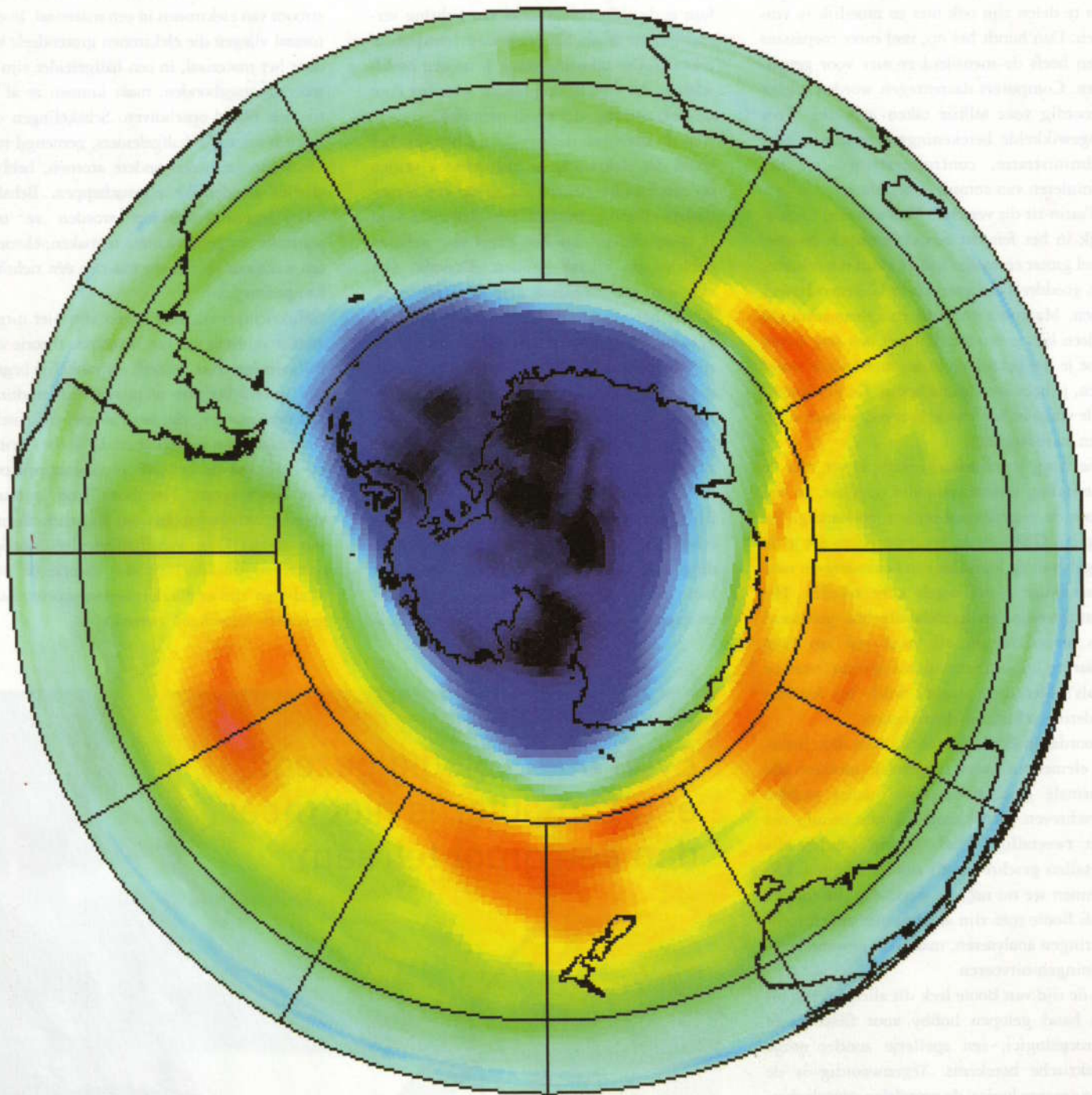


'In 2050 is het



De geografische verdeling van de dikte van de ozonlaag (in Dobson-eenheden) op het zuidelijk halfrond op 1 oktober 2004, berekend uit ozonwaarnemingen met het SCIAMACHY-instrument (Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Cartography) aan boord van de Europese milieusatelliet Envisat. De lage waarden van de ozonkolom boven het zuidpoolgebied (blauw en zwart) tonen het 'ozongat' dat sinds de jaren tachtig jaarlijks aan het einde van de lokale winter ontstaat (Bron: KNMI/ESA).

