



Hanneke Schuurmans, FutureWater
 Heino Niewold, Waterschap Rivierenland
 Gé van den Eertwegh, Waterschap Rivierenland
 Peter Droogers, FutureWater

NBW-actueel: ontwikkeling methode voor wateropgaven met een bandbreedte

Het NBW-actueel geeft voor elk onderdeel van de wateropgave specifiek aan welke van de vier KNMI'06-klimaatscenario's dienen te worden meegenomen. Deze aanpak zou moeten resulteren in een opgave met een bandbreedte. Dit artikel laat, aan de hand van een case-studie, zien dat ook binnen één KNMI'06-scenario een bandbreedte van de wateropgave bestaat. Dit wordt gedaan door duizend jaren, welke elk een realisatie kunnen zijn van een jaar in 2050, door te rekenen met een hydrologisch model. Deze aanpak wordt vergeleken met huidige gangbare normeringsmethoden: ontwerpbuizen en historische jaren waaraan een herhalingstijd is gekoppeld. Met de hier gepresenteerde methode kunnen uitspraken worden gedaan over kansen op en herhalingstijden van bepaalde gebeurtenissen. Hiermee kunnen beslissingen over eventuele aanpassingen in het watersysteem beter worden onderbouwd.

Hydrologische processen zijn typische voorbeelden van niet-lineaire systemen. Eenzelfde bui zal de ene keer wel en de andere keer niet voor grote overlast zorgen. Met name in landelijke gebieden is de 'hydrologische voorgeschiedenis' van groot belang. Welk effect heeft deze voorgeschiedenis op de waterafvoer? In het nu besproken onderzoek is een ontwerpbui op verschillende momenten in het jaar gebruikt. De hydrologische voorgeschiedenis wordt echter niet alleen bepaald door het moment in het jaar maar ook door het jaar zelf. Het toekennen van herhalingstijden aan een bepaalde bui of aan een bepaald jaar levert dus niet automatisch ook de waterafvoer die bij die herhalingstijd hoort. We laten onderstaand een methode zien waarbij het wel mogelijk is om de juiste herhalingstijden van waterafvoer te krijgen.

Beleidskader

In het Nationaal Bestuursakkoord Water - actueel uit 2008 is afgesproken uit te gaan van de nieuwste klimaatscenario's van het KNMI uit 2006¹⁾ voor nieuw te berekenen wateropgaven. In het bestuursakkoord is voor wateroverlast, stedelijke wateropgave, watertekort en waterkwaliteit specifiek aangegeven welke van de KNMI'06-scenario's dienen te worden meegenomen. Deze

aanpak zou moeten resulteren in een opgave met een bandbreedte. De wijze waarop het regionaal watersysteem getoetst moet worden, wordt echter niet aangegeven. In 2004 is hier reeds een onderzoek aan besteed²⁾ dat de twee meest gangbare

methoden wetenschappelijk vergelijkt: de statistiek vooraf (stochastemethode) of statistiek achteraf (tijdreeksmethode).

Voor deze studie passen we de KNMI'06-W- en -W+-scenario's toe. De reden hiervoor

Afb. 1: Het gebied Quarles van Ufford (bron: Google Maps).



is dat het KNMI in de zomer van 2009 een aanvulling op de KNMI'06-scenario's heeft gegeven³. Hierin wordt aangegeven dat een temperatuurstijging van twee graden in 2050, oftewel de W-scenario's, het meest waarschijnlijk worden geacht. Voor wateroverlast wordt aangeraden het W-scenario te beschouwen, voor het watertekort het W+-scenario⁹. In dit artikel wordt alleen ingegaan op wateroverlast.

Studiegebied

Binnen het beheergebied van het Waterschap Rivierenland ligt het afwateringsgebied Quarles van Ufford, een deel van het Land van Maas en Waal (zie afbeelding 1). Sinds 2006 heeft FutureWater voor dit gebied een aantal modelstudies uitgevoerd⁵ met een raster met een ruimtelijke resolutie van 250 bij 250 meter. Voor elke rastercel is een SWAP-model⁶ geparametriseerd. Daarnaast is een eenvoudige oppervlaktewatermodule ontwikkeld, waarbij elke rastercel een verbinding met oppervlaktewater heeft en water door de polder wordt getransformeerd naar het hoofdgemaal Quarles van Ufford. Typend voor deze polder is de ligging van zandbanen (oude rivierlopen) tussen met name kleiige gronden. De ligging tussen de Waal en de Maas zorgt voor een invloed van de rivierstanden op de kwel en wegzijging, waarvoor een kwelmodule is ontwikkeld. Gezien de grote invloed van de rivieren vormen naast neerslag en referentieverdamping ook de rivierstanden van de Waal en de Maas belangrijke gegevens.

