

# RAPPORT

## **Verkenning kansrijke maatregelen voor behoud en ontwikkeling van (natte) natuur in de Gelderse Poort en de morfologische effecten.**

Eindrapport

Klant: Rijkswaterstaat WVL

Referentie: BI7683-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001

Status: S0/P01.01

Datum: 31 januari 2023

Jonkerbosplein 52  
6534 AB Nijmegen  
Water & Maritime  
Trade register number: 56515154

+31 88 348 70 00 **T**  
info@rhdhv.com **E**  
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Verkenning kansrijke maatregelen voor behoud en ontwikkeling van (natte) natuur in de Gelderse Poort en de morfologische effecten.

Sub titel: Eindrapport

Referentie: BI7683-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001

Status: P01.01/S0

Datum: 31 januari 2023

Projectnaam: PAGW eco-morfologie Gelderse Poort

Projectnummer: BI7683

Auteur(s): RHDHV

Opgesteld door: RHDHV

Gecontroleerd door: RHDHV

Datum/paraaf: 24 januari 2022

Goedgekeurd door: RHDHV

Datum/paraaf: 31 januari 2022

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving

Contactpersoon: W. Vercruisje

Classificatie

Open

*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. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.*

*Let op: dit document bevat persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. 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

<b>1</b>	<b>Inleiding en doel van de opdracht</b>	<b>5</b>
1.1	Inleiding project	5
1.2	Studiegebied: PAGW hotspot de Gelderse Poort	6
1.3	Doel van de opdracht	8
1.4	Doel van dit rapport	9
<b>2</b>	<b>Aanpak en werkwijze</b>	<b>10</b>
2.1	Werkwijze QuickScan	10
2.1.1	Literatuuronderzoek & data compilatie	10
2.1.2	Analyse verdrogingsgebieden (GIS-analyse)	12
2.1.3	Eerste inschatting effecten	14
<b>3</b>	<b>Resultaten QuickScan</b>	<b>16</b>
3.1	GIS-analyse	16
3.1.1	Analyse ecotopen en gewenste verdeling in 2050	16
3.1.2	Randvoorwaarden	19
3.1.3	Verdrogingsanalyse	21
3.1.4	Samenvattende punten en focusgebieden	29
3.2	Beoordeling mogelijke maatregelen	29
3.2.1	Eroderende oevers langs het zomerbed	30
3.2.2	Kribaanpassing	32
3.2.3	Zomerkadeaanpassing	35
3.2.4	Langsdammen	38
3.2.5	Uiterwaardverlaging	42
3.2.6	Nevengeulen	44
3.2.7	Ooibosontwikkeling	49
3.2.8	Toepasbaarheid van maatregelen in de riviertrajecten	52
3.3	Beantwoording deelvragen	53
3.4	Synergie met programma IRM	55
<b>4</b>	<b>Kansrijke symbiose natuur en sedimentbalans</b>	<b>57</b>
4.1	Focusgebieden binnen de Gelderse Poort	57
4.2	Voorstel maatregelpakket per locatie	58
4.2.1	Locatie 1: Waalbochten	58
4.2.2	Locatie 2: Pannerdensch Kanaal	62
4.2.3	Locatie 3: Boven-IJssel (Havikerwaard)	67
<b>5</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen voor het vervolg</b>	<b>72</b>
5.1	Conclusies	72
5.2	Aanbevelingen voor het vervolg	73
5.2.1	Beschouwing andere studies	74



<b>6</b>	<b>Literatuurlijst</b>	<b>76</b>
6.1	Literatuur aangeleverd	76
6.2	Literatuur aangevuld	77
<b>7</b>	<b>Bijlagen</b>	<b>79</b>
7.1	Inundatiekaarten	79
7.2	Grondwaterkaarten	80
7.3	Inundatiefrequentie t.o.v. optimale range voor ecotopen	81
7.4	Grondwaterstand t.o.v. optimale range voor ecotopen	85
7.5	Oppervlak geschikt voor ecotopen	87

## 1 Inleiding en doel van de opdracht

### 1.1 Inleiding project

De Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) wil de grote wateren in Nederland toekomstbestendig maken op een manier waarop hoogwaardige natuur goed samengaat met een krachtige economie. De PAGW treft maatregelen om de grote wateren ecologisch robuust en veerkrachtig te maken richting 2050. Dit is noodzakelijk om veranderende (klimaat)omstandigheden op te kunnen vangen en de grote wateren in de toekomst economisch te kunnen blijven benutten en verder te ontwikkelen. Het rivierengebied is als één van de vier grote wateren onderdeel van PAGW en wordt uitgewerkt als project PAGW-rivieren.

In de bovenstroomse delen van de vrij afstromende Rijntakken speelt het probleem van bodeminsnijding door de rivier. Het zomerbed van de Rijntakken is in de afgelopen tientallen jaren jaarlijks gemiddeld 1 tot 2 cm dieper komen te liggen als gevolg van menselijk ingrijpen in het riviersysteem. De sedimentdynamiek is uit balans waardoor verhoging van de uiterwaarden optreedt, en door de verhoging van de uiterwaarden raakt de dynamiek weer verder uit balans. Het hoogteverschil tussen de uiterwaarden en het zomerbed wordt immers groter. Hierdoor verdrogen de uiterwaarden in de PAGW hotspot Gelderse poort en aanliggende Waal-, Rijn- en IJsseltrajecten (zie hoofdstuk 1.2). Deze verdrogingseffecten worden versterkt door klimaatverandering. Er ontstaan langere periodes van droogte en lage rivierafvoeren (met lagere rivierwaterstanden).

De natuur heeft last van de verdroging en voor het rivierengebied evenals diverse Natura 2000-gebieden is het van groot belang dat de Gelderse poort en in de corridors IJssel en Rijn (periodiek) in contact blijven met rivierwater. De opdrachtgever geeft in de vraagspecificatie aan dat het van belang is om significante delen in contact met rivierwater te houden. Uit de startgesprekken met de opdrachtgever volgt dat de geoptimaliseerde verhouding en oppervlakten van ecotopen in de Gelderse Poort in 2050 hierin leidend is (Van der Sluis et al., 2020). Een groei van voornamelijk natte ecotopen is hierin wenselijk. Daarom zal de focus binnen deze studie liggen op de plekken waar maatregelen noodzakelijk zijn om aan de randvoorwaarden voor natte ecotopen te voldoen.

Een studie van Deltares (Van Geest et al. 2020) wijst uit dat bij het handhaven van de huidige bodemerosiesnelheid, in 2050 veel natte en vochtige ecotopen zijn verdwenen. Om de benodigde natte habitats te behouden en te realiseren in deze gebieden is kennis over kansrijke maatregelen nodig. De natuurdoelstelling vanuit PAGW voor het gebied de Gelderse Poort is als volgt: herstel van hydrologisch gradiënt om natte habitats te herstellen die door klimaatverandering nog extra onder druk komen te staan (rietmoeras, zachthoutoobos, natte graslanden). Er wordt binnen het project een kaart opgesteld om vast te stellen waar knelpunten voor verdroging zich voordoen binnen de Gelderse Poort. Tegelijkertijd wordt onderzocht welke maatregelen het meest kansrijk zijn om hieraan bij te dragen, waarbij maatregelen die de sedimentbalans in het gebied verbeteren de voorkeur hebben.

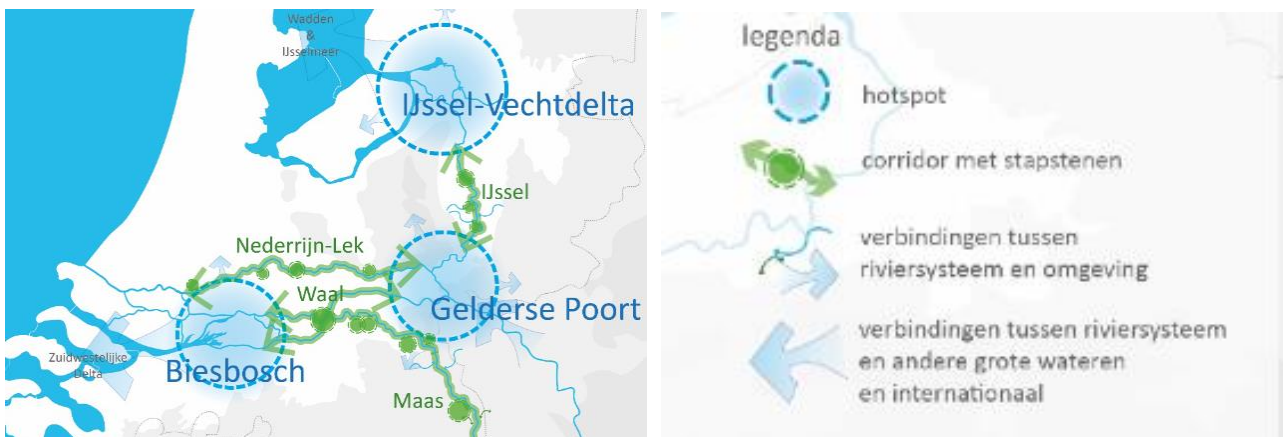
## 1.2 Studiegebied: PAGW hotspot de Gelderse Poort

Deze opdracht richt zich op het buitendijkse rivierengebied van de Gelderse Poort, benedenstrooms van de Duits-Nederlandse grens (zie Figuur 1-1 hieronder). Dit betreft een deel van de riviertrajecten van de IJssel, Rijn, Waal en Lek. We beschouwen de volgende rivierkundige deeltrajecten in het kader van deze studie (conform de trajectindeling die ook voor Integraal Rivier Management (IRM) gehanteerd wordt):

- Boven-Rijn (vanaf de Duitse grens tot aan Pannerdense Kop)
- Waalbochten (vanaf Pannerdense Kop tot aan Maas-Waalkanaal)
- Pannerdensch Kanaal
- Boven-IJssel (Vanaf Pannerdensch Kanaal tot aan Dieren)
- Boven-Nederrijn (Vanaf Pannerdensch Kanaal tot aan Driel)

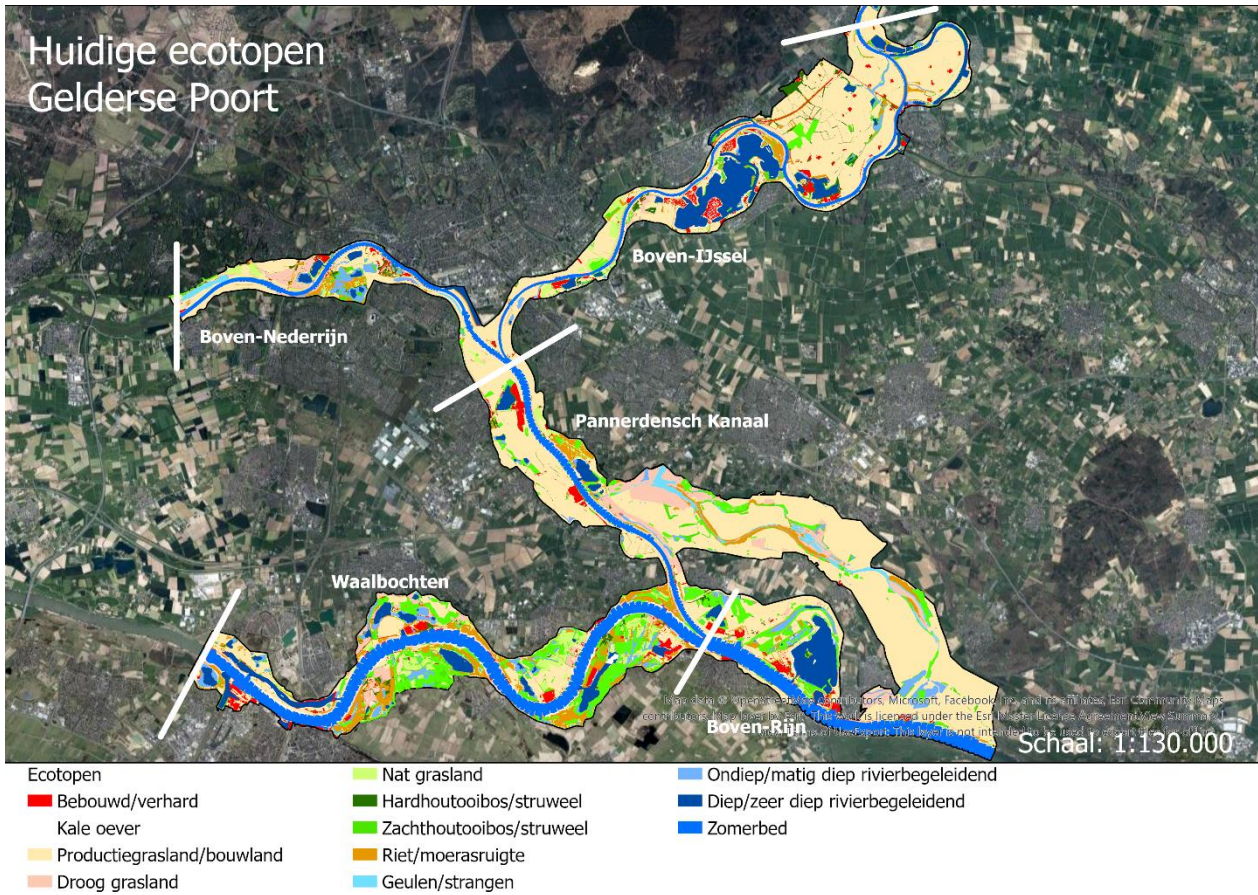
Uit onze ruimtelijke analyse zal blijken langs welke rivierkundige riviertrajecten verdroging met name een rol speelt.

Vanuit de PAGW-opgave is het van belang om in de toekomst ook te kijken naar binnendijkse gebieden. Mogelijk kunnen ook hier maatregelen genomen worden die een verband houden met de rivierdynamiek en rivierbodemsnijding, zoals bijvoorbeeld een komgrond die binnendijks ligt en dan water/zand kan invangen. Dit valt echter buiten de scope van deze opdracht. Tevens wordt opgemerkt dat de data binnendijks op het moment van deze studie niet voorhanden was om goed in analyse mee te nemen.



Figuur 1-1: PAGW-gebieden (Ecologische systeemopgave PAGW-rivieren, 2021)

Figuur 1-2 geeft een meer gedetailleerd beeld van de Gelderse Poort, waarbij de trajectindeling aangegeven is. Hierin zijn ook de ecotopen in de huidige situatie weergegeven.



Figuur 1-2: Huidige ecotopen in de Gelderse Poort.

Een groot deel van het PAGW-gebied Gelderse Poort is ook begrensd als Natura 2000-gebied (Figuur 1-3). In deze opdracht wordt geen gedetailleerde effectbeoordeling uitgevoerd van de maatregelen op de Natura 2000-doelen. Wel wordt op hoofdlijnen gekeken in hoeverre de maatregelen en de opgave van het realiseren van natte ecotopen kan bijdragen aan de Natura 2000-opgave. Gelijktijdig wordt rekening gehouden met de ligging van het Natura 2000-gebied wanneer de maatregelpakketten worden opgesteld.

De delen van het PAGW-gebied Gelderse Poort die buiten de scope van de opdracht vallen zijn de Maas en het deel van de Rijn dat buiten de Nederlandse grenzen valt. Een gebied dat binnen de Gelderse Poort valt maar niet wordt meegenomen in deze studie zijn de Rijnstrangen, aangezien dit gebied binnendijks ligt<sup>1</sup>. Daarnaast zijn er geen inundatiegegevens en grondwaterstanden beschikbaar voor dit gebied. De Rijnstangen liggen ten noorden van de Boven-Rijn en zijn de restanten van de Oude Rijn. De hydrologie in dit gebied wordt bepaald door een gemaal en biedt daardoor wel kansen voor de creatie van natte ecotopen, aangezien het gemaal afgestemd kan worden op natuurontwikkeling.

<sup>1</sup> N.B. uit een studie van WenR blijkt dat het in de toekomst ook essentieel zal zijn om te kijken naar de inrichting van binnendijkse gebieden om PAGW-doelen te realiseren.





Figuur 1-3: Natura 2000 gebieden (groen gearceerd) nabij de Gelderse Poort.

### 1.3 Doel van de opdracht

De hoofdvraag van de opdracht luidt: *Wat zijn kansrijke combinaties van maatregelen voor behoud en ontwikkeling van (natte) natuur in de Gelderse Poort en de morfologische effecten hiervan?*

Het doel van deze verkennende studie is om inzicht te geven in kansrijke combinaties van maatregelen die knelpunten van verdroging opheffen of verminderen, verdere natuurbehoud-en ontwikkeling mogelijk maken en die in lijn zijn met de gewenste morfologische richting. Hierbij wordt gekeken naar de volgende maatregelen: eroderende oevers langs het zomerbed, uiterwaardverlaging, langsdammen, krib- en zomerkadeaanpassing, geulen, ooibosontwikkeling en combinaties van deze.

Om de hoofdvraag te beantwoorden en het doel van de studie te faciliteren zijn de volgende deelvragen door de opdrachtgever opgesteld:

- Welke rol kunnen natuurlijk eroderende / natuurvriendelijke oevers langs het zomerbed spelen in het tegengaan van rivierinsnijding (indicatie per riviertraject) en waar is dit mogelijk in de Gelderse Poort?

- Welke rol kan uiterwaardverlaging spelen in het tegengaan van rivierinsnijding en waar is dit mogelijk in de Gelderse Poort?
- Kan uiterwaardverlaging natte natuur terugbrengen en in welke mate en waar kan dit het beste gebeuren in de Gelderse Poort?
- Wat zijn de morfologische effecten van langsdammen en het weghalen/aanpassen van kribben en zomerkaden op rivierbodeminnsnijding en erosieprocessen?
- In welke mate beïnvloedt ooibosontwikkeling de sedimenthuishouding (sedimentatie en erosie zomerbed)? Kan ooibos helpen als systeemmaatregel om sedimentatie tegen te gaan in benedenstroomse rivierdelen?<sup>2</sup>
- Wat is een succesvolle combinatie van aanleg ooibos en uiterwaardverlaging in relatie tot rivierbodempligging en rivierafvoer?
- Wat is een succesvolle combinatie van langsdammen, krib- en zomerkade verlaging/aanpassing met uiterwaardvergravingen/geulenpatronen en met ooibosontwikkeling?
- Kan met een dergelijke combinatie ooibosontwikkeling ook dichterbij de stroomdraad worden gerealiseerd in plaats van alleen op stroomluwe locaties ver van de rivier?

## 1.4 Doel van dit rapport

Dit rapport bestaat uit vier delen. Allereerst wordt de aanpak en werkwijze beschreven van een QuickScan (hoofdstuk 2), waarna in het tweede deel de resultaten worden gepresenteerd (hoofdstuk 3). Ten behoeve van de QuickScan is een GIS-analyse uitgevoerd voor de Gelderse Poort. Deze GIS-analyse is tweeledig en kan worden beschreven als een ecotopen-analyse (3.1.1) en een verdrogingsanalyse (3.1.3). Daarnaast worden de mogelijke maatregelen beoordeeld en vergeleken met de gewenste trends op aanliggende riviertrajecten (3.2) op basis van bestaande studies. Door het combineren van deze informatie is het mogelijk om de geformuleerde deelvragen te beantwoorden (3.3), waarbij ook aandacht wordt besteed aan mogelijke synergie tussen de maatregelen en met het programma Integraal Rivier Management (IRM) (3.4). Ten slotte worden de volgende stappen binnen dit project beschreven (hoofdstuk 4). Op basis van de resultaten uit de QuickScan zijn in samenspraak met de opdrachtgever drie focusgebieden gekozen (4.1). Voor deze focusgebieden worden vervolgens maatregelenpakketten voorgesteld voor een kansrijke symbiose van natuurontwikkeling en herstel van de sedimentbalans. Tot slot geeft hoofdstuk 5 de belangrijkste conclusies en aanbevelingen voor het vervolg.

In de studie worden geen nieuwe berekeningen uitgevoerd. Er wordt gebruik gemaakt van reeds beschikbare resultaten en bouwt voort op de studies van Dorenbosch en Van Geest<sup>3</sup>. De geproduceerde kaartbeelden en resultaten dienen dus kwalitatief te worden beoordeeld. Aanpassingen in de rivieren kunnen daarnaast effect hebben op de afvoerverdeling over de verschillende rivieren en kunnen de bevaarbaarheid voor scheepvaart beïnvloeden, zowel positief als negatief. In deze QuickScan worden de effecten voor afvoerverdeling en scheepvaart niet beoordeeld.

---

<sup>2</sup> PAGW-rivieren heeft een grote opgave om ooibos te realiseren in de Gelderse Poort. Daarom is het belangrijk dat deze maatregel wordt meegenomen en de morfologische effecten worden verkend.

<sup>3</sup> N.B. Er zijn een aantal sporen en ontwikkelingen gaande in het gebied Gelderse Poort die verband houden met voorliggende studie.

- In 2022 is onder PAGW-rivieren, de preverkenning Gelderse Poort gestart. De pre-verkenning is gericht om te komen tot een startbesluit voor een MIRT-verkenning. Dit middels een integrale samenwerking tussen PAGW, IRM en provincie Gelderland. De preverkenning leidt onder andere tot de volgende (deel)producten:
  - Landschapsecologische Systemanalyse (LESA);
  - Confrontatie van de LESA met de IRM systeembeschouwing;
  - Mogelijke alternatieven en maatregelen (pakketten).

Voor IRM is pasgeleden door Deltares de effectbepaling van het Nulalternatief-IRM opgesteld.

## 2 Aanpak en werkwijze

Dit hoofdstuk beschrijft de werkwijze voor de QuickScan die bestaat uit literatuuronderzoek voor de mogelijke maatregelen en een GIS-analyse naar verdrogingseffecten.

### 2.1 Werkwijze QuickScan

#### 2.1.1 Literatuuronderzoek & data compilatie

Tabel 2-1 geeft een overzicht van de maatregelen waar we naar kijken in deze studie, met een bijbehorend overzicht van de bronnen die we raadplegen om te komen tot een effectbeoordeling. Hiervoor maken we in eerste instantie gebruik van de bronnen die de Opdrachtgever heeft aangeleverd. Waar nodig en waar mogelijk, hebben wij deze bronnen aangevuld met studies die wij in het verleden hebben uitgevoerd en/of recente wetenschappelijke publicaties. Voor zover mogelijk hebben we tevens per maatregel vast ingevuld wat de randvoorwaarden zijn voor toepassing, zodat hier bij de verdere analyse vast rekening mee gehouden kan worden.



Tabel 2-1: Overzichtstabel met alle maatregelen die beschouwd worden, inclusief een eerste beschouwing van de randvoorwaarden die nodig zijn voor toepassing, en een overzicht van brondocumenten en studies die we gebruiken voor de QuickScan. Bronnen aangeleverd door de opdrachtgever zijn dikgedrukt in onderstaande tabel. Overige bronnen hebben wij zelf verzameld en toegevoegd aan het overzicht. De onderstreepte bronnen zijn aangeleverd door de opdrachtgever.

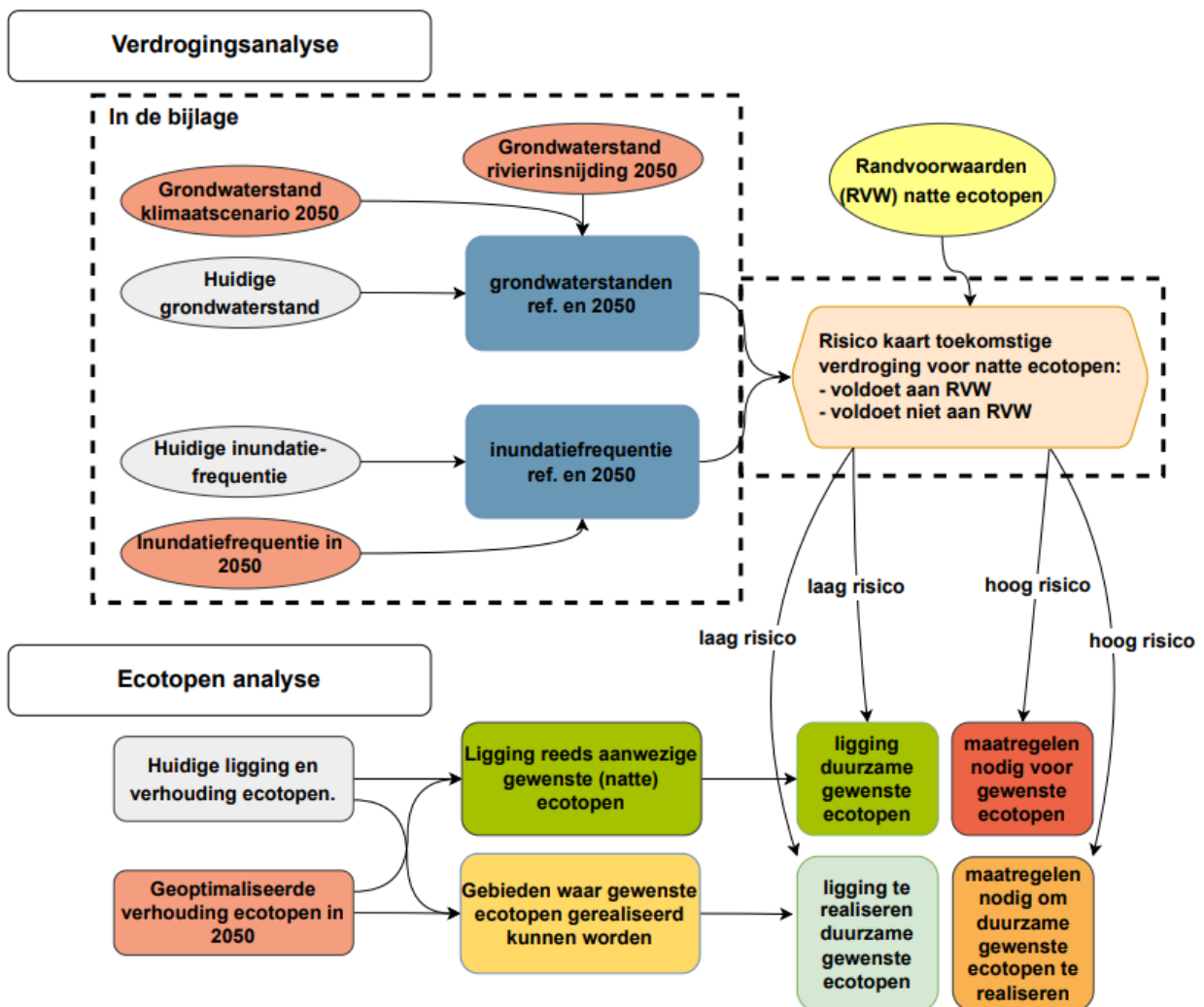
Maatregelen	Randvoorwaarden toepassing	Brondocumenten morfologie	Brondocumenten ecologie
<b>Eroderende oevers langs het zomerbed</b>	<b>Nat. Oevers IJssel:</b> Leg nieuwe eroderende oevers aan op locaties waar de vaarweg voldoende diep is en niet door andere oorzaken sedimentatie ondergaat, zodat zowel directe (eenmalige) als indirecte sedimentatie (structureel) geen potentiële hindernissen vormen. Leg nieuwe eroderende oevers aan op locaties waar voldoende ruimte beschikbaar is, zodat de erosie geen negatief effect heeft op andere elementen in de uiterwaarden.	Duró (2021) Duró en Schippers (2021) <u>Van Breukelen et al (2003)</u>	Duró en Schippers (2021) Verhofstad et al. (2021) <u>Van Breukelen et al (2003)<sup>4</sup></u>
<b>Kribbaanpassing</b>	<b>Busnelli &amp; van den Berg:</b> Om mogelijke aanpassingen aan de kribben uit te voeren moeten deze aanwezig zijn in het desbetreffende deel van de rivier. Kribben kunnen niet weggehaald worden als de waterdiepte voor scheepvaart in de betreffende rivierdelen in gevaar komt.	Busnelli & van den Berg (2017) Struiksma & Stolker (2000) Baur & Mosselman (2002) DHV (2009)	
<b>Zomerkadeaanpassing</b>	Om zomerkades aan te passen moeten deze aanwezig zijn in het desbetreffende deel van de rivier en moet het achterliggende gebied bij lagere afvoeren/waterstanden mogen overstromen.		
<b>Langsdammen</b>	<b>Ruijscher et al. (2020):</b> Langsdammen dienen enkel in de binnenbocht geïmponeerd te zijn.	de Ruijscher et al. (2019, 2020) van Denderen et al. (2020) <u>Mosselman &amp; Buijse (2021)</u> <u>Zuiderwijk &amp; de Jong (2021)</u> <u>Huppes (2021)</u> <u>Mosselman et al. (2021)</u>	Collas et al. (2016) <u>Collas et al. (2018a)</u> <u>Collas et al. (2018b)</u> <u>Collas et al. (2020)</u> Paalvast (1995) <u>Mosselman et al. (2021)</u>
<b>Uiterwaardverlaging</b>	<b>Barneveld et al. (2019):</b> Uiterwaardverlagingen zijn effectief in het beïnvloeden van de morfologie als deze plaatsvinden in gebieden waar het al kan meestromen bij gemiddelde waterafvoeren, aangezien deze gemiddelde afvoeren maatgevend zijn voor de sedimentatie op lange termijn van de rivierbodembodem.	Barneveld et al. (2019)	Van Eupen et al. (2003)
<b>Nevengeulen</b>	<b>Gerritsen &amp; Schop (2010):</b> Nevengeulen zijn het effectiefst in het beïnvloeden van de morfologie wanneer ze aangetakt zijn in de buitenbocht, aangezien dit sedimenttransport richting en sedimentatie in de nevengeul minimaliseert. Een nevengeul die een rivierbocht afsnijdt is ongewenst, dit kan leiden tot een volledige bochtafsnijding. Als dit toch het geval is moeten er maatregelen genomen worden om de effecten te beperken. Er moet voldoende ruimte voor de nevengeul beschikbaar zijn in de uiterwaard en de nevengeul dient zo ver mogelijk weg te blijven bij andere elementen in de uiterwaard.	van Denderen (2019) <u>Gerritsen &amp; Schop (2010)</u> <u>Schulte (2020)</u> <u>Geerling &amp; van Kouwen (2011)</u>	<u>Postma (2011)</u> <u>Dorenbosch et al (2011)</u> <u>Geerling &amp; van Kouwen (2011)</u> Levelt et al. (2022)
<b>Ooibosontwikkeling</b>	<b>Afwegingskader ruimte voor ooibossen/Peters et al.:</b> Om verstoring van natuurlijk ooibosmozaïek te voorkomen is een minimaal areaal van 25ha nodig voor zachthout ooibossen en 10ha voor hardhout ooibossen. Buiten de stroomdraad zijn er geen beperkingen aan het percentage ooibos. Binnen de stroomdraad is er in de huidige Vegetatielegger ruimte voor ontwikkeling van ooibos in de Mengklassen. Hieraan is een maximum percentage van het totale oppervlak van dit gebied verbonden. Hier zullen we in de QuickScan verder op in gaan.	<u>Peters et al. (2021)</u>	Hommel et al. (2014) <u>Afwegingskader ruimte voor ooibossen</u> <u>Peters et al. (2021)</u>

<sup>4</sup> Deze bron gaat over natuurvriendelijke oevers langs watergangen en niet ter hoogte van rivieren en is daarom niet gebruikt voor dit rapport.



## 2.1.2 Analyse verdrogingsgebieden (GIS-analyse)

Door middel van een GIS-analyse zal een eerste kaartbeeld ontstaan dat toont waar in de Gelderse Poort de verdroging moet worden aangepakt. De GIS-analyse is tweeledig en kan worden beschreven als een verdrogingsanalyse en een ecotopen-analyse (zie Figuur 2-1). Beide analyses worden ingericht voor de huidige (referentie) situatie, de situatie in 2050 en de verschillen tussen de huidige situatie en 2050. De focus zal met name liggen op het behouden van natte ecotopen en het vinden van geschikte maatregelen om meer natte ecotopen te kunnen realiseren. Naast de GIS-analyse zal een overzicht worden gegeven van de randvoorwaarden voor de gewenste (natte) ecotopen.



Figuur 2-1: Flowchart van de werkwijze van de GIS-analyse.

### 2.1.2.1 Verdrogingsanalyse

In de verdrogingsanalyse wordt toegewerkt naar een kaartbeeld met het risico op toekomstige verdroging. Natte ecotopen hebben specifieke randvoorwaarden om duurzaam te gedijen. Deze randvoorwaarden zijn gerelateerd aan zowel grondwaterstanden als de overstromingsfrequentie in het gebied. Door deze kaartlagen te beschouwen voor de huidige en de toekomstige situatie zullen de verschillen ruimtelijk inzichtelijk worden. Grondwaterstanden worden bepaald door rivierbodemsnijding en klimaatverandering.

Deze kaartbeelden (zoals in bijvoorbeeld Dorenbosch et al. (2022) en Van Geest et al. (2020)) zijn vooralsnog alleen apart beschouwd. Daarom is het combineren van deze inzichten noodzakelijk.<sup>5</sup>

De grondwaterstand (GVG) gebruikt voor deze Quickscan is gebaseerd op aangeleverde data uit Van Geest et al (2020). Deze data bestaan uit grondwaterstanden onder verschillende scenario's. De referentie situatie is het voorjaar van 2017 en voor zichtjaar 2050 is het scenario MEIDWH50 gebruikt. Dit staat voor klimaatscenario KNMI WHdry voor mei 2050. Er is gekozen voor de maand mei (boven de tevens beschikbare maand oktober) als representatieve periode aangezien mei in de groeiperiode ligt en daarmee bepalender is voor de natuur.

In onze analyse hebben we gekozen voor een bodeminsnijding van 35 cm, op basis van de modelopzet van Dorenbosch et al. (2022) in Bijlage 2 (de aangeleverde bron voor inundatiefrequentie). Deze waarde valt binnen de bandbreedte zoals gebruikt in Van Geest (2020) en tevens binnen de bandbreedte van verwachte bodeminsnijding volgens het programma IRM (zie Tabel 2-2). De kaarten uit Van Geest (2020) gaan uit van een homogene bodeminsnijding in het gehele gebied. In onze analyse is een interpolatie uitgevoerd om een grondwaterstand bij een bodeminsnijding van 35 cm te bepalen.

Ideaal gezien varieert de GVG op basis van de ruimtelijke variatie van de bodeminsnijding. Een dergelijke kaart is echter nog niet beschikbaar, daarom is in deze studie gekozen voor een homogene bodeminsnijding. Het overzicht van de ruimtelijke spreiding van de verwachte bodeminsnijding voor de onderzochte trajecten is te vinden in Tabel 2-2.

Tabel 2-2: Verwachte bodeminsnijding van de riviertrajecten in de Gelderse Poort ten opzichte van de huidige situatie conform nulalternatief IRM.

Riviertraject	Bodeminsnijding (cm)
Boven-Rijn	0
Waalbochten	-50
Pannerdensch Kanaal	-30
Boven-IJssel	-10
Boven-Nederrijn	0

Zoals genoemd is de data met betrekking tot de inundatiefrequentie afkomstig uit Dorenbosch et al. (2022). In het kader van het beoordelen van het effect van klimaatverandering werden de huidige tijd (referentie) en in het klimaatscenario KNMI WHdry (2050) doorgerekend.

Eerst worden de randvoorwaarden per ecotoop inzichtelijk gemaakt. Vervolgens wordt een combinatie van de verwachte grondwaterstand en inundatiefrequentie gebruikt worden om een risicokaart te maken. Op deze risicokaart is zichtbaar waar (natte) ecotopen goed kunnen voorkomen of waar verbetering (en daarmee maatregelen) nodig zijn om deze te behouden of te realiseren. Aangezien er in de Gelderse Poort ook een opgave ligt voor de creatie van droog grasland en hardhoutooibos, zijn deze ecotopen wel meegenomen in de verdrogingsanalyse, maar worden de maatregelen (hoofdstuk 3.2) en maatregelpakketten (hoofdstuk 4) vooral beschouwd met het oog op de natte ecotopen (conform de opdracht).

<sup>5</sup> NB. In de voorliggende studie zijn geen nieuwe modelresultaten geproduceerd. De aannames gemaakt in de brondata (Van Geest et al., 2020, Dorenbosch et al. 2022) werken door in deze Quickscan. Een belangrijke om te noemen is de aanname dat de grondwaterstand overal in de uiterwaard op dezelfde hoogte ligt als het waterniveau op de rivier. In de realiteit zal dit waarschijnlijk niet het geval zijn en variëren, bijvoorbeeld vanwege hoogteverschillen in de uiterwaard. De aanname voor de rivierinsnijding is gelijk voor de volledige Gelderse Poort, namelijk 35 cm in 2050. In werkelijkheid zal dit ruimtelijk variëren. Daarnaast wordt hierbij nog geen rekening gehouden met realisatie van IRM/PAGW-maatregelen die de bodemerosie tegengaan.

### **2.1.2.2 Ecotopenanalyse**

Binnen de ecotopenanalyse wordt een kaartbeeld ontwikkeld waar kansen en knelpunten liggen in het behouden/realiseren van de gewenste ecotopen. De geoptimaliseerde ecotopen verhouding dient hiervoor als bronstuk. Tevens zal inzichtelijk worden waar de gebieden liggen waar maatregelen juist niet gewenst zijn, zodat deze gebieden buiten beschouwing gelaten worden. Het combineren met de risicokaarten voor de natte ecotopen zal resulteren in een overzicht van kansrijke (focus)gebieden in de Gelderse Poort. Deze QuickScan geeft een eerste richting aan de kansrijke gebieden, zodat daarvoor in de vervolgstap maatregelpakketten ingericht kunnen worden.

### **2.1.3 Eerste inschatting effecten**

De volgende maatregelen worden beoordeeld: natuurlijke/eroderende oevers langs het zomerbed, uiterwaardverlaging, langsdammen, kribaanpassing, zomerkadeaanpassing, nevengeulen en ooibosontwikkeling. Hierbij hanteren wij de beoordelingsaspecten in onderstaande tabel. Mogelijke synergie tussen combinaties van maatregelen blijkt uit de beoordeling van de maatregelen en een vergelijking met de gewenste trend op deze beoordelingsaspecten.

Tabel 2-3: Beoordelingsaspecten voor een beknopte kwalitatieve beoordeling van de maatregelen.

