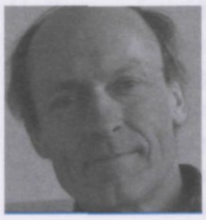


Geen toename van piekafvoer van de Geul

PIETER DE LAAT, IHE
MA. LIBRADA CHU AGOR, IHE

Berichten in diverse media wekken de indruk dat de overlast door hoogwater van de Geul gedurende de laatste decennia toeneemt. Dit zou het gevolg zijn van menselijk handelen en/of een verandering van het klimaat. Onderzoek van de afvoerreeks van de Geul bij Meerssen laat zien dat van een toename van de piekafvoer geen sprake is. Om een betrouwbare uitspraak te doen over een mogelijke toename van de piekafvoer moet een lange homogene afvoerreeks voorhanden zijn. In Nederland is men pas in de zeventiger jaren op grote schaal overgegaan van visuele observatie van peilschaalwaarden naar automatische registratie van de waterhoogten. De digitale reeks van amper dertig jaar is tamelijk kort voor een statistische analyse van extremen. Bij een zoektocht in de archieven van het waterschap Roer en Overmaas bleek dat met de hand geregistreerde waterhoogten aanwezig zijn vanaf begin jaren vijftig. Met behulp van deze data werd een doorlopende afvoerreeks van 49 jaar samengesteld die geschikt was voor een statistische analyse.

Om vast te kunnen stellen of van een trend sprake is in een hydrologische tijdreeks, moet die reeks consistent zijn. Inconsistentie kan het gevolg zijn van een wijziging in de manier van waarneming, met als mogelijk gevolg een plotselinge verandering (sprong) in de tijdreeks. Voor de Geul bij Meerssen werd tussen 1953 en 1973 de waterstand twee maal per dag waargenomen, om 08.00 en om 16.00 uur. Vanaf 1 januari 1970 werden de waterstanden automatisch per kwartier geregistreerd op een locatie die enige honderden meters benedenstrooms lag. Tussen 1955 en 1969 zijn de afvoeren en de bijbehorende waterstanden 55 keer gemeten. Uit deze gegevens werd een afvoerrelatie afgeleid, waarmee de waterstanden in afvoeren werden omgezet. Omdat de hoogst gemeten afvoer slechts 17 kubieke meter per seconde bedroeg, bestaat geen duidelijkheid over de betrouwbaarheid van deze afvoerrelatie bij extreem hoog water, waarbij afvoeren kunnen optreden die groter zijn dan 70 kubieke meter per seconde.

Voor de reeks met kwartierwaarden van de waterhoogte zijn van 1970 tot 2001 diverse afvoerrelaties gebruikt als gevolg van wijzigingen in het dwarsprofiel. In die periode is onder meer tijdelijk gebruik gemaakt van een drempel en een Crumpoverlaat.

Voor beide series zijn gemiddelde dagafvoeren berekend. De twee tijdreeksen kunnen niet automatisch aan elkaar worden gevoegd, omdat ze op verschillende manieren en voor verschillende locaties tot stand zijn gekomen. Gelukkig overlappen de reeksen elkaar voor een periode van vier jaar (1970 t/m 1973). Een uitstekende correlatie van dagafvoeren bleek te bestaan tussen de handmatige en de digitale serie met uitzondering van een paar dagen.

Onderzoek hiervan leerde dat op deze dagen de piekafvoer juist op 08.00 of 16.00 uur plaatsvond, waardoor de berekende gemiddelde dagafvoer voor de handmatige serie hoger uitkwam dan voor de digitale serie, waarvoor het gemiddelde op 96 waarden was gebaseerd. Verder bleek de geaccumuleerde afvoer van de handmatig verkregen reeks acht procent lager te liggen dan van de digitale serie.

Omdat de gemeten waterstanden van beide reeksen een uitstekende correlatie (correlatiecoëfficiënt: 0.9444) laten zien, konden de waterstanden van de oude reeks in equivalente waterhoogten voor de nieuwe reeks worden omgezet, waarvoor vervolgens met behulp van de afvoercurve van de digitale serie afvoeren werden berekend. Ter controle werden de originele en equivalente afvoeren van de handmatige reeks voor de vierjarige periode met elkaar vergeleken. Dit leverde een correlatiecoëfficiënt op van 0.9999 en uiteraard afvoeren die gemiddeld acht procent van elkaar verschillen. De afvoerreeks van de jaren 1953 tot en met 1970 die op deze wijze uit de handmatig verkregen waterhoogten werd berekend, werd gekoppeld aan de digitale serie. Van de nieuwe afvoerreeks van 49 jaar ontbraken weinig cij-

Tabel 1: Resultaat statistische analyse van de trend van een aantal hydrologische parameters over de periode 1953-2001.

