Ministerie van Infrastructuur
en Waterstaat

DG Water en Bodem
Dir.Waterveiligheid, Rivieren en Zee
Waterveiligheid

Rijnstraat 8
Den Haag
Postbus 20901
2500 EX Den Haag

Contact
Programma
Ruimte voor de rivier 2.0
postbusrvdr@minienw.nl

Onze referentie
IENW/BSK-2025/7543

Datum 8 januari 2025
Betreft Rapportage Werkhypothesen Ruimte voor de rivier 2.0

Geachte heer, mevrouw,

Binnen het programma Ruimte voor de Rivier 2.0 werken het Rijk, provincies, waterschappen en gemeenten de komende decennia aan een toekomstbestendig Maas- en Rijnsysteem. Voor dit programma zijn door rivierdeskundigen werkhypothesen geformuleerd met de – op basis van de huidige beschikbare kennis - meest waarschijnlijk geachte voorkeuren voor belangrijke kenmerken van het riviersysteem van Rijntakken en Maas, zoals de bodemligging, afvoerverdeling of het ecologisch functioneren. Deze werkhypothesen zijn bedoeld als startpunt van zowel het beleidsvoorbereidend debat in het programma Ruimte voor de Rivier 2.0, als voor nader onderzoek en toetsing in gebiedsuitwerkingen en regionale deelprogramma's van het Deltaprogramma. Juist vanwege het karakter van een startpunt kennen de werkhypothesen geen bestuurlijke besluitvorming en geen juridische vaststelling, het is een informele tussenstap als onderdeel van het onderzoek dat nodig is om tot formele beleidskeuzes te komen.

De werkhypothesen zijn – op basis van de huidige beschikbare kennis - realistisch vanuit het oogpunt van de fysieke werkelijkheid en zijn technisch/fysisch haalbaar. De maatschappelijke en/of politieke wenselijkheid/haalbaarheid is daarbij niet meegenomen en komt aan de orde in de voorbereiding van de beleidskeuzes binnen het programma Ruimte voor de Rivier 2.0.

De werkhypothesen zijn opgesteld in een proces van vier hackaton-sessies met deskundigen met kennis van het riviersysteem en de rivierfuncties. Onderdeel van de aanpak was reflectie bij deskundigen vanuit relevante programma's en projecten, vertegenwoordigers van Rijn en Maas, en deskundigen vanuit de rivierfuncties. Naast werkhypothesen is ook een beschrijving van de riviersystemen voor de Maas en Rijntakken opgenomen.

DG Water en Bodem
Dir.Waterveiligheid, Rivieren en Zee
Waterveiligheid

Datum
8 januari 2025

Onze referentie
IENW/BSK-2025/7543

Niet voor alle rivierkenmerken kon een werkhypothese worden opgesteld. Voor de gewenste afvoercapaciteit van de Rijntakken en de Maas was bijvoorbeeld nog onvoldoende argumentatie om een generieke afweging tussen dijkverhoging en rivierverruiming (buiten en/of binnendijks) te maken. Daarom wordt in het programma Ruimte voor de Rivier 2.0 ingezet op een gebiedsgerichte en trajectspecifieke aanpak waarin knelpunten worden opgelost en kansen voor rivierverruiming worden benut of voor de toekomst gereserveerd.

Werkhypothesen kunnen in de loop van de tijd aangescherpt worden door nader onderzoek of door toetsing van de haalbaarheid in regionale gebiedsuitwerkingen. Het programma Ruimte voor de Rivier zal dit in het werkproces organiseren. Naar verwachting zal in het tweede kwartaal van 2025 een eerste actualisatie plaatsvinden, uiteraard met input van deskundigen vanuit de verschillende rivierfuncties en belanghebbenden.

We hopen dat deze rapportage een startpunt is om te komen tot een toekomstbestendig en robuust Maas- en Rijnsysteem.

Bescherming persoonlijke levenssfeer
Programma Ruimte voor de Rivier 2.0

Werkhypothesen
Ruimte voor de Rivier 2.0

Rijkswaterstaat en DG Water en Bodem

12 december 2024

Contactpersoon

HARM ALBERT ZANTING
Adviseur Plan- en Besluitvorming |
Global Service Director ESA

Bescherming persoonlijke levenssfeer
[redacted]

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland

Inhoudsopgave

1 Inleiding 5

1.1 Programma Ruimte voor de Rivier 2.0 5

1.2 Werkhypothesen Ruimte voor de Rivier 2.0 5

1.3 Leeswijzer 7

2 Het riviersysteem 8

2.1 De Rijntakken 8

2.2 De Maas 12

3 Werkhypothesen Rijntakken 16

3.1 Overzicht van de werkhypothesen 16

3.2 Bodemligging en sedimenthuishouding Rijntakken 18

3.3 Laagwater Rijntakken – afvoerverdeling 20

3.4 Hoogwater Rijntakken – afvoerverdeling 22

3.5 Hoogwater Rijntakken – afvoercapaciteit 25

3.6 Ecologisch functioneren Rijntakken 27

4 Integrale uitwerking werkhypothesen Rijntakken 31

4.1 Meergeulenconcept 32

4.2 Suppleties en stoppen zandwinning 33

4.3 Binnendijkse rivierverruiming waar rivierbed smal is 33

4.4 Werken met natuurlijke rivierprocessen 34

5 Werkhypothesen Maas 35

5.1 Overzicht van de werkhypothesen 35

5.2 Bodemligging en sedimenthuishouding Maas 37

5.3 Laagwaterafvoer Maas 39

5.4 Hoogwater Maas - afvoer- en bergingscapaciteit 41

5.5 Ecologisch functioneren Maas 44

6 Integrale uitwerking werkhypothesen Maas 47

6.1 Meer ruimte voor de natuurlijke processen van de rivier 48

6.2 Initiële verhoging grindlaag Gemeenschappelijke Maas 49

6.3 Sedimentonttrekkingen uit het zomerbed stoppen 49

6.4 Geen nieuwe zomerbedverdiepingen. Huidige zomerbedverdiepingen niet actief onderhouden 49

6.5 Maatregelen bij de vervanging van de stuwen 49

6.6 Hotspot-gebieden verbonden door groenblauwe corridors en stapstenen 49

7 Robuustheidstoets – extreme scenario's 50

7.1 Waal 50

7.2 Nederrijn en Lek 51

7.3 IJssel 52

7.4 Maas 52

Colofon 54

1 Inleiding

1.1 Programma Ruimte voor de Rivier 2.0

Binnen het programma Ruimte voor de Rivier 2.0 (voorheen Integraal Riviermanagement (IRM)) werken het Rijk, provincies, waterschappen en gemeenten de komende decennia aan een toekomstbestendig Maas- en Rijnsysteem, dat als systeem goed functioneert, meervoudig bruikbaar en duurzaam te beheren is. Het doel is een (economisch) aantrekkelijk rivierengebied realiseren dat hoogwaters veilig kan afvoeren, laagwater eerlijk verdeelt, met een goede natuur- en waterkwaliteit, en een betrouwbaar onderdeel van het hoofdvaarwegennetwerk vormt.

Met het Ontwerp Programma Integraal Riviermanagement (OP-IRM) heeft het Rijk besloten om voor het rivierengebied de volgende concrete doelen na te streven:

- Voor rivierbodemligging en sedimenthuishouding: een voldoende stabiele en beheerbare bodemligging van het zomerbed. Een rivierbodemligging die bijdraagt aan herstel van de natuurlijke hydrodynamiek en zorgt voor een goede bevaarbaarheid en waterverdeling over Nederland bij lage rivierafvoeren.
- Voor afvoer- en bergingscapaciteit: voldoende capaciteit om de hogere rivierafvoeren die in de loop van deze eeuw verwacht worden, veilig naar zee af te voeren en om enige bij de rivier passende ruimtelijke en natuurontwikkelingen mogelijk te maken.

De komende jaren wordt in deelbesluiten toegewerkt naar het eindbeeld: een herijkt Programma onder de Omgevingswet met concrete maatregelen in 2029. De eerste stap is besluitvorming in 2026 in het kader van de herijking Deltabeslissingen en voorkeursstrategieën, en daarmee als input voor verankering in het NWP2028-2033. Dit besluit omvat de te hanteren lange termijn afvoeren voor de Rijn en de Maas en voor de Rijntakken ook de afvoerverdeling bij lage en hoge rivierafvoeren. Als tweede prioriteit is door de Stuurgroep RvR 2.0 gevraagd om de binnendijkse ruimteclaim te concretiseren vanwege de samenhang met andere (mogelijk conflicterende) binnendijkse opgave zoals de woning- en landbouwbouwopgave.

Tot medio 2026 wordt gewerkt aan generieke onderzoeken over de Rijntakken en de Maas gericht op de maakbaarheid van de bodemligging en daarmee voor de Rijntakken de door Deltaprogramma Zoetwater nagestreefde afvoerverdeling bij laag water. Daarnaast wordt onderzoek gedaan naar de houdbaarheid van de huidige verdeling bij hoogwater en de eventuele alternatieven voor een verdeling over de Rijntakken. Verder vragen de concretisering van de benodigde ruimte om uitwerking. Dit gebeurt vanuit de concretisering van de beleidskeuze voor de bodemligging in maatregelpakketten en de na te streven afvoerverdeling bij laagwater, de alternatieven voor de afvoerverdeling bij hoogwater, maar ook door een verdere uitwerking van de ruimteclaim vanuit de streefbeelden van PAGW.

In 2024 zal voor zover op dat moment mogelijk worden afgetapt van deze onderzoeken om te komen tot **werkhypothesen** voor gebiedsuitwerkingen in specifieke gebieden en voor het concretiseren van de benodigde (binnendijkse) ruimte. Voorliggend rapport bevat deze werkhypothesen.

1.2 Werkhypothesen Ruimte voor de Rivier 2.0

De werkhypothesen zijn door rivierdeskundigen – op basis van de huidige beschikbare kennis - meest waarschijnlijk geachte voorkeuren voor belangrijke kenmerken van het riviersysteem van Rijntakken en Maas. Ze zijn het startpunt van zowel beleidsvoorbereidend debat, als nader onderzoek en toetsing in gebiedsuitwerkingen kunnen dus nog veranderen in de komende periode.

Bij de toetsing in de gebiedsuitwerkingen wordt vanuit het geheel aan opgaven in het gebied gekeken naar bruikbaarheid en uitvoerbaarheid: welke kansen of perspectieven bieden de werkhypothesen en welke belemmeringen liggen er mogelijk. Ook kunnen de werkhypotheses gebruikt worden om een beeld te vormen van de ruimtelijke impact en of er (aanvullende) binnendijkse ruimte nodig is om alle opgaven en keuzes te faciliteren.

Bij het opstellen van de werkhypotheses is gebruik gemaakt van de huidige kennis en inzichten die zijn vergaard in de afgeronde IRM- en de lopend RvR-onderzoeken. Ook worden de laatste inzichten vanuit KNMI/Delta scenario's meegenomen. De resultaten van de onderzoeken kunnen er in de loop van de tijd toe leiden dat werkhypotheses worden aangescherpt.

Figuur 1 Drie werksporen Programma Ruimte voor de Rivier 2.0

De werkhypothesen kennen geen bestuurlijke besluitvorming en geen juridische vaststelling, het is een informele tussenstap als onderdeel van het onderzoek dat nodig is om tot formele beleidskeuzes te komen.

De werkhypothesen zijn opgesteld in een proces van vier hackaton-sessies met deskundigen met kennis van het riviersysteem en de rivierfuncties. Onderdeel van de aanpak was reflectie bij deskundigen vanuit relevante programma's en projecten, vertegenwoordigers van Rijn en Maas, en deskundigen vanuit de rivierfuncties.

Voor de hackaton-sessies zijn de werkhypothesen gedefinieerd als *'scherp geformuleerde voorkeursbeslissing over de inrichting van het fysieke riviersysteem',* waarmee aan de deskundigen is gevraagd wat hun onderbouwde mening is over de wenselijke systeemkenmerken van de rivieren die nodig zijn om de essentiële rivierfuncties zo goed mogelijk te bedienen.

De werkhypothesen spreken zich uit over onderstaande kenmerken van de rivieren:

- De rivierbodemligging van het zomerbed van de rivieren (Maas en Rijntakken) en de gewenste ontwikkeling daarvan in de komende (tientallen) jaren. Beoogde en mogelijke bandbreedtes voor bodemhoogtes op riviertak of trajectniveau inclusief bijbehorende maatregelen om dat te realiseren.
- De mogelijkheden voor beïnvloeding van de afvoerverdeling over de Rijntakken bij lage afvoeren.
- De beoogde afvoerverdeling over de Rijntakken bij hoge afvoeren, scenario's van verdeling van water over de verschillende riviertakken.
- De benodigde afvoercapaciteit van de riviertakken: wat zijn gegeven de inzichten uit de nieuwe Deltascenario's afvoeren waar we rekening mee moeten gaan houden en met welke systeem- en inrichtingskeuzes kan die ruimte worden geboden. Wat betekent dit voor het samenspel tussen rivierverruiming en dijkversterking.
- Het ecologisch wenselijk functioneren en de daarbij passende inrichting van het riviersysteem.

In dit rapport wordt weergegeven welke werkhypothesen – met de huidige kennis – wenselijk worden geacht door rivierdeskundigen. De werkhypothesen zijn realistisch vanuit het oogpunt van de fysieke werkelijkheid en zijn technisch/fysisch haalbaar. De maatschappelijke en/of politieke wenselijkheid/haalbaarheid is daarbij niet meegenomen en komt aan de orde in de voorbereiding van de beleidskeuzes in de reguliere processen en governance van het programma RvR 2.0.

De werkhypothesen hebben nu als functie om goed doordachte input te zijn voor de onderzoeken en de beleidsontwikkeling die de komende jaren binnen het programma Ruimte voor de Rivier 2.0 gaan plaatsvinden en voor het toetsen in een tweetal gebieden. Daarnaast kunnen de werkhypothesen gebruikt worden binnen diverse deelprogramma's van het Deltaprogramma in het kader van de herijking van de Deltabeslissingen.

1.3 Leeswijzer

In dit eerste hoofdstuk staan de achtergrond van het programma Ruimte voor de Rivier 2.0 en de rol van de werkhypothesen daarin. Ook de manier waarop de werkhypothesen tot stand gekomen zijn. Daarna volgt in hoofdstuk 2 een korte samenvatting van relevante karakteristieken van het rivierensysteem in Nederland.

Vanaf hoofdstuk 3 volgen de werkhypothesen, eerst in hoofdstuk 3 en 4 over de Rijntakken, daarna in hoofdstuk 5 en 6 over de Maas. Steeds worden eerst de losse werkhypothesen zelf beschreven en volgt daarna en hoofdstuk met de uitwerking van de gezamenlijke werkhypothesen op de verschillende delen van de rivieren. Tot slot staat in hoofdstuk 7 nog een beschouwing van de robuustheid van de voorgestelde werkhypothesen als de omstandigheden (scenario’s) toch anders (extremer) zouden zijn dan verondersteld.

Nota bene

De uitwerking van de werkhypothesen is in dit rapport verhalend opgeschreven. De technisch, inhoudelijk onderbouwing is zo veel als mogelijk weggelaten om de leesbaarheid te vergroten en voor een breder publiek toegankelijker te maken. Uiteraard is deze onderbouwing wel beschikbaar en onderdeel van de totstandkoming van de werkhypothesen. Waar mogelijk worden de referenties naar het bronmateriaal vermeld.

2 Het riviersysteem

2.1 De Rijntakken

Een gemengde rivier: bestaande uit smeltwater en regenwater
De Rijn is een gemengde rivier. De Rijn wordt gevoed door regenwater en smeltwater van sneeuw en/of gletsjers. De Rijn ontspringt in de Zwitserse Alpen. Bovenstrooms van Bazel wordt de afvoer vooral bepaald door sneeuwsmelt in de zomer. Benedenstrooms spelen regen en verdamping een belangrijke rol, wat resulteert in hogere afvoeren in de wintermaanden. Door deze combinatie wordt de afvoer van de Rijn gekenmerkt door een regelmatig regiem. De gemiddelde afvoer van de Rijn bij Lobith bedraagt zo'n 2200 m^3/sec. De verwachting is dat klimaatverandering een beperkt effect zal hebben op de gemiddelde afvoer van de Rijn, maar dat de kans op zowel hoog- als laagwater toe zal nemen.

Laagwater- en hoogwaterafvoeren komen vaker voor in de toekomst
Laagwaterafvoeren zullen in de toekomst vaker voorkomen en ook langer duren. Dit geldt voor alle gekozen scenario's binnen KNMI'23 (laag, gemiddeld en hoog scenario). KNMI'23 zijn de meest recente klimaatscenario's en worden toegepast binnen lopende onderzoeken van het Deltaprogramma Zoetwater. Deze scenario's worden ook gehanteerd binnen deze studie voor de laagwaterafvoeren.

De referentie-hoogwaterafvoer met een kans van voorkomen van 1:10.000 per jaar neemt met circa 10 à 15% toe in 2100 ten opzichte van de huidige situatie (van 16.000 naar 18.000 m^3/sec). Hiervoor is het KNMI'06 scenario W+ gebruikt, omdat dit plausibeler wordt geacht dan het KNMI'14 scenario en is toegepast in het WBI2017 (Ontwerpinstrumentarium V4) en eerdere analyses voor het Deltaprogramma Rivieren (DPR). De KNMI'23 scenario's zijn voor de hoge afvoeren nog niet beschikbaar (waarschijnlijk 2025). De werkhypothesen zijn gebaseerd op de afvoeren in 2050 en 2100, genoemd in onderstaande tabel.

Tabel 1 Toename van referentie-afvoer als gevolg van klimaatverandering (klimaatscenario's 2006 en Kennisprogramma Zeespiegelstijging)

Rivier	Frequentie	Nu (m^3/s)	2050 (m^3/s)	2100 (m^3/s)	2200 (m^3/s)
Rijntakken (Lobith)	1:10.000	16.000	17.000	18.000	22.000
Vecht/Zwarte Water	1:300	570	620	670	

Daarnaast wordt in het Kennisprogramma Zeespiegelstijging rekening gehouden met een '*worst case* afvoer' op lange termijn (2200) van 22.000 m^3/s. Dit is de afvoer die het stroomgebied kan genereren als er geen rekening wordt gehouden met aftopping van de afvoer door grootschalige overstromingen in Duitsland. Het is onwaarschijnlijk dat in Duitsland zodanige maatregelen genomen worden dat er helemaal geen aftopping meer plaatsvindt, maar op termijn moet wel rekening gehouden worden met verminderde aftopping vanwege dijkverhoging en/of rivierverruiming in Duitsland. Voor een robuustheidstoets is daarom ook een afvoer van 22.000 m^3/s beschouwd.

Erosie door disbalans tussen transportcapaciteit en sedimentaanbod
Door menselijke ingrepen, met name normalisatie en zand- en grindwinning in het zomerbed, erodeert de rivierbodem over grote trajecten, wat ook leidt tot het dalen van de waterstanden. Deze erosie zal zich in de toekomst voortzetten. Omdat de erosie in de Boven-Waal sneller gaat (orde 2 cm/jaar) dan in het Pannerdensch Kanaal, verschuift de afvoerverdeling, waardoor steeds minder water naar het noorden stroomt en steeds meer naar de Waal.

De erosie ontstaat doordat de rivieren meer zand en grind afvoeren dan het aanbod van sediment vanuit de bovenstroomse rivier. Het aanbod van zand en grind uit de Duitse Niederrhein wordt geschat op circa 400.000 m^3/jaar, maar de afvoer van sediment naar benedenstroomse trajecten is ongeveer 550.000 tot 570.000 m^3/jaar (volume zand en grind inclusief porositeit). De transportcapaciteit van de Rijntakken is dus te groot.

Over het jaar gezien wordt de grootste bijdrage aan de erosie geleverd door de sedimenttransporten tijdens de middenafvoeren (tussen1500 tot 5000 m^3/sec bij Lobith) door hun relatief lange duur (40 tot 60% van het jaar) en kracht. De invloed van hoge piekafvoeren is door hun zeldzaamheid en de relatief korte duur vooral van invloed op lokale sedimentatie- en erosieprocessen. Bijvoorbeeld aanzanding bij instroming naar een uiterwaard.

Ter plaatse van de riviersplitsingen Pannerdensche Kop en IJsselkop wordt de waterverdeling vooral bepaald door de geometrie en hydraulische ruwheid van de afstromende takken (over grote lengtes), terwijl de verdeling van zand en grind vooral samenhangt met de lokale stromingsomstandigheden en bodemsamenstelling net bovenstrooms en ter plaatse van de splitsing. De geometrie en het beheer van deze splitsingen hebben ertoe geleid dat deze in de afgelopen eeuw relatief stabiel zijn gebleven, maar de huidige verschuiving in de afvoerverdeling wijst op een toenemende instabiliteit van het systeem.

Morfologische aanpassingen spelen op een lange tijdschaal. Daarom is het relevant dat de Ruimte-voor-de-Rivier-maatregelen nog maar relatief kortgeleden genomen zijn. Deze zullen ook nog langdurig morfologische gevolgen hebben.

Hoe verdeelt het water zich over de Rijntakken tijdens lage afvoeren?
Bij afvoeren onder de 2700 m^3/sec wordt de afvoerverdeling op de Rijntakken beïnvloed door de stuw bij Driel. Tussen 1670 en 2700 m^3/sec zijn de stuwen gedeeltelijk gesloten en wordt het zogenaamde ‘stuwprogramma 2016’ gevolgd. Onder de 1670 m^3/sec is de stuw bij Driel volledig gesloten en wordt een minimale afvoer naar de Nederrijn van 30 m^3/sec nagestreefd. Die minimumafvoer kan in de praktijk niet altijd worden gehandhaafd, zodat er dan minder dan 30 m^3/sec naar de Nederrijn gaat.

De stuwsturing gebeurt op basis van waterstanden en niet op basis van de rivierafvoer. Door de rivierbodemerosie zijn de waterstanden echter gedaald, waardoor de stuw eerder gesloten wordt dan indertijd (conform de 2e Nota Waterhuishouding) bedoeld. Daardoor gaat er tegenwoordig minder afvoer naar de IJssel dan voorheen.
Ruimte voor de Rivier 2.0 streeft naar het realiseren van die afvoerverdeling bij lage rivierafvoeren die volgens het Deltaprogramma Zoetwater het meest gewenst is vanuit landelijk perspectief. De gewenste afvoer is op dit moment nog niet bekend, wel is aangegeven dat de afvoerverdeling conform de 2e Nota Waterhuishouding) één van de alternatieven kan zijn.

Hoe verdeelt een hoogwater zich over de Rijntakken bij hoge afvoeren?
De geometrie bij de splitsingspunten en de instellingen van de regelwerken bij Pannerdensche Kop en IJsselkop bepalen hoe het water zich verdeelt over de Rijntakken bij hoogwater. Bij hogere afvoeren neemt het aandeel richting de Waal procentueel af. Doordat de Waal relatief krap is, stuwt het water op bij deze hoge(re) afvoeren en wordt meer water richting de IJssel ‘geduwd’.

Tabel 2 Verdeling hoogwater over de Rijntakken

Riviertak	17.000 m^3/s	18.000 m^3/s	20.000 m^3/s
Waal	58%	58%	55%
Nederrijn	21%	21%	21%
IJssel	22%	22%	24%

Ook meer stroomafwaarts zijn er verschillen in afvoercapaciteit tussen de drie Rijntakken, die zich manifesteren in verschillende ''robuustheid', uitgedrukt als Qh-relatie (verhouding tussen het debiet en de optredende waterhoogte) bij toenemende rivierafvoer. Daarin zien we dat:
- De Waal (bovenstrooms) relatief krap is over de hele lengte, vooral stroomafwaarts van St. Andries (en daar als het ware ‘hyperventileert’’).
- De Lek ook krap is, maar de Nederrijn meer stroomopwaarts niet (gemiddeld).
- Dat de IJssel het ruimst is, maar met knelpunten/ flessenhalzen (N317/ Doesburg, Zutphen, Deventer, Zwolle).

In onderstaande tabel zijn de te verwachten debieten op de verschillende Rijntakken nog eens samengevat, met een afvoerververdeling "Lek ontzien” zoals vastgelegd in de PKB-Ruimte voor de Rivier. Deze debieten moeten veilig kunnen worden afgevoerd.

Tabel 3 Te verwachten debieten Rijntakken

Rivier	Frequentie	Nu m^3/sec	2050 m^3/s	2100 m^3/s	2200 (KPZSS) m^3/s
Rijn totaal	1:10.000	16.000	17.000	18.000	22.000
Waal		10.165	10.965	11.775*	
Nederrijn-Lek		3.375	3.375	3.375	
IJssel		2.460	2.660*	2.860*	
Vecht/Zwarte Water	1:300	570	620	670	

** Bij het huidige beleid: verdeling van het surplus 80/20 over Waal/IJssel*

Door klimaatverandering nemen de hoge afvoeren toe. Dat heeft onderstaande gevolgen.

- Waterstandsverhoging met 20 à 40 cm tot 2050 en 40 à 80 cm tot 2100 bij dezelfde kans van voorkomen.
- Zeespiegelstijging leidt tot extra waterstandsverhoging in benedenrivierengebied. De mate waarin hangt af van nog te maken systeemkeuzes. Naar verwachting zijn effecten pas na 2050 significant en zijn deze groter in de Rijn-Maasmonding dan in de IJssel-Vechtdelta (vanwege het open karakter van de RMM en aanwezigheid van een grotere buffer in de vorm van het IJsselmeer).
- Voor de Rijntakken geldt dat waterstandsverhoging na 2050 mede afhangt af van nog te maken keuzes over afvoerverdeling bij hoogwater.
- Waterstandsverhoging leidt tot toename van de wateroverlast buitendijks en in de aansluitende regionale systemen én tot toename van gevolgen bij een overstroming (en daarmee tot een toename van het risico).