Thema	Aspect
Rivierkunde & Morfologie	Effect op de rivierbodem in het nabijgelegen traject (en of de maatregel bijdraagt aan de gewenste trend op dat riviertraject)
	Effect op laagwaterstand en daarmee op grondwaterstand (als maat voor verdroging van de uiterwaarden). Indicatief kan hierbij gekeken worden naar de OLR, 'de overeengekomen laagste rivierstand'.
	Effect op overstromingsfrequentie en mate waarin de uiterwaard meestroomt. Dit is een maat voor de mate waarin zomerbed en winterbed zijn verbonden qua hydrodynamiek en dit geeft een indicatie voor het herstel van de hydrologische gradiënt tussen zomer en winterbed.
	Effect op hoogwaterstand (als maat voor eventuele consequentie voor hoogwaterveiligheid en/of benodigde compensatie)
Doelbereik PAGW	Effect op morfodynamiek. Beoordeling op toename in natuurlijke dynamiek in het systeem (bijv. door uitwisseling van water en sediment tussen het zomerbed en de uiterwaard). N.B. Er is ook een behoefte aan delen met minder dynamiek of geen rivierdynamiek (geïsoleerde watertjes).
	Effect op habitat diversiteit/kwaliteit. Dit wordt beoordeeld op mate waarin type maatregelen plaats kunnen geven aan variatie in habitattypes. <sup>6</sup> Beoordeling op de potentie voor natte ecotopen (zachthout ooibos, natte graslanden, rietmoerassen) met oog voor de verhouding tussen natte en droge rivierecotopen. De potentie voor connectiviteit in het systeem, met als aandachtspunt de verbinding in de langsrichting van de rivier en de verbinding in de dwarsrichting van de rivier door verbinding van zomerbed en winterbed.
Toepasbaarheid	Per riviertraject geven we aan of een maatregel hier toegepast zou kunnen worden of niet (of er bijv. ruimte voor is en of de condities er geschikt zijn).
	Per riviertraject geven we aan of de maatregel bijdraagt aan de gewenste ontwikkeling van de rivierbodem op het nabijgelegen traject.
	Per riviertraject geven we aan of de maatregel bijdraagt aan de ecologische doelen van het betreffende traject.

N.B. Het onderzoek vraagt in dit stadium specifiek nog niet om uitgebreide detailanalyses en arbeidsintensieve nieuwe modelstudies. Om modelanalyses effectief in te kunnen zetten, is het van belang om concrete vragen op te stellen, die beantwoord kunnen worden met een modelonderzoek.

<sup>6</sup> N.B. Dynamiek wordt al beoordeeld onder hydro- en morfodynamiek. Connectiviteit kan op dit niveau nog niet beoordeeld worden.

### 3 Resultaten QuickScan

Dit hoofdstuk geeft de resultaten van de QuickScan weer. Daarnaast worden de deelvragen beantwoord (zie hoofdstuk 1.3), waarbij ook aandacht is besteed aan de synergie tussen de maatregelen en de synergie met het programma Integraal Rivier Management (IRM).

#### 3.1 GIS-analyse

In de GIS-analyse wordt toegewerkt naar focusgebieden voor maatregelen in de Gelderse Poort om verdroging tegen te gaan in 2050 als gevolg van de veranderingen van abiotische factoren (inundatiefrequentie en grondwaterstanden). De doorgelopen stappen om de kaartbeelden te verkrijgen zijn weergegeven in hoofdstuk 2.1.2. Eerst wordt uitgelicht wat de huidige ecotoop verhouding in de Gelderse Poort is en hoe deze afwijkt van het geoptimaliseerde wensbeeld in 2050 (Van der Sluis et al., 2020). In hoofdstuk 3.1.1 worden de ideale omstandigheden van grondwaterstanden en inundatieduur (abiotische randvoorwaarden) van de gewenste ecotopen uitgelicht aan de hand van Rijkswaterstaat (2023). In hoofdstuk 3.1.3 worden de gebieden met natte en gewenste droge ecotopen en gebieden waar deze ecotopen kunnen worden gerealiseerd verder getoetst met de verwachte abiotische condities in 2050. Hieruit volgen focusgebieden waar maatregelen nodig zijn voor het behouden of realiseren van deze ecotopen.

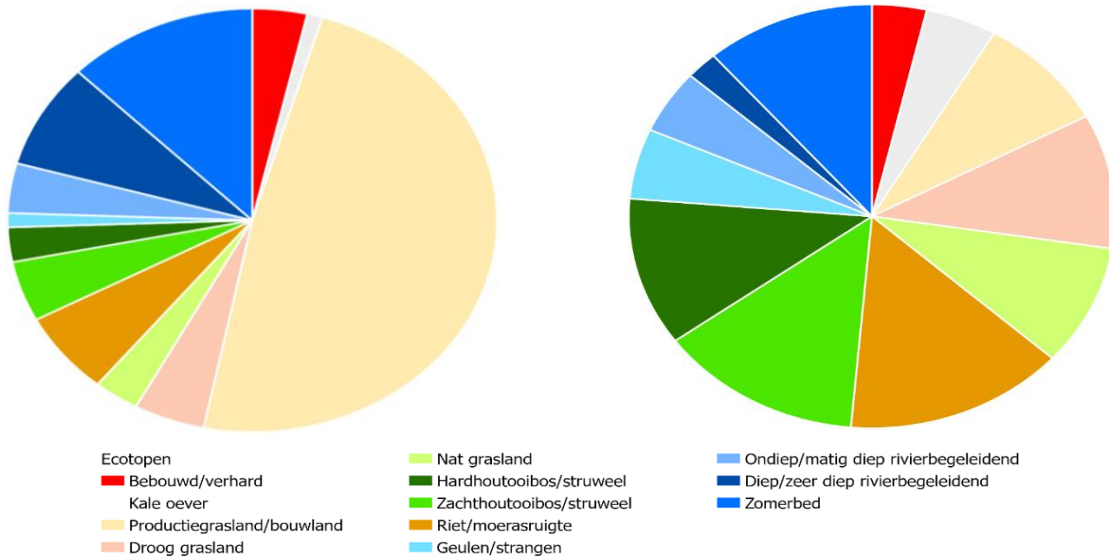
##### 3.1.1 Analyse ecotopen en gewenste verdeling in 2050

De Gelderse Poort bestaat voor een groot gedeelte uit Natura 2000 zones met een groot aantal verschillende ecotopen (Figuur 1-2). Van der Sluis et al. (2020) berekende het oppervlak van de aanwezige ecotopen (Figuur 3-1, links). Dezelfde studie geeft een geoptimaliseerde ecotoopverhouding voor het jaar 2050 (Figuur 3-1, rechts). Deze ecotoopklassen zijn samengesteld uit meerdere ecotopen met overeenkomende landschappelijke eigenschappen die zijn gecategoriseerd in de ecotopencyclus kaart van Rijkswaterstaat (Rijkswaterstaat, 2023)

In het toekomstige wensbeeld is vooral meer ruimte weggelegd voor hard- en zachthoutoobos, riet/moeras en nat grasland. Ervan uitgaande dat deze ecotopen een plek krijgen binnen de bestaande ruimte, zal dit vooral ten koste gaan van een afname in productiegrasland/bouwland. In de toekomst kan ook gezocht worden naar binnendijkse gebieden, om de druk op buitendijkse gebieden te verkleinen. Verder nemen oppervlakten van droog grasland en geulen toe in de geoptimaliseerde ecotoopverhouding, terwijl watervoerende en bebouwde gebieden nagenoeg gelijk blijven.

### Huidige situatie

### Optimale verhouding 2050

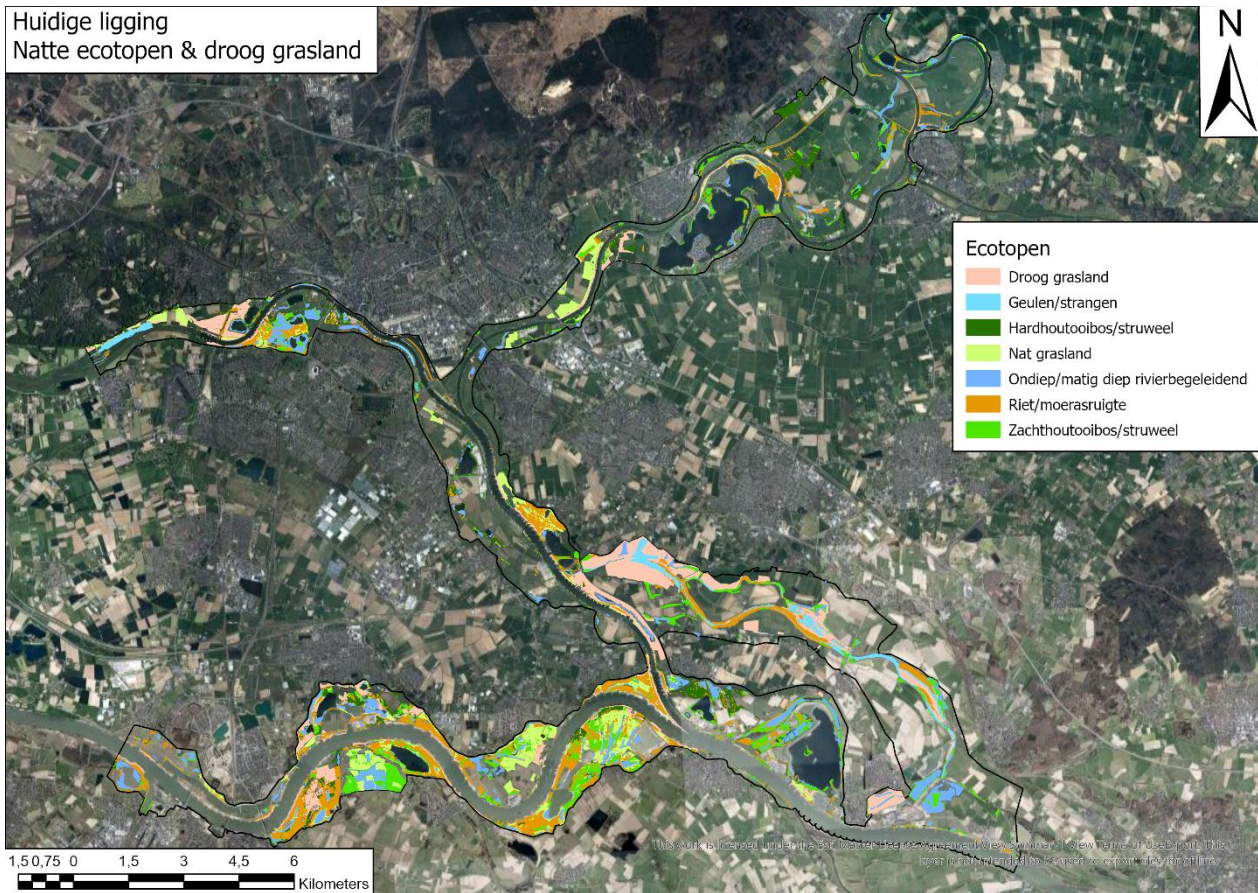


Figuur 3-1: Ecotoopverhouding voor de huidige en 2050 situatie voor de Gelderse Poort (Van der Sluis, 2020).

Voor de ecotopen- en verdrogingsanalyse is met name gekeken naar de natte ecotopen: nat grasland, zachthoutooibos, riet/moerasruigte, geulen/strangen en ondiep/matig diep rivierbegeleidend. Daarnaast is de analyse uitgevoerd voor droog grasland en hardhoutooibos, aangezien er ook een opgave ligt om het totale oppervlak van deze ecotopen uit te breiden. Droge graslanden zijn minder gevoelig voor verdroging, al kan een afname van inundatie mogelijk zorgen voor verzuring omdat gebufferd water niet in de wortelzone komt en sediment niet meer wordt afgezet.

De huidige locaties van deze ecotopen worden getoond op de kaart in Figuur 3-2.

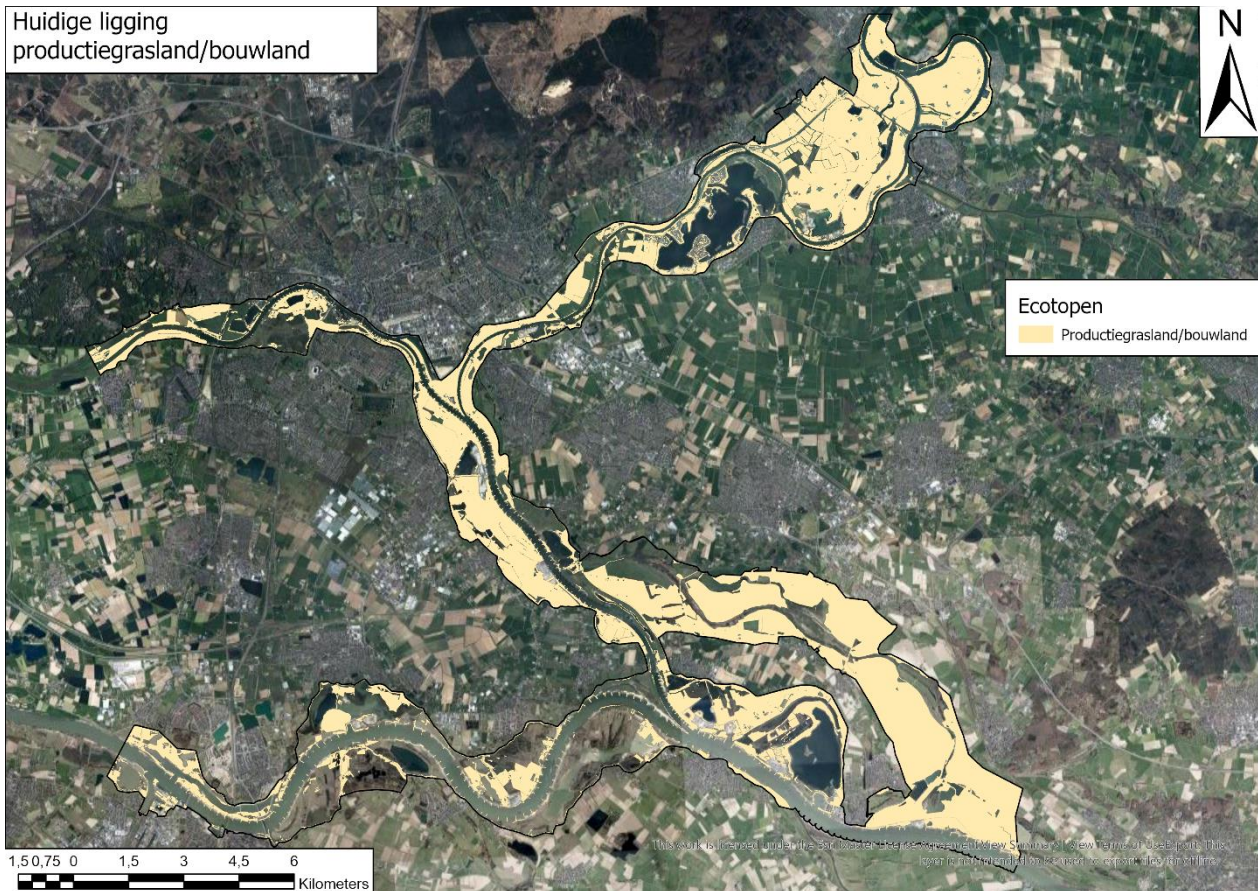




Figuur 3-2: Huidige ligging van de natte ecotopen in de Gelderse Poort (bron: Ecotopencyclus kaart (zoals gebruikt in PAGW., aangeleverd door Opdrachtgever).

Om geschikte locaties te vinden voor (nieuwe) natte ecotopen wordt in eerste instantie gekeken naar ecotopen waar ten opzichte van de huidige situatie een functieverandering mogelijk is. Kortom, hier wordt ten behoeve van deze QuickScan met name gekeken naar de gebieden waar productiegrasland/bouland gelegen is (Figuur 3-3). Wanneer men naar deze kaarten kijkt valt op dat natte ecotopen relatief veel voorkomen in de Waalbochten. Dit is logisch, omdat de Waalbochten al grotendeels als natuur zijn ingericht. De productiegras/boulanden zijn juist wijdverspreid in de trajecten Pannerdensch Kanaal en Boven-IJssel.





Figuur 3-3: Huidige ligging productiegrasland/ bouwland ecotopen in de Gelderse Poort. (bron: Ecotopencyclus kaart (zoals gebruikt in PAGW), aangeleverd door Opdrachtgever).

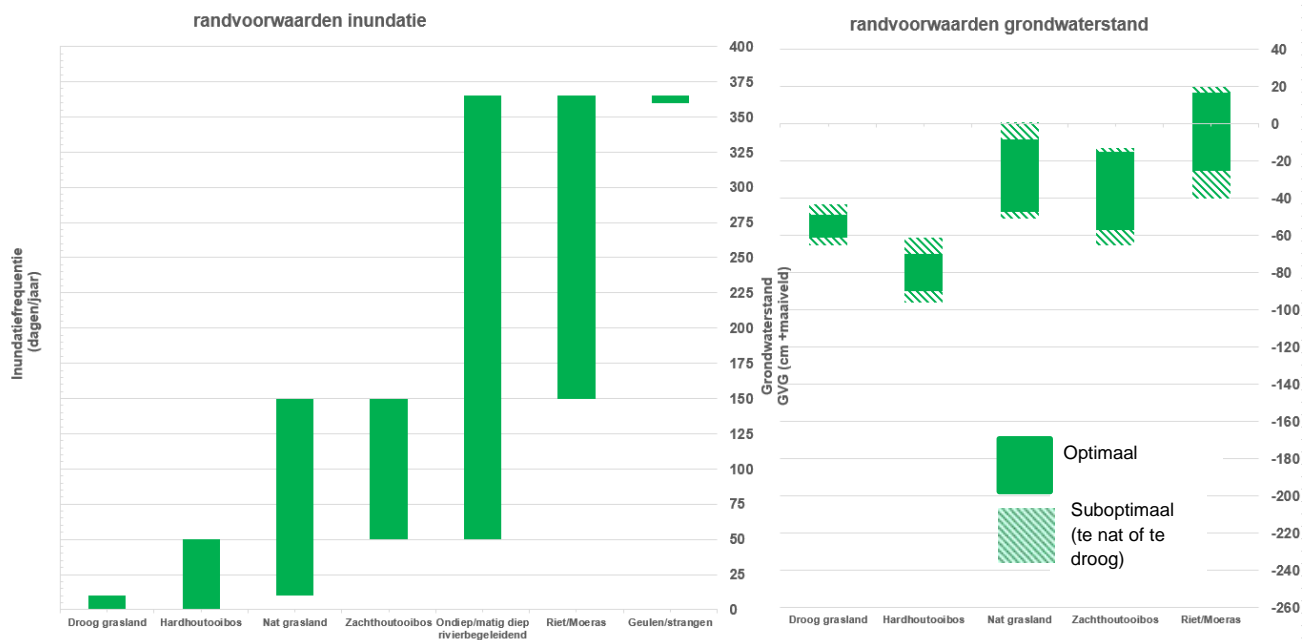
### 3.1.2 Randvoorwaarden

Iedere ecotoop heeft abiotische randvoorwaarden welke het voorkomen van soorten binnen die ecotoop bepalen. In riviergebieden zijn inundatie en grondwaterstanden van de uiterwaarden de belangrijkste hydrologische randvoorwaarden:

- De inundatieduur en -frequentie in uiterwaarden zijn cruciaal voor de toevoer van nieuwe voedselbronnen en daarmee een reset van de voedselketen. Het bereiken van een gezond voedselweb kan worden behaald door een regelmatige, tijdelijke inundatie van uiterwaarden en binnendijkse, met het riviersysteem verbonden, gebieden. Deze zorgt voor een verstoring van het lokale systeem, waardoor organisch materiaal en nutriënten steeds weer beschikbaar komen voor de productie van biomassa (Kurstjens et al., 2020). Daarnaast zorgt een inundatie van een gebied voor een verhoging van de grondwaterstand.
- Voor de grondwaterstanden worden met name de Gemiddelde Voorjaarsgrondwaterstand (GVG) belangrijk geacht. De GVG geeft een maat aan voor de vochtigheidstoestand door het gehele seizoen en is essentieel voor de ontkieming en initiële ontwikkeling van ecotopen. De rekenregels voor GvG in relatie tot de ecotopen in de uiterwaarden zijn gedefinieerd door Rijkswaterstaat (2023).

De (sub)optimale randvoorwaarden zijn weergegeven in Figuur 3-4.





Figuur 3-4: Weergave van de (sub)optimale hydrologische randvoorwaarden voor natte ecotopen volgens Rijkswaterstaat (2023).

Figuur 3-4 laat zien dat voor geulen/strangen en ondiep/matig diep rivierbegeleidend er geen randvoorwaarde is wat betreft grondwaterstand. De exacte grenzen van de optimale randvoorwaarden zijn weergegeven in Tabel 3-1: Optimale GVG en inundatie randvoorwaarden per ecotoop (Rijkswaterstaat, 2023).. Op basis van deze randwaarden wordt in het volgende hoofdstuk het risico op verdroging van de ecotopen in de Gelderse Poort in 2050 beschreven.

Tabel 3-1: Optimale GVG en inundatie randvoorwaarden per ecotoop (Rijkswaterstaat, 2023).<sup>7</sup>

Ecotoop	Range optimale GVG (cm +maaiveld)	Range optimale inundatiefrequentie (dagen/jaar)
Droog grasland	-61 tot -49	0,5 tot 10
Geulen/strangen		365
Hardhoutooibos/struweel	-90 tot -70	0,5 tot 50
Nat grasland	-47 tot -8	10 tot 150
Ondiep/matig diep rivierbegeleidend		50 tot 365
Riet/moeras	-25 tot 17	150 tot 365
Zachthoutooibos/struweel	-57 tot -15	50 tot 150

<sup>7</sup> Disclaimer: Deze hydrologische condities zijn gebaseerd op de beschrijvingen van ecotopenklassen in de PAGW-WENR rapportage (van der Sluis et al., 2020). Vervolgens is in de Veldgids Plantgemeenschappen (Schaminee et al., 2010) gezocht welke associaties horen bij deze klasse en dit is geverifieerd door twee leden van het PAGW-rivieren projectteam. De GVG van deze associaties is gehaald uit de SYnBioSys database van Alterra (Wamelink GVG). De inundatiefrequenties zijn opgezocht in diverse bronnen en geverifieerd door diverse leden van het PAGW-rivieren projectteam. De hydrologische condities bij deze klassen zijn niet direct gerelateerd aan de N2000 beheertypen en geven dus niet de vereisten weer voor de ontwikkeling van N2000 habitattypen. Onder de klasse hardhoutooibos is in deze classificering ook Essen-lepen opgenomen; dit vegetatietype valt eigenlijk tussen de klassen zacht- en hardhoutooibos. Vanwege vereenvoudiging voor analysedoeleinden en overeenkomende classificatie in de WENR-rapportage is die hier onder klasse hardhoutooibos geschaard.

### *Bodemtype*

Naast inundatieduur en grondwaterstand is ook de bodem een bepalende factor voor de realisatie van de verschillende ecotopen. Hardhoutoibos is bijvoorbeeld een bostype dat voorkomt op hoge en zandige gronden, zoals oeverwallen, rivierduinen en overgangen naar de stuwwal die grenzen aan het winterbed, waar enige aanvoer van basenrijk water optreedt en tot in de wortelzone doordringt. Op ongeveer dezelfde hoogte maar met een bodem die meer bestaat uit lichte klei tot lemig zand ontwikkelt zich een droog type zachthoutoibos, het essen-iepenbos. Iets vergelijkbaars is aan de orde tussen de standplaats van stroomdalgrasland, die hetzelfde is als die van hardhoutoibos (zandig), en glanshaverhooilanden die meer op de hogere kleiige gronden voorkomen. De detailinformatie over de bodem is nu niet meegenomen in deze QuickScan, die zich vooral richt op een eerste beeld van verdroging en de synergie tussen maatregelen gericht op de sedimentbalans in de rivier en natuurontwikkeling.

### **3.1.3 Verdrogingsanalyse<sup>8</sup>**

Hieronder wordt het risico van verdroging voor de natte ecotopen, droog grasland en hardhoutoibos in de Gelderse poort in kaart gebracht. Deze kaarten laten zien of de abiotiek geschikt blijft in 2050 voor de bestaande ecotopen of niet (fel groen en rood) en of de abiotiek in het gebied dat nu bestaat uit productiegrasland/bouwland geschikt is of niet in 2050 voor de gewenste ecotopen (licht groen en oranje). Zoals besproken in de werkwijze (zie hoofdstuk 2.1.2) zijn verschillende studies gecombineerd om de inzichten te verkrijgen. De data van de achterliggende studies van zoals in Dorenbosch et al. (2022) (inundatiefrequentie) en Van Geest et al. (2020) (grondwaterstanden) zijn gebaseerd op het Stoom KNMI'14 scenario  $W_h$ . Aan de data Van Geest et al. (2020) zijn rivierbodemsnijding toegevoegd van 35 cm voor het zichtjaar 2050. Deze daling is gekozen wegens de rivierbodemdaling in Dorenbosch et al. (2022)<sup>9</sup> en ligt binnen de bandbreedte van bodemsnijding van de verschillende riviertrajecten in Van Geest et al. (2020) en tevens binnen de bandbreedte van verwachte bodemsnijding volgens het programma IRM. De onderliggende kaarten zijn te vinden in de bijlagen (7.1: inundatie, 7.2: grondwater, 7.3: ecotopen op basis van inundatie en 7.4: ecotopen op basis van grondwater). Daarnaast is in bijlage 7.5 een tabel opgenomen met daarin de oppervlaktes (in m<sup>2</sup>) die geschikt zijn voor de verschillende ecotopen.

---

<sup>8</sup> De resulterende kaartbeelden zijn richtinggevend en dienen kwalitatief worden beoordeeld. Aanvullende modelberekeningen zijn noodzakelijk om een gedetailleerder beeld van de situatie te krijgen.

<sup>9</sup> Verder informatie over de gebruikte data is te vinden in de onderliggende referenties.

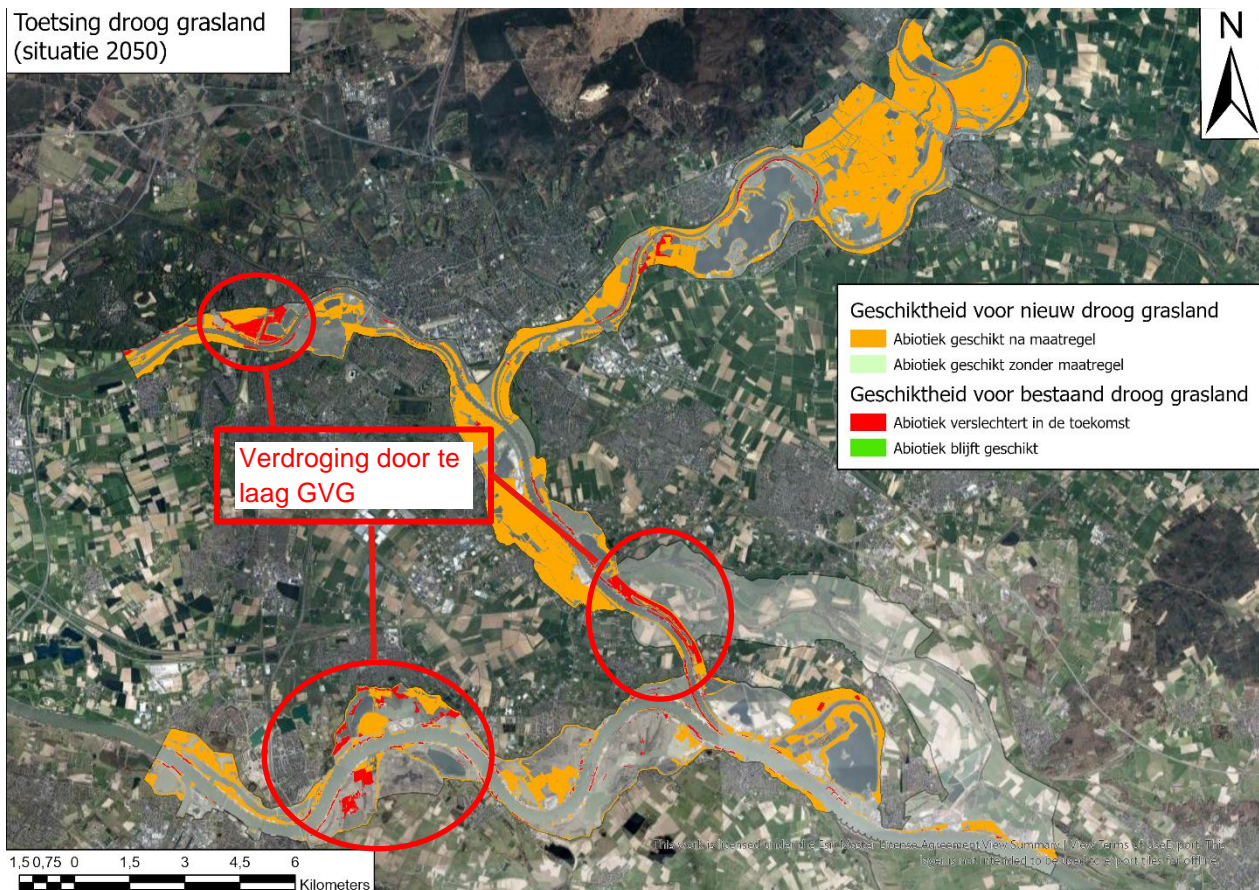
### 3.1.3.1 Toetsing droog grasland

#### *Geschiktheid voor bestaand droog grasland*

Vanuit de toetsing van het droog grasland volgt dat deze ecotopen op te droge locaties liggen (zie Figuur 3-5). Dit wordt veroorzaakt door de lage grondwaterstanden (GVG). Wel dient gezegd te worden dat de GVG-condities voor de gewenste typen droge graslanden (stroomdalgrasland en glanshaverhooiland) een vrij kleine marge hebben waardoor het beeld snel negatief oogt. Daar staat tegenover dat de afname in inundatiefrequentie in 2050 op deze zelfde plaats zorgt voor betere omstandigheden voor droog grasland.

#### *Geschiktheid voor nieuw droog grasland*

De agrarische gebieden, waar nieuw droog grasland gerealiseerd kan worden, dreigen te verdrogen als gevolg van zowel daling van de GVG als afname van de inundatiefrequentie. Voor de realisatie van droog grasland kan dit een positief effect hebben wat betreft de inundatiefrequentie, aangezien in de huidige situatie de omstandigheden vaak te nat zijn voor droog grasland. In 2050 zijn de omstandigheden voor droog grasland nog steeds te nat wat betreft de GVG, maar wordt de optimale inundatiefrequentie wel verder benaderd.



Figuur 3-5: Toetsing op verdroging van de huidige (bestaand) droog grasland en geschikte gebieden om deze te realiseren in 2050 ten koste van huidige productiegrasland/bouwland. Oppervlaktes van deze gebieden zijn te vinden in de bijlage 7.5. Alle overige ecotopen worden transparant grijs weergegeven op de kaart<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> De Rijnstrangen (rechtsonder op de kaart) zijn niet meegenomen in de verdrogingsanalyse, aangezien dit gebied binnendijs ligt.



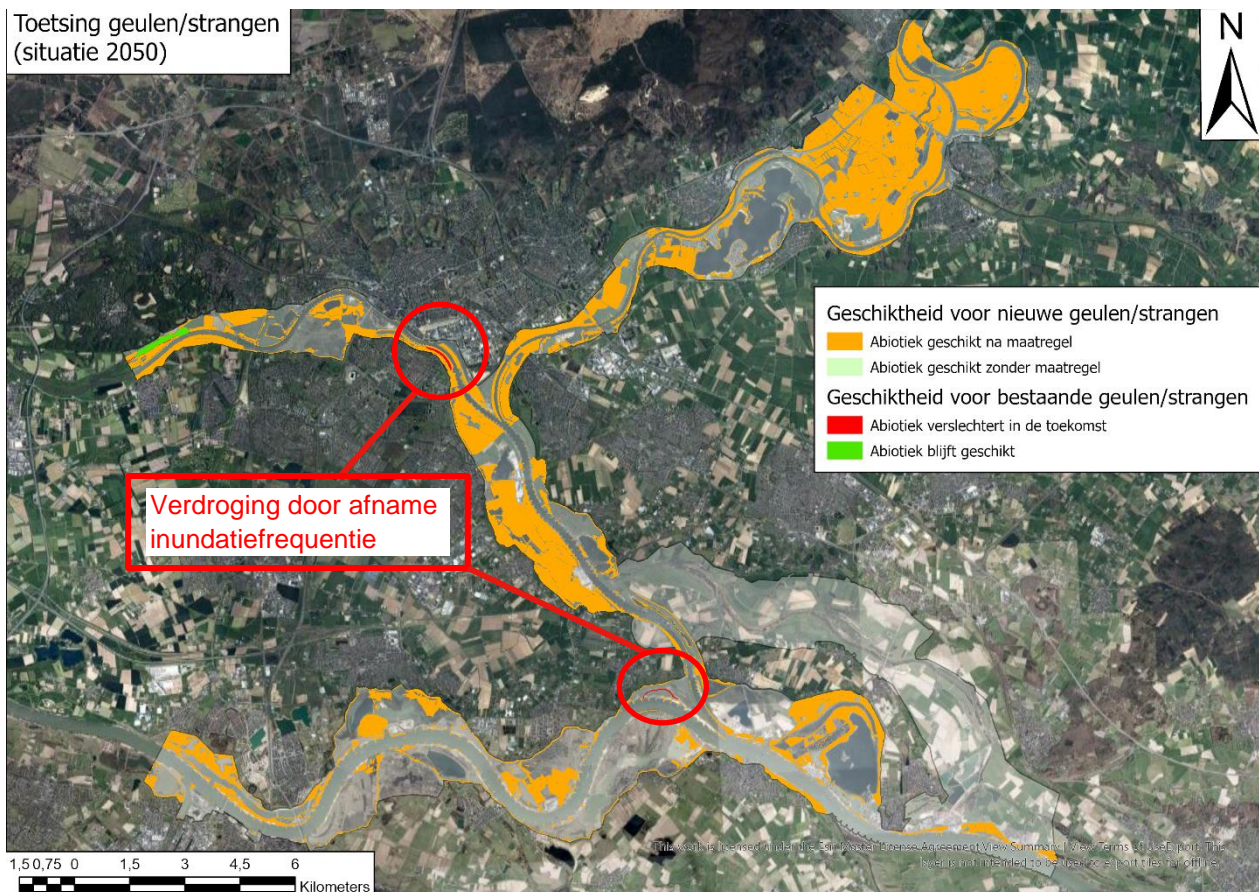
### 3.1.3.2 Toetsing geulen/strangen

#### *Geschiktheid voor bestaande geulen/strangen*

Gezien de randvoorwaarden van geulen/strangen, worden deze in de verdrogingsanalyse enkel beoordeeld op basis van inundatiefrequentie (zie 3,1,2). Op dit moment zijn er twee geulen/strangen die dreigen te verdrogen in 2050: de Klompenwaard bij de Pannerdensch Kop en de uiterwaarden van Arnhem-Zuid (zie Figuur 3-6). Een derde geul is zichtbaar in de Boven-Nederrijn die geschikt blijft voor deze ecotoop. Dit is echter een kanaal bestemd voor scheepvaart, die leidt naar Stuwcomplex Driel. Meerdere bestaande geulen/stangen worden hier niet beoordeeld (bijvoorbeeld: Millingerwaard, Stadswaard, Lentse Waard). De ontbrekende geulen/stangen zijn onder andere ecotopen geclassificeerd en worden daar beoordeeld.

#### *Geschiktheid voor nieuwe geulen/strangen*

De agrarische gebieden, waar nieuwe geulen/strangen gerealiseerd kunnen worden, dreigen te verdrogen als gevolg van de afname van de inundatiefrequentie. Om nieuwe geulen/strangen te realiseren zullen ingrepen nodig zijn.



Figuur 3-6: Toetsing op verdroging van de huidige (bestaande) geulen/strangen en geschikte gebieden om deze te realiseren in 2050 ten koste van huidig productiegrasland/bouwland. Oppervlaktes van deze gebieden zijn te vinden in de bijlage 7.5. Alle overige ecotopen worden transparant grijs weergegeven op de kaart.



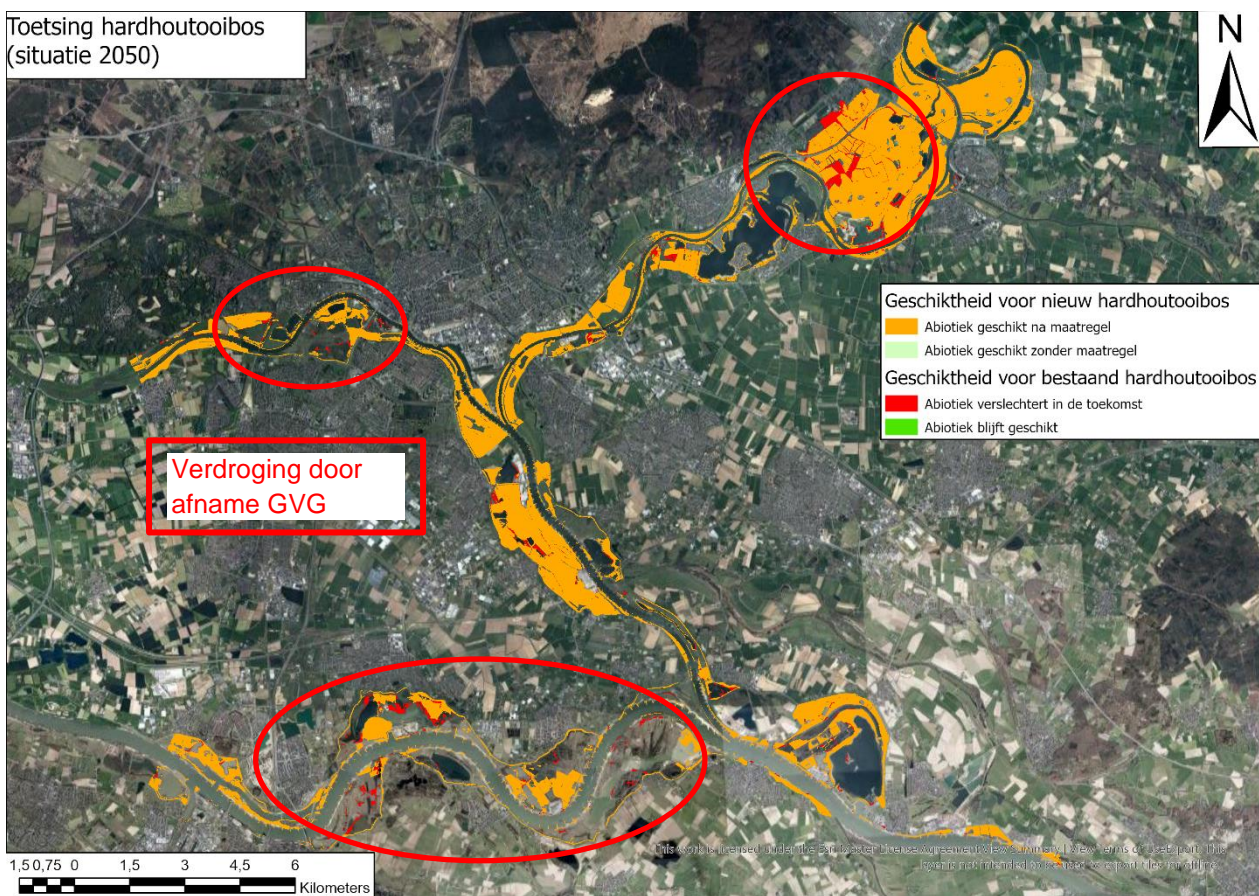
### 3.1.3.3 Toetsing hardhoutoibos

#### *Geschiktheid voor bestaand hardhoutoibos*

Het huidige areaal hardhoutoibos laat een verslechterde abiotiek zien in 2050 (zie Figuur 3-7). Deze verslechtering komt door een te lage GVG; de inundatiefrequentie blijft voldoende in 2050 voor hardhoutoibos. De optimale gestelde condities voor GVG hardhoutoibos hebben een kleine marge op basis van de gewenste typen plantgemeenschappen waardoor het snel negatief oogt.

