



Natuurlijke inrichting rivierengebied

Verkenning van de mogelijkheden voor
grootschalige natuurlijke inrichting van het
rivierengebied

Opdrachtgever



Wereld Natuur Fonds



Natuurlijke inrichting rivierengebied



Verkenning van de mogelijkheden voor
grootschalige natuurlijke inrichting van het
rivierengebied
Eindrapport

Auteur(s)

Cees Oerlemans
Carolien Wegman
Dorien Honingh
Paula Lambregts
Ron Bruijns

RO1032.10
maart 2023

Onderzoek in samenwerking met:

- Bas Roels (WWF)
- Ties Rijcken (Flows Productions)
- Alphons van Winden (Bureau Strooming)
- Jos de Bijl (Bureau Strooming)

Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doelstelling en onderzoeksvragen	1
1.3	Leeswijzer	2
2	Rivierverruimende maatregelen	3
2.1	Aanpak	3
2.2	Rivierverruimende maatregelen WWF-pakket	5
2.3	Waterstandsaling door rivierverruimende maatregelen	7
3	Grootschalige natuurlijke inrichting rivierengebied	12
3.1	Aanpak	12
3.2	Effect vegetatieverruwing uiterwaarden	13
4	Synthese	16
4.1	Nederrijn-Lek	17
4.2	Bovenrijn en Waal	18
4.3	Maas	19
4.4	IJssel	20
5	Van waterstand naar overstromingskans	21
5.1	Aanpak	21
5.2	Faalmechanismen per riviertak	24
6	Discussie en conclusie	28
6.1	Conclusie	28
6.2	Discussie	29
6.3	Aanbevelingen	30
7	Referenties	32
8	Bijlagen	34
A	Vergelijking met de visie Ruimte voor Levende Rivieren	34
B	Vergelijking IRM- en WWF-pakket	37
C	Gevoeligheidsanalyse vegetatie	42

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het rivierengebied is er voor bos- en moerasontwikkeling weinig ruimte omdat geen waterstandsverhoging mag optreden door de hoger opgaande natuur. Het beheer van de natuur in en om de grote wateren (bijvoorbeeld maaibeheer) is daarom intensief en de natuur kan zich niet tot de gewenste kwaliteiten ontwikkelen. Het Rijk wil wateropgaven beter integreren met elkaar en met ruimtelijke kwaliteit. Daartoe loopt Integraal Rivier Management (IRM), daar wordt gekeken naar bestaande en toekomstige knelpunten en opgaven op en aan onze rivieren. In IRM wordt ook de ambitie van de PAGW (Programmatische Aanpak Grote Wateren) meegenomen waarin de kwaliteit van de bestaande natuur en een grote uitbreidingsopgave zijn voorzien. In de plannen die nu worden gemaakt is deze grote opgave onderwerp van plan- en besluitvorming.

De onderzochte hypothese is dat door grootschalig rivierverruimende maatregelen te implementeren er zoveel verticale ruimte voor grootschalige natuurontwikkeling wordt gecreëerd dat de huidige en toekomstige natuur wel tot de gewenste spontane ontwikkeling tot ruwe vegetaties en rivierbos kan komen zonder dat de waterstand stijgt. En dat er tegelijk op een aantal plekken meer hoogte buffer ontstaat en dus een meer robuust waterveilig systeem gecreëerd wordt. De redenatie is dat grootschalige rivierverruiming leidt tot waterstandsdeling bij de hoogwaterreferentie (hoofdstuk 2.2). Deze verticale waterstandsruimte kan benut worden voor zowel natuurontwikkeling (minder natuurbeheerkosten en meer ruimtelijke kwaliteit) als waterveiligheid (minder vaak dijken verhogen). Dit mits de waterstandsdeling door rivierverruimende maatregelen groter is dan de opstuwung door vegetatieontwikkeling (netto waterstandsdeling). De resterende 'vrije' verticale ruimte levert dan een grotere waterveiligheid op (de dijken zijn als het ware overgedimensioneerd). Zo'n robuust systeem is prettig omdat dijken minder vaak verhoogd hoeven te worden bijvoorbeeld bij vernieuwde inzichten met betrekking tot klimaatscenario's. Zo wordt het riviersysteem een groene corridor door Nederland en tegelijkertijd écht toekomstbestendig in het licht van klimaatverandering.

1.2 Doelstelling en onderzoeksvragen

In deze studie verkennen we verschillende aspecten van grootschalige natuurlijke inrichting van het rivierengebied. We focussen daarbij op het hoofdwatersysteem en kijken naar zowel de Rijntakken als de Maastakken. De twee centrale onderzoeksvragen zijn:

- Hoeveel waterstandsdeling bij de hoogwaterreferentie kunnen we realiseren met rivierverruimende maatregelen?
- Hoeveel waterstandstoename bij de hoogwaterreferentie kunnen we verwachten wanneer we meer bos en struweel toestaan in het rivierengebied?

In deze studie werken we met waterstanden in situaties met hoge afvoeren. Dit is een simplistische aanpak voor het schatten van de overstromingskans. Om de waterveiligheid nauwkeuriger in beeld te brengen zal naast waterstanden ook naar de overstromingskans gekeken worden door verschillende faalmechanismen te beschouwen, waar dan niet alleen de hoge afvoeren maar ook de

middel(-grote) afvoeren een rol spelen. Om de implicaties op de overstromingskans in beeld te brengen beantwoorden we een derde onderzoeksvraag:

- Hoe verhoudt overstromingskansbenadering zich tot de aanpak gericht op waterstandsaling, in het kader van grootschalige natuurlijke inrichting van het rivierengebied?

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 inventariseren we, per riviertak, welke rivierverruimende maatregelen doorgevoerd kunnen worden die bijdragen aan natuurontwikkeling en analyseren we tot welke waterstandsaling dit leidt. In hoofdstuk 3 analyseren we welke waterstandsstijging er optreedt als in het hele rivierengebied spontane natuur- en vegetatieontwikkeling mag plaatsvinden. In hoofdstuk 4 brengen we deze twee onderdelen bij elkaar in de synthese en wordt het netto effect op de waterstand duidelijk. In hoofdstuk 5 analyseren we andere faalmechanismen om een completer beeld te krijgen van de wisselwerking tussen opstuwning door vegetatie, waterstandsaling door maatregelen en de overstromingskans. In hoofdstuk 6 af met de conclusies, discussie en aanbevelingen.

2 Rivierverruimende maatregelen

Grootschalige natuurontwikkeling met opgaande vegetatie mag de waterveiligheid niet in gevaar brengen. Dit maakt de combinatie van rivierverruimende maatregelen en natuurontwikkeling interessant, aangezien dat een manier kan zijn om wel meer opgaande vegetatie, die hoort bij een natuurlijke inrichting, toe te staan zonder dat dit ten koste gaat van de waterveiligheid. Dit hoofdstuk verkent hoeveel waterstandsdaling mogelijk is met het grootschalig implementeren van rivierverruimende maatregelen.

2.1 Aanpak

In deze studie maken we gebruik van 'de Blokkendoos' om het waterstandseffect van eerder gedefinieerde rivierverruimende maatregelen in beeld te brengen en daaruit een 'WWF-pakket' aan rivierverruimende maatregelen samen te stellen. De overlap van het 'WWF-pakket' met de visie Ruimte voor Levende Rivieren is ook ingeschat (Bijlage A).

2.1.1 Achtergrond en uitgangspunten Blokkendoos

De Blokkendoos is een applicatie die is ontworpen om de effecten van rivierverruimende maatregelen in beeld te brengen (Kroekenstoel, 2014). De Blokkendoos Rivieren is ontwikkeld voor het Deltaprogramma Rivieren en geïnspireerd op de oude Blokkendoos PKB Ruimte voor de Rivier en Blokkendoos IVM. Met de Blokkendoos kunnen gebruikers, op een gestructureerde en reproduceerbare manier, een pakket samenstellen van rivierverruimende maatregelen. De Blokkendoos bevat verschillende type maatregelen, voor deze studie is het effect bekeken van:

1. Dijkverleggingen
2. Retentiegebieden
3. Hydraulische obstakels
4. Neven- en hoogwatergeulen
5. Uiterwaardprojecten
6. Zomerbedmaatregelen
7. Overige maatregelen

In totaal zitten er voor Maas- en Rijnakken bijna 400 potentiële lange termijn maatregelen in de Blokkendoos. Deze lange termijn maatregelen zijn geselecteerd door het Deltaprogramma Rivieren in overleg met de regiopartners (provincies, waterschappen en gemeenten).

De Blokkendoos bevat verschillende scenario's voor de klimaatopgave. Voor deze studie gebruiken we zichtjaar 2050, vergelijkbaar met het zichtjaar dat gebruikt wordt in Integraal Rivier Management (IRM). Dit zichtjaar komt in de Blokkendoos overeen met een zeespiegelstijging van +0,35 m, een stijging van de hoogwaterreferentie van de Rijnafvoer van +1000 m³/s (naar 17.000 m³/s) en een stijging van de Maasafvoer van +400 m³/s (naar 4200 m³/s).

De Blokkendoos is gebruikt om, per riviertak en per type riviermaatregel, een schatting te geven van:

1. Het waterstandseffect van de maatregelen;
2. Het aantal maatregelen;
3. De trajectlengte waarover de maatregelen worden toegepast.

2.1.2 Selectieprocedure voor samenstellen pakket aan rivierverruimende maatregelen

Voor het samenstellen van het WWF-pakket aan rivierverruimende maatregelen is in overleg met Bureau Strooming een selectie gemaakt van de maatregelen in de Blokkendoos. Het credo hiervoor was 'in principe alle maatregelen uitvoeren tenzij ze slecht zijn voor de natuur'. De gedachte hierbij is dat ook als een maatregel niet direct goed is voor de natuur deze nog wel een waterstandsverlagend effect kan bewerkstelligen waarmee in de omgeving natuur gecreëerd kan worden. Zo'n 'natuur-neutrale' maatregel kan dan toch onder de streep een positief effect op de natuurontwikkeling hebben.

Selectie van nog niet-uitgevoerde maatregelen

Een deel van de maatregelen in de Blokkendoos is al uitgevoerd, bijvoorbeeld in het kader van Ruimte voor de Rivier¹. Om te kunnen inschatten hoeveel waterstandsding mogelijk is t.o.v. van de huidige inrichting, zijn alleen maatregelen opgenomen in het WWF-pakket die nog niet zijn uitgevoerd.

Selectie van natuurvriendelijke maatregelen

Riviermaatregelen voor waterstandsding komen natuurontwikkeling niet altijd ten goede. Vandaar dat alleen rivierverruimende maatregelen zijn geselecteerd die de natuur niet schaden. Daarbij is onderscheid gemaakt in verschillende type maatregelen:

- Maatregelen die geen of zeer beperkte invloed hebben op natuurontwikkeling, deze maatregelen zijn automatisch toegevoegd aan het WWF-pakket:
 - Hydraulische knelpunten
 - Rivierwater afleiden via kanalen
 - Dijkterugleggingen
 - Retentiegebieden
 - Herstel overlaatgebieden
- De volgende maatregelen hebben niet altijd een positieve invloed op natuurontwikkeling, en zijn daarom alleen opgenomen in het WWF-pakket wanneer ze geoptimaliseerd zijn voor natuur en niet enkel gericht zijn op het behalen van maximale waterstandsding:
 - Oeververruiming
 - Weerdverlagingen
 - Hoogwatergeulen
 - Zomerbedverbredingen
- De volgende maatregelen hebben vaak een negatieve invloed op natuurontwikkeling en zijn om die reden niet opgenomen in het WWF-pakket.
 - Zomerbedverdiepingen

¹ Bureau Strooming en HKV hebben samen naar de maatregelen gekeken om in te schatten welke maatregelen al uitgevoerd zijn of in de pijplijn zitten om uitgevoerd te worden.

Aangezien de maatregelen uit de Blokkendoos zijn gebruikt, verschilt het aantal maatregelen per riviertak sterk.

Selectie van haalbare maatregelen

Niet alle rivierverruimende maatregelen zullen overal doorgevoerd kunnen worden. De maatregelpakketten zullen eerst uitgebreide gebiedsprocessen moeten doorlopen om de wenselijkheid en de haalbaarheid vast te stellen. In deze eerste verkennende studie hebben we zo'n proces niet doorlopen. Wel worden met elkaar overlappende maatregelen uitgesloten.

Het WWF heeft eerder samen met andere natuurorganisaties de visie Ruimte voor Levende Rivieren opgesteld, waarin is nagegaan hoe functies van het rivierengebied zo kunnen worden gecombineerd dat het meer natuur oplevert. De visie bevat geen concrete plannen, maar sluit aan bij plannen van anderen om deze te optimaliseren voor de natuur. De gemaakte keuze van maatregelen uit de Blokkendoos sluit aan bij de uitgangspunten van deze visie. In Ruimte voor Levende Rivieren wordt ook ingegaan op de mogelijkheden voor dijkterugleggingen. Deze dijkverleggingen zijn in deze studie vergeleken met de dijkverleggingen in het WWF-pakket uit de Blokkendoos; een toelichting hierop is te vinden in Bijlage A. Het 'WWF-pakket' bevat minder maatregelen dan voorgesteld wordt in de visie Ruimte voor Levende Rivieren, dit betreft mogelijke maatregelen die in het geheel niet zijn opgenomen in de Blokkendoos.

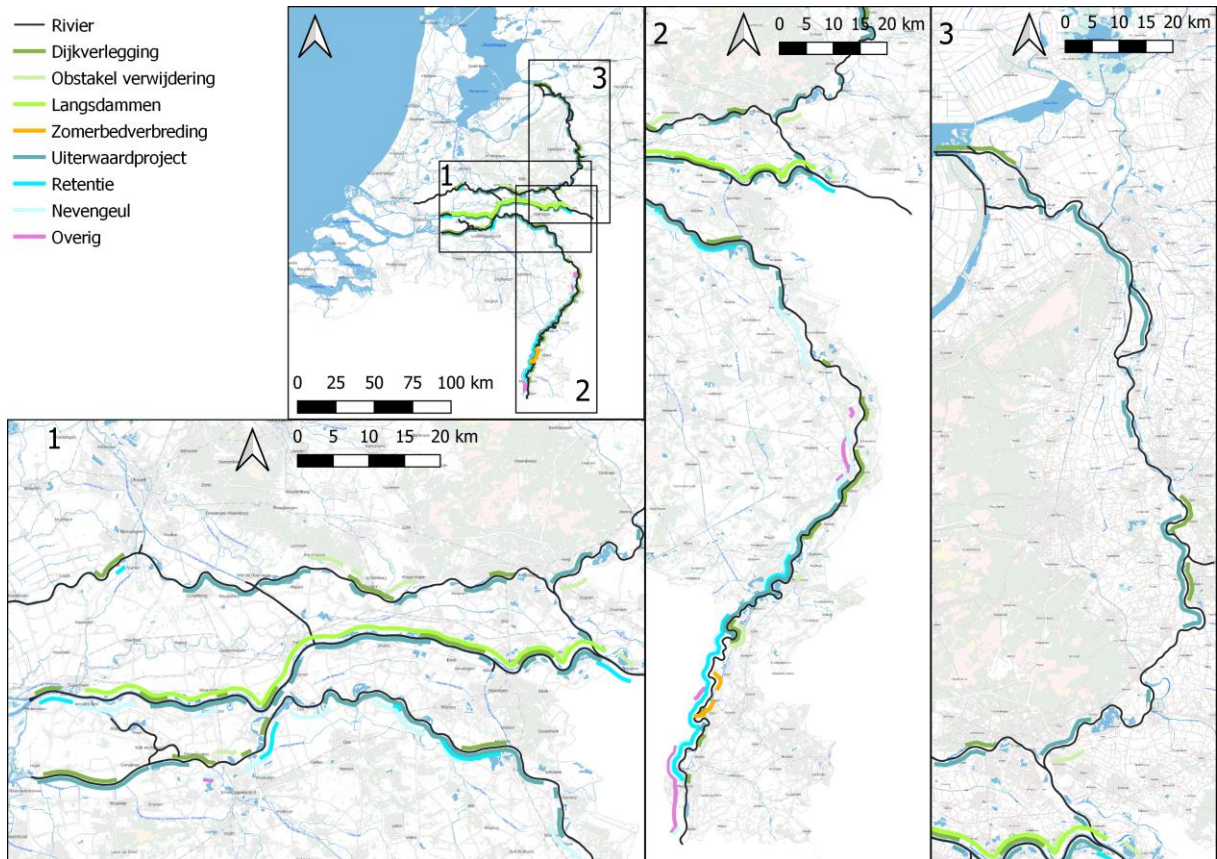
2.2 Rivierverruimende maatregelen WWF-pakket

Op basis van de selectiecriteria uit paragraaf 2.1.2 hebben we het WWF-pakket aan rivierverruimende maatregelen vastgesteld. Het WWF-pakket bestaat uit maatregelen uit de Blokkendoos, gecombineerd met een controle of de rivierverruimende maatregelen geen schade veroorzaken aan de natuur. Dit levert een set maatregelen op zoals weergegeven in Figuur 1.

Toelichting over het tot stand komen van Figuur 1:

- De trajectlengte van de maatregelen uit het WWF-werkpakket volgt uit de Blokkendoos.
- We hebben onderscheid gemaakt tussen verschillende typen maatregelen, aangegeven met verschillende kleuren.

Om te voorkomen dat de kleuren overlappen hebben ze een andere afstand tot de as van de rivier, hierdoor komen de lijnen niet exact overeen met de geografische ligging van de maatregel.



Figuur 1 WWF-pakket aan rivierverruimende maatregelen. In de subfiguren zijn verschillende deelgebieden weergegeven. In de kaart maken we onderscheid tussen verschillende typen rivierverruimende maatregelen.

