

Orkaan Harvey: een meter neerslag in Houston, klimaatverandering?

GEERT JAN VAN OLDENBORGH (KNMI), KARIN VAN DER WIEL (KNMI), ANTONIA SEBASTIAN (TU DELFT)

Op 17 augustus 2017 ontstond tropische storm Harvey boven de Atlantische Oceaan. Het pad voerde over het Mexicaans schiereiland Yucatan, waar Harvey verzwakte tot een tropische depressie met winden zwakker dan negen Beaufort. Boven het warme water van de Golf van Mexico werd Harvey echter snel sterker. Binnen twee dagen groeide Harvey uit tot een orkaan van categorie vier en kwam in Texas op 25 augustus aan land met windsnelheden tot 215 km/uur en hevige regenval. In dit artikel onderzoeken we of klimaatverandering een rol heeft gespeeld bij deze regen die voor uitgebreide overstromingen zorgde.

Zoals het ECMWF model voorspelde kwam Harvey met nog steeds de kracht van een tropische storm op 100 km van de kust in het binnenland tot stilstand en bleef daar ruim twee dagen hangen. Hij trok de 28e terug naar de zee, om de 30e verder naar het oosten weer aan land te komen en naar het noorden te verdwijnen. Tijdens die dagen kwamen onwaarschijnlijke hoeveelheden regen naar beneden, die voor enorme overstromingen zorgden. Een aanzienlijk deel van de stad Houston liep onder, maar ook in de omliggende streken stonden grote gebieden blank.

Deze overstromingen zijn uiteraard vooral veroorzaakt door de regen, maar er spelen zoals altijd veel factoren een rol. De storm leidde ook tot een opzet van bijna een meter in Galveston Baai, waardoor de rivierafvoer werd bemoeilijkt. De snelle ontwikkeling van Houston heeft bovendien geleid tot veel bebouwing in overstromingsgevoelige gebieden, minder wateropname door de bodem, en verminderde opslagcapaciteit. Ook was er weinig geld voor bijvoorbeeld waterbeheer, voor het verhogen van de afvoer capaciteit van de kreken (bayous). De aanleg van een derde noodreservoir ten noorden van Houston werd na de overstromingen in 2016 op de lange baan geschoven omdat dit toch een hele zeldzame gebeurtenis was...

In de media werd meteen gevraagd naar de rol van klimaatverandering. Die vraag is voor orkanen moeilijk te beantwoorden. Het waarnemingsysteem is de afgelopen eeuw voortdurend verbeterd, wat bijdraagt aan de trends. Bovendien zijn er ook van nature grote variaties in aantallen orkanen. De *echte* trend is dus lastig te detecteren. Modellen laten een afname van het totaal aantal tropische stormen zien, maar waarschijnlijk een toename van de meest intense orkanen wat betreft windsnelheid. De toename in intense regenval is echter veel eenvoudi-

ger aan klimaatverandering te koppelen. Vorig jaar hebben we hevige regen in Louisiana geanalyseerd (van der Wiel et al., 2017). De waarnemingen van driedaagse intense regen langs de Golfkust kunnen statistisch met één Generalised Extreme Value (GEV) distributie worden beschreven, ondanks de grote verscheidenheid aan meteorologische verschijnselen die de regen veroorzaakt, waardoor een trend kon worden vastgesteld.

Wat is er gebeurd?

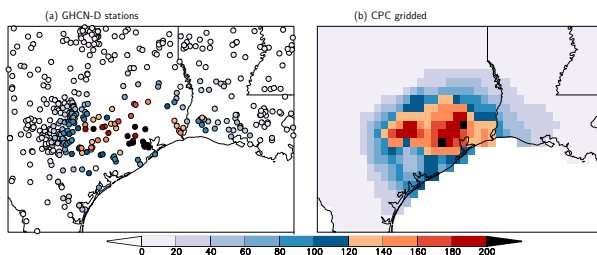
Ten eerste de event definitie: welk aspect van de meteorologie was het meest relevant voor de ramp? Metingen van het waterniveau in de rivieren en kreken in en rond Houston laten zien dat het merendeel ervan op maandagavond 28 augustus of dinsdagochtend 29 augustus het hoogste peil bereikte. Aangezien het op de 26^e begon met regenen, bestuderen we de neerslag in de driedaagse periode 26 – 28 augustus. Dit is vrijwel overal de maximale driedaagse neerslag.

