

Andrew Revkin & Lisa Mechaley

HET WEER

Geschiedenis van de grillige atmosfeer

In samenwerking met
NewScientist

INHOUD

VOORWOORD DOOR PETER KUIPERS MUNNEKE ix

INLEIDING xi

DANKWOORD xiii

4,567 miljard jaar geleden	DE AARDE KRIJGT EEN ATMOSFEER	1
4,3 miljard jaar geleden	WATERWERELD	3
2,9 miljard jaar geleden	ROZE HEMEL EN IJS	5
2,7 miljard jaar geleden	EERSTE FOSSIELE SPOREN VAN REGENDRUPPELS	7
2,4 miljard –		
423 miljoen jaar geleden	DE IJZIGE WEG NAAR VUUR	9
252 miljoen jaar geleden	DODELIJKE WARMTE EN HET GROTE UITSTERVEN	11
66 miljoen jaar geleden	DE ONDERGANG VAN DE DINOSAURIËRS EN DE OPKOMST VAN DE ZOOGDIEREN	13
56 miljoen jaar geleden	HET KOORTSACHTIGE EOCEEN	15
34 miljoen jaar geleden	EEN ZUIDELIJKE OCEAAN ALS KOELMOTOR	17
10 miljoen jaar geleden	HET VERRIJZEN VAN TIBET EN DE AZIATISCHE MOESSON	19
100.000 jaar geleden	KLIMAATVERANDERING VERDRIJFT POPULATIES	21
17.000 jaar geleden	EEN SUPERDROOGTE	23
11.700 jaar geleden	DE VRUCHTBARE HALVE MAAN	25
7300 jaar geleden	NOORD-AFRIKA VERDROOGT EN DE FARAO'S KOMEN OP	27
7000 jaar geleden	LANDBOUW VERWARMT HET KLIMAAT	29
2370 jaar geleden	ARISTOTELES SCHRIJFT <i>METEOROLOGICA</i>	31
2320 jaar geleden	CHINA VERSCHUIFT VAN MYTHOLOGIE NAAR METEOROLOGIE	33

1088	SHEN KUO BESCHRIJFT KLIMAAT-VERANDERING	35
1100	VAN MIDDELEEUWSE WARMTE NAAR EEN KLEINE IJSTIJD	37
1571	HET TIJDPERK VAN DE GROTE ZEILVAART	39
1603	DE UITVINDING VAN TEMPERATUUR	41
1637	ONTCIJFERING VAN DE REGENBOOG	43
1644	HET GEWICHT VAN DE ATMOSFEER	45
1645	EEN VLEKKELOZE ZON	47
1714	DE GRADEN VAN FAHRENHEIT, CELSIUS EN KELVIN	49
1721	VIER SEIZOENEN OP VIER SNAREN	51
1735	DE WINDEN IN KAART GEBRACHT	53
1752	DE BLIKSEMAFLEIDER VAN BENJAMIN FRANKLIN	55
1755	FRANKLIN ACHTERVOLGT EEN WERVELWIND	57
1783	DE EERSTE WEERBALLONVLUCHT	59
1792	<i>THE FARMER'S ALMANAC</i>	61
1802	LUKE HOWARD GEEFT WOLKEN NAMEN	63
1802	HUMBOLDT BRENGT EEN VERBONDEN PLANEET IN KAART	65
1806	BEAUFORT DEELT DE WINDEN IN KLASSEN IN	67
1814	DE LAATSTE JAARMARKT OP DE BEVROREN THAMES	69
1816	UITBARSTING, HONGERSNOOD EN MONSTERS	71
1818	WATERMELOENENSNEEUW	73
1830	EEN PARAPLU VOOR IEDEREEN	75
1840	IJSTIJDEN ONTHULD	77
1841	VEENMOERASGESCHIEDENIS	79
1845	NOORDPOOLKOU OVERVALT EEN ONTDEKKINGS-REIZIGER	81
1856	WETENSCHAPPERS ONTDEKKEN BROEIKAS-GASSEN	83
1859	RUIMTEWEER BEREIKT DE AARDE	85
1861	DE EERSTE WEERSVOORSPELLINGEN	87
1862	DE GROTE VLOED IN CALIFORNIË	89
1870	METEOROLOGIE KRIJGT NUT	91
1871	VUURSTORMEN IN HET MIDDENWESTEN	93
1880	'SNEEUWVLOK' BENTLEY	95
1882	COÖRDINATIE VAN DE POOLWETENSCHAP	97
1884	DE EERSTE FOTO VAN TORNADO'S	99
1886	EEN BOSMARMOT VOORSPELT	101
1887	DE WIND AAN HET WERK ZETTEN	103
1888	DE GROTE WITTE ORKAAN	105
1888	DE DODELIJKSTE HAGELBUI	107
1896	EERSTE INTERNATIONALE WOLKENATLAS	109
1896	KOLEN, KOOLSTOFDIOXIDE EN KLIMAAT	111
1900	EEN MACHTIGE STORM	113
1902	'WEERMAKERIJ'	115
1903	DE RUITENWISSER	117
1903	EEN DROGE ONTDEKKING	119
1911	GREAT BLUE NORTHER	121
1912	OMLOOPBANEN EN IJSTIJDEN	123
1922	EEN WEERSVOORSPELLINGFABRIEK	125
1931	HET VERDRIET VAN CHINA	127
1934	DE SNELSTE WINDSTOOT	129
1935	DE DUST BOWL	131

