



Aart Overeem, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut / Wageningen Universiteit

Adri Buijsland, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Iwan Holleman, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, thans Radboud Universiteit Nijmegen

Remko Uijlenhoet, Wageningen Universiteit

# Statistiek van extreme gebiedsneerslag in Nederland

**Kansverdelingen van extreme neerslag zijn doorgaans afgeleid van puntmetingen van regenmeternetwerken en gelden voor een locatie. In het waterbeheer is echter vaak de extreme gebiedsneerslag van belang. Die is voor een bepaalde herhalingstijd lager dan de extreme neerslag op een locatie in dat gebied voor dezelfde herhalingstijd. Door deze gebiedsreductie leiden de gangbare neerslagstatistieken tot een onderschatting van de herhalingstijd voor extreme gebiedsneerslag. Daarom is het noodzakelijk om de kansverdeling van extreme gebiedsneerslag te bestuderen. Dit is maar beperkt mogelijk met de netwerken van regenmeters in Nederland. Recent hebben het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) en de leerstoelgroep Hydrologie en Kwantitatief Waterbeheer van Wageningen Universiteit een elfjarige radardataset van neerslaghoeveelheden geanalyseerd. Hierdoor zijn nu neerslagwaarnemingen met een hoge resolutie in tijd en ruimte beschikbaar voor heel Nederland. Met behulp van deze dataset zijn kansverdelingen van extreme gebiedsneerslag afgeleid.**

Het KNMI beschikt over twee weerradars, één in De Bilt en één in Den Helder. Deze radars maken elke vijf minuten scans van Nederland, waarna vrijwel meteen de neerslagintensiteitsbeelden kunnen worden bekeken op internet. Hierbij wordt vanaf 2008 de neerslagintensiteit weergegeven in pixels van één km<sup>2</sup>; daarvoor in pixels van zes km<sup>2</sup>. Dit is een belangrijk voordeel ten opzichte van automatische regenmeters. Zo geeft het KNMI-netwerk van 32 automatische regenmeters slechts één meting per 1.000 km<sup>2</sup>. Het KNMI-netwerk van 326 handregenmeters heeft weliswaar een dichtheid van één waarneming per 100 km<sup>2</sup>, maar dit netwerk levert slechts dagwaarden. Bij weerradar is de resolutie zowel in de tijd als in de ruimte hoger.

## Klimatologische radardataset

Een klimatologische radardataset is opgebouwd over de periode 1998-2008. Deze bestaat uit neerslagsommen voor duren van vijf minuten tot en met 24 uur over het gehele landoppervlak van Nederland met een ruimtelijke resolutie van 2,4 km bij 2,4 km (6 km<sup>2</sup>). Een weerradar zendt elektromagnetische golven uit en meet het door neerslag teruggekaatste vermogen. Dit vermogen wordt omgerekend naar de radar-

reflectiviteit, waaruit vervolgens de neerslagintensiteit wordt berekend. De radar meet neerslag dus indirect en niet aan de grond, maar op enige hoogte boven het aardoppervlak. Dit leidt tot verschillende interpretatiefouten<sup>1,2</sup>. Het voordeel van regenmeters is dat deze de neerslaghoeveelheid zelf meten en bovendien aan het aardoppervlak. Regenmeterdata zijn echter minder geschikt om de gebiedsneerslag of de ruimtelijke variabiliteit in de neerslaghoeveelheid te schatten, terwijl radardata zich hier juist uitstekend voor lenen. Het beste van twee werelden wordt dus gecombineerd als de radardata worden gecorrigeerd met regenmeterdata. Zowel het automatische regenmeternetwerk als het handregenmeternetwerk zijn gebruikt bij de correctie<sup>1,2</sup>.

## Methode

Eerst wordt voor een opgegeven duur en voor alle gebieden met een gegeven oppervlakte voor elk jaar de grootste waarde uit de periode 1998-2008 geselecteerd uit de klimatologische dataset<sup>3</sup>. Dit wordt gedaan voor acht verschillende duren van 15 minuten tot 24 uur en voor negen verschillende gebiedsgrootten van zes tot 1.700 km<sup>2</sup> verspreid over Nederland. Vervolgens wordt voor elke afzonderlijke duur en gebiedsgrootte de kansverdeling

van deze jaarmaxima beschreven met een GEV-verdeling (*Generalized Extreme Value distribution*). De parameters van deze kansverdeling worden gemodelleerd als functie van duur en gebiedsgrootte<sup>3</sup>. Zo kan voor een gegeven duur, gebiedsgrootte en herhalingstijd de neerslaghoeveelheid worden berekend. De dataset is te kort om nauwkeurig extreme gebiedsneerslag te schatten voor herhalingstijden langer dan 30 jaar of voor verschillende regio's.

