



Alexander Bakker, KNMI
Janette Bessembinder, KNMI

Neerslagreeksen voor de KNMI'06-scenario's

Het KNMI heeft een computertransformatieprogramma ontwikkeld als aanvulling op de KNMI'06-klimaatscenario's. Hiermee kan een historische neerslag- of temperatuurreeks op dagbasis omgezet worden in een reeks die past bij het klimaat onder één van de vier KNMI'06-klimaatscenario's voor een bepaalde tijdshorizont. In dit artikel wordt toegelicht hoe het programma werkt voor neerslag en wat de mogelijkheden en beperkingen zijn.

De KNMI'06-scenario's geven een beeld van de mogelijke veranderingen van een groot aantal klimaatvariabelen in de toekomst (zie de tabel). De scenario's voorzien in eerste instantie niet in tijdreeksen voor de toekomst. Met name vanuit de hydrologische hoek kwamen veel verzoeken bij het KNMI binnen om tijdreeksen voor het gehele jaar te leveren.

Neerslag- en temperatuurreeksen van klimaatmodellen zijn zelden direct toepasbaar voor klimaateffectstudies. Los van de beperkte ruimtelijke resolutie zijn de variaties van dag-op-dag in de modelreeksen niet altijd even realistisch. Transformatie van historische tijdreeksen is een alternatief om bepaalde effecten van klimaatverandering op de waarnemingen te representeren. Deze getransformeerde tijdreeksen kunnen vaak

wel direct gebruikt worden als basis voor bijvoorbeeld hydrologische modellen. Ze kunnen ook gebruikt worden om schattingen te maken van een aantal afgeleide klimaatparameters, bijvoorbeeld het aantal dagen met vorst of de dagelijkse neerslagsom die eens per jaar wordt overschreden.

Om een eenduidig gebruik van de scenario's te bewerkstelligen, heeft het KNMI een computertransformatieprogramma ontwikkeld (climexp.knmi.nl/scenarios_monthly). Hiermee zijn snel dagreeksen voor verschillende KNMI'06-scenario's, tijdshorizonten en locaties te genereren. Naast een programma voor de transformatie van neerslag bestaat ook een programma voor de transformatie van temperatuur. In dit artikel wordt alleen ingegaan op de transformatie van neerslagreeksen.

Afleiding van de relatieve veranderingen per maand en tijdshorizont

De KNMI'06-scenario's geven mogelijke relatieve veranderingen van het aantal dagen met meer dan 0,05 mm neerslag (de natte dagfrequentie of NDF), de gemiddelde neerslag op zulke dagen (P_{gem}) en de dagsom die op één procent van die dagen wordt overschreden (Q99) ten opzichte van het klimaat rond 1990 (de periode 1976-2005). Deze veranderingen zijn alleen expliciet bepaald voor de winter- en zomermaanden rond 2050 en 2100¹⁾. Voor een willekeurige tijdshorizont wordt gebruik gemaakt van lineair geïnterpoleerde waarden tussen 1990, 2050 en 2100.

Voor het transformatieprogramma zijn de relatieve veranderingen voor de winter en zomer omgezet naar waarden voor alle kalendermaanden, zodanig dat de veranderingen gemiddeld over de maanden juni t/m augustus en gemiddeld over december t/m februari overeenkomen met de voorgescreven waarden voor respectievelijk de zomer- en wintermaanden. Op de genoemde internetpagina zijn ook de maandelijkse veranderingen beschikbaar voor potentiële verdamping rond 2050 en 2100 onder de vier scenario's.

Transformatiefunctie

In de scenario's zijn de relatieve veranderingen van P_{gem} en Q99 niet gelijk. Daarom kan geen gebruik gemaakt worden van een schaling, waarbij de neerslag in de historische reeks voor elke dag met een vast percentage wordt verhoogd of verlaagd (de zogeheten delta-methode). Door te transformeren met een machtsfunctie (formule 1) is het wel mogelijk om een relatieve verandering op te leggen die afhankelijk is van de hoeveelheid neerslag.

