



# Rivierbodemdynamiek meenemen in het ontwerp van maatregelen

**De rivierbodem is continu in beweging door variaties in riviergeometrie, rivierafvoer en bodemsamenstelling. Inzicht in de rivierbodemdynamiek helpt om maatregelen te ontwerpen die positief bijdragen aan zoveel mogelijk rivierfuncties.**

In het Rijkswaterstaatprogramma Integraal Riviermanagement (IRM) wordt gezocht naar integrale oplossingen voor het behoud en versterken van rivierfuncties zoals waterveiligheid, natuur, waterkwaliteit, watervoorziening en scheepvaart. Dat is niet eenvoudig omdat een maatregel met een positief effect op een bepaalde rivierfunctie een negatieve impact kan hebben op een andere functie. Dit speelt bijvoorbeeld bij rivierverruimende maatregelen die zijn aangelegd binnen de programma's Ruimte voor de Rivier en Kaderrichtlijn Water. Een rivierverruimende maatregel verlaagt de hoogwaterstanden, maar verlaagt ook de stroomsnelheid in de hoofdgeul waardoor daar aanzanding optreedt. Tijdens laagwater kan deze verminderde waterdiepte leiden tot problemen voor de scheepvaart. Een grote dataset bodempeilingen helpt om bodemvariaties in de vaargeul van de Waal te kwantificeren en deze te relateren aan de rivierafvoer en riviergeometrie. Door bodemvariaties te relateren aan de rivierafvoer en riviergeometrie kunnen we de oorzaak van bodemvariaties vinden. Nevengeulen, maar ook andere maatregelen, kunnen met die kennis beter ingepast worden in de dynamiek van de rivier en leiden dan minder snel tot

knelpunten in de vaarweg. Als voorbeeld beschouwen we een traject bij Hurwenen waar in 2015 een nevengeul is aangelegd.

## Methodiek

De bodemhoogte in de vaargeul van de Waal is tussen 2005 en 2018 elke twee weken gemeten. De rivierafvoer en riviergeometrie bepalen in grote mate hoe de rivierbodem zich ontwikkelt. Op grote schaal verandert de bodemhoogte doordat het verhang van de rivier verandert (>10 km), en op kleinere schaal door de geometrie van de uiterwaard (1-10 km) en verplaatsende rivierduinen (<100 m). Door slimme filtertechnieken ('wavelet filter') kunnen deze veranderingen op basis van hun ruimtelijke schaal van elkaar gescheiden worden. In dit artikel relateren we bodemvariaties op middelgrote schaal (uiterwaard/nevengeul) aan de rivierafvoer om zo de oorzaak van deze variaties te achterhalen. We definiëren daarbij acht afvoerniveaus, zodat we onderscheid kunnen maken in bodemvariaties bij lage en hoge afvoeren.

## Nevengeul Hurwenen

In 2015 is in de Waal bij Hurwenen een nevengeul van circa 2,7 km lengte aangelegd. Eerst bepalen we de tijdsgemiddelde bodemligging in de vaargeul vóór aanleg van de nevengeul. De vaste laag bij St. Andries en het erosiegat benedenstrooms zijn duidelijk zichtbaar. Ook zijn de kribvlammen goed zichtbaar. Vervolgens bepalen we de bodemvariatie op middelgrote schaal rond de tijdsgemiddelde bodemligging, voor de acht beschouwde rivierafvoeren. Locaties met aanzanding (rood) en erosie (blauw) wisselen elkaar af.

Bij km 929,5-930 treedt bij hoge afvoeren aanzanding op door een verwijding van de uiterwaarden. Bij km 930,5 treedt door vernauwing juist erosie op bij hoge afvoer. Bij lage afvoeren gebeurt het omgekeerde. Op sommige locaties is de totale bandbreedte van bodemvariaties rond de tijdsgemiddelde bodemligging (verschil tussen blauw en rood) tot wel 40 cm.

De verwachting is dat na lange tijd de vaargeulbodem van de Waal over de gehele lengte van de nevengeul (km 929-932) zo'n 15 cm omhoog komt. Dit lijkt niet veel, maar deze aanzanding komt bovenop de bodemvariatie zonder maatregel. De verticale pijlen laten de koppeling zien tussen bodemvariaties voor en na de aanleg van de nevengeul. Op plekken waar voor de aanleg van de nevengeul al aanzanding optrad tijdens hoge afvoeren wordt de kans op het ontstaan van een scheepvaartknelpunt vergroot. Ook is te zien dat benedenstrooms van de nevengeul bij hoogwater erosie ontstaat en dat deze bij laagwater migreert (diagonale pijlen). De bodemdynamiek na de aanleg van de nevengeul is groter, omdat er nog geen nieuwe evenwichtsbodem is ingesteld.

