

Méér dan weerbeelden

Satelliet Terra vijf jaar in de lucht

Op 18 december 1999 bracht een geslaagde lancering de Amerikaanse satelliet Terra in een baan om de aarde. Aan boord bevond zich onder meer het instrument MODIS, dat de afgelopen vijf jaar een lawine van schitterende satellietbeelden heeft afgeleverd. De stroom kleurenbeelden nam nog verder toe nadat op 4 mei 2002 de zustersatelliet Aqua werd gelanceerd, dat eenzelfde instrument aan boord heeft. Aqua vult sindsdien de ochtendbeelden van Terra aan met middagbeelden. Sinds de lanceringen heeft het succesvolle satellietduo talrijke indrukwekkende opnamen opgeleverd van tropische cyclonen, reusachtige bosbranden, hevige sneeuwstormen, opkrullende oceaandepressies, afkalvende ijsbergen, bloeiende algen, grootschalige stofstormen en rokende vulkanen. Zenit toonde daarvan in de afgelopen jaargangen al een aantal zeer gedetailleerde voorbeelden*. Mogelijk werd daarmee de suggestie gewekt dat de beide satellieten slechts ordinaire, zij het kwalitatief hoogwaardige, fotogeneratoren zijn. Ze zijn echter tot veel méér in staat.

MODIS, de *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*, is het belangrijkste instrument van de satellieten Terra en Aqua, die daarnaast nog vier of vijf andere instrumenten meevoeren. De MODIS-satellietbeelden onderscheiden zich op verscheidene punten van de klas-

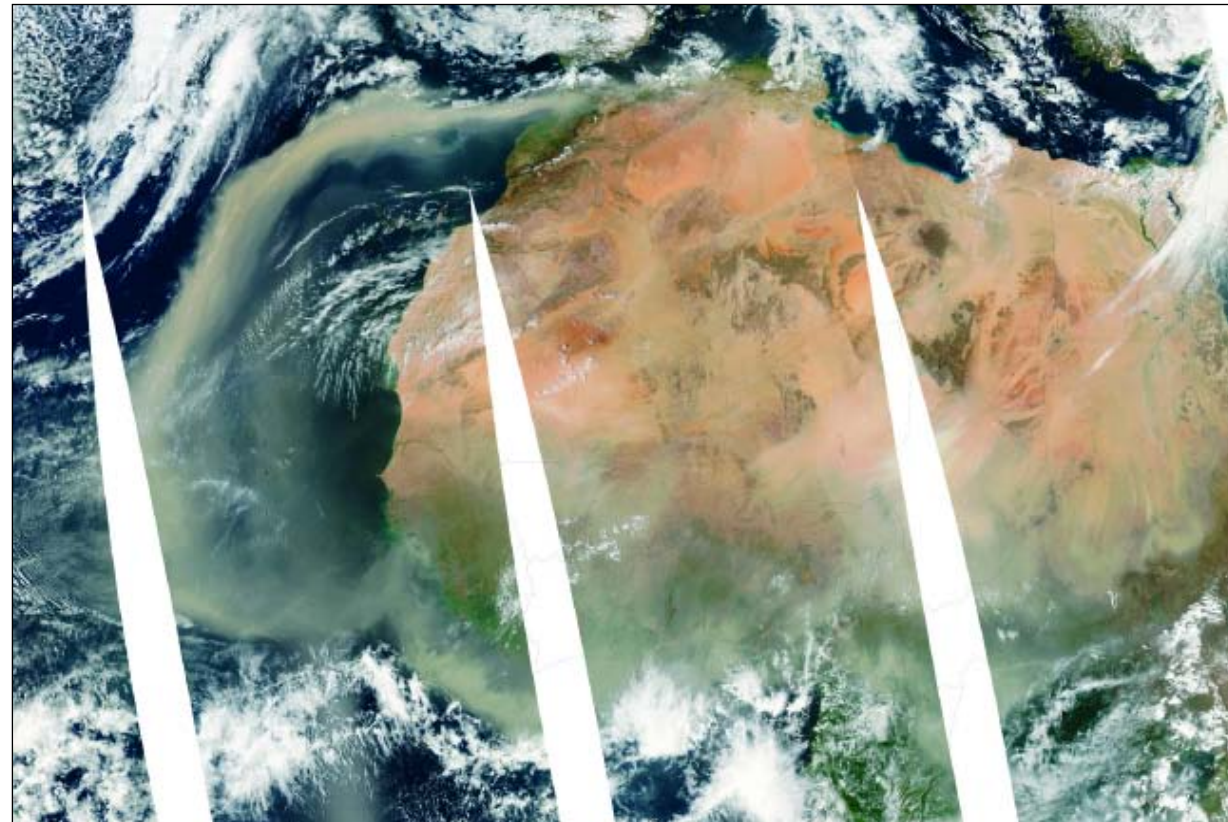
sieke beelden van operationele weersatellieten. Zo zijn er beelden beschikbaar in 'echte kleuren' (fig. 1), terwijl de klassieke zichtbaarlichtbeelden steeds grijs tinten tonen of kunstmatig zijn ingekleurd op basis van aanvullende informatie uit het infraroodkanaal (*false color*). Daarnaast zijn de MODIS-beelden veel detailrijker: de resolutie bedraagt 250 meter, tegen één kilometer of meer bij de meeste operationele weersatellieten. Elke plaats op aarde is bij daglicht