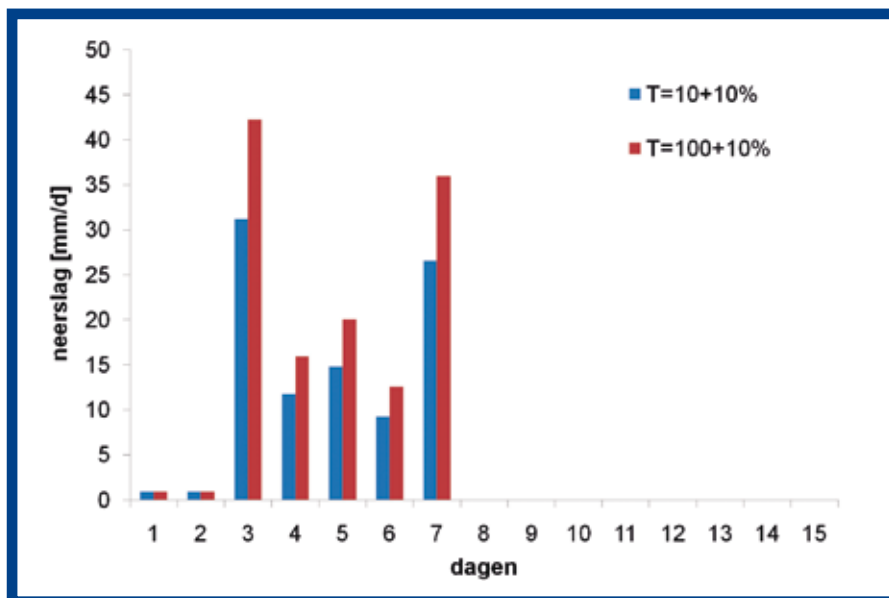
Omdat we bij deze studie zeer lange tijdreeksen doorrekenen, is het gezien de rekentijd ondoenlijk dit te doen voor het gehele modelgebied (1850 rastercellen). Daarom is voor deze studie gebruik gemaakt van drie SWAP-kolommen binnen het gehele poldergebied, die een beeld geven van de variatie binnen de polder qua bodemopbouw en invloed van de rivieren. Deze rastercellen hebben alle drie als landgebruik gras (voor de vergelijkbaarheid van rekenresultaten) maar verschillen in bodemopbouw en ligging ten opzichte van de rivier de Waal. SWAP 78 is klei nabij Waal; SWAP 959 is klei middenin polder en SWAP 1112 is klei met zandbaan middenin polder.

Methode

In deze studie worden drie soorten invoergegevens gebruikt, waarna het effect op de maximale dagelijkse waterafvoer (drainage + oppervlakteafvoer) die gedurende een jaar kan optreden, is bestudeerd: ontwerpbuizen, historische jaren en een 1000-jarige reeks.

Ontwerpbuizen

De ontwerpbuizen waarmee Waterschap Rivierenland de voorgaande normeringsstudie uitvoerde^{7,8} zijn weergegeven in afbeelding 2. Hieraan ten grondslag ligt de zogeheten Lingebui. Dit is een 5-daagse bui die in het beheergebied van Rivierenland werkelijk is gemeten en destijds voor veel wateroverlast zorgde. Aan de hoeveelheid neerslag die in vijf dagen viel, is een herhalingsstijg (T) gekoppeld van 100 jaar. Voor de NBW-normering is de neerslaghoeveelheid van de bui opgeschroefd naar



Afb. 2: Ontwerpbuizen van Waterschap Rivierenland met een herhalingsstijg van tien en 100 jaar, waarbij de neerslaghoeveelheden met tien procent zijn verhoogd.