Hoeveel maatregelen per riviertak zijn opgenomen in het WWF-pakket is weergegeven in Tabel 1. Op de Maas kunnen de meeste maatregelen uitgevoerd worden (in absolute zin), dit komt onder meer doordat de Maas een stuk langer is dan de andere riviertakken die zijn beschouwd. In Tabel 2 zijn de maatregelen vertaald naar het aantal kilometers per riviertak.

Tabel 1 Type riviermaatregel per riviertak die zijn opgenomen in WWF-pakket. De Rijn is hier gedefinieerd als Bovenrijn, Pannerdensch Kanaal, Nederrijn en Lek.

	Dijkverlegging	Retentie	Obstakel	Nevengeul	Uiterwaarden	Zomerbed ²	Overig
Maas	20	9	8	25	13	3	10
Rijn	4	0	8	0	14	1	0
IJssel	3	1	3	0	19	0	0
Waal	8	2	2	3	11	3	0
Totaal	35	12	21	28	57	7	10

Tabel 2 Aantal kilometer per type maatregel en per riviertak dat is opgenomen in het WWF-pakket. De Rijn is hier gedefinieerd als Bovenrijn, Pannerdensch Kanaal, Nederrijn en Lek.

	Dijkverlegging	Retentie	Obstakel	Nevengeul	Uiterwaarden	Zomerbed	Overig
Maas	70	81	18	83	125	10	45
Rijn	19	18	15	0	40	1	0
IJssel	22	0	6	0	64	0	0
Waal	31	7	7	14	52	86	0
Totaal	142	106	46	97	281	97	45

² Dit zijn langsdammen of zomerbedverbredingen

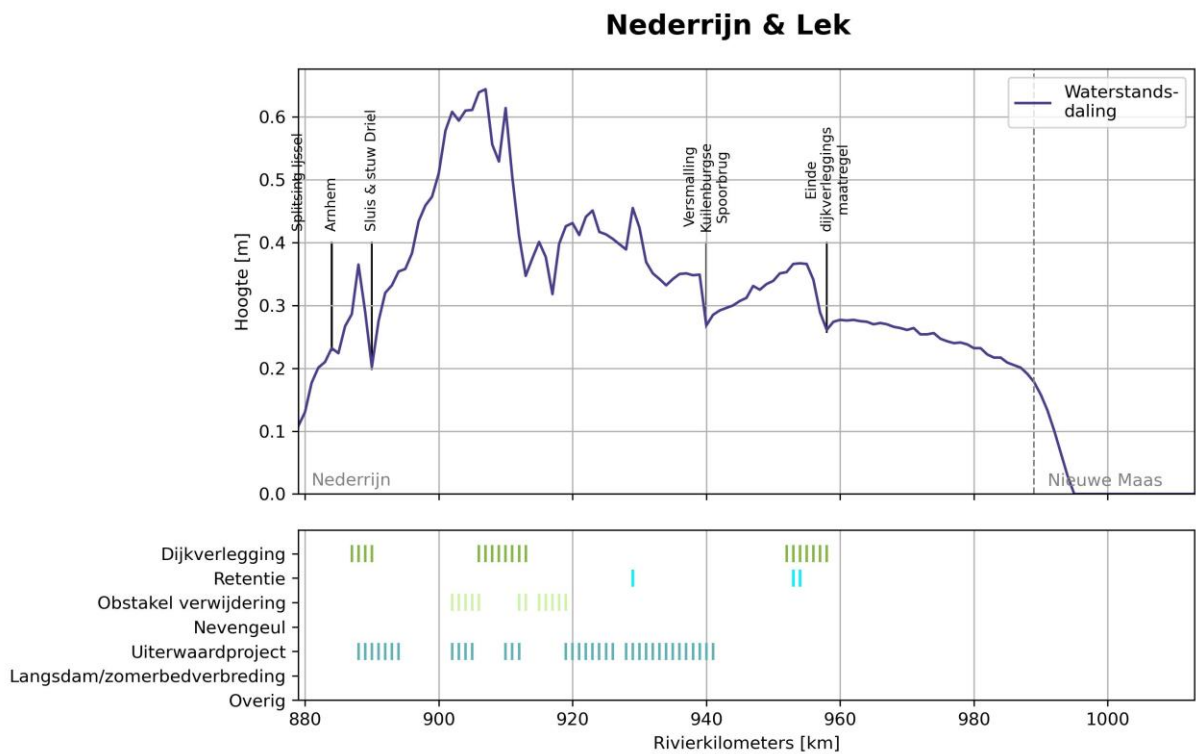
In het kader van IRM is eerder ook al gekeken naar de maximaal te realiseren waterstandsdeling op basis van Blokkendoosmaatregelen (Huthoff et al., 2020). De maatregelen uit die studie noemen we in deze studie het IRM-pakket. Door de waterstandsdeling van het WWF-pakket en het IRM-pakket te vergelijken krijgen we een idee hoe beide pakketten zich tot elkaar verhouden. Over het algemeen is te stellen dat beide pakketten dezelfde ordegrrootte aan maatregelen bevatten. De selectieprocedure voor het WWF-pakket leidt ertoe dat minder maatregelen zijn opgenomen in dit pakket dan in het maximale IRM-pakket, dit betekent dat de resulterende waterstandsdeling voor het WWF-pakket lager uitvalt dan voor het IRM-pakket. Dit onderschrijft dat het WWF-pakket aan maatregelen een realistische selectie is van de maatregelen uit de Blokkendoos. In bijlage B is een uitgebreidere toelichting opgenomen van de vergelijking tussen het WWF-pakket en het IRM-pakket.

2.3 Waterstandsdeling door rivierverruimende maatregelen

Onderstaand is per riviertak – Nederrijn-Lek, Bovenrijn en Waal, Maas en IJssel – weergegeven wat de maximaal te realiseren waterstandsdeling is uit het WWF-pakket. Deze waterstandsdeling per maatregel is berekend met de Blokkendoos bij de hoogwaterreferentie met zichtjaar 2050.

2.3.1 Nederrijn-Lek

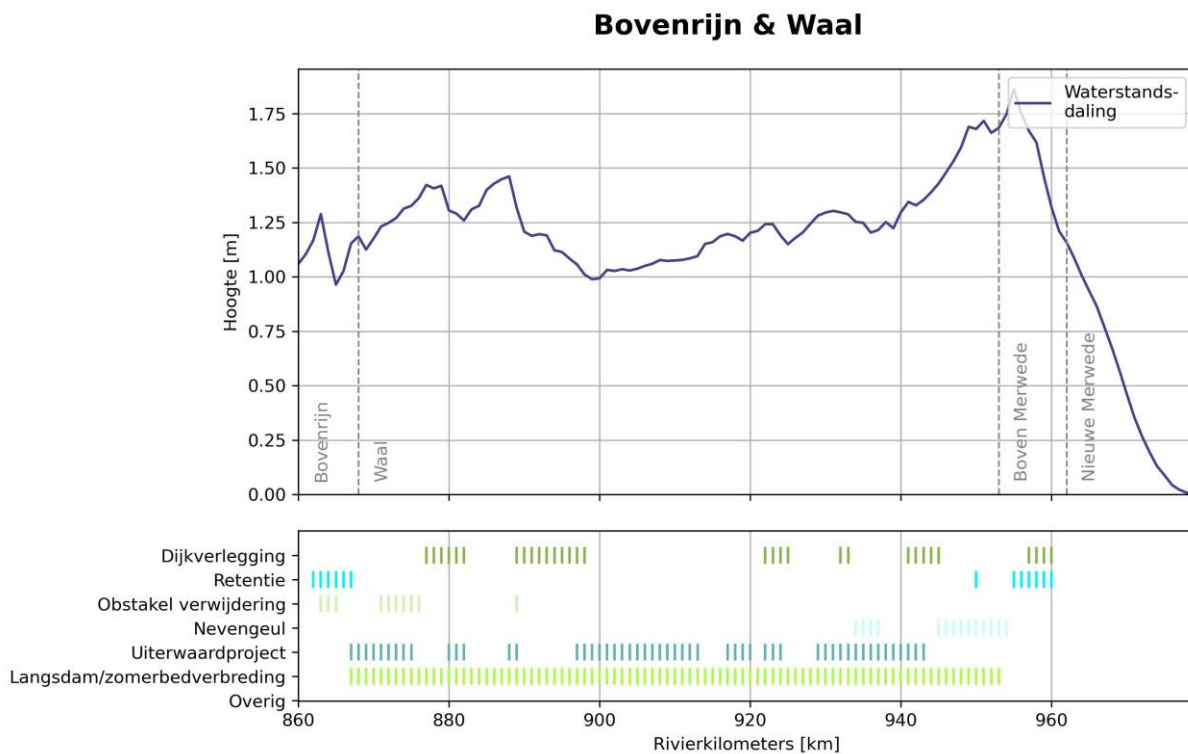
De maximaal te realiseren waterstandsddaling op de Nederrijn-Lek wisselt sterk (Figuur 2). De waterstandsddaling ligt tussen de 0,1 en 0,7 meter. Met name op het bovenste en middelste stuk van de Lek (rivierkilometer 900 tot 970) is een grote hoeveelheid waterstandsddaling mogelijk door het WWF-pakket. In de kleurschakering met verschillende typen maatregelen onderaan Figuur 2 is te zien dat in dit gedeelte van de rivier ook de meeste maatregelen voorzien zijn in het WWF-pakket.



Figuur 2 Maximaal te realiseren waterstandsddaling door WWF-pakket op Nederrijn en Lek. De bovenste grafiek toont de waterstandsddaling, de onderste grafiek de locatie van de rivierverruimende maatregelen.

2.3.2 Bovenrijn en Waal

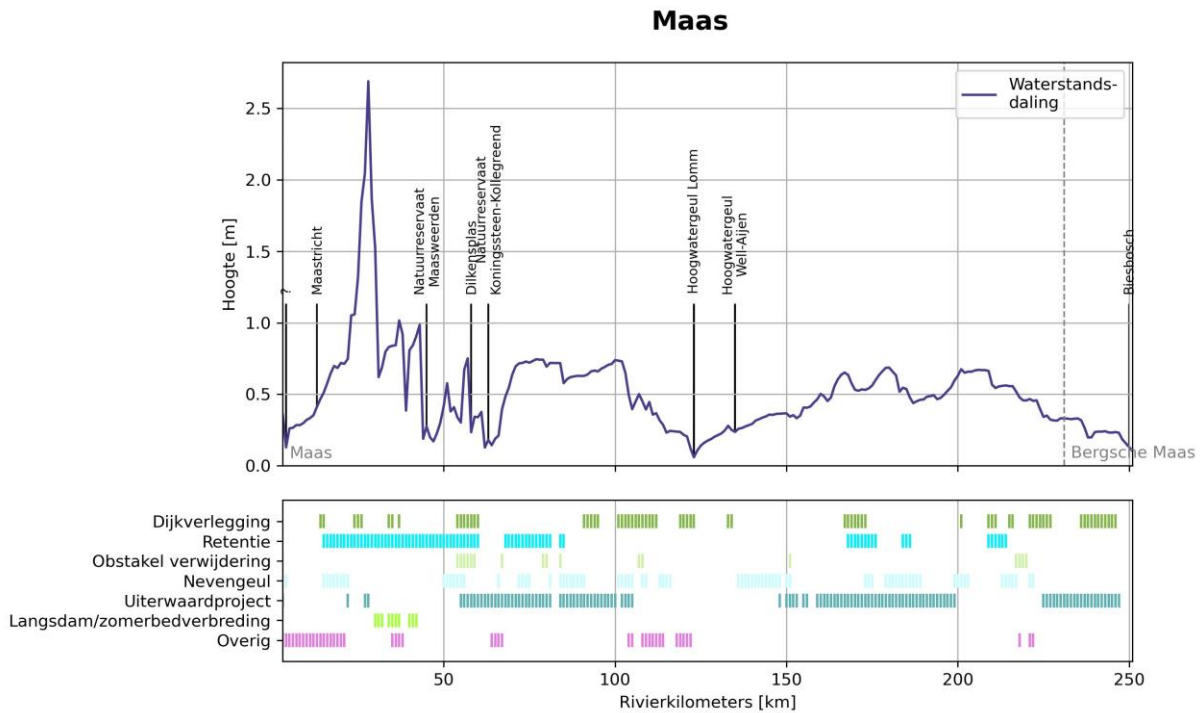
De mogelijk te realiseren waterstandsddaling door het WWF-pakket op de Waal is hoog en schommelt voor het grootste deel van de riviertak rond de 1,0 – 2,0 meter (Figuur 3). In het meest benedenstroomse deel is minder waterstandsddaling te realiseren, onder andere doordat de afvoer hier minder dominant is in het bepalen van de waterstand (het getij gaat hier een grotere rol spelen). Bovendien zijn in het benedenstroomse gedeelte geen maatregelen voorzien in het WWF-pakket.



Figuur 3 Maximaal te realiseren waterstandsddaling door WWF-pakket op de Boven-Rijn en Waal. De bovenste grafiek toont de waterstandsddaling, de onderste grafiek de locatie van de rivierversruimende maatregelen.

2.3.3 Maas

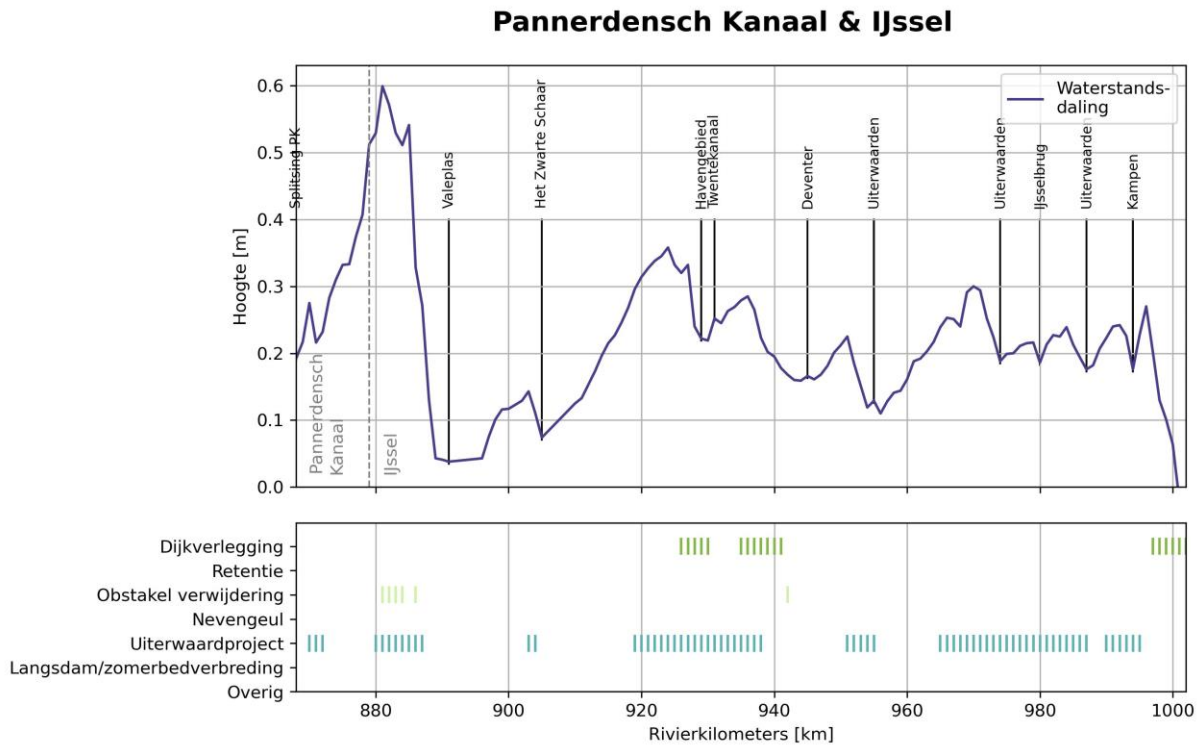
De te realiseren waterstandsddaling bij de hoogwaterreferentie door het WWF-pakket schommelt sterk over de Maas (Figuur 4). In het steil aflopende traject van de Grensmaas is de maximale waterstandsddaling lokaal meer dan 2 meter, maar over het algemeen schommelt de waterstandsddaling rond de 0,5 meter. De waterstandsddaling in het benedenstroomse deel (rond Keizersveer) is beperkt doordat de rivierafvoer minder dominant is (vanwege invloed van het getij).



Figuur 4 Maximaal te realiseren waterstandsddaling door WWF-pakket op de Maas. De bovenste grafiek toont de waterstandsddaling, de onderste grafiek de locatie van de rivierverruimende maatregelen.

2.3.4 IJssel

De waterstandsdingaling door het WWF-pakket is beperkt op de IJssel (Figuur 5). Dit komt met name doordat minder maatregelen in de Blokkendoos (en dus in het WWF-pakket) zijn opgenomen langs de IJssel. Langs de IJssel zijn namelijk in het kader van Ruimte voor de Rivier al erg veel verruimingen uitgevoerd in het verleden. Veel mogelijkheden voor extra rivierverruiming zijn er dan ook niet. Door die eerdere maatregelen is er wel op veel plekken al overhoogte op de IJssel. Dit betekent dat de dijken hoger zijn dan voor waterveiligheid op dit moment noodzakelijk. Over de gehele lengte van de IJssel schommelt de waterstandsdingaling rond de 25 centimeter.



Figuur 5 Maximaal te realiseren waterstandsdingaling door WWF-pakket op de IJssel.

3 Grootschalige natuurlijke inrichting rivierengebied

Dit hoofdstuk verkent hoeveel waterstandstoename er zal zijn bij volledige vegetatiebedekking van de uiterwaarden waar maatregelen worden voorgesteld.

