



Contactpersoon

Saskia van Vuren
projectleider IRM
systeemmaatregelen

M +3 16 15 22 52
saskia.van.vuren@rws.nl

Datum

31 maart 2023

Bijlage(n)

1

memo

Rapport "Systeemmaatregelen IRM Rijn en Maas"

Geacht Programmteam IRM, beste betrokkenen bij het IRM programma,

Graag bied ik jullie hierbij het rapport "Systeemmaatregelen IRM Rijn en Maas" aan. Het geeft een overzicht van mogelijke systeemmaatregelen met een eerste beoordeling van hun mogelijke effecten. Het rapport is opgesteld vanuit BOA-Rivieren, als voeding van de ontwikkeling van het programma IRM. Het is een uitvloeisel van de eerder geproduceerde Systeembeschouwing, en tot stand gekomen onder begeleiding van het team Systeembeschouwing met medewerkers vanuit RWS, Deltares en RVO.

De Systeembeschouwing IRM heeft ons geleerd dat het riviersysteem nu niet goed functioneert en zeker niet toekomstbestendig is en van daaruit aanpassing noodzakelijk is. Omdat de rivier een samenhangend systeem is, waarin iedere ingreep gevolgen heeft – soms elders, vaak pas na lange tijd –, betekent het dat interventies onderdeel moeten uitmaken van een logisch geheel, passend bij het gedrag van de rivier en anticiperend op veranderende toekomstige condities.

In het nu beschikbaar gekomen rapport Systeemmaatregelen IRM is verkend welke maatregelen in aanmerking komen om het systeem beter te laten functioneren – of om sommige diensten die het systeem vervult beter te kunnen leveren. Het gaat daarbij om ingrepen in het zomerbed en de oeverzone (vooral gericht op het omhoog brengen van laagwaters, bijvoorbeeld door de uitschuring te remmen en/of de bodem omhoog te brengen), in het winterbed (vooral gericht op verlaging van hoogwaters, bijvoorbeeld door vergroting van de bergings- of afvoercapaciteit) en zelfs in de omgeving (dijkverlegging, bypasses/groen(blauw)e rivieren).

Alle geïdentificeerde maatregelen hebben ook consequenties voor de andere diensten. Het mooiste is het natuurlijk als die allemaal positief zijn, maar in de praktijk is ook sprake van onverenigbaarheid. In het rapport is van een groot aantal maatregelen beschreven en gescoord hoe deze zouden kunnen uitpakken voor de vier bovengenoemde systeemdiensten en tevens welke maatregelen in welke riviertrajecten mogelijk goed kunnen worden toegepast.

Bij die scores past een kanttekening: voor alle maatregelen geldt dat hun toepasbaarheid, hun effectiviteit en hun positieve of negatieve neveneffecten sterk afhankelijk zijn van waar en in welke combinatie ze worden toegepast en dat neveneffecten sterk afhankelijk zijn van het precieze ontwerp. Dit betekent

dat de scores die in dit rapport aan de individuele maatregelen zijn toegekend als richtinggevend gelden, maar niet als onwrikbaar moeten worden beschouwd.

**Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving**

Het rapport biedt aldus 1) een goede basis voor het samenstellen van alternatieven die meerdere doelen dienen, en 2) een basis voor nadere uitwerking op locatie. Welke maatregelen precies waar toe te passen kan mede worden afgeleid uit ander onderzoek dat voor IRM, of al eerder, is gedaan. Onder BOA-rivieren is voor dit jaar een vervolgitwerking voorzien, gericht op concretisering van opties voor systeemmaatregelen gelinkt aan nog definitief aan te wijzen prioritaire gebieden.

Datum
31 maart 2023

Ons kenmerk
RWS-2023/

Met vriendelijke groet,

Saskia van Vuren
Projectleider IRM Systeemmaatregelen



Systeemmaatregelen IRM Rijn en Maas

Eindrapportage

Opdrachtgever



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



Systeemmaatregelen IRM Rijn en Maas

Eindrapportage



Auteurs

Sonja Ouwerkerk (HKV)
Freek Huthoff (HKV)
Michel Zuiderwijk (W+B)
Liza de Wit (W+B)

PR4588.10
maart 2023

Inhoud

1	Inleiding en doelstelling IRM Systeemmaatregelen	1
1.1	Programma Integraal Riviermanagement	1
1.2	Systeembeschouwing	1
1.3	Positie en doel IRM Systeemmaatregelen binnen IRM	2
1.4	Totstandkoming van het rapport	2
1.5	Leeswijzer	2
2	Uitgangspunten en werkwijze	3
2.1	Terminologie	3
2.2	Werkwijze	5
2.3	Riviertrajecten gegroepeerd tot deelgebieden	6
3	Overzicht gewenste systeemcondities en indicatoren per systeemdienst	9
3.1	Ontwikkelingen in het rivierengebied en effecten op systeemcondities	9
3.2	Problematiek en gewenste veranderingen per systeemdienst	11
3.3	Overzicht van indicatoren	18
4	Overzicht systeemmaatregelen	19
4.1	Effect van systeemmaatregelen op afvoercapaciteit en rivierbodempligging	19
4.2	Longlist systeemmaatregelen	21
4.3	Beschrijving systeemmaatregelen en invloed op indicatoren	21
5	Selectie systeemmaatregelen per traject en beoordeling	55
5.1	Inleiding	55
5.2	Rijn: splitsingspuntengebied	55
5.3	Rijn: vrij afstromende trajecten met erosief karakter	59
5.4	Rijn: vrij afstromend met sedimenterend karakter en stroomafwaartse beïnvloeding door storm, getij en meren	63
5.5	Rijn: gestuwd met sedimenterend karakter	66
5.6	Maas: gestuwd, erosief karakter, grenzend aan hoge gronden en plaatselijk bedijkt	68
5.7	Maas: vrij-afstromend met erosief karakter, gedeeltelijk bedijkt en beschermd door hoge gronden	71
5.8	Maas: vrij-afstromend met sedimenterend karakter en stroomafwaartse beïnvloeding door storm, getij en meren, geheel bedijkt	74
5.9	Maas: niet vrij afstromend, gestuwd, erosief karakter, geheel bedijkt	76
6	Doorkijk naar vervolg	81

7	Referenties	83
	Bijlagen	84
A	Schema's	85

1 Inleiding en doelstelling IRM

Systeemmaatregelen

1.1 Programma Integraal Riviermanagement

Sinds 2019 werken het Rijk, provincies, waterschappen en gemeenten samen aan het programma Integraal Riviermanagement (IRM). De resultaten van deze samenwerking worden uiteindelijk vastgelegd in een Programma onder de Omgevingswet Integraal Riviermanagement (POW IRM).

IRM heeft tot doel het Nederlandse rivierengebied toekomstbestendig te maken.

Klimaatverandering en de respons van het riviersysteem op eerder menselijk ingrijpen (vanaf de bedijking van de rivier) zetten het functioneren van de rivieren en de functies en waarden die de rivieren voor de maatschappij hebben (hun systeemdiensten) steeds meer onder druk. IRM streeft naar een toekomstbestendig riviersysteem dat goed functioneert en aldus de gevraagde diensten duurzaam kan leveren en meervoudig bruikbaar is. Voor de (her)inrichting en het beheer van het rivierengebied betekent dit dat interventies onderdeel moeten uitmaken van een logisch geheel, passend bij het gedrag van de rivier, anticiperend op veranderende toekomstige (klimaat-)condities en ondersteunend aan de diverse functies en waarden zoals gespecificeerd voor een na te streven toekomstbeeld.

Om zicht te krijgen op hoe het riviersysteem nu functioneert en zich in de toekomst ontwikkelt is een systeembeschouwing uitgevoerd, waarin ook suggesties zijn gedaan over wat nodig is om het riviersysteem in de toekomst weer goed te laten functioneren (Klijn et al., 2022).

1.2 Systeembeschouwing

De Systeembeschouwing omvat een beschrijving van de huidige toestand en de toekomstige ontwikkeling van de riviersystemen Rijn en Maas (van dijk tot dijk met zomerbed, oeverzone, uiterwaarden en de rol van waterbouwkundige kunstwerken daarin) en een duiding daarvan voor de verschillende functies van de rivier en gebruiksfuncties op en langs de rivier (te weten veilige hoogwaterafvoer, zoetwaterverdeling, een vaarweg, robuuste riviernatuur). Hieruit volgt een beeld van grenzen aan de draagkracht van het systeem waar we nu – of in de toekomst – tegenaan lopen (wat gaat goed en wat gaat mis; effecten en dilemma's; interacties tussen systeem en functies; niet alles kan).

De Systeembeschouwing zet de belangrijkste uitdagingen en vragen met betrekking tot het systeem op een rij en schetst een beeld van de gewenste systeemcondities, die nodig zijn om de rivier weer goed te laten functioneren en zo z'n systeemdiensten weer goed te kunnen laten vervullen. De Systeembeschouwing biedt waardevolle informatie voor de gebruikers van de rivier en alle landgebruikers die er (mede) van afhankelijk zijn en is dan ook een belangrijke bron geweest voor deze studie.

1.3 Positie en doel IRM Systeemmaatregelen binnen IRM

Uit de Systeembeschouwing blijkt dat er een grote opgave voorligt om de gewenste systeemcondities in het riviersysteem te realiseren en zo te zorgen voor duurzaam functionerende en goed te beheren riviersystemen Rijn en Maas. Dit vraagt om een nadere uitwerking van systeemmaatregelen die daarvoor kunnen worden ingezet.

Het doel van deze opdracht is te komen tot een overzicht van mogelijke systeemmaatregelen, inclusief een eerste beoordeling van hun effecten. Deze informatie kan worden gebruikt bij het ontwikkelen en uitwerken van alternatieven.

1.4 Totstandkoming van het rapport

Dit rapport is gemaakt in opdracht van Rijkswaterstaat WVL. Er is aan gewerkt door een team van deskundigen van HKV en Witteveen+Bos, met terugkoppeling naar en sturing vanuit een projectteam binnen RWS WVL. De illustraties zijn verzorgd door BVR.

Het project is begeleid door het team Systeembeschouwing IRM, bestaande uit medewerkers van Deltares, Rijkswaterstaat en de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (Saskia van Vuren, Frans Klijn, Mardy Treurniet, Hans Leushuis, Wouter van Heusden).

Doel van de inzet van dit begeleidingsteam was advies en reflectie op inhoud en aanpak van de werkzaamheden.

1.5 Leeswijzer

Dit rapport is als volgt opgebouwd: Hoofdstuk 2 beschrijft de gehanteerde uitgangspunten en de gevolgde werkwijze. Binnen deze opdracht zijn per systeemdienst schema's opgesteld die de samenhang weergeven tussen IRM-doelen, de gewenste verandering in systeemcondities en de daarbij gebruikte indicatoren. Uitkomsten van deze activiteit staan beschreven in Hoofdstuk 3. Hoofdstuk 4 geeft vervolgens een overzicht van mogelijke typen systeemmaatregelen en de beoordelingssystematiek. Tot slot zijn de maatregelen beoordeeld in hoofdstuk 5, waar de effectiviteit (bijdrage aan het beoogde doel/doelbereik) en de overige effecten van de maatregelen globaal zijn beoordeeld. Hoofdstuk 6 sluit af met een doorkijk naar een vervolg van deze studie.

2 Uitgangspunten en werkwijze

2.1 Terminologie

In dit rapport worden de begrippen (geo-eco)systeemdienst, gewenste systeemconditie, IRM-doel, systeemmaatregel, indicator en rivierkarakteristiek gebruikt. Deze begrippen zijn deels afkomstig uit de Systeembeschouwing, deels uit de vraagspecificatie voor deze opdracht en deels uit de notitie 'Beoordelingskader IRM versie 1.0 met uitwerking van IRM-doelen en beoordelingscriteria'. Ze worden in dit hoofdstuk nader toegelicht.

Het rivierbeheer in Nederland heeft als doel het "borgen van goede condities voor gebruiksfuncties en waarden", zoals genoemd in de Systeembeschouwing. Om deze doelen te duiden wordt in de Systeembeschouwing het begrip **geo-ecosysteemdiensten** gebruikt. In overleg met het begeleidingsteam is ervoor gekozen om in deze rapportage de term '**systeemdiensten**' te hanteren. Er worden vier systeemdiensten genoemd die samen de te bedienen rivierfuncties en -waarden dekken:

1. een veilige afvoer van water;
2. robuuste biodiverse riviernatuur;
3. de aanvoer en verdeling van zoetwater;
4. een veilige en betrouwbare vaarweg.

Voor elk van deze systeemdiensten is in de Systeembeschouwing vastgesteld wat de huidige toestand is, hoe de toestand zich in de toekomst mogelijk ontwikkelt en welke toestand gewenst is en dus nagestreefd zou moeten worden. De na te streven toestand noemen we de **gewenste systeemconditie**.

De rivieren Rijn en Maas zijn dynamische riviersystemen. Klimaatverandering en de respons van het riviersysteem op eerder menselijk ingrijpen (vanaf de bedijking van de rivier) veroorzaken (soms nu al, soms in de toekomst) problemen voor de diverse rivierfuncties.

Binnen IRM zijn doelen geformuleerd (de "**IRM-doelen**"). Om de IRM-doelen te behalen kan je ingrijpen in de werking van het riviersysteem oftewel maatregelen nemen. Deze mogelijke ingrepen noemen we **systeemmaatregelen**. Hierbij is het belangrijk om op te merken dat je bij een systeemmaatregel niet noodzakelijk op grote schaal ingrijpt, maar wel dat je bewust aanstuurt op een rivierkundig effect om het functioneren van het systeem voor één of meerdere rivierfuncties te verbeteren. Met andere woorden een systeemmaatregel heeft als doel een bepaalde systeemconditie te bereiken. Dit kan op riviersysteemniveau, rivierniveauniveau of riviertrajectniveau zijn.

Om te bepalen hoe effectief een systeemmaatregel is om de IRM-doelen te realiseren (oftewel: het bereiken van de gewenste systeemcondities), zijn meetbare of beoordeelbare grootheden nodig. Dat kan met behulp van **indicatoren**. Bij inzet van een systeemmaatregel kan je via de indicatoren beoordelen in welke mate het IRM-doel (of meerdere doelen) wordt bereikt. Een voorbeeld: voor het IRM-doel 'een veilige afvoer van water' is de indicator 'knikken in verhanglijn' een meetbare grootheid.

Rivierkarakteristieken zijn eigenschappen van de rivier die door systeemmaatregelen aangepast kunnen worden en vervolgens invloed hebben op een indicator. Een voorbeeld is het doorstroomprofiel. Wanneer het doorstroomprofiel wordt verruimd door bijvoorbeeld een dijkteruglegging gaat de indicator 'hoogwaterstand' omlaag.

Eindresultaat van deze studie is een overzicht van mogelijke systeemmaatregelen en inzicht in hoe deze scores op indicatoren voor de verschillende IRM-doelen, die weer zijn afgeleid van de vier systeemdiensten.

In onderstaand kader worden voorbeelden gegeven van de relaties tussen systeemdiensten, gewenste systeemcondities, indicatoren en systeemmaatregelen om de terminologie beter te duiden.

Voorbeelden van de relaties tussen systeemdiensten, gewenste systeemcondities, indicatoren en systeemmaatregelen

Systeemdienst: veilige afvoer van water:

- Gewenste systeemconditie: grotere afvoer- of bergingscapaciteit
- Indicator: hoogwaterstand
- Systeemmaatregel: bijvoorbeeld dijkverlegging

Systeemdienst: robuuste biodiverse riviernatuur:

- Gewenste systeemconditie: natuurlijker rivierdynamiek
- Indicator: hydro-/morfodynamiek
- Systeemmaatregel: bijvoorbeeld uiterwaardverlaging met geulen en reliëf

Systeemdienst: aanvoer en verdeling van zoetwater:

- Gewenste systeemconditie: hogere laagwaterstanden
- Indicator: laagwaterstanden
- Systeemmaatregel: bijvoorbeeld het langsdammenconcept

Systeemdienst: veilige en betrouwbare vaarweg:

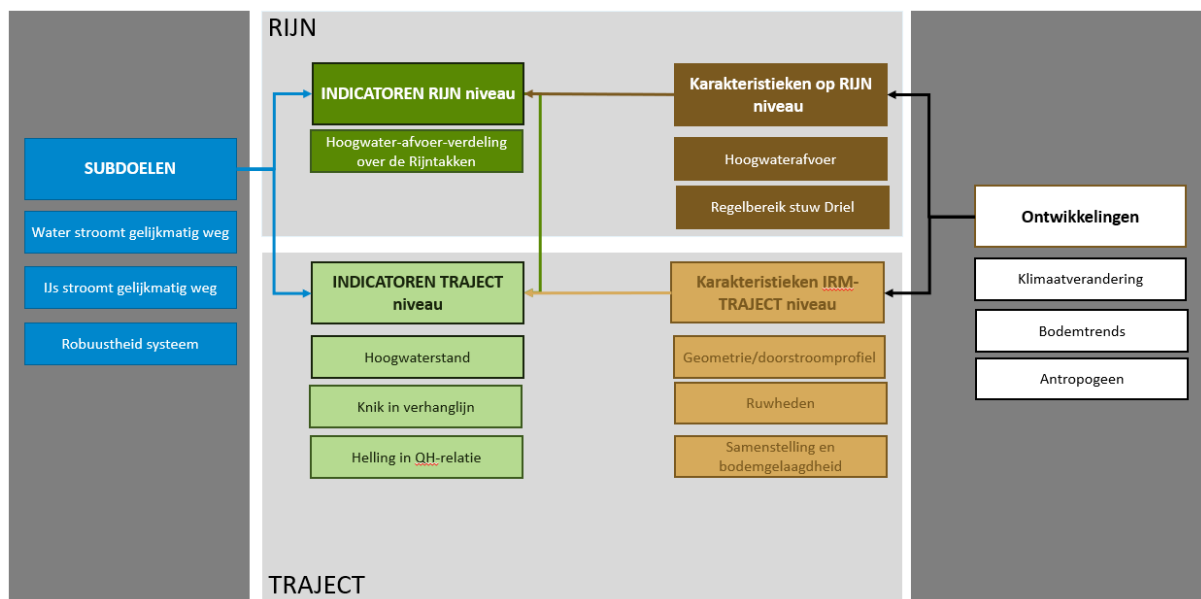
- Gewenste systeemconditie: een vaarweg met voldoende breedte en diepte
- Indicator: vaarbreedte en vaardiepte
- Systeemmaatregel: bijvoorbeeld zomerbedverbreding (vaarbreedte), kribverlaging (vaardiepte)

2.2 Werkwijze

Dit project is uitgevoerd in drie stappen:

STAP 1: Het uitwerken van de gewenste systeemcondities (Hoofdstuk 3)

De Systeembeschoouwing geeft inzicht in de problematiek binnen de diverse riviertakken/-trajecten. Dit leidt tot een gewenste verandering van de diverse systeemcondities. Om een beter inzicht te krijgen in de verhouding tussen de gewenste systeemcondities, de IRM-doelen en de belangrijkste indicatoren om de toestand van deze systeemcondities in uit te drukken, zijn per systeemdienst en riviertak schema's opgesteld (zie bijlage A). Als voorbeeld is in Figuur 1 het schema voor de systeemdienst 'veilig afvoer van water' voor de Rijn opgenomen.



Figuur 1 Schema voor systeemdienst 'veilig afvoeren van water' voor de Rijn.

Deze schema's zijn in werksessies met inhoudelijke experts van Rijkswaterstaat nader uitgewerkt. Hierbij is met name gefocust op de vraag hoe de gewenste verandering in systeemcondities te vangen is in geschikte indicatoren, zodat de systeemmaatregelen in stap 3 kunnen worden beoordeeld op hun effectiviteit.

STAP 2: Het identificeren van systeemmaatregelen (Hoofdstuk 4)

In een werksessie met inhoudelijke specialisten uit de verschillende vakgebieden is een inventarisatie van mogelijke maatregelen gemaakt. Deze inventarisatie is gebundeld met als resultaat een groslijst van mogelijke systeemmaatregelen, die kunnen bijdragen aan de gewenste verandering in systeemcondities.

STAP 3: Het beoordelen van de effectiviteit en de neveneffecten van de systeemmaatregelen (Hoofdstuk 5)

Voor verschillende deelgebieden hebben we beoordeeld wat het (waarschijnlijke) effect is van de geïdentificeerde systeemmaatregelen op de indicatoren. De maatregelen worden beoordeeld op het effect op het systeem op grotere schaal, over relatief lange riviertrajecten. We geven dit kwalitatief weer met pijltjes.

We hebben dit als volgt gedaan:

- Per **indicator** (gegroepeerd naar systeemdienst) hebben we per deelgebied de **gewenste veranderrichting** (omhoog, neutraal of omlaag) bepaald. Een voorbeeld: voor de indicator hoogwaterstand is de gewenste veranderrichting omlaag;
- Per **systeemmaatregel** hebben we het effect van de maatregel op de verschillende indicatoren (omhoog, neutraal of omlaag) bepaald. Een voorbeeld: als gevolg van een dijkeruglegging (maatregel) gaat de hoogwaterstand (indicator) omlaag.

In de beoordeling zeggen wij niets kwantitatiefs over de mate waarin een gewenst effect wordt bereikt. Dit vraagt per riviertraject om een nadere verdiepingsslag: enerzijds moet per traject een kwantitatieve taakstelling worden gedefinieerd en anderzijds moet elk maatregeltipe voor verschillende dimensies van de maatregel worden gekoppeld aan een kwantitatief effect. Deze verdiepingsslag gaat voorbij aan de scope van de huidige studie.

2.3 Riviertrajecten gegroepeerd tot deelgebieden

In IRM zijn 27 riviertrajecten onderscheiden: 18 Rijntrajecten en 9 Maastrajecten. Tussen IRM-riviertrajecten, systeemmaatregelen en indicatoren bestaat een groot aantal combinaties van mogelijke beoordelingen. Om de beoordeling van systeemmaatregelen hanteerbaar te houden zijn de riviertrajecten gegroepeerd naar deelgebieden met vergelijkbare fysische eigenschappen, processen en problematiek. Deze groepering sluit aan bij de samenvatting van de problemen in de Systeembeschouwing.

Tabel 1 en Tabel 2 en Figuur 2 en Figuur 3 geven een overzicht van de gekozen deelgebieden en de IRM trajecten die daaronder vallen. De trajecten Reevediep, Zwarte Water, Overijsselse Vecht en Kampereiland/ Ganzendiep zijn nog niet beschouwd in de Systeembeschouwing en zijn derhalve in deze studie ook buiten beschouwing gelaten.

Deelgebied	IRM-Rijntraject binnen deelgebied
Splitsingspuntengebied	Boven-Rijn, Waalbochten, Pannerdensch Kanaal, Boven-Nederrijn, Boven-IJssel.
Vrij afstromend met erosief karakter	Midden-Waal, Midden-IJssel
Vrij afstromend met sedimenterend karakter en beïnvloeding door getij of meerpeil en stormopzet	Beneden-Waal, Beneden-IJssel, Boven Merwede, Lek, Sallandse IJssel.
Gestuwd met sedimenterend karakter	Midden-Nederrijn, Beneden Nederrijn

Tabel 1 Deelgebieden Rijn

Deelgebied Maas	IRM-Maastraject binnen deelgebied
Vrij afstromend met sedimenterend karakter en beïnvloeding door getij of meerpeil en stormopzet, geheel bedijkt	Bergsche Maas, Getijdenmaas, Afgedamde Maas ¹
Niet vrij afstromend, gestuwd, erosief karakter, gedeeltelijk bedijkt en beschermd door hoge gronden	Bovenmaas ² , Plassenmaas, Peelhorstmaas, Venloslenkmaas
Vrij afstromend met erosief karakter, gedeeltelijk bedijkt en beschermd door hoge gronden	Grensmaas
Niet vrij afstromend, gestuwd, erosief karakter, geheel bedijkt	Bedijkte Maas

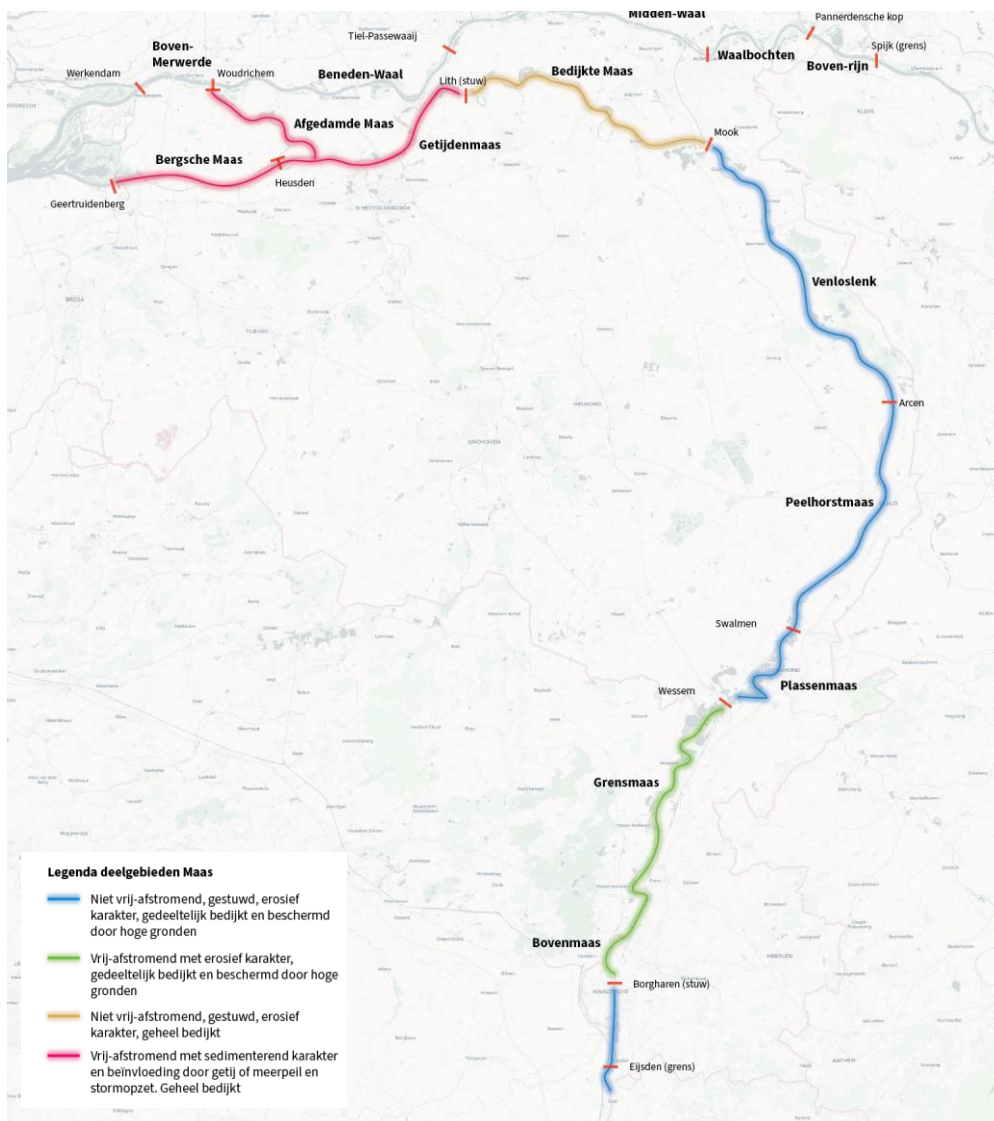
Tabel 2 Deelgebieden Maas



Figuur 2 Deelgebieden Rijn

¹ De Afgedamde Maas is niet vrij afstromend (de andere karaktereigenschappen passen wel bij dit deelgebied).

² De Bovenmaas heeft een harde mergelondergrond en is daardoor niet erosief (de andere karaktereigenschappen passen wel bij dit deelgebied)



Figuur 3 Deelgebieden Maas

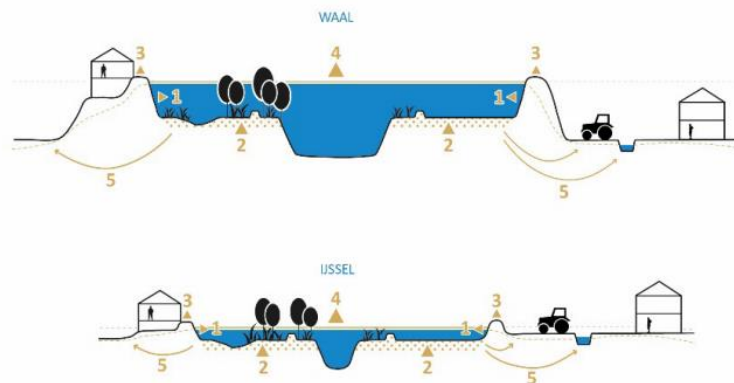
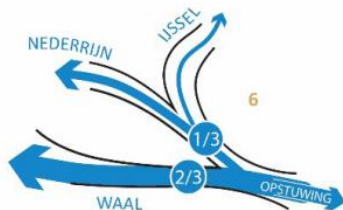
3 Overzicht gewenste systeemcondities en indicatoren per systeemdienst

3.1 Ontwikkelingen in het rivierengebied en effecten op systeemcondities

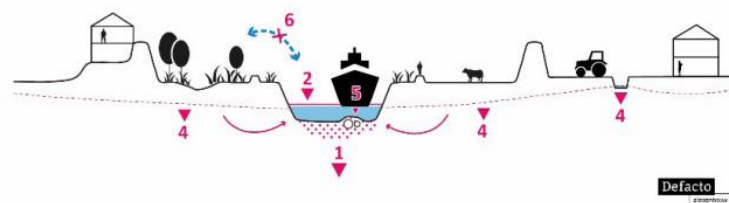
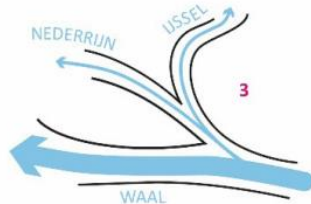
De Systeembeschoouwing beschrijft dat het riviersysteem reageert op eerder menselijk ingrijpen en klimaatverandering. De functies en waarden die de rivieren voor de maatschappij hebben, staan hierdoor steeds meer onder druk. Onderstaande figuren geven schematisch weer wat de belangrijkste ontwikkelingen bij hoogwater en laagwater zijn geweest voor de Rijntakken (Figuur 4) en voor de Maas (Figuur 5).

BELANGRIJKSTE ONTWIKKELINGEN RIJNTAKKEN

SITUATIE TIJDENS HOOG WATER



SITUATIE TIJDENS LAAG WATER



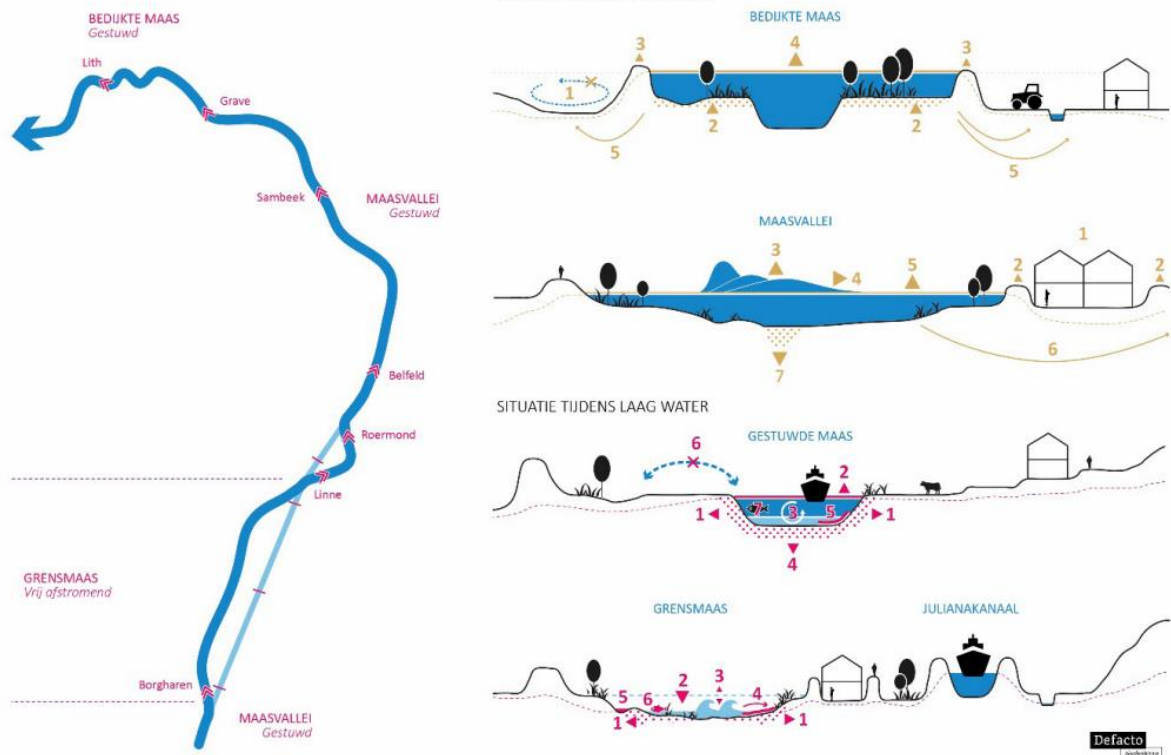
Figuur 4 De belangrijkste ontwikkelingen van de Rijntakken die problemen veroorzaken bij hoge rivierafvoeren (boven) en geringe afvoeren (onder).

Hoogwater: 1. Dijken rivierwaarts verplaatst, 2. Uiterwaarden opgeslibd, 3. Dijken verhoogd, 4. Hoogwaterstanden hoger geworden, 5. Toegenomen kans op instabiliteit en piping, 6. Opstuwning hoogwaters tot in Duitsland.

Laagwater: 1. Rivierbodem uitgeschuurd en verder zakkend, 2. Laagwaterstanden gezakt en verder dalend, 3. Afvoerverdeling scheeftrekkend, 4. Grondwaterstanden gedaald en dalend, 5. Waterdiepte beperkt, 6. Rivierdynamiek afgenomen.

