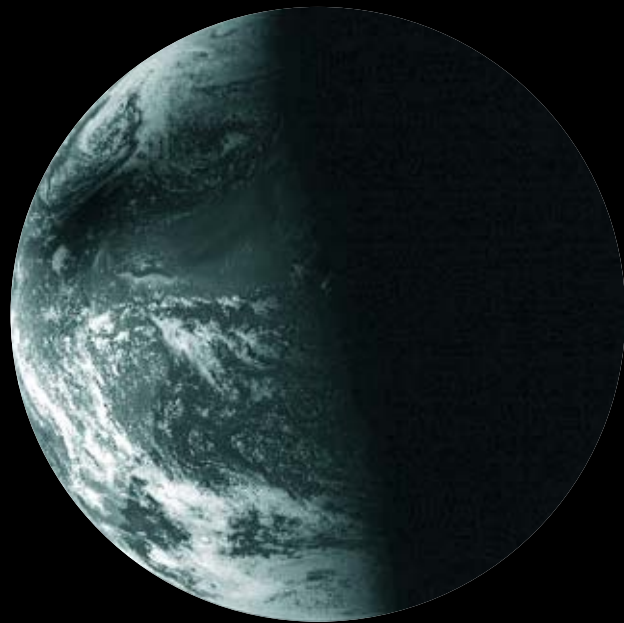
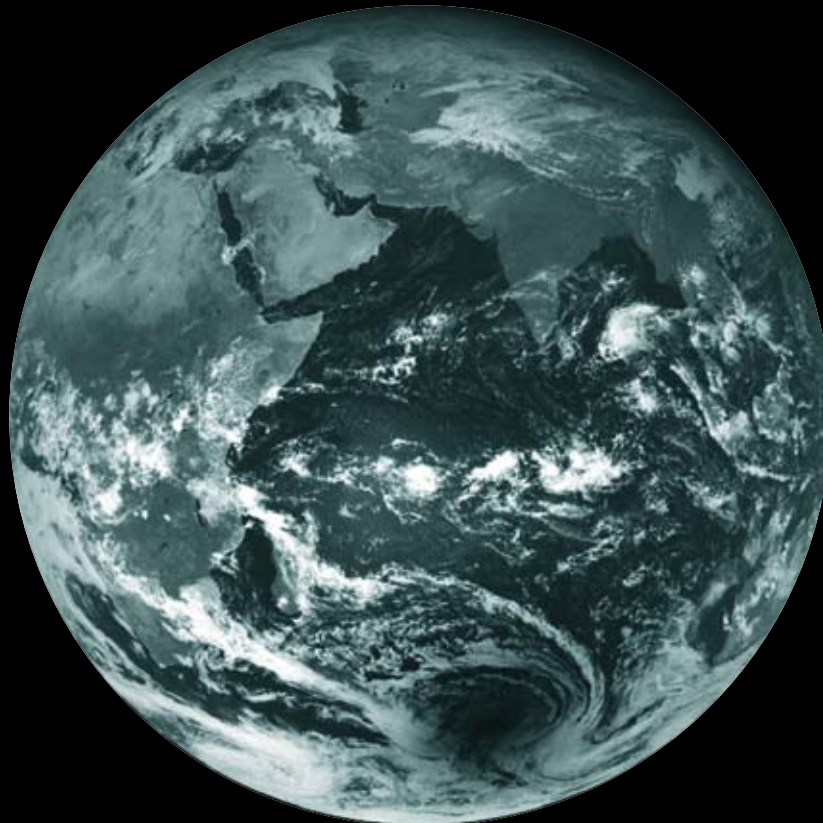


Zonsverduisteringen op satellietbeelden

Tijdens een zonsverduistering kijken miljoenen mensen omhoog om maar niets van het spektakel te hoeven missen. Satellieten houden daarentegen onverstoord het aardoppervlak in de gaten en vangen zo soms een glimp op van de schaduw van de maan.



