

Koude extremen in Nederland de afgelopen winters

GEERT-JAN VAN OLDENBORGH, (KNMI)

Toen we in 1998 naar Gouda verhuisden vertelde iedereen hoe goed het schaatsen was op de Reeuwijkse Plassen. Het duurde echter tot januari 2009 voor er een Plassentocht georganiseerd kon worden. De vier daarop volgende winters waren ook relatief koud, maar de winter van 2013/2014 was weer extreem zacht in het grootste gedeelte van het land. Met extremenstatistiek analyseren we hoe extreem de hele winters en koudste dagen van de afgelopen winters waren in een opwarmend klimaat als indicator van de strengheid van de winter. Het blijkt dat de koude extremen minder uitzonderlijk zijn dan de zachte extremen. Dit is een gevolg van de scheefheid van de temperatuurverdeling. Het kan wel heel erg veel kouder worden dan normaal door de aanvoer van Siberische lucht en uitstraling, maar het kan niet erg veel warmer worden dan normaal door de aanvoer van oceaanolucht. Hierdoor zijn koude extremen minder zeldzaam, hoewel ze meer opvallen.

Definities

Er zijn vele definities van de strengheid van een winter in Nederland. De officiële classificatie van het KNMI is gebaseerd op het koudegetal of Hellmanngetal: de som van daggemiddelde temperaturen onder nul zonder minteken. In Fig. 1 is dit koudegetal uitgezet voor De Bilt voor de periode 1902-2014.

De bijbehorende classificatie is dat een winter met koudegetal onder de 10 “extreem zacht” wordt genoemd, tussen de 10 en 20 “zeer zacht”, tot 40 “zacht”. Aan de andere kant is de lat vrij hoog gelegd: pas bij een koudegetal boven de 300 mogen we van een “streng” winter spreken. Dat zijn er dus drie: 1942, 1947 en 1963. Een winter met $H > 160$ mag het predicaat “zeer koud” dragen. Hiervan zijn er zes, met de laatste in 1985. Boven de 100 is “koud”, de laatste koude winter was 1997. Geen van de winters in de 21e eeuw kwam volgens deze classificatie boven “normaal” uit, hoewel 2010 met een koudegetal van 95 in de buurt

van de bovengrens kwam. De winter van 2014 kwam uiteindelijk op een koudegetal van nul uit: er waren in De Bilt voor het eerst sinds het begin van de metingen geen dagen met daggemiddelde temperatuur onder nul.

Deze grootheid leent zich echter slecht voor statistische analyse van extremen, omdat er een harde ondergrens aan zit. Daarom beschouwen we hier twee verwante grootheden (Fig. 2): de gemiddelde wintertemperatuur T_{DJF} in de gehomogeniseerde Centraal Nederland Temperatuur v1.1 (CNT) en de temperatuur van de koudste dag van het jaar in De Bilt, T_{gn} . De wintergemiddelde CNT is goed gecorreleerd met het koudegetal in De Bilt ($r = 0.90$), de koudste dag van het jaar redelijk ($r = 0.84$). Ze beschrijven ieder een complementair aspect van de strengheid van winters.

Methode

Het voordeel van deze definities is dat er goede wiskundige theorieën zijn om de extremen te beschrijven. Als ze allemaal uit dezelfde verdeling getrokken zouden zijn wordt de staart van de verdeling van wintertemperaturen beschreven door een gegeneraliseerde Pareto distributie met cumulatieve distribu-

tie voor punten boven de drempelwaarde μ met schaalparameter σ en vormparameter ξ :

$$F_{GPD}(x; \mu, \sigma, \xi) = 1 - [1 + \xi(x - \mu)/\sigma]^{-1/\xi}$$

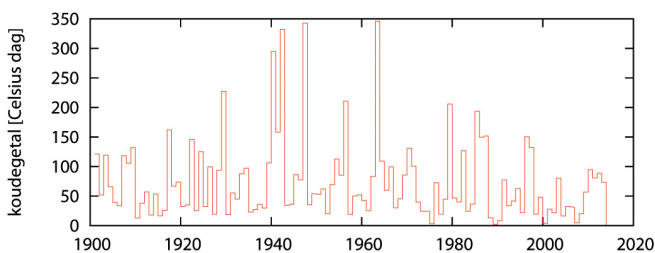
Voor $\xi = 0$ vereenvoudigt dit tot $1 - \exp[-(x - \mu)/\sigma]$

