatverandering en toenemende droogte is het niet in stand houden van de zomerbedverdiepingen voor alle hier beschouwde riviertrajecten voordelig voor het behalen van doelen voor natuurherstel (Tabel 4-1).

4.5 Landbouw

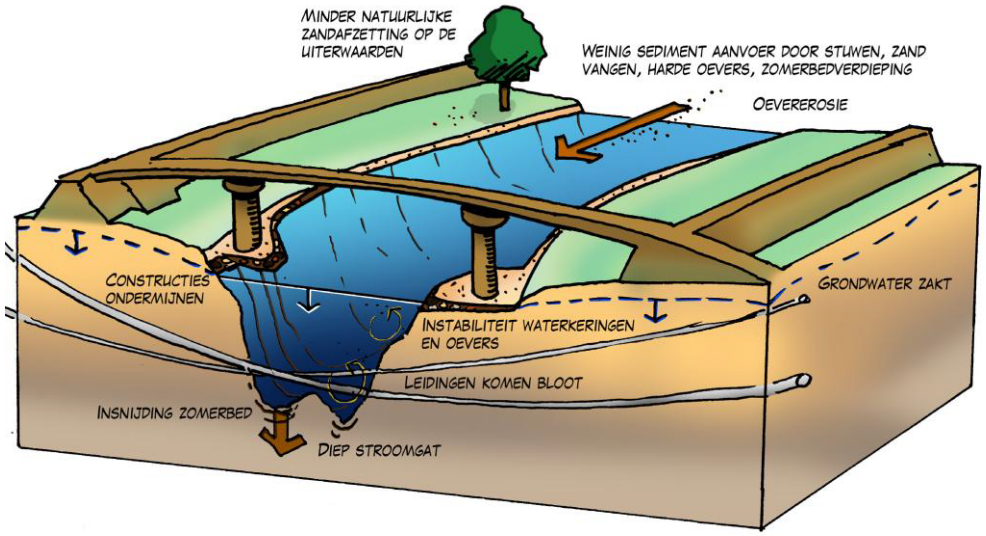
Voor landbouwgewassen gelden deels dezelfde negatieve effecten van lagere grondwaterstanden als gevolg van zomerbedverdiepingen als voor natuur. Echter, de effecten zijn over het algemeen minder sterk vanwege de ligging verder van de rivier (met name binnendijks). Naast het negatieve effect van verdroging kunnen lagere grondwaterstanden ook voordelig zijn voor het bewerken van het land en ze kunnen wateroverlast en daarmee het verlies van gewassen voorkomen. Met name langs de Maas is dit van ondergeschikt belang waar landbouwgebieden met name op hogere zandgronden liggen en regelingen voor peilregulerende drainage zijn geïmplementeerd. Met klimaatverandering en toenemende droogte heeft de instandhouding van zomerbedverdiepingen toch een neutraal tot negatief effect (Tabel 4-1). Indien zomerbedverdiepingen niet in stand gehouden worden zou dit voordelig zijn voor waterbeschikbaarheid hetgeen vervolgens op lokaal (perceel) niveau gereguleerd kan worden.

Landbouw langs de Beneden-IJssel betreft met name agrarisch gras en nauwelijks akkerbouw (dat langs de Maas vaker voorkomt). De nadelige effecten van waterstandsverlagingen zijn met name vanwege beperkingen voor de inlaat van water voor polder Mastenbroek (glastuinbouw) en Kampereiland (Royal HaskoningDHV, 2013).

4.6 Stabiliteit

De morfologische aanpassingen van de rivierbedding na zomerbedverdieping hebben effect op de stabiliteit van bodem en oevers. Erosie vormt een gevaar voor o.a., kunstwerken, leidingen en bebouwing (Figuur 4-1) en vindt met name plaats direct boven- en benedenstrooms van de verdiepingen (zie § 3.2; Tabel 4-1). Op de Maas kunnen erosiekuilen ontstaan bij aanwezigheid van fijne sedimentlagen in de ondergrond. Dit kan een risico vormen voor de stabiliteit van infrastructuur, e.g., brugpijlers en dijken die op korte afstand

van het zomerbed liggen, welke ten dele gemitigeerd kunnen worden met lokaal beschermende maatregelen. Het meest recent aangelegde traject van Venlo-Arcen herbergt daarbij mogelijk de grootste erosierisico's omdat hier netto erosie plaatsvindt en omdat er een relatief grote kans is op erosiegevoelige zandlagen (Meijer, 2020). Met een toename van de kans op extreme hoogwaters als gevolg van klimaatveranderingen is het risico op oncontroleerbare erosie groter, met name op de Maas. Vanwege het geringe bewijs van erosie in de IJsseldelta is het risico op instabiliteit daar beperkt.



