

Gambassi voor monstervoorbereiding, röntgenanalyse en chemische analyse. Het manuscript werd verbeterd door opmerkingen van M. Mellini, K.U. Schürmann en een anonieme beoordelaar.

## Literatuurverwijzingen

Howie, F.M. (1992): The care and conservation of geological material: minerals, rocks, meteorites and lunar finds. Butterworth Heinemann, Oxford, 138 p.

Lattanzi, P.F., Benvenuti, M., Costagliola, P., Tanelli, G. (1994): An overview on recent research on the metallogeny of Tuscany, with special reference to the Apuane Alps. *Mem. Soc. Geol. Ital.*, **48**, 613-625.

Scott, D.A. (1990): Bronze disease: a review of some chemical problems and the role of relative humidity. *J.A.I.C.*, **29**, 193-206.

## Literatuur over hetzelfde onderwerp in *Gea*

Vol. 16 (1983), 47-48: J. Stemvers-van Bommel: Ammoniet of melanteriet?

Korte tekst over het bewaren van gepyritiseerde ammonieten van de Boulonnais door ze te behandelen met petroleum + paraffine. Vol. 20 (1987), 80-81: E.A.J. Burke: Hoe houd ik mijn pyriet heel? Overzichtsartikel over de mogelijke oorzaken van het verval van pyriet. Interessant is dat onderzoek van Howie in 1977 dezelfde

drempelwaarde voor aantasting door relatieve vochtigheid in de lucht hanteert als in het artikel van Costagliola en co-auteurs, namelijk 60 %. Later heeft Howie daar 30 % van gemaakt. Het volgende artikel (van Van Veen) maakt het verschil tussen die 60 en 30 % duidelijk.

Vol. 29 (1996), 64-68: J.C. van Veen: Behandelingsmethoden tegen pyriet-verval.

Overzichtsartikel over het verval van pyriet, en de methoden om dit tegen te gaan. Een aantal middelen passeren de revue: lakken, harsen, siliconenolie, paraffine in petroleum, chemische behandelingen, bewaaromstandigheden.

Vol. 29 (1996), 80-81: J. Stemvers-van Bommel: Wissant-ammonieten als chemische tuin.

Illustratie (met kleurenfoto's) van de vervalproducten van pyriet.

## Waar zijn de harsen te verkrijgen?

De *NH* en *Kynar* harsen zijn gepatenteerd door SIREMONT, een dochteronderneming van het bekende MONTEDISON chemische complex, maar de harsen zijn nog niet in de handel. SIREMONT stelt beide harsen op verzoek wel ter beschikking van zowel publieke organisaties (musea etc.) als privé-personen. Geïnteresseerden kunnen contact opnemen met Dr. Piero Tiano van het CNR (Centro Nazionale delle Ricerche) in Firenze; zijn e-mail adres is tiano@cscoa.fi.cnr.it.

---

# Het Pélé-model:

## Invloed van vulkanen op klimaat en leven op aarde

door Drs. W.C.P. de Vries

---

Grote wolken vulkanisch gruis of, vergelijkbaar daarmee: de enorme roetwolken die door de brandende oliebronnen van Koeweit ontstonden, zijn een angstaanjagend gezicht. De dag verandert bij toverslag in diepe nacht. Vulkanische stofwolken staan de laatste tijd zeer in de belangstelling, zoals trouwens alle mogelijke effecten van natuurlijke en menselijke processen die verband houden met eventuele klimaatveranderingen en met veranderingen in de levensomstandigheden van vele aardbewoners.

Vulkanische erupties brengen vooral grote hoeveelheden van het zogenaamde 'broeikasgas' CO<sub>2</sub> in de atmosfeer en ook grote hoeveelheden waterdamp. Waterdamp is een nog veel efficiënter broeikasgas dan koolzuurgas! Dit zijn producten die kunnen leiden tot een opwarming van het klimaat. Daarnaast wordt een belangrijke invloed toegekend aan stofdeeltjes; stof in de hogere niveaus van de aardse dampkring houdt de zonnestraling tegen en zorgt dus voor een tegengesteld effect: een afkoeling van het klimaat.