De verdeling van de temperatuur van de koudste dag van het jaar is de gegeneraliseerde extreme-waarden verdeling (GEV) met plaatsparameter μ :

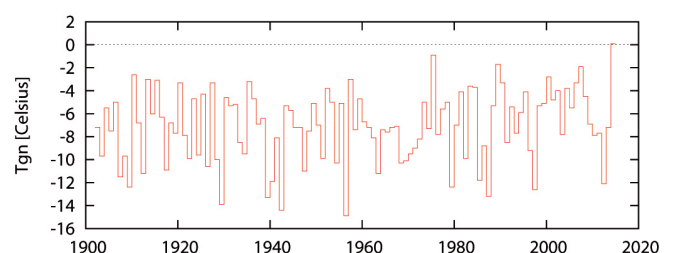
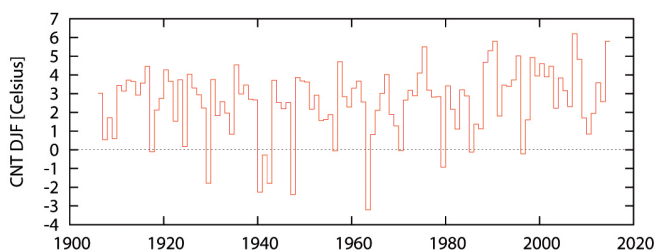
$$F_{GEV}(x; \mu, \sigma, \xi) = \exp(-[1 + \xi(x - \mu)/\sigma]^{-1/\xi})$$

In de limiet $\xi \rightarrow 0$ wordt dit een Gumbel distributie $\exp(-\exp[-(x - \mu)/\sigma])$.

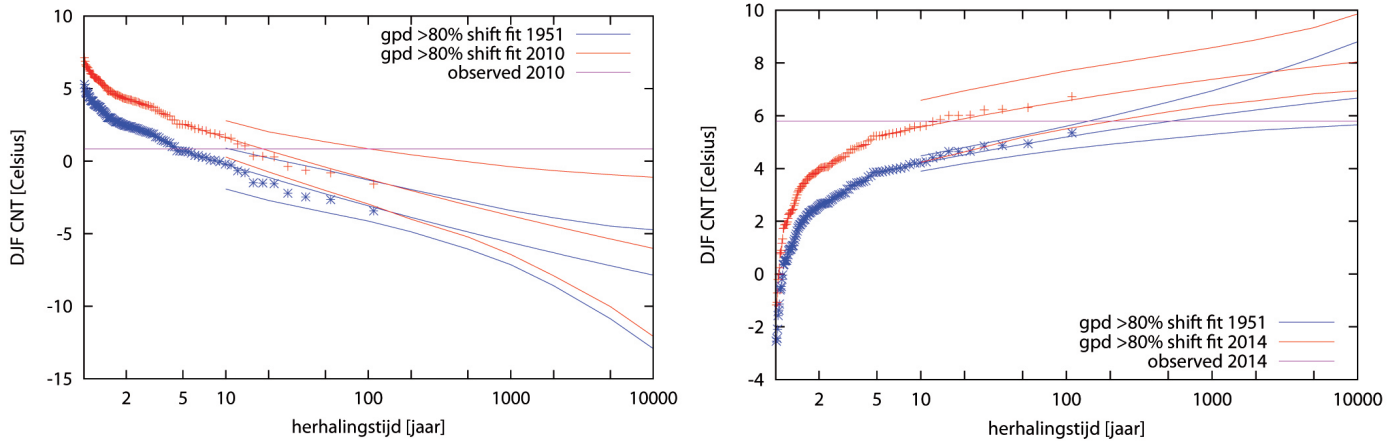
Helaas is aan de voorwaarde dat alle gebeurtenissen uit een stationaire verdeling getrokken moeten worden niet voldaan: door klimaatverandering wordt de kans op koude extremen steeds kleiner en de kans op warme extremen groter. Dit kunnen we parametriseren door de parameters afhankelijk te maken van de wereldgemiddelde temperatuur als maat voor de opwarming. We kiezen er voor om alleen de plaatsparameter μ lineair te variëren met de wereldgemiddelde temperatuur, dus we nemen aan dat de verdeling verschuift en niet van vorm verandert. Het is weliswaar bekend dat de laagste temperaturen sterker opwarmen (de Vries et al, 2012), maar er is simpelweg niet genoeg informatie in de



Figuur 1. Koudegetal (Hellmann) in De Bilt 1902-2014. Deze data zijn gebaseerd op de ruwe waarnemingen, niet gecorrigeerd voor de veranderingen in meetopstelling (bv. de overgang van de pagode naar een standaard Stevenson hut in 1950) en meetomgeving.



