

Onderzoek naar overstromingskans tijdens hoogwater

Probabilistisch model geeft beeld van falen rivierdijken

In een afstudeeronderzoek aan de TU Delft is een probabilistisch model ontwikkeld om de veiligheid van rivierdijken tijdens hoogwater te beoordelen. De berekeningen werden getoetst aan de praktijkgegevens van het hoogwater in 1995.

IR. WOUTER TER HORST / IR. BAS JONKMAN

Hoogwatersituaties kenmerken zich door de dreiging van een overstroming, die mogelijk tot catastrofale gevolgen kan leiden. Daarom moeten er tijdens hoogwatersituaties onder tijdsdruk moeilijke beslissingen genomen worden. Gedurende het hoogwater van 1995 werd er bijvoorbeeld besloten om 220.000 mensen uit voorzorg te evacueren uit gebieden langs de Rijn. Tijdens hoogwaters is het niet mogelijk een absolute uitspraak te doen over de standzekerheid van de dijk vanwege de onzekerheden in bijvoorbeeld de optredende waterstanden, de grondgesteldheid van de dijk en de gebruikte rekenmodellen. Een probabilistisch model kan wel een goed beeld geven van de overstromingskans van rivierdijken in hoogwatersituaties.

Overstromingskans

Van oudsher leveren Nederlanders strijd tegen hoogwater op rivieren en zee. De aanhouden- de dreiging van het water heeft ervoor gezorgd dat er methoden zijn ontwikkeld om de jaarlijkse overstromingskans van dijkringgebieden te bepalen. Met deze methoden bepaalt Rijkswaterstaat de veiligheid van dijkringgebieden in het project 'Veiligheid van



Aanbrengen van verstevigend doek op de dijk van Ochten tijdens het hoogwater op 1 februari 1995.

Nederland in Kaart'. De jaarlijkse overstromingskans geeft echter weinig informatie over de kans dat een dijk tijdens een specifiek hoogwater bezwijkt. In dergelijke situaties is het voor bestuurders van belang om tijdens het beslisproces te beschikken over up-to-date informatie over de overstromingskans van de dijken. Beslissingen tijdens hoogwater beperken zich niet tot de evacuatiebeslissing. Ook de inzet van noodmaatregelen (bijvoorbeeld het plaatsen van zandzakken) bij zwakke plekken in de dijk behoort tot de mogelijkheden.

In afstudeeronderzoek aan de TU Delft is een probabilistisch model ontwikkeld voor de bepaling van de overstromingskans van een dijk tijdens een hoogwatersituatie. Hierbij zijn voor een karakteristieke rivierdijk vier faalmechanismen beschouwd: overloop en overslag, erosie, instabiliteit en piping.

Faalmechanismen

Bij de bepaling van de overstromingskans van een dijk heeft de afstudeerder rekening gehouden met de belastingen op de dijk (waterstand en windsnelheid) en de sterkteparameters van de dijk (geometrie en grondeigenschappen). Beide typen variabelen zijn probabilistisch gemodelleerd: er is rekening gehouden met de spreiding in de optredende waarden van bijvoorbeeld waterstand en grondsterkte-eigenschappen.

De kans op het optreden van een bepaalde maximale waterstand valt af te leiden uit waterstandobservaties en waterstandvoorspellingen. Op basis van in het verleden gedane voorspellingen kan hieruit een spreiding worden bepaald, die een maat geeft voor de voorspelfout.

De waterstandvoorspellingen zijn gebaseerd op een multilineair regressiemodel, waarmee het mogelijk is het hoogwater maximaal vier dagen van tevoren te voorspellen. Naarmate het moment van voorspellen en het optreden van het hoogwater dichter bij elkaar liggen, neemt de spreiding van de waterstand af. Wanneer het moment van voorspellen en het optreden van de voorspelde waterstand samenvallen, spreekt men van een observatie in plaats van een voorspelling. In dit specifieke geval is er geen spreiding meer.

