WTR Ruimte voor de Rivier 2.0

Morfologie en Ecologie
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

13 maart 2026 - Internal

Contactpersoon

ARCADIS NEDERLAND B.V.

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 1018
5200 BA 's-Hertogenbosch
Nederland

Inhoudsopgave

1 Context 4

1.1 Hoofdvraag 4

1.2 Deelvragen 4

2 Oordeel wetenschappelijke panels 7

2.1 Hoofdvraag 7

2.1.1 Morfologie 7

2.1.2 Ecologie 8

2.2 Deelvraag 1 8

2.2.1 Morfologie 8

2.2.2 Ecologie 11

2.3 Deelvraag 2 12

2.3.1 Morfologie 12

2.3.2 Ecologie 13

2.4 Deelvraag 3 14

2.4.1 Morfologie 14

2.4.2 Ecologie 15

Colofon 20

1 Context

Het programma Ruimte voor de Rivier 2.0 (RvdR 2.0) richt zich op het toekomstbestendig maken van het Nederlandse rivierengebied en werkt aan twee centrale beleidsdoelen, zoals geformuleerd in het Programma onder de Omgevingswet Integraal Riviermanagement (POW-IRM, april 2025):

- **Rivierbodemligging en sedimenthuishouding**
  Het realiseren van een voldoende stabiele en beheerbare bodemligging van het zomerbed, die bijdraagt aan het herstel van de natuurlijke rivierdynamiek en zorgt voor een goede bevaarbaarheid en waterverdeling over Nederland bij lage rivierafvoeren.
- **Afvoercapaciteit en ruimte**
  Het waarborgen van voldoende capaciteit om de hogere rivierafvoeren, die in de loop van deze eeuw worden verwacht, op te vangen en tegelijkertijd ruimte te bieden aan ruimtelijke ontwikkelingen, natuur, bodemligging en overige opgaven.

In het kader van deze beleidsdoelen is de afgelopen jaren, binnen de programma's IRM en RvdR 2.0, onderzoek gedaan naar maatregelen waarmee de rivierbodemligging toekomstbestendig kan worden gemaakt en naar maatregelen ten behoeve van voldoende ruimte en afvoercapaciteit in de rivieren voor de hogere afvoeren. Begin februari 2026 zijn de conclusies uit deze onderzoeken ter oordeelsvorming aangeboden aan de stuurgroep van RvdR 2.0, vergezeld van een conceptadvies over de te nemen maatregelen.

Het Programma RvdR 2.0 kent een Begeleidingsgroep. Deze bewaakt en adviseert over de compleetheid en geschiktheid van de onderzoekresultaten als onderbouwing van de te nemen besluiten. Aanvullend daarop is het gewenst dat de kwaliteit van de onderzoeksresultaten ook wetenschappelijk wordt gevalideerd.

Voor deze wetenschappelijke validatie, zijn door het programmateam twee onafhankelijke Wetenschappelijke Panels samengesteld: één voor het thema morfologie en één voor het thema ecologie. De panelleden zijn afkomstig uit de relevante wetenschappelijke disciplines, zie bijlage B voor de samenstelling. Deze panels zijn gevraagd om op basis van de uitgevoerde onderzoeken en rapportages een oordeel te geven over de kwaliteit van de uitgevoerde onderzoeken met het oog op de onderbouwing van besluiten die in het programma RvdR 2.0 in het voorjaar van 2026 zullen worden genomen, zie bijlage A voor de beschouwde rapporten.

De toetsing vond plaats op basis van een hoofdvraag en drie deelvragen:

1.1 Hoofdvraag

Wordt met de onderzoeken onderbouwd dat de ingrepen in het riviersysteem naar voldoende redelijke verwachting de beoogde verbeteringen opleveren?

1.2 Deelvragen

1. Is de beschikbare kennis voldoende benut om de onderzoeksvragen te beantwoorden?
2. Welke onzekerheden resteren die van belang zijn bij het maken van beleidskeuzes en voor de verdere uitwerking van de maatregelen?
3. Welke kennis is er in de volgende fase van het programma nodig om de volgende besluiten te kunnen nemen en de maatregelen te kunnen uitwerken?

Voor beide panels zijn ook themaspecifieke vragen toegevoegd.

*V*oor het morfologiepanel zijn de meer specifieke vragen als volgt.

- Kan je op basis van de onderzoeksresultaten met voldoende zekerheid verwachten dat de voorgenomen maatregelen (aanleg van een meergeulenstelsel) de beoogde effecten op de bodemligging zullen hebben: stabiliseren en, indien mogelijk, ophogen van de bodem?
- Kan je op basis van de onderzoeksresultaten met voldoende zekerheid verwachten dat 'hand-aan-de-kraan-maatregelen" (bijvoorbeeld aanvullend suppleren) voldoende effectief zullen zijn om tijdens en na uitvoering van de hoofdmaatregelen eventuele ongewenste of onvoldoende effecten te corrigeren?
- Wat zou je moeten monitoren (meten) om de effectiviteit van de ingrepen te volgen en voldoende informatie te leveren om tijdig te kunnen bijstellen?
- Wat ontbreekt nog?

Voor het ecologiepanel zijn de meer specifieke vragen als volgt.

- Kan je op basis van de onderzoeksresultaten met voldoende zekerheid verwachten dat de voorgenomen maatregelen (aanleg van een meergeulenstelsel, ruimtereserveringen binnendijks) en de beoogde gevolgen (stabiliseren en ophogen bodemligging, meer ruimte voor de rivier) positief zullen bijdragen aan het bereiken van de ecologische doelstellingen?
- Kan je op basis van de onderzoeksresultaten met voldoende zekerheid verwachten dat de benodigde informatie aanwezig is (of zal zijn) om bij de uitwerking van de maatregelen (keuze van de gebieden, ontwerp van de nevengeulen, etc.,) de ecologische gevolgen en het bereiken van de ecologische doelen mee te nemen?
- Wat zou je moeten monitoren (meten) om de effectiviteit van de ingrepen te volgen en voldoende informatie te leveren om tijdig te kunnen bijstellen?
- Wat ontbreekt nog?

De panelgesprekken vonden plaats in januari 2026. In dit document zijn de belangrijkste de waarnemingen, reflecties en aandachtspunten van de panelleden opgenomen.

2 Oordeel wetenschappelijke panels

2.1 Hoofdvraag

Wordt met de onderzoeken onderbouwd dat de ingrepen in het riviersysteem naar voldoende redelijke verwachting de beoogde verbeteringen opleveren?

2.1.1 Morfologie

Rijn

De panelleden zijn – op basis van de uitgevoerde onderzoeken en hun eigen expertise – van mening dat de voorgenomen maatregelen, zoals het meergeulenstelsel en het suppleren van sediment, een veelbelovende oplossingsrichting is voor het stabiliseren van de bodemligging van de rivier, die nog wel verder moet worden onderzocht.

Het panel is van oordeel dat het onzeker blijft in hoeverre met deze maatregelen bodemerosie zal worden beperkt, gestopt of omgedraaid. Er is aanvullend onderzoek nodig om daarover meer zekerheid te verkrijgen, waarbij meerdere scenario's worden meegenomen. Een aantal aspecten verdienen in vervolgonderzoek nadere aandacht.

- De dynamiek van de splitsingspunten.
- Veranderingen in de tijd van de bovenstroomse sedimentaanvoer, zowel in hoeveelheid (afname), als in samenstelling.
- Verschillen in transportgradiënt voor verschillende korrelgroottes.
- Verandering in de tijd van de verfijning van bodemsediment in de langsrichting van de rivier.
- Veranderingen op langere termijn. In de onderzoeken is slechts 20 jaar vooruitgekeken.
- De invloed van de variatie van de bodemsamenstelling.
- De reactie van de bovenmonden van de nevengeulen.

Met betrekking tot de effectiviteit van maatregelen op de lange(re) termijn is het noodzakelijk om berekeningen die 50 of liever 100 jaar vooruitkijken toe te voegen. Ook gezien de tijdhorizon van Ruimte voor de Rivier 2.0, namelijk 2100, is dit verstanding. Daarnaast gaan klimaateffecten, zoals in onderzoek naar voren is gekomen, over enkele decennia de boventoon voeren boven de huidige ontwikkelingen en trends in bodemniveau. Berekeningen die 20 jaar vooruitkijken kunnen deze klimaateffecten daarom niet of onvoldoende in beeld brengen.