Figuur 2. Wintergemiddelde Centraal Nederland Temperatuur (CNT) en de laagste daggemiddelde temperatuur van het jaar (T_{gn}) in De Bilt 1902-2014. De CNT is gecorrigeerd voor de veranderingen in meetopstelling en meetomgeving, T_{gn} niet.



Figuur 3. Links: extremenstatistiek van de gemiddelde wintertemperatuur in 2010 in de context van de andere winters sinds 1951. Rechts: hetzelfde voor de winter van 2014.

rekenen om meer parameters te fitten.

Resultaten

De resultaten van de fit aan een schuivende GPD distributie van de winter CNT is te zien in Fig. 3 voor de koudste winter van de afgelopen paar jaar, 2010, en de zachtste, 2014.

Uit Fig. 3 kan worden afgelezen dat een temperatuur zoals die was waargenomen in 2010, 0.8 °C, nu een herhalingstijd heeft van ongeveer eens in de 20 jaar met een 95% onzekerheidsmarge van 8 tot 100 jaar (rode lijnen). Zestig jaar geleden was dat nog tussen de 3 en 9 jaar, dus de kans op zo'n winter is sterk afgenomen door de opwarming. De zachte winter van 2007 was statistisch gezien zeldzamer, met een beste schatting van de herhalingstijd van 60 jaar nu (9 tot 700) in het huidige klimaat, en meer dan 200 in het koudere klimaat van de jaren 1950.

In Fig. 4 laten we hetzelfde zien voor de GEV distributie van de winter met de koudste dag van de afgelopen jaren, 2012 (zie ook het artikel van de Vries et al., Meteorologica, maart 2012) en de

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
DJF	koud	4	6			9	18	3	5		
	warm			60	3						18
T _{gn}	koud					3	5	5	54	4	
	warm	2	5	11	3						95

Tabel 1. Herhalingstijden in het huidige klimaat (dus inclusief de opwarming) van de winters 2005-2014, afgeleid uit een fit met een GPD (DJF CNT) of GEV (T_{gn}) waarvan de plaatsparameter μ uit de wereldgemiddelde temperatuur varieert.

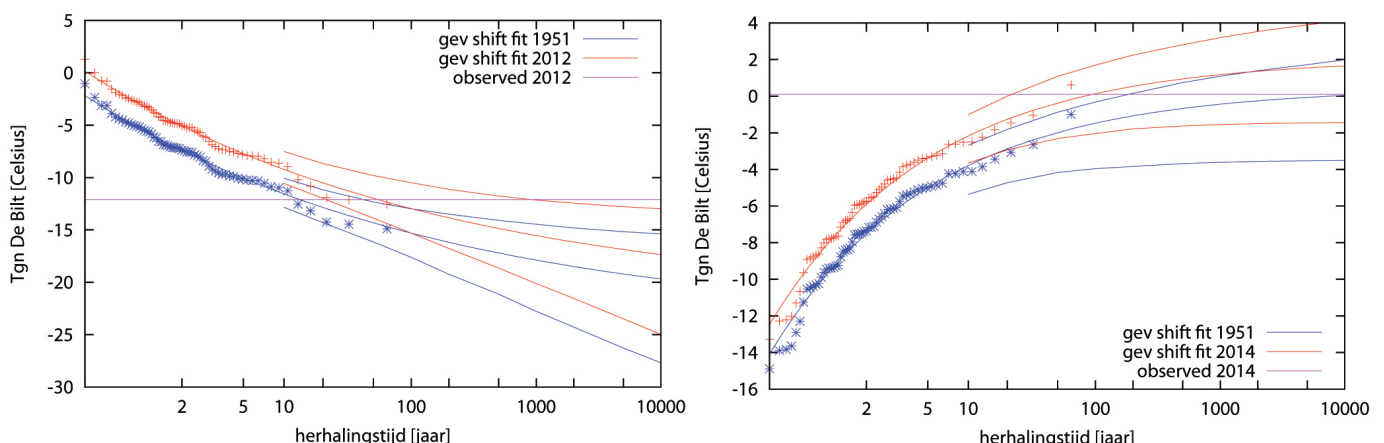
winter met de hoogste temperatuur op de koudste dag van het jaar, 2014. Door de grote inhomogeniteiten in de meetreeks in 1950 beschouwen we alleen winters vanaf 1951.