1. Totale zonsverduistering boven de het westelijke deel van de Atlantische Oceaan, op 26 februari 1998. Op momentopnamen als deze vertoont het verduisteringsgebied zich als een donkere vlek die naar de rand toe lichter wordt. (Copyright © 1998 EUMETSAT)



2. Totale zonsverduistering boven het zuidelijke deel van de Indische Oceaan, op 4 december 2002. Het verduisteringsgebied valt vrijwel samen met de kern van een depressie. (Copyright © 2002 EUMETSAT)



3. Totale zonsverduistering boven Europa, 11 augustus 1999. (Satelliet: Seastar/Orbview-2; instrument: SeaWiFS; bron: SeaWiFS Project, NASA/Goddard Space Flight Center en ORBIMAGE)

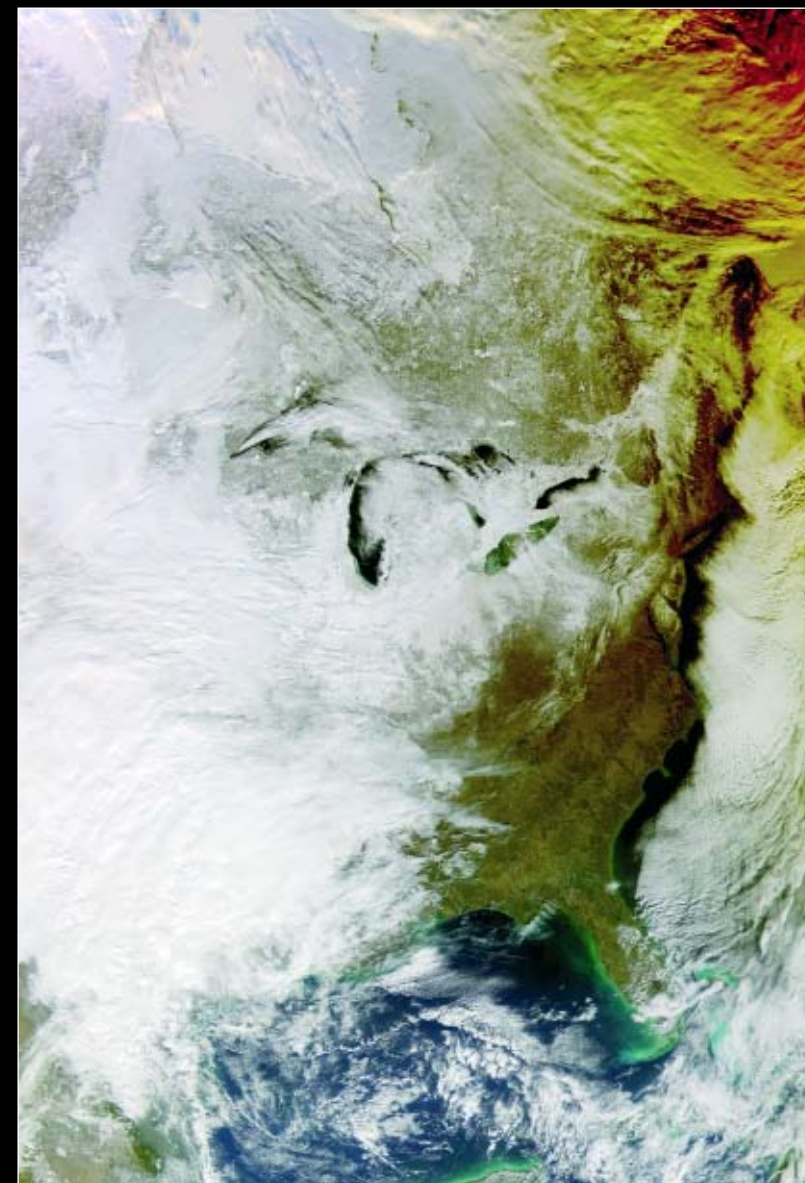
Tijdens een zonsverduistering bevindt de maan zich tussen de zon en de aarde. Daardoor valt er geen of minder zonlicht op die delen van het aardoppervlak waarvandaan het verschijnsel kan worden waargenomen. Het gebeuren is voor een specifieke locatie uiterst zeldzaam, maar desondanks zijn er in een jaar minstens twee en in gunstige gevallen zelfs vijf zonsverduisteringen ergens op aarde te zien.

