

Extreme stormen en superstormen



In dit artikel laten wij het licht schijnen over een pas ontdekte zeldzame klasse van buitengewoon hevige stormen. Deze superstormen zijn niet 'gewoon' extreem, maar *over*-extreem. Wat daarmee bedoeld wordt, zal na lezing van het onderstaande duidelijk worden.

**G.P. Können en
H.W. van den
Brink**

G.P. Können was tot zijn pensionering (2004) hoofd van de afdeling Klimaatanalyse van het KNMI. H.W. van den Brink is vanuit het KNMI in 2005 gepromoveerd op een proefschrift over extreme wind en extreme stormvloed.

Op 31 januari 1953 kwam op de Atlantische Oceaan een depressie tot ontwikkeling die snel oostwaarts koerste, om Schotland heen boog en vervolgens al uitdiepend naar Denemarken trok. Aan haar zuidwestflank ontwikkelde zij een langgerekt stormveld van windkracht 10, dat zich op een zeker moment over de hele lengte van de Noordzee uitstreckte. Hierdoor werd het zeewater hoog tegen de Nederlandse kust opgestuwd: in Hoek van

Holland bereikte de verhoging een waarde van 2,93 meter en in Vlissingen 2,35 meter – meer dan sinds het begin van de metingen (die toen 72 jaren besloegen) ooit was voorgekomen.

Op zichzelf hoeft zo'n opstuwing nog niet tot een ramp te leiden, maar in die bewuste nacht was er sprake van een noodlottige samenloop van omstandigheden: het tijdstip van deze extra verhoging viel in het slecht beveiligde Zeeland samen met

dat van het astronomisch hoogwater. De gevolgen zijn bekend: de Zeeuwen waren die nacht eerst getuige van een onheilspellende eb waarbij het water maar niet wilde zakken, en vervolgens van een bijna tweemaal zo hoge waterstand bij vloed (4,55 m boven NAP in Vlissingen). Tegen dit geweld waren de dijken niet bestand en een enorme overstroming was het gevolg. Het beter beveiligde Noord-Holland ontsprong de dans, mede doordat het tijdstip van vloed daar ongeveer zes uur later valt dan in Zeeland – hier viel de hoogste opstuwing van het water samen met eb.

Het kán erger

Hoe zeldzaam was dit allemaal? Het antwoord hierop kan worden ver-



1. Een ruim tien meter hoge tsunami-wal op het eiland Okushiri in noord Japan. In deze streek is de kans op een tien meter hoge vloedgolf door een aardbeving zó groot dat het dijkontwerp op dat fenomeen moet worden afgestemd. Een blik op het zeeoppervlak maakt duidelijk dat een gewone stormvloed nooit zo hoog kan komen, want dat houdt meestal bij vier meter op. Vanuit het perspectief van stormvloeden is een tsunami over-ex-treem, hetgeen zich manifesteert in het feit dat de afmetingen van de wal buitenproportioneel lijken. (Foto: K. Harada)

Een 'wonderstelling' uit de statistiek van extreme waarden

De statistiek van extremen gaat over frequenties in de verre staart van statistische verdelingen – zó ver dat ze niet makkelijk empirisch grijpbaar zijn. Een formidabel obstakel bij de schatting van deze frequenties is de onbekendheid van de precieze vorm van deze verre staart: is de onderliggende verdeling een Gaussische, een log-normale, een exponentiële of nog een andere verdeling?

Deze schijnbaar onoverkomelijke moeilijkheid wordt opgelost via een bijna contra-intuïtieve stelling, die zegt dat de verdeling van extremen *ongeacht de vorm van de onderliggende verdeling* naar de zogeheten Gumbelverdeling convergeert*. Dus via een empirisch verkregen Gumbelverdeling is het verantwoord te extrapoleren naar fenomenen van zeer grote zeldzaamheid, zonder dat men zich verder om de analytische vorm van de staart hoeft te bekommeren!

Hoe bereiken wij deze convergentie? Dit door de (empirische) verdeling op te maken van jaar-maxima, dus van de hoogst opgetreden waarde in ieder jaar. Uiteraard heeft dit een enorme dataverdunning tot gevolg: van elke 365 dagwaarden wordt alleen de hoogste er uitgepikt. De resulterende toename in ruis in de extrapolatie is de tol die wij moeten betalen om de stelling in werking te laten treden.

Technisch gaat een Gumbel-analyse als volgt in zijn werk. Laten we aannemen dat we de beschikking hebben over 126 jaarmaxima, zoals in het geval van de hoogwaters te Vlissingen. Deze worden dan eerst op volgorde van grootte gerangschikt, waarna aan iedere waarde de kans op optreden en daarmee een herhalingstijd wordt toegewezen. Bij de hoogste uit deze reeks is de toegewezen kans per jaar $1/126$ en de herhalingstijd dus 126 jaar, bij de volgende is de kans $2/126$ per jaar en de herhalingstijd dus 63 jaar, bij de daaropvolgende is de kans $3/126$, enzovoort; bij de laagste is hij $125/126$. Met deze 126 waarden wordt dan een zogeheten Gumbelplot opge-maakt, d.w.z. een plot met op de y-as de opgetreden waarde en op de x-as een getransformeerde kans, de zogeheten Gumbelvariabele**. Uitgezet in deze representatie verschijnt een Gumbel-ver-deelde puntenwolk als een rechte lijn. Met behulp van een liniaal kan men een schatting geven van de waterstanden of windsterkten die bij zeer hoge herhalingstijden horen. (Zie de figuur in dit kaderstuk.)

