



Eric van Dijk, Nelen & Schuurmans
 Rutger van Hogezaand, Nelen & Schuurmans
 Klaas-Jan Douben, Waterschap Brabantse Delta

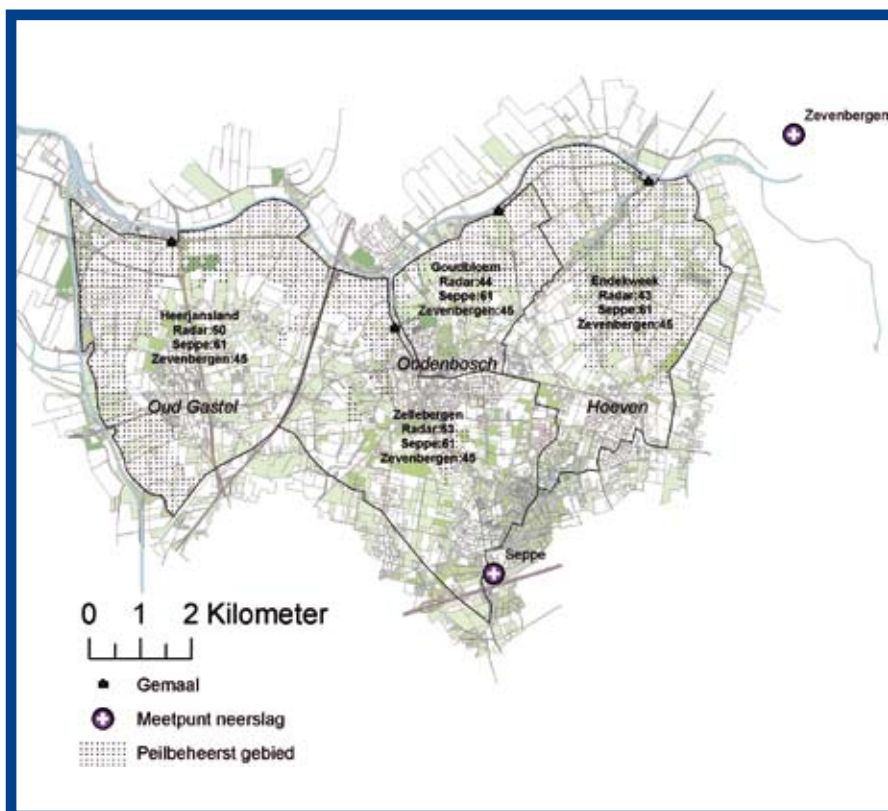
Betrouwbare inundatiebeelden door gebruik van neerslagradar

Het gebruik van neerslagradarbeelden voor hydrodynamische modellering is in Nederland nog niet wijdverbreid toegepast, met name vanwege de onzekerheid over de nauwkeurigheid van deze data. Om een inschatting te kunnen maken of het gebruik bij modellering van stroomgebieden meerwaarde biedt, zijn berekende waterstanden en het bijbehorende inundatiebeeld in in het studiegebied Hoevens Beemden in het westen van Noord-Brabant vergeleken met simulaties op basis van vaste neerslagstations. Bij terugkoppeling van de resultaten met gebiedskenners bleek het berekende inundatiepatroon op basis van neerslagradarbeelden goed overeen te komen met de werkelijkheid. Daarnaast bleek dat zowel de hoogte van de piekwaterstanden als het moment van optreden sterk wordt beïnvloed door de keuze voor de neerslaggegevens. De verschillen in het inundatiebeeld zijn groot, vooral bovenstrooms van de gemalen in de lagere delen van de (peilbeheerde) stroomgebieden. Juist deze gebieden zijn kwetsbaar voor wateroverlast. Het gebruik van adequate neerslaggegevens is daarom essentieel om een goed inzicht te krijgen in het tijdstip en de omvang van de inundatie.

