

# Grondboor & Hamer

Tweemaandelijks tijdschrift van de Nederlandse Geologische Vereniging  
Jaargang 56 (2002) nummer 5

## Inhoudsopgave:

- 121 Prof. Dr. R.D. Schuiling: Vulkanisme en gaslekken in de mantel
- 124 P. Storm: Javamens geen voorouder van de Aboriginals: een ecologische kijk op een oud vraagstuk
- 133 M. van der Plas: Een nieuw model voor de evolutie van *Homo sapiens* van de Wallacea eilanden
- 137 B. van Geel en L.H. van Wijngaarden-Bakker: De Eland van Borne en het gebruik van stuifmeel voor milieu-reconstructie en datering
- 142 J. Leloux & D. Mol: Kor & Bot 2002, een succes!

## Vulkanisme en gaslekken in de mantel

Prof. Dr. R.D. Schuiling

Universiteit Utrecht, faculteit Aardwetenschappen, Budapestlaan 4, 3584 CD Utrecht, tel. 030-2535006, e-mail: [schuiling@geo.uu.nl](mailto:schuiling@geo.uu.nl)

**In een aantal gebieden op aarde komen er grote hoeveelheden kooldioxide (CO<sub>2</sub>) uit de mantel naar buiten. Er lijkt wel enig verband te zijn met vulkanisme, maar de relatie is vrij indirect. Aan de hand van een paar voorbeelden zullen we proberen om het proces van gaslekkages uit de mantel te begrijpen.**

