

Stochastisch model berekent effect van lagere uiterwaarden

Het verlagen van de uiterwaarden kan leiden tot een versterkte bodemvariatie in de Waal, zo blijkt uit promotieonderzoek aan de TU Delft. De onderzoekers maakten gebruik van een stochastische voorspellingsmethode om rekening te houden met onzekerheden in morfologische effecten.

IR. L.E. VAN BREEN / IR. S. VAN VUREN /
IR. H. HAVINGA

In het project Ruimte voor de Rivier zoekt de overheid naar maatregelen om de afvoercapaciteit van rivieren te vergroten en dijkverhoging zoveel mogelijk te vermijden. Onder deze maatregelen vallen onder andere de verlaging van uiterwaarden, het verwijderen van hydraulische obstakels en het aanleggen van nevengeulen.

Grootschalige uiterwaardverlaging heeft een plaatselijk waterstandverlagend effect, dat enkele kilometers doorwerkt in bovenstroomse richting door de toegenomen afvoercapaciteit in de uiterwaarden. Naast dit hydraulische effect leidt de maatregel ook tot een morfologische reactie van de rivier in de vorm van sedimentatie en erosie in het zomerbed. Deze reactie is te voorspellen met morfologische modellen. In voorgaande studies zijn



Hoogwater op de Waal tussen Brakel en Zaltbommel op 1 maart 2002.

deze morfologische effecten op deterministische wijze onderzocht. Daarbij hebben onderzoekers de morfologische reactie bepaald met enkele modelruns met gebruikmaking van zorgvuldig gekozen invoerwaarden (randvoorwaarden, beginvoorwaarden en modelparameters). Het resultaat geeft slechts een van de vele mogelijke morfologische reacties weer. In het modelleerproces worden echter verscheidene onzekerheden geïntroduceerd.

Onzekerheden

De invloed van onzekerheden op het voorspellen van de riviermorfologie is op dit moment zeer in de aandacht vanwege het besef dat onzekerheid een wezenlijk onderdeel is van voorspellingen. Aan de TU Delft wordt in samenwerking met het bureau HKV LIJN IN WATER promotieonderzoek uitgevoerd naar het stochastisch modelleren van riviermorfologie.

De invloed van een onzeker afvoerverloop op de morfologische ontwikkeling in het zomerbed van de rivier door grootschalige uiterwaardverlaging is onderwerp van dit artikel. Uit onderzoek blijkt dat de onzekerheid in de afvoerhydrograaf sterk bijdraagt aan de totale onzekerheid van de morfologische reactie.

De onderzoekers maakten gebruik van het eendimensionale model Sobek Rijntakken, ontwikkeld door Rijkswaterstaat in samenwerking met WL Delft Hydraulics. Ze voerden zogenaamde 'Monte Carlo'-simulaties uit waarbij voor elke modelrun een afvoerverloop van honderd jaar is gegenereerd op basis van een vooraf gespecificeerde kansverdeling. Voor elk

getrokken afvoerverloop is de morfologische reactie voor drie situaties berekend: de onveranderde situatie, de situatie met een uiterwaardverlaging van 1,5 meter tussen Nijmegen en St. Andries (45 kilometer) waarbij de zomerdijken intact worden gelaten, en de situatie met uiterwaardverlaging waarbij de zomerdijken verwijderd worden.

Betrouwbaarheid

Op basis van alle modelresultaten bepaalden de onderzoekers voor de drie situaties de verwachtingswaarde en de betrouwbaarheidsband van de morfologische reactie na honderd jaar. De grootte van deze betrouwbaarheidsband geeft de variatie aan van de morfologische reactie als gevolg van een stochastisch afvoerverloop. Een smalle betrouwbaarheidsband duidt op weinig variatie en dus een kleine onzekerheid, een brede betrouwbaarheidsband betekent grote onzekerheid.

