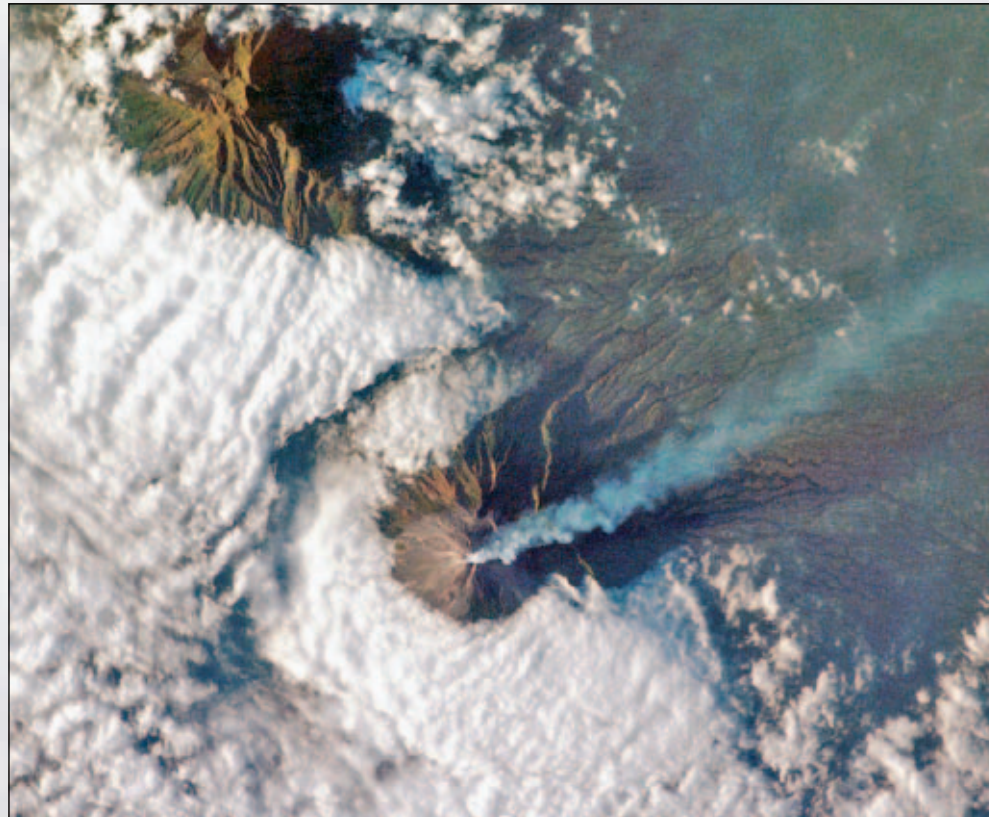


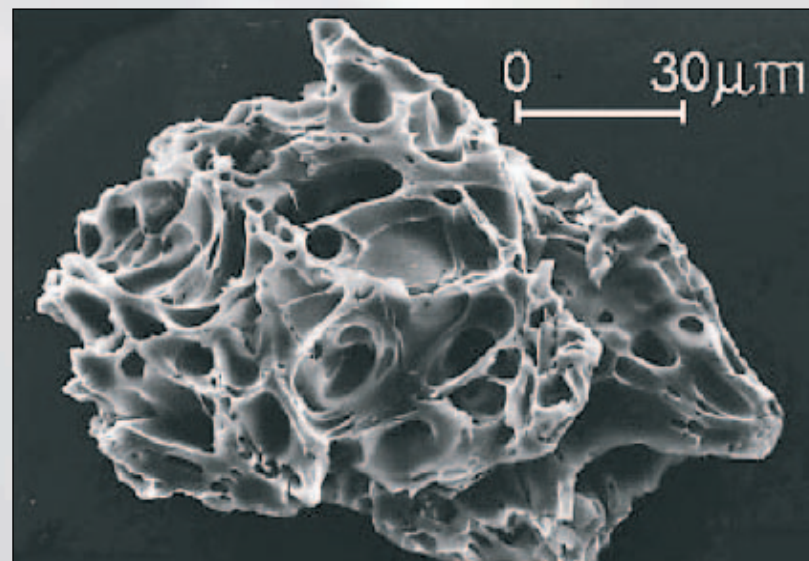
As van vulkanen bedreigt vliegveiligheid