dagelijks in beeld, als beide satellieten actief zijn tenminste. Mocht een van de satellieten buiten bedrijf zijn, dan vallen er gaten in de dekking en zijn sommige plekken slechts om de andere dag te zien (zie fig. 1 en 5). Weersatellieten die een vergelijkbare baan rond de aarde volgen, hebben elk punt op aarde enkele malen per dag in het vizier.

Missie

De lagere frequentie van de beelden hangt samen met het beoogde gebruik, de zogeheten *missie*, van Terra en Aqua. De gegevens zijn niet in eerste instantie bedoeld voor de dagelijkse weersverwachting, maar veeleer voor het klimaatonderzoek. Daarvoor is eerst nodig het huidige klimaatstelsel in kaart te brengen, inclusief de rol van menselijke activiteiten daarin. MODIS bekijkt de aarde door 36 verschillende brillen – satellietontwerpers spreken van 36 kanalen en door de aanwezigheid van aanvullende instrumenten, kunnen Terra en Aqua veel meer informatie opleveren dan alleen maar beelden

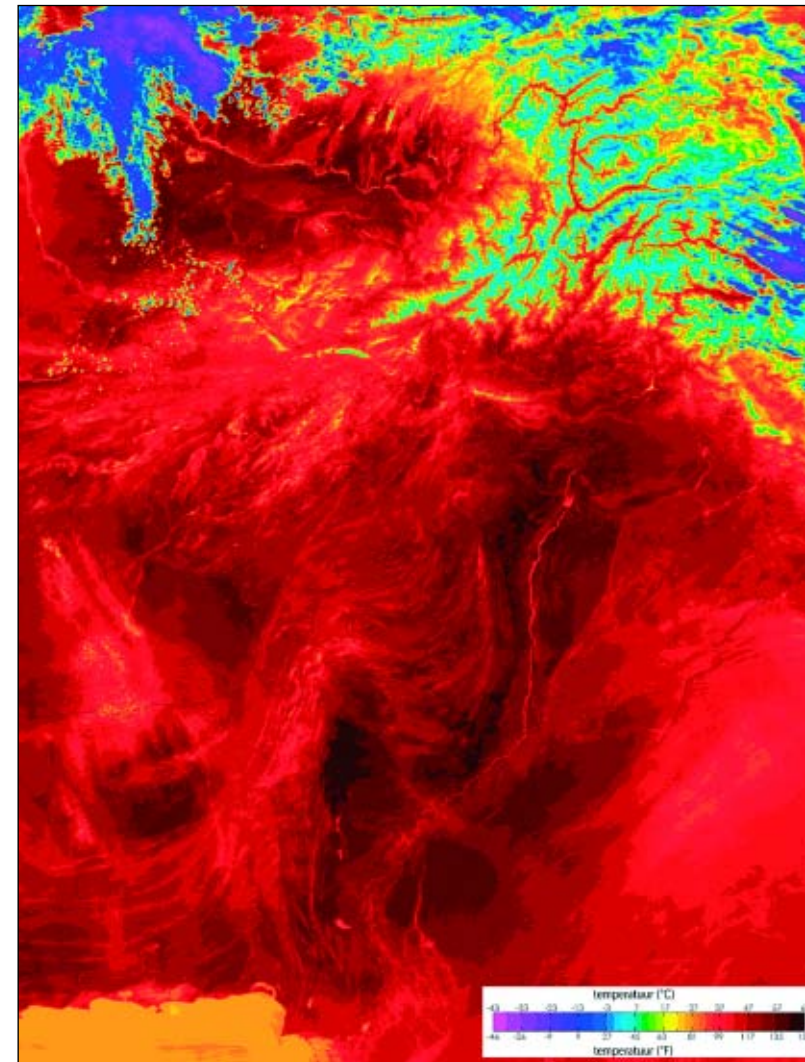
* Zie voor MODIS-beelden de artikelen van de auteur in *Zenit* 2003, nrs. 2, 5, 6, 7/8, 10 en 11, en *Zenit* 2004, nrs. 2, 3, 5 (omslag), 7/8, 9, 10 en 11.