De overstromingskans van een dijk hangt af van het beschouwde faalmechanisme en is te modelleren als functie van de optredende waterstand.

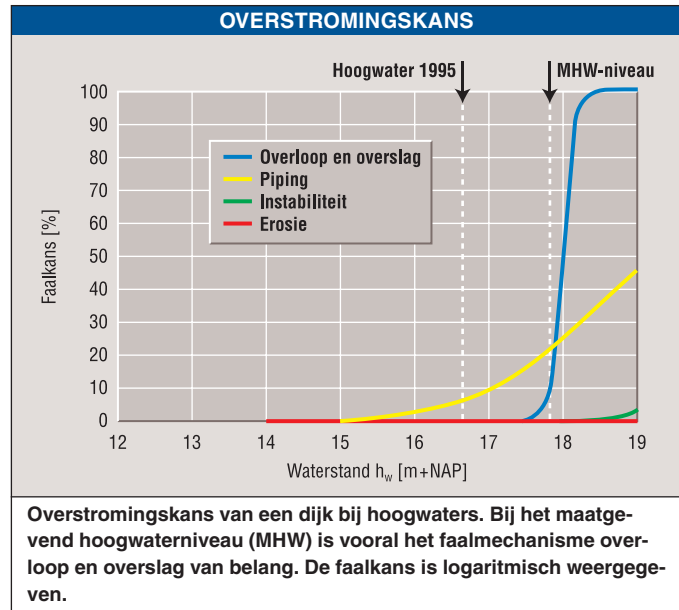
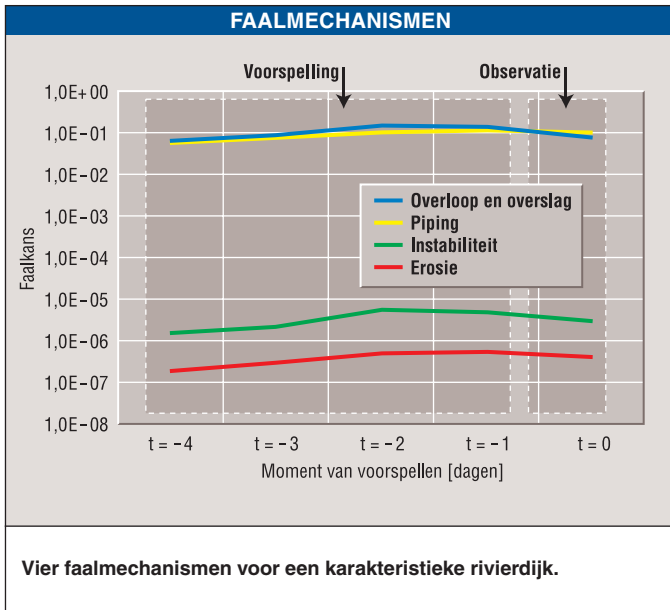
Het blijkt dat de overstromingskans bij hoogwaters waarbij de waterstand in de buurt ligt van de dijkhoogte (ofwel in de buurt van het maatgevend hoogwaterniveau (MHW), waarop de rivierdijken in Nederland zijn gediimensioneerd) falen vooral wordt ingegeven door het faalmechanisme overloop en overslag. Dit faalmechanisme is naast de waters-

In 't kort

PLANNING

- ▶ Afstudeerder onderzoekt faalkans van rivierdijken bij hoogwater
- ▶ Probabilistisch model bruikbaar voor ondersteuning van beslissen bij hoogwater
- ▶ Casestudy naar overstromingskans Betuwe/Tieler- en Culemborgerwaard bij hoogwater 1995
- ▶ Resultaten casestudy en vervolg van onderzoek

Waterhuishouding & Waterbouw



tand vooral afhankelijk van de dijkhoogte. Ook bestaat reeds bij lagere waterstanden een aanzienlijke overstromingskans door het faalmechanisme piping. Piping is behalve van de waterstand ook afhankelijk van diverse eigenschappen van de ondergrond van de dijk (bijvoorbeeld de lengte van de kwelweg en de doorlatendheid van de watervoerende zandlaag) en de onzekerheden daarin. Dit verschil tussen beide faalmechanismen zorgt ervoor dat overloop en overslag alleen bij waterstanden in de buurt van de dijkhoogte tot gevaarlijke situaties kan leiden, terwijl de overstromingskans door piping reeds bij lagere waterstanden een rol kan gaan spelen. De ervaringen tijdens het hoogwater van 1995 bevestigen dit fenomeen.