Veranderingen in neerslag rond 2050 ten opzichte van 1976-2005, volgens de KNMI'06-scenario's.

	G	G+	W	W+
wereldwijde temperatuurstijging	+1°C	+1°C	+2°C	+2°C
verandering in luchtstromingspatronen in West-Europa	nee	ja	nee	ja
winter (december t/m februari) gemiddelde neerslaghoeveelheid	+4%	+7%	+7%	14%
aantal natte dagen ($\geq 0,1$ mm)	0%	+1%	0%	+2%
tiendaagse neerslagsom die eens in de tien jaar wordt overschreden	+4%	+6%	+8%	+12%
zomer (juni t/m augustus) gemiddelde neerslaghoeveelheid	+3%	-10%	+6%	-19%
aantal natte dagen ($\geq 0,1$ mm)	-2%	-10%	-3%	-19%
dagsom van de neerslag die eens in de tien jaar wordt overschreden	+13%	+5%	+27%	+10%

$$P^* = a(P-th)^b + th,$$

waarbij P^* de getransformeerde neerslag is, P de neerslag in de historische reeks, a en b de coëfficiënten en th een constante drempelwaarde van 0,05 millimeter. Deze drempelwaarde is nodig om te voorkomen dat natte dagen droog worden door de transformatie. De coëfficiënten a en b zijn iteratief geschat, zodanig dat de relatieve veranderingen van P_{gem} en de Q99 van de getransformeerde reeks exact overeenkomen met de opgelegde veranderingen in het scenario.

Schatting van coëfficiënten a en b

De waarden van a en b zijn bepaald aan de hand van de historische neerslagreeksen van 13 stations (1976-2005) op dagbasis uit ECA&D ('s ochtends om 8.00 uur UTC afgetapt). De neerslagstatistieken van de individuele stations verschillen onderling licht van elkaar. Door de 13 reeksen samen te voegen tot één lange reeks kan echter een meer robuuste schatting van Q99 per kalendermaand gemaakt worden en kunnen de coëfficiënten beter geschat worden. Schatting op basis van de individuele reeksen leverde gemiddeld bijna dezelfde coëfficiënten op als op basis van de samengestelde reeks van 390 jaar.

Het voordeel van de bovenstaande benadering is dat de consistentie tussen getransformeerde neerslagreeksen van verschillende stations groter is. Nadeel is dat de relatieve veranderingen van individuele tijdreeksen na transformatie licht kunnen afwijken van het scenario.