Tabel 4 waterstandverhogingen Rijntakken

Riviertak	Door klimaatverandering tot 2050 cm	Door klimaatverandering tot 2100 cm
Waal	40*	80*
Nederrijn-Lek	0	0
IJssel	25*	50*
Vecht/Zwarte Water	20	40

** Bij het huidige beleid: verdeling van het surplus 80/20 over Waal/IJssel*

In de PlanMER IRM is ook rekening gehouden met waterstandsverhoging vanwege overige opgaven die gecompenseerd moet worden.

- Waterkwaliteit/natuur: 5 – 25 cm.
- Bodemverhoging van het zomerbed: maximaal 5 cm (afhankelijk van keuze over de bodemligging.
- Systeemwerking Maas: circa 5 cm.
- Buitendijkse versterking: 2 cm.
- Beheerruimte: 1 – 5 cm.
- Gebiedsontwikkeling: 1 à 2 cm (vanwege Water en Bodem Sturend niet meer opportuun).

In verhouding tot de opgave die voortvloeit uit klimaatverandering zijn dit allemaal relatief kleine opgaven. En zou kunnen worden geëist dat deze volledig worden gecompenseerd met rivierverruiming (zoals in huidig beleid verankerd).

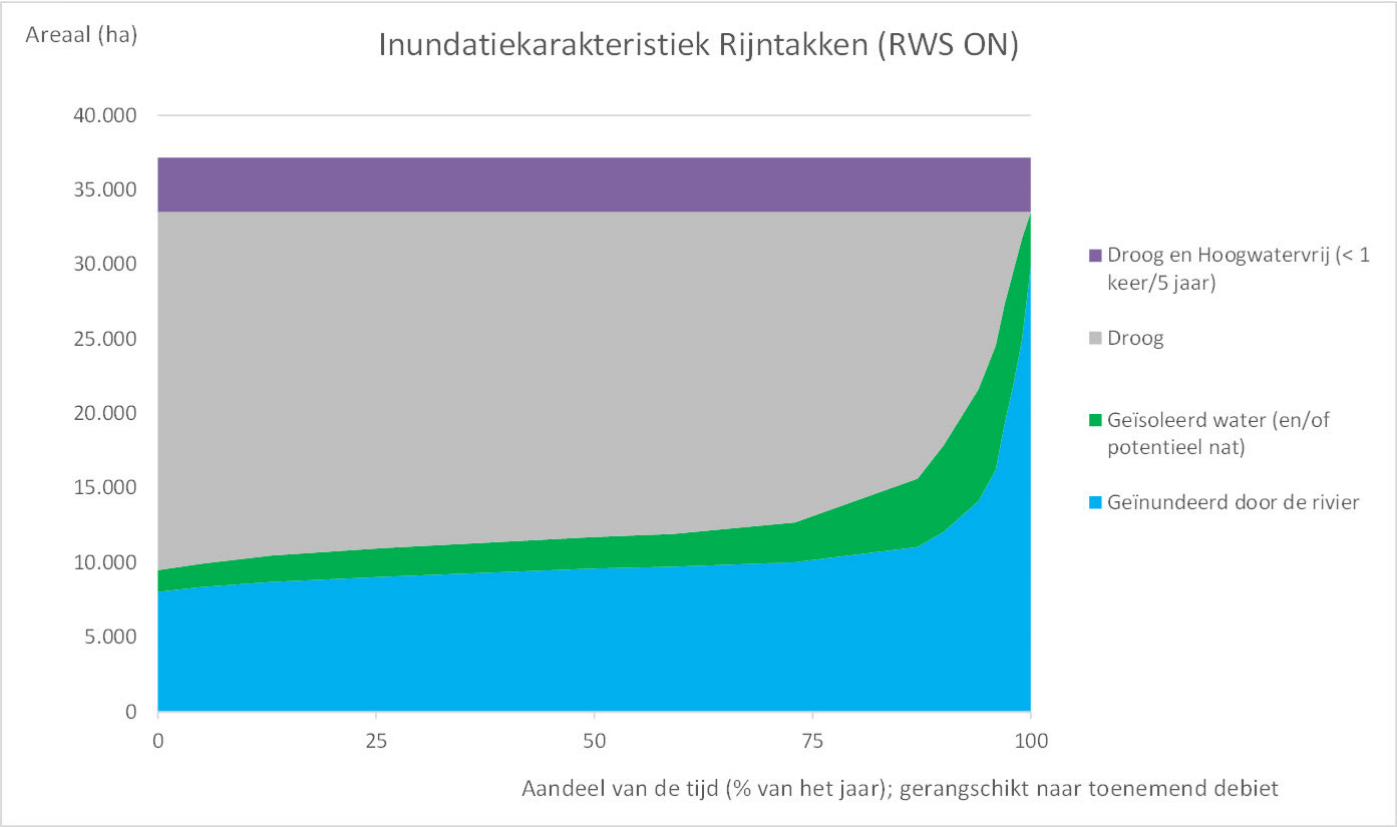
Ecologisch functioneren rivier algemeen
In natuurlijke riviersystemen is er veel dynamiek in de tijd en diversiteit in de ruimte met betrekking tot hydrologie, hydraulica en morfologie. De rivier bouwt als het ware het landschap. Nederland is als delta van de Rijn en Maas dan ook in belangrijke mate gevormd door de sedimentatie- en erosieprocessen van de rivieren. De afzetting bij hoogwater van klei met organisch materiaal in de overstromingsvlakten heeft gezorgd voor vruchtbare komgronden langs de rivieren. De hoger opgeworpen zandige oeverwallen waren belangrijk om veilig te kunnen wonen.

De grote ruimtelijke variatie in dynamiek van deze processen in de tijd, op verschillende schaalniveaus, heeft ons rivierenlandschap gevormd, met als resultaat een mozaïek aan verschillende leefgebieden waar een grote variatie aan planten- en diersoorten kan voorkomen, boven en onder water. Maar deze kenmerkende riviernatuur heeft die dynamiek in waterstanden, sedimentatie en erosie wel nodig om voort te bestaan.

Een natuurlijke rivier functioneert ook als transportas tussen gebieden, waarlangs soorten (zoals vissen en kleinere dieren, waterplanten) en organisch materiaal (bijvoorbeeld afgestorven plantendelen) zich kunnen verspreiden. Dwars op de rivier vormen beekmondingen de verbinding met regionale watersystemen, en is het grondwater de onzichtbare verbinding met het achterland.

Specifiek ecologisch functioneren Rijntakken
Door menselijk ingrijpen is het riviersysteem in de Rijntakken drastisch veranderd. Kribben, zomerdijken, stuwen en sluizen hebben het natuurlijk functioneren van de Rijn sterk beperkt. De huidige inrichting is als het ware een knellend keurslijf, waarin geen ruimte voor dynamiek is, en waarin de uiterwaarden losgekoppeld zijn van de hoofdstroom. Hierdoor zijn specifieke leefgebieden verdwenen en daaropvolgend de karakteristieke riviersoorten en bijbehorende natuurwaarden.

De zomerdijken hebben ervoor gezorgd dat de uiterwaarden en hoofdstroom van de rivier zijn losgekoppeld. Dit heeft geleid tot een onnatuurlijke relatie tussen afvoer en overstromingsregime van de uiterwaarden, waarbij de afvoer heel lang in de hoofdstroom blijft passen (tussen de zomerdijken), en de uiterwaarden pas bij hoge afvoeren overstromen (zie Figuur 2). De zomerbederosie heeft daarbovenop geleid tot sterke verdroging van de uiterwaarden (Van Geest, 2020).



Figuur 2 Inundatiekarakteristiek Rijntakken (RWS ON)

Door het intensieve gebruik van het hele stroomgebied en lozingen in de rivier voldoet de chemische waterkwaliteit niet aan de Europese normen die vanuit de Kaderrichtlijn Water worden gesteld. De chemische waterkwaliteit valt formeel buiten IRM, maar is wel een essentiële randvoorwaarde voor het goed ecologisch functioneren van de Rijn. En in tijden van laag water, zeker als dat gepaardgaat met hoge temperaturen, wordt het effect van de vervuiling op de ecologische waterkwaliteit steeds groter. Ook andere functies ondervinden de gevolgen hiervan, met name de drinkwaterbereiding.

De Rijntakken hebben elk ook hun eigen meer specifieke ecologische kenmerken. De Waal is een vrij afstromende rivier met sterke natuurlijke morfodynamiek. De natuurlijke verbinding met het achterland zijn veelal verdwenen door concentratie van de stroming in een hoofdgeul, waardoor een tekort aan stroomluwe plekken is. De intensieve scheepvaart is ook belangrijk knelpunt voor ecologisch functioneren in de hoofdstroom. De Nederrijn-Lek is in grote delen van het jaar een gestuwd systeem, daarmee is er vooral potentie voor laag-dynamische natuur. De verbinding met achterland Veluwe en Utrechtste Heuvelrug is waardevol. De IJssel is een vrij afstromende rivier met grotendeels in stortsteen vastgelegde en reatief hoge uiterwaarden in een 'gestold' maar zeer waardevol reliëf. Er is veel potentie voor uitbreiding van de natuur, waarbij de verbinding met het achterland Veluwe en Sallandse Heuvelrug waardevol is.

2.2 De Maas

Gestuwde regenrivier
De Maas is een regenrivier. Dat betekent dat het afvoerpatroon van de rivier in de ruimte en in de tijd sterk samenhangt met het neerslagpatroon boven het stroomgebied. Door het jaar heen leidt dit veelal tot een zeer grillig en onvoorspelbaar afvoerpatroon. Hoge en lage rivierafvoeren kunnen zich in zeer korte tijd voordoen. Het in het stroomgebied aanwezige reliëf en de aanwezige ondergrond leiden ertoe dat een groot deel van de gevallen neerslag relatief snel tot afstroming komt, zeker wanneer er sprake is van een (sterk) verzadigde uitgangssituatie.

Vanaf het begin van de 20^{e} eeuw is de Maas steeds meer aangepast om zo optimaal mogelijk de scheepvaart te accommoderen. De meest in het oog springende elementen zijn de stuwen. De Maas bevat zeven stuwen in Nederland en is daarmee grotendeels een gestuwde rivier. Ook in het buitenland is de Maas grotendeels gestuwd. In de gestuwde trajecten regelen de stuwen het grootste deel van het jaar de waterstand. Vooral in de benedenstroomse delen van de stuwpanden stroomt het water dan niet of nauwelijks bij lage afvoeren. Hierdoor is er in deze trajecten niet of nauwelijks dynamiek, zowel hydrodynamiek (geen uitwisseling met uiterwaarden), als morfodynamiek (geen stroomsnelheid voor transport van sediment). Het natuurlijke sterk dynamische karakter van een regenrivier ontbreekt in deze gestuwde trajecten volledig en dit is ook terug te zien in effecten op de ecologische waterkwaliteit en natuur.

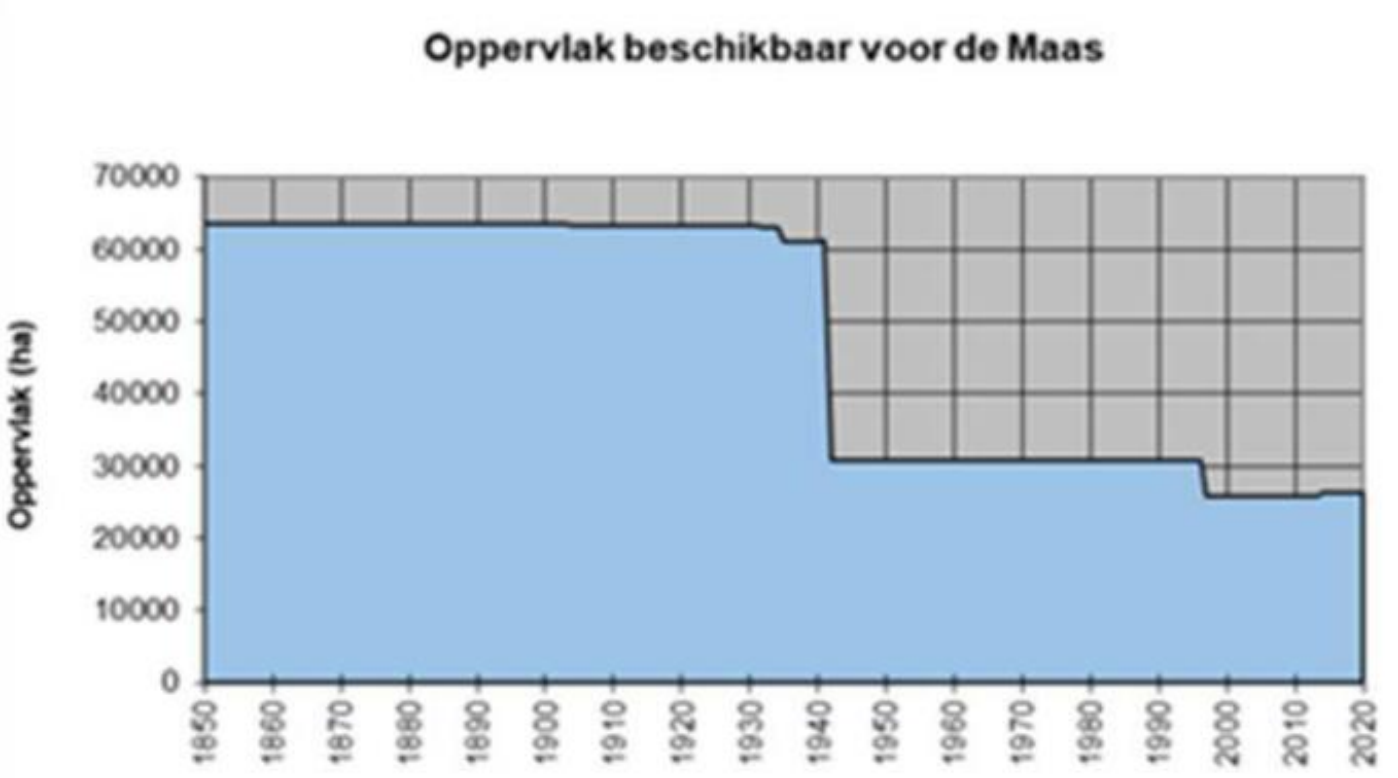
Twee vrij afstromende trajecten: Gemeenschappelijke Maas en Getijdenmaas
Er zijn twee vrij afstromende trajecten in de Maas: de Gemeenschappelijke Maas en de Getijdenmaas (stroomafwaarts van stuw Lith). De Gemeenschappelijke Maas is één van de vier aangewezen hotspots binnen de PAGW. Hotspot-gebieden zijn grootschalige natuurgebieden in het rivierensysteem die cruciaal zijn voor het behoud en de ontwikkeling van de ecologische waterkwaliteit en kenmerkende natuur.

De Gemeenschappelijke Maas is een grotendeels vrij afstromende rivier, grotendeels niet bevaarbaar. Doorgaande scheepvaart passeert dit stuk van de rivier via het Julianakanaal. Mede als gevolg van eerdere ingrepen in de rivier ondervindt de Gemeenschappelijke Maas een aantal problemen: het rivierbed bevat een aantal flessenhalzen waar zeer hoge stroomsnelheden optreden bij hoogwater. Deze hoge stroomsnelheden kunnen in combinatie met een erosiegevoelige ondergrond leiden tot ongewenste erosie, zoals bij het hoogwater in 2021 is opgetreden. Een ander ongewenst fenomeen zijn de plotselinge onnatuurlijke grote variaties in afvoeren als gevolg van het stuwbeheer in België (zogenaamde *hydropeaking*). Dit heeft met name negatieve gevolgen voor de kwaliteit van belangrijke habitats.

De Getijdenmaas begint direct stroomafwaarts van de stuw bij Lith en is een vrij afstromende rivier die nog enkele decimeters getijde kent door de open verbinding met de zee via de delta. Het meest benedenstroomse deel van de Maas was ooit onderdeel van een grote rivierdelta met daarin de mondingen van de grote Nederlandse rivieren. Met name door menselijk ingrijpen is de delta sterk veranderd en het oorspronkelijke karakter is nagenoeg verdwenen.

Maasvallei belangrijk voor topvervlakking
Topvervlakking is het verschijnsel dat een afvoergolf, terwijl deze zich in stroomafwaartse richting voortplant, steeds verder afvlakt en vertraagt omdat een deel van de rivierafvoer tijdelijk wordt opgeslagen in het winterbed (bergingscapaciteit). De piekafvoer neemt daardoor af en waterstanden in de benedenloop van de rivier worden lager dan in de situatie zonder topvervlakking. Het belang van topvervlakking in de Maasvallei bleek onder meer tijdens het hoogwater van juli 2021. Op de Grensmaas was sprake van waterstanden met een geschatte overschrijdingskans van 1:200 per jaar. Bij Venlo was dat afgenomen tot een kans van 1:50 per jaar en op de Bedijkte Maas tot 1:10 per jaar. Op dit moment bestaat de Maasvallei uit een aaneenschakeling van overstromingsvlakten, plassen en dijkringen die allemaal op een ander moment overstromen en onder andere omstandigheden (piekafvoeren en golfvormen) instromen. Dit zorgt voor een robuust systeem dat zorgt voor topvervlakking en zo bijdraagt aan lagere waterstanden op de bedijkte Maas.

De rivier heeft veel ruimte verloren
De ruimte voor het bergen en afvoeren van hoogwater van de Maas is de afgelopen eeuw fors afgenomen door menselijke ingrepen als bedijkingen en het afsluiten van overlaten. Figuur 3 laat dit forse verlies zien, met een beperkte aanwinst vanaf 2010 door rivierverruiming vanuit het programma Maaswerken. Niet zichtbaar in de figuur is dat in de toekomst het rivierbed in de Maasvallei verder versmald wordt als gevolg van dijkverhogingen om in 2050 te voldoen aan de nieuwe waterveiligheidsnormen. Het ruimteverlies heeft gevolgen voor de waterveiligheid: in een smaller rivierbed lopen hoogwaterstanden hoger op en is er minder waterberging mogelijk. Ook heeft het gevolgen voor de riviernatuur. Kenmerkende riviernatuur heeft aanzienlijk minder ruimte waardoor populaties minder robuust zijn.



Figuur 3 Oppervlakte beschikbaar voor hoogwater op de Maas over de tijd. Bron: Klijn, F., N. Asselman, W. Silva & K. Stone (2002). Ruimteverlies van Rijn en Maas verkend. Het Waterschap 2002/13: 590-601; en Klijn, F., 2019. Gezocht: een rivierloods. Om de toekomst van onze rivieren. Intreerede TU Delft, 30 januari 2019

Sedimentaanvoer van zand en grind is zeer beperkt
De sedimentaanvoer van zand en grind in de Maas is zeer beperkt. Dit komt onder andere door de twee grote stuwen gelegen in België (Stuw Lixhe en Stuw Monsin). Deze twee stuwen reguleren waterstanden en stroomsnelheden tot zeer hoge afvoeren (circa 1:100 jaar afvoeren). Hierdoor is de stroomsnelheid in de Maas bovenstrooms van deze stuwen veelal te laag om zand en grind te kunnen transporteren richting Nederland.

Welke laagwaterafvoeren gaan zich voordoen op de Maas?
Laagwaterafvoeren zullen in de toekomst vaker voorkomen en ook langer duren. Dit geldt voor alle gekozen scenario's binnen KNMI'23 (laag, gemiddeld en hoog scenario). KNMI'23 is het gehanteerde KNMI-scenario binnen het Deltaprogramma Zoetwater. Dit scenario wordt ook gehanteerd binnen deze studie.

Uit de Maas wordt continu water onttrokken ten behoeve van voeding van het Albertkanaal, de Zuid-Willemsvaart en het Julianakanaal (voor scheepvaart) en voor de drinkwatervoorziening. In droge perioden was deze onttrekking in het verleden zo groot dat er amper water overbleef voor de Grensmaas.

Om hier verbetering in te brengen is tussen Vlaanderen en Nederland het Maasafvoerverdrag afgesproken, dat in 1995 in werking getreden is. Dit verdrag regelt de verdeling van water tussen Vlaanderen en Nederland en tussen Maas en kanalen bij lage Maasafvoeren (debiet kleiner dan 130 m^3/s). Het uitgangspunt hierbij is een gelijk gebruik van water voor de economische doeleinden van beide landen en de gezamenlijke verantwoordelijkheid voor de Gemeenschappelijk Maas. Het doel is om zo lang mogelijk een minimum afvoer van 10 m^3/s te garanderen ten behoeve van ecologie, wat in de huidige situatie al niet altijd meer lukt. Bij een te lage wateraanvoer, dienen zowel Vlaanderen als Nederland hun watergebruik te beperken, bijvoorbeeld door het terugpompen van het schutverlies.

Welke hoogwaterafvoeren en verhoging van waterstanden gaan zich voordoen op de Maas?
De hoogwaterafvoeren nemen, bij gelijkblijvende herhalingstijd, met ongeveer 20% toe in 2100 ten opzichte van de huidige situatie. Hiervoor is het KNMI'06 scenario W+ gebruikt, omdat deze wordt toegepast in het WBI2017 (Ontwerpinstrumentarium V4) en eerdere analyses voor het Deltaprogramma Rivieren (DPR). De KNMI'23 scenario's zijn voor de hoge afvoeren nog niet beschikbaar (waarschijnlijk begin 2025).

Tabel 5 Toename van referentie-afvoer als gevolg van klimaatverandering (klimaatscenario's KNMI'06 W+)

Rivier	Frequentie	Nu (m^3/s)	2050 (m^3/s)	2100 (m^3/s)
Maasvallei	1:100	3.200	3.500	3.800
Bedijkte Maas	1:3.000	4.100	4.500	4.900

Deze toename van de hoogwaterafvoer leidt (zonder aanvullende maatregelen) tot hogere hoogwaterstanden op de Maas. Dit zijn de gevolgen van toename van afvoer door klimaatverandering (indicatief).

Tabel 6 Waterstandverhogingen Maas

Riviertak	Door klimaatverandering tot 2050 (cm)	Door klimaatverandering tot 2100 (cm)
Maasvallei	20	40
Bedijkte Maas	40	80

In de PlanMER IRM is ook rekening gehouden met waterstandsverhoging vanwege overige ontwikkelingswensen die ruimte innemen, zoals die voor natuur, bodemligging of gebiedsontwikkeling. Dit zijn:
- Waterkwaliteit/natuur: 5 – 25 cm.
- Systeemwerking Maas: circa 5 cm.
- Buitendijkse versterking: 2 cm.
- Beheerruimte: 1 – 5 cm.
- Gebiedsontwikkeling: 1 à 2 cm (vanwege Water en Bodem Sturend niet meer opportuun).

In verhouding tot de waterstandsverhoging die voortvloeit uit klimaatverandering betreft het allemaal relatief kleine opgaven.

Ecologisch functioneren rivier algemeen
In natuurlijke riviersystemen is er veel dynamiek in tijd en ruimte met betrekking tot hydrologie, hydraulica en morfologie. De rivier bouwt als het ware het landschap. Nederland is als delta van de Rijn en Maas dan ook in belangrijke mate gevormd door de sedimentatie- en erosieprocessen van deze rivieren. Het bij hoog water afzetten van klei met organisch materiaal in de overstromingsvlakten heeft gezorgd voor vruchtbare komgronden langs de rivieren. De hoger opgeworpen zandige oeverwallen waren belangrijk om veilig te kunnen wonen.

De grote variatie in dynamiek van deze processen, op verschillende schaalniveaus in ruimte en tijd, heeft ons rivierenlandschap gevormd, met een mozaïek aan verschillende leefgebieden waar een grote variatie aan planten- en diersoorten kan voorkomen, boven en onder water. Omgekeerd heeft deze kenmerkende riviernatuur dynamiek in waterstanden, sedimentatie en erosie nodig om voort te bestaan.

Een natuurlijke rivier functioneert ook als transportas tussen gebieden, waarlangs soorten (zoals vissen en kleinere dieren, waterplanten) en organisch materiaal (bijvoorbeeld afgestorven plantendelen) zich kunnen verspreiden. Dwars op de rivier vormen beekmondingen de zichtbare verbinding met het regionale watersysteem, en is het grondwater de onzichtbare verbinding met het achterland.

Een rivier vormt zo een bron van leven voor mens en natuur. Als bron van zoetwater, drinkwater, visserij, zwemwater en recreatie, en als transportas.

Ecologisch functioneren Maas staat onder druk
In de eerste decennia van de 20^{e} eeuw zijn er voor het eerst op zeer grote schaal normalisatie en kanalisatie werken uitgevoerd in het rivierbed van de Maas. Daar is de basis gelegd voor de huidige inrichting van de Maas. Een van de (vele) consequenties van deze werken was een sterke afname van de inundatiefrequentie van uiterwaarden. In eerste instantie met name langs de Getijdenmaas en de Bedijkte Maas, maar later ook langs andere delen van de Maas. De natuur op de uiterwaarden heeft daardoor weinig verbinding met de rivier en de kwaliteit van de habitats is sterk achteruitgegaan. Daarbij worden de meeste uiterwaarden nu agrarisch gebruikt. Op de gestuwde Maas ontbreekt, doordat er gestuurd wordt op een constant waterpeil, eveneens de voor de ecologie gewenste hydro- en morfodynamiek.

