



Neerslagradar verdringt neerslagmeters

JOOST HEIJKERS, HOOGHEEMRAADSCHAP DE STICHTSE RIJNLANDEN

IWAN HOLLEMAN, KNMI

PIER SCHAPER, WETTERSKIP FRYSLAN

Binnen Nederland zijn de waterschappen grootverbruikers van actuele neerslaginformatie. Meer en meer wordt duidelijk dat de informatie van regenmeters beperkend is voor zowel het operationele als het strategische waterbeheer. Recente wetenschappelijke ontwikkelingen laten zien dat een optimalisatie van de neerslaginformatievoorziening kan gaan plaatsvinden door het gebruik van de weerradar.

Neerslaginformatie wordt voor een aantal typen watersysteemanalyses ingezet:

- 'Re-analysis' oftewel watersysteemanalyse op basis van meetgegevens en/of modellen voor de historische reconstructie van een hydrologisch systeem;
- 'Nowcasting', een specifieke vorm van voorspellingen, namelijk het op korte termijn (minuten, uren tot een dag) schatten van de staat van het meteorologische en/of hydrologische systeem met behulp van metingen en modelvoorspellingen (bijvoorbeeld voor het operationele polderpeilbeheer);
- Het voorspellen van de meteorologie en/of hydrologie van een bepaald gebied voor de komende dagen (bijvoorbeeld om binnen een regionaal watersysteem te kunnen anticiperen op een afvoergolf op één van de grote rivieren).

Schatten van neerslaghoeveelheden

Neerslaginformatie kan op een aantal manieren worden afgeleid: via puntmetingen, gebruikmakende van neerslagstations, via de weerradar, satellietbeelden en via numerieke modellen. Gegeven de ruimtelijke schaal en nauwkeurigheid waarmee met satellietbeelden en numerieke modellen uitspraken kunnen worden gedaan, zullen deze hier niet verder worden toegelicht⁹⁾.

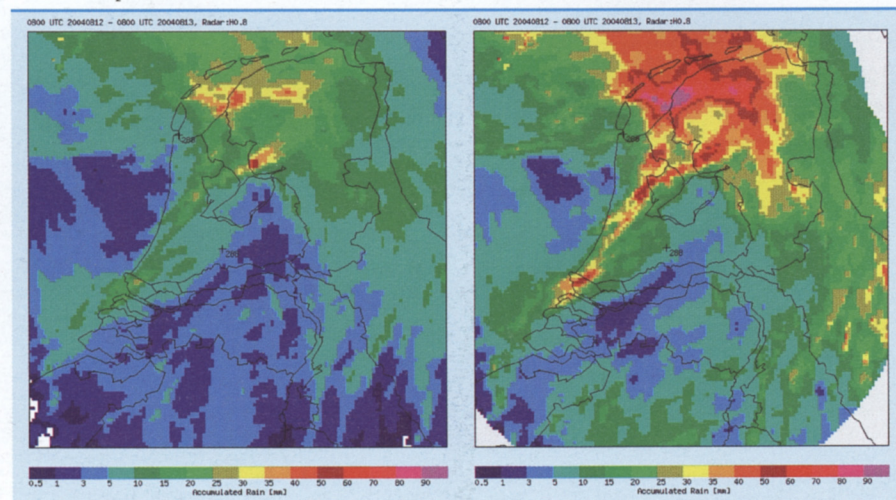
Puntmetingen

Traditioneel is neerslaginformatie altijd verzameld via neerslagstations. Het verkrijgen van een ruimtelijk verdeeld beeld van de neerslagdistributie betekent derhalve dat per definitie een netwerk van weerstations dient te

worden opgesteld, waarmee het nog steeds lastig is om een accuraat beeld te krijgen van ruimtelijke variabiliteit. Een additioneel probleem daarbij is het interpoleren van de puntdata. Zelfs wanneer men gebruik maakt van geavanceerde, (geo-)statistische technieken is het zeer lastig om de werkelijke variabiliteit van het neerslagproces in de vingers te krijgen. In het verleden werd bij de gezamenlijke inzet van radarbeelden, stationsmetingen en geostatistiek ook vaak de fout gemaakt met niet-gecorrigeerde radarbeelden te werken.

Dat de integratie van puntmetingen met gecorrigeerde radarbeelden wel degelijk meer informatie oplevert dan de som der delen wordt verderop in dit artikel beschreven.

Afb. 1: De ruwe (links) en gecorrigeerde (rechts) radaraccumulaties voor de periode van 08.00 uur op 12 augustus tot 08.00 uur op 13 augustus 2004. De correctie is uitgevoerd met de neerslaganalyse van Holleman³⁾ en gebaseerd op Michelson⁶⁾.



