

De zon – actiever dan ooit

In de loop van de laatste halve eeuw was de zon actiever dan hij in duizenden jaren daarvoor geweest is. Explosies zoals zelden eerder gezien waren traden op en het uitgestoten gas omhult het planetenstelsel. Dit kan de temperatuur op aarde beïnvloeden. Is een afkoeling aanstaande?

- door C. de Jager*



De zon met zonnevlekken.

- FIGUUR 1 -

De zon is een gloeiende gasbol met een middellijn van 1,4 miljoen km. De buitenkant heeft een temperatuur van bijna 6.000 graden; in het centrum is dat ca. 16 miljoen graden.

Wat wordt met zonsactiviteit bedoeld? Een afbeelding van de zon toont een ronde bol met daarop een aantal vlekken. Sommige vlekken leven lang, enkele weken en in uitzonderingsgevallen een of meer maanden; de meesten verdwijnen na enkele uren of dagen. Die vlekken zijn de zetel van zeer sterke magneetvelden, velden die tot tienduizend keer sterker kunnen zijn dan het aardse magneetveld aan de noord en zuidpool. In de buurt van die vlekken komen gebieden voor die iets heter zijn dan normaal. Ze stralen ultraviolet licht uit. Maar dat is niet de belangrijkste. In de buurt van de vlekken treden vaak uitbarstingen op: de zo genoemde zonnevlammen en de



Een Coronale Massa Emissie. De zon is door een schijfje in de kijker bedekt; anders zou de rest ver worden overstraald. Deze gasmassa vliegt recht op ons af en daarom zien we gasflarden aan alle kanten van de zon.

- FIGUUR 2 -

nog veel sterkere Coronale Massa Emissies. Daarbij worden enorme hoeveelheden gas, massa's van de orde van tientallen biljoenen kilogrammen met snelheden van 500 tot 2.500 km per seconde, de wereld ruimte ingeschoten. Een gemiddelde Coronale Massa Emissie (CME) heeft een energie vergelijkbaar met tien miljard Hiroshima atoombommen. Het aantal uitgestoten CME's varieert tussen één per twee dagen tot drie per dag.

Het uitgestoten gas neemt een deel van het magneetveld van de zon met zich mee en na één tot enkele dagen is het in de buurt van de aarde gekomen. Dan wordt onze aarde omhuld door een wolk van magneetvelden, die afkomstig zijn van de zon.

EXTREEM ACTIEF

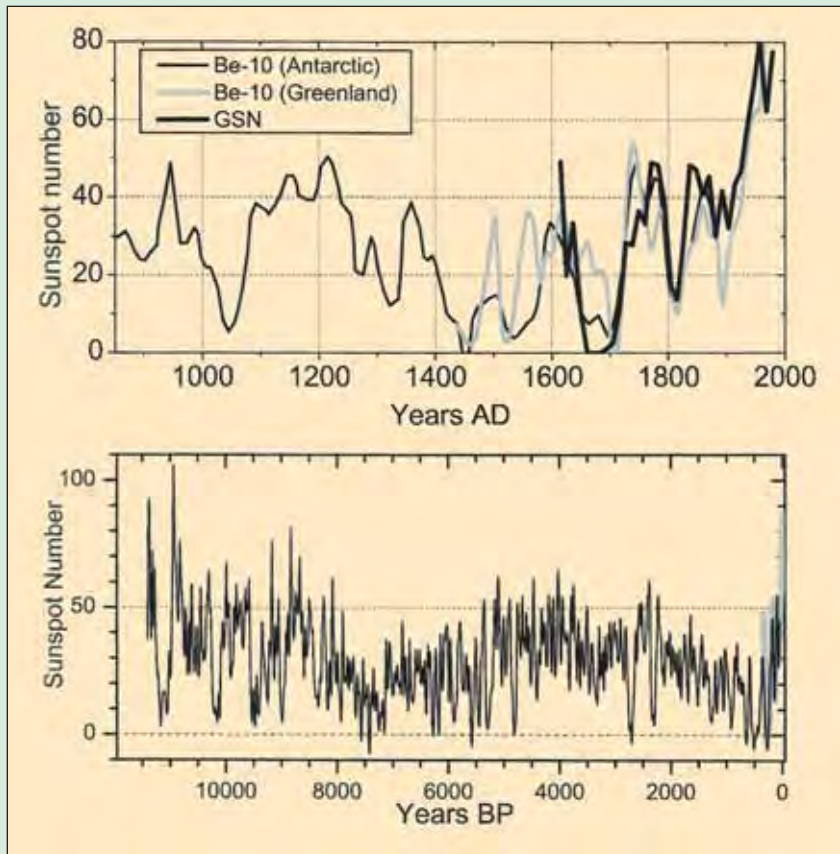
Een heel bijzonder feit is het volgende: Nooit eerder in de laatste 5.000 tot 8.000 jaren was de zon zo actief als in de afgelopen halve eeuw. En daaraan gepaard: het aantal zonnevlekken was in de periode 1950 tot 1990 groter dan ooit gezien is. Wel bleef in die halve eeuw dit aantal, gemiddeld genomen, min of meer constant in aantal, maar dat was niet het geval met de Coronale Massa Emissies. Die bleven toenemen, in aantal en in sterkte. De grootste CME trad op in februari 2005 en de op één na grootste in de herfst van 2003, de zogenaamde Halloween explosies.

