



KPP rivierkundig onderzoek

Binnen het KPP project rivierkundig onderzoek worden jaarlijks verschillende onderzoeken uitgevoerd. Deze onderzoeken komen voort uit vragen van RWS-rivierbeheerders die elk jaar door WVW worden geïnventariseerd en aan Deltares worden voorgelegd.

Het doel van het onderzoek is dat er binnen 3 jaar een praktische oplossing toepasbaar is waarmee gestelde vragen kunnen worden beantwoord. Deze nieuwsbrief geeft een overzicht van een aantal activiteiten die in 2016 zijn uitgevoerd. Voor ieder van deze activiteiten zijn enkele aansprekende resultaten beschreven. Het doel van deze nieuwsbrief is om betrokken Rijkswaterstaters en anderen te informeren over bevindingen en eerste resultaten, zodat voor het rivierbeheer zo goed mogelijk geprofiteerd kan worden van de nieuwe rivierkundige inzichten.

Contactpersonen:

Arjan Sieben: arjan.sieben@rws.nl

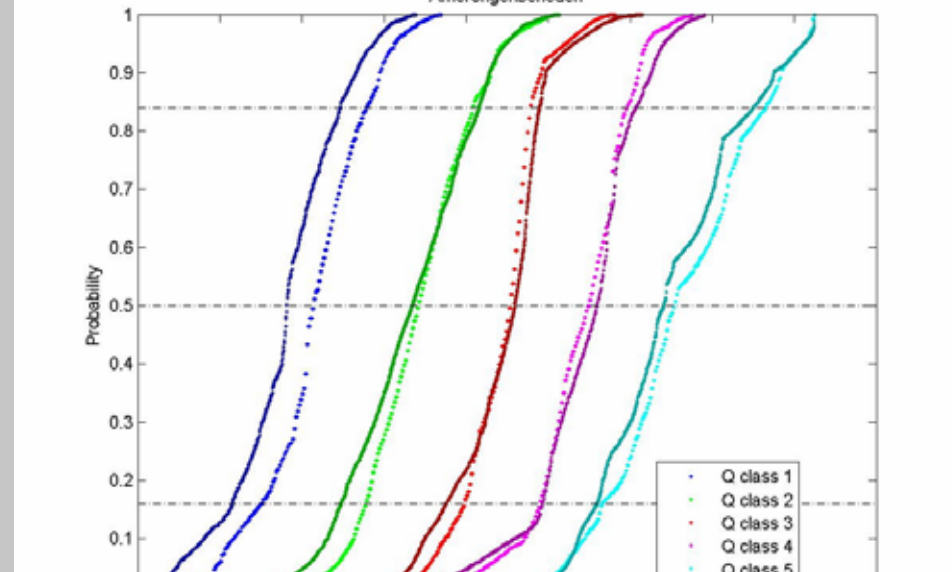
Frans Buschman: frans.buschman@deltares.nl

Inhoud

1. Hoe goed kunnen de minder extreme rivierwaterstanden worden berekend?
2. Hoe goed kunnen de bodem en diepte in de vaargeul worden berekend?
3. Hoe voorspel je de rivierbodempluiging bij diepe kuilen?
4. Hoe snel stroomt het dicht bij de rivierbodem?
5. Wat gebeurt er als wordt gestopt met zandwinning in Beneden-Waal en Boven-Merwede?
6. Kan met een dynamische en grillige rivierbodem toch vlot en veilig gevaren worden?
7. Kan verzadigd hout worden gebruikt als alternatieve bodembescherming?
8. Is met remote sensing een snellere jaarlijkse monitoring van vegetatie mogelijk?
9. Kan uit vaste ruimtelijke patronen in het wateroppervlak efficiënt de afvoer door uiterwaarden worden bepaald?

Hoe goed kunnen de minder extreme rivierwaterstanden worden berekend?

