

# Een eerste blik op de buien van maandag 28 juli 2014

GEERT-JAN VAN OLDENBORGH EN GEERT LENDERINK (KNMI)

Op maandag 28 juli vielen er in Nederland uitzonderlijk zware buien. In grote delen van Nederland was er wateroverlast: ondergelopen wegen, laag liggende polders onder water, kelders en tuinen die blank stonden. Vragen die dan opkomen zijn hoe zeldzaam dit is en of de kans op dit soort gebeurtenissen toeneemt met de opwarming van de aarde en dus Nederland. In deze eerste analyse van de waarnemingen proberen we deze vragen zo goed mogelijk te beantwoorden. De analyses zijn altijd gebaseerd op extrapolatie van minder extreme buien. De antwoorden zullen daarom ongetwijfeld nog wat veranderen als meer informatie geanalyseerd wordt, want met name de radarwaarnemingen en modeluitvoer zijn nog niet meegenomen.

## Situatie

De nu volgende beschrijving is afgeleid uit de radarbeelden. Een groot gebied met buien trok 's nachts en 's ochtends over het westen van Nederland, naar het noordwesten. Aan de noordgrens hiervan ontstonden later telkens nieuwe buien, waardoor de buienlijn naar het noordoosten trok hoewel individuele buien nog steeds naar het noordwesten bewogen. De hevigste neerslag viel 's ochtends in Noord-Brabant en in het Groene Hart, later tussen Amsterdam en Castricum, op de Utrechtse Heuvelrug en op de Veluwe. Neerslagkaarten zijn op de KNMI-website te vinden.

De meest intensieve neerslag valt in gebieden met afmetingen van maar een paar kilometer en deze wordt dus vrijwel altijd gemist door grondwaarnemingen, zelfs door het netwerk van 325 stations die door vrijwilligers om 8:00 UTC worden afgetapt. De kans dat het maximum op één van de momenteel 32 automatische weerstations valt is helemaal klein, maar op deze maandag trok een intensieve bui toevalligerwijs over het station Deelen en liet daar tussen 12 en 13 UTC 66.8 mm regen achter. In Wijk aan Zee werd in een klokuur 54.1 mm gemeten. Dit zijn de op drie na en vijf na hoogste

waardes gemeten in Nederland in ongeveer 1000 station-jaren.

Te Deelen werd tussen 0 en 24 uur UTC 131.6 mm afgetapt. Dit is de op één na hoogste waarde ooit op een automatisch station waargenomen, en de op vijf na hoogste dagsom in de gecombineerde dataset van de 0–24 automatische stations en de 8–8 handmatige waarnemingen, in totaal meer dan 22000 station-jaren! Een probleem van de 8–8 metingen was dat het gebied met hevige regen op 28 juli juist om 8 UTC (10 uur lokale zomertijd) overkwam, zodat de totalen van deze stations over twee aftapmomenten verdeeld zijn... Over deze twee dagen tezamen werd in Noord Brabant en het Groene Hart op sommige stations zelfs 125–140 mm gemeten, waarbij het leeuwendeel op de ochtend van 28 juli viel. Hoewel dit qua wateroverlast dus één gebeurtenis was gaan ze toch als twee lagere waarden de statistiek in.

## Analyse

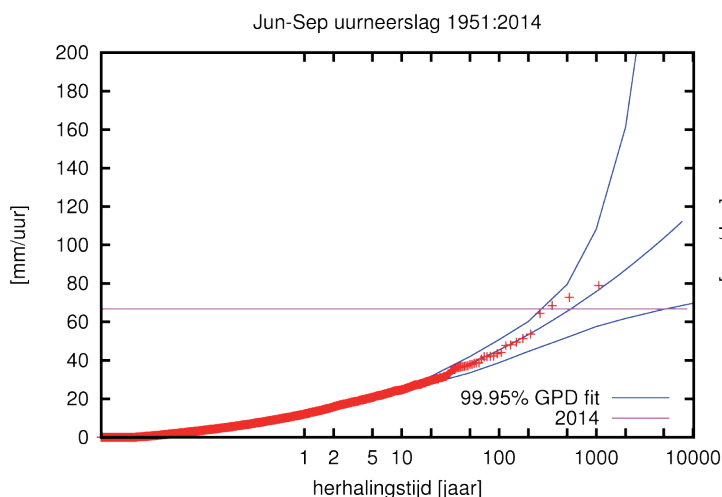
De vraag is hoe zeldzaam dit soort gebeurtenissen zijn en hoeveel de frequentie is toegenomen door de opwarming. Aan de eerste vraag zitten meteen een paar haken en ogen. Per station is de herhalingsstijd niet te berekenen omdat

de meeste stations nooit zo veel regen hebben ontvangen. We moeten dus alle stations tegelijk analyseren. Een blik op de lijst van records laat zien dat die over het hele land verdeeld zijn, dus het lijkt een zinvolle eerste aanname dat binnen de grote statistische onzekerheden in dit soort extreme buien de systematische verschillen tussen de stations verwaarloosbaar zijn. Standaard extremestatistiek geeft dan een herhalingsstijd per station.

