

Correctie van neerslagradar op basis van grondstations voor toepassing in stedelijk gebied: het beste van twee werelden

A.C. de Niet¹⁾, J. de Jonge²⁾, J.L. Korving¹⁾, J. Langeveld³⁾, A.F. van Nieuwenhuijzen¹⁾

¹⁾ Witteveen+Bos

²⁾ Waterschap De Dommel

³⁾ TU Delft / Royal HaskoningDHV

In het project Kallisto werken gemeenten, waterschappen en universiteiten samen aan innovatieve oplossingen voor de afvalwaterketen in de omgeving van Eindhoven. Dat doen ze onder het motto 'Samen, slim, schoon'. Om de waterkwaliteit van de rivier de Dommel te verbeteren richt Kallisto zich op sturing in de afvalwaterketen. De ecologische belastbaarheid van de rivier bepaalt welke maatregelen worden genomen.

Om behalve op waterkwantiteit ook op waterkwaliteit te kunnen sturen zijn de volgende ingrediënten nodig:

- betrouwbare metingen van waterkwaliteit en waterkwantiteit;
- goede modellen voor het (afval)watersysteem, zowel riolering als oppervlaktewater;
- goede voorspelling van het systeemgedrag op korte termijn.

Deze drie ingrediënten hebben veel met elkaar te maken. Voor een goede voorspelling is een goed model nodig en een model is pas bruikbaar als het goed gekalibreerd is op basis van betrouwbare data. In dit artikel beperken we ons tot de rioleringsmodellen. Het kalibreren en valideren van rioleringsmodellen vraagt metingen van de waterstanden in het stelsel, maar ook van de neerslag die er in het stedelijk gebied valt. Het is al een behoorlijke opgave om goede betrouwbare metingen van de waterstand te krijgen op voldoende plekken in het rioolstelsel. Maar een gedetailleerd neerslagbeeld is niet kant-en-klaar beschikbaar. En juist in stedelijk gebied maakt het veel uit waar op welk moment hoeveel neerslag valt. Er zijn vaak wel één of meer grondstations beschikbaar, maar een meting van de neerslag op één plek hoeft niet representatief te zijn voor wat er in een veel groter gebied valt. Voor een goede kalibratie van de modellen is betrouwbare data nodig van de neerslag met een hoge resolutie in ruimte en tijd. Een schaal van 1 km in de ruimte en 5 minuten in de tijd lijkt voldoende. Die resolutie is in stedelijk gebied lastig te realiseren met grondstations. De neerslagradar van het KNMI is een alternatief, maar de absolute neerslaggegevens zijn erg onnauwkeurig. Door de sterke kanten van beide bronnen slim te combineren ontstaat een beeld van de neerslag in tijd en ruimte dat nauwkeurig genoeg is om betrouwbare modellen te krijgen.

Er zijn gecorrigeerde neerslagradarbeelden op de markt, maar die zijn voor dit doel niet goed genoeg. Daarom heeft Witteveen+Bos in opdracht van Waterschap De Dommel een methode ontwikkeld waarin beide databronnen gecombineerd worden tot een beeld dat wel een voldoende betrouwbaar resultaat geeft. In dit artikel wordt uitgelegd welke keuzes daarbij zijn gemaakt en wat het oplevert.

Grondstations versus neerslagradar

Voor neerslag zijn er twee belangrijke databronnen: neerslagradar en grondstations.