Het panel acht verdere diversificatie van modellengebruik (combinatie van 1D-, 2D-, 3D-, en fysieke modellering) en verbreding van de onderzoeksopzet noodzakelijk. Daarbij werd aangegeven dat waardevolle, reeds beschikbare onderzoeksresultaten nog niet volledig zijn benut in de huidige analyses (zie paragraaf 2.2.1).

Maas

De panelleden staan– op basis van de uitgevoerde onderzoeken en hun eigen expertise – grotendeels achter de uitgevoerde analyses en conclusies over de voorgenomen maatregelen, zoals de aanpak van de erosiekuilen. Er wordt benadrukt dat er gestreefd moet worden naar een ruimtelijk meer uniform doorstroomprofiel om erosiekuilen zoals bij het hoogwater van juli 2021 te voorkomen. Dit betekent de noodzaak tot verbreden bij flessenhalzen. Er wordt op gewezen dat in vervolgonderzoeken nog aandacht nodig is voor mogelijk andere risicolocaties, die nu nog niet in beeld zijn. Bijvoorbeeld in geval van andere hoogwatersituaties en/of als gevolg van uitgevoerde maatregelen.

Rijn en Maas

Het suppleren van sediment wordt door het panel als een ‘no regret’-maatregel beschouwd, mits deze wordt afgestemd op de actuele sedimentbalans en (langzaam vergrovende) samenstelling van het beddingsediment. Suppleren wordt gezien als een kortetermijnoplossing (symptoombestrijding) waarmee tijd gewonnen kan worden totdat een grootschalig herontwerp van het riviersysteem kan worden gerealiseerd. Overigens is het panel van oordeel dat suppleren praktisch en ecologisch minder gewenst is en een aanzienlijk (en langdurige, mogelijk permanente) inspanning zal vergen. De beschikbaarheid van voldoende sediment concurreert met de behoefte van bijvoorbeeld de bouwindustrie. De effectiviteit van deze maatregel wordt gezien als afhankelijk van goede monitoring en de mogelijkheid om tijdig bij te sturen.

Vanwege de grote natuurlijke fluctuaties in bodemligging en beddingsamenstelling is er een periode van meerdere jaren aan metingen nodig (minstens 5 jaar, maar liever 10 jaar) voordat een mogelijke positieve of negatieve impact van een maatregel goed kan worden beoordeeld. Dit maakt ingrijpen op basis van gemeten (on)gewenste trends in het veld heel lastig.

2.1.2 Ecologie

Het ecologiepanel is van mening dat de onderzoeken bijdragen aan de onderbouwing dat ruimtelijke maatregelen, zoals het aanleggen van een meergeulenstelsel en het reserveren van ruimte (zowel buitendijks als binnendijks), belangrijke randvoorwaarden zijn om ecologische doelen te bereiken. Hiervoor is naast het reserveren van ruimte ook een zorgvuldige inrichting van de gebieden nodig.

Het panel merkte op dat er nog geen directe, kwantitatieve doorvertaling beschikbaar is van de effectiviteit van de verschillende maatregelpakketten op het behalen van ecologische doelen, met name bij laagwater en in verschillende toekomstscenario's (ontwikkelingen in scheepvaart techniek, verbetering/verslechtering van sponswerking in de bovenstroomse inzijggebied, gelegen in het buitenland). Voor een beter ontwerp over hoe de verschillende ecologische doelen in het rivierengebied te verwezenlijken zijn, achten de panelleden het noodzakelijk om ecologische ontwerpprincipes expliciet te verwerken in het ontwerp van maatregelen. Dit vraagt om een verbeterde doorvertaling van de resultaten uit het themarapport Natuur.

De panelleden wijzen erop dat het belangrijk is dat niet alleen naar lokale effecten wordt gekeken, maar dat het effect van het lokale ontwerp altijd in de context van het gehele rivierensysteem bezien wordt. Het inrichten van het systeem met aandacht voor heterogeniteit, zowel in ruimte als in inrichting, wordt als een positief uitgangspunt gezien. Lokale variatie in inrichting kan bijdragen aan het realiseren van diverse ecologische functies en het vergroten van de ecologische veerkracht. Zo legt één van de panelleden uit: "*Als je overal hetzelfde ontwerp toepast, dan kan het zijn dat je bij laag water over het hele riviertraject stilstaand water hebt. Dat is ongewenst. Je kan dus de ecologische invulling niet per deelproject overlaten, je moet op een groter schaalniveau van de gehele rivier verschillende ontwerpen en doelen realiseren. Daarmee is het mogelijk om ook op systeemniveau de juiste dingen te realiseren.*"

De mate waarin de maatregelen succesvol zijn, hangt volgens de panelleden af van de uitvoering, waaronder inrichting, connectiviteit en waterkwaliteit, alsmede de mate waarin ecologische randvoorwaarden worden meegenomen in het ontwerp. Zo geeft één van de panelleden aan: "*Het verschil wordt echt gemaakt door de inrichting, dus het is fijn om nu mee te denken, maar we kunnen nu nog weinig zeggen over de winst.*" Een voorbeeld betreft de verschillende opties (langsdammen, oevergeulen, geulen door de uiterwaarde). Vanuit ecologisch oogpunt hebben geulen door de uiterwaarde de voorkeur (geen harde substraten, meer habitat diversiteit), maar dan is het van belang dat daar de doorstroming kan worden gegarandeerd, ook tijdens periodes met lage afvoer. Dat heeft consequenties voor hoe de instroomopening is gedimensioneerd. Huidige nevengeulen zijn vaak te voorzichtig ontworpen waardoor deze te weinig doorstroming kennen en de ecologische potentie niet wordt gerealiseerd.

2.2 Deelvraag 1

Is de beschikbare kennis voldoende benut om de onderzoeksvragen te beantwoorden?

2.2.1 Morfologie

De panelleden gaven aan dat de beschikbare kennis over hydrodynamica, morfologie en sedimentatie in de onderzoeken slechts deels is benut. Er is interdisciplinair gewerkt, waarbij inzichten uit verschillende disciplines zijn samengebracht.

Het panel mist onderzoek naar alternatieve systeemmaatregelen, zoals bovenstrooms water vasthouden. Zo geeft één van de panelleden aan: "*Er is heel nauw gekeken naar de mogelijkheden. Natuur-gebaseerde oplossing, zoals bufferen van watertoevoer vanuit het achterland, mede door natuurherstel[1], of een merensysteem, is ook een goede optie, die staat hier eigenlijk niet in. Internationaal is dit soms geen oplossing omdat je de natuurlijke stroming en sedimentatie onderbreekt, maar die is binnen de Maas in Nederland toch al niet aanwezig.*

[1] Bijvoorbeeld onderzoek van KU Leuven naar doorstroommoeras.

Onduidelijk waarom dit soort grote ingrepen niet worden meegenomen." Dit wordt ook bevestigd door het ecologiepanel en in het Syntheserapport BOA (p. 42-43, 67-68), waar wordt aangegeven dat deze alternatieven en hun potentiële effect op het riviersysteem nog nader onderzocht zouden moeten worden. Het panel mist onderzoek naar (en afweging van) meerdere alternatieven. Ook kunnen alternatieven nog in combinatie, bijvoorbeeld alternerend, worden toegepast. Daarnaast lijken onderliggende aannames van onveranderde functies de alternatieven te beperken, bijvoorbeeld ten aanzien van de scheepvaarttransitie en grondstoffengebruik.