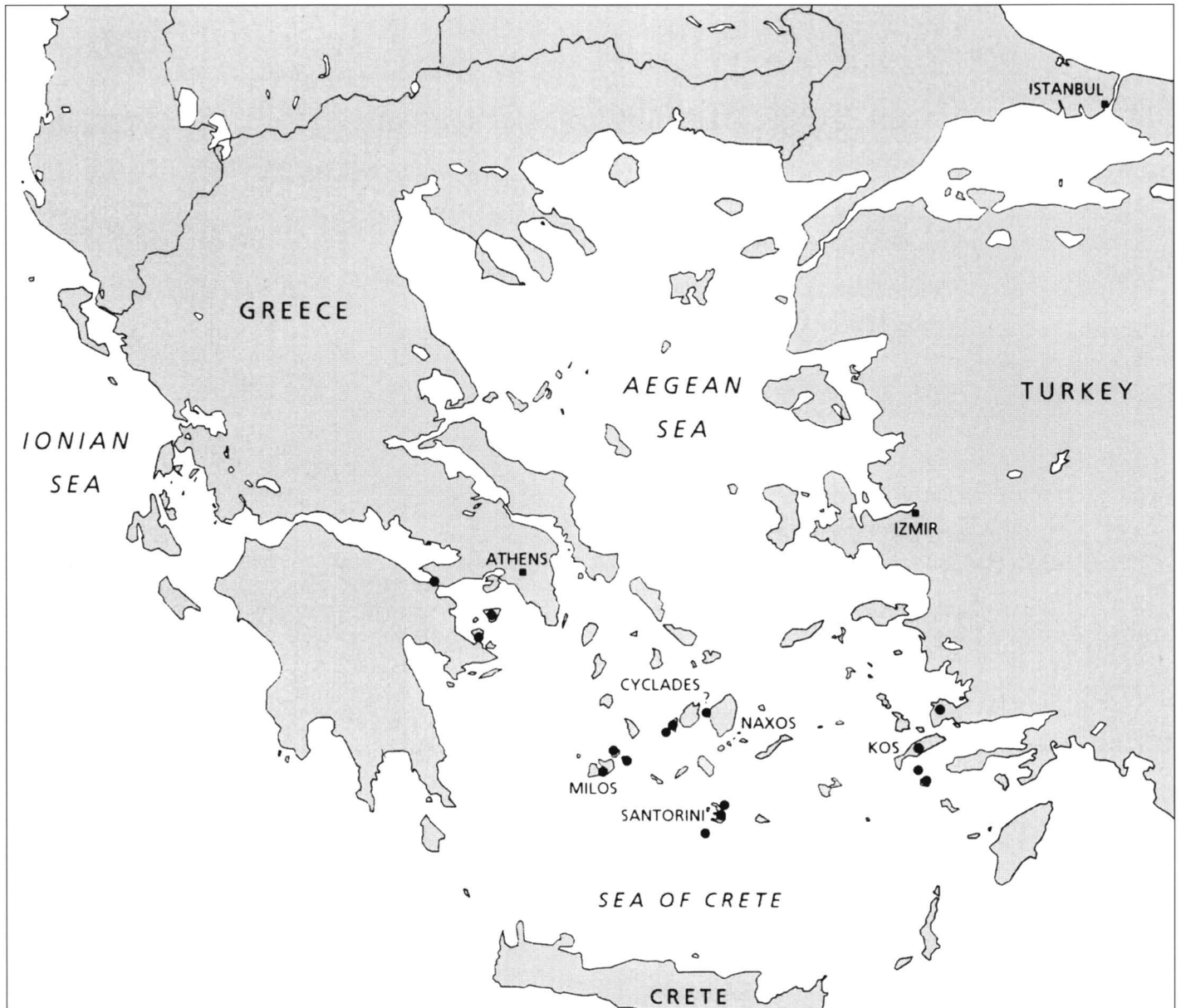
### Het Aegëïsch gebied

De Afrikaanse plaat en de Euraziatische plaat bewegen hier naar elkaar toe. Ten zuiden van Kreta schuift de Afrikaanse plaat onder de Euraziatische, waarbij een duidelijke diepzeetrog gevormd wordt. Het bijbehorende vulkanisme (de vulkanische binnenboog) is nog actief, zoals spectaculair zichtbaar is op Santorini. Ook het naburige eiland Milos is vrijwel geheel vulkanisch. De laatste vulkanische activiteit daar dateert van ongeveer 80.000 jaar geleden. Fumarolen, warme bronnen en een hoge geothermische gradiënt zijn getuigen van nog steeds aanwezige activiteit. Op sommige plaatsen loopt de geothermische gradiënt op tot 8°C per 10 meter, dat is 20 tot 30 maal meer dan normaal. Men probeert deze geothermische warmte te winnen voor de opwekking van electriciteit. Hierbij

wordt men gehinderd door het feit dat de hete vloeistoffen extreem corrosief zijn. Bij onderzoek van de zeebodem rond Milos (Afb. 1) bleek dat er overal CO<sub>2</sub> uit de zeebodem opborrelt. Men heeft deze borrelbanen in kaart gebracht en de gasstromen gemeten. Het blijkt dat er over een gebied van 300 km<sup>2</sup> jaarlijks 2,2 miljoen ton CO<sub>2</sub> vrijkomt. Dat is ongeveer 1% van de hoeveelheid gas die langs alle mid-oceanische ruggen ontwijkt. Het ligt voor de hand om te denken dat dit gas vrijkomt bij het stollen van magma onder Milos. Het magma op Milos is vrij zuur, dus taai en explosief, zoals bij zoveel vulkanen die met een subductiezone samenhangen. Dit soort magma's is meestal waterrijk en CO<sub>2</sub>-arm. Magma's die zich ontwikkelen in een CO<sub>2</sub>-rijke omgeving zijn juist basisch en dunvloeibaar, dus niet explosief. Het is daarom waarschijnlij-

ker dat het gaslek in de mantel onder Milos en het vulkanisme misschien wel een gezamenlijke oorzaak hebben, maar niet nauw verbonden zijn.

