



## UvA-DARE (Digital Academic Repository)

### De vernatting van Nederland: het gevolg van een toename van de extreme neerslag?

de Keijzer, S.; van Boxel, J.

**Publication date**

2003

**Document Version**

Author accepted manuscript

**Published in**

Weerspiegel

[Link to publication](#)

**Citation for published version (APA):**

de Keijzer, S., & van Boxel, J. (2003). De vernatting van Nederland: het gevolg van een toename van de extreme neerslag? *Weerspiegel*, 30(3), 328-336.  
<http://www.vwkweb.nl/index.php?page=421>

**General rights**

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

**Disclaimer/Complaints regulations**

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.

# **DE VERNATTING VAN NEDERLAND**

**HET GEVOLG VAN EEN TOENAME VAN DE EXTREME NEERSLAG?**

**Door Stijn de Keijzer en John van Boxel**

**Verschenen in Weerspiegel 30 (2003) pp 328-336.**

## DE VERNATTING VAN NEDERLAND. HET GEVOLG VAN EEN TOENAME VAN DE EXTREME NEERSLAG?

Door Stijn de Keijzer en John van Boxel

De laatste jaren wordt er steeds meer aandacht besteed de wereldwijde klimaatverandering die een gevolg zou kunnen zijn van een versterkt broeikaseffect. Er zijn talloze aanwijzingen te vinden die wijzen op een verandering van het klimaat. Verwoestijning in Afrika en grootschalige overstromingen in Europa (Tsjechië, Oost-Duitsland, Noord-Frankrijk, België en ook Nederland kampten in 2002 met ernstige wateroverlast) zijn de sprekende voorbeelden die de wetenschappelijke wereld aan het denken zetten.

Ook in Nederland is de afgelopen eeuw de neerslaghoeveelheid toegenomen. Vooral extreme buien worden steeds vaker waargenomen. Dat levert vaak schade op, zoals bij de Ikea waar op 24 augustus 2002 een dak onder het gewicht van het water bezweek tijdens een hevige bui. Op dezelfde dag stortte het dak van de zwembaden in Weesp en Etten-Leur in.

Dit artikel bespreekt de veranderingen in het neerslagklimaat van Nederland aan de hand van 100 jaar neerslaggegevens. Het blijkt dat de toename van de gemiddelde jaarlijkse neerslag komt doordat het vaker regent en deels doordat de neerslagintensiteit toegenomen is.

### Gegevens

Voor de analyse van de neerslaghoeveelheden van afgelopen eeuw in Nederland, is gekozen voor 11 weerstations in Nederland. Om de variabiliteit, die neerslag sowieso met zich meebrengt, zo goed mogelijk in te vangen, is voor 11 weerstations gekozen die goed verspreid zijn over Nederland. De stations die zijn gekozen zijn: De Bilt, Groningen, Heerde, Hoofddorp, Hoorn, Kerkwerpe, Oudenbosch, Roermond, Ter Apel, West-Terschelling en Winterswijk (figuur 1). De gegevens zijn afkomstig van het European Climate Assessment (ECA), dat de dagelijkse data voor deze weerstations op internet gepubliceerd heeft (Klein Tank et al., 2002; [www.knmi.nl/samenw/eca](http://www.knmi.nl/samenw/eca)). In het klimaatrapport van het KNMI (Können, 1999) staat over de weer

stations vermeld dat deze zijn geselecteerd op kwaliteit en homogeniteit, ook zijn de waarden gecorrigeerd voor een extra windeffect op de metingen dat optrad omdat de regenmeters vóór 1950 hoger waren opgesteld dan nu.



Figuur 1: Ligging van alle weerstations.

## Methodes

De dagelijkse neerslagdata die beschikbaar waren, zijn bewerkt met een computerprogramma, waardoor de gegevens (dagelijkse en maandelijkse) per jaar keurig geordend werden. De neerslaghoeveelheden per dag zijn onderverdeeld in overschrijdingsklassen met het volgende bereik: [1,2..10,12,..20,25...50,60..100] en een klasse voor de dagen met meer dan 100 mm/dag. Voor de maandelijkse hoeveelheden zijn de overschrijdingsklassen ingedeeld per 10-tal van 10-190 en een klasse boven 190 mm/maand. Verder is per jaar, halfjaar en kwartaal nog gekeken naar de neerslagsom.