1. Stofstorm boven de Sabara op 6 maart 2004. Instrument: MODIS van de satelliet Aqua. (Bron: NASA)

Kees Floor*

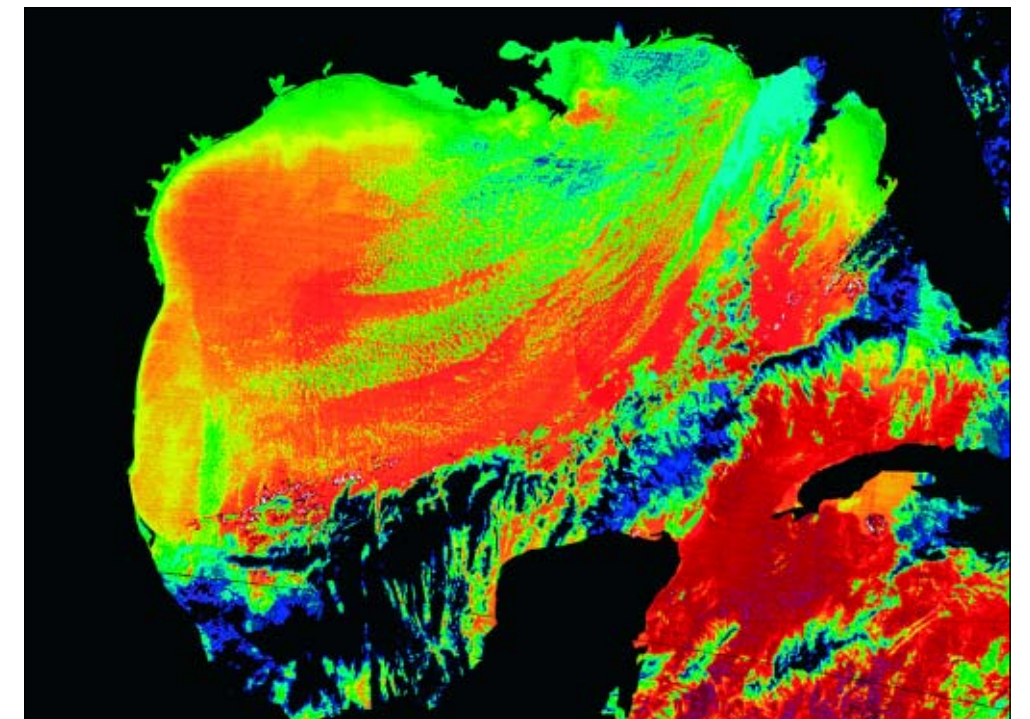
* Kees Floor is wetenschapsjournalist en weerpublicist. Veel van zijn bijdragen aan *Zenit* (en andere tijdschriften) zijn te vinden op: www.keesf-



2. Hittegolf in Pakistan op 21 mei 2004. Instrument: MODIS van de satelliet Aqua. (Bron: NASA)

met de posities van bewolking en weersystemen. Boven land sporen ze gemakkelijk brandhaarden op; deze worden vaak als rode stippen in de 'gewone' satellietbeelden opgenomen. Verder leveren de satellieten informatie over landgebruik en veranderingen daarin door verstedelijking of door de omzetting van bossen en regenwoud in landbouwgrond. De temperatuur van het landoppervlak en de vochtigheid van de bodem worden eveneens gemeten. Daarnaast helpen de satellietgegevens bij het in kaart brengen van de toestand van de vegetatie en bij het signaleren van eventuele vulkaanuitbarstingen. Ook de oceaan is geregeld in beeld. De satellieten meten zeewatertemperatuur, bepalen windrichting en -snelheid nabij het zeeoppervlak en leggen de kleur van de oceaan vast. Deze laatste hangt onder meer af van de hoeveelheid fytoplankton en is daarmee een maat voor de 'gezondheid' van de oceaan. Op verschillende niveaus in de atmosfeer bepalen de satellie-

ten de temperatuur en vochtigheid. Tevens worden met MODIS de karakteristieken van stofdeeltjes in de atmosfeer, het zogeheten aërosol,