Bron: IRM systeembeschoouwing

BELANGRIJKSTE ONTWIKKELINGEN MAAS



Figuur 5 De belangrijkste ontwikkelingen van de Maas die problemen veroorzaken bij hoge rivierafvoeren (boven) en geringe afvoeren (onder).

Hoogwater:

Bedijkte Maas: 1. Ruimte verloren, 2. Uiterwaarden opgeslibd, 3. Dijken verhoogd, 4. Hoogwaterstanden hoger geworden, 5. Toegenomen kans op instabiliteit en piping.

Maasvallei: 1. Ruimte verloren, 2. Dijken verhoogd, 3. Topvervlakking teruglopend, 4. Snellere verplaatsing afvoergolf, 5. Hoogwaterstanden hoger, 6. Kans op piping vergroot, 7. Gevaar diepe erosiekuilen.

Laagwater:

Gestuwde Maas: 1. Zomerbed sterk verbreed (normalisatie), 2. Waterpeil gestuwd (kanalisatie), 3. Stroming stilgevallen, 4. Zomerbed verdiept, 5. Sedimenthuishouding verstoord, 6. Overstromingsdynamiek afwezig, 7. Vistrek belemmerd.

Grensmaas: 1. Zomerbed verruimd, 2. Afvoer afgeknepen (naar kanalen), 3. Onnatuurlijke dynamiek (plotselinge afvoerpieken), 4. Verslibbing grindbed, 5. Waterkwaliteit poelen slecht, 6. Paaihabitat ongeschikt.

Bron: IRM systeembeschuwing

De figuren schetsen zowel voor de Rijn als de Maas ontwikkelingen die zorgen voor veranderingen in rivierkundige condities bij zowel hoge als lage afvoeren. Het gaat hierbij zowel om menselijke ingrepen uit het verleden, alsmede ook de reactie van de rivier daarop (die nog steeds gaande zijn). Deze veranderingen hebben een negatief effect op de systeemdiensten. Om de rivierkundige condities voor diverse rivierfuncties/diensten te verbeteren kan de "omgekeerde weg" bewandeld worden, door juist de oorzaken van te hoge hoogwaterstanden, te lage laagwaterstanden, te geringe waterdiepten en de scheeftrekkende afvoerverdeling over de Rijntakken aan te pakken. Het bewust beïnvloeden van de afvoercapaciteit, de rivierbodemerrosie en dus de bodemligging, bodemerrosie of beide, draagt bij aan een verbetering van de systeemcondities voor één of meerdere systeemdiensten, of levert meer ruimte voor ontwikkelingen in het rivierengebied.

3.2 Problematiek en gewenste veranderingen per systeemdienst

3.2.1 Veilige afvoer van water

Beschrijving belangrijkste problematiek

Het winterbed is te krap om de (toekomstige) hoogwaterafvoer veilig door de riviersystemen Rijn en Maas te loodsen. Hoogwaterstanden beïnvloeden de overstromingskans en het overstromingsrisico. Hogere hoogwaterstanden leiden ertoe dat eerder overstromingen plaatsvinden, maar kunnen bijvoorbeeld ook bijdragen aan snellere ontwikkeling van bressen en grotere gevolgen van overstromingen.

Rijntakken

Specifiek voor de Rijn geldt dat het belangrijk is om de afvoer conform de beleidsmatig afgesproken afvoerverdeling over de Rijntakken te verdelen. Dat betekent dat in het extreme bereik de dimensies van het winterbed voldoende groot moeten zijn om aan de beleidsmatig afgesproken afvoerverdeling te voldoen. Op dit moment wordt de afvoerverdeling op de Rijn vooral bepaald door de dimensies van het rivierbed en de regelwerken nabij de splitsingspunten. De Boven-Waal stuwt bij zeer hoge afvoeren nu al water naar het Pannerdensch Kanaal. Door daar een flessenhals in stand te houden wordt voorkomen dat teveel water naar de IJssel en Nederrijn stroomt. Dit zorgt echter wel voor opstuwing van de hoogwaterstanden tot in Duitsland. Iets vergelijkbaars zien we bij de IJsselkop.

Naar verwachting kunnen we tot 2050 het hoogwater conform beleidsmatige afspraken over de Rijntakken verdelen. Maar de Waal is relatief krap voor het toebedeelde aandeel hoogwaterafvoer, vooral na St. Andries, en rijst bij hoogwater verscheidene meters boven de andere rivieren uit. Op langere termijn (na 2050) is het huidig beleid mogelijk niet houdbaar en is een keuze nodig: de Waal over grotere lengten fors verruimen of een andere afvoerverdeling bij hoogwater.

Maas

Voor de Maas bestaat er een sterke ruimtelijke afhankelijkheid tussen de benodigde afvoercapaciteit van de Bedijkte Maas en de topvervlakkingscapaciteit in de Maasvallei. De topvervlakkingscapaciteit is afhankelijk van de breedte en inrichting van de overstromingsvlakte en bepaalt de vorm (hoogte) en verplaatsingssnelheid van afvoergolven door de rivier. Omdat in het verleden veel ruimte aan de overstromingsvlakte is onttrokken is de topvervlakkingscapaciteit afgenomen. En omdat kades de status primaire waterkering hebben gekregen staat deze verder onder druk zodra de geplande dijkversterkingen zijn uitgevoerd. Een besluit over de topvervlakkingscapaciteit van de Maasvallei is vereist om de afvoercapaciteit van de Bedijkte Maas op af te kunnen stemmen.

Op zowel de Rijn als de Maas zijn als gevolg van klimaatverandering in de toekomst frequentere en grotere hoogwaterafvoeren te verwachten. Dit vraagt om een vergroting van de afvoer- en bergingscapaciteit van de grote rivieren tijdens hoogwateromstandigheden. Deze capaciteit kan worden vergroot door rivierverruiming en/of door dijkversterkingen, waarbij sommige vormen van rivierverruiming als voordeel hebben dat deze eveneens kunnen zorgen voor het afremmen van de bodemerosie. Overigens gaat een veilige afvoer niet alleen over extreme hoogwaterstanden. Alle hoogwaters die de waterkering belasten zijn relevant.

Gewenste (verandering in) systeemcondities

- **Meer afvoer- en bergingscapaciteit**
Bij het vergroten van de afvoer- en bergingscapaciteit kan gekozen worden voor rivierverruiming en/of dijkversterking.
- **Verdeling van hoogwater over de riviertakken langs de minst kwetsbare gebieden (Rijntakken)**
Houd bij de verdeling van de hoogwaterafvoer over de verschillende riviertakken rekening met de kwetsbaarheid en bergingscapaciteit van zowel de gebieden waar het water naartoe stroomt als het achterland daarvan.
- **Een robuust systeem, waarbij hoogwaterstanden niet sterk reageren op veranderingen en onzekerheden**
Het is wenselijk dat de hoogwaterstanden in de rivier niet te gevoelig zijn voor veranderingen in de afvoer, de afvoerverdeling, de ontwikkelingen in de uiterwaarden en/of de ontwikkeling van de rivierbodem tijdens een hoogwater. Met andere woorden: dat waterstanden niet te snel reageren bij onvoorziene (kleine) veranderingen.

Belangrijkste indicatoren

- **Hoogwaterstanden**
Deze indicator meet de verandering van de afvoer- en bergingscapaciteit.
- **Knikken in verhanglijn**
Een vernauwing of anderzijds ongelijkmatig doorstroomprofiel stuwt lokaal de waterstanden op en maakt de (hoog)waterstanden gevoeliger voor onzekerheden in afvoeren en morfologische processen. In het langsprofiel van de rivier zijn deze locaties zichtbaar als knikken in de verhanglijn.
De indicator meet of het aantal knikken en/of de scherpste van de knikken toe- of afneemt.
- **Helling van de QH-relatie**
Deze indicator is een maat voor de robuustheid van het systeem: hoe gematigder waterstanden reageren op veranderingen in afvoeren, hoe robuuster het systeem.
Dit is te zien in een afvoer (Q) / waterhoogte (H) diagram. Als de QH-relatie een kleine helling heeft voor hoge afvoeren, dan betekent dit dat er bij een afvoerverandering slechts een kleine respons is in de waterstanden. De rivier is daarmee minder gevoelig voor afvoerveranderingen. De indicator meet of de helling van de QH-relatie toe- of afneemt.

3.2.2 Robuuste biodiverse riviernatuur

Beschrijving belangrijkste problematiek

De riviersystemen zijn in het verleden geoptimaliseerd voor scheepvaart en hoogwaterafvoer. Daardoor is in zowel de Rijn als de Maas veel natuurlijke hydro- en morfodynamiek verloren gegaan. Ten behoeve van goed ecologisch functioneren is juist natuurlijke dynamiek nodig.

Rijntakken

Specifiek voor de Rijn geldt dat, door onder andere de grootschalige normalisaties, de bodem van het zomerbed is gaan zakken. Tegelijkertijd zijn de uiterwaarden gaan opslibben. Dit proces van insnijding van het zomerbed en sedimentatie op de uiterwaarden is een zichzelf versterkend proces: hoe dieper de rivier zich insnijdt, hoe sneller de uitschuring gaat. Tot een nieuw evenwicht wordt bereikt doordat het verhang afneemt.

Door het erosieproces in het zomerbed en het opslibbingsproces in de uiterwaarden, is het overstromingsregime van de uiterwaarden en weerden onnatuurlijk geworden: uiterwaarden stromen minder vaak en minder omvangrijk mee, de vanuit natuur gewenste hydrodynamiek en morfodynamiek is sterk afgenomen. Ook zijn de grondwaterstanden mee gezakt met de zakkende waterstanden als gevolg van het zakkende rivierbed. Dat heeft negatieve gevolgen voor de uiterwaardnatuur. Tot slot geldt specifiek voor Nederrijn en Lek dat door de aanleg van de stuwen in de jaren '60 van de vorige eeuw de rivierdynamiek in de stuwpannen extra verminderd is in vergelijking met de vrij afstromende Rijntakken.

Maas

Bij de Maas speelt grotendeels dezelfde problematiek: in de eerste helft van de vorige eeuw is de Maas grotendeels gekanaliseerd en zijn er stuwen geplaatst. Hierdoor is de Maas een sterk gereguleerde rivier geworden (alleen de Grensmaas en Getijdenmaas zijn vrij afstromende trajecten) en de dynamiek in de stuwpannen is minder dan bij de vrij afstromende Rijntakken. Daarnaast is het zomerbed op een aantal trajecten langs de Maas zeer sterk verbreed en verdiept ten behoeve van hoogwaterafvoer. Dit in combinatie met de kanalisatie ten behoeve van de scheepvaart heeft voor een nog onnatuurlijker overstromingsregime van de uiterwaarden en weerden gezorgd. De stroomsnelheid en de natuurlijke peilfluctuaties zijn hierdoor sterk afgenomen. Daardoor is de kenmerkende riviernatuur voor een groot deel verloren gegaan.

Bij lage rivierafvoeren (minder dan 50 m³/s) valt de stroming in de benedenstroomse delen van de stuwpannen bijna helemaal stil. Daardoor kunnen stroomminnende soorten zich niet of nauwelijks handhaven. Omdat het water bij gemiddelde en hoge afvoeren wel sneller stroomt, gedijen ook soorten die stroomarme situaties prefereren hier slecht.

Op zowel de Rijn als de Maas zijn als gevolg van klimaatverandering in de toekomst frequentere en langdurigere lage afvoeren te verwachten. Dit zorgt ervoor dat de hydro- en morfodynamiek verder afneemt tijdens laagwateromstandigheden. Deze dynamiek kan worden vergroot door het omhoog brengen van de bodem.

Gewenste (verandering in) systeemcondities

De PAGW (Programmatiese Aanpak Grote Wateren) heeft tot doel de ecologische waterkwaliteit te verbeteren en de natuur te versterken om tot toekomstbestendige robuuste natuur en ecologische waterkwaliteit in het rivierengebied te komen (gericht op de lange termijn 2050).

In de ecologische systeemopgave van de PAGW worden vier benodigde verbeteringen geschetst waar wij op aansluiten:

- **Natuurlijker rivierdynamiek**

Het is vanuit natuuroogpunt gewenst om hydrodynamiek zoveel mogelijk te herstellen en morfodynamiek (erosie en sedimentatie) waar mogelijk toe te staan. Deze wens tot herstel speelt op alle trajecten, maar zal met name op de gestuwde trajecten (de Maas en in mindere mate de Nederrijn) een extra inspanning vragen om dit te realiseren. Aandachtspunt hierbij is wel dat meer natuurlijke dynamiek soms problemen kan opleveren voor de scheepvaart. Daarom zullen soms scherpe keuzes en een hoofdkeers per riviersysteem (of per riviertak) nodig zijn.

- **Herstel connectiviteit**

Het doel van de PAGW is het vergroten van de connectiviteit tussen onderdelen van het riviersysteem.

Dit is belangrijk, zowel gezien de betekenis van deze gebieden als volledige habitat voor deelpopulaties, als vanwege hun betekenis als functiegebieden voor het dagritme (foerageren, rusten, etc.) en de levenscyclus van een individu (paai- en opgroeigebied, volwassenheid).

- **Areaalvergroting**

Het doel van PAGW is om zo groot mogelijke natuurgebieden (leefgebieden van formaat) te creëren.

- **Meer diversiteit** aan milieus als basis voor biotische diversiteit, en als voorwaarde voor grotere overlevingskansen voor soorten door nabije vluchtplaatsen, en bereikbaarheid van functiegebieden ('life cycle support').

Belangrijkste indicatoren

Op basis van de gewenste systeemcondities zijn de volgende indicatoren opgesteld:

- **Hydro-/morfodynamiek**

Deze indicator is een maat voor de hydro- en morfodynamiek in het zomerbed en de uiterwaarden, welke bijdraagt aan de diversiteit en kwaliteit van de natuur- en leefgebieden. Zo gaat het bijvoorbeeld om de frequentie en mate van uitwisseling van water en sediment tussen zomerbed en uiterwaarden, en stromingsvariatie. De indicator meet of de natuurlijke dynamiek toe- of afneemt.

- **Hydrologie winterbed**

Deze indicator signaleert of de grondwaterstand voor vegetatie in de uiterwaarden verandert. In het bijzonder wordt gekeken naar de diepte van het grondwater.

- **Aanwezigheid van drukfactoren**

Deze indicator meet de verandering van drukfactoren die een negatieve invloed hebben op natuurgebieden. Dit rapport focust op scheepvaartgerelateerde drukfactoren zoals scheepsgolven, (onderwater)geluid, trillingen.

- **Connectiviteit**

Deze indicator meet de verandering in ruimtelijke samenhang (verbinding) tussen leefgebieden.

- **Grootte van leefgebieden**

Deze indicator meet de verandering in areaal leefgebieden in de uiterwaarden.

- **Diversiteit aan leefgebieden in uiterwaarden**

Deze indicator is een maat voor de verscheidenheid aan leefgebieden in het winterbed, die groter is met de aanwezigheid van gradiënten. De indicator meet de toe- of afname van deze diversiteit.

3.2.3 Aanvoer en verdeling van zoetwater

Beschrijving belangrijkste problematiek

De Rijn en de Maas zorgen in belangrijke mate voor de zoetwatervoorziening van Nederland, daarmee voorzien zij in:

1. voldoende zoetwater voor landsdelen en watergebruikers: het nathouden van circa 2/3 van ons land (peilbeheer) en het zoethouden van ongeveer 1/3 van ons land (doorspoelen). Hierbij is het tevens van belang dat het zoetwater van bepaalde kwaliteit is.
2. Voldoende waterhoogte in en diepte van de rivier om de juiste condities te scheppen voor gebruiksfuncties en waarden. Denk hierbij aan condities voor economische sectoren zoals onder andere landbouw, drinkwaterwinning en scheepvaart en natuurlijke en cultuurhistorische landschapswaarden.

Rijntakken

De Rijn heeft in vergelijking met de Maas in tijden van droogte het voordeel van een groot stroomgebied met sneeuw en gletsjers en de grote waterbuffer bovenstrooms, de Bodensee. Dit zorgt voor een basistoever van water vanuit het bovenstroomse deel van het stroomgebied. De Rijn wordt naar verwachting in de toekomst steeds meer een regenrivier, die sneller reageert en met meer fluctuaties in afvoerregime. De verwachting is dat (extreme) laagwaterstanden vaker en langduriger gaan optreden. Als gevolg van klimaatverandering (lagere rivierafvoeren, die langer duren en vaker optreden, in combinatie met zeespiegelstijging) zal de zoutwaterindringing toenemen.

Voor de Rijntakken is het belangrijkste aandachtspunt het geleidelijk scheeftrekken van de afvoerverdeling over de verschillende Rijntakken bij lage rivierafvoeren. Dit zorgt ervoor dat er steeds minder water naar het noorden (IJssel) stroomt en dit veroorzaakt problemen met de zoetwatertoevoer naar strategische zoetwaterbuffers (IJsselmeer en via Twentekanal naar de hoge zandgronden in Oost-Nederland). Een belangrijke oorzaak van de verandering in de waterverdeling over de landsdelen is het ongelijkmatig eroderen van de riviertakken in de bovenloop van de Rijn: het zomerbed in de Boven-Waal erodeert sneller dan de bodem in de andere riviertakken in het bovenstrooms deel van de Rijntakken.

Daarnaast speelt de stuw bij Driel een belangrijke rol bij de laagwaterverdeling tussen de IJssel en de Nederrijn-Lek. De stuwregeling en instelling van de stuw is afhankelijk van de gemeten waterstand bij Lobith en vindt plaats conform een vastgesteld stuwprogramma. Door de bodemerosie in de bovenloop van de Rijn, in combinatie met het vaker voorkomen van lage rivierafvoeren, staat de stuw bij Driel eerder én langduriger dicht.

Dit beïnvloedt het stromende karakter van de Nederrijn-Lek, zorgt voor toenemende aanzanding bovenstrooms van de stuw en maakt het moeilijker om de afvoerverdeling bij laagwater te sturen.

Maas

Specifiek voor de Maas geldt dat het systeem door klimaatverandering te maken krijgt met frequentere en langdurigere lage afvoeren. De Maas is een typische regenrivier en voert in droge perioden weinig water af. Het stroomgebied is kleiner dan dat van de Rijn en bovendien wordt er geen water aangevoerd vanuit gletsjers. Ook wordt er water afgetapt ten behoeve van het voeden van kanalen (o.a. Albertkanaal, België). De Maas is daardoor gevoeliger voor zomerdroogte.

De stuwen in de Maas reguleren het waterpeil in de stuwpannen bij lage en normale afvoeromstandigheden. Dit zorgt ook voor een relatief stabiele basis voor het grondwaterpeil in het omliggende gebied. Echter vanwege lekverliezen, schutverliezen en de verminderde aanvoer in droge omstandigheden staat de zoetwaterbeschikbaarheid toch onder druk. Het Deltaprogramma Zoetwater verkent mogelijkheden voor waterberging in de uiterwaarden langs de Maas. Bovendien wordt onderzoek gedaan naar waterbesparingsvoorzieningen om de stuwpeilen en daarmee de waterstanden zo lang mogelijk te handhaven.

De meeste stuwen in de Maas zijn in de jaren '20 en '30 van de vorige eeuw gebouwd. Dat betekent dat de stuwen binnen niet al te lange tijd aan vervanging of grootschalige renovatie toe zijn. Bij de renovatie en vervanging van de stuwen is het belangrijk aandacht te hebben voor het creëren van een tijdelijke peilopzet in tijden van lage afvoeren en droogte. Daarnaast wordt aangeraden om waterbesparende mogelijkheden bij schutsluiscomplexen te verkennen: het beperken van lek- en schutverliezen, of het creëren van terugpompcapaciteit.

Tot slot geldt voor de ongestuwde delen van Rijntakken en Maas dat door het dalen van de waterstanden in de rivier (als gevolg van de erosie van de rivierbodem) de inlaatcapaciteit bij lokale inlaatpunten afneemt, waardoor waterinname onder vrij verval of via pompen moeilijker wordt.

Gewenste (verandering in) systeemcondities

- **Gebalanceerde verdeling van rivierwater**
Het van zoetwater voorzien van Midden-West Nederland (peilbeheer, doorspoelen, landbouw, drinkwater, natuur, industrie), van Oost- en Noord-Nederland via de IJssel en de Twentekanal, en van grote delen van Limburg en Noord-Brabant via de Midden-Limburgse en Noord-Brabantse kanalen die aftakken van de Maas.
- **Voldoende vullen van de strategische zoetwatervoorraden**
Het vullen van de belangrijkste strategische zoetwaterbuffer, het IJsselmeer, ten behoeve van de zoetwatervoorziening van Noord-Nederland.

Belangrijkste indicatoren

- **Waterstand**
Deze indicator meet de verandering van midden- en laagwaterstanden. Vooral van belang is dat waterstanden voldoende hoog blijven om zoetwaterinname mogelijk te maken en achterlanden via kanalen van water te blijven voorzien.
- **Grondwaterstand in uiterwaarden**
Deze indicator is een maat voor de beschikbaarheid van water voor met name de buitendijkse landbouw en signaleert of de grondwaterstand voor vegetatie in de uiterwaarden hoog genoeg is. In het bijzonder wordt gekeken naar de (vermindering van de) diepte tot het grondwater. Deze indicator is nauw verbonden met de vorige indicator 'waterstand' en voor de uiterwaarden identiek aan de indicator 'hydrologie in het winterbed' bij systeemdienst 'robuuste biodiverse riviernatuur'.
- **Verblijftijd stuwpand**
Deze indicator meet de verandering van de gemiddelde tijd dat water verblijft in een stuwpand. Een lange verblijftijd geeft mogelijk ongewenste effecten zoals algengroei of sedimentatie van zwevend slib.

3.2.4 Veilige en betrouwbare vaarweg

Beschrijving belangrijkste problematiek

De grote rivieren vormen de kern van het hoofdvaarwegennet. De gekanaliseerde Maas en Nederrijn-Lek worden bevaarbaar gehouden met behulp van stuwen, waarmee het waterpeil kan worden opgezet. Langs de vrij afstromende Waal en IJssel wordt de vaardiepte bepaald door de hoeveelheid water die door de rivier stroomt en de dimensies en hydraulische ruwheid van het zomerbed. Het bevaarbaar houden van de Waal en IJssel is een opgave: de rivieren moeten voldoende vaardiepte bij eveneens voldoende vaarwegbreedte garanderen. Dit is vastgelegd in afspraken. De vaarweg is een formeel begrip, dat onder andere is vastgelegd in (inter-)nationale regelgeving. De exacte begrenzing van elke vaarweg is vastgelegd in de zogenaamde leggers, behorende bij de Waterwet. Zowel op de Rijn als op de Maas is er op meerdere locaties onvoldoende vaargeulbreedte, met name in scherpe rivierbochten.

Rijntakken

Specifiek voor de Rijn geldt dat (ongelijkmatige) bodemerosie opgaven levert voor vrijwel alle rivierfuncties, waarvan dieptebeperkingen voor de scheepvaart het meest manifest zijn.

Een verlaging van de bodemligging verlaagt de laagwaterstanden. Vaardiepten nemen af door drempelvorming als het rivierbed niet overal even snel of mee zakt. Zo zakt de rivierbodem niet ter plaatse van de vaste lagen en de bodemkribben, waardoor deze hoger liggende obstakels vormen in het wegzakkende rivierbed. Als gevolg hiervan ontstaan dieptebeperkingen in het vaarwegen-netwerk. Ook de drempels van sluizen in het aangrenzende scheepvaartnetwerk zakken niet mee met de rivierbodem. Zo nemen de beperkingen bij laagwater voor de invaart naar de Twente-kanalen toe, vanwege de drempelhoogte bij het Sluiscomplex bij Eefde.

Tot slot zijn er kabels en leidingen die onder de rivierbodem liggen. Ter plaatse van deze kabels en leidingen mag niet gebaggerd worden, waardoor ook hier drempels kunnen ontstaan in het rivier-systeem, die ondieptes vormen voor de scheepvaart.

Daarnaast worden de laagwaterstanden (en waterdiepte) in de rivier beïnvloed door de her-verdeling van de afvoer (laagwater en midden bereik). Dit is een "zegen" voor de Waal (die trekt meer water, meer diepte), en een "vloek" voor de IJssel (krijgt minder water, minder diepte). Op de IJssel geldt bovendien dat bij mindere diepgang en een zakkend rivierbed de beschikbare breedte op de IJssel afneemt. Lagere waterstanden door het eroderen van het zomerbed zorgen daar voor een sterke versmalling van de vaarweg. Ter indicatie: een 1 m lagere waterstand betekent een 6 m smallere vaarweg: de rivier was in de afgelopen droge jaren (2018-2022) vaak minder dan 40 m breed, plaatselijk zelfs slechts 20 m, zodat eenrichtingsverkeer moest worden ingesteld.

Maas

Voor de Maas geldt dat er maar beperkte opgaven gerelateerd aan bevaarbaarheid zijn. Het enige dat speelt is de opwaardering naar klasse Vb-vaarweg. Daarvoor zijn aanpassingen nodig: breedte in rivierbochten, doorvaarthoogte bruggen, overnachtingshavens en aandacht voor locaties waar de nautische veiligheid in het geding komt. Deze aanpassingen komen vooral voort uit de opwaardering, niet vanwege "slechte rivierkundige condities" die op orde moeten worden gebracht.

Verder kunnen door bodemerosie de waterstanden zakken, met name bovenstrooms in de stuwpannen. Door het verschil in bodemligging tussen de rivier en de drempel van kunstwerken kunnen knelpunten ontstaan. Deze knelpunten bevinden zich met name bij aansluitingen van stuw- en sluiscomplexen, kanalen, maar ook in overgangsgebieden naar de niet-verdiepte delen, zoals bijvoorbeeld de invaart van (voor)havens (waarvan de bodem niet mee zakt).

Gewenste (verandering in) systeemcondities

Een vaarweg met voldoende breedte en diepte.

De vaarweg heeft langs de gehele vaarwegcorridor voldoende vaardiepte nodig. Het ondiepste punt bepaalt namelijk de bevaarbaarheid en de transportcapaciteit van het gehele vaartraject.

Dit betekent ook dat bij kabels en leidingen, drempels (bij aansluitende havens en sluizen) en harde lagen, bodemliggingsverschillen geminimaliseerd moeten worden, opdat deze niet uitsteken ten opzichte van de omliggende rivierbodem. Daarnaast is voor veilig navigeren ook een minimale vaargeulbreedte gewenst.

Belangrijkste indicatoren

- **Waterdiepte vaarweg**
Deze indicator meet de verandering in vaardiepte in een traject (het ondiepste punt in een traject bepaalt de bevaarbaarheid).
- **Breedte vaarweg**
Deze indicator meet de verandering van de vaarwegbreedte.

3.3 Overzicht van indicatoren

Tabel 3 toont per systeemdienst een overzicht van de belangrijkste indicatoren.

Systeemdienst	Belangrijkste indicatoren
Veilige afvoer van water	Hoogwaterstanden
	Knikken in de verhanglijn
	Helling in de QH-relatie
Robuuste biodiverse riviernatuur	Hydro-/morfodynamiek
	Hydrologie winterbed
	Aanwezigheid van drukfactoren
	Connectiviteit
	Grootte van leefgebieden
	Diversiteit van leefgebieden in uiterwaarden
Aanvoer en verdeling van zoetwater	Waterstand
	Grondwaterstand
	Verblijftijd
Veilige en betrouwbare vaarweg	Waterdiepte vaarweg
	Breedte vaarweg

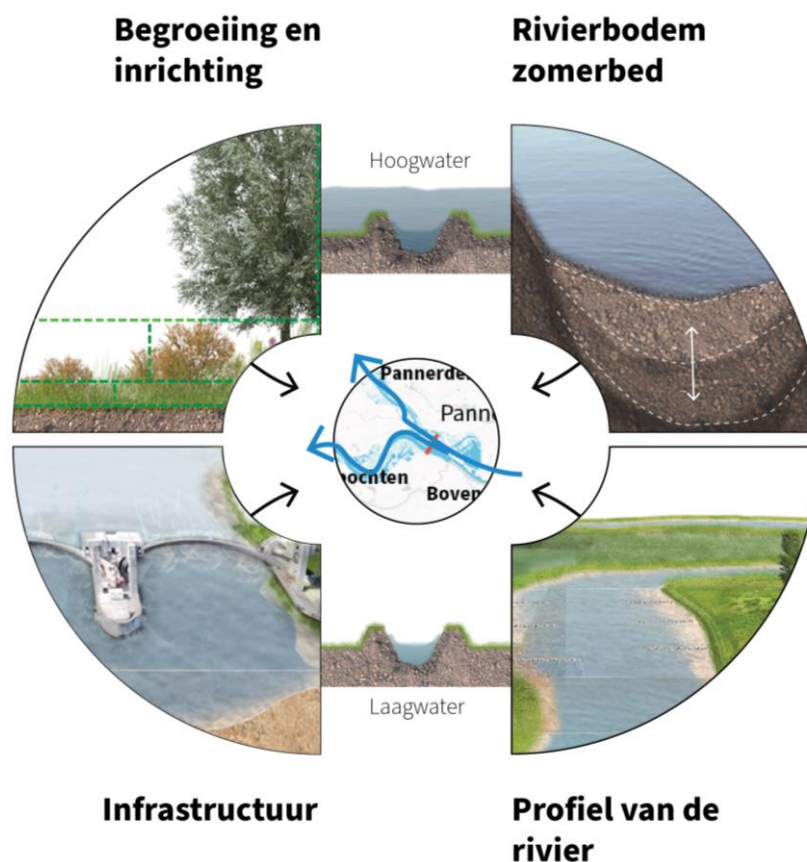
Tabel 3 Overzicht van belangrijkste indicatoren per systeemdienst

4 Overzicht systeemmaatregelen

4.1 Effect van systeemmaatregelen op afvoercapaciteit en rivierbodempligging

Deze studie richt zich op maatregelen die de rivierkundige condities kunnen beïnvloeden. Dit betekent dat maatregelen, zoals het anders beladen van schepen, weliswaar interessant zijn, maar buiten de scope van deze studie vallen. Ook zijn aanpassingen aan de systeemdiensten zelf niet verkend, zoals het afwaarderen van bepaalde scheepvaarttrajecten of het aanpassen van een veiligheidsnormering. Ook rigoureuze ingrepen in het systeem (zoals het aanleggen van lateraalkanalen) vallen buiten de scope van deze studie.

Deze paragraaf geeft een beknopte inleiding op hoe systeemmaatregelen zowel de afvoercapaciteit als de rivierbodempligging kunnen beïnvloeden. Hoewel ORM gaat over veel meer dan rivierbodempligging en afvoercapaciteit, zijn het wel twee bepalende systeemknoppen. Het bewust beïnvloeden van één van de twee of beide draagt bij aan een verbetering van de systeemcondities voor één of meerdere functies, of levert meer ruimte voor de ORM-opgaven (zie ook Figuur 6).



Figuur 6 Componenten die de (hoog en laag-)waterstanden en de verdeling van de rivierafvoer (over riviertakken en tussen zomerbed en uiterwaard) op de rivier beïnvloeden.

Effect op afvoercapaciteit

Door rivierverruimende maatregelen wordt het doorstroomprofiel vergroot. Het hoogwaterstand-verlagende effect van een verruimende maatregel treedt direct op na uitvoering van de maatregel. De dimensies van het doorstroomprofiel zijn bepalend voor de topvervlakkings- en afvoercapaciteit van de rivieren. Topvervlakking is vooral belangrijk op de Maas, waar dit proces leidt tot significante afvlakking van de hoogwatergolf. De mate van topvervlakking is afhankelijk van de geometrie van de uiterwaarden (zowel breedte als hoogteligging). Voor de Rijntakken en de Bedijkte Maas is afvoercapaciteit de crux, die wordt bepaald door zowel de breedte van het winterbed (en de hydraulische ruwheid) als de waterdiepte/-hoogte. Hier kan naast specifieke uiterwaarden-maatregelen en/of binnendijkse maatregelen meer afvoercapaciteit ook met hogere dijken (geen onderdeel van deze studie) worden gerealiseerd.

De systeembeschouwing laat zien dat er een volgordelijkheid is voorgesteld in de uitvoering van de maatregelen. Hierbij is een aanpassing van het zomerbed leidend voordat uitvoering van een uiterwaardenmaatregel in het kader van de afvoercapaciteit wordt gerealiseerd.

Effect op rivierbodempligging

Rivierverruiming kan ook effect hebben op de rivierbodempligging. Verruiming van ofwel het zomerbed en de oeverzone (kribverlaging, langsdammen, zomerbedverbreding) ofwel het winterbed (verwijderen/verlagen van zomerkades, uiterwaardverlaging, nevengeul, obstakels verwijderen, vergladden), zorgt voor een toename van het doorstroomoppervlak. Dit zorgt ervoor dat de stroomsnelheid in het zomerbed over de lengte van de ingreep afneemt. In de evenwichtssituatie komt de rivierbodem in het verruimingstraject hoger te liggen en neemt het bodemverhang toe. Deze toename in bodemverhang zorgt ervoor dat ook bovenstrooms van de verruiming een bodemverhoging resteert.

Voor rivierverruimende maatregelen geldt dat ze alleen een grootschalig effect hebben op de ligging van de rivierbodem wanneer ze worden toegepast over relatief lange riviertrajecten. Een nieuwe hogere evenwichtsbodempligging wordt pas na lange tijd, tientallen tot honderden jaren, bereikt. Gezien deze lange tijdsschaal en de urgentie van de problematiek en wens om deze snel op te lossen, zullen verruimingsmaatregelen moeten worden gecombineerd met maatregelen die op korte termijn effect hebben: sedimentsuppleties (paragraaf 4.4.19) om sneller winst te bereiken en het systeem op weg te helpen richting het nieuwe evenwicht.

Als gevolg van verruimende maatregelen treden ook tijdelijke korte-termijneffecten op de bodempligging op. Zo geeft een nevengeul bijvoorbeeld initieel een aanzandingsgolf benedenstrooms van de aftakking, en een erosiegolf waar de nevengeul weer aantakt aan de rivier. Deze lokale – vaak plaatsgebonden – morfodynamiek is een extra effect, dat bovenop een eventuele grootschalige rivierbodemeffect, optreedt. Deze lokale (plaatsgebonden) effecten verplaatsen zich door de rivier en dempen geleidelijk uit.