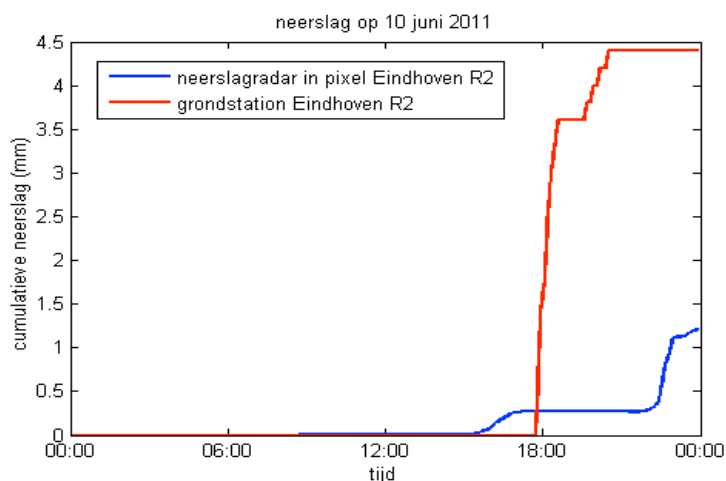
De neerslagradar van het KNMI is een indirecte meting op afstand. Via reflectie van radarsignalen op waterdruppels in de lucht wordt vastgesteld hoeveel neerslag er valt. Het KNMI heeft een radarstation in De Bilt en in Den Helder. De neerslagradar geeft een goed beeld van de ruimtelijke variatie in de neerslag en de ontwikkeling van buien in de tijd. Maar als het gaat om de absolute hoeveelheid neerslag en de exacte tijd waarop deze op de grond valt is de radar erg onnauwkeurig. Dat heeft te maken met verstoringen in de lucht en de afstand tussen de locatie en de radar.

Naast de radar heeft het KNMI grondstations, en vaak hebben waterschappen en gemeentes er ook één of meer in hun beheergebied staan. Voor het meten van neerslag op de grond zijn verschillende methodes beschikbaar (Afbeelding 1). In alle gevallen is zorgvuldige plaatsing en kalibratie op locatie nodig. Als aan die voorwaarden is voldaan levert een grondstation zeer nauwkeurig gegevens van de neerslag zowel in hoeveelheid als in tijd. Het nadeel is dat de informatie een heel klein gebied betreft. Eén regenmeter geeft geen ruimtelijk beeld. Het is vanwege de kosten de vraag of met alleen grondstations op een kosteneffectieve en praktische manier een ruimtelijk dekkend beeld te verkrijgen valt.



Afbeelding 1. Testopstellingen grondstation voor neerslaganalyse op rwzi Eindhoven
 Meetmethodes: kantelbakjes (links op de foto), gravimetrisch (rechts) en optische druppelteller (midden).

Het verschil tussen radar en grondstations blijkt goed als de neerslag van grondstation Eindhoven R2 wordt vergeleken met de neerslag volgens de radar in het pixel waar het grondstation ligt. In figuur 2 is die vergelijking weergegeven voor een bui op 10 juni 2011. Er zijn grote verschillen te zien in de meting van het tijdstip en de hoeveelheid neerslag die is gevallen.



Figuur 2. Verschilmeting grondstation en radarbeeld (10 juni 2011)

De sterke en zwakke kanten van beide meetmethoden zijn in de onderstaande tabel samengevat.

Tabel 1. SWOT-analyse neerslagmonitoringstechnieken

Methode	Sterk	Zwak
Neerslagradar	Ruimtelijke variatie Groot gebied	Onnauwkeurig in tijd Onnauwkeurig in absolute hoeveelheid
Grondstation	Nauwkeurig in tijd Nauwkeurig in absolute hoeveelheid	Informatie op één punt Geen informatie tussen stations