Figuur 4-1 Nadelen van zomerbedverlaging als direct of indirect gevolg van zomerbedverdieping (Asselman et al., 2018).

4.7 Beheer

Om het functioneren van de zomerbedverdiepingen na aanleg te waarborgen is beheer nodig. Dat gaat gepaard met monitoring, onderhoudsbaggerwerk, sediment afvoeren en de bijbehorende kosten. De (verwachte) benodigde beheerinspanning op de Maas wordt als gering beoordeeld als gevolg van de beperkte sedimentatie, helemaal in het geval van Venlo-Arcen waar systematische erosie is vastgesteld. In de IJsseldelta vergt het onderhoud een grotere inspanning als gevolg van grotere hoeveelheden sedimentatie. Dit vormt een nadeel (Tabel 4-1).

5 Handelingsperspectieven

5.1 Algemeen

Het duiden van handelingsperspectieven is gebaseerd op de ontwikkelingen van zomerbedverdiepingen tot op heden (hoofdstuk 3) en de voor- en nadelen van hun instandhouding (hoofdstuk 4). Het is echter moeilijk om vast te stellen hoe de voor- en nadelen zich tot elkaar verhouden en zich in de toekomst verder zullen manifesteren. Hoe weegt het duidelijke voordeel voor hoogwaterveiligheid en, in mindere mate scheepvaart, op tegen de meervoudige nadelige effecten op natuur, landbouw, stabiliteit en beheerinspanning? Om toch richting te geven aan de handelingsperspectieven hanteren we hier de volgende redeneerlijn:

- Hoogwaterveiligheid, natuurontwikkeling en stabiliteit zijn de thema's die de meest uitgesproken positieve en negatieve effecten ondervinden van de zomerbedverdiepingen;
- Het waarborgen van veiligheid tegen hoogwater, maar ook voor scheepvaart en infrastructuur (stabiliteit), is van primair belang. Deze veiligheid wordt direct beïnvloed door de zomerbedverdieping door de reductie van hoogwaterstanden;
- Het bevorderen van natuur en behalen van natuurdoelen is niet direct maar slechts indirect stuurbaar door middel van aanpassingen aan zomerbedverdiepingen; natuurontwikkeling is afhankelijk van meerdere factoren (waaronder e.g., afvoerverloop) en kost de benodigde tijd. Vandaar dat natuur van secundair belang is bij het beschouwen van toekomstperspectieven. Het kan op adaptieve wijze ontwikkeld worden, e.g., door middel van uiterwaardverlaging, nevengeulen, in een gefaseerde aanpak waarbij veiligheidsmaatregelen leidend zijn.

Het aanpassen van het beheer of het ontwerp van zomerbedverdiepingen kan niet los gezien worden van compenserende (en toekomstige aanvullende) hoogwaterveiligheidsmaatregelen en hun impact op rivierfuncties. De handelingsruimte bij de huidige veiligheidsdoelstellingen is direct afhankelijk van de beschikbaarheid van alternatieve maatregelen.

5.1.1 Maas

Als referentiehandelingsperspectief geldt het behoud van de huidige zomerbedverdiepingen. Deze zijn aangelegd voor hoogwaterveiligheid en, hoewel met de huidige inzichten wellicht voor winterbedmaatregelen gekozen zou worden, zijn ze effectief in het reduceren van hoogwaterstanden. Om deze veiligheid te borgen is het belangrijk om de zomerbedverdiepingen en bijbehorende interventiediepten als hoogwatermaatregel op te nemen in de Legger Rijkswaterstaatswerken. Het is dan wenselijk om deze zodanig af te stemmen met de vereiste bodemligging van de vaargeul zodat de scheepvaart zo min mogelijk hinder ondervindt van de duur en frequentie van baggerwerkzaamheden.