1941	GROOTVADERTJE VORST	133
1943	ORKAANJAGERS	135
1944	DE STRAALSTROOM ALS WAPEN	137
1946	REGENMAKERS	139
1950	DE EERSTE COMPUTER-WEERSVOORSPELLING	141
1950	TORNADOWAARSCHUWINGEN BOEKEN VOORTGANG	143
1952	DE GROTE SMOG VAN 1952	145
1953	DE WATERSNOODRAMP	147
1958	DE STIJGENDE KOOLSTOFDIOXIDE-KROMME	149
1960	HET WEER BEKIJKEN VANUIT DE RUIMTE	151
1960	CHAOS EN KLIMAAT	153
1965	DE KLIMAATWAARSCHUWING VAN EEN PRESIDENT	155
1967	KLIMAATMODELLEN WORDEN VOLWASSEN	157
1973	STORMJAGEN WORDT WETENSCHAPPELIJK	159
1975	GEVAARLIJKE VALWINDEN ONTHULD	161
1978	ZEENIVEAUDREIGING IN ANTARCTISCH IJS	163
1983	DE KOUDSTE PLEK OP AARDE	165
1983	DE NUCLEAIRE WINTER	167
1986	VOORSPELLEN VAN EL NIÑO	169
1988	OPWARMING VAN DE AARDE IN HET NIEUWS	171
1989	BEWIJS VOOR ELEKTRISCHE SPRITES	173
1993	KLIMAATSPOREN IN IJS EN MODDER	175

2006	DE MENSELIJKE FACTOR BIJ WEERRAMPEN	177
2006	DESIGNERKLIMAAT	179
2006	STOF REIST LANGE AFSTAND	181
2007	SPEUREN NAAR DE ROL VAN DE OCEANEN IN HET KLIMAAT	183
2012	WETENSCHAP TOETST HET POLITIEKE KLIMAAT	185
2012	EEN VERHITTE DISCUSSIE VERSTOMT	187
2014	DE POOLWERVEL	189
2015	KLIMAATDIPLOMATIE VAN RIO TOT NA PARIJS	191
2016	DE AFNAME VAN HET ARCTISCHE ZEEIJS	193
2016	EXTREEM ONWEER	195
2017	KORAALRIFFEN VOELEN DE WARMTE	197
102.018	HET EINDE DER IJSTIJDEN?	199
	BIJDRAGEN	200
	LITERATUUR	201
	BRONVERMELDING ILLUSTRATIES	209
	INDEX	210
	OVER DE AUTEURS	214