3.1 Aanpak

Natuurontwikkeling leidt over het algemeen tot opstuwung omdat er zich vegetaties tot aan rivierbos zullen ontwikkelen. In het Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren staat dat er geen waterstandverhoging op de as van de rivier bij de afvoeren uit de hoogwaterreferentie is toegestaan (Doornekamp, 2019). Natuurontwikkeling met opgaande begroeiing moet daarom worden gecombineerd met een rivierverruimingsmaatregel om het geheel waterstandsneutraal uit te voeren. Dit is bijvoorbeeld van toepassing bij projecten van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW), waar als doel wordt gehanteerd om individuele KRW-maatregelen waterstandsneutraal te ontwerpen.

Om te bepalen hoeveel waterstandsruimte (verticaal) nodig is om de natuur en vegetatie zich zoveel mogelijk spontaan te kunnen laten ontwikkelen, hebben wij voor de bestaande en nieuwe natuurontwikkeling een indicatieve berekening gemaakt waarin we het effect bepalen van een volledige natuurlijke vegetatiebedekking van de uiterwaarden. We hebben in het volledige rivierengebied ten oosten van de lijn Woerden-Werkendam (zowel Rijntakken als Maastakken) een 30/70-mengklasse vegetatie toegepast in het buitendijkse gebied. Dit met uitzondering van de locaties waar standaard water staat (geulen en plassen) en de plekken die in de referentieschematisatie al als ruwere vegetatie dan 30-70-mengklasse aangegeven staan. Ook worden locaties welke rivierkundig onhandig zijn voor verruwing door vegetatie, zoals flessenhalzen, ontzien. Wij zetten de waterverdeling over de splitsingspunten vast, zodat er vanwege de ruwere vegetaties niet meer of minder water naar een van de takken zal gaan stromen. Daarbij hanteren we de huidige referentie van het rivierengebied (geen maatregelen worden toegevoegd) en schematiseren de kades van Maasvallei als 'overstroombaar'. Deze berekening geeft een indicatie van de opstuwende werking van geheel natuurlijk ingerichte uiterwaarden langs de verschillende riviertakken (dit is nadrukkelijk een verkennende berekening).

In de afgelopen 25 jaar is bovenop de eerder al aanwezige ca 5.000 hectare zo'n 12.000 hectare aan nieuwe riviernatuur gecreëerd, waarmee het totaal op 17.000 hectare uitkwam (Wereld Natuurfonds, 2019). In onderstaande tabel (Tabel 3) is het aantal hectares 'nieuwe' natuur weergegeven waar in deze berekening vanuit is gegaan. Met de grootschalige natuurlijke inrichting zal het areaal riviernatuur dus met ongeveer 33.500 hectare toenemen. In de berekening heeft ook de bestaande natuur een mengklasse 30/70 gekregen, behalve daar waar al ooibos of een andere ruwere vegetatie aanwezig was.

Voor de vegetatiemodellering hebben we gebruik gemaakt van de schematisatie baseline-rijn-beno18_5-v1 en het model waqua-rijn-beno18_5-v1 om de opstuwung door verruwing van vegetatie te berekenen.

Tabel 3 Toename in areaal 30/70 mengklasse t.o.v. huidige situatie in het rivierengebied.

Nieuwe natuur (hectare)	
Rijntakken	13.000
Maastakken	20.500
Totaal	33.500

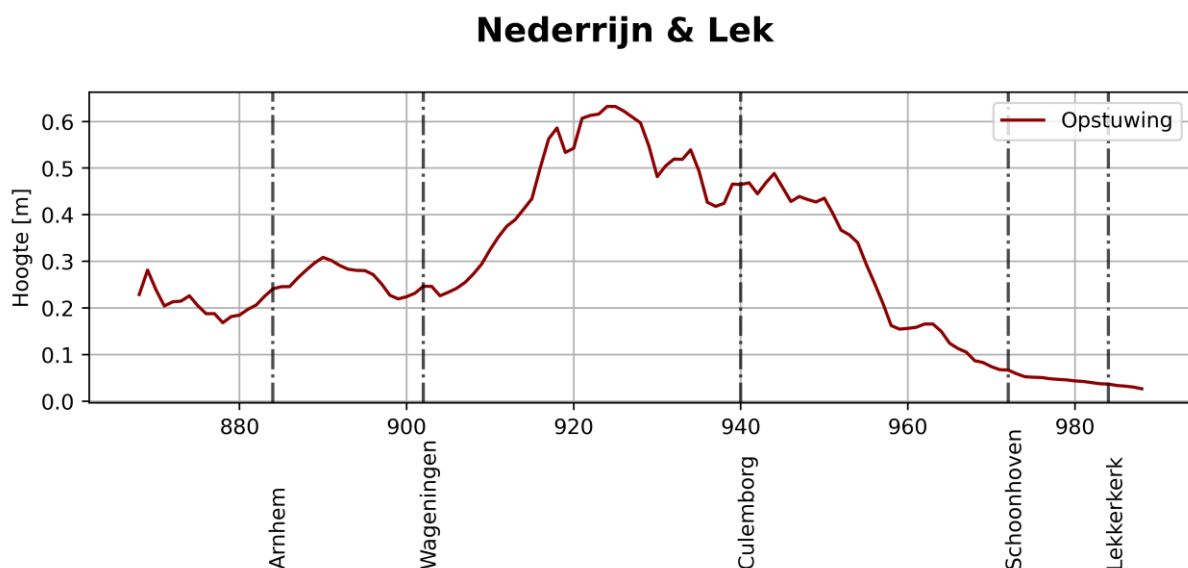
Wij hebben voor deze studie drie verkennende berekeningen gedaan om de mate van opstuwing door verruwde vegetatie te bepalen. Deze verkennende berekeningen verschilden in de mate waarin verruwing in de stroombanen van de rivier toegepast was. Uit deze berekeningen bleek dat het op grove wijze inpassen van vegetatie in bepaalde delen van de rivier grote invloed heeft op de mate van opstuwing. In deze verkennende berekeningen verschilde de mate van opstuwing tot 50 cm. Maatwerk is dus goed mogelijk en gewenst om de opstuwing door de verruwing te sturen. Zie bijlage D.

3.2 Effect vegetatieverruwing uiterwaarden

Voor alle riviertakken geldt dat een waterstandsverhoging bij de hoogwaterreferentie van tussen de 20 en 60 cm optreedt door de verruwing. Het effect van de verruwing van de uiterwaarden is per locatie dus nog wel flink verschillend. Dit is afhankelijk van de huidige ruwheid van de uiterwaarden en hoeveel water door de verruwde stukken uiterwaard stroomt. Bovendien werkt een waterstandsverhoging verder door dan op de plek van de verruwing alleen. Bovenstrooms kun je dus te maken hebben met waterstandsverhogingen die worden veroorzaakt door een optelsom van verschillende benedenstrooms gelegen uiterwaarden.

3.2.1 Nederrijn-Lek

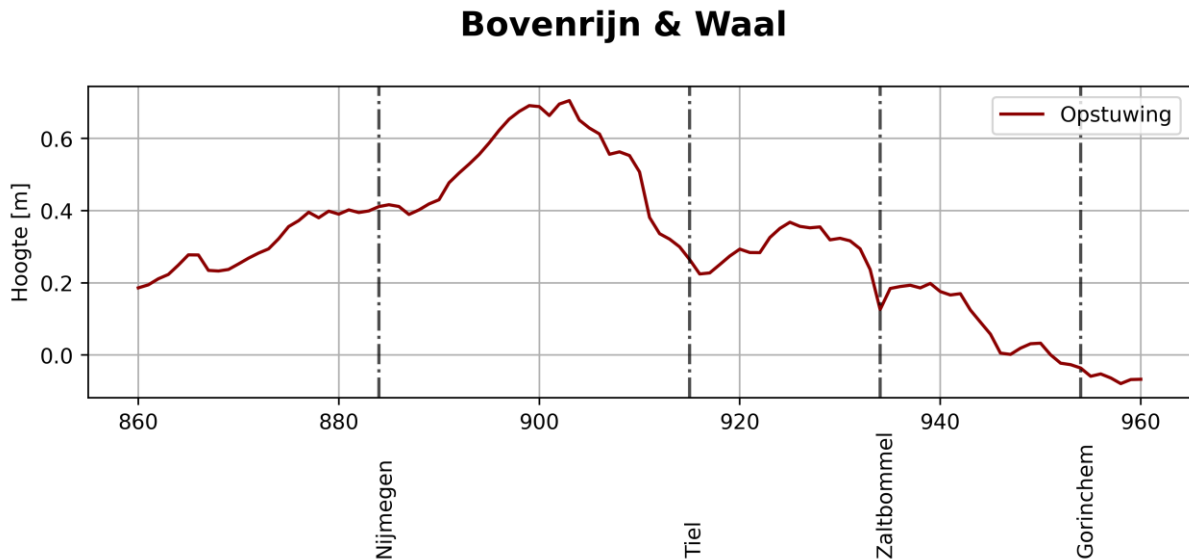
De waterstandsstijging door de verruwing met 30/70 mengklasse vegetatie in de uiterwaarden langs de Nederrijn-Lek resulteert in opstuwing tussen de 10 en 65 cm (Figuur 6). Met name in het gebied tussen rivierkilometer 900 en 960 is de opstuwing door vegetatie hoog.



Figuur 6 Opstuwing door verruwde vegetatie op Pannerdensch Kanaal & IJssel.

3.2.2 Bovenrijn en Waal

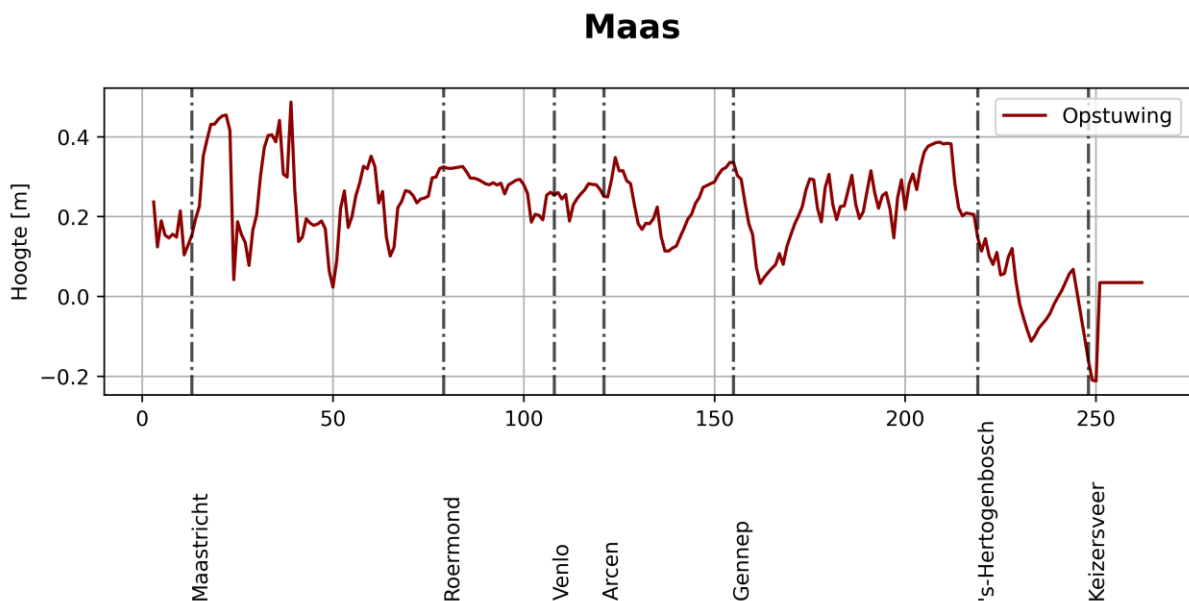
De verruwde vegetatie in de Bovenrijn en Waal resulteert in tussen de 0 en 70 cm opstuwing (Figuur 7). Gemiddeld genomen is de opstuwing ongeveer 30 cm met een piek in opstuwing rond rivierkilometer 900.



Figuur 7 Opstuwing door verruwde vegetatie op Bovenrijn en Waal.

3.2.3 Maas

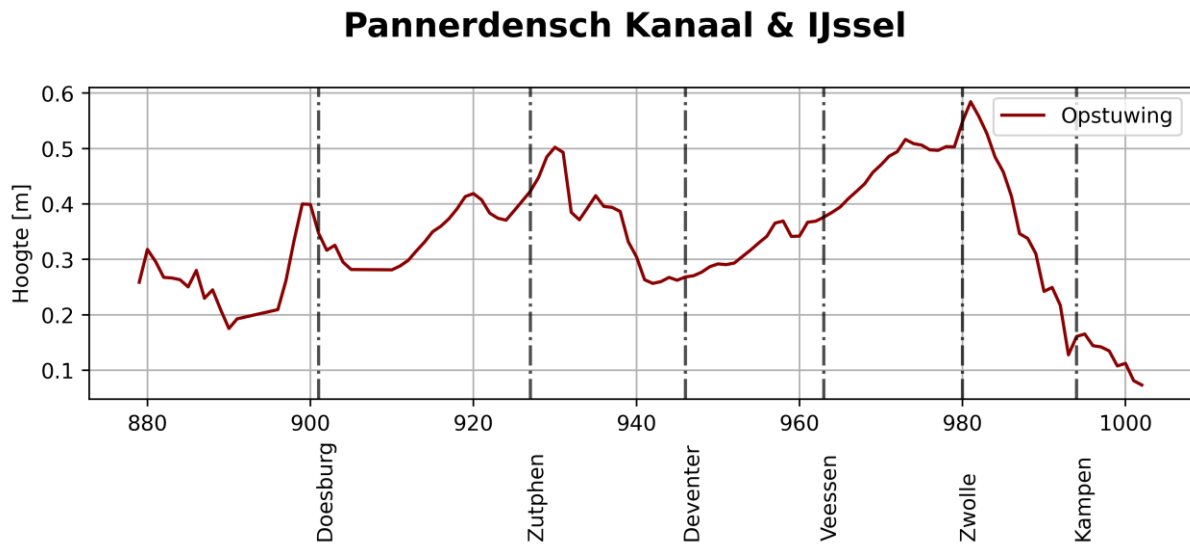
Het opstuwingsverloop na verruwing van de vegetatie in de Maas is grillig (Figuur 8). Let wel, dit verloop lijkt nog grilliger omdat een relatief lang stuk rivier in dezelfde breedte in de grafiek is weergegeven. Zo is de lengte van de Maas meer dan 250 km, waar de lengte van de Bovenrijn & Waal ongeveer 100 km bedraagt. De gemiddelde opstuwing ligt tussen de 20 en 30 cm.



Figuur 8 Opstuwing door verruwde vegetatie op de Maas.

3.2.4 IJssel

De opstuwing op de IJssel bedraagt gemiddeld ongeveer 40 cm (Figuur 9). Rond rivierkilometer 980 (bij Zwolle) piekt de opstuwing door vegetatieverruwing naar bijna 60 cm.



Figuur 9 Opstuwing door verruwde vegetatie op het Pannerdensch Kanaal en de IJssel.

4 Synthese

In deze synthese brengen we de resultaten uit hoofdstuk 2 en hoofdstuk 3 bij elkaar. In hoofdstuk 2 blijkt de mogelijke waterstands­daling door rivierverruiming en in hoofdstuk 3 de op­stuw­ing door de ver­ruwde vegetatie. Hoofdstuk 3 geeft dus ook de benodigde water­standsruimte weer om een natu­urlijke in­rich­ting in het gehele rivierengebied te bewerk­stellig­en. Op het moment dat er na het combi­neren van ruimte door maatregelen en op­stuw­ing door extra vegetatie nog ruimte over­blijft ont­staat een meer robuust riviersysteem. In deze synthese geven we aan welke gebieden kansrijk zijn (groen) om een robuuster riviersysteem te verkrijgen en voor welke gebieden nog verder maatwerk nodig is. Dit maatwerk kan gericht zijn op het creëren van meer water­stands­daling door de rivierverruimende maatregelen of door de ver­ruw­ing van de vegetatie beter in te passen in het riviersysteem. Een alternatief of aanvulling op deze aanpak is het creëren van verticale ruimte door dijkversterkingen (Rijcken et al., 2021; Oerlemans en Caspers, 2021).