Waterstanden in de Rijnakken worden berekend met WAQUA (software om tweedimensionale stroming te berekenen) voor het beoordelen van overstromingskansen van dijken en andere doelen. De WAQUA modellen worden iedere paar jaar geactualiseerd. De vraag is hoe goed met de bestaande modellen de minder extreme waterstanden worden voorspeld. Om deze vraag te beantwoorden is onder andere de kans uit metingen en berekeningen bepaald dat een waterstands niveau uit een afvoerklasse wordt overschreden voor 19 hoogwatergolven in de periode van 1993 tot en met 2013. In de figuur staat bij wijze van voorbeeld het resultaat weer gegeven voor Amerongen-beneden voor de berekende waterstand (donkerder kleur) en voor de gemeten waterstand (lichtere kleur). Dergelijke statistieken voor meetstations van de Rijnakken zijn gegenereerd op basis van de WAQUA simulaties. Een generiek resultaat is dat de gebruikte modellen zonder actualisatie de hogere waterstanden gemiddeld ongeveer



10 cm onderschatten in de Waal en in de Neder-Rijn/Lek. De verkregen resultaten geven een indruk voor welke mate van nauwkeurigheid een goede actualisatie van modellen nodig is, en op basis van het verloop langs de Rijnakken waar aanvullende monitoring nuttig is.

K. Horváth, A. Omer and F.A. Buschman, Statistics of simulated water levels along the Rhine river, Deltares kenmerk 1230041-010-ZWS-0002, 2016.

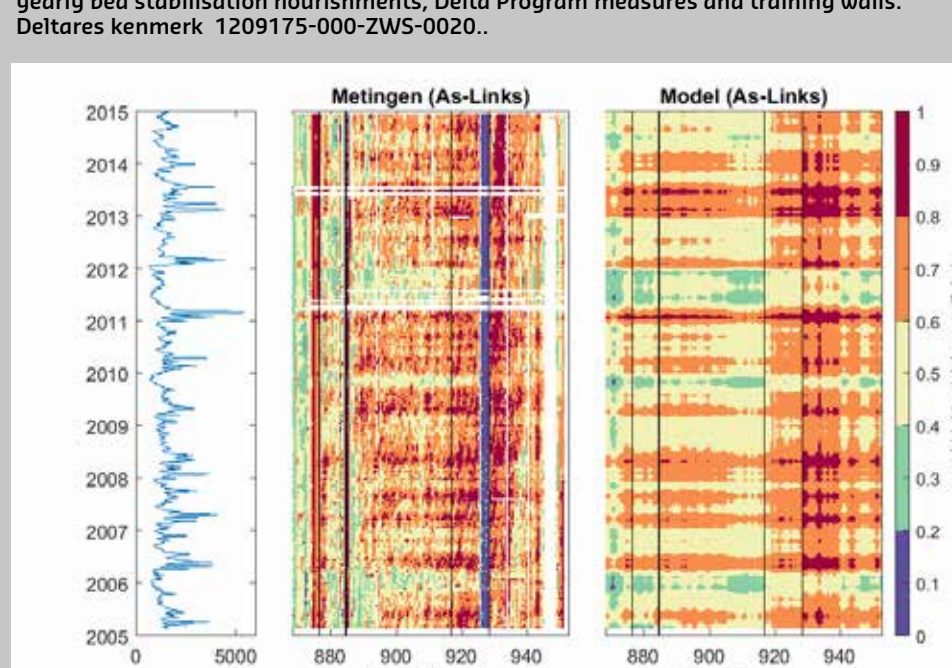
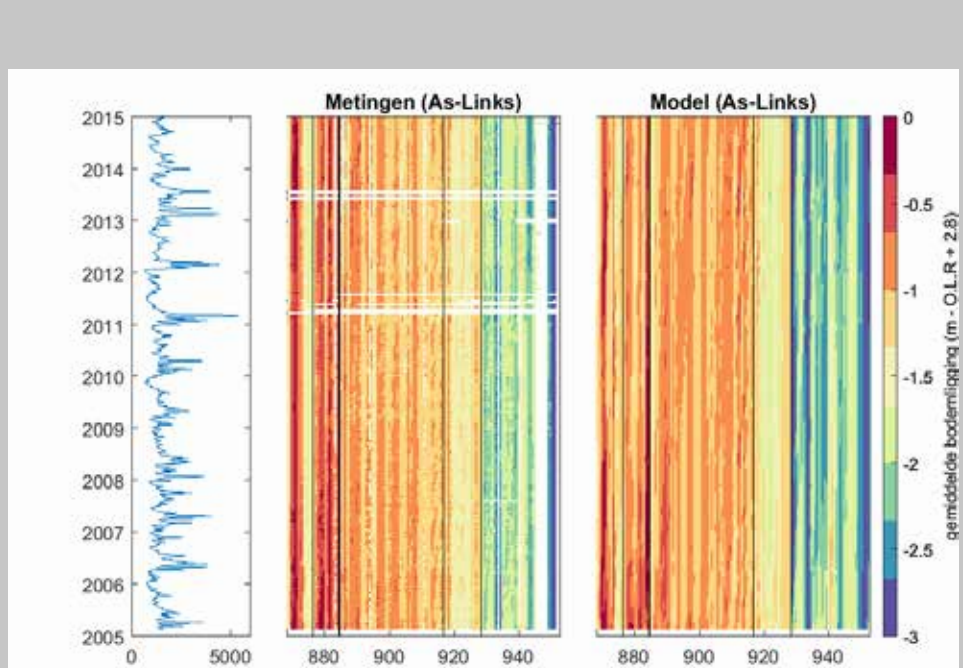
Hoe goed kunnen de bodem en diepte in de vaargeul worden berekend?