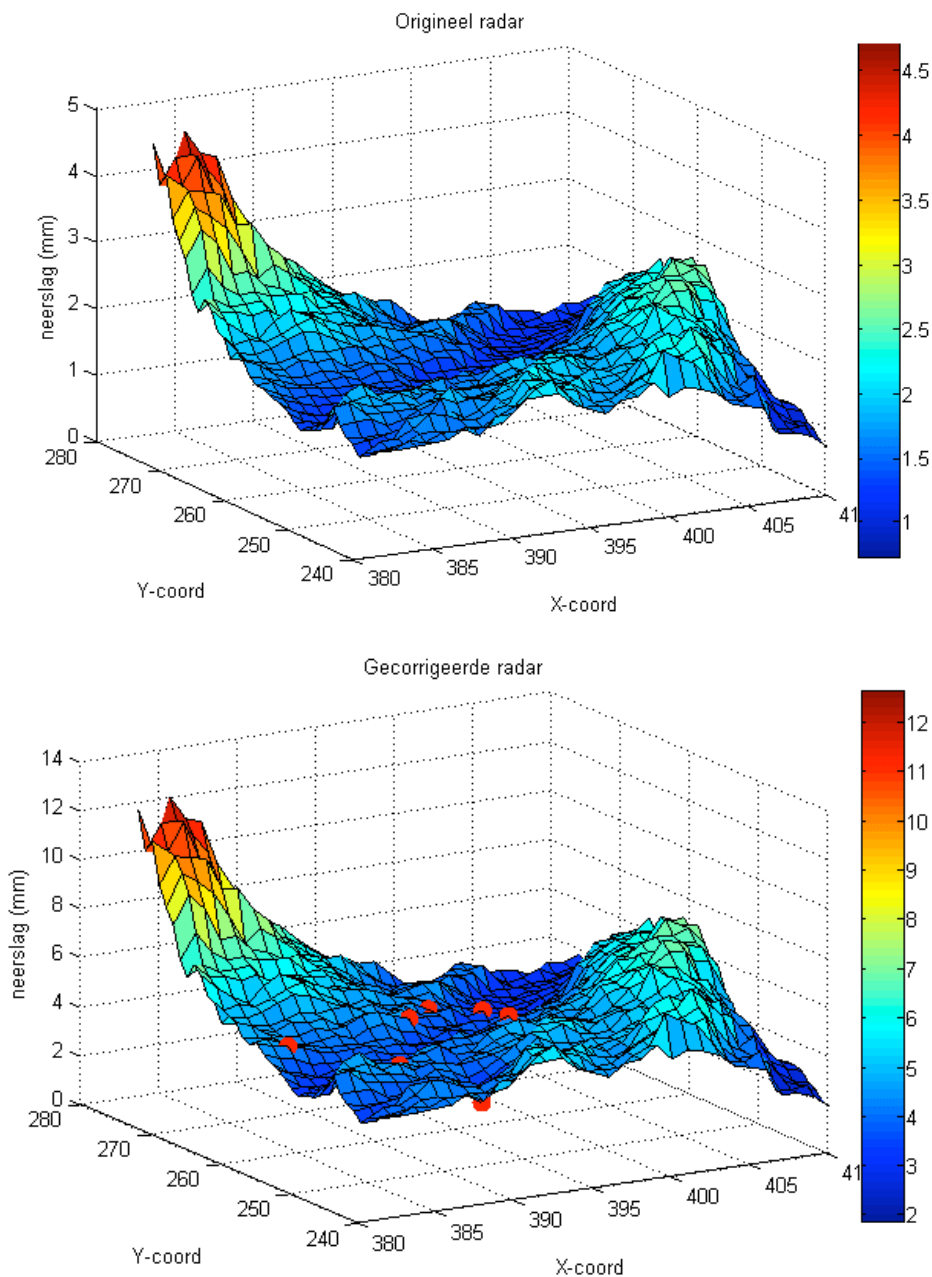
De zwakke punten van de radar zijn de sterke punten van grondstations en vice versa. Het is dus interessant om de informatie uit beide methodes te combineren om te komen tot een neerslagbeeld dat én betrouwbaar is in tijd en hoeveelheid én informatie geeft over de ruimtelijke variatie.

Samenvoegen radar en grondstations

Voor het combineren van neerslagradar en grondstations is gebruik gemaakt van *conditional merging*, een techniek die is gebaseerd op *kriging*. In een vergelijkende studie is deze methode getest als 'beste koop': relatief eenvoudig te implementeren, niet al te rekenintensief en de op-één-na-beste als gekeken wordt naar de kwaliteit van de voorspelling. *Conditional merging* gaat uit van de dagsommen. De dagsom per pixel wordt weer teruggerekend naar de 5-minuten-waarde op basis van de grondstations in de buurt. Op dit punt wordt nadrukkelijk een andere keuze gemaakt dan gebruikelijk. Doorgaans wordt teruggerekend naar 5-minuten-waarden op basis van de verdeling van de neerslag over de dag zoals de neerslagradar die heeft bepaald. Echter, zoals uit figuur 2 blijkt, is die niet representatief voor wat er daadwerkelijk op de grond is gevallen.

Aan hand van het nieuw ontwikkelde algoritme zijn alle neerslagradargegevens van 2011 in een gebied rond het Kallistoproject gecorrigeerd op basis van gevalideerde meetgegevens van 9 grondstations van gemeenten en Waterschap De Dommel.

