

Extreme afvoeren voor Rijn en Maas gebundeld in GRADE

In de tien dagen voorafgaand aan de hoogwaters van 1993 en 1995 viel in het Rijnstroomgebied gemiddeld ongeveer 100 millimeter neerslag en in het Maasstroomgebied gemiddeld ongeveer 150 millimeter neerslag. Daarmee waren dit de natste tiendaagse perioden in een meetreeks die enkele decennia omvat. Zouden we een paar duizend jaar metingen tot onze beschikking hebben, dan waren er ongetwijfeld nog wel nattere uitschieters. Vanuit deze gedachte is de afgelopen jaren onder regie van het KNMI en Rijkswaterstaat gewerkt aan GRADE (Generator of Rainfall And Discharge Extremes). Voor de Rijn en de Maas zijn inmiddels neerslag- en afvoerreeksen gegenereerd van enkele duizenden jaren. De analyse van deze reeksen levert nieuwe inzichten die bruikbaar zijn bij de bepaling van de maatgevende afvoeren voor Rijn en Maas. Een eerstvolgende stap is de onzekerheid van de maatgevende afvoer die uit GRADE volgt, te kwantificeren. Daarnaast onderzoekt het KNMI momenteel de toepassing ervan voor het doorrekenen van de effecten van klimaatverandering.

In de Wet op de Waterkering van 1996 is vastgelegd dat de waterbeheerders in Nederland iedere vijf jaar de primaire waterkeringen toetsen. Rijkswaterstaat geeft hiervoor iedere vijf jaar een randvoorwaardenboek uit met daarin de maatgevende waterstanden voor alle primaire waterkeringen in Nederland. De maatgevende afvoer is de maximale hoeveelheid water die de rivier veilig moet kunnen afvoeren. Deze extreem hoge afvoer is uiteraard een heel belangrijke factor bij de vijfjaarlijkse toetsing van de primaire waterkeringen. De huidige methodiek om de maatgevende afvoer vast te stellen is gebaseerd op een frequentieanalyse van historische afvoergegevens.

Deze methode kent een aantal beperkingen. De beschikbare meetreeks is eigenlijk te kort om uitspraken te doen over de afvoer met een gemiddelde overschrijdingskans van eens in de 1.250 jaar. De vraag is ook hoe representatief de beschikbare meetreeks is. Om te kunnen extrapoleren moet de meetreeks homogeen zijn. Aan deze voorwaarde is door de vele ingrepen in het stroomgebied en significante trends in het neerslagklimaat niet voldaan. Een andere vraag is met welke verdelingsfunctie je de beste extrapolatie naar de maatgevende afvoer kunt maken. Over de vorm van de maatgevende afvoergolf of over de genese van de golf geeft de huidige methode beperkte informatie. Dit laatste aspect is wel van groot belang, mede in verband met de effectiviteit van eventuele bovenstroomse maatregelen. Bovenstaande overwegingen zijn de aanleiding geweest voor de ontwikkeling van een nieuw instrumentarium om de maatgevende afvoeren voor Rijn en Maas te bepalen: GRADE.

In plaats van extrapolatie van kansverdelingen op basis van betrekkelijk korte afvoerreeksen worden in GRADE eerst lange (duizenden jaren) neerslag- en temperatuurreeksen gegenereerd met behulp van een zogeheten resamplingtechniek. Door dit op een statistisch onderbouwde wijze te doen, zijn de gegenereerde reeksen representatief voor het huidige klimaat. De reeksen dienen

vervolgens als invoer voor een hydrologisch model. Voordeel van deze methodiek is dat je hiermee een viertal zaken kunt simuleren: zeer lange afvoerreeksen met daarin gebeurtenissen die extremer zijn dan tot nog toe waargenomen, effecten van veranderingen in het stroomgebied, de duur en vorm van

de maatgevende golf én de invloed van een mogelijke klimaatverandering.

De methodiek is inmiddels toegepast op het Rijnstroomgebied bovenstrooms van Lobith en het Maasstroomgebied bovenstrooms van Borgharen. De statistische eigenschappen

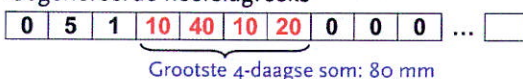
Schematische weergave van tijdreeksresampling

Door het herordenen van dagwaarden ontstaan in de lange gegenereerde reeksen hogere meerdaagse neerslagsommen dan in de korte gemeten reeksen. Een hoogwater op Rijn en Maas ontstaat als over meerdere dagen veel neerslag valt. Door het genereren van hogere meerdaagse neerslagsommen creëer je uiteindelijk ook hogere afvoeren dan totnogtoe waargenomen.

Historische neerslagreeks



Gegenereerde neerslagreeks



De maatgevende afvoer is de maximale hoeveelheid water die de rivier veilig moet kunnen afvoeren (foto: Rijkswaterstaat).