een hoeveelheid die hoort bij T = 100+10% jaar, waarbij de verhouding tussen de dagelijkse hoeveelheden gelijk is gehouden. Voor de T = 10+10% is eenzelfde verdeling (buienpatroon) aangehouden, maar zijn de millimeters per dag verlaagd. In de vorige normering van Waterschap Rivierenland is uitgegaan van een gemiddelde hydrologische uitgangssituatie. Hierbij is aangenomen dat de herhalingsstijg van de bui in combinatie met de uitgangswaarde van overige parameters overeenkomt met de herhalingsstijg van de optredende waterstand. De uitgangssituatie waarvoor destijds is gekozen, kan worden gedefinieerd als redelijk nat (onverzadigde zone veldcapaciteit, gemiddelde winterkwel). Voor details wordt verwezen naar Ketelaar⁷. Bij deze studie is echter uitgegaan van andere initiële condities, namelijk die van drie geselecteerde historische jaren (zie hierna). Bij elk van de historische jaren is de ontwerpbui één keer opgelegd in maart van dat jaar of één keer in september van dat jaar. Bij de normering is destijds alleen gekeken naar een situatie met wateroverlast. Met droogte is geen rekening gehouden. Hiervoor zal de methode van ontwerpbuizen ook niet geschikt zijn, aangezien die geen informatie over verdamping geeft en bovendien een korte tijdreeks van enkele dagen beschouwt. Voor droogte (verdampingstekort, gewasschade) zal moeten worden gekeken naar verdampingstekorten gedurende het groeiseizoen.

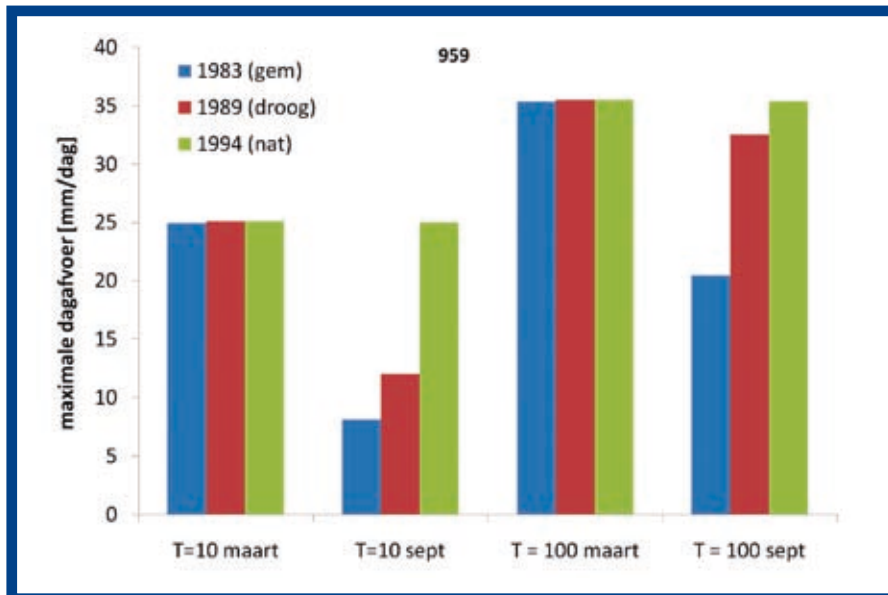
Historische jaren

Voor deze studie zijn drie jaren geselecteerd die als gemiddeld, extreem droog en extreem nat bestempeld kunnen worden. Voor de extreme jaren is een herhalingsstijg van tien jaar gekozen. Gebruik makend van de historische reeks van De Bilt (1958-2008) is bekeken welke jaarlijkse neerslagsom hoort bij T=10 voor het extreme natte jaar. Ditzelfde is gedaan voor het neerslagtekort binnen het zomerhalfjaar voor het extreme droge jaar. Voor het gemiddelde jaar is de gemiddelde jaarlijkse neerslagsom en de gemiddelde zomerhalfjaarlijkse neerslagtekort bepaald. Vervolgens zijn de historische jaren erbij gezocht die deze waarden het best benaderde.