Als die gassen uit de mantel komen, of misschien zelfs uit de onderschuivende Afrikaanse plaat, dan moeten ze op hun weg naar boven de korst passeren. Het aardige is dat we in datzelfde gebied ook een voorbeeld hebben van grote CO<sub>2</sub>-stromen door een dieper deel van de korst, zeg 10-15 kilometer diep. Op Naxos vinden we een serie metamorfe gesteenten, waarvan de graad van metamorfose snel toeneemt naar het centrum. Dit centrum wordt gevormd door een gneiskoepel waarvan de gesteenten duidelijk tekenen van (gedeeltelijke) opsmelting vertonen. Gneis smelt bij ongeveer 700°C, terwijl de temperatuur van metamorfose op een paar



Afb. 1. Locatie van Milos en Naxos. De diepzeetrog (subductiezone) loopt ten zuiden van Kreta. Met zwarte stippen zijn de plaatsen met recent of subrecent vulkanisme aangegeven. De stip op Naxos met vraagteken betreft een nieuwe locatie, waar wij denken dat er een omgezette rhyolitische tuf ligt onder een dikke sinterlaag van silica. Dit voorkomen is nog niet bekend in de literatuur.

kilometer afstand van de gneiskoepel niet meer dan 400°C was. We vinden veel kwartslenzen in deze gesteenten, met daarin kenmerkende metamorfe mineralen (muscoviet, biotiet, kyaniet, en sillimaniet). Omdat de mineralen in de kwartslenzen dezelfde graad van metamorfose hebben als het omliggende gesteente, weten we dat deze lenzen gevormd werden tijdens de metamorfose.

Mineralen worden meestal uit een oplossing gevormd. Vaak zijn er microscopisch kleine druppeltjes van deze vloeistof ingesloten in het mineraal tijdens zijn groei. Dat is ook het geval bij de kwartsen van Naxos. Deze druppeltjes zijn dus monsters van de vloeistoffen waar deze kwartsen uit gevormd zijn tijdens de metamorfose.

We hebben die vloeistofinsluiteltjes optisch en chemisch onderzocht. Ze bleken voor het grootste deel uit CO<sub>2</sub> te bestaan. Hun isotopische samenstelling (de verhouding tussen <sup>12</sup>C en <sup>13</sup>C) maakt aannemelijk dat deze CO<sub>2</sub> uit de mantel afkomstig is. Bij de hoge temperatuur van de metamorfose waren het toen natuurlijk geen vloeistoffen maar gassen onder hoge druk. We kunnen een schatting maken van de hoeveelheden gas die weggestroomd zijn, en aan de hand van ouderdomsbepalingen weten we hoe lang het proces ongeveer geduurd kan hebben. Met die twee gegevens komen we op een gasstroom van 2,5 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar over een gebied van een paar honderd vierkante kilometer, dus in de zelfde orde van grootte als nu op Milos.

Als die gassen uit de bovenmantel komen zijn ze erg heet, zo'n 1000°C of meer. Tegen de tijd dat ze als een lauw of koud gas uit de zeebodem bubbelen (Afb. 2), hebben ze dus al hun warmte afgestaan aan het gesteente waar ze doorheen stroomden. Blijkbaar doet de aarde hier aan vloerverwarming. Op de plekken waar de hete gassen doorheen stromen, zal het gesteente opgewarmd worden, en metamorf worden. We hebben berekend dat zelfs met vrij conservatieve schattingen deze gassen genoeg warmte naar de korst getransporteerd hebben om zo een heel metamorf complex te kunnen veroorzaken.

