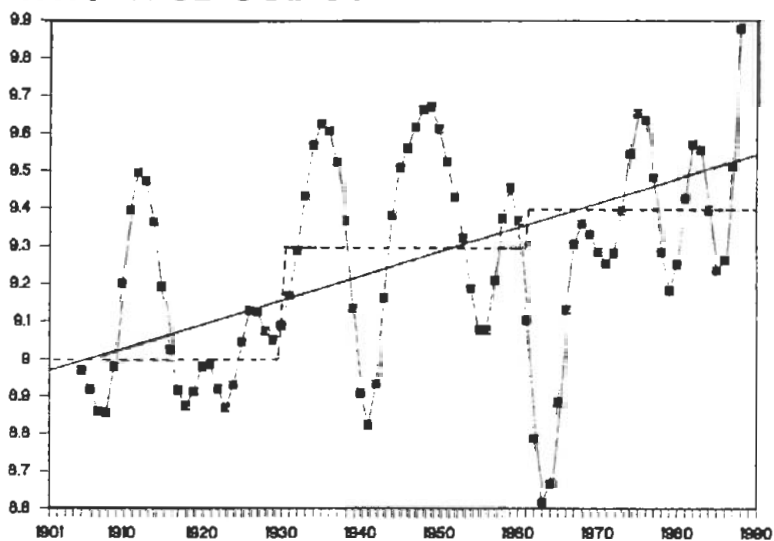


*Mogelijke klimaatwijzigingen in Nederland voor het tijdvak 1901-1990*

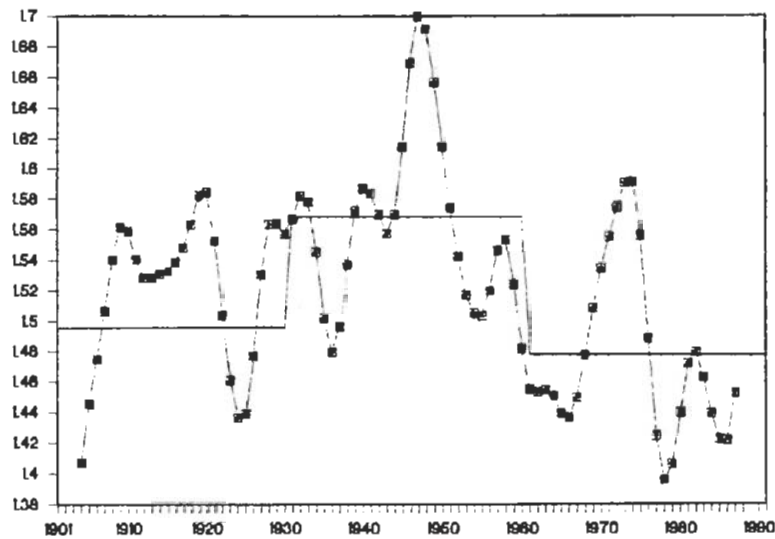
## Verandert het klimaat wel echt?

Naar aanleiding van enige kritiek op het artikel "Het klimaat verandert" (METEOROLOGICA 1, 1992, pag. 8-10) worden in dit vervolgartikel nog enkele aspecten bekeken van mogelijke klimaatverschuivingen in het tijdvak 1901-1990 en de statistische aantoonbaarheid. Hierbij is gebruik gemaakt van de door het KNMI gepubliceerde standaardnormalen van De Bilt voor de tijdvakken 1901-1930, 1931-1960 en 1961-1990. De metingen in dit tijdvak vonden plaats op één en dezelfde plek, wat een gunstige bijkomstigheid is. Gaan we verder terug dan 1900, dan worden de metingen elders verricht (Utrecht, Zwanenburg, Delft). Anderzijds hebben zowel de wijze van meten (instrumenten) als de om- >>



*Figuur 1. Over tien jaar Gaussisch gladgestreken gemiddelde jaartemperatuur van De Bilt voor het tijdvak 1901-1990. Tevens zijn aangegeven de trendlijn en de waarden van de standaardnormalen.*

## SCHOMMELING IN ZONNESCHIJN 1901-1990



Figuur 2. Over tien jaar Gaussisch gladgestreken aantal uren zonneshijns (in duizendtallen) in De Bilt voor het tijdvak 1901-1990. Tevens zijn aangegeven de trendlijn en de waarden van de standaardnormalen.