1. De 2911 meter hoge Merapi is een van de meest actieve vulkanen van Indonesië. De vulkaan ligt op Oost-Java in een van de dichtstbevolkte gebieden ter wereld. Hij is al bijna tien jaar vrijwel onafgebroken actief en spuugt van tijd tot tijd ook vulkanische as uit. De opname werd op 24 augustus 2003 vanuit de ruimte gemaakt met een digitale camera. De vulkaan vormt een barrière voor laaghangende bewolking; daardoor is het aan de lijszijde helder, al bevindt zich daar natuurlijk wel de stoompluim. (Foto: NASA)

Vulkaanuitbarstingen vormen een dankbaar onderwerp voor satellietopnamen en ruimtetoefoto's en leveren fascinerende plaatjes op. Voor de bemanningen en passagiers van vliegtuigen valt echter minder te genieten: de vulkanische as vormt een regelrechte bedreiging voor de vliegveiligheid. De berichtgeving over locaties en verwachte verplaatsing van deze aswolken maakt onderdeel uit van de meteorologische waarschuwingen voor het vliegverkeer, die verder melding maken van bijvoorbeeld tropische cyclonen, zware onweersbuien, stof- en sneeuwstormen, ijsaanzetting en turbulentie.

In tegenstelling tot wat de naam doet vermoeden, is vulkanische as geen verbrandingsproduct dat vergeleken kan worden met de as van verbrand hout, blad of papier. Het bestaat namelijk uit kleine, ruwe stukjes gesteente, mineralen en vulkanisch glas (zie fig. 2), of soms ook uit het veel kleinere vulkanisch stof. De grootste asdeeltjes zijn 2 mm, de kleinste 0,001 mm. Om zich langere tijd in de atmosfeer te kunnen handhaven, mogen ze niet groter zijn dan 0,01 mm. Het spul is keihard, lost niet op in water, heeft op oppervlakken waar het mee in aanraking komt de uitwerking van ruw schuurpapier en kan, als het nat is, stroom geleiden. Vulkanische as wordt gevormd tijdens explosieve vulkaanuitbarstingen, wanneer gassen in het



2. Een vulkanisch asdeeltje: duidelijk is te zien hoe ruw het is. De aangegeven lengte bedraagt $30 \mu\text{m} = 0,03 \text{ mm}$.

magma uitzetten en met bruut geweld ontsnappen. Een zelfde effect treedt op als magma in contact komt met water.

De producten die een vulkaan uitstoot, vormen een kolom van vaak meer dan tien kilometer hoog. De grotere brokstukken en -stukjes komen gewoonlijk binnen enkele kilometers van de krater op de grond terecht, maar vulkanische as- en stofdeeltjes worden meegevoerd door de wind en vormen een eruptiewolk. De deeltjes kunnen duizenden kilometers afleggen en soms zelfs de hele aarde rondgaan. Zo dreef de aswolk van de Pinatubo op de Filippijnen in 1991 in nog geen drie dagen naar de oostkust van Afrika: een afstand van achttienhonderd kilometer. Wereldwijd zijn er vijftienhonderd vulkanen, waarvan er zeshonderd actief zijn. Per jaar zijn er 55 tot 60 vulkaanuitbarstingen; acht à tien



daarvan produceren aswolken die de hoogte bereiken waarop lijnvluchten plaatsvinden en die gemiddeld twintig dagen per jaar tot op vele honderden kilometers van een uitbarstende vulkaan een bedreiging vormen voor het vliegverkeer.

Gevaren

De gevaren van vulkanische as blijken duidelijk uit een dramatisch voorval dat KLM-vlucht 867 overkwam op 15 december 1989. Het toestel vloog op een van de drukke vliegroutes van Oost-Azië over het noordelijk deel van de Stille Oceaan naar Alaska (fig. 3) en had daar als bestemming Anchorage. Tien uur nadat de op ongeveer 250 km afstand van Anchorage gelegen vulkaan Redoubt actief was geworden, begon de bemanning boven de Talkeetna Mountains met de afdaling. Kort daarna kwam de Boeing 747-400 in een aswolk terecht die niet op de radar van het toestel zichtbaar was en ook niet op die van de verkeersleiding. Daarop vielen alle vier motoren uit, wat de instrumenten die niet op accu's werkten onbruikbaar maakte. Terwijl de bemanning driftig trachtte de motoren te herstarten en het buiten donker leek te zijn geworden, op wat oplichtende deeltjes (het zogeheten elmusvuur) na, drong bruin stof het toestel binnen. Tevens ontstond er een penetrante zwavellucht. Vijf minuten lang viel het toestel met 231 doodsbenauwde passagiers naar beneden en verloor daarbij meer dan drie kilometer hoogte. Na zeven of acht pogingen de motoren te her-