Weerstation	Reeks
De Bilt	1906-2001
Groningen	1847-2001
Heerde	1893-2001
Hoofddorp	1867-2001
Hoorn	1884-2001
Kerkwerpe	1879-2001
Oudenbosch	1889-2001
Roermond	1869-2001
Ter Apel	1892-2001
West-Terschelling	1876-2001
Winterswijk	1881-2001
<b>Gemiddelde</b>	<b>1900-2001</b>

Tabel 1: De lengte van de data-reeksen van de weerstations. Het gemiddelde is van 1900-1906 genomen voor 10 stations en van 1906-2001 voor 11.

Als je alle gegevens van de jaarlijkse neerslag uitzet in een grafiek en je trekt zo goed mogelijk een rechte lijn door alle punten dan kun je bij het jaar 1900 aflezen wat toen 'normaal' was en ook bij het jaar 2000. Statistisch kun je dit ook doen met lineaire regressie. Je kunt dan tevens berekenen wat de kans is dat de waargenomen verandering op toeval berust. Dit is gedaan voor de jaarlijkse neer-

slag maar ook met alle cijfers, van halfjaarlijkse neerslag tot het aantal dagen met neerslag.

Met behulp van statistiek (Anova-toetsing) is gekeken in hoeverre de veranderingen significant waren. Daarbij werd het 95%-betrouwbaarheidsinterval als significantie genomen. Dit betekent dat je een verandering statistisch significant noemt als je op grond van de metingen met meer dan 95% zekerheid kunt zeggen dat de waargenomen verandering niet op toeval berust. De herhalingstijden voor maand- en dagdata zijn bepaald aan de hand van de reciproque van respectievelijk het aantal maanden en dagen per jaar dat een bepaalde hoeveelheid overschrijdt.

## Resultaten en discussie

Om een goed beeld te krijgen van de neerslaghoeveelheden in Nederland is in dit onderzoek gekeken op verschillende schaalniveaus. De jaarlijkse neerslagsom wordt eerst bekeken, daarna volgen de halfjaarlijkse, kwartaal- en maandneerslag, om uiteindelijk naar de neerslag per dag te kijken. Ook wordt gekeken naar de eventuele oorzaken van de toename.

### *Jaarlijkse neerslagsom*

Op bijna alle weerstations is gedurende de afgelopen eeuw een significante toename van de jaarlijkse neerslaghoeveelheid waargenomen (tabel 2). De toename is alleen in Winterswijk niet significant. Gemiddeld over 11 weerstations genomen is de jaarlijkse neerslagsom met 18% gestegen (een toename van 124 mm/eeuw). Deze toename is groter

Weerstation	Gemiddelde (1900-2001)	1900	2000	Trend (mm/eeuw)	Significantie (%)
De Bilt	809	742	867	125	98
Groningen	795	716	873	157	99
Heerde	801	748	853	101	97
Hoofddorp	803	714	890	176	99
Hoorn	765	685	843	158	99
Kerkwerve	731	682	779	97	97
Oudenbosch	764	697	830	133	99
Roermond	680	619	740	120	99
Ter Apel	734	680	788	107	98
West-Terschelling	765	712	818	106	98
Winterswijk	780	746	813	67	86
<b>Gemiddelde</b>	<b>766</b>	<b>703</b>	<b>827</b>	<b>124</b>	<b>99</b>

Tabel 2: De gemiddelde jaarlijkse neerslagsom (mm/jaar) voor alle weerstations. Het gemiddelde is genomen van 1900-2001 (behalve De Bilt) en de waarden voor 1900 en 2000 zijn bepaald uit de regressielijn. Daarnaast nog de trend en de daarbij behorende significantie.

dan die gevonden door Van Boxel en Cammeraat (1999a), onder andere doordat 1999, 2000 en 2001 relatief natte jaren waren en deze niet door Van Boxel en Cammeraat zijn meegenomen in hun berekeningen.

Van Boxel en Cammeraat (1999b) merkten op dat nattere maanden aan het eind van de eeuw meer voorkwamen dan aan het begin van de eeuw. Ook buiten Europa is er sprake van een toename van de neerslaghoeveelheden. Gemiddeld is in de Verenigde Staten sinds 1910 een stijging gevonden van rond de 10% (Karl and Knight, 1998; Ydema, 2003).

Om na te gaan of de toename in de jaarlijkse neerslag wordt veroorzaakt door meer dagen per jaar met neerslag of door een hogere neerslagintensiteit zijn de gegevens verder onderzocht.