Op basis van de gehanteerde uitgangspunten en voor- en nadelen zijn er geen doorslaggevende redenen om de zomerbedverdiepingen op korte termijn ongedaan te maken. Een mogelijke uitzondering hierop is het risico op stabiliteit. Dit risico beperkt zich echter niet tot de zomerbedverdiepingen. Daarbij geldt dat dit risico lokaal gemitigeerd kan worden, met beschermende maatregelen op plekken waar bodemerosie wordt verwacht, met name bij drempels en direct boven- en benedenstrooms van de verdiepingen (Figuur 2-2). Naar de ontwikkeling van erosiekuilen en potentiële stabiliteitsrisico's en morfologische gevolgen zal vanuit het perspectief van de gehele Maas naar oplossingen gezocht moeten worden. Waar geen risico's op stabiliteit zijn, kan het ontstenen van oevers en toestaan van oevererosie natuurontwikkeling stimuleren; in het project Zandmaas zijn oeverstroken aangekocht die hiervoor gebruikt kunnen worden.

Indien er toch op korte termijn aanpassingen aan, of (gedeeltelijke) opvulling van de zomerbedverdiepingen op de Maas wenselijk zijn, dan zullen deze hoogstwaarschijnlijk actief uitgevoerd moeten worden. Door de geringe sedimentaanvoer is de 'natuurlijke' aanzanding op deze trajecten minimaal; op het traject Venlo-

Arcen is er zelfs sprake van netto erosie. Op de korte termijn zal dit dan ook niet leiden tot het herstel van de oorspronkelijke bodemligging maar zal dit een (geringe) bijdrage leveren aan het tegengaan van de algehele trend van bodemdaling.

Bij het opvullen is van belang de zomerbedverdiepingen in samenhang te beschouwen: het opvullen van bovenstroomse verdiepingen heeft directe consequenties voor de aanvoer van sediment benedenstrooms. Op systeemniveau zullen de resultaten van de lopende studie naar de 'basisrivierbodemligging' eind 2025 meer inzicht geven in de mate waarmee zomerbedverdiepingen opgevuld moeten worden om te komen tot een stabiel en beheersbaar zomerbed van de Maas dat de hoofdfuncties van de rivier ondersteunt.

In het geval van opvullen is het noodzakelijk om voldoende sediment te verkrijgen met een geschikte korrelgroottesamenstelling dat natuurlijke dynamiek toelaat en tegelijkertijd ongecontroleerde erosie voorkomt (wel stroomgebiedseigen sediment, maar niet sediment dat elders uit het zomerbed gewonnen is). Voor dat laatste kan ook een beschermende laag worden aangebracht al bevordert dit niet een natuurlijk morfodynamisch karakter van de rivierbodem.

Naast de benodigde inspanning om de zomerbedverdieping op te vullen, zullen lokaal ook mitigerende maatregelen nodig zijn voor landbouw en natuur. Dit betreft het mogelijk 'ongedaan' maken van aanpassingen en maatregelen na aanleg van de verdiepingen en het aanpassen van gebieden die ontwikkeld zijn sinds de aanleg en zijn afgestemd op lagere (grond)waterstanden (bijvoorbeeld de ontwikkeling van natuurgebied Keent). Ook voor scheepvaart, bebouwing en infrastructuur kunnen lokale aanpassingen nodig zijn. Tegelijkertijd zullen alternatieve hoogwaterveiligheidsmaatregelen nodig zijn om de veiligheid te garanderen, te denken valt aan uiterwaardverlaging en de aanleg van nevengeulen. Ook deze zullen kosten en impact op rivierfuncties hebben, waarbij nog de vraag is of deze maatregelen inpasbaar zijn binnen de beschikbare ruimte en gebruik.

Voor geen enkele van de zomerbedverdiepingen in de Maas is het actief opvullen op dit moment het meest voor de hand liggende perspectief. Pas wanneer er een omvattend plan ligt waar invulling wordt gegeven aan de aanpassing/opvulling van zomerbedverdiepingen, de benodigde alternatieve/aanvullende hoogwatermaatregelen en het inpassen van natuur en ruimtelijke ontwikkeling, kan een goede afweging worden gemaakt met betrekking tot de wenselijkheid van het eventueel opvullen van de huidige zomerbedverdiepingen.

