



Kees van Immerzeel, IDO*
Peter van Bergen, Royal Haskoning

Wateroverlast op Terschelling door combinatie veel neerslag en hoge waterstand Waddenzee

Voor het bepalen van de overschrijdingskansen van waterstanden kan de stochastenmethode worden gebruikt. Daarbij wordt doorgaans aangenomen dat de stochasten (tijdsafhankelijke variabelen) onderling onafhankelijk zijn. Dit kan ertoe leiden dat men de kans op wateroverlast of inundatie onderschat. Uit een analyse van de regelmatig terugkerende wateroverlast in de polders van Terschelling blijkt dit inderdaad. De overlast ontstaat daar vooral doordat hoge waterstanden op zee relatief vaak gepaard gaan met veel neerslag.

De stochastenmethode is een hydrologische werkwijze om neerslagextremen te vertalen naar overschrijdingskansen van waterstanden¹⁾. Op basis van deze overschrijdingskansen kan toetsing plaatsvinden, bijvoorbeeld aan de werknormen uit het Nationaal Bestuursakkoord Water (NWB). Een stochast is een tijdsafhankelijke variabele

die van invloed is op de waterstand. In dit artikel wordt behalve de neerslag de stochast 'buitenwaterstand' (= de waterstand op zee) gebruikt in de analyse van de wateroverlast in de polders van Terschelling. In de stochastenmethode wordt een groot aantal hydrologische gebeurtenissen met elk een bepaalde frequentie van vóórkomen samengesteld. Door hydrologische simulatie

wordt voor elke gebeurtenis de resulterende piekwaterstand bepaald. De frequenties van alle piekwaterstanden bepalen samen de overschrijdingskansen van de waterstanden.

Meestal wordt bij de toepassing van de stochastenmethode aangenomen dat de stochasten onderling onafhankelijk zijn. De kans op een bepaalde gebeurtenis kan hierdoor eenvoudig worden bepaald door het vermenigvuldigen van de kansen op realisaties van de stochasten waaruit deze gebeurtenis is opgebouwd. De tijdreeksmethode is een alternatieve manier om overschrijdingskansen van waterstanden te bepalen. Om deze methode te kunnen toepassen, zijn van alle stochasten langjarige historische reeksen nodig. Door een hydrologisch simulatiemodel kunnen deze reeksen worden omgezet naar waterstanden, op basis waarvan de overschrijdingskansen van de waterstanden kunnen worden bepaald. De tijdreeksmethode heeft als voordeel dat eventuele afhankelijkheid tussen de stochasten niet onderzocht hoeft te worden, terwijl de resulterende overschrijdingskansen er wél op de juiste wijze door worden beïnvloed.

Wat maakt het uit?

Wat maakt het uit voor de berekende overschrijdingskansen als ten onrechte wordt verondersteld dat de stochasten onderling onafhankelijk zijn? Deze vraag wordt in dit artikel onderzocht door met de tijdreeksmethode twee maal een overschrijdingsgrafiek te maken. De eerste grafiek is geproduceerd

De inundatie in de polder op 31 oktober 2000.



op basis van niet-aangepaste tijdreeksen van van de samenstellende stochasten. Voor het maken van de tweede overschrijdingsgrafiek is de eventuele afhankelijkheid tussen de tijdreeksen verwijderd door de waarden in deze reeksen één jaar ten opzichte van elkaar te verschuiven. Het verschil tussen beide grafieken kan worden toegeschreven aan het effect van de afhankelijkheid tussen de stochasten.

De vraag 'Wat maakt het uit?' zal met de hierboven beschreven werkwijze worden beantwoord voor de polders op Terschelling. Daar is regelmatig sprake van wateroverlast, die wellicht deels kan worden verklaard doordat hoge waterstanden op zee relatief vaak gepaard gaan met veel neerslag.

Wateroverlast op Terschelling

De afwatering van de polders van Terschelling vindt onder vrij verval plaats via twee sluizen. Het westelijke deel (circa 550 hectare) watert af op de sluis bij Kinnum en het oostelijke deel (circa 960 hectare) op de sluis bij Lies.