VOORWOORD

Als je er even bij stilstaat, is het ongelooflijk dat we tegenwoordig nog maar een klik of een *swipe* nodig hebben om te zien waar het in ons land bewolkt is, waar en hoe hard het regent, hoe warm het is – en wat voor weer het de komende dagen gaat worden. Dat was vroeger voor een oude Egyptenaar, en zelfs nog voor je grootvader, volstrekt ondenkbaar. Miljoenen waarnemingen over de hele wereld worden in realtime met iedereen gedeeld, en gebruikt om steeds betere weersverwachtingen te maken. Achter de presentatie van de weerman gaat een duizelingwekkende wereld schuil van kennis, computers en satellieten.

Dit boek neemt je mee op een kleurrijke reis door de wereld van het weer en het klimaat, aan de hand van heldere feiten en fascinerende gebeurtenissen, van het ontstaan van de aarde tot het heden en de verre toekomst. Daarin lopen het weer en het klimaat dwars door elkaar heen. En dat is ook logisch: veranderingen in het klimaat merk je het duidelijkst aan het veranderen van het weer. Wordt het klimaat warmer, dan neemt het aantal hittegolven en hoosbuien toe, en het aantal koude dagen snel af.

Het weer heeft altijd het gaan en staan van de mens bepaald. Je zult in dit boek lezen hoe de eerste mensen zich vanuit Afrika noordwaarts konden verspreiden dankzij natte perioden in het Midden-Oosten. Maar ook hoe de cultuur van de fara's ontstond in een periode van droogte in Noord-Afrika. Noodweer werd een vast ingrediënt in alle religies, als vrees voor een onvoorspelbare god. En dat veranderde langzaam toen we beter gingen begrijpen hoe het weer zich gedraagt.

Vilhelm Bjerknes en Lewis Fry Richardson kwamen aan het begin van de twintigste eeuw met een baanbrekend inzicht. Zij opperden als eersten dat je een verwachting van toekomstig weer

kunt maken als je maar weet wat voor weer het nu is. Zo werd de weersverwachting geboren. Door de steeds beter wordende verwachtingen onttrekken we ons langzaam aan het noodlot dat het onvoorspelbare weer altijd is geweest.

Honderden jaren wetenschap hebben ons ook veel geleerd over het klimaat. We weten nu onomstotelijk dat de mens een dominante rol heeft in de huidige opwarming. En ook hier hebben we vooruit leren kijken. Het klimaat gedraagt zich voorspelbaarder dan het weer. We kunnen zien aankomen hoe ons klimaat er over tientallen jaren uit zal zien. Tegelijk laten voorbeelden in dit boek zien dat weerpatronen in sommige gebieden van de wereld plotseling honderden jaren lang kunnen omslaan.

Verdere opwarming van het klimaat voorkomen is als het besturen van een groot containerschip. Wil je afremmen, dan moet je ver van tevoren de motoren uitzetten. En zoals we een containerschip tegenwoordig met gps en computer tot op de meter nauwkeurig kunnen aanmeren, zo begrijpen we ook heel goed wat nodig is om de opwarming van de aarde een halt toe te roepen. Maar zelfs als dat lukt, lijkt het klimaat op aarde nog zeker tienduizenden jaren beïnvloed door onze aanwezigheid.

PETER KUIPERS MUNNEKE



Dit boek neemt je mee op een kleurrijke reis door de wereld van het weer en het klimaat, aan de hand van heldere feiten en fascinerende gebeurtenissen, van het ontstaan van de aarde tot het heden en de verre toekomst.