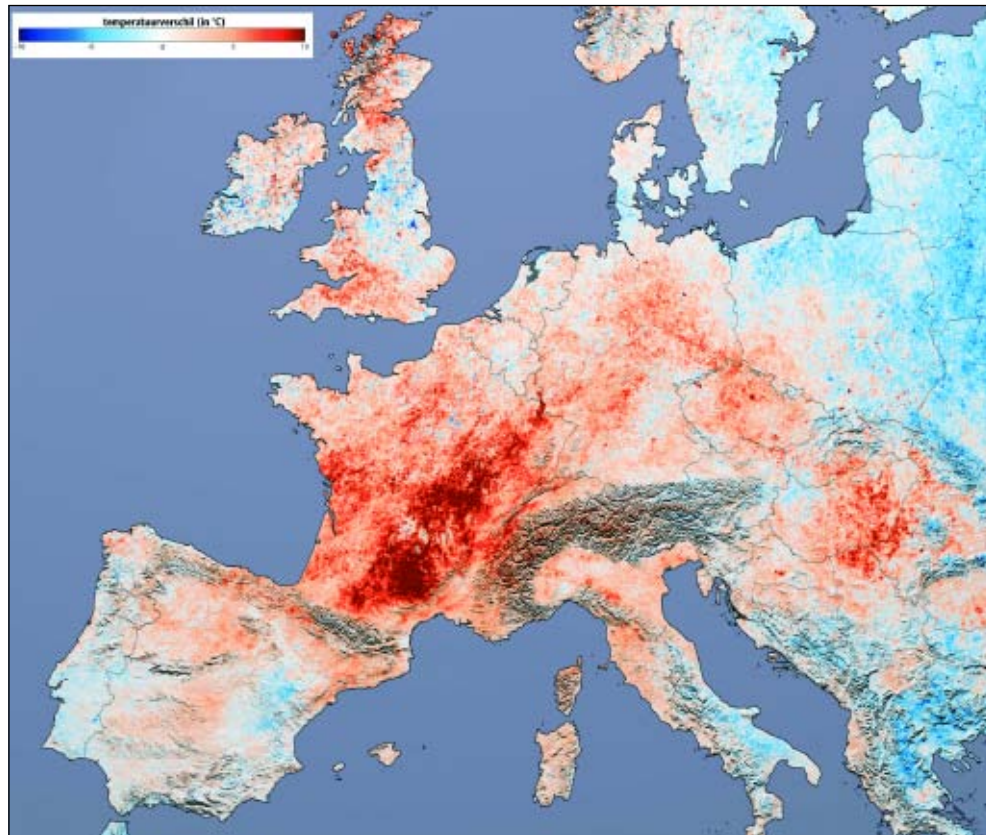
3. Zeewatertemperatuur in de Golf van Mexico en de Caribische Zee op 10 december 2003. Instrument: MODIS van de satelliet Aqua. (Bron: NASA)

en van bewolking onderzocht. Datzelfde geldt voor de stralingshuishouding van de atmosfeer en voor neerslag. Ten slotte wordt ook de sneeuwbedekking en de aanwezigheid van zee-ijs met behulp van MODIS gemeten en bestudeerd.

Satellietbeelden

Meetgegevens van de satellieten worden veelal gepresenteerd als beeld. De 'gewone' zichtbaarlichtbeelden in ware kleuren zijn in feite een bewerking van stralingsmetingen in drie kanalen van MODIS. Voor andersoortige beelden wordt informatie gebruikt van andere tijdstippen, van andere MODIS-kanalen of van de andere instrumenten van Terra en Aqua. De stofstorm op figuur 1 werd vastgelegd met meetgegevens van het MODIS-instrument van Aqua, ingewonnen tijdens opeenvolgende overkomsten. De tijd tussen twee banen bedraagt ongeveer negentig minuten; het rechterdeel van het satellietbeeld werd het eerst gescand. Duidelijk is te zien dat sommige delen van het aardoppervlak niet in beeld komen. Het beeld heeft betrekking op 6 maart 2004, toen er boven Midden-Afrika een omvangrijke stofstorm woedde; ook boven het aangrenzend deel van de Atlantische Oceaan bevindt zich stof.