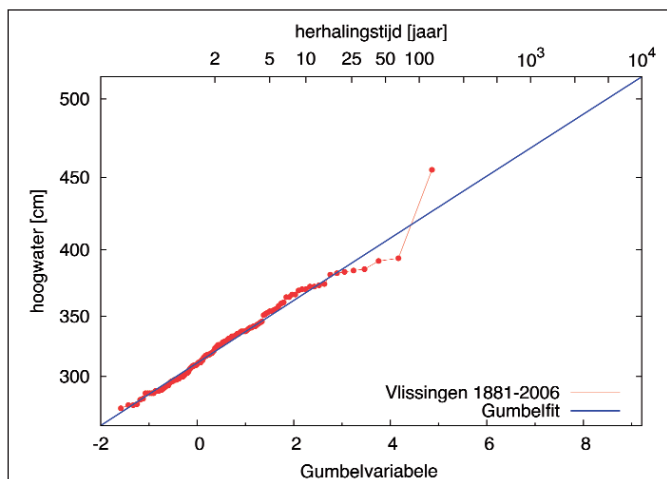
Het loont de moeite ook zelf eens zo'n Gumbel-analyse toe te passen op een reeks van jaar-maxima (of -minima) van de een of andere grootheid. Te denken valt aan uiteenlopende zaken als lucht- of watertemperaturen, de helderheden van extragalactische supernovae, de sterkte van aardbevingen, de bloeidata van planten, enzovoort. Het is verrassend eenvoudig om met deze techniek gebeurtenissen van hoge zeldzaamheid in te schatten!

* Strikt mathematisch zijn er nog twee typen functies waar-naar de convergentie plaats kan vinden, maar bij fysisch re-alistische gevallen blijkt de convergentie meestal naar de Gumbelverdeling te gaan of naar iets wat daar dicht bij komt.

**Deze Gumbelvariabele is ge-definieerd als $-\ln(-\ln(1-\text{kans}))$, waarbij $\ln$ de natuurlijke loga-ritme is. Voor een punt met herhalingstijd 100 jaar (kans 0,01) is de Gumbelvariabele dus gelijk aan 4,6; voor herha-lingstijd 10.000 jaar bedraagt hij 9,2.

kregen door een zogeheten Gum-belplot op te maken van de waarge-nomen hoogwaterstanden te Vlissin-gen (zie kader: 'Een 'wonderstelling' uit de statistiek van extreme waar-den'). Hieruit blijkt dat een storm-vloed zoals in 1953 een zogeheten herhalingstijd* van vijfhonderd jaar heeft. Dit wil dus zeggen dat zoiets

* Extreem kleine kansen worden doorgaans uitgedrukt in herhalingstijden, dat wil zeg-gen: één gedeeld door de kans. Deze her-halingstijd geeft het *gemiddelde* tijdsinterval tussen twee van deze gebeurtenissen aan. Bij een kans van 20% per jaar is de herha-lingstijd vijf jaar, dus in een reeks van twee eeuwen lengte verwacht je gemiddeld veertig van zulke gevallen. Deze gevallen zijn uiteraard willekeurig over dit tijdsinter-val verdeeld.



Gumbelplot van de jaarmaxima van de zeewaterstand tij-dens vloed bij Vlissingen. De waarnemingen lopen van 1881 tot 2006 en beslaan dus 126 jaar. De hoogste waarde die ooit gemeten is, is die van 1953. Verschuiving van die ge-beurtenis naar rechts tot aan de geëxtrapoleerde lijn leert dat zo'n geval (bij gelijkblijvend klimaat) gemiddeld maar eens in de vijfhonderd jaar voorkomt.

bij gelijkblijvend klimaat in een (denkbeeldige) tweeduizend jaar lange meetreeks gemiddeld vier keer zou voorkomen.

Het had allemaal nog erger gekund. In de eerste plaats was de springvloed van die 31^{ste} januari extreem laag, zodat hij – anders dan de alom aanvaarde mythe wil doen geloven – geen enkele rol heeft gespeeld. Hij had makkelijk een halve meter hoger kunnen zijn. Ook had de storm een nóg fatalere koers kunnen volgen en nóg krachtiger kunnen zijn.