We hebben drie sets van regenwaarnemingen in dit gebied tot onze beschikking. De dagelijkse aftappingen van regenmeters worden onder andere verzameld door NOAA/NCEI in de GHCN-D v2 dataset. De hoogste driedaagse som is op een van de twee vliegvelden geregistreerd: Hobby Airport had 306.6, 279.1 en 239.0 mm op deze drie dagen, een totaal van 824.8 mm, 274.9 mm/dag gemiddeld. Dit is ruwweg *vijf* keer zo veel als de hoogste driedaagse som in Nederland, 167.8 mm op 8-10 augustus 1951 op Amsterdam Filiaal. Een aantal andere stations in Houston gaven ook meer dan 200 mm/dag, zie Figuur 1a. Sommige amateurstations gaven nog hogere 72-uur neerslagsommen.

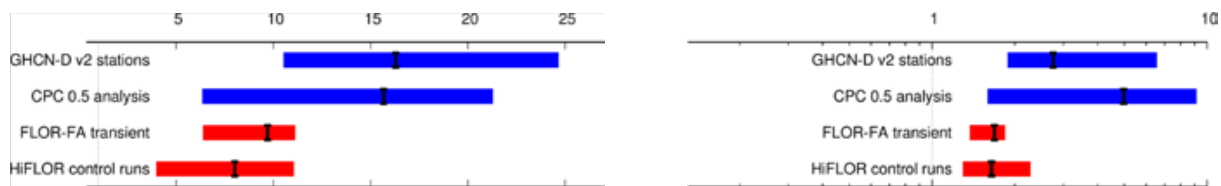
De officiële stations worden door het CPC geanalyseerd in 0.25° velden (Figuur 1b). Over 25 en 50 km gemiddeld is de driedaagse neerslag nauwelijks lager dan per station: het regende over een groot gebied heel erg hard. Gekalibreerde radarbeelden van NOAA laten zelfs maxima tot 1157 mm zien over de drie dagen van 26 augustus 12 UTC tot 29 augustus 12 UTC.

Hoe zeldzaam was dit?

Om uit te rekenen hoe zeldzaam een gebeurtenis als deze is gooien we alle stations in het gebied waar dit soort extremen voorkomen op een grote hoop, langs de kust van Corpus Christi tot en met een stukje Florida (85° - 97.5° W, 27.5° - 31° N). Dit is dezelfde analyse als we voor de extreme neerslag in Nederland op 28 juli 2014 hebben gedaan (van Olden-



Figuur 1. Waargenomen regenval op 26 – 28 augustus 2017 door orkaan Harvey (mm/dag). a) GHCN-D v2 regenmeters, b) CPC 25 km analyse van deze regenmeters.



Figuur 2. Toename in waarschijnlijkheid (links) en intensiteit (rechts, in %) van 3-daagse extreme neerslag aan de Golfkust, gelijk aan of hoger dan waargenomen in Houston, TX in 2017. Blauw: waarnemingen (stations en analyse op 50 km), rood: twee GFDL modellen van 50 km en 25 km resolutie, respectievelijk. Zowel de waarnemingen als de modellen laten een toename in de kans op neerslag en de hoeveelheid neerslag zien. De toename is in de waarnemingen echter sterker dan in de modellen.

borgh en Lenderink, 2014). Omdat dit soort gebeurtenissen zich vaak over honderd kilometer of meer uitstrekken eisen we een minimumafstand van 1° tussen stations en minimaal 80 jaar data per station. Hierdoor minimaliseren we veranderingen in de tijd en afhankelijkheden tussen stations.

Binnen deze groep van 19 stations is de kans op 824.8 mm of meer neerslag in drie dagen in het huidige klimaat ongeveer 0.1% per jaar, in de volksmond een één op duizend jaar gebeurtenis voor een gegeven locatie. De kans dat zo iets ergens in dit gebied voorkomt is veel groter, namelijk 3% per jaar (“eens in de dertig jaar”). Een hoge waarde op één station is echter niet het belangrijkste aspect. De overstromingen waren zo hevig omdat de neerslag zo grootschalig was. Om een schatting te krijgen hoe zeldzaam dat is hebben we van de CPC dataset telkens 2×2 cellen gemiddeld. Dit geeft een resolutie van 50 km. Hierin vinden we voor de driedaagse neerslag rond Houston een kans van ruim minder dan 0.05% per jaar (herhalingstijd van ruim 2000 jaar). Het was dus lokaal een hele zeldzame gebeurtenis.

Is er een trend in waarnemingen?

Een fit van de waarnemingen aan een GEV die schaal met de wereldgemiddelde temperatuur geeft (onder enkele aannames) aan dat zulke hoge extremen in de stationswaarnemingen momenteel ongeveer drie keer zo vaak voorkomen dan een eeuw geleden, met een 95% onzekerheidsmarge van twee tot acht. Dit komt overeen met een toename in intensiteit van ongeveer 18% (12% tot 28%). Als check hebben we ook naar een grotere verzameling stations gekeken die minimaal 39 jaar data bevatten, en met een minimumafstand van 0.1°, wat tot vrijwel hetzelfde resultaat leidt. Een fit aan de CPC dataset geeft ook dezelfde uitkomsten, maar met grotere onzekerheidsmarge omdat deze pas in 1948 begint.