Waarom die extreme activiteit toe te schrijven is, is één van de grote raadselen van het moderne zonsonderzoek. Niemand weet het.

ZONNEDYNAMO

Wel beginnen we door te krijgen hoe die vlekken en ander uitingen van zonsactiviteit tot stand komen. In het binnenste van de zon, ongeveer 200.000 km onder het oppervlak treden gigantische wervelende bewegingen op, waarbij elektrische stroomkringen ontstaan, met stroomsterkten die voor aardse begrippen ongehoord zijn: in de orde van honderden biljoenen Ampères. Die kringstromen doen op hun beurt magneetvelden ontstaan die tot 300.000 keer zo sterk zijn als het aardse polaire magneetveld. Deze magneetvelden kunnen opstijgen en verschijnen na een reis van enkele maanden aan het zonsoppervlak als zonnevlekken. Gepaard daaraan stijgen elektrische stroomkringen op. In de buurt van de zonnevlekken gaat het om stroomsterkten in de orde van een tot tien biljoen Ampère. Als twee zul-

* Ned. Inst. voor het Onderzoek van de Zee, Texel en em. hoogleraar Universiteit Utrecht



Boven: de zonsactiviteit sinds 800 na Chr. De hoogste top werd bereikt in de laatste halve eeuw.

Onder: De zonsactiviteit gedurende de laatste 11.000 jaar.

- FIGUUR 3 -

ke stroomkringen met elkaar in contact komen treedt een ook aan ons bekend verschijnsel op: een kosmische kortsluiting, maar dan wel één van een onvoorstelbaar geweld. Die kortsluitingen, magnetische coalescentie genoemd, zijn aanleiding tot de Coronale Massa Emissies en de zonnevlam-

men. We noemen dit complex van verschijnselen de zonnedynamo.

KLEINE IJSTIJD; GROTE MINIMA

Tussen ongeveer 1650 en 1700 was de zon helemaal niet actief. Er waren praktisch geen vlekken te zien. Wel

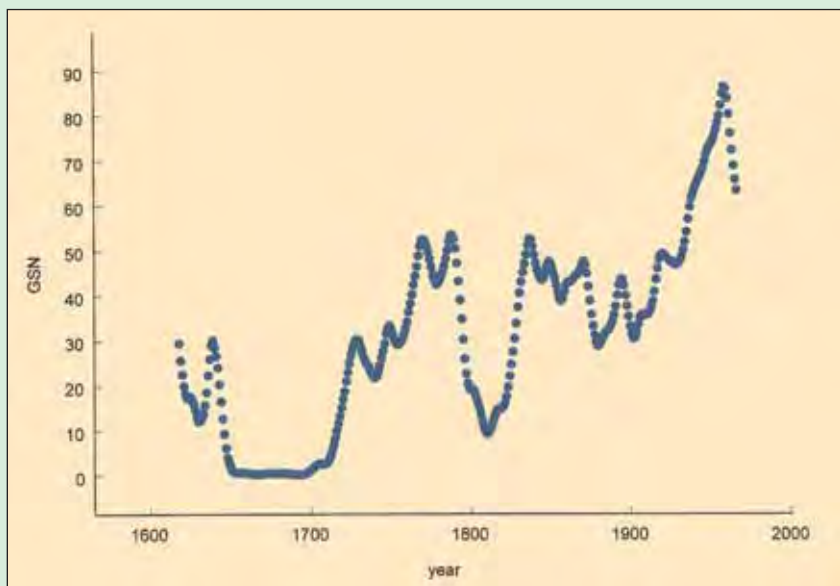
waren er enkele gasuittastingen maar hun aantal was onvergelijkbaar veel minder dan nu het geval is. We noemen die episode het Maunder Minimum.