Al met al kan men uit de depressie van 1953 gemakkelijk een (zeldzamer) geval construeren dat nog een meter hoger uitvalt. Zo'n 'superstorm' blijkt een 'eens-in-de-tienduizend-jaar-gebeurtenis' te zijn: hij heeft dus een herhalings tijd van 10.000 jaar. Deze superstorm bepaalt de norm voor de dijkhoogten aan de Nederlandse kust. Met andere woorden: men accepteert een kans van 0,01% per jaar (oftewel 1% per eeuw) dat de zeedijken het toch begeven.

Een superhoogwater?

Was 1953 een superhoogwater? In zekere zin wel. De kans dat je tijdens de duur van een mensenleven (ca. 80 jaar) met zoiets geconfronteerd wordt, is slechts vijftien procent. En de kans dat je tijdens je leven een 'eens-in-de-tienduizend-jaar-versie' meemaakt, is maar 0,8%.

Binnen de theorie van extreme waarden schuilt echter een vaak onuitgesproken veronderstelling, namelijk dat de zeer zeldzame gebeurtenissen op een of andere manier opgeschaalde versies zijn van de

'gewone' extremen. Dit hoeft niet altijd het geval te zijn. Zeker niet als de gemeten grootte door meer dan één fysisch proces kan worden opgewekt.

Een in het oog springend voorbeeld is hoogwater aan de kust. Dat kan, zoals in 1953, worden veroorzaakt door stormvloed, maar bijvoorbeeld ook door een zeebeving of een meteorietinslag in zee. Het moge duidelijk zijn dat de hoogte of herhalings tijd van hoogwater dat het gevolg is van een zeebeving (een tsunami) zich niet laat schatten uit een onderzoek van hoogwaters door stormvloeden. Hoe zeldzaam ook, in bepaalde streken op aarde zal bij grote herhalings tijden de hoogte van tsunami's die van de gewone stormvloeden overvleugelen. In die zin is een grote tsunami een 'over-extreme' gebeurtenis (zie fig. 1 en kader: 'Tsunami's: over-extreme zeewaterstanden'). Dát is nog eens een echt 'super-event' – een verschijnsel dat je op basis van de geregistreerde hoogwaters uit het recente verleden absoluut niet kunt verwachten. In zo'n geval functioneert de schatting van een eens-in-de-tienduizend-jaar-gebeurtenis uit stormvloeden slechts als ondergrens bij risicoanalyses.

Met dit voorbeeld in gedachten zijn er ook wel andere voorbeelden van over-extreme gebeurtenissen te vinden in de geofysica. Tabel 1 somt er een paar op.

'Over-extreme' stormen en het Noord-Atlantische gebied

Laten we even terugkeren naar de windsnelheden. Tabel 1 toont ons

dat er over-extreme windsnelheden kunnen optreden in streken waar zowel depressies als tropische cyclonen voorkomen. Dit is bijvoorbeeld het geval in het zuiden van de Verenigde Staten en in Japan. Depressies zijn groot van omvang en bepalen de 'gewone' extreme stormen, die met windsnelheden van meer dan 100 km/uur overigens op zich zelf al van vernietigende sterkte kunnen zijn – net als in 1953 in Nederland. Tropische cyclonen zijn veel kleiner en zeldzamer, dus het gebeurt maar zelden dat een gegeven plaats in hun windbaan komt. Maar als dat gebeurt, kan de windsnelheid boven de 200 km/uur uitkomen, hetgeen zeer veel hoger is dan zelfs de zwaarst denkbare depressie ooit presteert. Vanuit het gezichtspunt van stormen hebben wij hier dus een loepzuiver voorbeeld van een over-extrem event.

Een Gumbelplot van extreme wind ziet er net zo uit als de plot in het kaderstuk 'Tsunami's: over-extreme zeewaterstanden': hij vertoont een knik bij herhalings tijden waar de tropische cyclonen de frequentieverdeling van windsnelheden beginnen te beheersen. Bij het inschatten van de kans op stormschade of overstromingen speelt het stuk vóór de knik (dus het deel dat voortkomt uit depressiestormen) geen enkele rol.

In onze regionen komen geen tropische stormen voor. Over-extreme stormen door dit mechanisme zijn hier dus niet te verwachten. Maar dat wil niet meteen zeggen dat het Noord-Atlantische gebied alleen met 'gewoon-extreme' stormen te maken heeft, dus alleen met opgeschaalde vormen van de welbekende Atlantische depressies. Want het lijkt er op dat er uiterst zeldzame weersystemen van geheel andere aard mogelijk zijn die, als ze Nederland bereiken, voor ongehoorde windsnelheden kunnen zorgen.

Het opsporen van uiterst zeldzame weersystemen

Bedoelde weerssystemen zijn uitermate zeldzaam – laten we zeggen dat ze hoogstens eens in de eeuw op de Atlantische Oceaan verschijnen. De waarnemingsreeksen van de toestand van de aardatmosfeer (inclusief die van de hoge atmosfeer) gaan echter niet verder terug dan tot 1948. Je moet dus geluk hebben als zo'n zeldzaam verschijnsel in de waarnemingen opduikt, en dat is inderdaad niet het geval.