In het gestuwde deel zijn karakteristieke stroomminnende soorten verdwenen. Bovendien kan de watertemperatuur in gestuwde delen sneller oplopen en ontstaan sneller problemen zoals zuurstofgebrek en (blauw)algenbloei. In de vrij afstromende rivierdelen leiden lagere afvoeren in de (vroege) zomer en een ruimer dwarsprofiel tot lagere stroomsnelheden. Karakteristieke stroomminnende soorten hebben het daar moeilijk (Reeze et al., 2020).

De ecologische waterkwaliteit en natuur is op dit moment niet op orde. Wettelijke doelen van de KRW en Natura 2000 worden niet gehaald. Er is urgentie om via systeemherstel hieraan bij te dragen om dit op te lossen. Daarnaast moeten er afspraken gemaakt worden over de chemische waterkwaliteit omdat er nog te veel lozingen en uitspoeling vanaf landbouwgrond zijn.

Meer specifieke ecologische kenmerken per Maastraject staan bijvoorbeeld in de watersysteemrapportage Maas (Reeze et al., 2020). De karakteristieken van de Maas – die ook de ecologische kenmerken sterk bepalen - veranderen sterk van de grens met België naar zee. De Bovenmaas tot aan de sluis bij Lanaye is niet alluviaal en stroomt over een kalksteen bodem. De Gemeenschappelijke Maas (Grensmaas) kent een groot verhang en de rivierbodem bestaat uit grind. De Gestuwde Maas stroomt eerst door het Maasplassen gebied met brede uiterwaarden en diepe winplassen, daarna stroomt zij door een relatief smal dal met terrassen, waar de bodem uit zand bestaat. In dit gebied zijn de grondwater gevoede nevengeulen ecologisch waardevol. Daarna loopt de Maas het Maasdal uit en wordt de Bedijkte Maas met bredere uiterwaarden en steeds wat minder verhang. Veel verbindingen tussen zomer- en winterbed (oude meanders en geulen) zijn verloren gegaan en bieden kansen voor herstel. Nog wat verder komt de Maas onder invloed van het getij (ongeveer 30 cm) met nevengeulen en hoogwatergeulen. De Bergsche Maas is een gegraven deel van de Maas en heeft meer het karakter van een kanaal.

3 Werkhypothesen Rijntakken

3.1 Overzicht van de werkhypothesen

In deze paragraaf zijn de werkhypothesen voor de Rijntakken opgesomd. De uitwerking staat in de volgende paragrafen van dit hoofdstuk.

De werkhypothesen zijn stellend geformuleerd. Het zijn de door rivierdeskundigen – op basis van de huidige beschikbare kennis - meest waarschijnlijk geachte voorkeuren voor belangrijke kenmerken van het riviersysteem. Ze zijn het startpunt van zowel beleidsvoorbereidend debat, als nader onderzoek en toetsing in gebiedsuitwerkingen en kunnen dus nog veranderen in de komende periode.

Bodemligging en sedimenthuishouding Rijntakken

Werkhypothese bodemligging en sedimenthuishouding Rijntakken

De bodemligging op de Bovenrijn, Waalbochten en Midden-Waal, Pannerdensch Kanaal en de Boven IJssel wordt gehandhaafd op of teruggebracht naar het niveau van de bodempeiling van 2018.

Dit wordt bereikt door:

- Zoveel mogelijk de erosieve kracht uit het systeem te halen. Daartoe wordt de rivier ingericht met een meergeulenconcept op de eroderende trajecten.
- Dit te combineren met suppleties en gericht baggeren met terugstorten en.
- Het stoppen van sedimentwinning uit het zomerbed.

In de overgangsfase naar de aanleg van het meergeulenconcept wordt de bodemligging gehandhaafd met extra suppleties.

Laagwater Rijntakken - afvoerverdeling

Werkhypothese afvoerverdeling Rijntakken bij laagwater

De laagwaterafvoerverdeling kan worden beïnvloed zodat er bij een Bovenrijnafvoer groter of gelijk aan 1300 m^3/s minimaal 285m^3/s naar de IJssel gaat. Dat draagt bij aan het beter blijven functioneren van het IJsselmeer als zoetwaterbuffer.

Dit wordt bereikt – uitgaande van de rivierbodemligging van 2018 – door het zomerbed van de Waal vanaf de Pannerdensche Kop tot aan Zaltbommel te versmallen met maximaal 30 m en eventueel lokaal te verhogen. Dit leidt tot hogere laagwaterstanden op de Waal. Dit wordt gecombineerd met een verbreding van de hoofdgeul op de Boven-IJssel of een laagwater bypass bij de IJsselkop. Met deze combinatie van ingrepen wordt bovendien het regelbereik van de stuw Driel bij lage afvoeren vergroot. Dit vergroot ook het handelingsperspectief voor sturing van afvoer richting het westen van Nederland.

Hoogwater Rijntakken – afvoerverdeling

Werkhypothese afvoerverdeling Rijntakken bij hoogwater

Als door klimaatverandering de referentie-hoogwaterafvoer die via de Rijn Nederland binnenkomt toeneemt van 16.000 m^3/s naar 17.000 m^3/s of zelfs 18.000 m^3/s, dan zal het surplus (respectievelijk 1000 m^3/s en 2000 m^3/s) worden verdeeld over Waal en IJssel in een verhouding die ligt tussen 80:20 en 50:50. Het huidige beleid om de Lek te ontzien blijft gehandhaafd (geen deel van het surplus boven 16.000 m^3/s over de Nederrijn/Lek).

Alle verdelingen vergen rivierverruiming van de Waal en/of het Pannerdensch Kanaal en de IJssel.

De uiteindelijke keuze voor de maatschappelijk meest gewenste hoogwaterafvoerverdeling zal mede gebaseerd moeten worden op de mogelijkheden hoogwaters over de volle lengte van de rivieren veilig naar zee af te voeren, dus ook de situatie meer stroomafwaarts (van de splitsingspunten tot aan zee).

Hoogwater Rijntakken - afvoercapaciteit

Werkhypothese afvoercapaciteit bij hoogwater Rijntakken

De Rijntakken worden zodanig ingericht dat een Bovenrijnafvoer van 18.000 m^3/s kan worden afgevoerd, waarbij het surplus boven 16.000 m^3/s wordt verdeeld over de IJssel en Waal. Op de lange termijn is er een voorkeur voor een inrichting waarbij de rivier bij hoge afvoeren zoveel ruimte heeft dat het debiet zo gelijkmatig mogelijk wordt afgevoerd zonder lokale opstuwing. Op korte termijn is een strategie met dijkverhogingen weliswaar het meest kosteneffectief, maar dijkverhoging is niet overal mogelijk (bijvoorbeeld in steden) en dit leidt op de langere termijn tot lock-ins of lock-outs (verruiming wordt onmogelijk door bebouwing).

Er is nu onvoldoende argumentatie om een generieke afweging tussen dijkverhoging en rivierverruiming (buiten en/of binnendijks) te maken. Daarom wordt ingezet op een gebiedsgerichte en trajectspecifieke aanpak waarin knelpunten worden opgelost en kansen voor rivierverruiming worden benut of voor de toekomst gereserveerd. Uiteindelijk vraagt dat een gerichte ruimtelijke strategie.

Belangrijke principes bij de gebiedsgerichte aanpak:

- Omdat in de verdere toekomst rekening gehouden moet worden met geringere aftopping van de hoogwaterafvoer in Duitsland, wordt bij knelpunten robuust ingegrepen, zodat er niet opnieuw een knelpunt ontstaat als de referentieafvoer toeneemt tot boven 18.000 m^3/s. Bij het oplossen van knelpunten (lokale versmallingen of smalle trajecten) ligt de voorkeur bij het verruimen van de rivier. Buitendijkse verruiming waar dat mogelijk is en binnendijkse verruiming (of reservering) waar buitendijks geen ruimte is. De inrichting dient te passen bij het DNA van de rivier en dient bij voorkeur meerdere doelen. Nieuwe zomerbedverdiepingen zijn uitgesloten.
- Ingrepen die leiden tot een kortere dijklengte, een compartimenterende werking hebben en/of de meerlaagsveiligheid versterken hebben de voorkeur.

Ecologisch functioneren Rijntakken

Werkhypothese ecologisch functioneren Rijntakken

Ruimte voor de rivier maakt gebruik van het ecologisch systeem voor het behalen van de RvR-doelen. Natuurlijke processen krijgen meer ruimte, zodat het ecologisch functioneren verbetert, en planten en dieren voldoende leefgebied krijgen. Verbindingen in en om de rivier worden verbeterd in alle dimensies.

Strategie: Alle Ruimte voor de Rivier 2.0 ingrepen worden zo ontworpen dat ze optimaal passen in en bijdragen aan de versterking van het aanwezige landschapsecologische systeem. Bij iedere RvR ingreep laten we het gebied ecologisch beter achter.

Dit wordt bereikt door:

- Meer ruimte voor natuurlijke processen: hydrodynamiek, morfodynamiek, fysieke en mentale ruimte voor onzekerheid, met meer ruimte voor successie en cyclische verjonging.
- Realiseren grotere natuurarealen in de hotspots (Gelderse Poort, IJssel-Vechtdelta, Biesbosch Rijn-Maasmonding), onderling verbonden door groenblauwe corridors en stapstenen.
- Verbindingen verbeteren in het riviersysteem in alle dimensies.
  - Lateraal – binnendijks/buitendijks, winterbed/zomerbed, beekmonding/rivier.
  - Longitudinaal – vrije transportas voor organismen en organisch materiaal.
  - Verticaal - grondwater/kwelstromen binnendijks-buitendijks.

3.2 Bodemligging en sedimenthuishouding Rijntakken

Werkhypothese

Bodemerosie werkt door in de rivierwaterstanden. Het verder dalen van de rivierwaterstanden zorgt voor daling van de grondwaterstanden (buiten- en binnendijks) met verdroging tot gevolg. Lagere rivierwaterstanden betekent ook dat er problemen kunnen ontstaan met wateraanvoer naar regionale watersystemen. Enerzijds doordat gemalen op andere waterstanden zijn ontworpen en anderzijds door toename in wegzijging. Verder worden nautische knelpunten verergerd door de lagere rivierwaterstanden.

In het ontwerpprogramma IRM is gekozen voor het stabiliseren van de rivierbodemligging vanwege knelpunten voor de scheepvaart, verdroging van natuur en landbouwgrond, etc.

De werkhypothese is:

Werkhypothese bodemligging en sedimenthuishouding Rijntakken

De bodemligging op de Bovenrijn, Waalbochten en Midden-Waal, Pannerdensch Kanaal en de Boven IJssel wordt gehandhaafd op of teruggebracht naar het niveau van de bodempeiling van 2018.

Dit wordt bereikt door:

- Zoveel mogelijk de erosieve kracht uit het systeem te halen. Daartoe wordt de rivier ingericht met een meergeulenconcept op de eroderende trajecten.
- Dit te combineren met suppleties en gericht baggeren met terugstorten en.
- Het stoppen van sedimentwinning uit het zomerbed.

In de overgangsfase naar de aanleg van het meergeulenconcept wordt de bodemligging gehandhaafd met extra suppleties.

Overwegingen en onderbouwing

Om voortschrijdende rivierbodemerosie te stoppen of mogelijk zelfs de rivierbodem te laten stijgen kan gewerkt worden met twee basisprincipes: oorzaken bestrijden of symptoom bestrijden. Bij het bestrijden van de oorzaken is het belangrijk om de erosiekrachten uit het systeem te halen. Dit is mogelijk door een afname van de stroomsnelheden in het zomerbed te realiseren. Daarnaast dient gestopt te worden met onttrekken van zand en grind uit het zomerbed in de eroderende trajecten. Bij symptoombestrijding gaat het over het aanvullen van het tekort aan sediment door middel van suppleties. Het verloren sediment wordt periodiek kunstmatig aangevuld. In eerste instantie dient dit aangevulde materiaal zoveel mogelijk overeen te komen met het aanwezige sediment. Echter, er kan ook vergroving van de rivierbedding worden gerealiseerd om de bodem meer erosieresistent te maken. Daarbij veranderen wel de karakteristieken van de rivierbodem. Of dit gewenst is vergt nadere studie.

Voor morfologische processen is het bereik van de middenafvoeren (1500-5000 m^3/s) bepalend. In dit bereik vinden aanpassingen aan de rivierbodemligging plaats. Het meergeulenconcept zorgt voor een afname van stroomsnelheden in het zomerbed bij de middenafvoeren door verruiming van het rivierdoorstroomprofiel. Bij het meergeulenconcept worden extra geulen naast het zomerbed gecreëerd die bij midden- en hoge afvoeren meestromen. Dit kan met verschillende varianten worden gerealiseerd, bijvoorbeeld met een langsdammenvariant (zoals bij Tiel is aangelegd) of met nevengeulen in de uiterwaarden. Om het gewenste systeemeffect te bereiken is het noodzakelijk het meergeulenconcept over de gehele lengte over het traject van de Pannerdensche Kop tot circa Zaltbommel toe te passen, zonder onderbrekingen. Naar verwachting zal de maatregel ook nodig zijn op de Bovenrijn en Pannerdensche Kanaal/Boven-IJssel.

De dimensionering van de meerdere stroomgeulen is niet uniform over het gehele riviertraject. Stroomafwaarts moet de grootte van het doorstroomprofiel van de stroomgeulen geleidelijk toenemen omdat de transportcapaciteit van het zomerbed toeneemt door de veranderende sedimentsamenstelling (minder grind en grof zand en meer fijner zand). Een fijnere sedimentfractie levert een groter sedimenttransport op bij gelijke afvoerniveaus. Er moet daarom in de meer benedenstroomse delen meer afvoer onttrokken worden in de stroomgeulen om de sedimenttransportgradiënt zo stabiel mogelijk te krijgen (en te houden).

Maatregelen om invulling te geven aan oorzaakbestrijding hebben tijd nodig om hun effect te hebben. Realisatie hiervan kost tientallen jaren. In de tussenliggende periode kunnen we de erosie compenseren door middel van suppleties, via actief sedimentmanagement. Ook na aanleg van de maatregelen heeft de rivier tijd nodig om het gewenste effect te bereiken, wat met suppleties kan worden versneld.

Om ook op korte termijn invulling te geven aan het vasthouden van de huidige rivierbodemligging stellen we voor om zo snel mogelijk te starten met de suppleties en om de nijpende probleemlocaties (zoals de vaste laag bij Nijmegen) aan te pakken.

Consequenties voor het riviersysteem

De aanleg van stroomgeulen – oevergeulen of nevengeulen die bij midden- en hoge afvoeren meestromen - maakt het mogelijk om het zomerbed te versmallen. Daardoor worden de waterstanden bij laagwater hoger, hetgeen helpt bij het sturen van de afvoerverdeling van lage debieten en gunstig is voor de waterdiepte. De nevengeulen geven mogelijkheden voor extra verruiming die leidt tot waterstandsdaling bij hoge afvoeren.

Extra aandacht is nodig bij de verdeling van water en sediment op de riviersplitsingen Pannerdensche Kop en IJsselkop. Dit geldt zowel voor laag als hoogwater, ook vanwege invloed op stabiliteit van de riviersplitsing op lange termijn.

Op het gebied van het ecologisch functioneren van de rivier is de aanleg van de oevergeulen en nevengeulen positief. De ecologie is gebaat bij hogere laagwaterstanden. Het geeft meer variatie in dynamiek in het systeem, als belangrijke parameters voor het ecologisch functioneren. De connectiviteit wordt verbeterd door grootschalige aanleg van deze stroomgeulen. Tenslotte is het scheiden van de functies scheepvaart en natuur ook gunstig voor beiden Het meergeulenconcept in de Bovenrijn en Waal past bij het natuurlijke karakter van deze riviertakken (het "DNA” van de rivier).

Het meergeulenconcept kan als adaptief worden beschouwd want het biedt de mogelijkheid de stroming door de geulen af en toe bij te stellen met behulp van aanpasbare overlaten (bij de instroming) en de dimensies van de geulen.

De werkhypothese kiest voor het behouden of herstellen van de bodemligging zoals gepeild in 2018. Verder verhogen van de bodemligging naar een niveau uit het verleden op de Rijntakken achten we op dit moment niet haalbaar. Daarvoor is een zeer grote eenmalige suppletie nodig (10 tot 24 miljoen m^3 zand en grind). Beschikbaarheid van sediment en de technische uitvoerbaarheid met bestaand materieel en bestaande methoden is een probleem. Na aanleg van een 'herstelde’ bodemligging zal vervolgens jaarlijks tussen de 150.000 en 200.000 m^3 zand en grind nodig zijn om dit niveau te handhaven, of zal er alsnog een meer uitgebreid meergeulenconcept moeten worden ingezet.

Onderzoeken

Lopende onderzoeken

- Uitwerking systeemmaatregelen rivierbodemligging Rijntakken: Hierin wordt de effectiviteit van systeemmaatregelen in beeld gebracht via een uitwerking in onderscheidende maatregelpakketten. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen grootschalige suppleties en de aanleg van een meergeulenconcept. Het meergeulenconcept wordt in verschillende vormen geïmplementeerd, met een fasering in de tijd en een verschillende uitwerking over de verschillende Riviertakken.
- Analyse vaarweg Rijn grensregio (RWS & WSV) waarbij maatregelen worden onderzocht om de rivierbodemligging te stabiliseren in het grensregio gebied en dus ook op de Bovenrijn. Dit bestaat uit verruiming met het meergeulenconcept, aanpassen van kribben en suppleties. Dit levert aanvullende informatie op boven op bovengenoemde studie.

Ontbrekende kennis, nodig voor onderbouwing

- Nog onduidelijk is wat de beste volgorde is voor de realisatie van de maatregelen. Bijvoorbeeld: wat zijn de consequenties als je i.p.v. benedenstrooms juist bovenstrooms begint met de aanleg van het meergeulenconcept. Dit kan een manier zijn om het meest eroderende traject op te kunnen pakken en herstel van de afvoerverdeling te bewerkstelligen op kortere termijn. Een vraag is: ontstaan er dan niet juist ongewenste erosie-effecten op de Waalbochten?
- Begrijpen we het morfologisch gedrag in het splitsingspuntengebied nu wel goed genoeg en zit het juist in de morfologische modellen?

3.3 Laagwater Rijntakken – afvoerverdeling

Werkhypothese

Het doel van het Deltaprogramma Zoetwater is een robuuste zoetwaterbeschikbaarheid te realiseren in periodes van droogte en lage afvoeren, waarbij het systeem kan voorzien in de watervraag tijdens een droogte die in 2050 gemiddeld eens per 20 jaar voorkomt volgens het Stoomscenario. Deze ambitie wordt op dit moment niet behaald voor het IJsselmeergebied als zoetwaterbuffer. Eén van de bouwstenen voor een toekomstbestendig IJsselmeergebied is dat er tijdens lage afvoeren meer afvoer door de IJssel gaat.

De werkhypothese is.

Werkhypothese afvoerverdeling Rijntakken bij laagwater

De laagwaterafvoerverdeling kan worden beïnvloed zodat er bij een Bovenrijnafvoer groter of gelijk aan 1300 m^3/s minimaal 285m^3/s naar de IJssel gaat. Dat draagt bij aan het beter blijven functioneren van het IJsselmeer als zoetwaterbuffer.

Dit wordt bereikt – uitgaande van de rivierbodemligging van 2018 – door het zomerbed van de Waal vanaf de Pannerdensche Kop tot aan Zaltbommel te versmallen met maximaal 30 m en eventueel lokaal te verhogen. Dit leidt tot hogere laagwaterstanden op de Waal. Dit wordt gecombineerd met een verbreding van de hoofdgeul op de Boven-IJssel of een laagwater bypass bij de IJsselkop. Met deze combinatie van ingrepen wordt bovendien het regelbereik van de stuw Driel bij lage afvoeren vergroot. Dit vergroot ook het handelingsperspectief voor sturing van afvoer richting het westen van Nederland.

Overwegingen en onderbouwing

De werkhypothese gaat uit van een gewenste afvoerverdeling van minimaal 285 m^3/s naar de IJssel en minimaal 30 m^3/s naar de Nederrijn bij een afvoer van 1300 m^3/s op de Bovenrijn. Dat betekent dat in vergelijking met de huidige (2024) afvoerverdeling er bij 1300 m^3/s ongeveer 55 m^3/sec extra afvoer naar de IJssel en dus minder naar de Waal zal moeten gaan. De werkhypothese bereikt deze ambitie door ingrepen in het zomerbed, waardoor het waarschijnlijk is dat dit ook impact heeft op afvoeren lager dan 1300 m^3/s.

Grootschalige versmalling op de Waal en verbreding van de Boven IJssel
De IJsselafvoer kan worden vergroot door de waterstanden op de Waal te verhogen, zodat er meer water naar Pannerdensch Kanaal wordt gestuwd. De waterstanden op de Waalbochten kunnen worden verhoogd door het doorstroomprofiel op de Waalbochten te verkleinen, bijvoorbeeld door de bodem van het zomerbed op te hogen en/of door het zomerbed te versmallen.

Onderzocht is in welke mate de afvoerverdeling verschuift wanneer het zomerbed met 30 of 50 m wordt versmald. Uit deze eerste indicatieve berekeningen blijkt dat het onvoldoende is om alleen de Waalbochten te versmallen. Zelfs bij een versmalling met 50 m over een lengte van 50 km vanaf het splitsingspunt gaat er bij een afvoer van 1300 m^3/s te Lobith nog steeds 11 m^3/s te weinig naar de IJssel. Daarom is aanvullend verbreding van de Boven IJssel noodzakelijk.

Een verdere versmalling dan 30 m lijkt niet wenselijk omdat dit naar verwachting negatieve gevolgen zal hebben voor de morfologie en voor de bevaarbaarheid van de Waal. De indicatieve berekeningen laten zien dat de combinatie van 30 m vernauwing van de Waal over 50 km, samen met 15 m verbreding van de Boven IJssel de gewenste verdeling (55 m^3/s extra IJssel-afvoer) lijkt op te leveren.

De verbreding van het zomerbed op de Boven IJssel hoeft geen uniforme verbreding te zijn. Door bijvoorbeeld bij de extreem lage afvoeren niet te verbreden, maar wel op afvoerniveaus rond bijvoorbeeld 1300 m^3/s zou er differentiatie in de verandering van de afvoer kunnen plaatsvinden.

De versmalling op de Waal kan worden uitgevoerd met behulp van het meergeulenconcept. Deze maatregel komen goed overeen met de maatregelen die nodig zijn voor de werkhypothese bodemerosie. Ook levert het concept ecologische meerwaarde op en een vergroting van de afvoercapaciteit bij hoogwater.

Mogelijke aanvullende maatregelen
Wanneer de versmalling over een kortere afstand dan 50 km worden uitgevoerd zijn aanvullende maatregelen nodig. Denk daarbij aan het beperkt ophogen van het zomerbed van de Waal, het opvullen van erosiekuilen op de Waal, of het maken van een laagwater bypass bij de IJsselkop (bijvoorbeeld een meestromende nevengeul door de Groene Rivier bij de Hondsbroeksche Pleij). Deze laatste ingreep heeft als bijkomend voordeel dat enige sturing mogelijk is door het kunstwerk gedeeltelijk af te sluiten of door de instroming te regelen naar de nevengeul te regelen. Deze maatregelen worden de komende maanden in meer detail verkend.

Stuwregime Driel
Bij lage afvoeren staat de stuw Driel dicht en wordt er vast 30 m^3/s via de Nederrijn afgevoerd. Als er meer water naar de IJssel wordt gestuurd door voorgestelde maatregelen en de stuw dicht is, zal de minimale afvoer van 285 m^3/s op de IJssel bij een lagere afvoer op de Bovenrijn voorkomen. Vanaf het moment dat de minimale afvoer van 285 m^3/s op de IJssel is bereikt, kan er (bij verder toenemende afvoeren) worden gestart met actieve stuwsturing zolang de minimale IJsselafvoer maar gehandhaafd blijft. Omdat de gewenste IJsselafvoer bij een lagere Bovenrijn afvoer voorkomt, wordt dus het stuwbereik vergroot. Daarnaast vergroten ook de mogelijkheden voor situationeel sturen van de afvoeren. Door het openen van de stuw bij Driel kan er indien gewenst meer water via Nederrijn-Lek naar de Rijn-Maasmonding (RMM) worden gestuurd. Meer afvoer naar de IJssel kan in de huidige situatie niet met stuwsturing worden bereikt.

Consequenties voor het riviersysteem

Een toename van de IJsselafvoer betekent een afname in de Waalafvoer. Uitgaande van de 55 m^3/s bij 1300 m^3/s op de Boven-Rijn gaat het om een vermindering van 5% van de Waalafvoer.

De afname van de Waalafvoer is potentieel nadelig voor de bevaarbaarheid van de Waal. Echter, omdat deze afvoerverschuiving wordt gerealiseerd met een versmalling van de Waal, worden de waterstanden verhoogd en compenseert de ingreep de afvoerdaling door een grotere waterdiepte. De versmalling past ook binnen de normen voor de breedte van de vaarweg. Er is dan geen effect op de bevaarbaarheid op het traject waar de versmallingsmaatregel wordt uitgevoerd. Benedenstrooms van de versmalling zal de waterdiepte echter wel afnemen, maar dit is zeer beperkt wanneer de versmalling zal plaatsvinden over een afstand van 50 km. Daar begint het overgangsgebied en wordt de waterstand ook sterk beïnvloed door de zeewaterstand. Het is wel een aandachtspunt bij de herinrichting van de Waal.

De impact van de afname in Waalafvoer voor de benedenstroomse Rijn-Maasmonding (RMM) moet goed inzichtelijk gemaakt worden. In een eerdere exercitie voor de effectbepaling van het IRM-nulalternatief is wel gesteld dat het effect op verzilting van een andere afvoerverdeling verwaarloosbaar klein is en de impact van klimaatverandering en een vergrote watervraag dominant is voor West-Nederland (Asselman et al., 2022).