De kennis uit praktijkprojecten en modellen is in de analyse goed toegepast. Toch noemen de panelleden dat aanvullende kennis het begrip verder kan vergroten, met name ten aanzien van de interactie tussen nevengeulen, bodemsamenstelling en sedimentbalans. Zo noemt ook één van de panelleden: "*Er wordt gesteld, dat de middenafvoeren bepalend zijn voor de morfologie. Dit is volgens mij niet een wetmatigheid, maar deze aanname zit wel door alle onderzoeken heen."* Een ander panellid geeft het volgende commentaar: *"Er zijn sterke aanwijzingen vanuit academisch onderzoek (Utrecht, Delft) dat de bovenstroomse aanvoer van sediment aanzienlijk afneemt met de tijd; dit zou de erosiemitigatie-opgave aanzienlijk groter maken dan in de meergeulenstudie in beeld is gebracht."*

Daarnaast is aangegeven dat relevante, reeds beschikbare onderzoeksresultaten, die het inzicht in inrichtingsmaatregelen kunnen vergroten, (nog) niet zijn benut. Dit geldt in het bijzonder voor onderzoeken naar langsdammen en splitsingspunten. Onderstaand enkele door de panelleden genoemde onderzoeken, die zijn uitgevoerd of nog bezig zijn.

- Barneveld, H., Frings, R., Melsen, L., & Hoitink, T. (2025). Hungry rivers—Insights from a sediment budget. Earth Surface Processes and Landforms, 50(14), Article e70196. https://doi.org/10.1002/esp.70196.
- Barneveld, H.J., Frings, R.M., Mosselman, E. et al. Extreme river flood exposes latent erosion risk. Nature 644, 391–397 (2025). https://doi.org/10.1038/s41586-025-09305-3.
- Berends, K. D., Gensen, M. R. A., Warmink, J. J., & Hulscher, S. J. M. H. (2021). Multidecadal Analysis of an Engineered River System Reveals Challenges for Model-Based Design of Human Interventions. CivilEng, 2(3), 580–598. https://doi.org/10.3390/civileng2030032 - Onderzoek naar respons van afvoerverdeling en waterstanden op ruwheidsveranderingen (MGS) en menselijke ingrepen bij splitsingspunten.
- Blom, A., Ylla Arbós, C., Chowdhury, M. K., Doelman, A., Rietkerk, M., & Schielen, R. M. J. (2024). Indications of ongoing tipping of a bifurcating river system. Geophysical Research Letters, 51(22), Article e2024GL111846. https://doi.org/10.1029/2024GL111846.
- Chowdhury, M. K., Blom, A., Ylla Arbós, C., Verbeek, M. C., Schropp, M. H. I., & Schielen, R. M. J. (2023). Semicentennial response of a bifurcation region in an engineered river to peak flows and human interventions. Water Resources Research, 59(2), Article e2022WR032741. https://doi.org/10.1029/2022WR032741.
- Chowdhury, M.K., Blom, A., Ylla Arbós, C. and Schielen R.M.J. Climate-change projections of flow distribution across the Rhine delta, J. Geophysical Research: Earth Surface, accepted.
- Czapiga, M. J., Blom, A., & Viparelli, E. (2022). Efficacy of longitudinal training walls to mitigate riverbed erosion. Water Resources Research, 58(7), Article e2022WR033072. https://doi.org/10.1029/2022WR033072.
- Czapiga, M. J., Blom, A., & Viparelli, E. (2022). Sediment nourishments to mitigate channel bed incision in engineered rivers. Journal of Hydraulic Engineering, 148(6), 04022015. https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001977.
- Czapiga, M.J., Blom, A. and Viparelli, E. Combined measures to mitigate channel bed erosion in engineered rivers, J. Hydraulic Engineering, Technical Paper HYENG-14654, under review.
- Deltares. (2023). Systeemwerking Maas en waterveiligheid: Correlatie piekafvoeren Maas en zijrivieren. Deltares-rapport 11208036. https://publications.deltares.nl/11208036_012.pdf.
- Eekhout, J. P. C. , Hoitink, A. J. F., de Brouwer, J. H., & Verdonschot, P. F. (2015). Morphological assessment of reconstructed lowland streams in the Netherlands. Advances in Water Resources, 81, 161-171. https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2014.10.008.
- Eekhout, J. P. C., & Hoitink, A. J. F. (2015). Chute cutoff as a morphological response to stream reconstruction: The possible role of backwater. Water Resources Research, 51(5), 3339-3352. https://doi.org/10.1002/2014WR016539.
- Frings, R. M., & Kleinhans, M. G. (2008). Complex variations in sediment transport at three large river bifurcations during discharge waves in the river Rhine. Sedimentology, 55(5), 1145–1171. https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2007.00940.x.
- Frings, R. M., Berbee, B. M., Erkens, G., Kleinhans, M. G., & Gouw, M. J. P. (2009). Human-induced changes in bed shear stress and bed grain size in the River Waal (The Netherlands) during the past 900 years. Earth Surface Processes and Landforms, 34(4), 503-514. https://doi.org/10.1002/esp.1746.

- Geertsema, T. J., Teuling, A. J., Uijlenhoet, R., Torfs, P. J. J. F., & Hoitink, A. J. F. (2018). Anatomy of simultaneous flood peaks at a lowland confluence. Hydrology and Earth System Sciences, 22(10), 5599-5613. https://doi.org/10.5194/hess-22-5599-2018.
- Gensen, M. R. A., Warmink, J. J., Huthoff, F., & Hulscher, S. J. M. H. (2021). Human interventions in a bifurcating river system: Numerical investigation and uncertainty assessment. Journal of Flood Risk Management. https://doi.org/10.1111/jfr3.12762 - Onderzoek naar respons van afvoerverdeling en waterstanden op ruwheidsveranderingen (MGS) en menselijke ingrepen bij splitsingspunten.
- Lokin, F. E. M., Gensen, M. R. A., Warmink, J. J., & Hulscher, S. J. M. H. (2022). River Dune Dynamics During Low Flows Geophysical Research Letters, 49(6), e2021GL097127. https://doi.org/10.1029/2021GL097127 - Onderzoek naar gedrag van onderwater rivierduinen door afvoervariaties in de Waal.
- Medina et al. (2026). Onderzoek van Medina et al. (2026) loopt nu tot 2029 naar de interactie tussen riverduinen en een meergeulensysteem case study in de Waal.
- Oldenhof, A., et al. (2026). Scour hole behaviour: A field study of the Dutch Rhine Delta Earth Surface Processes and Landforms. https://doi.org/10.1002/esp.70252 - Onderzoek naar het dynamische gedrag van erosiekuilen in de Waal en de condities waaronder deze kuilen groeien of krimpen bij hoogwater.
- de Ruijsscher, A., Paarlberg, A. J., Schielen, R. M. J., & Termes, A. P. P. (2020). Bed morphodynamics at the intake of a side channel controlled by sill geometr. Advances in Water Resources, 129, 103452. https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2019.103452 - Onderzoek naar 3D-stroom- en sedimentdynamiek nabij de inlaat van een nevengeul in de Waal.
- de Ruijsscher, A., Paarlberg, A. J., Schielen, R. M. J., & Termes, A. P. P. (2020). Diversion of flow and sediment toward a side channel separated from a river by a longitudinal training dam. Water Resources Research, 56(2), e2019WR026750. https://doi.org/10.1029/2019WR026750 - Onderzoek naar processen die stroompatronen en bodemmorfodynamiek bepalen bij de inlaat van een LTD-nevengeul in de Waal.
- Van Denderen, R. P., Schielen, R. M. J., Westerhof, S. G., Quartel, S., & Hulscher, S. J. M. H. (2019). Explaining artificial side channel dynamics using data analysis and model calculations. Geomorphology, 327, 93–110. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.10.016 - Onderzoek naar morfologische respons van nevengeulen.
- van Denderen, R. P., Kater, E., Jans, L. H., & Schielen, R. M. J. (2022). Disentangling changes in the river bed profile: The morphological impact of river interventions in a managed river. Geomorphology, 408, 108244. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2022.108244 - Onderzoek naar morfologische respons van nevengeulen.
- van Denderen, R. P., Schielen, R. M. J., Blom, A., Hulscher, S. J. M. H., & Kleinhans, M. G. (2018). Morphodynamic assessment of side channel systems using a simple one-dimensional bifurcation model and a comparison with aerial images. Earth Surface Processes and Landforms, 43(6), 1169-1182. https://doi.org/10.1002/esp.4267.
- Van Dijk, W. M., Schuurman, F., Van de Lageweg, W. I., & Kleinhans, M. G. (2014). Bifurcation instability and chute cutoff development in meandering gravel-bed rivers. Geomorphology, 213, 277-291. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.01.018.
- Verberk, W., & Kleinhans, M. G. (2023). Rivers2Morrow: Towards resilient multifunctional river landscapes. Rivers2Morrow project report. - Onderzoek naar veerkrachtige, multifunctionele rivierlandschappen in Rivers2Morrow-project, met focus op morfologie en adaptatie aan klimaatverandering.
- Ylla Arbós, C., Blom, A., Sloff, C. J., & Schielen, R. M. J. (2023). Centennial channel response to climate change in an engineered river. Geophysical Research Letters, 50(11), Article e2023GL103000. https://doi.org/10.1029/2023GL103000.
- Ylla Arbós, C., Blom, A., Viparelli, E., Reneerkens, M., Frings, R. M., & Schielen, R. M. J. (2021). River response to anthropogenic modification: Channel steepening and gravel front fading in an incising river. Geophysical Research Letters, 48(2), Article e2020GL091338. https://doi.org/10.1029/2020GL091338.
- Ylla Arbós, C., Blom, A., White, S. R., Patzwahl, R., & Schielen, R. M. J. (2024). Large-scale channel response to erosion-control measures. Water Resources Research, 60(3), Article e2023WR036603. https://doi.org/10.1029/2023WR036603.