De effectiviteit van maatregelen hangt af van de context ter plaatse. Rivierverruiming kan het grootschalige proces van erosie in het zomerbed verminderen, indien langs het gehele eroderende riviertraject wordt verruimd en er verhoudingsgewijs meer water door de uiterwaarden stroomt dan voorheen. Deze maatregel is het meest effectief bij de zogenaamde middenafvoeren: vaak genoeg voorkomend en morfologisch relevant.

4.2 Longlist systeemmaatregelen

Onderstaande tabel geeft een overzicht van mogelijke systeemmaatregelen, waarbij onderscheid gemaakt is tussen maatregelen binnendijks, maatregelen in de uiterwaarden en weerden en maatregelen in het zomerbed en de oeverzone. Het beïnvloeden van de rivierkundige condities kan zowel gedaan worden door het inzetten van afzonderlijke maatregelen als juist door een combinatie van meerdere maatregelen.

Gebied	Type maatregel	Nr.
Binnendijks	Retentie binnendijks	1
	Dijkverlegging	2
	Bypass / groene rivier	3
Uiterwaarden en weerden (buitendijks gebied)	Obstakelverwijdering in uiterwaard of weerd	4
	Verwijderen of doorlatend maken aanbruggen	5
	Uiterwaardverlaging uniform	6
	Uiterwaardverlaging met geulen en/of reliëfvolgend	7
	Opgaande begroeiing verwijderen/snoeien/maaien	8
	Water vasthouden in buitendijks gebied (voorraadberging)	9
	Zomerkadeverlaging of -verwijdering	10
Zomerbed en oeverzone	Zomerbedverdieping	11
	Zomerbedversmalling	12
	Zomerbedverbreding	13
	Kribverlaging	14
	Kribverlenging	15
	Rivierverlenging/ bochtherstel	16
	Bodemkribben/-schermen	17
	Sedimentsuppleties	18
	Harde lagen aanpassen (uitbreiden, verlagen, verhogen, e.d.)	19
	Langsdammenconcept	20
	Ontstenen oevers	21
	Aanpassen stuwregeling en stuwbeheer	22
	Waterbesparende maatregelen bij schutsluizen	23

4.3 Beschrijving systeemmaatregelen en invloed op indicatoren

Deze paragraaf bevat een korte beschrijving van elk van de systeemmaatregelen en de invloed ervan op de systeemdienst(en). Indien er sprake is van geen of een minimaal effect, dan is dat niet beschreven. Tot slot is aandacht besteed aan combinaties van maatregelen, die elkaar potentieel versterken.

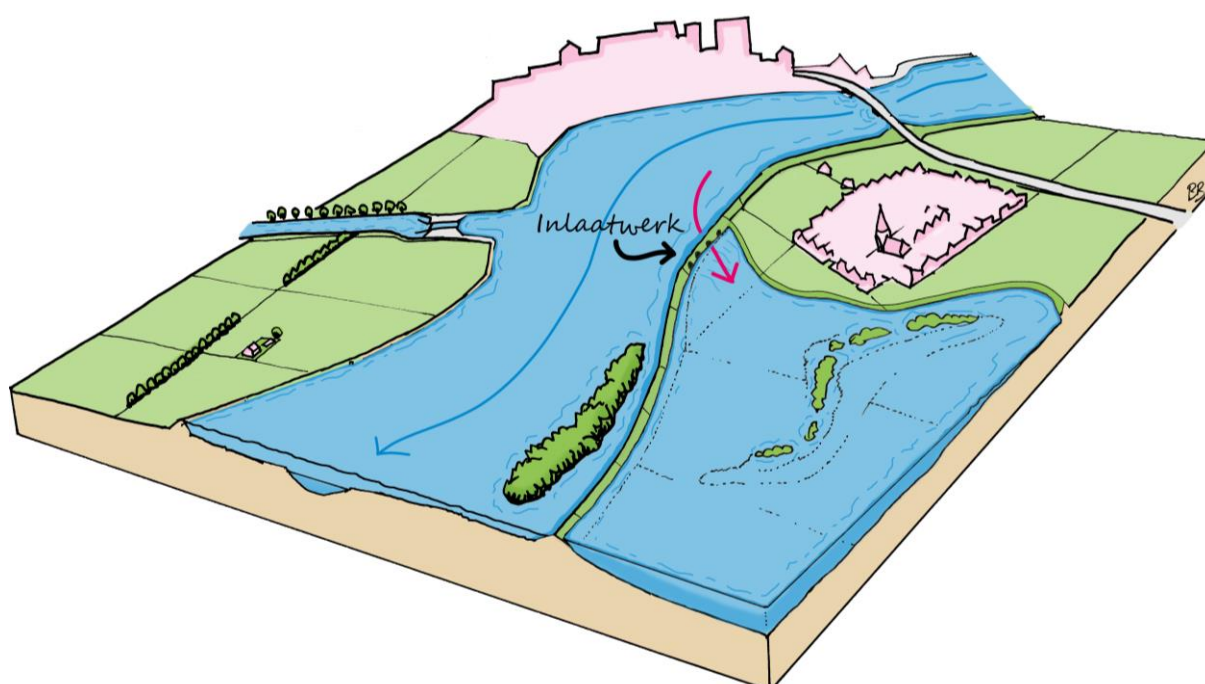
In deze paragraaf wordt een algemeen beeld geschetst, maar omdat het afhankelijk is van het traject hoe een maatregel werkelijk uitwerkt wordt in hoofdstuk 5 per traject beschreven welke maatregelen daar (het meest) effectief zijn.

4.3.1 Binnendijkse retentie

Beschrijving en toepassing

Binnendijkse retentie (zie Figuur 7) kan worden ingezet door tijdens hoogwatercondities water op te slaan buiten het huidige rivierbed, hiermee wordt extra bergingscapaciteit gecreëerd, waardoor de hoogwatergolf wordt afgevlakt.

Deze maatregel is alleen effectief indien toegepast in bovenstrooms gelegen trajecten, omdat het waterstandsverlagend effect dan over een groter traject optreedt. Het effect treedt stroomafwaarts van de ingreep op. Belangrijk voor de toepassing is dat er binnendijkse ruimte gereserveerd wordt om water te kunnen bergen en dat het effect van de maatregel sterk afhankelijk is van het moment waarop het gebied volstroomt (afvoerniveau en frequentie), bergingsvolume en golfvorm van de hoogwatergolf.



Figuur 7 schematische weergave van systeemmaatregel: binnendijkse retentie

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Hoogwaterstand	↓	Helling Qh-relatie neemt af over een deel van het afvoerbereik, maar kan vervolgens ook weer toenemen als het retentiegebied vol is.
	Qh-relatie	↓	
	Grootte van leefgebieden	↑	Bijdrage aan de biodiversiteit van de natuur door het creëren van een vorm van overstromingsgraslanden (binnendijks).
	Diversiteit van leefgebieden	↑	

Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

N.v.t.

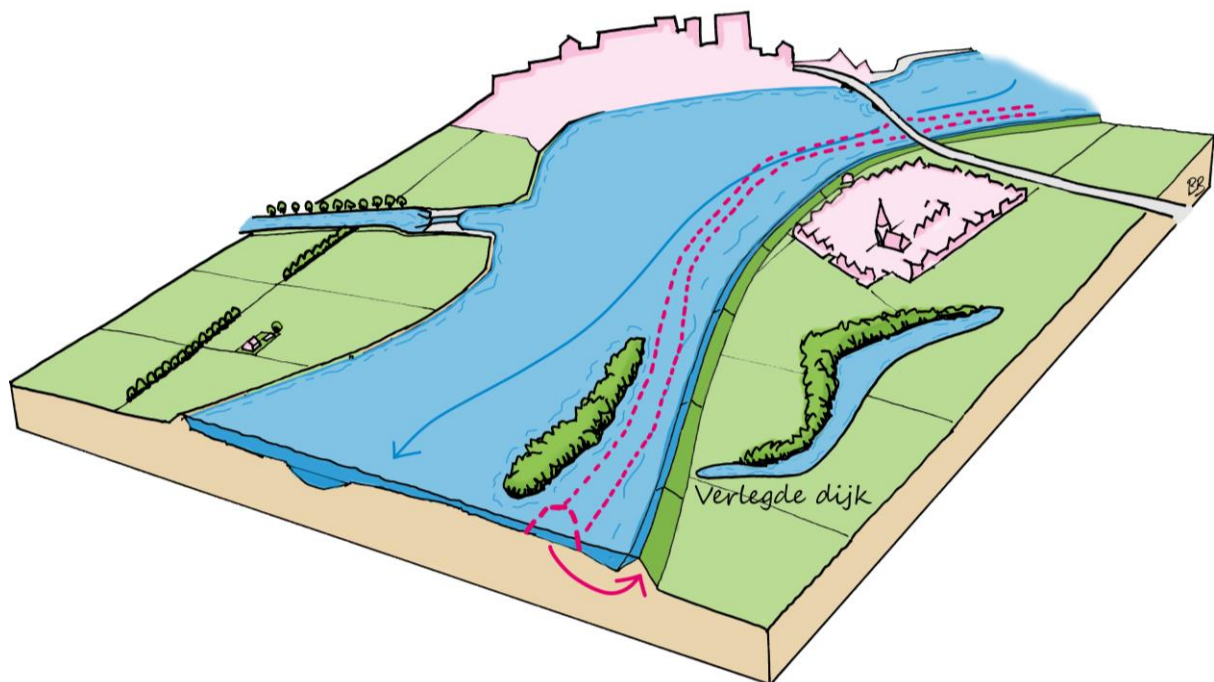
4.3.2 Dijkteruglegging

Beschrijving en toepassing

Een dijkteruglegging (zie Figuur 8) zorgt primair voor een vergroting van het doorstroomoppervlak (grotere afvoercapaciteit). Dit heeft een hoogwaterstandsverlagend effect ter plaatse en stroomopwaarts van de ingreep. De maatregel vergroot het rivierbed, wat ten koste gaat van nu nog tegen hoogwater beschermd, binnendijks gelegen, gebied.

De maatregel is vooral effectief ter hoogte van flessenhalzen om de hoogwaterstand te verlagen en de knikken in de verhanglijn te reduceren. Buiten de flessenhalzen kan de maatregel ook kansen bieden voor natuur. Indien de maatregel wordt toegepast direct benedenstrooms van een splitsingspunt, kan de maatregel de afvoerverdeling bij hoge afvoeren beïnvloeden. Specifiek op de Maas kan de maatregel ook worden ingezet om extra topvervlakking te realiseren; dan gaat het vooral om extra bergingscapaciteit.

Bijkomend voordeel van dijkteruglegging is dat het areaal van de uiterwaarden wordt vergroot. Dit biedt kansen om de biodiversiteit te vergroten.



Figuur 8 schematische weergave van systeemmaatregel: dijkteruglegging

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Hoogwaterstand	↓	Afvoercapaciteit wordt vergroot waardoor de waterstanden afnemen.
	Knik in verhanglijn	↓	Wanneer de dijkverlegging wordt toegepast ter hoogte van een flessenhals kan de knik in de verhanglijn worden opgelost.
	Helling Qh-relatie	↓	Het doorstroomprofiel wordt vergroot, hierdoor neemt de helling van de Qh-relatie af. Vanaf welke afvoer de helling wordt afgevlakt is afhankelijk van de hoogteligging van de nieuwe uiterwaard.
	Grootte van leefgebieden	↑	Extra winterbed gecreëerd. Dit kan worden ingezet als natuur. Bij het ontwerp is het belangrijk aandacht te hebben voor lokale opstuwing van de waterstand als gevolg van andere vegetatie.
	Diversiteit	↑	

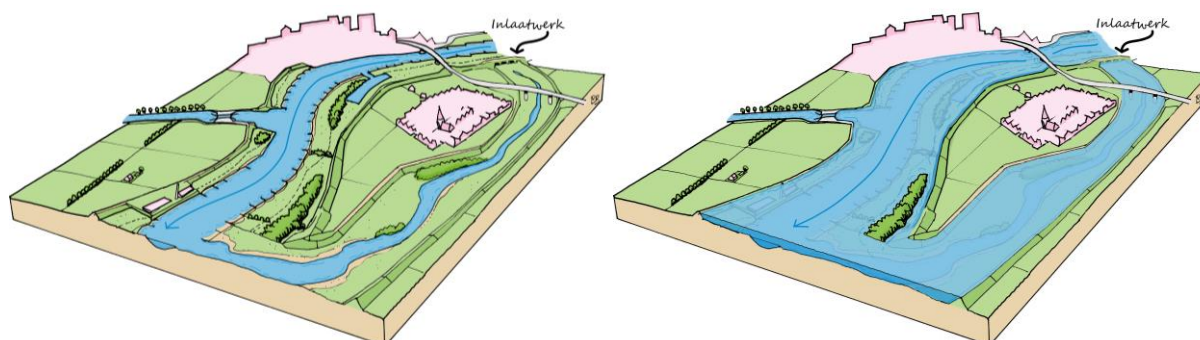
Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

Dijkverlegging heeft effect bij afvoeren waarbij de uiterwaarden meestromen. Wanneer de dijkverlegging wordt uitgevoerd in combinatie met rivierverruimende maatregelen die de instroomfrequentie van de uiterwaard vergroten en het stroombeeld in midden-afvoerbereik beïnvloeden, wordt het rivierkundige effect van beide maatregelen versterkt. Dit betekent dat bijvoorbeeld de afvoercapaciteit meer wordt vergroot en ook dat de erosie afgeremd kan worden en de rivierbodem omhoog kan komen. Als de rivierbodem over een langer traject omhoog komt in het zomerbed, worden laagwaterstanden en grondwaterstanden hoger en vindt meer stromings-uitwisseling tussen zomerbed en winterbed plaats. Dit heeft een positieve doorwerking op natuur (meer dynamiek, minder verdroging). Als er sprake is van vaste lagen, waar de waterdiepte is afgenomen door erosie van de benedenstroomse bodem, heeft een hogere bodemligging daar ook positief effect op de waterdiepte en dus de vaardiepte.

4.3.3 Bypass/groene rivier (met drempel)

Beschrijving en toepassing

Een bypass of groene rivier met drempel en/of inlaatwerk (zie Figuur 9) treedt alleen bij hoogwater in werking en zorgt voor een toename van de afvoercapaciteit en daarmee voor lagere hoogwaterstanden. Met de maatregel wordt ruimte toegevoegd aan het rivierbed. Tegelijkertijd kan de maatregel het areaal dat beschikbaar is voor riviernatuur vergroten. Indien de maatregel wordt toegepast in de omgeving van het splitsingspunt kan bovendien de hoogwaterafvoerverdeling worden beïnvloed.



Figuur 9 schematische weergave van systeemmaatregel: bypass/groene rivier (met drempel). (links: situatie bij laagwater, rechts: situatie bij hoogwater)

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Hoogwaterstand	↓	De mate waarin deze indicatoren worden beïnvloed is sterk afhankelijk van de locatie en de inrichting van de bypass of groene rivier. Is er bijvoorbeeld sprake van een knelpunt, en bij welke afvoeren wordt de maatregel actief.
	Knik in verhanglijn	↓	
	Helling Qh-relatie	↓	
	Grootte van leefgebieden	↑	Aandachtspunt: bij toepassing van een inlaatwerk wordt het nieuwe areaal niet/minder beïnvloed door rivierdynamiek.
	Diversiteit van leefgebieden	↑	Voorwaarde: een goede inrichting en frequentie van instromen

Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

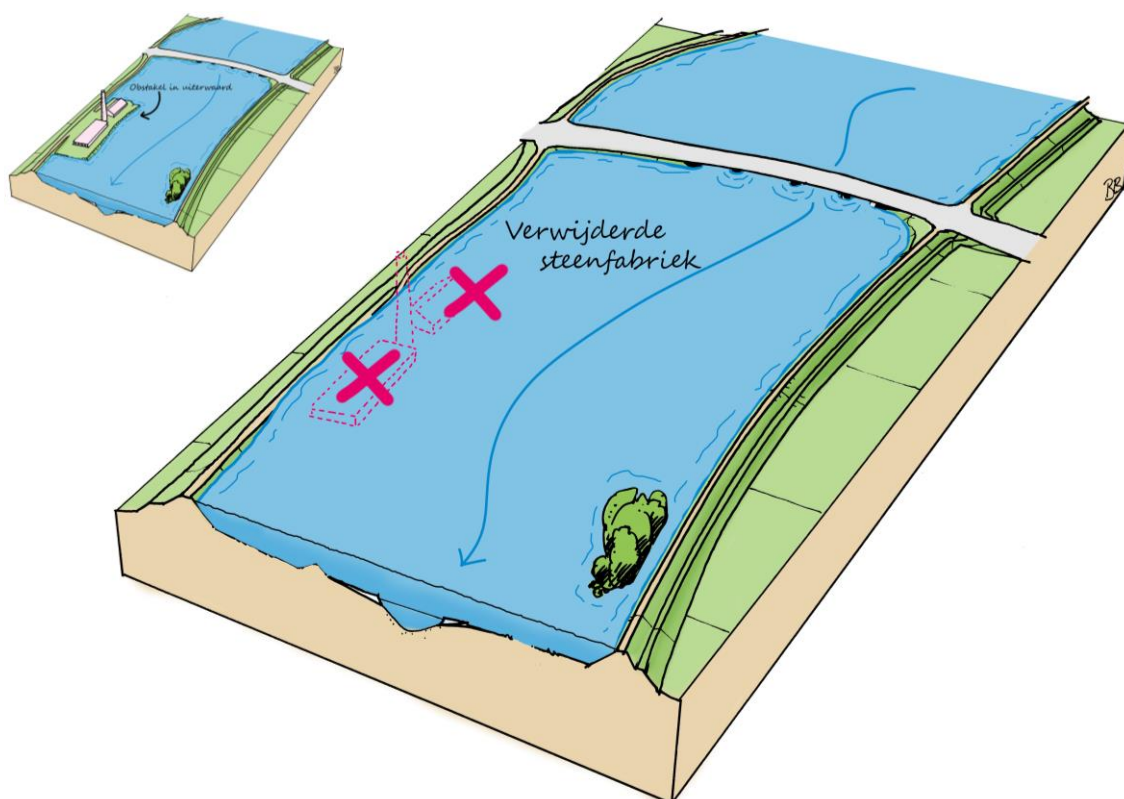
Ervanuit gaande dat de instroomfrequentie van deze maatregel laag blijft (alleen bij extreme hoogwaters) levert een combinatie met andere maatregelen geen meerwaarde voor het verminderen van de bodemerrosie.

4.3.4 Obstakels verwijderen uit uiterwaard

Beschrijving en toepassing

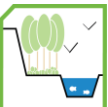
Deze maatregel is alleen van toepassing op locaties waar zich hydraulische obstakels bevinden in de uiterwaard, zoals hoogwatervrije terreinen (steenfabrieken en industrie) of bruggenhoofden (zie Figuur 10). Lokaal neemt de afvoercapaciteit toe doordat er ruimte wordt toegevoegd aan het rivierbed.

Op het moment dat het verwijderen van een obstakel betekent dat barrières tussen leefgebieden worden verwijderd, zorgt dit voor een verbetering van de connectiviteit en mogelijk grotere leefgebieden. Voor de diversiteit in het gebied is het belangrijk dat er voldoende hoogwater-vluchtplaatsen over blijven.



Figuur 10 schematische weergave van systeemmaatregel: obstakels verwijderen uit uiterwaard

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Hoogwaterstand	↓	
	Knik in verhanglijn	↓	Gelijkmatiger normaalprofiel.
	Helling Qh-relatie	↓	Afhankelijk van de maat en de locatie van het obstakel wordt de helling in Qh-relatie beïnvloed.
	Connectiviteit	↑	Afhankelijk van locatie.
	Grootte van leefgebieden	↑	

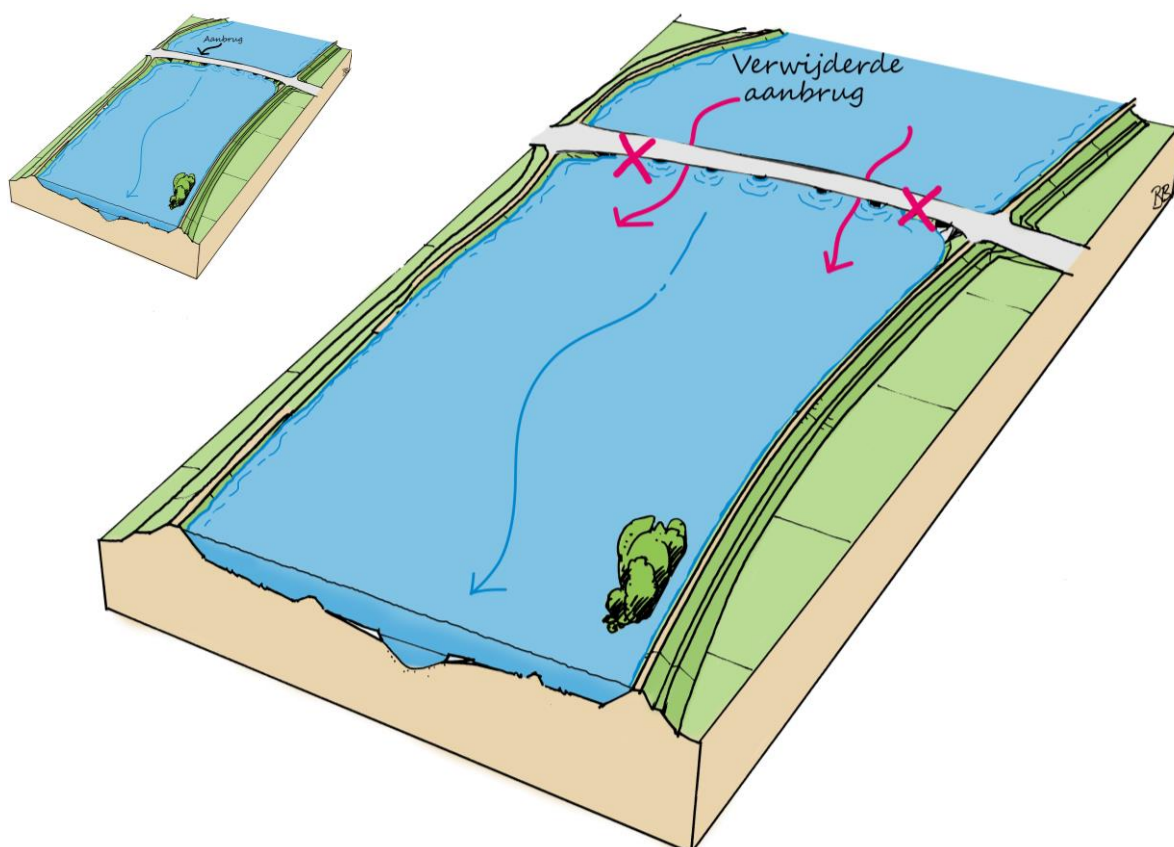
Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

De maatregel kan logisch worden gecombineerd met uiterwaardvergraving (paragraaf 0 en 4.3.7).

4.3.5 Verwijderen / doorlatend maken aanbruggen

Beschrijving en toepassing

Deze maatregel is alleen lokaal van toepassing op locaties bij bruggen (zie Figuur 11). Aanbruggen en brughoofden beperken de afvoercapaciteit en zorgen voor opstuwing. Het doorlatend maken of verwijderen ervan zorgt voor minder opstuwing.



Figuur 11 schematische weergave van systeemmaatregel: verwijderen / doorlatend maken van aanbruggen

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Hoogwaterstand	↓	
	Knik in verhanglijn	↓	Gelijkmatiger normaalprofiel.
	Helling Qh-relatie	↓	Afhankelijk van de maat en de locatie van het obstakel wordt de helling in Qh-relatie beïnvloed.

Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

De maatregel kan logisch worden gecombineerd met uiterwaardvergraving (paragraaf 0 en 4.3.7).

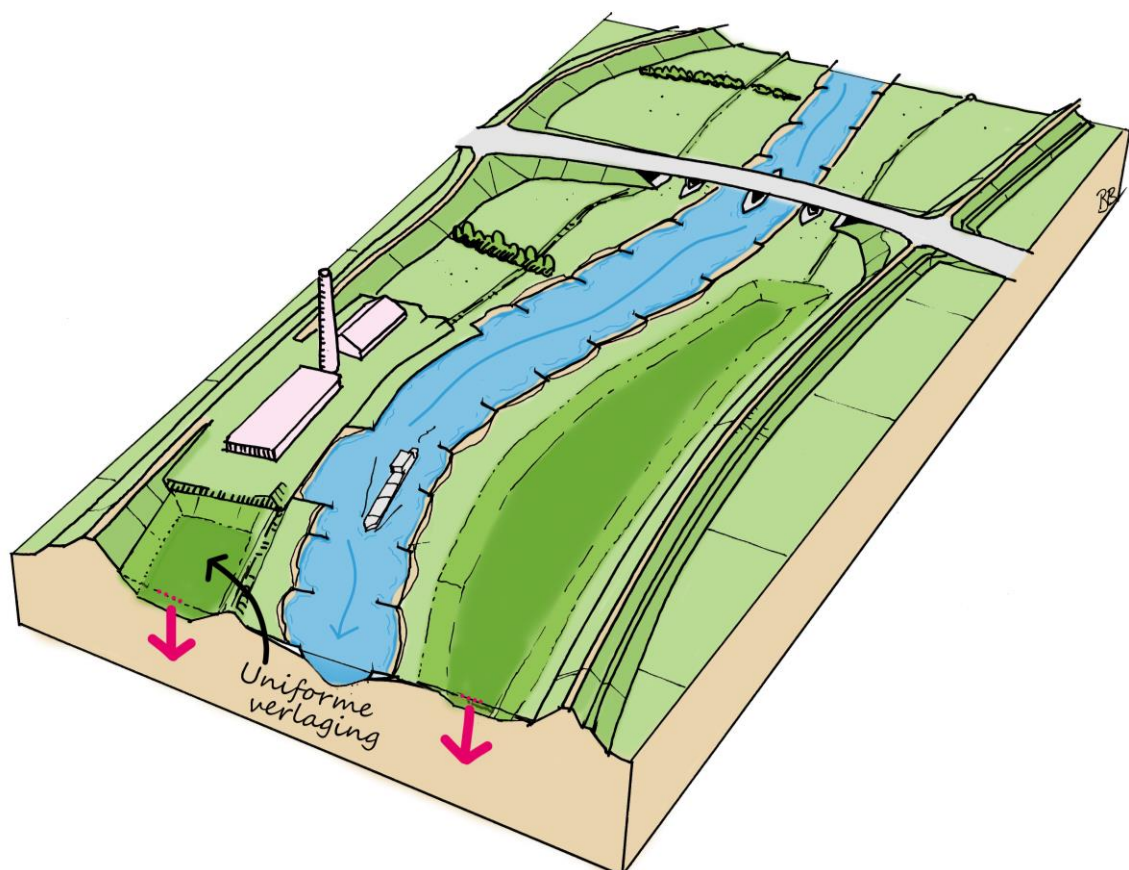
4.3.6 Uiterwaardverlaging uniform

Beschrijving en toepassing

Door het verlagen van de gehele uiterwaard (met behoud van zomerkaides) wordt het doorstroomoppervlak vergroot, wat zorgt voor meer afvoercapaciteit (zie Figuur 12). Dit heeft een hoogwaterstandsverlagend effect.

Daarnaast kan de maatregel zorgen voor het verkleinen van de erosieve bodemtrend in erosieve riviertrajecten en daardoor (op termijn) zorgen voor een verhoging van de rivierbodempligging. Dit effect vindt plaats indien er door de uiterwaardverlaging meer water wordt onttrokken aan het zomerbed. Het is hierbij van belang dat de maatregel bij middenafvoeren in- of meestroomt. Indien de maatregel specifiek ingezet wordt om de erosiviteit te beperken, dan is het belangrijk dat de verruiming wordt toegepast langs het gehele erosieve traject. Als de rivierbodem in het zomerbed als gevolg van de grootschalige uiterwaardverlaging over een langer traject omhoog komt, nemen laagwaterstanden, grondwaterstanden en waterdiepten toe, en vindt meer stromingsuitwisseling tussen zomerbed en winterbed plaats. Indien de maatregel wordt toegepast in de omgeving van het splitsingspunt kan bovendien de hoogwaterafvoerdeling worden beïnvloed.

Bij het ontwerp is het belangrijk aandacht te hebben voor de lokale ondieptes in het zomerbed, die kunnen ontstaan als gevolg van de uiterwaardverlaging, en daaruit volgende plaatsgebonden morfodynamiek met lokale aanzanding- en erosiepatronen.



Figuur 12 schematische weergave van systeemmaatregel: uiterwaardverlaging uniform

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Hoogwaterstand	↓	
	Knik in verhanglijn	↓	
	Hydro-/morfodynamiek	↑	Een lagere ligging van de uiterwaard in combinatie met een eventueel hogere rivierbodempligging zorgt ervoor dat de uiterwaarden vaker overstroomd worden.
	Hydrologie winterbed	↑	Een hogere bodempligging in het zomerbed zorgt voor een hogere waterstand en grondwaterstand. Daarnaast komt ter plaatse van de vergravingen de grondwaterstand dicht bij het maaiveld van de uiterwaard te liggen. Een hogere grondwaterstand heeft een positief effect op de hydrologie in het winterbed (minder verdroging) en levert daarmee een positieve bijdrage aan de nattere ecotopen.
	Connectiviteit	↑	Verbetering van de verbinding tussen zomer- en winterbed.
	Laagwaterstand	↑	Onder de voorwaarde dat de rivierbodem omhoog komt, stijgt de laagwaterstand in het zomerbed.
	Grondwaterstand	↑	Onder bovenstaande voorwaarde stijgt het grondwater met de laagwaterstand mee.
	Vaardiepte	↑	Bij een grootschalige ingreep nemen de laagwaterstanden toe en daarmee de vaardiepte ter plaatse van drempels in de vaarweg.

Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

De maatregel is extra effectief als deze kan worden uitgevoerd in combinatie met maatregelen die invloed hebben op het moment van instromen (moment, frequentie en duur). Dit is bijvoorbeeld het geval bij het verlagen en verwijderen van de zomerkades (paragraaf 4.3.6 en 4.3.7). Op die manier stroomt het winterbed vaker en omvangrijker mee.

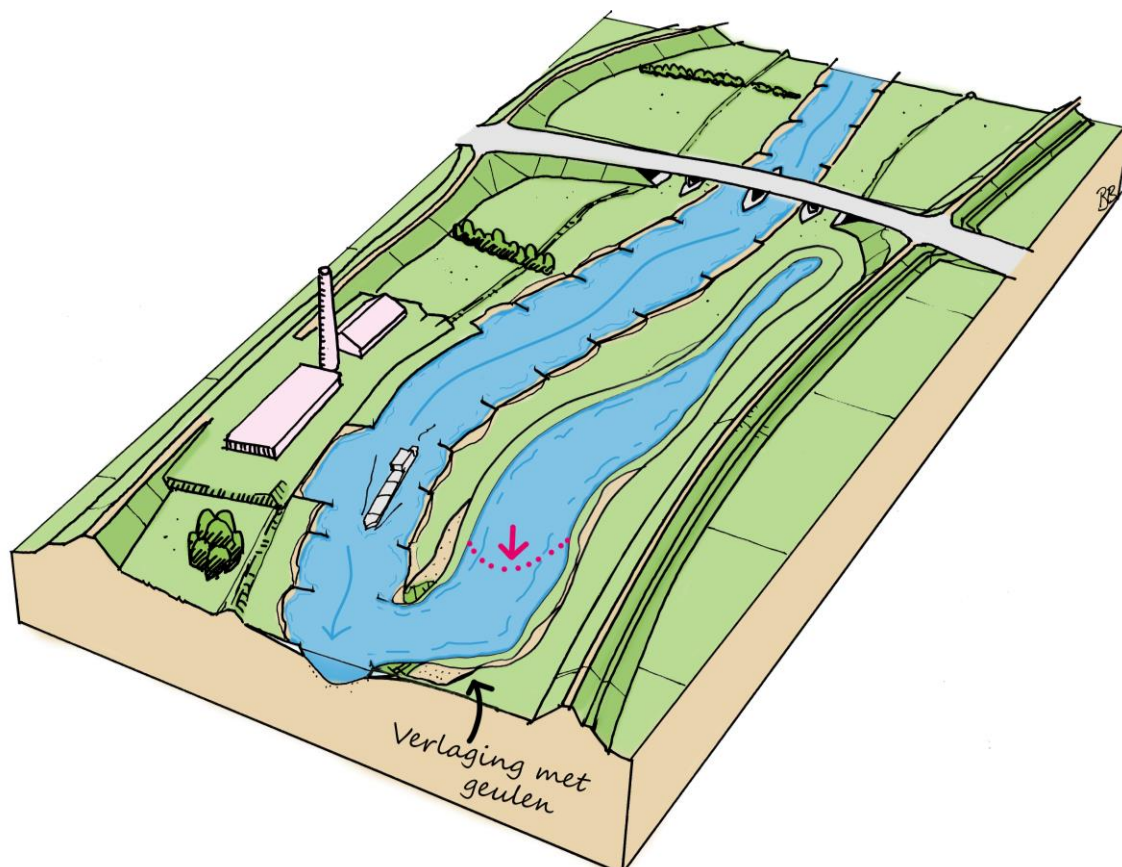
4.3.7 Uiterwaardvergravingen met reliëf

Beschrijving en toepassing

Deze maatregel heeft betrekking op de aanleg van (meestromende) geulen en strangen in de uiterwaarden (zie Figuur 13). De effecten van deze maatregel zijn in grote mate vergelijkbaar met die van een uniforme uiterwaardvergraving (zie paragraaf 4.3.6).

Tegelijkertijd bieden de meestromende geulen en strangen juist kansen voor natuur, doordat sprake is van een gevarieerde inrichting van de uiterwaard.