Allereerst is het handig te kijken of er verschil is tussen neerslag in het zomer- en winterhalfjaar en daarna zal per seizoen, per maand en uiteindelijk per dag gekeken worden naar de neerslaghoeveelheden.

#### *Halfjaargemiddelden*

De neerslag in het winterhalfjaar (oktober-maart) is in de loop van de eeuw op alle stations toegenomen is (zie tabel 3). Op 2 stations (Groningen en Hoorn) is ook de halfjaarlijkse zomerneerslag (april-september) significant toegenomen.

Het gemiddelde over 11 weerstations vertoont een significante toename van de neerslag per winterhalfjaar van 30% voor de afgelopen eeuw (328 mm/jaar in 1900 tegenover 428 mm/jaar in 2000, dat wil zeggen een toename van 100 mm/eeuw). Het zomerhalfjaar vertoont ook een toename (30 mm/eeuw), deze is echter niet statistisch significant.

De toename van de neerslag in het winterhalfjaar is ook in Groot-Brittannië waargenomen (Fowler and Kilsby, 2002). In hun onderzoek komt naar voren dat in de jaren '70 een breekpunt ligt, waarna de neerslaghoeveelheden zijn toegenomen. Voor een oorzaak worden de veranderingen in de Noord Atlantische Oscillatie (NAO) aangedragen.

Alexander & Jones (2001) onder-

Weerstation	Halfjaarlijks		Kwartaal				Maandneerslag											
	winter	zomer	w	l	z	h	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
De Bilt	x			x		x			x									
Groningen	x	x	x	x		x	x		x	x		x					x	x
Heerde	x		x			x			x								x	
Hoofddorp	x		x				x										x	x
Hoorn	x	x	x	x		x	x	x						x		x	x	
Kerkwerve	x		x	x		x	x	x									x	
Oudenbosch	x		x	x		x	x	x						x		x	x	
Roermond	x		x	x			x	x										
Ter Apel	x		x			x	x	x									x	x
West-Terschelling	x		x				x										x	
Winterswijk	x			x														
<b>Gemiddelde</b>	<b>x</b>		<b>x</b>	<b>x</b>		<b>x</b>		<b>x</b>						<b>x</b>		<b>x</b>		

Tabel 3: Significante toename in halfjaarlijkse neerslag, kwartaalneerslag, maandhoeveelheden en maandneerslag in de afgelopen eeuw voor alle weerstations. Het winterhalfjaar is genomen van oct-mar en zomer- van apr-sep, de kwartalen zijn onderverdeeld in winter: djf, lente: mam, zomer: jja en herfst: son. In de kolom van maandneerslag staan de maanden die een significante toename vertonen gedurende de 20<sup>ste</sup> eeuw.

zochten de neerslag in Groot-Brittannië aan de hand van een meetreeks vanaf 1766 en vonden een toename van de neerslag in het winterhalfjaar en een afname in het zomerhalfjaar.