De windwaarnemingen vanuit schepen (inclusief die van de VOC) gaan

Tabel 1: Voorbeelden van 'over-extreme' gebeurtenissen

verschijnsel	oorzaak	
	gewoon extreem	over-extreem
zeewaterstand	storm	aardbeving; meteorietinslag
windstoot	depressie	windhoos; valwind bij onweersbui ('downburst')
orkaan	depressie	tropische cycloon
hitte	weersystemen	pyroclastische vulkaanwolk
lokale neerslag	fronten	diepe convectie (buien)
aardbeving	trilling vanuit de aarde	meteorietinslag



wereldwijd terug tot ongeveer 1700. Maar omdat het hierbij alleen om de wind aan het aardoppervlak gaat, is het moeilijk uit te maken welke structuur het weersysteem had dat de wind veroorzaakte. Los daarvan is het twijfelachtig of de bemanning van een schip dat in een superstorm verzeild raakt dit zou kunnen naverellen, laat staan dat zij haar waarne-

mingslogboek veilig aan land zou kunnen brengen.

De enige manier waarop je er achter kunt komen welke soorten depressies mogelijk zijn, is door een zogeheten klimaatmodel te draaien. Zo'n model is niets anders dan een weersvoorspelmodel, zoals dat wordt gebruikt om het weer tot tien à vijftien dagen vooruit te voorspellen. Het

doet niets anders dan het stromingspatroon van de atmosfeer over de hele aarde berekenen. Het model start met de toestand van de atmosfeer op een willekeurig gemeten moment – bijvoorbeeld 10 september 2006 om 12 uur 's middags – en berekent dan uit de waargenomen temperatuur, vocht en windsnelheid van dat moment via de stromingsvergelijkingen en wat thermodynamica hoe het er vijftien minuten later uitziet. Dat herhaalt het model iedere keer weer. Na 960 van zulke tijdstapjes is het model precies tien dagen in de 'toekomst' gevorderd.

Het weer dat het model aldus berekent, blijkt inderdaad enigszins op dat van 20 september 2006 te lijken. Het model levert dus iets af wat voorspellende waarde heeft. Daarna gaat het mis: na nog eens tien dagen (oftewel nog eens 960 tijdstapjes) komt er een patroon uit dat nauwelijks nog overeenkomsten vertoont met het stromingspatroon van 30 september 2006. Maar het stromingspatroon dat het model maakt is wél fysisch realistisch, in de zin dat het op *bad* kunnen treden.

Wat we nu doen, is het model geen 960 stapjes laten maken, maar ruim driehonderd miljoen, oftewel 10.000 jaar vooruit. Het model genereert dan wellicht structuren die nooit zijn waargenomen, maar fysisch wél mogelijk zijn, zoals depressieachtige systemen die over-extreme wind genereren. Maar als zulke structuren zich laten zien in zo'n lange 'run', wil dat niet meteen zeggen dat ze ook kunnen voorkomen in het huidige klimaat – het klimaat vertoont op tijdschalen van 10.000 jaar immers natuurlijke fluctuaties van aanzienlijke grootte.

Om dit laatste probleem te onderwerpen, draaien we het model eerst dertig jaar vooruit, stoppen dan en beginnen dan vanuit een iets gewijzigde begintoestand – bijvoorbeeld de toestand van een dag later, dus 11 september 2006 – opnieuw dertig jaar vooruit te rekenen. Omdat de voorspelbaarheid van de atmosfeer beperkt is tot zo'n vijftien dagen in de toekomst, betekent dit dat deze nieuwe run nooit precies de vorige zal volgen, maar er van af gaat wijken.

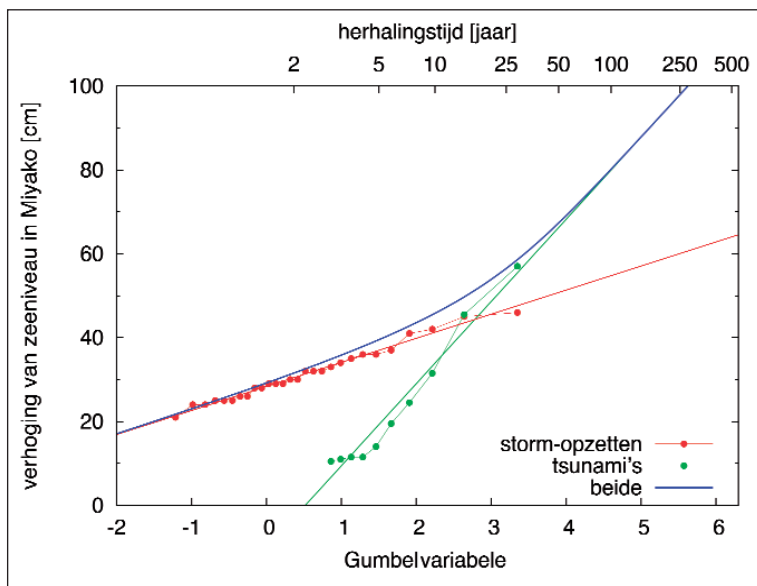
Na zo'n drie weken zijn de runs al zo ver van elkaar afgeweken dat hun uitgangstoestanden niet meer in elkaar te herkennen zijn: ze zijn onafhankelijk van elkaar geworden. Door dit proces bij voortdurend te herhalen, krijgen we oplossingen van de atmosfeer in het huidige klimaat te zien