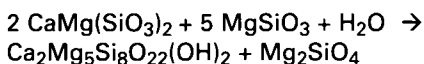
#### **Ontgassing in de Eifel**

Dichter bij huis kennen we ook een gaslek in de mantel, namelijk in de

Eifel. Daar vinden we heel veel bronnen met CO<sub>2</sub>. Een groot aantal plaatsen in de Eifel dankt hun bestaan hieraan (voor mineraalwater en/of kuuroord). De totale gasstroom, over een groter oppervlak in de Zuid- en West-Eifel, blijkt slechts 16.400 ton per jaar te zijn. Dus nog geen procent van de gasstromen op Naxos, 16 miljoen jaar geleden, of op Milos nu. Als we een wat groter gebied nemen, onder andere in Oost-België, dan wordt de gasstroom wel groter, maar het gebied waar het uitkomt ook. Het vulkanisme in de Eifel is vrijwel geheel basisch (basalten en verwante vulkanische gesteenten). Hier zijn de magma's waarschijnlijk echt in een CO<sub>2</sub>-rijke omgeving gevormd.

#### Waar komt die CO<sub>2</sub> vandaan?

De meest waarschijnlijke bron van CO<sub>2</sub> is de ontleding van carbonaten in de bovenmantel of uit kalkstenen die samen met andere sedimenten naar beneden getransporteerd zijn in de subductiezone. Die gesteenten leveren bij opwarming niet alleen CO<sub>2</sub> maar ook water. Er komt dus een gemengde gasstroom naar boven, maar het water wordt bij voorkeur vastgehouden in de bovenmantel. Voor mensen die willen begrijpen hoe dat water wordt uitgevangen, de volgende reactie:



Mineralogisch staat hier dat diopsied en enstatiet in aanwezigheid van water bij hoge temperatuur omzetten in hoornblende en olivijn (alle mineraalformules zijn versimpeld). Bij zo'n hydratatie komt warmte vrij, dus op de plek van de reactie wordt het steeds een beetje heter, terwijl de smeltemperatuur van gesteenten door de aanwezigheid van water juist lager wordt. Dat lijkt een gunstig scenario voor de vorming van magma's.

#### Hoe zit het met de benodigde warmte?

Er moet een heleboel warmte worden toegevoerd, om het water uit kleimineralen, en de CO<sub>2</sub> uit carbonaten vrij te maken. Het is mogelijk om bij benadering uit te rekenen hoeveel warmte je nodig hebt, om zulke gasstromen te creëren door ontleding van carbonaten (denkt u maar aan het branden van kalk in een kalkoven). Voor een gasstroom zoals we in de Eifel vinden heb je maar een paar procent van de normale warmtestroom uit de aarde nodig, maar op plaatsen als Milos en Naxos kom je met de gewone warmtestroom uit de aarde lang niet uit. Het is nog niet duidelijk waar al die extra warmte op die plekken vandaan komt. Misschien is er een manier om de warmte eerst over langere tijd op te slaan, en dan versneld vrij te laten komen. Misschien moeten we aan een soort focuserend effect denken voor gasstromen uit de man-

tel, zodat ze via voorkeurskanalen gaan stromen.

Het ziet er dus naar uit alsof op sommige plaatsen door een tijdelijk veel hogere warmteproductie er heel veel hete gassen in een beperkt gebied naar boven komen. Ze warmen een soort 'schoorsteen' op met een diameter van enkele tientallen kilometers. Diezelfde schoorsteen kan ook dienst doen om magma's langs te transporteren; dat zou verklaren waarom grote gaslekken uit de mantel en vulkanisme toch wel vaak op dezelfde plaatsen voorkomen.