In tabel 1 staan de kengetallen van de drie historische jaren. De drie geselecteerde historische jaren zijn naar het W- en W+-scenario getransformeerd. De werkelijk gemeten rivierstanden van de Waal en de Maas zijn ook getransformeerd naar het W- en W+-scenario. Dit is gedaan met behulp van de decadedwaarden van procentuele afvoerveranderingen van de Maas en de Rijn, zoals die zijn berekend voor de KNMI'06-scenario's^{9,10}. Deze procentuele afvoerveranderingen per decade zijn voor elk jaar hetzelfde. De initiële hydrologische condities zijn bij deze methode niet relevant; de hydrologische voorgeschiedenis wordt veroorzaakt door de meteorologische omstandigheden van het geselecteerde jaar. In tegenstelling tot de methode met de ontwerpbuizen kan

Tabel 1: Meteorologische gegevens van geselecteerde historische jaren (gemiddeld, extreem droog en extreem nat jaar).

typering	neerslag-		potentieel
	jaar	som (mm)	neerslagtekort zomerhalfjaar (mm)
gemiddeld jaar (T=2)	1983	822	40
extreem droog (T=10)	1989	655	198
extreem nat (T=10)	1994	1020	-66



Afb. 3: Maximale afvoer die op één dag optreedt bij SWAP-kolom 959 (klei in polder) als gevolg van ontwerp-buizen (T = 10 en T=100). Ontwerpbuizen zijn op 1 maart en 1 september opgelegd voor drie verschillende jaren.

bij deze methode wel de wateropgaven met betrekking tot droogte worden bepaald.

1000-jarige reeks

In het kader van het BSIK ACER-programma zijn door de VU Amsterdam en Deltares 1000-jarige reeksen van Rijnafvoeren gegenereerd voor elk van de KNMI'06-scenario's. Voor deze studie is een model gemaakt van het gehele Rijnstroomgebied, verdeeld over 134 deelstroomgebieden¹¹. Hiermee worden de effecten van diverse geplande maatregelen (onder andere dijkverlegging en -verhoging) bestudeerd, waarbij de nadruk op hoog water ligt. Als invoer voor dit model wordt per klimaatscenario en per deelstroomgebied een 1000-jarige reeks van neerslag en temperatuur gebruikt. Deze reeksen zijn gegenereerd met een weergenerator, welke klimaatdatareeksen van 10.000 jaar kan genereren uit relatief korte tijdreeksen (circa 35 jaar). Het gebruik van weergeneratoren is uitgebreid onderzocht en beschreven in de literatuur^{12,13}. Buishand en Brandsma¹⁴ hebben een stochastische techniek ontwikkeld voor het Rijnstroomgebied om lange tijdreeksen van neerslag en temperatuur voor de 134 deelstroomgebieden te genereren. Het model berekent vervolgens per deelstroomgebied een 1000-jarige reeks van rijnafvoeren¹⁵.

De 1000-jarige reeksen van neerslag en referentieverdamping (afgeleid uit de temperatuur) en de berekende 1000-jarige reeks van Rijnafvoeren voor het meest dichtbij Nederland gelegen deelstroomgebied (Lobith) zijn als invoer voor deze studie gebruikt. Hierbij is wederom alleen gekeken naar de referentie-, W- en W+-scenario's.

Resultaten

Ontwerpbuizen

De ontwerpbuizen (15-daagse reeks) zijn opgelegd tijdens de drie geselecteerde historische jaren: 1983 (gemiddeld), 1989 (extreem droog) en 1994 (extreem nat). Hierbij zijn de ontwerpbuizen zowel opgelegd op 1 maart als op 1 september van genoemde jaren. Afbeelding 3 laat de resulterende maximale dagafvoer zien van SWAP-kolom 959 (klei in polder). Twee zaken vallen hierbij op.

Ten eerste het grote verschil indien de ontwerpbui op 1 maart of 1 september wordt opgelegd. Op 1 maart zijn er natte omstandigheden en leiden de ontwerpbuizen van T=10 en T=100 tot een maximale dagafvoer van respectievelijk 25 en 35 millimeter per dag (40 procent verschil). Dit geldt voor alle drie de jaren.