Tsunami's: over-extreme zeewaterstanden

Een tsunami is een voorbeeld waar een zeer zeldzaam optredend mechanisme de statistiek van extremen gaat domineren. Een Gumbelplot van afwijkingen van de waterstanden in een tsunami-gevoelig gebied zal op een zeker punt een knik vertonen. Dit gebeurt op de plaats waar het even waarschijnlijk is dat de verhoging van de zeewaterstand door storm dan wel door een aardbeving wordt veroorzaakt.

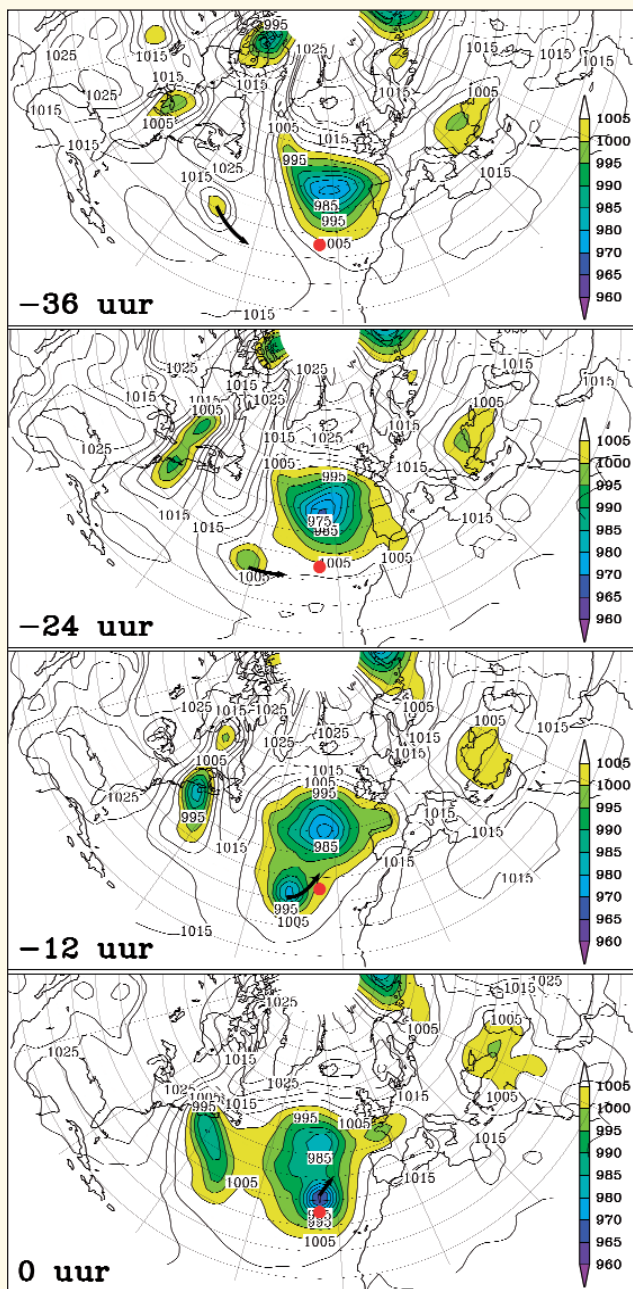
In een geval als dit is er sprake van twee ongerelateerde processen die tot hetzelfde effect leiden (verhoging van de waterstanden, in dit voorbeeld) en die niet door dataselectie onderscheiden zijn. Beide processen leiden tot een Gumbel-verdeelde verhoging, maar de parameters zijn verschillend. Eenvoudiger gezegd: op de Gumbelplot heb je dus eigenlijk te maken met twee (kruisende) lijnen. Als je via aardbevingsanalyse of analyse van de beweging van het water ook de mini-tsunami's weet te vinden, kun je beide lijnen plotten. In het andere geval neemt de puntenwolk de gedaante aan van de bovenste omhullende van de twee lijnen. Dit is een lijn met een knik. Het stuk beneden de knik representeert de 'gewone' extremen; dat erboven de 'over-extreme' gebeurtenissen.

Uiteraard is het mogelijk dat er een nóg zeldzamer proces is dat voor een tweede knik zorgt. In het voorbeeld van waterstanden is dat een reuzenaardverschuiving (deel van een eiland dat in zee valt) of een meteorietinslag in zee. Zulke gebeurtenissen kunnen de hoogte van door aardbevingen veroorzaakte tsunami's doen verbleken.