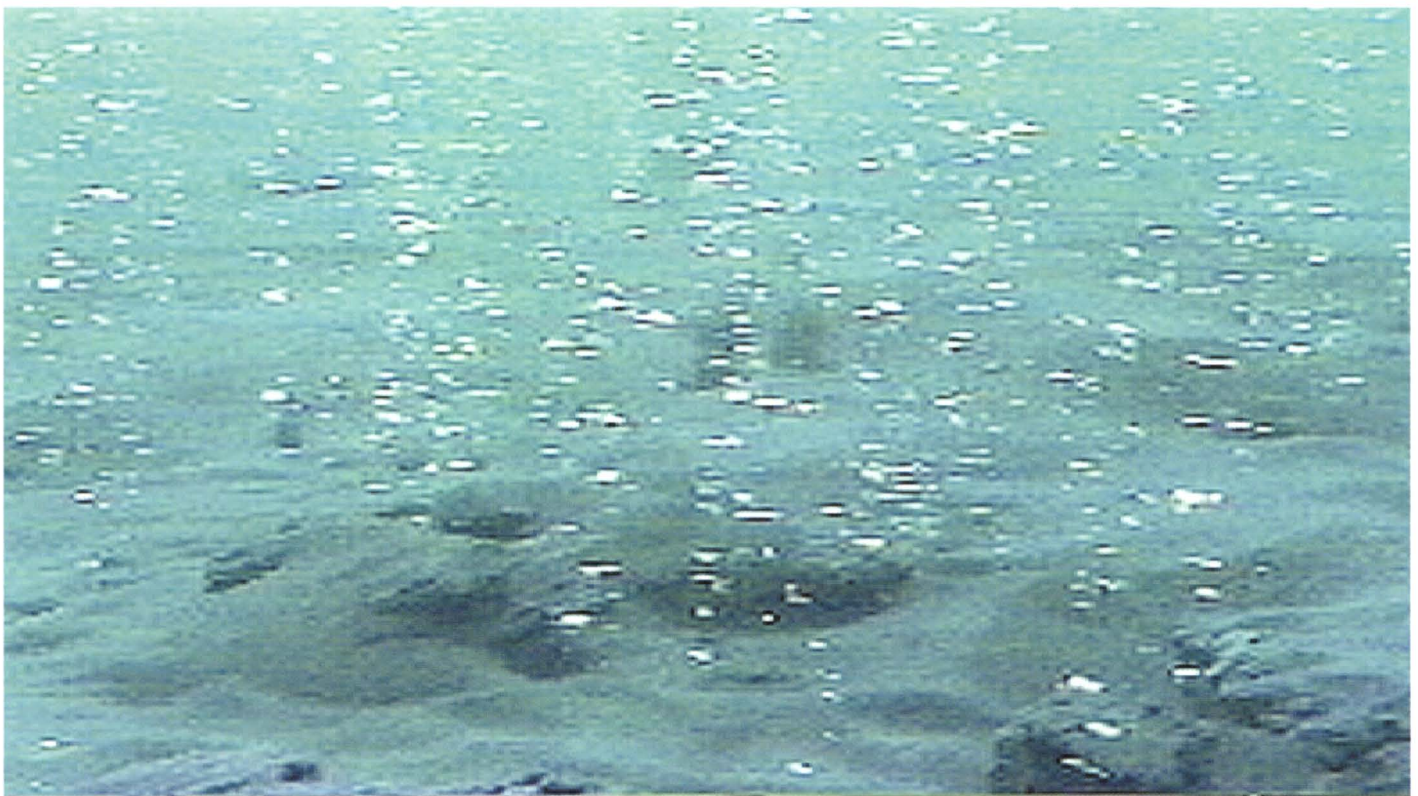
#### Excursie

Voor geïnteresseerden leid ik ieder jaar een excursie op de Griekse eilanden, waar o.a. de in het artikel beschreven processen gedemonstreerd worden in het veld.

#### Literatuur

Dando, P.R., Hughes, J.A., Leahy, Y., Niven, S.J., Taylor, L.J. and Smith, C., 1995. Gas venting rates from submarine hydrothermal areas around the island of Milos, Hellenic Volcanic Arc. *Continental Shelf Research*, 15, no. 8, p. 913-929.

Schuilung, R.D. and Kreulen, R., 1979. Are thermal domes heated by CO<sub>2</sub>-rich fluids from the mantle? *Earth Planet. Sci. Lett.*, 43, p. 298-302.



Afb. 2. Opborrelend gas. Foto met dank aan Prof. P.R. Dando, University of Wales.