## Voorbeelden

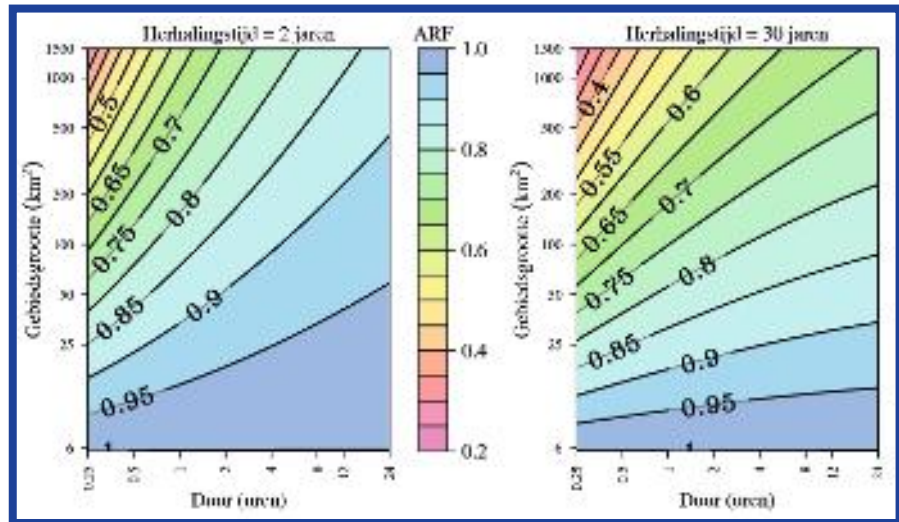
Afbeelding 1 geeft gebiedsreductiefactoren voor herhalingstijden van twee (links) en 30 jaar (rechts). Een gebiedsreductiefactor (*areal reduction factor*, afgekort ARF) is hier de neerslagsom voor een bepaalde gebiedsgrootte ( $\geq 6$  km<sup>2</sup>) gedeeld door de neerslagsom voor een gebiedsgrootte van 6 km<sup>2</sup> (corresponderend met een radarpixel in de klimatologische dataset) voor dezelfde duur en herhalingstijd. Vooral voor korte duren neemt de gebiedsreductiefactor sterk af voor toenemende gebiedsgrootte. Zo is de extreme neerslagsom voor 1.500 km<sup>2</sup> gemiddeld maar ongeveer 30 procent van die voor 6 km<sup>2</sup> bij een duur van 15 minuten en een herhalingstijd van twee jaar. Zoals afbeelding 1 laat zien is de gebiedsreductiefactor bij een herhalingstijd van 30 jaar

kleiner (dus grotere gebiedsreductie) dan bij een herhalingsstijd van twee jaar, vooral voor langere duren.

Hoge 24-uursommen kunnen zowel het gevolg zijn van langdurige neerslag over een groot gebied als van convectieve neerslag (zomerse buien), waarbij over korte afstanden grote verschillen in de neerslaghoeveelheden kunnen voorkomen. De relatief sterke afname van de gebiedsreductiefactor met toenemende herhalingsstijd wijst erop dat convectieve neerslag belangrijker wordt bij de meer extreme 24 uurgebeurtenissen. De hoogste 24 uursommen op een punt zijn altijd het gevolg van convectieve neerslag. Voor korte duren wordt de gebiedsreductiefactor voornamelijk bepaald door de convectieve neerslag. Behalve de ruimtelijke spreiding van de neerslaghoeveelheden binnen een bui speelt bij zeer korte duren ook de tijd waarin een bui over het gebied trekt een rol.

Afbeelding 2 geeft de gebiedsgemiddelde neerslagdagsom van 12 juli 2011, 10.00 uur tot en met 13 juli 2011, 10.00 uur voor Nederland op basis van de klimatologische radar dataset voor vierkante gebieden van tien (links), 50 (midden) en 1.000 (rechts) km<sup>2</sup>. Hierbij is de dagsom van een gebied toegekend aan de middelste pixel van dat gebied. In een brede strook van het zuidwesten naar het noordoosten van het land is die dag meer dan 21 millimeter regen gevallen in verschillende gebieden van tien, 50 en 1.000 km<sup>2</sup>. Met de statistiek van extreme gebiedsneerslag kan nu de herhalingsstijd worden berekend voor de gebiedsneerslaghoeveelheden in afbeelding 2.