De effecten op de laagwaterstanden, grondwaterstanden en vaardieptes zijn hetzelfde als bij de uniforme uiterwaardvergraving. Belangrijk daarbij is vanaf welk moment de geulen gaan meestromen en de stroming bij middenafvoeren beïnvloeden. Is het instroomniveau hetzelfde als bij de uiterwaardvergraving, dan is het effect van geulen en strangen op de bodem kleiner. Als de geulen eerder meestromen dan bij een uniforme uiterwaardvergraving, dan kan het effect op de bodemligging zelfs wat groter zijn.



Figuur 13 schematische weergave van systeemmaatregel: uiterwaardvergraving met reliëf

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Hoogwaterstand	↓	
	Knik in verhanglijn	↓	Wanneer toegepast in een flessenhals.
	Helling Qh-relatie	↓	Het effect van de maatregel is sterk afhankelijk van de inrichting: bij welke afvoeren worden delen van de maatregel effectief.
	Hydro-/morfodynamiek	↑	Een lagere ligging van de uiterwaard in combinatie met een hogere rivierbodempligging zorgt ervoor dat de uiterwaarden vaker overstromen.

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Hydrologie winterbed	↑	Een hogere bodemligging zorgt voor hogere grondwaterstand, daarnaast komt ter plaatse van de vergravingen de grondwaterstand dichterbij het maaiveld te liggen. Een hogere grondwaterstand heeft een positief effect op de hydrologie in het winterbed en daarmee een positieve bijdrage aan de nattere ecotopen.
	Connectiviteit	↑	Verbetering van de verbinding tussen zomer- en winterbed.
	Diversiteit leefgebieden	↑	Gevarieerdere inrichting van de uiterwaard.
	Laagwaterstand	↑	
	Grondwaterstand	↑	
	Vaardiepte	↑	Bij een grootschalige ingreep nemen de laagwaterstanden toe en daarmee de vaardiepte ter plaatse van drempels in de vaarweg. Aandacht nodig voor morfologische neveneffecten

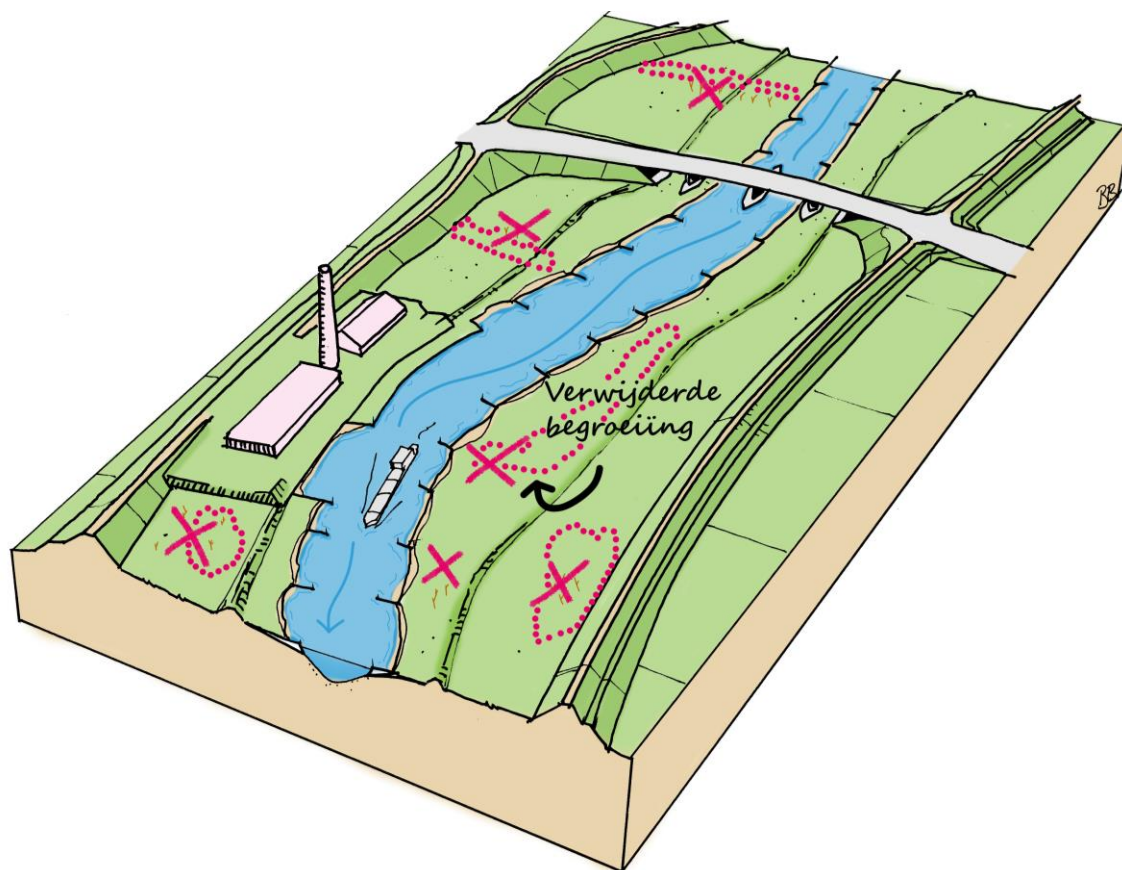
Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

De maatregel is extra effectief als deze kan worden uitgevoerd in combinatie met maatregelen die invloed hebben op het moment van instromen (frequentie) en de duur ervan. Dit is bijvoorbeeld het geval bij het verlagen en verwijderen van de zomerkades.

4.3.8 Opgaande begroeiing verwijderen/snoeien/maaien

Beschrijving en toepassing

Deze maatregel betreft het kappen en/of maaien van opstuwende vegetatie in de uiterwaarden, met name in de stroomvoerende delen (zie Figuur 14). De lagere ruwheid zorgt voor minder opstuwung en meer water dat over de uiterwaarden stroomt. Dit heeft een waterstandsverlagend effect. Aandachtspunt bij de uitvoering van deze maatregel is dat minder schaduwwerking zorgt voor meer verdroging en de diversiteit van de inrichting van de uiterwaard achteruitgaat.



Figuur 14 schematische weergave van systeemmaatregel: opgaande begroeiing verwijderen/snoeien/maaien

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Hoogwaterstand	↓	
	Hydro-/morfodynamiek	↓	Het verwijderen van vegetatie zorgt voor hogere en meer uniforme stroomsnelheden, hetgeen leidt tot een eentoniger minder dynamisch systeem.
	Hydrologie winterbed	↓	Verdroging door minder schaduwwerking
	Diversiteit	↓	

Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

Als er frequenter wateruitwisseling plaatsvindt, indien er ook maatregelen genomen worden die invloed hebben op het moment van instromen (moment, frequentie) en de duur, kan de maatregel ook het stroombeeld in het zomerbed, en dus de sedimenttransportcapaciteit beïnvloeden.

4.3.9 Water vasthouden in buitendijks gebied (voorraadberging)

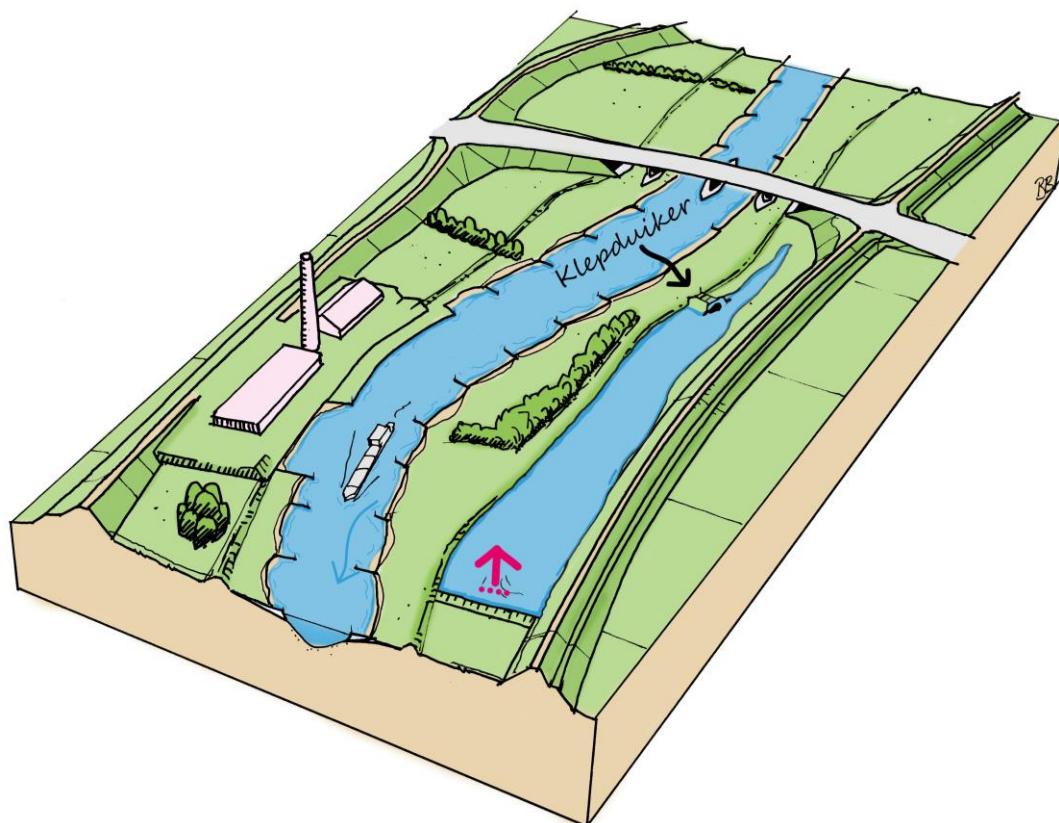
Beschrijving en toepassing

Deze maatregel heeft betrekking op het vasthouden van water in bestaande plassen of laaggelegen uiterwaarden door middel van zomerkades met schuiven of klepduikers (zie Figuur 15). Het water wordt vastgehouden na regen en/of hoge afvoer. In tijden van droogte kan dit opgeslagen water geleidelijk terugstromen naar de rivier. Dit heeft een laagwaterstandsverhogend effect en vernattend effect in de uiterwaarden zelf.

Dit concept is onderzocht voor de Maas en dan met name de Limburgse Maas, waar de waterstanden in droge periodes zeer laag zijn (Ouwkerk et al., 2021).

De verkenning liet zien dat de laagwaterstanden op de Limburgse Maas met maximaal enkele centimeters kunnen worden verhoogd; voor de Rijntakken zal deze maatregel geen significant effect kunnen geven. De maatregel heeft met name potentie voor het vernatten van uiterwaarden en daarmee het verbeteren van de condities voor natte ecotopen.

In het ontwerp dient er rekening mee te worden gehouden dat eventuele zomerkades en/of schuifjes zo worden ontworpen dat deze geen opstuwend effect hebben.



Figuur 15 schematische weergave van systeemmaatregel: water vasthouden in buitendijks gebied (voorraadberging)

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Hydrologie winterbed	↑	Een hogere grondwaterstand heeft een positief effect op de hydrologie in het winterbed (minder verdroging) en biedt kansen aan nattere ecotopen.
	Connectiviteit	↑	Betere verbinding tussen zomer- en winterbed.
	Diversiteit leefgebieden	↑	Met natte bufferzones ontstaat een diverser leefgebied dat beter bestand is tegen droogtes.
	Laagwaterstand	↑	
	Grondwaterstand	↑	
	Vaardiepte	↑	De vaardiepte in tijden van droogte neemt beperkt toe in de Maas. De berging zal echter een zeer grote omvang moeten hebben om een significant effect voor de scheepvaart te sorteren.

Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

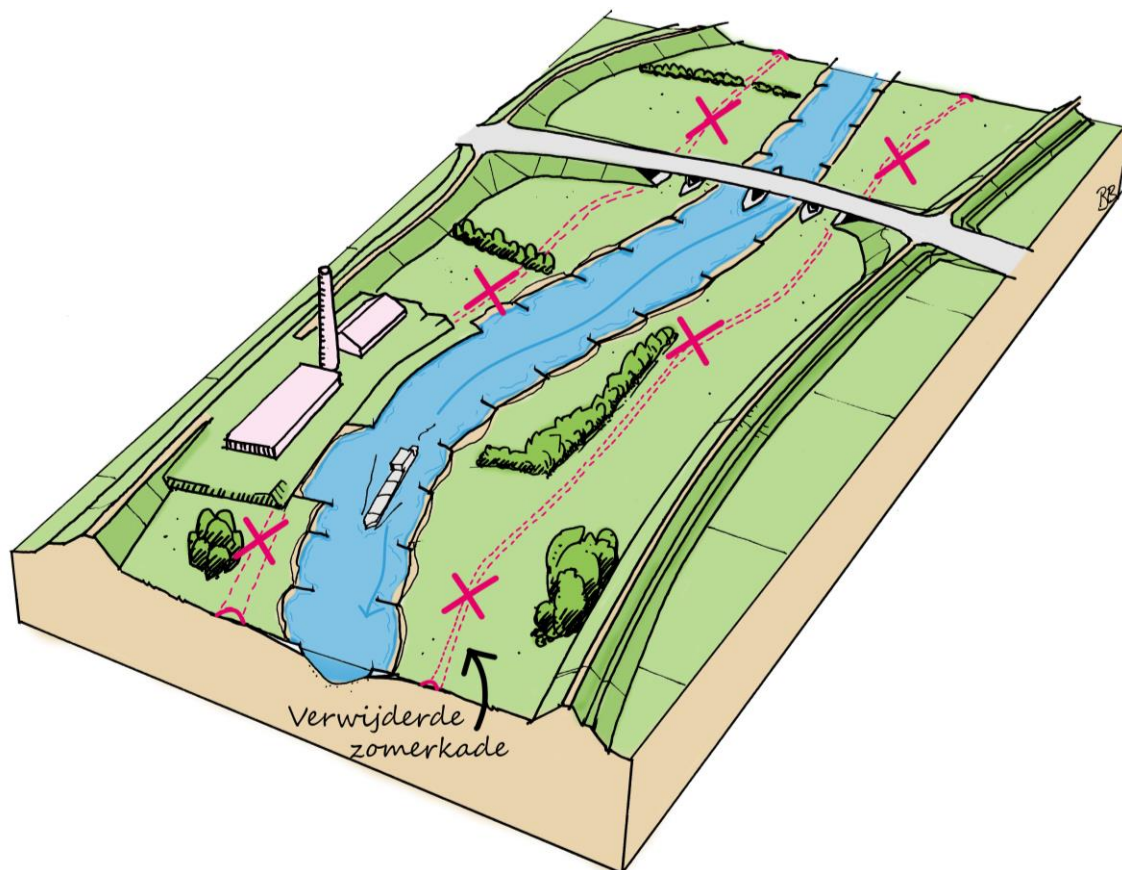
n.v.t.

4.3.10 Zomerkadeverlaging of -verwijdering

Beschrijving / toepassing

Een zomerkade of zomerdijk voorkomt dat als een uiterwaard bij wat hogere afvoeren instroomt, deze direct geheel onder water komt te staan. Pas als de zomerkade overstroomt inundeert de uiterwaard. Het verlagen of verwijderen van zomerkades (zie Figuur 16) zorgt ervoor dat uiterwaarden in geval van een hoogwater eerder over grotere breedte gaan meestromen. Als dat al gebeurt bij de middenafvoeren kan dit leiden tot het verkleinen van de erosieve bodemtrend in erosieve riviertrajecten en mogelijk op termijn tot een verhoging van de rivierbodempligging. Hierbij geldt weer, dat de verruiming bij voorkeur wordt toegepast langs het gehele erosieve traject. Als de rivierbodem over een langer traject omhoog komt, nemen laagwaterstanden, grondwaterstanden en waterdiepten toe, en vindt meer stromingsuitwisseling tussen zomerbed en winterbed plaats.

Bij het ontwerp is het belangrijk aandacht te hebben voor de lokale ondieptes in het zomerbed, die kunnen ontstaan als gevolg van ingrepen in de uiterwaard, en daaruit volgende plaatsgebonden morfodynamiek met lokale aanzanding- en erosiepatronen.



Figuur 16 schematische weergave van systeemmaatregel: zomerkadeverlaging of -verwijdering

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓↑	Toelichting
	Hydro-/morfodynamiek	↑	Inundatie neemt toe.
	Hydrologie winterbed	↑	Grondwaterstanden gaan omhoog
	Diversiteit leefgebieden	↓	Er verdwijnt een bepaalde dynamiek wat m.n. de kansen voor overstromingsgraslanden verkleint.
	Laagwaterstand	↑	
	Grondwaterstand	↑	

Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

Zomerkadeverlaging of -verwijdering kan gecombineerd worden met uniforme uiterwaardverlaging of uiterwaardvergravingen met reliëf. Het versterkende van de combinatie van deze maatregelen is beschreven in paragrafen 4.3.6 en 4.3.7.

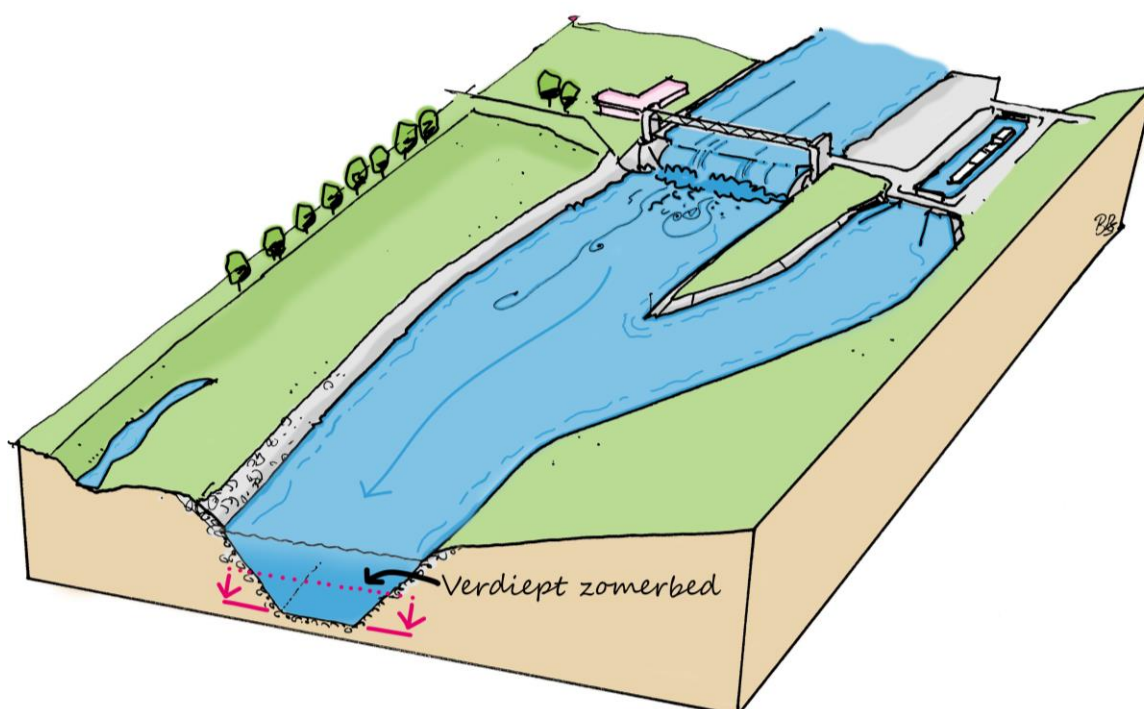
4.3.11 Zomerbedverdieping

Beschrijving en toepassing

Deze maatregel heeft betrekking op het verlagen van de bodem in het zomerbed met als doel meer doorstromend oppervlak creëren (zie Figuur 17). Dit heeft een hoogwaterstandsverlagend effect.

De maatregel heeft echter ook een belangrijk nadeel: het betekent een lagere zomerbedligging, wat zorgt voor lagere laagwaterstanden en grondwaterstanden.

Tegelijkertijd fungeert deze maatregel als zandvang, hetgeen betekent dat benedenstrooms erosie optreedt. Bovenstrooms van de maatregel neemt als gevolg van de lagere waterstand de vaardiepte af en zal ook terugschrijdende erosie optreden, waardoor ook daar de bodem extra zakt. Het in stand houden van de zomerbedverdieping vraagt om periodiek sedimentbeheer.



Figuur 17 schematische weergave van systeemmaatregel: zomerbedverdieping

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Hoogwaterstanden	↓	
	Hydro-/morfodynamiek	↓	De laagwaterstanden worden lager als gevolg van een lagere bodemligging. Dit heeft een negatief effect op de hydrodynamiek in het gebied doordat de uiterwaarden minder vaak overstromen. Ook de sedimentconnectiviteit neemt hiermee af met een verkleining van de morfodynamiek tot gevolg.

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Hydrologie winterbed	↓	Lagere grondwaterstanden hebben een negatief effect op de hydrologie van het winterbed en dus op de nattere ecotopen.
	Connectiviteit	↓	Verbinding tussen zomer- en winterbed neemt af.
	Laagwaterstand	↓	
	Grondwaterstand	↓	
	Vaardiepte	↓	Afname vaardiepte bovenstrooms van de zomerbedverdieping.

Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

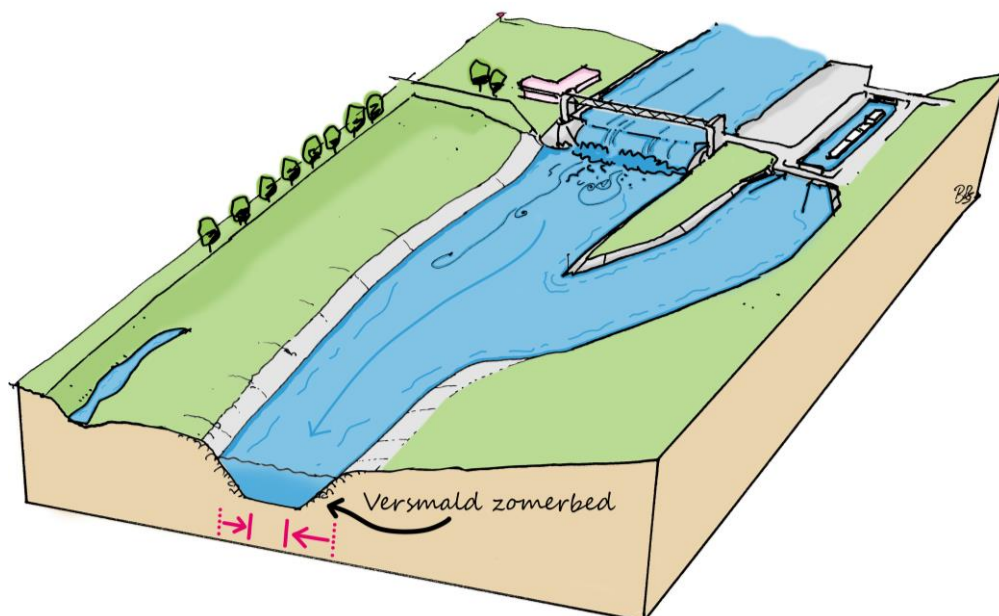
N.v.t.

4.3.12 Zomerbedversmalling

Beschrijving en toepassing

Deze maatregel is het versmallen van het zomerbed (zie Figuur 18). De maatregel betekent een verkleining van het doorstroomoppervlak, waardoor de waterstanden (zowel hoogwaterstanden als laagwaterstanden) hoger worden. Het gevolg van de maatregel is dat de stroomsnelheden kunnen toenemen, waardoor (meer) bodemerosie kan optreden, waardoor de effecten op laagwaterstanden in de loop van de tijd minder zullen worden. Op lange termijn nemen de waterstanden ter plaatse van en bovenstrooms van de versmalling af. Het is eigenlijk het versterken van de normalisatie.

De maatregel is alleen te overwegen in overgedimensioneerde gestuwde trajecten, zoals die van de Maas. De maatregel kent daarom twee scores in onderstaande tabel: de linker kolom is voor ongestuwde trajecten (daar scoort de maatregel negatief) en de rechter kolom is voor de gestuwde trajecten (daar is de maatregel te overwegen).



Figuur 18 schematische weergave van systeemmaatregel: zomerbedversmalling

Effecten:

Systeemdienst	Indicator	↓/↑		Toelichting
	Hoogwaterstanden	↑	↑	Een afname van het doorstroomoppervlak zorgt voor een afname van de afvoercapaciteit en een toename van de hoogwaterstanden.
	Hydro-/ morfodynamiek	↓	-	Links = ongestuwd: initieel gaan de laagwater- en grondwaterstanden omhoog en zorgen voor meer hydro/morfodynamiek en een betere hydrologie van het winterbed. Als gevolg van extra bodemerosie zullen de waterstanden na enige tijd echter extra omlaag gaan.
	Hydrologie winterbed	↓	↑	Rechts: gestuwd. De laagwater- en grondwaterstanden gaan omhoog.
	Laagwaterstand	↓	↑	Links = ongestuwd: initieel gaan de laagwater- en grondwaterstanden omhoog. Als gevolg van extra bodemerosie zullen de waterstanden na enige tijd echter extra omlaag gaan.
	Grondwaterstand	↓	↑	Rechts: gestuwd. De laagwater- en grondwaterstanden gaan omhoog.
	Vaardiepte	↓	↑	Links = ongestuwd: de knelpunten bij vaste lagen worden erger als gevolg van de toename in bodemerosie.
	Vaarbreedte	↓	↑	Rechts = gestuwd. De laagwater- en grondwaterstanden gaan omhoog.

Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

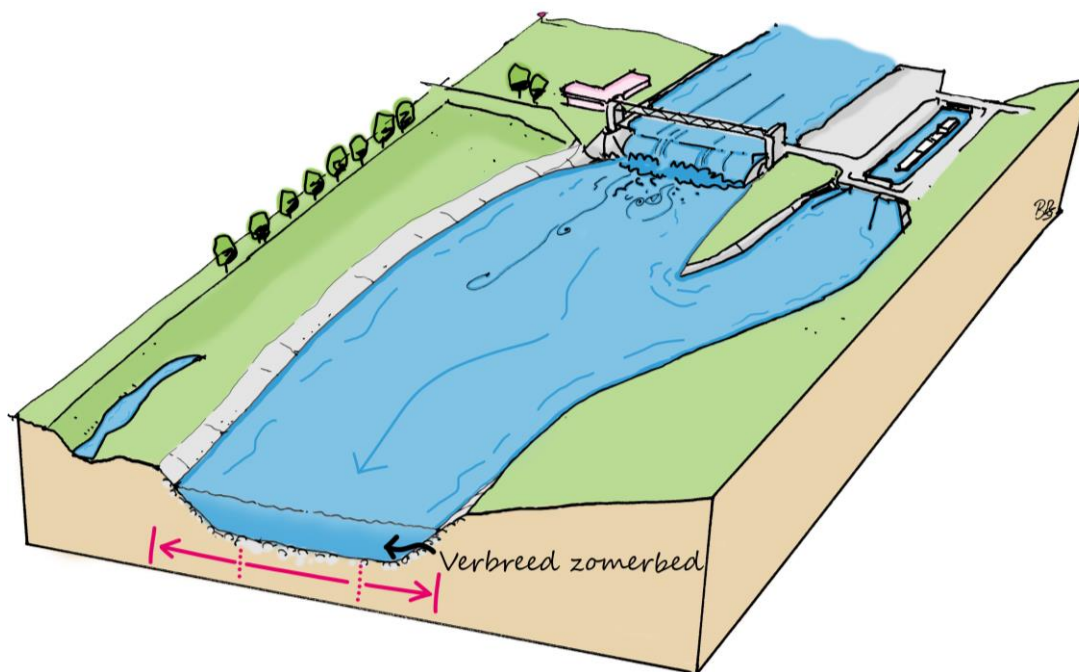
N.v.t.

4.3.13 Zomerbedverbreding

Beschrijving en toepassing

Deze maatregel is het breder maken van het zomerbed door het terugleggen van de oever (zie Figuur 19). Door het breder maken van het zomerbed neemt het doorstroomprofiel en daarmee de afvoercapaciteit toe. Naast een verlaging van de hoogwaterstanden zullen initieel ook de laagwaterstanden (en daarmee de grondwaterstanden) lager worden. Tegelijkertijd zullen de stroomsnelheden in het zomerbed afnemen, waardoor de evenwichtsbodemligging op termijn hoger wordt in ter plaatse van en bovenstrooms van het verruimde traject.

Op de lange termijn zullen de laagwaterstanden op het verruimde traject en bovenstrooms daarvan omhoog gaan; maar de waterdiepte zal bij gelijke afvoer kleiner zijn/blijven.



Figuur 19 schematische weergave van systeemmaatregel: zomerbedverbreding

Effecten

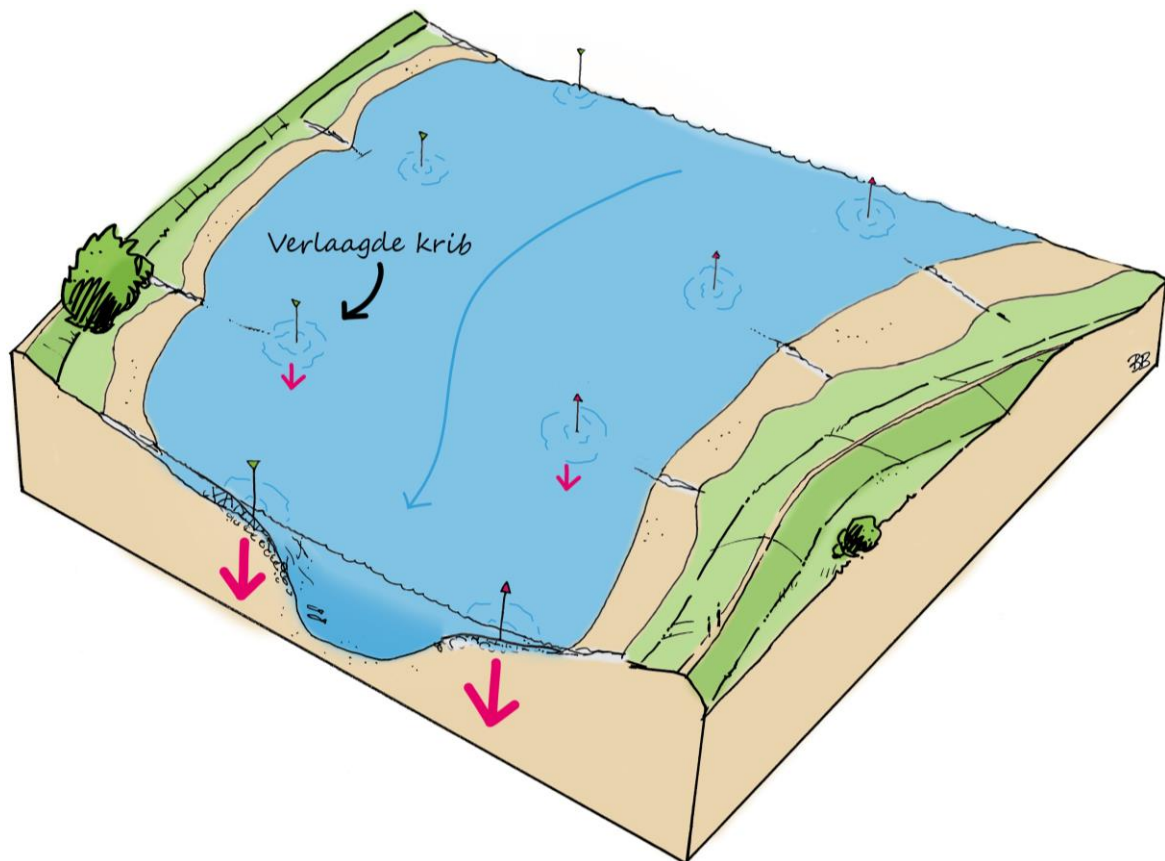
Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Aanvullende toelichting
	Hoogwaterstand	↓	
	Hydro-/morfodynamiek	↑	Op termijn vindt aanzanding plaats, waardoor uiterwaarden vaker instromen. (NB: initieel een verslechtering).
	Hydrologie winterbed	↑	Op termijn vindt aanzanding plaats, waardoor uiterwaarden vaker instromen (NB: initieel een verslechtering).
	Grootte van Leefgebieden	↓	Deel van het winterbed wordt zomerbed.
	Diversiteit van leefgebieden	↓	Als de maatregel ten koste gaat van de (oorspronkelijke) oeverwal, zal het ook ten koste gaan van de diversiteit.
	Laagwaterstand	↑	Op termijn vindt aanzanding plaats, waardoor uiterwaarden vaker instromen.
	Grondwaterstand	↑	
	Vaardiepte	↓	In feite betreft zomerbedverbreding (gedeeltelijk) terugdraaien van de normalisatie. Door die normalisatie was de vaardiepte toegenomen. De situatie verslechtert daarom voor de bevaarbaarheid
	Vaarbreedte	↑	

Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken
n.v.t.

4.3.14 Kribverlaging

Beschrijving en toepassing

Kribben zorgen bij lagere afvoeren voor hogere waterstanden en grotere waterdiepten en stuwten bij hoogwater op. Deze maatregel betreft het verlagen van kribben om het doorstroomprofiel van het zomerbed te vergroten (zie Figuur 20). Op trajecten met doorgaande bodemerosie zijn de kribben in de loop van de tijd relatief hoog komen te liggen. Door de kribben significant en bij voorkeur aan beide oevers te verlagen, wordt het opstuwende effect bij hoogwater verminderd. Door de kribverlaging kunnen bij lagere afvoeren de kribvakken overstromen. De afname van de stroomsnelheden in het zomerbed leidt tot sedimentatie waardoor laagwaterstanden hoger worden. Op een deel van de Waal is kribverlaging reeds toegepast.



Figuur 20 schematische weergave van systeemmaatregel: kribverlaging

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓↑	Aanvullende toelichting
	Hoogwaterstand	↓	
	Hydro-/morfodynamiek	↓↑	Initieel minder uitwisseling van water tussen het zomerbed en winterbed. Op termijn vindt aanzanding plaats, waardoor uiterwaarden vaker instromen.
	Hydrologie winterbed	↓↑	Initieel minder water beschikbaar in de uiterwaarden. Op termijn vindt aanzanding plaats, waardoor uiterwaarden vaker instromen.
	Laagwaterstand	↓↑	Initieel dalen de waterstanden.
	Grondwaterstand	↓↑	Op termijn vindt aanzanding plaats, waardoor uiterwaarden vaker instromen.