Afwatering kan alleen plaatsvinden als de waterstand vóór de stuw (= de binnenwaterstand) hoger is dan de zee waterstand (= de buitenwaterstand). Op de lagere delen van de polder is incidenteel sprake van wateroverlast. Op 30 oktober 2000, toen binnen 24 uur 80 à 90 mm neerslag viel, stond het lage deel van de polder blank. Dat herhaalde zich in iets mindere mate op 22 februari 2002 en op 14 augustus 2006.

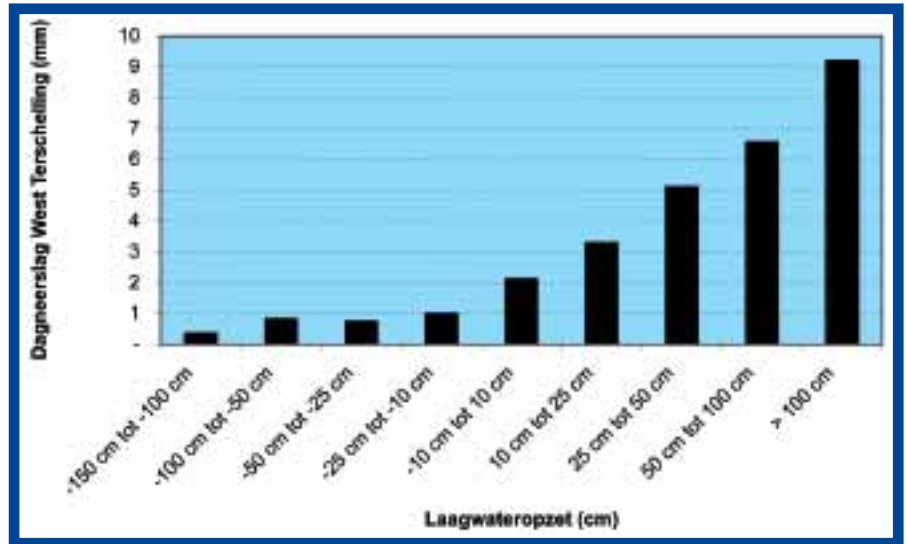
De wateroverlast in de polders is mede de aanleiding geweest voor een watersysteemanalyse en een GGOR-studie^{2),3)}. Beide studies zijn door Royal Haskoning in opdracht van Wetterskip Fryslân uitgevoerd. In deze studies is vastgesteld dat daadwerkelijk sprake is van wateroverlast. Daarbij is uitgegaan van de voorlopige normering voor regionale wateroverlast van landbouwgebieden: maximaal vijf procent van het polderoppervlak mag eens per tien jaar blank staan.