(DU)



ozongat weer dicht'

Een aantal wetenschappers voorspelt dat de ozonlaag binnen een halve eeuw hersteld zal zijn. De aangroei van ozon wordt beïnvloed door een continue uitwisseling van schadelijke stoffen tussen stratosfeer en troposfeer. In afwachting van de eerste resultaten van OMI, een in de zomer van dit jaar gelanceerde Europese satelliet, verklaart Eos-magazine hoe ze tot zo'n optimistische voorspelling komen.

Door Annemieke VAN ROEKEL

Het wereldwijde verbod op cfk's (chloorfluorkoolwaterstoffen) lijkt vruchten af te werpen. De eerste tekenen van het beginnende herstel van de ozonlaag zijn zichtbaar in de hogere stratosfeer, op een hoogte tussen 35 en 45 kilometer. 'De ozonconcentratie neemt daar de voorbije jaren minder sterk af dan voorheen,' zegt ozonspecialist Peter Siegmund van het Nederlandse KNMI. 'We verwachten dat de ozonlaag zich rond 2050 kan hebben hersteld. Ook het jaarlijkse zuidpoolgat moet dan verleden tijd zijn. We baseren ons hierbij op de voorspelde afname van de chloorconcentratie in de stratosfeer.'

dingen te beperken, wordt in de troposfeer (de onderste laag van de atmosfeer, beneden de stratosfeer) door vliegtuigen continu stikstofoxide uitgestoten. Deze verbindingen zijn echter minder stabiel en worden sneller afgebroken, zodat ze minder schadelijk zijn dan chloor. Voortdurend stromen chloor, broom en andere voor de ozonlaag schadelijke stoffen vanuit de stratosfeer weer naar de troposfeer. Tegelijkertijd krijgt de stratosfeer weer nieuwe 'ozonvreters' zoals cfk's vanuit de troposfeer aangevoerd. Op dit moment is de chloorconcentratie in de stratosfeer op haar hoogtepunt, maar broom moet zijn piek nog bereiken. 'Jaarlijks gaat ongeveer vijf procent van

de troposferische lucht naar de stratosfeer,' weet Siegmund. 'Het zal daarom nog ongeveer een halve eeuw duren vooraleer de meeste cfk's door de stratosfeer zijn gegaan en uit de atmosfeer zijn verwijderd. Daarom duurt het ook ongeveer even lang vooraleer de ozonlaag weer hersteld kan zijn.'