Een toename van de IJsselafvoer zorgt in principe voor een hogere waterstand, wat gunstig is voor waterdiepte en daarmee de bevaarbaarheid van de IJssel. Wel zorgt een eventuele zomerbedverbreding in de Boven-IJssel voor een waterstandsverlaging, maar deze kan mogelijk deels worden gecompenseerd wanneer er geen uniforme verbreding wordt toegepast. Benedenstrooms nemen de waterstanden bij laagwater alleen maar toe.

De versmalling van het (laagwater)zomerbed van de Waalbochten moet worden gecombineerd met de aanleg van het meergeulensysteem dat ook voor de beperking van de bodemerosie nodig is. Deze meergeuleninrichting van de rivier biedt ook goede kansen voor het verbeteren van de riviernatuur. Ook de doorwerking van de hogere rivierwaterstand op hogere grondwaterstanden is goed voor de natuur.

Verruiming van de Boven IJssel en/of het maken van een bypass kan ook bijdragen aan een eventuele bijgestelde afvoerverdeling bij hoogwater, waarbij meer water via de IJssel wordt afgevoerd.

Onderzoeken

Lopende onderzoeken

- De werkhypothese is opgesteld op basis van eerdere onderzoeken en resultaten van de 1D-gevoeligheidsanalyse binnen het lopende onderzoek voor maakbaarheid laagwaterafvoerverdeling.
- Momenteel loopt er een 2D-studie naar de effectiviteit van individuele maatregelen voor inschatting van de effecten op iets meer detailvorm. Deze opdracht zal worden afgesloten door een effectinschatting van een maatregelpakket welke ook wordt bestudeerd in het onderzoek van bodemligging, aangevuld of aangepast ten behoeve van laagwaterafvoerverdeling o.b.v. opgedane kennis.

Ontbrekende kennis, nodig voor onderbouwing

- Impact/effectbeoordeling van het totaalplaatje van de bedachte maatregelen uit de verschillende BOA-onderzoeken: wat betekenen de keuzes voor laagwater, bodemligging en hoogwaterveiligheid voor elkaar op het vlak van hydro- en morfodynamiek.
- Uitgangspunt is de bodemligging 2018:
  - In hoeverre moet er toch nog rekening worden gehouden met een verdere verschuiving en heeft dat invloed op de maakbaarheid?
  - Met welke onzekerheden (bv. modelnauwkeurigheid) moet er rekening gehouden worden?
  - Wat is impact van aanpak nautische knelpunten op de Waal op afvoerverdeling en kan dit zonder verschuiving worden uitgevoerd?
- Bij een versmalling van 30 m blijven de huidige afspraken voor de vaargeulbreedte in stand. In de toekomst zullen echter vaker lagere afvoeren voorkomen waardoor de waterdiepte beperkend wordt. Door meer te versmallen zou er extra waterstandsverhoging en daarmee extra waterdiepte gecreëerd worden. Wat is de gewenste balans voor scheepvaart met klimaatverandering in het achterhoofd voor de verhouding vaargeulbreedte en waterdiepte?
- De consequenties voor Rijn-Maasmonding (RMM): de beheerder maakt zich zorgen over zoutindringing (vaker KWA aan?) en mogelijk ook ecologische impact (vaker sluiten van kier noodzakelijk?). Verdere onderbouwing vanuit DPZW over een gewenste afvoerverdeling zijn nodig. Daarbij ook meer inzicht wat er bij lagere afvoeren dan 1300 m3/s wenselijk is.
- Welke afvoerverdeling moet er worden nagestreefd voor het afvoerbereik van actieve stuwsturing?

3.4 Hoogwater Rijntakken – afvoerverdeling

Werkhypothese

Door klimaatverandering zal de frequentie waarmee hoge afvoeren voorkomen toenemen. De Rijnafvoer wordt momenteel ‘afgetopt’ doordat bij hoge afvoeren in Duitsland grootschalige overstromingen plaatsvinden die ervoor zorgen dat de maximaal Rijnafvoer circa 18.000 m^3/s bedraagt. De ‘hoogwaterreferentieafvoer’ met een kans van voorkomen van 1:10.000 per jaar zal naar verwachting toenemen van 16.000 m^3/s nu tot 17.000 m^3/s rond het jaar 2050 en tot 18.000 m^3/s rond het jaar 2100. Zonder ingrepen zal het overgrote deel van de extra afvoer via de Waal gaan stromen. De (potentiële) afvoercapaciteit van de Waal is daarvoor onvoldoende.

De werkhypothese gaat er vanuit dat Duitsland geen maatregelen gaat nemen om frequentere overstromingen te voorkomen, door rivierverruiming of dijkverhoging. Zou dit wel gebeuren dan kunnen deze referentie-afvoeren nog hoger worden, tot 20.000 of 22.000 m^3/s. Daar wordt vooralsnog niet op geanticipeerd.

De werkhypothese is.

Werkhypothese afvoerverdeling Rijntakken bij hoogwater

Als door klimaatverandering de referentie-hoogwaterafvoer die via de Rijn Nederland binnenkomt toeneemt van 16.000 m^3/s naar 17.000 m^3/s of zelfs 18.000 m^3/s, dan zal het surplus (respectievelijk 1000 m^3/s en 2000 m^3/s) worden verdeeld over Waal en IJssel in een verhouding die ligt tussen 80:20 en 50:50. Het huidige beleid om de Lek te ontzien blijft gehandhaafd (geen deel van het surplus boven 16.000 m^3/s over de Nederrijn/Lek).

Alle verdelingen vergen rivierverruiming van de Waal en/of het Pannerdensch Kanaal en de IJssel.

De uiteindelijke keuze voor de maatschappelijk meest gewenste hoogwaterafvoerverdeling zal mede gebaseerd moeten worden op de mogelijkheden hoogwaters over de volle lengte van de rivieren veilig naar zee af te voeren, dus ook de situatie meer stroomafwaarts (van de splitsingspunten tot aan zee).

Overwegingen en onderbouwing

Surplus (boven 16.000 m³/s) over Waal en IJssel afvoeren
Om 80:20 te realiseren moet het Pannerdensch Kanaal nog sterker worden afgeknepen door het regelwerk dicht te zetten. Dat zal opstuwing van de waterstanden tot gevolg hebben, die tot ver in Duitsland merkbaar zullen zijn. Om dit te voorkomen moet het traject Waalbochten fors verruimd worden. Ook worden de verschillen tussen de verhanglijnen van de Waal en IJssel niet kleiner, maar eerder groter. En is de Waal tussen Tiel en Werkendam heel lastig te verruimen, waardoor bij dijkverhoging het hoogteverschil tussen rivierwaterstand en maaiveld binnendijks nog verder toeneemt.

Een verdeling van 50:50 daarentegen betekent 20% respectievelijk 40% extra afvoer op de IJssel (bij 17.000 en 18.000 m³/s referentieafvoer) ten opzichte van wat de IJssel nu kan verwerken. Het winterbed van de IJssel is wel ongeveer even breed als dat van de Waal.

Lopend onderzoek kijkt naar verschillende verdelingen van het surplus, met als extremen 100% van het surplus naar de Waal of 100% van het surplus naar de IJssel. De conclusie is dat de grenzen van 'maakbaarheid' liggen bij 80:20 en 50:50.

Uit kostenvergelijking (dijkversterking, overstromingsrisico) komt geen voorkeur voor een bepaalde afvoerverdeling naar voren (Asselman et al., 2019), ook niet bij rivierverruiming (Van der Most, 2000). De voorkeur voor een bepaalde verdeling tussen Waal en IJssel moet daarom komen uit andere argumenten. De crux voor de afweging zit meer stroomafwaarts. Enkele overwegingen:
- De Waal is relatief krap (en lastig te verruimen), de IJssel is veel ruimer (afgezien van enkele flessenhalzen).
- Het (berekend) hoogtetekort van de dijken is langs de Waal groter dan langs de IJssel.
- Iedere 100 m³/s extra op de Waal betekent 5 cm hogere waterstanden. Op de IJssel is dat 8 à 10 cm.
- Het IJsselmeer is veel (ongeveer 3x) groter dan het Noordelijk Deltabekken en kent een veel kortere dijklengte, maar kan momenteel slechter met peilstijging omgaan.

Criteria voor 'maatschappelijk meest gewenste verdeling'
De werkhypothese hoogwaterafvoerverdeling Rijntakken geeft nog geen uitsluitsel welke verdeling van het surplus-debiet boven de 16.000 m³/s de voorkeur verdient. Alle verdelingen binnen de range 80:20 tot 50:50 zijn maakbaar. De afweging van deze keuze zal moeten worden gebaseerd op criteria rond effecten en consequenties benedenstrooms van het splitsingspuntengebied. De onderstaande beoordelings-/ afwegingscriteria zijn dan relevant.
- **Lengte** van de Rijntak naar zee, c.q. verhang (meest logische weg naar zee).
- **Gevaarlijkheid** van de riviertak, zoals af te leiden uit het hoogteverschil tussen de hoogwaterstand op de rivier en het maaiveld binnendijks en de hoeveelheid water in de rivier. Dit criterium is afzonderlijk relevant, ten eerste omdat hogere hoogwaterstanden non-lineair kunnen doorwerken in de gevolgen van een eventuele overstroming (Klijn et al., 2018) en ten tweede omdat toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen de kwetsbaarheid van het achterland onbedoeld kunnen doen toenemen.
- **Robuustheid**, hetgeen verwijst naar het 'ademgedrag' (de Qh-relatie) van de verschillende riviertakken in respons op afwijkende of hogere rivierafvoeren (gevoeligheid voor onzekerheden).
- **Kwetsbaarheid** van de **aan de riviertak grenzende** dijkringgebieden, zowel vanuit potentiële schade als slachtoffers (rekening houdend met evacueerbaarheid). Zowel in de huidige situatie als in mogelijk toekomstige situaties als gevolg van demografische en economische ontwikkelingen.
- **Kombergingscapaciteit** van het **ontvangende water**, hetgeen weer consequenties heeft voor de gevaarlijkheid van de betreffende grote wateren.
- **Kwetsbaarheid** van de **aan het ontvangende water grenzende** dijkringgebieden, zowel vanuit potentiële schade als slachtoffers (rekening houdend met evacueerbaarheid).
- **Mogelijkheden** (moeilijkheidsgraad) om de afvoercapaciteit van de gehele riviertak met de vereiste hoeveelheid te vergroten met hetzij rivierverruiming hetzij dijkverhoging of een combinatie van die beide (zie werkhypothese afvoercapaciteit).
- En – als directe tegenhanger – **meekoppelkansen** daarbij, in de vorm van bijvoorbeeld natuurontwikkeling of integrale gebiedsontwikkeling, in lijn met de ambities van IRM om meerdere doelen te dienen.
- Het **voorkomen van extra opstuwing** door de noodzaak de verdeelwerken dicht te zetten en de flessenhalzen op de splitsingspunten nog verder te vernauwen – in plaats van te verruimen.

- En, samenhangend met het laatste punt: de wens de mate van uiteenlopen van de verhanglijnen in het splitsingspuntengebied te verkleinen, om de hoogwaterverdeling **minder kwetsbaar** te maken voor ontwikkelingen in het rivierbed of afwijkingen in de instelling van het verdeelwerk of partieel falen: **kleinere gevoeligheid voor onzekerheden** (safe-fail in plaats van fail-safe).
- Tenslotte is voor de verantwoordelijk beheerder (Rijkswaterstaat) ook de maakbaarheid/beheerbaarheid en **uitbreidbaarheid** van de oplossingsrichting als geheel (en de technische maatregelen afzonderlijk) relevant. Maar aangezien IRM streeft naar een 'duurzaam goed functionerend riviersysteem dat zo z'n diensten voor de maatschappij kan vervullen' zou dat geborgd moeten zijn in de voorselectie van te overwegen interventies; wat daar strijdig mee is, zou bij voorbaat moeten afvallen.

Deze criteria maken dat een groter percentage van het surplus naar de IJssel dan de nu in de PKB voorgestelde 20% wenselijker is, en een verdeling met eerder 30 à 40% over de IJssel dus waarschijnlijker. Waarschijnlijker dan een groter percentage (dan 80%) over de Waal.:

Lek ontzien nog steeds gewenst
Onderstaand de redenen om de Lek te ontzien. Ze zijn gerelateerd aan de hierboven genoemde criteria (naar ENW en Systeembeschouwing IRM).
- De Nederrijn-Lek is de langste Rijntak met het geringste verhang richting zee: een onlogische afvoerroute.
- De Nederrijn-Lek stroomt langs de meest kwetsbare dijkringen van het rivierengebied (waaronder Centraal Holland).
- Rivierverruiming van de Nederrijn-Lek is zeer lastig/vrijwel onmogelijk, door de fysisch-geografische gesteldheid, met name die van de Lek: zeer smalle uiterwaarden, dijken langs gebieden in dikke veenpakketten.
- Dijkverzwaring langs de Lek is eveneens zeer lastig door de fysische eigenschappen van de ondergrond (dikke veenpakketten zorgen voor relatieve instabiliteit van de dijken) en de dichte (lint)bebouwing. Dijkverzwaring stroomafwaarts van stuw Hagestein is toch al noodzakelijk in verband met de zeespiegelstijging. Een nog zwaardere belasting door hogere rivierafvoeren is ongewenst.
- Het smalle winterbed maakt de Lek weinig robuust ('ademgedrag'), hetgeen sneller leidt tot gevaarlijk hoge waterstanden bij kwetsbare dijkringgebieden (Alblasserwaard, Krimpenerwaard, Centraal Holland).
- De Lek mondt uit in het relatief kleine Noordelijk Deltabekken, waar de tijdelijke opslagcapaciteit gedurende een sluiting van de stormvloedkeringen relatief beperkt is. Dit geldt ook voor de Waal.
- De Lek mondt ook nog eens direct uit in de Nieuwe Maas, middenin Rotterdam; en kan daar niet of alleen met zeer ingrijpende aanpassingen langs/ buitenom geleid worden (Anonymus, 2012).

Dit zijn redenen om de Lek te willen ontzien, terwijl er vrijwel geen redenen zijn op het eerder besluit daarover terug te komen. Hoewel de nieuwe risico gebaseerde normen voor hoogwaterbescherming daar wel voor worden genoemd. Maar bij de dijkverzwaringen langs de Lek in het kader van HWBP is het afgelopen decennium al wel uitgegaan van Lek ontzien. Dus aan dat uitgangspunt tornen heeft ook risico in zich dat daar sneller op zou moeten worden teruggekomen.

Consequenties voor het riviersysteem

De morfologische stabiliteit in het splitsingspuntengebied is een belangrijk aandachtspunt. Er worden geen significante effecten verwacht, want het gaat om zeldzame hoge hoogwaters en morfologische ontwikkelingen treden vooral op bij frequentere middelhoge afvoeren. Wel is het belangrijk om bij de keuze van de rivierverruimende maatregelen die ook een verruiming opleveren bij lagere hoogwaters en middenafvoeren na te gaan of de morfologie nadelig wordt beïnvloed.

De keuze voor een bepaalde verdeling van het surplus-debiet over de Waal en de IJssel is bepalend voor de vraag welke afvoercapaciteit deze rivieren zullen moeten hebben en krijgen. Daarvoor is de werkhypothese Afvoercapaciteit Rijntakken opgesteld.

Er is synergie mogelijk met maatregelen voor het afremmen van de bodemerosie, en laagwaterafvoerverdeling (door Hondsbroekse Pleij te verruimen met meestromende nevengeul met klepduiker).

Onderzoeken

Lopende onderzoeken

- BOA-onderzoek loopt naar de maakbaarheid van de afvoerverdeling in het splitsingspuntengebied en effecten en consequenties van mogelijke verdelingen. Dat betreft echter niet de volledige beoordeling welke afvoerverdeling wenselijk is, vanuit het oogpunt van maximaal (en praktisch) te realiseren afvoercapaciteit van Waal en IJssel.

Ontbrekende kennis, nodig voor onderbouwing

- Het vaststellen van de maximaal te realiseren afvoercapaciteit ('spankracht') van Waal en IJssel met verschillende soorten maatregelen/maatregelpakketten: buitendijks, binnendijks, en/of met beperkingen (niet bij ...).
- Het vaststellen van de implicaties van verschillende hoogwaterafvoerverdelingen voor de Rijn-Maasmonding en het IJsselmeergebied.

3.5 Hoogwater Rijntakken – afvoercapaciteit

Werkhypothese

Zoals al duidelijk gemaakt bij de werkhypothese hoogwaterafvoerverdeling Rijntakken neemt de hoogwaterreferentie afvoer met kans van voorkomen van circa 1:10.000 per jaar toe tot 17.000 m^3/s in 2050 en 18.000 m^3/s in 2100. Het riviersysteem moet zo worden ingericht dat dit water veilig (volgens de wettelijke normen) moet kunnen worden afgevoerd naar zee. De keuze over de verdeling van het surplus boven de 16.000 m^3/s over Waal en IJssel is bepalend voor de afvoercapaciteit van de verschillende riviertakken.

Het stroomgebied van de Rijn kan een afvoer genereren van maximaal 22.000 m^3/s. Deze afvoer kan nu Nederland niet bereiken, omdat er sprake is van aftopping door grootschalige overstromingen in Duitsland. We moeten er rekening mee houden dat Duitsland in de toekomst grootschalige maatregelen zal nemen om de overstromingsrisico's te reduceren. Het is dan ook noodzakelijk om het rivierengebied zo in te richten en voldoende ruimte te reserveren zodat in de toekomst een grotere hoeveelheid water veilig kan worden afgevoerd. Dat vergt dat lock-out's of lock-in's door verdere insnoering van de rivieren moet worden voorkomen, met name rond (veelal stedelijke) knelpunten in het rivierbed en ter plaatse van relatief smalle riviertrajecten langs de Waal en IJssel.

De werkhypothese is.

Werkhypothese afvoercapaciteit bij hoogwater Rijntakken

De Rijntakken worden zodanig ingericht dat een Bovenrijnafvoer van 18.000 m^3/s kan worden afgevoerd, waarbij het surplus boven 16.000 m^3/s wordt verdeeld over de IJssel en Waal. Op de lange termijn is er een voorkeur voor een inrichting waarbij de rivier bij hoge afvoeren zoveel ruimte heeft dat het debiet zo gelijkmatig mogelijk wordt afgevoerd zonder lokale opstuwing. Op korte termijn is een strategie met dijkverhogingen weliswaar het meest kosteneffectief, maar dijkverhoging is niet overal mogelijk (bijvoorbeeld in steden) en dit leidt op de langere termijn tot lock-ins of lock-outs (verruiming wordt onmogelijk door bebouwing).

Er is nu onvoldoende argumentatie om een generieke afweging tussen dijkverhoging en rivierverruiming (buiten en/of binnendijks) te maken. Daarom wordt ingezet op een gebiedsgerichte en trajectspecifieke aanpak waarin knelpunten worden opgelost en kansen voor rivierverruiming worden benut of voor de toekomst gereserveerd. Uiteindelijk vraagt dat een gerichte ruimtelijke strategie.

Belangrijke principes bij de gebiedsgerichte aanpak:

- Omdat in de verdere toekomst rekening gehouden moet worden met geringere aftopping van de hoogwaterafvoer in Duitsland, wordt bij knelpunten robuust ingegrepen, zodat er niet opnieuw een knelpunt ontstaat als de referentieafvoer toeneemt tot boven 18.000 m^3/s. Bij het oplossen van knelpunten (lokale versmallingen of smalle trajecten) ligt de voorkeur bij het verruimen van de rivier. Buitendijkse verruiming waar dat mogelijk is en binnendijkse verruiming (of reservering) waar buitendijks geen ruimte is. De inrichting dient te passen bij het DNA van de rivier en dient bij voorkeur meerdere doelen. Nieuwe zomerbedverdiepingen zijn uitgesloten.
- Ingrepen die leiden tot een kortere dijklengte, een compartimenterende werking hebben en/of de meerlaagsveiligheid versterken hebben de voorkeur.

In hoofdstuk 4 (Integrale uitwerking werkhypothesen Rijntakken) worden de voorkeuren voor de verschillende plekken langs de Rijntakken gepresenteerd.

Overwegingen en onderbouwing

De werkhypothese kiest niet voor een generieke uitspraak op systeemniveau over de afweging dijkversterking-rivierverruiming, maar voor een gebiedsgerichte uitwerking gericht op het oplossen van hydraulische, ecologische en morfologische knelpunten en het benutten van kansen voor rivierverruiming. Daarbij rekening houdend met de verre toekomst en onzekerheden, wat vraagt om robuust ingrijpen.

De werkhypothese bevat voorkeursrichtingen voor keuzes uit de mogelijke maatregelen in verschillende situaties.

- Voorkeur voor buitendijkse ingrepen waar ruimte aanwezig is in het rivierbed, verruiming die past bij het DNA van de rivier en bij voorkeur meerdere doelen dient. Waar het rivierbed smal is, hydraulische knelpunten aanwezig zijn en/of er al BKL-reserveringen zijn aangewezen is er een voorkeur voor binnendijkse ingrepen en reserveringen.
- Voorkeur voor natuurlijke oplossingen waarbij afhankelijkheid van techniek en menselijke interventies tijdens hoogwater beperkt is.
- Ruimte voor innovatieve oplossingen en concepten en regelmatige natuurlijke overstromingsdynamiek, wat gewenst is voor het functioneren van het ecosysteem en het waterbewustzijn.
- Voorkeur voor ingrepen waarbij dijklengte verkort wordt, de compartimenterende werking versterkt en/of een bijdrage geleverd wordt aan meerlaagsveiligheid (bescherming van vitale en kwetsbare functies, vergroten evacuatiemogelijkheden).
- Geen zomerbedverdiepingen, vanwege het effect op andere rivierfuncties en de permanente beheersinspanning die nodig is om de verdiepingen in stand te houden.

Bij het ontwikkelen van de werkhypothese afvoercapaciteit zijn onderstaande overwegingen betrokken. Ze komen voort uit de basis voor PKB Ruimte voor de Rivier en de Voorkeursstrategie Rivieren uit 2015.

- De primaire waterkeringen moeten in 2050 voldoen aan de normen. Een groot deel van de keringen langs de rivieren wordt tot 2050 versterkt met zichtjaar 2070 – 2090, waarbij er rekening gehouden wordt met een toename van de hoogwaterafvoer en het ontzien van de Nederrijn-Lek (met een 80:20 verdeling).
- Rivierverruiming alleen voor waterveiligheid is tot 2050 in generieke zin minder kosteneffectief dan dijkverzwaring of -verhoging, omdat de waterveiligheidshoogwaterbeschermingsopgave om aan de normen te voldoen grotendeels bepaald wordt door een gebrek aan sterkte van de dijken, waarbij de meerkosten om een eventuele hoogteopgave mee te nemen doorgaans beperkt zijn. Rivierverruiming levert echter wel veel meer nevenbaten en een robuuster riviersysteem. Daarbij komt dat keringen niet overal eenvoudig te verhogen te zijn, rivierverruiming voor veilige hoogwaterafvoer kan lokaal dus noodzakelijk zijn om dijkverhoging bij met name stadsfronten te beperken.
- Na 2070 zijn er waarschijnlijk nieuwe maatregelen nodig, met name gericht op de hoogte (vanwege klimaatverandering en/of verandering van de afvoerverdeling). Rivierverruiming is dan wellicht effectiever voor waterveiligheid dan tot 2050.

Bezien van uit het systeemperspectief, komen daar de onderstaande overwegingen bij.

- Een strategie met alleen dijken veroorzaakt uiteindelijk een lock-in, met dijken die steeds verder verhoogd moeten worden. Ook blijft de kwetsbaarheid (vooral binnendijks) toenemen doordat waterstanden blijven stijgen en daarmee ook de wateroverlast buitendijks en de gevolgen van een overstroming. Ook kunnen zijwateren steeds moeilijker afwateren op de rivier.
- Delen van de Waal (tussen Tiel en Werkendam) en plaatselijke trajecten langs de IJssel zijn daarbij relatief smal, waardoor waterstanden meer dan evenredig toenemen bij een toenemende afvoer. Het gevolg is dat de rivier gaat ‘hyperventileren’.
- Gevolg van het blijven ontzien van de Nederrijn-Lek is dat de afvoeren op de IJssel en de Waal procentueel meer toenemen (zie paragraaf Afvoerverdeling hoogwater).
- Door stijging van de zeespiegel en van het IJsselmeerpeil wordt verruiming in het benedenrivierengebied op termijn steeds minder effectief. Wellicht is er wel meer tijdelijke komberging van rivierwater nodig als de stormvloedkeringen vaker en langer gesloten zijn bij een hogere waterstand op zee.

Consequenties voor het riviersysteem

Het is relevant om breder te kijken dan hoogwaterafvoer en veiligheid alleen (verbrede aanpak). Rivierverruiming levert naast een bijdrage aan waterveiligheid (afname belasting, kwetsbaarheid en gevolgen van overstromingen) namelijk veel andere baten op, zoals:

- De aanpak van de bodemerosie vraagt om verminderen van erosieve kracht en daarmee verruiming bij morfologisch actieve afvoeren. Bij de gestuwde en grindige Maas zijn dit vooral de hoge afvoeren, in de vrij afstromende Rijntakken zijn dit vooral de middenafvoeren in de range van 1500 tot 5000 m³/s. Rivierverruiming gericht op vermindering van de erosieve kracht zal ook leiden tot lagere waterstanden bij extreem hoge afvoeren. De ecologische systeemopgave vraagt om uitbreiding van het aaneengesloten areaal riviernatuur, toename van de natuurlijke rivierdynamiek en connectie met het regionale watersysteem. Dit gaat goed samen met rivierverruiming. Wel is het belangrijk dat maatregelen passen bij het bodem/water/ecosysteem (DNA van de rivier).
- Verruiming biedt aanvullend kansen voor ruimtelijke kwaliteit, recreatie, klimaatadaptatie (toename gezondheid, reductie hittestress), delfstofwinning, zoetwaterbeschikbaarheid en oplossen van knelpunten in het aansluitende regionale watersysteem. De programma’s Ruimte voor de Rivier en Maaswerken hebben dit laten zien.