De verandering van de bodemligging op lange termijn wordt berekend met een morfologisch Delft3D model (Ottevanger et al., 2015). Rijkswaterstaat heeft tweewekelijkse bodempellingen voor de periode 2005-2015 beschikbaar gesteld, waarmee de kwaliteit van de berekende bodemhoogte ingeschat kan worden. In dit onderzoek is de bodemontwikkeling in de Waal gesimuleerd op basis van de onderzochte afvoeren, waterstanden en het geplleegde baggeronderhoud. De globale patronen in gemeten en berekende bodemligging gemiddeld over 1/6 van de breedte zijn ten opzichte van een referentie-waterstandslak getoond in de figuur. Er zijn overeenkomsten en verschillen waar te nemen. Een tweede figuur toont het globale gedrag van de gemiddelde duinhoogte. Het effect van de hoogwaters op de

duinhoogte voorspelling en meting is duidelijk te zien. Grofweg wordt de bodemvormhoogte na het hoogwater in de Boven-Waal en Beneden-Waal wat overschat en ontstaan er in het model op enkele plaatsen duinen, waar dat in de metingen niet het geval is. De afwijkingen tussen model en meting kunnen worden gebruikt om het model lokaal en op trajectniveau beter te kalibreren. De statistiek van verschillen tussen model en meting kan bovendien als maat worden gebruikt voor de betrouwbaarheid van modelvoorspellingen.

Ottevanger, W (2016). Kwaliteit berekende bodemstatistiek: bodemligging en minimale diepte. Deltares kenmerk 1230041-011-ZWS-0001.

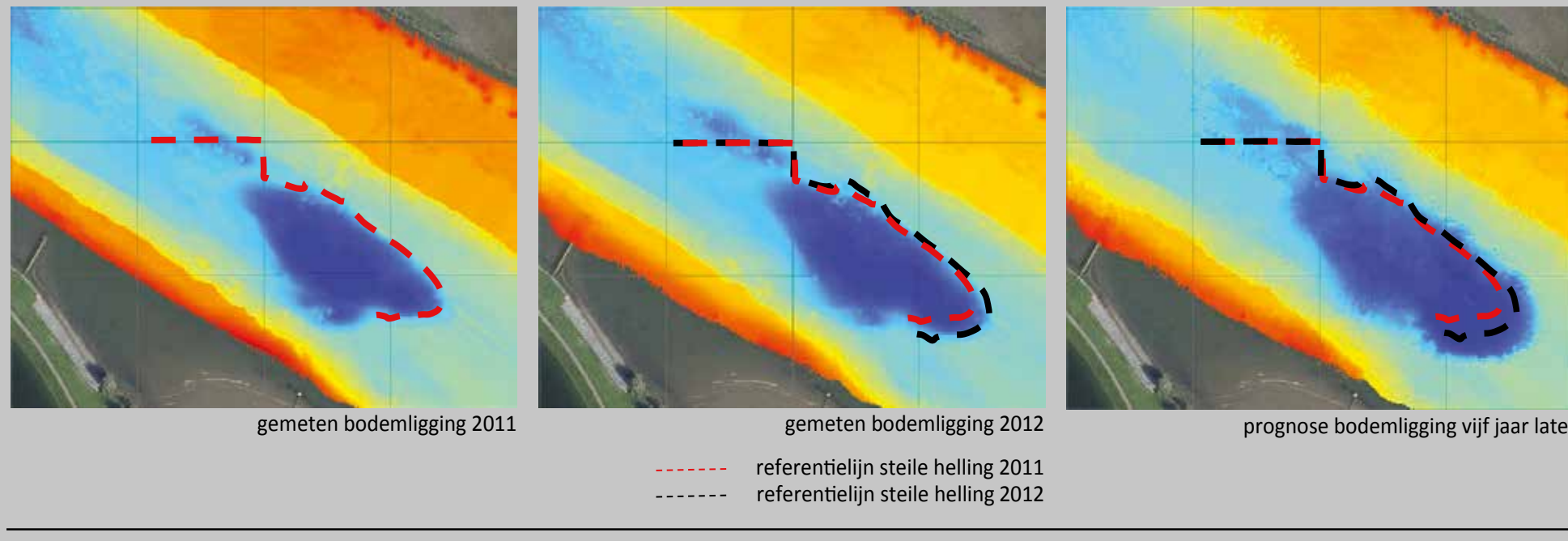
Ottevanger, W, Giri, S. Sloff, C.J. (2015). Sustainable Fairway Rhinedelta II: Effects of yearly bed stabilisation nourishments, Delta Program measures and training walls. Deltares kenmerk 1209175-000-ZWS-0020..