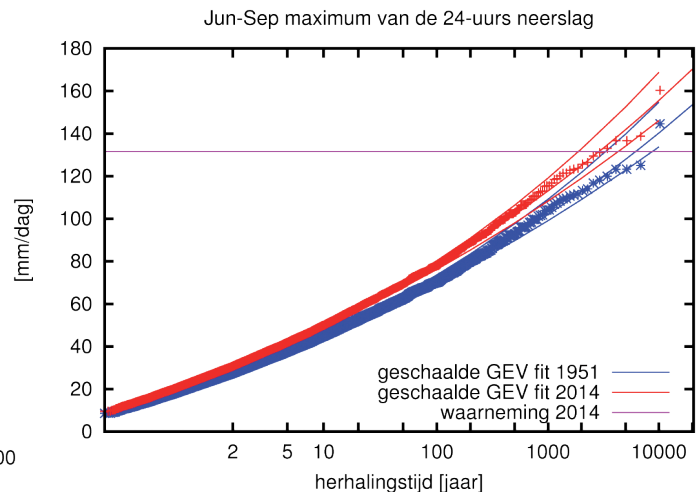
Vaak wil je weten hoe vaak zoiets érgens in Nederland voorkomt. Echter, omdat de decorrelatieschaal van de hevigste neerslag minder is dan de afstand tussen de stations is deze vraag niet te beantwoorden. Vaak zullen de werkelijke extremen tussen de stations vallen. We kunnen dus alleen de herhalingsstijd geven voor een gemeten extreem op een willekeurig station. Onder de (redelijke) aanname dat de data van de diverse stations onderling onafhankelijk zijn voor dit soort extremen, is dit simpelweg de herhalingsstijd per station gedeeld door het aantal stations.

## Ursommen

Gewapend met deze achtergrond beschouwen we nu de verdeling van



Figuur 1. GPD fit aan het dagmaximum van de uurlijkse neerslag op automatische weerstations, onder de aanname dat de distributie niet verandert.



Figuur 2. GEV fit aan de maximum neerslag in juni-september gemeten op alle stations, onder de aanname dat de distributie exponentieel schaalt met de wereldgemiddelde temperatuur.

de dagelijkse maxima van de uursommen. We gebruiken hier alleen klokuren, omdat daarvan de langste historische reeksen zijn te downloaden van de KNMI-website. Het aantal stations neemt toe van één in 1951 tot rond de dertig vanaf het jaar 2000. Hierdoor is de helft van alle uurwaarnemingen in de 21e eeuw gedaan.

We fitten een GPD (Gegeneraliseerde Pareto Distributie) aan de logaritme van de waarden boven een hoge drempel, hier 99.95% (equivalent aan 29 mm/uur), zie Fig. 1. Binnen deze verdeling komt een uurwaarde zoals die op 28 juli is waargenomen per station eens in de 250 tot 3000 jaar voor. Op één van de 32 meetstations is dit dus elke 7 tot 100 jaar.

Lenderink et al. (HESS, 2011) vond dat extreme uursommen in lijn met de wereldgemiddelde en Nederlandse temperatuur oplopen. Deze trend heeft zich de laatste jaren voortgezet en tegenwoordig zijn ze zo'n 20% hoger dan rond 1950. Een indirecte manier om de verandering in extreme uursommen te bepalen is via het waargenomen verband van de neerslagintensiteit met de dauwpunttemperatuur enkele uren voor de bui. De extremen schalen namelijk met 12%–14% per graad toename (Lenderink et al., Meteorologica, 2011). Met de waargenomen opwarming geeft dit een intensiteitstoename van 11% tot 23%. Dit is equivalent aan een toename in de frequentie van een factor 1.6 tot 2.6 van een hoge uursom sinds 1950.

Hiermee wordt de herhalingstijd in het huidige klimaat kleiner dan hierboven berekend uit de volledige reeks vanaf 1951 (Fig. 1). Als we de trend meenemen wordt dit 5 tot 70 jaar. Echter, deze eeuw zijn er al vier van dit soort gebeurtenissen opgetreden (deze niet meetellend), dus de empirische herhalingstijd is 3,5 jaar. Het kan zijn dat dit toeval is, maar het kan ook zijn dat dit soort werkelijk extreme buien nu vaker voorkomt dan een simpele extrapolatie van minder zware buien aangeeft.