Voor de aanduiding van de kansrijkheid voor grootschalige natu­urlijke in­rich­ting wordt onderscheid gemaakt in twee categorieën:

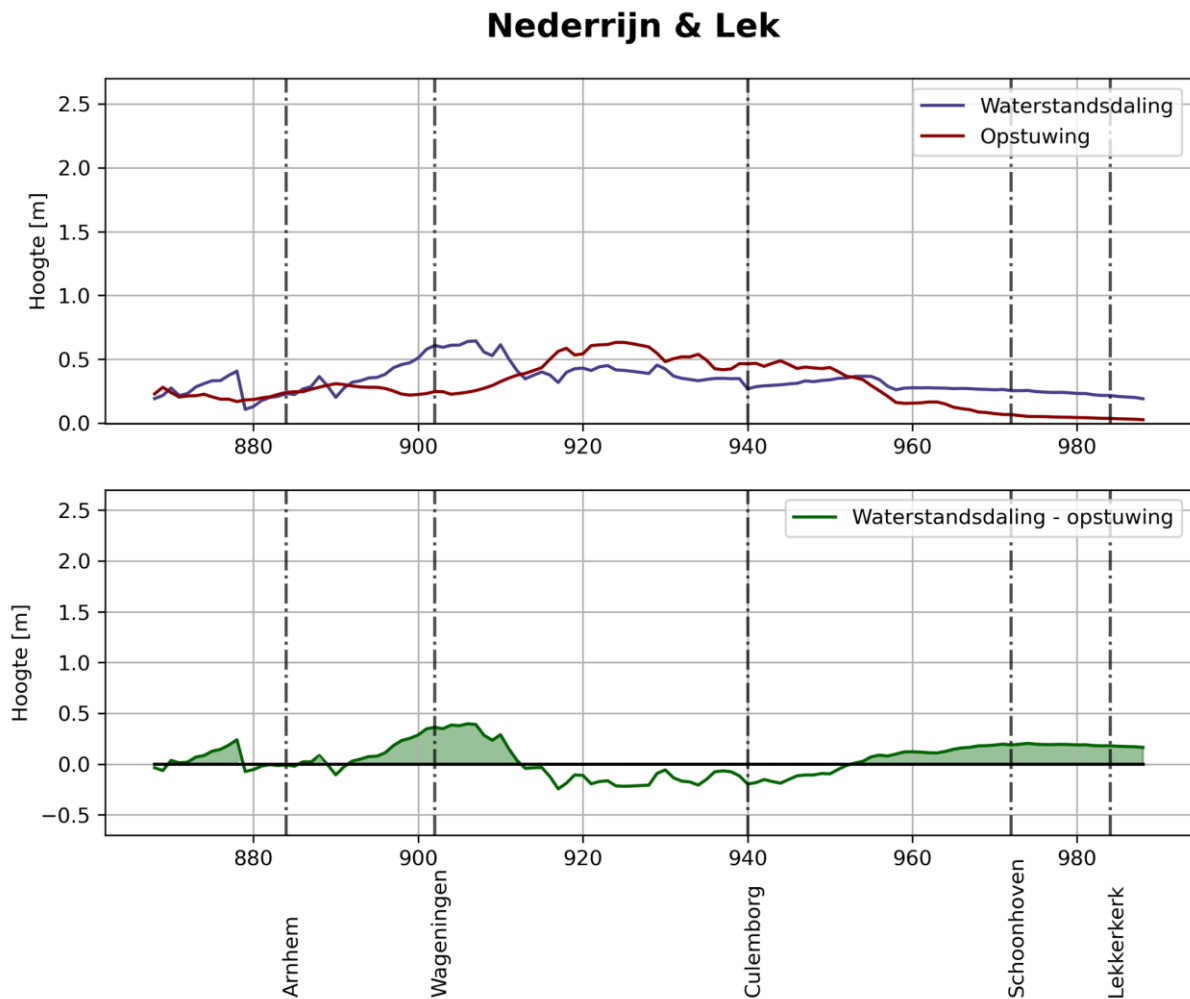
- Kansrijk:
 - Water­stand­toename door vegetatie ver­ruw­ing is kleiner dan water­stands­daling door de rivierverruimende maatregelen.
- Maatwerk:
 - Water­stand­toename door vegetatie is groter dan water­stands­daling rivierverruimende maatregelen.
 - Natu­urlijke in­rich­ting is mogelijk, maar niet grootschalig en vereist dus maatwerk. De berekeningen van verschillende varianten met vegetatie wijst erop dat de op­stuw­ing sterk beperkt kan worden wanneer maatwerk wordt toegepast (Bijlage C).

Het globale beeld is dat een grootschalige natu­urlijke in­rich­ting mogelijk is voor grote delen van het rivierengebied. De kansrijkheid verschilt wel sterk voor de verschillende riviertakken. Het meest kansrijk is de Waal (100%), gevolgd door de Maas (85%) en Nederrijn-Lek (55%). De op­stuw­ing op de IJssel kan maar zeer beperkt gecompenseerd door rivierverruimende maatregelen (10%), maar hier waren ook maar weinig maatregelen beschikbaar in de Blokkendoos.

Merk op dat deze analyse aangeeft in welke mate op­stuw­ing door vegetatie is te compenseren met rivierverruimende maatregelen. De aanwezigheid van bestaande over­hoogte, zoals bijvoorbeeld op veel plaatsen langs de IJssel, is niet meegenomen in de categorieën. In hoofdstuk 5 is in meer detail gekeken naar de water­veiligheidsopgave van de riviertakken en is over­hoogte in kaart gebracht. Omdat de informatie van de water­veiligheidsopgave niet gebiedsdekkend is hebben we de over­hoogte niet meegenomen in de analyse in dit hoofdstuk.

4.1 Nederrijn-Lek

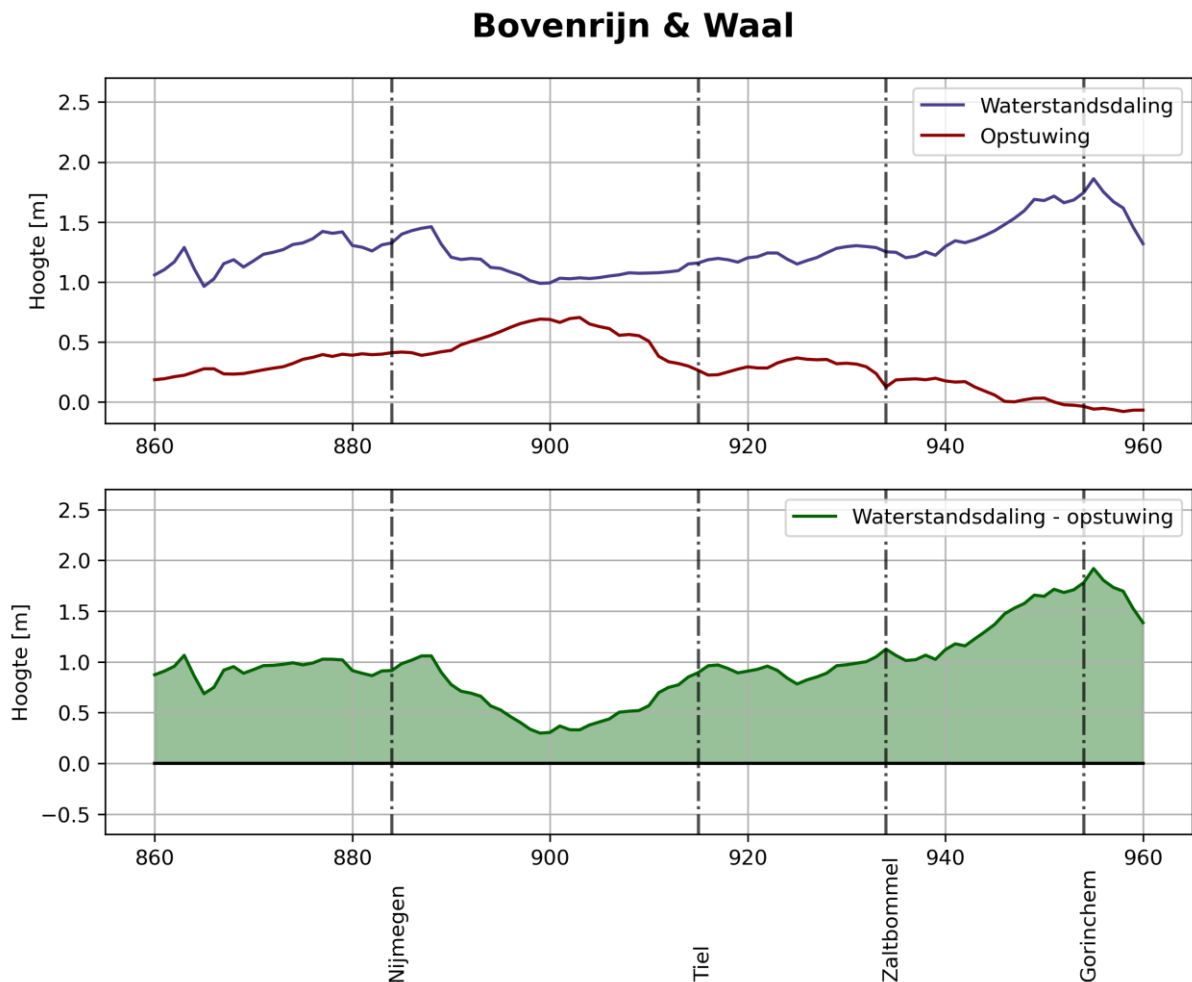
Figuur 10 toont waterstandsdeling en opstuwung op de Nederrijn-Lek. Ongeveer de helft van de Nederrijn-Lek is kansrijk voor een grootschalige natuurlijke inrichting, aangezien de opstuwung hier gecompenseerd kan worden door rivierverruimende maatregelen. Dit geldt met name rond Wageningen en de benedenstroomse delen van de Lek. Het overschot in waterstandsdeling wat gecreëerd door rivierverruimende maatregelen is op deze stukken enkele decimeters groter dan de opstuwung.



Figuur 10 Waterstandsdeling door rivierverruiming en opstuwung door vegetatie gecombineerd voor de Nederrijn-Lek. In de bovenste figuur is de grootte van zowel de daling als opstuwung te zien, de onderste figuur toont het verschil tussen daling en opstuwung. In groen de kansrijke robuuste gebieden.

4.2 Bovenrijn en Waal

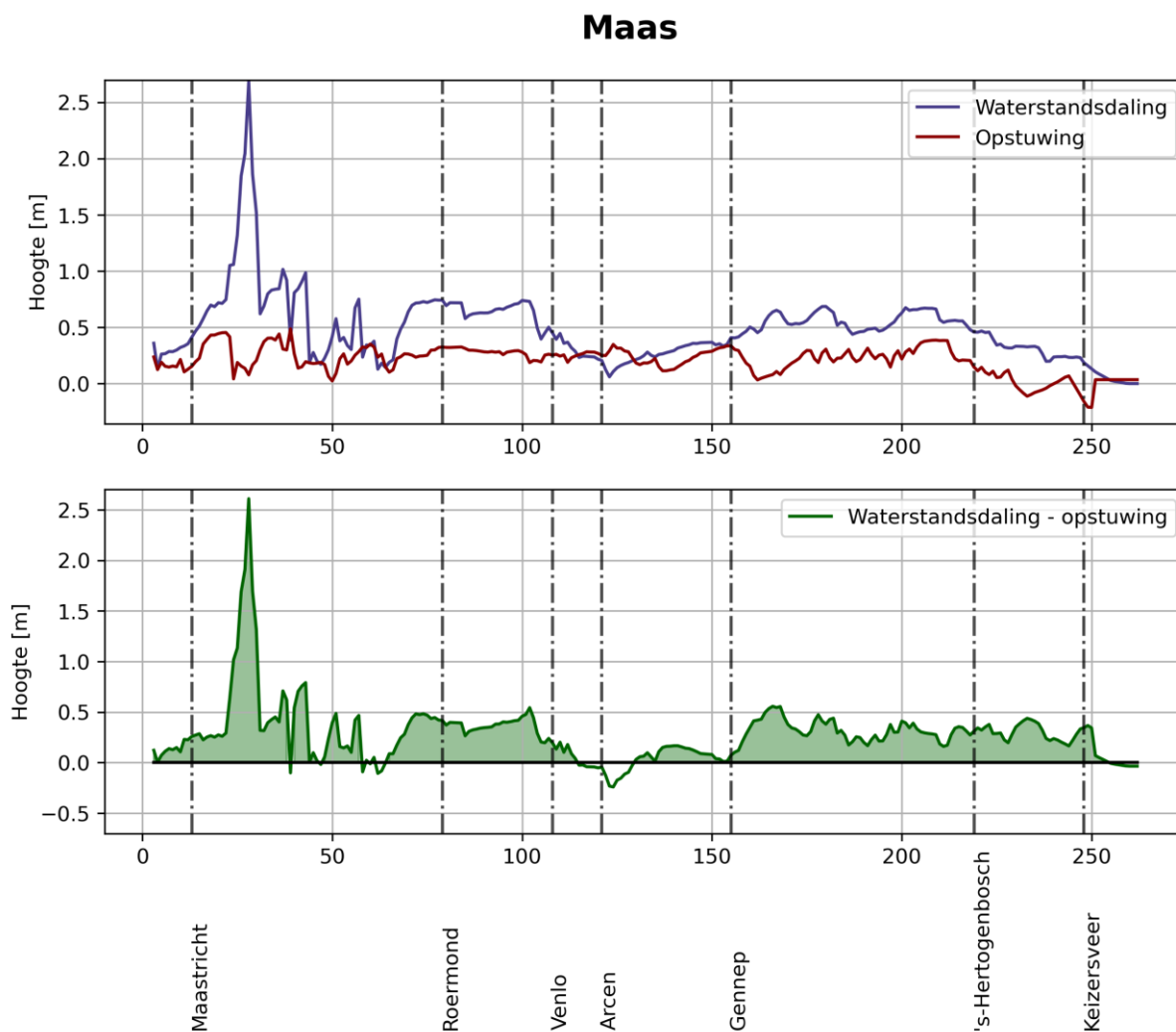
Op de Bovenrijn en Waal is de waterstandsddaling door rivierverruimende maatregelen vele malen groter dan de opstuwing door vegetatie (Figuur 11). Voor de Bovenrijn en benedenstrooms vanaf Tiel zit het overschot rond de 1 meter, met uitschieters naar 1,5 meter. Het overschot op de benedenstroomse delen is groot doordat de opstuwing door vegetatie beperkt is en tegelijkertijd veel waterstandsddaling is te realiseren met rivierverruimende maatregelen.



Figuur 11 Waterstandsddaling door rivierverruiming en opstuwing door vegetatie gecombineerd voor de Bovenrijn en Waal. In de bovenste figuur is de grootte van zowel de daling als opstuwing te zien, de onderste figuur toont het verschil tussen daling en opstuwing. In groen de kansrijke robuuste gebieden.

4.3 Maas

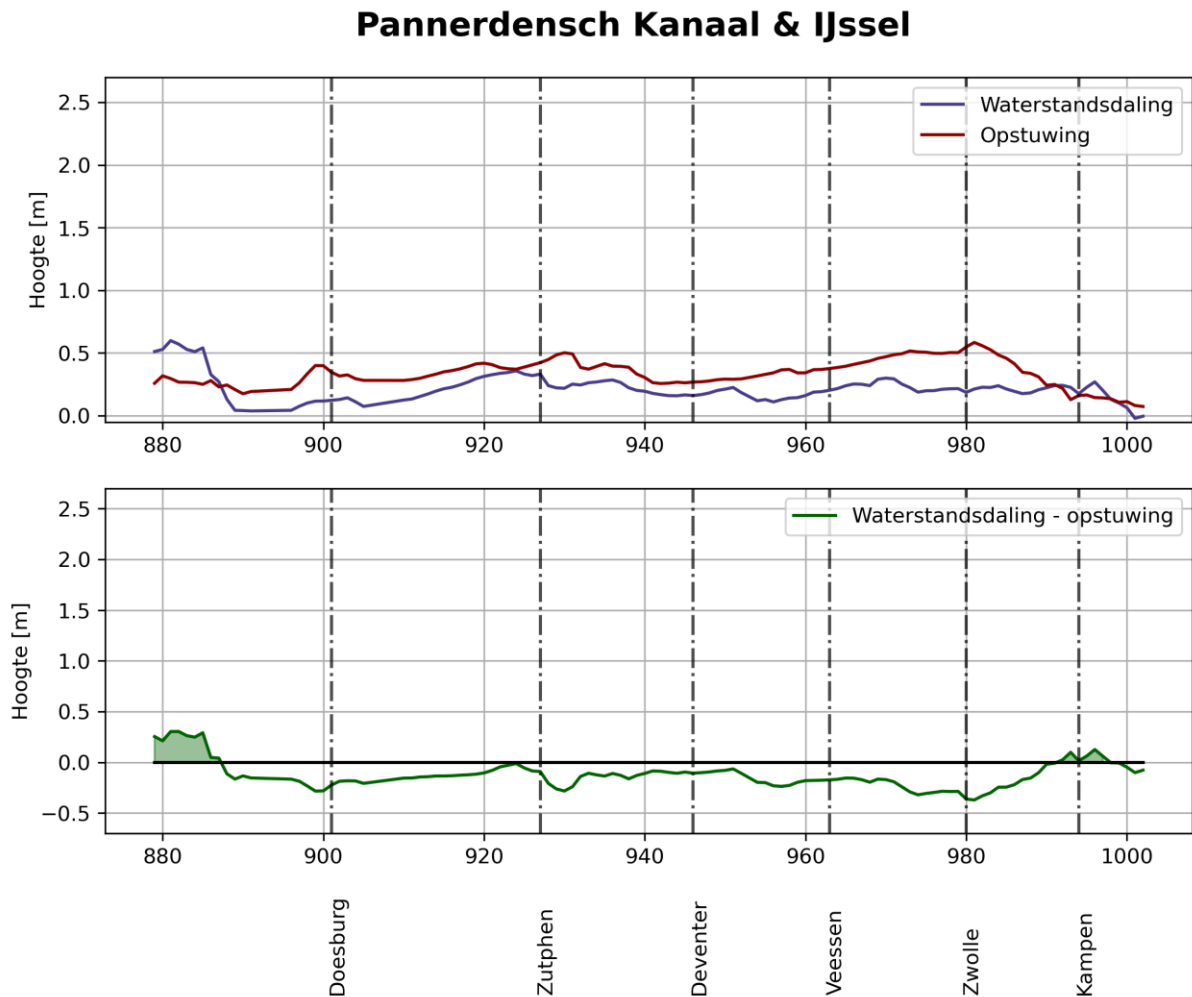
Grootschalige natuurlijke inrichting is kansrijk voor vrijwel de hele Maas (Figuur 12). Voor de Maas is het overschot aan waterstandsdeling grilliger dan voor de andere riviertakken. Dit wordt met name veroorzaakt door de waterstandsdeling van rivierverruimende maatregelen. Het overschot van de waterstandsdeling schommelt rond de 0,5 meter, waarbij de bovenstroomse (tot Venlo) en benedenstroomse delen (vanaf Genneep) het meest kansrijk zijn.