DE AARDE KRIJGT EEN ATMOSFEER

OM WEER TE HEBBEN, MOET EEN PLANEET over een atmosfeer beschikken, en daarmee ligt het voor de hand dat we deze chronologie beginnen met de oorsprong van de onze. Het weinige dat we daarover weten, is verweven met het weinige bewijsmateriaal dat de wetenschap kan koppelen aan de vroegste jaren van het zonnestelsel: chemische verschillen tussen de planeet aarde en de veronderstelde bouwstenen in de vorm van meteorieten, waarneming aan verlegen zonnestelsels, en computersimulaties die een plausibele geschiedenis van ons zonnestelsel herscheppen op basis van de natuurkundige wetten.

Die vertellen ons dat de aarde zich ongeveer 4,567 miljard jaar geleden begon te vormen in een traag ronddraaiende wolk van radioactief stof en gas met een doorsnede van bijna een lichtjaar (ongeveer 10 biljoen kilometer). Toen de wolk ineens stortte onder zijn eigen gewicht, vormde die de zon en, daaromheen, een draaiende schijf genaamd de zonnenevel. Gedurende enkele tientallen miljoenen jaren klonterden stofdeeltjes in de schijf samen, en zwaartekracht trok die klonters bijeen tot planeten, asteroïden, kometen en de zon. Lang werd gedacht dat de eerste aardatmosfeer ontstond uit gassen die door de zwaartekracht werden binnengehaald vanuit de omringende zonnenevel. Recent hebben wetenschappers echter vastgesteld dat bij de meeste planeten de oeratmosfeer vanuit het binnenste wordt uitgestoten – geproduceerd in de

smeltkroes met hoge druk en hitte die worden opgewekt door invallend en botsend materiaal.

Gedurende om en nabij de eerste 140 miljoen jaar zouden asteroïdenbombardementen vaak delen van de zich vormende atmosfeer wegslaan. De energie van die botsingen zorgde echter voor het ontgassen van gesmolten gesteente, daarbij koolstofdioxide en koolstofmonoxide, stoom en zwaveldioxide vrijmakend.

Een belangrijke herstart gebeurde rond 4,5 miljard jaar geleden. Een enorme inslag van een kleinere planeet (of misschien zelfs meerdere, volgens sommige onderzoeken) veranderde de aardatmosfeer in een verzengende steendamp, die een nevelige schijf rondom de aarde vormde. Tegen de tijd dat de damp afkoelde, regende die omlaag als gesmolten gesteente of hoopte zich opeen in de ruimte, tot onze maan. De meeste of misschien wel alle eerste atmosfeer van de aarde lijkt naar de ruimte te zijn weggeslagen.

HL

Zie ook:

ROZE HEMEL EN IJS [2,9 miljard jaar geleden](#)

HET EINDE DER IJSTIJDEN? [102.018](#)

De vroegste aardatmosfeer werd gevormd en hervormd te midden van botsingen zoals getoond in deze artistieke impressie die een reusachtige inslag laat zien vergelijkbaar met de inslag die ongeveer 4,5 miljard jaar geleden de maan heeft gevormd.



WATERMELOENENSNEEUW

IN 1818 LEIDDE DE BRITSE ZEEKAPITEIN

Sir John Ross (1777-1856) een onsuccesvolle ontdekkingsreis waarbij hij hoopte de mythologische noordwestpassage langs Noord-Amerika te vinden. In de war gebracht door de ingewikkelde geografie, maakte hij rechtsomkeert. Zeilend langs de westkust van Groenland deed hij een nog veel verwarrendere ontdekking. Duidelijk roze sneeuw kon worden gezien boven de witte ijskliffen. Ross stopte en nam monsters van de sneeuw, die hij mee terugbracht naar Engeland – in de vorm van water, uiteraard. Op 4 december 1818 bracht de Britse krant *The Times* nieuws over de ontdekking met de nodige scepsis:

‘Kapitein Sir John Ross heeft vanuit Baffinbaai een hoeveelheid rode sneeuw meegebracht, of beter gezegd sneeuwwater, dat in dit land is onderworpen aan een chemische analyse met als doel het achterhalen van de aard van de kleurgevende stof. Onze geloofwaardigheid wordt in dit geval op buitengewone wijze op de proef gesteld, maar we kunnen niet leren dat er enige reden is om te twifelen aan het gestelde feit.’