Onderzoeken

Lopende onderzoeken

- GRADE werklijnen extreme afvoeren op basis van klimaatscenario's 2023
- QuickScan Bkl reserveringen. Deze laat zien wat de waarde is van huidige reserveringen, en formuleert ook ideeën rond invulling van die reserveringen.
- De consortium-aanpak zou de uiteindelijk te realiseren afvoercapaciteit en de ruimteclaim moeten in vullen. En daarmee aangeven in hoeverre buitendijks en in hoeverre binnendijks verruiming te realiseren of te reserveren. BOA onderzoek afvoerverdeling hoogwater
- Onderzoek begrenzing rivierbed (in het kader van de Beleidslijn grote rivieren), vrijgestelde gebieden benedenrivierengebied
- Kennisprogramma zeespiegelstijging

Ontbrekende kennis, nodig voor onderbouwing

- Spankracht van de riviertakken gegeven de nieuwe klimaatscenario's en verschillende verdelingen en maatregelpakketten
- Effect van afvoercapaciteit op benedenstroomse gebieden (Rijn-Maasmonding / IJsselmeergebied): levert dit beperkingen op voor de afvoercapaciteit per tak?
- Voor- en nadelen van rivierverruiming en/of dijkversterking op de afvoermogelijkheid vanuit regionaal systeem
- Effectiviteit van rivierverruiming in benedenrivierengebied (bij stijgende zeespiegel en IJsselmeerpeil), effectiviteit van retentie Rijnstrangen in relatie tot nieuwe normering en klimaatscenario's 2023
- Relevantie van onderzoeken om handelingsperspectief bij extreem hoge afvoeren (hoger dan 14.000) in kaart te brengen. Motivatie: Kansen zijn zo klein dat er altijd tumult zal zijn bij het optreden van dit soort gebeurtenissen en structurele oplossing onvoldoende in de praktijk getest kunnen worden.

3.6 Ecologisch functioneren Rijntakken

Werkhypothese

De systeemcondities die nodig zijn voor een ecologisch gezond en robuust riviersysteem zijn in de Rijntakken niet in voldoende mate aanwezig. Kortweg is er een gebrek aan ruimte, aan natuurlijke hydro- en morfodynamiek, aan voldoende schoon water, aan voldoende kwalitatief substraat, aan voldoende rust- en paaigebieden.

Door de vele menselijk ingrepen in de afgelopen eeuwen zijn de rivieren steeds minder natuurlijk gaan functioneren. Bedijking, kanalisatie, bochtafsnijdingen, stuwen, verdieping, sedimentonttrekking hebben er voor gezorgd dat veel mechanismen die nodig zijn voor een goede riviernatuur sterk onder druk zijn gekomen. Hoe dit precies heeft uitgepakt verschilt sterk tussen de verschillende riviertakken.

De werkhypothese is.

Werkhypothese ecologisch functioneren Rijntakken

Ruimte voor de rivier maakt gebruik van het ecologisch systeem voor het behalen van de RvR-doelen. Natuurlijke processen krijgen meer ruimte, zodat het ecologisch functioneren verbetert, en planten en dieren voldoende leefgebied krijgen. Verbindingen in en om de rivier worden verbeterd in alle dimensies.

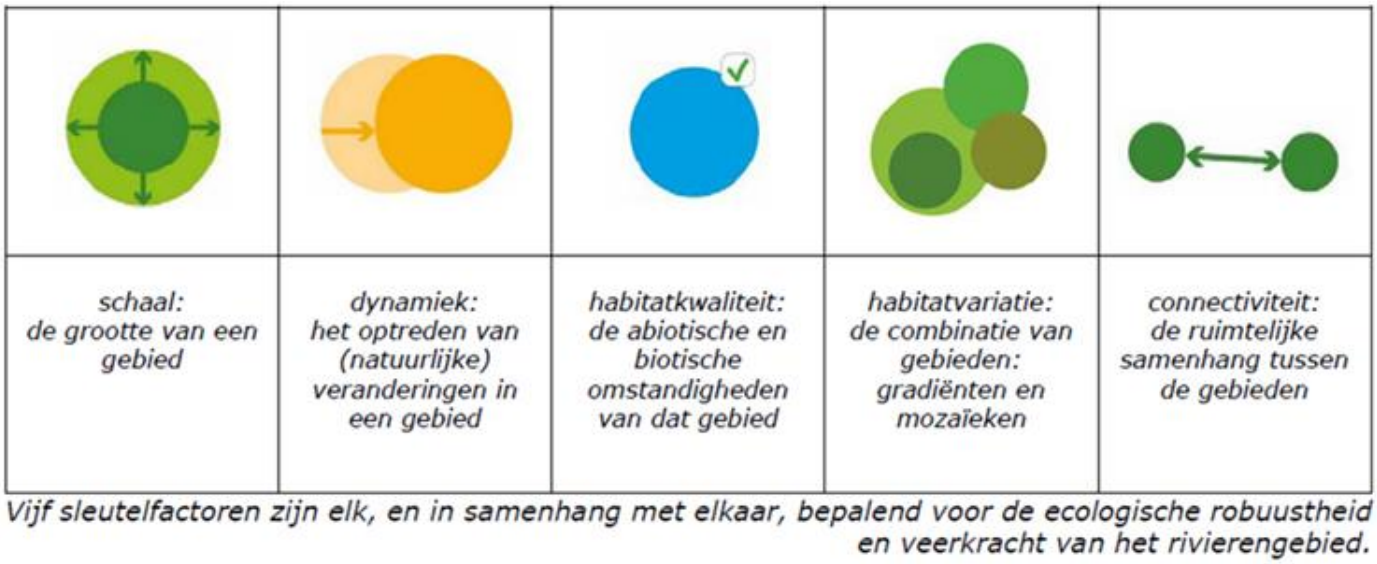
Strategie: Alle Ruimte voor de Rivier 2.0 ingrepen worden zo ontworpen dat ze optimaal passen in en bijdragen aan de versterking van het aanwezige landschapsecologische systeem. Bij iedere RvR ingreep laten we het gebied ecologisch beter achter.

Dit wordt bereikt door:
- Meer ruimte voor natuurlijke processen: hydrodynamiek, morfodynamiek, fysieke en mentale ruimte voor onzekerheid, met meer ruimte voor successie en cyclische verjonging.
- Realiseren grotere natuurarealen in de hotspots (Gelderse Poort, IJssel-Vechtdelta, Biesbosch Rijn-Maasmonding), onderling verbonden door groenblauwe corridors en stapstenen.
- Verbindingen verbeteren in het riviersysteem in alle dimensies.
  - Lateraal – binnendijks/buitendijks, winterbed/zomerbed, beekmonding/rivier.
  - Longitudinaal – vrije transportas voor organismen en organisch materiaal.
  - Verticaal - grondwater/kwelstromen binnendijks-buitendijks.

Overwegingen en onderbouwing

De maatregelen die nodig zijn voor de andere werkhypothesen hebben – mits goed uitgevoerd – een positieve uitwerking op de riviernatuur. Het is dan nodig dat ze worden uitgevoerd op een manier die de ruimte voor natuurlijke processen vergroot. De ontwikkeling naar een riviersysteem dat zoveel mogelijk is gebaseerd op natuurlijke processen is minder kwetsbaar voor onverwachte gebeurtenissen, vergt minder beheer- en onderhoudsinspanningen en levert meer ruimtelijke kwaliteit.

Voor voldoende ecologische kwaliteit van het rivierensysteem is de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) cruciaal. Hierin zijn de vijf sleutelfactoren van de PAGW voor herstel riviernatuur leidend (van Heusden et al., 2021; Figuur 4). Dit is verder uitgewerkt in een ecologisch perspectief voor 2050. Met de voorgestelde systeemaanpak gaan de rivieren weer substantieel bijdragen aan een gezond, veilig en een toekomstbestendig Nederland.



Figuur 4 Vijf sleutelfactoren PAGW

Dit betekent concreet dat bij knelpunten die opgelost kunnen worden met rivierverruiming, hieraan de voorkeur wordt gegeven. Ook moet het sediment en organisch materiaal altijd in het systeem gehouden worden, en moet de toestroom van nieuw sediment en organisch materiaal worden bevorderd.

De voorgestelde systeemaanpak werkt vanuit de abiotiek ('DNA van de rivier'), die vormt het landschap en schept de voorwaarden voor natuur en duurzaam medegebruik. Het DNA is sturend wat betekent:
- Aansluiten bij kenmerken van de ondergrond zoals bodem en reliëf.
- Benutten systeemeigen processen van bijvoorbeeld water, zand en slib.
- Dit zorgt ervoor dat maatregelen met de natuur mee werken, en niet ertegen in.
- De uitwerking van de leidende principes en oplossingsrichtingen verschilt daarom per riviertak/hotspot.

Gelderse Poort
- Herstel hydrologische relatie uiterwaarden en rivier. Het systeem is over de hele linie gebaat bij het herstellen van jaarrond hogere grondwaterstanden. Het tegengaan en terugdraaien van zomerbederosie in combinatie met het vaker laten overstromen van uiterwaarden door uiterwaardverlaging en verwijderen van zomerkades is hierbij cruciaal. In situaties waarbij zomerkades blijven bestaan kan dit eventueel door het langer vasthouden van water na een hoogwater (second best).
- Versterk relatie tussen riviersysteem en omgeving. Kijk ook naar binnendijkse gebieden en neem bij natuurherstel binnendijks altijd de kansen voor kwel mee

IJssel-Vechtdelta
- Ecologisch functioneren van het rivier- en meersysteem in samenhang met het achterland. Het verbeteren van de ecologische verbindingen tussen rivieren, meren en hun omliggende landschappen, zoals veenweidegebieden en de Veluwe.
- Verhogen van het organische stofgehalte in het rivier- en merensysteem. Het verhogen van de aanwezigheid van organisch materiaal, zoals dood hout en bladafval, dat bijdraagt aan de productiviteit en gezondheid van het ecosysteem

Biesbosch Rijn-Maasmonding
- Herstel estuariene dynamiek. Herstel van getijdenwerking en rivierdynamiek om estuariene habitats te ondersteunen. Eén van de belangrijkste maatregelen om de getijdenwerking te bevorderen is het aanpassen van het sluisbeheer van de Haringvlietsluizen. Ook kan natuurlijke dynamiek worden verbeterd door het verwijderen van harde oeverbescherming.
- Versterken van de natuurlijke zoet-zoutovergang. Een geleidelijke overgang tussen zoet en zout water is cruciaal voor migrerende vissoorten zoals zalm en fint, die afhankelijk zijn van deze zoet-zoutgradiënt voor hun levenscyclus. Een natuurlijkere overgang zou ook de kraamkamerfunctie voor vissoorten in het gebied verbeteren.

Onderzoeken

Lopende onderzoeken

- BOA onderzoek Rivierecologie (Opdrachtgever LVVN, uitvoering Wageningen Environmental Research):
  - Inzicht in corridors en stapstenen.
  - Kijkt ook naar mogelijkheden binnendijks.
  - Ecologisch functioneren rivieren, in 2024 ingevuld met veldstudie fauna.
- QuickScan ruimtevraag (LVVN opdrachtgever, uitvoering Wing):
  - Wat de ecologische opgave aan fysieke ruimte vraagt.

Ontbrekende kennis, nodig voor onderbouwing en uitwerking

- Vervolgvraag is wat de synergie is met de andere ruimteclaims --> integrale opgave. Hoeveel ruimte is sowieso al nodig voor wegnemen erosieve kracht en hoogwaterafvoer. En hoeveel meer is nog nodig voor ecologie?
- Ecologische monitoring suppleties, tijdelijke vs permanente effecten, wat zijn de optimalisatie kansen (van belang voor de werkhypothese rivierbodem).
- Kansenkaart natuur vanuit het perspectief van de riviernatuur: waar wil je aan de slag, en wat ga je daar doen? (zit mogelijk al in vraag LVVN; deels ook samen te stellen uit bestaande kaarten):
  - Afwegen bestaande natuur versus nieuw te realiseren natuur. Laag-dynamische wateren, geïsoleerde plassen, versus aantakken en soms onnatuurlijk hoge dynamiek.
- Systeemanalyses (à la LESA light) opstellen voor alle riviertrajecten (al beschikbaar Gelderse Poort, Biesbosch Rijn-Maas monding, Gemeenschappelijke Maas, Vierwaarden, en IJssel-Vecht Delta):
  - Belang kwelstromen, verbinding regionale watersysteem, herstel beekmondingen als blauwe knooppunten, enz.
- Welke aanpassingen zijn nodig in onze kaders en richtlijnen (en onderliggend denken), om meer onzekerheid en dynamiek toe te staan (leven in een delta is kunnen omgaan met onzekerheid)?
- Potentie van Nature-based Solutions in de ‘oplossingsruimte’ van RvdR2.0.
- Welke ruimte voor oplossingen wordt gecreëerd als alle landbouw verdwijnt uit de uiterwaarden (bijvoorbeeld ten opzichte van biodiversiteit, koppelen van natuur, verminderen van stikstofuitstoot, vergroten van ecosysteemdiensten, benutting van natuurlijk kapitaal).

4 Integrale uitwerking werkhypothesen Rijntakken

Integrale uitwerking van de werkhypothesen Rijntakken

De hoofdoplossing voor de Rijn bestaat uit een combinatie van het meergeulenconcept gecombineerd met sedimentsuppleties (ook wel adaptief sedimentmanagement genoemd). Het meergeulenconcept is veelal onderdeel van buitendijkse verruiming. Het wordt aangevuld met binnendijkse rivierverruiming en met dijkversterking waar dit nodig is.

Het meergeulenconcept is een integrale aanpak dat verschillende doelen combineert, waaronder het stoppen van de voortgaande bodemerosie, het verbeteren van de hoogwaterveiligheid en het creëren van meer ruimte en natuur langs de rivieren. Het meergeulenconcept wordt uitgevoerd op de Waal van de Pannerdensche Kop tot Zaltbommel en op het eroderend traject van de Pannerdensch Kanaal en de Boven IJssel (tot circa rkm 886). Daarnaast kan de bochtafsnijding Zwarte Schaar (rkm 902-905) ongedaan worden gemaakt om de rivierbodem op de IJssel te stabiliseren.

Op de Waal wordt het meergeulenconcept in de binnenbochten gecombineerd met een versmalling van het zomerbed. De versmalling draagt bij aan meer afvoer naar de IJssel tijdens laagwater en zorgt tegelijkertijd dat de waterstanden op de Waal hoger worden wat een positieve impact heeft op de waterdiepte voor scheepvaart en het tegengaan van verdroging van de uiterwaarden. Door het meergeulenconcept ook op de IJssel te implementeren en te combineren met een verbreding van 15 m (tot ongeveer rkm 888), zal er tijdens laagwater meer afvoer via de IJssel kunnen gaan om het IJsselmeer als zoetwaterbuffer te laten functioneren. Wanneer het rivierwater bij deze lage afvoeren echter nodig is in de Rijn-Maasmonding kan het water door situationeel sturen via de Nederrijn-Lek naar het westen worden afgevoerd.

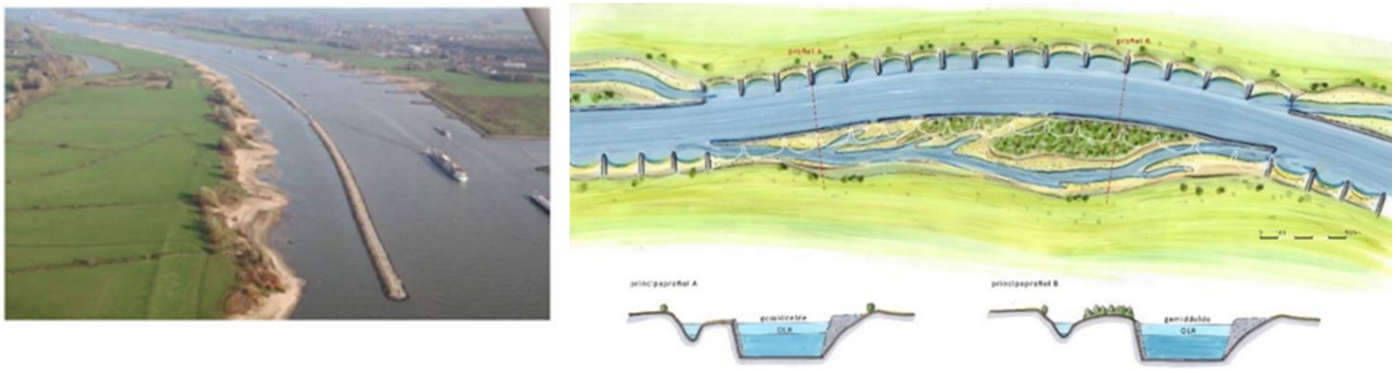
De aanleg van het meergeulenconcept kan meerdere jaren (of decennia) duren. Het is daarom noodzakelijk om zo snel mogelijk te beginnen met suppleties op de eroderende trajecten, specifiek de nijpende probleemlocaties (zoals de vaste laag bij Nijmegen), en met het stoppen van sedimentwinning uit het zomerbed zodat de erosie op korte termijn gestopt zal worden. Ook na aanleg van de maatregelen heeft de rivier tijd nodig om het gewenste evenwicht te bereiken, wat met suppleties en/of baggeren kan worden versneld.

Het meergeulenconcept wordt gecombineerd met een strategie voor de lange termijn gericht op een inrichting waarbij hoge afvoeren zo gelijkmatig mogelijk worden afgevoerd, zonder lokale opstuwingen. Dat kent een voorkeur voor binnendijkse rivierverruimingen op plekken waar het rivierbed smal is en/of hydraulische knelpunten aanwezig zijn, zodat het hoogwater (18.000 m^3/s) veilig kan worden afgevoerd. Indien rivierverruiming niet mogelijk is, kan gekozen worden voor dijkversterking op plekken waar veiligheidsnormen dit vragen. Hierbij blijft de Nederrijn-Lek ontzien, zodat op de Nederrijn-Lek ook geen extra rivierverruiming of dijkverzwaring nodig is boven op het lopende HWBP-programma wat erop gericht is dat keringen in 2050 aan de wettelijke norm voldoen.

Naast het meergeulenconcept, dat bijdraagt een natuurlijker riviersysteem, krijgt de natuur een extra impuls door het realiseren van hotspots op strategische plekken (Gelderse Poort, IJssel-Vechtdelta, Biesbosch Rijn-Maasmonding), die onderling verbonden worden door groenblauwe corridors en stapstenen.

4.1 Meergeulenconcept

Het meergeulenconcept bestaat uit een serie oevergeulen of nevengeulen die bij midden- en hoogwaterafvoeren tot verruiming leiden, maar bij lage afvoeren grotendeels zijn gesloten. Dit kan met verschillende varianten van het meergeulenconcept worden gerealiseerd, bijvoorbeeld met een langsdammenvariant (zoals bij Tiel is aangelegd) of een meer natuurlijke variant met een eiland met daarachter nevengeulen in de uiterwaarden (zie Figuur 5). Het meergeulenconcept is een integrale aanpak waarbij verschillende doelen gecombineerd worden, waaronder het stoppen van de voortgaande bodemerosie, het verbeteren van de hoogwaterveiligheid en het creëren van meer ruimte en natuur langs de rivieren. Door het meergeulenconcept neemt de erosieve kracht van de rivier af. De verruiming van het rivierstroomprofiel bij specifiek de middenafvoeren zorgt namelijk voor afname van de stroomsnelheden in het zomerbed. Ook zorgt de variant met nevengeulen en oevergeulen voor een visvriendelijke geul waar flora en fauna zich kan ontwikkelen. Dit heeft een positieve impact op het ecologisch functioneren van de rivier. De nevengeulen en oevergeulen geven bovendien mogelijkheden voor extra verruiming die leidt tot waterstandsdaling bij hoge afvoeren.



Figuur 5 Links: Meergeulenconcept met langsdammen bij Tiel. Rechts: Schematische weergave van de natuurlijke variant van het meergeulenconcept met een verharde oever en een stromende nevengeul langs de Waal. Bron: Bureau Stroming, WWF en ARK Rewilding Nederland

Meergeulenconcept inclusief versmalling op de Waal

Op de Waal wordt het meergeulenconcept gecombineerd met een versmalling van maximaal 30 m. Daardoor worden de waterstanden op de Waalbochten bij laagwater verhoogd, zodat er meer water naar Pannerdensch Kanaal wordt gestuwd. Dit helpt bij het sturen van genoeg water richting de IJssel bij lage afvoeren. Hiermee wordt de laagwaterafvoerverdeling zodat er bij een Bovenrijn-afvoer groter of gelijk aan 1300 m^3/s minimaal 285 m^3/s naar de IJssel gaat bereikt. Dit is ook gunstig voor de waterdiepte en daarmee de bevaarbaarheid.

Het meergeulenconcept inclusief versmalling dient over de gehele lengte van het traject van de Pannerdensche Kop tot de Martinus Nijhoffbrug bij Zaltbommel (ongeveer rkm 933.5) toegepast te worden, zonder onderbrekingen. . Op het traject benedenstrooms van Zaltbommel is sprake van sedimentatie en voldoende vaardiepte, zodat daar het meergeulenconcept niet hoeft te worden ingezet.

Er is relatief meer verruiming nodig in de neven- en oevergeulen op de Midden-Waal. De grootte van het doorstroomprofiel van de geulen neemt stroomafwaarts op de Waal geleidelijk toe, omdat de transportcapaciteit van het zomerbed toeneemt door de veranderende sedimentsamenstelling (minder grind en grof zand en meer fijner zand). Een fijnere sedimentfractie levert een groter sedimenttransport op bij gelijke afvoerniveaus. Er moet daarom in de meer benedenstroomse delen meer afvoer onttrokken worden in de stroomgeulen om de sedimenttransportgradiënt zo stabiel mogelijk te krijgen (en te houden). De mate van toename is onderdeel van lopend onderzoek.

Meergeulenconcept op het Pannerdensch Kanaal
Het meergeulensysteem dient ook uitgevoerd te worden op het Pannerdensch Kanaal, waarbij er geen versmalling wordt gerealiseerd. Dit traject van de Pannerdensche Kop is een eroderend traject. De oevergeulen of omleiding van middenafvoeren uit het zomerbed zorgt voor het stoppen van deze erosie. Daarnaast dienen zij als compensatie om te voorkomen dat de afvoer- en sedimentverdeling op de Pannerdensche Kop door het meergeulenconcept op de Waal te veel verschuift naar de Waal.

Meergeulenconcept inclusief verbreding op het Boven IJssel
Het meergeulenconcept wordt ook uitgevoerd op de Boven IJssel (rkm 878 tot ongeveer rkm 886). Door het zomerbed ook te verbreden met ongeveer 15 m tot rkm 888, kan er nog meer afvoer over de IJssel naar het IJsselmeer worden geleid. De verbreding van het zomerbed op de Boven IJssel hoeft geen uniforme verbreding te zijn. Door bijvoorbeeld bij de extreem lage afvoeren niet te verbreden, maar wel op afvoerniveaus rond bijvoorbeeld 1300 m^3/s zou er differentiatie in de verandering van de afvoer kunnen plaatsvinden. Wanneer de versmalling op de Waal in combinatie met de verbreding op de Boven-IJssel nog niet genoeg bijdragen aan een toename in de IJsselafvoer en daarmee het functioneren van het IJsselmeer als zoetwaterbuffer, dan kan er ook een bypass langs het splitsingspunt IJsselkop (bv. als meestromende nevengeul door de Groene Rivier bij de Hondsbroeksche Pleij) aangelegd worden.

Een tweede maatregel om de rivierbodem te stabiliseren op de IJssel is het ongedaan maken van de bochtafsnijding Zwarte Schaar (km 902-905). De extra rivierkilometers leiden op termijn tot een iets hogere bodemligging op de Boven IJssel. Mogelijk moet de bocht wel wat worden aangepast om goede bevaarbaarheid te garanderen.

Geen meergeulenconcept op de Nederrijn-Lek
Er is geen meergeulenconcept nodig op de Nederrijn-Lek. Omdat de Nederrijn-Lek is gestuwd en de afvoer bij lage afvoeren met de stuwen kan worden geregeld, zijn hiervoor geen aanvullende maatregelen nodig. Er is geen probleem met bodemerosie, zodat ook hier geen maatregelen voor nodig zijn.

4.2 Suppleties en stoppen zandwinning

De aanleg van het meergeulenconcept kan meerdere jaren (of decennia) duren. Het is daarom noodzakelijk om zo snel mogelijk te beginnen met suppleties op de eroderende trajecten, het aanpakken van de nijpende probleemlocaties (zoals bij de vaste laag bij Nijmegen), en het stoppen van sedimentwinning uit het zomerbed om de erosie op korte termijn te stoppen. Het traject met suppleties komt overeen met het traject van het meergeulenconcept. Dit is van de Pannerdensche Kop tot Zaltbommel voor de Waal en van de Pannerdensche Kop tot de Boven IJssel (ongeveer rkm 886).