Figuur 12 Waterstandsdeling door rivierverruiming en opstuwing door vegetatie gecombineerd voor de Maas. In de bovenste figuur is de grootte van zowel de daling als opstuwing te zien, de onderste figuur toont het verschil tussen daling en opstuwing. In groen de kansrijke robuuste gebieden.

4.4 IJssel

Op de IJssel is de opstuwing vaak groter dan de waterstandsdeling (Figuur 13). Dit komt met name doordat de waterstandsdeling die te realiseren is met rivierverruimende maatregelen kleiner is dan op andere riviertakken, wat onder andere veroorzaakt wordt door het feit dat er weinig rivierverruimende maatregelen in de Blokkendoos beschikbaar waren. Het tekort aan waterstandsdeling is over de hele IJssel enkele decimeters. Dit relatief kleine verschil biedt mogelijkheden voor het toepassen van maatwerk bij het inpassen van de vegetatie. Een andere optie is om gebruik te maken van de al aanwezige overhoogte (hoofdstuk 5).



Figuur 13 Waterstandsdeling door rivierverruiming en opstuwing door vegetatie gecombineerd voor de IJssel. In de bovenste figuur is de grootte van zowel de daling als opstuwing te zien, de onderste figuur toont het verschil tussen daling en opstuwing. In groen de kansrijke robuuste gebieden.

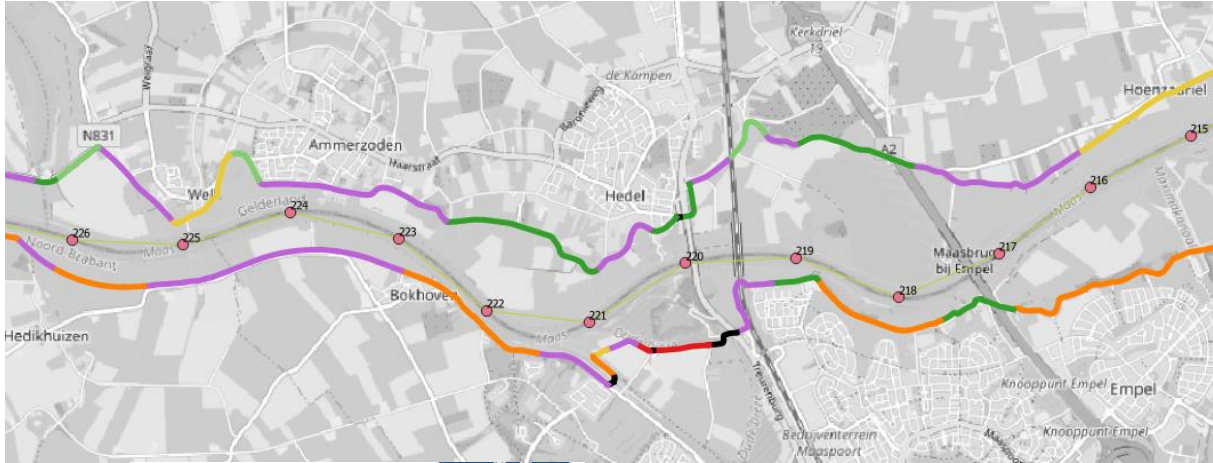
5 Van waterstand naar overstromingskans

Een kanttekening bij deze studie is dat de robuustheid van het rivierensysteem niet alleen beoordeeld kan worden op basis van het faalmechanisme overslag (hoogte), maar ook afhangt van de piping- en macrostabiliteitsopgave. Sinds 2017 zijn deze twee aspecten aan de waterveiligheidseisen toegevoegd en sindsdien voldoen veel dijktrajecten in Nederland niet aan de faalkanseis (norm). De situatie in het rivierengebied is daarom ook anders dan in de tijd van Ruimte voor de Rivier dat tussen 2006 en 2015 werd uitgevoerd; toen was vrijwel alleen de waterstand nog bepalend voor de norm. Sinds de nieuwe normen zijn ingegaan heeft waterstands­daling bij de hoogwaterreferentie nog slechts een beperkt effect. De piping- en macrostabiliteitsopgave van een dijk is vaak groter. Daarom hebben we per riviertak bepaald of er een overslag (hoogte), piping- en/of macrostabiliteitsopgave is, maar deze informatie is niet landsdekkend beschikbaar. Indien er een opgave is zal mogelijk natuurontwikkeling meegekoppeld kunnen worden met de dijkversterking (werk met werk maken) als de dijk geen versterkingsopgave (piping of macrostabiliteit) heeft kan mogelijk door de waterstands­daling van de rivierverruimende maatregelen dijkversterking uitgesteld worden (minder dijkversterkingen).

5.1 Aanpak

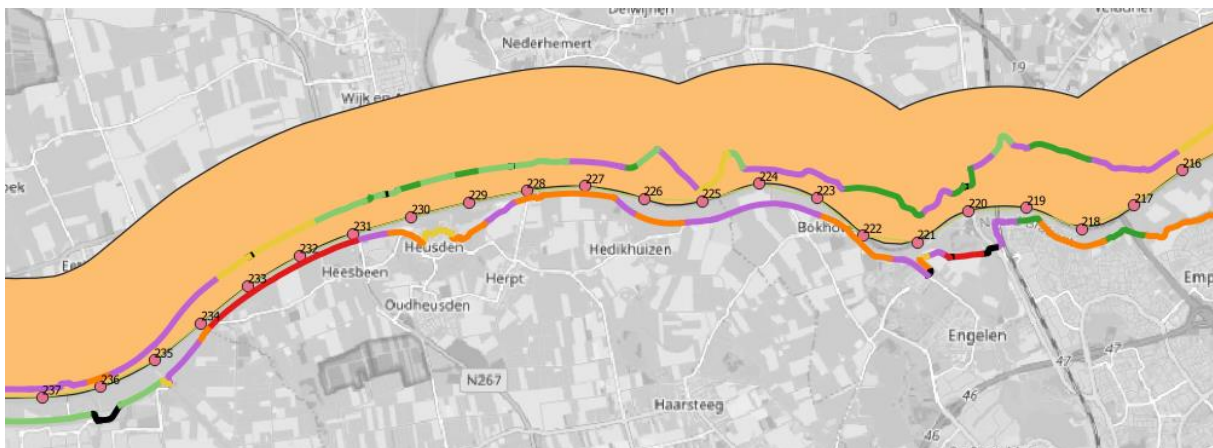
Om een analyse uit te voeren van het effect van waterstands­daling bij de hoogwaterreferentie op de overstromingskans beschouwen we meerdere faalmechanismen. Om te bepalen voor welke mechanisme een opgaven aanwezig is in een bepaald dijkvak, analyseren we het oordeel - conform LBO1 - voor overslag (hoogte), piping en macrostabiliteit van het waterveiligheidsportaal (Waterveiligheidsportaal, 2023).

In onderstaand voorbeeld is een deel van de Maas weergegeven (Figuur 14). Vervolgens vertalen we het oordeel voor de drie faalmechanismes (piping, macrostabiliteit en hoogte) naar de rivierkilometers per oeverzijde om ze te kunnen vergelijken met de waterstandsdaling uit hoofdstuk 2 (Figuur 15).



- | | | | |
|--|--|--|---|
| | I-vak | | Onbekend |
| | I-vak (voldoet ruim aan de signaleringswaarde) | | II-vak (voldoet aan de signaleringswaarde) |
| | III-vak | | III-vak (voldoet aan de ondergrens en mogelijk aan de bovengrens) |
| | IV-vak | | IV-vak (voldoet mogelijk aan de ondergrens) |
| | V-vak | | V-vak (voldoet niet aan ondergrens) |
| | VI-vak | | VI-vak (voldoet ruim niet aan ondergrens) |
| | NVT | | Toetsspoor niet van toepassing |
| | | | einde/start dijkvak toetsspoor |

Figuur 14 Voorbeeld voor de beoordelingsresultaten van het faalmechanisme piping in het waterveiligheidsportaal. Dijktraject van de Maas rond Hedel. Te zien is wat de oordelen zijn voor elk vak van dit traject.



Figuur 15 Illustratie van hoe de rechteroever wordt geïdentificeerd aan de hand van de rivieras. Alle dijkvakken met een zone van 2 km breed aan de rechterkant van de rivieras zijn toegekend aan de rechteroever.

Uiteindelijk selecteren we per rivierkilometer het dijkvak op de rechteroever met het slechtste toetsoordeel. Oordelen van IV, V, of VI worden respectievelijk weergegeven als mogelijk onvoldoende (twijfelachtig), onvoldoende en ruim onvoldoende (Figuur 16).



Figuur 16 Selectie per rivierkilometer van het dijkvak op de rechteroever met het slechtste toetsoordeel binnen een zone van 1km breed en 2km vanaf de rivieras.

Sommige dijken zijn op dit moment al hoger dan strikt noodzakelijk voor de waterveiligheid, dit noemen we overhoogte. We hebben deze overhoogte bepaald aan de hand van het toetsoordeel voor overslag (hoogte) o.b.v. de volgende formule:

$$\text{Overhoogte} = \log_{10}(\text{ondergrens/toetsoordeel}) * 0.4^3$$

Om de overhoogte te projecteren op de rivieras hebben we gebruik gemaakt van de rivierhectometers (iedere 100 meter). Hier wordt een lijn van 2 km getrokken haaks op de as van de rivier en vervolgens bepalen we een overhoogte op de intersectie met de overhoogtelijn.



Figuur 17 Overhoogteprojectie op de rivieras.

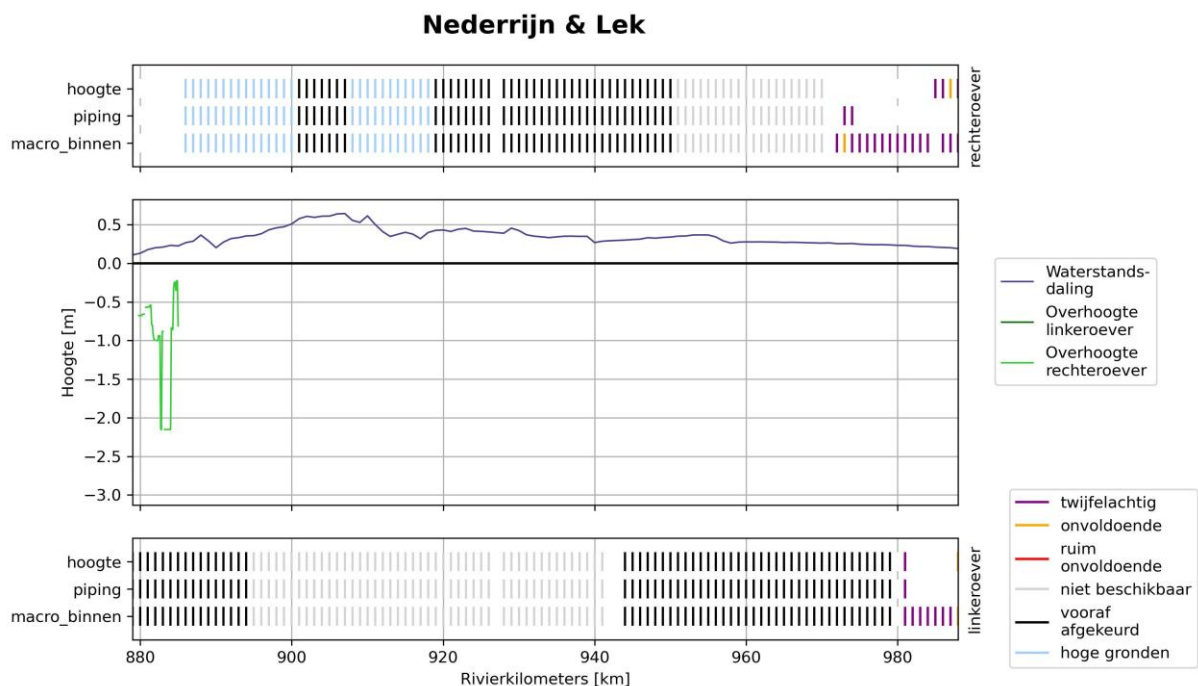
³ 0,4 meter is een schatting van de decimeringshoogte door HKV (Gerbert Pleijter & David Knops)

5.2 Faalmechanismen per riviertak

In onderstaande paragrafen is per riviertak de beschikbare informatie uit het waterveiligheidsportaal weergegeven (Waterveiligheidsportaal, 2023). Veel informatie over de faalmechanismen en overhoogte ontbreekt omdat deze niet beschikbaar is op het waterveiligheidsportaal. Doordat we geen landelijk beeld hebben kunnen de resultaten uit deze analyse niet direct gekoppeld worden aan de resultaten van hoofdstuk 4, waar we beschouwd hebben welke trajecten kansrijk zijn voor een grootschalige natuurlijke inrichting. Bovendien zijn de top 14 dijktrajecten geen onderdeel van de beoordeling. Deze dijksecties zijn al afgekeurd en uit het waterveiligheidsportaal is niet te herleiden welk faalmechanismen dominant zijn in de beoordeling. Wanneer er geen verticale arcering achter het faalmechanisme staat betekent dit dat de dijk langs deze oever geen opgave heeft voor het betreffende faalmechanisme. De waterstandsdaling die is weergegeven komt overeen met de waterstandsdaling uit het WWF-pakket. Deze waterstandsdaling beïnvloedt de beoordeling van de faalmechanismen in de rest van de figuur niet.

5.2.1 Nederrijn-Lek

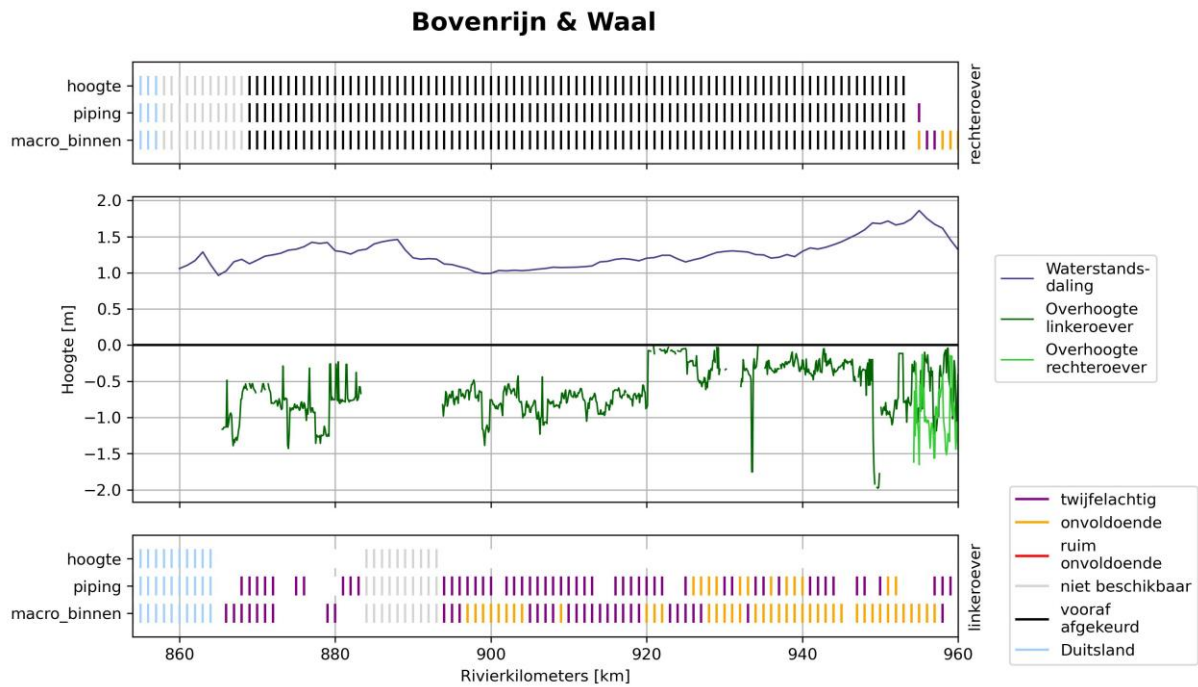
Grote delen van dijktrajecten langs de Nederrijn-Lek zijn vooraf afgekeurd (Figuur 18). Langs de rechteroever bevinden zich bovenstrooms hoge gronden. Deze hebben geen opgaves. Momenteel vinden versterkingen plaats voor de Nederrijn-Lek, denk daarbij bijvoorbeeld aan versterkingen die vallen onder project Sterke Lekdijk. Bovenstrooms, tussen de IJsselkop en de hoge gronden, bevatten dijktrajecten overhoogte aan de rechteroever. Voor de rest van de Nederrijn-Lek is geen overhoogte informatie beschikbaar. Doordat het merendeel van de Nederrijn-Lek of is afgekeurd of geen informatie over de beoordeling bekend is biedt de Nederrijn-Lek weinig inzicht in de wisselwerking tussen waterstandsdaling en overstromingskans. Van de enkele dijkvakken waar we wel informatie van hebben is macrostabiliteit het dominerend faalmechanisme in de beoordeling.



Figuur 18 De opgaves voor de verschillende faalmechanismen langs de Nederrijn-Lek. De waterstandsdaling volgt uit de maatregelen van het WWF-pakket.