De Maas (foto: Hugo Jamin).

van de gegenereerde neerslagextremen komen goed overeen met de statistische eigenschappen van de extremen in gemeten neerslagreeksen. In de gegenereerde afvoerreksen komen hoogwaters voor die aanzienlijk hoger zijn dan tot nu toe waargenomen. De maatgevende afvoeren die berekend zijn met GRADE vallen ruim binnen de betrouwbaarheidsintervallen van de huidige methodiek. Kanttekening daarbij is dat deze betrouwbaarheidsintervallen breed zijn. GRADE bestaat uit een aantal deelmodellen die elk verschillende onzekerheden kennen. Zo hebben de neerslag- en temperatuurreksen waarop de resampling is gebaseerd, een beperkte lengte en bestaan onvolkomenheden in het hydrologisch modelinstrumentarium. Met GRADE kun je veranderingen in stroomgebied en klimaat simuleren, maar deze veranderingen zijn natuurlijk ook onzeker. Ook met een optimaal werkend GRADE zal de onzekerheid in de bepaling van de maatgevende afvoeren voor Rijn en Maas dus aanzienlijk blijven.

Toepassing

Het streven is om bij de bepaling van de maatgevende afvoeren in het kader van de vijfjaarlijkse toetsing van de hydraulische randvoorwaarden GRADE een rol te laten spelen. Zo leveren de resultaten nu al aanvullende informatie voor de vertaalslag van maatgevende piekafvoer naar maatgevende afvoergolf. Veranderingen in de hydraulische randvoorwaarden van de Maas en Rijnakken hebben grote consequenties. Van het ene op het andere moment overstappen van de huidige methodiek op GRADE is gezien de onzekerheden, die inherent zijn aan het bepalen van de kans van voorkomen van extremen, geen verstandige optie. Een eerstvolgende

stap is de onzekerheid van de maatgevende afvoer die uit GRADE volgt, te kwantificeren. Deze aanvullende kennis is nodig voor het maken van een weloverwogen besluit om de maatgevende afvoer voor Rijn en Maas wel of niet aan te passen. Naast de bepaling van de hydraulische randvoorwaarden zijn er ook andere toepassingsmogelijkheden voor GRADE. Zo is GRADE gebruikt voor het genereren van afvoerscenario's voor een Duits/Nederlandse studie naar de grensoverschrijdende effecten van extreem hoogwater op de Niederrhein²⁾. Momenteel onderzoekt het KNMI de toepassing van GRADE voor het doorrekenen van de effecten van klimaatverandering³⁾. De resultaten zijn ook bruikbaar als basis voor scenariostudies en de ontwikkeling van beheerstrategieën voor overstromingsrampen. De hydrologische en hydraulische modellen die deels binnen GRADE zijn ontwikkeld, worden ook voor andere doeleinden, zoals de hoogwatervoorstelling, gebruikt.

Over de afgelopen jaren hebben veel mensen meegewerkt aan de ontwikkeling van GRADE. De ontwikkeling van het hydrologische en hydraulische instrumentarium voor het Rijnstroomgebied is door samenwerking met de Bundesanstalt für Gewässerkunde tot stand gekomen. De belangrijkste bouwstenen van het hydrologische modelinstrumentarium voor het Maasstroomgebied zijn gemaakt op de universiteiten van Twente en Wageningen en door Carthago Consultancy. Een groot deel van de hydrologische en hydraulische analyses van GRADE zijn verricht door WL|Delft Hydraulics en HKV Lijn in Water. GRADE is gevoed met gegevens die door diverse hydrologische en meteorologische instituten in het Rijn- en Maasstroomgebied beschikbaar zijn gesteld.

Het onderhouden, verder ontwikkelen en uitbreiden (bijvoorbeeld met recentere neerslag- en temperatuurgegevens) van GRADE vereist ook voor de toekomst een intensieve samenwerking tussen vele partijen. Het product van de samenwerking over de afgelopen tien jaar is samengevat in een onlangs verschenen rapport van RIZA en KNMI⁵⁾. In dit rapport staan ook samenvattingen van ruim 40 publicaties^{1),4)} over de ontwikkeling van GRADE.

Marcel de Wit (Rijkswaterstaat Waterdienst)
Adri Buishand (KNMI)

NOTEN

- 1) Buishand T. en T. Brandsma (2001). Multi-site simulation of daily precipitation and temperature in the Rhine basin by nearest-neighbor resampling. *Water Resources Research* 37, pag. 2761-2776.
- 2) Lammersen R. (2004). Effects of extreme floods along the Niederrhein. *Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Provincie Gelderland en Rijkswaterstaat Directie Oost.*
- 3) Leander R. en T. Buishand (2007). Resampling of regional climate model output for the simulation of extreme river flows. *Journal of Hydrology* 332, pag. 487-496.
- 4) Leander R., T. Buishand, P. Aalders en M. de Wit (2005). Estimation of extreme floods of the river Meuse using a stochastic weather generator and a rainfall-runoff model. *Hydrological Sciences Journal* 50, pag. 1089-1103.
- 5) De Wit M. en T. Buishand (2007). Generator of Rainfall And Discharge Extremes (GRADE) for the Rhine and Meuse basins. RIZA-rapport 2007.027 / KNMI-publicatie 218. Rijkswaterstaat RIZA.