De breedte van de betrouwbaarheidsband varieert aanzienlijk in de drie situaties. De effecten van eerdere menselijke ingrepen zijn goed zichtbaar in de morfologische reactie. De bodemkribben in de buitenbocht bij Erlecom en de vaste laag in de buitenbocht bij Nijmegen resulteren in een smalle betrouwbaarheidsband ter plaatse, omdat ze de erosie beperken. Benedenstrooms is er veel variatie door de erosie die optreedt bij hoge afvoeren.

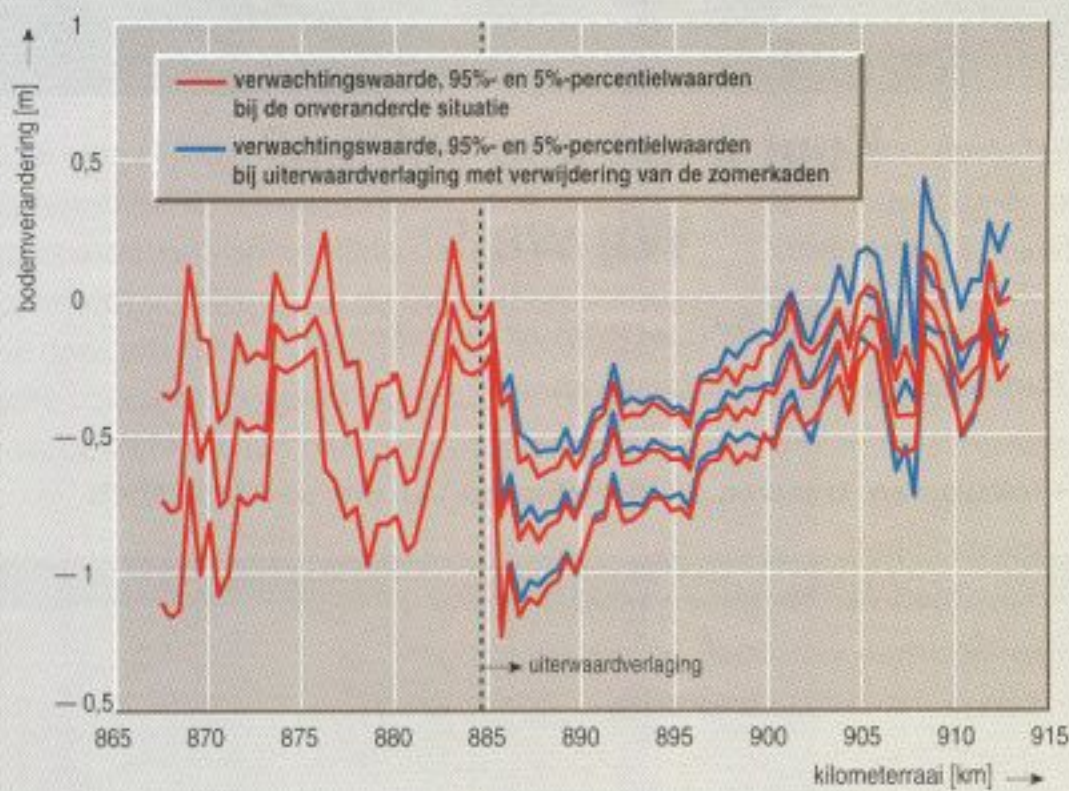
Uiterwaardebreedte

De uiterwaardebreedte heeft invloed op de betrouwbaarheidsband. Een overgang van een