Ten tweede blijkt dat bij het opleggen van

de ontwerpbui in september de keuze van het jaar bepalend is voor de uiteindelijke uitkomst. Bij het gemiddelde en droge jaar leidt de T=10 bui tot ongeveer tien millimeter per dag (60 procent minder dan wanneer de bui op 1 maart plaatsvindt), terwijl in het natte jaar de T=10 normeringsbui een afvoer van 25 millimeter per dag geeft (geen verschil ten opzichte van maart). Dat het gemiddelde jaar een lagere afvoer geeft dan het droge jaar, komt door het feit dat de definitie van 'droog' en 'gemiddeld' gebaseerd is op de jaarlijkse neerslagsom en het zomer-haljaarlijkse potentieel neerslagtekort. De belangrijkste conclusie is dat de hydrologische voorgeschiedenis voor de ontwerpbui belangrijker is dan het verschil in herhalings-tijd tussen T=10 en T=100 bui. Dit fenomeen werd bij alle drie de SWAP-kolommen gevonden.

Historische jaren

In tabel 2 is de maximale dagelijkse afvoer gegeven van de drie geselecteerde SWAP-kolommen voor de drie historische jaren volgens het referentie-W- en W+-scenario. Tussen haakjes staan de procentuele verschillen ten opzichte van het referentie-scenario. Hieruit blijkt bijvoorbeeld dat bij SWAP-kolom 78 onder het W-scenario de maximale dagelijkse afvoer tussen de vijf en 24 procent zal toenemen, afhankelijk van welk van de drie jaren is bestudeerd. Onder het W+-scenario zal bij deze SWAP-kolom de maximale dagelijkse afvoer met zeven tot 23 procent toenemen. Voor de SWAP-kolommen 959 en 1112 zijn procentuele toenames bij de klimaatscenario's voor de verschillende jaren consistent, namelijk rond de 20 procent. De verschillen tussen de verschillende jaren zijn echter groot. Voor het referentiescenario ligt het verschil tussen 1983 (gemiddeld jaar) en 1989 (droog jaar) voor alle SWAP-kolommen tussen de 55 en 66 procent. Deze percentages zijn vergelijkbaar met de verschillen die we vonden bij de ontwerpbuizen indien deze in maart of september werden opgelegd. Dit geeft wederom aan dat de hydrologische voorgeschiedenis zeer belangrijk is. Zeker is wel dat 1989 een extreem droog jaar was en dat de gevonden waarden aan de ondergrens van de wateropgave zitten. Het gemiddelde en extreem natte jaar geven echter vergelijkbare waarden voor de maximale dagelijkse afvoer. Het is daarom op basis van de historische jaren onmogelijk de wateropgave te koppelen aan een herhalings-tijd.

1000-jarige reeks

Met behulp van de 1000-jarige reeks zijn voor elk klimaatscenario en elke SWAP-kolom 1000 realisaties tot stand gekomen van de maximale dagelijkse afvoer. Door deze realisaties kunnen vervolgens achteraf kansverdelingsfuncties worden gefit. Afbeelding 4 geeft voor SWAP-kolom 959 voor elk van de drie scenario's de overlevingsfunctie van maximale dagelijkse afvoer, gebaseerd op de lognormale verdeling. De overlevingsfunctie geeft de kans aan dat een waarde groter is dan een bepaalde grenswaarde, en is gelijk aan 1-CDF (cumulatieve verdelingsfunctie). Op basis van

Tabel 2: Maximale dagelijkse afvoer in millimeter van de drie SWAP-kolommen en de drie historische jaren volgens het referentie- W- en W+-scenario. Procentuele verschillen ten opzichte van referentiescenario staan tussen haakjes.

jaar	SWAP 78			SWAP 959			SWAP 1112		
	referentie	W	W+	referentie	W	W+	referentie	W	W+
1983 (gemiddeld)	29	35 (+24%)	32 (+11%)	36	43 (+20%)	41 (+15%)	29	36 (+22%)	34 (+15%)
1989 (droog)	13	14 (+5%)	14 (+7%)	12	15 (+19%)	15 (+20%)	11	13 (+25%)	14 (+32%)
1994 (nat)	25	29 (+17%)	31 (+23%)	30	34 (+14%)	36 (+20%)	28	32 (+15%)	34 (+21%)

deze overlevingsfuncties kunnen uitspraken worden gedaan over welke maximale dagelijkse afvoer hoort bij een bepaalde herhalingsstijd.