Hoe voorspel je de rivierbodempluiging bij diepe kuilen?

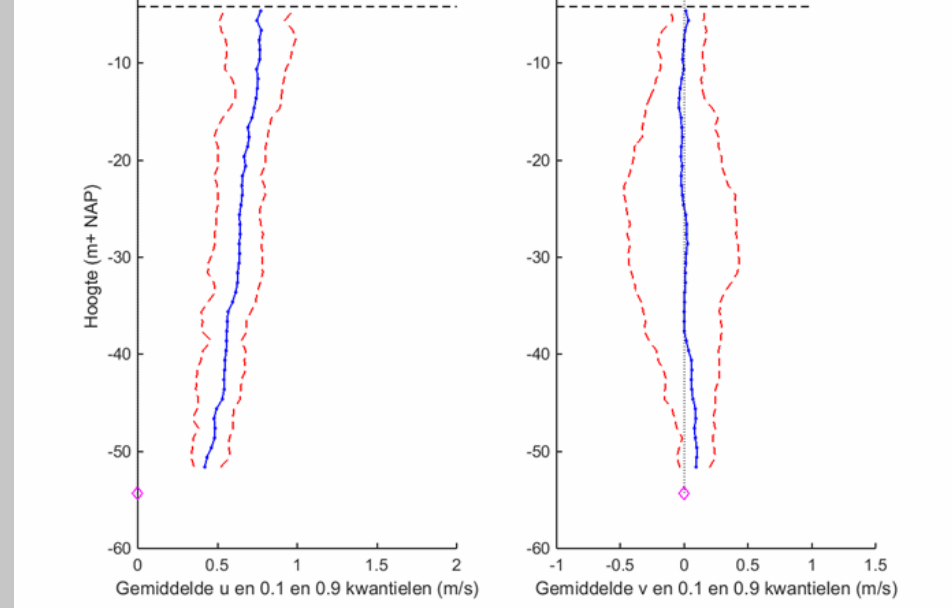
In de riviertakken van de Rijn-Maasmonding komen verschillende ontgrondingskuilen voor. Deze kuilen ontstaan vaak op locaties waar een (erosiebestendige) kleilaag onder de bodem ontbreekt of waar deze door gestage erosie is doorgebroken. Door voortgaande erosie, vormen deze kuilen een toenemend risico voor de oevers, waterkeringen, brugpijlers en leidingkruisingen. Groei van de kuilen vindt meestal geleidelijk plaats, maar kan ook plotseling gaan wanneer een grotere afschuiving in de bodem optreedt. Met name bij een zettingsvloeiing schuiving in korte tijd een grote hoeveelheid grond in de kuil. De omtrek van de kuil neemt daarbij aanzienlijk toe, wat kan leiden tot ondermijning van de vooroever van de waterkering

en vormt daarmee een risico voor de veiligheid van de waterkering zelf. De kans op een dergelijke instabiliteit neemt toe naarmate de kuil dieper is en de hellingen steiler zijn en hangt ook af van de gronddynamiek en de bodemdynamiek in de kuil. In het kader van WBI zijn formules afgeleid voor het berekenen van de kans op een vloeijing in onderwatertaluds als functie van bovengenoemde variabelen. Deltares en Rijkswaterstaat hebben in 2016 gezamenlijk een eerste aanzet gemaakt deze formules toe te passen op kuilhellingen in de Oude Maas (zie onderstaand voorbeeld). Na validatie van de resultaten kan door implementatie in GIS de analyse geautomatiseerd in een complete riviertak toegepast worden.