5.2.2 Waal

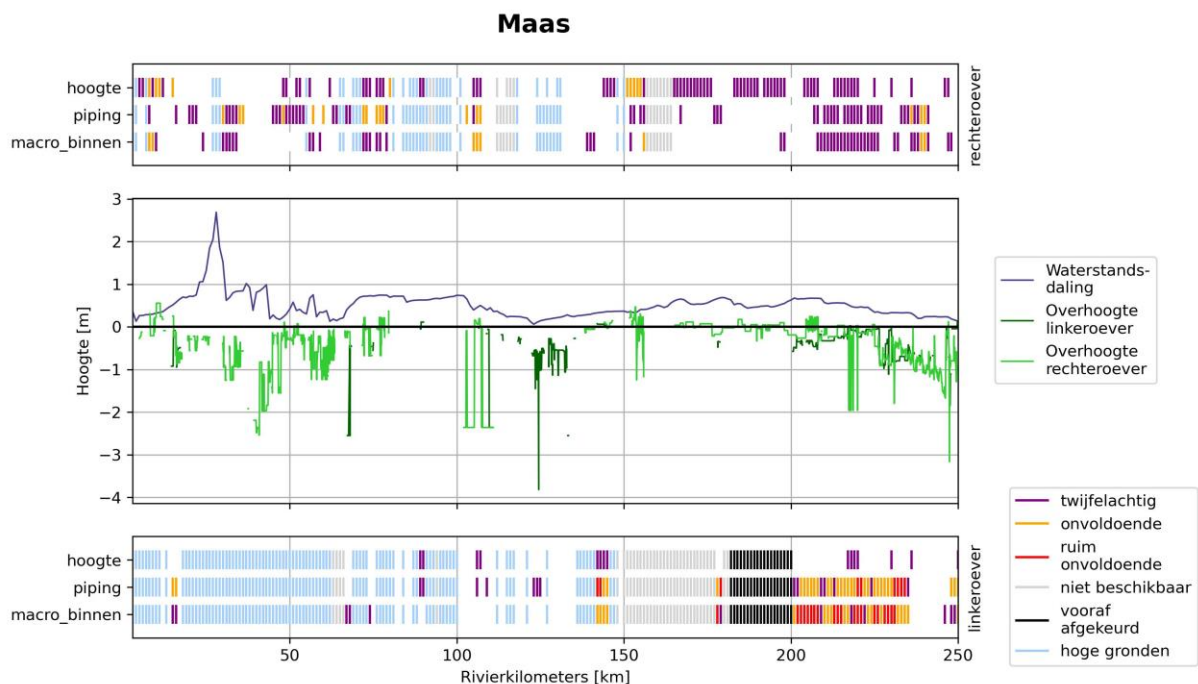
Voor de Waal geldt dat voor de rechteroever van de Waal nauwelijks gegevens beschikbaar zijn (Figuur 19). Aan de linkeroever is de dijk afgekeurd op de faalmechanismen piping en macrostabiliteit. De dijk aan de linkeroever heeft geen hoogteopgave. Dit komt ook tot uiting in de overhoogte, op grote delen langs de Bovenrijn en Waal is een overhoogte aanwezig van 0,5 tot 1 meter, met uitschieters naar 2 meter overhoogte. Zelfs zonder rivierverruimende maatregelen zal een grootschalige natuurlijke inrichting van dit gebied geen hoogteopgave veroorzaken.



Figuur 19 De opgaves voor de verschillende faalmechanismen langs de Bovenrijn en Waal. De waterstands-daling volgt uit de maatregelen van het WWF-pakket.

5.2.3 Maas

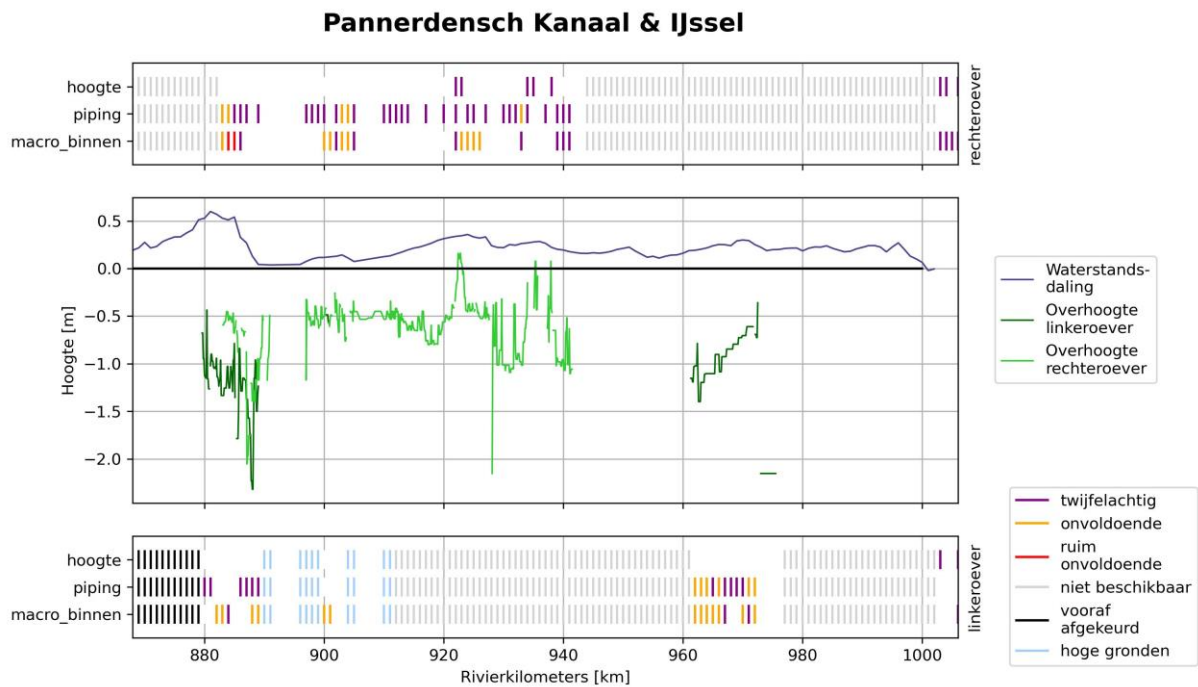
De Maas heeft een zeer gevarieerde opgave (Figuur 20). In het benedenstroomse gedeelte (benedenstrooms van rivierkilometer 150) van de Maas heeft de dijk vaker een opgave dan bovenstrooms. Dit heeft onder andere te maken met de hoge gronden die zich in het bovenstroomse gedeelte van de Maas bevinden.



Figuur 20 De opgaves voor de verschillende faalmechanismen langs de Maas. De waterstands-daling volgt uit de maatregelen van het WWF-pakket.

5.2.4 IJssel

De faalmechismegegevens langs de IJssel zijn beperkt, met name op de linkeroever is over grote delen van de dijk geen informatie beschikbaar. Zoals eerder geconstateerd (Hoofdstuk 2) worden in het WWF-pakket maar een beperkt aantal rivierverruimende maatregelen toegepast op de IJssel, waardoor de te realiseren waterstandsdeling beperkt is. Voor de dijkvakken waar wel toetsoordelen bekend zijn, is vaak overhoogte aanwezig. Deze overhoogte bedraagt ongeveer 0,5 – 1 meter, met uitschieters richting de 2,5 meter. In het kader van Ruimte voor de Rivier is op de IJssel veel waterstandsdeling gerealiseerd, waardoor overhoogte is ontstaan. Dit betekent dat een natuurlijke inrichting langs de IJssel op veel plaatsen mogelijk is zonder een hoogteopgave te creëren.



Figuur 21 De opgaves voor de verschillende faalmechanismen langs het Pannerdensch Kanaal-IJssel. De waterstandsdeling volgt uit de maatregelen van het WWF-pakket.

6 Discussie en conclusie

6.1 Conclusie

Grootschalige natuurlijke inrichting van het rivierengebied is mogelijk zonder de waterveiligheid onder druk te zetten. In deze studie hebben we verkend hoeveel waterstands­daling haalbaar is wanneer op grote schaal rivierverruimende maatregelen, o.a. dijkverleggingen en nevengeulen, uitgevoerd worden in de Rijn- en Maastakken. Voor deze analyse hebben we gebruik gemaakt van maatregelen uit de Blokkendoos. Daarnaast hebben we bepaald hoeveel opstuwing ontstaat door het toestaan van circa 33.500 hectare aan hoger opgaande natuur in het gehele rivierengebied. De waterstanddaling door rivierverruimende maatregelen en de waterstandstoename zijn over elkaar heengelegd voor de verschillende riviertakken.

Uit deze vergelijking blijkt dat de kansrijkheid van de natuurlijke inrichting van de verschillende riviertakken groot is; de meeste trajecten hebben netto meer waterstands­daling dan opstuwing. Uit deze verkennende analyse blijkt een kansrijkheid van 100% langs de Waal, bij de Maas is dit 85% en bij de Nederrijn-Lek 55%. De opstuwing op de IJssel kan maar zeer beperkt gecompenseerd worden door rivierverruimende maatregelen (10%), wat vooral veroorzaakt wordt door een beperkt aantal maatregelen in de Blokkendoos. Echter, dit is een eerste verkennende berekening. Waarschijnlijk kan door maatwerk nog een groter gedeelte van het rivierengebied natuurlijk ingericht worden zonder dat het tot een extra dijkversterkingsopgave leidt. Bovendien zijn op de IJssel al veel rivierverruimende maatregelen ingezet en is veel overhoogte aanwezig. Voor waterveiligheid hoeft dan ook niet voor alle opstuwing door vegetatie gecompenseerd te worden. Een grootschalige natuurlijke inrichting van het rivierengebied is dus mogelijk, mits rivierverruimende maatregelen worden genomen om de riviertakken meer ruimte te geven. In zijn totaliteit ontstaat een robuust waterveilig systeem, omdat op veel plekken de waterstand netto daalt.

De analyse van de overstromingskans ondersteunt het beeld dat grootschalige natuurlijke inrichting mogelijk is. Hiervoor hebben we de beoordelingen van dijktrajecten geanalyseerd per riviertak en voor de verschillende faalmechanismen overslag (hoogte), piping en macrostabiliteit. Piping en macrostabiliteit zijn de dominerende faalmechanismen voor de vakken die zijn afgekeurd vakken. Waterstands­daling en -opstuwing heeft minder invloed op de faalmechanismen piping en macrostabiliteit, wat betekent dat de verwachting is dat deze trajecten sowieso versterkt moeten worden, ongeacht de keuze voor een natuurlijke inrichting. Voor de Nederrijn-Lek en Waal zijn grote delen van trajecten afgekeurd, wat erop wijst dat een natuurlijke inrichting hier alleen mogelijk is in combinatie met verlaging van de hydraulische belastingen door rivierverruimende maatregelen. Uit de analyse blijkt dat weinig trajecten op hoogte afgekeurd zijn. Op veel trajecten van de Maas en Waal is overhoogte aanwezig, variërend tussen de 0,5 en 2,0 m.

6.2 Discussie

6.2.1 Overstromingskansbenadering

Binnen IRM en binnen deze studie is voornamelijk naar waterstanden gekeken bij de hoogwaterreferentie. Voor rivierverruimende maatregelen naar de resulterende waterstands­daling en voor vegetatie naar resulterende waterstandsstijging bij de hoogwaterreferentie. Door alleen naar waterstanden bij de hoogwaterreferentie te kijken is het lastig om de invloed op de overstromingskans te schatten. Middelgrote afvoeren en andere faalmechanismen (zoals macrostabiliteit en piping) spelen namelijk een belangrijke rol bij de overstromingskans. Of een dijk een versterkingsopgave heeft is afhankelijk van verschillende faalmechanismen waarbij piping, macrostabiliteit en overslag (hoogte) de belangrijkste zijn. Waterstands­daling bij de hoogwaterreferentie heeft slechts een beperkt effect op de piping- en macrostabiliteitsopgave van een dijk. Dit is een belangrijke kanttekening bij bovenstaande conclusies.

In hoofdstuk 5 hebben we per riviertak bepaald of er een opgave ten gevolge van overslag (hoogte), piping- en/of macrostabiliteitsopgave is. Indien dit het geval is zal mogelijk natuurontwikkeling meegekoppeld kunnen worden met de dijkversterking (werk met werk maken) als dit niet zo is kan mogelijk door de waterstands­daling van de rivierverruimende maatregelen dijkversterking uitgesteld worden (minder dijkversterkingen).

6.2.2 Gedateerde en versimpelde data

De gepresenteerde waterstands­daling door rivierverruimende maatregelen is beperkt door de nauwkeurigheid van de Blokkendoos. De Blokkendoos is bijna 10 jaar geleden opgesteld, wat het risico meebrengt dat maatregelen achterhaald zijn, of dat nieuwe rivierverruimende maatregelen niet zijn opgenomen in de tool. Bovendien zijn de waterstandseffecten van de maatregelen per maatregel bepaald en niet in combinatie. Uiteraard hebben de waterstandseffecten van verschillende maatregelen effect op elkaar, de waterstandseffecten uit de Blokkendoos zijn dus nadrukkelijk een eerste inschatting van het waterstandseffect dat optreedt bij het toepassen van het maatregelenpakket.

Bovendien is voor de maatregelen in de Blokkendoos de hoeveelheid waterstands­daling bepaald voor de hoogwaterreferentie. Hiermee leent de Blokkendoos zich minder goed om de invloed van maatregelen op de overstromingskans te bepalen. Door de waterstands­daling en -toename voor maatregel­pakketten uit te rekenen voor het hele bereik van verschillende afvoeren kan meer inzicht worden verkregen over de doorwerking van de maatregelen op de overstromingskans.

Wij hebben gebruik gemaakt van de schematisatie baseline-rijn-beno18_5-v1 en het model waqua-rijn-beno18_5-v1 om de opstuwing door verruiming van vegetatie te berekenen. De toepassing van deze producten is alleen toegestaan voor verkennende berekeningen. Dit omdat nog een verouderde versie van de vegetatie­legger in de schematisatie aanwezig is en niet alle vergunningen met een vegetatie­component in het model zijn opgenomen. Ook is in deze studie geen rekening gehouden met de invloed van maatregelen op hydraulica en morfologie. De afvoerverdeling bij de Pannerdensch­e Kop en IJsselkop zal beïnvloed worden door de grootschalige natuurlijke inrichting.

6.2.3 Haalbaarheid en kosten

In deze studie is zeer beperkt aandacht besteed aan de haalbaarheid. Alhoewel rivierverruimende maatregelen uit de Blokkendoos zijn gebruikt, die zijn voortgekomen uit regiosessies waarbij gekeken is naar haalbaarheid, hebben we de haalbaarheid van de rivierverruimende maatregelen niet nader uitgewerkt. Daarnaast vraagt een grootschalige natuurlijke inrichting om veel ruimte. Dit betekent dat grote oppervlaktes van bestemming moeten veranderen, bijvoorbeeld van agrarisch gebruik naar grond met bestemming "natuur". Of dit in de praktijk te realiseren is en hoeveel dit kost valt buiten de scope van deze verkennende studie. Ook kunnen grootschalige ingrepen invloed hebben op de grondwaterstroming, waardoor bijvoorbeeld piping toeneemt en de faalkansberekening via deze component negatief wordt beïnvloed. In deze analyse is daar geen rekening mee gehouden.

6.3 Aanbevelingen

In deze studie staat de wisselwerking tussen waterstandsvaling door rivierverruimende maatregelen en waterstandstoename door grootschalige natuurlijke inrichting centraal. Om de wisselwerking tussen bovenstaande zaken nog beter in beeld te brengen adviseren we om de volgende onderwerpen beter te onderzoeken:

- Een grootschalige natuurlijke inrichting heeft invloed op uiterwaardbeheer. In deze studie neemt het areaal aan natuur enorm toe. Hoe dit de manier van beheren, en de bijbehorende kosten, veranderd is tot op heden onvoldoende in beeld gebracht. Een grootschalige natuurlijke inrichting creëert meer hoogwaardige natuur wat tot hogere beheerkosten kan leiden. Daar staat tegenover dat, door schaalvergroting met grotere aaneengesloten beheergebieden, de kosten per hectare gedrukt kunnen worden. Daarnaast zorgt een hogere toegestane ruwheid er ook voor dat minder vaak intensief (maai)beheer nodig is en minder vaak opgaande vegetatie hoeft te worden teruggezet door kapbeheer. Braakhekke et al. (2011) noemen meer mogelijkheden voor het doelmatiger maken van uiterwaardbeheer.
- Vegetatiemodellering van hoger opgaande natuur. In deze studie hebben we de opstuwing berekend door gebruik te maken van één mengklasse (70/30) en hebben we de vegetatie ingepast op basis van expert judgement. Om de opstuwing preciezer te berekenen in vervolgonderzoek kan gevarieerd worden met mengklasse en locatie in de stroombaan. Daarnaast kan de vegetatiemodellering zelf verbeterd worden. Berends et al. (2022) geven een uitgebreide achtergrond en dragen mogelijkheden aan om vegetatiemodellering te verbeteren.
- Invloed op dijkversterkingsopgave en -kosten. De hypothese is dat een grootschalige natuurlijke inrichting de robuustheid van het rivierengebied ten goede komt. Doordat de robuustheid vergroot is, zijn mogelijk minder vaak (frequentie) en minder ingrijpende (omvang) dijkversterkingen nodig. Deze berekeningen kunnen uitgevoerd worden met de tool OKADER: Opgave en Kosten Analyse Dijken En Rivierverruiming (Kroekenstoel, 2021). Hiervoor kan onder andere voortgebouwd worden op een eerdere studie waarbij de kosten voor verschillende mate van opstuwing in kaart zijn gebracht voor de Rijntakken (Oerlemans en Caspers, 2021).

7 Referenties

Berends et al. (2022).

State of the art and research trends in fluvial vegetation resistance modelling. With a focus on implementation in Rijkswaterstaat hydraulic models. In opdracht van: Rijkswaterstaat Verkeer- en Watermanagement. Deltares rapport; 11208033-018-ZWS-0002.