Dergelijke perioden van zeer inactieve zon, de Grote Minima, treden geregeld op, ruwweg om de tweehonderd jaar. In de 15e eeuw het Spörer Minimum; tweehonderd jaar eerder het Wolf minimum. Tweehonderd jaar na het Maunder minimum, omstreeks 1810 – 1860 hadden we te maken met het Dalton Minimum, minder sterk dan het Maunder.

Tijdens het Maunder Minimum was het hier kouder dan nu het geval is. Die periode was de kern van de zo genoemde Kleine IJstijd. Des winters waren de Hollandse kanalen gedurende lange tijd bevroren. We weten dat omdat in die eeuwen nauwkeurig werd bijgehouden op welke dagen de trekschuit niet kon varen. Ook de Theems bij London was in die tijd vaak bevroren en datzelfde gold voor de Seine bij Parijs. Winter naar winter, jaar na jaar. In de eeuwen na ca. 1700 nam de zonsactiviteit gestaag toe, met een dip tijdens het Dalton Minimum, om na 1950 zijn hoogste top sinds duizenden jaren te bereiken. De zonsactiviteit van 1960, gemeten aan het aantal uitgestoten gaswolken, was ongeveer tien maal groter dan in 1700. In diezelfde tijd nam de globale atmosferische temperatuur toe met ongeveer 0,6 °C. Ook die temperatuurtoename is sterk gekoppeld aan de toename van de zonsactiviteit.

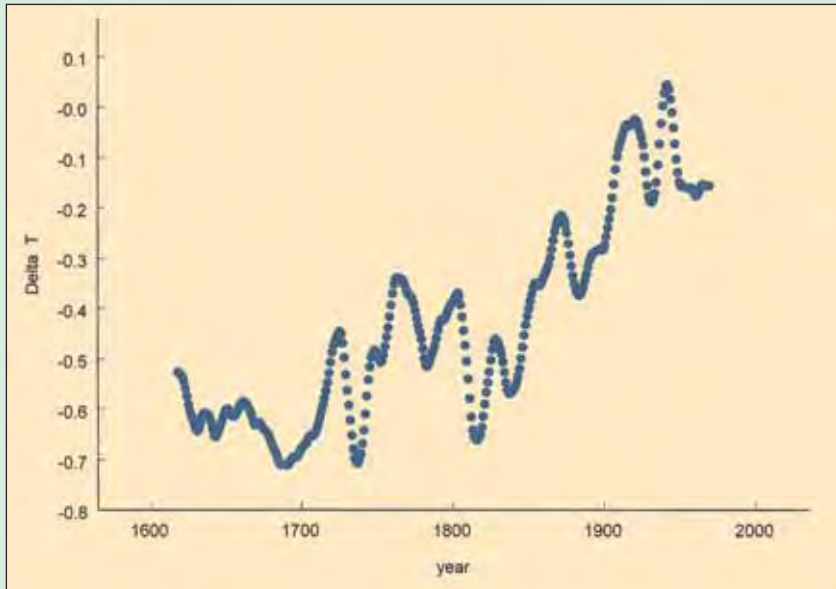
WAAROM?