Het gedrag van hydrologische systemen wordt in belangrijke mate bepaald door de ruimtelijke en temporele variatie in neerslag. Een veelbelovende methode om de (ruimtelijke) neerslagvariatie te kwantificeren, is het gebruik van radargegevens. Neerslag wordt tot nu toe meestal voor een bepaalde afwateringseenheid als uniform en gebiedsdekkend verondersteld. Hoewel het algemene gedrag van een stroomgebied vaak wel voorspeld kan worden door gebruik te maken van ruimtelijk uniforme neerslag¹⁾ is het in acht nemen van de ruimtelijke verdeling van neerslag noodzakelijk bij extreme (lokale) neerslaggebeurtenissen. Deze vertonen een grotere variabiliteit, die vaak leidt tot extremere afvoeren en waterstanden^{2),3)}. Daarnaast kan het gebruik van slechts één neerslagstation leiden tot misleidende resultaten bij de kalibratie en validatie van het model⁴⁾, zeker als slechts gebruik wordt gemaakt van een beperkt aantal meetpunten voor de waterstanden. In voorliggende studie is onderzocht of het gebruik van een ruimtelijke verdeling van neerslag significante meerwaarde biedt bij de hydrologische modellering van stroomgebieden.

Het studiegebied de Hoevense Beemden ligt ten noorden van Roosendaal en heeft een totaaloppervlak van circa 6.440 hectare. Het

Afb. 1: Onderverdeling van het studiegebied in stroomgebieden, neerslagtotalen per stroomgebied tussen 3 en 6 juli 2007 en de locatie van de neerslagstations in het hydrodynamisch rekenmodel.

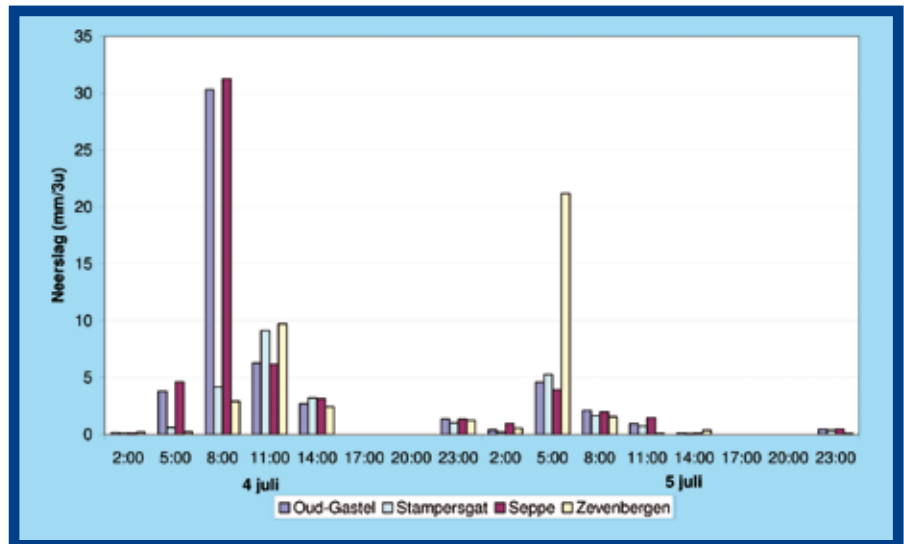


bestaat voornamelijk uit grasland en akkerbouw. Er liggen enkele bebouwde kernen, waaronder Oudenbosch, Oud-Gastel en Hoeven, die circa tien procent van het gebied in beslag nemen. Het studiegebied is opgedeeld in vier stroomgebieden, met verschillende afwateringseenheden. De stroomgebieden worden afzonderlijk bemalen door één gemaal (zie afbeelding 1), die allen op de Mark ten noorden van het studiegebied afwateren. De bovenstroomse hellende delen van de stroomgebieden zijn vrij afwaterend. Hier worden de waterstanden gereguleerd met stuwen. In het gebied is de afgelopen jaren een aantal keren sprake van wateroverlast geweest in zowel de bebouwde kom (Oudenbosch, Oud-Gastel, Hoeven) als op het platteland. Vooral in juli 2007 traden substantiële inundaties op. Het waterschap en de gemeente hebben daarom het voornemen op korte en lange termijn maatregelen te treffen om toekomstige inundaties zoveel mogelijk te voorkomen. Om het effect van deze maatregelen in te schatten, zijn inundatieberekeningen uitgevoerd.