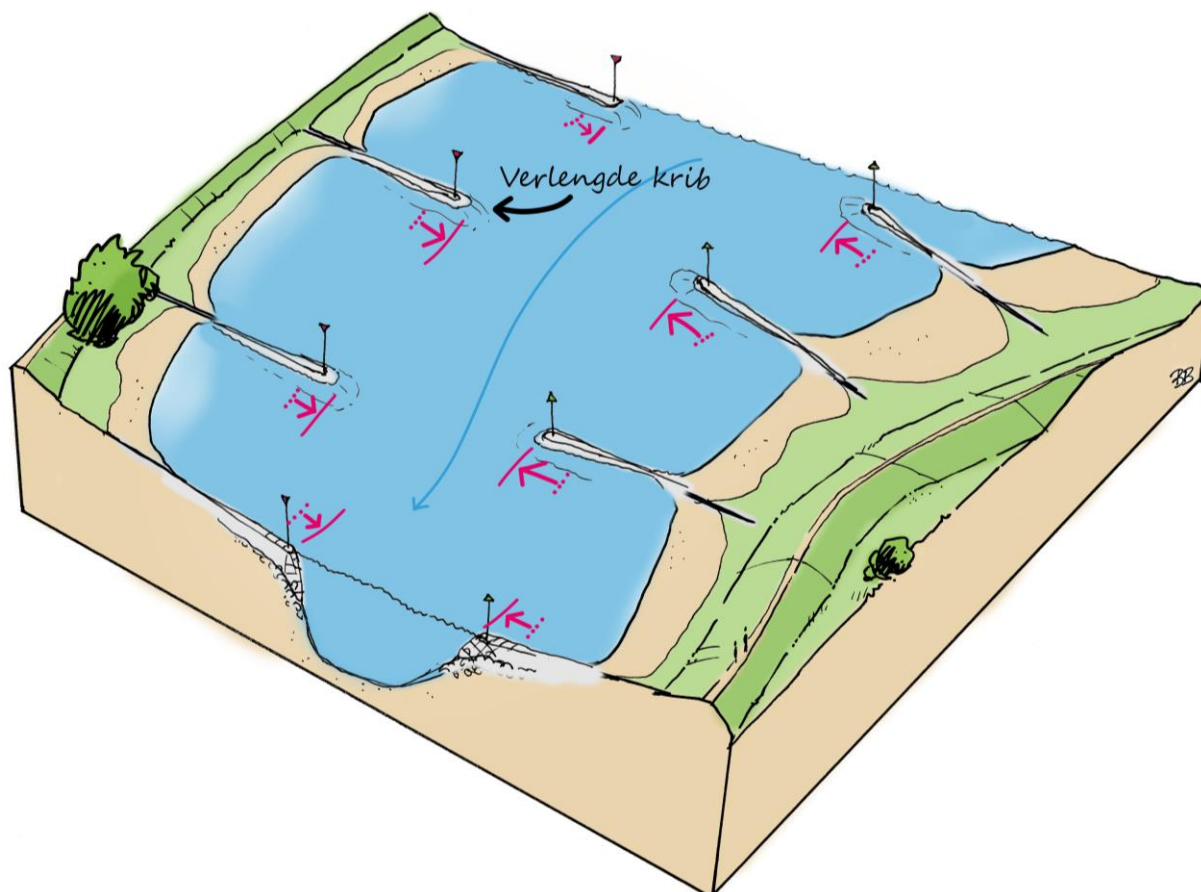
Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

Kribverlaging kan goed gecombineerd worden met nevengeulen en kribverlenging.

4.3.15 Kribverlenging

Beschrijving en toepassing

Deze maatregel betreft het verlengen van kribben waardoor het stromende deel van het zomerbed bij lage afvoeren wordt versmald (zie Figuur 21). Bij een verlenging van bestaande kribben neemt de breedte van het zomerbed af en daarmee nemen de laagwaterstanden toe. De rivier zal daarop reageren doordat bij lage- en middenafvoeren de stroomsnelheden toenemen, waardoor bodemerosie optreedt en de laagwaterstanden weer zakken.



Figuur 21 schematische weergave van systeemmaatregel: kribverlenging

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓↑	Aanvullende toelichting
	Hoogwaterstanden	↓↑	Initieel is er een verhoging van de waterstanden a.g.v. een kleiner doorstroomprofiel. Op den duur treedt (extra) erosie van bodem op, waardoor waterstanden beperkt zakken.
	Hydro-/morfodynamiek	↓↑	Initieel hogere waterstanden en dus meer uitwisseling van water tussen het zomerbed en het winterbed. Op termijn zakt de bodem en is de hydro-/morfodynamiek kleiner.
	Hydrologie winterbed	↓↑	Initieel hogere waterstanden en dus meer uitwisseling van water tussen het zomerbed en het winterbed. Op termijn zakt de bodem en is de hydrologie kleiner.
	Aanwezigheid drukfactoren	↑	Schepen en vissen gaan meer in elkaars vaarwater zitten.

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Aanvullende toelichting
	Laagwaterstand	↓↑	Initieel hogere waterstanden en dus meer uitwisseling van water tussen het zomerbed en het winterbed. Op termijn zakt de bodem en worden de waterstanden lager.
	Grondwaterstand	↓↑	
	Vaardiepte	↑	
	Vaarbreedte	↓	

Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

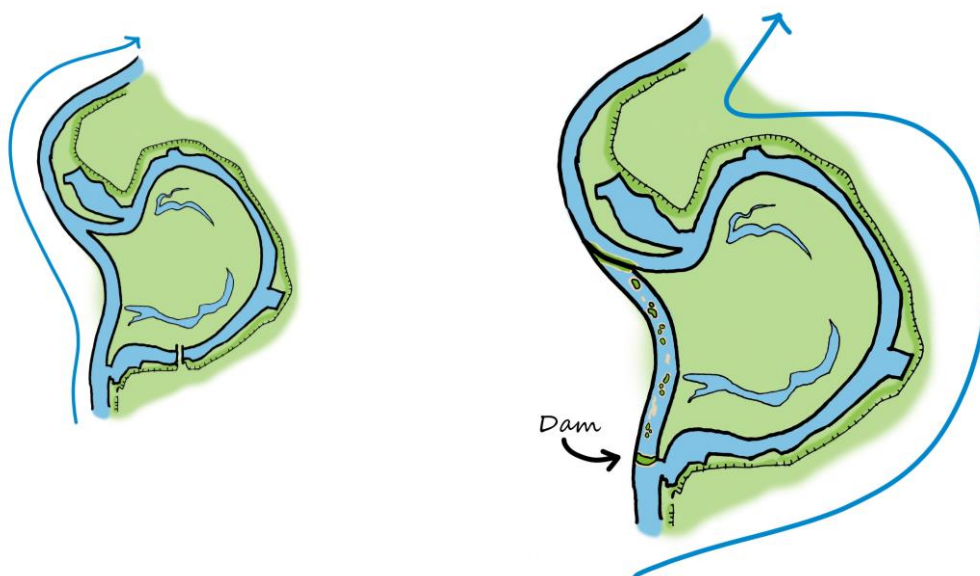
Als je de maatregel combineert met een vorm van verruiming, dan zorg je dat de erosieve reactie voorkomen wordt, en de laagwaterstanden niet geleidelijk zakken door een zakkend rivierbed.

4.3.16 Rivierverlenging/ bochtherstel

Beschrijving en toepassing

Bij deze maatregel kan gedacht worden aan het terugbrengen van oude meanders in een rivier, bijvoorbeeld door oude bochtafsnijdingen ongedaan te maken (zie Figuur 22). Door de bochtafsnijdingen is de rivier korter geworden, is de rivierbodem bovenstrooms van de afsnijdingen geërodeerd en is de afvoercapaciteit toegenomen. Door verlenging wordt het tegengestelde bereikt, namelijk een hogere bodemligging en dus hogere laagwaterstanden.

Voor scheepvaart is hermeanderen zowel positief als negatief. De vaardieptes nemen toe, maar de te varen afstanden worden langer en de bochten scherper.



Figuur 22 schematische weergave van systeemmaatregel: rivierverlenging/rivierherstel

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Aanvullende toelichting
	Hoogwaterstand	↑	Door afname van de afvoercapaciteit nemen de hoogwaterstanden beperkt toe.
	Hydro-/morfodynamiek	↑	Hogere laagwaterstanden waardoor de uiterwaarden vaker overstroomd. Lagere stroomsnelheden aan de orde waar nu alleen hoge stroomsnelheden aan de orde zijn.
	Hydrologie winterbed	↑	Hogere grondwaterstanden.
	Connectiviteit	↑	Afhankelijk van de inrichting van het gebied kan de maatregel leiden tot een verbetering van de connectiviteit met de uiterwaarden en een diverser leefgebied.
	Diversiteit	↑	
	Laagwaterstand	↑	Hogere (laag- en midden-) waterstanden.
	Grondwaterstand	↑	Hogere grondwaterstanden.
	Vaardiepte	↑	De bodemhoogte neemt toe wat gunstig is bij knelpunten, zoals vaste lagen.

Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

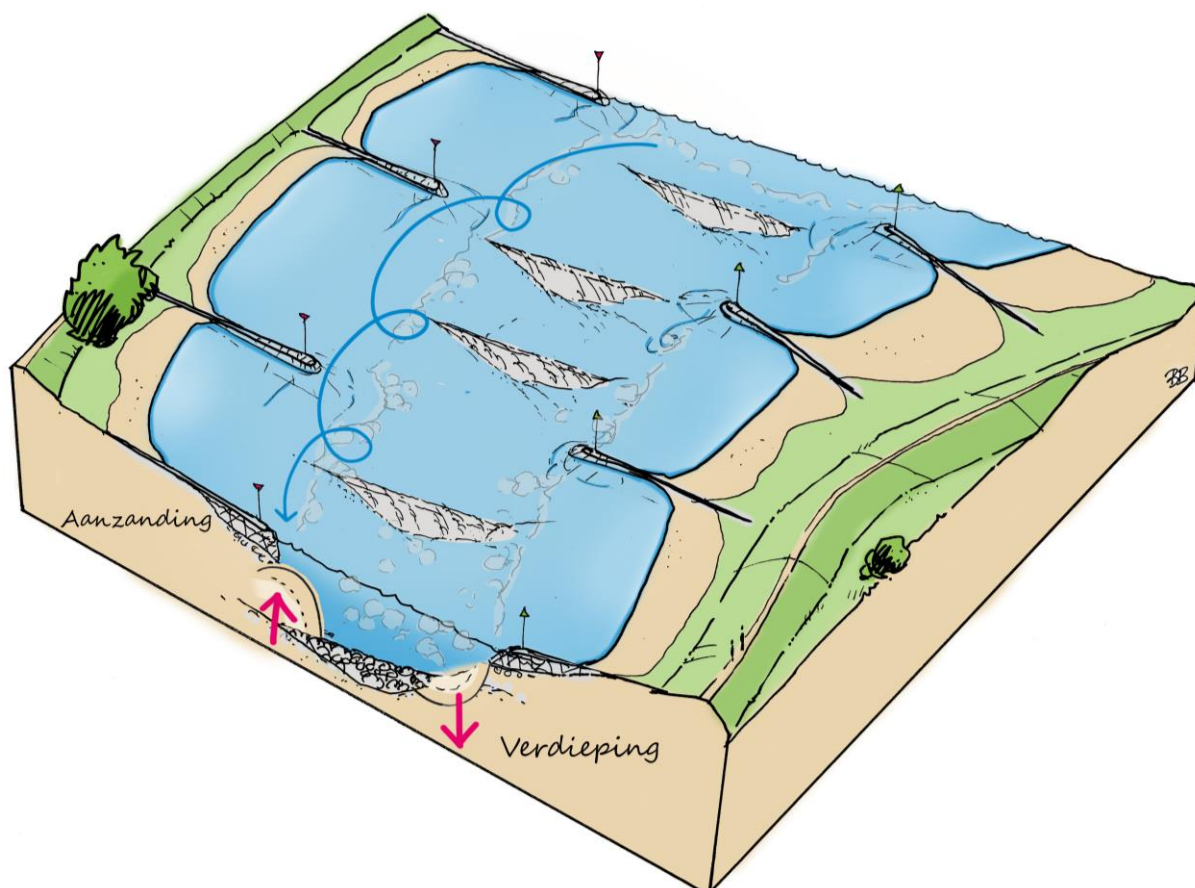
Door de maatregel te combineren met uiterwaardverlaging kan de afname van de afvoercapaciteit gecompenseerd worden.

4.3.17 Bodemkribben/-schermen

Beschrijving en toepassing

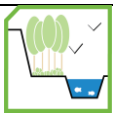
Bodemkribben of schermen beperken bodemerosie in de buitenbocht en zorgen daardoor voor sterkere erosie in de binnenbocht (zie Figuur 23). Dit leidt tot een verbreding van de vaarweg: over een grotere breedte wordt een bepaalde diepte bereikt.

Aandachtspunt is dat als de rivierbodem boven- en benedenstrooms zakt, de bodemkribben drempels/obstakels worden die voor ondieptes zorgen.



Figuur 23 schematische weergave van systeemmaatregel: bodembankjes/-schermen

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Hydro-/morfodynamiek	↑	De maatregel zorgt voor extra tegennatuurlijke morfodynamiek.
	Vaardiepte	↓/↑	In de bochten wordt de vaardiepte groter, maar het risico bestaat dat de kribben voor ondieptes gaan zorgen bij door-gaande bodemerosie.
	Vaarbreedte	↑	De vaarbreedte neemt toe doordat over een grotere breedte eenzelfde diepte wordt bereikt.

Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

n.v.t.

4.3.18 Sedimentsuppleties

Beschrijving en toepassing

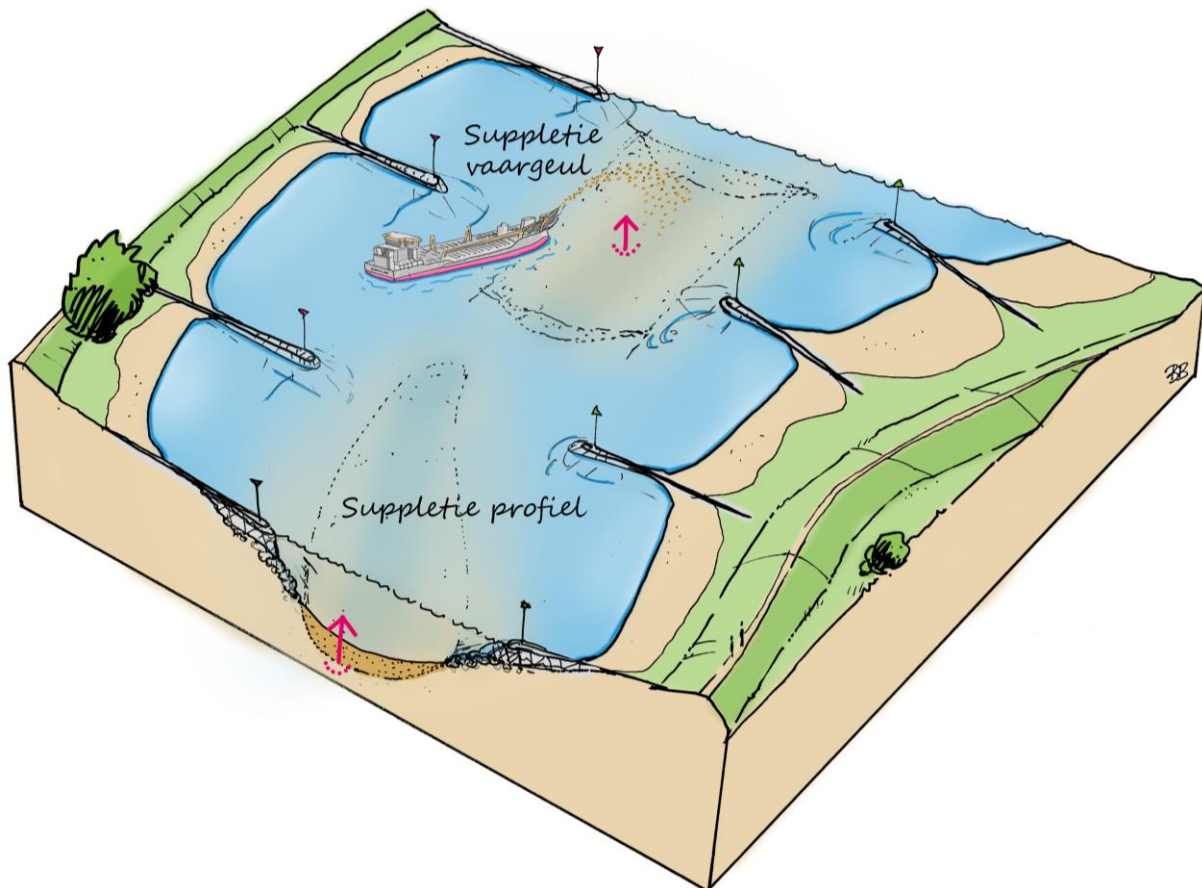
Met sedimentsuppleties kan het zakken van de rivierbodem ongedaan worden gemaakt of in de toekomst worden voorkomen (zie Figuur 24). Met deze maatregel wordt de erosie gecompenseerd.

Opgemerkt dient te worden dat de oorzaak van de bodemerosie in het zomerbed met deze maatregel niet weggenomen wordt. In feite doe je aan symptoombestrijding en niet aan oorzaakbestrijding. Deze maatregel moet je daarom periodiek herhalen om de gewenste systeemconditie te handhaven.

Bij het ontwerp van een sedimentsuppletie zijn in ieder geval de volgende parameters van belang:

- De schaalgrootte van de suppletie, dus over welke lengte de suppletie wordt toegepast.
- De vorm van de suppletie; in een rivierbocht kan een profielvullende suppletie effectief zijn, waar op een recht traject juist een profielvolgende suppletie de voorkeur kan hebben. Andere opties zijn: kribvaksuppleties of suppleties in diepe gaten (bijvoorbeeld benedenstrooms een vaste laag).
- De korrelgrootte van het suppletiemateriaal bepaalt ook de mate van mobiliteit: door bij suppleties grover materiaal te gebruiken kan de weerstand van de rivierbodem tegen erosie vergroot worden.

Wanneer de maatregel wordt toegepast in het splitsingspuntengebied kan hiermee ook de afvoerverdeling naar wens worden beïnvloed.



Figuur 24 schematische weergave van systeemmaatregel: sedimentsuppleties

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Hoogwaterstand	↑	Een hogere rivierbodempligging zorgt voor een (geringe) verhoging van de hoogwaterstanden.
	Hydro- en morfodynamiek	↑	Vanuit natuuroogpunt is het belangrijk oog te hebben voor het type materiaal (gebiedseigen) waarmee de suppletie wordt uitgevoerd.
	Hydrologie winterbed	↑	
	Connectiviteit	↑	Een hogere rivierbodempligging zorgt voor een betere verbinding tussen zomer- en winterbed.
	Grondwaterstand	↑	
	Waterstand	↑	
	Vaardiepte	↑↓	Indien toegepast op locaties met vaardiepteknelpunten kan de waterdiepte ter plaatse en bovenstrooms van de suppletie worden vergroot. De maatregel kan echter ook tot (lokale) ondieptes leiden, waardoor de vaardiepte afneemt. Indien suppleties worden uitgevoerd om meer water naar de IJssel op te sturen, zal dit negatieve effecten hebben voor de vaardiepte op de Waal, de belangrijkste transportader van de Nederlandse rivieren.

Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

Sedimentsuppleties kunnen op een relatief korte termijn, mits goed ontworpen, een tijdelijke oplossing vormen voor de erosieproblematiek. Deze maatregel kan genomen worden in combinatie met verruimende maatregelen, die juist op langere termijn de erosieproblematiek kunnen beperken.

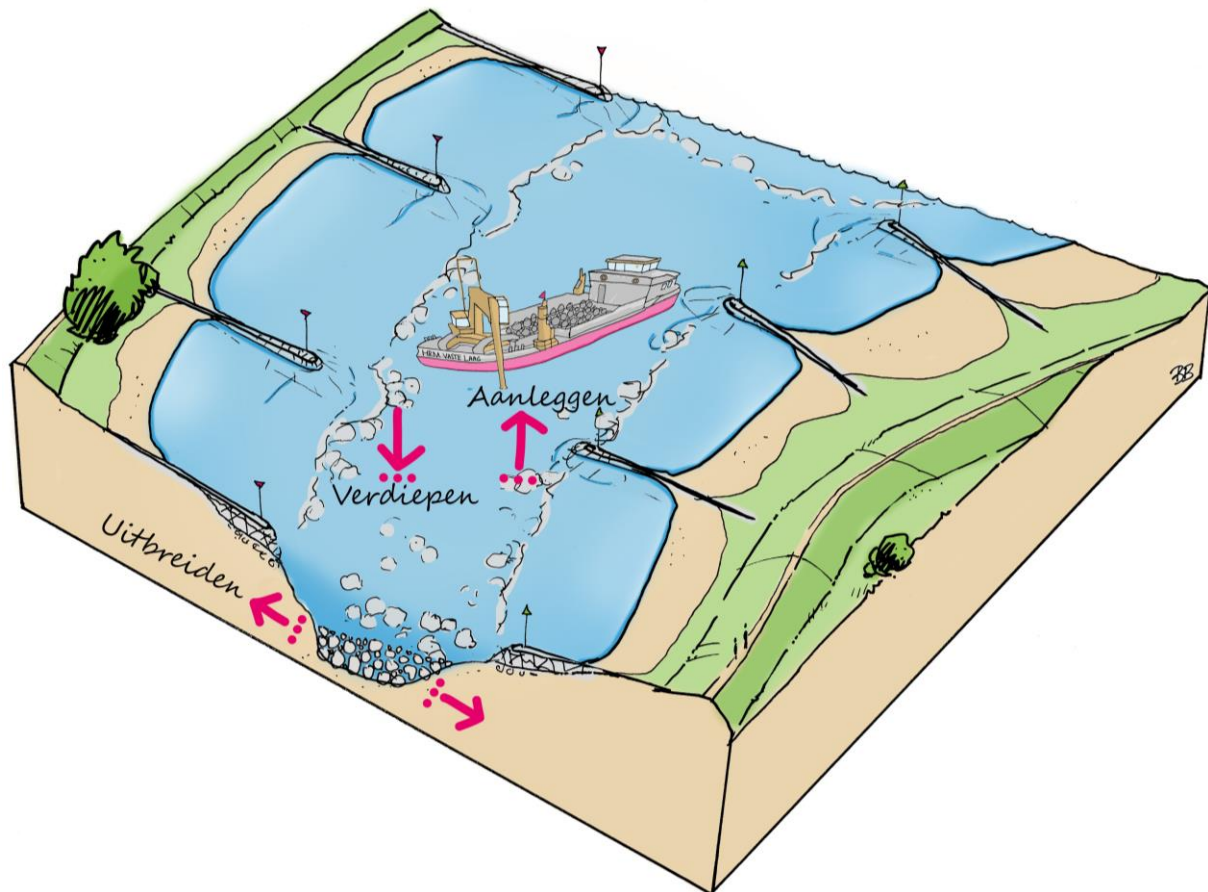
4.3.19 Harde lagen aanpassen (uitbreiden, verlagen, verhogen en dergelijke)

Beschrijving en toepassing

Een harde laag op de bodem van het zomerbed bestaat vaak uit stortsteen, bedoeld om de rivier op z'n plek te houden of omdat er kabels en gasleidingen onder de rivierbodempligging liggen. Soms is de harde laag door natuurlijke omstandigheden ontstaan.

Doordat de rivierbodempligging erodeert en de harde delen niet mee slijten, ontstaan ondieptes in de rivier die een gevaarlijk obstakel kunnen vormen voor de scheepvaart. Bij Nijmegen ligt zo'n beruchte harde laag. Door harde lagen te verwijderen of juist uit te breiden wordt de (lokale) beperking van de waterdiepte verholpen.

Bij het verwijderen of aanpassen van harde lagen gaat het bijvoorbeeld om de vaste laag bij Nijmegen en St Andries, maar ook om kabels en leidingen in het zomerbed die verdiept kunnen worden.



Figuur 25 schematische weergave van systeemmaatregel: harde lagen aanpassen

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓↑	Toelichting
	Hoogwaterstand	↓↑	Het verwijderen of verlagen van de harde laag zorgt voor lagere hoogwaterstanden. Als de vaste laag echter wordt verlengd neemt het opstuwende effect op de laagwaterstanden toe. In het geval van Nijmegen heeft aanpassing ook gevolgen voor de afvoerverdeling, omdat de opstuwing door de huidige vaste laag nu voorbij het splitsingspunt reikt.
	Hydro- en morfodynamiek	↓↑	Het verwijderen of verlagen van de harde laag zorgt voor lagere waterstanden. Het verlengen ervan leidt tot hogere laagwaterstanden.
	Hydrologie winterbed	↓↑	

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Grondwaterstand	↓↑	Indien de harde laag natuurlijk is, is het verwijderen niet wenselijk vanuit natuuroogpunt
	Waterstand	↓↑	
	Vaardiepte	↓↑	

Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

Om negatieve effecten van deze maatregel te compenseren, kunnen combinaties worden gemaakt. Bijvoorbeeld: door het verruimen van uiterwaarden kan het opstuwend effect van het verlengen van de vaste laag worden beperkt.

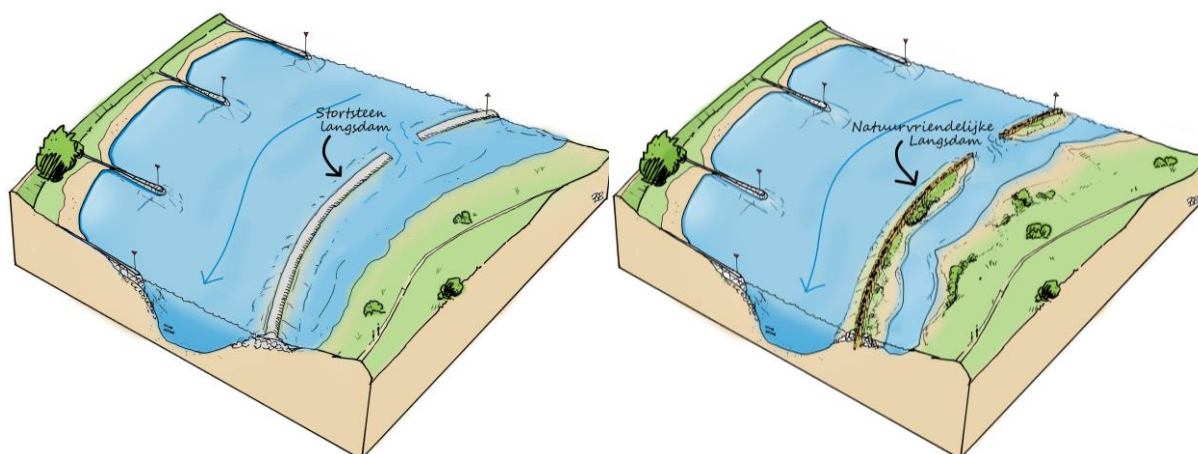
4.3.20 Langsdammen(concept)

Beschrijving en toepassing

Door een langsdam wordt de rivier verdeeld in twee parallelle geulen (zie Figuur 26). De hoofdgeul met nautische bestemming (scheepvaartgeul) wordt iets ingesnoerd (smaller gemaakt) waardoor de laagwaterstand stijgt en daardoor de vaardiepte. Door bestaande kribben achter de langsdam te verwijderen ontstaat een parallel gelegen oevergeul.

De parallel gelegen oevergeul geeft extra ruimte aan de rivier. De achter de langsdam gelegen oevergeul biedt verruiming bij middenafvoeren en daarboven, waardoor de hoogwaterstanden zakken en de bodem omhoog komt.

Dit concept kan in verschillende verschijningsvormen worden uitgevoerd: met stortsteen, met meer natuurlijke groen vormgegeven aarden dammetjes en palenrijen.



Figuur 26 schematische weergave van systeemmaatregel: langsdammenconcept (links: stenen langsdammen, rechts: natuurvriendelijke langsdam met palenrijen)

Effecten

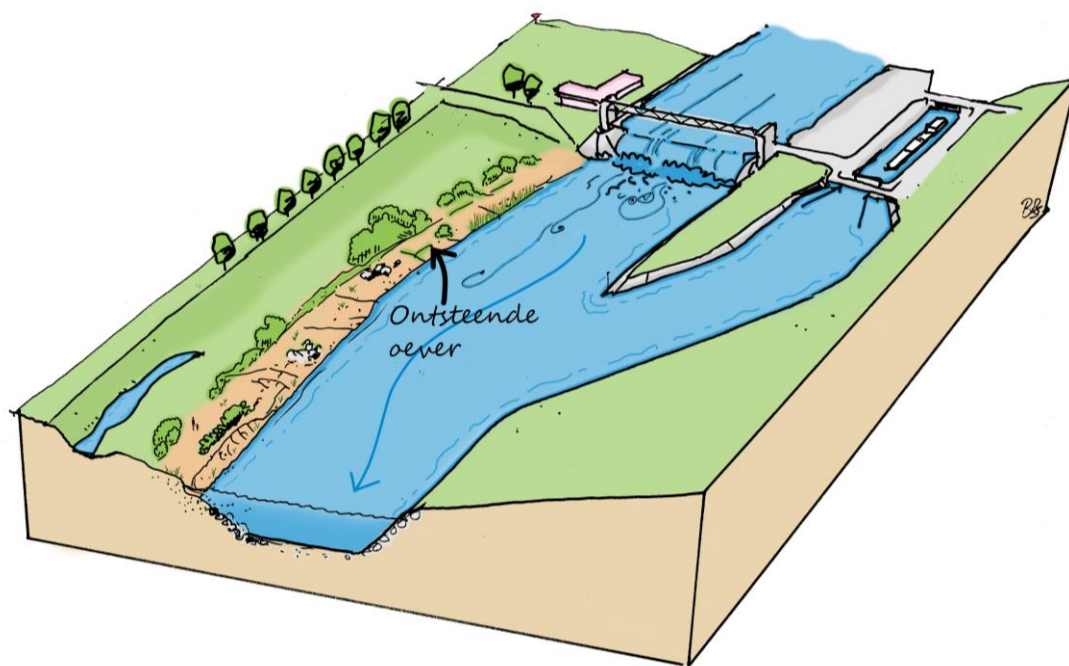
Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Hoogwaterstand	↓	De hoogwaterstanden nemen af door het verwijderen van de kribben en het uitgraven van een oeversgeul.
	Drukfactoren	↓	De langsdammen zorgen voor een luwe zone achter de dammen waar minder impact is van geluid en golven van scheepvaart.
	Connectiviteit	↑	Verbetering van de connectiviteit in de lengterichting van de rivier.
	Diversiteit	↑	Mogelijkheden tot aanleg aan diversiteit habitats.
	Grondwaterstand	↑	
	Waterstand	↑	
	Vaardiepte	↑	Bij lage afvoeren wordt de rivier versmald en neemt de waterdiepte, en dus de vaardiepte toe. Bovendien kan de door aanzanding hogergelegen bodem de knelpunten bij vaste punten in de bodem oplossen.
	Vaarbreedte	↓	Door de aanleg van de langsdammen wordt de breedte van de vaarweg mogelijk verkleind.

Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken
N.v.t.

4.3.21 Ontstenen van oevers

Beschrijving en toepassing

Door het ontstenen van oevers worden deze natuurvriendelijker. Door de aanleg van natuurvriendelijke oevers ontstaat een geleidelijke overgang van water naar land en ontstaan ondiepe waterzones, kleine strandjes en steilranden. Langs onder andere de Maas en de Waal zijn al meerdere oevers ontsteend, zoals bijvoorbeeld het Maastraject tussen het Limburgse Kessel en het Gelderse Alphen.



Figuur 27 schematische weergave van systeemmaatregel: ontsteden van oevers

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Hoogwaterstand	↓	Een groter doorstroomoppervlak en een afname van de stromingsweerstand. Dit laatste effect is echter te verwaarlozen doordat hier ook vegetatie gaat groeien.
	Hydro-/morfodynamiek	↑	Geleidelijke overgang van water naar ondiepe waterzones.
	Diversiteit	↑	
	Vaardiepte	↓	Waterdieptes nemen af doordat er door oevererosie aanzanding plaatsvindt in het zomerbed. Tevens wordt het zomerbed breder en neemt in vrij afstromende trajecten de waterdiepte dan af.

Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

N.v.t.