## Kansen voor rivierbeheerder

Bij de nevengeul Hurwenen is de trajectgemiddelde aanzanding ten gevolge van de nevengeul (ca. 15 cm) kleiner dan de totale bandbreedte van bodemvariaties in de situatie zonder nevengeul (ca. 40 cm). De aanzanding kan echter wel tot (nieuwe) knelpunten leiden. Met kaarten die de bodemdynamiek weergeven kan in het ontwerp van maatregelen rekening gehouden worden met de bestaande bodemvariaties op de relevante ruimtelijke

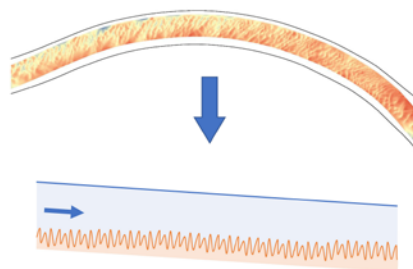
### IN 'T KORT - Bodemdynamiek

Rivierverruimende maatregelen leiden vaak tot aanzanding in de vaargeul

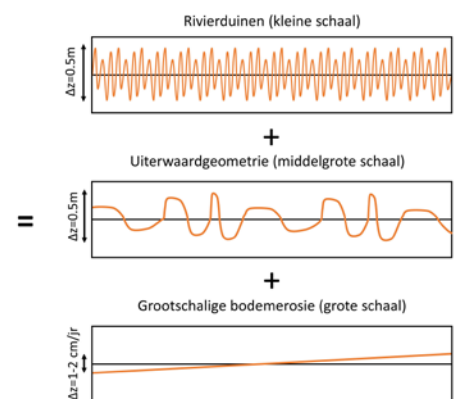
Met een wavelet filter bepalen we de rivierbodemdynamiek

Maatregelen zoals een nevengeul versterken deze bodemdynamiek

Dit inzicht helpt om maatregelen in te passen in een multifunctionele rivier



De tweewekelijkse bodemhoogtemetingen (bovenaanzicht linksboven) zetten we om naar een breedtegemiddeld 1D bodemprofiel (linksonder). Met een wavelet filter scheiden we de verschillende ruimtelijke schalen (rechts).

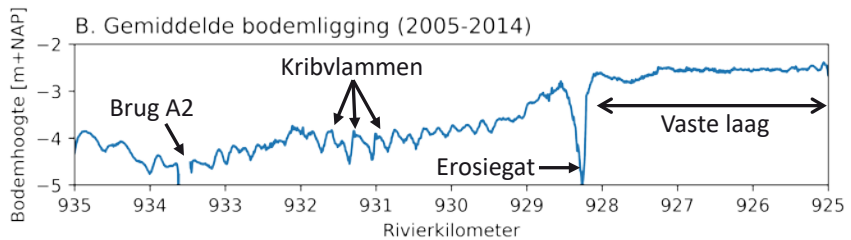
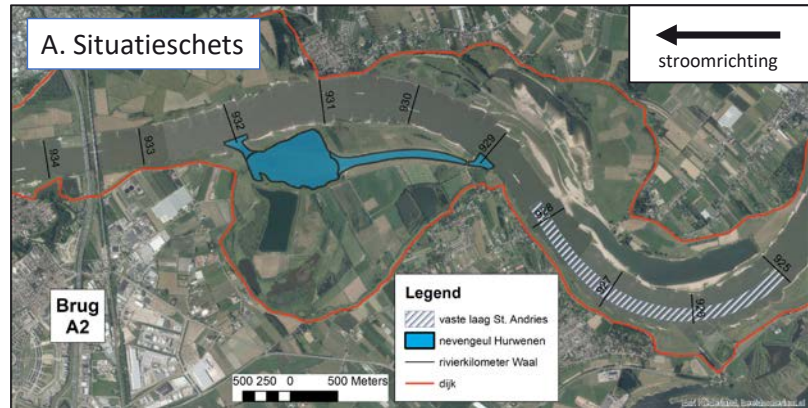


schaal. Maatregelen leiden dan minder snel tot (nieuwe) scheepvaartknelpunten, terwijl ze nog steeds optimaal kunnen bijdragen aan hoogwaterveiligheid en natuurdoelstellingen. In het programma IRM wordt gezocht naar (combinaties van) rivierverruimende maatregelen om grootschalige bodemerrosie af te remmen of zelfs de rivierbodemoogte te laten stijgen. Ook voor deze systeemgerichte aanpak is de voorgestelde methodiek van grote waarde. Ieder type maatregel (langsdammen, nevengeulen, uiterwaardvergravingen, kribverlaging) beïnvloedt de bodemligging op zijn eigen manier, doordat ze op verschillende afvoerniveaus de zomerbedafvoer beïnvloeden. Kennis van de rivierbodemdynamiek, op de juiste ruimtelijke schaal en gerelateerd aan rivierafvoer en -geometrie, ondersteunt de rivierbeheerder bij het ontwerp van rivierverruimende en systeemgerichte maatregelen.