Braakhekke et al. (2011).

Doelmatig beheer van veilige riviernatuur. In opdracht van: Ministerie van Economisch Zaken, Landbouw en Staatsbosbeheer. Bureau Stroming.

Doornekamp (2019).

Rivierkundig Beoordelingskader voor ingrepen in de Grote Rivieren versie 5.0. Rijkswaterstaat WVL.

Van der Deijl (2022).

Toepassing van de Basisrivierbodemplugging op het IRM-nulalternatief. Actualisatie functie-eisen en toetsing bodem 2050.

Huthoff et al. (2020).

IRM Quickscan Afvoercapaciteit. Definitief. In opdracht van: Rijkswaterstaat WVL, PR4162.10.

Kroekenstoel (2014).

Brondocument Blokkendoos Rivieren. In opdracht van: Rijkswaterstaat WVL.

Kroekenstoel et al. (2021).

Synthesedocument OKADER: OKADER, verbeteringen, uitkomsten pilots en recente analyses. Rijkswaterstaat-WVL.

Oerlemans en Caspers (2021).

Verticale Ruimte voor de Rivier. Bureaustudie en OKADER berekeningen naar de invloed van verruiming op de dijkversterkingsopgave en -kosten. In opdracht van: Flows Productions en WWF, PR4525.10.

Rijcken et al. (2021).

Verticale Ruimte voor de Rivier. Flows Productions.
<https://dijkenvoorbiodiversiteit.flowsproductions.nl/>

Waterveiligheidsportaal (2023).

Landelijk veiligheidsbeeld. Geraadpleegd: januari 2023.
<https://www.nationaalgeoregister.nl/geonetwork/srv/dut/catalog.search#/metadata/bf447383-f2ae-47b0-b124-6c4db12ce689>

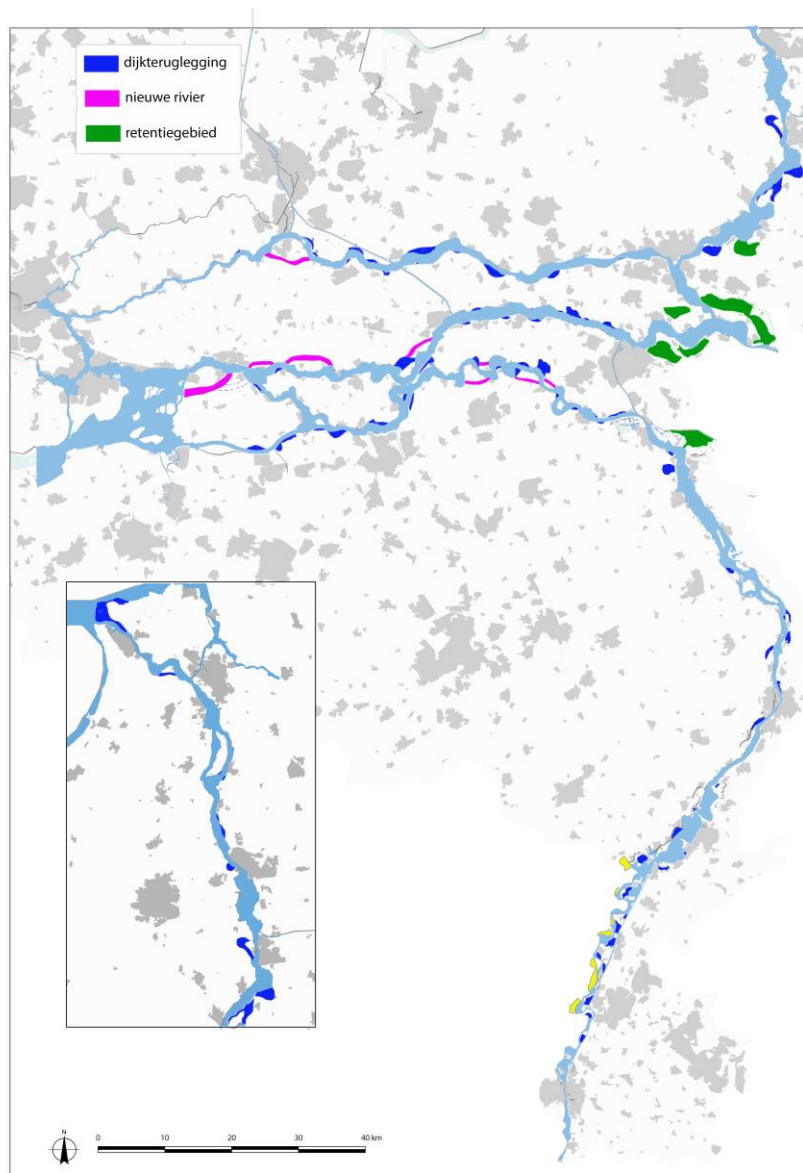
Wereld Natuur Fonds et al. (2019).

Plan Ruimte voor Levende Rivieren.

8 Bijlagen

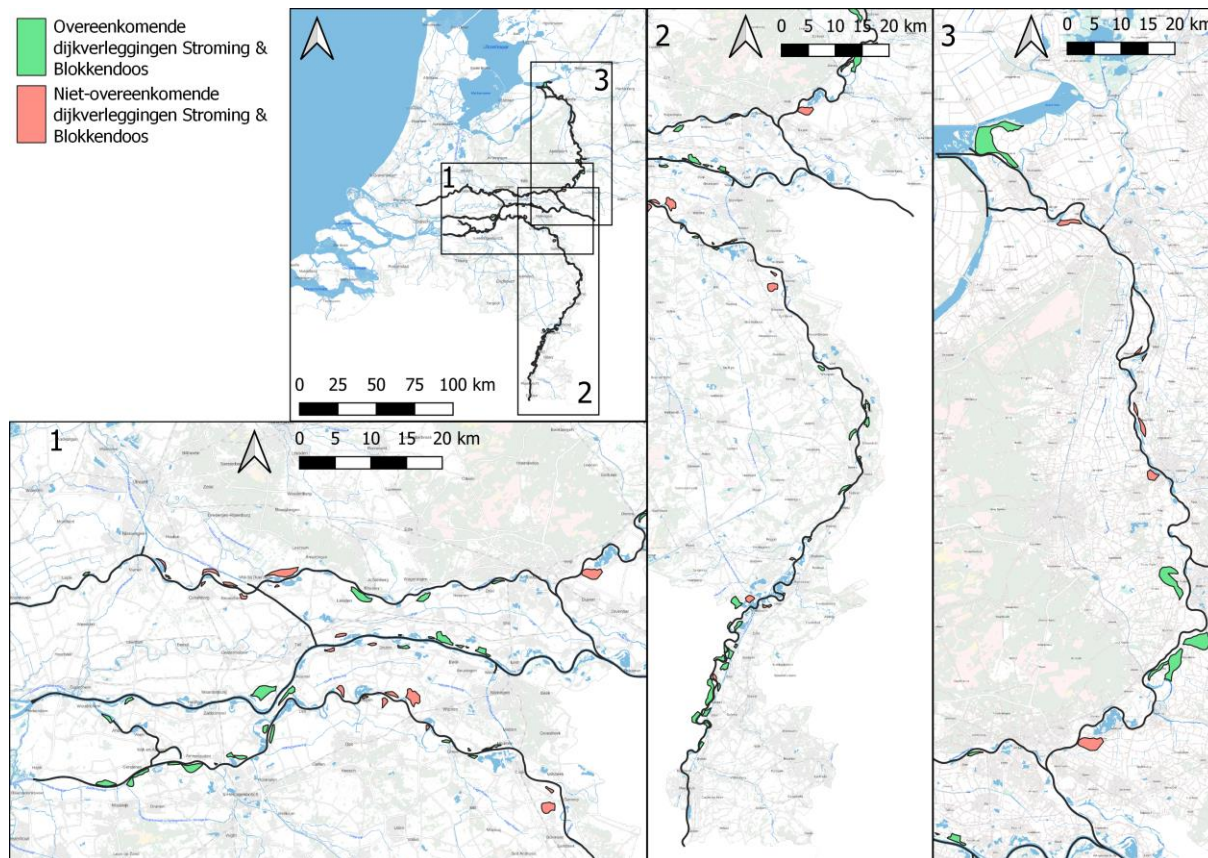
A Vergelijking met de visie Ruimte voor Levende Rivieren

In het kader van de visie Levende Rivieren is een verkenning uitgevoerd waar dijkterugleggingen mogelijk zijn. De locaties zijn vooral geselecteerd op relatief weinig bebouwing (mensen wonen, bedrijven zich bevinden, Figuur 22) en bijvoorbeeld niet op het effect op de rivierkunde.



Figuur 22 Voorlopige haalbaarheidsanalyse van rivierverruimende maatregelen op de Maas- en Rijn takken.

Figuur 23 toont de (niet-)overeenkomende dijkverleggingen tussen de dijkverleggingen uit de voorlopige haalbaarheidsanalyse kaart uit de visie Ruimte voor Levende Rivieren en de geselecteerde maatregelen uit de Blokkendoos voor het WWF-pakket.



Figuur 23 Overeenkomende dijkverleggingen tussen de kaart van het WWF van Strooming en de geselecteerde maatregelen uit de Blokkendoos.

Figuur 23 is als volgt gemaakt:

- De dijkverleggingen die geselecteerd zijn uit de Blokkendoos zijn gemarkeerd in de shapefile van de rivierkilometers met een '1'.
- Rondom deze punten zijn er buffers gecreëerd van 3.5 kilometer. Deze waarde is gekozen na een visuele inspectie van een reeks waarden, wat als een goed balans werd bevonden tussen het meenemen van genoeg ruimte rondom de rivier, zonder een te grove resolutie aan te nemen.
- Als deze buffers één van de mogelijke dijkverleggingen van Strooming raakte of overlapte, wordt het hele gebied als *overeenkomend* gemarkeerd in het groen.

Figuur 23 kan samengevat worden tot Tabel 4.

Tabel 4 Overlap van dijkverleggingen tussen voorlopige haalbaarheidsanalyse kaart en het WWF-pakket, uitgesplitst in oppervlakte (hectare) en aantallen.

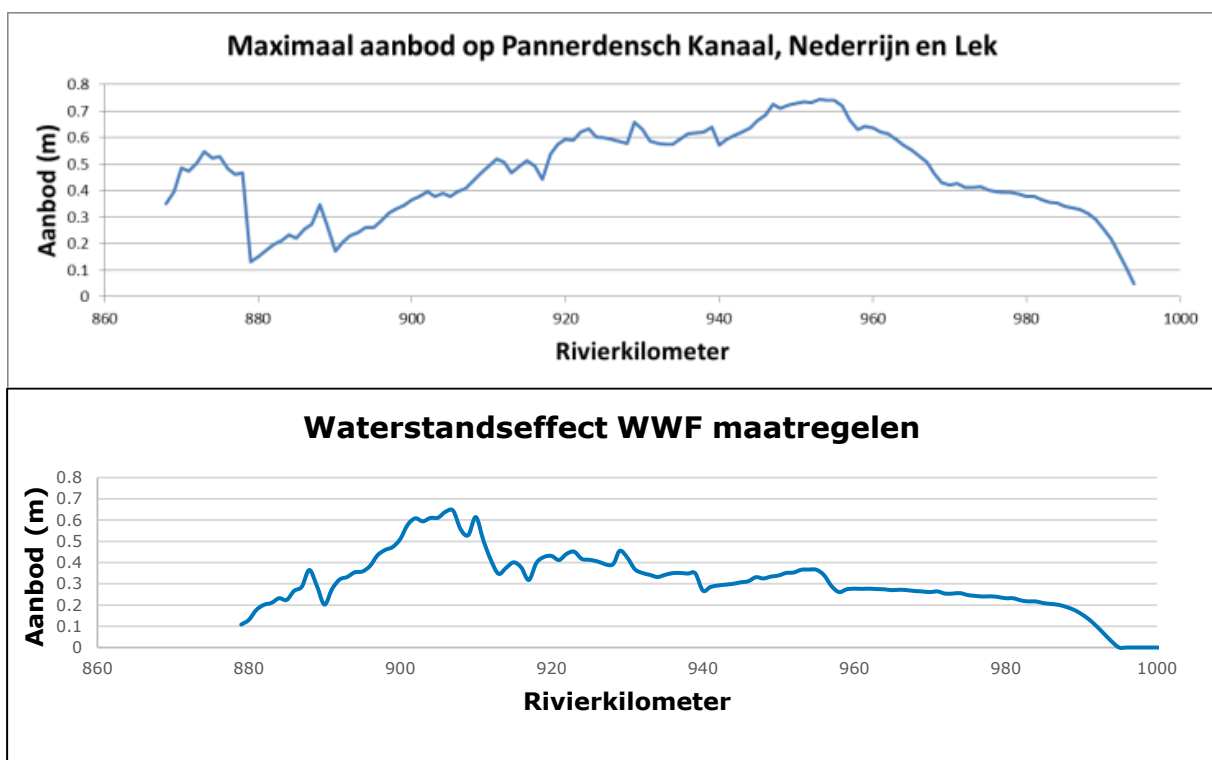
	Aantal	Oppervlakte [ha]
Overlap WWF & Blokkendoos	49	5433
WWF (totaal)	85	8794
Totaal	57,6%	61,8%

De andere typen maatregelen zijn niet vergeleken met de visie Ruimte voor Levende Rivieren omdat het zeer lastig te definiëren is wat verschillende maatregelen zijn in de visie Ruimte voor Levende Rivieren en hoe die overeenkomen met de typen uit de Blokkendoos.

B Vergelijking IRM- en WWF-pakket

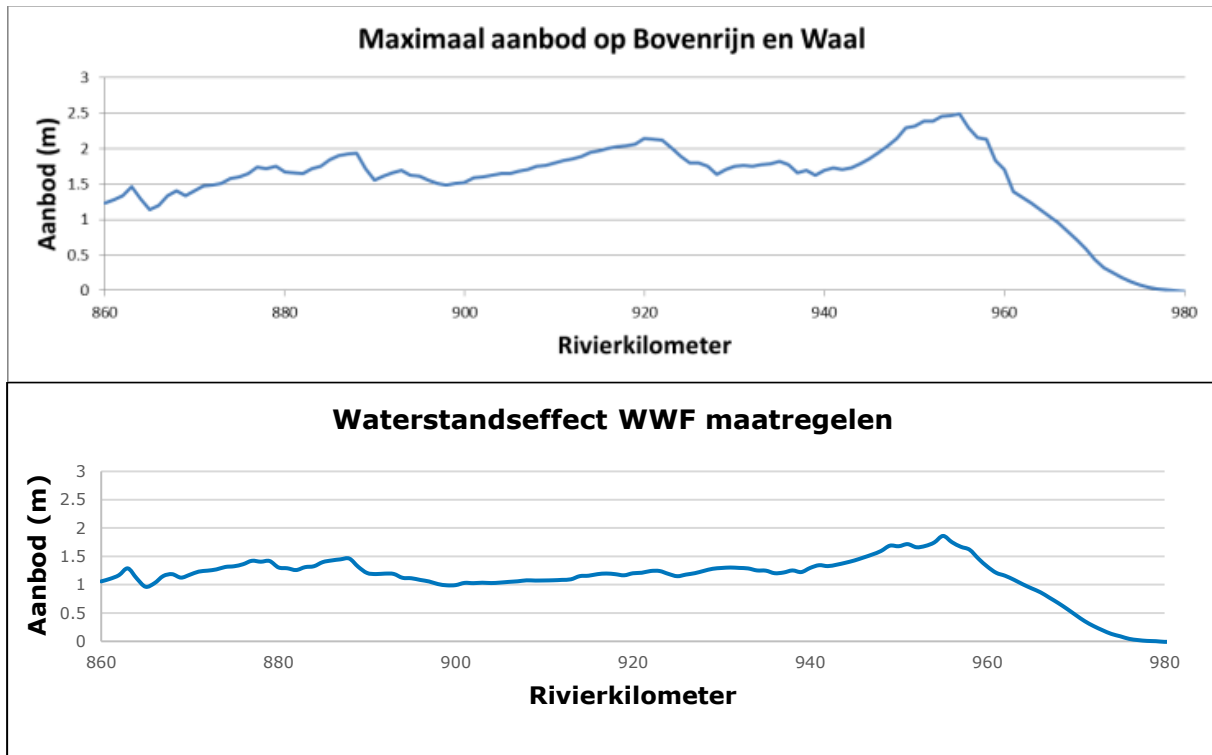
Binnen IRM is ook gekeken naar maximaal realiseerbare waterstandsding aan de hand van maatregelpakketten uit de Blokkendoos (Huthoff et al., 2020). In deze bijlage wordt een vergelijking gemaakt tussen het WWF-pakket en het IRM-pakket voor de verschillende riviertakken. In het WWF-pakket zijn minder maatregelen opgenomen dan in het IRM pakket. Dit verschil wordt met name veroorzaakt doordat in het WWF-pakket geen maatregelen zijn opgenomen die slecht zijn voor de natuur.