In tabel 3 is voor elk van de drie SWAP-kolommen de maximale dagelijkse afvoer gegeven die hoort bij T=2, T=10 en T=100. Als we SWAP-kolom 959 weer als voorbeeld nemen kan op basis van de 1000 realisaties van maximale dagelijkse afvoer worden gesteld dat in een gemiddeld jaar (T=2) de maximale dagafvoer volgens het referentiescenario 14 millimeter bedraagt. Volgens zowel het W- als het W+-scenario zal in een gemiddeld jaar de maximale dagelijkse afvoer met tien procent toenemen naar ongeveer 15 millimeter. Ook in meer uitzonderlijke gevallen (T=10 en T=100) zal volgens de W-scenario's de maximale dagafvoer met ongeveer tien procent toenemen ten opzichte van de huidige situatie.

Ruimtelijk beeld van T=10 afvoer

Voor één bepaalde dag uit de 1000-jarige reeks die een afvoer genereert die hoort bij een T=10 situatie, is de afvoer van het gehele modelgebied bepaald (2,3 miljoen kubieke meter). Afbeelding 5 geeft het ruimtelijk beeld van de dagelijkse afvoer. Deze is vergeleken met het ruimtelijk beeld van de afvoer die ontstaat indien de T=10 ontwerpbeurt in maart (2,8 miljoen kubieke meter) of september 1983 (0,6 miljoen kubieke meter) wordt opgelegd. Hieruit blijkt dat het ruimtelijk beeld van T=10 afvoeren gebaseerd op de 1000-jarige reeks, het meest overeenkomt met het beeld van de ontwerpbeurt T=10 die is opgelegd op 1 maart 1983. De hydrologische uitgangssituatie die Waterschap Rivierenland bij de vorige normering hanteerde, is het best vergelijkbaar met de voorjaars situatie (maart). Op basis van afbeelding 5 kan worden geconcludeerd dat Waterschap Rivierenland, door uit te gaan van een redelijk natte situatie, de T=10 situatie voor waterafvoer destijds waarschijnlijk goed heeft ingeschat.

Conclusies en aanbevelingen

Het is algemeen bekend dat de hydrologische voorgeschiedenis een zeer grote rol speelt bij de uiteindelijke wateroverlast die optreedt. In deze studie is dat nogmaals bevestigd, waarbij de keuze van het tijdstip van het opleggen van een bepaalde herhalingsbui en de keuze van een 'representatief' jaar meer invloed heeft dan het gekozen klimaatscenario. Dit kan niet de bedoeling zijn. De herhalingsstijd van de bui is zeker niet gelijk aan de herhalingsstijd van de opgetreden waterafvoer. Het toepassen van statistiek achteraf, waarbij een groot aantal realisaties wordt doorgerekend en vervolgens de statistiek van de wateroverlast wordt bepaald, is de meest inzichtelijke en eenvoudige methode. Dit wordt ook wel de tijdreeksmethode genoemd. Het toepassen van de stochastenmethode, waarbij de statistische verdelingen van verschillende hydrologische variabelen (grondwaterstand, bodemvochtgehalte, etc.) worden gecombineerd waaruit vervolgens herhalingsstijden worden afgeleid, zou in principe tot hetzelfde resultaat moeten leiden maar is veel

complex. De aanbeveling voor de methode van statistiek achteraf bij normeringsstudies is reeds eerder gedaan²⁾.