geving van de meetplek (tuin van het KNMI) ook in het beschouwde tijdvak veranderingen ondergaan. Voor het eerste mag worden aangenomen dat er met parallele metingen is gewerkt, de verandering van de omgeving is echter in de klimaatverandering vervat. Internationaal (WMO) is afgesproken dat een klimaatverandering wordt gedefinieerd als een statistisch aantoonbaar verschil tussen twee opeenvolgende veeljarige gemiddelden van een klimatologische grootheid zoals de temperatuur, de neerslaghoeveelheid en het aantal uren zonneshijns. Deze veeljarige gemiddelden noemen we de normalen. Zij bestrijken een tijdvak van 30 jaar. Elk willekeurig 30-jarig tijdvak kan gebruikt worden als normaal, de eerder genoemde tijdvakken 1901-1930, enz. zijn de standaardnormalen. Een statistisch aantoonbaar of significant verschil wil zeggen dat de kans dat dit verschil door het toeval wordt veroorzaakt kleiner is dan 5 procent. Weliswaar is het begrip significant arbitrair omdat een enkele keer een grens van 10 procent wordt gehanteerd en soms ook een grenswaarde van 1 procent, maar de 5 procent-grens is een algemeen aanvaard.

### Variabiliteit

Binnen het klimaat is er sprake van variabiliteit. Dit wordt veroorzaakt door de individuele verschillen van de maand-, seizoen- en jaargemiddelden ten opzichte van het veeljarig gemiddelde. Extreme waarden bepalen de grootte van de variabiliteit. De variabiliteit van het klimaat neemt toe van de tropen tot de subarctische gebieden. Voor Nederland wordt de variabiliteit afgevlakt door de zee. De variabiliteit is er de oorzaak van dat men bij het optreden van extreme waarden van de klimatologische grootheden al gauw geneigd is te denken dat het klimaat verandert,

terwijl men slechts de extreme nukken en grillen van het weer binnen dat klimaat ondergaat.

### Klimaatverandering

Zelden hebben de klimatologische grootheden over lange tijdvakken dezelfde waarde. Kleine veranderingen in de getallen zijn heel normaal. We denken hierbij aan tijdvakken van honderd tot enkele honderden jaren. Voor tijdvakken van duizenden jaren zijn grotere verschuivingen niet zeldzaam.

Het is dus een illusie te denken dat het klimaat een constante grootheid is. In het klimaat kunnen optreden fluctuaties (veranderingen naar één maximum of minimum), variaties (het maximum of minimum blijft meer of minder lang op het hoge of lage niveau), oscillaties (het optreden van maxima of minima rond een vaste gemiddelde waarde) en schommelingen (een oscillatie met maxima en minima van lange duur).

Bij alle hiervoor genoemde termen komen de gemiddelde klimatologische grootheden te lang en te veel terug op de oorspronkelijke waarde, in tegenstelling tot bij een klimaatverandering. De echte klimaatverandering wordt gekenmerkt door een trend of een discontinuïteit. Bij een trend is er sprake van een gelijkmatige toename of afname van de gemiddelde klimatologische grootheden, bij een discontinuïteit treedt er ergens in de reeks een sprongsgewijze verandering van deze grootheden op. De vraag is nu of er iets van bovengenoemde aard in de klimaatcijfers van De Bilt over de twintigste eeuw heeft plaats gevonden.

me van de gemiddelde klimatologische grootheden, bij een discontinuïteit treedt er ergens in de reeks een sprongsgewijze verandering van deze grootheden op. De vraag is nu of er iets van bovengenoemde aard in de klimaatcijfers van De Bilt over de twintigste eeuw heeft plaats gevonden.

### Significante veranderingen

Bij het toetsen van de klimatologische gemiddelden over het tijdvak 1901-1990 is uitgegaan van het aantonen van significante verschillen tussen 1901-1930 en 1931-1960 enerzijds en tussen 1931-1960 en 1961-1990 anderzijds. Hierbij werden telkens overeenkomstige maanden beschouwd (zie tabel I). Voor genoemde tijdvakken zijn de verschillen in temperatuur, neerslaghoeveelheid en uren zonneshijns >>

Tabel I Standaardnormalen De Bilt (maandgemiddelden)  
1 = tijdvak 1901-1930, 2 = tijdvak 1931-1960, 3 = tijdvak 1961-1990,  
S = standaarddeviatie, T = temperatuur (°C), N = neerslag (mm),  
Z = zonneshijns (uren)