Zolang stof- of roetwolken, afkomstig van vulkanen, grote branden of een meteorietinslag in de lagere niveaus van de atmosfeer (in de troposfeer) blijven hangen en niet de hoogte van de stratosfeer (waar geen wolken zijn om het stof op te nemen) bereiken, is hun effect op wat langere termijn op het klimaat nihil. Het stof zakt na vrij korte tijd naar het aardoppervlak terug; regens spelen daarbij een belangrijke rol. Klimaatseffecten van iets langere duur, bijvoorbeeld tot enkele jaren, treden wel op wanneer het stof in veel hogere lagen terecht komt: in de stratosfeer. Stofdeeltjes in de stratosfeer houden een deel van de zonnestraling van

af, maar laten de lang-golvige warmtestraling die van het aardoppervlak terugkomt vrijwel ongemoeid. Hierdoor zal afkoeling van het aardoppervlak optreden en een opwarming van de stratosfeer. Een afkoeling door een zeer grote eruptie is voorgekomen bij grote uitbarstingen (zoals die van de Tambora in 1815), hoewel de merkbare effecten veelal beperkt zijn gebleven tot een korte periode, maximaal enkele jaren. Meestal kan echter een afkoeling in de maanden volgend op een grote vulkanische eruptie niet of nauwelijks worden aangetoond, het is vaak niet mogelijk deze korte-termijneffecten te scheiden van de normale wisselingen van het weer. Er zijn wel indirecte effecten gevonden: door een geringe afkoeling veranderen circulatiepatronen in de atmosfeer. Deze veranderingen zijn de voornaamste aanleiding tot een koudere winter met veel stormen en een koele zomer met veel regen.

Een tegengesteld effect geeft de toestroom van het CO<sub>2</sub>-gas in de atmosfeer. Deze kan leiden tot hogere temperaturen aan het aardoppervlak. Het resultaat van de combinatie van deze effecten is bij grote vulkanische erupties in het recente verleden slechts zeer moeizaam en weinig overtuigend aan te tonen.

In de loop van de geologische geschiedenis is de hoeveelheid CO<sub>2</sub> in de atmosfeer bepaald niet constant gebleven, we kennen periodes van veel hogere gehalten. Gedurende het overgrote deel van zowel het Paleozoïcum als het Mesozoïcum was het gehalte aan koolzuurgas veel hoger dan tegenwoordig. Zo was de gemiddelde hoeveelheid CO<sub>2</sub> in de atmosfeer tijdens het Mesozoïcum vier maal de huidige hoeveelheid; in het Krijt was het koolzuurgasgehalte zelfs zes tot mogelijk tien maal zo hoog als tegenwoordig.

Het resultaat van een hoger CO<sub>2</sub>-gehalte is een hogere gemiddelde temperatuur op aarde. In het Boven-Krijt was de gemiddelde temperatuur op aarde rond de 24°C, tegenover de 15°C van heden. Daarbij treedt vooral een sterke vermindering van de verschillen in de klimaatgordels op. Zo kwamen in het Boven-Krijt in de gematigde streken tropische omstandigheden voor. Een gevolg van de hogere temperaturen en het hogere CO<sub>2</sub>-gehalte is een sterke toename van de fotosynthetische activiteit. Als er voldoende organisch materiaal uit de levenscyclus wordt weggehaald door afsluiting van verrottingsprocessen, ofwel oxidatieprocessen, dan kan een stijging van het zuurstofgehalte optreden. Door de verrotting, of beter gezegd: oxidatie, keert het organische materiaal immers weer terug naar de uitgangsmaterialen: H<sub>2</sub>O en CO<sub>2</sub>. Het zuurstofgehalte van de atmosfeer bedroeg in het Boven-Krijt dan ook rond de 35%.