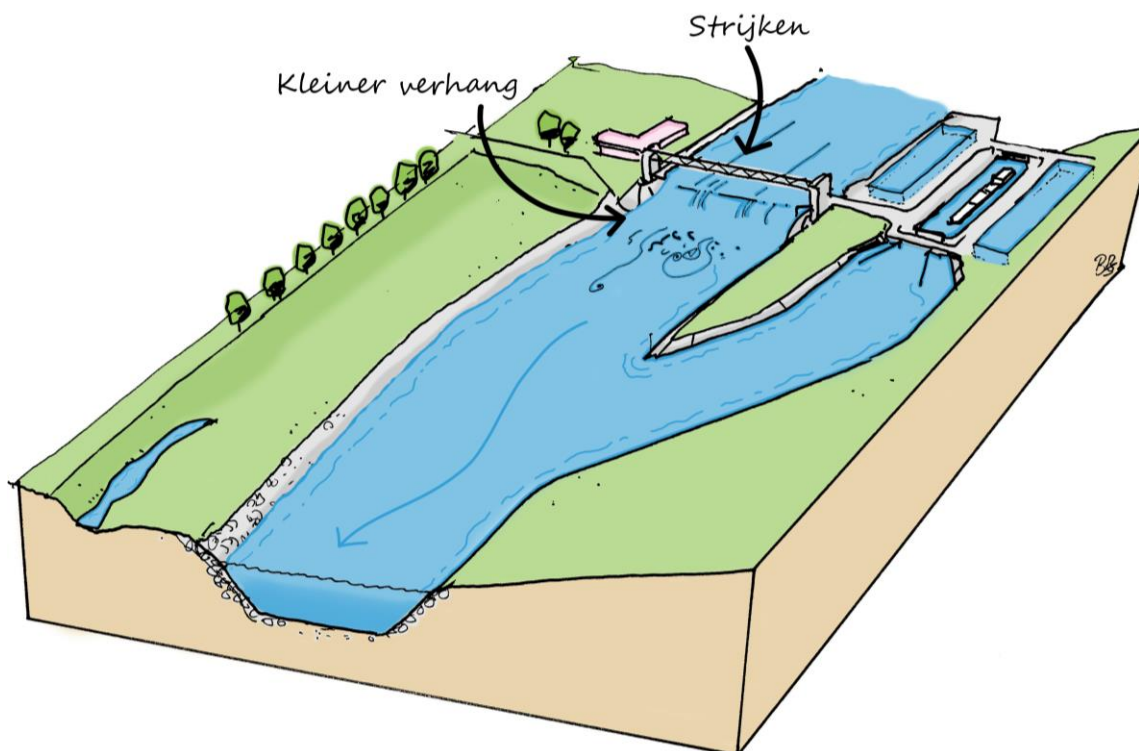
4.3.22 Aanpassen stuwregeling en stuwbeheer

Beschrijving en toepassing

Stuwen regelen de waterstanden op de rivier ten behoeve van scheepvaart en waterhuishouding (zowel peilregulatie in de rivier, als in het aangrenzend watersysteem). In de Maas zijn zeven stuwen aangelegd, in de Nederrijn-Lek drie. De stuw bij Driel in de Nederrijn stuurt ook de

waterverdeling over de Rijntakken. De stuwen hebben invloed op de doorvoer van water en sediment. Ze beïnvloeden de stroomsnelheden en de dynamiek in de stuwpannen.

Met een aanpassing van de stuwregeling en het stuwbeheer kunnen deze rivierkundige condities worden beïnvloed (zie Figuur 28). Hierbij is te denken aan het opzetten van waterstanden, of juist bij toenemende afvoeren het stuwpeil laten zakken om stroomsnelheden wat toe te laten nemen en sedimenttransport en -connectiviteit te stimuleren. Met aangepast stuwbeheer kunnen daarnaast onregelmatige afvoerpieken opgevangen worden en kan de bodemerosie benedenstrooms en sedimentophoping bovenstrooms van de stuwen worden verkleind.



Figuur 28 schematische weergave van systeemmaatregel: aanpassen stuwregeling en stuwbeheer

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Hydro- en morfodynamiek	↑	
	Connectiviteit	↑	Door bijvoorbeeld vismigratievoorzieningen kan de connectiviteit in het gebied verbeteren.
	Waterstand	↑	
	Verblijftijd	↓/↑	Afhankelijk van de aanpassing kan de verblijftijd toenemen of afnemen. Bijvoorbeeld: situationele sturing bij stuwen kan de verblijftijd verkorten.

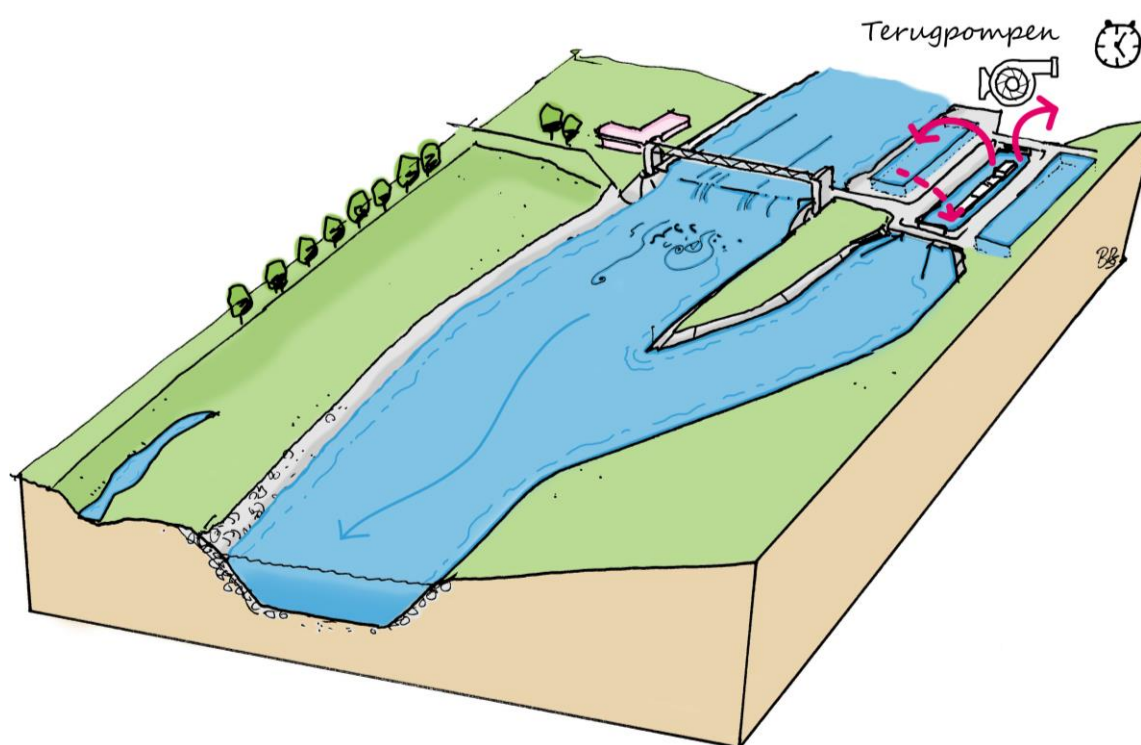
Combinatie met andere maatregelen die potentie versterken

Een op natuur ingerichte uiterwaard (uiterwaardverlaging, overschaduwde geulen, geulen met begroeiing/takken in het water en dergelijke) aan weerszijde van de stuw kan de effectiviteit van de vismigratievoorziening aanzienlijk verbeteren. Dit heeft als bijkomend voordeel dat een andere inrichting van het gebied rondom de stuw tot afname van de drukfactor schepen kan leiden, indien er aandacht is voor de huidige ophoping van zowel vissen als schepen voor de stuw.

4.3.23 Waterbesparende maatregelen bij schutsluizen

Beschrijving en toepassing

In periodes van langdurige droogte kunnen er waterbesparende maatregelen worden genomen bij schutsluizen (zie Figuur 29). Dit kan bijvoorbeeld door minder vaak te schutten of water terug te pompen. Hierdoor kunnen de laagwaterstanden in periodes van droogte worden verhoogd.



Figuur 29 schematische weergave van systeemmaatregel: waterbesparende maatregelen bij schutsluizen

Effecten

Systeemdienst	Indicator	↓/↑	Toelichting
	Waterstand	↑	
	Verblijftijd	↓	Toename verblijftijd in stuwpannen.
	Vaardiepte	↑	In zeer beperkte mate.

5 Selectie systeemmaatregelen per traject en beoordeling

5.1 Inleiding

Dit hoofdstuk presenteert per deelgebied een selectie van systeemmaatregelen die bijdraagt aan de gewenste verandering in systeemcondities in dit gebied. Elk van de systeemmaatregelen is daartoe beoordeeld met behulp van de relevante indicatoren.

Per deelgebied wordt het volgende gepresenteerd:

- Een korte omschrijving van het gebied;
- Een overzicht van de gewenste (verandering in) systeemcondities in het gebied (uitgedrukt in indicatoren);
- Een overzichtstabel met de beoordeling van de systeemmaatregelen;
- In deze tabel is per indicator de algemene gewenste veranderrichting met pijltjes aangegeven. Wanneer een blokje geel is gekleurd sluit een verandering van de indicator aan bij het oplossen van de (lokale) problematiek in het deelgebied. Daaronder is met pijltjes aangegeven in welke richting de systeemmaatregel effect heeft op de indicator. Een groene kleur betekent dat de systeemmaatregel de indicator in dezelfde richting verandert als de gewenste verandering. Een rode kleur gaat tegen de gewenste veranderrichting in. Overigens is het ook mogelijk dat een maatregel een effect heeft op een 'niet-gele' indicator; dat wil zeggen: de bijbehorende systeemconditie is momenteel op orde; het gaat dus om een neveneffect. Deze effecten zijn eveneens in kaart gebracht;
- Opgemerkt wordt dat de beoordelingen in de tabel niet bij elkaar opgeteld kunnen worden. Dat leidt tot een vertekend beeld van de prestatie van een systeemmaatregel op de indicatoren. Het aantal indicatoren per systeemdienst verschilt immers. Wel kan de tabel gebruikt worden om te bepalen in hoeverre een systeemmaatregel positief scoort op de diverse systeemdiensten;
- Een korte beschouwing over welke systeemmaatregelen er gunstig uitspringen voor het betreffende gebied.

5.2 Rijn: splitsingspuntengebied

Het deelgebied 'splitsingspuntengebied' bestaat uit de IRM-trajecten Boven-Rijn, Waalbochten, Pannerdensch Kanaal, Boven-Nederrijn en Boven-IJssel en is weergegeven in Figuur 30.

In dit gebied splitst de Boven-Rijn zich in drie riviertakken: de Waal, de Nederrijn en de IJssel.

Het splitsingspuntengebied behoort tot de PAGW-hotspot Gelderse Poort en kent een opgave voor het realiseren van een additioneel areaal natuur.



Figuur 30 Rijn - overzicht splitsingspuntengebied.

De problematiek in het splitsingspuntengebied is deelgebied-overstijgend, aangezien hier de verdeling van de Boven-Rijn afvoer over de Nederrijn, de Waal en de IJssel wordt geregeld. Hierdoor kunnen we met ingrepen in dit gebied sturen op de afvoerdeling op het schaalniveau van de riviertakken om de rivierkundige condities ten behoeve van de verschillende systeem-diensten langs de trajecten in andere deelgebieden te beïnvloeden. Maatregelen in dit gebied kunnen dus enerzijds bijdragen aan oplossingen voor problemen elders, maar anderzijds ook problemen elders veroorzaken. De problematiek dient ook in die volgorde opgelost te worden:

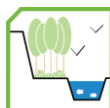
1. de gewenste maatregelen in het splitsingspuntengebied in beeld brengen, om deelgebied overstijgende problematiek op te lossen;
2. lokale problematiek oplossen met aanvullende lokale maatregelen per traject.

Gewenste systeemcondities in het splitsingspuntengebied



Veilige afvoer van water:

- De Waal is te krap voor de hoeveelheid water die moet worden afgevoerd waardoor hoogwaterstanden relatief hoog zijn ten opzichte van de overige riviertakken. De flessenhalsen bij de ingang van het Pannerdensch Kanaal en de Boven-IJssel als gevolg van de regelwerken 'persen' het water naar de Waal. Het is wenselijk om de **hoogwaterstanden** op de Waal te verlagen door meer afvoercapaciteit op de Waal te creëren.
- Ook voor de andere riviertakken geldt dat er een behoefte is aan extra afvoercapaciteit met het oog op mogelijke zomerbedaanpassingen.



Robuuste biodiverse natuur:

- Rivierbodemerisatie zorgt ervoor dat het zomerbed steeds dieper komt te liggen in relatie tot de uiterwaarden. Het is nodig voor een robuuste riviernatuur om de **hydro- en morfodynamiek** en de **hydrologie** van het winterbed te verbeteren.

- Het is nodig om de ecologische **connectiviteit** te verbeteren. Dit kan gedaan worden door herstel van de relatie rivier-uiteerwaarden en/of de relatie van de rivier met binnendijks/hoge gronden te versterken.
- Er is veel scheepvaart in het gebied, wat zorgt voor golfslag, retourstroming en troebelheid. Het is wenselijk voor een robuuste natuur om de **aanwezigheid van drukfactoren** te verlagen.



Zoetwaterbeschikbaarheid:

- Als gevolg van een verschuiving van de afvoerverdeling gaat er bij lage afvoeren te weinig afvoer naar de IJssel. Op het gehele riviersysteem bezien, levert dit problemen op bij de inlaat van de Twentekanal (sluis Eefde) en bij de toevoer naar het IJsselmeer. Het is gewenst om de gewenste **afvoerverdeling bij lage rivierafvoer** te herstellen.
- Gezien de problemen met onder andere te langdurige sluiting van stuw Driel, beperkingen aanvoer en dus de waterinlaat naar de regio en dalende (grond)waterstanden voor landbouw, natuur en dergelijke, is het gewenst om de **laagwaterstanden** in het splitsingspuntgebied te verhogen.



Vaarweg:

- Het is gewenst de **vaardiepte** te vergroten op de volgende locaties:
 - Locaties met drempels (zoals op de Waal bij de vaste laag Nijmegen en de bodemkribben bij Erlecom);
 - 'Niet-bagger' locaties ter plaatse van kabels & leidingen;
 - Verschillende ondieptes als gevolg van sedimentatie (in de vaargeul van het Pannerdensch Kanaal ter plaatse van de splitsingspunten en op de Nederrijn als gevolg van stuwwerking, teruglegging van de Rijnkade bij Arnhem en aanleg nevengeul en ligging van de Nederrijn in de binnenbocht van het splitsingspunt).
- Om vaarklasse Va mogelijk te blijven houden zou het wenselijk zijn de **vaardiepte** en **vaarbreedte** op de Boven-IJssel te vergroten.

Beoordeling systeemmaatregelen

Voor het splitsingspuntgebied hebben wij een kolom toegevoegd aan de tabel met indicatoren, die aangeeft of een maatregel in staat is om de afvoerverdeling te beïnvloeden.

Beoordeling systeemmaatregelen Rijn - Splitsingspuntengebied		Indicator													
	Systeemmaatregel	Hoogwaterstand	Knik in verhanglijn	Helling in Qh-relatie	Hydro/morfodynamiek	Hydrologie winterbed (grondwaterstanden)	Aanwezigheid drukfactoren	Connectiviteit	Grootte leefgebieden	Diversiteit leefgebieden	Waterstand	Grondwaterstand	Verbliftijd	Vaardiepte	Vaarbreedte
Binnendijks	Gewenste veranderingrichting	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑
	Retentie binnendijks	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Dijkverlegging	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Winterbed	Bypass / groene rivier	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Obstakels verwijderen uit uiterwaard of weerd	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Verwijderen of doorlatend maken bruggen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Uiterwaard verlaging uniform	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Uiterwaard verlaging met geulen en reliëf	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Opgaande begroeiing verwijderen/snoeien/kortmaaien	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Water vasthouden in buitendijks gebied (voorraadberging)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Zomerbed	Zomerbedverlaging of -verwijdering	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Zomerbedverdieping	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Zomerbedversmalling	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Zomerbedverbreding	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Kribverlaging	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Kribverlenging	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Rivierverlenging/ -herstel	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Bodemkribben/-schermen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Sedimentsuppleties	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Harde lagen aanpassen (uitbreiden, verlagen, verhogen)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Langsdammenconcept	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Ontstenen oevers	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Aanpassen stuwregeling en stuwbeheer	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Waterbesparende maatregelen bij schutsluizen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

● Positief

● Negatief

● Zowel positief als negatief

● Niet beoordeeld

○ Niet relevant

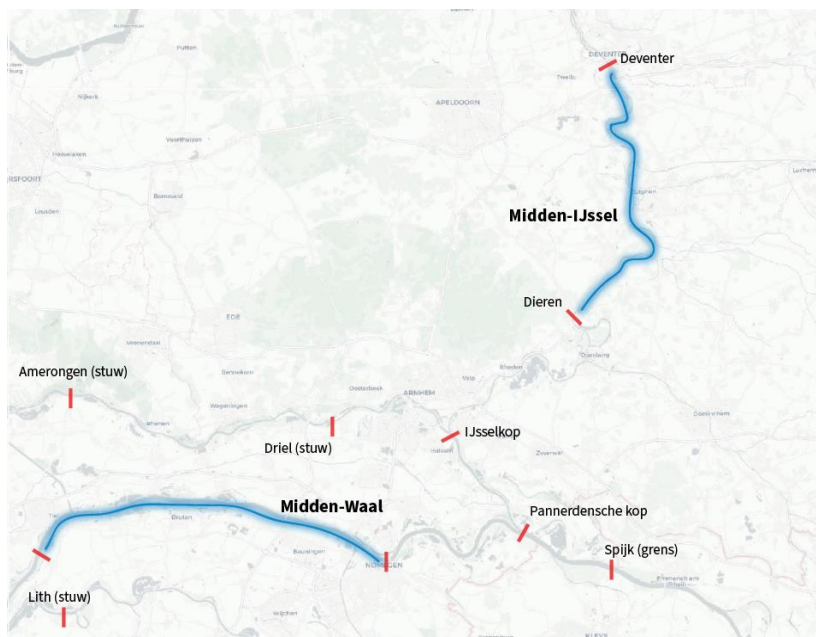
Deze maatregelen zorgen voor een andere afvoerverdeling over het splitsingspunt:

- **Sedimentsuppleties** zorgen ervoor dat de bodem omhoog gebracht wordt. Indien de suppleties worden toegepast over een groot traject op de Waal, zal de bodemligging op dit traject worden verhoogd, waardoor er minder water naar de Waal wordt getrokken. Dit effect treedt op bij zowel hoge als lage afvoeren. Aandachtspunt bij deze maatregel is dat deze maatregel een effect op korte termijn sorteert, uiteindelijk zal de bodemligging de neiging hebben terug te bewegen naar de evenwichtsbodemligging. Tenzij de maatregel wordt herhaald of wordt uitgevoerd in combinatie met bijvoorbeeld rivierverruimende maatregelen (zie onder) die een effect op lange termijn sorteren.
- **Uiterwaardverlagingen** zorgen enerzijds voor een grotere afvoercapaciteit bij hoogwater en anderzijds kan de erosieve bodemtrend hiermee afgeremd of gestopt worden. Dit betekent dat als de maatregel wordt toegepast op de Waal, direct benedenstrooms van het splitsingspuntengebied (eventueel gecombineerd met sedimentsuppleties om een effect op kortere termijn te sorteren) de bodem omhoog wordt gebracht waardoor bij lage afvoeren meer water naar het noorden gaat. Bij hogere afvoeren wordt de afvoercapaciteit van de Waal door verruiming vergroot, waardoor er minder opstuwning plaatsvindt naar het Pannerdensch Kanaal. De maatregel heeft tevens een positief effect op de hydro- en morfodynamiek in het gebied.
- **Dijkteruglegging** vergroot de afvoercapaciteit. Indien dijkverlegging wordt toegepast direct benedenstrooms van het splitsingspunt op het Pannerdensch Kanaal, wordt tijdens hoogwatersituaties meer water naar het Pannerdensch Kanaal getrokken, waardoor de afvoerverdeling verandert. Dit past niet bij de huidige in het beleid vastgelegde afvoerverdeling, maar kan wel bij een aanpassing daarvan worden overwogen. Bijkomend voordeel van dijkverleggingen is dat deze ruimte creëren voor natuurontwikkeling.
- **Kribverlaging** zorgt voor een verlaging van de hoogwaterstanden en voor sedimentatie in het zomerbed. Door de maatregel toe te passen op de Waal, kan de afvoerverdeling bij laagwater zo worden beïnvloed, dat er meer water naar het noorden gaat. Indien de maatregel gecombineerd wordt met kribverlaging gaan de laagwaterstanden ook omhoog, maar wordt de te verwachten aanzanding minder (of verdwijnt helemaal).
- **Langsdammen** kunnen worden ingezet om de vaardiepte te vergroten door directe waterstandsverhoging en doordat de maatregel leidt tot aanzanding. Tegelijkertijd worden de drukfactoren verlaagd.

5.3 Rijn: vrij afstromende trajecten met erosief karakter

Beschrijving gebied

Het deelgebied 'vrij afstromende trajecten met erosief karakter' bestaat uit de IRM-trajecten Midden-Waal en Midden-IJssel. De ligging van de trajecten is te zien in Figuur 31. De Midden-IJssel is dynamisch met hoge oevers en de kronkelwaarden tussen Dieren en Deventer met aantakende beken vanuit de Veluwe en de Achterhoek. Het zomerbed van de Midden-Waal is begrensd door kribben en langsdammen en de uiterwaarden variëren in breedte. De loop van de Midden-Waal is vrij recht met zeer flauwe rivierbochten.



Figuur 31 Rijn - ligging vrij afstromende trajecten met erosief karakter.

Gewenste systeemcondities



Veilige afvoer van water:

- De Waal reageert sterker dan andere riviertakken op toenemende hoogwaterafvoeren; de Waal is de 'minst robuuste' riviertak. De robuustheid van de Waal kan vergroot worden door de **helling in de Qh-relatie** te verkleinen.
- Op diverse locaties langs de Midden-Waal is het rivierbed vrij smal en wordt de rivier ingesnoerd op de volgende locaties:
 - Ter hoogte van de Beuningse Uiterwaarden (rkm 889,5);
 - Afferdensch- en Deestsche Waarden (rkm 901);
 - Tussen Boven-Leeuwen en Beneden-Leeuwen (rkm 909);
 - Ter hoogte van de Vonkerplas bij Dreumel (rkm 917,5).
- Toekomstige ontwikkelingen op het gebied van waterveiligheid, natuurontwikkeling, gebiedsontwikkelingen en rivierbodempligging leiden tot een behoefte aan extra afvoercapaciteit om (toekomstige) **hoogwaterstanden** te verlagen of in ieder geval niet te verhogen.



Robuuste biodiverse natuur:

- Voor PAGW zijn dit de "corridors met stapstenen". Betekent dat de **verbindende functie** in de lengte richting van de rivier een belangrijk item is voor zowel land- als waterorganismen. In die corridors moeten op gepaste afstand wat **grotere aaneengesloten leefgebieden** aanwezig zijn (de stapstenen).
- Er is behoefte aan meer **hydro- en morfodynamiek** en hogere grondwaterstanden in de uiterwaarden (**hydrologie winterbed**).

De grootschalige bodemerosie en de daarmee gepaard gaande daling van waterstanden én grondwaterstands daling zorgen voor een geleidelijke verdroging van de uiterwaarden. Daarnaast inunderen uiterwaarden minder vaak en minder omvangrijk.

- De grootste en meest concrete bedreiging is de uniformering van allerlei eigenschappen van en in het zomer- en winterbed. Het is wenselijk de **diversiteit** te vergroten en daarmee de veerkracht terug in het systeem te brengen.
- Scheepvaart vervult een belangrijke rol op de Midden-Waal en heeft middels schroefwerking en **golfslag** direct effect op natuur. Het beperken van deze **drukfactor** is gewenst langs dit traject.



Aanvoer en verdeling van zoetwater:

- Op zowel de Midden-IJssel als de Midden-Waal is het gewenst de **laagwaterstand** te verhogen. Op de Midden-Waal zijn te lage laagwaterstanden specifiek problematisch bij de innamepunten bij Tiel en Heerewaarden en bij de Prins Bernhardsluis (Amsterdam-Rijnkanaal). Op de Midden-IJssel gaat het om het gemaal bij Eefde: de inlaat naar de Twentekanalen. Er is een beperkte pompmogelijkheid als de waterstand op de IJssel te ver daalt.



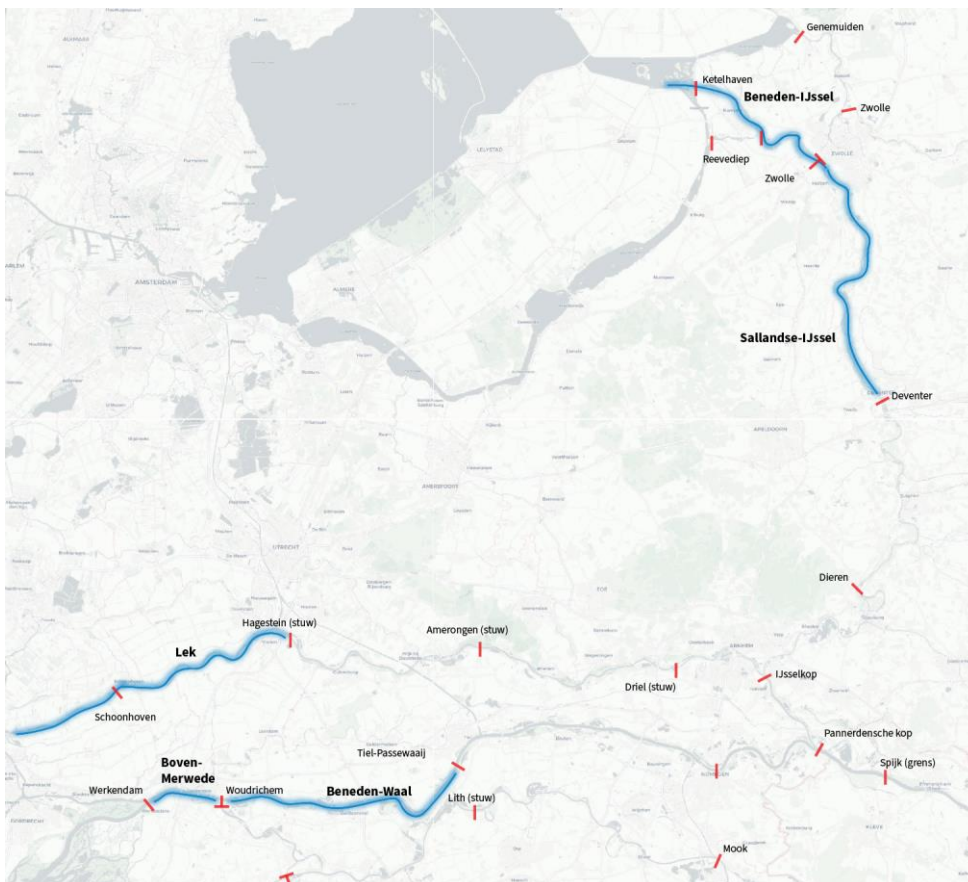
Scheepvaart:

- Op het Midden-Waal traject is op een aantal locaties een toename van de **vaardiepte** en van de **vaarbreedte** gewenst: voor een aantal locaties op de Midden-Waal geldt dat er ondiepten ontstaan doordat het rivierbed niet overal even snel zakt. Zo zakt de rivierbodem niet ter plaatse van de vaste laag bij Nijmegen en ter plaatse van het grote aantal kabels- en leidingen die op dit traject onder de rivierbodem liggen. Daarnaast zakken ook de sluisdrempels in het aangrenzende scheepvaartnetwerk niet mee met de rivierbodem. Dit geldt voor de betonnen sluisdrempel van de Bernardsluis (de ingang van het Amsterdam-Rijnkanaal) en de schutsluis bij Weurt naar het Maas-Waal kanaal. In de huidige situatie zijn er 9 knelpunten vanwege niet-baggerlocaties door kabels en leidingen, minst gepeilde dieptes en onvoldoende kielspeling (Informatiebladen Rijn).
- Ook op de Midden-IJssel is het gewenst de **vaardiepte** en **vaarbreedte** te vergroten. Door het ongelijkmatig zakken van de rivierbodem in het splitsingspuntengebied is de afvoer richting de IJssel afgenomen. Daardoor is de Midden-IJssel te ondiep en te smal is voor de beoogde klasse Va-scheepvaart en moeilijk bevaarbaar. Bij een aantal bochten geldt bij laagwater al eenrichtingsverkeer en een oploopverbod.

- **Langsdam:** deze maatregel is interessant, omdat het zowel zorgt voor zowel een verlaging van de hoogwaterstanden (indien uitgevoerd in combinatie met de aanleg van een oevergeul), als voor een verhoging van de laagwaterstanden doordat sedimentatie optreedt. Daarnaast vermindert de maatregel de drukfactoren op de natuur. Langs de IJssel zou de oevergeul wel van de oever moeten worden afgegraven in verband met de beperkte vaarbreedte (verdere versmalling vaargeul ongewenst). De maatregel is daarom met name interessant voor de Waal.
- **Sedimentsuppleties:** om de rivierbodem te verhogen en daarmee de laagwaterstanden te verhogen, wat gunstig is voor zowel natuur als zoetwater. De maatregel is adaptief in te zetten. Wel zou het verlies aan afvoercapaciteit gecompenseerd moeten worden.
- **Oeverontstening:** natuurvriendelijker oevers zorgen voor meer hydro- en morfodynamiek en verbinding. Het effect op de rivierbodempligging en afvoercapaciteit is waarschijnlijk beperkt. Deze maatregel is met name geschikt op de IJssel.

5.4 Rijn: vrij afstromend met sedimenterend karakter en stroomafwaartse beïnvloeding door storm, getij en meren

Het deelgebied 'vrij afstromende trajecten met sedimenterend karakter en stroomafwaartse beïnvloeding door storm, getij, en meren' bestaat uit de IRM-trajecten Beneden-Waal, Boven Merwede, Lek, Sallandse IJssel. De ligging van de trajecten is te zien in Figuur 32.



Figuur 32 Rijn - ligging vrij afstromende trajecten met erosief karakter.

Gewenste systeemcondities



Veilige afvoer van water:

- Om de **knikken in de verhanglijn** te verminderen is het van belang om de hydraulische knelpunten op te lossen. Deze smalle locaties bevinden zich op de volgende locaties:
 - Beneden-Waal:
 - ter hoogte van Ophemert (rkm 921);
 - ter hoogte van Rossum en Heeselt (rkm 927);
 - benedenstrooms van de Gamerensche Waarden (rkm 939);
 - circa 1 km bovenstrooms van de uitstroomlocatie van de afgedamde Maas (rkm 951);
 - ter hoogte van de Sleeuwijkerwaard (rkm 955);
 - Boven-Merwede: ter hoogte van Gorinchem;
 - Lek: in het stedelijke gebied tussen Nieuwegein en Vianen wordt de Lek ingesnoerd door bebouwing (deels ook buitendijks) en de landhoofden van de Lekbrug/A2. Vanaf Tienhoven is de Lek smal en aan beide zijden ingesnoerd door dijken met veel bebouwing op en aan de dijk;
 - Sallandse IJssel bij Zwolle (km 980);
 - Beneden IJssel: het gaat onder andere om de locatie ter plaatse van km 980 (brug A28 over IJssel bij de stad Zwolle), km 984 (bij Zalk), km 993 (brug N764 bij Kampen) en km 1000 (brug N50 over de IJssel bij Kampen).



Robuuste biodiverse natuur:

- Er is behoefte aan een toename van de hoeveelheid water voor vegetatie in de uiterwaarden (**hydrologie winterbed**).
- Het is gewenst meer **diversiteit** te creëren. Om dit te bereiken is het voor de natuur relevant dat in het vegetatiebeheer voldoende ontwikkelruimte wordt voorzien, waarmee de natuur ruimte krijgt om zich op natuurlijke wijze te ontwikkelen.
- De wens is om de **druk** vanuit de scheepvaart (stroming en golfslag) te beperken.
- De Biesbosch en de IJssel-Vechtdelta zijn PAGW hotspots. Het doel is om de **connectiviteit** met andere hotspots (zoals Gelderse Poort en Grensmaas) te verbeteren.



Zoetwaterbeschikbaarheid

- Dit deelgebied kent geen grote aandachtspunten met betrekking tot de laagwaterstanden.



Scheepvaart:

- Op meerdere locaties zijn er **vaarwegbreedte en -dieptebeperkingen**:
 - Beneden-Waal: aanwezigheid van een erosiekuil en ondiepte direct benedenstrooms van de vaste laag in de bocht bij St-Andries. Deze ondiepte is het meest kritieke diepteknelpunt langs de Waal.

- De bereikbaarheid van de haven van Deventer is bij laag water problematisch. De sluis die toegang geeft tot de haven is niet berekend op de grote waterstandsverschillen die optreden bij droogte.
- Het traject van de Beneden-IJssel is sterk meanderend en bevat een aantal scherpe ondiepe rivierbochten met vaarwegbreedte en -dieptebeperkingen voor de scheepvaart, onder andere bij Zalk.

Beoordeling systeemmaatregelen

Beoordeling systeemmaatregelen
Rijn - Vrij afstromend met sedimenterend karakter en beïnvloeding door getij of meerpeil en stormopzet

Systeemmaatregel	Indicator			Hydro/morfodynamiek Hydrologie winterbed (grondwaterstanden)	Aanwezigheid drukfactoren	Connectiviteit	Grote leefgebieden Diversiteit leefgebieden	Waterstand	Grondwaterstand	Verblijftijd	Vaardiepte	Vaarbreedte
	Hoogwaterstand	Knik in verhanglijn	Helling in Qh-relatie									
Gewenste verandering	↓	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Retentie binnendijks	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Dijkverlegging	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Bypass / groene rivier	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Obstakels verwijderen uit uiterwaard of weerd	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Verwijderen of doorlatend maken bruggen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Uiterwaard verlaging uniform	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Uiterwaard verlaging met geulen en reliëf	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Opgaande begroeiing verwijderen/snoeien/kortmaaien	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Water vasthouden in buitendijks gebied (voorraadberging)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Zomerkadeverlaging of -verwijdering	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Zomerbedverdieping	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Zomerbedversmalling	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Zomerbedverbreding	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Kribverlaging	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Kribverlenging	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Rivierverlenging/-herstel	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Bodemkribben/-schermen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Sedimentsuppleties	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Harde lagen aanpassen (uitbreiden, verlagen, verhogen)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Langsdammenconcept	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Ontstenen oevers	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Aanpassen stuwregeling en stuwbeheer	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Waterbesparende maatregelen bij schutsluizen	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

● Positief ● Negatief ● Zowel positief als negatief ● Niet beoordeeld ○ Niet relevant

Tabel 6 Beoordeling systeemmaatregelen Rijn – vrij-afstromend met sedimenterend karakter. De indicatoren met een zwarte pijl sluiten aan bij de in dit deelgebied spelende problematiek; de indicatoren met een grijze pijl sluiten aan bij problematiek die in dit deelgebied minder relevant is. Wanneer in bovenstaande tabel een maatregel niet is beoordeeld is de maatregel niet relevant in dit deelgebied.

Overzicht geschikte systeemmaatregelen

Bovenstaande tabel laat zien dat een aantal maatregelen goed scoort op verschillende systeemdiensten (groen). Het gaat onder andere om de volgende maatregelen:

- **Dijkteruglegging (meestromend):** kan in belangrijke mate zorgen voor de gewenste rivierverruiming. In benedenstroomse trajecten kan verruiming wel zorgen voor verder stroomopwaartse doordringing van stormopzet.
- **(Reliëfvolgend) uiterwaardverlaging:** verlagen van de uiterwaard kan de hydro-morfodynamiek vergroten en vergroot ook de afvoercapaciteit.