Het beter benutten van deze kennis kan waardevolle informatie opleveren voor de uitvoeringsfase en de uiteindelijke keuzes.

Het panel is unaniem van mening dat deze aanvullende kennis naar verwachting niet zal leiden tot een andere beleidsrichting voor de Maas. Voor de Rijntakken wordt de voorgestelde beleidsrichting (het suppleren van sediment en de aanleg van een meergeulensysteem) als veelbelovend gezien, maar het is niet helemaal ondenkbaar dat een optimalisatie van maatregelen voor bodemligging, hoogwaterveiligheid, droogte en ecologie tot een alternatieve strategie kan leiden, bijvoorbeeld in de vorm van grootschalige bovenstroomse buffering met verdiepte overloopgebieden. De eerder uitgevoerde onderzoeken dienen in vervolgonderzoek betrokken te worden en kunnen een medebepalende rol spelen bij de uitwerking en optimalisatie van de maatregelen.

2.2.2 Ecologie

Voor ecologie merken de panelleden op dat de beleidsdoelen en relevante wetgeving, waaronder de Kaderrichtlijn Water (KRW) en de Europese natuurherstelverplichting, goed zijn meegenomen in de onderzoeksrapportages, met name in het Themarapport Natuur. Wel wordt opgemerkt dat er een duidelijkere koppeling kan worden gemaakt tussen de eisen van de KRW en het herstel van (rivier)kwelstromen[2] en watervegetatie, bijvoorbeeld in de nevengeulen. Zo noemt één van de panelleden: "*Er kan een duidelijkere koppeling worden gemaakt tussen KRW en het herstellen van de kwelstromen, die levert een positieve bijdrage aan de waterkwaliteit. Deze relatie wordt kort benoemd, maar dit kan nog duidelijker worden gekoppeld aan het KRW-vraagstuk, om zo de meerwaarde ook te vergroten.*"

De panelleden signaleren dat praktijkkennis en resultaten uit eerdere onderzoeken zijn gebruikt, maar wijzen erop dat de wetenschappelijke onderbouwing in de rapportages uitgebreider kan. Zij adviseren om meer gebruik te maken van en te verwijzen naar relevante wetenschappelijke literatuur.

Het rapport Natuur biedt volgens de panelleden een heldere analyse en beschrijving van de relevante ecologische principes. De vertaling van deze principes naar het ontwerp van alternatieven en de duiding van doelbereik en effecten is redelijk goed uitgewerkt in het Themarapport Natuur, maar ontbreekt vervolgens in de besluitennotitie. Daarin ontbreekt bijvoorbeeld in alle voorgelegde scenario's een expliciete uitwerking van de "30%-behoefte" voor robuuste natuur, zoals benoemd in het Themarapport Natuur. Zo geeft één van de panelleden aan: "*In de praktijk zal je zien dat je nooit op 100% komt door andere belangen. Je wil echter borgen dat de ecologische kwaliteit zo goed mogelijk wordt behouden dan wel herstelt. Daarvoor heeft het themarapport terecht een ondergrens van 30% benoemd. Het huidige cumulatieve riviernatuurareaal voor de Maas, Rijn en IJssel, zit op 6%. Echter zelfs in het meest ambitieuze scenario van de besluitennotitie kom je op 11%, dus nog steeds niet op die ondergrens van 30% voor robuuste natuur. Als je 30 procent als ondergrens van cumulatief areaal riviernatuur neemt, maar je hebt geen enkel scenario uitgewerkt waarin dat wordt gehaald, dan maak je het beleidsmatig onmogelijk om de ecologische doelstelling te halen (er is dan immers geen enkele keuze die vanuit ecologisch oogpunt voldoet, alleen minder slechte alternatieven).*

De relevantie van waterkwaliteit voor het behalen van de beoogde ecologische doelen is volgens de panelleden nog onvoldoende uitgewerkt en ontbreekt in het huidige maatregelenpakket. Waterkwaliteit wordt wel benoemd in de probleemanalyse, maar krijgt in de rapporten en in de uitwerking van maatregelen nauwelijks aandacht. Zo geeft één van de panelleden aan: "*Er wordt nu gekeken naar golfslag, diepte en stroomsnelheid. Zuurstof en temperatuur wordt ook bepaald door stroomsnelheid, diepte, nutriëntenbelasting en organisch materiaal bijvoorbeeld, daar kan je ook nog veel mee doen, door afzinkpunten. Die dimensie mist op dit moment in het onderzoek. Maar tegelijkertijd is een goede waterkwaliteit een essentiële randvoorwaarde om de ecologische doelen te bereiken.*"

Het panel waardeert dat er in de analyses en maatregelen wordt uitgegaan van robuuste ruimte voor natuur, in plaats van het sturen op specifieke soorten. Hierdoor blijven de maatregelen relevant, ook onder veranderende klimaatomstandigheden. Zo duidt één van de panelleden: "*Elegant dat er voor de areaalvariant is gekozen. De ruimte is dan ook beschikbaar voor eventuele andere soorten. Sterk dat er gesproken wordt over de robuuste systemen voor de toekomst, dat is belangrijk om later goede natuur beschikbaar te houden.*"

Het panel benadrukt dat ook voor het behalen van de ecologische doelen bovenstroomse maatregelen aanzienlijke potentie bieden. Een voorbeeld zoals ook bij morfologie benoemd, betreft het herstel van veengebieden in het stroomgebied om zo de sponswerking van het inzijggebied te herstellen. Het ecologiepanel adviseert om deze samenhang expliciet in de verdere rapportage en uitwerking mee te nemen.

[2] Het gaat hier om wat als rivierkwel wordt aangeduid. Door hoogteverschillen bij een rivier met bochten ontstaan er drukverschillen en kan er water in uiterwaarden uittreden vanuit de zijkant. We zien dit in de Millingerwaard, waar je wateren (eenzijdig aangetakte geulen/plassen) hebt die zeer helder zijn door dat het rivierwater daar doorstroomd via zandige pakketten en daarbij dus ook gefilterd wordt.

2.3 Deelvraag 2

Welke onzekerheden resteren die van belang zijn bij het maken van beleidskeuzes en voor de verdere uitwerking van de maatregelen?

2.3.1 Morfologie

De panelleden benoemen onderstaande punten die in hun ogen medebepalend zijn om de gevolgen van de voorgestelde maatregelen adequaat te kunnen voorspellen.

