

# Onderzoek naar het verbeteren van neerslagproducten

Hidde Leijnse en Aart Overeem, KNMI

In opdracht van Het Waterschapshuis, STOWA en Rijkswaterstaat doet het KNMI onderzoek naar verbeteringen in neerslagproducten. Deze verbeteringen van de neerslagproducten zijn nodig zodat ze optimaal door opdrachtgevers kunnen worden toegepast bij het opstellen van de waterbalans, tevens kan met de resultaten sturing in operationele systemen worden versterkt.

Dit onderzoek richt zich enerzijds op het verbeteren van de kwaliteit van neerslaginformatie uit radar, en anderzijds op het optimaal mengen van radar- en regenmetergegevens. Het KNMI gebruikt vervolgens de resultaten van dit onderzoek voor de verbetering van de kwaliteit van de operationele neerslagproducten die gemaakt worden op basis van Nederlandse, Duitse en Belgische radargegevens. Het gaat hier om drie neerslagproducten:

1. een **real-time** product op basis van radars en real-time informatie uit automatische regenmeters;
2. een **early reanalysis** product op basis van radars en ongevalideerde gegevens van automatische- en handregenmeters dat beschikbaar komt met een vertraging van één dag;
3. en een **final reanalysis** product dat gebruik maakt van gevalideerde (in plaats van ongevalideerde) regenmetergegevens en dat met een vertraging van 30 dagen beschikbaar is.

Het onderzoek is gestart in het najaar van 2018 en loopt tot het najaar van 2021.

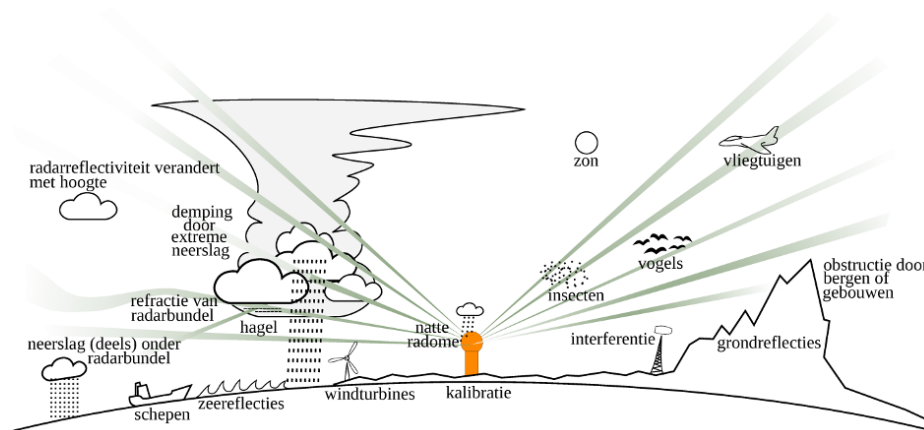


Figuur 1

## Weerradars en regenmeters

Weerradars geven informatie over neerslag of gevaarlijk weer. Deze informatie is frequent, voor elke locatie en *real time*. Dit is belangrijk voor waterbeheerders om hun taak goed uit te kunnen voeren. Het KNMI beschikt over twee weerradars, ook wel buienradars of neerslagradars genoemd, die in Herwijnen (figuur 1) en Den Helder staan. Ook staan er in België (Jabbeke en Helchteren) en Duitsland (Borkum en Essen) radars die relevant voor Nederland zijn. De informatie van de buitenlandse radars worden ook gebruikt door het KNMI. De informatie die een radar produceert is veel specifiekere informatie dan informatie die een regenmeter geeft. Daarentegen geeft een regenmeter nauwkeurigere informatie. Daarom worden radar- en regenmetergegevens gecombineerd voor het

maken van neerslagproducten. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een optimale combinatie van de ruimtelijke dekking van de radar en de nauwkeurigheid van de regenmeters



Figuur 2

#### Werking weerradar

Een weerradar zendt radiogolven uit, die deels worden gereflecteerd als ze neerslagdeeltjes zoals sneeuwvlokken of regendruppels tegenkomen. Vervolgens wordt een deel van die gereflecteerde straling opgevangen door de radarantenne. Dit ontvangen vermogen wordt omgerekend naar een regenintensiteit. Beelden van verschillende radars worden gemengd om een zo goed mogelijk landsdekkend beeld te krijgen.