Afhankelijkheid van neerslag en waterstand op zee

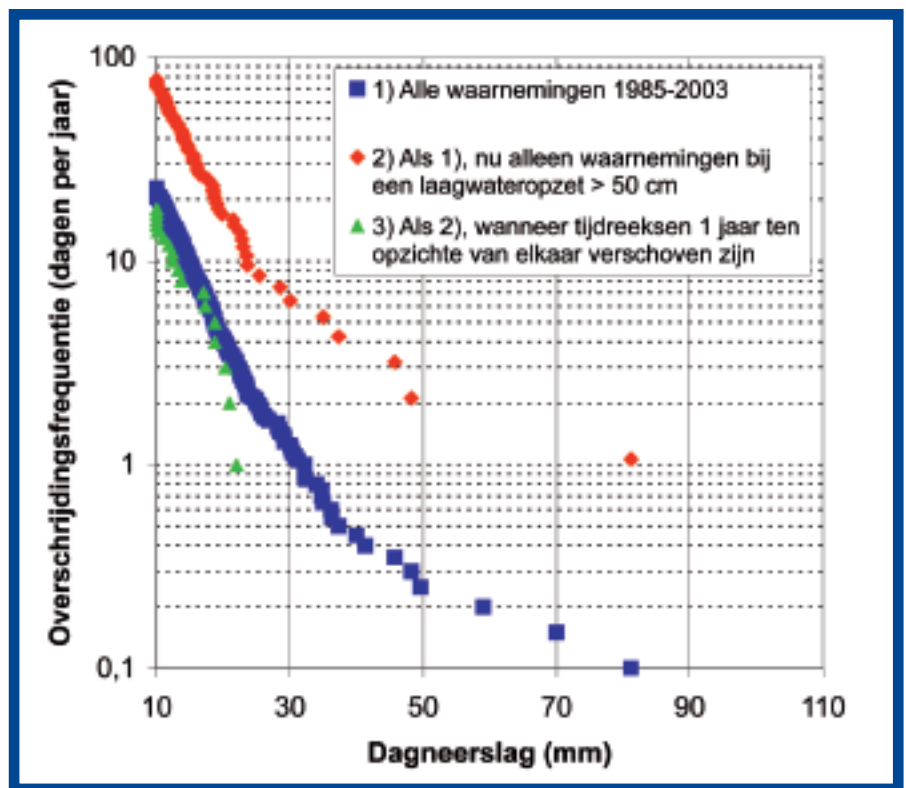
Het dagelijks verloop van de waterstand op zee wordt bepaald door het astronomisch getij, maar ook door de weersomstandigheden. Met name door wind kan sprake zijn van een verhoging van de waterstand op zee (opwaaiing). De laagwateropzet is het verschil tussen het opgetreden laagwater ten opzichte van het verwachte laagwater volgens het astronomisch getij. De laagwateropzet heeft een negatieve waarde als sprake is van een verlaging ten opzichte van het verwachte laagwater volgens het astronomisch getij.

Als een relatie bestaat tussen de dagneerslag en de waterstand op zee, dan zal deze relatie vooral tot uiting komen in de laagwateropzet. De neerslag en de laagwateropzet worden immers beide voor een belangrijk deel bepaald door de meteorologische condities. Afbeelding 1 toont de relatie tussen de laagwateropzet en de dagneerslag van het dorp West-Terschelling.

Afbeelding 1 laat bij positieve waarden van de laagwateropzet een positief verband zien



Afb. 1: Relatie tussen de laagwateropzet (daggemiddelde) en de dagneerslag van West-Terschelling (1985-1993)

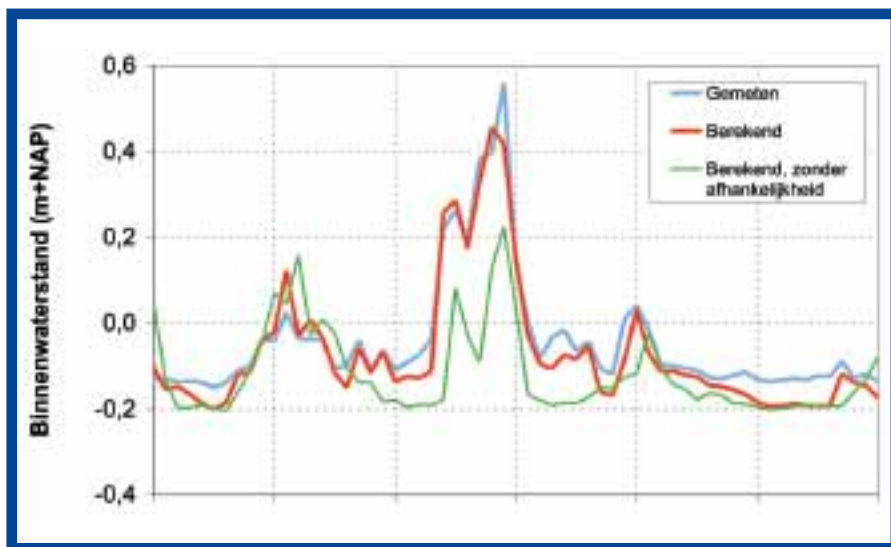


Afb. 2: Terugkeerniveaus van de dagneerslag op West-Terschelling (1985-2003)