In afbeelding 3 is weergegeven wat het effect is van de correctie op basis van *conditional merging* voor de dagsom van de neerslag op 10 juni 2011. Boven het ruwe radarbeeld, onder het gecorrigeerde radarbeeld. De rode stippen geven de positie en neerslag aan van de grondstations. De beelden lijken veel op elkaar, maar de schaal verschilt behoorlijk. Volgens de neerslagradar is er maximaal 5 mm gevallen, terwijl het gecorrigeerde beeld 12 mm aangeeft. Het radarbeeld is min of meer opgetild naar het niveau van de grondstations.



Figuur 3. Effect van correctie op basis van conditional merging voor dagsom van de neerslag op 10 juni 2011

Validatie van het algoritme

Omdat de resultaten van de neerslagradarcorrectie worden gebruikt voor kalibratie van de rioolmodellen, is het nodig de methode zelf te controleren. De methode die door Witteveen +Bos is ontwikkeld is gevalideerd op basis van 'leave-one-out'. Dat wil zeggen dat één grondstation buiten het algoritme wordt gehouden, zodat achteraf kan worden gecontroleerd hoe goed de meetreeks van dit station op basis van het algoritme kan worden gereconstrueerd. Door dat met alle stations één voor één te doen, ontstaat een beeld van de nauwkeurigheid van de methode.

Uit deze validatie is gebleken dat de gemiddelde fout (RMSE) 3,0 mm is voor de dagsom en 0,12 mm voor de 5-minuten-waarden. Bij het berekenen van deze fouten zijn dagen zonder neerslag buiten beschouwing gelaten. De prestaties voor de dagsom komen overeen met de resultaten van Goudenhoofd en Delobbe (2009). Voor 5-minuten-waarden

zijn in de literatuur geen referenties bekend, omdat nog niemand zich daaraan heeft durven wagen. De ervaring leert dat bij de gebruikelijke methode om 5-minuten-waarden te berekenen de fout nog erg groot is.

De gecorrigeerde neerslagradardata is geëxporteerd naar een bestand dat kan worden gebruikt in de rioleringsmodellen. Per radar-pixel is in het rioleringsmodel een neerslagreeks beschikbaar. Dit gedetailleerde neerslagbeeld blijkt er in stedelijke omgeving toe te doen. De waterstanden in het gekalibreerde model van Eindhoven liggen heel goed op de rioolwaterstandsmetingen die ook in het Kallisto-project verzameld zijn. Dat geeft vertrouwen in het model en de metingen, maar ook in de methode waarop de gecorrigeerde neerslagradar is berekend.

Conclusie

In dit artikel is getoond dat het mogelijk is de neerslag per 5 minuten in stedelijk gebied nauwkeurig te bepalen met een hoge resolutie. Daarvoor is een slimme combinatie van de gegevens van de neerslagradar en grondstations nodig. De methode die hier is beschreven wijkt af van andere methoden in de keuze voor de kriging-methode (conditional merging) en het terugrekenen naar 5-minuten-waarden (op basis van grondstationmetingen). Uit de validatie blijkt dat deze keuzes zorgen voor een nauwkeurig beeld van de ruimtelijke variatie in de neerslag per 5 minuten.

Verantwoording

Dit artikel is tot stand gekomen in opdracht van STOWA als onderdeel van de kennisdeling binnen het Kallisto-project. De in het Kallisto-project opgedane kennis wordt onder meer via een reeks artikelen in vakbladen gedeeld met de Nederlandstalige vakwereld.

Kallisto is mede mogelijk gemaakt door subsidie van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu via het Innovatieprogramma KRW van Agentschap NL. Voor meer informatie: www.samenslimschoon.nl.

Literatuur

Goudenhoofd, E. & Delobbe, L. (2009), *Evaluation of radar-gauge merging methods for quantitative precipitation estimates*, Hydrol. Earth Syst. Sci., 13, 195–203.

Sinclair, S. & Pegram, G. (2005) *Combining radar and rain gauge rainfall estimates using conditional merging*. Atmos. Sci. Let 6: 19-22.