Gumbelplot van de jaarmaxima van verhoging van de zeespiegel in Miyako aan de oostkust van Noord-Japan. De waarnemingen lopen van 1978 tot 2005 en beslaan dus 28 jaar. Onderscheid is gemaakt tussen verhoging door stormen (rode lijn) en door tsunami's (groene lijn). De lijnen snijden elkaar bij een herhalings-tijd van 16 jaar; daar voorbij domineren de tsunami's de verhogingen. Vanuit het gezichtspunt van stormvloed zijn verhogingen door tsunami's dus 'over-extremes'. De blauwe lijn is de verdeling van de jaarmaxima waar geen onderscheid is gemaakt naar oorzaak. Deze verdeling kenmerkt zich door een knik op de plaats waar 'over-extreme' gebeurtenissen dominant worden.

zoals die zich in een tijdspanne van 10.000 jaar zouden kunnen voordoen. Of 100.000 jaar, als we genoeg computerkracht hebben. In deze kolossaal lange tijdreeks kunnen zich zeldzaamheden realiseren die zich niet in de werkelijkheid van de afgelopen paar eeuwen hebben voorgedaan, maar wél hadden kunnen optreden – zij het met kansen in de orde van tien procent per eeuw of lager. Daaronder kunnen nimmer-waargenomen weersystemen zijn die wel degelijk in het huidige klimaat kunnen bestaan en dan bij ons ‘over-extreme’ windsterkten genereren.



Luchtdrukkaartjes (in hPa; tijdstappen van 12 uur) van de evolutie van twee depressies tot een superstorm. Een vrijwel uitgedoofde depressie trekt in de richting van een ander oud exemplaar volgens de met pijltjes aangegeven route. Door elkaars aanwezigheid leven de twee depressies weer op en smelten vervolgens samen tot één enkel systeem dat de kracht van normale Atlantische depressies ver te boven gaat. ‘Over-extreme’ windsnelheden zijn het gevolg.

Het resultaat van zulk onderzoek

Om de gewenste reekslengte te krijgen, hebben wij bij onze eerste experimenten een flinke concessie moeten doen aan de detaillering van het klimaatmodel. Niettemin vonden we inderdaad over-extreme stormen, dus stormen die van een kracht waren die niet uit gewone depressies te verklaren is. De Gumbelplot van winden vertoont in bepaalde streken op de oceaan een knik bij herhalingstijden van ongeveer vijfhonderd jaar. Met andere woorden: de kracht van een ‘eens-per-duizend-jaar-storm’ wordt niet bepaald door Atlantische depressies, maar door ‘iets anders’. En dat ‘iets’ is van een vernietigender kracht dan de sterkste Atlantische depressie die in duizend jaar optreedt.

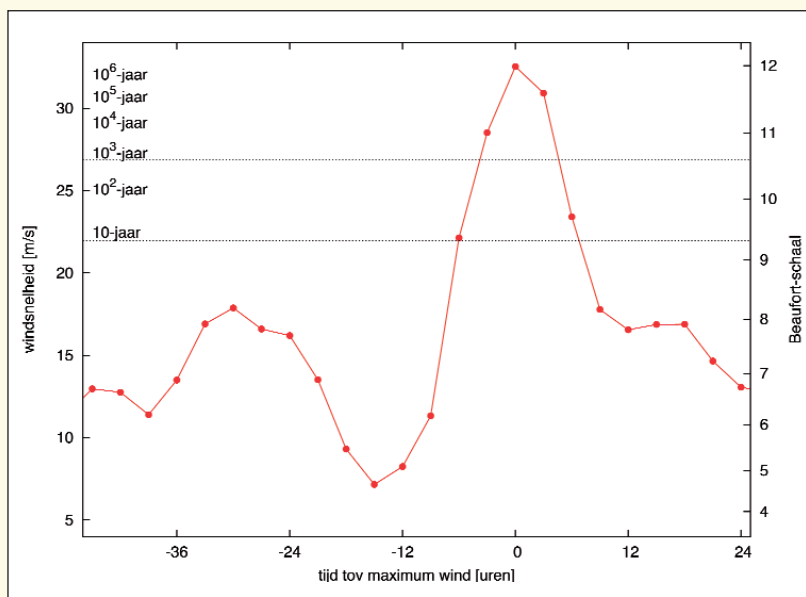
Uiteraard hebben we rekening gehouden met de mogelijkheid dat de superstormen die bij deze eerste experimenten zichtbaar waren niet fysisch realistisch zijn, maar een uitvloeisel van de versimpelingen die in het model zijn toegepast. Tot onze opluchting** verschenen deze vernietigende systemen echter ook in meer geavanceerde runs. Het ziet er dus naar uit dat ze echt kunnen bestaan. In de door ons gegenereerde klimaatreeksen voeren ze de kracht van de eens-per-tienduizend-jaar-

windsnelheid met ongeveer twintig procent op. Gezien het feit dat de uitwerking van een storm meestal met het kwadraat van de windsnelheid gaat, betekent dit dat zo’n superstorm een veertig procent sterker effect heeft dan eerder werd gedacht. Best iets om rekening mee te houden.