Het beeld dat een weerradar geeft (de inschatting) wordt beïnvloed door een groot aantal mogelijke foutenbronnen (zie figuur 2). Bij het genereren van neerslagradarinformatie die wordt gebruikt voor het waterbeheer worden deze fouten deels gecorrigeerd, maar kan gezien technische ontwikkelingen nog verder worden verbeterd. Dat de radars van het KNMI, maar ook die van de Belgische en Duitse weerdiensten in de laatste jaren zijn vervangen door polarimetrische radars biedt daarbij meer mogelijkheden. Dit type radar geeft meer informatie over de deeltjes in het meetvolume. Zo kan bijvoorbeeld beter onderscheid worden gemaakt tussen niet-meteorologische en meteorologische echo's.

Zonder gebruik te maken van regenmeters onderschatten de radars neerslag over heel Nederland en over het hele jaar met zo'n 40 procent. Het lopende onderzoek is erop gericht om, zowel door correctie van radarneerslagschattingen als door de combinatie met regenmetergegevens, methoden te ontwikkelen om nauwkeurigere neerslagschattingen te kunnen doen. En dat is in het voordeel van waterbeheerders omdat de sturing in operationele systemen kan worden aangescherpt.

## Onderzoek

Het onderzoek is onderverdeeld in zeven deelaspecten. Vier van deze deelaspecten gaan over de verbetering van radardata [3 t/m 6] en drie [1, 2 en 7] gaan over het gebruik van regenmetergegevens in de neerslagproducten.

### Verbetering radardata

Om de kwaliteit van neerslagproducten te verhogen helpt het om de onderliggende radarneerslagschattingen te verbeteren. Combinatie met regenmeters helpt natuurlijk goed bij het verbeteren van de

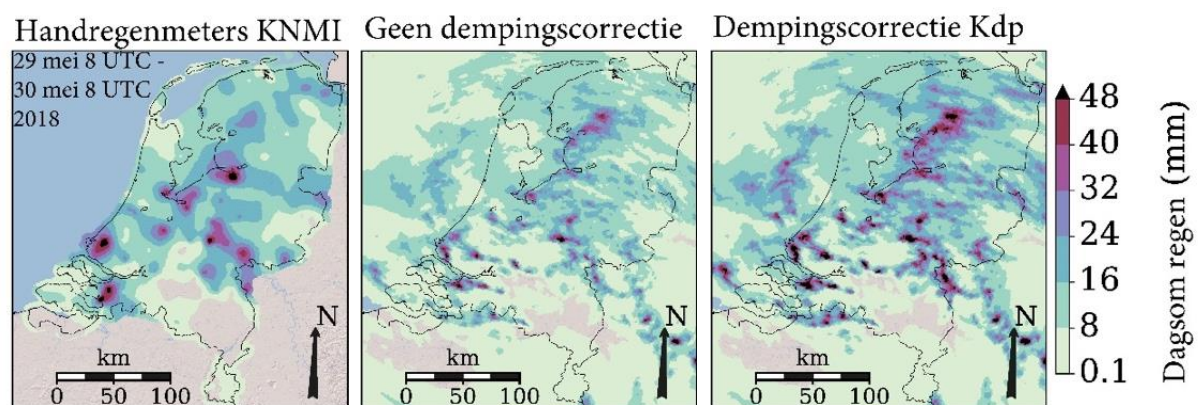
kwaliteit, maar daarvoor is het wel nodig dat er voldoende regenmetergegevens beschikbaar zijn. Vooral bij neerslag op zee of bij kleinschalige (extreme) buien is dit vaak niet het geval. En ook als een foutenbron maar een klein deel van het radarbeeld beïnvloedt, kan dit niet goed worden opgevangen door regenmeters. Daarom is het nodig om de radarneerslagschattingen zo goed mogelijk te krijgen voordat ze worden gecombineerd met regenmetergegevens.