METEOSAT

Op de meeste (weer)satellieten bevindt zich een instrument dat weerkaatst zonlicht registreert. Uit die metingen worden vervolgens satellietbeelden gedestilleerd die vergelijkbaar zijn met beelden van een gewone camera. De sensoren van de satellieten zijn zo ingesteld

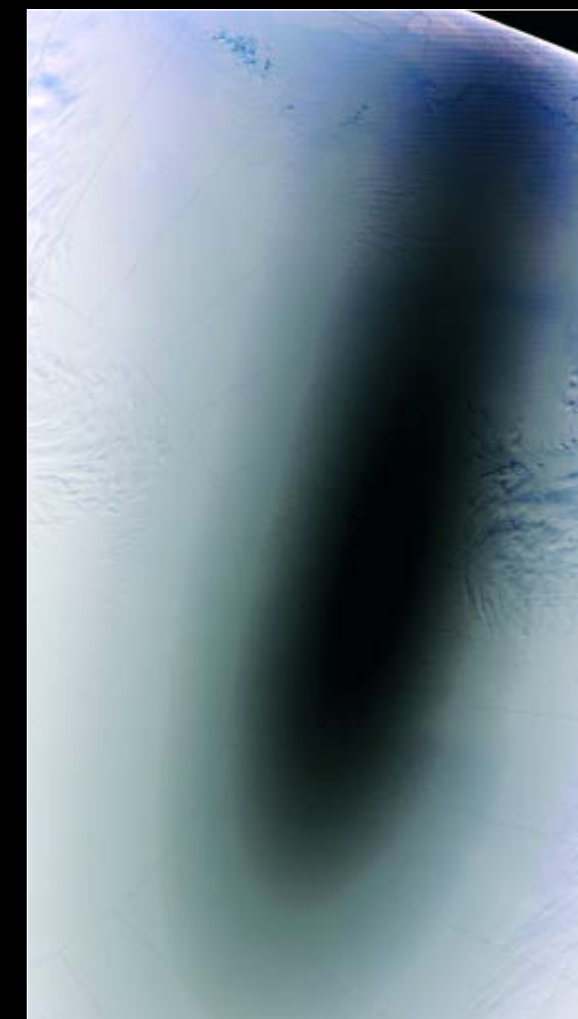
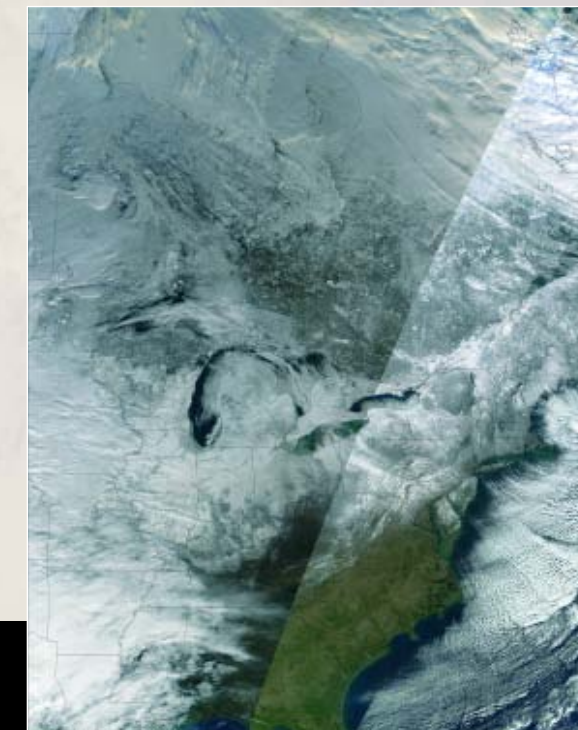
dat ze bij de normaliter te verwachten hoeveelheid zonlicht een optimaal beeld leveren. In gebieden waarop de maan zijn schaduw werpt, wijkt de hoeveelheid zonlicht af. Op de 'klassieke' zichtbaarlichtbeelden van bijvoorbeeld de Europese weersatelliet METEOSAT leidt dat tot een donkere plek op de plaats waar de maanschaduw zich bevindt.