starten, kreeg de bemanning er twee weer aan de praat. Pas op twee kilometer boven het ruige, bergachtige en besneeuwde terrein lukte het, na veel verdere pogingen, alle vier motoren weer draaiend te krijgen. De ramen van de cockpit leken te zijn gezandstraald: je kon er niet meer doorheen kijken. Om iets te zien moesten de piloten naar opzij buigen en zo goed en zo kwaad als het ging door een zijraampje naar voren kijken. Gelukkig slaagde de bemanning erin het gloednieuwe maar zwaar gehavende toestel veilig aan de grond te zetten. De motoren waren geheel afgeschreven en de totale schade bedroeg 80 miljoen dollar. Dergelijke voorvallen komen vaker voor, al gaat het er niet altijd zo spectaculair aan toe. Zo was in 1982, toen een Boeing 747 van British Airways op 24 juni boven Indonesië in de aswolk van de op West-Java gelegen vulkaan Galunggung terecht kwam, al gebleken dat motoren kunnen uitvallen, dat instrumenten haperen of onjuiste waarden tonen en dat ramen van de cockpit en voorranden van vleugels, motoren en staartvlakken als het ware gezandstraald worden. Nog zo'n geval: tijdens een uitbarsting van de Guaga Pichincha in het

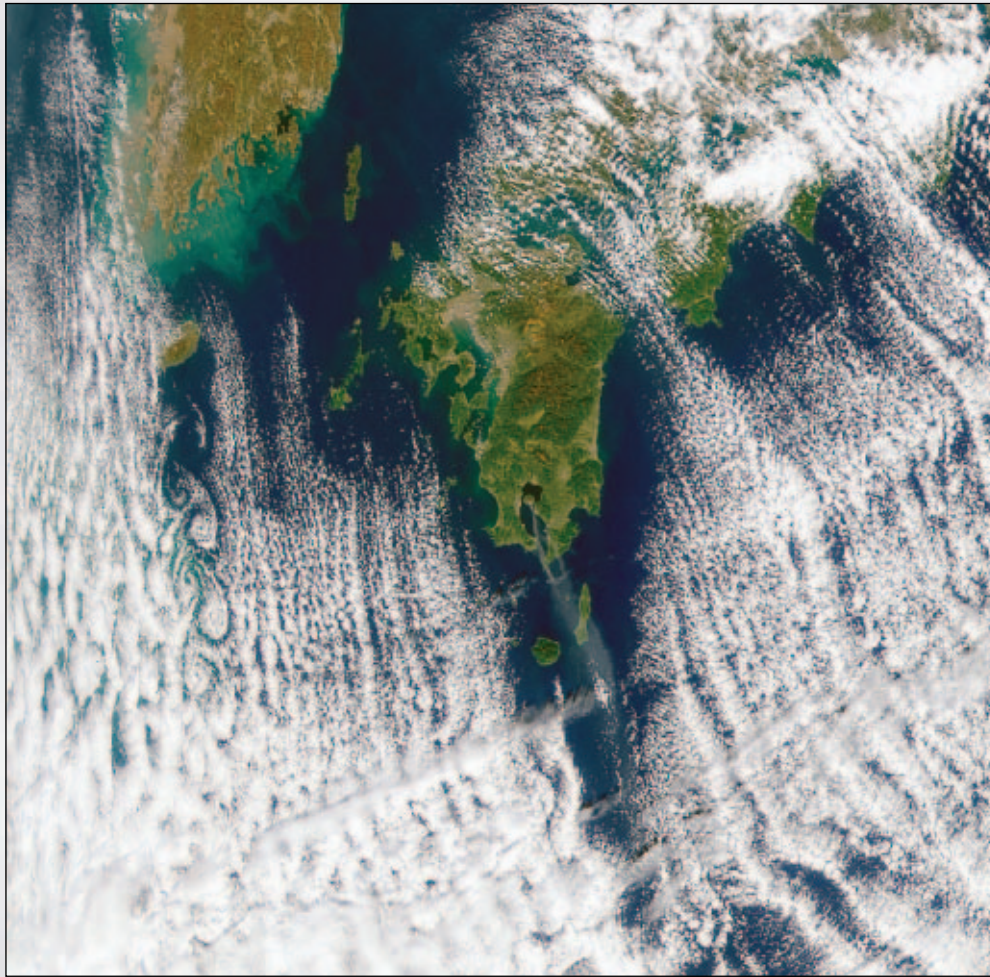
Andes-gebergte in Ecuador landde er nog een Boeing 747-200 van Atlas Air op de nabijgelegen luchthaven van Quito, die vervolgens tien dagen dicht bleef. Zo'n landing is riskant, doordat de landingsbanen bij een laagje vulkanische as en stof van slechts een halve centimeter dik al te glad zijn voor veilige vliegoperaties. Om de schade die het vliegtuig in de aswolk had opgelopen te herstellen en het toestel weer vliegklaar te maken, waren twee technici acht dagen fulltime in touw. Alles bij elkaar zijn in de afgelopen decennia meer dan negentig toestellen door aswolken van vulkanen gevlogen. Gelukkig vielen er in geen van die gevallen slachtoffers; wel schatten experts de schade op minstens 250 miljoen dollar.