Een kernvraag voor zonneonderzoekers en klimatologen is waarom de aardse temperatuur gekoppeld zou moeten zijn aan de zonsactiviteit. Het antwoord is waarschijnlijk: door de magnetevelden die door de Coronale Massa Emissies worden meegesleurd, de ruimte in. Deze velden omhullen de aarde en schermen de aarde gedeeltelijk af voor de invallende kosmische stralingsdeeltjes. Kosmische straling bestaat uit elektrisch geladen atomaire deeltjes die praktisch met lichtsnelheid (300.000 km per seconde) de aarde vanuit de ruimte bombarderen. Op ieder moment wordt de aarde, ook u lezer en ik, schrijver, gebombardeerd door



Toename van de zonsactiviteit sinds 1600 tot 1970. Zie het Maunder Minimum van 1650 – 1705 en het Dalton Minimum van omstreeks 1840.

- FIGUUR 4 -



Temperatuur toename op aarde (Noordelijk Halfrond) gedurende het laatste millennium.

- FIGUUR 5 -

deze deeltjes, die merendeels dwars door ons heen schieten. Als er echter veel magnetisme om de aarde zweeft dan wordt de instroom verminderd. Deze kosmische stralingsdeeltjes beïnvloeden de wolkenvorming op aarde: meer kosmische straling betekent meer elektriciteit in de atmosfeer en daardoor meer wolken. Deze weerkaatsten een deel van de zonnestraling en dat veroorzaakt op grondniveau een lagere temperatuur. Dit is de situatie als de zon weinig actief is. Is daarentegen de zon actief dan wordt kosmische straling meer afgeschermd; dan zijn er minder wolken en is de temperatuur hier hoger. Het blijkt inderdaad dat de lage bewolking, op ca. 3 km hoogte, gekoppeld is aan de sterkte van de instroom van deeltjes van de kosmische straling.


Het onderzoek gaat intensief door. Het laatste woord hierover is nog niet gezegd.

Een deel van de toeneming van de temperatuur van na 1970 wordt toegeschreven aan het broeikas effect. Welk deel? Ook daarover is het debat zeer levendig en verre van beëindigd.

DE TOEKOMST

We zijn benieuwd hoe het in de toekomst zal gaan. Zal de zon zo actief blijven als de laatste halve eeuw? Er is verschil van mening. Zo denkt een Amerikaanse onderzoekster dat de zon actief zal blijven, maar de meeste anderen denken dat de activiteit in de komende tientallen jaren sterk zal afnemen. Het is tenslotte ca. twee-

honderd jaar na het Dalton Minimum van om 1840. De consensus is dat omstreeks 2015 de zonsactiviteit door een diep dal zal gaan. Zelf heb ik met een Argentijnse collega berekend dat deze depressie omstreeks 2012 zal beginnen en ongeveer een halve eeuw zal aanhouden. Callebaut uit Antwerpen denkt dat het minimum in 2020 of 2030 komt. Zo is er nogal wat onzekerheid.

Wat dit voor de aarde betekent? De wereld zal afkoelen. Als het minimum zo diep zal zijn als tijdens de kleine ijstijd zal die afkoeling meer dan een graad bedragen; Elfstedentochten zullen elkaar frequent kunnen opvolgen. Als het dal minder diep zal zijn, zoals in het Dalton Minimum om 1840, dan zal de afkoeling niet meer zijn dan ca. 0,5 graad. Dit is een spannende vraag, waar we op dit moment nog geen goed antwoord op weten. 

De schrijver, professor C. (Cees) de Jager was directeur van de sterrenwacht te Utrecht en was gedurende lange tijd betrokken bij de bestudering van de activiteit van de zon. Hij was oprichter en eerste directeur van het Utrechtse Laboratorium voor Ruimteonderzoek. Hij was gedurende tien jaar president van COSPAR, de Internationale organisatie voor samenwerking in het Ruimteonderzoek en later van ICSU, de Internationale overkoepelende organisatie van alle natuurwetenschappen. Hij is ereid van SCOSTEP, de internationale wetenschappelijke organisatie voor het zon-aarde onderzoek. Hij ontving diverse onderscheidingen, waaronder de Hale medaille voor het zonsonderzoek van de American Astronomical Society en van de Franse Astronomische Vereniging kreeg hij voor dit werk de Jules Janssen medaille.