- **Langsdam:** Deze maatregel zorgt voor een toename van de afvoercapaciteit en bij versmalling van de vaargeul ook voor een grotere waterdiepte bij laagwater. Ook drukfactoren met effect op natuur kunnen hiermee beperkt worden. Langs de IJssel zou de oevergeul wel van de oever moeten worden afgegraven in verband met de beperkte vaarbreedte.
- **Oeverontstening:** natuurvriendelijker oevers zorgen voor meer hydro- en morfodynamiek, daarnaast voegt de maatregel onderdelen van leefgebieden toe die nu ontbreken (vergroting diversiteit).

5.5 Rijn: gestuwd met sedimenterend karakter

Dit deelgebied bestaat uit de IRM-trajecten Midden-Nederrijn en Beneden-Nederrijn. De ligging van deze trajecten is te zien in Figuur 33.



Figuur 33 Rijn - ligging gestuwde trajecten met sedimenterend karakter.

Gewenste systeemcondities



Een veilige afvoer van water:

- De Lek wordt volgens beleid ontzien, dus geen vraag om hier te verruimen vanuit klimaatverandering. Mogelijk wel zinvol ten behoeve van **robuustheid**.



Robuuste biodiverse natuur:

- Een deel van de Midden-Nederrijn is gestuwd en stroomt een groot deel van het jaar niet. Hierdoor is de **hydro- en morfodynamiek** erg laag. Deze problematiek wordt groter, door langere periodes van lage afvoeren en waterstanden bij Lobith, waardoor de Nederrijn-Lek vaker gestuwd wordt.
- Dit deelgebied wordt gezien als een belangrijke verbindingszone om de PAGW hotspots met elkaar te verbinden (**connectiviteit**).
- Het is gewenst de **drukfactor** scheepvaart te verkleinen.



Aanvoer en verdeling van zoetwater

- De wens is om de **laagwaterstanden** te verhogen: stuw Driel en de sturingsmogelijkheden daar, al zijn ze bij laagwater zeer beperkt, spelen een cruciale rol bij droge condities. In 2022 kon door afwijken van het stuwprotocol het uitgezakte stuwpannd Amerongen aangevuld worden, waardoor de waterschappen weer in staat waren water in te laten.



Scheepvaart:

- Weliswaar zijn er lokale ondieptes, maar geen problemen op systeemniveau.

Beoordeling systeemmaatregelen

Beoordeling systeemmaatregelen															
Rijn - Gestuwd met sedimenterend karakter															
Systeemmaatregel		Indicator													
		Hoogwaterstand	Knik in verhanglijn	Helling in Qh-relatie	Hydro/morfodynamiek	Hydrologie winterbed (grondwaterstanden)	Aanwezigheid drukfactoren	Connectiviteit	Grootte leefgebieden	Diversiteit leefgebieden	Waterstand	Grondwaterstand	Verblijftijd	Vaardiepte	Vaarbreedte
Gewenste verandering		↓	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑
Binnendijks	Retentie binnendijks	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Dijkverlegging	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Bypass / groene rivier	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Winterbed	Obstakels verwijderen uit uiterwaard of weerd	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Verwijderen of doorlatend maken bruggen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Uiterwaard verlaging uniform	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Uiterwaard verlaging met geulen en reliëf	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Opgaande begroeiing verwijderen/snoeien/kortmaaien	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Water vasthouden in buitendijks gebied (voorraadberging)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Zomerkadeverlaging of -verwijdering	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Zomerbed	Zomerbedverdieping	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Zomerbedversmalling	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Zomerbedverbreding	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Kribverlaging	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Kribverlenging	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Rivierverlenging/-herstel	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Bodemkribben/-schermen	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Sedimentsuppleties	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Harde lagen aanpassen (uitbreiden, verlagen, verhogen)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Langsdammenconcept	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Ontstenen oevers	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Aanpassen stuwregeling en stuwbeheer	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Waterbesparende maatregelen bij schutsluizen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

● Positief

● Negatief

● Zowel positief als negatief

● Niet beoordeeld

○ Niet relevant

● Positief ● Negatief ● Zowel positief als negatief ● Niet beoordeeld ○ Niet relevant

Tabel 7 Beoordeling systeemmaatregelen Rijn – gestuwd met sedimentierend karakter. De indicatoren met een zwarte pijl sluiten aan bij de in dit deelgebied spelende problematiek; de indicatoren met een grijze pijl sluiten aan bij problematiek die in dit deelgebied minder relevant is. Wanneer in bovenstaande tabel een maatregel niet is beoordeeld is de maatregel niet relevant in dit deelgebied.

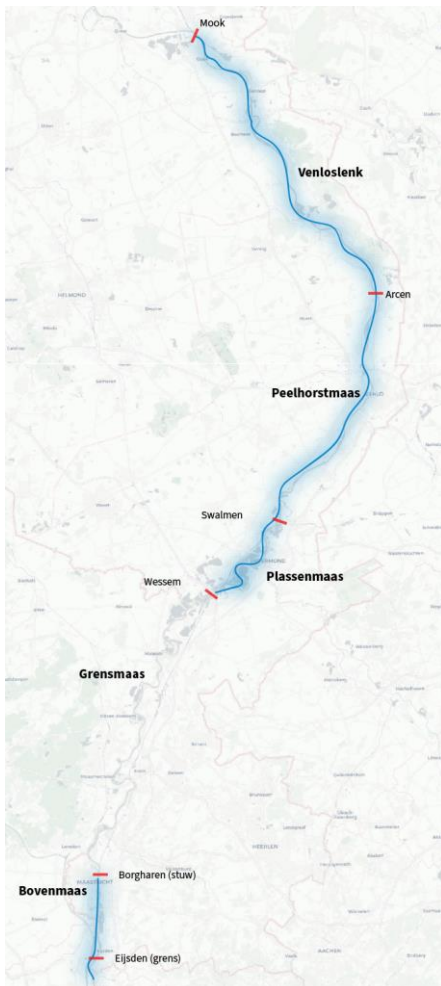
Overzicht geschikte systeemmaatregelen

Bovenstaande tabel laat zien dat de volgende maatregelen geschikt zijn op deze trajecten:

- **Uiterwaardverlaging met geulen en reliëf:** zorgt voor meer hydro- en morfodynamiek en verbindt de uiterwaarden met het zomerbed.
- **Bestaande stuwen aanpassen:** toepassen dynamisch(er) peilbeheer en situationele sturing³, optimaliseren van vismigratie, en sediment doorvoerende maatregelen. Lek- en schutverliezen lijken geen probleem te zijn.

5.6 Maas: gestuwd, erosief karakter, grenzend aan hoge gronden en plaatselijk bedijkt

Dit deelgebied bestaat uit de IRM-trajecten Bovenmaas⁴, Plassenmaas, Peelhorstmaas, en Venloslenkmaas (Figuur 34 geeft een overzicht).



Figuur 34 Maas – niet vrij afstromend, gestuwd, erosief karakter, gedeeltelijk bedijkt en beschermd door hoge gronden.

³ Ten tijde van langdurige droogte kan het water in het hoofdwatersysteem gestuurd worden naar de locatie waar dit het hardst nodig is.

⁴ De Bovenmaas heeft weliswaar een erosief karakter, maar door harde bodemlagen treedt erosie hier niet op.

Gewenste systeemcondities



Een veilige afvoer van water:

- Het is wenselijk de **hoogwaterstanden** te verlagen (en/of de primaire keringen te versterken).
- Het rivierbed is op verschillende plekken vrij smal met lokale hydraulische flessenhalzen op de volgende locaties. Het is wenselijk **de knikken in verhanglijn** te verminderen op de volgende locaties:
 - in de Bovenmaas bij Maastricht (als gevolg van dichte bebouwing) en bij Limmel/Borgharen;
 - in de Plassenmaas bij de N280 (bij Roermond) en bij de spoorbrug;
 - in de Peelhorstmaas bij Venlo en Arcen, en bij de bruggen bij Venlo (A73, A67, spoorbrug);
 - in de Venloslenk bij de brug van de N270 (bij Wanssum/Well), de A77 (bij Boxmeer), de N264 (bij Oeffelt/Gennep) en de spoorbrug bij Mook.



Robuuste biodiversiteit:

- De rivierbodem in deze gestuwde riviertrajecten is in het verleden grootschalig geërodeerd (met uitzondering van de Bovenmaas). Dit komt enerzijds door normalisatie van de rivier en anderzijds door de aanleg van stuwen in het stroomgebied. Deze eroderende trends zijn de afgelopen eeuw versneld door de vele grind- en zandwinningen in het gebied. Het is wenselijk de **connectiviteit tussen de stuwpanden en het sedimenttransport** te verbeteren.
- De lage rivierbodempligging zorgt voor weinig uitwisseling tussen zomer- en winterbed. Het is dan ook wenselijk de **hydro- en morfodynamiek** te vergroten.
- Het is wenselijk verbindingen te **creëren** tussen de natuurgebieden en natuurdoelen van de diverse programma's (één natuurdoelstelling in rivierbed).
- Het gebied kent een ontwikkelopgave vanuit PAGW. Het is wenselijk om op locaties waar het rivierkundig en ruimtelijk past **aaneengesloten leefgebieden van formaat** te creëren.
- Het is wenselijk om de **aanwezigheid van drukfactoren** te verminderen, aangezien scheepvaart (en de daarbij horende schroefwerking en goflslag) belangrijk is op dit traject vervult.



Zoetwaterbeschikbaarheid

- Op de gestuwde Maas is regelmatig sprake van lage afvoeren. Voor seizoensberging en hogere grondwaterstanden is het wenselijk de **stuwpeilen te verhogen**.



Vaarweg:

- Peelhorstmaas: om aan de eisen van categorie Vb te voldoen is het gewenst de **vaarbreedte** te vergroten bij een aantal rivierbochten die een te kleine bochtstraal kennen, namelijk bij Beesel, Neer, Steijl en Venlo.

Beoordeling systeemmaatregelen

Beoordeling systeemmaatregelen															
Maas - Vrij afstromend met sedimenterend karakter en beïnvloeding door getij of meerpeil en stormopzet, geheel bedijkt															
		Indicator													
Systeemmaatregel		Hoogwaterstand	Knik in verhanglijn	Helling in Qh-relatie	Hydro/morfodynamiek	Hydrologie winterbed (grondwaterstanden)	Aanwezigheid drukfactoren	Connectiviteit	Groote leefgebieden	Diversiteit leefgebieden	Waterstand	Grondwaterstand	Verblijftijd	Vaardiepte	Vaarbreedte
Gewenste verandering		↓	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑
Binnendijks	Retentie binnendijks	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Dijkverlegging	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Bypass / groene rivier	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Winterbed	Obstakels verwijderen uit uiterwaard of weerd	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Verwijderen of doorlatend maken bruggen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Uiterwaard verlaging uniform	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Uiterwaard verlaging met geulen en reliëf	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Opgaande begroeiing verwijderen/snoeien/kortmaaien	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Water vasthouden in buitendijks gebied (voorraadberging)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Zomerbed	Zomerkadeverlaging of -verwijdering	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Zomerbedverdieping	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Zomerbedversmalling	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Zomerbedverbreding	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Kribverlaging	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Kribverlenging	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Rivierverlenging/-herstel	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Bodemkribben/-schermen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Sedimentsuppleties	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Harde lagen aanpassen (uitbreiden, verlagen, verhogen)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Langsdammenconcept	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Ontstenen oevers	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Aanpassen stuwregeling en stuwbeheer	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Waterbesparende maatregelen bij schutsluizen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● Positief

● Negatief

● Zowel positief als negatief

● Niet beoordeeld

○ Niet relevant

Tabel 8 Beoordeling deelgebied Maas – niet vrij-afstromend, gestuwd, erosief en gedeeltelijk bedijkt. De indicatoren met een zwarte pijl sluiten aan bij de in dit deelgebied spelende problematiek; de indicatoren met een grijze pijl sluiten aan bij problematiek die in dit deelgebied minder relevant is. Wanneer in bovenstaande tabel een maatregel niet is beoordeeld is de maatregel niet relevant in dit deelgebied.

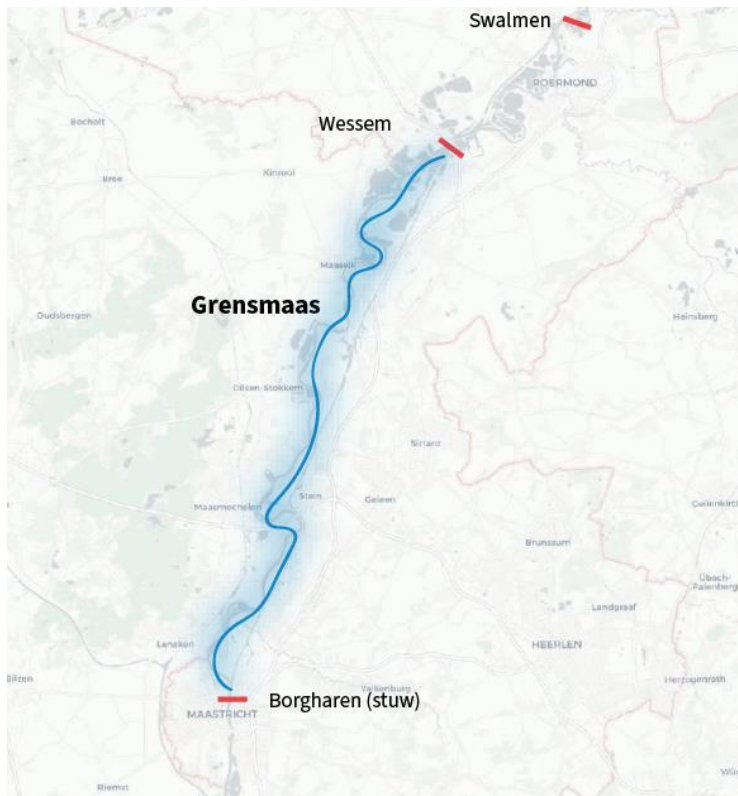
Overzicht geschikte systeemmaatregelen

Bovenstaande tabel laat zien dat een aantal maatregelen goed scoort op verschillende systeemdiensten (groen). Het gaat om de volgende maatregelen:

- **Verwijderen obstakels** uit uiterwaard: het aanpassen van de bruggehoofden zorgt voor een vermindering van hydraulische flessenhalzen.
- Voor de Venloslenkmaas kunnen **(neven)geulen en (reliëfvolgende) uiterwaardverlaging** de hydro-morfodynamiek vergroten en de grondwaterstand verhogen. Dit kan afhankelijk van de vegetatie die zich ontwikkelt ook de afvoercapaciteit vergroten.
- Door het **stuwbeheer** aan te passen (het toepassen van andere tijdvensters en/of het eerder strijken van stuwen) kan meer dynamiek gecreëerd worden.

5.7 Maas: vrij-afstromend met erosief karakter, gedeeltelijk bedijkt en beschermd door hoge gronden

Dit deelgebied bestaat uit één IRM-traject, de Grensmaas of Gemeenschappelijke Maas (zie Figuur 35). In dit rapport zullen we verder spreken van Grensmaas. De Grensmaas is aangewezen als PAGW-hotspot.



Figuur 35 Maas - vrij afstromend met erosief karakter, gedeeltelijk bedijkt en beschermd door hoge gronden

Gewenste systeemcondities in dit gebied



Een veilige afvoer van water

- Op plaatsen waar de Maas wordt ingesnoerd is een knik in de verhanglijn aanwezig. Daar is het wenselijk de **knikken in de verhanglijn** te verminderen, echter zonder ongewenste verhoging van stroomsnelheden. Knikken zijn bijvoorbeeld te vinden bij Maasband⁵ en Maasbracht. Daarnaast bevindt zich op veel plaatsen fijn materiaal dicht onder de grindlaag van de rivierbodem van de Maas. Indien bij hoge rivierafvoeren de toplaag weg erodeert, dan komen de fijne zandlagen bloot te liggen, en kunnen grote erosiekuilen ontstaan (zie het hoogwater in 2021, met zorgelijke veiligheidssituaties rondom oevers, kades en diverse infrastructuur). Maatregelen mogen dus niet leiden tot hogere stroomsnelheden.

⁵ Bij Maasband wordt een nevengeul aangelegd in het kader van de Maaswerken en aan Vlaamse zijde zijn er plannen voor verruiming.

- Er zijn, met name in het noordelijke deel van de Grensmaas (Maaseik-Wessem), locaties waar niet voldaan wordt aan de hoogwaterveiligheidsnormen. Dit betekent dat het wenselijk is de **hoogwaterstanden** te verlagen en/of de primaire keringen te versterken. Het is voor de waterveiligheid benedenstrooms van belang om de topvervlakkingscapaciteit in het gebied in stand te houden en/of te vergroten.



Robuuste biodiverse natuur

- Door de verruiming in het Grensmaasproject en een plaatselijk verder dalende rivierbodempligging (ca. 2 cm/jr.) dalen de laagwaterstanden. Het is gewenst om de laagwaterstanden te verhogen om te zorgen voor een natuurlijker **hydrodynamiek** en hogere **grondwaterstanden**.
- De dalende rivierbodempligging is een gevolg van een verstoorde sedimenthuishouding. Het is gewenst de sedimenthuishouding te verbeteren om te zorgen voor een natuurlijkere **morfodynamiek** in het gebied.
- Om de riviernatuur te verbeteren is het wenselijk de **connectiviteit** te verbeteren en **leefgebieden te vergroten**.



Aanvoer en verdeling van water

- Het reguleren van de waterverdeling naar de Grensmaas (minimaal 10 m³/s) en het aangepaste beheer van stuw Borgharen moeten de onnatuurlijke fluctuaties in de laagwaterafvoer op de Grensmaas gaan beperken. In Wallonië wordt ook actie ondernomen om de door verbeterde sturing van stuwen en dammen onnatuurlijke schommelingen in afvoer te dempen.
- Het is gewenst de **laagwaterstanden** te verhogen. Op dit moment is het zo dat bij langdurige lage afvoeren op de Grensmaas (lager dan 10 m³/s) de innamepunten op het Kempisch Plateau in Vlaanderen droogvallen als gevolg van de lage laagwaterstanden.
- Door de verruiming in het Grensmaasproject in combinatie met bodemerosie zijn de laagwaterstanden en de grondwaterstanden gedaald. Om daling van de grondwaterstand aan de Vlaamse zijde te voorkomen zijn grinddrempels aangebracht die de waterstanden opstuwten. Het stoppen van de bodemerosie in het zomerbed voorkomt het verder dalen van **laagwaterstanden** (en **grondwaterstanden**).



Vaarweg

- Er is geen scheepvaart op de Grensmaas.

Beoordeling systeemmaatregelen

Beoordeling systeemmaatregelen
Maas - Niet vrij afstromend, gestuwd, erosief karakter, gedeeltelijk bedijkt en beschermd door hoge gronden

	Indicator	Hoogwaterstand	Knik in verhanglijn	Helling in Qh-relatie	Hydro/morfodynamiek	Hydrologie winterbed (grondwaterstanden)	Aanwezigheid drukfactoren	Connectiviteit	Groote leefgebieden	Diversiteit leefgebieden	Waterstand	Grondwaterstand	Verblijftijd	Voordiepte	Vaargebreedte
	Systeemmaatregel														
	Gewenste verandering	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑
Binnendijks	Retentie binnendijks	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Dijkverlegging	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Bypass / groene rivier	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Winterbed	Obstakels verwijderen uit uiterwaard of weerd	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Verwijderen of doorlatend maken bruggen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Uiterwaard verlaging uniform	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Uiterwaard verlaging met geulen en reliëf	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Opgaande begroeiing verwijderen/snoeien/kortmaaien	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Zomerbed	Water vasthouden in buitendijks gebied (voorraadberging)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Zomerkadeverlaging of -verwijdering	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Zomerbedverdieping	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Zomerbedversmalling	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Zomerbedverbreding	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Kribverlaging	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Kribverlenging	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Rivierverlenging/-herstel	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Bodemkribben/-schermen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Sedimentsuppleties	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Zomerbed	Harde lagen aanpassen (uitbreiden, verlagen, verhogen)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Langsdammenconcept	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Ontsteden oevers	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Aanpassen stuwregeling en stuwbeheer	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Waterbesparende maatregelen bij schutsluizen	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

● Positief
 ● Negatief
 ● Zowel positief als negatief
 ● Niet beoordeeld
 ○ Niet relevant

Tabel 9 Beoordeling systeemmaatregelen Maas: vrij-afstromend met erosief karakter. De indicatoren met een zwarte pijl sluiten aan bij de in dit deelgebied spelende problematiek; de indicatoren met een grijze pijl sluiten aan bij problematiek die in dit deelgebied minder relevant is. Wanneer in bovenstaande tabel een maatregel niet is beoordeeld is de maatregel niet relevant in dit deelgebied.

Overzicht geschikte systeemmaatregelen

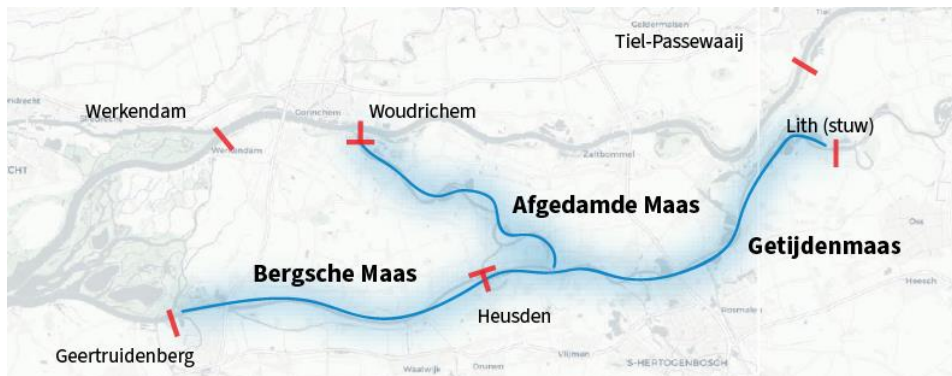
Bovenstaande tabel laat zien dat een aantal maatregelen goed scoort op verschillende systeemdiensten (groen). Het gaat om de volgende maatregelen:

- **Sedimentsuppleties** zijn een goede manier om de rivierbodem te verhogen en het sedimenttransport te vergroten. Dit is een maatregel die ook in de PAGW wordt genoemd, zorgt voor een beperking van de erosieproblematiek in de Grensmaas (draagt bij aan meer stabiliteit kunstwerken, infra, kaders, oevers, veerstoepten, kabels en leidingen).
- **Dijkteruglegging**: kan worden toegepast om afvoercapaciteit te vergroten en extra ruimte voor natuur te creëren.
- **(Reliëfvolgend) uiterwaardverlaging** – of soortgelijke rivierverruimende maatregelen in het winterbed: vergroting van zowel de afvoercapaciteit als de hydro- en morfodynamiek
- **Bestaande stuwen/stuwprotocollen aanpassen** zodat er minder grote onnatuurlijke afvoerfluctuaties (bij laagwater) optreden.

Maatregelen die de stroomsnelheid verhogen op locaties waar deze reeds hoog zijn, zijn ongewenst voor dit deel van de Maas omdat deze de bestaande problematiek verergeren.

5.8 Maas: vrij-afstromend met sedimenterend karakter en stroomafwaartse beïnvloeding door storm, getij en meren, geheel bedijkt

Dit deelgebied bestaat uit de IRM-trajecten Bergsche Maas, Afgedamde Maas en Getijdenmaas (zie Figuur 36). In dit gebied zijn meerdere ruimtelijke (Barro) reserveringen getroffen ten behoeve van hoogwaterbeheersing.



Figuur 36 Maas - vrij-afstromend met sedimenterend karakter, geheel bedijkt.

Gewenste systeemcondities in dit gebied



Veilige afvoer van water:

- Dit traject bevat een aantal hydraulische flessenhalzen: bij Maren-Kessel en bij Well als gevolg van dichtbij de rivier liggende dijken in combinatie met bochten in de rivier. Andere hydraulische flessenhalzen doen zich voor door de aanwezigheid van (opeenvolgende) kruisende infrastructuur, o.a. bij Den Bosch en Hedel. Het is belangrijk deze **knikken in de verhanglijn** te verminderen.
- Langs dit traject is het wenselijk de **hoogwaterstanden** te verlagen (en/of de primaire keringen te versterken).



Robuuste biodiverse natuur:

- Het gebied rondom St. Andries wordt gezien als een belangrijke stapsteen om de hotspots Biesbosch, Gelderse Poort en Grensmaas te verbinden. Volgens de PAGW vraagt dit uitbreiding van het areaal (**grootte van leefgebieden**) hardhoutooibos, riet/moeras-ruigte, zachthout-ooibos/struweel en het verondiepen van bepaalde diepe delen.
- De **connectiviteit** van het gebied moet verbeterd met bestaande natuur-gebieden in de wijde omgeving (zoals Loonse en Drunense duinen en Leemkuilen, Vlijmens Ven, Moerputten & Bossche Broek en de Hertogswetering). Ook zijn er wensen om in het gebied van St. Andries de verbindingen tussen Maas en Waal en aangrenzende natuurgebieden te verbeteren (waaronder Heerewaarden).
- Het is gewenst met maatregelen de **druk** door scheepvaart (schroefwerking en golfslag) te verminderen.



Aanvoer en verdeling van zoetwater:

- Dit traject kent geen significante aandachtspunten met betrekking tot de zoetwaterbeschikbaarheid en de stuurbaarheid van zoetwater over het watersysteem.



Vaarweg:

- Deze trajecten hebben bij laagwater voldoende vaardiepte, mits lokaal baggerwerk wordt uitgevoerd ten behoeve van vaarwegonderhoud.

Beoordeling systeemmaatregelen

Tabel 10 Beoordeling systeemmaatregelen Maas: vrij-afstromend met sedimentarend karakter. De indicatoren met een zwarte pijl sluiten aan bij de in dit deelgebied spelende problematiek; de indicatoren met een grijze pijl sluiten aan bij problematiek die in dit deelgebied minder relevant is. Wanneer in bovenstaande tabel een maatregel niet is beoordeeld is de maatregel niet relevant in dit deelgebied.

Overzicht geschikte systeemmaatregelen

Bovenstaande tabel laat zien dat een aantal maatregelen goed scoort op verschillende systeemdiensten (groen). Het gaat om de volgende maatregelen:

- Op een aantal plekken zijn flessenhalzen aanwezig. Hier zouden **dijkteruglegging** en (getijden)geul(en) goede maatregelen zijn die tevens extra areaal natuur en verbetering van de connectiviteit mogelijk maken.
- Ter plaatse van kruisende infrastructuur kan de afvoercapaciteit vergroot worden door obstakelverwijdering.
- **Uiterwaardverlaging en nevengeulen**: verlagen van de uiterwaard kan de hydro-morfodynamiek vergroten. Dit kan afhankelijk van de te ontwikkelen vegetatie ook de afvoercapaciteit vergroten. Aangezien het zomerbed in dit deel sedimenteert dient voorkomen te worden dat er (te veel) aanzanding ontstaat.
- Op de Getijdenmaas bij Ammerzoden zijn **kribben** aanwezig. De lengte waarover de kribben aanwezig zijn is beperkt. Daarom zal een aanpassing hiervan beperkt effect hebben.

5.9 Maas: niet vrij afstromend, gestuwd, erosief karakter, geheel bedijkt

Dit deelgebied bestaat uit één IRM-traject: de Bedijkte-Maas (zie Figuur 37). Aan weerszijden van de rivier liggen dijken en hoog opgeslibde weerden met daarachter een landschap van oeverwallen en komgronden. De stuwen bij Grave en Lith reguleren hier het waterpeil. Het beddingmateriaal is overwegend zandig. In dit gebied zijn meerdere ruimtelijke (Barro) reserveringen ten behoeve van hoogwaterbeheersing.



Figuur 37 Maas – niet vrij-afstromend, gestuwd, erosief karakter, geheel bedijkt.

Gewenste systeemcondities



Veilige afvoer van water:

- Langs delen van de Bedijkte Maas is het rivierbed vrij smal en wordt de Maas ingesnoerd als gevolg van dicht bij de rivier liggende dijken. Hydraulische flessenhalzen komen onder andere voor direct stroomafwaarts van Mook, stroomafwaarts van Heumen, bij Dieden/Batenburg en stroomafwaarts van Oijen. Daarnaast vormt het grondlichaam van de spoorbrug Ravenstein bij hoogwater een obstakel in het winterbed. Het is gewenst deze **knikken in de verhanglijn** te verminderen.
- De hoogwaterveiligheidsnormen worden op een groot deel van dit traject niet gehaald. Dit betekent dat het wenselijk is de **hoogwaterstanden** te verlagen (en/of de primaire keringen te versterken).



Robuuste biodiverse natuur:

- Het zeer ruime zomerbed zorgt voor weinig uitwisseling tussen zomer- en winterbed. Het is daarom gewenst de **hydro- en morfodynamiek** te verbeteren.
- De Bedijkte Maas maakt deel uit van de PAGW Maas corridor. Een deel van de Kraaijenbergse plassen bij Linden is indicatief aangewezen in PAGW als kleine stapsteen. In het westelijk deel van de plassen die nu al een natuurfunctie hebben, is er een opgave om een groter aandeel riet/moerasruigte te realiseren en een **groter areaal** ondiep water. Het creëren van een connectie (**connectiviteit**) met de rivier en uitbreiding van het areaal hardhout ooibos zijn gewenst.
- Het is gewenst met maatregelen de **druk** door scheepvaart (schroefwerking en golfslag) te verminderen.



Aanvoer en verdeling van water:

- Bij zeer lage afvoeren die lang aanhouden, is het de vraag of de stuwen het stuwpeil kunnen blijven handhaven. Het is dan ook wenselijk om **lekverliezen** (met name de stuw bij Grave kent op dit moment een groot lekverlies) zoveel mogelijk te beperken.



Vaarweg:

- Grave-Niftrik is het grootste scheepvaartknooppunt op de Bedijkte Maas. Met de bestaande afspraken is de waterdiepte benedenstrooms van de stuw Grave weliswaar voldoende voor de scheepvaart, vanuit robuustheidsoogpunt is echter een **grotere dieptediepgang** gewenst. Bovendien ligt bij Niftrik een leidingenstraat te hoog en ligt de sluisdrempel van de sluis bij Grave te hoog.
- In de bovenstroomse delen van stuwband Grave en Lith vindt regelmatig baggerwerk plaats om de stuwbanden op diepte te houden. De zakkende rivierbodem op dit deel van de Maas hoeft in de gestuwde trajecten geen invloed te hebben op de vaardiepte en de waterstanden (door de stuwen). Lokale ondieptes in bovenstroomse delen van stuwbanden kunnen echter wel bepalender worden, waardoor er meer onderhoudsbaggerwerk nodig is.

Beoordeling systeemmaatregelen

Beoordeling systeemmaatregelen Maas - Niet vrij afstromend, gestuwd, erosief karakter, geheel bedijkt		Indicator													
Systeemmaatregel		Hoogwaterstand	Knik in verhanglijn	Helling in Qh-relatie	Hydro/morfodynamiek	Hydrologie winterbed (grondwaterstanden)	Aanwezigheid drukfactoren	Connectiviteit	Groote leefgebieden	Diversiteit leefgebieden	Waterstand	Grondwaterstand	Verblijftijd	Vaardiepte	Vaargebreedte
Binnendijks	Gewenste verandering	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
	Retentie binnendijks	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Dijkverlegging	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Winterbed	Bypass / groene rivier	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Obstakels verwijderen uit uiterwaard of weerd	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Verwijderen of doorlatend maken bruggen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Uiterwaard verlaging uniform	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Uiterwaard verlaging met geulen en reliëf	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Opgaande begroeiing verwijderen/snoeien/kortmaaien	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Water vasthouden in buitendijks gebied (voorraadberging)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Zomerbed	Zomerkadeverlaging of -verwijdering	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Zomerbedverdieping	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Zomerbedversmalling	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Zomerbedverbreding	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Kribverlaging	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Kribverlenging	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Rivierverlenging/-herstel	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Bodemkribben/-schermen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Sedimentsuppleties	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Harde lagen aanpassen (uitbreiden, verlagen, verhogen)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Langsdammenconcept	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Ontsteden oevers	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Aanpassen stuwregeling en stuwbeheer	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Waterbesparende maatregelen bij schutsluizen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● Positief ● Negatief ● Zowel positief als negatief ● Niet beoordeeld ○ Niet relevant

Tabel 11 Beoordeling systeemmaatregelen deelgebied Maas – niet vrij afstromend, gestuwd, erosief en geheel bedijkt. De indicatoren met een zwarte pijl sluiten aan bij de in dit deelgebied spelende problematiek; de indicatoren met een grijze pijl sluiten aan bij problematiek die in dit deelgebied minder relevant is. Wanneer in bovenstaande tabel een maatregel niet is beoordeeld is de maatregel niet relevant in dit deelgebied.

Overzicht geschikte systeemmaatregelen

Naast het stoppen met netto onttrekking van sediment aan het zomerbed om de doorgaande erosie van het zomerbed te stoppen laat bovenstaande tabel zien dat een aantal maatregelen goed scoort op verschillende systeemdiensten (groen). Het gaat om de volgende maatregelen:

- **Verwijderen / doorlatend maken bruggen** zorgt voor een verbetering van veilige afvoer en betere connectiviteit met meer leefgebied.
- Aangepast **Stuwbeheer** verbetert de omstandigheden bij lage- en middenafvoeren, beter voor zoet water, scheepvaart en natuur.
- **Dijkteruglegging (evt met een nevengeul)** is een effectieve maatregel om knikken in de verhanglijn tegen te gaan en de hoogwaterstanden te verlagen. Ter plaatse van kruisende infrastructuur kan de afvoercapaciteit vergroot worden door **obstakelverwijdering**.
- **Uiterwaardverlaging (met geulen en reliëf)** zorgt voor een verlaging van de hoogwaterstanden. Daarnaast draagt de maatregel bij aan een vergroting van de hydro-morfodynamiek en een verbetering van de hydrologie in het winterbed omdat de overstromingsfrequentie toeneemt en vernatting optreedt.