B.1 Nederrijn-Lek



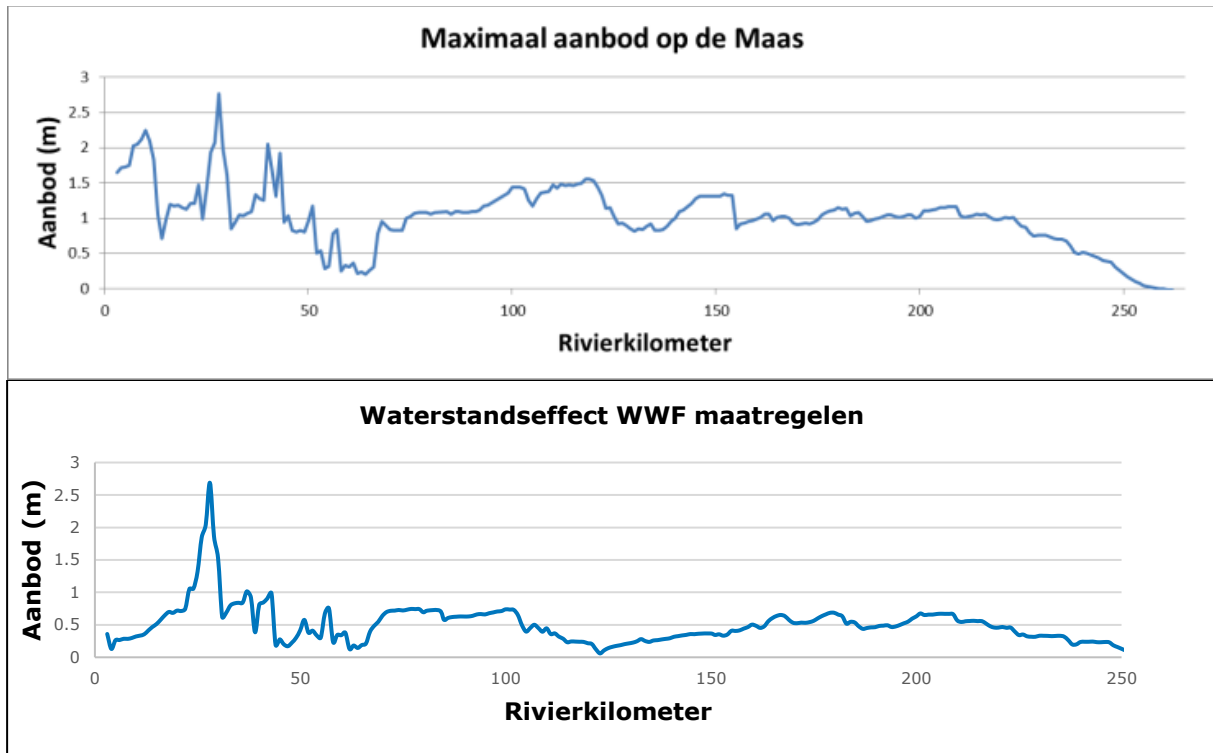
Figuur 24 Vergelijking maximaal IRM-pakket (boven) uit Huthoff et al. (2022) en WWF-pakket (onder) voor de Nederrijn-Lek.

B.2 Bovenrijn en Waal



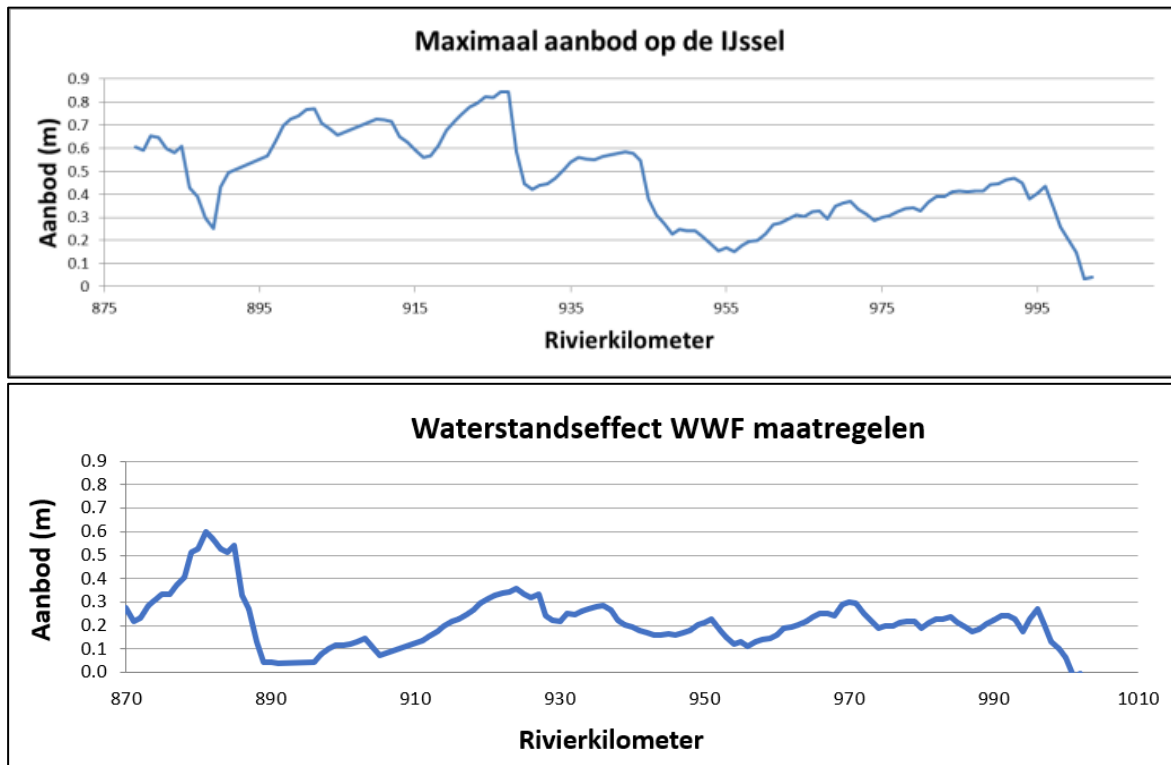
Figuur 25 Vergelijking maximaal IRM-pakket (boven) uit Huthoff et al. (2022) met WWF-pakket (onder) voor de Bovenrijn en Waal.

B.3 Maas



Figuur 26 Vergelijking maximaal IRM-pakket (boven) uit Huthoff et al. (2022) met WWF-pakket (onder) voor de Maas.

B.4 IJssel



Figuur 27 Vergelijking maximaal IRM-pakket (boven) uit Huthoff et al. (2022) met WWF-pakket (onder) voor de IJssel.

C Gevoeligheidsanalyse vegetatie

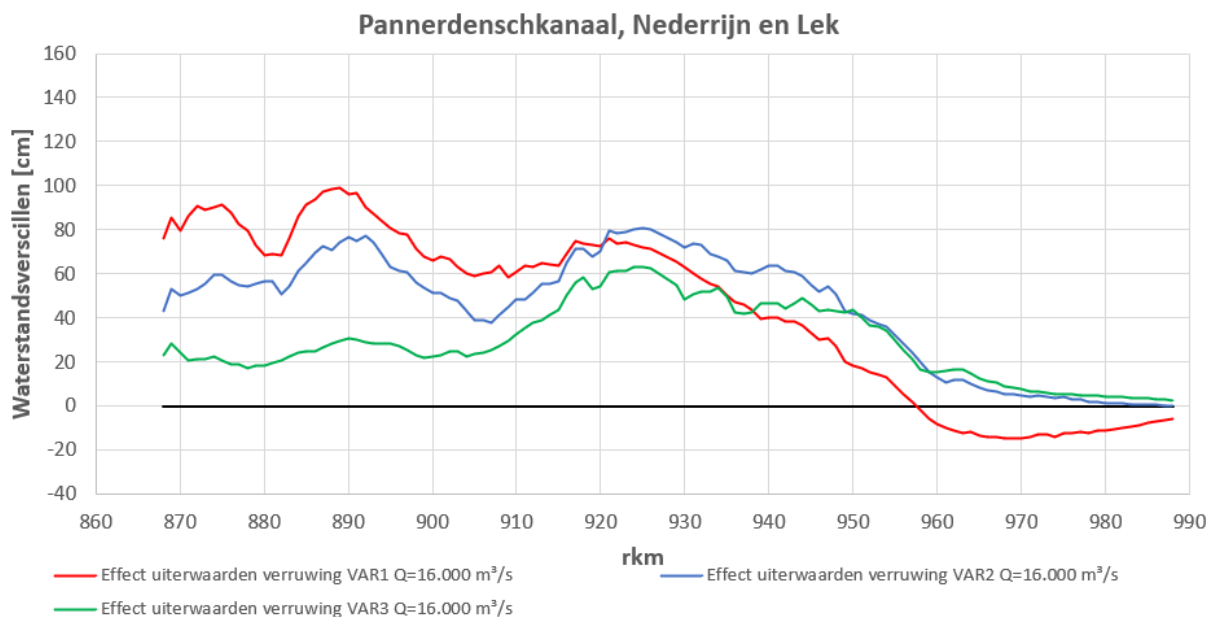
In deze studie zijn verschillende varianten van vegetatieverruwing doorgerekend. De varianten verschillen in het aantal gebieden waar verruwde vegetatie is gemodelleerd. Minder verruwing resulteert in een lager aantal hectare aan 'nieuwe' natuur, maar ontziet wel (stroomvoerende) delen van de rivier, wat leidt tot minder opstuwing.

Tabel 5 Aantal hectare extra mengklasse 70/30 voor de verschillende varianten.

Extra mengklasse 70/30 [ha]			
	Variant 1	Variant 2	Variant 3
Rijntakken	23.500	20.000	13.000
Maastakken	24.500	23.000	20.500
Totaal	48.000	43.000	33.500

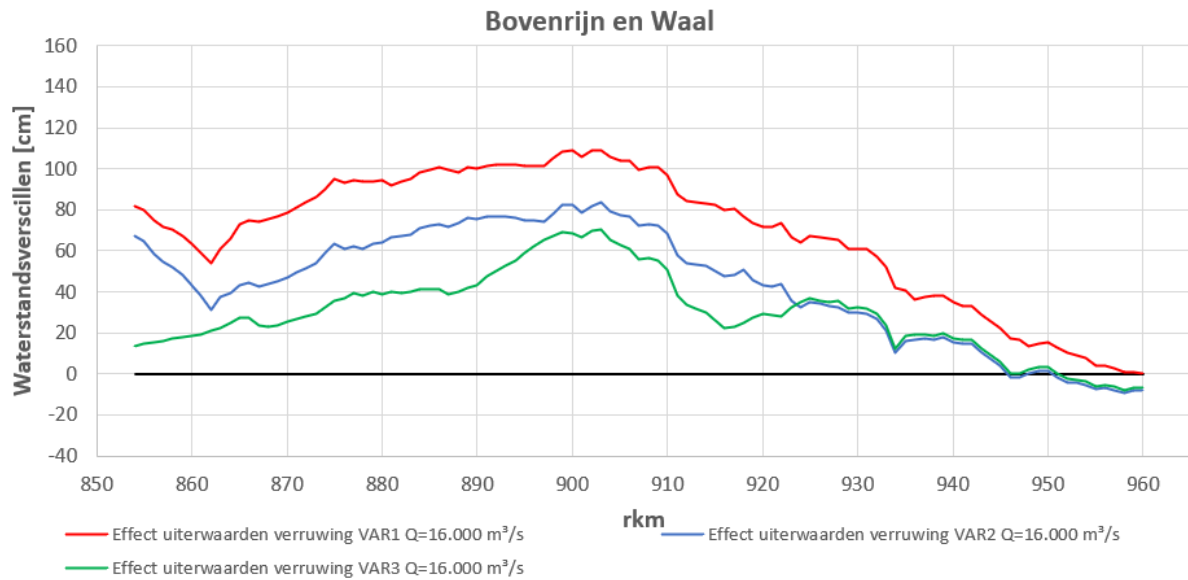
Het nauwkeurig inpassen van vegetatie draagt met name bij aan het beperken van abrupte toenames in de opstuwing bij de hoogwaterreferentie. Een voorbeeld hiervan is te zien op de IJssel tussen rivierkilometer 950 en 960. Dit traject ligt net bovenstrooms van Veessen-Wapenveld. In variant 1 (rood) en variant 2 (blauw) neemt de opstuwing sterk toe, waar de opstuwing voor variant 3 (groen) beperkt blijft. Aangezien opstuwing over tientallen kilometers doorwerkt bovenstrooms, wordt opstuwing door maatwerk niet alleen beperkt op locaties waar vegetatie wordt toegestaan, maar ook op bovenstroomse delen. Deze gevoeligheidsanalyse is slechts een eerste indicatieve uitwerking, maatwerk kan nog veel specifiekere worden toegepast en de opstuwing ook nog verder gereduceerd.

c.1 Nederrijn-Lek



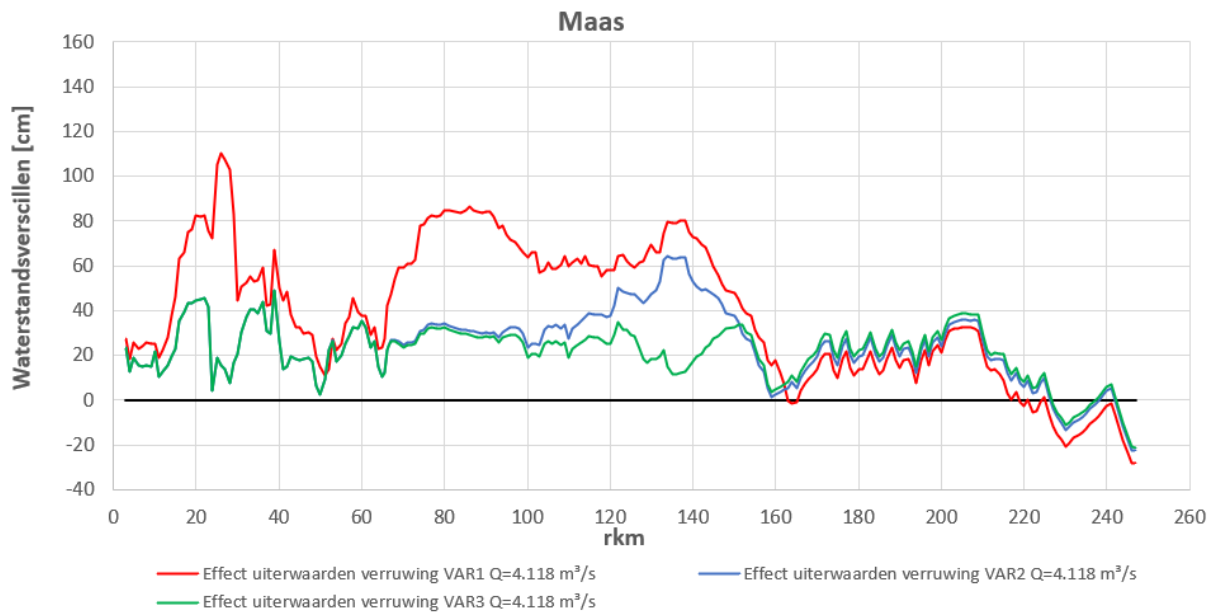
Figuur 28 Verschillende varianten van vegetatie verruwing met bijbehorende opstuwing op het Pannerdensch Kanaal, Nederrijn en Lek.

c.2 Bovenrijn en Waal



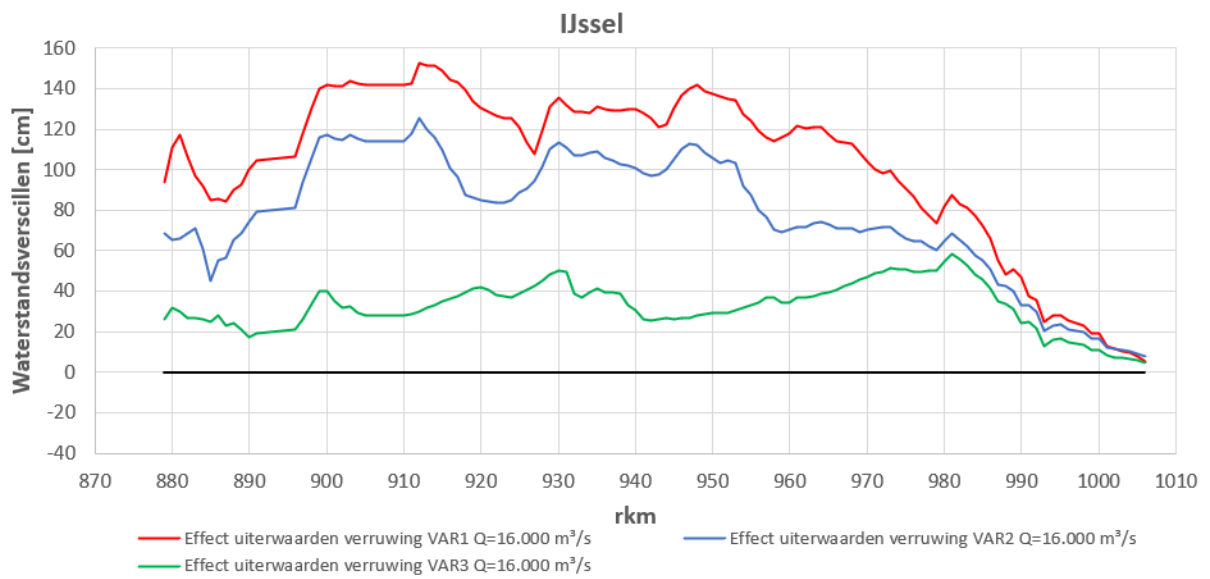
Figuur 29 Verschillende varianten van vegetatie verruwing met bijbehorende opstuwung op de Bovenrijn en Waal.

c.3 Maas



Figuur 30 Verschillende varianten van vegetatie verruwing met bijbehorende opstuwung op de Maas.

c.4 IJssel



Figuur 31 Verschillende varianten van vegetatie verruwing met bijbehorende opstuwing op de IJssel.



Hoofdkantoor

HKV lijn in water BV
Botter 11-29
8232 JN Lelystad

Nevenvestiging

Informaticalaan 8
2628 ZD Delft

0320 294242

info@hkv.nl

www.hkv.nl