#### *Geschiktheid voor nieuw hardhoutoibos*

De agrarische gebieden, waar nieuw hardhoutoibos gerealiseerd kan worden, dreigen te verdrogen als gevolg van de afnemende grondwaterstand. Om nieuw hardhoutoibos te realiseren zullen ingrepen nodig zijn.



Figuur 3-7: Toetsing op verdroging van de huidige (bestaand) hardhoutoibossen en geschikte gebieden om deze te realiseren in 2050 ten koste van huidig productiegrasland/bouwland. Oppervlaktes van deze gebieden zijn te vinden in de bijlage 7.5. Alle overige ecotopen worden transparant grijs weergegeven op de kaart.



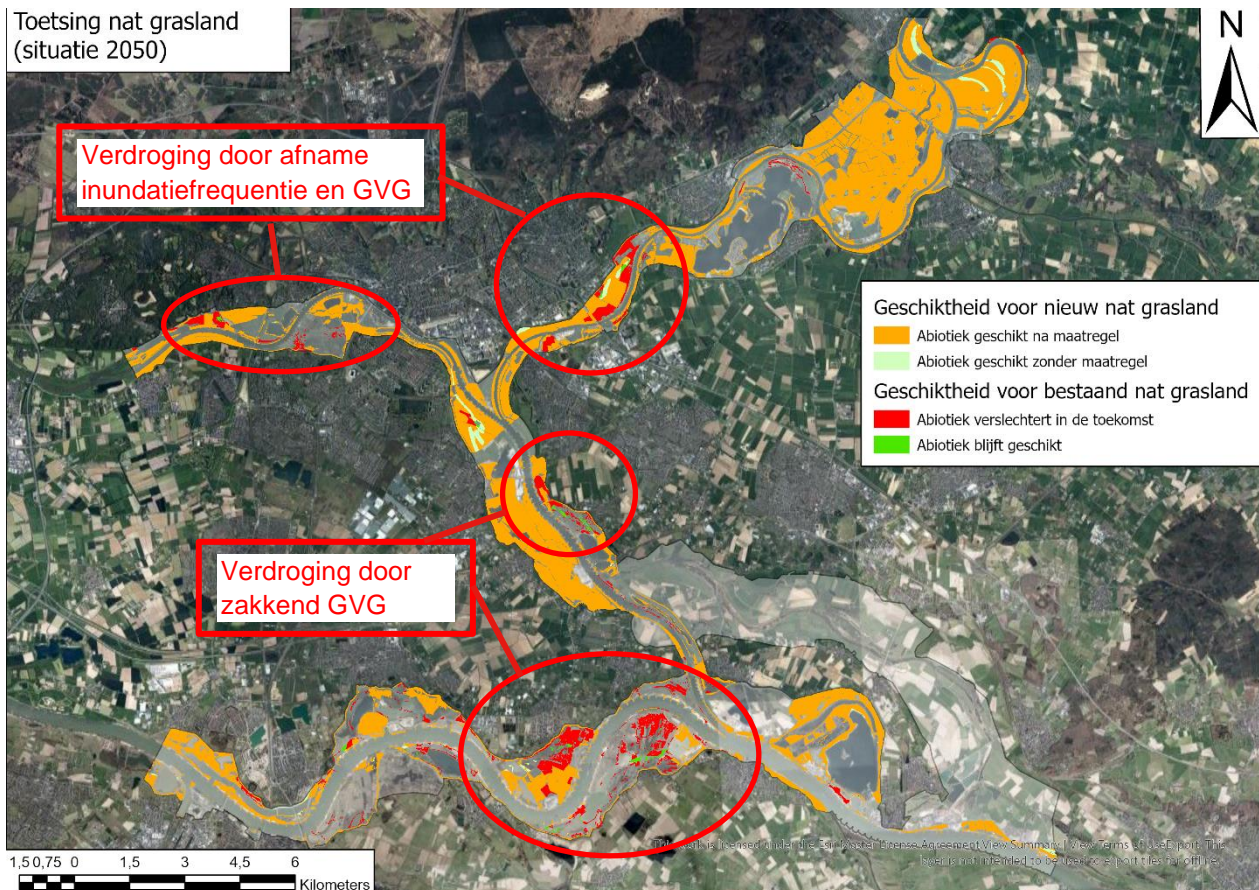
### 3.1.3.4 Toetsing nat grasland

#### *Geschiktheid voor bestaand nat grasland*

Vanuit de toetsing van het nat grasland volgt dat deze ecotopen een groot risico hebben om te verdrogen (zie Figuur 3-8). Er is een tweedeling te zien in de oorzaak van de verdroging. De ecotopen in de Waalbochten en Pannerdensch Kanaal worden met name beïnvloed door verlaging van de grondwaterstanden (GVG), veroorzaakt door onder andere rivierinsnijding, terwijl in de Boven-IJssel en Boven-Nederrijn zowel een afname van inundatiefrequentie als een verlaging van de GVG de oorzaak is. Dit is bepaald door de verwachte condities in 2050 te vergelijken met de randvoorwaarden voor het voorkomen van ecotopen (zie hoofdstuk 3.1.2).

#### *Geschiktheid voor nieuw nat grasland*

Op basis van abiotische condities zijn er kansen om nat grasland te realiseren in de Rijntakken nabij de IJsselkop, bij Velp en de Fraterwaard in de Boven-IJssel en zeer lokaal in de Waalbochten. Buiten deze gebieden zal de abiotiek zonder maatregelen nog niet geschikt zijn voor de realisatie van nat grasland.



Figuur 3-8: Toetsing op verdroging van de huidig (bestaande) nat grasland in 2050 en geschikte gebieden om deze te realiseren in 2050 ten koste van huidig productiegrasland/bouwland. In grijs alle overige ecotopen. De rood omcirkelde gebieden geven gebieden aan met hoge concentraties van nat grasland. Oppervlaktes van deze gebieden zijn te vinden in de bijlage 7.5. Alle overige ecotopen worden transparant grijs weergegeven op de kaart.



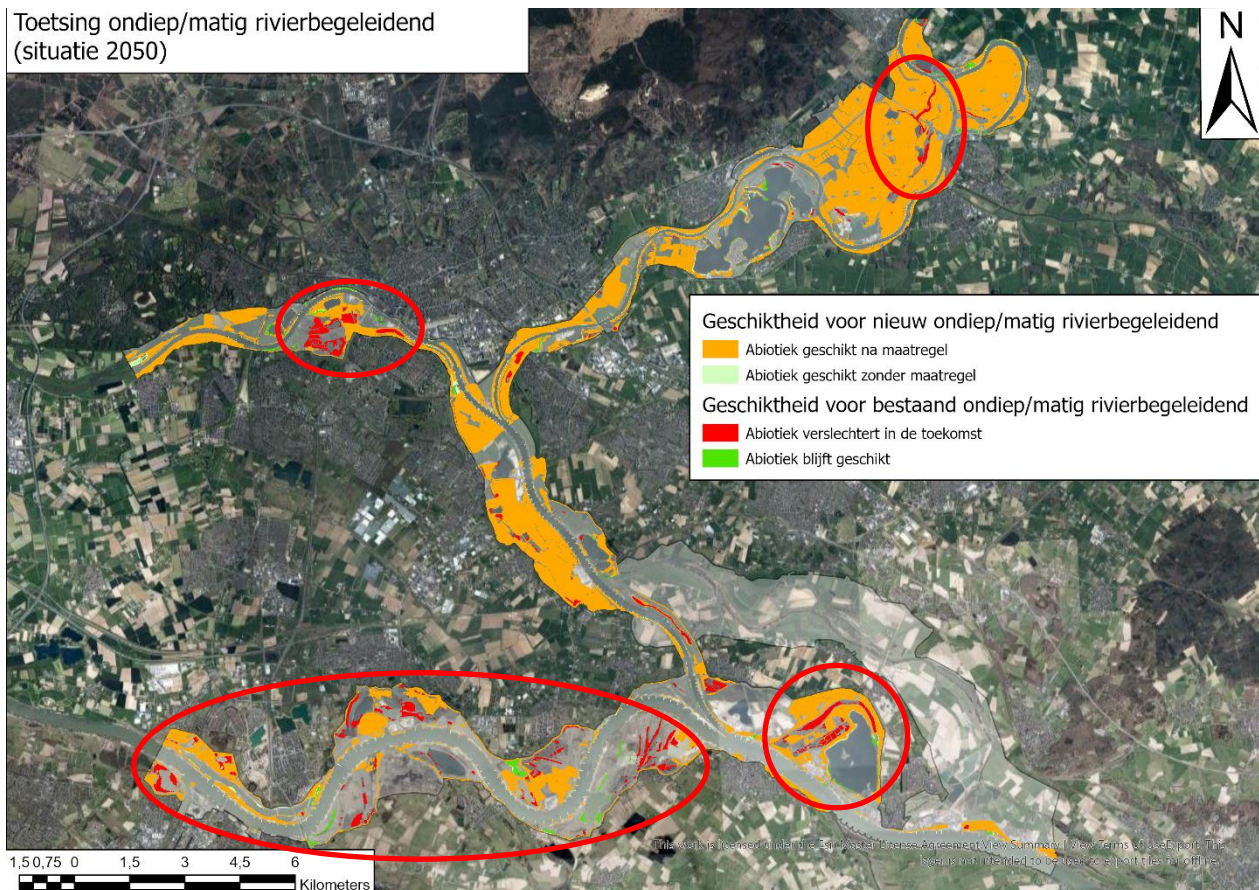
### 3.1.3.5 Toetsing ondiep/matig diep rivierbegeleidend

#### *Geschiktheid voor bestaand ondiep/matig diep rivierbegeleidend*

Vanuit de toetsing van het ondiep/matig diep rivierbegeleidend volgt dat deze ecotopen een groot risico hebben om te verdrogen (zie Figuur 3-9). Deze ecotoop heeft geen eis wat betreft grondwaterstanden, de verdroging is dan ook volledig te wijten aan een afnemende inundatiefrequentie. Om deze ecotoop te behouden zijn op deze plaatsen ingrepen nodig (zie rode vlekken in Figuur 3-9). Er zijn ook locaties waar de abiotiek voor ondiep/matig diep rivierbegeleidend geschikt blijft zonder ingreep. Dit zijn specifieke locaties in de Waalbochten, in de Boven-Nederrijn, vooral nabij de vaargeul, en benedenstrooms in de Boven-IJssel.

#### *Geschiktheid voor nieuw ondiep/matig diep rivierbegeleidend*

Op basis van abiotische condities zijn er kansen om ondiep/matig diep rivierbegeleidend te realiseren in de Waalbochten nabij Nijmegen, in de Rijnstrangen nabij de IJsselkop en bij Stuwcomplex Driel in de Boven-Nederrijn. Buiten deze gebieden zal de abiotiek zonder maatregelen niet geschikt zijn voor de realisatie van ondiep/matig diep rivierbegeleidend.



Figuur 3-9: Toetsing op verdroging van de huidige (bestaande) ondiep/matig diep rivierbegeleidend grasland in 2050 en geschikte gebieden om deze te realiseren in 2050 ten koste van huidige productiegrasland/bouwland. In grijs alle overige ecotopen. De rood omcirkelde gebieden geven gebieden aan met hoge concentraties van ondiep/matig diep rivierbegeleidend. Oppervlaktes van deze gebieden zijn te vinden in de bijlage 7.5. Alle overige ecotopen worden transparant grijs weergegeven op de kaart.



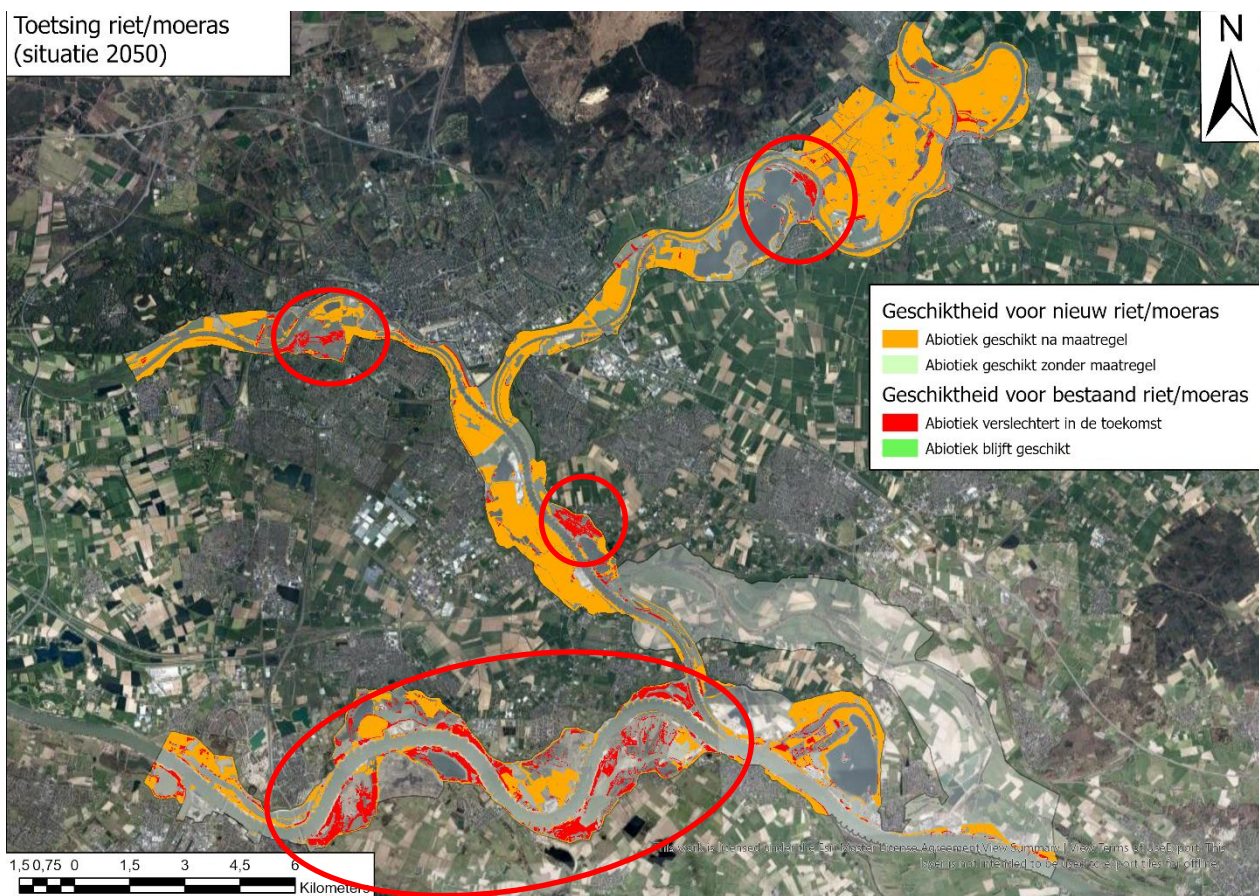
### 3.1.3.6 Toetsing riet/moerasruigte

#### *Geschiktheid voor bestaand riet/moeras*

De riet/ moeras ecotopen zijn gerelateerd aan de meest natte condities. Logischerwijs, volgt uit Figuur 3-10 dat de huidige ecotopen dreigen te verdrogen als gevolg van een verlaging van de GVG en afname van de inundatiefrequentie.

#### *Geschiktheid voor nieuw riet/moeras*

De agrarische gebieden, waar nieuw riet/moeras gerealiseerd kan worden, dreigen te verdrogen als gevolg van zowel daling van de GVG als afname van de inundatiefrequentie. De abiotiek zal zonder maatregelen niet geschikt zijn voor de realisatie van riet/moeras.



Figuur 3-10: Toetsing op verdroging van de huidige (bestaand) riet/ moeras en geschikte gebieden om deze te realiseren in 2050 ten koste van huidig productiegrasland/bouwland. In grijs alle overige ecotopen. De rood omcirkelde gebieden geven gebieden aan met hoge concentraties van riet/ moeras. Oppervlaktes van deze gebieden zijn te vinden in de bijlage 7.5. In deze gebieden zijn maatregelen nodig om deze ecotopen te behouden. Alle overige ecotopen worden transparant grijs weergegeven op de kaart.



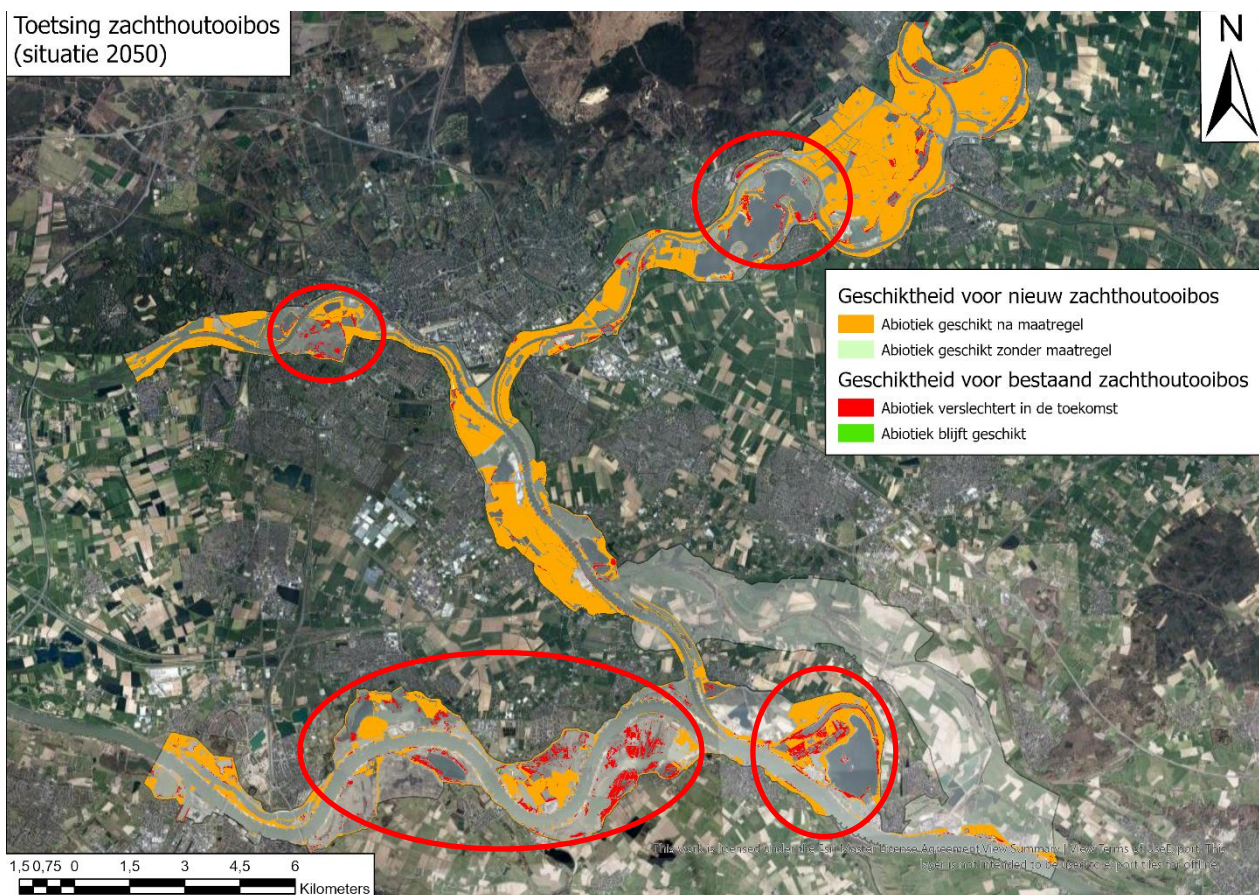
### 3.1.3.7 Toetsing zachthoutooibos

#### *Geschiktheid voor bestaand zachthoutooibos*

Zachthoutooibos doet het, net als riet/moeras erg goed bij natte condities. De verdroging over de komende jaren zorgt er dan ook logischerwijs voor dat de abiotiek voor zachthoutooibos niet meer voldoet in 2050 (zie Figuur 3-11). Dat de huidige ecotopen dreigen te verdrogen komt door zowel een verlaging van de GVG als een afname van de inundatiefrequentie.

#### *Geschiktheid voor nieuw zachthoutooibos*

De agrarische gebieden, waar nieuw zachthoutooibos gerealiseerd kan worden, dreigen te verdrogen als gevolg van zowel daling van de GVG als afname van de inundatiefrequentie. De abiotiek zal zonder maatregelen niet geschikt zijn voor de realisatie van zachthoutooibos.



Figuur 3-11: Toetsing op verdroging van de huidige (bestaand) zachthoutooibos en geschikte gebieden om deze te realiseren in 2050 ten koste van huidige productiegrasland/bouwland. In grijs alle overige ecotopen. De rood omcirkelde gebieden geven gebieden aan met hoge concentraties van zachthoutooibos. Oppervlaktes van deze gebieden zijn te vinden in de bijlage 7.5. In deze gebieden zijn maatregelen nodig om deze ecotopen te behouden. Alle overige ecotopen worden transparant grijs weergegeven op de kaart.

### 3.1.4 Samenvattende punten en focusgebieden

De GIS-analyse schetst een duidelijk beeld van de recente en toekomstige ontwikkelingen van de ecotopen in de Gelderse Poort. Samenvattend komen we tot de volgende conclusies voor wat betreft mogelijke focusgebieden ten behoeve van natte ecotopen:

- Een uitbreiding van het areaal natte ecotopen in buitendijks gebied zal (logischerwijs) met name ten koste gaan van productiegrasland/bouwland. In de toekomst kan ook gezocht worden naar binnendijkse gebieden, om de druk op buitendijkse gebieden te verkleinen.
- Hardhoutooibos en droge graslanden (zoals stroomdalgraslanden) zijn relatief resistent tegen de gevolgen van verdroging, omdat de optimale inundatiefrequentie relatief laag is ten opzichte van de natte ecotopen. De duurzame instandhouding van hardhoutooibos staat extra onder druk vanwege de kleine restanten die van dit bosstype in het rivierengebied nog over zijn. Om geschikte uitbreidingslocaties voor hardhoutooibos te creëren moet bewust ruimte gezocht worden, aansluitend op bestaande boskernen, waar bos zich mag ontwikkelen. Geschikte uitbreidingslocaties voor hardhoutooibos zijn daarnaast ook potentiële ontwikkellocaties voor stroomdalgrasland. Omdat graslanden geen opstuwende werking hebben tijdens hoogwater, wordt eerder ingezet op graslandontwikkeling waardoor de ontwikkeling van ooibos altijd achtergebleven is. Om de condities in de toekomst geschikt te maken zijn andere inrichtingsmaatregelen nodig die de standplaats geschikt maken zoals afgraven van voedselrijke toplaag en aanplant van bomen.
- Zowel de ecotopen nat grasland, zachthoutooibos, riet/moeras en ondiep/matig diep rivierbegeleidend lopen een verdrogingsrisico. Er zijn maatregelen nodig om deze ecotopen te behouden. Om nieuwe ecotopen hiervan toe te voegen zullen tevens maatregelen nodig zijn om het gebied geschikt te maken.

De ruimtelijke verdeling van de gebieden waar in de toekomstige verdroging wordt verwacht, resulteert in vier mogelijke focusgebieden voor vernattingsmaatregelen. Dit kunnen voorbeeldgebieden zijn om kansrijke combinaties van maatregelen voor behoud en ontwikkeling van (natte) natuur en de morfologische effecten hiervan verder te onderzoeken. Het betreft de volgende zones in de Gelderse Poort:

1. Boven-Nederrijn, met als doel het tegengaan van verdroging van huidige natte ecotopen;
2. Pannerdensch Kanaal, met als doel om nieuwe natte ecotopen te realiseren;
3. Boven-IJssel, met als doel om nieuwe natte ecotopen te realiseren;
4. Waalbochten, met als doel het tegengaan van verdroging van huidige natte ecotopen.

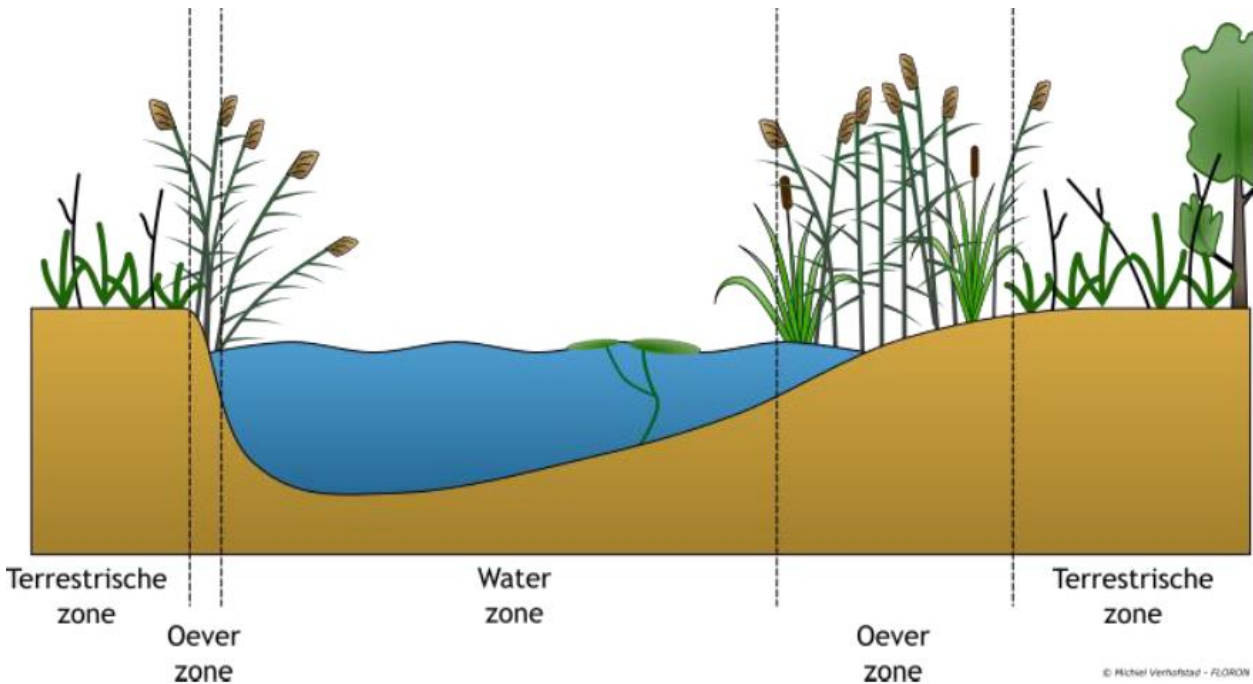
## 3.2 Beoordeling mogelijke maatregelen

In de beoordeling van de mogelijk maatregelen zijn verscheidene maatregelen getoetst aan de beoordelingsaspecten horend bij de thema's rivierkunde & morfologie, doelbereik PAGW en toepasbaarheid (zie hoofdstuk 2.1.3). Dit resulteert in een overzicht waarin aangegeven is of de beoordeelde aspecten toenemen, afnemen of niet beïnvloed worden door een maatregel. Daarnaast is per riviertraject de toepasbaarheid van een maatregel beoordeeld aan de hand van de gestelde randvoorwaarden (zie hoofdstuk 2.1.1). Deze informatie is weergegeven voor elke maatregel in de beoordelingstabellen in hoofdstuk 3.2.1 t/m 0. Vervolgens is per riviertraject aangegeven wat de gewenste ontwikkeling is van de rivierbodem en voor de natuur en of de maatregelen hieraan bijdragen (hoofdstuk 0).

In dit hoofdstuk spreken we over het effect van de maatregelen relatief ten opzichte van de huidige situatie. Als een maatregel bijvoorbeeld een sedimentarend effect heeft, kan dit nog steeds betekenen dat er netto erosie optreedt omdat het riviertraject in de autonome ontwikkeling eroderend is. De omvang van maatregelen en de optelsom van alle maatregelen bepaalt het uiteindelijke netto-effect op rivierkunde, morfologie en natuur. Er is bij de beoordeling vanuit gegaan dat alle andere omstandigheden gelijk blijven. We kijken dus naar het geïsoleerde effect van een maatregel. Bij elke maatregel is het aangegeven als er specifieke uitgangspunten zijn waarmee vergeleken wordt.

### 3.2.1 Eroderende oevers langs het zomerbed

Eroderende oevers worden gecreëerd door het weghalen van harde (beschermende) elementen langs en in het zomerbed, zoals bijvoorbeeld stortsteen. Hierdoor kan de oeverlijn zich vrij verplaatsen onder invloed van stroming en golven. Deze eroderende oevers kunnen ecologisch meerwaarde creëren en tegelijkertijd kan het sediment dat vrijkomt bij deze erosie bodemdaling in het zomerbed (tijdelijk) tegengaan. Figuur 3-12 laat een schematische weergave zien van een eroderende oever.



Figuur 3-12: Schematische weergave van een flauwe oever met bijbehorende bredere oeverzone (rechts) en een steile uniforme oever met smalle oeverzone (links, als referentie of eroderende oever in de buitenbocht van de rivier) (Verhofstad et al., 2021).

Voor deze maatregel is als uitgangspunt genomen dat harde elementen op de oevers tussen de kribben volledig worden verwijderd en dat de oevers vrij kunnen eroderen.

Het realiseren van eroderende oevers heeft de volgende effecten:

Beoordelingsaspect	Effect	Trend
Bodemligging	<p>Eroderende oevers zorgen voor zowel directe als indirecte sedimentatie in het zomerbed (Duró et al., 2021).</p> <p><b>Directe sedimentatie</b> treedt op door erosie van de oever, zowel geleidelijk als afgeslagen in brokken. Als er niets verandert aan de stromingscondities in de rivier, zal dit sediment stroomafwaarts getransporteerd worden en kan dit (op termijn) bijdragen aan het herstel van de bodem richting het oude niveau (in het geval van een tekort aan sedimentaanvoer in de huidige situatie). Op korte termijn kan erosie van oevers ook tot ondieptes in de vooroever of vaarweg leiden, vooral op locaties waar reeds ondiepe delen zijn. Deze lokale ondieptes kunnen een knelpunt creëren voor de scheepvaart.</p>	↑



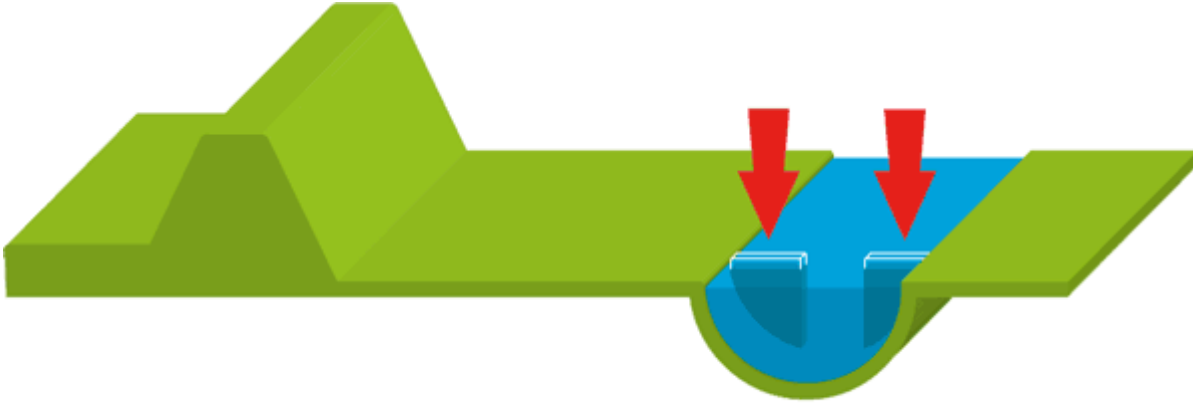
	<p><b>Indirecte sedimentatie</b> ontstaat doordat de erosie van de oevers zorgt voor een toename van het doorstroomprofiel van de rivier, waardoor de stroomsnelheden afnemen. Bij voldoende sedimentaanbod zal de rivier hierop reageren en zal (indirecte) sedimentatie plaatsvinden, waardoor de bodemhoogte toeneemt. Hierdoor ontstaat een breder en ondieper zomerbed.</p>	
Laagwaterstand	<p>Eroderende oevers zorgen voor een stijging van de laagwaterstand. Erosie van de oevers zal op korte termijn zorgen voor een toename van dwarsdoorsnede en daarmee een afname van de (laag)waterstand. Bij voldoende sedimentaanbod zal de rivier hierop reageren en zal sedimentatie plaatsvinden, waardoor de bodemhoogte toeneemt en een nieuw evenwicht wordt bereikt. In dit nieuwe evenwicht zal het doorstroomoppervlak ongeveer hetzelfde zijn en de laagwaterstand iets hoger zijn. Dit komt omdat de laagste delen van de rivier zullen aanzanden ten koste van de hoger gelegen oevers, waardoor bij lage waterstanden de waterstand iets hoger komt te liggen.</p>	↑
Overstromingsfrequentie	<p>Eroderende oevers hebben geen effect op de overstromingsfrequentie, aangezien de hoogte van de uiterwaarden niet wijzigt door deze maatregel. Enkel in het geval van een duidelijk aanwezige verhoogde oever die erodeert kan de inundatiefrequentie wel toenemen.</p>	-
Hoogwaterstand	<p>Eroderende oevers hebben nauwelijks tot geen effect op de hoogwaterstand. Enkel het zomerbed ondervindt veranderingen door deze maatregel waarbij het profiel wijzigt, maar het natte doorstroomoppervlak ongeveer gelijk blijft.</p>	-
Morfodynamiek	<p>Eroderende oevers zorgen voor een toename in de morfodynamiek, omdat de uitwisseling van sediment tussen de oever en het zomerbed mogelijk wordt gemaakt. Dit effect treedt direct op, waardoor er zowel initieel morfodynamiek zal ontstaan, die ook in de toekomst zal doorzetten (bijvoorbeeld als de condities in de rivier veranderen door structurele ingrepen of door dynamiek van seizoenen en hoog- en laagwaters, kan dit leiden tot hernieuwde dynamiek in de oeverzone).</p>	↑
Habitatdiversiteit/ -kwaliteit	<p>Eroderend oevers horen bij een natuurlijke rivierdynamiek waarin alle ontwikkelstadia van kale oever tot bos en van steilrand tot aanzanding voorkomen. Dit vergroot de habitatdiversiteit. Steilranden zijn bijvoorbeeld broedlocaties voor de oeverwaluw en ijsvogel en aanzandingsplekken zijn dit voor de kleine plevier en rivierrombout. De toenemende morfodynamiek is daarnaast gunstig voor de kwaliteit van</p>	↑

	ecotopen die afhankelijk zijn van zandafzettingen, zoals stroomdalgraslanden. Door een toename in dynamiek zal er lokaal namelijk meer materiaal worden afgezet.	
Toepasbaarheid	<p>Eroderende oevers kunnen toegepast worden op locaties waar voldoende ruimte beschikbaar is voor oevererosie. De erosie mag geen negatief effect hebben op andere elementen of rivierfuncties in de uiterwaarden en het zomerbed of bijvoorbeeld een waterkering.</p> <p>Een aandachtspunt is de aanwezigheid van bijvoorbeeld N2000 gebieden. Erosie van oevers kan bepaalde vegetatie wegslaan wat soms botst met een instandhoudingsplicht. Over het algemeen zullen eroderende oevers echter een gunstig effect hebben voor N2000 en daarom wordt het in deze QuickScan niet als harde randvoorwaarde gezien.</p> <p><b>Boven-Rijn:</b> Zowel de noordelijke als zuidelijke oever van de Boven-Rijn bieden weinig ruimte voor eroderende oevers, doordat de dijk en bebouwing langs grote delen van de rivier dicht op het zomerbed liggen.</p> <p><b>Waalbochten:</b> De oevers van de Waal bestaan over algemeen uit zandige kribvakken. Het ontstenen van oevers is hier niet aan de orde.</p> <p><b>Pannerdensch Kanaal:</b> Voldoende ruimte voor eroderende oevers, met uitzondering van het gebied direct na de Pannerdensch Kop. Bovendien wordt hier nu ook een krib- en oeververlaging toegepast. Hier ligt de leikade vlak op het zomerbed en dit is daarnaast een belangrijk punt voor sturing van de afvoerverdeling. Oevererosie is hier ongewenst.</p> <p><b>Boven-IJssel:</b> Er is hier ruimte voor eroderende oevers benedenstrooms van Arnhem. Echter vanwege eigendomssituaties, ligging kades en scheepvaartkelpunten vraagt dit wel om maatwerk. Bij Arnhem ligt de dijk vlak op het zomerbed en dit is daarnaast een belangrijk punt voor sturing van de afvoerverdeling. Oevererosie op het splitsingspunt is ongewenst.</p> <p><b>Boven-Nederrijn:</b> Voldoende ruimte in de binnenbochten benedenstrooms van Arnhem. In de buitenbochten en bij Arnhem ligt de dijk vlak op het zomerbed.</p>	<p>(Gedeeltelijk) Toepasbaar: Pannerdensch Kanaal Boven-IJssel Boven-Nederrijn</p> <p>Niet toepasbaar: Boven-Rijn Waalbochten</p>

### 3.2.2 Kribaanpassing

Door deze maatregel worden de kribben in een riviertraject verlaagd. Hierdoor zullen de kribben een groter deel van het jaar volledig onderwater staan. Kribben blokkeren bij hoogwater deels de doorstroom van water en zorgen daarmee voor opstuwning. De kribben zorgen dat de afvoer van de rivier geconcentreerd blijft in het midden van de rivier, hetgeen zorgt voor voldoende diepte in de vaarweg. Door het verlagen van de kribben kan het opstuwende effect verminderd worden en wordt de stroomgeleiding bij midden afvoeren wat lager, wat bodemerosie kan verminderen. Afhankelijk van de mate waarin de kribben verlaagd worden

zullen de onderstaande effecten in meer of mindere mate voorkomen. Figuur 3-13 laat een schematische weergave zien van een kribverlaging.