- De effecten van oevergeulen (achter langsdammen) op de bodemligging is beter te voorspellen dan de effecten van nevengeulen in de uiterwaarden. De panelleden komen niet geheel tot een eensluidend oordeel over de voorspelbaarheid van nevengeulen in de uiterwaarden. Het ligt voor de hand om met inzet van alle denkbare onderzoeksmethoden (1D, 2D, 3D en fysieke modellen, aangevuld met praktijkobservaties en expertoordelen) de te verwachten effecten zo goed mogelijk te benaderen.
- Er is onzekerheid over het sedimenttransport, met name in relatie tot te verwachten veranderingen in de sedimentsamenstelling. De panelleden signaleren dat het sediment in de rivier steeds grover wordt onder andere door erosie, veranderde afvoeren en vermindering van de aanvoer van fijn materiaal. De uitgevoerde onderzoeken, modellen en praktijkervaringen geven geen volledig beeld van hoe deze verandering in samenstelling het transportproces en de bodemligging op lange termijn beïnvloeden. Zo geeft één van de panelleden aan: “De transportgradiënt-gedachte is een hele statische conceptuele denklijn. Daar wordt aangenomen dat de aanvoer constant is, maar deze neemt af in de tijd. Deze analyse gaat voorbij aan het feit dat de totale gradiënt in het totaaltransport op enig moment 0 kan zijn, maar dat de gradiënt in het transport van bijvoorbeeld grof zand en grind ongelijk is aan 0.” Dat betekent dat het teniet doen van de gradiënt in het totale sedimenttransport nog geen garantie is dat de bodemerosie wordt gemitigeerd (zie ook Syntheserapport BOA, p. 42-43).
- Onzekerheid over de langetermijndynamiek van het riviersysteem: de studie van het meergeulensysteem is tot nu toe beperkt tot een periode van 20 jaar. Hierdoor blijven de dynamiek op het splitsingspunt, de gevolgen van klimaatverandering en de respons op extremere scenario’s nog buiten beeld. Aanbevolen wordt om een langere periode te modeleren, het liefst met 100/150 jaar, ook omdat de maatregelen voor een langere tijd invloed gaan hebben op het rivierverloop.
- Er is onzekerheid over bodemsamenstelling. Voor de nevengeulen in de Rijntakken is dit medebepalend voor, de interacties tussen nevengeulen en het ontstaan van erosiekuilen bij de in- en uitstroompunten van de nevengeulen. De panelleden geven aan dat er nog onvoldoende onderzoek is gedaan naar de precieze bodemsamenstelling op verschillende locaties. Dit maakt het lastig om te voorspellen waar erosie zal optreden en hoe snel kuilen zich zullen ontwikkelen of vullen. De interacties tussen nevengeulen en het hoofdbed, zoals uitwisseling van water en sediment, zijn complex en verdienen nog nader onderzoek, evenals de stabiliteit van de bovenmonden van nevengeulen als deze op bij de natuurwaarden passende wijze (niet in beton) worden aangelegd. Deze aspecten zijn nog onvoldoende onderzocht, waardoor de effectiviteit van maatregelen op systeemniveau nog lastig te voorspellen is. Deze conclusie wordt ook beaamd in het Syntheserapport BOA, p. 67-68.
- Ook voor de voorspelling van de kuilvulling op de Maas is de bodemsamenstelling van belang. Het effect van kuilvulling (hoe snel, met welk soort sediment, en of het leidt tot een stabiele bodem) is nog niet goed in beeld gebracht. Dit wordt zowel door modellen als in veldmetingen onvoldoende weergegeven.
- Modelonzekerheden blijven bestaan. Door het gebruik van puur 2D-modellen, mist er diepgang die zou kunnen worden bereikt met het gebruik van verschillende type modellen. Daarnaast geeft de tijdshorizon van 20 jaar extra onzekerheid over de effectiviteit van het meergeulensysteem om bodemdaling te voorkomen.
- Volgens sommige van de panelleden is er een onvolledig beeld van eventuele risicolocaties, vooral benedenstroomse gebieden en bij andere hoogwaterdynamieken dan het geval was in 2021. Dit kan gevolgen hebben voor de effectiviteit en veiligheid van de voorgestelde maatregelen. Echter geeft één van de panelleden ook aan dat in de Maas: “In de bredere kuilen is grover materiaal gelegd, dus het systeem ligt er nu veiliger bij dan bij het event in 2021. Dit event heeft ons precies de zwakke plekken laten zien.” Het is dus onzeker of alle zwakke plekken in het systeem voldoende in beeld zijn.
- De precieze effectiviteit van suppleren is onzeker. Om daar meer grip op te krijgen is monitoring en tijdige bijsturing noodzakelijk. Zonder voldoende monitoring bestaat het risico dat de maatregel niet het gewenste effect heeft of dat bijsturing te laat plaatsvindt (zie ook opmerking over monitoring in 2.3.1).
- Het is belangrijk om de invloed van zeespiegelstijging op de waterverdeling over de Rijntakken niet separaat te analyseren van de ontwikkeling van de morfologie; zonder morfologische aanpassing wordt de impact van zeespiegelstijging op de waterverdeling over de Rijntakken onderschat. Problemen van insnijding, veranderende extreme afvoeren door klimaatverandering en zeespiegelstijging moeten gelijktijdig worden geadresseerd.

Daarnaast benoemt het panel dat aspecten als circulaire economie, grondstoffengebruik en carbon footprint nog niet expliciet zijn meegenomen in de analyses. Ook wordt aangegeven dat kostenafwegingen en het koppelen van doelen aan combinatiemaatregelen in de uitwerking nog verder kunnen worden versterkt. Het ontbreken van deze afwegingen kan leiden tot onzekerheid in de uiteindelijke effectiviteit en maatschappelijke acceptatie van de maatregelen.

2.3.2 Ecologie

Ook het ecologiepanel benoemt een aantal resterende onzekerheden.

- Te weinig zoekruimte: als alle hectares worden opgeteld die gereserveerd kunnen worden komen we nog niet in de buurt van 30% van het oorspronkelijke areaal. Dus er zou opnieuw, breder moeten worden gekeken naar ruimte reserveringen.
- Onderzoek dat is uitgevoerd is grotendeels kennismontage. Daadwerkelijk onderzoek is wat anders. Een voorbeeld zou zijn om de studie van Straatsma te herhalen en zo te onderzoeken wat RvdR 1.0 heeft opgeleverd, maar nu op langere termijn. Dit is slechts een voorbeeld, maar meer daadwerkelijk onderzoek zou handig zijn, ook om de effecten beter te kunnen doorrekenen.
- De effectiviteit van de maatregelen bij laagwater en zomersituaties is nog niet voldoende onderzocht om zekerheid te hebben over de effectiviteit. Zo benoemt één van de panelleden: “De effectiviteit van maatregelen bij laagwater en zomersituaties is onvoldoende onderzocht. Het borgen van voldoende doorstroming van de hoofdgeul en van nevengeulen ook bij laag water, is ook van belang voor de waterkwaliteit”. De meeste effectstudies en modelberekeningen in de onderzoeken richten zich op hoogwater (overstromingen, waterveiligheid) en minder op laagwaterperiodes. Daardoor is nog niet goed onderzocht (doorgerekend) wat de impact van maatregelen is als het waterpeil langdurig laag is. Dit geldt met name voor de doorstroming, die essentieel is voor waterkwaliteit en het functioneren van ecologische systemen. Bij opwarming van het water kan er namelijk zuurstoftekort en accumulatie van verontreinigingen plaatsvinden. Doordat dit niet of nauwelijks is meegenomen, en omdat de waterkwaliteit een belangrijke ecologische randvoorwaarde is, geeft het panel aan dat er onzekerheid is over het daadwerkelijke ecologische effect van de maatregelen in de kritische laagwaterperiodes.
- Waterkwaliteit is een belangrijke voorwaarde voor het ontwikkelen en behouden van ecologische kwaliteit. Zo benoemt één van de panelleden: “Waterkwaliteit is een randvoorwaarde, we hebben te maken met het effect van nieuwe stoffen, methaanuitstoot, connectiviteit voor migrerende soorten. Als de waterkwaliteit niet voldoende is dan werkt een deel van de maatregelen onvoldoende.” Het belang van waterkwaliteit wordt ook in het Themarapport Natuur (pag. 60-61) erkend en gezien als bepalend voor het effect van sommige maatregelen. Wanneer de waterkwaliteit niet voldoende is, kan een deel van de maatregelen, zoals de grindbakken in de Gemeenschappelijke Maas, onvoldoende functioneren. Er is nog onzekerheid over het effect van nieuwe stoffen, methaanuitstoot en de connectiviteit voor migrerende soorten.
  - Nieuwe stoffen kunnen schadelijk zijn voor flora en fauna, echter is het nu vaak onduidelijk hoe deze stoffen het ecosysteem beïnvloeden.
  - Het aanleggen of uitbreiden van natte gebieden kan leiden tot een toename van de methaanuitstoot en draagt hierdoor bij aan klimaatverandering. Methaanproductie vindt vooral plaats onder zuurstofloze condities, bijvoorbeeld in het sediment. Ondiepe, stilstaande wateren met veel makkelijk afbreekbaar organisch materiaal zijn bekende methaanhotspots. Er is nog weinig bekend over welke maatregelen de methaanuitstoot kunnen doen verminderen en wat dit betekent in relatie tot de andere doelen/functies van het (eco)systeem.
  - Wanneer ecologische verbindingen tussen wateren (zoals nevengeulen, hoofdgeul en uiterwaarden) onvoldoende zijn, kunnen migrerende soorten worden geblokkeerd of beperkt in hun beweging. Dit kan leiden tot populatieverlies of het verdwijnen van soorten uit het systeem. Een goed verbonden systeem zorgt ervoor dat migrerende soorten toegang hebben tot verschillende habitats. Maar als de waterkwaliteit in delen van het systeem slecht is (bijvoorbeeld door verontreiniging, zuurstoftekort, hoge methaanconcentraties), dan kunnen deze soorten alsnog niet optimaal gebruik maken van de beschikbare routes en leefgebieden.
- De uitwerking van de ecologische analyses baseert zich op het feit dat bodemdaling stopt. Omdat dit nog niet zeker is, kunnen de conclusies voor ecologie veranderen indien bodemdaling doorzet.
- Er is onzekerheid over het behalen van ecologische doelen op lange termijn, zoals biodiversiteit, KRW- en Natura2000-doelen bij verschillende scenario’s. De panelleden merken op dat er in de onderzoeken nog geen rekenregels of modellen beschikbaar of ontwikkeld zijn voor de ecologische opbrengst per maatregelvariant. Daardoor is het lastig om te voorspellen of (en wanneer) de wettelijke doelen worden gehaald, zeker bij verschillende scenario’s voor klimaatverandering, waterstanden, of ruimtelijke ontwikkelingen.
- De bandbreedte van ecologische doelen en de onzekerheden in het behalen ervan worden niet altijd expliciet gemaakt in de rapportages. Ook dit wordt in het Themarapport Natuur (pag. 90-91) benoemd: de onzekerheden in