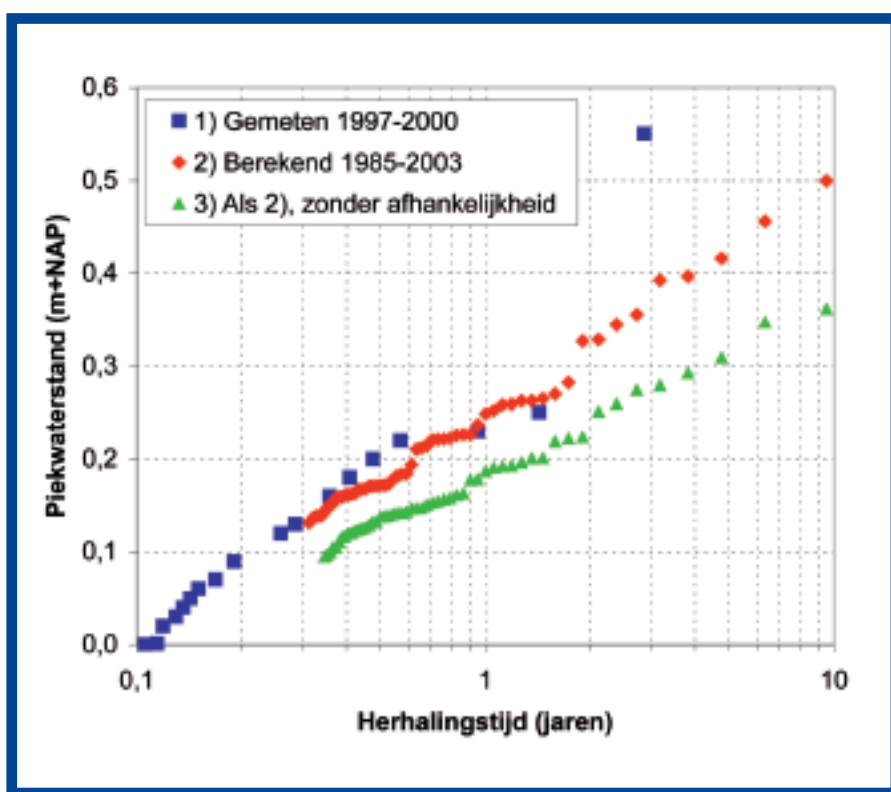
tussen de laagwateropzet en de dagneerslag. Hoe sterk wordt nu de kans op extreme neerslag vergroot als de laagwateropzet groter is dan bijvoorbeeld 50 centimeter? Afbeelding 2 bevat het antwoord op deze vraag.

De blauwe markeringen in afbeelding 2 vertegenwoordigen alle waarnemingen van de dagneerslag in de periode 1985-2003; de rode markeringen vertegenwoordigen alleen die waarnemingen waarvoor geldt dat de laagwateropzet groter is dan 50 centimeter. In afbeelding 2 kan worden afgelezen dat een dagneerslag van 30 millimeter of meer iets vaker dan één keer per jaar mag worden verwacht (blauwe markeringen). Als de kans op neerslag altijd zo groot zou zijn als bij een laagwateropzet van tenminste 50 centimeter,

dan zou deze neerslaghoeveelheid (of meer) ongeveer zes keer per jaar mogen worden verwacht (rode markeringen). Nadat de tijdreeksen van de dagneerslag en de laagwateropzet één jaar ten opzichte van elkaar zijn verschoven, is de samenhang tussen beide reeksen verdwenen. In afbeelding 2 is dit zichtbaar, doordat de groene markeringen op het niveau liggen van de blauwe markeringen. Het effect van de samenhang tussen de neerslag en de laagwateropzet zou kunnen zijn dat juist bij veel neerslag de mogelijkheid om af te wateren relatief vaak beperkt is. Hier zou de wateroverlast in de polder in principe (deels) door kunnen worden verklaard. Met een oppervlaktewater model is onderzocht of, en zo ja in welke mate, dit inderdaad het geval is.



Afb. 3: Gemeten en berekende binnenwaterstanden (stuw Kinnum, oktober-november 1998)



Afb. 4: Overschrijdingsgrafiek van de binnenwaterstand bij de stuw Kinnum op basis van metingen en berekeningen

Oppervlaktewatermodel

Voor zowel het westelijk als het oostelijk poldergebied is een oppervlaktewatermodel geconstrueerd, waarmee de binnenwaterstand kan worden gesimuleerd op basis van de neerslag en de buitenwaterstand. In het model zijn de hydraulische eigenschappen van de stuw verwerkt, evenals de relatie tussen de berging en de binnenwaterstand. Met het oppervlaktewatermodel is de de binnenwaterstand gesimuleerd in de periode 1985-2003.