4.3 Binnendijkse rivierverruiming waar rivierbed smal is

Het meergeulenconcept (als onderdeel van buitendijkse verruiming) dient gecombineerd te worden met binnendijkse rivierverruimingen op plekken waar het rivierbed smal is en/of hydraulische knelpunten aanwezig zijn, zodat het hoogwater (18.000 m^3/s) veilig kan worden afgevoerd. Door rivierverruiming wordt een zo breed en gelijkmatig mogelijk profiel van de riviertakken gerealiseerd. Omdat dit niet overal mogelijk zal zijn blijft dijkversterking en –verhoging nodig op plekken waar binnendijks onvoldoende ruimte aanwezig is. Als binnendijkse rivierverruiming nu niet mogelijk is (maatschappelijk, economisch), maar in de toekomst naar verwachting wel wenselijk, dan is het advies om de ruimte wel te reserveren en een strategie te ontwikkelen om de ruimte op (de lange) termijn wel beschikbaar te krijgen. Hierbij blijft de Nederrijn-Lek ontzien, zodat op de Nederrijn-Lek geen extra rivierverruiming of dijkverzwaring nodig is boven op het lopende HWBP-programma, waarbij de dijken worden versterkt om aan de wettelijke norm te voldoen.

Een strategie met alleen dijkversterking is op korte termijn weliswaar het meest kosteneffectief, maar zorgt uiteindelijk voor een lock-in en is op lange termijn dan ook niet wenselijk. Vandaar dat er een voorkeur is voor oplossingen waarmee knelpunten worden opgelost en die meerdere doelen dienen.

Het is niet zinvol om binnendijkse ruimte te reserveren in de benedenloop van de Lek en Waal en de benedenloop van de IJssel in verband met toekomstige ontwikkelingen, zoals de zeespiegelstijging en het peil op het IJsselmeer. Hierdoor zijn er op de benedenstroomse trajecten geen zoekgebieden weergegeven. Het kan wel zo zijn dat deze gebieden op termijn in beeld komen als er meer komberging nodig is om rivierafvoer tijdelijk te bergen bij stormopzet op zee.

Nadere toelichting zoekgebieden voor binnendijkse rivierverruiming
Op de Waal zijn er enkele knelpunten en knellende trajecten waar verbreding nodig is om het water veilig te kunnen afvoeren. Verbreding is noodzakelijk ter hoogte van het traject Oosterhout-Dodewaard in de Midden-Waal met een geringe breedte tussen de bandijken ten opzichte van het bovenstroomse traject. Om hier een meergeulenconcept te realiseren is ruimte nodig, ook binnendijks. Ook in de Beneden-Waal zijn meerdere verleggingen van dijken nodig met het oog op het vergroten van de afvoercapaciteit. Dit traject heeft een relatief geringe breedte bij hoogwater ten opzichte van aangrenzende trajecten, en vormt daarmee een hydraulisch knelpunt.

Op de IJssel zijn er enkele knelpunten waar verbreding nodig is om daadwerkelijk meer water veilig af te kunnen voeren. Met name de situatie bij Deventer, Zutphen en Zwolle is relevant. Bij Deventer is een Bkl-reserveringsgebied aanwezig dat benut kan worden. Bij Zutphen is de reservering afgevallen, maar is het wenselijk om te verkennen in hoeverre hier binnendijks ruimte gereserveerd kan worden voor de lange termijn. Dat geldt ook voor het traject tussen Olburgen en Steenderen, en het gebied tussen Zalk en Zwolle (waar ook enkele bruggen liggen die een knelpunt vormen). Rond en stroomafwaarts van Zwolle is er wel een relatie met het IJsselmeerpeil. Als dit verder stijgt wordt rivierverruiming hier minder effectief. De Boven IJssel is ook krap, hier is echter nog wel ruimte om buitendijks in te grijpen, bijvoorbeeld bij de brug Ellecom-Doesburg, de Koppenwaard, de brug van de A12 en in de Hondsbroeksche Pleij.

Om de afvoercapaciteit van de IJssel nog verder te vergroten (boven 800 à 1000 m^3/s extra; als de hoogwaterreferentie afvoer toeneemt tot meer dan 18.000 m^3/s) zijn aanvullende bypasses mogelijk. Te denken valt aan een bypass bij Steenderen, het verlengen van de bypass bij Zutphen (waar anders mogelijk een nieuwe flessenhals ontstaat) en het verbinden van de bypass bij Deventer en de al bestaande groene rivier bij Veessen-Wapenveld met een lange bypass van Deventer langs Oene naar Veessen. Als de afvoercapaciteit bij Hondsbroeksche Pleij nog tekort zou schieten voor de extra hoogwaterafvoer via de IJssel, zou de dijk daar nog kunnen worden teruggelegd tot de oude dijk van Westervoort. Zo kan de groene rivier door het regelwerk worden verbreed. Ook kan misschien meer water over de Koningspleij worden geleid (vraagt nader onderzoek, vooral in verband met hoge stroomsnelheden).

De Nederrijn-Lek blijft ontzien, zodat op de Nederrijn-Lek ook geen extra rivierverruiming of dijkverzwaring nodig is boven op het lopende HWBP-programma.

De toekomstige bescherming tegen hoogwater hangt voor de Lek en Waal grotendeels af van de mate en het tempo van de zeespiegelstijging en hoe hier in de Rijn-Maasmonding op gereageerd wordt. Voor de IJssel is dit afhankelijk van het peil van het IJsselmeer (al dan niet met stormopzet). Hierdoor zijn op de benedenstroomse trajecten geen zoekgebieden in beeld . Het kan wel zo zijn dat deze gebieden op termijn in beeld komen als er meer komberging nodig is om rivierafvoer tijdelijk te bergen bij stormopzet op zee.

4.4 Werken met natuurlijke rivierprocessen

Het meergeulenconcept en de binnendijkse rivierverruimingen hebben een positieve uitwerking op de riviernatuur. Het is dan nodig dat ze worden uitgevoerd op een manier die de ruimte voor natuurlijke processen vergroot. De ontwikkeling naar een riviersysteem dat zoveel mogelijk is gebaseerd op natuurlijke processen is minder kwetsbaar voor onverwachte gebeurtenissen, vergt minder beheer- en onderhoudsinspanningen en levert een verbeterde ruimtelijke kwaliteit.

Daarnaast krijgt de natuur een extra impuls door het realiseren van hotspots op strategische plekken (Gelderse Poort, IJssel-Vechtdelta, Biesbosch Rijn-Maasmonding, Gemeenschappelijke Maas), die onderling verbonden worden door groenblauwe corridors en stapstenen.

5 Werkhypothesen Maas

5.1 Overzicht van de werkhypothesen

In deze paragraaf zijn de werkhypothesen voor de Maas opgesomd. Een nadere toelichting en verdieping staat in de volgende paragrafen van dit hoofdstuk.

De werkhypothesen zijn stellend geformuleerd. Het zijn de door rivierdeskundigen – op basis van de huidige beschikbare kennis - meest waarschijnlijk geachte voorkeuren voor belangrijke kenmerken van het riviersysteem. Ze zijn het startpunt van zowel beleidsvoorbereidend debat, als nader onderzoek en toetsing in gebiedsprocessen en kunnen dus nog veranderen in de komende periode.

Bodemligging en sedimenthuishouding Maas

Werkhypothese bodemligging en sedimenthuishouding Maas

Met (eenmalige) maatregelen in het rivierbed in combinatie met (structureel) actief sedimentbeheer kan zowel de grootschalige rivierbodemdaling van de Maas worden gestopt alsook het risico op het optreden van erosiekuilen worden gereduceerd. Uitgangspunt is handhaven van de bodemligging op het niveau van voor het hoogwater van 2021.

Extreem hoge stroomsnelheden – die zorgen voor erosie - worden gereduceerd door rivierverruimende ingrepen die het doorstroomprofiel verruimen op de kritische locaties. De sedimenthuishouding wordt ondersteund met actief sedimentbeheer (periodieke suppleties, stoppen met onttrekken van sediment door terugstorten van zand en grind dat vrijkomt bij vaargeulonderhoud).

Met name op de Gemeenschappelijke Maas kan het erosierisico worden opgelost door rivierverruiming bij de hydraulische knelpunten en door de zomerbedbodem van het traject met het grootste risico op erosiekuilen (rkm 28-40) initieel over de gehele lengte te verhogen met een te suppleren grindlaag van mogelijk van één tot twee meter dikte. Voor de Peelhortsmaas is onderzoek nodig naar de kwetsbaarheid van dit traject voor erosiekuilen.

Bij vernieuwing of renovatie van de 7 Maasstuwen wordt in de ontwerpeisen opgenomen dat de stuwen sedimenttransport mogelijk maken.

Voor de andere trajecten van de Maas wordt een stabiele bodemligging bereikt met actief sedimentbeheer. Het effect hiervan dient voor de gehele Maas te worden gemonitord. Als actief sedimentbeheer niet volstaat om de bodemligging te stabiliseren komen mogelijk ook hier rivierverruiming en/of suppletie aan de orde.

De bestaande zomerbedverdiepingen in de stuwpanden Lith, Grave en Belfeld worden niet meer actief onderhouden, waardoor deze in de loop van decennia zullen opvullen met sediment. De resulterende afname van de afvoercapaciteit kan naar verwachting grotendeels worden gecompenseerd door rivierverruiming in de uiterwaarden.

Laagwater Maas

Werkhypothese laagwater Maas

Lage waterafvoeren zullen in de toekomst op de Maas vaker voorkomen en langer duren, met bijbehorende problematiek op gebied van zoetwaterbeschikbaarheid, en specifiek op het gebied van ecologie. Het aanvoeren van extra water naar de Maas in tijden van droogte is niet mogelijk. Het Deltaprogramma Zoetwater is in belangrijke mate leidend in de bepaling van beleidsbeslissingen en beleidskeuzes rondom laagwater en waterbeschikbaarheid.

Er zijn geen betekenisvolle mogelijkheden om met fysieke ingrepen in het rivierbed van de Maas voorzieningen te realiseren om voldoende water op te slaan, dat langere tijd beschikbaar is in tijden van langdurige droogte.

Bij vernieuwing of renovatie van de 7 Maasstuwen dienen de stuwen geschikt te worden gemaakt voor het nog verder opzetten van het stuwpeil.

Hoogwater Maas – afvoer- en bergingscapaciteit

Werkhypothese hoogwater afvoer- en bergingscapaciteit Maas

De Maas wordt zo ingericht dat de te verwachten toename van de extreme rivierafvoeren veilig kan worden afgevoerd. Op de lange termijn is er een voorkeur voor een inrichting waarbij de rivier bij hoge afvoeren zoveel ruimte heeft dat het debiet zo gelijkmatig mogelijk wordt afgevoerd zonder lokale opstuwing. Op korte termijn is een strategie met dijkverhogingen weliswaar het meest kosteneffectief, maar dijkverhoging is niet overal mogelijk (bijvoorbeeld in steden) en dit leidt op de langere termijn tot lock-ins of lock-outs (verruiming wordt onmogelijk door bebouwing), waardoor rivierbed verloren gaat voor de voorkeursstrategie voor de lange termijn. Daarom dienen voor de lange termijn ook nu al gebieden gereserveerd te worden voor rivierverruiming

Er is nu onvoldoende argumentatie om een generieke keuze tussen dijkverhoging en rivierverruiming (buiten en/of binnendijks) te maken. Daarom wordt ingezet op een gebiedsgerichte aanpak waarin hydraulische, ecologische en morfologische knelpunten worden opgelost en kansen voor rivierverruiming worden benut of voor de toekomst gereserveerd. Uiteindelijk vraagt dat een gerichte ruimtelijke strategie en keuze voor maatregelen die passen bij de lokale fysieke situatie.

Belangrijke principes bij de gebiedsgerichte aanpak:
- Houd bij alle maatregelen rekening met de (verre) toekomst. Dat betekent robuuste ingrepen, zodat er niet opnieuw een knelpunt ontstaat als de referentieafvoer verder toeneemt.
- Geen verdere achteruitgang van de beschikbare ruimte door het voorkomen van verdere versmalling van het winterbed (door bijvoorbeeld aanleg van meer dijken en/of bouwen in het winterbed). En voorkomen dat rivierverruiming (opnieuw) leidt tot hogere stroomsnelheden.
- Bij het oplossen van knelpunten (smalle delen van de rivier) bij voorkeur kiezen voor verruimen. Verruiming buitendijks uitvoeren waar mogelijk en waar het past in het DNA van de rivier en de ingreep bij voorkeur meerdere doelen dient. Verruiming binnendijks uitvoeren (of reserveren) indien de beschikbare buitendijkse ruimte onvoldoende is voor de lange termijn.
- Dijkverhoging bij voorkeur als sluitstuk als dat met het oog op hoogwaterbescherming nodig blijft, en waar verruiming geen oplossing biedt of fysiek niet mogelijk is.
- Geen zomerbedverdiepingen.
- Behoud van de bestaande topvervlakkingscapaciteit, bijvoorbeeld door dijkringen in de Maasvallei als onderdeel van het rivierbed te behouden.

Ecologisch functioneren Maas

Werkhypothese ecologisch functioneren Maas

Ruimte voor de Rivier maakt gebruik van het ecologisch systeem voor het behalen van de doelen. Natuurlijke processen krijgen de ruimte, zodat het ecologisch functioneren verbetert, en planten en dieren voldoende leefgebied krijgen. Verbindingen in en om de rivier worden verbeterd in alle dimensies.

Strategie: Alle Ruimte voor de Rivier 2.0 ingrepen worden zo ontworpen dat ze optimaal passen in en bijdragen aan de versterking van het aanwezige landschapsecologische systeem. Bij iedere Ruimte voor de Rivier 2.0 ingreep laten we het gebied ecologisch beter achter.

Dit wordt bereikt door:
- Meer ruimte voor natuurlijke processen: hydrodynamiek, morfodynamiek, fysieke en mentale ruimte voor onzekerheid, met meer ruimte voor successie en cyclische verjonging.
- Realiseren hotspots (voor de Maas zijn dat de Biesbosch Rijn-Maasmonding en de Gemeenschappelijke Maas), onderling verbonden door groenblauwe corridors en stapstenen.
- Verbindingen verbeteren in het riviersysteem in alle dimensies.
  - Lateraal – binnendijks/buitendijks, winterbed/zomerbed, beekmonding/rivier.
  - Longitudinaal – vrije transportas voor organismen en organisch materiaal.
  - Verticaal - grondwater/kwelstromen binnendijks-buitendijks.

5.2 Bodemligging en sedimenthuishouding Maas

Werkhypothese

In het zomerbed van de Maas treedt grootschalige rivierbodemdaling op over de gehele lengte van de rivier in Nederland. Specifiek voor de trajecten Gemeenschappelijke Maas en Peelhortsmaas bestaat het risico op het ontstaan van erosiekuilen. Er is sprake van een sterk verstoorde sedimenthuishouding als gevolg van sedimenttekort en als gevolg van blokkering van sedimenttransport.

Het optreden van erosie vormt een bedreiging voor in, onder en naast het rivierbed aanwezige infrastructuur. Schade aan die infrastructuur kan leiden tot lekkages van leidingen en tot schade aan waterkeringen. Doorgaande rivierbodemdaling zal ook leiden tot verlagen van de grondwaterstanden in de (wijde) omgeving van de rivier.

Met het stoppen en voorkomen van (verdere) bodemerosie kan de natuurlijke rivierdynamiek herstellen en verbetert de goede bevaarbaarheid en de gewenste waterverdeling over Nederland bij lage rivierafvoeren.

Werkhypothese bodemligging en sedimenthuishouding Maas

Met (eenmalige) maatregelen in het rivierbed in combinatie met (structureel) actief sedimentbeheer kan zowel de grootschalige rivierbodemdaling van de Maas worden gestopt alsook het risico op het optreden van erosiekuilen worden gereduceerd. Uitgangspunt is handhaven van de bodemligging op het niveau van voor het hoogwater van 2021.

Extreem hoge stroomsnelheden – die zorgen voor erosie - worden gereduceerd door rivierverruimende ingrepen die het doorstroomprofiel verruimen op de kritische locaties. De sedimenthuishouding wordt ondersteund met actief sedimentbeheer (periodieke suppleties, stoppen met onttrekken van sediment door terugstorten van zand en grind dat vrijkomt bij vaargeulonderhoud).

Met name op de Gemeenschappelijke Maas kan het erosierisico worden opgelost door rivierverruiming bij de hydraulische knelpunten en door de zomerbedbodem van het traject met het grootste risico op erosiekuilen (rkm 28-40) initieel over de gehele lengte te verhogen met een te suppleren grindlaag van mogelijk van één tot twee meter dikte. Voor de Peelhortsmaas is onderzoek nodig naar de kwetsbaarheid van dit traject voor erosiekuilen.

Bij vernieuwing of renovatie van de 7 Maasstuwen wordt in de ontwerpeisen opgenomen dat de stuwen sedimenttransport mogelijk maken.

Voor de andere trajecten van de Maas wordt een stabiele bodemligging bereikt met actief sedimentbeheer. Het effect hiervan dient voor de gehele Maas te worden gemonitord. Als actief sedimentbeheer niet volstaat om de bodemligging te stabiliseren komen mogelijk ook hier rivierverruiming en/of suppletie aan de orde.

De bestaande zomerbedverdiepingen in de stuwpanden Lith, Grave en Belfeld worden niet meer actief onderhouden, waardoor deze in de loop van decennia zullen opvullen met sediment. De resulterende afname van de afvoercapaciteit kan naar verwachting grotendeels worden gecompenseerd door rivierverruiming in de uiterwaarden.

Overwegingen en onderbouwing

Erosie en sedimentatie zijn natuurlijke processen in een rivier. De oorzaken van de bodemerosie op de Gemeenschappelijke Maas zijn een combinatie van zeer weinig aanvoer van sediment vanuit België en het optreden van extreem hoge stroomsnelheden tijdens hoogwater. De sedimentproductie in de Ardennen is relatief laag, de rivier in België is grootschalig verdiept, en grote stuwen in België reguleren de stroming (en dus de sedimenttransportcapaciteit van de rivier) tot zeer hoge afvoeren (1/100e kans per jaar). Menselijke ingrepen in Nederland, zoals stuwen, onderhoudsbaggerwerk voor de scheepvaart, sedimentwinning, bochtafsnijdingen hebben de daling van de rivierbodem van de Maas verergerd. Het onderhoudsbaggerwerk op de trajecten met scheepvaart ligt gemiddeld gezien in dezelfde orde van grootte als het sedimenttransport (zand en grind) op de Maas. Bij het doorzetten van het huidig beheer van de rivier zal de erosie op de Maas doorgaan. Op de Gemeenschappelijke Maas is de erosietrend het grootste en die wordt in benedenstroomse richting van de Maas kleiner. Erosie vormt een bedreiging voor in, onder en naast het rivierbed aanwezige infrastructuur. Schade aan die infrastructuur kan leiden tot

lekkages van leidingen en tot schade aan waterkeringen. Doorgaande rivierbodemdaling kan leiden tot negatieve effecten op de grondwaterstanden in de (wijde) omgeving van de rivier.

Doel van beleid en beheer van de rivierbodemligging en sedimenthuishouding is te zorgen voor een voldoende stabiele en beheerbare bodemligging van het zomerbed die bijdraagt aan herstel van de natuurlijke rivierdynamiek en zorgt voor een goede bevaarbaarheid en waterverdeling over Nederland bij lage rivierafvoeren.

Om een duurzame sedimenthuishouding en een betere beheerbaarheid van de rivierbodem te bereiken, wordt zo veel mogelijk gebruikgemaakt van de natuurlijke morfodynamiek van de rivier. Het streven is dat het doorgaand sedimenttransport wordt behouden en de rivieren zodanig ingericht worden dat de bagger- inspanning voor de instandhouding van de vaarweg zo beperkt mogelijk is. (bron: Programma Ruimte voor de Rivier 2.0). Om voortschrijdende rivierbodemerosie te stoppen of mogelijk zelfs de rivierbodem te laten stijgen kan gewerkt worden met twee basisprincipes: oorzaken wegnemen en symptomen bestrijden. Bij het wegnemen van de oorzaken is het belangrijk om de erosiekrachten uit het systeem te halen. Dit is mogelijk door via rivierverruiming een afname van de stroomsnelheden in het zomerbed te realiseren. Daarnaast dient gestopt te worden met onttrekken van zand en grind uit het zomerbed in de eroderende trajecten. Bij symptoombestrijding gaat het over het aanvullen van het tekort aan sediment door middel van (periodieke) suppleties. Het verloren sediment wordt periodiek kunstmatig aangevuld. In eerste instantie dient dit aangevulde materiaal zoveel mogelijk overeen te komen met het aanwezige sediment. Echter, er kan ook vergroving van de rivierbedding worden gerealiseerd om de bodem meer erosieresistent te maken. Daarbij veranderen de karakteristieken van de rivierbodem. Ook stoppen met onttrekken van sediment door terugstorten van zand en grind dat vrijkomt bij vaargeulonderhoud is een adequaat en noodzakelijk middel om de sedimenthuishouding te ondersteunen

De erosieve kracht uit het systeem halen is niet genoeg voor de erosieproblematiek op de Gemeenschappelijke Maas. In het zogenaamde erosiekuilentraject (rkm 28-40) is de grindlaag dun en daaronder bevinden zich fijne zanden. Door onregelmatige verruiming in het kader van de Maaswerken is in dit traject een flessenhals ontstaan. Tijdens het hoogwater in 2021 traden daardoor hoge stroomsnelheden (>5 m/s) op, die de grindlaag hebben opgebroken, waarna het fijne Tertiaire zand op ongeveer 16 plekken snel wegspoelde en erosiekuilen ontstonden, sommige tot 15 m diep. Aanvullend dient daarom de bodem op dit traject opgehoogd te worden met een grindlaag van mogelijk één tot twee meter dikte. Deze dient periodiek onderhouden te worden.

Een dergelijk traject met fijne zanden onder een dunne laag grind komt ook voor in de Peelhorstmaas (rkm 84-100). Op dit traject zijn nog geen erosiekuilen waargenomen. Verwacht wordt dat dit traject wel gevoelig is voor risico op gevaarlijke erosiekuilen bij hoogwater. Dit risico dient nader onderzocht te worden.

In het kader van de Maaswerken zijn drie zomerbedverdiepingen op de Maas uitgevoerd tussen de stuwen van Belfeld en Lith. Deze zomerbedverdiepingen verlagen hoogwaterstanden, maar verminderen ook de inundatiefrequentie van uiterwaarden. Om in belang van het ecologisch functioneren de verbinding tussen de rivier en uiterwaarden te verbeteren dient het onderhoud bij deze zomerbedverdiepingen stop gezet te worden. De zomerbedverdiepingen zullen langzaam (circa 100 jaar) vullen met sediment. De hieruit resulterende waterstandsverhoging kan worden gecompenseerd met rivierverruimende maatregelen in de uiterwaarden.

Op de delen van de Maas waar nu nog geen specifieke problematiek speelt op gebied van rivierbodemligging is het advies om gebaggerd zand (vaargeulonderhoud) terug te storten in de rivier op daarvoor geschikte locaties. Geadviseerd wordt om de sedimentpasseerbaarheid van de stuwen zoveel als mogelijk te optimaliseren als de kans zich daar voordoet bij vernieuwing of renovatie.

Op trajecten waar de rivierbodem hoger komt te liggen zullen de waterstanden wat hoger worden, wat de connectiviteit met de uiterwaarden zal verbeteren. De inundatiefrequentie van uiterwaarden neemt toe. Ook komt er meer morfodynamiek op de Gemeenschappelijke Maas en in de wat verdere toekomst ook op de Bedijkte Maas, hetgeen ook gunstig is voor de riviernatuur.

Onderzoeken

Lopende onderzoeken

- Onder BOA-rivieren 2024 en 2025 is totaal van onderzoeksvragen ten behoeve van morfologie en sedimenthuishouding Maas geformuleerd, met uitwerking door marktpartij binnen BOA.
- Onder BOA 2025 is geld en capaciteit gereserveerd voor uitvoering van deze onderzoeksvragen door RWS, Deltares en marktpartijen. Met daarin als prioritering: allereerst gewenste rivierbodemligging voor gehele Maas, met maakbaarheid en haalbaarheid specifiek op de Gemeenschappelijke Maas.

Ontbrekende kennis, nodig voor onderbouwing

- Met de lopende onderzoeken is de gehele onderzoeksvraag afgedekt.

5.3 Laagwaterafvoer Maas

Werkhypothese

Het doel van het Deltaprogramma Zoetwater is een robuuste zoetwaterbeschikbaarheid te realiseren in periodes van droogte en lage afvoeren, waarbij het systeem kan voorzien in de watervraag tijdens een droogte die in 2050 gemiddeld eens per 20 jaar voorkomt volgens het Stoomscenario. Er zijn veel functies en watergebruikers afhankelijk van voldoende (en kwalitatief schoon) Maaswater.

De werkhypothese is.

Werkhypothese laagwater Maas

Lage waterafvoeren zullen in de toekomst op de Maas vaker voorkomen en langer duren, met bijbehorende problematiek op gebied van zoetwaterbeschikbaarheid, en specifiek op het gebied van ecologie. Het aanvoeren van extra water naar de Maas in tijden van droogte is niet mogelijk. Het Deltaprogramma Zoetwater is in belangrijke mate leidend in de bepaling van beleidsbeslissingen en beleidskeuzes rondom laagwater en waterbeschikbaarheid.

Er zijn geen betekenisvolle mogelijkheden om met fysieke ingrepen in het rivierbed van de Maas voorzieningen te realiseren om voldoende water op te slaan, dat langere tijd beschikbaar is in tijden van langdurige droogte.

Bij vernieuwing of renovatie van de 7 Maasstuwen dienen de stuwen geschikt te worden gemaakt voor het nog verder opzetten van het stuwpeil.