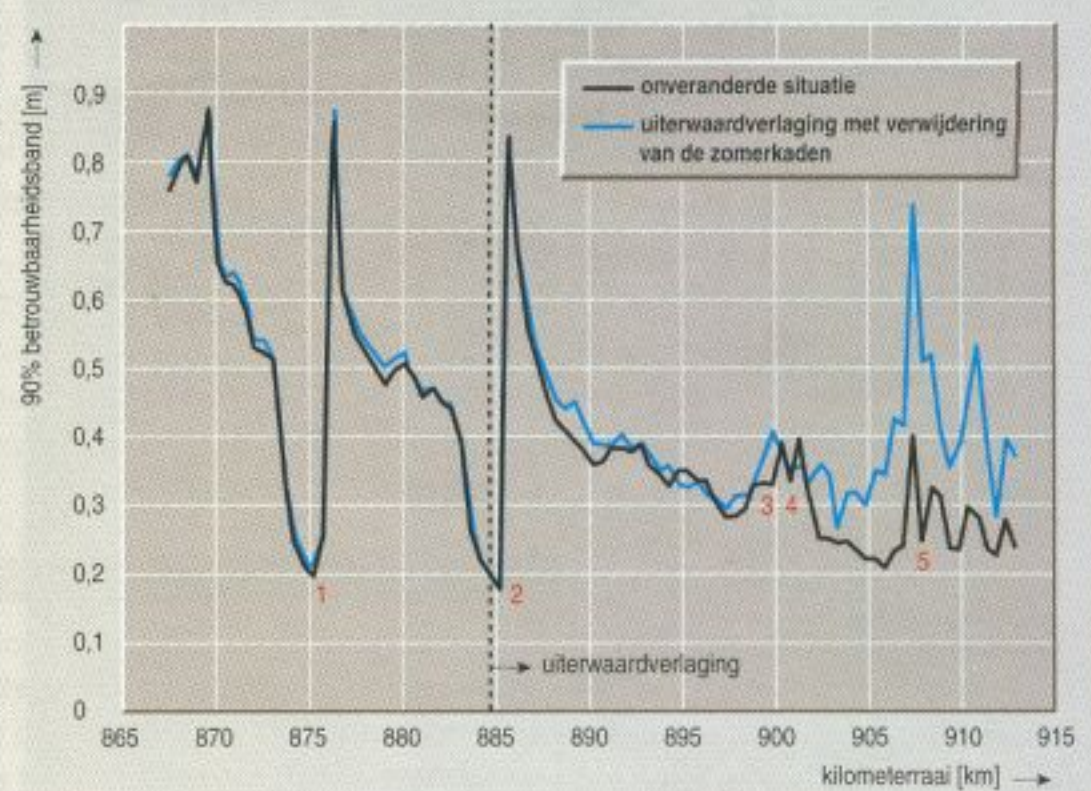
In 't kort

- ▶ Verschil tussen deterministische en stochastische voorspelling van effecten van uiterwaardverlaging
- ▶ Onderzoek naar invloed van onzeker afvoerverloop op morfologie in zomerbed
- ▶ Stochastisch model bepaalt verwachtingswaarde en 'betrouwbaarheidsband' van effecten
- ▶ Invloed van uiterwaardebreedte en seizoensvariatie onderzocht

UITERWAARDVERLAGING



BETROUWBAARHEIDSBAND



Morfologische reactie voor de Waal tussen de Pannerdensch Kop en Tiel bij de onveranderde situatie en bij uiterwaardverlaging met verwijdering van zomerdijken. De grafieken tonen de bodemverandering na een periode van honderd jaar. Links de verwachte bodemverandering (middelste lijn) en het 95%- (bovenste lijn) en 5%-percentiel (onderste lijn). De laatste twee vormen de 90%-betrouwbaarheidsband. De kans is 90% dat de bodemverandering tussen deze lijnen valt. Rechts is de grootte van de 90%-betrouwbaarheidsband gegeven met de locaties waar een sterke afwijking optreedt in

de stochastische morfologische reactie. Dit zijn locaties waar een vaste laag of bodemkribben zijn aangebracht en locaties met een sterke variatie in de uiterwaadbreedte.

- 1 = bodemkribben Erlecom
- 2 = vaste laag Nijmegen
- 3 = uiterwaard Hienschewaarden en Afferdenschewaarden
- 4 = uiterwaard Ochtense Buitenpolder
- 5 = uiterwaard Willemspolder en Drutenschewaard

kleine naar een grote uiterwaadbreedte leidt bij hoge afvoeren tot aanzanding, wat een grotere variatie in de uitkomsten tot gevolg heeft. De overgang van een grote uiterwaadbreedte naar een kleine heeft een tegenovergesteld effect: de vorming van erosiekuilen. Door de variërende afvoer vormen zich telkens nieuwe bodemgolven, die zich stroomafwaarts voortplanten.