We zien dat er ook een significante trend is in de koude extremen, die zijn minder koud geworden. De trend is groter dan die in de wintergemiddelde temperatuur, zoals ook in klimaatmodellen en dus de KNMI scenario's. In de verdeling van 2012 komt een dag met een temperatuur van -12,1 °C zoals in 2012 waargenomen minder dan eens in de 20 jaar voor (onderste rode lijn van de 95% marges), met een beste fit van 50 jaar. In het klimaat van 1951 was dat nog minder dan eens in de zeven jaar geweest (onderste

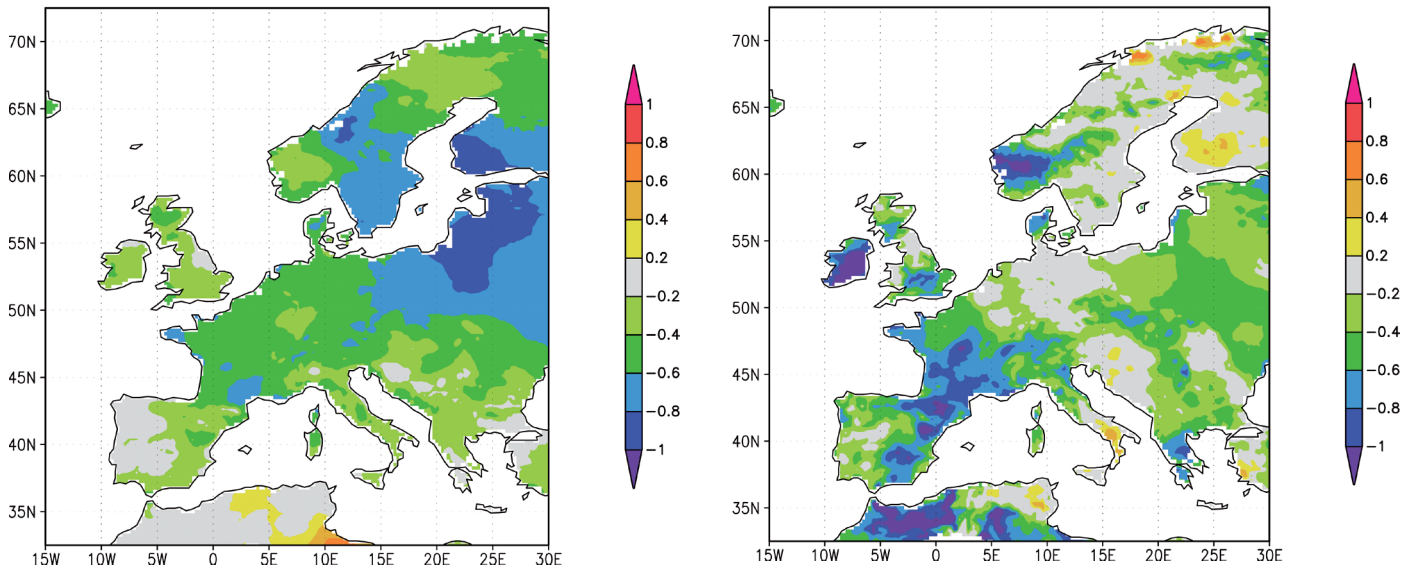
blauwe lijn van de 95% marges) met een centrale waarde van 13 jaar. Het was inderdaad een vrij uitzonderlijke dag in het huidige klimaat, maar 60 jaar geleden was het redelijk normaal geweest.

De resultaten voor 2014 aan de warme kant zijn ook in Fig. 4 gegeven. Een koudste dag van het jaar die zo hoog ligt als de waargenomen 0.1 °C komt in het huidige klimaat minder dan eens in de 20 jaar voor (centrale waarde 100 jaar), dus iets zeldzamer dan 2012. Echter in 1950 was de ondergrens al 200 jaar en de fitroutine geeft als centrale waarde 15000 jaar.

De warme extremen van 2007 (wintergemiddeld) en 2014 (koudste dag) waren



Figuur 4. Links: extremenstatistiek van de koudste dag van de winter van 2012 in de context van de andere winters sinds 1951. Rechts: hetzelfde voor de winter van 2014.