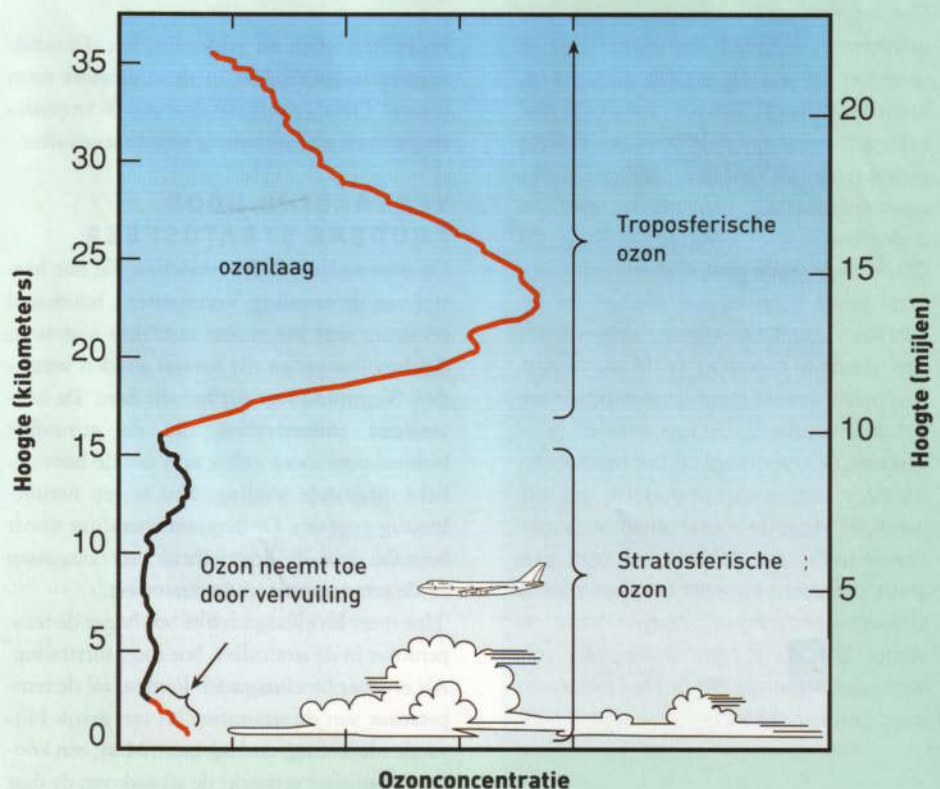
De stratosferische ozon, die de aarde tegen uv-straling beschermt, staat los van de ozon in onze eigen leefomgeving, de lagere troposfeer. Hier is ozon een giftig gas en het zomerse smogalarm waarschuwt ons tegen te hoge ozonconcentraties. Ozon wordt hier vooral gevormd op zonnige dagen, wanneer de uv-straling sterk is, onder invloed van

VAN STRATOSFEER NAAR TROPOSFEER EN OMGEKEERD

Sinds de jaren 1980 is de ozonlaag met gemiddeld bijna een half procent per jaar afgenomen, uitgezonderd boven de tropen. Volgens de meest recente cijfers van het Wereld Meteorologisch Instituut is de uv-belasting op het aardoppervlak de voorbije twintig jaar met zes tot veertien procent toegenomen (als de ozonlaag één procent dunner wordt, neemt de uv-intensiteit toe met 1,3 procent). De gevolgen daarvan zijn ernstig. Effecten van een dunnere ozonlaag op bijvoorbeeld huidkankerincidentie worden pas na langere termijn zichtbaar. Het aantal extra gevallen van huidkanker bijvoorbeeld zal pas rond 2060 een piek bereiken.

De belangrijkste ozon afbrekende stoffen zijn de beruchte cfk's en vergelijkbare, chemisch zeer stabiele verbindingen. In de stratosfeer – de laag in de atmosfeer boven de vijftien kilometer waarin zich ook de ozonlaag bevindt – werkt chloor als een katalysator, zodat één enkel chlooratoom duizenden ozonmoleculen kan afbreken. Ook broom, stikstofoxiden en methaan breken stratosferische ozon af. Terwijl internationale afspraken zijn gemaakt om de uitstoot van chloor- en broomverbin-

De meeste ozon bevindt zich in de lage stratosfeer, tussen 20 en 25 kilometer hoog. De laag pure ozon boven de lage landen is niet dikker dan een drietal millimeter.



CO₂-STIJGING EN OZONLAAG

De Amerikaanse wetenschapper Charles Keeling meet al decennialang vanuit zijn observatorium op Hawaï het CO₂-gehalte in de atmosfeer. De hoeveelheden namen gestaag toe – van 315 ppm (parts per million) een halve eeuw geleden tot 376 ppm vandaag –, maar de laatste twee jaar tekende hij een echte CO₂-opstoot op. Deze plotse versnelling (meer dan 2 ppm per jaar) valt volgens Keeling niet te verklaren door de CO₂-vervuiling door verkeer of energiecentrales, noch door het klimaatfenomeen El Niño. Hij vraagt zich af of het door klimatologen gevreesde feedback-mechanisme in werking is getreden: door de opwarming van de aarde neemt de capaciteit van bossen en oceanen om CO₂ te absorberen af, waardoor de opwarming nóg sneller verloopt. Het gevolg is een ontegenwoordig klimaat, met wereldwijde droogte, stijgende zeespiegels en toenemende temperaturen als gevolg.