Afbeelding 3 geeft de corresponderende herhalingsstijden van de gebiedsgemiddelde neerslagdagsommen in afbeelding 2. Bij een gebiedsgrootte van tien km<sup>2</sup> zijn er twee kleine gebieden waar de herhalingsstijd langer is dan 20 jaar. Het oppervlak van deze gebieden neemt wat toe bij een gebiedsgrootte van 50 km<sup>2</sup>. De neerslaghoeveelheid blijft dan ongeveer hetzelfde, waardoor de gebeurtenissen zeldzamer



Afb. 1: Gebiedsreductiefactor (areal reduction factor of ARF) voor een herhalingsstijd van twee jaar (links) en 30 jaar (rechts).

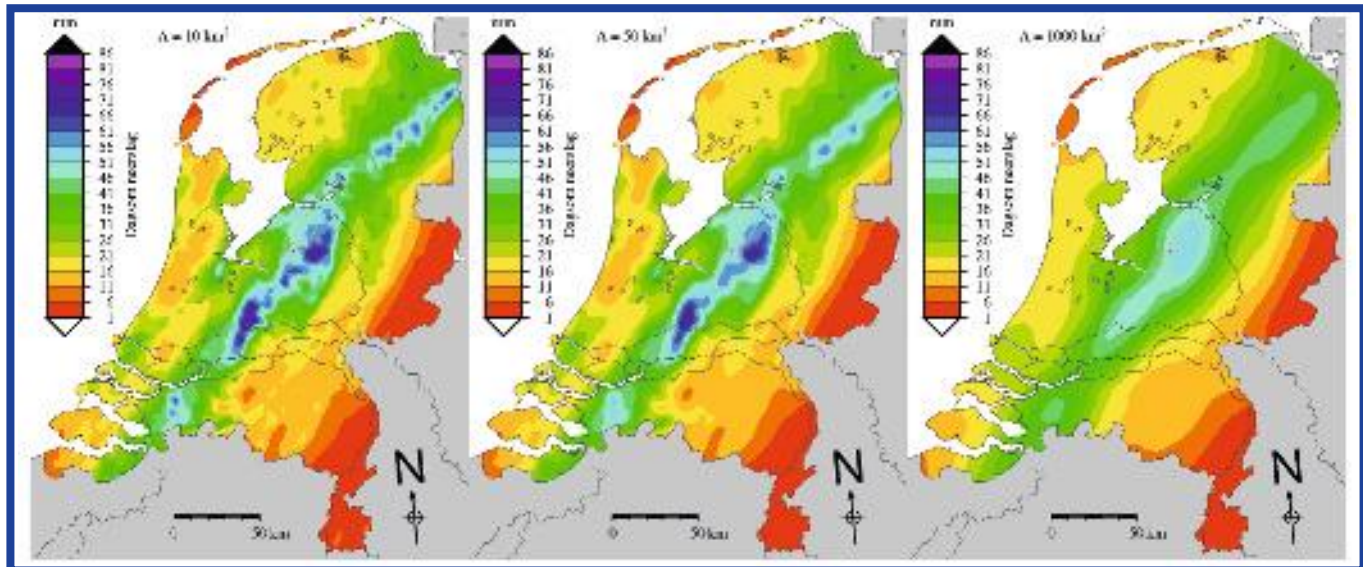
worden voor deze grotere gebiedsgrootte. Voor de gebiedsgrootte van 1.000 km<sup>2</sup> is er één gebied waarvoor de herhalingsstijd langer dan 20 jaar is. De herhalingsstijd vertoont bij deze gebiedsgrootte een vrij glad verloop over Nederland vanwege de sterke overlap van de 1.000 km<sup>2</sup> gebieden. Deze figuren demonstreren dat de waarde van de herhalingsstijd en de gebieden met de meest extreme neerslag nogal kunnen variëren voor verschillende gebiedsgrootten. Elke individuele gebeurtenis heeft zo weer zijn eigen karakteristieken.