Roze sneeuw was al eerder beschreven door geleerden, tot aan Aristoteles toe. Maar nu was er een wetenschappelijke analyse mogelijk. Ross opperde dat de roze kleur werd veroorzaakt door puin van ijzerhoudende meteorieten, maar een Schotse

botanicus, Robert Brown (1773-1858), suggereerde dat algensoorten de boosdoeners waren. Brown bleek het bij het rechte eind te hebben.

Wat we nu kennen als watermeloen sneeuw, roze sneeuw of bloedsneeuw, is sindsdien aangetroffen in sneeuwgebieden van Antarctica tot Utah. De rode sneeuwconditie ontstaat aan het einde van de lente en in de zomer, als sluimerende algen ontwaken zodra er dunne lagen smeltwater ontstaan en ze baden in het zonlicht. De algen zijn groen, maar ze vormen rode pigmenten als een soort natuurlijke bescherming tegen de schadelijke golflengten in het zonlicht.

De toevoeging van kleur aan de sneeuw versnelt het smelten, omdat zonlicht dat gewoonlijk door het witte oppervlak wordt weerkaatst, in plaats daarvan wordt geabsorbeerd. Een onderzoek van Duitse en Britse wetenschappers dat in 2016 is gepubliceerd, toonde aan dat de door algen donkergekleurde gletsjerooppervlakken op plekken zoals Groenland het smelten zoveel laten toenemen dat het effect moet worden meegewogen in de modellen die worden gebruikt om de invloeden van klimaatverandering te voorspellen.

Zie ook:

NOORDPOOLKOU OVERVALT EEN ONTDEKKINGSREIZIGER 1845

Rode sneeuw, ook bekend als watermeloen sneeuw en bloedsneeuw, veroorzaakt door algen – in dit geval de flagellaat *Chlamodonomas nivalis* – op de Tre Cime di Lavaredo (drie pieken van Alveredo) in de Noord-Italiaanse bergketen de Dolomieten.



DE SNELSTE WINDSTOOT

HOEWEL MOUNT WASHINGTON IN DE

Amerikaanse staat New Hampshire met 1917 meter de hoogste berg in het noordoosten van de Verenigde Staten is, is die nog altijd 6931 meter lager dan Mount Everest. Maar in de winter wedijveren de wind en weersomstandigheden op de Amerikaanse piek met die van de Himalayaanse reus.

Zijn locatie plaatst Mount Washington op het punt waar verscheidene belangrijke routes van Noord-Amerikaanse stormsystemen samenvloeien. De straalstroom vervoert stormen van het westen naar het oosten over de berg, terwijl de noord-zuidoriëntatie van de Presidential Range, een bergketen in de White Mountains van New Hampshire, een barrière voor die westelijke winden vormt. De winden van de straalstroom kruisen de weersystemen die vanuit het zuiden noordwaarts langs de kust bewegen. Bovendien bevindt Mount Washington zich bij de hals van een trechter zodat winden vanuit het noordoosten ernaartoe worden geleid. De steile westflank van de berg perst de wind die in de trechter is gevangen zelfs nog meer samen.

Al deze factoren zorgen er samen voor dat Mount Washington een van de meest winderige plekken op aarde is. Gemiddeld worden er op de top windstoten met orkaankracht gedurende 110 dagen per jaar waargenomen.

Bijna 62 jaar lang hield het observatorium op de top – vaak bevroren in ijs en sneeuw – het record voor de snelste

windstoot ooit op de planeet gemeten: een windstoot met een snelheid van 372 kilometer per uur, gemeten door medewerkers in het observatorium op 12 april 1934. Dat record werd in 1996 gebroken toen een onbemand weerstation op Barrow Island in Australië een windstoot van 407 kilometer per uur registreerde tijdens de tyfoon Olivia.