### Dagsommen

De statistiek van dagextremen is simpeler te bepalen omdat we veel meer data hebben. We beschouwen hier de combinatie van de 325 8–8 handmatige neerslagstations en de 32 0–24 automatische stations. Dit aantal is redelijk constant sinds 1951, met een 5%–10% toename. In Fig. 2 is de fit gegeven met een GEV (Generalized Extreme Value) die afhangt

van de opwarming van de aarde. We nemen aan dat de distributie exponentieel schaalt met de wereldgemiddelde temperatuur (gladgestreken met een 4-jaars lopend gemiddelde om de effecten van El Niño te onderdrukken). Voor elk punt zijn de parameters van de GEV-distributie dus anders, afhankelijk van de wereldgemiddelde temperatuur dat jaar. Om dit in een grafiek uit te zetten tekenen we de GEV voor twee waardes: voor het jaar waarin het extreem optrad (2014) en een jaar in het verleden, hier 1951. Dit geeft de rode en blauwe lijnen (met 95% onzekerheidsintervallen). Om deze met de waarnemingen te vergelijken plotten we die ook twee keer, één keer opgeschaald met de trend naar 2014 (rood) en één keer teruggeschaald naar 1951 (blauw). De rode verdeling geeft aan dat de herhalingstijd per station nu tussen de 2000 en 5000 jaar ligt (Fig. 2). De herhalingstijd is dus significant afgenomen, want rond 1950 was die nog ruim twee keer zo hoog. Op een willekeurig station in Nederland komt dit nu eens in de 5 tot 14 jaar voor.

Ook voor de dagsommen is een schaling met de temperatuur gevonden. Deze is echter slechts 7% per graad, ongeveer de Clausius-Clapeyron relatie die aangeeft hoeveel vocht de atmosfeer kan bevatten. Hiermee krijgen we een toename in de dagsommen van 5 tot 17%. Dit is equivalent met een afname van de herhalingstijd van een factor 1.3 tot 2.4, vrijwel identiek aan de waardes die we uit de metingen kregen.

### Conclusies

De buien van maandag 28 juli 2014 waren extreem. Extremenstatistiek geeft dat een waarneming van zo veel neerslag in een klokuur op één van de 32 automatische weerstations vandaag de dag ongeveer eens in de vijf tot zeventig jaar voorkomt. De hoogste dagsom heeft een soortgelijke herhalingstijd van 5 tot 14 jaar op één van de 357 stations in Nederland (2000–5000 jaar per station).

In De Bilt is de uurlijkse neerslag over de afgelopen eeuw met ongeveer 20% toegenomen. Het duidelijke verband tussen de uurlijkse neerslag en de dauwpunttemperatuur enkele uren eerder geeft een toename van de intensiteit van dit soort buien van 11%–23%, hetgeen overeenkomt met een toename in frequentie van ongeveer een factor twee sinds 1950. Voor de dagsommen is de toename beter te bepalen: een directe fit van de waarnemingen geeft ook een toename van

een factor twee sinds het midden van de vorige eeuw. Schaling met de maximale vochtinhoud van de atmosfeer volgens de wet van Clausius-Clapeyron geeft dezelfde toename.

Dit zijn allemaal extrapolaties van minder extreme gebeurtenissen. Het lijkt er op dat de meest extreme buien de laatste tijd vaker voorkomen dan de extrapolatie aangeeft, maar dat kan ook nog gewoon toeval zijn.

We verwachten dat de sterke toename van extreme buien verder zal doorzetten naarmate Nederland verder zal opwarmen. Dit gegeven is verwerkt in de KNMI'14 scenario's.

### Dankwoord

Met dank aan Henk van den Brink voor het ontdekken van een foutieve aanname in een eerdere versie. Alle gebruikte data en analysemethoden zijn te vinden op de KNMI Climate Explorer: [climexp.knmi.nl](http://climexp.knmi.nl).

### Literatuur

- G. Lenderink en E. van Meijgaard, 2008. Increase in hourly precipitation extremes beyond expectations from temperature changes, NGS, doi:10.1038/ngeo262
- G. Lenderink en E. van Mijgaard, 2010. Linking increases in hourly precipitation extremes to atmospheric temperature and moisture changes, ERL, doi:10.1088/1748-9326/5/2/025208
- G. Lenderink et al, 2011. Scaling and trends of hourly precipitation extremes in two different climate zones — Hong Kong and the Netherlands, HESS, doi: 10.5194/hess-15-3033-2011
- G. Lenderink et al, 2011. Intensiteit van extreme neerslag in een veranderend klimaat, Meteorologica, nr 2, 17-20.
- G. Lenderink, 2011. Extreme neerslagsom in Herwijnen, KNMI Kenniscentrum.
- A. Klein Tank et al, KNMI'14 klimaatscenario's voor Nederland, <http://www.klimaatscenarios.nl>