Weerradar

Radar is een techniek waarbij gebruikmakende van radio echo's de aanwezigheid, richting en range van objecten kan worden gedetecteerd. De objecten waarin meteorologen en hydrologen geïnteresseerd zijn, zijn natuurlijk regendruppels. Middels deze techniek zijn hydrologen en meteorologen in staat om neerslagvelden te reconstrueren op basis van de radarbeelden. Een fundamenteel probleem dat om een oplossing vroeg, was het bepalen van de neerslaghoeveelheden aan de grond uit radarwaarnemingen op grote hoogte en het schatten van de bijbehorende nauwkeurigheid in ruimte en tijd. Het maken van deze schattingen en het bepalen van de nauwkeurigheid kan als het domein van de radarhydrologie worden beschouwd. Duidelijk was dat voor het verkrijgen van een werkelijk accuraat beeld van de neerslagdistributie op basis van radarbeelden een meer fysisch gerichte aanpak noodzakelijk is. Daarbij wordt met name goed gekeken naar het basisprincipe van radarmetingen, alsmede de microstructuur van de neerslag.

Recente onderzoeksresultaten

De volgende opsomming van onderzoeksresultaten is verre van volledig. De auteurs hebben zich beperkt tot door Nederlandse onderzoeksgroepen geboekte resultaten die relevant zijn voor de waterschapspraktijk.

KNMI

Het KNMI verzamelt neerslaggegevens uit ongeveer 35 automatische waarnemstations, 325 handmatige neerslagstations en twee operationele weerradars. Door een verstandige combinatie te maken van de neerslagdata uit de stations en de weerradars kan een neerslaganalyse worden gemaakt waarin het ruimtelijk detail van de radarwaarnemingen samen gaat

met de lokale nauwkeurigheid van de stationswaarnemingen. Uit de verificatie blijkt dat de correcties zeer effectief zijn en nauwkeurige beelden opleveren³⁾.

Een sprekend voorbeeld van deze aanpak is weergegeven in afbeelding 1. Het linkerbeeld laat de ruwe radaraccumulatie zien over een periode van 24 uur eindigend op 13 augustus 2004 om 08.00 uur. Boven het westen van Friesland is een hoeveelheid neerslag van ongeveer 40 mm waargenomen door de radar. In deze periode is sprake geweest van lokale wateroverlast in Franeker en Sexbierum. De buien trokken op deze dag juist voorbij de neerslagmeter te Harlingen die toch nog 40 mm opving. Het rechterbeeld laat de gecorrigeerde radaraccumulatie zien over dezelfde periode. Lokaal worden nu neerslaghoeveelheden van 60 tot 90 mm waargenomen door de radar. De hoge ruimtelijke resolutie van het neerslagpatroon maakt het mogelijk om zeer lokaal maatregelen te treffen.

Een ander voorbeeld wordt gegeven door Holleman⁴⁾. Augustus 2004 was een extreem natte maand: in grote delen van Nederland viel meer dan 200 mm neerslag. Het absolute record die maand werd gemeten bij station Maasland: 325 mm. Ter vergelijking: de normale hoeveelheid neerslag in augustus ligt omstreeks 65 mm. Het record van station Maasland is des te opmerkelijker, omdat de omringende stations (op minder dan tien kilometer afstand) in deze maand 'slechts' 200 tot 230 mm regen registreerden. Hoewel er natuurlijk een grote regionale verscheidenheid qua neerslaghoeveelheden zit binnen Nederland is het verschil opmerkelijk. Puur op basis van de beschikbare stationswaarnemingen is het daarom lastig een uitspraak te doen over de betrouwbaarheid van het gerapporteerde record bij station Maasland. Derhalve is getracht met radarbeelden de terrestrische

meting te verifiëren. Afbeelding 2 laat de resultaten zien.

Het linkerbeeld van afbeelding 2 laat de maandsom over augustus 2004 rond station Maasland in meer detail zien. Het beeld toont een zeer lokaal neerslagmaximum, waarbij tien beeldpunten (ongeveer 60 km²) een neerslaghoeveelheid van meer dan 250 mm aangeven. Bovendien is er één punt dat een neerslaghoeveelheid van meer dan 275 mm (278 mm om precies te zijn) aangeeft. Dit punt ligt precies boven station Maasland! Het zeer lokale karakter van het neerslagmaximum boven Maasland is de verklaring voor het gebrek aan ondersteunende waarnemingen door de omringende stations. Op ongeveer tien kilometer (vier beeldpunten) van het neerslagmaximum is de waargenomen neerslaghoeveelheid afgenomen tot 200 à 225 mm, in goede overeenstemming met de aftappingen van de omringende stations.