Figuur 2 toont een andere toepassing van MODIS-gegevens. Ditmaal



4. Hittegolf in Frankrijk: het verschil in gemiddelde maandtemperatuur van het aardoppervlak in juli 2003 en juli 2001. Instrument: MODIS van de satelliet Terra. (Bron: NASA)

is de temperatuur van het landoppervlak in beeld gebracht; de informatie is beschikbaar in een resolutie van 250 meter. Het satellietbeeld van Aqua toont Pakistan en delen van een aantal omliggende landen op 21 mei 2004. Op dat moment werd de regio geteisterd door een hittegolf met luchttemperaturen tot 47 graden. De temperatuur van het

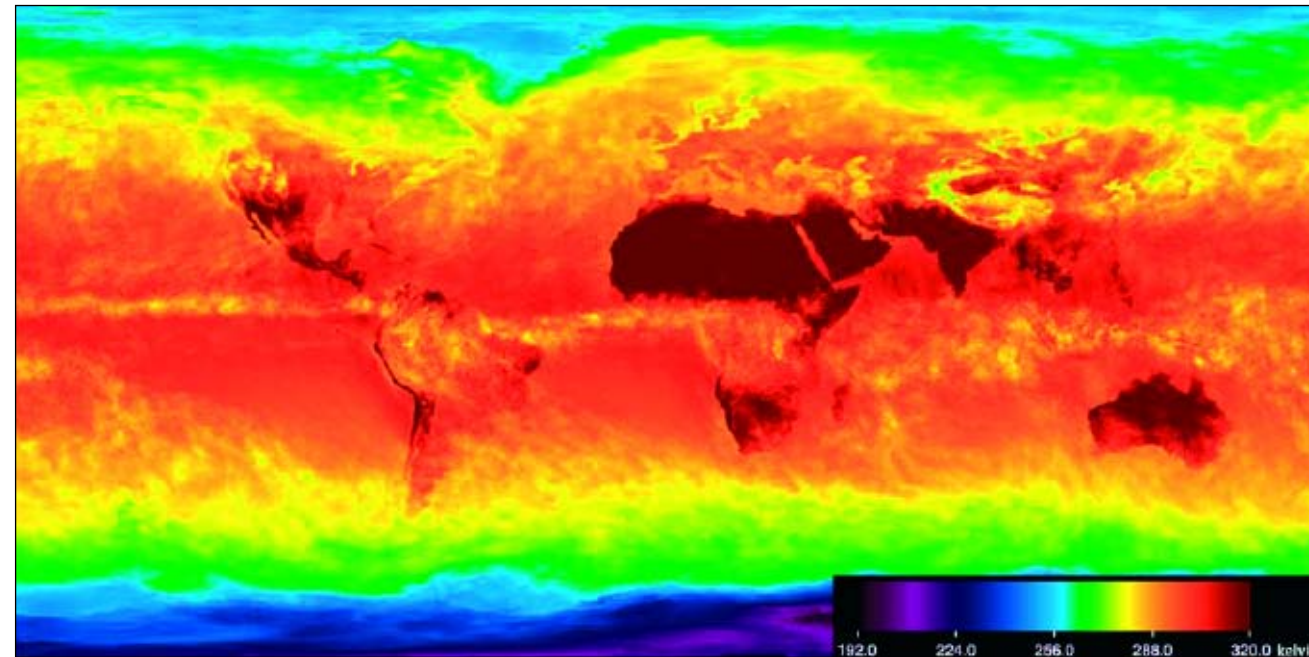
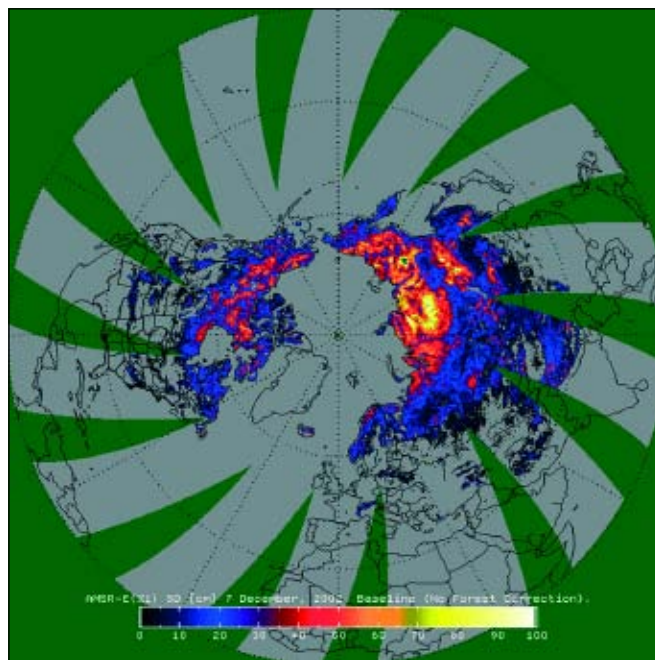
land ligt gewoonlijk nog hoger; rond de Indus, de rivier die als een heldere rode lijn van noord naar zuid door het beeld loopt, bedraagt de temperatuur van het aardoppervlak 67 graden. Op grotere hoogte is het uiteraard minder heet. Rechtsboven bevindt zich het Himalaya-gebergte met (in blauw) koude sneeuwtoppen.