het behalen van ecologische doelen zijn onvoldoende gekwantificeerd, en dit maakt het moeilijk om de effectiviteit van het beleid te beoordelen. In de rapportages is vaak niet duidelijk aangegeven:
  – Wat zijn de minimale, gemiddelde en maximale verwachte uitkomsten?
  – Hoe groot is de onzekerheid rondom deze doelen?
  – Welke factoren beïnvloeden de kans op het behalen van doelen?
- Kostenafwegingen en het koppelen van ecologische doelen aan combinatiemaatregelen zijn nog niet volledig meegenomen in de huidige uitwerking. In het huidige onderzoek is wel gerekend met kosten van individuele maatregelen, maar zijn deze niet volledig gekoppeld aan de bredere ecologische baten of doelen. Door ecologische doelen en kosten niet volledig te koppelen aan combinatiemaatregelen, is het lastig om te beoordelen welke maatregelen het meest kosteneffectief zijn. Dit geeft onzekerheid over de haalbaarheid (kunnen de maatregelen binnen het beschikbare budget worden gerealiseerd?) en effectiviteit (leiden ze daadwerkelijk tot de gewenste natuur- en waterveiligheidsresultaten?) van de maatregelen.
- Monitoring van ecologische effecten, zoals waterkwaliteit, vegetatieontwikkeling en biodiversiteit, wordt als essentieel gezien om de voortgang richting ecologische doelen te kunnen volgen en bij te sturen. Het ontbreken van een uitgewerkt monitoringsplan leidt tot onzekerheid over het tijdig kunnen bijsturen. Daarnaast is er veel data verzameld, maar verzamelen/monitoren levert geen inzicht, dat ontstaat pas na (grondige) analyse van de gegevens (=onderzoek).

2.4 Deelvraag 3

Welke kennis is er in de volgende fase van het programma nodig om de volgende besluiten te kunnen nemen en de maatregelen te kunnen uitwerken?

2.4.1 Morfologie

Het panel beveelt aan om aanvullend onderzoek te doen waarin de variatie in de tijd van de sedimentaanvoer (nu is een statische transportgradiënt aangenomen) en de variatie in de korrelgrootteverdeling wordt meegenomen in meerdere langjarige scenario's.

Daarnaast beveelt het panel aan om ook alternatieve systeemmaatregelen te overwegen en te onderzoeken, zoals bovenstrooms bufferen en het creëren van extra ruimte in binnendijkse gebieden. Deze alternatieven zijn tot nu toe slechts beperkt doorgerekend, terwijl ze potentie hebben om het riviersysteem veel robuuster te maken[3]. Dit sluit aan bij Syntheserapport BOA, p. 42-43, 67-68. Het combineren en valideren van fysische en numerieke modellen (1D, 2D, 3D) wordt als essentieel gezien. In de beoordeelde onderzoeken is vooral gerekend met 2D-modellen. Dat levert beperkingen op voor het doorrekenen van een groot aantal alternatieve scenario's en maatregelen en voor analyse van gevolgen op de lange termijn (100-150 jaar). Het panel adviseert om met 1D-modellen (hybride 1D/2D-modellen waar nodig), langetermijnanalyses en een grotere variatie aan alternatieven te beschouwen. Op grond van resultaten kunnen veelbelovende alternatieven, inclusief complexe punten als splitsingspunten en openingen, met 2D- of zelfs 3D-modellen worden geanalyseerd. Aan te vullen met laboratoriumexperimenten en met metingen in de ondergrond van de rivier om het fysisch begrip te vergroten. Zo geeft ook één van de panelleden aan: *“We hebben de langsdammenoptie veel beter in de vingers dan de nevengeulen door de uiterwaarden. Daar hebben we nog onvoldoende inzicht.”* Modelstudies kunnen het begrip vergroten en expertinschattingen onder onzekerheid verbeteren. Panelleden hebben niet in alle gevallen gelijke opvattingen over welke modellen het beste kunnen worden ingezet voor welke analyse. Voor het definiëren van vervolgonderzoek lijkt nader (wetenschappelijk en praktisch) debat noodzakelijk.

Er zal nader onderzoek nodig zijn naar erosiemitigatie (bovenstroomse en benedenstroomse zijde van de maatregel) en de kansen die alternerende maatregelen daarin kunnen bieden.

[3] Het creëren van ruime bovenstroomse overloopgebieden is eerder overwogen, en zeer kort door de bocht verworpen. Er lijkt één ontwerp zeer schetsmatig doorgerekend, sterk uitgaand van de huidige maaiveldhoogtes. Hoe hoger de maaiveldhoogte van een overloopgebied, hoe minder effectief de bufferende werking is. Gezien (1) de suppletiebehoefte van het huidige systeem, (2) de zandtekorten in brede zin (een steeds nijpender wordend, mondiaal probleem), en (3) de omvang van de problemen van insnijding en klimaatverandering, worden grootschalig afgravingen een reële optie. Die afgravingen zijn effectiever als ze verder bovenstrooms plaatsvinden. Er is een kennislacune rond het effectief bovenstrooms bufferen van afvoeren van Rijnwater, wat óók soelaas kan bieden aan problemen met droogte.

Er is behoefte aan een volledig beeld van risicolocaties, bijvoorbeeld voor dijken, bovenmonden van nevengeulen, erosiekuilen en andere kwetsbare plekken. Niet alleen gebaseerd op het hoogwater van 2021 voor de Maas.

Daarnaast wordt door het panel geadviseerd om de onderhoudsverplichting en kosten voor verschillende opties (langsdammen, oevergeulen, geulen door de uiterwaarde) systematisch in beeld te brengen, evenals de kosten van niet-handelen (zoals schade door erosie en het niet behalen van ecologische doelen).