Wageningen Universiteit

Sinds de jaren zeventig wordt onderzoek verricht naar neerslagvariabiliteit bij het subdepartement Waterhuishouding in Wageningen. Een belangrijke mijlpaal in dit onderzoek wordt gevormd door het promotiewerk van Remko Uijlenhoet⁸⁾. Dit onderzoek ging uit van de wetenschap dat de hoeveelheid radiogolven die door regendruppels, ijskristallen en sneeuwvlokken weerkaatst wordt, afhankelijk is van de grootte van de regendruppels en de variatie hierin, de afstand van de regendruppels tot elkaar, de valsnelheid en de vorm van de druppels. Kortom: de microstructuur van de neerslag. Er werd een wiskundig raamwerk opgezet waarmee deze structuur beschreven kon worden. Deze wiskundige beschrijving stelt hydrologen en meteorologen in staat om de radarbeelden adequater te analyseren, om zodoende tot nauwkeurigere informatie te komen.

Eén van de kernproblemen van de radarhydrologie is het schatten van de zogeheten Z/R-relatie. Deze relatie ziet er wiskundig als volgt uit:

$$Z = a R^b$$

waarbij Z staat voor de radarreflectiviteit (de grootte die wordt gemeten met behulp van de weerradar) en R de neerslaghoeveelheid is (de grootte waarin de hydroloog geïnteresseerd is).

Hierbij zijn a en b te schatten coëfficiënten. Het onderzoek in Wageningen is er onder andere op gericht deze coëfficiënten fysisch te interpreteren aan de hand van meetgegevens en de wiskundige en statistische analyse daarvan. De coëfficiënten zijn bijvoorbeeld te relateren aan neerslagtype, microstructuur van de neerslag (regendruppelgrootte) of thermodynamische instabiliteit⁷⁾. Daarnaast is onderzoek verricht naar de verticale structuur van de radarreflectiviteit, die een significante fout oplevert bij de transformatie van radarreflectiviteit op hoogte naar neerslaghoeveelheden aan de grond²⁾. Verder is gewerkt aan de ontwikkeling van correctiemethoden voor de verzwakking van de radarstraling tijdens extreme neerslag³⁾. De eerste resultaten van berekeningen waarbij radarbeelden zijn gebruikt voor het analyseren van neerslag-afvoerrelaties, zijn begin dit jaar gepubliceerd¹⁾.

Universiteit van Utrecht/NITG-TNO

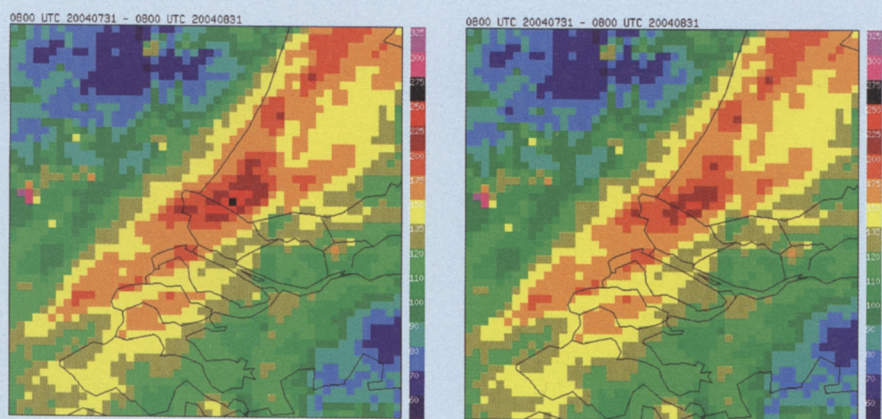
In Utrecht wordt onderzoek gedaan met als doel te komen tot ruimtelijk hoog resolutie neerslagvelden (bijvoorbeeld 25x25m-pixels) door middel van integreren van regenmeterdata en radarbeelden, waarbij gebruik wordt gemaakt van geostatistische technieken. Hierbij is inzicht in de ruimtelijke variabiliteit van neerslag op korte afstand van groot belang. Aangezien het stationsnetwerk van het KNMI geen informatie oplevert over neerslagvariabiliteit van neerslag op kortere afstand dan circa 20 km, hebben Utrecht en Wageningen gezamenlijk sinds 2004 een dicht netwerk van regensmeters opgezet.

Verder is in het kader van een afstudeeronderzoek van Lam⁵⁾ onderzoek verricht naar het gebruik en de performance van diverse geostatistische technieken bij het combineren van gegevens, gebaseerd op stationswaarnemingen en radarbeelden, tot neerslaginformatie. Eén van de interessante uitkomsten is dat het gebruik van radardata per definitie een goede methode is om tot een verbeterde schatting van de nauwkeurigheid van dagelijkse neerslaghoeveelheden te komen, ongeacht de hoeveelheid puntmetingen.