Uiterwaardverlaging met het intact houden van de zomerdijken geeft bijna een identieke morfologische reactie als de onveranderde

situatie. De zomerdijken voorkomen een frequenter overstromen van de uiterwaarden.

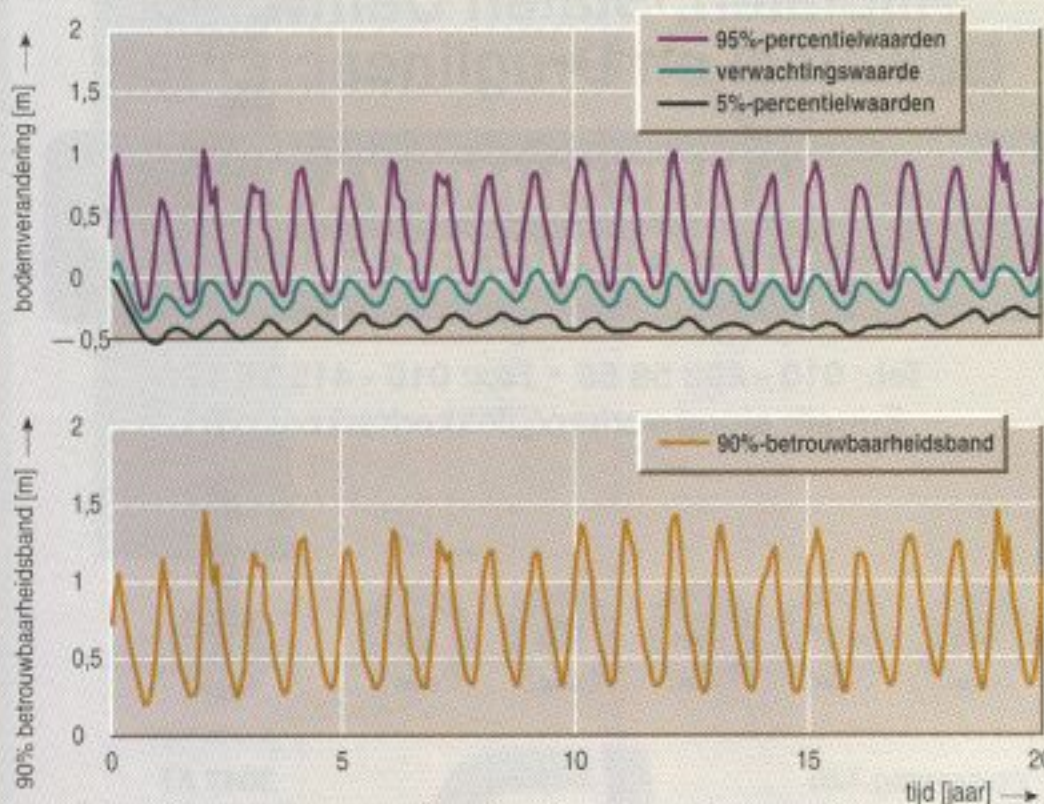
Bij verwijdering van de zomerdijken leidt uiterwaardverlaging tot een sterkere sedimentatie op de plaats van de verlaging. De uiterwaarden zullen namelijk vaker meestromen. Hierdoor zullen de sedimentatie- en erosiegolven vaker optreden en ook extremere waarden hebben.

Het grote betrouwbaarheidsinterval bij een overgang in uiterwaadbreedte vertoont een seizoensafhankelijke variatie in de tijd. Dit

komt door de seizoensvariatie in het afvoerloop. In de periode waarin de kans op een hoogwater het grootst is (winter en lente), is de onzekerheid in de morfologische reactie het grootst. Het laagwaterseizoen (zomer en herfst) kenmerkt zich door een kleine variatie in morfologische reactie.