Ook wordt aanbevolen om de voor- en nadelen van alternerende maatregelen te beschouwen. Zo gaf één van de panelleden aan: *"Kortere langsdamtrajecten (3x 20 km met steeds 10km tussenruimte) mitigeren meer erosie dan een serie langsdammen over 80 km lengte."*

Monitoring wordt gezien als een cruciaal onderdeel van het vervolgtraject. Zo geeft één van de panelleden aan: "*De effectiviteit van suppletie hangt af van monitoring en tijdige bijsturing."* De panelleden benadrukken dat monitoring en adaptief beheer essentieel zijn om tijdig te kunnen bijsturen en om te leren van de praktijkresultaten, al zal een lange monitoringsperiode (5-10 jaar) nodig zijn om een goed begrip te krijgen over de gevolgen van de maatregelen. Dit betreft:

- De effectiviteit van maatregelen (o.a. op splitsingspunten, sedimentverdeling, ontstaan van kuilen).
- Sedimentbalans en bodemsamenstelling, ook op de langere termijn.
- Ontwikkeling en vulling van kuilen.
- Dynamiek op splitsingspunten, nevengeulen, en in- en uitstromen daarvan.

Daarnaast wordt aanbevolen om bredere thema's, zoals circulaire economie, grondstoffengebruik en carbon footprint, mee te nemen in de uitwerking en kosten-batenanalyse van maatregelen, zodat de maatschappelijke baten integraal worden afgewogen voor de langere termijn.

Tot slot wordt door het panel aanbevolen om studies goed (beter) met elkaar in verband te brengen en – zo mogelijk – in het vervolg niet losgekoppeld van elkaar uit te voeren. Zo is er samenhang tussen de analyse van de erosiemitigatie en de analyse van de hoogwatermaatregelen (binnendijkse ruimte, rol van nevengeulen). En is er samenhang tussen de waterbeweging en de morfologie en de gevolgen voor de natuur. Ook de gevolgen van zeespiegelstijging op de morfologie is een belangrijk aspect.

2.4.2 Ecologie

Het ecologiepanel benoemt voor het vervolgtraject de verschillende kennisbehoeften en aandachtspunten. Zo is er behoefte aan de ontwikkeling van rekenregels en modellen voor het opnemen van de ecologische doelen in het ontwerp van de maatregelen – naast het bepalen van de ecologische effecten van maatregelen. Zeker de ecologische effecten van de maatregelen bij laag water moeten nog beter worden onderzocht. Als maatregelen niet expliciet worden doorgerekend voor laagwater, is het risico dat de ecologische doelen (zoals een robuuste, verbonden natuur en goede waterkwaliteit) niet worden behaald in deze kwetsbare periode. Het panel stelt voor om deze rekenregels te vertalen naar ecologische ontwerpprincipes, zodat bij de uitwerking van maatregelen expliciet gestuurd kan worden op het behalen van ecologische doelen. In het Themarapport Natuur (p. 90-91) wordt dit punt ook gemaakt: er wordt benadrukt dat het ontbreken van kwantitatieve rekenregels en modellen voor ecologische opbrengst per maatregelvariant een probleem is, en wordt aanbevolen deze te ontwikkelen en te gebruiken als basis voor verdere ontwerpuitwerking.

De panelleden adviseren om ook aandacht te besteden aan waterkwaliteit, connectiviteit en effecten benedenstrooms, vooral voor trekvissen en moeras-/rietsoorten. Hierbij is het garanderen van enige doorstroming met water in de hoofd- en nevengeulen van belang, omdat dit essentieel is voor het behalen van ecologische doelen en waterkwaliteit. Het panel benoemt specifiek de invloed van stroomverdeling, gradiënt en lagere doorstroom op ecologie. Doorstroming is met name van belang voor de meer dynamische riviernatuur. Daarnaast liggen er grote kansen om minder dynamische riviernatuur te realiseren, met name binnendijks. In dit kader benoemt het panel het belang van inrichting op systeemniveau. Het is belangrijk dat in het vervolgtraject rekening gehouden wordt met een diversiteit aan habitatten over het gehele systeem en niet kijkend per individueel plot. Hierdoor kunnen er betere landschapskenmerkende keuzes worden gemaakt, die beter passend zijn voor de inrichting en in het gehele plaatje zorgen voor een beter ecologisch systeem. Hierbij moet worden opgemerkt dat er minder gekozen hoeft te worden naarmate er meer ruimte wordt gereserveerd. Naast het realiseren van 30% areaal als ondergrens is het daarna belangrijk om de verschillende habitattypen in te passen.

De effecten van de maatregelen op methaanuitstoot en de sponswerking van het landschap dienen nader onderzocht te worden. Dit betreft zowel de directe emissies als de bredere impact op het klimaat en de ecologische functies van het riviersysteem.

De panelleden wijzen op het belang van meer wetenschappelijke onderbouwing in rapportages, en het koppelen van praktijkervaring met wetenschappelijke kennis. Dit bevordert de transparantie, het draagvlak en de effectiviteit van het programma. Een voorbeeld betreft de verschillende opties (langsdammen, oevergeulen, geulen door de uiterwaarden).

Vanuit ecologisch oogpunt hebben geulen door de uiterwaarde de voorkeur (geen harde substraten, meer habitat diversiteit), maar dan is het van belang dat daar de doorstroming kan worden gegarandeerd, ook tijdens periodes met lage afvoer. Dat heeft consequenties voor hoe de instroomopening is gedimensioneerd. Huidige nevengeulen zijn vaak te voorzichtig ontworpen waardoor deze te weinig doorstroming kennen en de ecologische potentie niet wordt gerealiseerd.

Monitoring wordt net als bij morfologie als essentieel benoemd, met daarbij een grondige analyse van monitoringsgegevens, met aandacht voor zowel biodiversiteit, klimaatadaptatie en klimaatmitigatie. Onder andere aandacht voor:

- Waterkwaliteit (nutriënten, nieuwe stoffen, zuurstof, pH, chlorofyl).
- Debiet, temperatuur.
- Vegetatiesamenstelling, connectiviteit van nevengeulen.
- Methaanuitstoot.
- Biodiversiteit en het ecologisch functioneren (opgemerkt wordt dat “doelsoorten” door bijvoorbeeld klimaatverandering ook zullen veranderen, daarom focus op voldoende groot natuurareaal om natuurlijke processen de ruimte te geven).

Het panel adviseert om monitoring en adaptief beheer aan te wenden om onzekerheden te reduceren en de effectiviteit van maatregelen te vergroten, en om de bandbreedte van ecologische doelen en onzekerheden expliciet te blijven benoemen in het vervolgtraject.

Verder wordt aanbevolen om kostenafwegingen en het koppelen van ecologische doelen aan combinatiemaatregelen beter te integreren in de uitwerking. Daarbij is het belangrijk dat ook de baten van gezonde natuur (ecosysteemdiensten en andere) worden betrokken. Daarmee zal de haalbaarheid en effectiviteit van het programma worden versterkt.

Bijlage A Documenten ter review en achtergrond

De panels ontvingen ieder een memo met de bijbehorende onderzoeksrapporten. Hieronder de meegestuurde rapporten en de bijbehorende instructies.

Morfologie

Synthese documenten

- **Synthese BOA-onderzoeken 2024-2025 Ruimte voor de rivier 2.0**
  Voor review
  In dit rapport worden de resultaten van verschillende onderzoeken op het gebied van de morfologie van de riviertakken samengebracht. De focus ligt op maatregelen om de rivierbodem te stabiliseren en de afvoerverdeling te beïnvloeden. Belangrijke maatregelen betreffen varianten van een meergeulenstelsel. In hoofdstuk 2 worden de mogelijke maatregelen beschreven en onderzocht. Speciaal is paragraaf 2.4 ('Uitwerking meergeulensysteem Waal') interessant voor de verschillende typen meergeulenstelsels. In hoofdstuk 3 (paragraaf 3.6) komt integrale effectbepaling aan de orde. De morfologische effecten horen bij deze review (ecologische effecten komen in het panel ecologie aan de orde).
- **Oplegnotitie Rivierbodem Maas**
  Voor review
  Bevat mogelijke maatregelen op de Maas en bijbehorende adviezen

Onderliggende studierapporten

- **Varianten voor de bodemligging van de Maas (HKV, november 2025)**
  Voor review
  Bevat beschrijving kenmerken van de Maas. Drie varianten voor de basisrivierbodemligging en bepaling van de maakbaarheid en beheerbaarheid van deze varianten. Beschrijving en beoordeling van de effecten van de varianten op morfologie, beheerbaarheid, rivierfuncties en infrastructuur.
- **Systeemmaatregelen beleidskeuze rivierbodemligging Rijntakken (HKV, juli 2025)**
  Voor review
  Onderzoek naar maatregelen in het splitsingspuntengebied en de erosieve delen van de Rijntakken
- **Uitwerking schetsen meergeulensysteem Waal (Haskoning, september 2025)**
  & Effectbepaling meergeulensysteem Waal (Deltares, december 2025)
  Voor review
  Ontwerp en doorrekening van varianten van het meergeulensysteem: oevergeulen en uiterwaardgeulen
- **Noodzaak instandhouding zomerbedverdiepingen (Maas en IJssel)**
  Voor review
  Onderliggend rapport over de zomerbedverdiepingen.