Overwegingen en onderbouwing

De Maas is een typische regenrivier. In perioden van zeer langdurige droogte neemt het debiet van de rivier af tot een zeer geringe basisafvoer, waarbij minder dan 25 m^3/s Nederland binnenkomt bij Eijsden. Omdat Maaswater wordt gebruikt om kanalen te voeden, verliest de rivier bij waterschaarste relatief veel water via die route. Er is dan niet voldoende (schoon) zoetwater beschikbaar om alle functies die afhankelijk zijn van (schoon) zoetwater te bedienen. Het beschikbare rivierwater wordt dan volgens de afspraken in het Maasafvoerverdrag verdeeld tussen Nederland en België.

Het traject van de Gemeenschappelijke Maas is mede door het vrij afstromende karakter (ongestuwd) zeer kwetsbaar voor langdurige gebrek aan schoon zoetwater.

Afnemende wateraanvoer via de Maas is een groeiend probleem. Er zijn veel functies en watergebruikers afhankelijk van voldoende (en kwalitatief schoon) Maaswater, zoals scheepvaart, natuur, drinkwater, industrie, recreatie, landbouw, etc. Het Deltaprogramma Zoetwater buigt zich over dit vraagstuk. Watertekorten kunnen alleen worden voorkomen door de aanvoer te vergroten of de watervraag te verkleinen. Fysieke ingrepen in het riviersysteem zelf (andere rivierbodemligging, rivierverruiming) hebben hier geen significante invloed op. Eén maatregel is wel gewenst: als stuwen in de Maas worden gerenoveerd of vervangen dient het verder opzetten van de waterstanden mogelijk gemaakt te worden (variabel peilbeheer – creëren extra waterbuffer).

In het gehele stroomgebied van de Maas – in Nederland en bovenstrooms – zijn maatregelen denkbaar die water langer kunnen vasthouden en kunnen zorgen voor extra water in het droge seizoen. Voorbeelden zijn:

- Water vasthouden in hoofdwatersysteem en in het regionaal watersysteem.
- Verbruik verminderen.
- Waterbesparing op stuwen en sluizen (randvoorwaarde voor het programma V&R Stuwen Maas).
- Peilopzet gestuwde delen: voorbereiding en garanderen/borgen dat peilverhoging mogelijk is en blijft.

Dit zijn geen maatregelen die passen bij het programma Ruimte voor de Rivier 2.0.

Onderzoeken

Lopende onderzoeken

- DPZW-onderzoek.

Ontbrekende kennis, nodig voor onderbouwing

--

5.4 Hoogwater Maas - afvoer- en bergingscapaciteit

Werkhypothese

Door klimaatverandering zal de frequentie van extreem hoge afvoeren die via de Maas Nederland bereiken toenemen. De verwachting is dat piekafvoeren met ongeveer 20% zullen toenemen richting 2100. Door bedijking en door het afsluiten van overlaten is de vrijelijk door de Maas te benutten ruimte voor het bergen en afvoeren van hoogwater sterk in omvang afgenomen en deze ruimte neemt nog steeds verder af. Daardoor zullen de hoogwaterstanden toenemen en wordt het risico van lokaal ongewenste grootschalige ontgrondingen groter.

Het beleidsdoel is om voldoende capaciteit te realiseren om de hogere rivierafvoeren, die in de loop van deze eeuw verwacht worden, op te vangen en om ruimtelijke ontwikkelingen, natuur, bodemligging en overige opgaven te faciliteren.

De werkhypothese is:

Werkhypothese hoogwater afvoer- en bergingscapaciteit Maas

De Maas wordt zo ingericht dat de te verwachten toename van de extreme rivierafvoeren veilig kan worden afgevoerd. Op de lange termijn is er een voorkeur voor een inrichting waarbij de rivier bij hoge afvoeren zoveel ruimte heeft dat het debiet zo gelijkmatig mogelijk wordt afgevoerd zonder lokale opstuwing. Op korte termijn is een strategie met dijkverhogingen weliswaar het meest kosteneffectief, maar dijkverhoging is niet overal mogelijk (bijvoorbeeld in steden) en dit leidt op de langere termijn tot lock-ins of lock-outs (verruiming wordt onmogelijk door bebouwing), waardoor rivierbed verloren gaat voor de voorkeursstrategie voor de lange termijn. Daarom dienen voor de lange termijn ook nu al gebieden gereserveerd te worden voor rivierverruiming

Er is nu onvoldoende argumentatie om een generieke keuze tussen dijkverhoging en rivierverruiming (buiten en/of binnendijks) te maken. Daarom wordt ingezet op een gebiedsgerichte aanpak waarin hydraulische, ecologische en morfologische knelpunten worden opgelost en kansen voor rivierverruiming worden benut of voor de toekomst gereserveerd. Uiteindelijk vraagt dat een gerichte ruimtelijke strategie en keuze voor maatregelen die passen bij de lokale fysieke situatie.

Belangrijke principes bij de gebiedsgerichte aanpak:

- Houd bij alle maatregelen rekening met de (verre) toekomst. Dat betekent robuuste ingrepen, zodat er niet opnieuw een knelpunt ontstaat als de referentieafvoer verder toeneemt.
- Geen verdere achteruitgang van de beschikbare ruimte door het voorkomen van verdere versmalling van het winterbed (door bijvoorbeeld aanleg van meer dijken en/of bouwen in het winterbed). En voorkomen dat rivierverruiming (opnieuw) leidt tot hogere stroomsnelheden.
- Bij het oplossen van knelpunten (smalle delen van de rivier) bij voorkeur kiezen voor verruimen. Verruiming buitendijks uitvoeren waar mogelijk en waar het past in het DNA van de rivier en de ingreep bij voorkeur meerdere doelen dient. Verruiming binnendijks uitvoeren (of reserveren) indien de beschikbare buitendijkse ruimte onvoldoende is voor de lange termijn.
- Dijkverhoging bij voorkeur als sluitstuk als dat met het oog op hoogwaterbescherming nodig blijft, en waar verruiming geen oplossing biedt of fysiek niet mogelijk is.
- Geen zomerbedverdiepingen.
- Behoud van de bestaande topvervlakkingscapaciteit, bijvoorbeeld door dijkringen in de Maasvallei als onderdeel van het rivierbed te behouden.

Overwegingen en onderbouwing

De hoogwaterafvoer Maas zal als gevolg van klimaatverandering richting 2100 toenemen met naar ongeveer 20%. Dat veroorzaakt ook toename van de hoogwaterstanden als geen maatregelen worden genomen. Het huidige rivierbed van de Maas heeft over de gehele lengte in Nederland onvoldoende afvoer- en bergingscapaciteit om de in toekomst maximaal mogelijk geachte hoogwaterafvoer op een veilige manier af te voeren. Het tekort in afvoer- en bergingscapaciteit van de Maas manifesteert zich het sterkst op de Maastrajecten waar het rivierbed versmald is (de flessenhalzen).

De oorzaak is met name de afname van ruimte voor de Maas. Door bedijking en door het afsluiten van overlaten is de vrijelijk door de Maas te benutten ruimte voor het bergen en afvoeren van hoogwater sterk in omvang afgenomen en deze ruimte neemt nog steeds in omvang af.

In de IRM QuickScan (2020) over afvoercapaciteit is voor het zichtjaar 2050 in beeld gebracht wat de vraag naar waterstandsdaling voor de Maas is. Deze varieert per Maastraject. In de Maasvallei is de vraag naar waterstandsdaling gemiddeld tussen 20 en 48 cm. Op de Bedijkte Maas en verder benedenstrooms is die vraag gemiddeld 15 tot 17 cm. Lokaal zijn er grote uitschieters in de vraag naar waterstandsdaling. De fysieke uitgangspunten en het huidige ruimte gebruik variëren op de verschillende delen van de Maas. Daarom is een strategie in de tijd en een gebiedsgerichte aanpak nodig.

Een belangrijke maatregel om te hoge rivierwaterstanden te voorkomen is meer ruimte geven aan een rivier. Op grond van beschikbare kennis is er voldoende bekend met welk type fysieke maatregelen in het rivierbed de afvoer- en bergingscapaciteit vergroot kan worden. Het is belangrijk om verdere achteruitgang van de beschikbare ruimte door een verdere versmalling van het rivierbed te voorkomen. De lokale fysieke uitgangssituatie is bepalend voor welke mogelijkheden er zijn om met fysieke aanpassingen de ruimte voor de rivier te vergroten. Dit is in combinatie met het huidige ruimtegebruik ook bepalend voor de termijn waarop de (uiteindelijk) gewenste eindsituatie bereikt kan worden. Ook de mate waarin dijken/dijkversterking noodzakelijk is vergt een gebiedsspecifieke afweging. De keuzes voor de beste (meest gewenste) maatregelen moeten daarom op het daartoe best geëigende schaalniveau te gebeuren. Het dient te worden voorkomen dat nieuwe rivierverruimingen leiden tot het ontstaan van te hoge stroomsnelheden op trajecten die daar kwetsbaar voor zijn, zoals de Gemeenschappelijke Maas en de Peelhorstmaas. Verdiepen van het zomerbed mag hierbij niet ingezet worden als fysieke ingreep om het doorstroomprofiel te verruimen. Kortom, voor het behouden van afvoer- en bergingscapaciteit is structureel rivierbeheer nodig in combinatie met planologische borging.

Idealiter kan de rivier zich zo natuurlijk mogelijk gedragen en kan zelf bepalen welke ruimte zij kan innemen zonder dat er ‘iets ergs’ gebeurt. Het belangrijkste leidende principe is om bij de inrichting van het rivierbed te streven naar een zo gelijkmatig en zo breed mogelijk doorstroomprofiel bij hoogwater. Daarbij zijn een aantal principes belangrijk.

Verruim de nu bekende versmallingen in het rivierbed
Voor het verruimen van het doorstroomprofiel komen in eerste instantie de Maastrajecten in aanmerking die nu al bekend zijn als flessenhals in het huidige rivierbed. De voorkeursingreep voor de fysieke aanpassing in de ruimte is dan het terugleggen of verwijderen van de elementen die ervoor zorgen dat er een flessenhals is. Indien gewenst/noodzakelijk kan het doorstroomprofiel nog verder worden verruimd door aanvullend het aanwezige winterbed (passend) te verlagen (bijvoorbeeld geul of uiterwaardverlaging). Als het op korte termijn nog niet mogelijk of gewenst is om dit te realiseren dan dient er per flessenhals bekeken te worden of dat op langere termijn wel kan en wat er nu voor nodig is om het in de toekomst alsnog mogelijk te maken. Als binnendijkse rivierverruiming nu niet mogelijk is (maatschappelijk, economisch), maar in de toekomst naar verwachting wel wenselijk, maak dan wel een reservering en ontwikkel een strategie om de ruimte op (de lange) termijn wel beschikbaar te krijgen.

Topvervlakkingscapaciteit
Voor de Maasvallei is het belangrijk om de bestaande topvervlakkingscapaciteit te behouden. De variatie in moment van vollopen en meestromen van de verschillende uiterwaarden (bergingsgebieden) en dijkringen is belangrijk voor de demping en vertraging van de afvoergolf. Topvervlakking in de Maasvallei zorgt voor lagere hoogwaterstanden op de bedijkte Maas, en dus een aldaar lagere benodigde dijkhoogte om aan de waterveiligheidsnorm te voldoen. Vanwege het verschil in normering tussen de dijken in de Maasvallei en de dijken van de bedijkte Maas ligt het in de lijn der verwachting dat deze topvervlakkingscapaciteit in de toekomst behouden blijft.

De dijkringen in de Maasvallei maken bij extreem hoge afvoeren onderdeel uit van het fysieke riviersysteem (als de Maasafvoer maar hoog genoeg wordt, overstromen die dijken en neemt de Maas alsnog vanzelf de ruimte in die ze nodig heeft). Volgens de Beleidslijn Grote Rivieren maken deze gebieden geen onderdeel uit van het juridisch rivierbed.

Het samenvallen van hoge Maasafvoeren en hoge afvoeren vanuit zijvieren is vooral een aandachtspunt voor de zijrivieren zelf. De looptijd van een hoogwatergolf op de Maas is niet of nauwelijks nog te beïnvloeden met maatregelen in of langs het rivierbed van de Maas. Sturen op het niet optreden van samenvallen van de piekafvoeren in hoofd- en regionaal watersysteem is nagenoeg onmogelijk omdat in de praktijk ontelbaar vele variaties mogelijk zijn.

Bijkomende effecten
Verruimen van het doorstroomprofiel draagt ook bij aan verlagen van stroomsnelheden en het verminderen van de erosieve kracht van de rivier (vooral voor de Gemeenschappelijk Maas relevant).

Rivierverruiming biedt kansen voor natuur en ecologie. Verder beperkt het de benodigde verhoging van de dijken, wat landschappelijk en bij steden aantrekkelijk kan zijn. Dijkverhoging biedt deze meerwaarde niet.

Onderzoeken

Lopende onderzoeken
- Geen onderzoeken onder BOA-rivieren, wel ondersteunend onderzoek opgenomen ten behoeve van consortium afvoercapaciteit en ruimte. De Quick Scan BKL-reserveringen laat zien wat de waarde is van huidige reserveringen, en formuleert ook ideeën rond invulling van die reserveringen.
- De consortium-aanpak zou de uiteindelijk te realiseren afvoercapaciteit en de ruimteclaim moeten in vullen. En daarmee aangeven in hoeverre buitendijks en in hoeverre binnendijks verruiming te realiseren of te reserveren.
- Casussen Zuidelijk Maasdal en Vierwaarden zijn beide in de verkenningsfase, waarin alternatieven voor verruiming afvoercapaciteit buitendijks in beeld worden gebracht.

Ontbrekende kennis, nodig voor onderbouwing
- Er is nog geen betrouwbare kwantitatieve informatie waarmee de in toekomst maximaal benodigde afvoer- en bergingscapaciteit gedefinieerd kan worden. Daarom wordt voorlopig gebruik gemaakt van de uitkomsten van de QuickScan Afvoercapaciteit (2020) om een globale inschatting te krijgen van de omvang van het probleem (benodigde ruimte, uitgedrukt in benodigde waterstandsdaling voor faciliteren alle beleidskeuzes en rivierfuncties). Het vraagt een verder uitgewerkt beeld , verder onderbouwd vanuit opgaven/vragen vanuit verschillende functies.
- Uitkomst van gebiedsuitwerkingen helpt in de onderbouwing, als dat laat zien waar wat kan buitendijks, binnendijks, en waar dijkversterking de terugvalopties is.
- Geactualiseerd onderzoek naar de flessenhalzen, op basis van knikken in verhanglijnen, smalle delen of breedtebeeld van rivierbed, stroomlijnen, stroomsnelheden.
- Wat zijn de mogelijkheden van ‘uitsterfbeleid’ bij binnendijkse reserveringen (al toegepast in Vlaanderen).

5.5 Ecologisch functioneren Maas

Werkhypothese

De systeemcondities die nodig zijn voor een ecologisch gezond en robuust riviersysteem zijn in de Maas niet in voldoende mate aanwezig. Kortweg is er een gebrek aan ruimte, aan natuurlijke hydro- en morfodynamiek, aan voldoende schoon water, aan voldoende kwalitatief substraat, aan voldoende rust- en paaigebieden.

Door vele menselijk ingrepen in de afgelopen eeuwen zijn de rivieren steeds minder natuurlijk gaan functioneren. Bedijking, kanalisatie, bochtafsnijdingen, stuwen, verdieping, sedimentonttrekking hebben er voor gezorgd dat veel mechanismen die nodig zijn voor een goede riviernatuur sterk onder druk zijn gekomen. Er zijn grote verschillen tussen de verschillende Maastrajecten.

De werkhypothese is.

Werkhypothese ecologisch functioneren Maas

Ruimte voor de Rivier maakt gebruik van het ecologisch systeem voor het behalen van de doelen. Natuurlijke processen krijgen de ruimte, zodat het ecologisch functioneren verbetert, en planten en dieren voldoende leefgebied krijgen. Verbindingen in en om de rivier worden verbeterd in alle dimensies.

Strategie: Alle Ruimte voor de Rivier 2.0 ingrepen worden zo ontworpen dat ze optimaal passen in en bijdragen aan de versterking van het aanwezige landschapsecologische systeem. Bij iedere Ruimte voor de Rivier 2.0 ingreep laten we het gebied ecologisch beter achter.

Dit wordt bereikt door:
- Meer ruimte voor natuurlijke processen: hydrodynamiek, morfodynamiek, fysieke en mentale ruimte voor onzekerheid, met meer ruimte voor successie en cyclische verjonging.
- Realiseren hotspots (voor de Maas zijn dat de Biesbosch Rijn-Maasmonding en de Gemeenschappelijke Maas), onderling verbonden door groenblauwe corridors en stapstenen.
- Verbindingen verbeteren in het riviersysteem in alle dimensies.
  - Lateraal – binnendijks/buitendijks, winterbed/zomerbed, beekmonding/rivier.
  - Longitudinaal – vrije transportas voor organismen en organisch materiaal.
  - Verticaal - grondwater/kwelstromen binnendijks-buitendijks.

Overwegingen en onderbouwing

De maatregelen die nodig zijn voor de andere werkhypothesen hebben – mits goed uitgevoerd – een positieve uitwerking op de riviernatuur. Het is dan nodig dat ze worden uitgevoerd op een manier die de ruimte voor natuurlijke processen vergroot. De ontwikkeling naar een riviersysteem dat zoveel mogelijk is gebaseerd op natuurlijke processen is minder kwetsbaar voor onverwachte gebeurtenissen, vergt minder beheer- en onderhoudsinspanningen en levert een verbeterde ruimtelijke kwaliteit.

Voor voldoende ecologische kwaliteit van het rivierensysteem is de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) cruciaal. Hierin zijn de vijf sleutelfactoren van de PAGW voor herstel riviernatuur leidend (van Heusden et al., 2021; Figuur 6) Dit is verder uitgewerkt in een ecologisch perspectief voor 2050. Met de voorgestelde systeemaanpak gaan de rivieren weer substantieel bijdragen aan een gezond, veilig en een toekomstbestendig Nederland.

Dit betekent concreet dat bij knelpunten die opgelost kunnen worden met rivierverruiming, hieraan de voorkeur wordt gegeven. Ook moet het sediment en organisch materiaal altijd in het systeem gehouden worden, en moet de toestroom van nieuw sediment en organisch materiaal worden bevorderd.

De voorgestelde systeemaanpak werkt vanuit de abiotiek (‘DNA van de rivier’), die vormt het landschap en schept de voorwaarden voor natuur en duurzaam medegebruik. Het DNA is sturend wat betekent:
- Aansluiten bij kenmerken van de ondergrond zoals bodem en reliëf.
- Benutten systeemeigen processen van bijvoorbeeld water, zand en slib.
- Dit zorgt ervoor dat maatregelen met de natuur mee werken, en niet ertegen in.

- De uitwerking van de leidende principes en oplossingsrichtingen verschilt daarom per riviertak/hotspot.

Figuur 6 Vijf sleutelfactoren van PAGW

Bovenmaas en Gemeenschappelijke Maas
- De Gemeenschappelijke Maas is een hotspot van de PAGW en deels ook Natura 2000 gebied.
- De maatregelen voor de verbetering van het morfologisch evenwicht (werkhypothese bodemligging) en voor de werkhypothese afvoercapaciteit werken in de regel ook positief voor de riviernatuur. Ook het ontstenen van de oevers werkt positief.
- Het garanderen van een minimale afvoer van 10 m³/s over de Gemeenschappelijke Maas. Voor ecologie is dat een majeur probleem op de Gemeenschappelijke Maas. Afspraken hierover zijn vastgelegd in het Maas-afvoerverdrag tussen Vlaanderen en Nederland dat in 1995 in werking getreden is.

Plassenmaas en Zandmaas
- Bij de Zandmaas is grondwatergevoede kwel de belangrijkste sturende factor waar kwelgeulen en broekbossen van kunnen profiteren. Hier is enige fysieke ruimte voor nodig.
- Daar waar iets meer peilvariatie in de stuwvakken gerealiseerd kan worden, moet dat toegepast worden, maar echt grote kansen liggen hier niet.
- De ecologische verbinding met de hoge gelegen Maasduinengebied dient versterkt te worden.
- Voor het gehele traject is de aanleg van stuwpasserende geulen, voor allerlei soorten organismen en organische stoffen, is zeer belangrijk.
- Een verbinding tussen de beekmondingen en andere regionale watersystemen is belangrijk voor de uitwisseling van organische stoffen en organismen.

Bedijkte Maas
- Benut de oude Maasmeanders/hoefijzermeren bij rivierverruiming.
- Een duidelijke verbinding tussen zomerbed- en winterbed is hier belangrijk.

Getijdenmaas (Beneden Maas en Bergsche Maas)
- Benut kansen voor zoetwatergetijdennatuur aansluitend met de Biesbosch, in relatie met de PAGW Hotspot Biesbosch Rijn-Maasmonding.
- De aanleg van nevengeulen en hoogwatergeulen met ruimte voor de ontwikkeling van zandige oeverwallen is voor de Getijdenmaas essentieel. Hier moet meer ruimte gezocht worden.

Onderzoeken

Lopende onderzoeken

- BOA onderzoek Rivierecologie (LVVN opdrachtgever, uitvoering Wageningen Environmental Research):
  - Inzicht in corridors en stapstenen;
  - Kijkt ook naar mogelijkheden binnendijks.
  - Ecologisch functioneren rivieren, in 2024 ingevuld met veldstudie fauna.
- QuickScan ruimtevraag (LVVN opdrachtgever, uitvoering Wing):
  - Wat de ecologische opgave aan fysieke ruimte vraagt.

Ontbrekende kennis, nodig voor onderbouwing en uitwerking

- Vervolgvraag is wat de synergie is met de andere ruimteclaims --> integrale opgave. Hoeveel ruimte is sowieso al nodig voor wegnemen erosieve kracht en hoogwaterafvoer. En hoeveel meer is nog nodig voor ecologie?
- Ecologische monitoring suppleties, tijdelijke vs permanente effecten, wat zijn de optimalisatie kansen (van belang voor de werkhypothese rivierbodem).
- Kansenkaart natuur, waar wil je aan de slag, en wat ga je daar doen? (zit mogelijk al in vraag LVVN):
  - Afwegen bestaande natuur vs nieuw te realiseren natuur. Laag-dynamische wateren, geïsoleerde plassen, vs aantakken en soms onnatuurlijk hoge dynamiek
- Systeemanalyses (à la LESA light) opstellen voor alle riviertrajecten (al beschikbaar Gelderse Poort, Biesbosch Rijn-Maas monding, Gemeenschappelijke Maas, Vierwaarden, en IJssel-Vecht Delta):
  - Belang kwelstromen, verbinding regionale watersysteem, herstel beekmondingen als blauwe knooppunten, enz.
- Welke aanpassingen zijn nodig in onze kaders en richtlijnen (en onderliggend denken), om meer onzekerheid en dynamiek toe te staan (leven in een delta is kunnen omgaan met onzekerheid)?
- Potentie van Nature based Solutions in de ‘oplossingsruimte’ van RvdR2.0.
- Welke ruimte voor oplossingen wordt gecreëerd als alle landbouw verdwijnt uit de uiterwaarden (bijvoorbeeld ten opzichte van biodiversiteit, koppelen van natuur, verminderen van stikstofuitstoot, vergroten van ecosysteemdiensten, benutting van natuurlijk kapitaal)?

6 Integrale uitwerking werkhypothesen Maas

Integrale uitwerking van de werkhypothesen Maas

De hoofdoplossing voor de Maas is om de Maas meer ruimte te geven voor de natuurlijke processen van de rivier en zo veel mogelijk mét de natuurlijke rivier te werken. Hierbij wordt de rivier verruimd om een zo breed en gelijkmatig mogelijk profiel van de riviertakken te hebben, worden sedimentonttrekkingen en zomerbedverdiepingen gestopt en worden huidige zomerbedverdiepingen niet actief meer onderhouden. Dit wordt gecombineerd met een initiële grindsuppletie op de Gemeenschappelijke Maas en het niet verder ophogen van de dijken in de Maasvallei. Daarnaast wordt bij vervanging van de stuwen, de stuwen passeerbaar gemaakt voor vissen, sediment en organische stof en dient de mogelijkheid voor een flexibel peil gehanteerd te worden.

De Maas heeft meer ruimte nodig om de hoogwaterafvoeren veilig af te voeren, om de karakteristieke riviernatuur te ontwikkelen en de erosieve kracht uit het systeem te halen op de Gemeenschappelijke Maas en Peelhorstmaas. Op de lange termijn is er een voorkeur voor een inrichting van de rivier waarin het water bij hoge afvoeren zoveel ruimte heeft dat het debiet zo gelijkmatig mogelijk wordt afgevoerd zonder lokale opstuwing. Indien rivierverruiming niet mogelijk is, kan het aangevuld worden met dijkversterking op plekken waar veiligheidsnormen dit vereisen. Rivierverruiming biedt kansen voor het versterken en uitbreiden van de riviernatuur. Het is dan nodig dat de maatregelen worden uitgevoerd op een manier die de ruimte voor natuurlijke processen vergroot. Ook draagt verruiming bij aan verlagen van stroomsnelheden en het verminderen van de erosieve kracht van de rivier. Dit is specifiek van toepassing op de Gemeenschappelijke Maas en in de Peelhorstmaas (rkm 84-100). Op de kaart zijn deze locaties vertaald naar zoekgebieden waar rivierverruiming mogelijk nodig is.