Het in stand houden op kleinere schaal en/of aangepast beheer verdient in alle gevallen nader onderzoek. Als gevolg van veranderende omstandigheden, andere riviermaatregelen, klimaatverandering, gebiedsontwikkeling en Europese regelgeving is het goed mogelijk dat het ontwerp en beheer van de verdiepingen geoptimaliseerd kan worden. Dit vergt echter gedetailleerde en gebiedsspecifieke (model)studies omdat de nu beschikbare informatie met betrekking tot de effecten beperkt is en de effecten lokaal kunnen verschillen.

5.1.2 IJsseldelta

De zomerbedverdieping in de IJsseldelta is het meest recent aangelegd (2016) en de effecten op natuur en grondwater (ten behoeve van waterwinning en tegengaan van verdroging) zijn nadrukkelijk meegenomen in voorafgaande model- en planstudies. Op basis van deze onderzoeken is de maatregel uiteindelijk ook in een verkorte versie uitgevoerd om nadelige effecten op het grondwater te beperken. Tevens zijn aanvullende uiterwaardvergravingen uitgevoerd in het kader van nieuwe natuurontwikkeling. Ondanks de complexe rivierkundige setting (effect stormopzet en wisselwerking met het Reevediep) heeft de zomerbedverdieping een bewezen positief effect op hoogwaterveiligheid (vanaf Kampen tot zover bovenstrooms als Wijhe; Figuur 2-5). Als referentiehandelingsperspectief geldt dan ook het behoud van de huidige zomerbedverdieping.

Op basis van de voor- en nadelen (Tabel 4-1) onderscheid de verdieping in de IJsseldelta zich van die van de Maas met als voornaamste nadelen de effecten op de natuur en de grote beheerinspanning. Echter, het waarborgen van veiligheid in algemene zin is een uitgangspunt bij het vormgeven van de handelingsperspectieven. Zeker op korte termijn zijn er weinig tot geen alternatieve hoogwaterveiligheidsmaatregelen door het gebrek aan ruimte langs de rivier, met onder andere de beschermde stadsgezichten van Kampen en Hattem. Het al dan niet in stand houden van de zomerbedverdieping hangt dan ook samen met peilopzet op het IJsselmeer of juist het mogelijk afsluiten van de IJssel van het IJsselmeer (e.g., stormvloedkering Ketelbrug). In het eerste geval zal storminvloed verder indringen op de IJssel tot voorbij Kampen en neemt de effectiviteit van de zomerbedverdieping (en andere afvoermaatregelen) op hoogwaterveiligheid iets af (Rijkswaterstaat, 2009). In het tweede geval zal storminvloed afnemen en wordt de zomerbedverdieping juist effectiever voor de hoogwaterveiligheid van Kampen. Op langere termijn zal de rol van de zomerbedverdiepingen door grotere veiligheidsopgaves en druk op de rivierfuncties sterk samenhangen met systeemmaatregelen en ruimtelijke ontwikkeling in de IJsseldelta.

Indien hoogwaterveiligheid gewaarborgd kan worden met andere/aanvullende maatregelen is er al enige ervaring opgedaan met aanzanding van het bovenstroomse deel van de verdieping en een bijbehorende stijging in hoogwaterstanden, zie § 3.3 en 3.4. Het blijkt mogelijk om de zomerbedverdieping op geleidelijke en redelijk voorspelbare wijze (van boven- naar benedenstrooms), op te laten vullen met natuurlijk aangevoerd sediment (dit in tegenstelling tot de verdiepingen op de Maas). De ontwikkeling van natuur in de uiterwaarden krijgt daarmee ook tijd om zich aan te passen aan de nieuwe bodemligging en riviermorfodynamiek—uiteraard gaat dit dan ten koste van initiatieven voor het gebruik van gebaggerd sediment voor de aanleg van natuureilanden (H20 Actueel, 2025). Vanuit het PAGW is het (gedeeltelijk) opvullen van de zomerbedverdieping opgenomen als een potentiële Kader Richtlijn Water (KRW)-maatregel (in de groslijst) voor het stroomgebiedsbeheerplan 2028-2033 van de Rijn. Het ongedaan maken van de zomerbedverdieping en bijbehorende natuurontwikkeling kan echter alleen plaatsvinden als er keuzes gemaakt zijn voor systeemmaatregelen waarbij de gehele IJsseldelta en het totaal aan lange termijn opgaves in beschouwing wordt genomen.