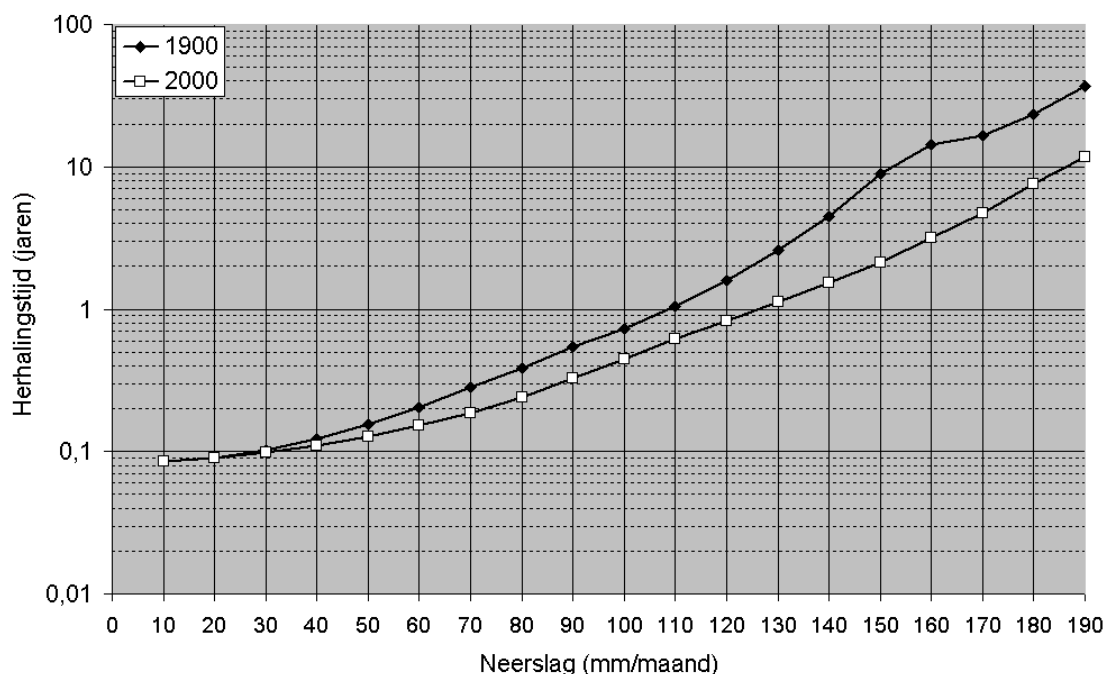
#### *Neerslag per kwartaal*

Als naar de neerslaghoeveelheden per kwartaal wordt gekeken (winter: djf, lente: mam, zomer: jja, herfst: son), valt op dat er op 9 van de 11 stations een toename is gevonden voor de winterneerslag en op 7 van de 11 neemt de lente- en herfsthoeveelheid toe (tabel 3). Het zomerkwartaal vertoont een geringe afname op 6 van de 11 stations en dus een toename op de 5 overige stations, maar deze veranderingen zijn statistisch niet significant. Het gemiddelde vertoont een afname van 6 mm/eeuw in de zomer, maar dit is niet significant. Dat de halfjaarcijfers voor de zomer een toename vertonen, komt doordat de lente en herfst een veel grotere, en significante, toename vertonen (respectievelijk

40 en 60 mm/eeuw) en dus de zomerafname verbloemen. Ook het winterkwartaal vertoont een significante toename (41 mm/eeuw). De af- en toename van respectievelijk de zomer- en winterneerslag in dit onderzoek zijn ook gevonden in Groot-Brittannië (Fowler and Kilsby, 2002). Echter in dat onderzoek zijn deze veranderingen wel significant en worden over de lente en herfst geen uitspraken gedaan. In Ierland werd op drie van de acht gebruikte weerstations ook een significante toename van de lente- en herfstneerslag waargenomen (Hoppe and Kiely, 1999).

#### *Neerslag per maand*

De maandneerslag is, gedurende de 20<sup>ste</sup> eeuw, op 10 van de 11 stations in tenminste één maand significant veranderd (zie tabel 3). Alleen in Winterswijk is geen significante verandering aangetroffen. Januari, maart en november vertonen op 8 van de 11 weerstations een significante toename gedurende de afge-



Figuur 2: Herhalingstijd voor de maandelijkse neerslaghoeveelheden, uitgezet voor 1900 en 2000, bepaald uit de regressielijn.

lopen eeuw, december op 5 van de 11 maanden. Dus in 4 van de 6 wintermaanden is op tenminste 5 weerstations een toename gevonden, een verklaring voor de stijging van de halfjaarlijkse winterneerslag. Als het gemiddelde genomen wordt, dan is in maart, september en november (respectievelijk 22, 27 en 25 mm/eeuw) de neerslaghoeveelheid significant toegenomen vanaf 1900. Wordt het betrouwbaarheidsinterval op 90% gesteld, dan vertoont ook december een significante toename (20 mm/eeuw). In Groot-Brittannië en Ierland (Fowler and Kilsby, 2002; Hoppe and Kiely, 1999) werd de maand maart ook aangeduid als maand waarin een significante stijging heeft plaatsgevonden. Ondanks een significante verandering op 8 van de 11 weerstations in de maand januari, vertoont het landelijke gemiddelde geen significante

verandering. Dat heeft te maken met het feit dat neerslag niet aan kalendermaanden gebonden is. Om de waarnemingen goed tot hun recht te doen komen is het beter om te kijken naar de verdeling van de maandelijkse neerslag.