Blijft de vraag wat voor meteorologische systemen de ‘over-extreme’ stormen veroorzaken. Modelonderzoek van de paar gevallen die in zo’n run van 10.000 jaar tevoorschijn komen, laten zien dat het hier om een samensmelten van twee depressies gaat. Deze depressies lijken aan het einde van hun bestaanscyclus, maar komen via hun onderlinge interactie weer tot leven en smelten vervolgens samen tot één enkele superdepressie. De kans op zo iets is echter klein, want het lijkt alleen maar te kunnen gebeuren als er een zeer sterke straalstroom in de atmosfeer is – van een sterkte die eens in de eeuw optreedt. In zo’n zeer krachtige straalstroom gebeurt het ook maar zelden dat de samensmelting daadwerkelijk plaatsvindt, gegeven de herhalingstijd van deze stormen van 500+ jaar.

Kenmerkend voor deze systemen is dat zij, net als tropische cyclonen, gepaard gaan met reusachtige neerslaghoeveelheden – in de orde van 100 mm/etmaal, wat overeenkomt met een herhalingstijd van 500 jaar – hetgeen een uiting is van de grote hoeveelheid energie die bij dit meteorologische

** Dit woord tekent de spagaat van de onderzoeker: voor de maatschappij is het uiteraard beter als het allemaal loos alarm zou zijn.



3. Windsnelheid gedurende de ontwikkeling van de superstorm in figuur 2 op het in de kaartjes aangegeven punt (32,6 N; 24,4 W). De horizontale stippellijnen geven de windsnelheden aan die horen bij herhalingstijden van 10, 10², ..., 10⁶ jaar voor ‘gewone’ stormen in dat punt. Het feit dat deze storm windsnelheden met herhalingstijd van 10⁶ jaar oplevert, vormt op zich al een aanwijzing dat hier iets bijzonders aan de hand is.

logische proces vrijkomt. In de figuren 2 en 3 is te zien hoe twee depressies dit samensmeltproces ondergaan en uitgroeien tot iets kolossaals.

Over-extreme stormen in Nederland?

Er zijn geen redenen om te veronderstellen dat de 'over-extreme' weersystemen Nederland zouden overslaan. Dit betekent dat risicoanalyses van stormschade, hoogwater aan de kust of zeer zware regenval zoals die tot nu zijn verricht, aanpassingen behoeven. Bij verwaarlozing van 'over-extreme' gebeurtenissen geven vroegere schattingen immers slechts een ondergrens van de kans op het optreden van zeldzame gebeurtenissen met grote gevolgen. De

windsnelheid die hoort bij een kans op optreden van bijvoorbeeld 1% per eeuw moet dus naar boven, en hetzelfde geldt voor de regenhoeveelheid en de waterstand die bij deze kans hoort.

Klassieke analyses van waarnemingsreeksen hadden ons nooit op het spoor kunnen brengen van dit type verschijnselen. Het zijn de superlange, computergegenereerde pseudo-waarnemingsreeksen die ontdekking en onderzoek van dit soort extreme zeldzaamheden mogelijk hebben gemaakt. Het is te voorzien dat zulke computeronderzoeken een steeds grotere rol zullen gaan spelen bij het onderzoek naar hoogst zeldzame verschijnselen van zeer grote kracht.

Door de inspanningen van T. Mikami, M. Umeyama (beiden Tokyo Metropolitan University) en T. Kakinuma (Kagoshima University) hebben wij fig. 1 kunnen verwerven. M. Zaiki (Kobe University) verschaft ons de waarnemingsgegevens die ten grondslag liggen aan de grafiek in het kaderstuk over tsunami's.