In de archieven van EUMETSAT, de organisatie die de METEOSAT-satellieten in de lucht houdt, zijn enkele zichtbaarlichtbeelden met voorbeelden te vinden. De zwart-witafbeeldingen bij dit artikel tonen de totale zonsverduisteringen van 26 februari 1998 boven de Atlantische Oceaan (fig. 1) en van 4 december 2002 boven het zuidelijke deel van de Indische Oceaan (fig. 2). Daarnaast zijn er METEOSAT-beelden beschikbaar



4. Gedeeltelijke zonsverduistering boven Noord-Amerika, 25 december 2000. (Bron: SeaWiFS Project, NASA/Goddard Space Flight Center en ORBIMAGE)

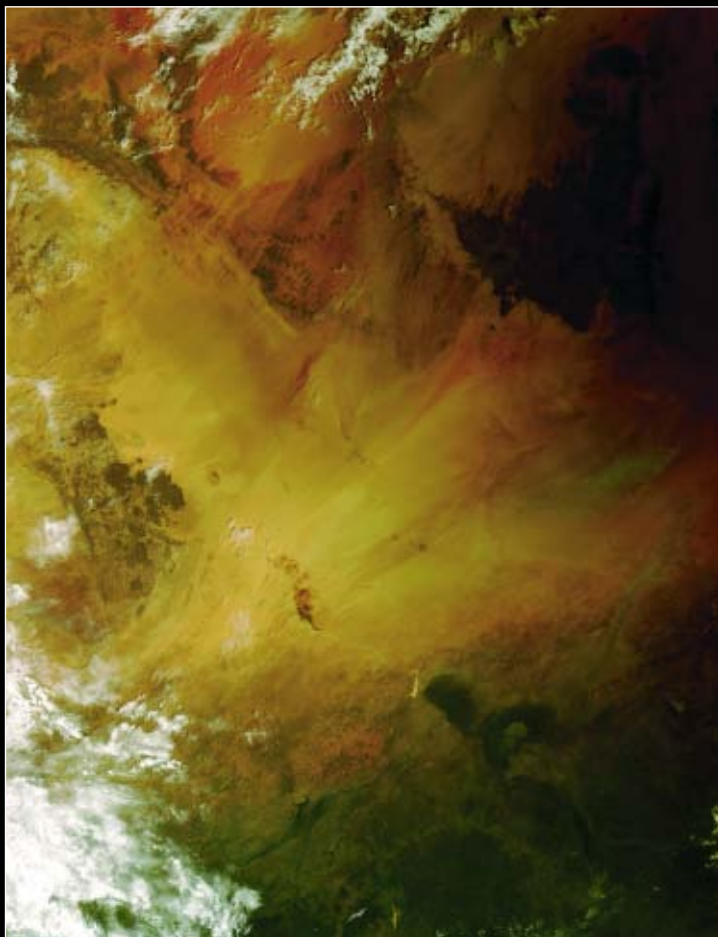
5. Gedeeltelijke zonsverduistering boven Noord-Amerika, 25 december 2000. (Satelliet: Terra; instrument: MODIS; bron: NASA/GSFC MODIS Land Rapid Response Team)



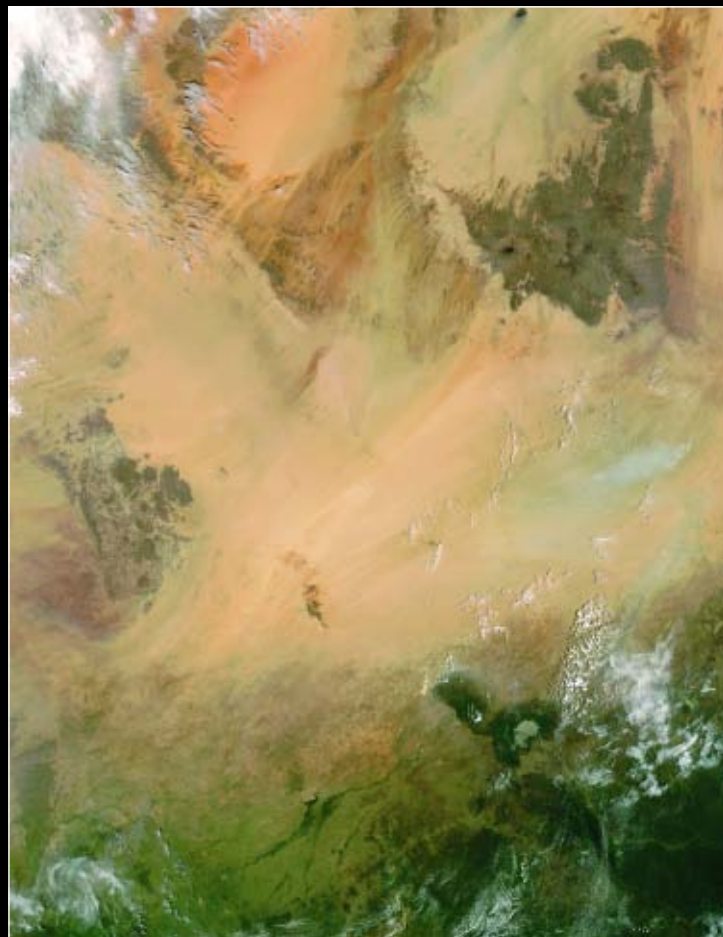
6. Totale zonsverduistering boven Antarctica, op 23 november 2003. De langgerekte vorm van de maanschaduw is een gevolg van een lage zonnestand ter plaatse. (Satelliet: Terra; instrument: MODIS; bron: NASA/GSFC MODIS Land Rapid Response Team)