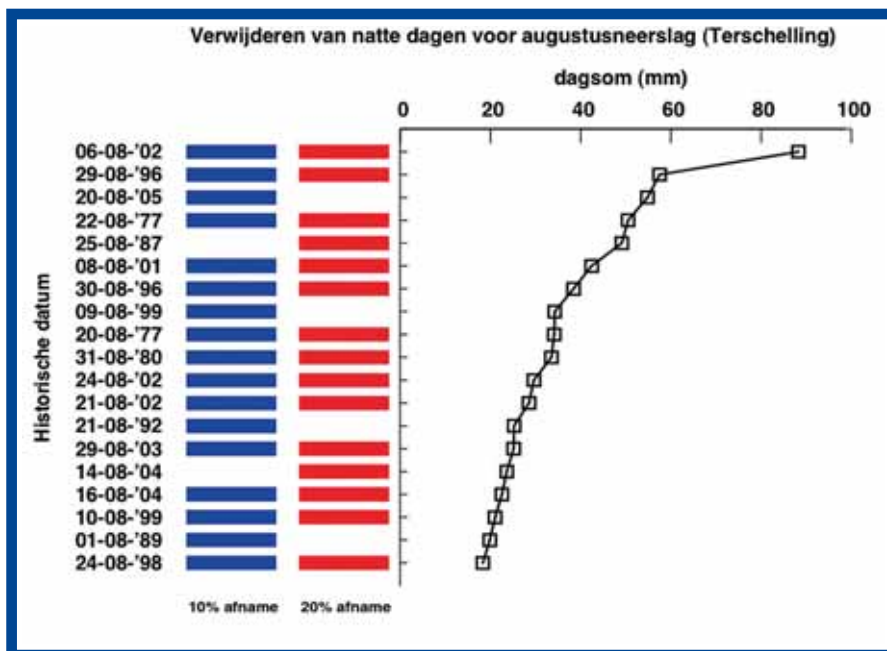
Functie voor extreme waarden

Op basis van de analyses voor de KNMI'06-scenario's is het niet mogelijk aan te geven hoe dagsommen met een herhalingsstijd van meer dan tien jaar zullen veranderen in de toekomst. Bij het gebruik van een machtsfunctie kunnen de grootste historische dagsommen (bijvoorbeeld 91 millimeter op 19 juli 2001 in West-Terschelling) met de transformatie rond 2100 meer dan 100 procent toenemen. Dit wordt niet geloofwaardig geacht. Daarom is ervoor gekozen om voor dagneerslagsommen groter of gelijk aan Q99 allemaal dezelfde relatieve verandering te gebruiken.

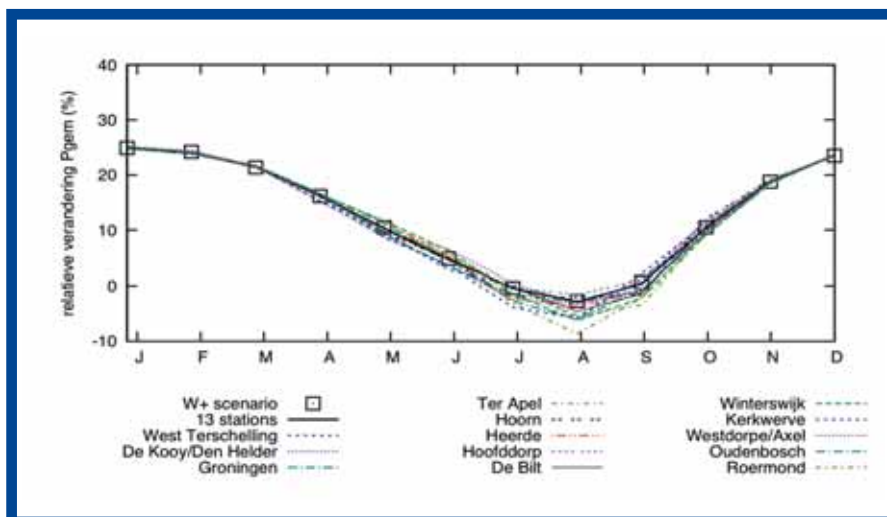
Aanpassen van de natte dagfrequentie

De transformatie bestaat uit twee stappen. Eerst wordt de natte-dagfrequentie (NDF) voor elke kalendermaand aangepast aan de scenariowaarden door dagen met neerslag te verwijderen of toe te voegen aan de historische neerslagreeks. Willekeurig aanpassen van de NDF kan de kansverdeling van de overblijvende natte dagen sterk veranderen. Daarom is gezocht naar een methode waarbij de statistische eigenschappen van natte dagen zo min mogelijk veranderen door het aanpassen van de NDF.

Per kalendermaand worden alle natte dagen gesorteerd op grootte van de neerslagsom. Bij een afname van de NDF worden vervolgens gelijkmatig natte dagen uit de sortering (en dus gelijkmatig over de kansverdeling) verwijderd, dat wil zeggen