Figuur 3-13: Schematische weergave van een kribverlaging (*Maatregelen rivierengebied | Rijkswaterstaat*).

Voor deze maatregel wordt ervan uitgegaan dat de kribben bij laag water (ca. OLA) nog niet overstromen, aangezien dit zal zorgen voor onnodig lage waterstanden in deze situatie met verdroging en knelpunten voor de scheepvaart tot gevolg. Het effect van kribaanpassing op de laagwaterstand wordt verder toegelicht in de onderstaande beoordelingstabel.

Kribaanpassingen hebben de volgende effecten:

Beoordelingsaspect	Effect	Trend
Bodemligging	<p><b>Ter hoogte van de maatregel:</b> Verlaging van de kribben zorgt voor sedimentatie ter hoogte van de maatregel doordat de kribben bij een lagere afvoer dan voorheen overstromen. Het doorstroomprofiel van het zomerbed neemt hierdoor toe, immers de zone met kribben kan dan (gedeeltelijk) meestromen. Hierdoor neemt de periode waarover de stroming geconcentreerd blijft in de vaarweg af. Hierdoor nemen stroomsnelheden tijdens de midden afvoeren af en zal er meer sedimentatie plaatsvinden in de vaarweg (Busnelli et al., 2017).</p> <p><b>Benedenstrooms van de maatregel:</b> Tegelijkertijd zal er benedenstrooms van het traject waar kribben worden verlaagd tijdelijk erosie plaatsvinden, doordat de overgang van verlaagde naar niet verlaagde kribben zorgt voor een lokale toename in stroomsnelheid door (her)concentratie van de afvoer in het midden van de rivier.</p>	T.h.v. ingreep: ↑ Benedenstrooms: ↓
Laagwaterstand	Tijdens de kribverlagingstudies is uitgegaan van een laagste kribkopniveau van OLR+1,2m. Een onderscheid kan gemaakt worden tussen kribverlaging tot onder deze waterwaterstand en	-

	<p>kribverlaging tot boven de laagwaterstand. (Busnelli et al., 2017).</p> <p><b>Waterstand boven kribkopniveau</b> In het geval dat de verlaagde kribben bij een lage afvoer onder water staan zal de laagwaterstand afnemen, aangezien de rivier over een grotere breedte meestroomt en het opstuwende effect onder die condities kleiner is. Deze verlaging van de laagwaterstand kan leiden tot ondieptes voor de scheepvaart en leiden tot verdroging.</p> <p><b>Waterstand onder kribkopniveau</b> In het geval dat de verlaagde kribben bij een lage afvoer niet volledig onder water staan zal de laagwaterstand niet veranderen, aangezien het stroomoplegging/ opstuwende effect van de kribben nog steeds zal optreden bij deze lage afvoeren.</p> <p>Aangezien verdroging een onwenselijk effect is, wordt voor de beoordeling van deze maatregel uitgegaan van kribverlaging tot boven de laagwaterstand.</p>	
Overstromingsfrequentie	Verlaging van de kribben zal een geringe afname in overstromingsfrequentie tot gevolg hebben. Door afname van de hoogwaterstand zullen de uiterwaarden (afhankelijk van de hoogte van de afvoer) iets minder snel onder water staan, impact is in orde van 1-2 dagen per jaar minder afhankelijk van grootte van traject van kribverlaging en ligging van zomerkades langs de uiterwaarden.	-/↓
Hoogwaterstand	Verlaging van de kribben heeft een verlaging van de hoogwaterstand tot gevolg. Bij een hogere afvoer kan een groter deel van het rivierprofiel meestromen, waardoor de afvoercapaciteit van het zomerbed toeneemt en de waterstanden afnemen (Busnelli & van den Berg, 2017).	↓
Morfodynamiek	Verlaging van de kribben zal een toename in morfodynamiek tot gevolg hebben. De kribben zullen vaker en langer overstromen waardoor erosie in de kribvakken, aan de oevers en bij de kribwortels wordt verwacht (Busnelli & van den Berg, 2017).	↑
Habitatdiversiteit/ -kwaliteit	Verlaging van de kribben versterkt de natuurlijke rivierdynamiek, omdat het onnatuurlijke barrières in het riviersysteem zijn. De kribverlaging leidt tot toenemende erosie van de kribvakken en oevers wat de habitatdiversiteit vergroot (zie ook eroderende oevers). Daartegenover staat dat bomen dicht op de	↑

	oeveren door deze erosie kunnen worden aangetast, door erosie worden ze ontworteld.	
Toepasbaarheid	<p>Om mogelijke aanpassingen aan de kribben uit te voeren moeten deze aanwezig zijn in het desbetreffende deel van de rivier en nog niet verlaagd zijn tijdens het programma Ruimte voor de Rivier. Kribben kunnen niet verlaagd worden als de waterdiepte voor scheepvaart in de betreffende rivierdelen in gevaar komt. Dit laatste is in de huidige QuickScan nog niet beschouwd.</p> <p><b>Boven-Rijn:</b> Kribben zijn over het volledige traject aanwezig en nog niet verlaagd.  <b>Waalbochten:</b> Kribben zijn over het volledige traject aanwezig en nog niet verlaagd.  <b>Pannerdensch Kanaal:</b> Kribben zijn over het volledige traject aanwezig. Op dit moment worden de kribben op het bovenstroomse deel van het traject verlaagd.  <b>Boven-IJssel:</b> Kribben zijn aanwezig bij Velp en Giesbeek en nog niet verlaagd.  <b>Boven-Nederrijn:</b> Kribben zijn aanwezig bij Meinerswijken de Praets en nog niet verlaagd.</p>	(Gedeeltelijk) toepasbaar: Boven-Rijn, Waalbochten, Pannerdensch Kanaal, Boven-IJssel en Boven-Nederrijn

### 3.2.3 Zomerkadeaanpassing

In deze maatregel worden de zomerkades in een riviertraject verlaagd. De zomerkades scheiden het winterbed van het zomerbed en zorgen ervoor dat de uiterwaarden pas bij hogere waterstanden overstromen (zie Figuur 3-14). Door het verlagen van de zomerkades zullen de uiterwaarden bij een lagere waterafvoer inunderen en mee gaan stromen (zie Figuur 3-15). In de praktijk wordt echter in meerdere uiterwaarden het water al binnengelaten voordat de zomerkade overstroomt door middel van sluisen. In deze beoordeling is er van uit gegaan dat waar dit het geval is, sluisbeheer verandert en het water bij een lagere afvoer al de uiterwaard wordt binnengelaten. Daarnaast is bij de beoordeling van deze maatregel ervan uitgegaan dat de zomerkade bij lage waterafvoer (ca. OLA) nog niet zal overstromen.





Figuur 3-14: Het effect van zomerkades, de witte pijlen geven een indicatie van stroombanen (Barneveld et al., 2019).



Figuur 3-15: Verlagen (of verwijderen) van zomerkades, de witte pijlen geven een indicatie van stroombanen (Barneveld et al., 2019).

Zomerkadeaanpassingen hebben de volgende effecten:

Beoordelingsaspect	Effect	Trend
Bodemligging	Zomerkadeverlaging kan sedimentatie in de hoofdgeul als gevolg hebben, afhankelijk van het niveau tot waar deze wordt verlaagd. Zodra de zomerkade overloopt en de uiterwaard gaat mee stromen, neemt de stroomsnelheid in de hoofdgeul af, met sedimentatie in de hoofdgeul als gevolg. De sedimentatie is afhankelijk van de verandering in inundatiefrequentie van de uiterwaard. Is dit effect slechts enkele dagen per jaar extra, dan is effect op bodemligging zomerbed gering.	↑

Laagwaterstand	Zomerkadeverlaging heeft geen effect op de laagwaterstand, aangezien de huidige zomerkades in de Gelderse Poort vaak pas gaan overstromen bij afvoeren hoger dan 6.000 m <sup>3</sup> /s bij Lobith. Bij laagwater zal het waterniveau meestal onder de teen van de zomerkade staan, waardoor een mogelijke verlaging van deze zomerkade geen effect heeft.	-
Overstromingsfrequentie	Zomerkadeverlaging heeft een toename in overstromingsfrequentie tot gevolg. De zomerkades zullen bij een lagere afvoer dan voorheen overstromen, waardoor de uiterwaard voor een groter deel van de tijd overstroomt. Deze toename is sterk afhankelijk van de hoogte van de zomerkade en in hoeverre deze wordt verlaagd. Aangezien zomerkades nu vaak erg hoog liggen zal er pas een significante toename van overstromingsfrequentie zijn wanneer deze ver wordt afgegraven .	↑
Hoogwaterstand	<p>Verlaging van de zomerkades heeft een verlaging van de hoogwaterstand tot gevolg. De zomerkades zullen bij een lagere afvoer dan voorheen overstromen, waardoor de uiterwaard voor een groter deel van de tijd overstroomt. Het effect is sterk afhankelijk van de ligging en hoogte van de zomerkade.</p> <p>Bij een hogere afvoer zullen de uiterwaarden een groter deel van de tijd mee stromen, waardoor de afvoercapaciteit van het winterbed toeneemt en de waterstanden afnemen (Busnelli &amp; van den Berg, 2017).</p>	↓
Morfodynamiek	De verwachting is dat door de verlaagde zomerkades meer uitwisseling van sediment tussen de uiterwaarden en het zomerbed zal plaatsvinden (Busnelli & van den Berg, 2017). Verlaging van de zomerkades zal dus een geringe toename in morfodynamiek tot gevolg hebben.	↑
Habitatdiversiteit/ -kwaliteit	<p>Verlaging van de zomerkades leidt tot versterking van de natuurlijke rivierdynamiek. Dit verbetert de verbinding tussen de rivier en de uiterwaarden door een toenemende inundatie, de ontwikkeling van overstromingsvlaktes (paaigebied voor vis) en sedimentatie in de uiterwaarden (gunstig voor bijvoorbeeld stroomdalgraslanden).</p> <p>Aandachtspunt is echter dat dit ook negatieve gevolgen kan hebben voor laagdynamische riviernatuur die soms in de uiterwaarden tot ontwikkeling is gekomen, zoals tichelputten en rietlanden, onder andere het leefgebied voor</p>	↑/↓

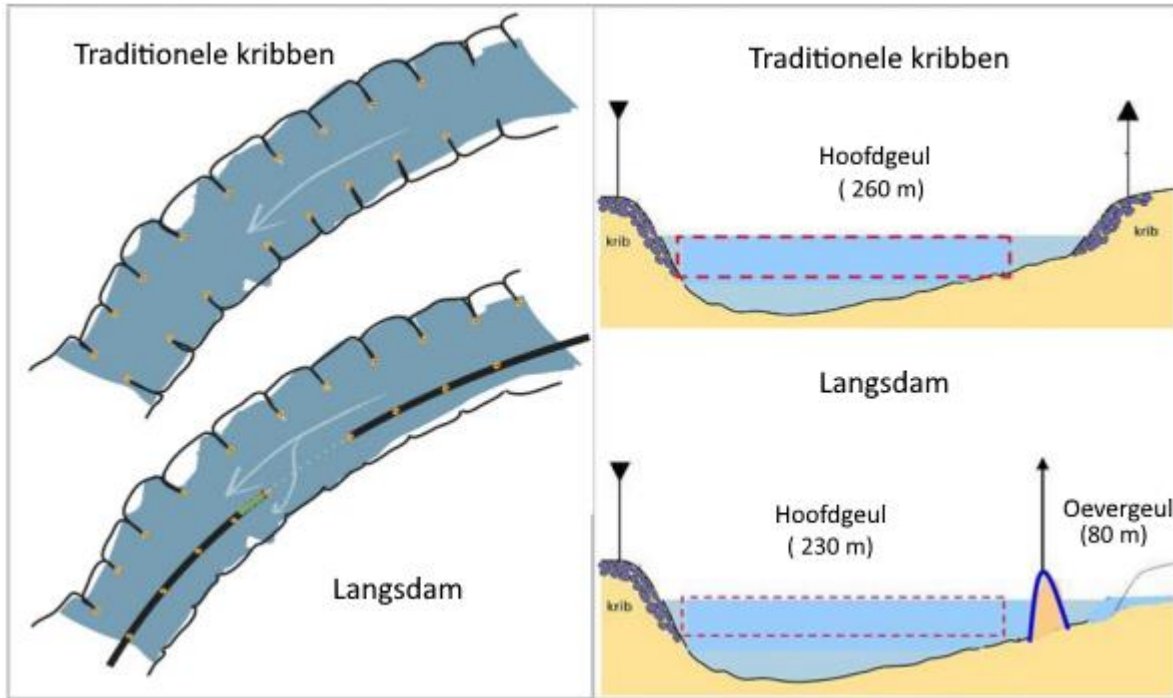
	<p>amfibieën en moerasvogels. Anderzijds biedt het kansen voor ontwikkeling van bijvoorbeeld overstromingsgraslanden, belangrijk voor paaiende vissen.</p> <p>De uitwerking van het effect is daarmee afhankelijk van de aanwezige natuurwaarden ter hoogte van de ingreep.</p>	
Toepasbaarheid	<p>Zomerkades kunnen alleen verlaagd worden als deze aanwezig zijn in de desbetreffende riviertrajecten.</p> <p><b>Boven-Rijn:</b> doordat de dijk en bebouwing langs grote delen van de rivier dicht op het zomerbed liggen zijn er weinig duidelijke zomerkades aanwezig</p> <p><b>Waalbochten:</b> Langs bijna de volledige loop van dit traject zijn zomerkades aanwezig</p> <p><b>Pannerdensch Kanaal:</b> Langs de volledige westkant zijn zomerkades aanwezig</p> <p><b>Boven-IJssel:</b> benedenstrooms van Arnhem zijn er zomerkades aanwezig</p> <p><b>Boven-Nederrijn:</b> Langs grote delen van dit traject zijn zomerkades aanwezig</p>	<p>(Gedeeltelijk) toepasbaar: Waalbochten, Pannerdensch kanaal, Boven-IJssel en Boven-Nederrijn</p> <p>Niet toepasbaar: Boven-Rijn</p>

### 3.2.4 Langsdammen

Een langsdam is een harde structuur in de rivier die de hoofdgeul scheidt in twee parallelle geulen: een hoofdgeul en een oevergeul die altijd in de binnenbocht is gepositioneerd (de Ruijsscher et al., 2020). Een deel van de afvoer stroomt permanent door de oevergeul, waardoor deze geul beschouwd kan worden als een permanent stromende nevengeul. Een langsdam staat onderwater tijdens periodes van hoogwater en kan naast de verbindingen tussen oevergeul en hoofdgeul boven- en benedenstrooms ook verbonden zijn door middel van tussenopeningen (onderwaterdammen van breuksteen op één of meerdere plekken over de lengte van de langsdam). Deze tussenopeningen kunnen in meer of mindere mate worden aangebracht en in verschillende dimensies worden uitgevoerd, afhankelijk van de wensen voor rivierafvoer en integraal rivierbeheer.

Een langsdam wordt altijd uitgevoerd als vervanging van kribben in de binnenbocht van een rivier (zie Figuur 3-16). Het effect van langsdammen wordt daarom beoordeeld in relatie tot een situatie met kribben. Bij deze maatregel wordt ervan uitgegaan dat de langsdammen geplaatst zijn in een binnenbocht en dat de kribben in deze binnenbocht zijn verwijderd. Er wordt vanuit gegaan dat de oevers achter de langsdammen vrij kunnen eroderen. Verder wordt ervan uitgegaan dat langsdammen bij laagwater niet overstromen.

Ondertussen is er door de WNF een andere versie van de langsdam, de 'langsdam 2.0', voorgesteld (Windens et al., 2022). In plaats van de aanleg van een langsdam en oevergeul wordt hierbij een equivalente verlegging van de binnenbochttoever rivierwaarts aangelegd tot aan de langsdam. Achter deze langsdam wordt vervolgens parallel een equivalent werkende nevengeul aangelegd. Deze variatie op de langsdam kan mogelijke negatieve effecten van langsdammen, hieronder verder beschreven, verminderen en een grotere natuurwaarde creëren. In deze beoordeling is deze optie echter niet beoordeeld omdat er nog geen praktijkervaring is.



Figuur 3-16: Langsdam vergeleken met traditionele kribben (aangepast van Collas et al., 2018)

De plaatsing van langsdammen in combinatie met het verwijderen van kribben heeft de volgende effecten op de beoordelingsaspecten:

Beoordelingsaspect	Effect	Trend
Bodemligging	<p>Toepassing van langsdammen zorgt voor sedimentatie in de hoofdgeul en erosie in de oevergeul (Chavarrias, 2021).</p> <p>Doordat de oevergeul wordt geplaatst in de binnenbocht van de rivier ontvangt deze relatief veel water t.o.v. de hoeveelheid sediment die door de oevergeul stroomt. Dit komt doordat een deel van het water via de oevergeul wordt gevoerd, terwijl de sedimentstroom (bedload transport) geconcentreerd blijft in de hoofdgeul. Doordat de transportcapaciteit van de hoofdgeul afneemt door de verlaagde waterafvoer, terwijl het sedimentaanbod gelijk blijft, zal de rivierbodem hier sedimenteren of minder eroderen.</p> <p>In de oevergeul vindt het omgekeerde effect plaats: de oevergeul heeft een relatief hoge stroomsnelheid ten opzichte van de splitsing bovenstrooms. Hierdoor neemt de transportcapaciteit toe, met erosie tot gevolg, waardoor naar verwachting verdieping en verbreding van de oevergeul optreedt.</p>	↑
Laagwaterstand	<p>Toepassing van langsdammen zorgt voor een toename van de laagwaterstand. Tijdens periodes van lage waterstand wordt namelijk de effectieve breedte van de rivier beperkt, doordat water dan vrijwel alleen door de hoofdgeul stroomt en de langsdam dicht op het zomerbed ligt dan de koppen van de oorspronkelijk aanwezige kribben. In zekere zin wordt het profiel dus geknepen, dit zorgt voor een waterstandsverhoging (de Ruijscher, 2020).</p>	↑
Overstromingsfrequentie	<p>Toepassing van langsdammen zorgt voor een beperkte afname in de overstromingsfrequentie. Bij toenemende waterstanden gaat de oevergeul in toenemende mate meestromen. De gestroomlijnde vorm van de dam zorgt voor een grotere afvoercapaciteit ten opzichte van een situatie met kribben en dus een waterstandsval, waarmee de overstromingsfrequentie afneemt (de Ruijscher, 2020).</p>	-/↓
Hoogwaterstand	<p>Toepassing van langsdammen zorgt voor een beperkte afname van de hoogwaterstand. Bij hoge waterstanden gaat de oevergeul in toenemende mate meestromen. De ligging van de dam parallel aan de stroomrichting zorgt voor een grotere afvoercapaciteit dan de situatie waarin kribben aanwezig zijn en dus een waterstandsval (de Ruijscher, 2020).</p>	↓

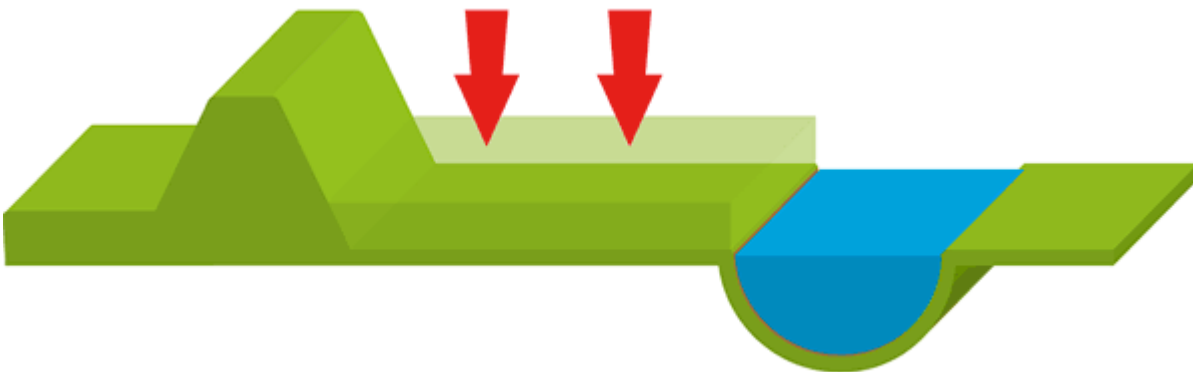


<p>Morfodynamiek</p>	<p>Toepassing van langsdammen zorgt voor een toenemende morfodynamiek. Deze toenemende morfodynamiek heeft echter een negatieve balans in de oevertgeul: er wordt meer sediment afgevoerd vanuit de oevertgeul dan dat er neerslaat. Door dit sedimenttekort in de oevertgeul zullen de oevers eroderen en zich landwaarts terugtrekken. Het sediment dat hierbij vrijkomt, wordt vooral afgevoerd naar benedenstreams. Slechts een klein deel slaat in de oevertgeul neer.</p> <p>Het is de verwachting dat op een gegeven moment een nieuw evenwicht wordt bereikt waarbij geen nieuwe erosie meer optreedt. Uit de pilot in de Waal bij Tiel (Mosselman et al., 2021), waar 11 km langsdam is aangelegd als alternatief voor kribben, is echter gebleken dat over een periode van 4 jaar er enkel erosie is opgetreden (de oever is op sommige locaties 15m landwaarts verplaatst). Tegelijkertijd is de bodem met 50cm verlaagd. Als tijdens hoogwater de uiterwaarden overstromen wordt een deel van het sediment afgezet in de oevertzone van de uiterwaard in plakken van 1 tot 10cm dik.</p>	<p>↑</p>
<p>Habitatdiversiteit/ -kwaliteit</p>	<p>Toepassing van langsdammen zorgt voor meer luwe zones in de rivier (storingsvrij stromend water) waar de invloed van schepen beperkt is. Door de dynamiek van de scheepvaart zijn luwe delen in de hoofdstroom van de rivier zeldzaam. Meer luwe delen is gunstig voor met name larven en juveniele vissen, zoals de rivierprik. De voedselbeschikbaarheid (macrofauna) is hier groter. Verder zal de natuurlijke dynamiek van de rivier toenemen en is er sprake van meer erosie van de oevers en ook zandafzetting wordt niet belemmerd. Daarnaast kan de oevertgeul dienen als thermorefugium voor stromingsminnende soorten in de zomer, wanneer de geulen en strangen opwarmen</p> <p>Er is sprake van een toename van habitatdiversiteit en -kwaliteit in de oevertgeul achter de langsdam door de afwisseling van steile en flauwe oevers, snelstromend en langzaam stromend water, diepe en ondiepe stukken.</p>	<p>↑</p>
<p>Toepasbaarheid</p>	<p>Langsdammen dienen enkel in de binnenbocht gepositioneerd te zijn en worden ter vervanging van kribben aangelegd. In de binnenbocht moet enige ruimte beschikbaar zijn voor het eroderen van de oever.</p> <p><b>Boven-Rijn:</b> Mogelijk geschikte locaties voor langsdammen, echter is het ontbreken van kribben en waar deze wel aanwezig zijn de ligging te dicht op de dijk, dat langsdammen mogelijk niet kunnen.</p>	<p>(Gedeeltelijk) toepasbaar: Boven-Rijn, Pannerdensch Kanaal, Waalbochten en Boven-Nederrijn</p> <p>Niet toepasbaar:</p>

<p><b>Waalbochten:</b> De rivier is hier bochtig, waardoor de langsdammen bij hoogwater mogelijk dwars op de stroomrichting zouden komen te liggen. Hier dient rekening mee gehouden te worden in het ontwerp. Langsdammen zijn lager dan de huidige kribben en zomerkades, en daarmee is het opstuwende effect waarschijnlijk beheersbaar als de langsdammen worden gecombineerd met kade- en uiterwaardverlaging.</p> <p><b>Pannerdensch Kanaal:</b> Langsdammen zijn overal toepasbaar met uitzondering van de binnenbocht bij veerdienst Doornenburg-Pannerden. Er is echter mogelijk niet voldoende vrije ruimte tussen vaarweg en oever om een langsdam aan te leggen.</p> <p><b>Boven-IJssel:</b> Langsdammen zijn niet toepasbaar op de Boven-IJssel. Op het traject van de IJsselkoptot aan Rheden zijn kribben aanwezig, echter is de ruimte om langsdammen toe te passen te beperkt. Daarbuiten zijn geen kribben aanwezig in de binnenbocht in de Boven-IJssel.</p> <p><b>Boven-Nederrijn:</b> Langsdammen zijn toepasbaar in de uiterwaard Meinerswijk bij Arnhem en tussen spoorbrug Oosterbeek en het Drielse Veer.</p>	<p>Boven-IJssel</p>
--	---------------------

### 3.2.5 Uiterwaardverlaging

Bij een uiterwaardverlaging wordt (een deel van) een uiterwaard afgegraven, zodat deze onderwater komt te staan bij een lagere afvoer (zie Figuur 3-17). Daarnaast zal bij een gelijkblijvende grondwaterstand het grondwater dichterbij de maaiveld komen te staan bij een uiterwaardverlaging. Deze twee aspecten samen zorgen voor nattere condities.



Figuur 3-17: Schematische weergave van een uiterwaardverlaging (*Maatregelen rivierengebied | Rijkswaterstaat*).

In de huidige situatie liggen de uiterwaarden erg hoog, waardoor ze pas bij hoge afvoeren gaan meestromen. Elke verlaging van de uiterwaarden zal daarom een morfologisch effect hebben. Echter om uiterwaardverlaging een grootschalig morfologisch effect te laten hebben op de rivier is het noodzakelijk om de uiterwaard en de zomerkade af te graven tot een waterniveau waarbij deze bij een middelhoge afvoer al meestroomt (Barneveld et al., 2019).

Voor natuurontwikkeling zijn grootschalige afgravingen altijd maatwerk, waarbij gekeken moet worden naar het (historische) landschap, maaiveldhoogtes en aanwezige natuurwaarden, om te bepalen wat past in het gebied. Voor de realisatie van nevengeulen, overstromingsvlaktes en natte ecotopen zijn verschillende waterdieptes en inundatiefrequenties gewenst. Hierbij is het ook nodig om een doorkijk te hebben naar toekomstige klimaatveranderingen waardoor bijvoorbeeld diepere delen nodig zijn in tijden van droogte, waardoor nevengeulen in verbinding blijven met de hoofdstroom en er koudereugia ontstaan. In de onderstaande beoordeling wordt ervan uitgegaan dat de huidige en gewenste ecotopen problemen ondervinden van (toenemende) droogte, en dat daarom de toename in inundatiefrequentie en diepte wenselijk is. Daarnaast wordt ervan uitgegaan dat uiterwaarden bij laagwater niet meestromen.

De inundatiefrequentie van de uiterwaarden is sterk afhankelijk van de zomerkades. Een uiterwaardverlaging zal nauwelijks een morfologisch effect en daardoor ook slechts zeer beperkt effect hebben op de natuur als deze gescheiden is van het zomerbed door een hoge zomerkade. Zomerkadeverlaging wordt in 3.2.3 apart behandeld. Hier gaan we ervan uit dat als er een zomerkade aanwezig is bij een uiterwaard deze verlaagd wordt, zodat aanpassingen aan de uiterwaarden zelf een effect kunnen hebben.

Uiterwaardverlaging heeft de volgende effecten op de beoordelingsaspecten:

Beoordelingsaspect	Effect	Trend
Bodemligging	Uiterwaardverlaging kan sedimentatie in de hoofdgeul als gevolg hebben, afhankelijk van het niveau tot waar deze wordt verlaagd. Bij grootschalige verlaging van de uiterwaard zullen de middelhoge en hoogwaterstanden dalen en stroomsnelheden afnemen, waardoor schuifspanningen in het hoofdgeul afnemen en daarmee de erosie.  Deze sedimentatie zal echter pas grootschalige morfologische effecten hebben als de uiterwaarden worden afgegraven tot een niveau waarbij deze bij een gemiddelde afvoer onder water komen te staan. Hoewel bij hoge afvoeren het transport per dag erg groot is zullen deze omstandigheden niet vaak voorkomen en zijn de gemiddelde afvoeren maatgevend voor morfologische activiteit in het zomerbed (Barneveld et al., 2019).	↑
Laagwaterstand	Uiterwaarden stromen over het algemeen niet mee bij lage afvoeren en zullen daarom geen effect hebben op de laagwaterstand.	-
Overstromingsfrequentie	Uiterwaardverlaging heeft een toename in overstromingsfrequentie tot gevolg. Bij een verlaging van een uiterwaard stroomt het deel dat verlaagd is mee bij een lagere afvoer. Eventueel brengt dit ook andere gebieden eerder in verbinding met rivierwater.	↑
Hoogwaterstand	Uiterwaardverlaging heeft een afname van de hoogwaterstand tot gevolg. Ter hoogte van de	↓

	<p>uiterwaardverlaging is er meer ruimte voor water, waardoor bij een vergelijkbare afvoer lagere hoogwaterstanden optreden.</p>	
Morfodynamiek	<p>Uiterwaardverlaging zal een toename in morfodynamiek tot gevolg hebben. De uiterwaard zal vaker inunderen, en meer meestromen, waardoor uitwisseling van sediment tussen de uiterwaarden en het zomerbed zal toenemen. Tegelijkertijd zal sedimentatie in de uiterwaarden toenemen aangezien deze vaker meestroomt. Dit brengt het risico met zich mee dat de effecten tijdelijk zijn, als het zomerbed de toename in bodemligging van de uiterwaarden niet bijhoudt.</p>	↑
Habitatdiversiteit/ -kwaliteit	<p>Uiterwaardverlaging leidt tot meer inundatie en meer uitwisseling van sediment, dus een vergroting van de natuurlijke rivierdynamiek. Dit is gunstig voor de ontwikkeling van natte ecotopen als geulen/plassen, natte graslanden, moeras en zachthoutoibos.</p> <p>Een aandachtspunt is echter dat dit ook negatieve gevolgen kan hebben voor droge en/of laagdynamische riviernatuur, die soms in de uiterwaarden tot ontwikkeling is gekomen, zoals oeverwallen, tichelputten, stroomdalgraslanden en rietlanden.</p> <p>De uitwerking van het effect is daarmee afhankelijk van de aanwezige natuurwaarden ter hoogte van de ingreep, maar vooral ook van hoe de afgraving plaats vindt (bijv. al dan niet reliëfvolgend).</p>	↑/↓
Toepasbaarheid	<p>Uiterwaardverlagingen hebben de grootste invloed op de morfologie als deze plaatsvinden in gebieden waar het al kan inunderen bij gemiddelde waterafvoeren, aangezien deze gemiddelde afvoeren maatgevend zijn voor de sedimentatie op lange termijn van de rivierbodem. Er zal echter al een effect zijn bij een mindere afgraving, daarom wordt dit niet als beperking gezien voor de toepasbaarheid.</p> <p>In elk traject van de Gelderse Poort zijn uiterwaarden aanwezig en zou uiterwaardverlaging een mogelijke maatregel zijn.</p>	(Gedeeltelijk) toepasbaar: Boven-Rijn, Waalbochten, Pannerdensch Kanaal, Boven-IJssel en Boven-Nederrijn

### 3.2.6 Nevengeulen

Nevengeulen zijn wateren die in verbinding staan met de rivier en (een deel van het jaar) meestromen met de hoofdgeul (zie Figuur 3-18). In natuurlijke wateren betreffen dit vaak de ondiepere delen langs eilanden in de rivier of recentelijk afgesneden meanders die nog niet helemaal zijn afgesloten. In de Nederlandse rivieren zijn natuurlijke nevengeulen na de normalisatiewerken niet meer aanwezig, maar worden ze de

laatste jaren aangelegd voor natuur én hoogwaterafvoer (Schoor et al., 2011). Nevengeulen zijn het effectiefst in het beïnvloeden van de morfologie van de hoofdgeul (i.e. bodemligging) wanneer ze aangetakt zijn in de buitenbocht. In een rivierbocht volgt de stroming niet direct de loop van de bocht, maar heeft een afwijking naar de buitenbocht. Dit zorgt voor een tegengestelde stroming van buiten naar binnen over de rivierbodem, waarbij sediment wordt meegevoerd. Hierdoor wordt sedimenttransport richting en sedimentatie in de nevengeul geminimaliseerd (Gerritsen et al., 2010). Dit verschilt van sedimenttransport bij langsdammen, waar dit transport over de breedte van de rivier wordt onderbroken. Het kan echter toch wenselijk zijn om een nevengeul aan te leggen in de binnenbocht als gekeken wordt naar andere aspecten. In de onderstaande beoordeling is daarom waar relevant een onderscheid gemaakt tussen aantakking in de binnenbocht en aantakking in de buitenbocht. Daarnaast is het belangrijk dat nevengeulen niet droogvallen bij laag water (ook niet in de toekomst met meer extreem laag water). Leefgebieden van vissen raken dan geïsoleerd en de temperatuur van het water kan toenemen met algenbloei, zuurstofloosheid en dode vissen tot gevolg. In deze beoordeling is ervan uitgegaan dat er maatregelen worden genomen om het droogvallen van nevengeulen tegen te gaan. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het aanbrengen van een drempel bij de uitstroomopening. Dit zorgt ervoor dat de nevengeul niet meestroomt bij laag water.



Figuur 3-18: Een meestromende nevengeul. De witte pijlen geven een indicatie van de stroombanen (Barneveld et al., 2019).

Nevengeulen hebben de volgende effecten op de beoordelingsaspecten:

Beoordelingsaspect	Effect	Trend
Bodemligging	<p>Het aanleggen van een nevengeul heeft sedimentatie tot gevolg. De mate waarin deze sedimentatie plaatsvindt in de hoofd- of nevengeul is afhankelijk van de sedimentverdeling over de geulen (Gerritsen et al., 2010). Het aanleggen van een nevengeul heeft namelijk een verruiming van het totale doorstroomprofiel tot gevolg, waardoor de stroomsnelheid lokaal afneemt en daarmee de sedimenttransportcapaciteit, met sedimentatie als gevolg.</p> <p><b>Aantakken in buitenbocht</b></p>	<p>Buitenbocht: ↑ Binnenbocht: ↓</p>



	<p>De volgende factoren leveren een lagere sedimentdepositie in de nevengeul (en daarmee een hogere sedimentdepositie in de hoofdgeul) op:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aantakking van de nevengeul in een buitenbocht van de hoofdgeul;</li> <li>• Een flauwe hoek van aantakking tussen hoofdgeul en nevengeul;</li> <li>• Een groot en abrupt verschil in bodemhoogte tussen hoofdgeul en nevengeul.</li> </ul> <p><b>Aantakken in binnenbocht</b> Het aantakken van de nevengeul brengt verschillende risico's met zich mee. Aantakken in de binnenbocht zorgt namelijk voor lagere sedimentdepositie in de hoofdgeul, met een daling van de bodemligging als gevolg. Op termijn kan dit een bochtafsnijding in de hand werken. Hier dient dus rekening mee gehouden te worden in het ontwerp.</p>	
Laagwaterstand	<p><b>Aantakken in buitenbocht</b> Aantakken van een nevengeul in de buitenbocht van een rivier heeft geen of een toenemend effect op de laagwaterstand. Door sedimentatie in de hoofdgeul zal de bodemligging toenemen. Dit zorgt voor een toename van de laagwaterstand (Gerritsen et al., 2010).</p> <p><b>Aantakken in binnenbocht</b> Aantakken van een nevengeul in de binnenbocht van een rivier heeft geen of een afnemend effect op de laagwaterstand. Door een verminderde sedimentdepositie in de hoofdgeul zal de bodemligging afnemen. Dit zorgt voor een afname van de laagwaterstand.</p>	<p>Buitenbocht: -/↑</p> <p>Binnenbocht: -/↓</p>
Overstromingsfrequentie	<p><b>Uiterwaard met nevengeul</b> De aanleg van een nevengeul zorgt voor een toename van de inundatiefrequentie aangezien deze zorgt voor een betere verbinding met de uiterwaard. Deze betere verbinding ontstaat doordat de nevengeul de hoge oevers of zomerkades die de uiterwaard omringen doorkruist, waardoor de uiterwaard al bij lagere waterafvoeren meestroomt.</p> <p><b>Uiterwaard tegenover nevengeul</b> Het aanleggen van een nevengeul zorgt tegelijkertijd voor een afname in de overstromingsfrequentie van de tegenoverliggende uiterwaarden. In de nieuwe situatie neemt de stroombreedte en daarmee de afvoercapaciteit van de rivier toe. Hierdoor zullen de uiterwaarden pas overstromen bij een hogere afvoer. In de uiterwaard met een nevengeul zal dit effect gecompenseerd worden door</p>	<p>Uiterwaard met nevengeul: ↑</p> <p>Uiterwaard tegenover nevengeul: ↓</p>

	de verbeterde verbinding, maar dit is niet het geval aan de andere rivieroever.	
Hoogwaterstand	Een nevengeul in de uiterwaard verruimt het doorstroomprofiel van de rivier en geeft zo een verlaging van de hoogwaterstanden (Gerritsen et al., 2010).	↓
Morfodynamiek	Het aanleggen van een nevengeul heeft een toenemende morfodynamiek als gevolg. Zonder nevengeulen staan uiterwaarden enkel in direct contact met de rivier wanneer de uiterwaarden overstroomd bij hoge afvoeren. Doordat de nevengeulen door de uiterwaarden stromen en een (groot) deel van het jaar onder water staan, is er een groter deel van het jaar sedimentuitwisseling tussen de rivier en uiterwaard mogelijk.	↑
Habitatdiversiteit/ -kwaliteit	<p>Het aanleggen van een nevengeul versterkt de natuurlijke rivierdynamiek in een gebied. Er is meer ruimte voor natte ecotopen (oeverbegroeiing en onderwatervegetatie) en sedimentatieprocessen. Nevengeulen zijn ook belangrijke opgroeigebieden voor vis omdat de dynamiek beperkter is in vergelijking met de hoofdstroom waar ook de invloed scheepvaart merkbaar is.</p> <p>Een nevengeul kan ook een negatief effect hebben op bestaande habitats, zoals geïsoleerde wateren, waar door het aantakken unieke habitats verloren gaan. Daarnaast kan bij lage waterstanden de nevengeul leegstromen, wat verdroging verder in de kaart speelt.</p>	↑/↓
Toepasbaarheid	<p>Binnen de Gelderse Poort is er de algemene wens om erosie in de hoofdgeul tegen te gaan. Nevengeulen kunnen hieraan bijdragen als ze worden aangetakt in de buitenbocht, aangezien dit sedimenttransport richting de nevengeul minimaliseert. Daarbij komt het risico dat een nevengeul in een binnenbocht kan leiden tot bochtafsnijding. Er kunnen echter andere afwegingen spelen om toch te kiezen voor aantakking in de binnenbocht. Deze nevengeul in de binnenbocht zal zeer zorgvuldig ontworpen moeten worden. Verder moet er voldoende ruimte voor de nevengeul beschikbaar zijn in de uiterwaard en de aanleg wordt mogelijk lastiger als er veel elementen (zoals bebouwing) in de uiterwaard aanwezig zijn.</p> <p><b>Boven-Rijn:</b> Niet geschikt voor nevengeulen door een gebrek aan ruimte buiten het zomerbed.</p> <p><b>Waalbochten:</b> Kansen voor nevengeulen in de buitenbocht bij Bommel. Op een andere geschikte locatie, de Klompenwaard, is al een nevengeul aanwezig. In de binnenbocht is er kans voor nevengeulen in de Gendtsche</p>	<p>(Gedeeltelijk) toepasbaar: Waalbochten, Pannerdensch Kanaal, Boven-IJssel en Boven-Nederrijn</p> <p>Niet toepasbaar: Boven-Rijn</p>

Waard. In de Millingerwaard is al een nevengeul in ontwikkeling.