Om de inundatiebeelden in het studiegebied te bepalen, is een gecombineerd neerslag-afvoer-, waterlopen- en overstromingsmodel vervaardigd in Sobek-RR-CF-OF. Hierdoor kan zowel het neerslag-afvoerproces als de stroming in de waterlopen en de stroming over het maaiveld in beeld worden gebracht. Voor het neerslag-afvoermodel is aan elke afwateringseenheid een set parameters toegewezen op basis van de Algemene Hoogtekaart Nederland (AHN), het Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland (LGN5) en de bodemkaart. Daarnaast zijn de gerioleerde gebieden als aparte knopen in het model opgenomen. Voor het waterlopenmodel zijn de legger-, secundaire en tertiaire waterlopen gebruikt met bijbehorende kunstwerken uit het beheerregister van het waterschap. Het tweedimensionale overstromingsmodel is gebaseerd op de AHN (maaiveldhoogte) en de LGN5 (weerstand oppervlak).

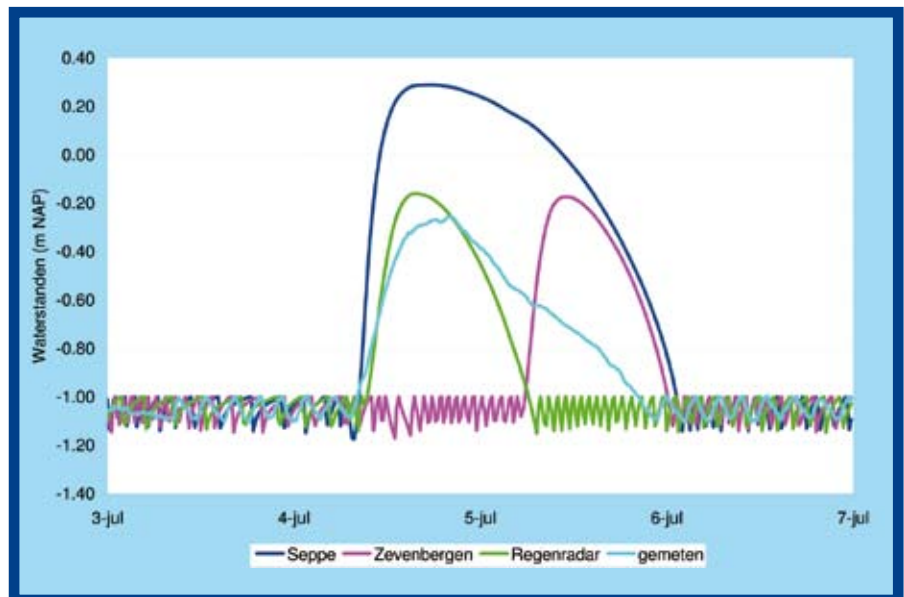
Meteorologische gegevens

De neerslag in het studiegebied is afgeleid van radarbeelden van het KNMI met een ruimtelijke resolutie van één bij één kilometer en een temporele resolutie van drie uur op 3, 4, 5 en 6 juli 2007. De gemiddelde neerslag per afwateringseenheid is bepaald op basis van deze radarbeelden. Daarnaast is gebruik gemaakt van de neerslagstations in Zevenbergen en Seppe, die in beheer zijn bij Waterschap Brabantse Delta. Deze stations liggen respectievelijk ten noorden en zuiden van het studiegebied en registreren de neerslagwaarden per kwartier. Uit oogpunt van consistentie zijn deze meetwaarden opgeschaald naar een tijdschaal van drie uur. Voor de daggemiddelde verdamping zijn metingen van KNMI-station Gilze-Rijen gebruikt. Afbeelding 1 geeft ook een indruk van de ruimtelijke variatie van de geanalyseerde neerslaggebeurtenissen door voor de drie neerslagmetingen de totale neerslagsom per stroomgebied weer te geven tijdens de