Klopt dit doomschapscenario en is een stijging van de broeikasgassen niet in tegenspraak met een zich langzaam herstellende ozonlaag? Peter Siegmund van het KNMI: 'Keelings metingen op Hawaï tonen inderdaad een ongewoon sterke CO₂-stijging. Maar of de CO₂-concentratie nu ook wereldwijd sterker toeneemt dan voorheen, is niet bekend. En het is niet die wereldwijd gemiddelde CO₂-stijging die relevant is voor klimaatverandering. Kortom, Keelings meetresultaten vormen nog geen aanwijzing dat CO₂ wereldwijd versneld toeneemt. Het is wachten op wat op andere plekken op de aarde is gemeten. Zijn uitspraken zijn niet in tegenspraak met mijn positieve stelling over het herstel van de ozonlaag. De cfc-concentratie, die relevant is voor de ozonafbraak, gaat langzaam omlaag. De CO₂-concentratie gaat dan wel omhoog, maar heeft geen directe invloed op de ozonlaag. De CO₂-stijging leidt wel tot een koudere ozonlaag en in de polaire stratosfeer breekt meer ozon af naarmate het daar kouder is. De toenemende hoeveelheid CO₂ vertraagt zo het herstel van de ozonlaag, maar uiteindelijk zal die herstellen door de verder afnemende cfc-concentratie. De CO₂-stijging blijft een groot probleem en leidt tot wereldwijde klimaatveranderingen. Zorgwekkend is verder dat de Kyoto-maatregelen volstrekt onvoldoende zijn om het probleem goed aan te pakken.' (RS)



Wetenschappers denken dat de ozonlaag – door het wisselende zuurstofgehalte in de aardatmosfeer – moet hebben gefluctueerd en dat bepaalde planten onder extreme uvb-condities (licht met golflengte tussen 280 en 320 nanometer) geleefd moeten hebben. Professor Jelte Rozema, ecoloog aan de Vrije Universiteit Amsterdam, onderzoekt de invloed van de ozonlaag op de plantengroei in het recente verleden. Zo bootst deze opstelling met uv-lampen in het gletsjerdal Adventdalen op Spitsbergen het gat in de ozonlaag na. Bedoeling is het stuifmeel van de poolwilg te onderzoeken – een toendraboompje dat niet hoger dan een paar centimeter wordt – en zo de uvb-straling in het verleden te reconstrueren.

Ozon in de stratosfeer beschermt ons tegen uv-straling en heeft weinig te zien met de ozon die zich 's zomers in onze eigen leefomgeving vormt. Hier is ozon een giftig gas

koolwaterstoffen en stikstofoxiden. Dezelfde stikstofoxiden breken in de stratosfeer ozon juist af. Overigens is een deel van de troposferische ozon wel afkomstig van de stratosfeer.

VERTRAGING DOOR KOUDERE STRATOSFEER

De wetenschappelijke modellen die het herstel van de ozonlaag 'voorspellen', houden al rekening met het recent ontdekte fenomeen dat broeikasgassen dit herstel zouden vertraagen. Siegmund legt uit hoe dit kan: 'De hoeveelheid zonnestraling die de atmosfeer binnenkomt moet gelijk zijn aan de hoeveelheid uitgaande straling. Dat is een natuurkundig gegeven. De uitgaande straling wordt bepaald door de hoeveelheid broeikasgassen en de temperatuur in de stratosfeer.'

'Hoe meer broeikasgassen of hoe hoger de temperatuur in de stratosfeer, hoe meer uitstraling. Als er meer broeikasgassen komen, zal de temperatuur van de stratosfeer bij een gelijk blijvende uitstraling, omlaag gaan. Maar, een koudere stratosfeer versterkt de afbraak van de daar

aanwezige ozon doordat die juist bij zeer lage temperaturen, beneden min 78 graden Celsius, plaatsvindt. Opmerkelijk is dat processen in de stratosfeer heel snel kunnen gaan. Je hebt daar anders dan bij het aardoppervlak, geen vertraagend effect van de oceanen.'