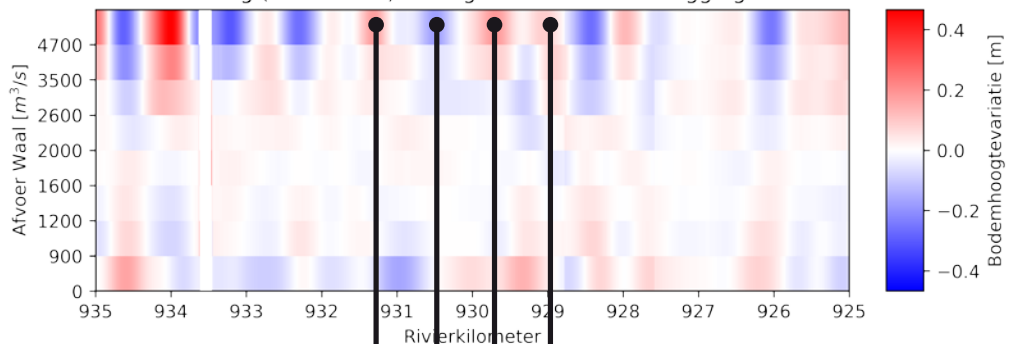
**Andere toepassingen**

De voorgestelde methodiek om bodemvariaties op verschillende ruimtelijke schalen te scheiden, biedt een groot scala aan toepassingen. De methodiek kan voor iedere rivier en ieder type maatregel worden toegepast, ook wanneer de bodemmetingen (veel) minder frequent zijn. De effectiviteit van maatregelen kan met de voorgestelde methodiek doorgaans al na enkele hoogwaters onderzocht worden op basis van metingen<sup>1</sup>. Ook levert de methodiek inzicht in bodemtrends op verschillende ruimtelijke schalen en migratiesnelheden van verschillende typen verstoringen. Dit kan helpen bij de verificatie van morfologische modellen: leveren ze een correcte voorspelling van de huidige situatie en van de impact van maatregelen? Daarnaast ontwikkelen we een methode waarmee de evenwichtsbodemligging van de rivier kan worden berekend zonder complexe en tijdrovende berekeningen. Hiermee kan het effect van maatregelen snel worden ingeschat en houden we rekening met het gedrag van de rivier. Deze methode is een belangrijke verkenningstool voor programma's zoals IRM.

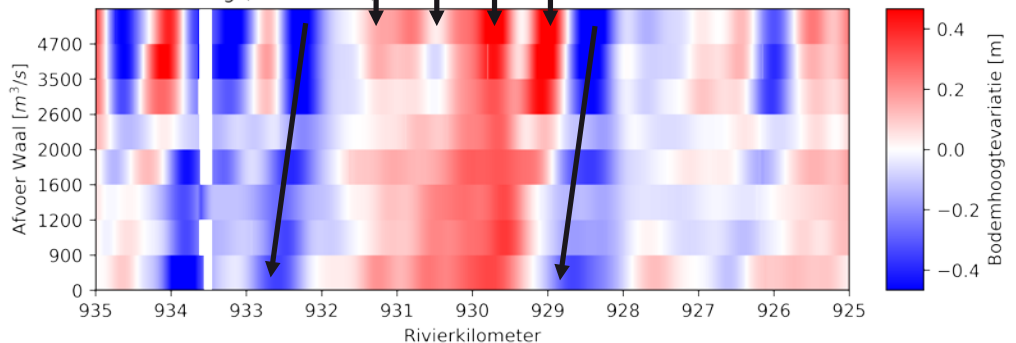
<sup>1</sup> Van Denderen P., Kater E., Jans, L. & Schielen, R. (2020). The initial morphological impact of the longitudinal dams. NCR Days 2020, book of abstracts, p. 41-42. <https://research.utwente.nl/en/publications/the-initial-morphological-impact-of-the-longitudinal-dams>.



C. Voor aanleg (2005-2014) t.o.v. gemiddelde bodemligging



D. Na aanleg (2016-2019)



Effect van een nevengeul in de Waal bij Hurwenen op de bodemligging in de vaargeul op basis van metingen. A: De in 2015 aangelegde nevengeul ligt tussen km 929-932. (Foto: Esri Nederland, beeldmateriaal.nl). B: tijdsgemiddelde bodemligging in de vaargeul vóór aanleg maatregel. C: bodemvariatie ten opzichte van het gemiddelde voor acht afvoerclassen, voor aanleg nevengeul. Rood betekent dat de bodem bij die afvoer gemiddeld hoger ligt en blauw betekent dat de bodem gemiddeld lager ligt. D: idem, na aanleg nevengeul.

Andries Paarlberg werkt bij HKV lijn in water; Pepijn van Denderen werkt bij de Universiteit Twente; Ralph Schielen werkt bij Rijkswaterstaat

en de TU Delft en Denie Augustijn werkt bij de Universiteit Twente. Dit onderzoek wordt ondersteund door TKI Deltatechnologie (UTW01).