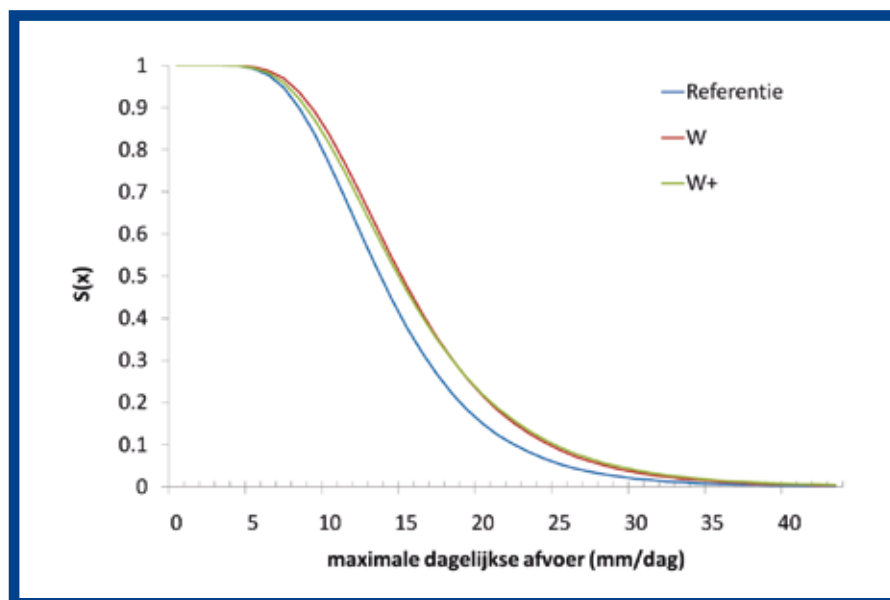
Met behulp van 1000-jarige reeksen, die elk een realisatie zijn van een KNMI'06-

scenario, kan voor elk van de scenario's een kansverdeling van de wateropgave worden aangegeven. Bovendien kan met behulp van statistische methoden ook de onzekerheid van deze kansverdeling worden aangegeven (niet getoond in dit artikel). Met de gefitte

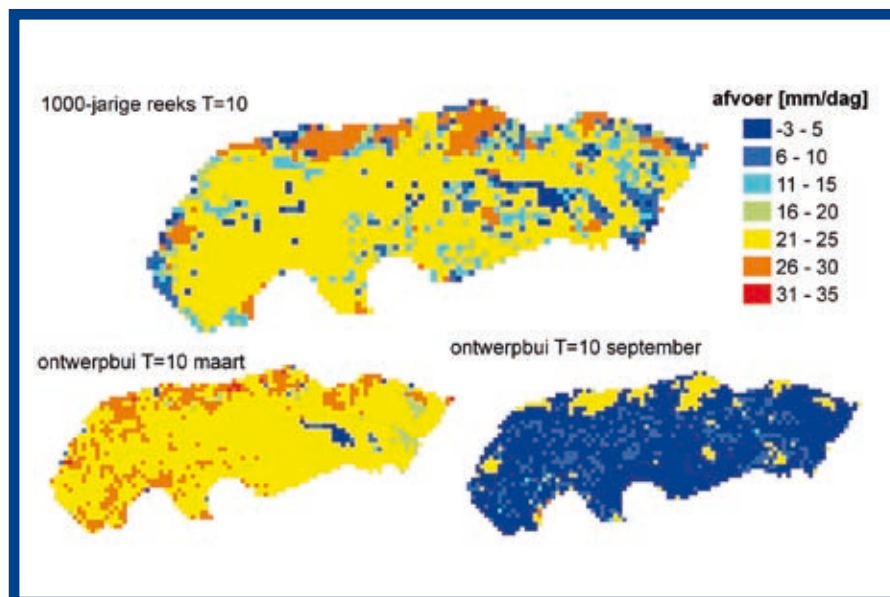
Tabel 3: Maximale dagelijkse afvoer in millimeter, zoals deze horen bij T=2, T=10 en T=100 van de drie SWAP-kolommen voor het referentie-, W- en W+-scenario.

jaar	SWAP 78			SWAP 959			SWAP 1112		
	referentie	W	W+	referentie	W	W+	referentie	W	W+
T = 2	14	15 (+10%)	15 (+6%)	13,9	15 (+10%)	15 (+9%)	12,8	15 (+13%)	14 (+11%)
T = 10	22	24 (+11%)	24 (+12%)	22,6	25 (+10%)	25 (+11%)	21,3	24 (+12%)	24 (+12%)
T = 100	30	34 (+12%)	36 (+18%)	33,5	36 (+8%)	38 (+13%)	33,6	36 (+7%)	37 (+10%)

Afb. 4: Overlevingsfuncties van de maximale dagelijkse afvoer volgens het referentie-, W- en W+-scenario (SWAP-kolom 959).