Met MODIS worden eveneens zeevatertemperaturen in kaart gebracht, ditmaal met een resolutie van één kilometer. Figuur 3 toont de zeevatertemperatuur van de Golf van Mexico en de Caribische

Zee op 10 december 2003, op basis van Aqua-gegevens. Blauw is koud, rood is warm; in de zwarte gebieden ontbreken meetgegevens door de aanwezigheid van bewolking, maar ook het land is zwart weergegeven. Het water in de Caribische Zee is warm, ongeveer 25 graden, terwijl het noordwesten van de Golf van Mexico aanzienlijk koeler is: rond 20 graden.

Een derde toepassing van MODIS-temperatuurgegevens is afgebeeld als figuur 4, afkomstig van Terra. Hier wordt de temperatuur van het landoppervlak in Europa gemiddeld over de maand juli 2003 vergeleken met die van de maand juli

5. Dikte van het sneeuwdek op 7 december 2003. Instrument: AMSR-E van de satelliet Aqua. (Bron: NASA)



7. Gemiddelde temperatuur over de maand april 2003 van het landoppervlak en de bewolking daarboven. Instrument: AIRS van de satelliet Aqua. (Bron: NASA)

2001. In de witte gebieden lagen de temperaturen op hetzelfde niveau, in de blauwe gebieden was het in 2003 kouder en in de rode gebieden warmer. Tijdens de hittegolf van 2003 bedroeg het temperatuurverschil in het zuiden en het oosten van Frankrijk maar liefst tien graden. Ook in delen van de Alpen was het een stuk warmer. Bij ons viel het eigenlijk allemaal nog wel mee, al zullen velen zich de zomer van 2003 blijven herinneren als een warme en droge zomer. Ook in het zuiden van Engeland, in Wales en in Schotland was het warm, al blijkt uit de figuur dat de hittegolf grote delen van Engeland en Ierland in juli 2003 ongemoeid liet.

Andere instrumenten

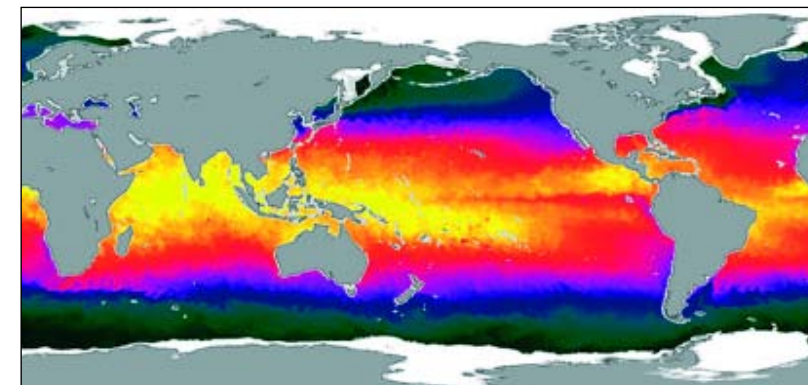
De overige afbeeldingen zijn gebaseerd op metingen van andere instrumenten. Figuur 5 bijvoorbeeld toont de dikte van het sneeuwdek op 7 december 2002, ontleend aan metingen van Aqua's AMSR-E. Deze afkorting staat voor *Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS* (EOS staat op zijn beurt weer voor *Earth Observation System*, de naam van het programma waarvan Aqua en Terra deel uitmaken). De schattingen van de sneeuwdiepte met de AMSR-E-gegevens zijn nauwkeuriger dan die van voorgaande instrumenten. Met de AMSR-E kunnen ook zeevatertemperaturen worden bepaald. Zo geeft figuur 6 de zeevatertemperatuur op 1 mei 2003 (zeijs is wit, land is grijs). De temperaturen lopen uiteen van -2 (donkergroen) tot +35 graden Celsius (geel); groen is in deze

weergave dus kouder dan blauw en geel warmer dan rood. De rode streep in de buurt van de evenaar op het oostelijk deel van de Grote Oceaan duidt dus op relatief lage zeevatertemperaturen in dat gebied, een situatie die tegengesteld is aan wat we tijdens een El Niño verwachten aan te treffen.