De kwaliteit van neerslagschattingen met radar wordt vaak beperkt door een aantal foutenbronnen (zie figuur 2). Het is een lange lijst, waarvan de meeste van deze foutenbronnen leiden tot een onderschatting van de gemeten neerslag. De belangrijkste bronnen in het Nederlandse klimaat zijn:

- verticale variatie van neerslag;
- onderschattingen als gevolg van signaaldemping door extreme neerslag;
- buien die sneller bewegen dan 1 km per 5 minuten (de resolutie van de radar);
- En echo's van gebouwen, golven, windturbines, schepen, etc. Voor deze laatste bron van fouten heeft het KNMI in een ander project algoritmen ontwikkeld om hiervoor te corrigeren, dus daar wordt in het lopende project geen aandacht aan besteed.

### **Deelaspect 3: correctie voor signaaldemping**

Een belangrijke foutenbron is demping van het radarsignaal. Een hevige bui reflecteert en absorbeert veel signaal, waardoor achter de bui veel minder signaal overblijft om te worden gereflecteerd door andere buien. Dit kan tot forse onderschattingen van de neerslaghoeveelheid leiden (figuur 3), tot meer dan een factor 10. Eén van de nieuwe variabelen die de polarimetrische radars meten, kan worden gebruikt om de demping over de hele radarbundel te berekenen, waarmee het radarsignaal vervolgens kan worden opgehoogd. Deze methode mag alleen worden toegepast op regen en daarom wordt dit alleen gedaan als de radarbundel lager zit dan de hoogte van het nulgradenniveau uit de verwachting van het weermodel HARMONIE. Door deze correctie neemt de onderschatting af van gemiddeld 44% naar 37% ten opzichte van regenmeters. De verbetering is veel groter voor extremere uursommen. Als er meer dan 10 mm in een uur valt, neemt de onderschatting af van gemiddeld 55% naar 37%.



**Figuur 3** Het effect van correctie voor signaaldemping op dagaccumulaties, met van links naar rechts: geïnterpoleerde handregenmeters; radar, niet gecorrigeerd voor demping; radar, gecorrigeerd voor demping met polarimetrische variabele KDP.

### **Deelaspect 4: correctie voor verticale variatie van neerslag**

Vooral in de maanden november tot en met maart zien we vaak grote onderschattingen in de radar. In deze maanden valt een groot deel van de neerslag uit lage bewolking en de radars kijken hier deels overheen. En de vaak op grotere hoogte aanwezige sneeuw resulteert ook in een onderschatting. Een belangrijk deel van de onderschattingen door de radars wordt hierdoor veroorzaakt, en in de winter kan dit oplopen tot een onderschatting van meer dan 50%. In dit onderzoek gaan we corrigeren voor deze verticale variaties in neerslag. Omdat de radar op verschillende hoogtes meet, kan dichtbij de

radar de verticale variatie worden vastgesteld en gebruikt om hiervoor op grotere afstand van de radar te corrigeren. De polarimetrische radars helpen hierbij doordat de smeltlaag kan worden gedetecteerd, oftewel de overgangszone tussen vaste (sneeuw, ijs) en vloeibare (regen) neerslag. De verwachting is dat deze correctie vooral in de winter leidt tot een grote verbetering in de radarneerslagschattingen, en de onderschattingen grotendeels tenietdoet.

#### ***Deelaspect 5: gebruik van kwaliteitsinformatie voor mengen radars***

Naast het corrigeren voor bronnen van fouten is het optimaal combineren van beelden van meerdere radars een manier om de kwaliteit van radarneerslagschattingen te verbeteren: “Twee radars zien meer dan één”. Uit alle correcties die we uitvoeren, maar ook uit de kans op niet-meteorologische echo's, wordt per radarpixel een inschatting gemaakt van de kwaliteit van een radarneerslagschatting. Een lagere kwaliteit van de een radar zal er voor zorgen dat deze minder sterk meewegen in het gecombineerde beeld. Dat het KNMI gebruik kan maken van zes radars (Herwijnen, Den Helder, Houthalen/Helchteren, Jabbeke, Essen en Borkum) verhoogt de kans dat er op een gegeven lokatie in ieder geval één radar een hoge kwaliteit heeft. Naast een optimale radarneerslagschatting wordt er per radarpixel ook een inschatting gemaakt van de onzekerheid van de meting.