6 Aanbevelingen

Op basis van deze verkenning van de zomerbedverdiepingen in de Maas en IJssel, en de analyse van hun effecten op hoogwaterveiligheid en overige rivierfuncties, worden de volgende aanbevelingen gedaan om richting te geven aan toekomstig beleid en beheer:

1. Het behoud van zomerbedverdiepingen geldt als referentieperspectief gezien hun bewezen effectiviteit voor hoogwaterveiligheid en het ontbreken van voor de hand liggende korte termijn alternatieven.
2. Bij het ontwikkelen van toekomstperspectieven van zomerbedverdiepingen is het direct waarborgen van (hoogwater)veiligheid van primair belang en is het indirect ontwikkelen van natuur van secundair belang. Natuurontwikkeling kan op verschillende locaties (e.g., eilanden in de Keteldelta) en met verschillende maatregelen (e.g., uiterwaardverlaging, nevengeulen) adaptief ingepast worden.
3. Neem zomerbedverdiepingen en interventiediepten als hoogwatermaatregel op in de Legger Rijkswaterstaatswerken, zodat ze juridisch en beleidsmatig geborgd zijn binnen het beheer van het riviersysteem.
4. Onderzoek de (juridische) implicaties en de mogelijke risico's bij het (gedeeltelijk) opvullen van zomerbedverdiepingen in het kader van TEN-T regelgeving.
5. Onderzoek de effecten van zomerbedverdiepingen (aanwezigheid en opvullen) op natuurwaarden en -ontwikkelingen.
6. Onderzoek het risico op erosiekuilen en de effectiviteit van lokale versus trajectgerichte beschermingsmaatregelen op de Maastrajecten.
7. Voer gebiedsspecifieke studies uit naar het ontwerp en beheer van zomerbedverdiepingen, gericht op het optimaliseren van hun functioneren onder huidige en toekomstige klimaatomstandigheden en het verbeteren van alle rivierfuncties.
8. Inventariseer alternatieve hoogwatermaatregelen in samenhang met het (gedeeltelijk opvullen van zomerbedverdiepingen), inclusief de totale impact op natuur, landbouw, scheepvaart en ruimtelijke kwaliteit.
9. Houd rekening met systeemmaatregelen in de IJsseldelta, zoals peilbeheer op het IJsselmeer, toenemende toekomstige extreme IJsselafvoeren en mogelijke afsluiting van het Ketelmeer met een kering, die de effectiviteit van zomerbedverdiepingen beïnvloeden.

Literatuurlijst

Asselman, N., Barneveld, H., Klijn, F., & Van Winden, A. (2018). *Het verhaal van de Maas - De Maas uit balans?*

Barneveld, H. B. (2021). *Het verhaal van het sediment.* RWS.

DHV. (2013). *Zomerbedverlaging Beneden-IJssel - Monitoringsplan.*

Europese Unie. (2024). *Verordening (EU) 2024/1679 van het Europess parlement en de raad.*

Frings, R., Flierman, M., & Ewals, J. (2024). *De morfodynamiek van de Maas tijdens het zomerhoogwater van 2021.* RWS ZN concept.

Frings, R., Hillebrand, G., Gehres, N., Banhold, K., Schriever, S., & Hoffmann, T. (2019). From source to mouth: Basin-scale morphodynamics of the Rhine River. *Earth-Science Reviews, 196*.

Frings, R., Kuipers, E., Urlings, M., S., F., Van Ree, S., & Barneveld, H. (2024). *Grondverzet Maas 1996-2020.*

H20 Actueel (2025). *Een nieuw eilandje in het Ketelmeer van gebaggerd IJsselzand.* 06 oktober 2025.

Hoogewerf, S., & Leemkuil, M. (2019). *Voorkeursalternatief Meanderende Maas - MIRT-verkenning Ravenstein-Lith.* Meanderende Maas.

Hoogewoud, J. (1998). *Invloed van de baggerwerken tussen Gennep en Grave op de grondwaterstand in de omgeving van de Maas.* RIZA.

Heusden, W. Van Sluiter, H., Tijnagel, M., Vercruijsse, W. & Zuidhof, A. (2021). *Ecologische Systeemopgave PAGW-Rivieren – Naar klimaatbestendige robuuste riviernatuur in 2050.* Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, Rijkswaterstaat en Staatsbosbeheer.