	gemiddelde waarde	toe-/afname +/-	statistisch significant
neerslag			
jaarlijkse neerslag	890 mm	+	nee
maximum dagneerslag	36,5 mm	-	nee
maart	68,4 mm	+	ja
augustus	81,0 mm	-	ja
afvoer			
jaarlijkse afvoer	330 mm (3,58 m³/s)	-	nee
voortschrijdend 10-daagse minimum	1,79 m³/s	-	nee
voortschrijdend 10-daagse maximum	10,90 m³/s	-	nee
maart	4,45 m³/s	+	nee
augustus	2,73 m³/s	-	ja

fers (slechts vijf procent). De ontbrekende waarden werden ingevuld met behulp van correlaties met twee bovenstrooms gelegen meetstations: Hommerich en Gulpen. Bij deze exercitie werden onbetrouwbare perioden in de reeks van zowel Hommerich als Meerssen geconstateerd. Ontbrak een enkele waarde, dan werd deze via interpolatie geschat. Acht dagen werden ingevuld via een correlatie met de Jeker.

Uiteindelijk ontbraken nog de eerste twee maanden van 1963. Dit was een zeer koude periode waarbij de rivier wellicht bevroren is geweest. Deze waarden werden ingevuld via simulatie met een neerslag/afvoermodel. De serie werd vervolgens gebruikt om jaarafvoeren, maandafvoeren en voortschrijdende jaarlijkse tiendaagse minimum- en maximumafvoeren mee te berekenen.

Neerslag en verdamping

Voor een hydrologische studie van de Geul zijn neerslag- en verdampingsgegevens onontbeerlijk. Dagneerslagen van vijf Nederlandse stations (Epen, Noorbeek, Ubachsberg, Vaals en Valkenburg) werden door het KNMI ter beschikking gesteld voor de jaren 1952-2001. In het Belgische deel van het stroomgebied werd neerslag gemeten in Hombourg en Walhorn. Het KMI te Ukkel verstrekte dagwaarden van de beide stations over de periode 1977-2001. Alle series werden nauwkeurig onderzocht en bleken van hoge kwaliteit en met weinig ontbrekende waarden. Met behulp van Thiessen polygonen werd de gebiedsneerslag bepaald. De overgang van vijf naar zeven neerslagstations in 1977 bleek van weinig invloed. Het maximale verschil tussen de over 49 jaar geaccumuleerde gebiedsneerslagen met en zonder de Belgische stations bedroeg minder dan één procent.

Het KNMI leverde ook de Makkink referentieverdamping voor vliegveld Beek. De homogeniteit van de serie werd onderzocht, omdat vanaf 1966 de berekening werd gebaseerd op gemeten globale straling in plaats van de relatieve zonneschijnduur.

Statistische tests

De tijdreeksen werden onderworpen aan een aantal statische tests om na te gaan of sprake was van een trend of een omslagpunt. Alle tijdreeksen bleken normaal of log-normaal verdeeld. Dat betekent dat parametrische tests zoals de Standard Normal Homogenity Test[1] toegepast kunnen worden. Met deze test kunnen verschuivingen in de gemiddelde waarde en het bijbehorende omslagpunt worden vastgesteld, maar ook een eventuele trend en de periode waarover deze optreedt. Vervolgens werden non-parametrische tests uitgevoerd met betrekking tot de afwezigheid van seriële correlatie, het optreden van een omslagpunt (Pettitt-test[6]), de afwezigheid van een lineaire trend (Spearman rank correlation) en de stabiliteit van het gemiddelde en de variantie. Het voorkomen van seriële correlatie compliceert het opsporen en evalueren van trends. In voorkomende gevallen werd de seriële correlatie verwijderd door middel van zogeheten 'pre-whitening'[2], alvorens de reeks werd onderworpen aan de overige tests.

Voor een aantal hydrologische parameters is het resultaat van het statistische onderzoek naar het optreden van een trend weergegeven in tabel 1.

Piekafvoer

Statistisch onderzoek van de reeks jaarlijkse maximum-dagafvoeren vertoont een omslagpunt rond 1970. De serie laat een significante neerwaartse trend zien en het gemiddelde en de variantie van de serie voor en na het omslagpunt zijn statistisch gezien verschillend. Dit kwam niet als een verrassing vanwege de verandering in de wijze waarop de gemiddelde dagafvoer werd bepaald vanaf 1 januari 1970.