Kees Floor*

* Kees Floor is wetenschapsjournalist en weerpublicist. Veel van zijn bijdragen aan Zenit (en andere tijdschriften) zijn te vinden op: www.keesfloor.nl.



7. Niger en Tsjaad tijdens de ringvormige zonsverduistering van 3 oktober 2005. Vergelijk de tinten met die onder normale omstandigheden (fig. 8). (Satelliet: Terra; instrument: MODIS; bron: NASA/GSFC MODIS Land Rapid Response Team)



8. Hetzelfde gebied als in fig. 7, maar nu onder normale omstandigheden op 28 september 2005. (Satelliet: Terra; instrument: MODIS; bron: NASA/GSFC MODIS Land Rapid Response Team)

van de zonsverduistering van 11 augustus 1999 boven Europa en van die van 21 juni 2001 boven de zuidelijke Atlantische Oceaan en Afrika.¹

SeaWiFS

De eclips van 1999 werd ook vastgelegd door de *Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor* (SeaWiFS) van de Amerikaanse satelliet Seastar (Orbview-2). De veronderstellingen over de beschikbare hoeveelheid licht waar de computerprogramma's van uitgaan bij het construeren van de beelden, voldeden niet voor onder meer Turkije en Griekenland (fig. 3, rechtsonder). Daardoor is het gebied waar de zon verduisterd was duidelijk terug te vinden.

Het gekleurde beeld van de Grote Meren in de Verenigde Staten en Canada (fig. 4) is eveneens afkomstig van de SeaWiFS. Ditmaal gaat het

1. Links naar METEOSAT-animaties van de vier in de tekst genoemde zonsverduisteringen zijn te vinden bij de internetversie van dit artikel op www.keesfloor.nl/zenit.

om de gedeeltelijke zonsverduistering boven Noord-Amerika van 25 december 2000. Het is op aarde minder donker, maar de geelbruine tinten en de mosterdskleur van het Erie-meer (het meest zuidoostelijk gelegen meer van de Grote Meren) wijken toch duidelijk af van wat onder normale omstandigheden is te zien.

MODIS

Het tintverschil is nog duidelijker terug te vinden in figuur 5. Dit beeld is samengesteld uit gegevens van twee opeenvolgende omlopen van de Amerikaanse satelliet Terra. Voor de zonsverduistering begint, zijn de tinten die de *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) laat zien zoals gebruikelijk (rechter strook). De tinten op het tijdens de zonsverduistering afgetaste linkerdeel van het samengestelde beeld zijn aanzienlijk donkerder.