#### *Verdeling van de maandelijkse neerslag*

Het is belangrijk niet alleen te kijken of bepaalde maanden natter of droger zijn geworden, ook de verdeling van de maandelijkse neerslag kan verduidelijken of er al dan niet sprake is van vernatting in Nederland. Een aanwijzing voor de vernatting werd gegeven door Van Boxel en Cammeraat (1999b). Zij vonden een stijgende trend van het aantal natte maanden (>100 mm) daar waar het aantal droge maanden (<25 mm) in de loop van de eeuw nagenoeg gelijk is gebleven. Binnen de gebruikte dataset valt op dat voor het gemiddelde een signifi-



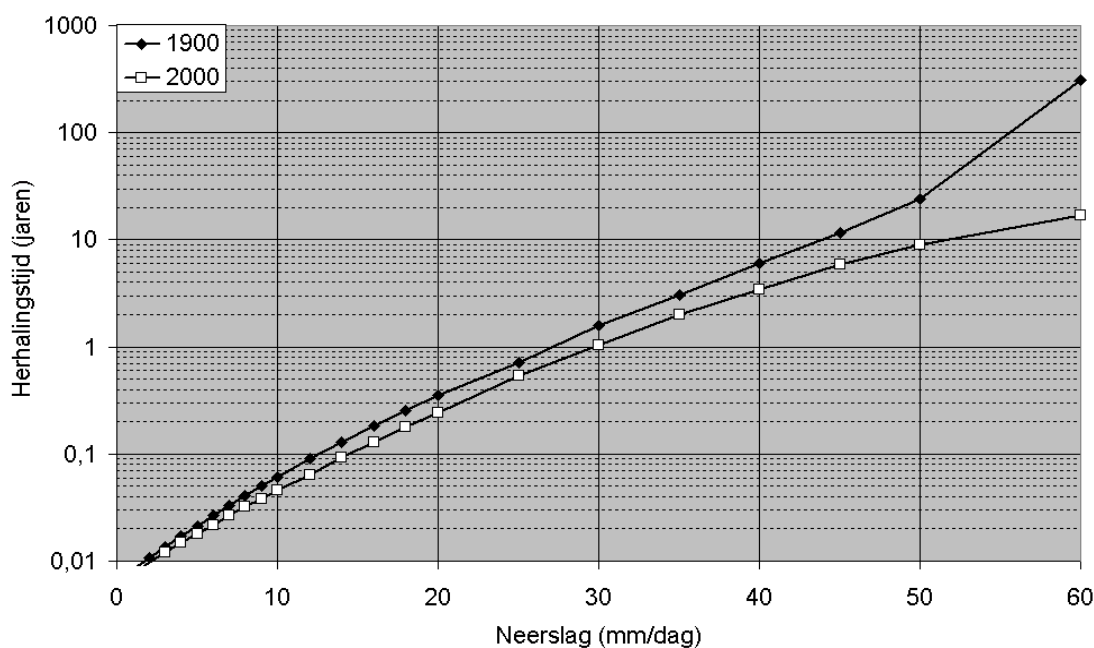
cante toename is gevonden van maanden met 50 tot 160 mm/maand neerslag. Daar het maandgemiddelde over de gehele meetperiode 64 mm/maand bedraagt, zou gesteld kunnen worden dat de verandering vooral aan de natte kant van het gemiddelde heeft plaatsgevonden. Van Boxel (2002) komt tot een vergelijkbare conclusie.

Figuur 2 toont de herhalingstijd voor maanden met meer dan een bepaalde hoeveelheid neerslag. In figuur 2 is te zien dat vooral het aantal nattere maanden is toegenomen in het verloop van de afgelopen eeuw. Het verschil tussen de twee lijnen voor de herhalingstijd wordt groter naarmate de neerslaghoeveelheid stijgt. In het droge gedeelte van de figuur is er nagenoeg geen verschil. De onregelmatigheid in de lijn van 1900 komt waarschijnlijk doordat de berekeningen in het extreme bereik op weinig metingen gebaseerd zijn en dus gevoeliger zijn voor toevalligheden.

### *Verdeling van de dagelijkse neerslaghoeveelheden*

De toename van de jaarlijkse neerslaghoeveelheid geeft aan dat het in de afgelopen eeuw natter is geworden. Om te kijken wat deze verandering veroorzaakt heeft, zijn de dagelijkse neerslaggegevens van belang. Is de neerslagtoename te wijten aan een stijging van het aantal dagen met extreme neerslag? Is het meer dagen per jaar gaan regenen of is de neerslagintensiteit op de dagen met neerslag toegenomen?