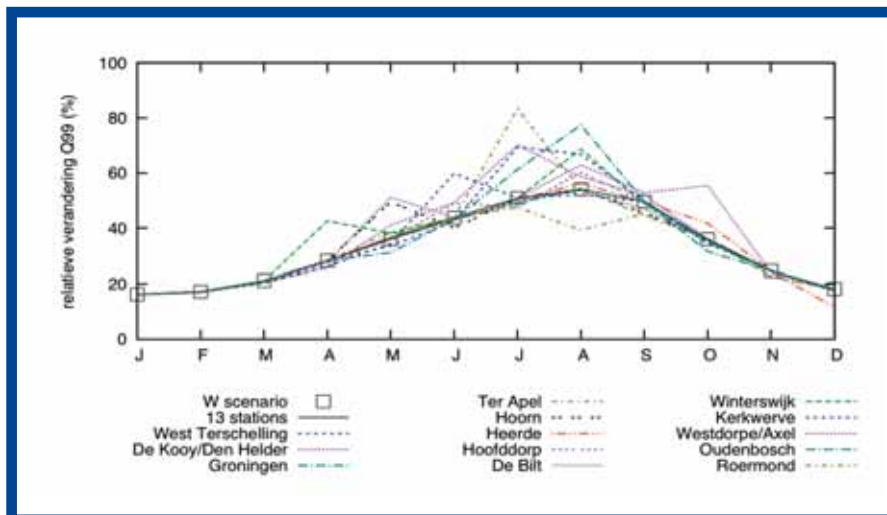


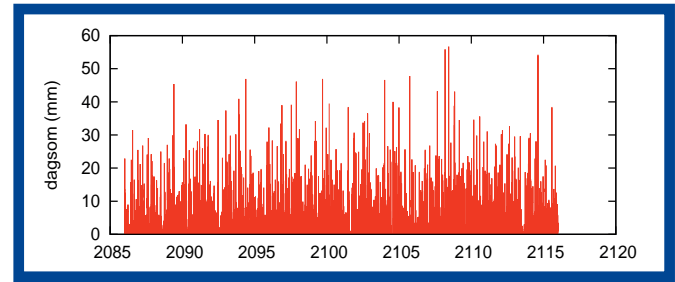
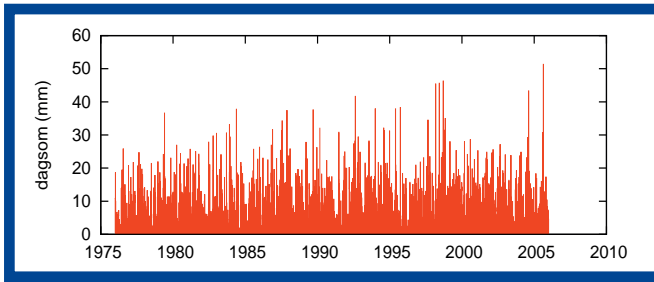
Afb. 1: Verwijderen van natte dagen voor augustus voor station West-Terschelling op basis van de hoeveelheid neerslag. Links de data waarop neerslag is gemeten, rechts de hoeveelheid neerslag op die dag. De data waarachter geen blauw of rood blok staat, zijn 'droog gemaakt' indien respectievelijk 10 of 20 procent natte dagen zijn verwijderd.



Afb. 2: Relatieve verandering per maand van P_{gem} onder het W+-scenario voor het klimaat rond 2100 ten opzichte van 1976-2005.

Afb. 3: Relatieve verandering per maand van Q99 onder het W-scenario voor het klimaat rond 2100 ten opzichte van 1976-2005.





Afb. 4: Gemeten neerslag voor station De Bilt in de periode 1976-2005 (links) en de getransformeerde neerslagreeks voor het W+-scenario rond 2100 (rechts).

de neerslag wordt gelijk gesteld aan 0 millimeter. Bij een afname van bijvoorbeeld 20 procent wordt dus elke vijfde natte dag in de rangorde 'droog gemaakt' (zie afbeelding 1). Op deze manier blijft de kansverdeling en dus ook P_{gem} en Q99 van de natte dagen vrijwel ongewijzigd.