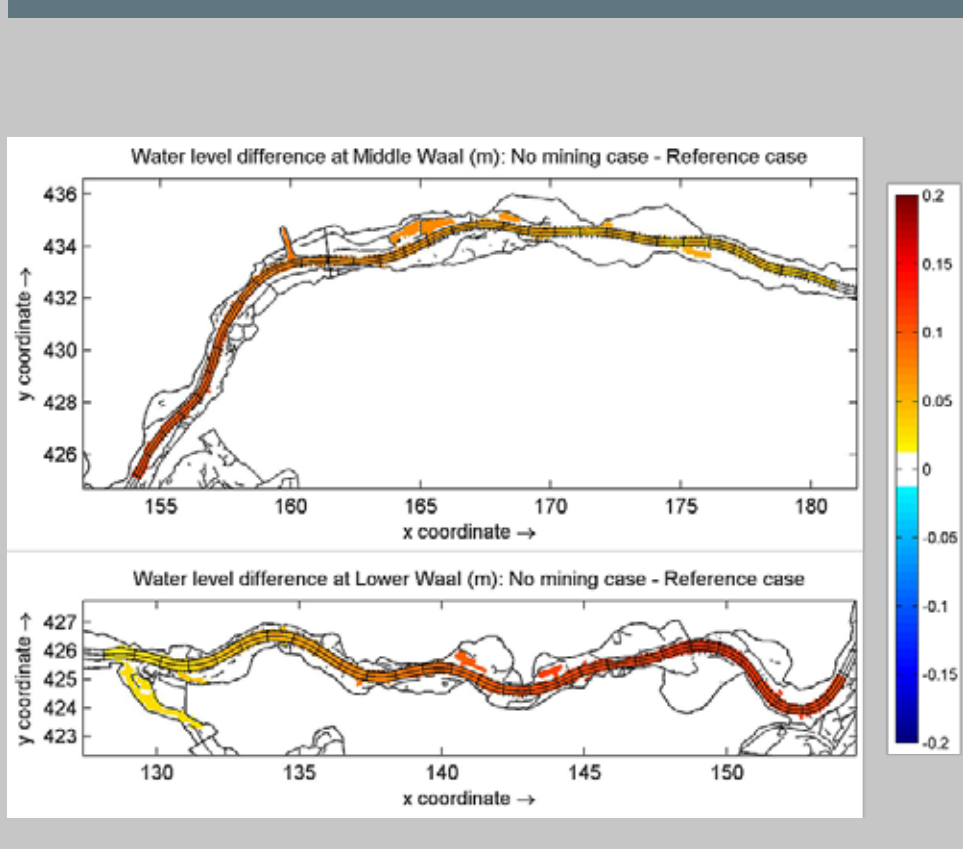
Hoe snel stroomt het dicht bij de rivierbodem?

De stroomsnelheid bij de bodem bepaalt voor een belangrijk deel erosie en sedimentatie. Voor het valideren van morfologische modellen en het inschatten van pieken in bodemschuifspanning zijn metingen van de stroomsnelheid nodig. Voor het bepalen van afvoer voert Rijkswaterstaat standaard metingen uit vanaf schepen met een Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP). Het zou efficiënt zijn, wanneer de snelheidsprofielen gemeten vanaf een schip voldoende nauwkeurig zijn voor het bepalen van de stroomsnelheid bij de bodem. In een ontgrondingskuil 1 km oostelijk van de Oosterscheldekering zijn metingen vanaf een schip en vanaf een frame op de bodem beschikbaar tijdens een vloedperiode. Uit de frame metingen is een tijdsgemiddelde stroomsnelheid bepaald en de spreiding in die periode (zie figuur voor piek vloedstroming; paarse diamant is het frame; rode lijnen geven spreiding aan). Om de variaties door meetruis, kleinschalige en grootschalige turbulentie uit te middelen bleek een periode van 17 minuten nodig. Omdat de passage van het schip door het gebied rond het frame slechts 15 s was, kon geen uitgemiddeld snelheidsprofiel worden bepaald voor de metingen vanaf het schip. Het is aannemelijk gemaakt dat de stroomsnelheid in de onderste 15% van de waterkolom niet met een nauwkeurigheid van 10% kan worden bepaald vanaf een varend schip.