Wat als eerste opvalt als de cijfers van het gemiddelde over de 11 weerstations bekeken worden, is dat het aantal dagen met 1-20 en 60-80 mm/dag significant gestegen is. Dat wil dus zeggen dat het aantal dagen met neerslag over een groot bereik is toegenomen. Ook Bruin (2002) concludeerde dat het aantal dagen met neerslag gedurende de 20<sup>ste</sup> eeuw is toegenomen. Niet alleen het aantal dagen met weinig neerslag (1-2 mm) is gestegen, maar ook het aantal da-



Figuur 3: Herhalingstijd voor dagelijkse neerslaghoeveelheden, uitgezet voor 1900 en 2000



gen met extreme neerslag ( $>50$  mm) is omhoog gegaan. Deze stijging is ook te zien bij het bekijken van de herhalingstijd (figuur 3).

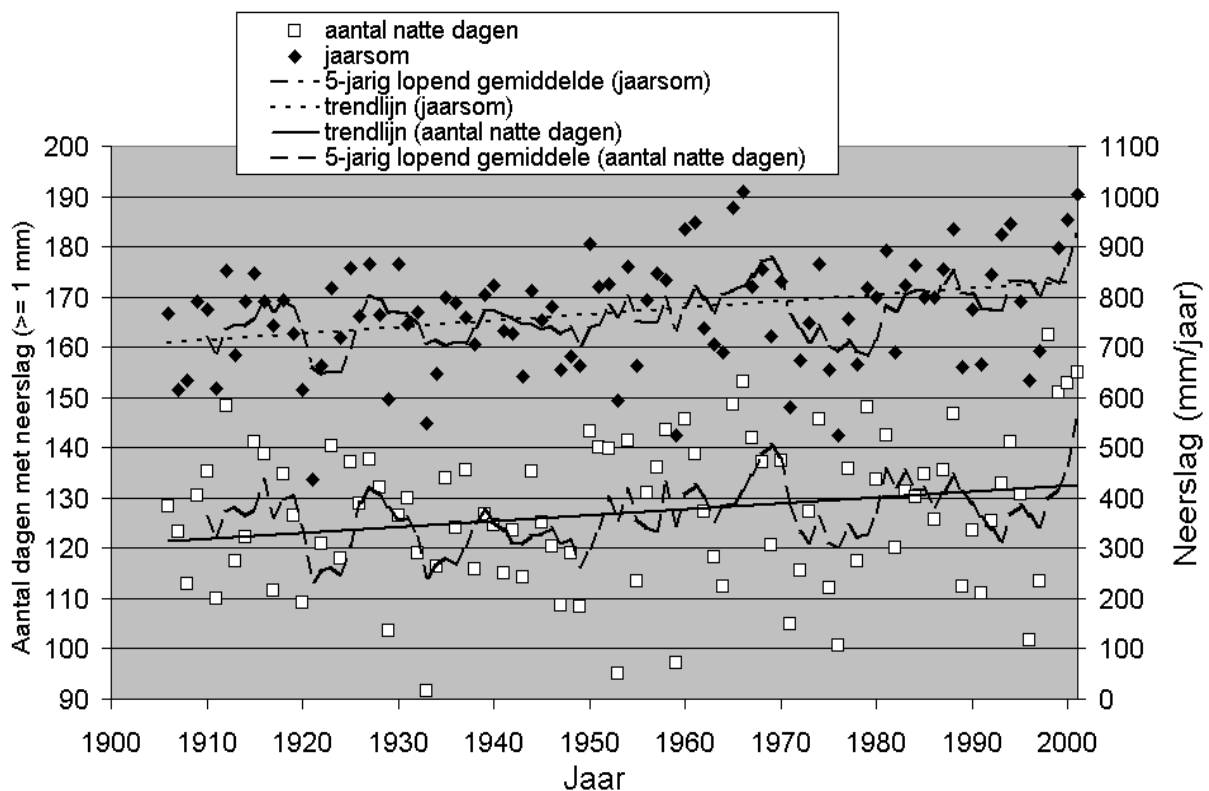
Figuur 3 toont de herhalingstijden voor dagen met meer dan een bepaalde hoeveelheid neerslag voor het begin en het einde van de 20<sup>ste</sup> eeuw. Aan het begin van de eeuw kwamen dagen met een landelijk gemiddelde neerslag van meer dan 50 mm ongeveer eens per 25 jaar voor en aan het einde van de eeuw eens per 9 jaar. In figuur 3 valt op dat in de loop van de eeuw over het gehele bereik de herhalingstijd afgenomen is. Dat betekent dat over het hele spectrum van de dagelijkse neerslag een toename heeft plaatsgevonden, een aanwijzing voor een toename van de neerslagintensiteit.