	T	JAN	FEB	MRT	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC
1	2.3	2.5	4.9	7.8	12.4	14.8	16.6	16.0	13.6	9.6	5.0	2.9	
2	1.7	2.0	5.0	8.5*	12.4	15.5	17.0	16.8*	14.3*	10.0	5.9*	3.0	
3	2.2	2.5	5.0	8.0	12.3	15.21	6.8	16.7	14.0	10.5	5.9	3.2	
s	2.0	2.5	1.4	1.4	1.2	1.5	1.5	1.1	1.0	1.6	1.8	1.9	
N	JAN	FEB	MRT	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	
1	59	44	49	52	53	66	74	88	66	72	66	76	
2	69	51	44	49	52	57	78	89	71	72	70	64	
3	66	48	63*	52	61	68	75	71	67	72	81	80	
s	25	19	26	26	27	32	37	48	39	42	29	31	
Z	JAN	FEB	MRT	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	
1	52	70	111	154	204	192	195	177	147	98	59	38	
2	56	69	127*	164	211	223*	199	186	146	102	50	41	
3	47*	73	107*	153	197	192**	187	185	134	103	55	43	
s	17	27	30	41	48	38	49	36	34	35	23	12	

getoetst, dus twee maal de verschillen tussen 12 maanden bij drie elementen. Totaal dus 72 toetsingen. Bij uitsluitend toevalsverschillen worden bij een 5 percents-drempel nog  $72 \cdot 0,05 = 3,6$  significante verschillen verwacht. We mogen stellen dat er bij zeven of meer significante verschillen een klimaatsverandering heeft plaats gevonden. Bij de toetsing is uitgegaan van de onafhankelijkheid van de opeenvolgende maanden. Dit was geen verkeerde veronderstelling: de correlatiecoëfficiënt was in geen van de twee maal twaalf gevallen groter dan 0,44.

In de tabel zien we tien (gesterde) significante waarden. Zij geven aan dat de hypothese van een klimaatsverandering voor De Bilt voor een deel door feiten wordt ondersteund; voor een deel, want waar de waarden in het volgende standaard tijdvak weer op hun oorspronkelijke niveau terugkeren, is er sprake van een klimaatschommeling. De feiten zijn dat:

\* april, augustus, september en november in het standaardtijdvak 1931-1960 significant warmer waren dan in het standaardtijdvak 1901-1930.

\* maart in het standaardtijdvak 1961-1990 significant natter was dan in het standaardtijdvak 1931-1960.

\* maart en juni in het standaardtijdvak 1931-1960 significant zonniger waren dan in het standaardtijdvak 1901-1930.

\* januari, maart en juni in het standaardtijdvak 1961-1990 significant somberder waren dan in het standaardtijdvak 1931-1960.

De verschillen bij de temperatuur zijn het duidelijkst. Het tijdvak 1931-1960 is door het voorkomen van vier significant warmere maanden  $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  warmer dan het tijdvak 1901-1930. De temperatuur in het tijdvak 1961-1990 bleef op dit hoge niveau, het werd nog  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  warmer (tabel II). Het Nederlandse klimaat werd in de loop van deze eeuw duidelijk warmer (figuur 1). Bij het hanteren van standaardnormalen zien we eerder een sprong dan een trend. Dat de uitzonderlijk warme jaren aan het eind van de jaren tachtig nog niet in het klimaat van het tijdvak 1961-1990 tot uiting komen, komt door het optreden van een relatief koude periode tussen

Tabel II

Standaardnormalen voor De Bilt (jaargemiddelden)

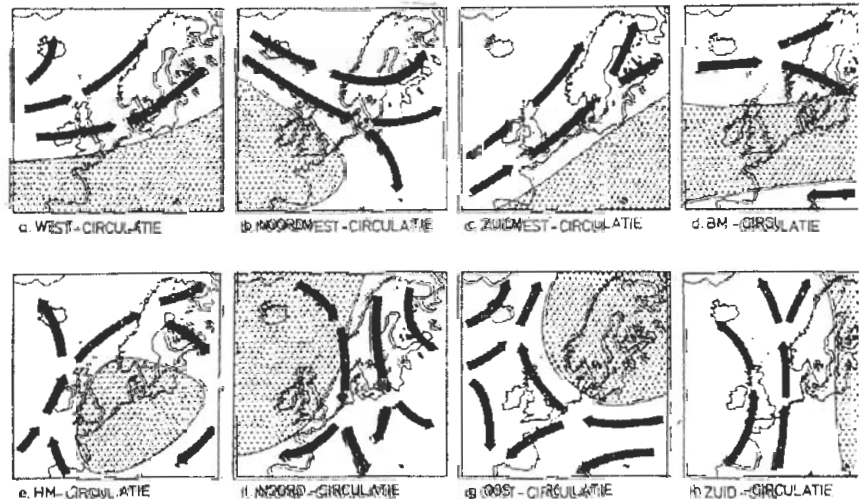
Tijdvak	1901-1930	1931-1960	1961-1990	
temperatuur	9,0	9,3	9,4	$^{\circ}\text{C}$
neerslag	765	766	803	mm
zonneshijjn	1496	1572	1477	uren