F.A. Buschman, Bepalen van stroomsnelheid nabij de bodem uit metingen bij de Oosterscheldekering, Deltares kenmerk 1230041-004-ZWS-0002, 2016.

Wat gebeurt er als wordt gestopt met zandwinning in Beneden-Waal en Boven-Merwede?

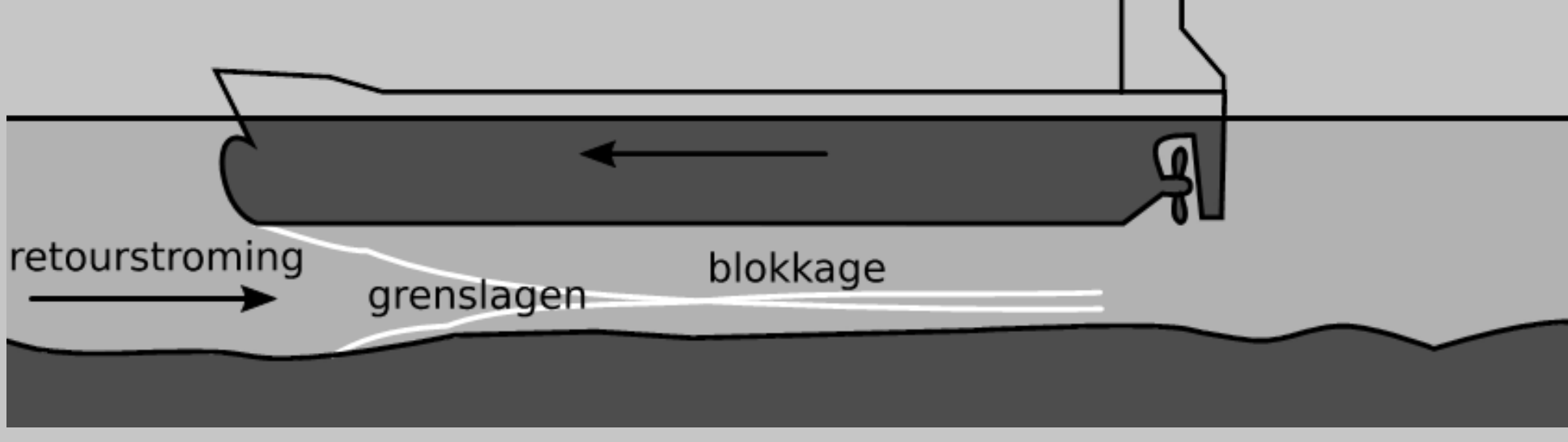


Jaarlijks wordt ongeveer 90.000 tot 125.000 m³ sediment (exclusief poriën) gewonnen uit de beneden-Waal en de boven-Merwede gezamenlijk. In deze riviertakken vindt netto erosie plaats. De waterstand in deze riviertakken verlaagt gemiddeld met 0-2 cm/jaar. Een mogelijkheid voor het stabiliseren van de waterstand en bodemhoogte is om geheel of gedeeltelijk te stoppen met zandwinning uit de beneden-Waal en de boven-Merwede. De consequenties van het stoppen van zandwinning zijn geschat door een simulatie met (referentie) en een simulatie zonder zandwinning uit te voeren met het morfologische model voor de Rijnakken. Aan het einde van de simulatieperiode van 40 jaar is de bodemligging ongeveer 20 cm hoger in de beneden-Waal en de boven-Merwede in vergelijking met de referentie. In de beneden-Waal betekent dit dat de netto erosie flink is afgenomen, terwijl in de boven-Merwede netto erosie is veranderd in netto sedimentatie door het stoppen van zandwinning. Door het stoppen van de zandwinning wordt ook de dalende trend van de waterstand verminderd met ongeveer 20% bij Zaltbommel (12 cm hoger bij Q=1635 m³/s, zie figuur). Deze resultaten kan Rijkswaterstaat als onderbouwing gebruiken voor een beslissing over de toekomstige zandwinning.

Kan met een dynamische en grillige rivierbodem toch vlot en veilig gevaren worden?