- **Langsdam/verhoogde vooroever met uiterwaardverlaging** zou als barrière tussen zomerbed en verlaagde uiterwaard kunnen dienen om drukfactoren door scheepvaart te verminderen. Bovendien kan hiermee de doorgaande erosie worden geremd als (desnoods uit te graven) oeversgeulen voor extra afvoercapaciteit zorgen.
- **Bestaande stuwen aanpassen**: toepassen dynamisch peilbeheer, verbeteren/optimaliseren van vismigratie door stuwpasserende nevengeul, en sediment doorvoerende maatregelen.

6 Doorkijk naar vervolg

In onderstaande alinea's wordt aangegeven hoe de resultaten van deze studie in het bredere IRM traject gebruikt kunnen worden en welke onderdelen en verdiepingen in deze studie buiten beschouwing zijn gebleven en onderdeel kunnen zijn van vervolgstudies.

- De resultaten van deze studie zijn bedoeld om gebruikt te worden bij de uitwerking van de plan-MER IRM. Op het moment van schrijven is sprake van vier alternatieven samengesteld uit diverse systeemmaatregelen (over de gehele Rijntakken/Maas) en van daaruit zal een Voorkeursalternatief wordt opgesteld. Het is belangrijk om te kijken of in de huidige alternatieven nog geschikte systeemmaatregelen ontbreken, kijkend naar de overzichten in Hoofdstuk 5. Daarnaast kunnen de overzichten worden gebruikt bij het opstellen van een Voorkeursalternatief en het uitwerken van plannen voor de prioritaire gebieden.
- Binnen deze opdracht zeggen wij niks over de mate waarin een gewenst effect wordt bereikt. In het vervolg dienen de effecten gekwantificeerd te worden als functie van (1.) de omvang van de ingreep en (2.) de context van de toepassing.
- De voorkeursvolgorde van te nemen maatregelen en de fasering van uitvoering in de tijd spelen een belangrijke rol bij de samenstelling van de maatregelpakketten in de gebieds-uitwerkingen. In de Systeembeschoouwing wordt geadviseerd om een eventuele voorkeursvolgorde van typen maatregelen te definiëren, als nadere invulling van het mantra 'krachtig samenspel van rivierverruiming en dijkversterking', waarbij primair wordt gestreefd naar een geleidelijk aflopende verhanglijn bij hoogwater (zonder knikken) en een zo robuust mogelijke rivier. Denk bijvoorbeeld aan 1) eerst zoveel mogelijk extra breedte met het oog op de lange termijn en meerwaarde (dijkverlegging, bypasses), 2) uiterwaardverlaging (bijvoorbeeld geulen) alleen in weinig waardevolle of morfologisch dynamische situaties (Waal), en 3) dijkverhoging als sluitstuk. Vanwege de rivierbodemosieproblematiek is het evident dat extra afvoercapaciteit nooit gezocht mag worden in verruiming van het zomerbed (verdieping of verbreding). In een vervolgstudie dient dit nader uitgewerkt te worden.
- In dit rapport zeggen wij niets over de kosten of uitvoerbaarheid van een maatregel en ook niet over duurzaamheid, etc. Deze beoordeling is nodig in een vervolgstudie.
- In dit rapport wordt gesproken over de 'veilige afvoer van water'. Om de invloed van een maatregel op de hoogwaterveiligheid te onderzoeken, zal gekeken moeten worden naar de overstromingskans, die bepaald wordt door meerdere afvoeren.

7 Referenties

Czapiga, M.J., Blom, A., Viparelli, E. (2022) Sediment Nourishments to Mitigate Channel Bed Incision in Engineered Rivers. Journal of Hydraulic Engineering 148(6).

Heusden, W. van, H. Sluiter, M. Tijnagel, W. Vercuijsse, A. Zuidhof, 2021. Ecologische Systeemopgave PAGW-Rivieren – Naar klimaatbestendige robuuste riviernatuur in 2050. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, Rijkswaterstaat en Staatsbosbeheer.

HKV, 2020. IRM QuickScan Afvoercapaciteit

IRM, 2020. Intern IRM werkdocument 'Quickscan rivierbodempligging Rijn'

IRM 2020. Intern IRM werkdocument 'Quickscan rivierbodempligging'

IRM, 2021. Informatiebladen Rijn

IRM, 2021. Informatiebladen Maas

Klijn F, Leushuis H, Treurniet M, Van Heusden W, Van Vuren S 2022. Systeembeschouwing Rijn en Maas ten behoeve van het ontwikkelen van alternatieven in het Programma Integraal Riviermanagement (IRM).

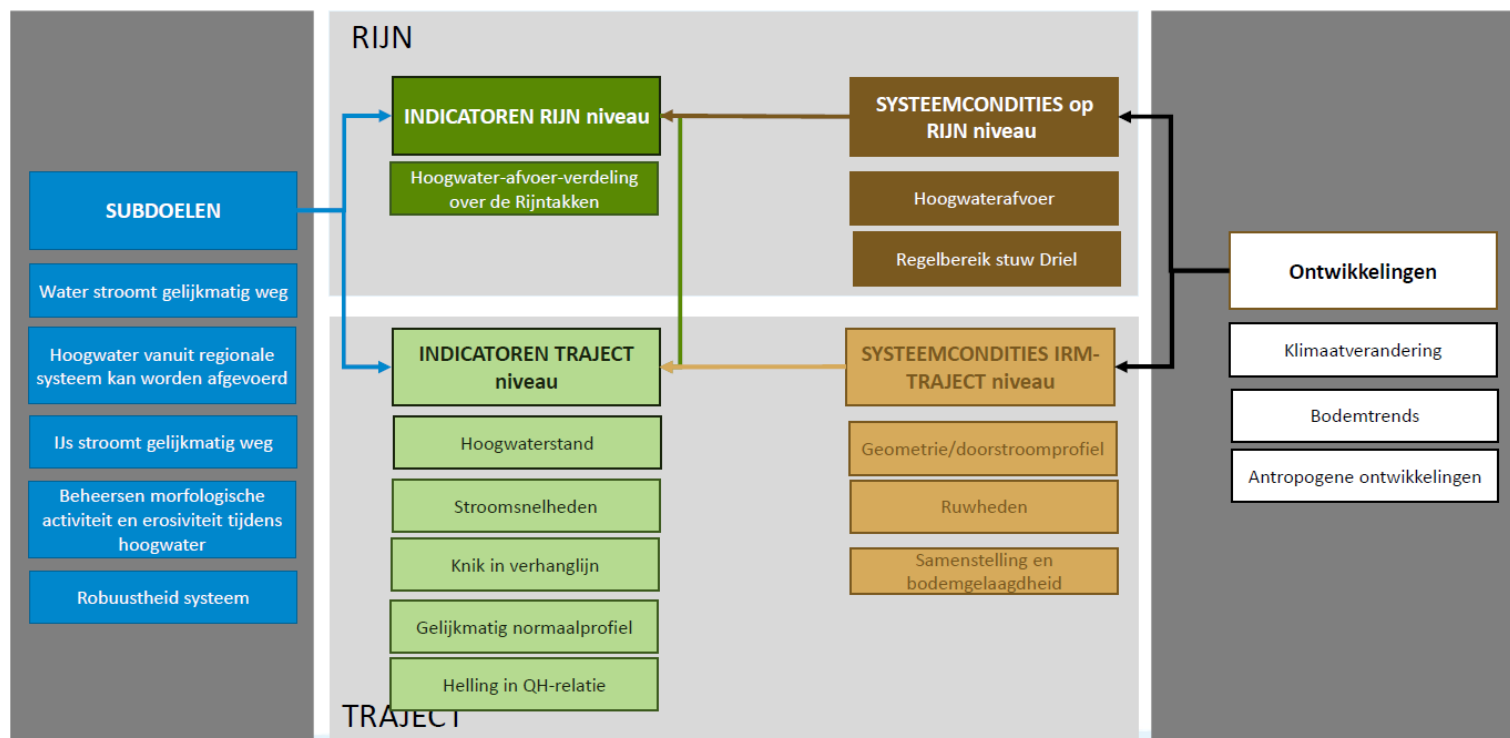
Ouwerkerk S, Versteegen F, Vieira da Silva J, Visser B, Rudolph M, 2021. Préverkenning waterberging Maas, voor vermindering van watertekorten in droge periodes.

Bijlagen

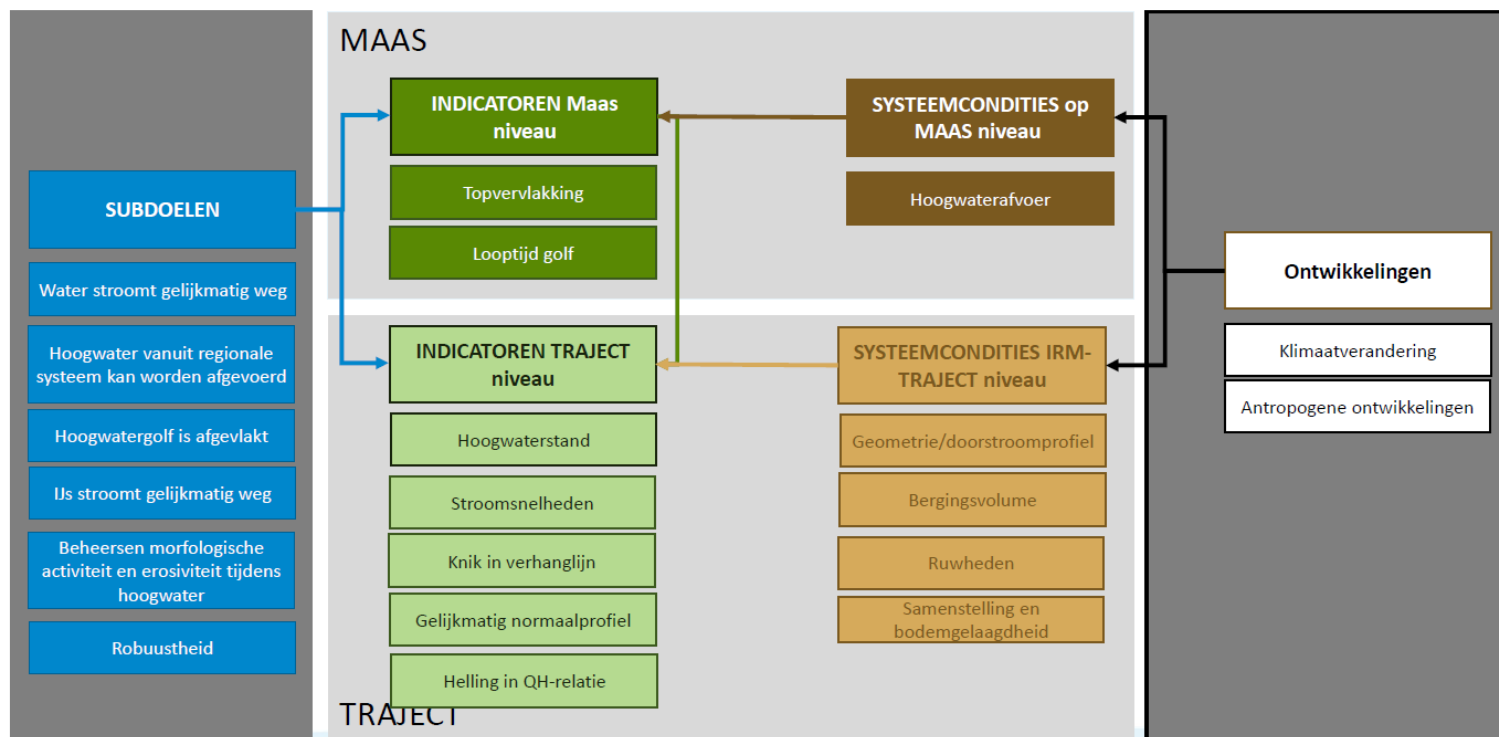
A Schema's

In deze bijlage worden de ondersteunende schema's die de relatie tonen tussen de IRM-doelen, rivierkarakteristieken en indicatoren voor de Rijn en de Maas.

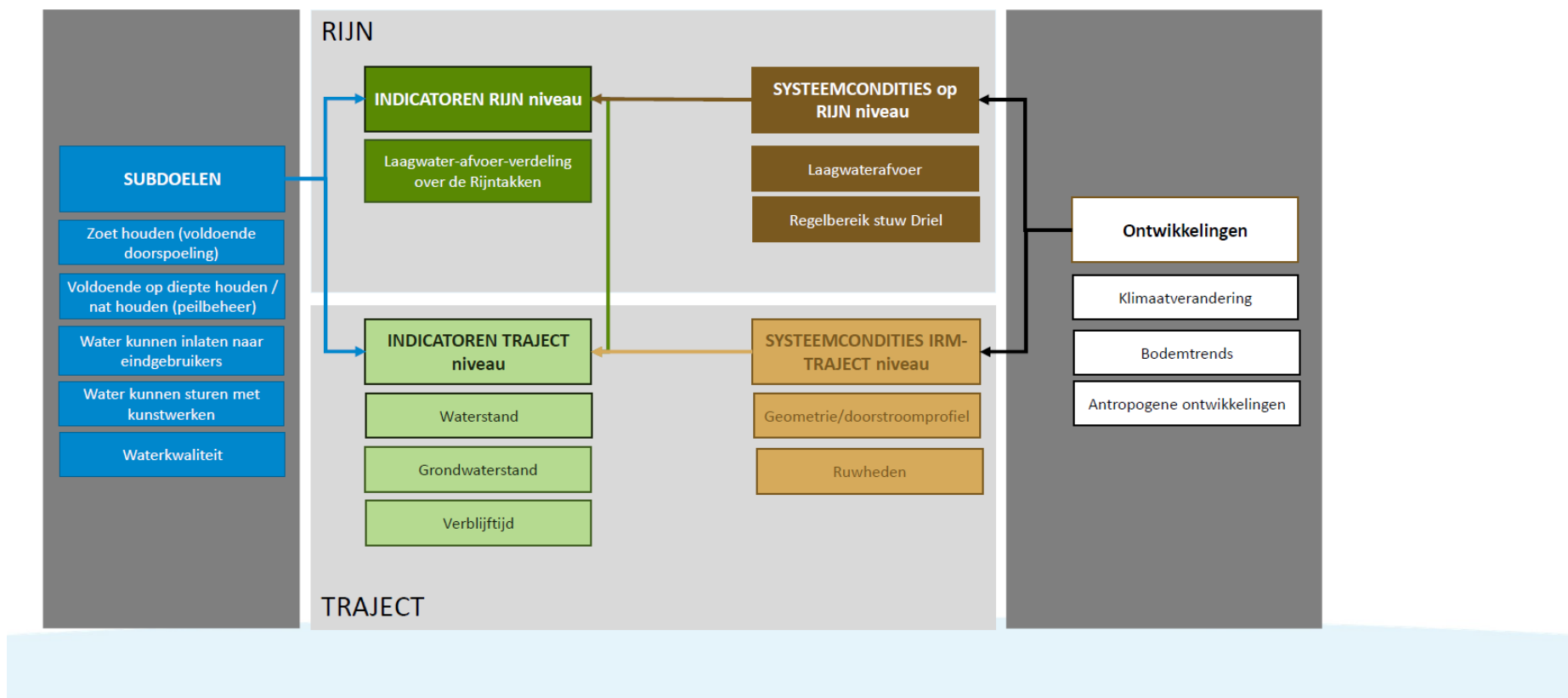
1 DIENST AFVOEREN VAN WATER, IJS en SEDIMENT – MET ALS DOEL EEN VEILIG AFVOER



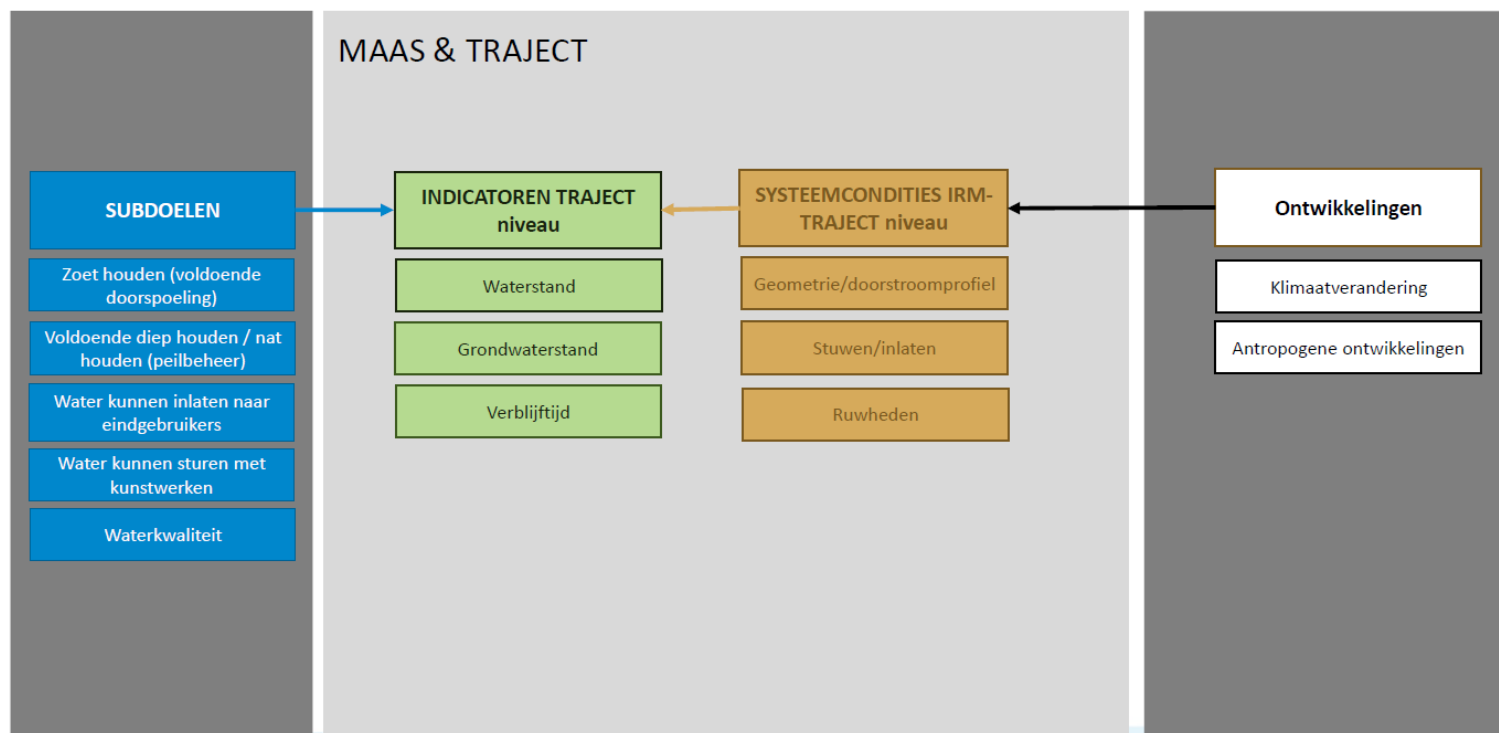
1 DIENST AFVOEREN VAN WATER, IJS en SEDIMENT – MET ALS DOEL EEN VEILIG AFVOER



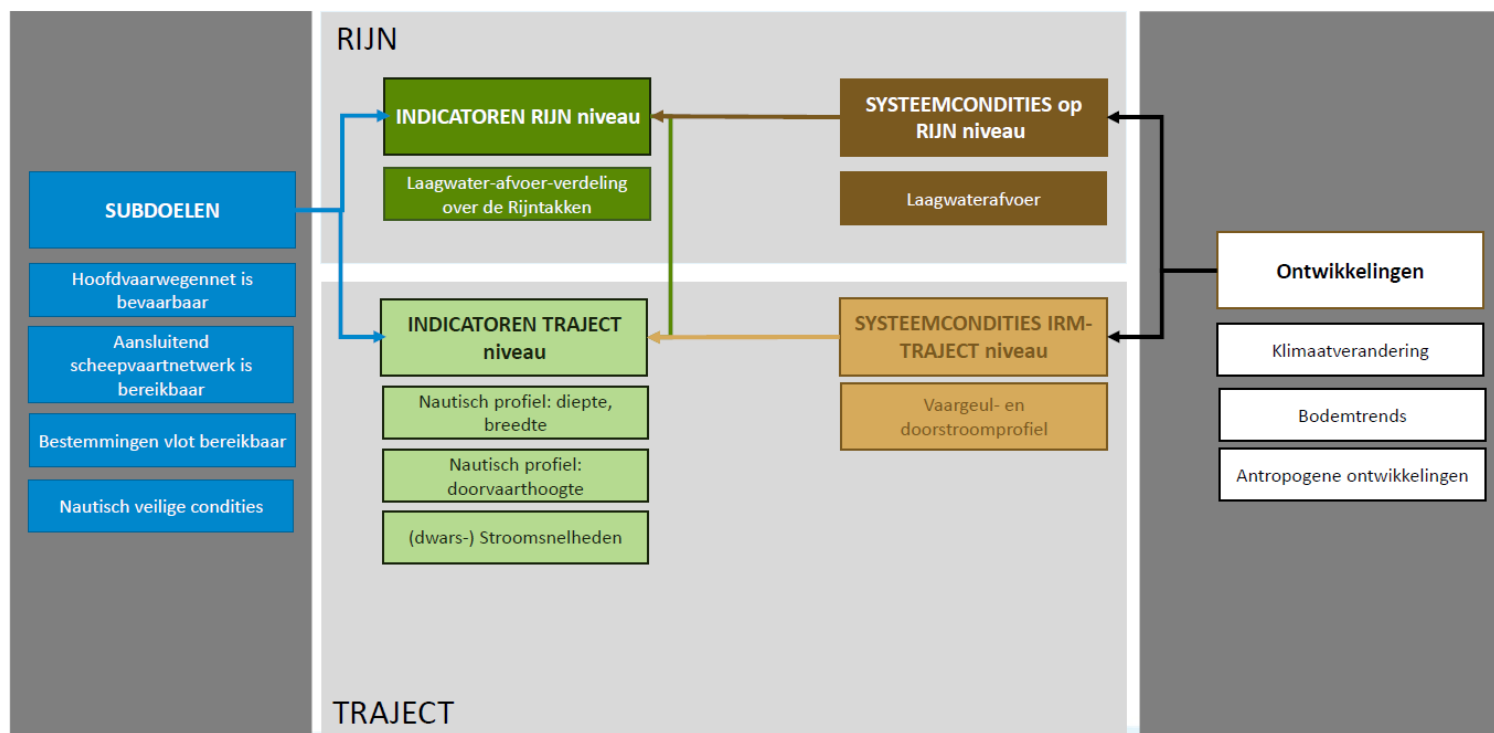
2 DIENST LEVEREN VAN ZOETWATER MET ALS DOEL ROBUUSTE WATERBESCHIKBAARHEID EN -VOORZIENING



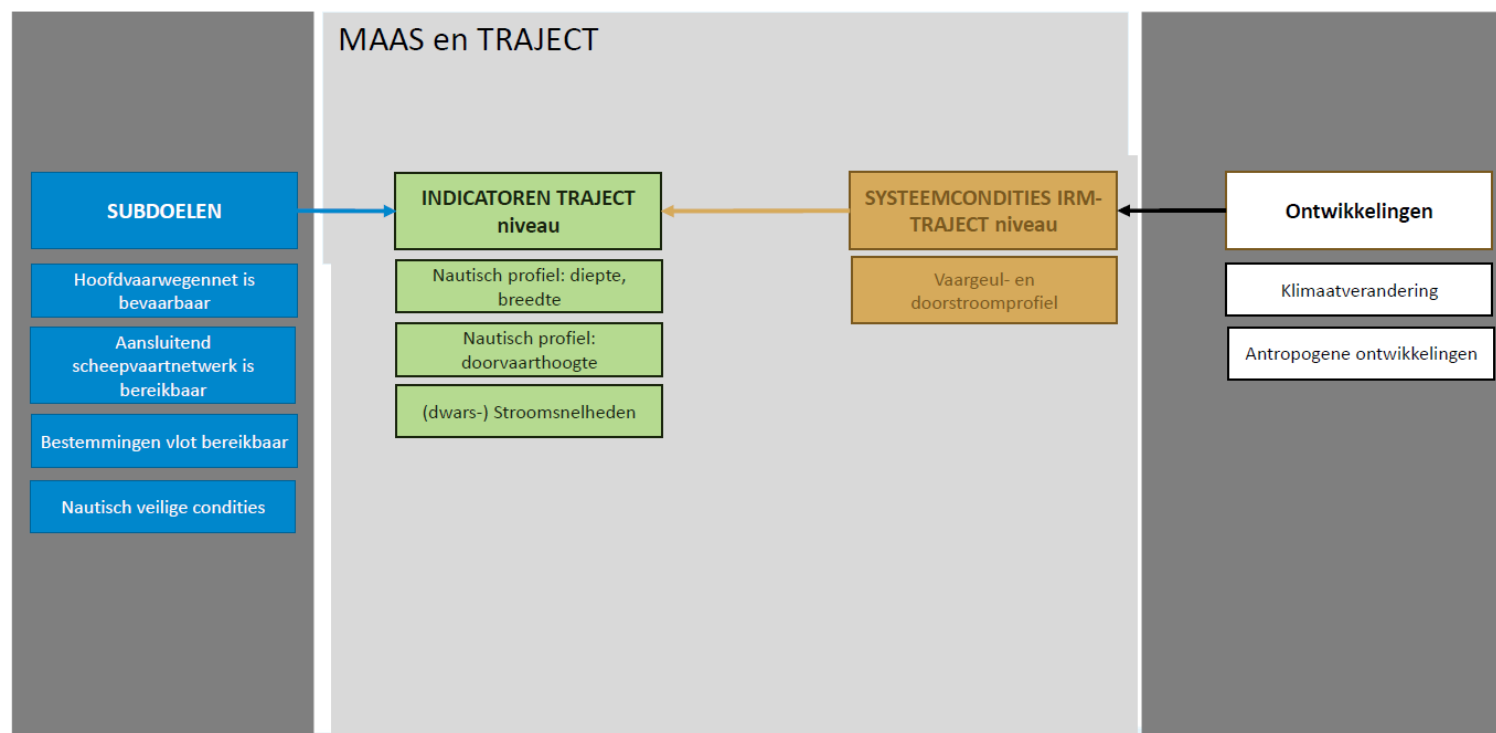
2 DIENST LEVEREN VAN ZOETWATER MET ALS DOEL ROBUUSTE WATERBESCHIKBAARHEID EN -VOORZIENING



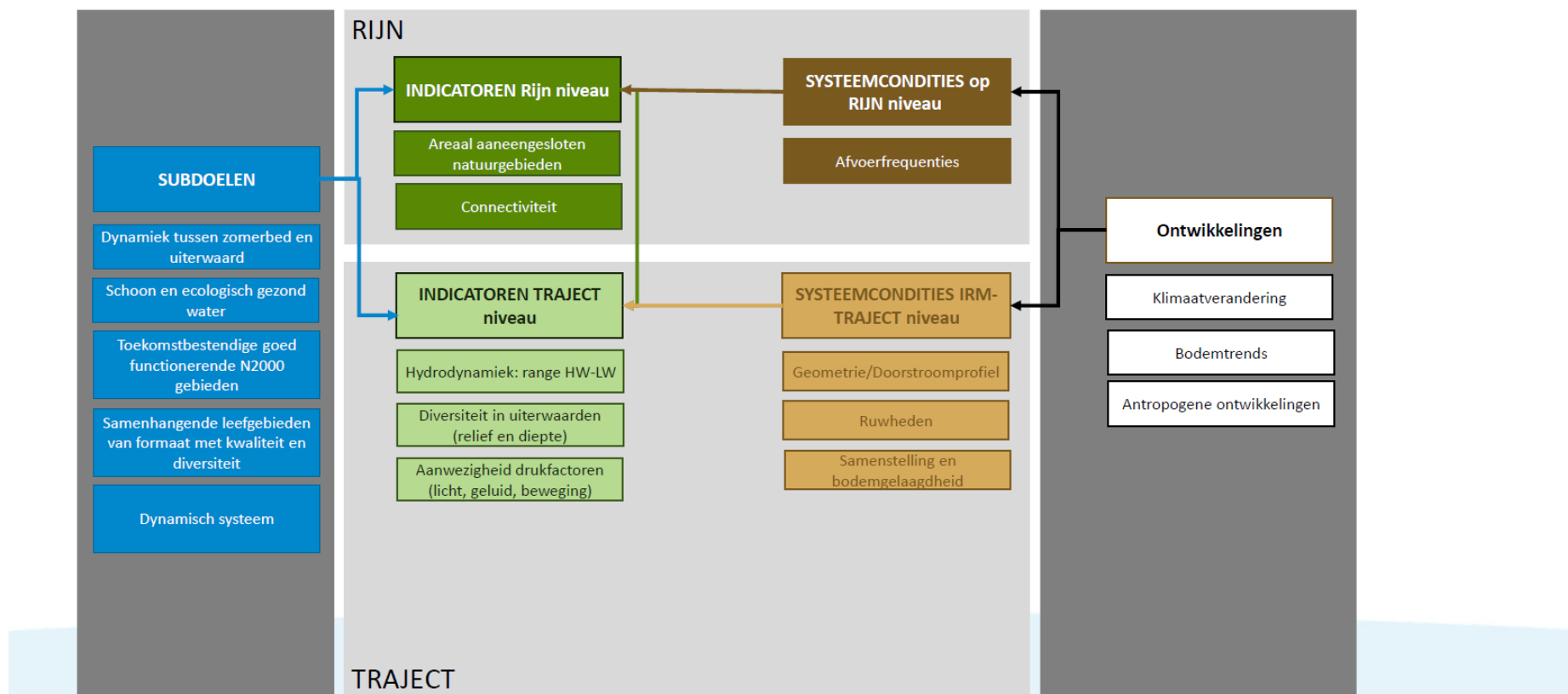
3 DIENST **VAARWEG** – MET ALS DOEL **VLOT & VEILIG TRANSPORT OVER WATER**



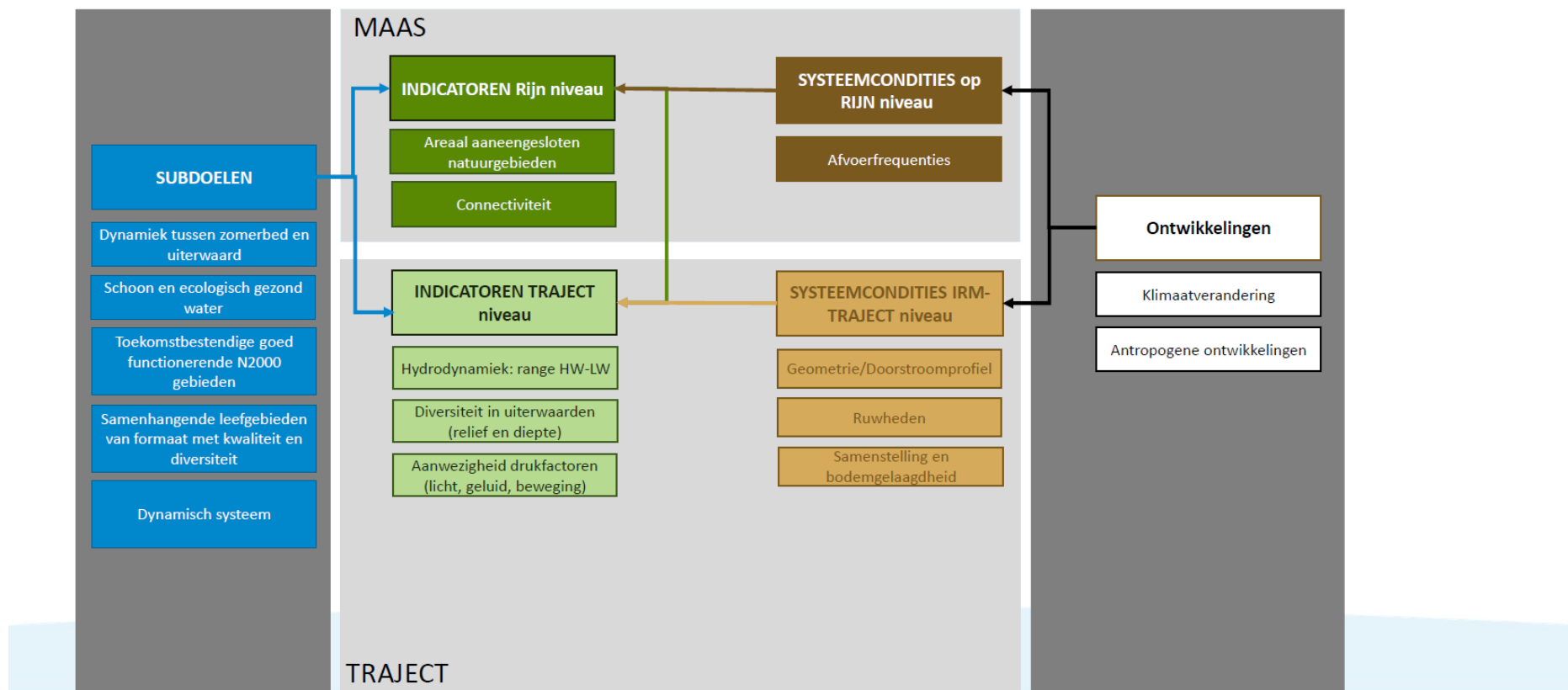
3 DIENST **VAARWEG** – MET ALS DOEL **VLOT & VEILIG TRANSPORT OVER WATER**



4 DIENST NATUUR – MET ALS DOEL ROBUUSTE BIODIVERSE RIVIERNATUUR



4 DIENST NATUUR – MET ALS DOEL ROBUUSTE BIODIVERSE RIVIERNATUUR



**Hoofdkantoor**

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

Nevenvestiging

Informaticalaan 8
2628 ZD Delft

0320 294242
info@hkv.nl
www.hkv.nl