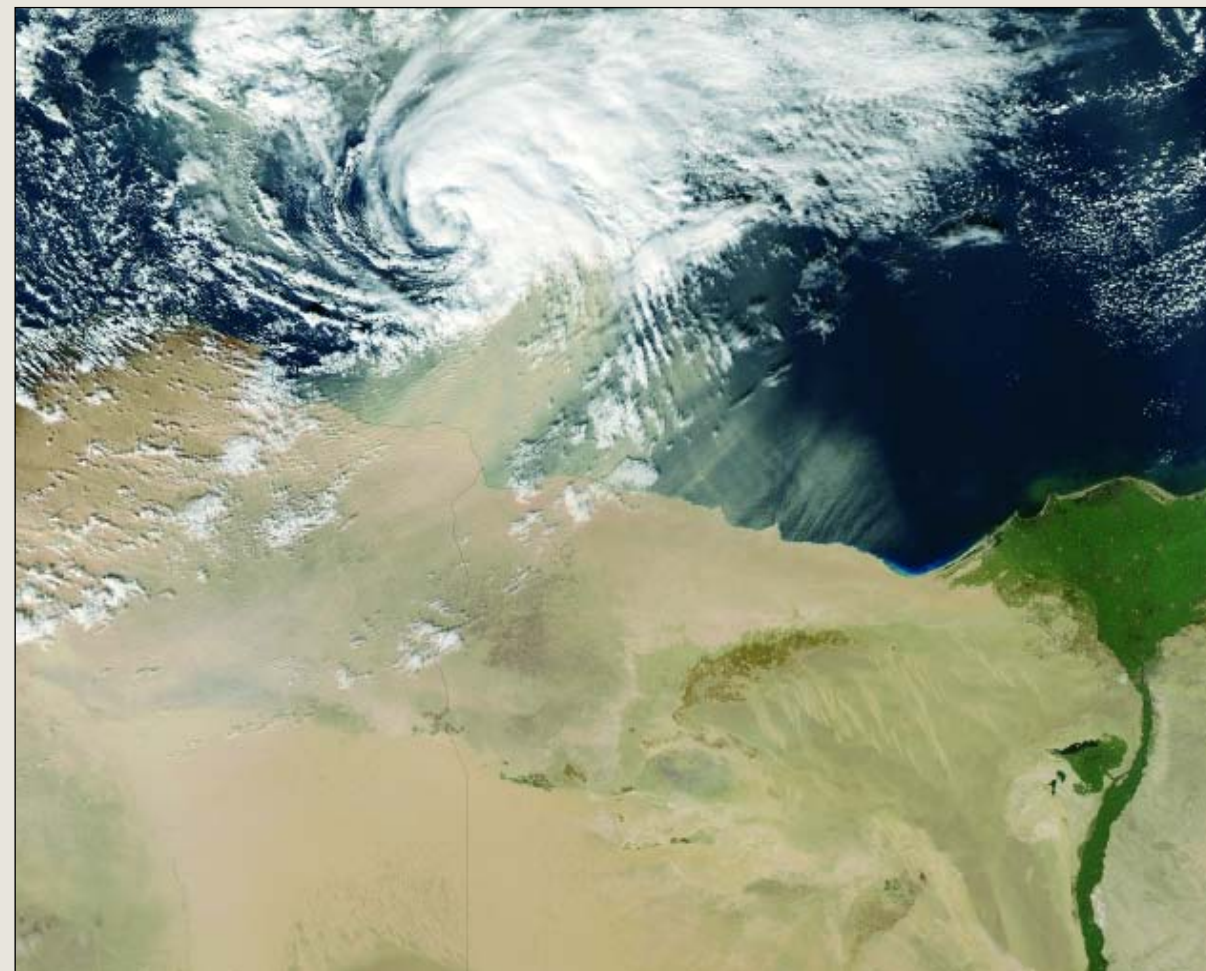
De Terra leverde ook het beeld van de totale zonsverduistering van 23 november 2003 boven Antarctica (fig. 6). Door de lage zonnestand is

de schaduw van de maan een langgerekte ellips geworden. De vorm is te vergelijken met de lichtvlek die een zaklamp op de muur werpt als het licht scheef op de muur invalt. De ondergrond van sneeuw en ijs is gelijkmatig; daardoor is het onderscheid tussen de slagschaduw en de bijschaduw erg opvallend.

De meest recente beelden bij dit artikel zijn eveneens afkomstig van de Terra. Ze hebben betrekking op de ringvormige zonsverduistering van 3 oktober 2005 en tonen het moment dat de schaduwzone de grens tussen Niger en Tsjaad passeert (fig. 7). De roze-rood-bruine tinten van de woestijn bij normale belichting (vergelijk fig. 8) zijn nu omgeslagen in een diep oranje.