De relatief rechte lijn voor 1900 in figuur 3 vertoont een knik na 50 mm/dag, doordat in dat traject de be-

rekenende waarde gebaseerd is op slechts enkele metingen, waardoor de kans op toevalligheden groter wordt.

Uit de afname van de herhalingstijd van extreme neerslag tussen 1900 en 2000 blijkt dat in de loop van de is toegenomen. Een kanttekening bij extreme neerslag is dat deze meestal zeer lokaal is. Dat maakt het extra lastig om alle extreme gebeurtenissen in kaart te brengen en mee te nemen in de berekeningen.

Dat de toename van de intensiteit en daarmee gepaard, de toename van extreme buien niet alleen verantwoordelijk zijn voor de toename van de jaarlijkse neerslag, blijkt uit figuur 4. Als we letten op de lijnen voor het 5-jarig lopend gemiddelde lijkt er een positief verband te bestaan tussen de jaren met een hoge neerslagsom en het aantal dagen met neerslag ( $\geq 1$  mm).



Figuur 4: Aantal dagen met neerslag en jaarlijkse neerslagsom.

Rond 1900 waren er gemiddeld 121 dagen per jaar met meer dan 1 mm neerslag, in 2000 waren dat er gemiddeld 132. Een significante toename van 11 dagen per eeuw. Alleen weerstations De Bilt en Hoofddorp vertonen geen significante verandering van het aantal natte dagen, op alle andere stations is er sprake van een significante toename.

De toename van het aantal natte dagen bedraagt voor de 20<sup>ste</sup> eeuw gemiddeld ongeveer 9% in Nederland. De jaarlijkse neerslaghoeveelheid is gedurende de afgelopen eeuw toegenomen met rond de 18%. De stijging van de jaarlijkse neerslagsom is dus slechts voor ongeveer de helft te wijten aan een toename van het aantal natte dagen. Hiermee wordt bevestigd dat de neerslagintensiteit is toegenomen en deze zal voor de andere helft van de stijging verantwoordelijk zijn. In ander onderzoek (Klein Tank et al., 2002) werd deze waarneming ook al gedaan. Ook in Amerika (Karl and Knight, 1998) is de toename van de jaarlijkse neerslag zowel te wijten aan een toename van de intensiteit als aan de toename van het aantal dagen met neerslag. Opmerkelijk hierbij is dat in Amerika de toename van extreme neerslag (boven 95-percentiel) voor ongeveer de helft bijdraagt aan de toename van de totale neerslagsom.

#### *Gemeten records*

Voor de liefhebbers, de records, gebaseerd op de 11 gebruikte weerstations. Het hoogste dagmaximum bedraagt 95,3 mm/dag en is gemeten in september 1998 in Oudenbosch. Heerde heeft het record van hoogste maandsom in handen met 246,5 mm/maand in juli 1965. De hoogste

jaarsom is gevonden in De Bilt (1307 mm/jaar in 1998), de laagste in Kerkerve (338 mm/jaar in 1921). Ook voor de landelijk gemiddelde neerslag was 1921 het droogste jaar (436 mm). Dat jaar was ook in België (UKkel registreerde 407 mm) en in Engeland en Wales (gemiddelde neerslag in 1921 bedroeg 629 mm tegen 924 mm/jaar als gemiddelde voor de 20<sup>ste</sup> eeuw).

#### *Oorzaken*

Een van de meest genoemde oorzaken van het toenemen van de neerslaghoeveelheden over de hele wereld is het toegenomen broeikaseffect als gevolg van de stijgende CO<sub>2</sub>-uitstoot. Hierdoor zal de gemiddelde temperatuur stijgen op aarde. Dat heeft tot gevolg dat er meer water verdampt uit de oceanen. Daar de verblijftijd van water in de atmosfeer maar kort is, zal de hoeveelheid neerslag ook stijgen (Van Boxel en Cammeraat, 2000). Ook veranderingen in de meetmethodes kunnen voor toe- en/of afnames in de gemeten hoeveelheden zorgen en zo de metingen beïnvloeden. Meest aannemelijk is dat met een verandering (=meestal verbetering) van meetmethodes meer neerslag gemeten wordt, aangezien de verbeteringen over het algemeen zorgen voor minder windinvloed en daarmee dus meer neerslag opgevangen kan worden. Echter, volgens het KNMI (Können, 1999) zijn de gegevens van de gebruikte weerstations homogeen verdeeld en gecorrigeerd voor eventuele windinvloed.