Omdat de afvoer van de Geul in korte tijd sterk kan veranderen, een toename van 30 m^3/s binnen een uur is goed mogelijk, is het daggemiddelde geen goede parameter voor de piekafvoer. In plaats daarvan werd een nieuwe reeks van jaarlijkse piekafvoeren samengesteld, die vóór 1970 gebaseerd is op twee en daarna op 96 waarnemingen per dag. De statistische tests laten zien dat de reeks piekafvoeren onafhankelijk zijn (geen seriële correlatie) en dat geen omslagpunt optreedt (Pettitt test), terwijl de serie verder ook homogeen is wat betreft het gemiddelde en de variantie vóór en na 1970. Afbeelding 1 laat duidelijk de afwezigheid zien van een trend, hetgeen in tegenspraak is met eerder onderzoek van Leenaers en Schouten[4]. Deze auteurs maakten gebruik van afvoeren gemeten in Valkenburg (1955-1958) en Meerssen (1980-1986).

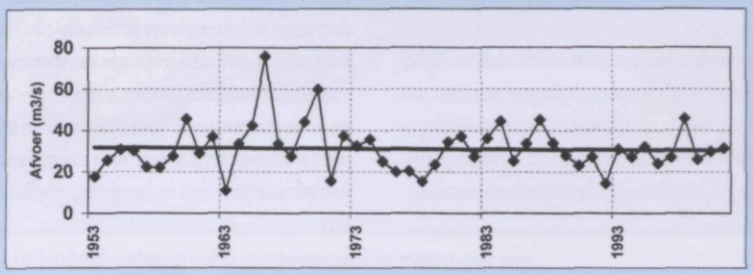
Uit een grafiek waarbij de afvoer werd uitgezet tegen het herhalingsinterval, werd geconcludeerd dat de piekafvoer in de tachtiger jaren significant hoger lag dan in de vijftiger jaren. Deze conclusie werd later overgenomen door anderen[3,5]. Gerede twijfel bestaat aan de uitkomst van dit onderzoek vanwege de erg korte meetperioden en het gebruik van afvoergegevens die afkomstig zijn van twee verschillende locaties. Met het beschikbaar komen van een 49-jarige homogene reeks piekafvoeren (afbeelding 1) is nu duidelijk aangetoond dat van een toename van de piekafvoer (de gemiddelde waarde is 31,0 kubieke meter per seconde) geen sprake is.

Deze conclusie kan verder onderbouwd worden met behulp van de extreme waarde verdeling volgens Gumbel, die werd afgeleid voor een periode van 17 jaar vóór en na 1970. Beide series voldoen goed aan de Gumbelverdeling, maar zijn verder zeer verschillend, omdat de extreme waarden van de serie van vóór 1970 hoger liggen dan daarna. Als de waarden van de extremen na 1970 worden geplot in de verdeling die geldt voor de periode 1953-1969, dan blijken deze waarden ruim binnen het 95 procent betrouwbaarheidsinterval te liggen. Geen reden is er dus om aan te nemen dat de verdeling van extreme afvoeren na 1970 significant anders is dan vóór 1970.

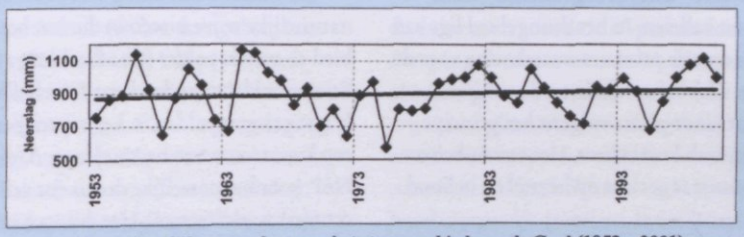
Tot slot kan worden opgemerkt dat één van de belangrijkste oorzaken van een toegenomen piekafvoer een toename is van de piekneerslag. Tabel 1 laat zien dat de maximumdagneerslag in de beschouwde periode niet toenam.