Afb. 2: Vergelijking van 3-uurs neerslagtotalen van de neerslagstations Seppe en Zevenbergen met de 3-uurs neerslagtotalen van de neerslagradar voor de bebouwde kernen van Oud-Gastel en Stampersgat (beide in stroomgebied Heerjansland).

Afb. 3: Verloop van de berekende waterstand bij gemaal Heerjansland in juli 2007 voor de verschillende neerslagscenario's.



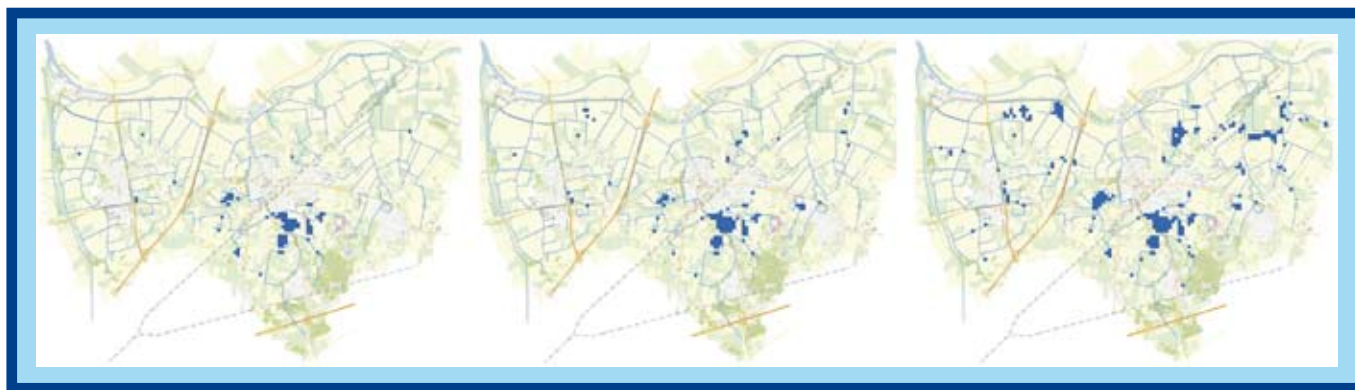
gesimuleerde periode. Op basis van de neerslagradar kan worden geconcludeerd dat aan de zuidwestelijke zijde van het studiegebied meer neerslag is gevallen dan aan de oostzijde. Tevens is tijdens de gesimuleerde periode bij neerslagstation Seppe veruit de meeste neerslag gevallen.

Zoals bekend uit diverse studies^{1),2),3),5)} kan het temporele verloop van de neerslag sterk verschillen op diverse locaties binnen een beperkte afstand van elkaar. Dit blijkt ook uit afbeelding 2. Hierin is als voorbeeld voor de gesimuleerde periode het 3-uurs neerslag-totaal weergegeven in de bebouwde kernen van Oud-Gastel en Stampersgat (beide in het stroomgebied Heerjansland), gebaseerd op radargegevens en de 3-uurs neerslagtotalen van de vaste stations Seppe en Zevenbergen. Zo blijkt voor Oud-Gastel en Seppe de piek in de neerslag op 4 juli rond 8.00 uur te liggen en voor Stampersgat rond 11:00 uur. Voor Zevenbergen is een piek op 5 juli rond 5.00 uur waargenomen. De intensiteit van de

neerslag in de bebouwde kern van Oud-Gastel en in Seppe blijkt gedurende de gesimuleerde periode steeds goed overeen te komen. De intensiteit van de neerslag in Stampersgat en Zevenbergen wijkt op een aantal momenten echter sterk af. Vooral de vergelijking tussen Oud-Gastel en Stampersgat laat zien dat op relatief korte afstanden de piekintensiteit en het verloop van de intensiteit sterk kunnen verschillen.