De windstoot op Mount Washington blijft echter de hoogste windsnelheid aan het oppervlak die ooit direct door mensen is waargenomen. Op die dag ontwaakten de medewerkers in het Mount Washington Observatory, onder wie Salvatore Pagliuca, Alex McKenzie en Wendell Stephenson, bij wat ze beschreven als een ‘superorkaan, in Mount Washington-stijl’. Terwijl de ochtend vorderde, werden de winden alsmat sterker. Om 1.21 uur ’s middags legde de anemometer een windvlaag van 372 kilometer per uur vast. Na die windmeting voerde het National Weather Bureau een reeks testen met die anemometer uit, om er zeker van te zijn dat de meting klopte.

Zie ook:

DE GROTE WITTE ORKAAN 1888

GREAT BLUE NORTHER 1911

Het Mount Washington Observatory in New Hampshire, dat het meest extreme weer van de wereld doormaakt, is regelmatig bedekt met rijp gevormd door het bevroren van door de wind aangevoerde waterdruppels.



BEWIJS VOOR ELEKTRISCHE SPRITES

IN 1973 VLOOG DE AMERIKAANSE LUCHTMACHT- piloot Ronald Williams over een tyfoon in de Zuid-Chinese Zee. Toen hij dicht bij een onweersbui vloog nabij het middelpunt van de reusachtige storm, zag hij iets dat leek op een bliksemflits recht omhoog vanuit de bovenzijde van de wolken schieten. Nadat Williams zijn waarneming meldde, kreeg hij te horen dat bliksem niet omhooggaat – die moet zich op iets ontladen. Gedurende een groot deel van de twintigste eeuw hadden hoogvliegende militaire en burgerpiloten vergelijkbare verschijnselen gemeld.

Maar het duurde tot 1989 voordat een toevallige waarneming stevig visueel bewijs opleverde. Met een klein team testte John Winckler (1916-2001), een natuurkundige van de Universiteit van Minnesota, een videocamera met beeldversterker en per toeval nam hij een zwart-witbeeld op van omhoog flitsende elektrische ontladingen. De naam 'sprite' werd midden jaren negentig voorgesteld door Davis Sentman (1955-2011), leider van een team van het geofysisch instituut van de Universiteit van Alaska dat onweersbuien in het Middenwesten vastlegde met videocamera's vanuit twee hoogvliegende NASA-vliegtuigen.

Bliksem is een hete ontlading van energie met een negatieve elektrische lading. Sprites hebben daarentegen een positieve lading en lijken meer op de koude gloed van een fluorescente tl-buis. De elektrische lading van sprites is

tienmaal krachtiger dan die van een gemiddelde bliksemflits. Dat kan ervoor zorgen dat de energie van een sprite meetbaar rondom de wereld nagalmt.

Wetenschappers onderscheiden sprites naar hun vorm, waarbij de kleur met de hoogte kan variëren van blauw tot roodoranje: *jellyfish sprites*, lijkend op kwallen, die zich kunnen verspreiden over een gebied van 50 bij 50 kilometer, kolomvormige sprites, met grootschalige elektrische ontladingen, en *carrot sprites*, kolomvormige sprites met elektrische slierten.

De meest sensationele en gedetailleerde foto's van sprites zijn genomen door astronauten aan boord van het internationale ruimtestation ISS, en die laten zien dat sprites een hoogte van 100 kilometer boven het aardoppervlak kunnen bereiken – diep in de ionosfeer.

Zie ook:

ONTCIJFERING VAN DE REGENBOOG 1637

EXTREEM ONWEER 2016

Een ongrijpbare elektrische ontlading die sprite wordt genoemd, gefotografeerd in 2013 vanuit een hoogvliegende onderzoeksstraaljager door onderzoekers van de Universiteit van Alaska in Fairbanks.