Detectie

Het lijkt vrij eenvoudig, met gedetailleerde satellietbeelden zoals die hierbij zijn afgebeeld, wolken met vulkanische as te lokaliseren en het vliegverkeer te waarschuwen. Toch voldoet het huidige systeem van waarnemingssatellieten niet aan de vereisten die de gebruikers in de luchtvaart daaraan stellen. Dat komt doordat de diverse gebieden op aarde slechts een of enkele keren per dag met de getoonde detaille-

Kees Floor*

* Kees Floor is wetenschapsjournalist en weerpublicist.



4. Een rookpluim ontsnapt uit de vulkaan Sakura-jima op Japan (midden op het satellietbeeld). Meer naar links is een zogeheten wervelstraat van Von Kármán te zien achter het Zuid-Koreaanse eiland Cheju. Datum: 7 december 1999. Satelliet: SeaStar. Instrument: SeaWiifs. (Foto: NASA)

ring in beeld gebracht kunnen worden. Bij de uitbarsting van 1980 van de St. Helens in de Amerikaanse staat Washington had de aswolk slechts vijf minuten nodig om de hoogte te bereiken waarop het luchtverkeer plaatsvindt; in die tijd legt een lijnvlucht 65 kilometer af. Daarom wil men al binnen vijf minuten worden gewaarschuwd. Met het thans beschikbare netwerk van satellieten is een dergelijke waarschuwingssnelheid niet mogelijk. Satellieten boven de evenaar, zoals de Europese METEOSAT's en de Amerikaanse GOES-satellieten, leveren hun gegevens gewoonlijk 'slechts' eenmaal per half uur. Om de vulkanische as goed te kunnen zien, is een nabewerking nodig die gebruik maakt van satellietmetingen op verschillende golflengten, veelal in het infrarood; met het uitvoeren van die nabewerking is ook tijd gemoeid. Met de Total Ozone Spectrometer (TOMS), waarmee verscheidene polaire satellieten zijn uitgerust, kan vulkanische as even-

eens worden opgespoord, maar ook hier is de frequentie te laag en wordt zeker geen waarschuwingstijd van vijf minuten gehaald. Er is dan ook aanvullende informatie nodig vanaf de grond.

Voor een aantal vulkanen is dat geen probleem: die worden door vulkanologen vanaf nabijgelegen waarnemingsposten onafgebroken in de gaten gehouden. Bij sommige vulkanen staan bovendien al webcams, maar bij de meeste andere is dat niet het geval. Daar kan in de toekomst apparatuur worden geplaatst die vulkanische as detecteert volgens hetzelfde principe dat de satellieten gebruiken. Verder wordt er ook gewerkt aan instrumenten met infraroodsensoren die op vliegtuigen geplaatst kunnen worden. Men verwacht dat zo'n apparaat vulkanische as kan zien tot op tachtig kilometer afstand; daarmee krijgen de piloten voldoende tijd om van koers te veranderen en andere vliegtuigen te waarschuwen. Naar zo'n apparaat bestaat ongetwijfeld veel vraag. Zo zijn er elke dag driehonderd transatlantische vluchten tussen Europa en Noord-Amerika die dicht langs IJsland komen, waar zich meer dan zeventig vulkanen bevinden. Boven het noordelijk

deel van de Stille Oceaan, waar het vliegverkeer tussen Oost-Azië en Alaska plaatsvindt, is het ongeveer even druk; de vliegroutes liggen boven of in de buurt van ongeveer honderd vulkanen in Japan, Rusland en Alaska (fig. 3).

Waarschuwingen

Incidenten zoals hierboven beschreven sloegen in de luchtvaartwereld in als een bom. Vooral het bijna-ongeluk met het KLM-toestel in 1989 gaf de aanzet tot talrijke maatregelen ter verhoging van de vliegveiligheid. Tot nog toe zijn er geen slachtoffers te betreuren en dat wil men graag zo houden. Piloten en vluchtplanners proberen dan ook koste wat het kost aswolken van vulkanen te mijden. Zo doet de KLM alleen overdag vliegvelden aan in Ecuador, waar vulkanen van de Andes naast of op geringe afstand van de velden liggen; de piloten kunnen eventuele vulkanische activiteit dan direct zien en de vereiste actie ondernemen.