**Pannerdensch Kanaal:** Beperkte mogelijkheden voor nevengeulen bij Loo (beide oevers) en ten noorden van het Looveer (westoever). Ten noorden van veer Doornenburg – Pannerden (oostoever), is al een nevengeul aanwezig.

**Boven-IJssel:** Mogelijkheden voor nevengeulen nabij Velp (noordoever) en in de Havikerwaard nabij Doesburg

**Boven-Nederrijn:** Beperkte mogelijkheid voor een nevengeul nabij Oosterbeek (noordoever). Op andere locaties aan de noordoever loopt de dijk dicht langs het zomerbed. Aan de zuidoever zijn er mogelijkheden bij Meinerswijk.

### 3.2.7 Ooibosontwikkeling

Een gebruikelijke definitie van ooibos is die van “bossen die binnen de invloed van rivieroverstromingen groeien en tot ontwikkeling komen” (Peters et al., 2021). Zonder intensief beheer of agrarisch landgebruik zouden ook nu nog grote delen van onze Nederlandse rivierdalen zich weer spontaan tot uitgestrekte bosgebieden ontwikkelen. Ooibossen vormen door de talloze gradiënten in bodem, rivierdynamiek en overstromingsfrequentie, rijke ecosystemen met een grote variatie aan flora en fauna. Een onderscheid kan gemaakt worden tussen zachthoutooibos en hardhoutooibos. Welk soort ooibos ontstaat is afhankelijk van de positie in het overstromingsgebied en de rol van grondwater versus rivierwater.

Ooibosontwikkeling kan plaatsvinden zowel binnen als buiten de stroomdraad van de rivier. Buiten de stroomdraad en in stromingsluwe delen van de uiterwaarden zijn er geen beperkingen aan het percentage ooibos, aangezien het effect op de rivier (opstuwung en eventueel morfologische effecten) hier minimaal is. Daarom focust deze beoordeling zich op ooibosontwikkeling dicht op de stroomdraad van de rivier, aangezien hier de effecten van deze ingreep het grootst zijn. Verder is er in de ecotopenanalyse bepaald dat ooibos een (groot) deel van het jaar bovenwater moet staan. Er wordt daarom van uitgegaan in de beoordeling van deze maatregel dat ooibos bij lage afvoeren boven water staan.



Figuur 3-19: 30 jaar oud zachthoutooibos op een eiland in de Gemeenschappelijke Maas bij Meers (Peters et al., 2021).

De ontwikkeling van ooibos heeft de volgende effecten op de beoordelingsaspecten:

Beoordelingsaspect	Effect	Trend
Bodemligging	Wanneer ooibosontwikkeling plaatsvindt in de stroomdraad zal dit sterke effecten hebben op de bodemligging. Een ooibos zorgt voor verruwing en daarmee voor opstuwung van de waterstand ter plaatse van en bovenstrooms van het ooibos.	↓

	<p>Mogelijk kan dit daar enige sedimentatie teweegbrengen.</p> <p>Tegelijkertijd zal er echter sterke erosie plaatsvinden rondom het ooibos. Water wordt omgeleid (rondom het ooibos) en convergeert lokaal waardoor een toename van stroomsnelheid optreedt. Dit leidt tot bodemerosie in het omliggende gebied. Als het ooibos dicht bij de vaargeul ontstaat, kan dit ook tot erosie van het zomerbed leiden.</p>	
Laagwaterstand	<p>Ooibosontwikkeling heeft geen effect op de laagwaterstand. Aangezien zachthoutooibos tot wel 200 dagen inundatie per jaar aankan, met het optimum tussen de 50 en 115 dagen per jaar, zal er bij de lage afvoeren geen effect zijn. Bij gemiddelde afvoeren kan er wel een (klein) effect zijn, omdat de ooibossen dan de stroming beïnvloeden en dan een opstuwend effect hebben.</p>	-
Overstromingsfrequentie	<p>Ooibos wordt aangemerkt als hydraulisch ruw vegetatietype en heeft een remmende werking op stromend rivierwater tijdens hoogwater (Peters et al., 2021). Het ooibos zal echter pas deze remmende werking hebben als de uiterwaard waarin deze staat al overstromt en heeft daarbij geen effect op de overstromingsfrequentie op die locatie.</p> <p>Buiten de desbetreffende uiterwaard met ooibosontwikkeling is er echter wel sprake van een toename in overstromingsfrequentie. De opstuwing veroorzaakt door de ooibosontwikkeling zorgt voor hogere waterstanden stroomopwaarts van de locatie van ooibosontwikkeling, waardoor de overstromingsfrequentie van uiterwaarden bovenstrooms van de ingreep bij hoge afvoeren toeneemt.</p>	<p>Nabij ooibosontwikkeling:</p> <p>-</p> <p>Bovenstrooms: ↑</p>
Hoogwaterstand	<p>Ooibos wordt aangemerkt als hydraulisch ruw vegetatietype en heeft een remmende werking op stromend rivierwater tijdens hoogwater. Als de ooibosontwikkeling plaatsvindt binnen de stroomdraad leidt dit tot hogere waterstanden stroomopwaarts van de locatie van ooibosontwikkeling (Peters et al., 2021).</p>	↑
Morfodynamiek	<p>Ooibosontwikkeling hangt sterk samen met een toename van morfodynamiek. Bij de ontwikkeling van ooibos wordt sediment opgevangen door de (nieuwe) vegetatie, zodat de oevers kunnen ophogen en een natuurlijke morfodynamiek hersteld wordt (van Looy et al., 2000). Tegelijkertijd zal de</p>	↑



	stroming rondom het ooibos sterker worden. Hierdoor zal erosie in de omgeving van het ooibos toenemen, wat zorgt voor nog meer morfodynamiek.	
Habitatdiversiteit/ -kwaliteit	Ooibos komt nog maar weinig voor in het riviersysteem door jarenlang agrarisch gebruik van de uiterwaarden, maar is het eindstadium van de natuurlijke successie. Ontwikkeling van ooibos (hardhout en zachthout) vergroot de habitdiversiteit omdat veel flora en faunasoorten afhankelijk zijn van deze bostypen. Door het creëren van grotere eenheden in vergelijking met de huidig aanwezige snippers kan een bosklimaat ontstaan wat de kwaliteit ten goede komt. Hierbij is het van belang dat de bossen oud mogen worden.	↑
Toepasbaarheid	Buiten de stroomdraad zijn er geen beperkingen aan het percentage ooibos. Binnen de stroomdraad is er in de huidige Vegetatielegger ruimte voor ontwikkeling van ooibos in de mengklassen. Hieraan is een maximum percentage van het totale oppervlak van dit gebied verbonden. Daarnaast is creatie van ooibos in de stroomdraad mogelijk als dit samengaat met waterstandsverlagende maatregelen, zoals afgraving van de uiterwaard ter plaatse van het ooibos.	

### 3.2.8 Toepasbaarheid van maatregelen in de riviertrajecten

Aan de hand van de bovenstaande beoordeling van de maatregelen wordt nu in Tabel 3-2 een vergelijking gemaakt met de gewenste trends van de beoordelingsaspecten op riviertrajecten binnen de Gelderse Poort. De gewenste trends per riviertraject zijn bepaald op basis van expert judgement door experts die ook betrokken zijn bij het programma IRM.

Bij het toepassen van deze maatregelen moet ook rekening gehouden worden met het effect op de afvoerverdeling over de verschillende riviertakken. Maatregelen in het Pannerdensch Kanaal en de Boven-IJssel met impact op laagwaterstanden kunnen de afvoerverdeling over zowel de IJsselkop als de Pannerdensch Kop bij laagwater ongunstig beïnvloeden. Dergelijke maatregelen op deze riviertrajecten zijn daarom niet zomaar mogelijk zonder maatregelen op de Boven-Waal. In deze QuickScan is dit buiten beschouwing gelaten, maar voor vervolgonderzoek kunnen de maatregelen op de verschillende trajecten niet los van elkaar worden gezien.

Tabel 3-2: Gewenste trends van de beoordelingsaspecten binnen de Gelderse Poort en het permanente/uiteindelijke effect van de maatregelen. Velden zijn groen gekleurd wanneer maatregelen bijdragen aan de gewenste trends en oranje wanneer maatregelen mogelijk een tegengesteld effect hebben dan de gewenste trends.

Gewenste trend	Bodemligging	Laagwaterstand	Overstromings frequentie	Hoog waterstand	Morfo dynamiek	Habitat diversiteit/ kwaliteit
Boven-Rijn	-	↑	↑↑	↓	↑↑	↑↑
Waalbochten	↑↑	↑↑	↑	↓↓	↑	↑
Pannerdensch Kanaal	↑	↑	↑↑	↓↓	↑↑	↑↑
Boven-IJssel	↑	↑↑	↑	↓↓	↑	↑
Boven-Nederrijn	-	↑↑	↑↑	↓	↑↑	↑↑
Beoordeling maatregelen	Bodemligging	Laagwaterstand	Overstromingsfrequentie	Hoogwaterstand	Morfodynamiek	Habitat diversiteit/ kwaliteit
Eroderende oevers langs het zomerbed	↑	↑	-	-	↑	↑
Kribaanpassing	Bij ingreep: ↑	-	-↓	↓	↑	↑
	Benedenstrooms: ↓					
Zomerkadeaanpassing	↑	-	↑	↓	↑	↑↓
Langsdammen	↑	↑	-↓	↓	↑	↑
Uiterwaardverlaging	↑	-	↑	↓	↑	↑↓
Nevengeulen	Buitenbocht: ↑	Buitenbocht: -↑	Bij ingreep: ↑	↓	↑	↑↓
	Binnenbocht: ↓	Binnenbocht: -↓	Rondom ingreep: ↓			
Ooibosontwikkeling	↓	-	Bij ingreep: -	↑	↑	↑
			Bovenstrooms: ↑			

### 3.3 Beantwoording deelvragen

De hoofdvraag van de opdracht luidt: *Wat zijn kansrijke combinaties van maatregelen voor behoud en ontwikkeling van (natte) natuur in de Gelderse Poort en de morfologische effecten hiervan?* Om de hoofdvraag te beantwoorden en het doel van de studie te faciliteren zijn deelvragen geformuleerd (zie hoofdstuk 1.3). Hieronder worden deze deelvragen achtereenvolgens beantwoord op basis van de beschikbare literatuur en expert oordeel.

#### **Welke rol kunnen natuurlijk eroderende oevers langs het zomerbed spelen in het tegengaan van rivierinsnijding (indicatie per riviertraject) en waar is dit mogelijk in de Gelderse Poort?**

Eroderende oevers kunnen rivierinsnijding tegengaan. Dit komt door de sedimentatie die hierdoor ontstaat, zowel op de korte als de lange termijn. Op korte termijn zorgt erosie van de oevers voor een toename van sedimentaanbod dat neerslaat in het zomerbed en tegelijkertijd een verbreding van de rivier. Om het precieze effect te bepalen zou een grove hoeveelheidsbepaling nodig zijn, maar dit valt buiten de scope van deze studie. Door de verbreding van de rivier nemen de stroomsnelheden tijdelijk af, totdat het verlies in stroomsnelheid gecompenseerd is met een toename van de bodemhoogte. Op dat moment is de rivier weer in morfologisch evenwicht. Eroderende oevers zijn toepasbaar en wenselijk in het Pannerdensch Kanaal en de Boven-IJssel, met uitzondering van de Pannerdensch Kop en de IJsselkop, aangezien de dijk hier vlak op het zomerbed ligt en deze locaties belangrijk zijn voor de afvoerdeling over de rivieren. In de Waalbochten is het ook wenselijk om rivierinsnijding tegen te gaan. Hier zijn echter al eroderende oevers aanwezig langs het volledige traject.

#### **Welke rol kan uiterwaardverlaging spelen in het tegengaan van rivierinsnijding en waar is dit mogelijk in de Gelderse Poort?**

Uiterwaardverlaging kan een positief effect hebben in het tegengaan van rivierinsnijding. In hoeverre de rivierinsnijding wordt tegengegaan is afhankelijk van de hoogte tot waar de uiterwaard wordt verlaagd en de mate waarin de zomerkade verlaagd wordt, zodat het gebied ook daadwerkelijk kan meestromen. Als het gebied meestroomt, zal het morfologische effect sterker zijn naarmate de uiterwaard lager komt te liggen, aangezien de uiterwaard dan voor een groter deel van de tijd zal meestromen en daarbij stroomsnelheid in het zomerbed vermindert, wat zorgt voor sedimentatie (of een afname van erosie). Het tegengaan van rivierinsnijding is gewenst in de Waalbochten, Pannerdensch kanaal en Boven-IJssel. Uiterwaardverlaging zorgt echter ook voor meer inundatie en meer uitwisseling van sediment, wat zowel positieve als negatieve effecten kan hebben op de natuurlijke rivierdynamiek. Hier moet rekening mee worden gehouden in de toepassing van uiterwaardverlaging en dit wordt verder besproken in de volgende deelvraag.

#### **Kan uiterwaardverlaging natte natuur terugbrengen en in welke mate en waar kan dit het beste gebeuren in de Gelderse Poort?**

Uiterwaardverlaging leidt tot meer inundatie (mits de zomerkade verwijderd of verlaagd wordt) en hogere grondwaterstanden en is daarmee een geschikte maatregel om natte natuur terug te brengen en verdroging van bestaande natuur tegen te gaan. Het is afhankelijk van de lokale omstandigheden (rivierdynamiek) en de plek in het landschap welk type natuur gerealiseerd kan worden. Naast ontwikkeling van nieuw areaal natte natuur moet de focus ook liggen op herstel van bestaande natte natuur waarvan de instandhouding door verdroging in gevaar komt.

Uiterwaardverlaging is vooral kansrijk op locaties die nu in agrarisch gebruik zijn, omdat het dan niet ten koste gaat van bestaande natuurwaarden en het beschikbare oppervlak hiervan het grootst is. Dit zijn veelal gebieden waar de omstandigheden nu of in de toekomst te droog zijn en de rivierdynamiek (inundatie) te beperkt is voor de ontwikkeling van natte natuur. Het Rijnstrangengebied is een belangrijk laagdynamisch gebied voor rietmoeras, ook vanuit de Natura 2000-opgave voor moerasvogels. Daarnaast is het een belangrijk gebied voor oibos, aangezien er hier geen stroombelemmeringen zijn en het een verlandend



systeem is, waar ooibosontwikkeling goed thuishoort. Uiterwaardverlaging heeft hier geen direct effect op de rivierdynamiek/inundatie, aangezien de waterafvoer gereguleerd wordt door een gemaal. Wel kan door uiterwaardverlaging de grondwaterstand verhogen en nattere omstandigheden gecreëerd worden om zo verdroging tegen te gaan. Een andere maatregel zou kunnen zijn om de doorlaat/doorstroom door de dijk periodiek te vergroten en hierdoor tijdelijk of periodiek stromingsdynamiek te weeg te brengen.

### **Wat zijn de morfologische effecten van langsdammen en het weghalen/aanpassen van kribben en zomerkaden op rivierbodeminrijding en erosieprocessen?**

Langsdammen kunnen als vervanging van kribben geplaatst worden in de binnenbocht van een rivier. Het weghalen van kribben en zomerkades in combinatie met het plaatsen van langsdammen zorgt voor een toename van de morfodynamiek nabij de oevers in de binnenbocht van de langsdam, maar zorgt tegelijkertijd voor sedimentatie in de hoofdgeul. Doordat de oevergeul wordt geplaatst in de binnenbocht van de rivier ontvangt deze relatief veel water ten opzichte van de hoeveelheid sediment die door de oevergeul stroomt. Dit komt doordat een deel van het water via de oevergeul wordt gevoerd, terwijl de sedimentstroom (bedload transport) geconcentreerd blijft in de hoofdgeul. De rivierbodem zal hier sedimenteren of minder eroderen, doordat de transportcapaciteit van de hoofdgeul afneemt door de verlaagde waterafvoer, terwijl het sedimentaanbod gelijk blijft,

In de oevergeul vindt het omgekeerde effect plaats: de oevergeul heeft een relatief hoge stroomsnelheid ten opzichte van de splitsing bovenstrooms. Hierdoor neemt de transportcapaciteit toe, met erosie tot gevolg, waardoor naar verwachting verdieping en verbreding van de oevergeul optreedt.

### **In welke mate beïnvloedt ooibosontwikkeling de sedimenthuishouding (sedimentatie en erosie zomerbed)? Kan ooibos helpen als systeemmaatregel om sedimentatie tegen te gaan in benedenstroomse rivierdelen?**

Ter plaatse van de ooibosontwikkeling zal de verruwing zorgen voor een afname van stroomsnelheden. Deze afname van stroomsnelheden zorgt voor sedimentatie ter plaatse van het ooibos en direct benedenstrooms daarvan. Tegelijkertijd zal door deze verruwing het water omgeleid worden rondom het ooibos en dus lokaal convergeren. Waar water convergeert ontstaat een toename van stroomsnelheid. Dit zorgt voor een toename van erosie op deze locaties. Al deze effecten treden op wanneer het gebied van het ooibos meestroomt en effecten worden verder bepaald door de locatie ten opzichte van de stroomdraad. Ooibos zal pas deze effecten hebben als het zich in de stroombaan bevindt. Met de bovenstaande effecten in gedachte kan ooibos helpen als systeemmaatregel om sedimentatie benedenstrooms van ooibosontwikkeling te doen verminderen, omdat het bovenstrooms en ter plaatse van het ooibos sediment kan laten neerslaan. Lokaal kan ooibosontwikkeling ook juist leiden tot erosie (rondom het ooibos) waardoor juist sedimentaanbod ontstaat voor het benedenstroomse gebied. Deze erosie kan zeer onwenselijk zijn in de hoofdgeul (met de al optredende rivierinsnijding), maar kan gewenste dynamiek creëren in de uiterwaarden als daar voldoende ruimte voor is en deze ruimte gegeven wordt aan natuurlijke ontwikkeling.

### **Wat is een succesvolle combinatie van aanleg ooibos en uiterwaardverlaging in relatie tot rivierbodempligging en rivierafvoer?**

Ooibos komt nog maar weinig voor in het riviersysteem door jarenlang agrarisch gebruik van de uiterwaarden, maar is het eindstadium van de natuurlijke successie. Ontwikkeling van ooibos (hardhout en zachthout) vergroot de habitatdiversiteit omdat veel flora en faunasoorten afhankelijk zijn van deze bostypen. Een ander positief effect is een toename in morfodynamiek.

Ooibosontwikkeling heeft echter rivierkundig twee mogelijke negatieve effecten. Ten eerste zorgt het voor een mogelijke toename van erosie in het zomerbed, doordat water wordt omgeleid (lokaal convergeert), waardoor de stroomsnelheid toeneemt. Dit kan leiden tot erosie in de zone rondom het ooibos. Ten tweede neemt de hoogwaterstand toe door de opstuwende werking van het ooibos (als dat in de stroomdraad ligt).

Door ooibosontwikkeling te combineren met uiterwaardverlaging kan de toename in hoogwaterstand gecompenseerd worden. Tegelijkertijd zorgt de uiterwaardverlaging voor een toename in het doorstroomoppervlak van de rivier, waardoor stroomsnelheden afnemen en daarmee erosie. Dit kan de ongewenste toename van de erosie in het zomerbed door ooibosontwikkeling compenseren. Daarnaast draagt een uiterwaardverlaging bij aan het vergroten van de inundatiefrequentie en mogelijk ook aan het creëren van de juiste condities voor (nat) ooibos. Ook kunnen ooibossen leiden tot meer divergentie in het stromingspatroon binnen deze uiterwaarden. Op deze vlakken zit dus zeker synergie.

### **Wat is een succesvolle combinatie van langsdammen, krib- en zomerkade verlaging/aanpassing met uiterwaardvergravingen/geulenpatronen en met ooibosontwikkeling?**

Een andere kansrijke combinatie van maatregelen is bijvoorbeeld het verwijderen van kribben (vergroot afvoercapaciteit en verlaagt dus hoogwaterstand), aanleggen van een langsdam op de oorspronkelijke kop van de kribben (borgt bevaarbaarheid, verhoogt waterstand bij laagwater en helpt bodemligging in de hoofdgeul te verhogen). Hierdoor ontstaat ook een oeverzone die waardevol is voor de natuur. Uitzondering hierop zijn rietmoerassen, die meer luwte nodig hebben dan achter langsdammen aanwezig is. Als daar ruimte voor is, kan in de uiterwaard een nevengeul aangelegd worden of een uiterwaardverlaging plaatsvinden om de afvoercapaciteit verder te vergroten, hoogwaterstanden te verlagen, bodemverhoging te stimuleren en meer ruimte te creëren voor natuurlijke dynamiek. Omdat een ooibos de stroming als het ware omleidt, kan dit de dynamiek in de nevengeul en de oevergeul van de langsdam versterken. De kribverwijdering en uiterwaardverlaging/nevengeul leveren de rivierkundige ruimte om een ooibos te kunnen plaatsen. Of dit voldoende ruimte oplevert voor een ooibos met minimum structuurareaal (van ca. 25 ha), zal afhangen van de precieze vorm, locatie en hoogteligging van het ooibos. Met behulp van een aanvullende nevengeul en/of uiterwaardverlaging kan dit waarschijnlijk wel behaald worden.

### **Kan met een dergelijke combinatie ooibosontwikkeling ook dichterbij de stroomdraad worden gerealiseerd in plaats van alleen op stroomluwe locaties ver van de rivier?**

Een dergelijke combinatie zoals beschreven bij de vorige deelvraag biedt kansen voor het ontwikkelen van ooibos dichterbij de stroomdraad van de rivier. Hoe dichterbij de rivier ooibos wordt geplaatst hoe groter de consequentie voor bodemerosie van de hoofdgeul en hoe groter het toenemende effect op de hoogwaterstand. Het realiseren van ooibos hangt sterk samen met een toename van morfodynamiek en kan zorgen voor een zeer dynamische oeverzone. Ooibos kan bijvoorbeeld water de uiterwaarden insturen wanneer dit dichterbij de stroomdraad voorkomt. Deze effecten kunnen vanuit ecologisch opzicht, voor het creëren van natte ecotopen, zeer waardevol zijn, aangezien dit positieve effecten heeft op habitatkwaliteit en diversiteit. Met een uiterwaardverlaging of de aanleg van een nevengeul kan waterstandsruimte gecreëerd worden voor ooibosontwikkeling doordat het negatieve effect van ooibosontwikkeling, erosie in het zomerbed, gecompenseerd wordt.

## **3.4 Synergie met programma IRM**

Een hogere bodemligging heeft een effect op de grondwaterstand en inundatieduur, en daarmee op de potentie voor ecotopen. Binnen het programma Integraal Rivier Management (IRM) worden onder andere beleidskeuzen voor bodemligging en sedimenthuishouding onderzocht. Bepaalde rivierkundige maatregelen kunnen geschikt zijn voor zowel natuurdoelstellingen als bodemligging in het zomerbed. Om een bodemverhoging duurzaam te realiseren, zullen alleen maatregelen vanuit PAGW onvoldoende zijn en zullen ook vanuit IRM-maatregelen genomen moeten worden. Hier zit echter wel synergie tussen het programma IRM en de maatregelen die bijvoorbeeld genomen zouden worden in de PAGW-hotspot Gelderse Poort. De voorliggende studie laat zien waar die synergie zou kunnen zitten. Op dit moment is echter nog niet precies bekend wat de gewenste bodemligging binnen IRM zal gaan worden, maar we hebben wel vast aangegeven wat de gewenste veranderrichting vanuit IRM zal gaan zijn in Tabel 3-2.

De synergie tussen IRM en PAGW is vooral ook interessant omdat er sprake is van communicerende vaten: er zal ten behoeve van IRM voor meerdere doelen hydraulische compensatie uitgevoerd worden (waaronder aanleg van nevengeulen en uiterwaardverlaging). Daarnaast zullen er maatregelen genomen worden voor ophoging van het zomerbed. Aangezien IRM de condities schept waarbinnen het PAGW verder werkt, zoals de gewenste ontwikkelingen binnen het zomerbed, blijft het een aandachtspunt om integraal te kijken naar de opgave van IRM en PAGW, om te voorkomen dat er dubbelop wordt gerekend (bijvoorbeeld in een MKBA) of dubbel wordt ontworpen op hetzelfde probleem of dezelfde uitdaging.

## 4 Kansrijke symbiose natuur en sedimentbalans

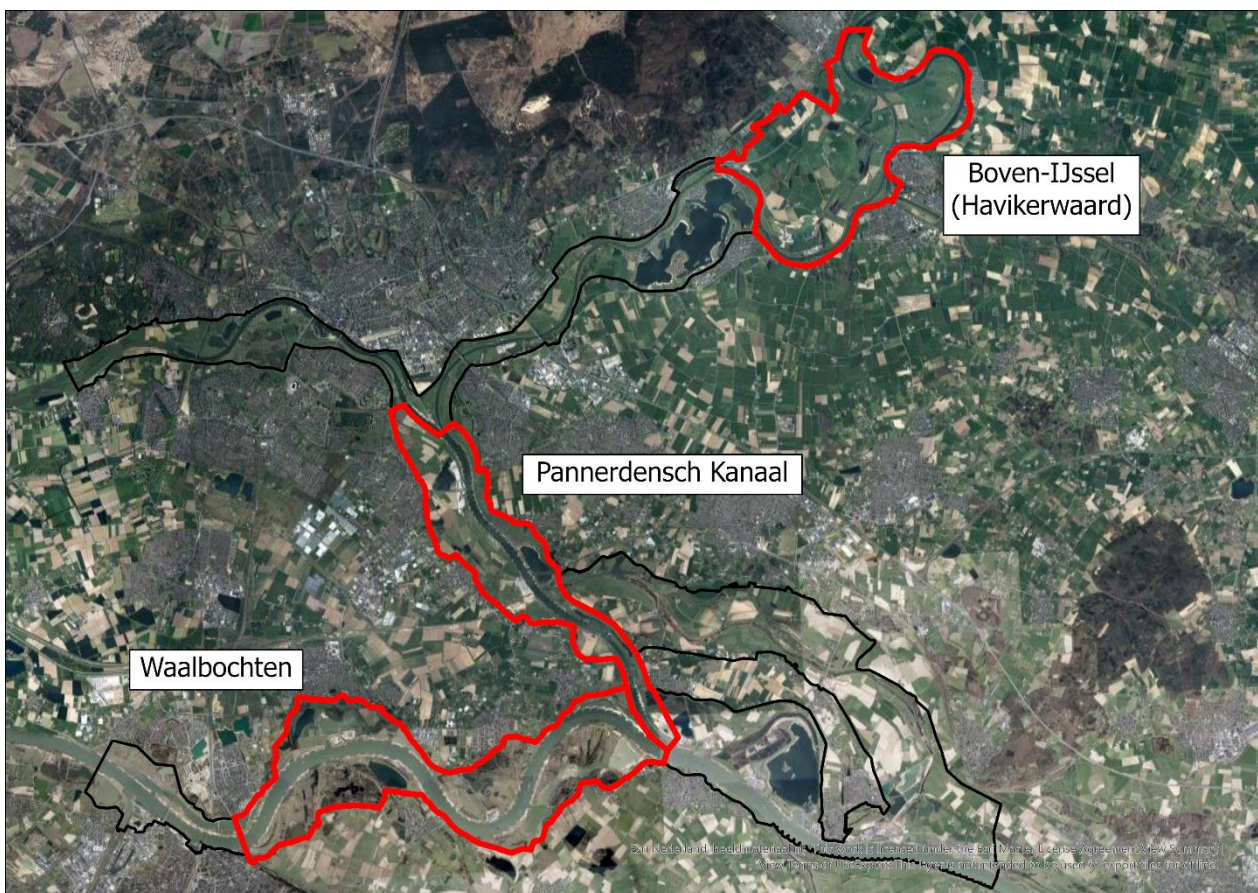
Op basis van de QuickScan (hoofdstuk 3) en de opmerkingen/suggesties van de opdrachtgever zijn een drietal locaties geselecteerd (zie hoofdstuk 4.1). Per locatie is vervolgens een maatregelenpakket uitgewerkt (zie hoofdstuk 4.2) op basis van de resultaten uit de QuickScan en de leidende principes uit de LESA (van Winden, 2022)

### 4.1 Focusgebieden binnen de Gelderse Poort

De GIS-analyse (Hoofdstuk 3.1) schetst een duidelijk beeld van de recente en toekomstige ontwikkelingen van de ecotopen in de Gelderse Poort. De ruimtelijke verdeling van de gebieden waar in de toekomstige verdroging wordt verwacht, resulteert in drie mogelijke focusgebieden voor vernattingsmaatregelen. Dit kunnen voorbeeldgebieden zijn om de kansrijke symbiose van natuurontwikkeling en herstel van de sedimentbalans verder te onderzoeken.

Wij stellen voor om de volgende 3 locaties verder uit te gaan werken:

1. Waalbochten, met als doel het tegengaan van verdroging van huidige natte ecotopen (en behoud oobosgebieden voor de toekomst);
2. Pannerdensch Kanaal, met als doel om nieuwe natte ecotopen te realiseren (incl. een mogelijke combinatie van langsdammen, nevengeulen en oobos);
3. Boven-IJssel (en dan specifiek de Havikerwaard), met als doel om nieuwe natte ecotopen te realiseren.



Figuur 4-1: Focusgebieden binnen de Gelderse Poort, waarvoor in dit hoofdstuk mogelijke maatregelenpakketten worden voorgesteld.



Enige argumentatie voor de selectie deze 3 locaties:

- Dit zijn alle drie gebieden met een N2000 opgave, dus zowel een nationale als Europese opgave voor ontwikkeling van ooibos;
- Gebied 2 en 3 zijn gebieden met potentieel veel ruimte voor nieuwe natte ecotopen.
- Pannerdensch Kanaal: dit is een locatie waar de toepassing van langsdammen, zoals beschreven in 3.2.4, in combinatie met ooibos en nevengeulen mogelijk is. In dit gebied zijn ook al bepaalde plannen, dus daar zullen we ook nog een blik op werpen.
- Waalbochten: Dit is een locatie voor behoud huidige ecotopen, en relevant vanwege N2000 status. Hier liggen veel bestaande natuurwaarden.

## 4.2 Voorstel maatregelpakket per locatie

Hieronder wordt per locatie een voorstel gedaan voor een maatregelpakket dat bijdraagt aan natte natuur, ooibos ontwikkeling en herstel van de sedimentbalans. Bij deze voorstellen wordt er apart naar elke locatie gekeken en wordt er geen rekening gehouden met de onderlinge interactie tussen de riviertrajecten. Voor de daadwerkelijke selectie van maatregelen is deze onderlinge interactie erg belangrijk: maatregelen op elk riviertraject kunnen effect hebben over de afvoerverdeling over de rivieren.

### 4.2.1 Locatie 1: Waalbochten

Deze locatie is nader uitgewerkt omdat hier veel bestaande natuurwaarden liggen en de aanwezige natte ecotopen bedreigd worden in hun voortbestaan door verdroging. De locatie ligt daarnaast binnen de Natura 2000-begrenzing, waar een opgave ligt voor de ontwikkeling van ooibos. De uitwerking voor deze locatie zal daarom focussen op maatregelen die de bestaande natuurwaarden kunnen behouden, met als tweede doel mogelijke locaties voor ooibosontwikkeling te identificeren. Hierbij moet rekening worden gehouden met de gewenste trends in de Waalbochten. In onderstaande tabel is weergegeven welke opgave er speelt voor de verschillende aspecten op het traject van de Waalbochten.

Gewenste trend	Bodemligging	Laagwaterstand	Overstromings frequentie	Hoogwaterstand	Morfo dynamiek	Habitat diversiteit/kwaliteit
Waalbochten	↑ ↑	↑ ↑	↑	↓ ↓	↑	↑

In de Waalbochten ligt er een zeer grote opgave voor verhoging van bodemligging en laagwaterstand. Dit is zo omdat bij laagwater het Pannerdensch Kanaal te weinig water ontvangt, toename van de bodemligging in de Waal helpt bij herstel hiervan. In het Pannerdensch Kanaal ligt ook een opgave voor toename van bodemligging, maar hier is pas ruimte voor als de afvoerverdeling over de Pannerdensch Kop hersteld is. Om de bovengenoemde natuurwaarde te behouden zijn er maatregelen nodig om de inundatiefrequentie en grondwaterstanden in 2050 te verhogen. In de onderstaande tabel is er een eerste selectie gemaakt van maatregelen die mogelijk zijn op dit riviertraject. De kansrijke maatregelen zijn daarna verder toegelicht en er is gekeken waar binnen de Waalbochten deze maatregelen toegepast kunnen worden. Daarnaast worden al bestaande plannen voor de Gendtse Waard en de Bemmelse Waard bekeken in het licht van dit onderzoek en wordt beoordeeld of dit kan bijdragen aan de gewenste synergie op het gebied van natuur en sedimentbalans.

Mogelijke maatregelen	Ja/Nee	Korte toelichting
Aanpassing kribben	Ja	Langs het gehele verloop van de Waalbochten (met uitzondering van de Millingerwaard) liggen kribben, wat kribaanpassingen mogelijk maakt.

Zomerkadeaanpassing	Ja	Daar waar zomerkades en voldoende ruimte in de uiterwaarden beschikbaar zijn, is dit mogelijk.
Eroderende oevers langs het zomerbed	Nee	Dit traject bestaat al uit eroderende oevers.
Langsdammen	Nee	De Waalbochten zijn erg bochtig, waardoor langsdammen zoals toegepast in de Midden-Waal risico's meebrengen (bij hoge waterstanden komen ze recht op de stroomrichting te staa, zie 3.2.4).
Uiterwaard-verlaging	Ja	Daar waar voldoende ruimte is in de uiterwaarden. Hierbij moet rekening worden gehouden dat het verlagen van uiterwaarden tegenstrijdig kan zijn met het behouden van huidige ecotopen (Natura 2000-waarden), aangezien deze daarbij worden aangetast.
Nevengeulen	Ja	Al aanwezige nevengeulen kunnen worden verbeterd. Daar waar voldoende ruimte is in de uiterwaard kunnen nieuwe nevengeulen worden toegepast.
Ooibosontwikkeling	Ja	In de Waalbochten is vooral een opgave voor behoud van huidige ecotopen. Toch zullen er op enkele locaties mogelijkheden liggen voor de ontwikkeling van ooibos.

#### *Ingrepen in de uiterwaarden*

Een kansrijke maatregel om de inundatiefrequentie en grondwaterstand te verhogen is het verlagen van een uiterwaard in combinatie met het verlagen van de zomerkade. Verlagen van zomerkades zorgt voor een grotere rivierinvloed in de uiterwaarden wat gunstig is voor natte ecotopen (ooibos, grasland en overstromingsvlaktes). Hierbij is een combinatie met uiterwaardverlaging belangrijk om zo de meest optimale waterdieptes en inundatiefrequenties te kunnen realiseren. Rietmoeras kan zich ontwikkelen in laagdynamische delen in de uiterwaarden. Door het verlagen van de uiterwaard zal daarnaast de grondwaterstand dichterbij het maaiveld komen te liggen. Voor het verlagen van de zomerkades is ruimte bij de Gendtse Waard, de Stadswaard en de Bemmelse Waard (daar liggen nu vrij hoge zomerkades, maar daar zijn ook al plannen voor in uitvoering). Bij de Millingerwaard is zomerkadeverlaging geen optie, hier liggen hoge oeverwallen waarop stroomdalgrasland voorkomt.

Het verlagen van zomerkades en uiterwaarden heeft daarnaast het gewenste effect van lagere hoogwaterstanden, aangezien het doorstroomoppervlak van de uiterwaarden zal toenemen. Dit heeft het bijkomende gewenste effect van lagere stroomsnelheden, wat de erosieve kracht uit de stroming haalt en waardoor de rivierbodem kan stabiliseren of sedimenteren. Verder neemt morfodynamiek en habitatdiversiteit/kwaliteit toe, door toenemende uitwisseling van sediment tussen de uiterwaarden en het zomerbed. Dit is bijvoorbeeld gunstig voor stroomdalgraslanden en hardhoutooibossen.

Een andere mogelijke ingreep die synergie geeft op het gebied van natuur en sedimentbalans, is de creatie of aanpassing van nevengeulen (waar tevens al plannen voor zijn gemaakt). Als een nevengeul in de buitenbocht wordt aangetakt heeft dit het bijkomende gewenste effect dat de bodemligging van de rivier en de laagwaterstand zal toenemen. De nevengeul zorgt er tegelijkertijd voor dat de uiterwaard waarin deze zich bevindt sneller zal overstromen, aangezien deze beter verbonden is met het zomerbed. In de Waalbochten is al een tweezijdig aangetakte nevengeul aanwezig in de Klompenwaard en een eenzijdig aangetakte geul in de Millingerwaard. De nevengeul in de Millingerwaard wordt op dit moment al uitgebreid. In de Gendtse Waard zijn al verlaagde delen aanwezig langs de noordzijde. Hier is potentie om dit aan te takken aan de rivier en zo een nevengeul te creëren. In de Bemmelse Waard zijn meren aanwezig van voormalige zandafgravingen. Deze kunnen aangetakt worden, al bestaat hier het risico dat dit door de grote diepte gaat werken als sediment sink, wat erosie in de hoofdgeul zelf in de hand kan spelen (omdat het sediment onttrekt).