Figuur 7 ten slotte geeft een bewerking van de metingen van de *Atmospheric InfraRed Sounder* (AIRS) van Aqua. Weergegeven is de over april 2003 gemiddelde temperatuur van het landoppervlak, het zeeoppervlak of de bewolking daarboven. De schaal loopt van minus 80 graden (blauw) tot plus 47 graden (rood). Duidelijk is in geel langs de evenaar de zogeheten intertropische convergentiezone zichtbaar. In dit gebied ontmoet de noordoostpassaat van het noordelijk halfrond de zuidoostpassaat van het zuidelijk halfrond. In de opstijgende bewegingen die

daardoor worden aangejaagd, ontwikkelen zich voortdurend onweersbuien waarvan de toppen aanzienlijk kouder zijn dan het aardoppervlak, wat doorwerkt in de maandgemiddelde temperatuur. Het temperatuurverschil tussen het gloeiend hete Saharazand en het door uitstraling sterk afgekoelde sneeuw- en ijsdek van Antarctica bedraagt meer dan honderd graden. De lagere temperaturen boven het noorden van Europa en van Azië worden hoofdzakelijk veroorzaakt doordat het daar vaker bewolkt was.

Uit het voorgaande blijkt dat er met de satellietgegevens van Terra en Aqua veel meer mogelijk is dan het eens per dag afleveren van een momentopname van de aarde. In veel gevallen is het mogelijk de informatiestromen zo te kanaliseren dat kleurrijke afbeeldingen ontstaan, zoals de hierbij afgedrukte voorbeelden illustreren.



6. Zeevatertemperatuur op 1 mei 2003. Instrument: AMSR-E van de satelliet Aqua. (Bron: NASA)



BYNOSTAR®
www.bynostar.nl

ONTDEKKINGSREIS DOOR HET HEELAL





**Bij elke BYNOSTAR®
telescoop leveren wij
GRATIS**

- * **Nederlandstalige montagehandleiding en gebruikershandboek**
- * **Planisfeer (sterrenkaart) voor 52° NB**
- * **Boek "Ontdekkingsreis door het heelal"**





Optioneel verkrijgbare accessoires

ASTRODEALERS: Schmidt Optiek, Rokin 72, Amsterdam • Koopman Optiek, Kaasmarkt 2, Purmerend • Combi Foto Loek Anderson, Burg. Mooystraat 27a, Castricum • Foto de Leeuw, Gierstraat 22, Haarlem • Optiek v.d. Wiel, Nieuwe Rijn 62, Leiden • Combi Focus, Goudenregenplein 59-64, Den Haag • W.D.Bos & Zn. Optiek, Thomsonlaan 40-40 B, Den Haag • Foto van der Waal, Rembrandtlaan 71, Schiedam • Polaris Optische Instrumenten, Nachtegaalstraat 76, Utrecht • Egbers Optiek, Tilburgseweg 76, Goirle • Optiek Cyszewski, Chaamseweg 14, Baarle-Nassau • Opticiën Bloemendal, Steenstraat 136, Arnhem • Foto Dubach, Korenstraat 112, Apeldoorn • J.C. Olland Opticiën, Kamperstraat 8, Zwolle • Combi Foto Joop Baars, Stadhuisstraat 64, Lelystad • Combi Foto Sipkes, Poelstraat 19, Groningen • Foto Aktief, Laarderweg 142, Bussum • Foto Dalsheim, Uiterdijksterweg 13, Leeuwarden • Foka Foto Video Audio, Kerkstraat 8, Deurne • Focus Optiek, Nieuwe Burg 9, Middelburg • Foto Hein Manné, Markt 15, Roosendaal • Guido Brillen, Lange Straat 127, Klazienaveen • Foto Arno Smits, Hof 41A, Bergeijk.

Technolyt
Industrieweg 35
1521 NE WORMERVEER
Tel. 075 - 64 74 547
info@technolyt.nl
www.technolyt.nl



Tykkky: stormschade aan bomen met zware sneeuwlast

Bossen kunnen in de winter aanzienlijke schade oplopen door een combinatie van aanvriezende mist, zware sneeuwval en harde wind. In Finland komt dat zo vaak voor dat het Fins er een eigen woord voor heeft: *tykky*. Behalve schade aan bossen veroorzaakt een tykky soms ook problemen met de stroomvoorziening. Een bericht voorbeeld is de tykky van 30 oktober tot 1 november 2001: meer dan een miljoen hectare bos



1. Ruige rijp. (Foto: Kees Floor)



2. Tykky. (Foto: Jaakko Taina, FMI)

ondervond schade, meer dan 7 miljoen m³ hout was beschadigd, 177.000 Finse huishoudens zaten zonder stroom en op het totaal verstoorde bovengrondse elektriciteitsnet waren 20.000 bomen terechtgekomen.