TABEL III Gemiddeld circulatiepatroon per jaar voor de standaardnormalen I: tijdvak 1901-1930, II: tijdvak 1931-1960, III: tijdvak 1961-1990

CIRC	I	II	III	KLASSE	I	II	III
SW <sub>a</sub>	5	8	12	ZUIDWEST	8	17	16
SW <sub>z</sub>	3	9	4				
Wa	23	19	21	WEST	93	84	91
Wz	57	52	56				
Ws	13	11	12				
NW <sub>a</sub>	23	13	8	NOORDWEST	50	47	42
NW <sub>z</sub>	14	17	18				
TRM	13	16	15				
Na	4	3	12	NOORD	43	46	51
Nz	14	8	10				
HN <sub>a</sub>	13	14	8				
HN <sub>z</sub>	4	5	8				
HB	8	15	12				
NE <sub>a</sub>	10	11	5	NOORDOOST	18	19	11
NE <sub>z</sub>	8	8	6				
HF <sub>a</sub>	15	14	11	OOST	26	28	31
HF <sub>z</sub>	2	3	7				
HN <sub>Fa</sub>	5	5	4				
HN <sub>Fz</sub>	4	6	8				
SE <sub>a</sub>	7	9	5	ZUIDOOST	13	9	5
SE <sub>z</sub>	6	0	0				
S <sub>a</sub>	10	7	7	ZUID	31	31	39
S <sub>z</sub>	3	4	4				
TR	9	9	8				
TRW	9	11	19				
HM	40	36	24	HOOGMIDD EUR.	40	37	24
BM	23	25	34	BRUG HOOGMIDD EUR.	23	25	34
TM	9	10	9	LAAGMIDD EUR.	9	10	9
ww	9	10	9	SCHERPONG, WEST C	9	10	9

1955 en 1976. De zonnigheid, die de voorjaarsmaand maart en de zomermaand juni in het tijdvak 1931-1960 kenmerkte, werd weer teniet gedaan in het daaropvolgende tijdvak. Hier kan men dus spreken van een klimaatschommeling (zie figuur 2). Significante verschillen in de gemiddelde klimatologische grootheden zou men terug moeten vinden in significante veranderingen in de algemene circulatie, met andere woorden in signifi-

cante verschillen in het voorkomen van bepaalde circulatietypen. Hierbij zou dan van de veronderstelling moeten worden uitgegaan dat bepaalde circulatietypen slechts een en hetzelfde weertype zouden veroorzaken, maar helaas, de spreiding in weertypen is groot. Aangezien de belangrijkste klimaatverschillen te vinden zijn tussen de tijdvakken 1901-1930 en 1931-1960 (temperatuur en zonneshijjn) lijkt het zoeken naar verschillen in de alge- >>



mene circulatie hier het vruchtbaarst. Bij de 29 afzonderlijke circulatietypen komen significante verschillen echter niet aan het licht. Zo op het oog zou de temperatuuroename veroorzaakt kunnen zijn door een duidelijke toename van de volgende circulatietypen:  $SW_a$ ,  $SW_z$ , HB en TRW en een afname van  $NW_a$  en  $N_z$  (tabel III). In het tijdvak 1961-1990 is er sprake van een verdere toename van  $SW_a$ , maar  $SW_z$  neemt dan weer sterk af. Het totaal der SW-circulaties blijft ongeveer op niveau.  $NW_a$  zien we verder afne-

men, evenals  $HN_a$ ,  $NE_a$ ,  $HF_a$  en  $SE_a$ . Na neemt daarentegen aanzienlijk toe. De afname van deze continentale lucht aanvoerende circulatietypen kan, evenals de afname van HM, voor het warmer worden van het klimaat alleen gebruikt worden als we weten in welk seizoen dit precies plaats vond. Voor de winter zou dit wijzen op een afname van het aantal koude winters. Ons onderzoek ging echter niet zover, dat we veranderingen van de frekwentie van de circulatietypen per maand of per seizoen hebben bekeken.

### Conclusie

Hoewel het er bij het hanteren van jaargemiddelden op lijkt of de klimaatverschuivingen afgeleid uit de cijfers voor de standaardnormalen minimaal zijn, zijn er bij de maandgemiddelden in een aantal gevallen toch zodanige verschuivingen voorgekomen, dat ze bij toetsing significant blijken te zijn. Een aantal maanden heeft dus een ander klimaat dan gedurende voorafgaande standaardtijdvakken.

Bart van Mourik/Baltus Zwart (KNMI)