Een andere bestaande theorie is dat de klimaatsveranderingen inherent zijn aan het bestaan op aarde. De Glacialen en Interglacialen zijn hier-

van het meest recente voorbeeld. Veranderingen in de Noord Atlantische Oscillatie (NAO) worden ook wel genoemd als oorzaak van de vernatting (Fowler and Kilsby, 2002). De NAO is de meting van druk tussen IJsland en de Azoren. Verschuivingen in de NAO kunnen diepgaand effect hebben op de temperatuur en neerslag in Noord-Europa.

## Conclusies

Net als in naastliggende landen zijn ook in Nederland de neerslaghoeveelheden de afgelopen eeuw significant gestegen. Voornamelijk in de wintermaanden is het natter geworden. Ook in de zomer lijkt de neerslag toegenomen te zijn in de loop van de eeuw, echter deze waarneming is niet significant en wordt ook niet gevonden in andere, naburige landen. Als per kwartaal gekeken wordt, zijn het vooral de lente en de herfst die een significante stijging vertonen. De maand maart is de enige maand, die gemiddeld over alle gebruikte weerstations, significant natter is geworden.

De oorzaak van de vernatting in Nederland ligt zowel in een stijging van het aantal dagen met neerslag als een toename van de regenintensiteit. De toename van de regenintensiteit betekent dat ook de extreme neerslag is toegenomen. De grafieken van de herhalingstijd laten zien dat extreme neerslag aan het eind van de afgelopen eeuw vaker voorkomt. De meest aannemelijke oorzaak voor de vernatting is de toename van het broeikas effect door de stijgende concentratie van CO<sub>2</sub>-gas in de atmosfeer. Echter, ook een algemene ver-

andering van het klimaat, vergelijkbaar met de situatie tijdens de Glacialen en Interglacialen, zou enige invloed kunnen uitoefenen op de toenemende neerslaghoeveelheden.

## Literatuur

- Alexander, L.V., P.D. Jones, 2001. Updated precipitation series for the U.K. and discussion of recent extremes. *Atmospheric Science Letters*, volume 1.
- Bruin, A.T.H., 2002. Veranderingen in neerslagstatistieken in Nederland voor de periode 1901-2001. Klimatologische Dienst KNMI, 42 pp.
- Fowler, H.J., C.G. Kilsby, 2002. Precipitation and the North Atlantic Oscillation: a study of climatic variability in northern England. *International Journal of Climatology*, 22: 843-866.
- Hoppe, H., G. Kiely, 1999. Precipitation over Ireland – observed change since 1940. *Phys. Chem. Earth (B)*, 24: 91-96.
- Karl, T.R., R.W. Knight, 1998. Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79: 231-241.
- Klein Tank, A.M.G. et al., 2002. Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. *International Journal of Climatology*, 22: 1441-1253, <http://www.knmi.nl/samenw/eca>
- Können, G.P., 1999. De toestand van het klimaat in Nederland 1999, KNMI (3-jaarlijkse klimaatrapportage). KNMI, De Bilt, 64 pp., <http://www.knmi.nl/voorl/nader/klim/klimaatrapportage.html>
- Van Boxel, J.H., L.H. Cammeraat, 1999a. Wordt Nederland steeds natter?. *Meteorologica*, (8): 11-15.
- Van Boxel, J.H., L.H. Cammeraat, 1999b. Nog meer nattigheid?. *Weerspiegel*, 26: 667-672.
- Van Boxel, J.H., L.H. Cammeraat, 2000. Weersverwachting voor de 21<sup>ste</sup> eeuw. *Geografie*, (3): 18-21.
- Van Boxel, J.H., 2002. Het klimaat verandert. En de duinen? *Duin* 25(4): 13-15.
- Ydema, S., 2003. 100 jaar neerslag in de Verenigde Staten: een analyse. Rapport Aardwetenschappen, Universiteit van Amsterdam.