Afb. 5: Dagelijkse afvoer die hoort bij T=10 in de referentiesituatie, zoals afgeleid uit 1000-jarige reeks, vergeleken met de resulterende afvoer indien de ontwerpbeurt in maart of september 1983 wordt opgelegd.



kansverdelingen kunnen overlevingsfuncties worden gemaakt, zoals in dit artikel is gepresenteerd in afbeelding 4. Hiermee kan door de waterbeheerder een gedegen afweging worden gemaakt over de gewenste zekerheid en de bijbehorende grenswaarden van de wateropgaven. Ook kan direct worden afgelezen welke extra inspanning nodig is voor het oplossen van de wateropgaven met een hogere herhalingstijd. Op deze manier wordt dus voldaan aan de bandbreedte afspraken, zoals vastgelegd in het NBW-actueel. In dit artikel is alleen de situatie met wateroverlast getoond, maar dezelfde methode kan worden gebruikt voor watertekorten⁴⁾.

Een praktisch probleem is dat rekentijden vaak te lang worden om 1000 jaren door te rekenen. In een vervolgstudie wordt nu bekeken of kan worden volstaan met 100 of 500 jaren. Daarnaast kan dit probleem van rekentijden worden opgelost door, zoals in deze studie gedaan, een beperkt aantal modeleenheden voor 1000 jaren door te rekenen, waarna op basis van die resultaten een ruimtelijke analyse wordt uitgevoerd.

LITERATUUR

- 1) Van den Hurk B., A. Klein Tank, G. Lenderink, A. van Ulden, G. van Oldenborgh, C. Katsmen, H. van den Brink, F. Keller, J. Bessembinder, G. Burgers, G. Komen, W. Hazeleger en S. Drijfhout (2006). KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands. KNMI Scientific Report WR 2006-01.
- 2) Bossenbroek J. (2004). Statistiek vóóraf of statistiek achteraf? Afstudeerrapport TU Delft.
- 3) Klein Tank A. en G. Lenderink (red.) (2009). Klimaatverandering in Nederland: aanvulling op de KNMI'06-scenarios. KNMI.
- 4) Schuurmans J. en P. Droogers (2009). Methode ontwikkeling voor het bepalen van de wateropgaven: kansen en betrouwbaarheid. FutureWater. Rapport 89.
- 5) Immerzeel W., C. van Heerwaarden en P. Droogers (2009). Modelling climate change in a Dutch polder system using the FutureView modelling suite. Computers and Geosciences 35, nr. 3, pag. 446-458.
- 6) Kroes J., J. van Dam, P. Groenendijk, R. Hendriks en C. Jacobs (2008). SWAP version 3.2. Theory description and user manual. Alterra. Rapport 1649.
- 7) Ketelaar H. (2004). Memo randvoorwaarden normering. Waterschap Rivierenland.
- 8) Nijmeijer N. (2004). Afstemmingsdocument Normering WSRL+, werkgroep NBW. Waterschap Rivierenland.
- 9) Van Deursen W. (2006). Rapportage Rhineflow/Meuseflow. Nieuwe KNMI-scenarios 2050. Carthago Consultancy.
- 10) De Wit M., H. Buiteveld, W. Van Deursen, F. Keller en J. Bessembinder (2008). Klimaatverandering en de afvoer van Rijn en Maas. Stromingen nr. 1.
- 11) Te Linde A., J. Aerts, R. Hurkmans en M. Eberle (2008). Comparing model performance of two rainfall-runoff models in the Rhine basin using different atmospheric forcing data sets. Hydrol. Earth Syst. Sci. 12, pag. 943-957.
- 12) Dettinger M. (2005). From climate-change spaghetti to climate-change distributions for 21st century. San Francisco Estuary and Watershed Science 3(1).
- 13) Orlovsky B., F. Gerstengarbe en P. Werner (2007). A resampling scheme for regional climate simulations and its performance to a dynamical RCM. Theor. Appl. Climatol.
- 14) Buishand T. en T. Brandsma (2001). Multi-site simulation of daily precipitation and temperature in the rhine basin by nearest-neighbor resampling. Water Resour. Res. 37, pag. 2761-2776.
- 15) Te Linde A., J. Aerts, A. Bakker en J. Kwadijk (2009). Simulating low probability peak discharges for the Rhine basin using resampled climate modeling data. Water Resources Research.

advertentie