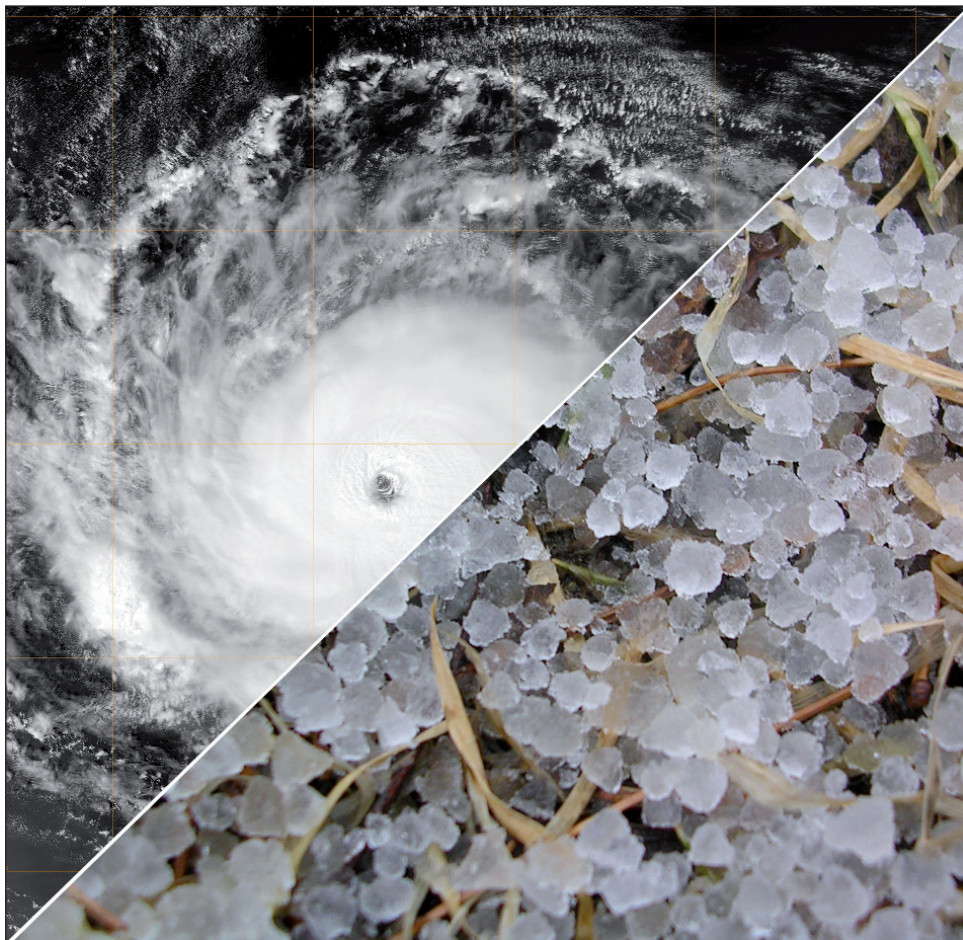
Literatuur

Buishand, T.A. en Velds, C.A. (1980), *Neerslag en verdamping*, Staatsdrukkerij, 's Gravenhage. (Bevat in hoofdstuk 8 een heldere uitleg over de statistiek van extreme waarden.)
Van den Brink, H.W., Können, G.P. en Opsteegh, J.D. (2003), 'The reliability of extreme surge levels, estimated from observational records of order hundred years', *Journal of Coastal Research*, **19**, blz. 376-388. (Over super-events.)
Van den Brink, H.W., Können, G.P. en Opsteegh, J.D. (2004), 'Statistics of extreme synoptic-scale wind speeds in ensemble simulations of current and future climate', *Journal of Climate*, **17**, blz. 4564-4574. (Over super-events.)

Tyfonen en hagelstormen

Gebrek aan standaardisatie in de terminologie van begrippen leidt nog wel eens tot verwarring. Zo worden de woorden *depressie* (of stormdepressie) en *lagedrukgebied* naast elkaar gebruikt, maar niet altijd als synoniem herkend – mede wellicht omdat het tegenovergestelde begrip (een hogedrukgebied) slechts met één uitdrukking wordt aangeduid.

Bij verschijnselen die tot de verbeelding spreken, komt het ook nog wel eens voor dat een plaatsgebonden jargon in zwang is geraakt dat ten onrechte verschillen tussen op zich identieke verschijnselen suggereert. Dit geldt bijvoorbeeld voor de woorden *tornado* en (zwarte) *windhoos*, waarbij het eerste wordt gebruikt voor een hoos in de VS en het laatste voor hetzelfde verschijnsel in Europa. Een ander voorbeeld is het gebruik van de woorden *tropische cycloon* (hurricane) en *tyfoon*. Deze zijn ook onderling synoniem, maar als het verschijnsel in Amerika toeslaat, wordt het met de eerste term aangeduid en in Azië met het (uit het Japans afkomstige) tweede woord.



Naast dit alles zorgen vertaalfouten voor een extra bron van verwarring. Een berucht voorbeeld is het Engelse woord *storm*, dat vaak als *storm* vertaald wordt, maar meestal gewoon *bui* betekent. Een *tropical storm* is dus een *tropische (stort)bui*, waar geen wind aan te pas hoeft te komen. Door het als *tropische storm* te vertalen (zoals in documentaires en nieuwsberichten nogal eens gebeurt), ontstaat verwarring met een tropische cycloon.

Ook zorgt deze vertaalfout voor een oververtegenwoordiging van het woord *sneeuwstorm* in de berichtgeving: een *snow storm* is een (zwarte) *sneeuwstorm*, terwijl een sneeuwstorm (of sneeuwstorm) in het Engels wordt aangeduid met het woord *blizzard*. Tevens wordt door deze foutieve vertaling regelmatig melding gemaakt van bijvoorbeeld *hagelstormen*. Dit woord roept associaties op met een vreeswekkend verschijnsel dat helemaal niet bestaat, maar het op het tv-journaal prima doet. Een nog huiveringwekkender klinke variant is de *elektrische storm* (zwarte onweersbui) die volgens sommige nieuwsbulletins van tijd tot tijd Amerika teistert. Het is overigens niet te verwachten dat dit misleidende woordgebruik ooit nog de nek om kan worden gedraaid.