Figuur 5. Links: scheefheid van de dagelijkse temperatuur in Europa 1951-2014 (E-OBS, www.ecad.eu). Rechts: idem voor de koudste dag van het jaar.

dus statistisch gezien zeldzamer dan de koude extremen van 2010 en 2012. Het verschil wordt mede veroorzaakt door het verschil tussen warme en oude extremen in de winter. De koude extremen in de figuren 3 en 4 worden een factor tien zeldzamer voor elke twee graden kouder. Aan de warme kant heb je daar minder dan één graad voor nodig. De verdeling van de koudste dag in het jaar heeft zelfs een sterke kromming, wat betekent dat er een harde bovengrens is.

In Tabel 1 geven we de herhalingstijden van alle winters van de afgelopen 10 jaar, bepaald met een fit aan een de koude staart van de distributie als de temperatuur onder normaal lag, de warme als hij daarboven lag. De niet besproken koude winters zijn eigenlijk vrij normaal, ook in het huidige warmere klimaat, met herhalingstijden van minder dan 10 jaar.

Asymmetrie tussen koude en warme extremen

Behalve de felle koude begin februari 2012 hadden de winters van de 21^e eeuw geen uitzonderlijk koude dagen, zelfs niet ten opzichte van het opwarmend klimaat. Statistisch gezien was het totale gebrek aan koude dagen in 2014 zelfs uitzonderlijker dan de koudste dag van 2012. Hetzelfde geldt voor de wintergemiddelde temperatuur: de zachte winter van 2007 was uitzonderlijker dan de koude van de winters 2009-2013.

Dit is een gevolg van de scheefheid van de temperatuurverdeling in Nederland en het grootste deel van Europa (Fig. 5). Sterke uitschieters naar de koude kant worden veroorzaakt door het binnenstromen van Siberische lucht en uitstraling

boven een sneeuwdek. In beide gevallen kan de temperatuur ver onder normaal zakken. Zachte dagen worden veroorzaakt door aanvoer van zachte lucht uit het zuidwesten, vanaf de Atlantische Oceaan. Hier zit echter een bovengrens aan: de lucht kan niet veel warmer worden dan het zeewater. Deze asymmetrie is ook in de wintergemiddelde temperatuurafwijkingen terug te vinden.

Hetzelfde geldt voor de koudste dag van het jaar, hoewel andere processen een rol spelen. De temperatuur van de koudste dag van het jaar wordt hier bijna altijd bepaald door continentale lucht. Verder naar het westen en zuiden is dat niet elk jaar het geval en komt bovenstaande asymmetrie weer naar boven.

Conclusies

De winters van 2009-2013 waren kouder dan nu normaal is, maar waren naar de normen van vroeger niet “koud”. Dit wordt bevestigd door de herhalingstijden: zelfs in een warmer klimaat zijn dit winters die we eens in de 3-20 jaar kunnen verwachten. De zachte winters van 2014 en 2007 waren met herhalingstijden van rond de 18 tot rond de 60 jaar veel zeldzamere uitschieters. Hetzelfde geldt voor de koudste dag van het jaar. De hevige koude van begin februari 2012 had een herhalingstijd nu van rond de 50 jaar, maar het gebrek aan koude dagen in de winter van 2014 verwachten we zelfs nu maar ongeveer eens per 100 jaar (met grote onzekerheidsmarges).

De relatieve koude van 2009-2013 is dus geen argument tegen klimaatverandering. Integendeel, in het klimaat van een halve eeuw geleden waren dit heel

normale winters geweest. Alleen door de opwarming sindsdien worden ze als koud ervaren. Andersom waren de zachte winters van 2007 en 2014 nu al uitzonderlijk, maar waren ze in het klimaat van vroeger bijzonder onwaarschijnlijke uitschieters geweest. Deze kunnen dus wel als argument voor de opwarming dienen...

Uiteraard zijn de effecten van koude op de samenleving veel groter dan die van een zachte winter, zodat de koude winters veel meer opvielen. Ook hebben we andere aspecten van de winter niet besproken, zoals de grote hoeveelheid sneeuw in sommige van die winters. Tenslotte is een actuele discussie of de amplitude van de variabiliteit toeneemt, de “verruwing” van het weer. Wij hebben hier tot nu toe geen aanwijzingen voor kunnen vinden, maar de discussie woedt nog volop.

Referenties

- De Vries et al., 2010: Weer (g)een elfstedenwinter, *Meteorologica* maart 2010, BAMS 2013. http://www.knmi.nl/cms/content/104925/weer_geen_elfstedenwinter
- De Vries et al., 2012: Western European cold spells in current and future climate, *GRL*, 39, L04706.