Door het kouder worden van de stratosfeer wordt het herstel van de ozonlaag met zo'n tien tot twintig jaar vertraagd. 'Anderzijds', zo stelt Siegmund, kan klimaatverandering het proces van 'opschoning' van de atmosfeer ook weer versnellen door een versterking van de uitwisseling van lucht tussen stratosfeer en troposfeer. In de atmosfeer ongewenste gassen worden dan versneld uit de stratosfeer verwijderd. Deze versterking is echter nog onzeker en wordt momenteel door het KNMI onderzocht.'

OOK 'GAT' BOVEN ZUIDPOOL SLUIT ZICH

De meeste ozon bevindt zich in de lage stratosfeer, tussen twintig en vijftwintig kilometer hoog. Boven Nederland en België is de

ozonkolom 330 Dobson-eenheden (DU) dik, wat neerkomt op een laagje pure ozon van slechts 3,3 millimeter. Wereldwijd is de dikte van de ozonkolom heel variabel. Periodieke schommelingen worden veroorzaakt door lage- en hogedrukgebieden, vulkaanuitbarstingen, zonnevlekken en de windrichting in de stratosfeer boven de evenaar. Voortdurend wordt ook nieuwe ozon aangemaakt – vooral boven de tropen – en weer afgebroken. Vanaf de tropen beweegt de ozonrijke lucht zich in de stratosfeer in de richting van de polen. Doordat de stratosfeer boven de polen dikker is, is de ozonlaag er normaal relatief dikker.

Ook het beruchte 'gat' boven de zuidpool zou volgens de modellen over een halve eeuw weer gedicht moeten zijn. Dat gat ontstaat door de extreem lage temperatuur in de stratosfeer, in combinatie met de aanwezigheid van ozon afbrekende stoffen en zonlicht. Dit gebeurt aan het einde van de poolwinter, in september en oktober. In de polaire stratosferische wolken (parelmoerwolken) die zich onder deze omstandigheden vormen, wordt ozon versneld afgebroken. Door de sterke wind rondom de pool raakt de stratosfeer boven de zuidpool bovendien geïsoleerd, en wordt nauwelijks nog ozonrijke lucht vanuit de tropen aangevoerd. Binnen dit gebied van sterke winden ontstaat zo het 'ozongat', de hoeveelheid ozon is er nog maar de helft van normaal. Op sommige dagen is op bepaalde hoogtes zelfs alle ozon verdwenen.

Ook boven het noordpoolgebied is de ozonlaag de voorbije jaren dunner geworden. De temperatuur komt daar echter niet zo vaak onder de kritische grens van 78 graden onder nul. Bovendien is de kans dat de stratosferische lucht boven de noordpool opgesloten raakt kleiner. Maar, door de nabijheid van dichtbevolkte continenten, kan een dunner ozonlaag hier voor de mens ernstiger gevolgen hebben dan op het zuidelijk halfrond. Klimatologen verwachten dat we de komende twintig jaar – als gevolg van de aanvoer van ozonarme lucht vanaf de noordpool – op het noordelijk halfrond vaker met een dunner ozonlaag te maken zullen krijgen.

Voorwaarde voor herstel van de ozonlaag is dat alle landen zich daadwerkelijk houden aan de afspraken die gemaakt zijn in het Montreal Protocol en de bijbehorende amendementen. Siegmund is hierover optimistisch. 'Tot nu toe is dat gelukkig inderdaad het geval. In onze modellen nemen we dit daarom ook aan voor de toekomst.'