De basis voor een tykky wordt gelegd door zogeheten 'ruige rijp' (fig. 1). Deze vormt zich op takken en andere voorwerpen met een temperatuur onder nul als onderkoelde mistdruppeltjes worden ingevangen. De wind blaast de druppeltjes er tegenaan, waarna ze bevroren en zich vastzetten. De ruige rijp groeit aan tegen de wind in; de snelheid waarmee dat gebeurt hangt af van de temperatuur, de waterinhoud van de mist en de windsnelheid.

Een tweede voorwaarde voor het optreden van tykky is natte sneeuw. Deze hecht zich, vooral bij weinig wind, gemakkelijk aan de door ruige rijp ruw geworden oppervlakken. Als dan ook nog de luchttemperatuur afwisselend onder en boven het vriespunt ligt, niet meer dan een halve graad boven nul komt en uiteindelijk voor wat langere tijd onder nul blijft, is de tykky een feit. Hoe meer sneeuw er valt, des te groter de sneeuwlast op bomen (fig. 2) en bovenleidingen en des te groter de schade (fig. 3). Die schade wordt nog aanzienlijk verergerd als na een periode van sneeuwval bij rustig weer de wind gaat aanwakkeren. De wind krijgt gemakkelijk vat op de zwaarbeladen en meer wind vangende boomkruinen en doet de boomstammen knakken.

Als aan de hierboven geschetste opeenvolging van voorwaarden is voldaan, kan ook in Nederland of België een tykky optreden. Een vergelijkbare situatie, maar dan met ijsregen in plaats van natte sneeuw en zonder harde wind, vormde de ijzelramp in Noord-Nederland van begin maart 1987.



3. Schade aan het bos na een tykky.

Kees Floor*

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

Telescopen Verrekijkers CCD-camera's Accessoires

Vluchttheuvelstraat 10
6621 BK Dreumel

Pluk de nacht!



Aquarius OPTICS

MEADE LX90

Zelfde optiek, zelfde hoge kwaliteit als de 8" LX200GPS alleen zonder GPS.

€ 2.599,00

GRATIS
Bij de Meade LX90 krijgt u de *Aurora Sky* met LPI Imager t.w.v. €199,00
CADEAU

Kwaliteit. Kennis. Service. Prijs.

Bij ons bent u aan het juiste adres voor goede, eerlijke adviezen en voorlichting. Of u nu op zoek bent naar een verrekijker of naar een professionele telescoop, wij geven u met veel toewijding uitleg en demonstraties.

- Wij letten er op dat al onze producten van hoge kwaliteit zijn. Ook de telescopen voor starters.
- Service staat bij ons hoog in het vaandel. Zowel voor als na een aankoop.
- Wij verkopen: **Atik** CCD-camera's, **Finger Lakes** CCD-Camera's, **Jim's Mobile**, **Kowa**, **Meade** Telescopen en Verrekijkers, **Orion** Telescopen en Verrekijkers, **Parks**.



ORION StarBlast

€ 244,00

GRATIS
Bij aankoop van iedere Orion telescoop ontvangt u een CD-ROM met planetarium-software t.w.v. €49,00.
The Sky™

Winkel open zaterdag van 10 tot 17uur.
Of bel voor een afspraak tel. 0487 570 341

aquariusoptics.com



Meade Deep-Sky Imager
413 €



Meade LX 200 GPS

Inclusief :

- Zero-Image Shift Microfocuser
- LPI - Imager
- Degelijke uitleg

Eerste demo-avond

Vrijdag 11 Februari
Vanaf 19u30

Ontdek nu onze nieuwe telescopen

Orion 100 ED Refractor
Orion SkyQuest XT 12
Meade LX D 75

Hou onze website in het oog voor extra informatie

Bij ons draait het om een prachtige hobby, Astronomie !

www.astroproducts.be

Astro Products Belgium - Doelstraat 75 - 2590 Berlaar - België (Nabij Antwerpen)
+32 (0)499/03.03.03 - info@astroproducts.be - BTW : BE 768.169.130