De invloed van een dynamische rivierbodem op de scheepvaart is niet altijd duidelijk. Toch moeten morfologische effecten van ingrepen in rivieren worden beoordeeld op een vlot en veilig gebruik van de vaarweg. Gezocht is naar een manier om de invloed van rivieroevers en -bodem op een varend schip te bepalen. De experimenten van voorgaande jaren zijn uitvoerig gerapporteerd en er zijn enkele voorspelmethodes vergeleken op basis van de verwachte hydrodynamische krachten op het schip. Deltares heeft onderzoek van scheepsmodellering in het numerieke pakket D-Flow

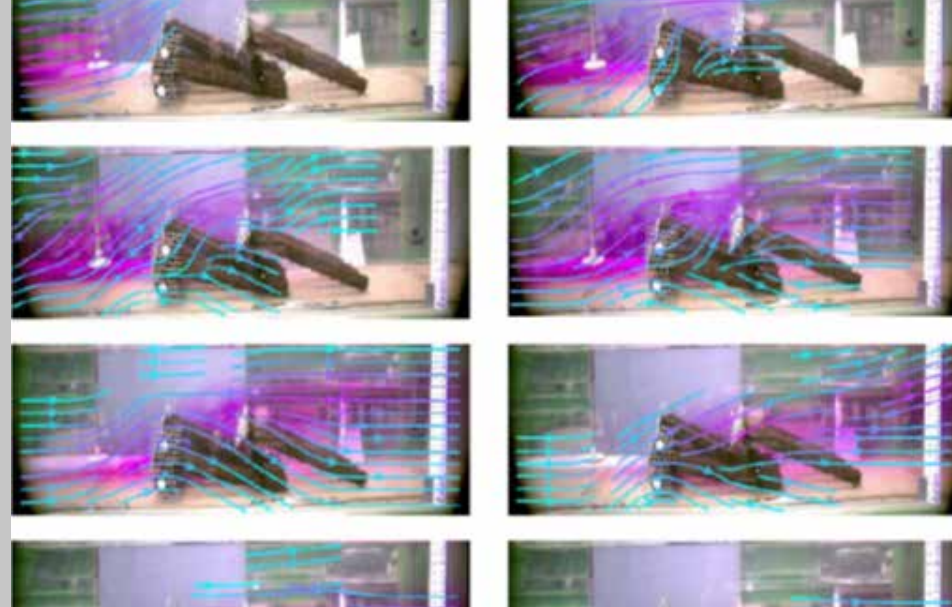
Flexible Mesh geschikt is om de externe krachten op een schip te bepalen. Echter, voordat kan worden geconcludeerd of een voorspelgereedschap in D-Flow FM haalbaar is moet worden vastgesteld, het model in staat is de rompprofiel beter worden gemodelleerd, en moet het model getest worden voor driftoeken. In 2017 zal dit onderzoek over vlot en veilig varen worden voortgezet gericht op het afvlakken van bodemvariaties door scheepvaart.



T. Hulsloot en J. de Jong, Ontwikkeling Voorspelgereedschap Vlot en Veilig Varen, Deltares kenmerk 1230041-007-ZWS-0001, 2016.

Kan verzadigd hout worden gebruikt als alternatieve bodembescherming?

Momenteel liggen op verschillende plaatsen in Nederlandse rivieren dode bomen in het water met als doel een toename van de biodiversiteit (macrofauna en vis). Ook wordt momenteel nagedacht over het plaatsen van dode bomen in ontgrondingskuilen om verdere erosie daarvan tegen te gaan. Voordat bomen voor dit doel in het veld kunnen worden toegepast, zijn er een aantal vragen te beantwoorden. Eén van de vragen is wanneer bomen onder water gaan beschuiven. Deze vraag is experimenteel in laboratoriumgoten bij de TU Delft onderzocht. De kritieke stroomsnelheid voor het verschuiven van boomstammen onder water is via kleine schaalmodellen van boomstammen in verschillende opstellingen (van individueel tot complexe bepalingen) getest. Dit is geanalyseerd hoe de stromingspatronen invloed worden door boomstammen in allerlei verschillende opstellingen (voorbeeld weergegeven in figuur uit rapport *bodembescherming met boomstammen 2016, TU Delft*). Dit onderzoek zal in 2017 worden voortgezet.