De grootste onzekerheid in het onderzoeksgebied treedt op direct na het hoogwaterseizoen bij de Willemspolder (kilometer 907,4). De bandbreedte bedraagt hier ruim 1,5 meter. De kleinste onzekerheid is er bij de Waalbocht bij Nijmegen, waar de bandbreedte in het laagwaterseizoen minder dan 15 centimeter is.

VARIATIE



Variatie van de bodemverandering in de tijd over een periode van twintig jaar ter plaatse van de Willemspolder (km 907,4) bij uiterwaardverlaging met verwijdering van de zomerkade. De grafiek toont de seizoensafhankelijke variatie van de grootte van de betrouwbaarheidsband. De grootste onzekerheid valt direct na het hoogwaterseizoen (ruim 1,5 m), de kleinste in het laagwaterseizoen (0,2 m).

Belang

De stochastische benadering bij het berekenen van de morfologische reactie op maatregelen voor rivierverbetering verschaft inzicht in de variatie van deze reactie. Niet alleen wordt duidelijk dat er veel verschillende morfologische reacties mogelijk zijn, maar ook op welke locaties de grootste onzekerheid in de uitkomst bestaat.

Sommige locaties kunnen zich ontwikkelen tot mogelijke nautische knelpunten in de rivier omdat het toepassen van maatregelen daar gepaard kan gaan met grote sedimentatie of erosie. Inzicht in mogelijke knelpunten en kritieke perioden is van belang bij de afweging tussen verschillende maatregelen en de keuze voor locatie van deze maatregelen. Uit de simulaties blijkt dat uiterwaardverlaging tot een versterkte bodemvariatie leidt. Andere maatregelen vertonen naar verwachting een-

zelfde beeld. Ruimte voor de Rivier-maatregelen kunnen dus oorzaak zijn van zandgolven in de rivier die moeilijk en tegen hoge kosten zijn te beheersen (onder andere door baggeren).

In vergelijking met de resultaten van een deterministische voorspelling benadrukt de stochastische voorspelling dat er een grote onzekerheid bestaat in de morfologische reactie door uiterwaardverlaging. De deterministische voorspelling geeft slechts één mogelijke reactie weer en kan daarom een verkeerd

beeld geven van de mogelijke morfologische effecten.

Nader onderzoek

De sterke seizoensvariatie in de morfologische reactie versterkt het gevoel dat onzekerheden in deze reactie de hoogwatervoorspellingen sterk kunnen beïnvloeden. Tijdens hoogwaterperioden is het rivierbed zeer actief. Dit leidt tot grote onzekerheid in de bodemligging. Deze is van belang bij het berekenen van de waterstanden tijdens maatgevend hoogwater (MHW). De