Maatwerk is nodig om te bepalen wat de optimale dieptes zijn van de nevengeul en plassen, ook in het kader van toekomstige klimaateffecten, en of het wenselijk is om alle plassen aan te takken. Vanuit habitatdiversiteit kan het ook de voorkeur hebben om een enkele plas geïsoleerd van de hoofdstroom te houden. Ten slotte is er de uiterwaard bij Vlietberg. Hier is al een eenzijdig aangetakte nevengeul aanwezig. Er kan voor gekozen worden deze uit te breiden en volledig aan te takken. De dynamiek neemt hierdoor toe wat gunstig kan uitpakken voor natte ecotopen, bijvoorbeeld zachthoutoobos.

In de Gendtse Waard en de Bemmelse Waard ligt ruimte voor oobos, hier is veel productiegrasland aanwezig. In combinatie met de bovengenoemde uiterwaardverlaging en zomerkadeverlaging zou de toename van de hoogwaterstand en mogelijke toename van erosie in de hoofdgeul gecompenseerd kunnen worden.

#### *Ingrepen in het zomerbed*

Langs het volledige traject is er de mogelijkheid om kribben te verlagen. Deze maatregel zal een positief effect hebben op de bodemligging, doordat de erosie op dit traject zal afnemen. Tegelijkertijd zal de hoogwaterstand afnemen en is er een positief effect voor de morfodynamiek en habitat diversiteit/kwaliteit.

#### *Visie Gendtse Waard*

In de Gendtse Waard wordt sinds 2021 gewerkt aan de herinrichting van het westelijke deel van de uiterwaard (zie Figuur 4-2). Dit westelijke deel was tot dat moment voornamelijk agrarisch in gebruik. Dit deel bestaat verder uit een afwisseling van oobos, oude zand- en kleiwinplassen, graslanden en bebouwing. In samenwerking met K3Delta, Staatsbosbeheer, steenfabriek De Zandberg en Stichting Lingewaard Natuurlijk wordt een gebied van 220 hectare ingericht als dynamisch riviernatuurgebied.

Dit project sluit op een aantal vlakken goed aan bij de gezochte synergie op het gebied van natuur en sedimentbalans voor de Gelderse Poort. Ten eerste wordt er hardhoutoobos gerealiseerd, wat ook wenselijk is vanuit N2000. Het totale oppervlak dat er gerealiseerd wordt, 5 ha, is echter aan de lage kant. Voor een goed ontwikkelde oobos mozaïek wordt minimaal 10 ha aangeraden. De locatie die gekozen is lijkt daarnaast op een stroomluwe plek te liggen, waardoor het effect op de stroming in de rivier beperkt zal blijven. Dit beperkt ongewenste effecten, zoals erosie in de vaargeul of toename van de hoogwaterstand. Voor ecologie en morfodynamiek kan het echter interessant zijn om ontwikkeling van oobos verder richting de stroomdraad te verwezenlijken.

Een tweede positieve ingreep is de verplaatsing van de westelijke zomerkade. De huidige aanwezige zomerkade langs het zomerbed wordt volledig afgegraven, waardoor het westelijke deel van de uiterwaard onder invloed komt van rivierdynamiek. De verbindingsweg naar de Steenfabriek zal de nieuwe zomerkade vormen. Het gebied ten oosten van de weg zal nog steeds omringd zijn door een zomerkade, maar dit gebied zal geschikter worden voor natte ecotopen (vooral voor riet/moerasruigte) die gebaat zijn bij lage dynamiek. Het gebied wordt geschikter gemaakt door de aanleg van een meer en een verbinding met een duiker onder de verbindingsweg door.



*Figuur 4-2: Inrichtingsplan Gendtse Waard. Dit plan bestaat uit de volgende onderdelen: 1. Samenwerking landbouw en natuur, 2. Herinrichting van de bestaande plas, 3. Natuurontwikkeling Vossegat, 4. Verplaatsing zomerkade, 5. Opknappen toegangsweg steenfabriek, 6. Ruimte voor ontwikkeling hardhoutoibos, 7. Plaatsing Vogelkijkhut 8. Nieuwe plas, 9. Herinrichting fabrieksterrein. (Gendtse Waard | K3).*

#### *Visie Bemmelse Waard*

Sinds 2018 werken K3Delta, Staatsbosbeheer, Lingewaard Natuurlijk, Doornik Natuurakkers en Stichting Natura Saned samen aan natuurontwikkeling in de Bemmelse Waard. In opdracht van het Rijk is de Bemmelse Waard een aantal jaar geleden verruimd om de risico's op overstroming voor omwonenden bij hoge waterstanden op de Waal te verminderen. Eind 2018 zijn de samenwerkende partijen gestart met de uitvoering van het nieuwe inrichtingsplan om na het volbrengen van de hoogwaterveiligheidsopgave ook de natuur in de Bemmelse Waard te ontwikkelen (zie Figuur 4-3).

De natuurontwikkeling richt zich op weidevogels en begrazingsnatuur. In de Ambtswaard ontstaat een meer traditioneel beheerd nat grasland waar hopelijk weer vele kieviten en grutto's zich thuis gaan voelen. In de rest van de uiterwaard richt de inrichting zich op meer dynamische (begrazings)natuur. Waterplassen en oibossen worden met elkaar verbonden, akkers worden omgezet naar weidevogelgebieden en er komen nieuwe struinpaden, een ruiterroute onder langs de dijk en diverse rust- en uitzichtpunten.

Dit project sluit goed aan bij de wens naar meer natte ecotopen, maar zou baat kunnen hebben bij een betere verbinding met het zomerbed. In zowel de huidige situatie als in dit plan is de uiterwaard omringd door een zomerkade, waardoor de inundatiefrequentie in dit gebied laag blijft. Door het verlagen van de zomerkade en/of het aantakken van de plassen kan een meer dynamisch gebied gecreëerd worden. Door deze ingreep kan deze uiterwaard ook beter bijdragen bij de gewenste sedimentbalans; de uiterwaard zal sneller meestromen, waardoor stroomsnelheden in het zomerbed afnemen en de erosie in de vaargeul zal verminderen.





Figuur 4-3: Inrichtingsplan Bemmelse Waard (*Bemmelse Waard | K3*).

#### 4.2.2 Locatie 2: Pannerdensch Kanaal

Deze locatie is nader uitgewerkt omdat hier veel ruimte is voor de ontwikkeling van natte ecotopen, waaronder oobos (wat een Natura 2000-opgave is). De locatie ligt binnen de Natura 2000-begrenzing, maar ook daarbuiten liggen kansen. In hoofdstuk 3 is geconcludeerd dat er kansen zijn voor de ontwikkeling van oobos in combinatie met uiterwaardverlaging en zomerkadeverlaging. Daarnaast zijn er op dit traject kribben aanwezig die verlaagd kunnen worden en is er genoeg ruimte in de rivier voor het realiseren van langsdammen. In onderstaande tabel is weergegeven welke opgaven er spelen voor de verschillende beoordelingsaspecten in het traject van het Pannerdensch Kanaal. Er ligt een grote opgave voor het laten toenemen van de overstromingsfrequentie en het af laten nemen van de hoogwaterstand. Verder ligt er een wens voor een toename van morfodynamiek en habitat diversiteit/kwaliteit.

Gewenste trend	Bodemligging	Laagwaterstand	Overstromings frequentie	Hoogwater stand	Morfo dynamiek	Habitat diversiteit/kwaliteit
Pannerdensch Kanaal	↑	↑	↑↑	↓↓	↑↑	↑↑

Om de bovengenoemde natte ecotopen te realiseren en de insnijding van de rivier tegen te gaan zijn er maatregelen nodig. In de onderstaande tabel is er een eerste selectie gemaakt van maatregelen die mogelijk zijn op dit riviertraject. De kansrijke maatregelen zijn daarna verder toegelicht en er is gekeken waar binnen het Pannerdensch Kanaal deze maatregelen toegepast kunnen worden. Daarnaast worden de al bestaande plannen voor de Huissense Waard getoetst aan de hand van dit onderzoek en gekeken of dit kan bijdragen aan de gewenste synergie.

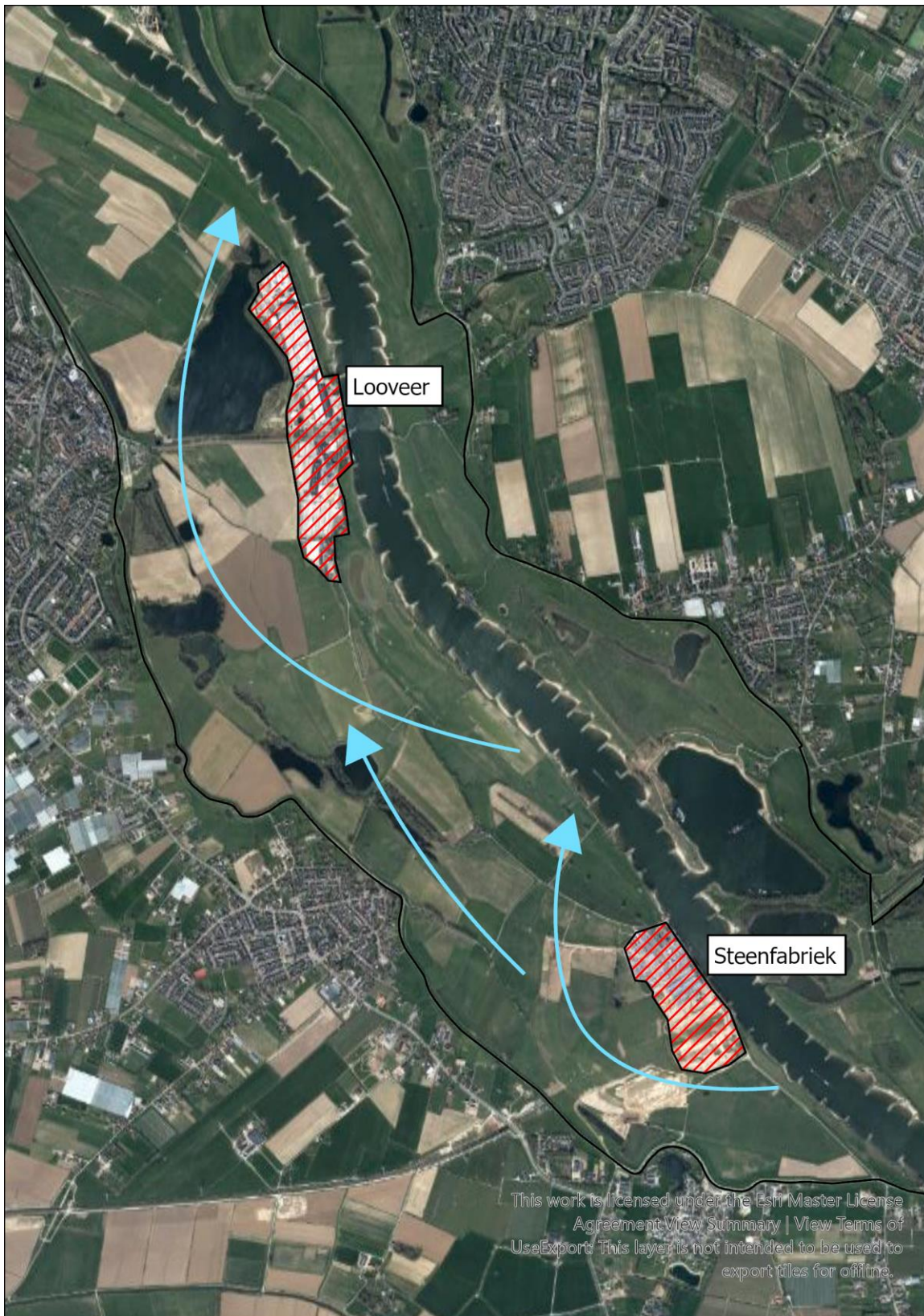
Mogelijke maatregelen	Ja/Nee	Korte toelichting
Aanpassing kribben	Ja	Langs het gehele verloop van het Pannerdensch Kanaal liggen kribben, wat kribaanpassingen mogelijk maakt. Kribverlaging tussen de Pannerdensch Kop en Veer Doornenburg – Pannerden liggen al in de planning.
Zomerkadeaanpassing	Ja	Langs grote delen van dit traject liggen zomerkades die aangepast kunnen worden.
Eroderende oevers langs het zomerbed	Ja	Dit traject bestaat gedeeltelijk uit oevers van stortsteen die verwijderd kunnen worden.
Langsdammen	Ja	Langs bijna het gehele traject liggen kribben die vervangen kunnen worden voor langsdammen. Bovendien is de vaargeul hiervoor breed genoeg.
Uiterwaard-verlaging	Ja	Daar waar voldoende ruimte is in de uiterwaarden.
Nevengeulen	Ja	Daar waar voldoende ruimte is in de uiterwaarden.
Ooibosontwikkeling	Ja	In het Pannerdensch Kanaal is er genoeg ruimte voor ooibosontwikkeling

#### *Ingrepen in de uiterwaarden*

De uiterwaarden (vooral de Huissense Waarden aan de westkant) van het Pannerdensch Kanaal zijn zeer ruim en bestaan grotendeels uit productiegrasland, waardoor er zeer veel ruimte is voor de creatie van natte ecotopen, waaronder ooibos. Dit ooibos kan dicht op de stroomdraad van de rivier gerealiseerd worden, wat zal bijdragen aan een (gewenste) toename van de overstromingsfrequentie bovenstrooms van het ooibos en een toenemende morfodynamiek en habitat diversiteit/kwaliteit in dit gebied. Ooibosontwikkeling brengt echter ook mogelijk ongewenste effecten met zich mee: een toenemende hoogwaterstand, terwijl er in het Pannerdensch Kanaal de wens is om de hoogwaterstand juist af te laten nemen. Daarnaast bestaat er het risico van bodemerosie van de vaargeul wanneer ooibos dicht hierop wordt ontwikkeld. Om deze effecten te minimaliseren of te compenseren zijn er andere maatregelen nodig. In het Pannerdensch Kanaal is er zowel ruimte voor deze maatregelen in de uiterwaarden (door groot beschikbaar oppervlak ten koste van productiegrasland) en in het zomerbed (door de brede loop van de rivier).

Om de negatieve effecten van ooibosontwikkeling tegen te gaan kan er gekozen worden voor de aanleg van nevengeulen of uiterwaardverlaging. Nevengeulen zorgen namelijk voor een afname van de hoogwaterstand. Hiervoor bestaat vooral ruimte aan de westkant van het Pannerdensch Kanaal (zie Figuur 4-4). Om nevengeulen te laten aansluiten bij de gewenste trends in het Pannerdensch Kanaal is het wenselijk deze aan te takken in een buitenbocht (vanwege een toenemend effect op de bodemligging, laagwaterstand en overstromingsfrequentie in de uiterwaard waar de nevengeul aanwezig is), dit is mogelijk ten zuiden van Steenfabriek Huissenswaard. Voor de benedenstroomse aantakking van de nevengeul kan vervolgens gekozen worden voor een locatie tussen Steenfabriek Huissenswaard en Looveer (als inlaat en/of uitlaat) en na Looveer (als uitlaat). Vooral bij deze laatste aansluiting (na Looveer) moet onderzocht worden of dit een gewenste locatie is. Deze uitlaat ligt namelijk zeer dicht op de IJsselkop en kan daarom een groot, mogelijk ongewenst, effect hebben op de afvoerverdeling richting de Nederrijn en IJssel. Daarnaast zal een nevengeul langs Looveer een bestaand water kruisen (het Zwanewater). Nader onderzoek is nodig of deze aantakking een meerwaarde heeft voor natuurwaarden (zoals vissen) of dat het de voorkeur heeft om dit water geïsoleerd te houden.





*Figuur 4-4: Mogelijke locaties voor nevengeulen in het Pannerdensch Kanaal (blauwe pijlen). Rood gearceerd zijn de Steenfabriek en Looveer, die obstakels vormen voor de realisatie van deze nevengeulen.*

Naast nevengeulen en uiterwaardverlaging kan er ook gekozen worden om de zomerkades te verlagen. Verlagen van zomerkades zorgt voor een grotere rivierinvloed in de uiterwaarden wat gunstig is voor natte ecotopen (oobos, grasland en overstromingsvlaktes). Hierbij is een combinatie met uiterwaardverlaging belangrijk om zo de meest optimale waterdieptes en inundatiefrequenties te kunnen realiseren. Rietmoeras kan zich ontwikkelen in laagdynamische delen in de uiterwaarden. Deze zomerkades zijn in de huidige situatie aanwezig langs de volledige westelijke oever. Er zijn al plannen voor een zomerkadeverlaging ten zuiden van Steenfabriek Huissenswaard. Dit plan kan mogelijk worden uitgebreid langs de volledige westelijk oever.

#### *Ingrepen in het zomerbed*

In het zomerbed bestaat er een kansrijke combinatie van kribverlaging, langsdammen en eroderende oevers. Voor het deel van het Pannerdensch Kanaal bovenstreams van Veer Doornenburg-Pannerden wordt in de komende periode al een kribverlaging uitgevoerd (vanwege een taakstelling op de Boven-Rijn). In de toekomst kan dit ook voor het meer benedenstroomse gedeelte toegepast worden ten behoeve van een symbiose tussen de natuur (PAGW) en sedimenthuishouding (IRM). Daarnaast heeft deze ingreep het gewenste effect van een verlaagde hoogwaterstand. Deze kribverlaging kan gecombineerd worden met de creatie van eroderende oevers tussen de kribben, door deze te ontstenen. Dit zal de natuurlijke morfodynamiek van de rivier herstellen en een positief effect hebben op de natuurlijke waarde van deze oevers. Deze toegenomen morfodynamiek kan daarnaast bijdragen aan het tegengaan van de optredende erosie van de vaargeul in het Pannerdensch Kanaal; het eroderende materiaal van de oevers zal vooral gedeponerd worden in de vaargeul.

In plaats van kribverlaging leent een deel van het Pannerdensch Kanaal zich voor het vervangen van de aanwezige kribben door langsdammen, zoals beschreven in 3.2.4. In tegenstelling tot kribverlaging zorgen langsdammen voor een toename van de laagwaterstand, doordat bij een lage afvoer water wordt geconcentreerd in de hoofdgeul. Aangezien er in het Pannerdensch Kanaal een opgave ligt voor een toename van de laagwaterstand is dit het gewenste alternatief. Daarnaast vormt er achter de langsdammen een luwe oeverzone die waardevol is voor de natuur. Kansrijke locaties voor langsdammen zijn:

- Bij uitloop van de Rijnstrangen (oostoever). Van noordelijkste punt Groene Rivier tot de ingang van Jachthaven Loowaard. Hier moet rekening worden gehouden dat deze langsdam de uitstroom vanuit de Rijnstrangen niet blokkeert.
- Tussen Steenfabriek Huissenswaard en Looveer (westoever).
- Na Looveer tot aan de IJsselkop (westoever). Hier moet rekening worden gehouden met de bebouwing op 100 m afstand van de huidige oever langs de eerste 600 m bij Looveer. Dit kan mogelijke beperkingen vanwege de maximaal toelaatbare erosie van deze oever.

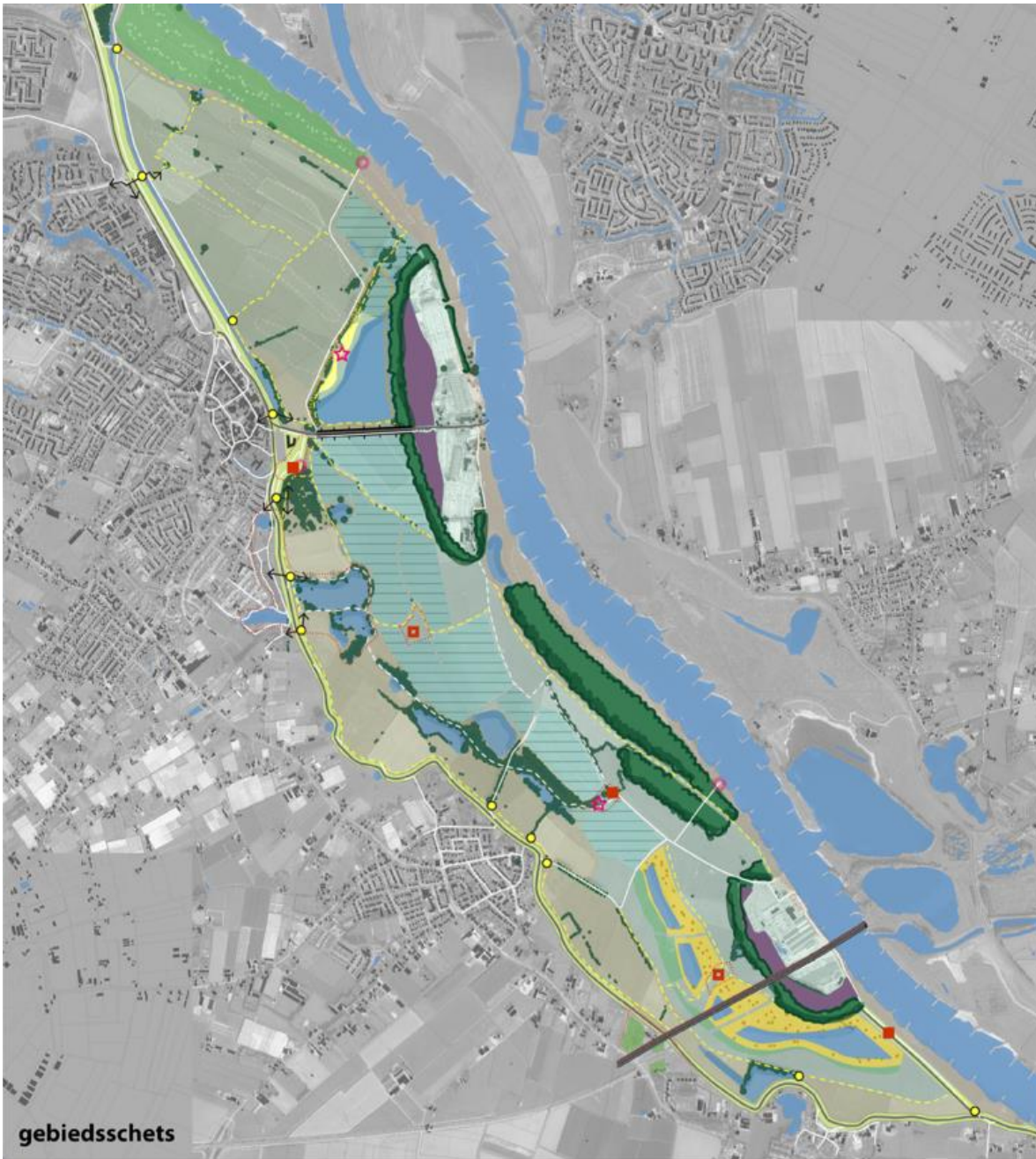
De kribverwijdering, plaatsing van langsdammen, zomerkadeverlaging en uiterwaardverlaging/nevengeul leveren de rivierkundige ruimte om een oobos te kunnen plaatsen. Of dit voldoende ruimte oplevert voor een oobos met minimum structuurareaal (van ca. 25 ha), zal afhangen van de precieze vorm, locatie en hoogteligging van het oobos.

#### *Visie Huissense Waarden*

Een ander voorbeeld van een maatregelpakket is te zien in de visie voor de Huissense Waarden in 2015<sup>11</sup>, opgesteld in samenwerking met Rijkswaterstaat, Gelderse Natuur en Milieufederatie, Staatsbosbeheer, Lingewaard Natuurlijk en provincie Gelderland (zie Figuur 4-55). Binnen deze visie worden hoogwaterdoelstellingen gecombineerd met ontwikkeling van hardhoutoobos en natuurlijk grasland. Daarnaast wilde de combinatie K3Delta (delfstofwinner) en Caprice (steenfabriek) middels een ontgrondingsproject moerasnatuur realiseren. In dit plan staat het verlagen van de zomerkades en kribben centraal.

<sup>11</sup> [Huissense Waarden | ARK Natuurontwikkeling](#)





**Behoud en versterking landschappelijke diversiteit**

-  dijkzone
-  middengebied
-  oeverwal
-  kronkelwaard

**Rivier natuur: versterken van de natuurwaarden**

-  behoud bestaande natuurwaarden
-  ontwikkelen moeras
-  ontwikkelen oobos
-  ontwikkelen stroomdalgraslanden



**Stadsuiterwaard: verbeteren recreatiemogelijkheden**

-  nieuwe wandelpaden
-  versterken relaties binnen-buitendijks
-  plekken aan de rivier
-  kwaliteitsimpuls Zwanewater
-  nieuwe recreatieve functies

**Zichtbaar verleden: beleefbaar maken cultuurhistorie**

-  beleefbaar maken cultuurhistorische plekken

**Werklanschap: werken aan goed ingepaste bedrijvigheid**

-  goede en veilige ontsluiting
-  robuuste landschappelijke inpassing

huissensche waarden



Figur 4-5: Visie Huissense Waarden, *Huissense Waarden* | ARK Natuurontwikkeling.

### 4.2.3 Locatie 3: Boven-IJssel (Havikerwaard)

Deze locatie is nader uitgewerkt omdat hier veel ruimte is voor de ontwikkeling van natte ecotopen, waaronder ooibos (wat een Natura 2000-opgave is). De locatie ligt deels binnen de Natura 2000-begrenzing, maar ook daarbuiten liggen kansen. In hoofdstuk 3 is geconcludeerd dat er kansen zijn voor de ontwikkeling van ooibos in combinatie met uiterwaardverlaging en zomerkadeverlaging. Op dit traject zijn te weinig kribben aanwezig om aanpassingen hieraan effectief te laten zijn. Dus rivierverruimende maatregelen moeten in dit gebied vooral gezocht worden in maatregelen in de uiterwaarden.

In onderstaande tabel is weergegeven welke opgaven er spelen voor de verschillende beoordelingsaspecten in het traject van de Boven-IJssel. Voor de waterstanden (zowel laagwater verhogen als hoogwater verlagen) is de opgave relatief groot ten opzichte van andere trajecten.

Gewenste trend	Bodemligging	Laagwaterstand	Overstromings frequentie	Hoogwaterstand	Morfo dynamiek	Habitat diversiteit/kwaliteit
Boven-IJssel	↑	↑ ↑	↑	↓ ↓	↑	↑

Hieronder is een eerste selectie gemaakt van maatregelen die mogelijk zijn op dit riviertraject. Omdat de vaargeul hier smal is, is er weinig ruimte om in het zomerbed maatregelen te treffen. Door ooibosontwikkeling te combineren met uiterwaardverlaging kan de toename in hoogwaterstand gecompenseerd worden (zie Hoofdstuk 3.2). Tegelijkertijd draagt een uiterwaardverlaging bij aan het vergroten van de inundatiefrequentie en mogelijk ook aan het creëren van de juiste condities voor (nat) ooibos. Ook kunnen ooibossen leiden tot meer divergentie in het stromingspatroon binnen deze uiterwaarden.

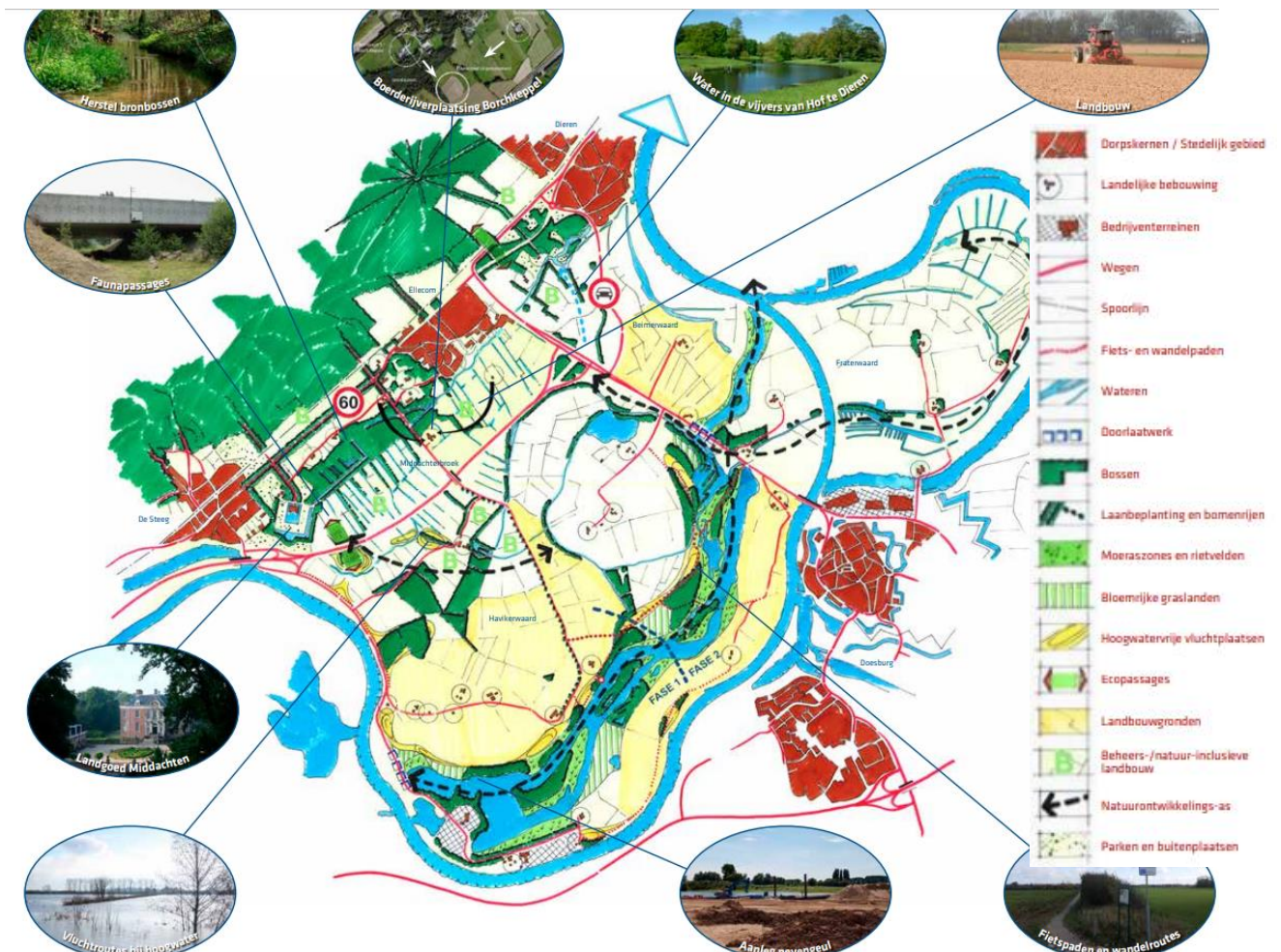
Mogelijke maatregelen	Ja/Nee	Korte toelichting
Aanpassing kribben	Nee	Op dit traject zijn nauwelijks kribben aanwezig en de aanwezige kribben zijn klein waardoor het aanpassen van deze kribben weinig effect zal hebben.
Zomerkadeaanpassing	Ja	Daar waar een zomerkade en voldoende ruimte in de uiterwaarden aanwezig is, is dit een mogelijkheid.
Eroderende oevers langs het zomerbed	Ja	Delen van dit traject bestaan uit oevers van stortsteen die verwijderd kunnen worden.
Langsdammen	Nee	De vaargeul is hier niet breed genoeg voor langsdammen. Er is in de huidige situatie al een knelpunt voor de scheepvaart.
Uiterwaard-verlaging	Ja	Daar waar voldoende ruimte is in de uiterwaarden.
Nevengeulen	Ja	Daar waar voldoende ruimte is in de uiterwaarden.
Ooibosontwikkeling	Ja	In de Havikerwaard is voldoende ruimte aanwezig waar ooibos ontwikkeld kan worden, waardoor dit niet direct gevolgen hoeft te hebben t voor de doorstroming. Tegelijkertijd is er ruimte om ooibos dichter op de stroomdraad te ontwikkelen, wanneer dit gecompenseerd wordt met uiterwaardverlaging.

In dit deelgebied (Havikerwaard) is door verschillende partijen al onderzoek verricht naar de mogelijkheden voor herinrichting van de uiterwaarden, in combinatie met winning van delfstoffen, en verwerkt in een Visie Havikerpoort. In het vervolg is uit een MIRT-onderzoek gebleken dat in dit gebied veel opgaven vanuit Natura 2000, KRW, IRM en PAGW kunnen samenvallen. Ook hieruit is een schetsontwerp ontstaan. Wij hebben in het kader van de voorliggende studie dus beoordeeld in hoeverre deze nog aangescherpt kunnen worden op basis van deze studie naar kansrijke symbiose.



### Visie Havikerpoort

Onder de noemer 'Havikerpoort' is reeds een visie opgesteld in samenwerking met Provincie Gelderland, Gemeente Rheden, Vereniging Natuurmonumenten, Stichting Twickel (Landgoed Hof te Dieren), Landgoed Middachten, Rijkswaterstaat, Vitens, Waterschap Rijn en IJssel en K3Delta.



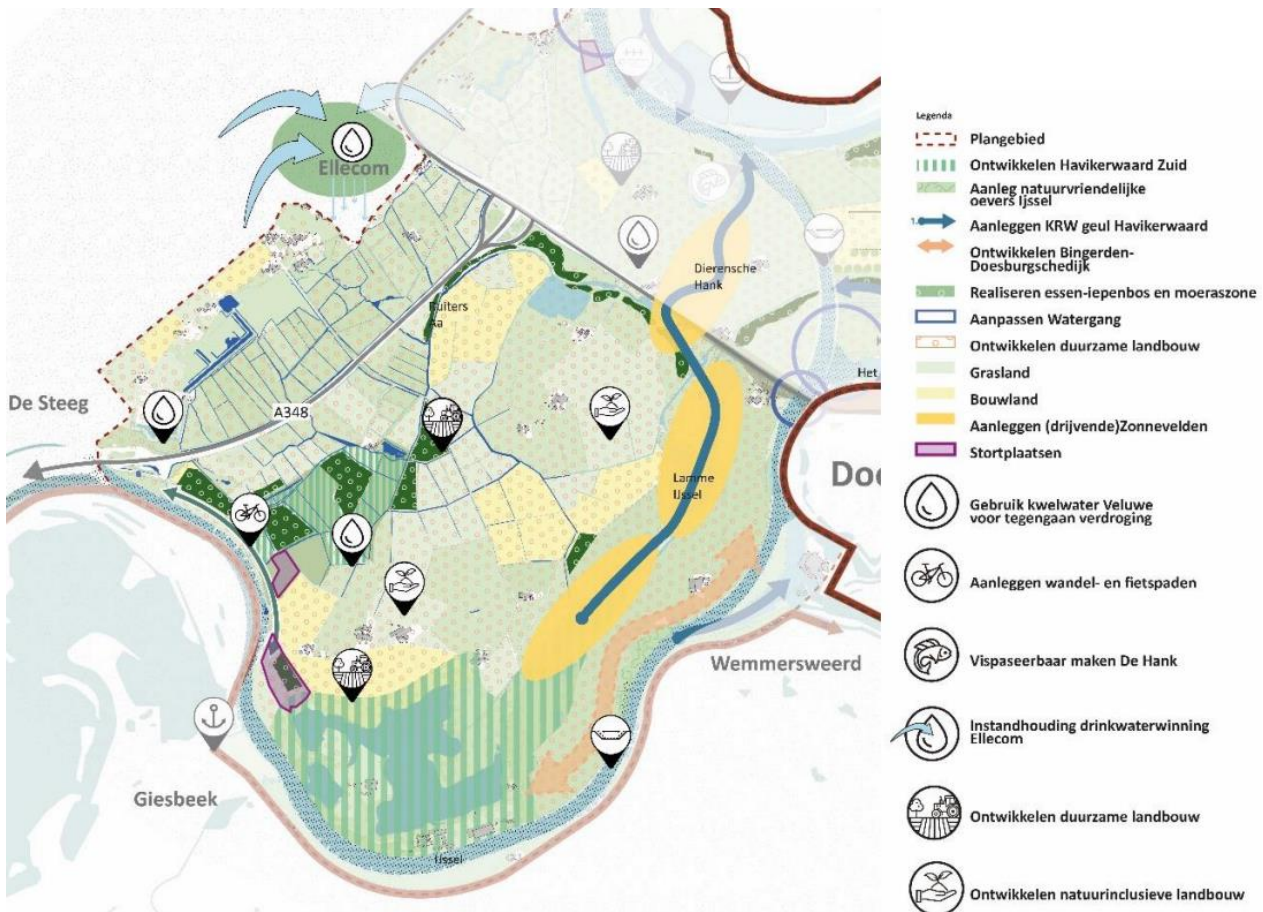
Figuur 4-6 Visie Havikerpoort (Folder Havikerpoort, Stichting Twickel, 2017)<sup>12</sup>

De Havikerpoort richt zich op natuurontwikkeling, faunapassages, waterherstel, behoud van het agrarische cultuurlandschap en de aanleg van wandel- en fietsroutes. Verdroging is een knelpunt in dit gebied, door ontwatering van de landbouwgronden in het Middachterbroek. Om verdere verdroging tegen te gaan is in 2017 een herstelplan uitgevoerd, waarbij de sloten weer zijn beleemd. De graslanden worden biologisch beheerd. Hier ontwikkelen zich bloemrijke hooilanden, die samen met de begroeide oevers van de beken een mooie verbinding met de Havikerwaard vormen. K3Delta werkt samen met de grondeigenaren aan de realisatie van een nevengeul van de IJssel, in het zuiden van de Havikerwaard (in eerste instantie het traject waar fase 1 bij staat op bovenstaande kaart). Fase 2 wordt op langere termijn uitgewerkt. Hierdoor zal uiteindelijk een groot nat natuurgebied ontstaan.

### MIRT-onderzoek Havikerwaard, Fraterwaard en Olburgerwaard

<sup>12</sup> Folder-Havikerpoort-2017-Web.pdf (middachten.nl)

Aanvullend op de hiervoor beschreven visie van de Havikerpoort is er in 2018 een MIRT-onderzoek QuickScan Boven-IJssel uitgevoerd. Dit onderzoek uit 2018 toont aan dat er op de Boven-IJssel (traject vanaf Rivierklimaatpark IJsselpoort – toegang Twentekanaal) een groot aantal opgaven vanuit de programma's als Kaderrichtlijn Water (KRW), Programma Aanpak Grote Wateren (PAGW) en Natura 2000 fysiek samenvallen met opgaven voor vaarwegverbetering en hoogwaterveiligheid. Besloten is om een MIRT-onderzoek uit te voeren voor de deelgebieden Havikerwaard, Fraterwaard en Olburgerwaard, die in 2021 in opdracht van provincie Gelderland is afgerond<sup>13</sup>. Dit was ook één van de pilotprojecten vanuit IRM.