De erosieve kracht uit het systeem halen is niet genoeg voor de erosieproblematiek op de Gemeenschappelijke Maas. De bodem van het erosiekuilentraject (rkm 28-40) dient initieel verhoogd te worden met een grindlaag van één tot twee meter dikte. De grindlaag vervangt de huidige grinddrempels en is een initiële suppletie. Deze dient periodiek onderhouden te worden.

Bovendien dient op de bevaarbare delen van de Maas de sedimentonttrekkingen stopgezet te worden. Het is de verwachting dat dit de erosie zal stoppen op de Maas. Het effect van het stoppen met onttrekkingen dient orde grootte 10 jaar gemonitord te worden. Als de bodem hierna niet stabiliseert, dient sediment te worden toegevoegd (Gemeenschappelijke Maas) of kracht uit het systeem te worden gehaald (benedenstroomse trajecten).

Daarnaast mag verdiepen van het zomerbed niet ingezet worden als fysieke ingreep om het doorstroomprofiel te verruimen. Ook worden de huidige drie zomerbedverdiepingen op de Maas (op de Zandmaas en Bedijkte Maas) niet actief meer onderhouden, waardoor deze langzaam (orde 100 jaar) vol lopen. Hierdoor zal de (hoog)waterstand langzaam toenemen. Dit herstelt de verbinding tussen de uiterwaard en hoofdgeul. Hogere hoogwaterstanden vragen een oplossing met een voorkeur voor verruiming rond deze locaties, waarbij vrijgekomen sediment kan worden gebruikt om de zomerbedverdiepingen versneld op te vullen. De locaties voor verruiming zijn ook aangegeven op de kaart.

De maatregelen die nodig zijn voor de andere werkhypothesen hebben – mits goed uitgevoerd – een positieve uitwerking op de riviernatuur. Naast deze maatregelen, die de ruimte voor natuurlijke processen vergroten krijgt de natuur een extra impuls door het realiseren van hotspots op strategische plekken. Voor de Maas zijn dat de Biesbosch Rijn-Maasmonding en de Gemeenschappelijke Maas. De hotspots worden onderling verbonden door groenblauwe corridors en stapstenen.

6.1 Meer ruimte voor de natuurlijke processen van de rivier

De Maas heeft meer ruimte nodig om de hoogwaterafvoeren veilig af te voeren. Het huidige rivierbed van de Maas heeft over de gehele lengte in Nederland onvoldoende afvoer- en bergingscapaciteit (= onvoldoende ruimte) om de in toekomst maximaal mogelijk geachte hoogwaterafvoer op een veilige manier af te voeren. Het tekort in afvoer- en bergingscapaciteit van de Maas manifesteert zich het sterkst op de Maastrajecten waar het rivierbed versmald is (de flessenhalzen).

Op de lange termijn is er een voorkeur voor een inrichting van de rivier waarin het water bij hoge afvoeren zoveel ruimte heeft dat het debiet zo gelijkmatig mogelijk wordt afgevoerd zonder lokale opstuwing. Door rivierverruiming wordt een zo breed en gelijkmatig mogelijk profiel van de riviertakken gerealiseerd. Indien rivierverruiming niet mogelijk is, kan het aangevuld worden met dijkversterking op plekken waar dit noodzakelijk is. Een strategie met alleen dijkversterking is op korte termijn weliswaar het meest kosteneffectief, maar zorgt uiteindelijk voor een lock-in en is op lange termijn dan ook niet wenselijk. Vandaar dat er een voorkeur is voor zo natuurlijk mogelijke oplossingen waarmee knelpunten worden opgelost en die meerdere doelen dienen. Als binnendijkse rivierverruiming nu niet mogelijk is (maatschappelijk, economisch), maar in de toekomst naar verwachting wel wenselijk, maak dan wel een reservering en ontwikkel een strategie om de ruimte op (de lange) termijn wel beschikbaar te krijgen.

Rivierverruiming biedt kansen voor het versterken en uitbreiden van de riviernatuur. Het is dan nodig dat de maatregelen worden uitgevoerd op een manier die de ruimte voor natuurlijke processen vergroot. Dit betekent meer ruimte voor dynamiek (hydro- en morfodynamiek) in de vorm van onder andere overstroming en doorstroming van uiterwaarden, ruimte en tijd voor natuurlijke successie en cyclische verjonging en fysieke en mentale ruimte voor onzekerheid. Door het systeem meer ruimte te geven voor deze processen, naast ruimte voor (hoog)water, wordt de rivier uit het ‘keurslijf’ gehaald. De ontwikkeling naar een riviersysteem dat zoveel mogelijk is gebaseerd op natuurlijke processen is minder kwetsbaar voor onverwachte gebeurtenissen, vergt minder beheer- en onderhoudsinspanningen en levert een verbeterde ruimtelijke kwaliteit.

Verruimen van het doorstroomprofiel draagt ook bij aan verlagen van stroomsnelheden en het verminderen van de erosieve kracht van de rivier. Dit is specifiek van toepassing op de Gemeenschappelijke Maas en in de Peelhorstmaas. Op de Gemeenschappelijke Maas is de erosietrend het grootste. Met rivierverruiming rondom de hydraulische knelpunten (flessenhalzen) dient de erosieve kracht uit het systeem gehaald te worden. Deze zijn gelegen bij Maastricht, Elsloo, Herbricht, Laak, Roosteren, Grevenbicht, Maaseik, Maasband-Berg, Wessem en Ohé. Een dergelijk traject met een groot risico op erosie is het traject in de Peelhorstmaas (rkm 84-100). Dit traject heeft fijne zanden onder een dunne laag grind. In dit traject komen nog geen erosiekuilen voor, maar is wel een risico op gevaarlijke erosiekuilen bij hoogwater en moet daarmee worden vermeden. Om dit te voorkomen is ook op deze locatie rivierverruiming noodzakelijk.

Daarnaast dienen de dijkhoogten in de Maasvallei na 2050 niet verder toe te nemen, tenzij een extra opgave voor de Bedijkte Maas geaccepteerd is. Dijkverhoging in Maasvallei vergroot namelijk de opgave voor Bedijkte Maas. De variatie in moment van vollopen en meestromen van de verschillende uiterwaarden en dijkringen is belangrijk voor de demping en vertraging van de afvoergolf, de zogenaamde topvervlakkingscapaciteit. Topvervlakking in de Maasvallei zorgt voor lagere hoogwaterstanden op de Bedijkte Maas, en dus een aldaar lagere benodigde dijkhoogte om aan de waterveiligheidsnorm te voldoen.

6.2 Initiële verhoging grindlaag Gemeenschappelijke Maas

De erosieve kracht uit het systeem halen is niet genoeg voor de erosieproblematiek op de Gemeenschappelijke Maas. De bodem van het erosiekuilentraject (rkm 28-40) dient initieel verhoogd te worden met een grindlaag van één tot twee meter dikte. In het zogenaamde erosiekuilentraject (rkm 28-40) is de grindlaag dun en daaronder bevinden zich fijne zanden. Door onregelmatige verruiming in het kader van de Maaswerken is in dit traject een flessenhals ontstaan. Tijdens het hoogwater traden daardoor hoge stroomsnelheden (>5 m/s) op, die de grindlaag hebben opgebroken, waarna het fijne Tertiaire zand op ongeveer 16 plekken snel wegspoelde en erosiekuilen ontstonden, sommige tot 15 m diep. Aanvullend dient daarom de bodem op dit traject opgehoogd te worden met een grindlaag van één tot twee meter dikte. De grindlaag vervangt de huidige grinddrempels en is een initiële suppletie. Deze dient periodiek onderhouden te worden.

6.3 Sedimentonttrekkingen uit het zomerbed stoppen

Op de bevaarbare delen van de Maas zijn de sedimentonttrekkingen één van de belangrijkste factoren die bijdragen aan de zomerbederosie. Door deze sedimentonttrekkingen te stoppen is de aanname dat de erosie stopt. Het effect van het stoppen met onttrekkingen dient orde grootte 10 jaar gemonitord te worden. Indien de bodem hierna niet stabiliseert, dient sediment te worden toegevoegd (Gemeenschappelijke Maas) of kracht uit het systeem te worden gehaald (benedenstroomse trajecten).

6.4 Geen nieuwe zomerbedverdiepingen. Huidige zomerbedverdiepingen niet actief onderhouden

Verdiepen van het zomerbed mag niet ingezet worden als fysieke ingreep om het doorstroomprofiel te verruimen. Zomerbedverdiepingen lossen dan wel (lokaal) waterveiligheidsproblemen op, door een verlaging van de waterstanden, maar vangen veel sediment op en zorgen voor een niet duurzame sedimenthuishouding. Bovendien verslechtert de verbinding tussen de uiterwaarden en hoofdgeul (overstroming en doorstroming van uiterwaarden) door de lage waterstanden. Het streven is dat het doorgaand sedimenttransport wordt behouden en de rivieren zodanig ingericht worden dat de baggerinspanning voor de instandhouding van de vaarweg zo beperkt mogelijk is.

Om de verbinding tussen de hoofdgeul en uiterwaarden te verbeteren worden de huidige zomerbedverdiepingen niet actief onderhouden, waardoor deze langzaam (orde 100 jaar) vol lopen. In het kader van de Maaswerken zijn drie zomerbedverdiepingen op de Maas uitgevoerd tussen de stuwen van Belfeld en Lith (Zandmaas en Bedijkte Maas). Door deze niet meer te onderhouden, lopen ze langzaam vol met sediment en zal de (hoog)waterstand langzaam toenemen. Het effect op hoogwaterstanden vraagt compensatie. Waar dit via rivierverruiming wordt ingevuld kan vrijgekomen sediment worden gebruikt om de zomerbedverdiepingen versneld op te vullen.

6.5 Maatregelen bij de vervanging van de stuwen

De Maasstuwen bereiken tussen 2028 en 2035 het einde van hun technische levensduur en dienen te worden vervangen. Hierbij dienen de stuwen passeerbaar gemaakt te worden voor vissen, sediment en organische stof. Ook dienen de stuwen de mogelijkheid te hebben tot peilopzet, waarbij een flexibel peil gehanteerd is. De uitgang hierbij is om een strategie te ontwikkelen die zowel voor waterbeschikbaarheid als voor natuur optimaal is.

6.6 Hotspot-gebieden verbonden door groenblauwe corridors en stapstenen

De maatregelen die nodig zijn voor de andere werkhypothesen hebben – mits goed uitgevoerd – een positieve uitwerking op de riviernatuur. Naast deze maatregelen, die de ruimte voor natuurlijke processen vergroten krijgt de natuur een extra impuls door het realiseren van hotspots op strategische plekken (Gelderse Poort, IJssel-Vechtdelta, Biesbosch Rijn-Maasmonding, Gemeenschappelijke Maas), die onderling verbonden worden door groenblauwe corridors en stapstenen.

7 Robuustheidstoets – extreme scenario's

De werkhypothesen zijn opgesteld bij de aannamen zoals in hoofdstuk 2 aangegeven. Dat zijn de reële verwachtingen voor de komende decades. Het is ook interessant om (kwalitatief) te beschouwen wat de situatie zou zijn als meer extreme scenario's zouden optreden. Zijn de werkhypothesen dan nog steeds goede oplossingen, of verandert de situatie dan zo ingrijpend dat andere keuzes aan de orde komen? We noemen dat de robuustheidstoets.

Gekeken is naar:
- De situatie waarbij in Duitsland en België wel ingrijpende maatregelen worden genomen.
  - Sterke toename van het watergebruik in droge periodes, waardoor nog lagere wateraanvoer via Rijn en Maas ons land binnenkomt.
  - Meer effectieve maatregelen tegen overstromingen, waardoor de hoogste wateraanvoer via de Rijn en Maas hoger wordt dan repectievelijk18.000 m³/sec en 3.800 m³/sec.
- De zeespiegel stijgt versnelt naar 2 m in 2100.
  - De riviermondingen blijven open, waardoor ook de waterstanden op de rivieren door opstuwing flink hoger worden en de zoutindringing toeneemt.
  - De riviermondingen worden afgesloten, hetgeen leidt tot de noodzaak van het bufferen en uitpompen van de rivierafvoer en minder zoutindringing.

Het is belangrijk te realiseren dat als de zeespiegelstijging op zo'n manier versnelt, er veel meer verandert in de wereld en in de Nederlandse maatschappij. Neerslagpatronen, temperatuur, leefbaarheid veranderen zo sterk dat een ingrijpend andere inrichting van Nederland waarschijnlijk is.

7.1 Waal

Lager laagwater
Bij dit extremer laag water wordt de afweging voor de werkhypothese niet echt anders, de extreme situaties komen alleen vaker voor. Op tijd een peil opzetten voor het IJsselmeer blijft de strategie. Daar wordt op gestuurd vanuit Deltaprogramma zoetwater. Eventueel kan via Nederrijn-Lek extra water naar het westen gaan om zoutindringing tegen te gaan. De druk om de Waal te versmallen wordt dan groter. Dan zijn er misschien meer argumenten voor ARK-route voor zoetwatervoorziening, waarbij Waal tot Tiel bevaarbaar blijft (als zeespiegel dan mee wil stijgen ....). Er zal goed gekeken (onderzocht) moeten worden wat de gevolgen voor de waterstanden benedenstrooms van Tiel zullen zijn

Als laagwater samengaat met hoge temperaturen, is verdamping ook een belangrijke verliespost voor water (voor IJsselmeer is de verdamping 90 m³/sec). Voor verdeling zoetwater ook rekening houden met de Waddenzee als estuarien systeem , dat zoetwater nodig heeft.

Bij extreem laag water staat de functie scheepvaart al enorm onder druk. Daar kan dan op dat moment niet op gestuurd worden. Dus probleem voor scheepvaart is dan nog groter. De werkhypothese laag water is het maximum dat realiseerbaar is. De keuzes in verdeling worden er niet anders van. We hebben nu nog wel de mogelijkheid om water via ARK of Driel te sturen.

Hoger hoogwater
De hoogwaterbeschermingsmaatregelen in Duitsland zorgen ervoor dat er meer water naar Nederland stroomt (topafvlakking vermindert). Het riviersysteem ontwerpen we nu op 18.000 m³/sec. Het stroomgebied van de Rijn kan 22.000 m³/sec produceren. De consequentie is dat er nog veel ingrijpender verruimingen nodig zijn dan nu voorzien, of de dijken moeten echt fors omhoog. De verruimingen die onder de huidige scenario's worden gedaan zijn geen-spijt-maatregelen. We kunnen het systeem nog oprekken met extra verruimingen, maar op een gegeven moment moet de Nederrijn-Lek meedoen. Enige optie is om dan om of de dijken te verhogen of te verleggen (dus er moet iets met de dijken gebeuren). De redenering betekent dat - als dijkverhoging aan de orde is – het verstandig is om gelijk te ontwerpen voor 20.000 m³/s. 22.000 m³/s lijkt ook op lange termijn een afvoer die bovennormatief en onwaarschijnlijk is. Een andere optie is om de meerlaagsveiligheid beter toe te passen. Duidelijk aangeven aan bewoners welk beschermingsniveau de dijken bieden, en ze voorbereiden op evacuatie. En qua ruimtelijke ordening tegengaan dat er grote woonwijken worden toegevoegd.

2 m zeespiegelstijging, open riviermondingen
De veronderstelling is een versnelde zeespiegelstijging naar 2 m rond het jaar 2100, terwijl de riviermondingen openblijven. Dat kan alleen met een systeemsprong aangepakt worden. Op de Benedenwaal kan dat niet met rivierverruiming omdat de verhoging van de waterstand een zee-invloed is. Daarom zijn hogere dijken nodig. Voor concrete uitwerking is nog onderzoek nodig.

Er zal ook een morfologisch effect zijn, al gaat dat langzaam (tijdschaal honderden jaren). De extra aanzanding zal tot aan Nijmegen reiken.

Zout water zal verder landinwaarts indringen. De in de werkhypothese voorgestelde verschuiving van de laagwaterverdeling zijn zodanig klein, dat het de impact van zeespiegelstijging niet kan tegenhouden. Terwijl we het IJsselmeer wel kunnen bedienen.

2 m zeespiegelstijging, gesloten riviermondingen
De veronderstelling is een versnelde zeespiegelstijging naar 2 m rond het jaar 2100, terwijl de riviermondingen gesloten worden. Gesloten mondingen kan effectief zijn om zout tegen te houden, waarbij er minder zoetwaterafvoer nodig is om de Nieuwe Waterweg zoet te houden. Voor scheepvaart zijn er dan wel grote ingrepen nodig om zoutindringing als gevolg van schutten beperkt te houden en overslag (zeevaart – binnenvaart) te behouden. Dit betekent grootschalige herinrichting van de Rotterdamse haven, met o.a. verondiepen van de Nieuwe Waterweg en wellicht nieuwe Maasvlaktes. Als de Nieuwe Waterweg wordt afgesloten vanuit waterveiligheid en er geen aanvullende ingrepen plaatsvinden om zoutindringing te beperken zal er een zoutlast blijven bestaan en blijft tegendruk nodig om dit tegen te houden.

7.2 Nederrijn en Lek

Lager laagwater
Ook bij dit scenario (nog minder water uit Duitsland) blijft het mogelijk/noodzakelijk om 25-30 m^3/s via Nederrijn-Lek af te voeren om waterkwaliteit en vistrek mogelijk te blijven maken. De werkhypothese verandert niet (robuuste oplossing). Wel is het misschien nodig om innamepunten voor drinkwater te verleggen.

Hoger hoogwater
Als Duitsland de dijken verhoogt en er komt heel veel meer afvoer via de Rijn (22.000 m^3/sec). Dan zijn veel ingrijpender verruimingen nodig dan nu voorzien, en kan Lek waarschijnlijk niet meer worden ontzien. Het wordt spannend bij Arnhem. Mogelijk blijft als enige oplossing dan de zogenaamde 'Vlaamse optie' over. Dat beteken bijvoorbeeld dat de woonwijk Malburgen geamoveerd zal moeten worden. Op de Lek (het stroomafwaartse deel) komen mogelijk toch dijkverleggingen of een geheel nieuwe riviertak naar het zuiden in beeld.

Of het ontzien van de Nederrijn-Lek ook bij nog hogere rivierafvoeren gewenst blijft, is vooral afhankelijk van de vraag hoe het Rijn-Maasmondgebied tegen die tijd wordt ingericht in respons op de stijgende zeespiegel, omdat dat de kenmerken van het ontvangende kombergingsgebied bepaalt. Wordt de Nieuwe Waterweg afgesloten? Worden de 5-eilanden rond Rotterdam verbonden? Dat wordt bepalend voor de vraag met welke zeer grootschalige, c.q. zeer ingrijpende maatregelen een afvoer van meer dan 20.000 m^3/s veilig naar zee kan worden geleid.

Bij open Rijn-Maasmonding is rivierverruiming veel minder effectief; dus daar kunnen we spijt van krijgen (terwijl we een korte-termijnprofijt willen hebben).

Bij gesloten kust schuift het overgangsgebied naar het westen, eventuele verruiming is dan langer effectief. Kombergingscapaciteit en/of pompcapaciteit wordt dan bepalend voor de beheersbaarheid van de waterstanden binnen de kust: Zeeuwse wateren aankoppelen en/of op land bergen (zie Rijn op Termijn of Kennisprogramma ZSS).

2 m zeespiegelstijging, open riviermondingen
De verzilting is dan niet buiten te houden. Verzilting tot ver op de Lek (tot stuw Hagestein). Inlaatpunten drinkwater moeten stroomopwaarts verplaatst worden.

2 m zeespiegelstijging, gesloten riviermondingen
De verzilting blijft beheersbaar. Een geringer debiet op Nederrijn-Lek mogelijk (langduriger, dus meer beschikbaar voor Waal en IJssel).

7.3 IJssel

Lager laagwater
Het blijft nodig om voldoende debiet over de IJssel te laten gaan dat nodig is voor peilbeheer (irreversibele gevolgen natuur, veen en kadestabiliteit). Scheepvaart kan zo nodig omvaren, of de sector houdt meer voorraad aan. Bereikbaarheid van de Twentekanalen wordt lastig/ onmogelijk. Mogelijk zijn ook schutbeperkingen bij de Afsluitdijk noodzakelijk. Alternatief is de innamepunten aan het IJsselmeer (Andijk) te verleggen.

Hoger hoogwater
Hogere afvoeren (22.000 m^3/sec) vragen om nog veel meer afvoercapaciteit, waaronder hogere dijken en meer binnendijkse ruimte. Mogelijk komt dan ook een shortcut via Oude IJsseldal of tussen Duiven en Zevenaar en door de Liemers, en vervolgens de hele westkant van de IJsselvallei (Rijn op Termijn). Kortom, de werkhypothese is in dit extremere geval niet voldoende, maar er komt geen spijt van wat al is gerealiseerd.

2 m zeespiegelstijging, open riviermondingen
Bij 2 m zeespiegelstijging zal het IJsselmeer gedeeltelijk meestijgen (maar ook deels pompen). IJsselmeer wordt belangrijker voor zoetwatervoorziening als Rijn-Maasmonding open is, dus willen we dan meer water naar het noorden sturen. Ten koste van scheepvaart Waal. Want drinkwater en peilbeheersing zijn belangrijker dan scheepvaart (grotere voorraden aanhouden door transport-afhankelijke sectoren).

2 m zeespiegelstijging, gesloten riviermondingen
Als Rijn-Maasmonding gesloten is, wordt het verziltingsprobleem beperkt, dus zijn er goede mogelijkheden voor de zoetwaterverdeling en is de werkhypothese robuust.

De dan gewenste hoogwaterafvoerverdeling is kwestie van afvoeren wat valt af te voeren. Verruiming stroomafwaarts (IJsseldelta) is niet meer effectief als het IJsselmeerpeil veel hoger wordt. De keuze voor een gewenste afvoerverdeling wordt mede bepaald door de berging en afvoercapaciteit benedenstrooms. Voor de IJssel ligt de sleutel in het IJsselmeer: meer pompen en/of (deels) meestijgen. Ook als het meestijgt, geen spijt van verruimingen meer stroomopwaarts, want die moeten toch.

7.4 Maas

Lager laagwater
In een extreem scenario wordt rekening gehouden met 30% minder wateraanvoer door klimaatverandering. Dat kan oplopen tot 50-60% minder wateraanvoer als gevolg van hoger watergebruik in België.

Minder wateraanvoer is voor de ecologie en de waterkwaliteit funest. De Maas wordt nog meer een stagnant systeem, snellere opwarming, slechtere waterkwaliteit. Ook grote gevolgen voor drinkwaterwinning (7 of 8 miljoen mensen afhankelijk van Maaswater voor drinkwater).

Een aanpak zou kunnen zijn: Doorstroomprofielen halveren? Iets hogere stroomsnelheden? Gestuwd gedeelte: versmallen?

Er is een beperkt handelingsperspectief. Mogelijkheden kunnen zijn:
- Waterverdeling aanpassen tussen Julianakanaal & Gemeenschappelijke Maas. Vanuit Julianakanaal meer water terugpompen.
- Ander stuwbeheer, waterberging, wateropslag (retentie).
- Stuwpeil opzetten voorafgaand aan laagwaterperiode door aanpassing stuwen. Peilopzet Julianakanaal.

De maatregelen opgenomen in de werkhypothese zijn no regret. Het handelingsperspectief is aanvullend.

Hoger hoogwater
De vraag of gekozen moet worden voor dijkverhoging versus rivierverruiming wordt pregnanter. Het principe van de werkhypothese gericht op maximaal lokaal maatwerk blijft van toepassing. Per traject bekijken wat haalbaar is in het kader van rivierverruiming en/of dijkversterking. Hoe hoger de afvoer, hoe meer ook binnendijkse ruimte noodzakelijk kan worden.

Vanwege zeespiegelstijging wordt rivierverruiming in het benedenstroomse deel van de Maas voor waterveiligheid steeds minder relevant. Wel voor andere functies.

2 m zeespiegelstijging, open riviermondingen
Het effect zeespiegel verder bovenstrooms merkbaar. De Maas tot Lith(?) wordt overgangsgebied. Rivierverruiming wordt minder effectief. Meer dijkverhoging zal nodig zijn naast de extra benodigde dijkverhoging door zeespiegelstijging.

Mogelijk ontstaat de noodzaak tot het bouwen van een gemaal bij Den Bosch, al kan nog lang onder vrij verval op de Maas worden geloosd.

2 m zeespiegelstijging, gesloten riviermondingen
De waterstand Maas gaat omhoog, gemaal Dommel bij Den Bosch lijkt no regret.

Colofon

WERKHYPOTHESEN RUIMTE VOOR DE RIVIER 2.0

KLANT
Rijkswaterstaat en DG Water en Bodem

AUTEUR
Harm Albert Zanting en Sophie van Rijn (editors)

PROJECTNUMMER
30237836

ONZE REFERENTIE
PY5A5TV4TVMY-2121233692-495:1.0

DATUM
12 december 2024

STATUS
Definitief

Over Arcadis

Arcadis is de leidende wereldwijd opererende datagedreven duurzame ontwerp-, advies- en consultancyorganisatie op het gebied van de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij zijn met 36.000 architecten, data-analisten, ingenieurs, projectplanners, water- en duurzaamheidexperts. Onze gedeelde passie is: Improving quality of life. Toewijding aan de strategie 'accelerating a planet positive future' onderschrijft onze wereldwijde samenwerking met klanten en hoe we hen helpen met duurzame projectkeuzes. We combineren digitale met mensgerichte innovaties en omarmen toekomstgerichte vaardigheden op het gebied van milieu, energie, water, gebouwen, transport en infrastructuur. We werken vanuit meer dan dertig landen en rapporteerden in 2023 een bruto omzet van 5 miljard euro. www.arcadis.com

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 220
3800 AE Amersfoort
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op Arcadis