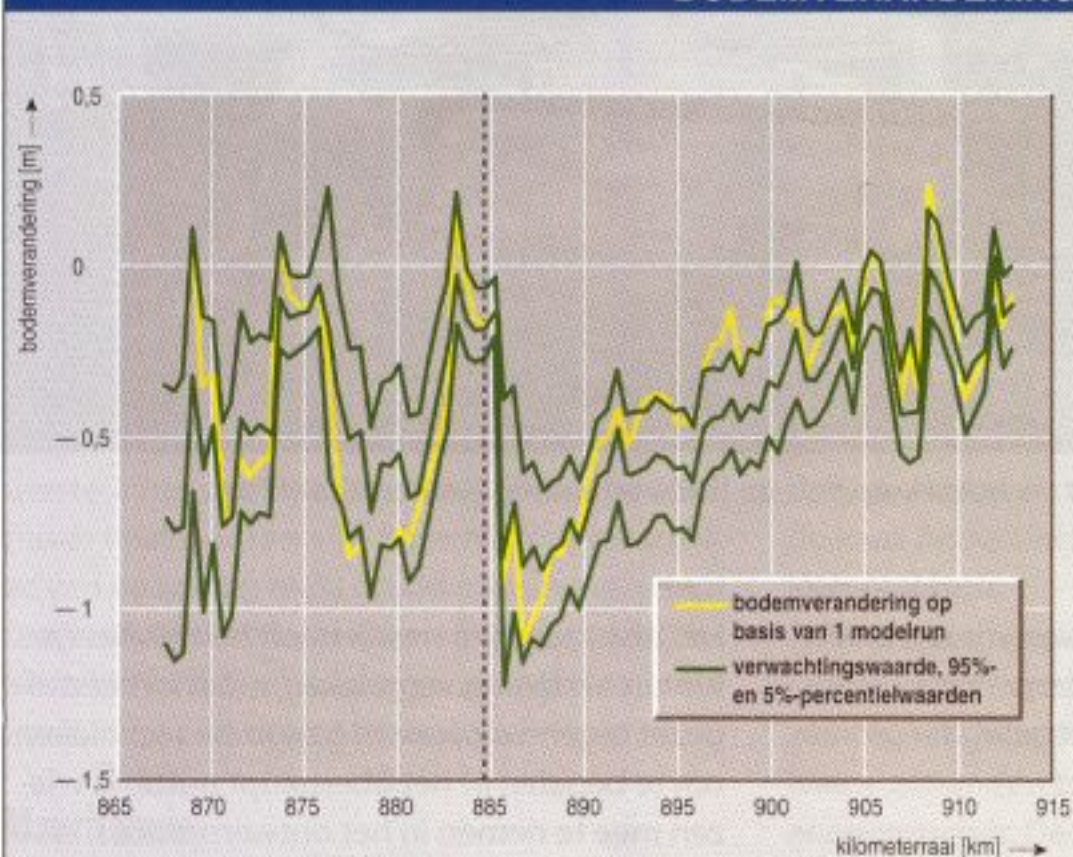
afvoercapaciteit die gecreëerd is direct na het verlagen van de uiterwaarden, kan als gevolg van de morfologische reactie in de tijd veranderen. Een lokale afname van de afvoercapaciteit leidt onder maatgevend hoogwater tot een ongewenste situatie: waterstanden hoger dan de MHW-standen waarop de dijkhoogte is gebaseerd. De ontwikkeling van de afvoercapaciteit en de MHW-standen als functie van de tijd is onderwerp van verder onderzoek.

Daarnaast kunnen morfologische reacties leiden tot hinder voor de scheepvaart. Op dit

moment wordt al gebaggerd om de vereiste scheepvaartdiepte te behouden. Sterkere sedimentatie en erosie zullen tot meer baggerwerk leiden. Dit resulteert in hogere onderhoudskosten en tot meer overlast voor de scheepvaart. Ook dit is onderwerp van nader onderzoek.

*Ir. Laura van Breen is als rijkstrai-
nee werkzaam bij het Rijksinsti-
tuut voor Kust en Zee (RIKZ) in Den
Haag. Ir. Saskia van Vuren doet bij
de vakgroep Waterbouwkunde
aan de faculteit Civiele Techniek
van de TU Delft haar promotieon-
derzoek 'Stochastic modelling of
low-land river morphology'. Ir.
Hendrik Havinga is werkzaam bij
de TU Delft en Rijkswaterstaat, Di-
rectie Oost-Nederland.*

BODEMVERANDERING



Verschil tussen de deterministische en stochastische morfologische reactie voor de Waal tussen de Pannerdensch Kop en Tiel voor de onveranderde situatie. De grafiek toont de bodemverandering na een periode van honderd jaar. De deterministische uitkomst fluctueert tussen de betrouwbaarheidsband van de stochastische uitkomst, soms valt hij er buiten. De deterministische som verschaft weinig informatie en benadrukt hoe twijfelachtig het toepassen van een betrouwbaarheidsband rond de deterministische uitkomst is. Het statistische gemiddelde van de mogelijke morfologische reacties is niet gelijk aan de morfologische reactie berekend met een gemiddelde waarde voor elke inputvariabele.