VEERTIEN KEER OM DE AARDE IN EEN DAG

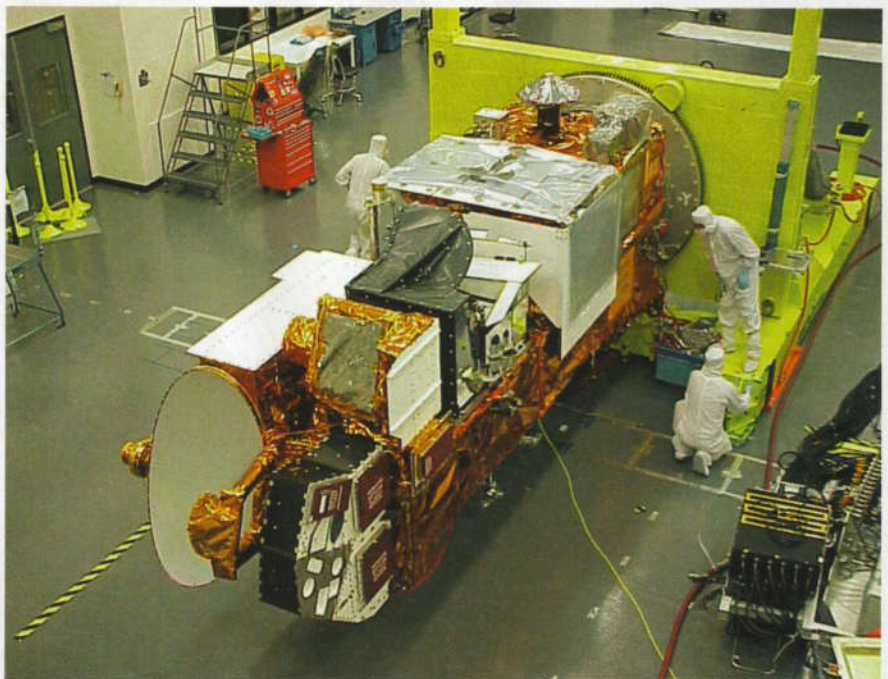
Op 15 juli is het Ozone Monitoring Instrument (OMI) in de ruimte gebracht. Het instrument bevindt zich aan boord van de EOS Aura-satelliet (Earth Observing Satellite for Atmospheric Chemistry), de klimaat- en milieusatelliet van de NASA. OMI is een Nederlands-Fins initiatief dat de ozonmetingen van de Amerikaanse TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) moet voortzetten. OMI meet in 1100 golflengten tussen 270 en 500 nanometer. Behalve ozon brengt OMI ook luchtverontreiniging, broeikasgassen en kleine stofdeeltjes in kaart.

De Verenigde Staten begonnen ongeveer dertig jaar geleden als eersten met ozonmetingen vanuit satellieten. Grondstations hebben een beperkte dekking, zodat in 1978 TOMS werd gelanceerd. Die bevond zich tot 1993 in de ruimte en werd opgevolgd door een tweede TOMS op de Russische satelliet Meteor 3, waarna nog meer TOMS-instrumenten op andere satellieten volgden. Ozon wordt ook gemeten met het SBUV-instrument (Solar Backscatter Ultraviolet) op de NOAA-satellieten.

Europa begon pas veel later met ozonmetingen. In 1995 werd GOME (Global Ozone Monitoring Instrument) gelanceerd op de ERS-2 satelliet. GOME is nu aan het einde van zijn levensduur en levert nu nog maar beperkt gegevens. SCIAMACHY (Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Cartography), een gezamenlijk project van Nederland, België en Duitsland, werd in 2002 op de Envisat-satelliet gelanceerd en zal nog tot circa 2010 metingen verrichten. SCIAMACHY heeft een zeer groot golflengtebereik en meet een groot aantal gassen, stofdeeltjes en wolken.

Om de hele aardse atmosfeer in kaart te brengen heeft OMI één dag nodig. SCIAMACHY doet daar drie tot zes dagen over. In één dag draait OMI veertien keer om de aarde en brengt bij elke afgelegde baan een 2.600 kilometer brede strook in beeld. OMI meet, net als SCIAMACHY, de mate waarin zonlicht door onze atmosfeer wordt weerkaatst. Op basis hiervan wordt de hoeveelheid (broeikas)gassen bepaald, samen met hun verspreiding en de hoogte waarop ze zich bevinden.

Pieter Levelt van het KNMI, dat de wetenschappelijke leiding van het OMI-project in handen heeft, stipt aan: 'Voordeel van OMI is de veel hogere ruimtelijke resolutie. OMI kan zelfs luchtvervuiling op stedelijk niveau in kaart brengen.' OMI werkt met de CCD-techniek die ook in digitale camera's wordt gebruikt. OMI zal ook een rol spelen bij de controle op de afspraken over de emissie van ozonafbrekende stoffen die zijn vastgelegd in het Protocol van Montreal. De eerste gegevens worden ongeveer een jaar na de lancering verwacht.



meer weten? Ga naar www.eos.be
en klik in de bovenste balk op 'het blad'