#### ***Deelaspect 6: correctie voor snel bewegende buien***

Neerslagaccumulaties van buien die sneller bewegen dan 1 km per 5 minuten (12 km per uur) zullen niet goed worden berekend als individuele 5-minutenbeelden van de radar bij elkaar opgeteld worden. Dit komt doordat een piek in een bui in die 5 minuten al meer dan één radarpixel (van 1 km) is opgeschoven, en die piek dus in de tussenliggende pixel(s) niet wordt meegenomen terwijl die er in werkelijkheid wel overheen is getrokken. Dit kan gecorrigeerd worden door de radarbeelden in de tijd te interpoleren door eerst de beweging van de buien af te leiden uit opeenvolgende beelden, en die te gebruiken om de vijfminutenbeelden te verschuiven.

#### ***Optimaal mengen van radar- en regenmetergegevens***

Er bestaan verschillende manieren om radardata te combineren met regenmetergegevens. De meest optimale methode hangt af van de dichtheid van het regenmeternetwerk, de kwaliteit van de radar- en regenmetergegevens, het tijdsinterval waarover de correctie wordt toegepast en of er kwaliteitsinformatie beschikbaar is voor de regenmetergegevens. Het onderzoek naar methoden om radar- en regenmetergegevens te combineren wordt in twee delen uitgevoerd:

- Het eerste deel gaat over welke methode zo snel mogelijk toegepast kan worden op een eerste implementatie van de KNMI-radarneerslagproducten op basis van de regenmeternetwerken van het KNMI (deelaspect 2).
- Het tweede deel gaat over het gebruik van kwaliteitsinformatie voor het mengen van radar- en regenmetergegevens (deelaspect 7), waardoor ook regenmeters van andere partijen gebruikt kunnen worden.

#### ***Deelaspect 1: automatische validatie van regenmetergegevens***

Het KNMI heeft twee regenmeternetwerken: het netwerk van 32 automatische regenmeters dat in real-time data levert en de 322 handregenmeters waarvan door vrijwilligers eens per dag de gegevens aan het KNMI worden gestuurd. Daarnaast zijn er regenmeters van waterschappen, gemeenten, Duitse en Belgische partijen en weeramateurs. Omdat er een groot verschil kan zitten tussen de kwaliteit van de gegevens uit deze verschillende bronnen, wordt er in het kader van dit project een automatische kwaliteitscontrole ontworpen. Er wordt gekeken naar twee verschillende type algoritmen: één op basis van alleen regenmeters, en één waarbij ook ongecorrigeerde radardata wordt gebruikt. Het laatste type algoritme lijkt het beste te werken bij minder dichte regenmeternetwerken terwijl het eerste type een zeer dicht netwerk nodig heeft om goed te functioneren. Voor het gebruik hiervan in een operationele

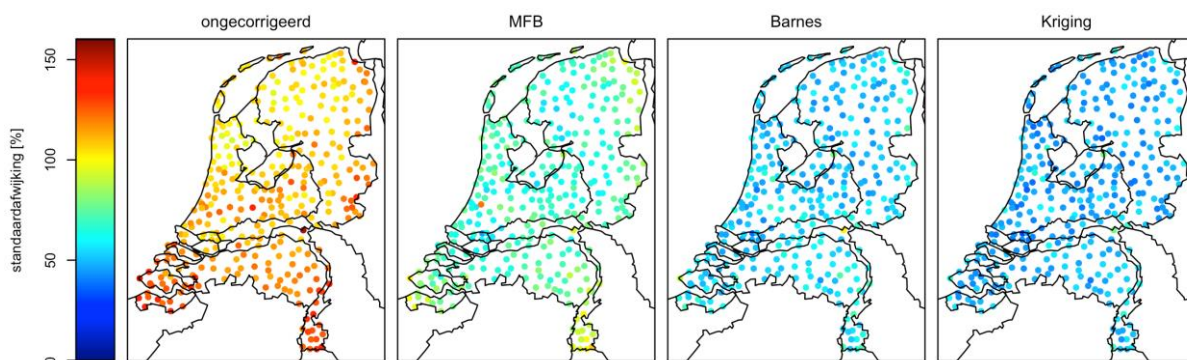
keten zullen, naast de regenmetergegevens van het KNMI, eerst gegevens van waterschappen worden gebruikt. Hiervoor wordt er een beroep gedaan op waterschappen om hun regenmetergegevens aan het KNMI aan te leveren.