HKV (2019). *Veiligheidsanalyse*; *Waterveiligheid langs de benedenloop van de IJssel*. PR3871.20.

Inckel, M. (2017). *Grondwatermonitoring Zandmaas.*

Informatiepunt Leefomgeving. (2023). *BOI-programma 2023-2035.*

Janssen, S. (2014). *Overdrachtsdocument Zomerbedverdieplng Grave.* RWS Maaswerken.

Koper, R. (2015). *Kennisborging zomerbedverdieping Grave - samenvatting relevante onderzoeken voorbereidingsfase.* Arcadis.

Kosters, A., & Visser, T. (2022). *Jaarlijkse Actualisatie Modellen Rijn 2022.* Deltares.

Meijer, D. (2016). *Kennisdocument Hydraulica en Morfologie Zomerbedverdiepingen en peilopzet Zandmaas.*

Meijer, D. (2020). *Bodemhoogteanalyses Maas 1995 – 2020; Systeemrapportage morfologie Maas, fase 2: Analyserapport.*

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (april 2025). *Naar een toekomstbestendig rivierengebied - Programma Integraal Riviermanagement.*

Mosselman, E. (2019). *Advies zomerbedverdieping.* Deltares.

Nijsten, W. (2009). *Zomerbedverdieping Stuwpand Lith - overdrachtsdocument.* RWS.

Projectorganisatie De Maaswerken. (2002). *Zandmaas/Maasroute: tracébesluit en POL Zandmaas.* Rijkswaterstaat.

Rijkswaterstaat. (2009). *Toekomstvastheid van de hoogwatergeul in de IJsseldelta*. Rapportnummer 2009.005.

Rijkswaterstaat. (2021a). *Naslagwerk Maaswerken; Deel 1: Geschiedenis Maaswerken.* Rijkswaterstaat Maaswerken.

Rijkswaterstaat. (2021b). *Naslagwerk Maaswerken; Deel 2: Overzicht Projecten Maaswerken.* Rijkswaterstaat Maaswerken.

Rijkswaterstaat (2022). *Toets grote rivieren 2023.* https://open.overheid.nl/documenten/ronl-c4f016880c819effecc019a559718efa5c1db61f/pdf

Royal HaskoningDHV. (2013). *Zomerbedverlaging Beneden IJssel; Ontwerpbesluit projectplan Waterwet.* Rijkswaterstaat programmadirectie ruimte voor de rivier.

Schropp, M. (2000). *Evaluatie monitoring zomerbedverdieping Gennep - Grave.* RIZA rapport 2000.017.

Schropp, M. (2025). *Werking stuwen Maas 1930-2022.*

Schropp, M., Jesse, P., & Van Essen, J. (2000). *Morfologie en zandtransport Maas zomerbedverdieping Gennep - Grave, Monitoringsresultaten 1996-1999.* RIZA rapport 2000.001.

Sloff, C. (2001). *Morfologische berekeningen Zandmaas Scope 2000 met gegradeerd sediment.* WL | Delft Hydraulics.

Snoek, Y., & Flierman, M. (2019). *Rijkswaterstaat standpunt zomerbedverdieping Maas.* RWS WVL.

Staatscourant (2020): *Bestuursovereenkomst Verruiming Sluiscomplex Kornwerderzand.* Nr 34941.

Van den Hoek, A. (2024). *Actualisatie Modellen Rijn 2024.* Deltares.

Van den Hoek, A., & Van der Deijl, E. (2023). *Actualisatie zesde-generatie Maasmodel 2023.* Deltares.

Van der Hoek, R. (2015). *memo - Kennisborging Zomerbedverdieping Grave.*

Van der Hoek, R. (2016). *Kennisdocument Zomerbedverdieping Sambeek.* RWS 2016/7393.

Van der Hoek, R., Berkhof, A., & Verkerk, H. (2021). *Naslagwerk Maaswerken - Deel 1: Geschiedenis Maaswerken & deelprogramma's Grensmaas, Zandmaas, Kaden en Maasroute.* RWS.

Van Ravesteijn, M., Roest, F., Zuijderwijk, M., Flach, B., & Jacobsz, I. (2019). *Effectsudie zomerbedverlaging (concept 02, 95% versie).* Meanderende Maas.

Van Werven, D. (2023). *Beheer- en onderhoudsstrategie - Objectbeheerregime Bodems.* RWS .