Waterbalans

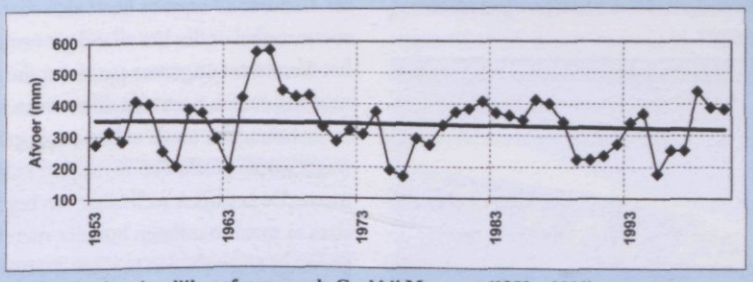
De afbeeldingen 2 en 3 laten zien dat de jaarlijkse neerslag over de tweede helft van de vorige eeuw een lichte neiging heeft toe te nemen en de jaarlijkse afvoer om af te nemen. De jaarcijfers hebben steeds betrekking op het hydrologische jaar dat loopt van 1 november t/m 31 oktober. Het verschil tussen de jaarlijkse neerslag- en afvoercijfers, aangeduid als de 'verliezen', vertoont hierdoor een stijgende trend met een omslagpunt in 1979 (afbeelding 4). Het gemiddelde van de verliezen is na 1979 significant hoger dan daarvoor. Bij een toename van de verliezen denkt men op de eerste plaats aan een toename van de verdamping, maar hiervoor zijn geen concrete aanwijzingen gevonden. Zo blijkt het verschil tussen de jaarlijkse neerslag en afvoer voor het stroomgebied van de Maas bovenstrooms van Borgharen over dezelfde periode niet te zijn toegenomen. Niettemin kunnen een vergroting van het bosareaal (geschat op twee procent), het meer natuurlijk maken van de rivier met onder meer de aanleg van overstromingsvlakten en de bouw van retentiebekkens om de piekafvoer te reduceren, hebben bijgedragen aan een geringe toename van de verdamping. De statistische analyse van de Makkink referentieverdamping voor vliegveld Beek liet een omslagpunt zien in 1987 met een significant hoger gemiddelde na deze datum. De trend voor de gehele periode van 1953 tot 2001 was echter weer niet significant. Meer waarschijnlijk is dat een toename van de verliezen het gevolg is van andere factoren, zoals een toename van de grondwaterafstroming naar buiten het gebied, de afvoer van rioolwater van een toenemend stedelijk gebied naar de afvalwaterzuiveringsinrichting Limmel (loost direct op de Maas), een verlaging van de grondwaterstand waardoor de afvoer in droge perioden is afgenomen en onttrekking van grondwater voor gebruik elders.



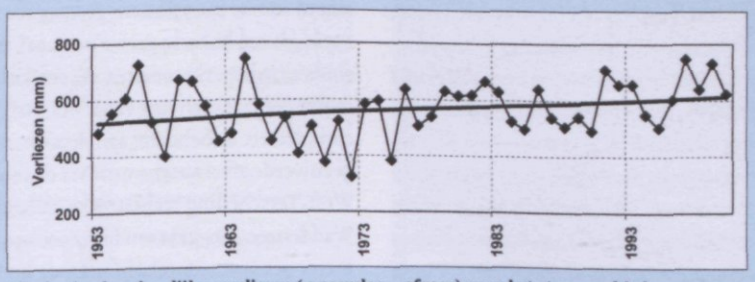
Afb. 1 Analyse jaarlijkse piekafvoer van de Geul bij Meerssen (1953 – 2001)



Afb. 2 Analyse jaarlijkse neerslag voor het stroomgebied van de Geul (1953 – 2001)



Afb. 3 Analyse jaarlijkse afvoer van de Geul bij Meerssen (1953 – 2001)



Afb. 4 Analyse jaarlijkse verliezen (= neerslag – afvoer) voor het stroomgebied van de Geul (1953 – 2001)

Conclusies

Hoge waterstanden krijgen in Nederland traditioneel veel aandacht en doen dan al gauw het vermoeden rijzen dat de situatie steeds dreigender wordt. Een objectieve kijk op deze dreiging kan alleen worden verkregen na analyse van historische reeksen. Onderzoek van een 49-jarige reeks voor het stroomgebied van de Geul laat zien dat noch de piekafvoer, noch de maximum-dagneerslag gedurende de tweede helft van de vorige eeuw toenam. Hetzelfde geldt voor de jaarlijkse neerslag en afvoer. Het verschil tussen die twee nam echter wel toe, maar de oorzaak hiervan is in het kader van deze studie niet onderzocht. Verder blijkt dat de maand maart natter en de maand augustus significant droger is geworden. ¶

LITERATUUR

1) Alexandersson H. (1986). A homogeneity test applied to precipitation data. Journal of Climatology nr. 6, pag. 661-675.

2) Burn D. en M. HagElnur (2002). Detection of hydrologic trends and variability. Journal of Hydrology nr. 255, pag. 107-122.

3) Dautrebande S., J. Leenaars, J. Smitz en E. Vanthournout (2000). Pilot project for the definition of environment-friendly measures to reduce the risk for flash floods in the Geul River catchment (Belgium and The Netherlands): A final report. B4-3040/97/730/JNB/C4. Technum, CSO en de universiteit van Luik.

4) Leenaers H. en C. Schouten (1989). Soil erosion and floodplain soil pollution: Related problems in the geographical context of a river basin. IAHS-publicatie nr. 184, pag. 75-83

5) Ministerie van Verkeer en Waterstraat (1994). Onderzoek watersnood Maas. Deelrapport 4: hydrologische aspecten. Waterloopkundig Laboratorium.

6) Pettitt A. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. Applied Statistics nr. 2, pag. 126-135.