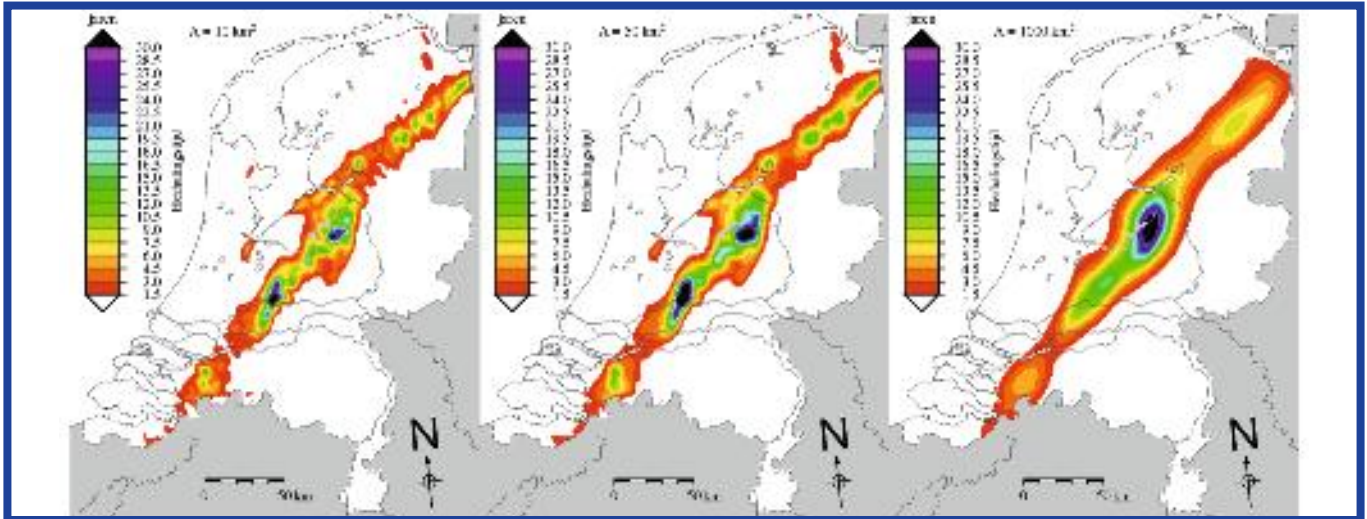
De hoeveelheid regen die in korte tijd lokaal viel, gaf 's avonds en 's nachts aanleiding tot wateroverlast in delen van Nederland, waaronder Noord-Brabant en Utrecht. De brandweer rukte onder meer uit voor ondergelopen kelders en omgewaaide bomen. Afbeelding 4 (midden) geeft de maximale neerslaghoeveelheden voor verschillende duren gedurende deze dag, die het Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden (links) te verwerken kreeg (blauwe stippellijn). Tevens zijn regenduurlijnen weergegeven die voor een gegeven herhalingsstijd de neerslaghoeveelheid beschrijven

als functie van de duur voor de gebiedsgrootte van het waterschap van 906 km<sup>2</sup> (zwarte lijnen). Op dagbasis is gemiddeld 40 millimeter gevallen in het beheergebied van het waterschap. Dit komt overeen met een gemiddelde herhalingsstijd van vijf jaar. Het merendeel van de 40 millimeter viel echter binnen vier uur. Hierbij hoort een herhalingsstijd van ruim 30 jaar. Dit is dus een dag geweest met extreme neerslag in korte tijd over een groot gebied (906 km<sup>2</sup>).

Afbeelding 4 (rechts) geeft de maximale neerslaghoeveelheden voor verschillende duren gedurende deze dag voor alle gebiedjes van 50 km<sup>2</sup> die volledig in het beheergebied van het Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden vallen (blauwe stippellijnen). Opnieuw zijn de regenduurlijnen weergegeven, maar nu voor een gebied van 50 km<sup>2</sup>. Opvallend is de grote spreiding in neerslaghoeveelheden binnen het beheergebied van De Stichtse Rijnlanden én dat er een geclusterde groep is met herhalingsstijden onder de tien jaren en eentje met herhalingsstijden boven de tien jaren. In een deel van het beheergebied zijn voor gebieden van 50 km<sup>2</sup> de herhalingsstijden

Afb. 2: Neerslag van 12 juli 2011, 10.00 uur tot en met 13 juli 2011, 10.00 uur voor gebieden van tien km<sup>2</sup> (links), 50 km<sup>2</sup> (midden) en 1.000 km<sup>2</sup> (rechts). Gebaseerd op radar data.





Afb. 3: Herhalingstijd van de neerslagdagsom in afbeelding 2 voor een gebiedsgrootte van tien km<sup>2</sup> (links), 50 km<sup>2</sup> (midden) en 1.000 km<sup>2</sup> (rechts). Gebaseerd op radardata.

zelfs aanzienlijk langer dan 30 jaar. Dit is één van de zwarte gebiedjes in afbeelding 3 (midden). Het blijkt dat in deze gebieden veel neerslag binnen twee uur gevallen is. Voor andere 50 km<sup>2</sup> gebieden is de herhalingstijd voor alle duren korter dan twee jaar en is de gebeurtenis dus niet extreem.