Figuur 4-7 Opgaven en initiatieven korte en middellange termijn (tot 2030)<sup>13</sup>

### Conclusie vanuit dit project met het oog op een kansrijke symbiose van natuurontwikkeling en herstel sedimentbalans Gelderse Poort

De verschillende opgaven in dit gebied kunnen met elkaar botsen. Ontwikkeling van ooibos (opgaven vanuit Natura 2000, KRW en PAGW) kan conflicteren met de benodigde afvoercapaciteit. De beleidsmatige afvoerverdeling op de IJsselkop ligt op dit moment al onder druk (bij laagwaterstand gaat er te weinig water richting de IJssel). Het compenseren van maatregelen die conflicteren met de afvoercapaciteit is daarom van groot belang. Er is in dit gebied voldoende ruimte om maaiveld verder te verlagen en de afvoercapaciteit verder te vergroten. Dit gaat ten koste van de overblijvende landbouwgronden. In het MIRT-onderzoek is aangegeven dat dit weer kan conflicteren met het toekomstige beheer van het gebied. Het (agrarisch) natuurbeheer kan mogelijk uitgevoerd worden door agrariërs, wanneer deze nog een rol hebben in dit gebied.

<sup>13</sup> [MIRT-onderzoek Havikerwaard, Fraterwaard, Olburgerwaard \(gelderland.nl\)](https://www.gelderland.nl/mirt-onderzoek-havikerwaard-fraterwaard-olburgerwaard)



Desalniettemin is de Havikerwaard een unieke locatie in het rivierengebied waar ruimte is om op grote schaal ooibos te realiseren en waar synergiekansen liggen om de sedimentbalans te herstellen:

- Ter plaatse van de ooibosontwikkeling zal de verruwing zorgen voor een afname van stroomsnelheden. Deze afname van stroomsnelheden zorgt voor sedimentatie ter plaatse van het ooibos en direct benedenstrooms daarvan. Tegelijkertijd zal door deze verruwing het water omgeleid worden rondom het ooibos, waar de stroomsnelheid en dus erosie zal toenemen. Ooibos zal pas deze effecten hebben als het zich in de stroombaan bevindt.
- Door ooibosontwikkeling te combineren met uiterwaardverlaging kan de toename in hoogwaterstand gecompenseerd worden. Tegelijkertijd draagt een uiterwaardverlaging, samen de met zomerkadeverlaging, bij aan het vergroten van de inundatiefrequentie en mogelijk ook aan het creëren van de juiste condities voor (nat) ooibos. Ook kunnen ooibossen leiden tot meer variatie in het stromingspatroon binnen deze uiterwaarden.
- Er is meer ruimte voor de ontwikkeling van ooibos dan in de hierboven beschreven plannen is opgenomen. Er liggen grote arealen landbouwgrond (zowel binnen als buiten de Natura 2000-begrenzing) waar ontwikkeling van ooibos mogelijk is. Hier liggen kansen om ooibos op verschillende gradiënten tot ontwikkeling te laten komen, van zachthoutooibos in de laagste delen langs de nevengeulen en mogelijk ook langs de IJssel tot hardhoutooibossen op de hogere percelen. Ook is er ruimte om een groter areaal uiterwaard te verlagen om zo nodig de ooibosontwikkeling, eventueel langs de stroombaan, te compenseren.
- De ligging van het gebied aan de rand van de Veluwe biedt ook potenties voor kwelgevoede milieus. Op basis van meer detailonderzoek naar bodemopbouw kan gekeken worden waar in het gebied laagtes verder verlaagd kunnen worden om zo natte plekken te laten ontstaan. Deze gebieden moeten ontwikkeld worden tot laagdynamische gebieden, waar de rivierinvloed beperkt is. Dit sluit aan bij de ontwikkelingen die nodig zijn voor de kamsalamander (zie het Natura 2000-beheerplan), ook een doelsoort vanuit Natura 2000. In dit gebied is versterking van de verbindingen tussen deelpopulaties en de aanleg van voortplantingswateren nodig om uitbreiding van de populatie te realiseren. Maatregelen alleen in de habitatrichtlijngebieden van de Rijntakken zijn onvoldoende. Versterking van het hele leefgebied (binnen en buitendijks) is noodzakelijk en moet in samenhang worden gezien met de populatie van Natura 2000 gebied Landgoederen Brummen.
- Wanneer de ambities nog hoger worden ingestoken zou overwogen kunnen worden om de oude loop van de IJssel hier te herstellen. Tussen Dieren en Doesburg is in 1959 een bocht afgesneden. En in de jaren '70 in samenhang met de aanleg van de N348 is ook een bocht tussen Dieren en Rheden afgesneden (zie Figuur 4-8). Het terugbrengen van deze oude rivierlopen betekent een behoorlijke verlenging van de rivier wat verdere bodeminsnijding tegen zal gaan of zelfs een verdere verhoging van de bodem teweeg kan brengen. Daarmee kan dit ook verdroging van de uiterwaarden tegengaan, omdat de grondwaterstand meestijgt met de bodemverhoging in de rivier.



*Figuur 4-8 Ligging IJssel bij Doesburg (links 1957 en rechts 2021)  
(bron: topotijdreis)*

## 5 Conclusies en aanbevelingen voor het vervolg

### 5.1 Conclusies

Het doel van deze verkennende studie was om inzicht te krijgen in kansrijke combinaties van maatregelen die op natuurlijke wijze de sedimentbalans herstellen en tegelijkertijd de knelpunten van verdroging opheffen of verminderen en verdere natuurbehoud en -ontwikkeling mogelijk maken. Hierbij is gekeken naar de volgende maatregelen: eroderende oevers langs het zomerbed, uiterwaardverlaging, langsdammen, krib- en zomerkadeaanpassing, geulen, ooibosontwikkeling en combinaties van deze.

De GIS-analyse (hoofdstuk 3.1) schetst een duidelijk beeld van de recente en toekomstige ontwikkelingen van de ecotopen in de Gelderse Poort. Samenvattend komen we tot de volgende conclusies:

- Een uitbreiding van het areaal natte ecotopen in buitendijks gebied zal (logischerwijs) met name ten koste gaan van productiegrasland/bouwland. In de toekomst kan ook gezocht worden naar binnendijkse gebieden, om de druk op buitendijkse gebieden te verkleinen.
- Hardhoutooibos en droge graslanden (zoals stroomdalgraslanden) zijn relatief resistent tegen de gevolgen van verdroging, omdat de optimale inundatiefrequentie relatief laag is ten opzichte van de natte ecotopen. De duurzame instandhouding van hardhoutooibos staat extra onder druk vanwege de kleine restanten die van dit bosstype in het riviereengebied nog over zijn. Om geschikte uitbreidingslocaties voor hardhoutooibos te creëren moet bewust ruimte gezocht worden, aansluitend op bestaande boskernen, waar bos zich mag ontwikkelen. Geschikte uitbreidingslocaties voor hardhoutooibos zijn daarnaast ook potentiële ontwikkellocaties voor stroomdalgrasland. Omdat graslanden geen opstuwende werking hebben tijdens hoogwater, wordt eerder ingezet op graslandontwikkeling waardoor de ontwikkeling van ooibos altijd achtergebleven is. Om de condities in de toekomst geschikt te maken zijn andere inrichtingsmaatregelen nodig die de standplaats geschikt maken zoals afgraven van voedselrijke toplaag en aanplant van bomen.
- Zowel de ecotopen nat grasland, zachthoutooibos, riet/moeras en ondiep/matig diep rivierbegeleidend lopen een verdrogingsrisico. Er zijn maatregelen nodig om deze ecotopen te behouden. Om nieuwe ecotopen hiervan toe te voegen zullen tevens maatregelen nodig zijn om het gebied geschikt te maken.

De ruimtelijke verdeling van de gebieden waar in de toekomstige verdroging wordt verwacht, resulteert in drie mogelijke focusgebieden voor vernattingsmaatregelen. Kansrijke maatregelen zijn niet beperkt tot deze voorbeeldgebieden, maar ze kunnen voorbeeldgebieden zijn om de kansrijke symbiose van natuurontwikkeling en herstel van de sedimentbalans verder te onderzoeken. In deze studie is specifiek gekeken naar de volgende locaties:

1. Waalbochten, met als doel het tegengaan van verdroging van huidige natte ecotopen (en behoud en uitbreiding van ooibosgebieden voor de toekomst);
2. Pannerdensch Kanaal, met als doel om nieuwe natte ecotopen te realiseren (incl. een mogelijke combinatie van langsdammen, nevengeulen en ooibos);
3. Boven-IJssel (en dan specifiek de Havikerwaard), met als doel om nieuwe natte ecotopen te realiseren.

Een kansrijke combinatie van maatregelen voor de **Waalbochten** is de combinatie van uiterwaardverlaging, zomerkadeverlaging, kribverlaging en de aanleg van nieuwe nevengeulen en aanpassing van bestaande nevengeulen. Bij alle ingrepen in de uiterwaarden moet rekening gehouden worden met de al bestaande natte ecotopen, die bij de aanleg van sommige maatregelen beschadigd kunnen raken (bijvoorbeeld afgraven bij uiterwaardverlaging). Door een uiterwaardverlaging te combineren met zomerkadeverlaging zal zowel de inundatiefrequentie toenemen en de grondwaterstand dicht onder het oppervlak komen te liggen, wat verdroging van de bestaande natte ecotopen tegengaat. Tegelijkertijd zullen stroomsnelheden

in de vaargeul bij hogere afvoeren afnemen en daarmee zal ook de erosieve kracht van de stroming afnemen. Hierdoor kan het traject bij voldoende sedimentaanbod sedimenteren. Door tegelijkertijd kribben te verlagen wordt dit sedimenterende effect op de rivierbodem verder versterkt. Daarnaast kan gekozen worden voor het ontwikkelen van nevengeulen (zowel bestaande als nieuwe). Hierdoor neemt de verbinding van de uiterwaard met het zomerbed toe, wat verdroging kan tegengaan, en ook hierdoor nemen stroomsnelheden in de vaargeul bij hogere afvoeren af, wat bijdraagt aan een afname van de erosie in het zomerbed. Een nevengeul kan echter ook de verdroging verergeren, omdat bij lage waterstanden in de nevengeul de grondwaterstand lokaal afneemt. Een mogelijkheid om dit effect te verminderen of te voorkomen is een drempel bij de uitlaat van de nevengeul.

In het **Pannerdensch Kanaal** is er zowel ruimte voor maatregelen in de uiterwaarden (door groot beschikbaar oppervlak ten koste van productiegroenland) en in het zomerbed (door de brede loop van de rivier). Een kansrijke combinatie van maatregelen is dan ook de aanleg van nevengeulen aan de westkant van het Pannerdensch Kanaal in combinatie met zomerkadeverlaging. Hierdoor zullen de uiterwaarden onder een grotere rivierinvloed komen wat gunstig is voor de natte ecotopen. Hierbij is een combinatie met uiterwaardverlaging belangrijk om zo de meest optimale waterdieptes en inundatiefrequenties te kunnen realiseren. In het zomerbed is er ruimte voor kribverlaging en langsdammen. Dit zorgt voor stabilisatie of sedimentatie van de rivierbodem. Door daarnaast oevers te ontstenen, ontstaan eroderende oevers die de natuurlijke sedimentdynamiek herstellen en waar de natuur bij gebaat is. Door al deze maatregelen zal daarnaast (rivierkundige) ruimte ontstaan voor de realisatie van (ecologisch waardevol) oobos.

In de **Boven-IJssel** zijn nauwelijks kribben aanwezig en voor langsdammen is de vaargeul te smal. Rivierverruimende maatregelen moeten in dit gebied dus vooral gezocht worden in maatregelen in de uiterwaarden. Deze ruimte is beschikbaar in de Havikerwaard, waar onder andere oobos kan worden ontwikkeld. Door deze ontwikkeling te combineren met uiterwaardverlaging kan de toename in hoogwaterstand en toenemende stroomsnelheden, en daarmee erosie, gecompenseerd worden. Tegelijkertijd draagt een uiterwaardverlaging bij aan het vergroten van de inundatiefrequentie en mogelijk ook aan het creëren van de juiste condities voor (nat) oobos. Ook kunnen oobossen leiden tot meer divergentie in het stromingspatroon binnen deze uiterwaarden.

Voorbeelden voor bovenstaande deelgebieden laten zien dat natuurontwikkeling kan samengaan met het tegengaan van rivierbodemerose in de Gelderse Poort. Er zit een sterke synergie met het programma IRM. Een hogere bodemligging heeft een effect op de grondwaterstand en inundatieduur, en daarmee op de potentie voor ecotopen. Er zal ten behoeve van IRM voor meerdere doelen hydraulische compensatie uitgevoerd worden (waaronder aanleg van nevengeulen en uiterwaardverlaging). Daarnaast zullen er maatregelen genomen worden voor ophoging van het zomerbed. Deze maatregelen, en de doelen waaruit ze voort komen, vormen de basis waarop het PAGW verder bouwt. Het blijft dan ook een aandachtspunt om integraal te kijken naar de opgave van IRM en PAGW. Ondanks dat de maatregelen vanuit IRM een positief effect kunnen hebben op natte natuur, zullen extra maatregelen voor het behouden en creëren van natte natuur nodig blijven. Tegelijkertijd moet er voorkomen worden dat er dubbelop wordt gerekend (bijvoorbeeld in een MKBA) of dubbel wordt ontworpen op hetzelfde probleem of dezelfde uitdaging.

## 5.2 Aanbevelingen voor het vervolg

1. Vanuit de PAGW-opgave is het van belang om in de toekomst ook te kijken naar binnendijkse gebieden. Mogelijk kunnen ook hier maatregelen genomen worden die een verband houden met de rivierdynamiek en rivierbodeminrijding, zoals bijvoorbeeld een komgrond die binnendijks ligt en dan water/zand kan invangen. Dit valt echter buiten de scope van deze opdracht. Tevens wordt opgemerkt dat de data binnendijks op het moment van deze studie niet voorhanden was om goed in analyse mee te nemen.
2. Voor het maken van een kaartbeeld van de grondwaterstanden in 2050 is uitgegaan van een uniforme grondwaterstandsval van 35cm ten opzichte van de huidige situatie. Voor een vervolgstudie is het



wenselijk om de grondwaterstands daling ruimtelijke te laten variëren, aangezien de bodeminsnijding ook ruimtelijk varieert (zie Tabel 2-2).

3. Het blijft een aandachtspunt om integraal te blijven kijken naar de opgave van IRM en PAGW, om te voorkomen dat er dubbelop wordt gerekend (bijvoorbeeld in een MKBA) of dubbel wordt ontworpen op hetzelfde probleem of dezelfde uitdaging. Daarnaast liggen er een hoop mogelijkheden voor synergie tussen de doelen van IRM en PAGW. Het is waardevol om deze synergie waar mogelijk op te zoeken en om binnen het IRM condities te creëren die gunstig zijn voor het PAGW.

4. Er zijn een aantal sporen en ontwikkelingen gaande in het gebied Gelderse Poort die verband houden met voorliggende studie. Mede daarom is het van belang om de diverse studies en de resultaten uit al deze studies nu naast elkaar te leggen en vast te stellen: Wat komt overeen? Waar verschillen de bevindingen van elkaar? Welke informatie mist er nog? Hieronder wordt een eerste inschatting gegeven van dwarsverbanden tussen de lopende studies.

5. Deze studie is een kwalitatieve analyse van de verdroging in de Gelderse Poort en de maatregelen die genomen kunnen worden. Er zijn vervolgstudies nodig waarin de effecten van de verschillende maatregelen gekwantificeerd worden.

## 5.2.1 Beschouwing andere studies

### LESA Gelderse poort

Een belangrijke aanvulling op de analyse in dit rapport is afkomstig uit de LESA (van Winden, 2022), waarin wordt gekeken naar het effect van zomerkades op het overstromen van de uiterwaarden. Onbekade gebieden, die onder directe invloed staan van de fluctuaties in de rivier, komen weinig voor (slechts ca 5% van het areaal). Door zomerbeddaling overstromen deze gebieden tegenwoordig nog maar ca. 10 dagen/jaar, terwijl dat vroeger 45 dagen per jaar was. De bekade gebieden met een sluis beslaan het grootste areaal. Het beheer van de sluis bepaalt hier de frequentie waarmee de uiterwaarden overstromen.

Om het toekomstige ontwerpproces te faciliteren is een set van vijf leidende principes gegeven in de LESA waaronder voorbeeldmaatregelen. De leidende principes zullen in het kader van PAGW Gelderse Poort worden gebruikt als vuistregels voor het formuleren van de juiste oplossingsrichtingen en daarbij passende maatregelen. Voor zover mogelijk in dit stadium, zijn deze principes meegenomen bij het opstellen van de maatregelpakketten in dit rapport.

### Effectbepaling nulalternatief IRM

Het nulalternatief schetst de situatie bij continueren van het huidige (ongewijzigde) beleid en de ontwikkelingen van klimaatverandering en rivierbodeminsnijding. In de studie naar het nulalternatief van Deltares (Van Geest et al., 2020) zijn de effecten van overstromingsduur en grondwaterstanden apart beschouwd waardoor de geschiktheid voor bepaalde ecotopen in 2050 wisselend is<sup>14</sup>. Zo blijkt dat de overstromingsduur van de uiterwaarden langs de Rijntakken voldoende is om zowel zachthout- als hardhoutoobos te laten ontstaan. Wanneer de verwachte grondwaterstanden als doorslaggevend zouden worden beschouwd dan blijken de uiterwaarden vooral geschikt voor ‘droge’ ecotooptypen (droog grasland en hardhoutoobos) en niet voor nattere ecotooptypen (zoals zachthoutoobos, natte graslanden of riet- en moerasvegetaties. Uit de verdrogingsanalyse in deze QuickScan blijkt eenduidig dat de gewenste ecotopenverdeling in 2050 niet gehaald kan worden zonder maatregelen omdat er te weinig geschikte areaal is voor ‘natte ecotopen’ (zie Bijlage 7.5 en de verdrogingskaarten (3.1.3)).

<sup>14</sup> In de studie van Deltares is er gerekend met andere hydrologische randvoorwaarden dan in deze QuickScan. De randvoorwaarden in deze QuickScan (Rijkswaterstaat, 2023) zijn nauwer voor de grondwaterstanden en ruimer voor de inundatiefrequentie.

Wanneer echter door Deltares wordt gekeken naar het gecombineerde effect van veranderingen in rivierbodempligging en klimaatverandering dan leidt dit niet tot significante veranderingen in de potentiële ecotoopverdeling. Dit komt omdat deze effecten elkaar vrijwel opheffen in de analyse. Want waar doorgaande erosie van het zomerbed leidt tot een beperkte afname van de overstromingsduur, neemt door klimaatverandering de kans op hoogwater juist toe. In het onderzoek van Deltares wordt er uitgegaan van de huidige situatie in de waarden en weerden als baseline. Aangezien al langere tijd sprake is van rivierinsnijding is er hierbij al sprake van verdroging. De hierbij gehanteerde optimale omstandigheden voor de ecotopen zijn in het nulalternatief echter overgenomen uit HABITAT, terwijl deze in de Quicksan gebaseerd zijn op diverse ecologische studies (van der Sluis et al., 2020; Schaminee et al., 2010; SYnBioSys database van Alterra (Wamelink GVG)).

Samenvattend stelt de Deltares studie dat het overgrote deel van het oppervlak van de Gelderse Poort geschikt is en blijft voor droge ecotopen. Niettemin zal het kleine areaal van natte ecotopen dat nu nog aanwezig is, verder afnemen onder invloed van zowel klimaatverandering als insnijding van de rivierbodempligging. Wanneer uitgegaan wordt van riviermoerassen, waarbij hoge waterstanden in het voorjaar en geregelde droogval tijdens het groeiseizoen gewenst zijn, heeft rivierinsnijding een veel groter effect dan de klimaatscenario's.

### **Confrontatie LESA met systeembeschouwing IRM**

Het rapport 'confrontatie LESA met systeembeschouwing IRM' verkent in hoeverre de studies voor IRM en de LESA qua inzichten overeenstemmen en benoemt welke maatregelen IRM zou kunnen treffen die tevens bijdragen aan het behalen van de PAGW-doelen. Vanuit IRM komen deze inzichten uit de systeembeschouwing (Klijn et al., 2022) en de effectbepaling van het nulalternatief (Asselman et al., 2022) hierboven beschreven. De belangrijkste conclusies zijn:

- Als wel besloten zou worden om 1) landbouwgronden een natuurfunctie te geven, en 2) de zomerkades te verwijderen of fors te verlagen, is het met de huidige en toekomstige (2050) overstromingsduren redelijk goed mogelijk om de PAGW-doelen te behalen.
- Op basis van het grondwaterstandsverloop lijken grote delen van het buitendijkse gebied echter te droog om gewenste natte ecotooptypen (zachthoutoibos, natte graslanden, moerasruigte) in stand te houden. Die maken alleen kans als (ook) de uiterwaarden deels worden verlaagd.

Over de gewenste aanpassingen aan de rivier om de natuur een kwaliteitsimpuls te geven zijn de LESA en IRM het ook grotendeels eens. Een gezamenlijk handelingsperspectief is opgenomen in een tabel met 'systeemmaatregelen' die relevant zijn vanuit IRM om hetzij de afvoercapaciteit te vergroten hetzij de bodemerosie te stoppen/c.q. de rivierbodempligging omhoog te brengen, maar die tevens kunnen bijdragen aan een robuust netwerk van bij het gebied passende natuur. De details kan men vinden in het rapport 'confrontatie LESA met systeembeschouwing IRM'.

## 6 Literatuurlijst

### 6.1 Literatuur aangeleverd

van Breukelen, S., Vuister, L., Bongaards, E., Oomen, E., Boudier, H. S., & Rijneker, B. (2003). Natuurvriendelijke Oevers Handreiking.

Chavarrias, V., Sloff, K., Mosselman, E. (2021). Eindevaluatie pilot Langsdammen in de Waal, Morfologie & onderhoud.

Collas, F. P. L., et al. (2016). Langsdammen Waal: Resultaten vismonitoring 2016.

Collas, F. P. L., Flores, N. Y., & Leuven, R. S. E. W. (2019). Substraatkartering van oevergeulen bij langsdammen in de Waal.

Collas, F. P. L., et al. (2020). Rapportage natuurgegevens langsdammen Waal 2016–2020. Rijkswaterstaat Oost-Nederland, Arnhem, The Netherlands 56.

Dorenbosch, M., Kessel, N. V., Kranenenbarg, J., Spikmans, F., Verberk, W., & Leuven, R. S. E. W. (2011). Nevengeulen in uiterwaarden als kraamkamer voor riviervissen.

Dorenbosch, M., de la Haye, M., van de Haterd, R., Huthoff, F., van Kleunen, A. & Liefveld, W. (2022). Klimaat effecten op rivier natuur, Rapport nummer OBN-2020-121-RI, Kennisnetwerk OBN, Driebergen.

Geerling, G., & van Kouwen, L. (2011). Handvatten voor nevengeulen in de Rijntakken. Deltares.

van Geest, de Rijk & Altena (2020). Rivieren en klimaat - PAGW Effecten van lage rivierpeilen op de vochttoestand van uiterwaarden langs de Rijn en Maas - Tweede herziene versie.

Huppes, N. (2021). Eindevaluatie pilot Langsdammen in de Waal Toepasbaarheid elders.

Kurstjens, G., Nijssen, M., van Winden, A., Dorenbosch, M., Moller Pillot, H., van Turnhout, C. & Veldt, P. (2020). Natte overstromingsvlakten in het rivierengebied. Ecologisch functioneren en ontwikkelkansen, rapport 2020/OBN237-RI. VBNE, Driebergen.

Levelt, O., Maarse, M.J., Vergroesen, A.J.J. & de Jong, J.S. (2022). Van rivierbodem naar potentie voor natuur.

Mosselman, E. & Buijse, T. (2021). Synthese: Lessen uit de pilot Langsdammen in de Waal. Wat weten we na 4 jaar monitoring en onderzoek?

Mosselman, E., et al. (2021). Eindevaluatie pilot Langsdammen in de Waal Hoofdrapport.

Peters, B., Bijlsma, R.J., & Maas, G. (2021). Ooibossen, van Ooievaar tot Stroomlijn en verder. OBN-deskundigenteam Rivierenlandschap. OBN-VBNE, Driebergen.

Rijkswaterstaat, PAGW-rivieren (2023). Conceptmemo; Hydrologische randvoorwaarden van de ecotopen in PAGW rivieren.

Schaminee, J. et al. (2010). Veldgids Plantengemeenschappen. KNNV uitgeverij.

Schoor, M.M., Greijdanus, M., Geerling, G.W., Van Kouwen, L.A.H. & Postma, R. (2011). Een nevengeul vol leven, handreiking voor een goed ecologisch ontwerp. Rijkswaterstaat. 2011.

Schulte, L.J.A (2020). Stromende nevengeul de Millingerwaard Hoe de Millingerwaard bij gemiddelde afvoeren mee kan stromen, ten behoeve van de eroderende Waal, waarbij de negatieve effecten op de scheepvaart worden geminimaliseerd.

van der Sluis, T.H., Pedroli, B., Woltjer, I., Van Elburg, I. & Maas, G. (2020). Uitwerking PAGW Natuuropgave Hotspots Grote Rivieren. Eindrapport Rapport WEnR, versie 6 mei 2020.

Zuijderwijk, M. (Witteveen+Bos), & de Jong, J. (Deltares) (2021). Eindevaluatie pilot Langsdammen in de Waal. Optimalisatie.

## 6.2 Literatuur aangevuld

Baur, T. & Mosselman, E. (2002). Morfologische effecten van kribverlaging langs een uiterwaard tijdens en na hoogwaters.

Barneveld, H., van Hove, H.A., Paarlberg, A., Daggenvoorde R., ; HKV Lijn in Water ; Spruyt, A., Fujisaki, A., Sloff, K., Ottevanger, W.; Deltares; van den Bergh, M. ; WWF ; Schielen, R. ; Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving (RWS, WV). (2019). Ruimte voor levende rivieren : effect grootschalige rivierversuiming op bodemerrosie Waal.

Van den Berg, K. (2021). Hydrologische en hydraulische randvoorwaarden voor natuurontwikkeling en behoud in uiterwaarden, Methodiekontwikkeling en toepassing op Gelderse Poort.

Busnelli, M., van den Berg, M., (2017) Rapportage hydraulische en morfologische effectbepaling Kribverlaging Pannerdensch Kanaal -Referentie: WATRC\_BE7681-104-104\_R0071\_11159\_f5.0.

Collas, F. P. L., et al. (2018). Effect of longitudinal training dams on environmental conditions and fish density in the littoral zones of the river Rhine.

Collas, F. P. L., et al. (2018). Longitudinal training dams mitigate effects of shipping on environmental conditions and fish density in the littoral zones of the river Rhine. *Science of the Total Environment* 619: 1183-1193.

van Denderen, R.P. (2019). Side channel dynamics.

van Denderen, P., et al. (2020). The initial morphological impact of the longitudinal dams. *Changing rivers*: 41.

DHV (2009) Morfologische Effecten Kribverlaging Midden-Waal.

Duró, G. (2021). Bank erosion in regulated navigable rivers (Doctoral dissertation, Delft University of Technology).

Duró, G., Schippers, M.M.A. (2021). Studie Natuurvriendelijke Oevers IJssel.

Van Eupen, M., Maas, G. J., Stoffelsen, G. H., & Wolfert, H. P. (2003). Effecten van uiterwaardverlaging op landbouw en natuur langs de Maas (No. 881). Alterra.



Gerritsen H. & Schropp M. (2010). Handreiking sedimentbeheer nevengeulen.

Hommel, P. W. F. M., Bijlsma, R. J., Koop, H. G. J. M., Maas, G. J., de Waal, R. W., & Weeda, E. J. (2014). Herstel en ontwikkeling van hardhoutoibossen. VBNE. <https://edepot.wur.nl/323534>.

Van Looy, K. & Peters, B. (2000). Bosontwikkeling en morfodynamiek langs de grensmaas. Natuurhistorisch maandblad. Jaargang 89.

Paalvast, P. (1995). Ecologische waarde van langsdammen. Ecoconsult. In opdracht van Rijkswaterstaat, RIZA, Arnhem. 10.13140/RG.2.1.1621.5921.

de Ruijsscher, T. V., et al. (2019). Bed morphodynamics at the intake of a side channel controlled by sill geometry. *Advances in Water Resources* 134: 103452.

de Ruijsscher, T.V. (2020). *Aligned with the Flow: Morphodynamics in a River Trained by Longitudinal Dam*. Diss. Wageningen University and Research.

de Ruijsscher, T. V., et al. (2020). Morfodynamische effecten van langsdammen in de Waal. *H2O: tijdschrift voor watervoorziening en afvalwaterbehandeling* December: 20-23.

Schaminee J. et al. (2010). *Veldgids Plantengemeenschappen*. KNNV uitgeverij.

Struiksma, N., & Stolker, C. (2000). *Kansen voor kribben: Ruimte voor Rijntakken*. Q2604.

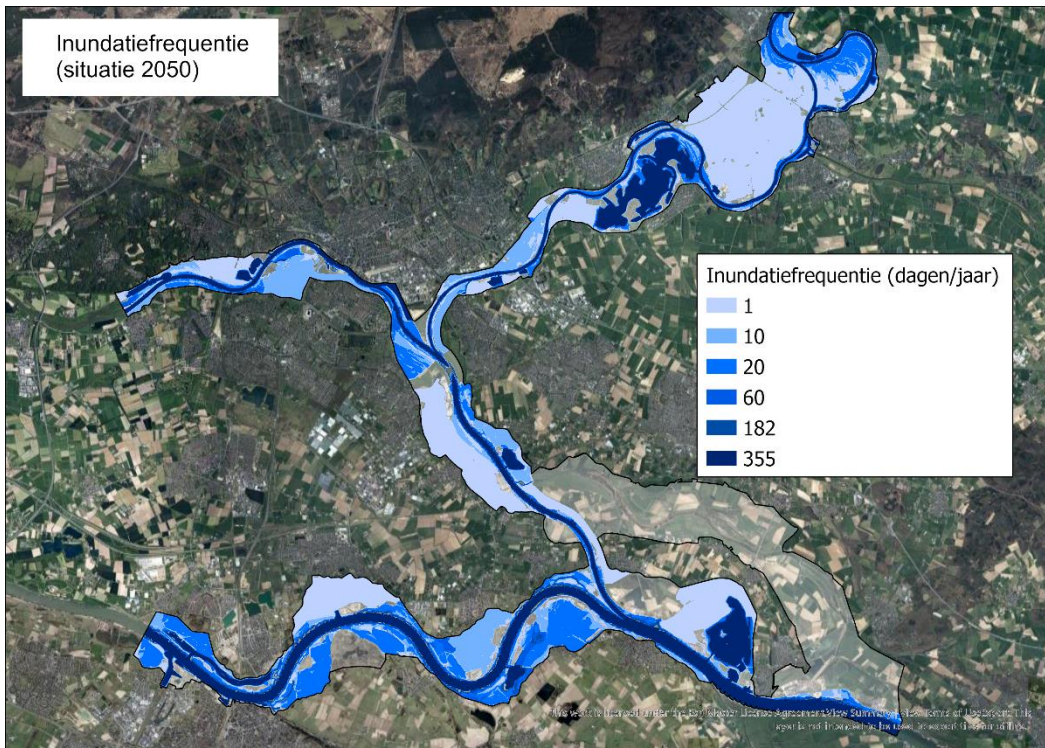
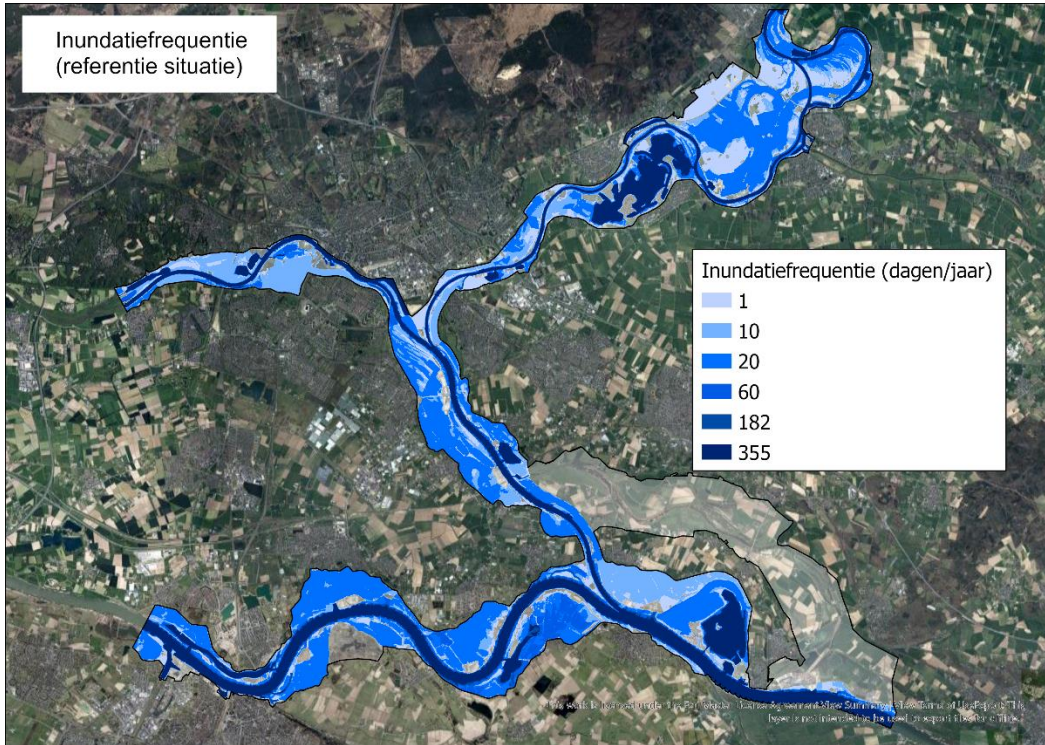
Verhofstad, M. J. J. M., Herder, J., Peeters, E. T. H. M., van Zuidam, J., Janssen, M., Schiphouwer, M., & Buiks, M. (2021). *Kunstmatig natuurlijk: Een evaluatie van de meerwaarde van natuurvriendelijke oevers: gegevens 2017 t/m 2020* (No. 2017.034. e2). Floron.

Van Winden, A., Litjens, G., Rademakers, J., Roels, B., Rijcken, T. (2022). *Ruimte voor de middenafvoeren van de Waal*.

van Winden, A., Reeze, B., Peters, B., Veldt, P., & Oomen, D. (2022). *Landschapsecologische Systemanalyse Gelderse Poort*.