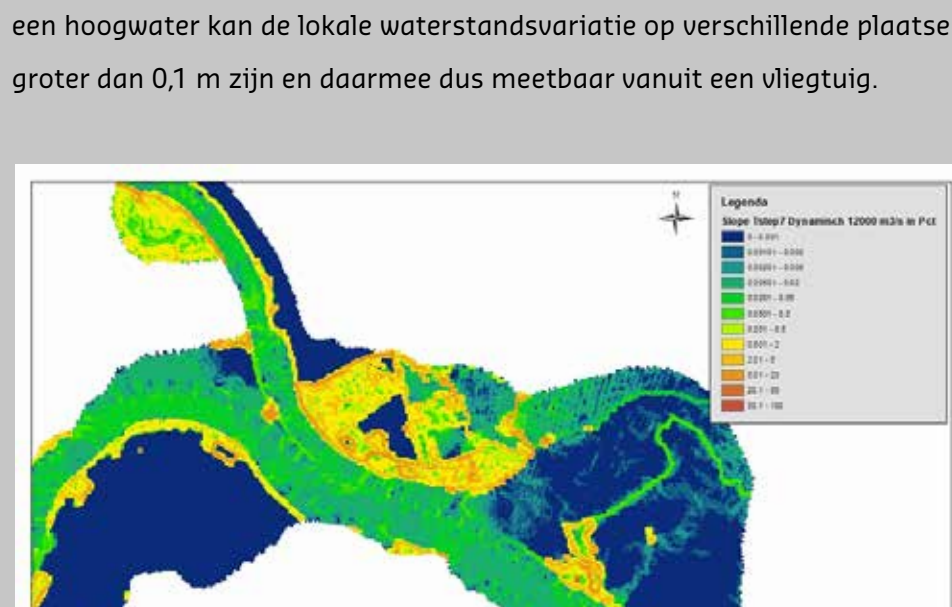
Is met remote sensing een snellere jaarlijkse monitoring van vegetatie mogelijk?

Elk jaar op 1 november wenst Rijkswaterstaat een zo actueel mogelijk beeld te hebben van de toestand van de vegetatie langs rivieren in het komende hoogwaterseizoen. Daarbij gaat het om de vegetatieklasse en om vegetatieparameters die relevant zijn voor het bepalen van de hydraulische ruwheid. De informatie die hier vaak voor wordt gebruikt loopt achter: een luchtfoto genomen op 1/11 is pas 3-4 maanden later als kaart beschikbaar. Daarom gaat Deltares, in samenwerking met de Universiteit Utrecht, na of het mogelijk is om op basis van remote sensing beelden (afkomstig van de

satellieten Landsat-8 en Sentinel-2) sneller dan in de huidige werkwijze aan te zien komen hoe de vegetatie (focus op akkers, graslanden en ruigtes) zich zal gaan ontwikkelen richting 1 november. Deltares maakt hierbij vooral gebruik van Google Earth Engine (niet te verwarren met Google Earth zelf). In de Google Earth Engine zijn alle beelden van Landsat (vanaf begin jaren 70) en Sentinel opgeslagen en is het mogelijk vegetatiedynamiek voor elk gewenst gebied te analyseren. De resultaten worden begin 2017 verwacht

Kan uit vaste ruimtelijke patronen in het wateroppervlak efficiënt de afvoer door uiterwaarden worden bepaald?

Bij hoge afvoeren lopen uiterwaarden onder en wordt een deel van de rivierafvoer via de uiterwaarden getransporteerd. De afvoer in uiterwaarden is vaak onbekend. In deze studie is onderzocht hoe de afvoer in uiterwaarden zou kunnen worden bepaald uit ruimtelijke patronen in de waterstand. Deze patronen en daarmee samenhangende waterstandsgradiënten zijn te bepalen met verschillende remote sensing technieken. De orde groottes van waterstandsverschillen bij overlanten in de uiterwaarden zijn in de orde van enkele centimeters tot enkele decimeters. Op basis van de verwachte gradiënten in het wateroppervlak zijn modelsimulaties is aan te zien waar welke type overlat zal ontworpen (figuur met voorbeeld bij Pannerdensche Kop; overlat in %). De verwachte waterstandsverschillen zijn vergeleken met de specificaties van een aantal remote sensing technieken voor het bepalen van ruimtelijke waterstandsverschillen. De meetmethoden die qua ruimtelijke dekking en resolutie het meest veelbelovend zijn voor het vastpanden van de afvoer in uiterwaarden worden uitgeroepen van de afvoer door uiterwaarden worden bepaald?



M. Schroevens, Afvoeren in uiterwaarden bepalen met remote sensing technieken, Deltares kenmerk 1230041-003-ZWS-0001, 2016.