Resultaten

Afbeelding 3 toont een uitsnede van de simulatieresultaten in de periode waarin een extreem hoge binnenwaterstand is gemeten (> 0,5 m+NAP).

Uit afbeelding 3 blijkt dat het model (rode lijn) heel redelijk het gemeten verloop van de binnenwaterstand (blauwe lijn) simuleert. De groene lijn geeft het simulatieresultaat weer, dat ontstaat als wordt gerekend met onafhankelijke reeksen van de dagneerslag en de waterstand op zee.

De berekende hoogste piek in de binnenwaterstand (eind oktober 1998) is 24 centimeter lager als met onafhankelijke tijdreeksen wordt gerekend. Dit duidt erop dat het gelijktijdig optreden van een hoge buitenwaterstand en veel neerslag heeft geleid tot de extreem hoge binnenwaterstand. Om het effect van de afhankelijkheid van de neerslag en de buitenwaterstand op de binnenwaterstanden te kunnen beoordelen, is een overschrijdingsgrafiek geconstrueerd

op basis van alle gemeten en berekende pieken van de binnenwaterstand (afbeelding 4).

Uit afbeelding 4 blijkt dat de berekende pieken (blauwe markeringen) en de gemeten pieken (rode markeringen) van de binnenwaterstand redelijk met elkaar overeenstemmen. Het model is dus goed in staat deze pieken te simuleren.

De groene markeringen vertegenwoordigen de berekende pieken van de binnenwaterstand als van onafhankelijke tijdreeksen van de waterstand op zee en de dagneerslag wordt uitgegaan. Dit resultaat zou ook worden verkregen met de stochastenmethode als onafhankelijkheid tussen beide stochasten zou zijn verondersteld. Duidelijk is dat de groene markeringen op een lager niveau liggen dan de rode markeringen. Door simulatie met onafhankelijke tijdreeksen van de buitenwaterstand en de dagneerslag worden dus duidelijk lagere pieken in de binnenwaterstand berekend.

Bij een herhalingstijd van één maal per jaar is het verschil ongeveer vijf centimeter; bij een herhalingstijd van één maal per tien jaar is het verschil ongeveer 15 centimeter. Het belang van de samenhang tussen de dagneerslag en de waterstand op zee voor de berekende overschrijdingsfrequentie wordt dus groter naarmate de gebeurtenis extremer is.

De berekende binnenwaterstand bij een herhalingstijd van één maal per tien jaar is ongeveer 0,50 m+NAP. Hierdoor staat zo'n 16 procent van de polder blank. Zou onafhankelijkheid tussen de stochasten zijn verondersteld, dan zou een inundatieniveau van 0,36 m+NAP zijn gevonden. Dan staat zo'n zes procent van de polder blank. Volgens de genoemde 'voorlopige normering voor regionale wateroverlast' zou dan de verkeerde conclusie zijn getrokken, namelijk dat er nauwelijks sprake is van wateroverlast.

Conclusies

Het is bij toepassing van de stochastenmethode voor het bepalen van de overschrijdingskansen van waterstanden belangrijk dat de afhankelijkheid van de stochasten wordt onderzocht. Als namelijk ten onrechte wordt aangenomen dat de stochasten onderling onafhankelijk zijn, dan kan de kans op wateroverlast of inundatie worden onderschat.

LITERATUUR

- 1) Bosch S. e.a. (2006). Verantwoord omgaan met de nieuwe neerslagstatistiek. Stromingen nr. 12, pag. 13-24.
- 2) Royal Haskoning (2002). Watersysteemanalyse Terschelling. Projectnummer 26541.
- 3) Royal Haskoning (2006). GGOR Terschelling. Projectnummer 9P9459.

* IDO staat voor Adviesbureau Immerzeel Doesburg.