Bij een toename van NDF moet niet alleen bepaald worden welke dagen 'nat gemaakt' moeten worden, maar ook hoeveel neerslag zo'n nieuwe natte dag moet krijgen. De nieuwe natte dagen worden zo gelijk mogelijk over de tijd verdeeld door steeds de eerste droge dag na een vast aantal natte dagen nat te maken. Het toekennen van de neerslaghoeveelheid op zo'n nieuwe natte dag gebeurt op basis van de op neerslaghoeveelheid gesorteerde reeks. De neerslaghoeveelheden voor nieuwe natte dagen worden gelijkmatig getrokken uit de gesorteerde reeks. Vervolgens worden ze toegekend aan de nat te maken dagen op basis van de grootte van de neerslagsom van de voorafgaande dag. De grootste toe te voegen neerslagsom wordt toegekend aan de droge dag met de grootste neerslagsom de dag ervoor, enz.

Validatie van de transformatie

De getransformeerde neerslagreeksen zijn consistent met de KNMI'06-scenario's. Voor elke kalendermaand komt de relatieve verandering van NDF exact en die van P_{gem} zeer goed overeen met de scenario's. De verandering van Q99 kan meer afwijken, maar klopt gemiddeld goed. De afbeeldingen 2 en 3 laten voor enkele scenario's en voor het klimaat rond 2100 de relatieve

veranderingen in P_{gem} en Q99 per kalendermaand zien. De vierkantjes corresponderen met het scenario, de zwarte doorgetrokken lijn geeft de relatieve verandering van de getransformeerde samengestelde reeks en de overige lijnen representeren de 13 individuele getransformeerde neerslagreeksen.

Temporele en ruimtelijke samenhang

De KNMI'06-scenario's gaan niet expliciet in op de ruimtelijke en temporele correlatie. Doordat bij het 'droog maken' van natte dagen geen rekening wordt gehouden met de neerslag van omliggende dagen en de neerslag van naburige stations, neemt de ruimtelijke en temporele correlatie licht af. De afname in ruimtelijke correlatie tussen de individuele getransformeerde reeksen voor 2050 bedraagt ongeveer 0,02 voor het G-scenario tot ongeveer 0,06 voor het W+-scenario. De afname van de temporele correlatie is ongeveer half zo groot. Een soortgelijke beperking geldt voor de samenhang tussen neerslag en temperatuur, aangezien neerslag en temperatuur apart van elkaar worden getransformeerd. Dit moet men zich realiseren bij het berekenen van afgeleide klimaatvariabelen, waarin temperatuur en neerslag gecombineerd zijn, zoals het aantal zomerse dagen met neerslag.

De volgorde van gebeurtenissen in de getransformeerde reeksen wordt sterk bepaald door de volgorde in de historische reeksen. De getransformeerde reeksen zijn mede daarom minder geschikt voor het bepalen van de kans op een bepaalde sequentie van gebeurtenissen in de

toekomst, zoals het aantal dagen aaneengesloten met meer dan tien millimeter neerslag of een droge periode van minimaal 30 dagen.

Maximale neerslagsom

Bij een sterke afname van de NDF wordt bij het huidige transformatieprogramma de dag met de hoogste neerslagsom van de desbetreffende kalendermaand 'droog gemaakt'. Dit is het geval voor het W+-scenario voor de maand augustus bij een tijdshorizont vanaf 2080 en voor de maanden juli en september vanaf 2090. Als het dagmaximum van de historische tijdreeks in één van deze maanden is gevallen, kan de maximale dagsom in de reeks door de transformatie kleiner worden, wat tegen de intuïtie ingaat. Dit wil niet zeggen dat de reeks niet past bij het W+-scenario, maar het toont aan dat de grootste extremen met zorgvuldigheid behandeld moeten worden.

Afbeelding 4 laat een voorbeeld zien van een gemeten neerslagreeks en een getransformeerde reeks voor W+ rond 2100 voor station De Bilt. Ondanks het wegvallen van sommige dagen met veel neerslag door het 'droog maken' van dagen, is te zien dat het aantal millimeters regen op dagen met veel neerslag in de getransformeerde reeks is toegenomen ten opzichte van de gemeten reeks. De gemiddelde jaarlijkse maximale dagsom neemt in dit voorbeeld met 19 procent toe.

LITERATUUR

- 1) Van den Hurk B. *et al.* (2006). Climate change scenarios 2006 for the Netherlands. WR 2006-01. KNMI.