Achtergrondinformatie

- **Eindrapportage Ruimte en afvoercapaciteit voor de rivier**
  Dit is het hoofdrapport van het consortium dat in beeld heeft gebracht welke binnendijkse gebieden nodig zijn om de waterveiligheid in het Nederlandse rivierengebied te blijven garanderen. Voor de toetsing morfologie zijn delen van hoofdstuk 5 t/m 9 (maatregelen en impact) van belang. Het rapport geeft ook het overzicht van de context en de waterveiligheidsaspecten.
- **Deelrapportrage hydraulica en morfologie**
  Dit is een deelrapport van het consortium. Het bevat achtergrondinformatie, met in hoofdstuk 5 de knelpuntenanalyse (paragraaf 5.2 over morfologie) In hoofdstuk 6 staan de oplossingsrichtingen. De beschrijvingen richten zich vooral op de impact op de waterveiligheid en de ruimte voor de natuur. Het is interessant om ook met een 'morfologische bril' naar de haalbaarheid van de voorgestelde maatregelen te kijken.
- **Schetsen synthese MGW Waal (RWS, BOA overleg 2 december 2025)**
  Presentatie uitwerkingen meergeulensysteem Waal en uitkomsten effectbepaling. Ter info voor snelle samenvatting en overzicht van de resultaten.

Ecologie

- **Themarapport Natuur – Ruimte en afvoercapaciteit voor de Rivier**
  Voor review.
  Dit is de hoofdmoot van de ecologie-studie voor RvdR 2.0. Het is één van de deelrapporten van het consortium 'Ruimte en afvoercapaciteit voor de rivier'. In dit deelrapport staan de bevindingen en onderbouwing van de ecologie-aspecten van maatregelen om de afvoercapaciteit te vergroten. Deze studie is gedaan ter onderbouwing van het reserveren van binnendijkse ruimte.
- **Eindrapportage Ruimte en Afvoercapaciteit voor de rivier**
  Voor review van de ecologiedelen
  Dit is het hoofdrapport van het consortium, waarin de deelstudies zijn samengebracht. Voor de toetsing ecologie is zeker hoofdstuk 5 t/m/ 9 (maatregelen en impact) van belang. Het rapport geeft ook het overzicht van de context en de waterveiligheidsaspecten. Hoofstukken 11 en 12 (conclusies & afwegingen en aanbevelingen voor vervolg) komen ook voor een beoordeling in aanmerking.
- **Themarapportage Impactanalyse - Ruimte en afvoercapaciteit voor de Rivier**
  Voor review van de ecologiedelen
  In dit themarapport wordt de impact van de maatregelenpakketten op waterveiligheid, natuur en neveneffecten beschreven (op basis van de bevindingen in de specialistische deelrapportages en van de hackatons die het consortium heeft gehouden). Per riviertak is steeds onder meer het doelbereik natuur geduid (hoofdstukken 3 t/m 6 elke keer paragraaf 4).
- **Themarapport Landschap en Ruimte - Ruimte en afvoercapaciteit voor de Rivier**
  Dit is ook een deelrapport van het consortium. Kan interessant zijn als achtergrondinformatie. Met name hoofdstuk 7 geeft een (ruimtelijk) beeld van de mogelijke inrichting van binnendijkse reserveringen per riviertak.
- **Themarapport Waterveiligheid, Hydraulica en Morfologie - Ruimte en afvoercapaciteit voor de Rivier**
  Dit is ook een deelrapport van het consortium. Het bevat ook achtergrondinformatie, met in hoofdstuk 6 de oplossingsrichtingen die ook de ruimte gaan bieden voor de natuur. Ook zijn er aannames gedaan over de maximale hydraulische effectiviteit van rivierverruiming indien rekening gehouden wordt met een ondergrens voor de ecologie.
- **Synthese BOA-onderzoeken 2024-2025 Ruimte voor de rivier 2.0 definitieve versie**
  In dit rapport worden de resultaten van verschillende onderzoeken op het gebied van de morfologie van de riviertakken samengebracht. De focus ligt op maatregelen om de erosie van de rivierbodem te stoppen (stabiliseren). Het gaat in dit syntheserapport niet om ecologische studies, maar het rapport is achtergrondinformatie bij de in RvdR 2.0 voorgenomen maatregelen op het gebied van bodem. Belangrijke maatregelen betreffen varianten van een meergeulenstelsel. In hoofdstuk 2 worden de mogelijke maatregelen beschreven en onderzocht. Speciaal is paragraaf 2.4 ('Uitwerking meergeulensysteem Waal') interessant voor de verschillende typen meergeulenstelsels. In hoofdstuk 3 (paragraaf 3.6) komt integrale effectbepaling -inclusief de gevolgen voor de natuur van deze maatregelen - aan de orde.

Bijlage B Panelsamenstelling

Beide panels werden voorgezeten door Bescherming persoonlijke leven(Externe link, opent en de notulen werd gemaakt door Bescherming persoonl jke leven(Externe lin

Morfologie

Het panel voor Morfologie bestond uit de volgende panelleden:

- Dr. Ir. Astrid Blom – TU Delft
- Prof. Dr. Maarten Kleinhans – Universiteit Utrecht
- Dr. Jord Warmink – Universiteit Twente
- Prof. Dr. Ir. Ton Hoitink – Wageningen Universiteit en Research

Daarnaast was Bescherming persoonl jke lev vanuit I&W aanwezig

Ecologie

Het panel voor Ecologie bestond uit de volgende panelleden:

- Prof. Dr. Liesbeth Bakker – NIOO-KNAW
- Prof. Dr. Sarian Kosten – Radboud Universiteit
- Prof. Dr. Wilco Verberk – Radboud Universiteit

Daarnaast waren Bescherming persoonl jke lev vanuit I&W, Bescherming persoonlijke vanuit LVVN en Bescherming persoonlijke leven(Externe link, opent nie als onderzoeker aanwezig.

Colofon

WTR RUIMTE VOOR DE RIVIER 2.0
MORFOLOGIE EN ECOLOGIE

KLANT
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

AUTEUR
Anne Oerlemans/Zanting Advies

PROJECTNUMMER
30308323

ONZE REFERENTIE
CSKWE3DC6JPY-1074271465-174:1.0

DATUM
13 maart 2026

STATUS
Concept

Over Arcadis

Arcadis is dé wereldwijde partner op het gebied van datagedreven duurzame ontwerp-, engineerings- en consultancyoplossingen voor de natuurlijke en gebouwde omgeving. We zijn met zo'n 34.000 architecten, data-scientists, ontwerpers, ingenieurs, projectplanners, waterbeheer- en duurzaamheidsexperts. Allemaal gedreven door onze passie: 'Improving quality of life'. Als onderdeel van onze inzet om een planeet-positieve toekomst te versnellen, werken we met onze klanten samen om duurzame projectkeuzes te maken. Daarbij combineren we digitale en menselijke innovatie en omarmen we toekomstgerichte vaardigheden binnen de sectoren milieu, energie en water, gebouwen, transport en infrastructuur. We zijn actief in meer dan 30 landen en behaalden in 2025 een bruto omzet van €4,9 miljard.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 1018
5200 BA 's-Hertogenbosch
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life