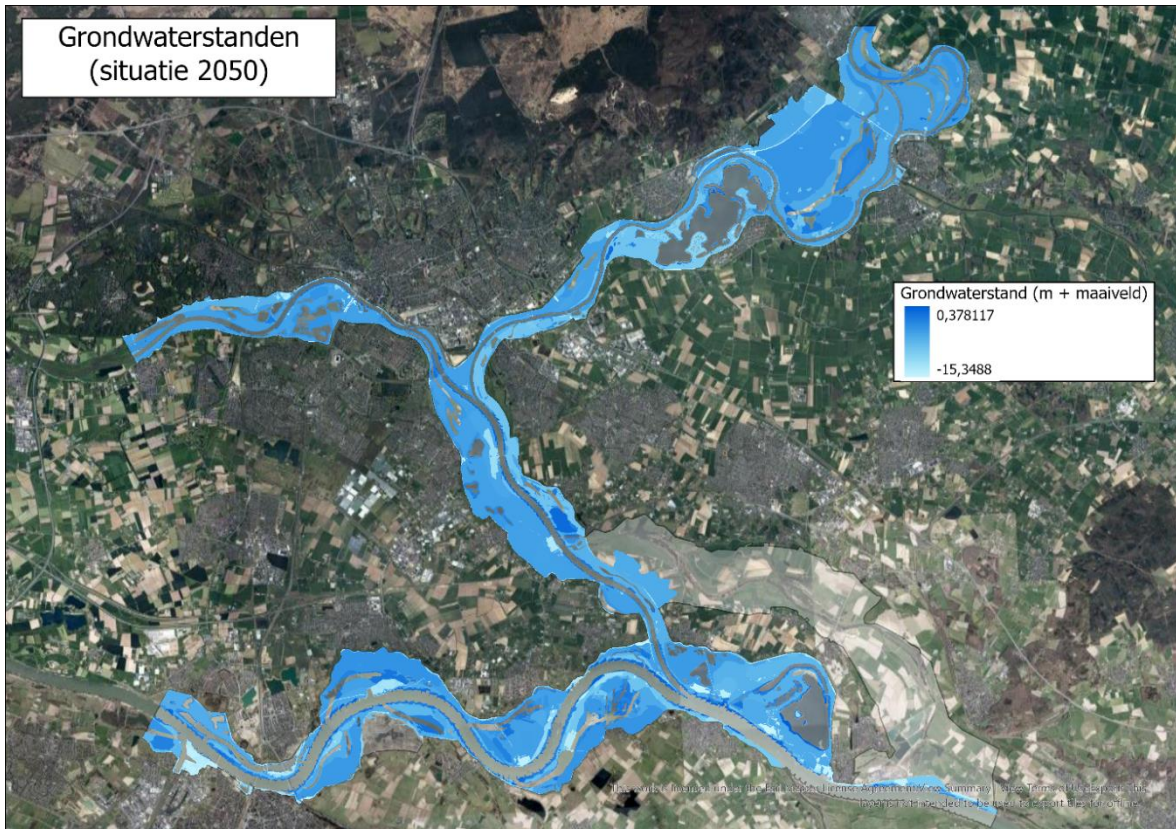
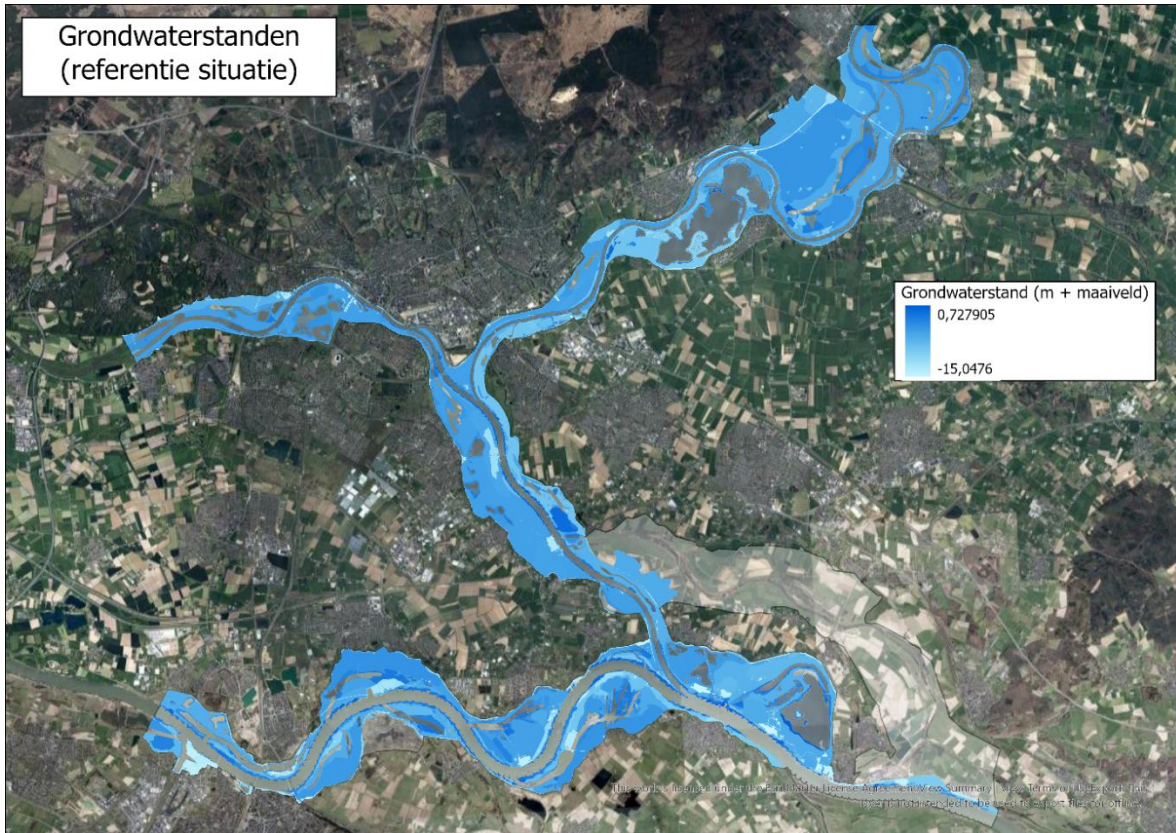
## 7 Bijlagen

### 7.1 Inundatiekaarten



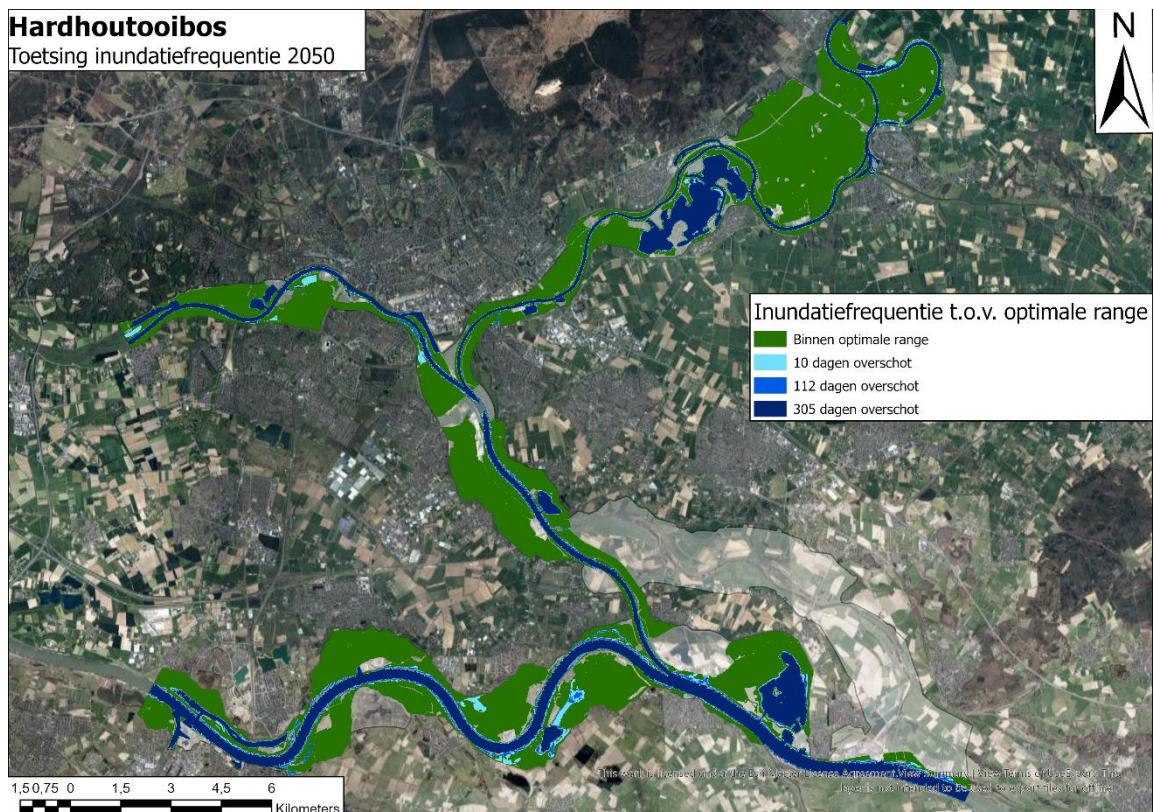
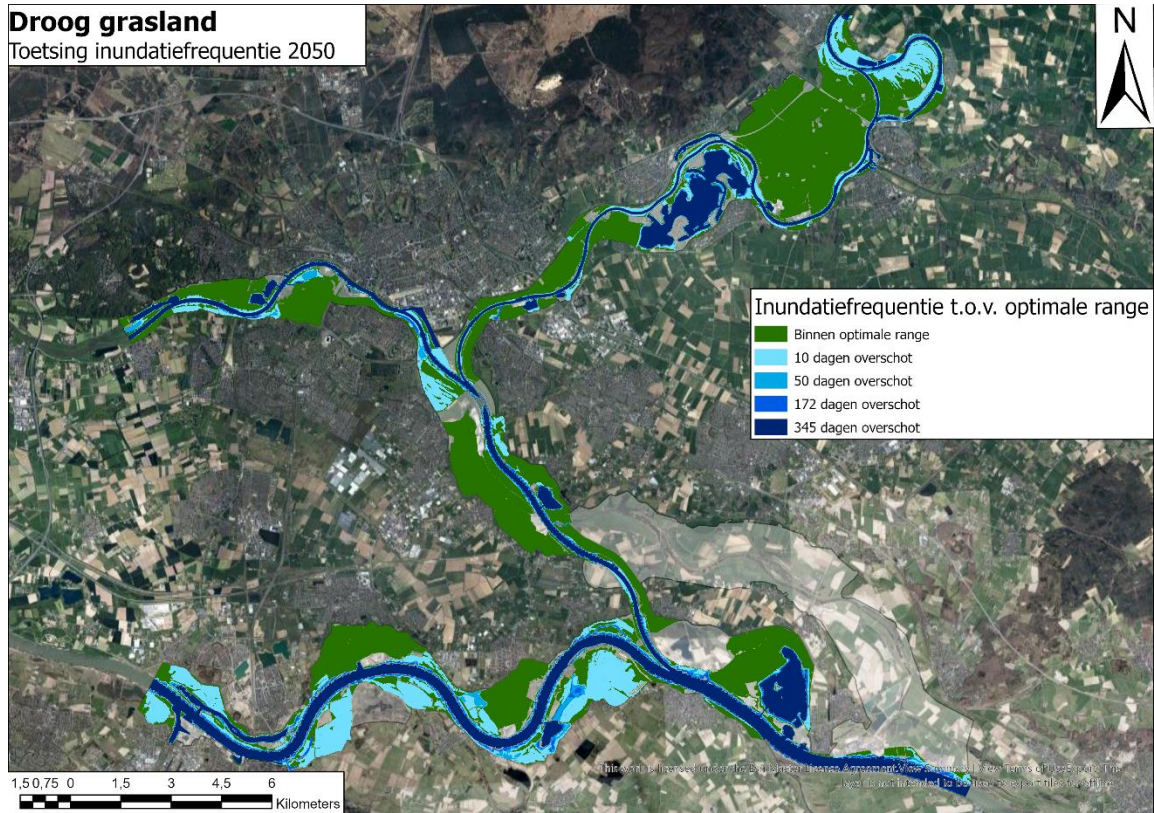


## 7.2 Grondwaterkaarten





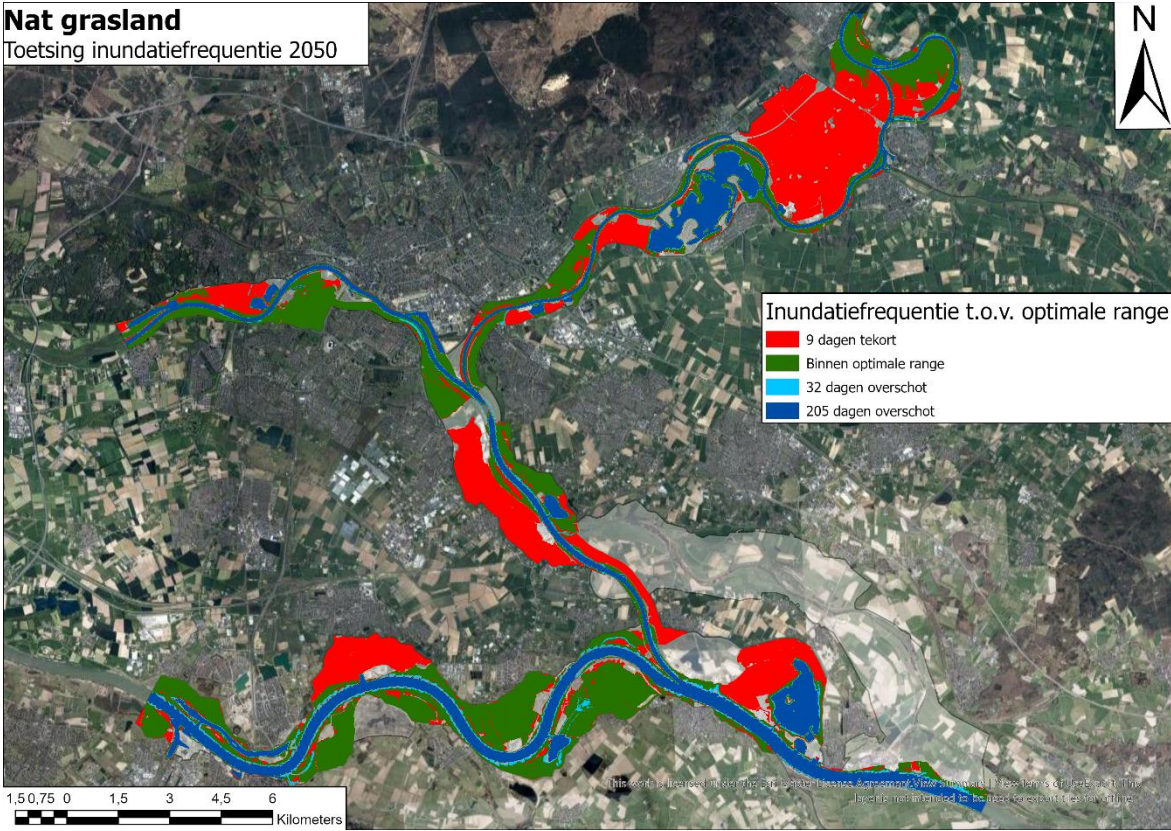
### 7.3 Inundatiefrequentie t.o.v. optimale range voor ecotopen





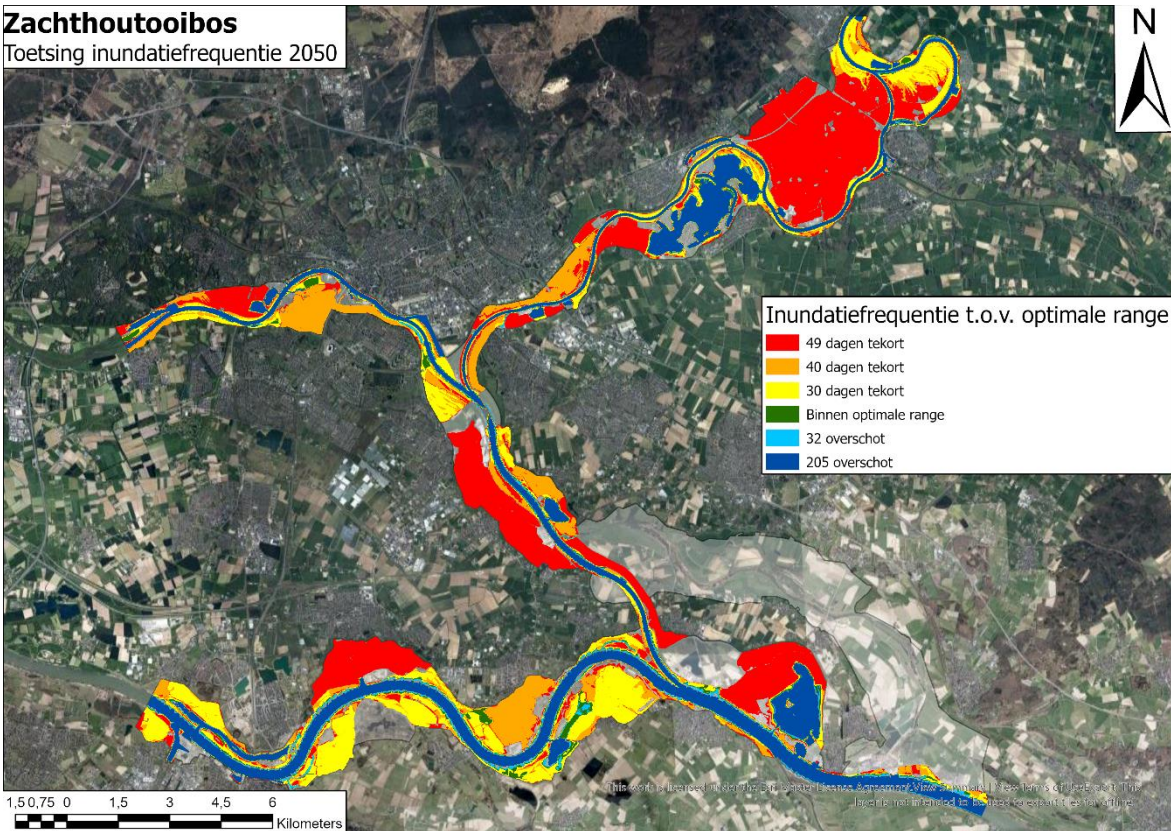
**Nat grasland**

Toetsing inondatiefrequentie 2050



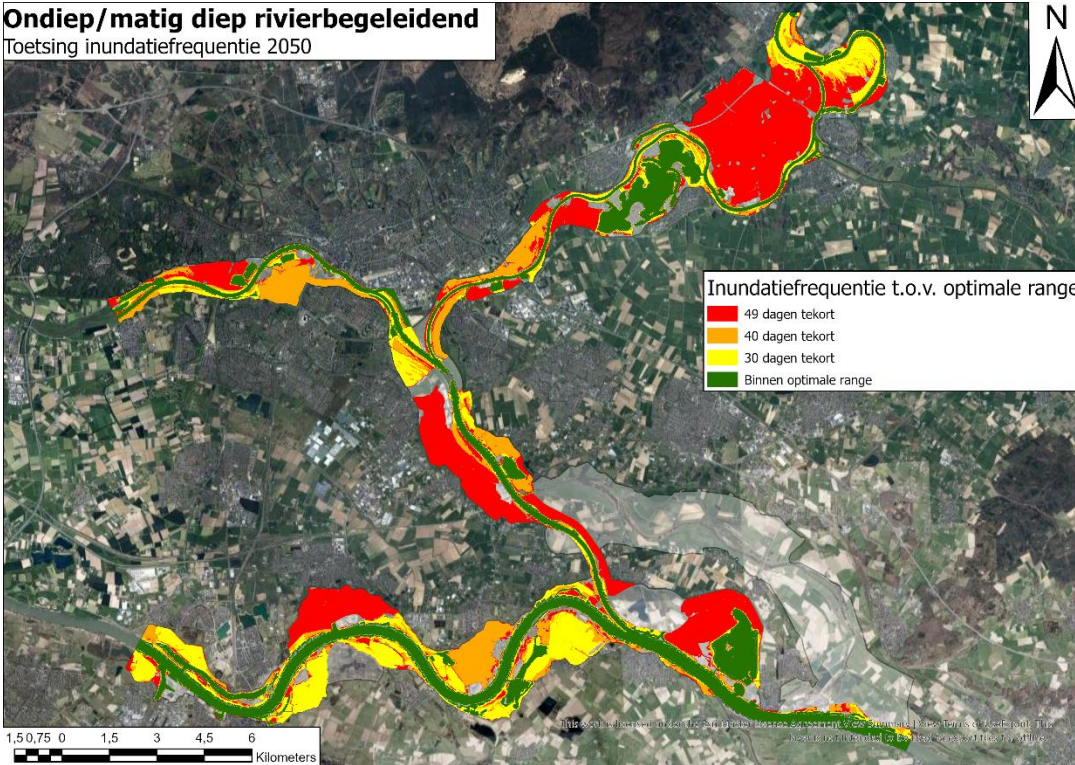
**Zachthoutoobos**

Toetsing inondatiefrequentie 2050

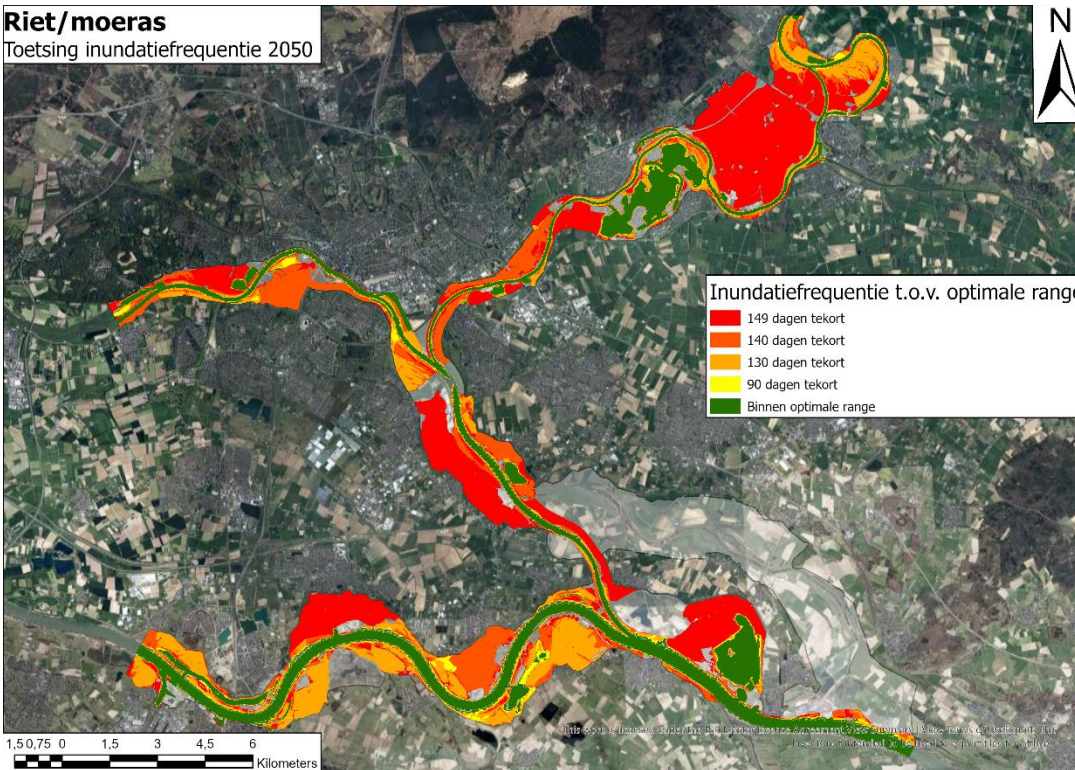




**Ondiep/matig diep rivierbegeleidend**  
Toetsing inundatiefrequentie 2050



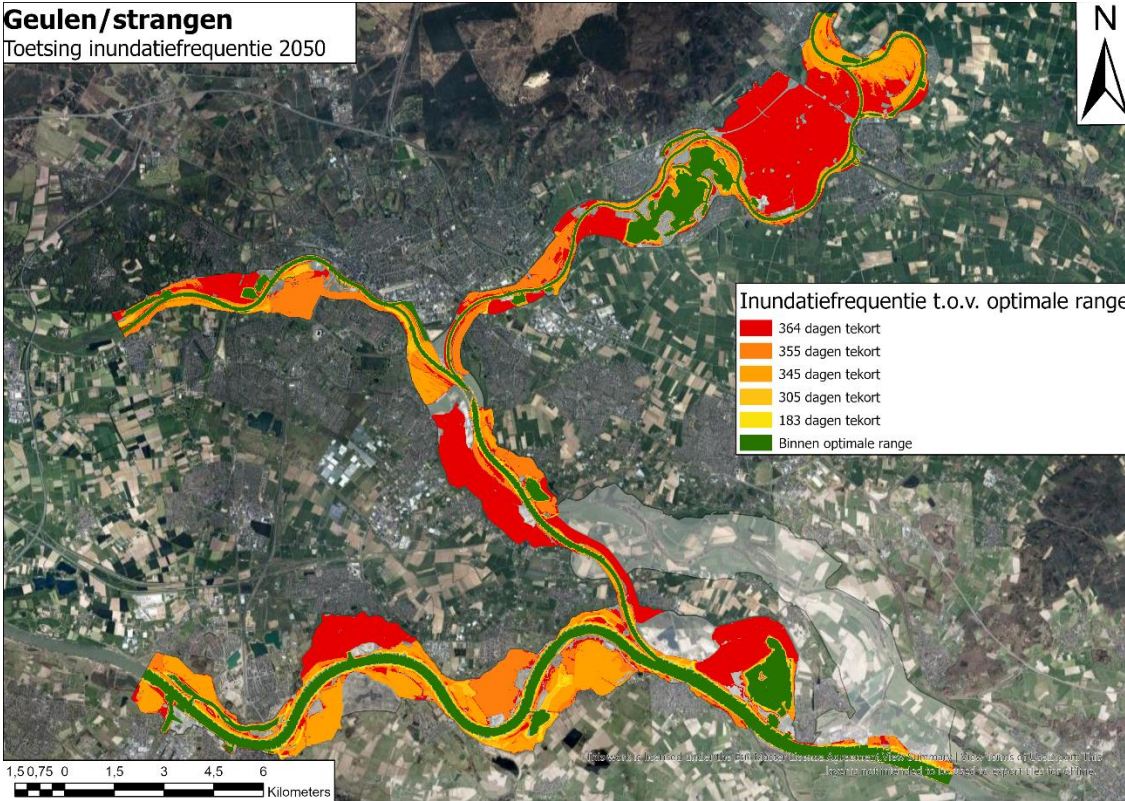
**Riet/moeras**  
Toetsing inundatiefrequentie 2050





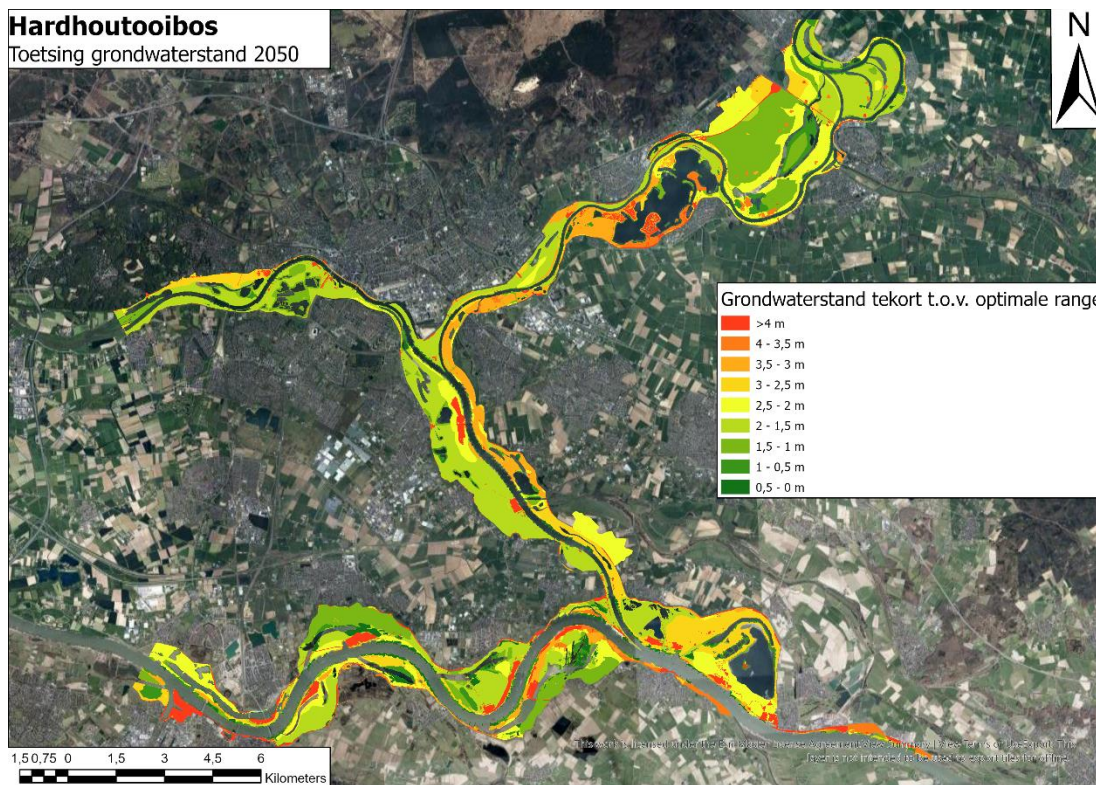
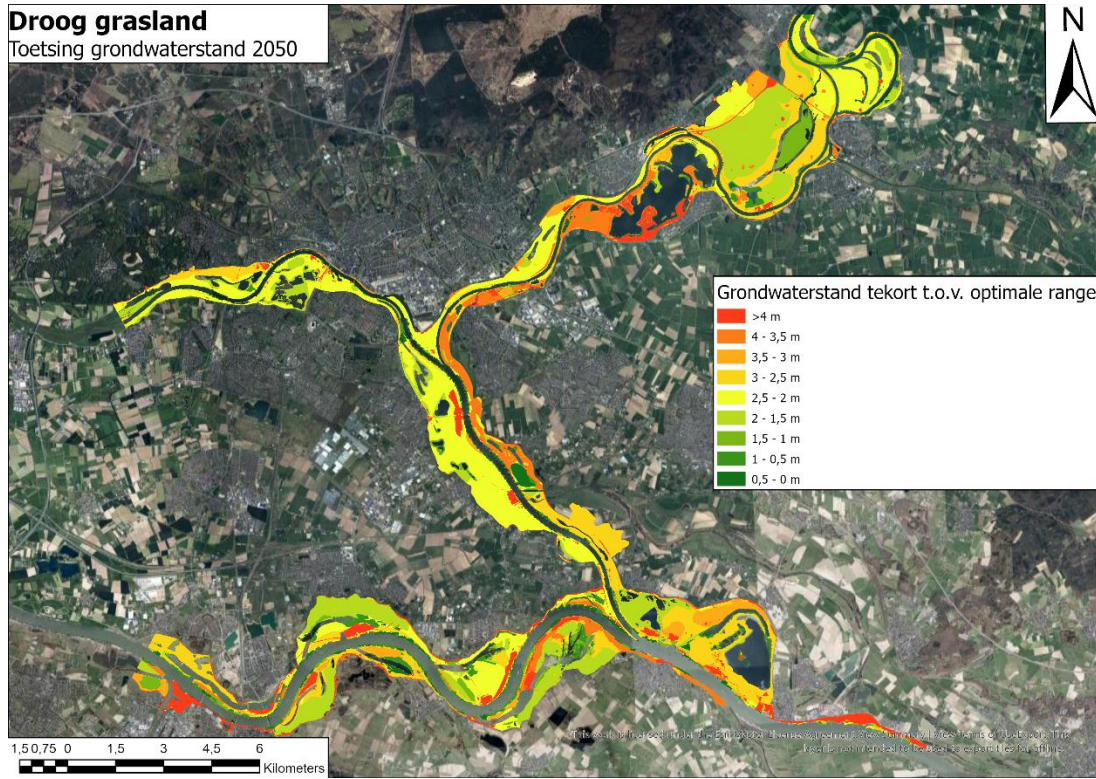
**Geulen/strangen**

Toetsing inundatiefrequentie 2050





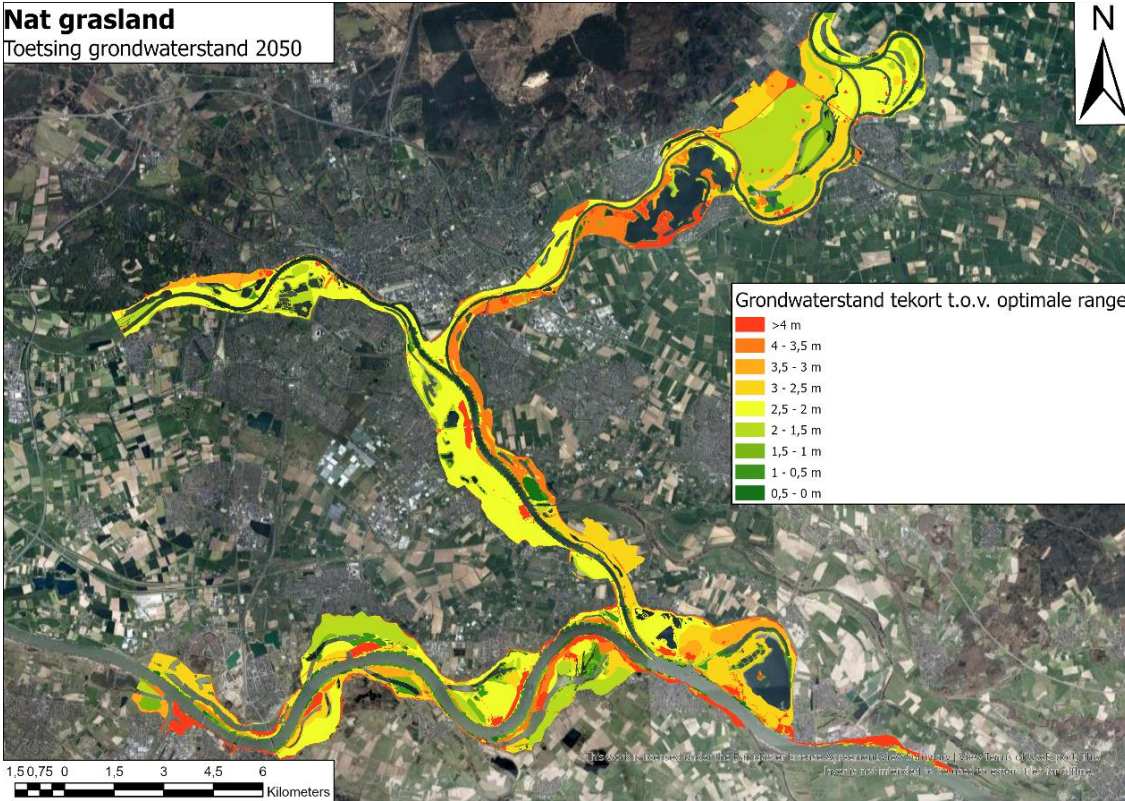
## 7.4 Grondwaterstand t.o.v. optimale range voor ecotopen





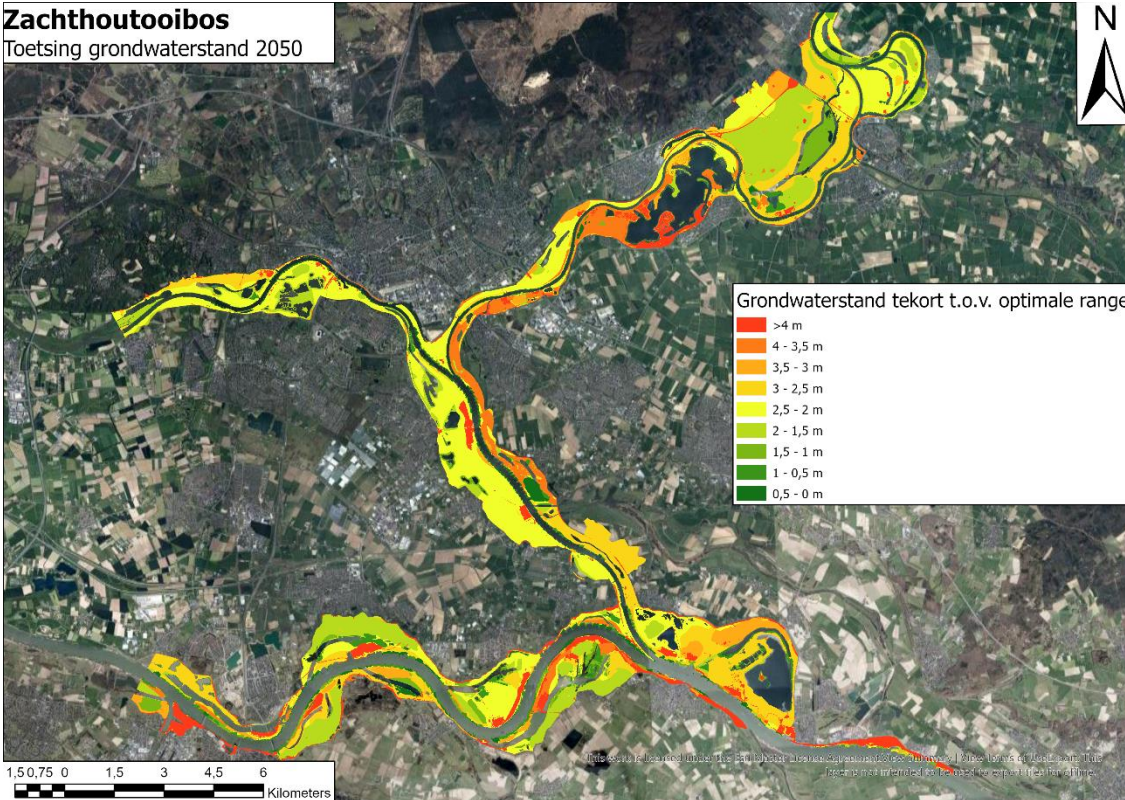
**Nat grasland**

Toetsing grondwaterstand 2050

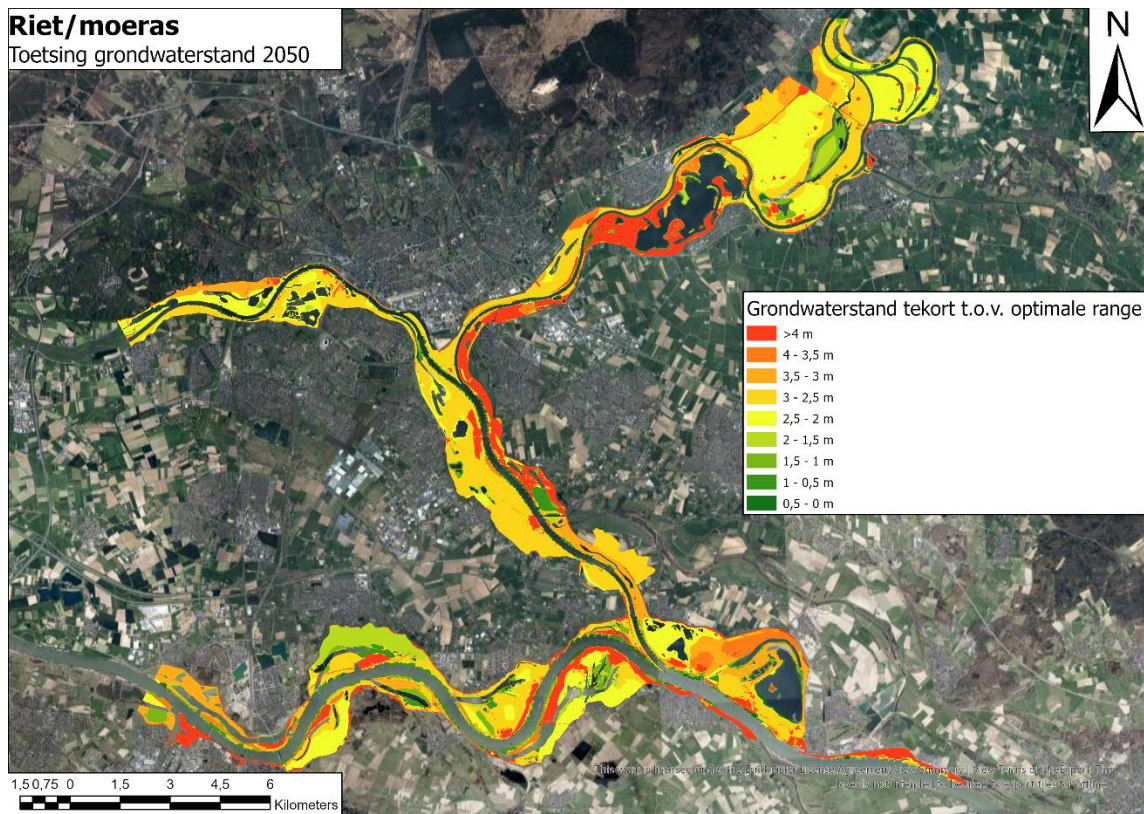


**Zachthoutoobos**

Toetsing grondwaterstand 2050







## 7.5 Oppervlak geschikt voor ecotopen

	Nieuwe ecotoop		Bestaande ecotoop	
	Abiotiek geschikt na ingreep [ha]	Abiotiek geschikt zonder ingreep [ha]	Abiotiek verslechterd [ha]	Abiotiek blijft geschikt [ha]
Droog grasland	361	0,2	336	0,008
Hardhoutoibos	361	2,1	228	0,7
Nat grasland	352	89	373	24
Zachthoutoibos	3.606	5,5	405	3,9
Ondiep/ matig diep rivier begeleidend	3.514	99	305	69
Riet/moeras	3.612	0,3	693	0,01
Geulen/strangen	3.610	2,1	10	22