Effecten op het watersysteem

Afbeelding 3 laat het verloop van de berekende waterstanden bij gemaal Heerjansland zien op basis van de drie verschillende neerslagmetingen. Uit het verloop blijkt dat het model zeer gevoelig is voor de keuze van het neerslagstation en dat de onzekerheid in de voorspelling van de waterstanden bij het gebruik van een vast neerslagstation kan oplopen tot 0,5 meter. Naast de hoogte van de piekwaterstanden wordt ook het moment van optreden sterk beïnvloed door het gebruikte neerslag-



Afb. 4: Inundatiebeelden bij gebruik van verschillende neerslagdata (links radarbeelden, midden neerslag Zevenbergen, rechts neerslag Seppe).

station. De grafiek geeft tevens het gemeten verloop van de waterstand weer. Bij gebruik van de radarneerslag blijkt het model de maximale gemeten waterstand het best te voorspellen.

Opvallend is dat de gemeten maximale 3-uurs neerslagintensiteit in Seppe slechts één millimeter hoger is dan de radarmeting in Oud-Gastel, maar dat de berekende piekwaterstand circa 0,5 meter hoger ligt. Dit verschil wordt mede veroorzaakt door de eerder genoemde ruimtelijke variatie van de neerslag binnen het stroomgebied Heerjansland. Uit een analyse van de neerslag-radardata bleek de maximale 3-uurse intensiteit binnen dit stroomgebied te variëren van 8,6 tot 30,8 millimeter met een gemiddelde van 21,7 millimeter. Het in beschouwing nemen van de ruimtelijke neerslagverspreiding binnen hydrologische eenheden van deze omvang (2.100 ha) is dus wenselijk. Gebruik van de neerslagdata van Seppe zou in dit geval leiden tot een overschatting van de voorspelde waterstand. Uit afbeelding 3 blijkt tevens dat de maximale neerslag in Zevenbergen een dag later viel dan in Seppe en de radarmeting in Oud-Gastel en Stampersgat, wat leidt tot een sterk afwijkende voorspelling van het moment van optreden van de maximale waterstand. Het verschil in de berekende maximale waterstand tussen de neerslag-radardata en de neerslagmeting van Zevenbergen bedraagt echter slechts enkele centimeters, terwijl de gemeten maximale 3-uurs neerslagintensiteit voor de radardata negen millimeter hoger is dan in Zevenbergen. Doordat de maximale neerslag in Zevenbergen echter op een moment viel dat de bodem verzadigd was, zouden bij gebruik van deze neerslagreeksen nagenoeg even grote waterstandstijgingen berekend worden.

Inundatiebeelden

Het effect van het gebruik van de drie verschillende typen neerslagmetingen op het inundatiepatroon is inzichtelijk gemaakt met het tweedimensionale overstromingsmodel (zie afbeelding 4). Bij terugkoppeling van de resultaten met gebiedskenners bleek het berekende inundatiepatroon op basis van neerslagradarbeelden goed overeen te komen met de werkelijkheid.

Als de inundatiebeelden met elkaar vergeleken worden, valt het volgende op:

- De omvang van de inundaties is het grootst als gerekend wordt met de neerslag bij Seppe. De omvang van de inundaties bij gebruik van de neerslag-radarbeelden en de neerslag van Zevenbergen komen overeen. In Zevenbergen viel de piekneerslag, in tegenstelling tot de neerslagradar, op een moment dat de bodem al verzadigd was, waardoor deze sneller tot afstroming komt. Het gebruik van het neerslagverloop in Zevenbergen leidt dus in dit specifieke geval tot een iets groter geïnundeerd oppervlak dan bij het gebruik van neerslagradar;
- Het verschil in geïnundeerd oppervlak nabij de gemalen is groter dan de verschillen in de bovenstroomse delen van het gebied. De gemalen vormen over het algemeen een beperking in de afvoer bij hoge neerslagintensiteiten, waardoor het water zich hier verzamelt. Juist de laaggelegen delen nabij gemalen zijn kwetsbaar voor inundaties en het gebruik van adequate neerslagdata is dus essentieel om een goed inzicht te krijgen in de omvang van deze inundaties;
- De verschillen zijn groter in de stroomgebieden Endekweek en Goudbloem dan in de andere twee stroomgebieden. In deze stroomgebieden heeft gebruik van één van de vaste neerslagstations een overschatting van de gevallen neerslag tot gevolg, bij gebruik van neerslagstation Seppe zelfs een overschatting van meer dan 40 procent.

Neerslagverspreiding en inundatie

Uit dit onderzoek blijkt dat hydrologische modellen zeer gevoelig zijn voor de keuze van de neerslagdata. Zowel de hoogte van de berekende piekwaterstanden als het moment van optreden worden sterk beïnvloed door het neerslagverloop. De maximale berekende waterstand wordt hierbij vooral bepaald door de spreiding van de neerslag in zowel ruimte als tijd en niet zozeer door de maximaal gemeten waarden. Vooral in bemalen delen van het onderzochte studiegebied, waar de afvoercapaciteit van gemalen een cruciale rol speelt en het water geborgen wordt als de neerslagintensiteit de gemaalcapaciteit overtreft⁶⁾, zijn de verschillen groot. Juist deze delen zijn kwetsbaar voor inundaties, waardoor het gebruik van adequate neerslagdata wenselijk is om een goed inzicht te krijgen in de omvang van deze inundaties.

Inzicht in de ruimtelijke spreiding van neerslag is van groot belang bij hydrologische modelstudies naar extreme neerslaggebeurtenissen. Het gebruik van radarbeelden om deze spreiding inzichtelijk te maken, is hiervoor uitermate geschikt. Hoewel in het verleden de nauwkeurigheid van radarbeelden veelvuldig is bekritiseerd, blijkt uit recent onderzoek^{1),5),7)} dat met radarbeelden een goed beeld ontstaat van de ruimtelijke variabiliteit van de neerslag en dat deze beelden uitermate geschikt zijn voor gebruik bij hydrologische toepassingen. In het algemeen zal de ruimtelijke en temporele nauwkeurigheid van modelvoorspellingen door toepassing van radarbeelden sterk verbeteren.

LITERATUUR

- 1) Schuurmans J. en M. Bierkens (2007). Belang van betere neerslaginformatie voor hydrologen. *H₂O* nr. 12, pag. 27-29.
- 2) Bell V. en R. Moore (2000). The sensitivity of catchment runoff models to rainfall data at different spatial scales. *Hydrology and Earth System Sciences* nr. 4, pag. 653-667.
- 3) Cole S. en R. Moore (2008). Hydrological modelling using raingauge- and radar-based estimators of areal rainfall. *Journal of Hydrology* nr. 358, pag. 159-181.
- 4) Krajewski W., V. Lakshmi, K. Georgakakos en S. Jain (1991). A Monte Carlo study of rainfall sampling effect on a distributed catchment model. *Water Resources Research* nr. 1, pag. 119-128.
- 5) Overeem A., I. Holleman en T. Buishand (2009). Neerslagklimatologie uit weerradar. *H₂O* nr. 8, pag. 31-33.
- 6) Van Dijk E., J. Hermans en M. Poort (2008). Zeespiegelstijging dramatisch voor Noord-Hollandse boezem. *H₂O* nr. 18, pag. 8-10.
- 7) Lange J. en A. Thormählen (2005). The potential of rainfall radar data for process-based hydrological modelling in Mediterranean catchments. *Geophysical Research Abstracts* nr. 7.