Conclusies

Voor tal van hydrologische vraagstukken is neerslaginformatie van vitaal belang. Tot op

Afb. 2: Totale hoeveelheid neerslag over augustus 2004 rond station Maasland. Voor het linkerbeeld zijn gegevens van alle beschikbare stations gebruikt en voor het rechterbeeld ook alle, behalve die van station Maasland.



heden werd voor het voorzien in deze neerslag-behoefte vaak alleen informatie op basis van puntmetingen gebruikt. De vraag of de neerslagmeter nu zijn langste tijd heeft gehad, kan bevestigend worden beantwoord. Althans, in die zin dat het niet langer de enige bruikbare bron voor neerslaginformatie vormt. Of de neerslagmeter ooit werkelijk van het toneel verdwijnt, zal voor een groot deel afhangen van de ontwikkelingen op het vlak van de radarhydrologie. Momenteel levert de integratie van puntwaarnemingen met gecorrigeerde radarbeelden wel degelijk meer informatie op dan de som der delen. De onderzoeksresultaten en voorbeelden die in dit artikel zijn getoond, laten dit duidelijk zien. Dit maakt naar ons idee de weg vrij voor toepassingen van op gecorrigeerde radarbeelden gebaseerde neerslaginformatie binnen het strategische en operationele waterbeheer.

Aanbevelingen

De auteurs hopen met onderstaande aanbevelingen met name de waterschapswereld en STOWA te stimuleren om een gezamenlijke onderzoeksagenda op te stellen op het vlak van de toepassing van gecorrigeerde radarbeelden.

Hydrologische modellering

Binnen een groot aantal hydrologische toepassingen is een adequaat en accuraat inzicht in de dynamiek van de neerslag nood-

zakelijk. Meer en meer wordt duidelijk dat fouten in de neerslag wel eens de grootste hindernis vormen (naast parameter-onzekerheid) bij het verkrijgen van accurate hydrologische modelvoorspellingen. Dit geldt naar alle waarschijnlijkheid in elk geval voor de modellering van het freatische grondwaterstandsverloop, watertekorten, neerslag-afvoerrelaties en modellering ten behoeve van de schatting van waterbalanscomponenten. Bij de auteurs zijn weinig tot geen voorbeelden bekend van modeltoepassingen waarbij gecorrigeerde radarbeelden zijn ingezet. Het verdient daarom aanbeveling om toegepast onderzoek te initiëren naar de meerwaarde van de inzet hiervan, bijvoorbeeld ten opzichte van puntmetingen, uitgedrukt in termen van de uiteindelijke modelnauwkeurigheid.

Extreme neerslagstatistiek

De tweede aanbeveling was na te gaan of het gebruik van op gecorrigeerde radarbeelden gebaseerde neerslaginformatie gebruikt kan worden voor het verkrijgen van een beter beeld over de regionale verschillen in neerslagstatistiek⁽¹⁰⁾ Op 1 september j.l. is een promotieonderzoek gestart op het KNMI in samenwerking met de universiteit van Wageningen naar de ruimtelijke en spatiale variabiliteit van (extreme) neerslag. Bij dit onderzoek zal nadrukkelijk gebruik gemaakt gaan worden van (gecorrigeerde) radargegevens. ¶

LITERATUUR

- 1) Berne A., M. ten Heggeler, R. Uijlenhoet, L. Delobbe, Ph. Dierickx en M. de Wit (2005). A preliminary investigation of radar rainfall estimation in the Ardennes region and a first hydrological application for the Ourthe catchment. *Natural hazards and earth system sciences* nr. 5, pag. 267-274.
- 2) Berne A. en R. Uijlenhoet (2005). A stochastic model of range profiles of raindrop size distributions: Application to radar attenuation correction. *Geophysical Research Letters*
- 3) Holleman I. (2003). Neerslaganalyse uit radar- en stationswaarnemingen. KNMI-rapport.
- 4) Holleman I. (2004). Weerradar en de neerslag van augustus 2004. *Meteorologica* nr. 4.
- 5) Lam A. (2003). Comparison of geostatistical methods for predicting daily rainfall using radar and raingauge data. TNO-rapportage.
- 6) Michelson D. e.a. (2000). BALTEX radar data centre products and their methodologies. SMHI-rapport RMK nr. 90.
- 7) Steiner M., J. Smith en R. Uijlenhoet (2004). A microphysical interpretation of radar reflectivity - Rain rate relationships. *Journal of the Atmospheric Sciences* nr. 61, pag. 1114-1131.
- 8) Uijlenhoet R. (1999). Parameterization of rainfall microstructure for radar meteorology and hydrology. PhD-thesis Wageningen Universiteit.
- 9) Uijlenhoet R. (2002). Development of a stochastic model of rainfall for radar hydrology. Rapport nr. 110 Wageningen Universiteit.
- 10) Wijngaard J., M. Kok, I. Smits en M. Talsma (2005). Nieuwe statistiek voor extreme neerslag. *H₂O* nr. 6, pag. 35.