Waardoor wordt deze trend veroorzaakt?

De vraag naar de oorzaak van de trend kunnen we alleen met klimaatmodellen beantwoorden waarin we mogelijke oorzaken apart van elkaar kunnen aan- en uitzetten. Hier gebruiken we gekoppelde klimaatruns van 1860 tot nu, waarin de belangrijkste verandering de hoeveelheid broeikasgassen is. Een probleem is dat de meeste klimaatmodellen nog niet het oplossend vermogen hebben om een orkaan enigszins realistisch na te bootsen. Daarvoor heb je een resolutie van 25 km of beter nodig. We hadden voor de eerdergenoemde studie van een jaar geleden het GFDL model HiFLOR gebruikt, met een resolutie van 25 km in de atmosfeer en een relatief lage-resolutie oceaan (1°). Helaas ligt Houston net buiten het gebied dat we destijds geanalyseerd hadden. GFDL kon ons de extra data niet leveren, dus hebben we het maar met de data van vorig jaar gedaan onder de zeer waarschijnlijke aanname dat het extreme weer tussen 95° W en 97.5° W niet heel anders is dan tussen 85° en 95° W. Dit hebben we met behulp van

waarnemingen geverifieerd.

Het model reproduceert de meest extreme neerslag goed, hoewel de intensiteit met ongeveer 40% onderschat wordt, vergeleken met de waarnemingen op dezelfde schaal. Minder extreme neerslag wordt niet goed nagebootst, dus bestuderen we alleen de meest extreme regen: het jaarlijks maximum over het hele gebied. De kans op extreme regen zoals waargenomen neemt in dit model met een factor 1.7 toe, met een onzekerheidsmarge van 1.3 tot 2.3 vanwege natuurlijke weersfluctuaties. Dit correspondeert met een toename van de intensiteit voor een gegeven herhalingstijd met 6% (4% – 11%). We hebben ook nog gekeken naar een lagere-resolutie versie van dit model, FLOR-FA. Dit reproduceert extreme neerslag aan de Golfkust minder goed, maar geeft vrijwel dezelfde toename.

Conclusies

We hebben gevonden dat de zware regen die de overstromingen in Houston veroorzaakte zeldzaam was, met herhalingstijden per station van rond de duizend jaar en nog ruim meer dan 2000 jaar voor een 50 km gebiedsgemiddelde wat relevanter voor de impact is. In de waarnemingen is de kans op driedaagse neerslag zoals waargenomen of hoger aan de Golfkust met een factor drie toegenomen sinds 1900, met een 95% onzekerheidsmarge van 2 tot 8. De intensiteit voor een gegeven herhalingstijd is met ongeveer 20% toegenomen (12% tot 28%), zie Figuur 2. We kunnen dus concluderen dat, door het uitstoten van fossiele brandstoffen, de kans op zulke extreme neerslag is toegenomen.

Discussie

Er is een discrepantie tussen de waargenomen trend en de gemodelleerde trend: de waargenomen trend is grofweg twee keer zo groot dan die in de modellen. Dit kan verschillende oorzaken hebben. Ten eerste kan de neerslag vroeger onderschat zijn ten opzichte van de moderne waarnemingen door veranderingen in meetapparatuur of meetomgeving. Er is echter geen trend in de gemiddelde neerslag, in overeenstemming met de klimaatmodellen die het IPCC in 2013 gebruikte. Ten tweede kunnen langzame klimaatschommelingen de neerslag beïnvloed hebben. We hebben hiernaar gezocht, maar niets gevonden (van der Wiel et al., 2017). Ten slotte is het heel goed mogelijk dat modellen de toename in neerslag onderschatten omdat ze de meteorologie nog niet goed genoeg kunnen representeren en we eigenlijk niet-hydrostatische modellen zoals WRF of HARMONIE moeten gebruiken.

Referenties

Van der Wiel, K.; Kapnick, S.B.; Van Oldenborgh, G.J.; Whan, K.; Philip, S.; Vecchi, G.A.; Singh, R.; Arrighi, J. en Cullen, H. Hydrology and Earth System Sciences (2017): 897-921. DOI: 10.5194/hess-21-897-2017.

Van Oldenborgh, G.J. en Lenderink, G.. Een eerste blik op de buien van maandag 28 juli 2014, Meteorologica (2014): 3, 29.