Hoogwater 1995

In een casestudy heeft de afstudeerder de kans op overstroming bepaald voor het dijkkringgebied Betuwe/Tieler- en Culemborgwaard tijdens de top van het hoogwater van 1995. Om een goed beeld te krijgen zijn eerst de dijkcondities van 1995 en de opgetreden faalindicaties zo goed mogelijk achterhaald. Faalindicaties zijn tekenen van het begin van het optreden van een faalmechanisme. Men kan hierbij denken aan een scheur in een dijk

door beginnende instabiliteit of het ontstaan van een zandmeevoerende wel door piping. Uit verslagen blijkt dat er tijdens het hoogwater van 1995 vooral serieuze faalindicaties waren op het gebied van overloop en overslag, piping en instabiliteit.

Vervolgens is een vergelijking gemaakt tussen de berekende overstromingskans voor elk faalmechanisme en de geobserveerde faalindicaties tijdens het hoogwater. Uit deze vergelijking blijkt dat de met het model berekende zwakke plekken goed overeenkwamen met de locaties waar in 1995 faalindicaties optraden.

Door het combineren van overstromingskansen van alle dijkvakken heeft de afstudeerder de kans op een overstroming ergens in het gehele gebied bepaald. Daarbij is ook rekening gehouden met de waterstandvoorspellingen op verschillende tijdstippen en de spreiding hierin. Hierdoor is de kans op overstroming afhankelijk van het moment van voorspellen.

Uit de berekeningen blijkt dat de overstromingskansen van de dijkkring door overloop en overslag en piping hoog waren tijdens de top van het hoogwater van 1995 (ordegrootte 10 procent). Dit onderstreept de zorgen die er destijds waren omtrent deze faalmechanis-

men. De zorgen over instabiliteit komen niet overeen met de berekeningen. Dit is te verklaren doordat de dijkverbeteringen tussen 1995 en 2003 voor dit faalmechanisme niet in beschouwing zijn genomen, waardoor de sommen gebaseerd zijn op een sterkere dijk en zodoende leiden tot een lage overstromingskans.

Hulp voor bestuurders

Dit onderzoek laat zien hoe de overstromingskans van dijken tijdens hoogwatersituaties kan worden bepaald. De casestudy laat een duidelijke overeenkomst zien tussen de geobserveerde faalindicaties tijdens het hoogwater van 1995 en de berekende overstromingskansen. Bovendien blijkt uit het onderzoek dat er bij hoogwaters lager dan het maatgevende MHW-niveau reeds dreigende situaties kunnen ontstaan door andere faalmechanismen, met name piping.

De recente overstromingen in New Orleans tonen ook het belang aan van informatie over de veiligheid van dijken bij hoge waterstanden. Op deze wijze kunnen noodmaatregelen (dichten van de bres) en evacuatie van de meest bedreigde gebieden beter voorbereid.

Voordat het model werkelijk operationeel kan worden, verdient het aanbeveling om de nauwkeurigheid van waterstandvoorspellingen uitgebreid te onderzoeken. Bovendien is het nodig om meer inzicht te krijgen in de modellering van het optreden van falen.

Naar verwachting kan het model in de toekomst zeker een bruikbaar instrument worden voor bestuurders tijdens hoogwatersituaties.

Wouter ter Horst is werkzaam bij adviesbureau Infram in Marknesse en afgestudeerd op het beschreven onderzoek. Bas Jonkman is werkzaam bij Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde en is promovendus aan de TU Delft, faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen.