Men is tijdens alle vluchten extra op zijn hoede bij verschijnselen als elektrische ontladingen (elmuusvuur), het binnendringen van donkerbruin stof in de cockpit of de cabine, een zwavellucht, ongebruikelijk scherpe schaduwen van de landingslichten op wolken, problemen met de motoren en het teruglopen van de door de boordinstrumenten aangegeven vliegsnelheid; al deze verschijnselen kunnen duiden op vulkanische as. Mocht een toestel toch nog onverhoopt een aswolk binnenvliegen, dan zal men de wolk zo snel mogelijk weer verlaten, desnoods door rechtsomkeert te maken. Verder zal men in de wolk zo min mogelijk motorvermogen vragen en landen op het dichtstbijzijnde vliegveld.

Piloten en vluchtplanners maken gebruik van de speciale, internationale berichtgeving over wolken met vulkanische as. Doordat de verplaatsing van de aswolken wordt bepaald door de wind, lag het voor de hand om de waarschuwingen voor dit verschijnsel op te dragen aan meteorologische diensten en onderdeel te maken van de routinematige meteorologische berichtgeving. Samenwerking met waarnemingsstations van vulkanen en met de luchtverkeersleiding blijft echter geboden. Om dit te regelen werden in 1995 op een bijeenkomst van de Internationale Organisatie voor Burgerluchtvaart (ICAO) in Darwin (Australië) Adviescentra voor



Vulkanische As (VAAC's) in het leven geroepen, die elk verantwoordelijk zijn voor de berichtgeving over een bepaald gebied van het aardoppervlak. Zij dragen er zorg voor dat de waarschuwingen voor vulkanische as via de in de luchtvaart gebruikelijke kanalen bij de belanghebbenden terechtkomen. Ook leveren ze prognoses over de verplaatsing van de aswolken.

Niet alleen luchtvaart

As van vulkanen brengt niet alleen voor de luchtvaart gevaar en overlast. Dat bleek bijvoorbeeld tijdens de uitbarsting van de St Helens in 1980, toen de donkere wolken die zich boven het gebied samenpakten geen onweerswolken bleken te zijn, maar aswolken. We zagen reeds dat onder dergelijke omstandigheden start- en landingsbanen glad wor-



6. Vulkanische as van een eerdere uitbarsting is door een stevige wind opgepikt, zodat zich opnieuw een aswolk vormt boven de Golf van Alaska en het eiland Kodiak. De as is uiteraard net zo gevaarlijk als de as van een actieve vulkaan. Datum: 21 september 2003, middagbaan. Satelliet: Aqua. Instrument: MODIS. (Foto: NASA)

den; hetzelfde geldt voor autowegen. Bij snelheden van 10 km/uur of meer warrelt er bovendien zo veel stof op, dat het zicht wordt belemmerd en er zich ook daardoor verkeersongevallen voordoen. Door het gewicht van de as storten daken in. Natte vulkanische as is extra zwaar en bovendien geleidend, waardoor zij kortsluiting kan veroorzaken in apparatuur en transformatoren van hoogspanningsleidingen. Ook verstopt de as luchtfilters, waardoor apparaten oververhit raken en uitvallen. Verder veroorzaakt zij ademhalingsproblemen, brengt zij schade toe aan landbouwgewassen en vormt zij een bedreiging voor met name grazend vee, dat verhongert, uitdroogt of vergiftigd raakt.

Literatuur

Hufford, G.L., L.J. Salinas, *et al.* 2000: Operational implications of airborne volcanic ash. *Bulletin of the American Meteorological Society* **81**(April):745-756.
 Neal, C.A. *et al.* 1997: Volcanic Ash, danger to aircraft in the North Pacific, *U.S. Geological Service Fact Sheet* 030-97.
 Kenedi, C.A. *et al.* 2000: Volcanic Ash Fall, a "hard rain" of abrasive particles, *U.S. Geological Service Fact Sheet* 027-00.
 Perkins, S., 2003: Danger in the Air, Volcanoes have a long reach, *Science Week* 164 (11), 13 september 2003
 Salinas, L. J., 1999: Volcanic ash clouds pose a real threat to aircraft safety. Proc. Eighth Conf. on Aviation, Range, and Aerospace Meteorology, Dallas, TX, Amer. Meteor. Soc., 322-325.

5. Uitbarsting van de Etna in de ochtend van 12 november 2002. Satelliet: Terra. Instrument: MODIS. (Foto: NASA)