**Beperkingen**

Indien de gebiedsreductiefactoren in afbeelding 1 worden toegepast op de gangbare neerslagstatistieken gebaseerd op regenmeterdata, treden verschillen op. De herhalingstijd behorende bij een hoeveelheid neerslag van 40 millimeter in acht uur zou duidelijk langer zijn dan de 30 jaar die in afbeelding 4 wordt gegeven. Dit komt doordat het tijdvak 1998-2008 waarop de radar dataset gebaseerd is, vrij nat was. Daarbij valt vooral het jaar 1998 op met veel hoge dagwaarden van de neerslag. Hierdoor zijn de gebiedsneerslagen uit de radar dataset voor lange duren en lange herhalingstijden relatief hoog (tot ruim tien procent hoger dan de gebiedsneerslag op basis van de neerslagstatistieken voor puntneerslag en een gebiedsreductiefactor bij een herhalingstijd van 30 jaar). Daarnaast zijn de gebiedsreductiefactoren voor lange duren en lange herhalingstijden als gevolg van de korte meetperiode onzeker. Het gebruik van de gebiedsreductiefactoren kan daarentegen de extreme gebiedsneerslag

voor korte duren enigszins overschatten, omdat deze factoren de afname ten opzichte van een radarpixel van zes km<sup>2</sup> weergeven in plaats van een punt. Overigens zou men kunnen redeneren dat de gebiedsgrootte die een radarpixel representeert, kleiner is dan zes km<sup>2</sup>, omdat de radar data zijn gecorrigeerd met puntmetingen van regenmeter netwerken. De radar data zijn echter niet exact in overeenstemming met de puntmetingen; er is een glad correctieveld toegepast waardoor ze waarschijnlijk representatief blijven voor een oppervlakte van ongeveer zes km<sup>2</sup>.

**Conclusies**

Op basis van een elfjarige klimatologische radar dataset van neerslagsommen zijn kansverdelingen van extreme gebiedsneerslag afgeleid, waardoor het nu mogelijk is om de extreme gebiedsneerslag te berekenen voor herhalingstijden tot 30 jaar voor gebiedsgrootten tot 1.700 km<sup>2</sup>. Het is nu ook mogelijk om een redelijke schatting van de herhalingstijd te maken voor extreme gebiedsneerslag. De kansverdeling hiervan is van belang voor ontwerpdoelinden in het waterbeheer. Wel moet rekening worden gehouden met onzekerheden.

*In het rapport 'Statistiek van extreme gebiedsneerslag in Nederland<sup>(1)</sup>' wordt ingegaan op beperkingen van deze aanvullende*

*neerslagstatistiek en de daarmee gepaard gaande onzekerheden. Zo wordt uitgebreider ingegaan op het feit dat de neerslagstatistiek op basis van de genoemde radar dataset niet helemaal aansluit bij de op regenmeters gebaseerde neerslagstatistieken.*

*De klimatologische radar datasets zijn gratis te verkrijgen (via ftp.knmi.nl met gebruikersnaam rad\_klim en wachtwoord kojh42358). Het gaat om de 5-minuut data en 1-uursommen van de periode 1998-2011. Hierbij is vanaf 2009 de ruimtelijke resolutie van de 5-minuut data verhoogd naar één km<sup>2</sup>, en zijn de 1-uursommen ook in die resolutie beschikbaar. De datasets worden elk jaar in maart aangevuld met de data van het afgelopen jaar.*

**LITERATUUR**

- 1) Overeem A., I. Holleman en A. Buishand (2009). Neerslagklimatologie uit weerradar. H<sub>2</sub>O nr. 8, pag. 31-33.
- 2) Overeem A., A. Buishand en I. Holleman (2009). Extreme rainfall analysis and estimation of depth-duration-frequency curves using weather radar. Water Resources Research 45, W10424.
- 3) Overeem A., A. Buishand, I. Holleman en R. Uijlenhoet (2010). Extreme value modeling of areal rainfall from weather radar. Water Resources Research 46, W09514.
- 4) Overeem A en A. Buishand (2012). Statistiek van extreme gebiedsneerslag in Nederland. Technisch rapport TR-332. KNMI.

Afb. 4: Links het beheergebied van het Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden. In het midden regenduurlijnen voor dit gebied (zwarte lijnen) en de maximale neerslag voor verschillende tijdsduren gedurende de periode van 12 juli 2011, 10.00 uur tot en met 13 juli 2011, 10.00 uur (blauwe stippellijnen) voor het hele beheergebied en rechts voor alle gebiedjes van 50 km<sup>2</sup> in het beheergebied. Gebaseerd op radar data.