Het wachten is nu op de satellietbeelden van de zonsverduistering van 29 maart.

Stofstorm op eclipslocatie



Rond een depressie boven de Middellandse Zee waait zand en stof van een stofstorm in de Libische woestijn over zee naar het noordoosten. Het stof wordt onder meer over het grensgebied tussen Libië en Egypte gevoerd, waar later deze maand naar verwachting duizenden mensen de zonsverduistering van 29 maart willen zien. (Bron: NASA/GSFC MODIS Land Rapid Response Team)

Geregeld doen harde winden in de Sahara het zand en stof ter plekke opwaaien. Vervolgens voeren ze het in alle richtingen mee:

- naar het westen over de Atlantische Oceaan, waar op de Canarische en de Kaapverdische Eilanden geregeld hinder wordt ondervonden,
- naar het oosten over de Rode Zee en
- naar het noorden over de Middellandse Zee, waar het stof soms boven de Noordzee zichtbaar is en tot in België en Nederland uit de lucht valt of regent.

Boven de woestijn zelf is het geelbruine stof meestal moeilijk te onderscheiden van de gelijkgetinte ondergrond. Eenmaal boven zee aangekomen, steekt het opgewaaide en door de wind meegevoerde stof echter duidelijk af tegen de donkere kleuren van zeeën en oceanen.

Dat is ook het geval op bijgaand satellietbeeld van 15 december 2005. De situatie werd vastgelegd door de *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) van de Amerikaanse satelliet Aqua. Het stof jaagt onder andere over de Egyptische

plaats As-Sallum, dichtbij de grens met Libië, waar later deze maand naar verwachting duizenden samenstromen om getuige te zijn van de totale zonsverduistering van 29 maart 2006. Gelukkig doen dergelijke stofstormen zich niet frequent voor en is de kans klein dat het zand spelbreker zal zijn.

De depressie die de stofstorm veroorzaakte is op het satellietbeeld duidelijk te herkennen aan het karakteristieke wervelpatroon van de bijbehorende bewolking. De lagedrukkern bevindt zich boven de Middellandse Zee, ter hoogte van de grens tussen Libië en Egypte. De storing lag eerst twee dagen voor de kust van Tunesië en Libië en kon vanuit die positie heel wat woestijnstof in beroering brengen; daarna trok ze via de getoonde positie naar het oosten weg. Rond de depressie is de luchtstroming tegen de wijzers van de klok in. Aan de zuidkant en de zuidoostkant waait de wind dus over de woestijn, pikt daar stof en zand op, dat vervolgens uitwaaiert over het oostelijk deel van de Middellandse Zee. De windrichting is overwegend zuidwest. Aan de Libi-

sche kant van de grens met Egypte is een min of meer egaal stofgordijn zichtbaar. Vanaf de Egyptische kust lijken zandpluimen over zee uit te waaiëren.

Voor de kust van Egypte zijn ook wolkenribbels zichtbaar. De bewolking van de ribbels loopt van noordwest naar zuidoost. De ribbels worden veroorzaakt door zogeheten zwaartekrachtsgolven in de atmosfeer. Vooral achter gebergten zijn dergelijk wasbordpatronen geregeld te zien. Bijzonder is dat het patroon niet alleen zichtbaar is in de bewolking, maar ook in het Saharazand. De ribbels in de bewolking sluiten naadloos aan bij de ribbels in het zwevende stof.

Naast de stofstorm en de Libische woestijn is op het satellietbeeld de vruchtbare, groene Nijldelta te zien. De zoutwoestijn van de Kattara-depressie steekt met wat donkerder tinten af tegen het lichter gekleurde woestijnzand. Het is een van de laagste gebieden van Afrika en ligt 134 meter onder de zeespiegel.

Meer over zandstormen en wasbordpatronen is te vinden in *Zenit* van respectievelijk mei 2003 en september 2004.

Kees Floor*

* Kees Floor is wetenschapsjournalist en weerpublicist. Veel van zijn bijdragen aan *Zenit* (en andere tijdschriften) zijn te vinden op: www.keesfloor.nl.