### *Deelaspect 2: optimaal mengen van radar- en regenmetergegevens*

De KNMI-netwerken van 32 automatische regenmeters en de 322 handregenmeters kunnen worden gebruikt om te mengen met radarneerslagschattingen. Vanwege het grote verschil in dichtheid tussen deze netwerken, zal voor real-time toepassingen een ander algoritme geschikt zijn dan voor toepassingen die ook een dag of langer kunnen wachten totdat er meer data beschikbaar is. Bij deze laatste toepassing zal het veel eerder mogelijk zijn om een algoritme toe te passen waarbij er een ruimtelijk variabel correctieveld wordt berekend, terwijl dat bij de real-time toepassing wellicht niet mogelijk zal zijn.

Bij het analyseren van methoden voor het combineren van radar- en regenmetergegevens wordt niet alleen gekeken naar gemiddelde statistieken, maar ook naar het voorkomen van extremen. Het kan best zo zijn dat er een methode is die over het algemeen goed lijkt te werken, maar juist voor extreme buien enorme onder- of overschattingen geeft. Gezien het belang van dit soort buien zal die methode dan afvallen als kandidaat voor operationele implementatie.

Uit het onderzoek is gebleken dat voor het handregenmeternetwerk van 322 stations een ruimtelijk variabel correctieveld goed gebruikt kan worden (zie figuur 4), maar dat dit voor de 32 automatische regenmeters van het KNMI niet werkt vanwege sterke onder- of overschattingen van extremen.



Figuur 4 Resultaat van verschillende correctiemethoden toegepast op radar- en handregenmetergegevens over 11 jaar, uitgedrukt als genormaliseerde standaarddeviatie; correctiemethoden reduceren de systematische fout tot nagenoeg 0.

### *Deelaspect 7: gebruik van kwaliteitsinformatie voor mengen radars en regenmeters*

In dit deelaspect wordt gekeken naar hoe de kwaliteitsinformatie van de radarneerslagschattingen gebruikt kan worden om een optimale combinatie te maken met regenmeters van verschillende kwaliteit. De kwaliteit van real-time radarbeelden kan fors worden verbeterd als data van veel meer regenmeters zouden worden ingemengd. Neerslag varieert immers vaak sterk van plaats tot plaats. Dan kan echt lokaal worden gecorrigeerd door per radarpixel een aparte correctiefactor toe te passen. Hierom worden naast de regenmeters van het KNMI ook die van andere partijen hierin meegenomen. Omdat de kwaliteit van deze gegevens per partij, en zelfs per regenmeter, sterk kan verschillen, is het nodig om kwaliteitsinformatie mee te nemen in het mengen van deze regenmetergegevens in de KNMI-neerslagproducten. Het principe hiervan is dat hoe lager de kwaliteit van een regenmeter is, hoe minder gewicht deze heeft in het uiteindelijke neerslagproduct. Hierbij wordt bepaald wat de minimumkwaliteit van de regenmetergegevens moet zijn om überhaupt te worden meegenomen in de neerslagproducten. Het uiteindelijke resultaat van het tweede deel van dit onderzoek is een methode om radarneerslagschattingen optimaal te kunnen combineren met regenmetergegevens, en om voor de resulterende neerslagkaart ook per pixel een schatting van de onzekerheid te geven.

## Eindresultaat van het project

De resultaten van de verschillende deelaspecten worden beschreven in rapporten en peer-reviewed wetenschappelijke artikelen. Daarnaast worden de aanbevolen algoritmen zo snel mogelijk geïmplementeerd in de KNMI-radarneerslagproducten, zodat gebruikers van deze producten meteen kunnen profiteren van de verbeteringen.