Zowel het gehalte aan vrije zuurstof als aan CO<sub>2</sub> heeft een zeer grote invloed op het leven. Een belangrijke toename van het CO<sub>2</sub>-gehalte is alleen mogelijk bij de uitvloeiing van enorme hoeveelheden lava. Deze grote hoeveelheden lava worden nooit gevormd door de explosieve eruptie van een intermediaire of zure lava. Alleen het uitstromen van de enorme hoeveelheden basische lava, die afkomstig zijn uit de mantel van de aarde, kan zorgen voor een voldoende grote aanvoer van vulkanische gassen als CO<sub>2</sub>. Deze lava's worden geproduceerd in de mid-oceanische ruggen of door een *hot spot*. Tijdens het Midden-Krijt traden grote bazalterupties op; door de uitvloeiing van de plateaubazalten nam het CO<sub>2</sub>-gehalte sterk toe.

Door het warme klimaat en het hoge CO<sub>2</sub>-gehalte nam ook de fotosynthetische activiteit sterk toe, daardoor steeg het zuurstofgehalte sterk en tijdens de volgende 30 miljoen jaar bevatte de atmosfeer tussen de 30 en 35% vrije zuurstof. Door de uitvloeiing van veel bazalten in het Midden-Krijt werd de mogelijkheid geboden voor een veel sterkere fotosynthetische activiteit. Dit heeft de plantenwereld een evolutie-impuls gegeven. In deze tijd ontstonden de moderne bloemplanten: de bedektzadigen. Maar ook viel in deze periode de eerste fase van het uitsterven van dinosauriërs. Voor deze diergroep gingen de veranderingen, zoals het toenemende zuurstofgehalte, te snel.

Een tweede belangrijke geologische ontwikkeling die in het midden van de Krijt-periode plaats vond was een belangrijke versneling van de plaatbewegingen. Hierdoor rees het zeespiegelniveau belangrijk.

Tijdens het Boven-Krijt was het zeespiegelniveau rond de 200 meter hoger dan tegenwoordig en grote delen van de continenten waren bedekt door ondiepe zeeën. Doordat belangrijke tektonische bewegingen het laatste voorkwamen tijdens het Boven-Carboon, waren de continenten sinds lange tijd onderworpen aan verwerking en erosie. Het land was over enorme oppervlakken volkomen vlakgeërodeerd en lag op geringe hoogte boven zee-niveau. Zo konden grote delen van Europa en de helft van Azië bedekt worden door een ondiepe zee. Door de uitbundige groei van planten en algen werden grote hoeveelheden niet-verteerd organisch materiaal op de bodem van deze continentale zeeën opgehoopt.

Het leven was aangepast aan de omstandigheden tijdens deze periode: een gelijkmatig warm klimaat tot op hoge breedten en een hoog zuurstofgehalte. Grote hoeveelheden olie en steenkool, met daarnaast enorme hoeveelheden kalksteenafzettingen uit deze periode wijzen allemaal op een zeer grote organische productiviteit, waardoor ook het dierenleven zich sterk kon uitbreiden. Er wordt een meer dan tienvoudige toename van het aantal soorten gevonden.

Aan het einde van het Krijt veranderen de omstandigheden dramatisch: de gemiddelde temperatuur op aarde gaat dalen. Een oorzaak is, dat het Zuidpoolgebied nu wordt geïsoleerd door de grote oceaanstrooming, die het gehele continent omringt en de uitwisseling met warmer water tegengaat. Ook aan de andere kant van de aardbol treden enorme veranderingen op: de Noordpool komt terecht in de noordelijke poolzee, die geïsoleerd is van de open oceanen en een bron wordt van koud water. De temperatuur van het oceaانwater, die in het Krijt nog 22°C bedroeg,

begint nu aan een daling, die doorgaat tot een gemiddelde temperatuur van minder dan 4°C aan het einde van het Tertiair. Deze lage temperatuur gaf mede aanleiding tot het ontstaan van de 'Ijstijd' in het Kwartair.

Aan het einde van het Krijt daalde ook het zeeniveau, weliswaar niet spectaculair, maar voldoende om grote delen van de ondiepe continentale shelfzeeeën droog te laten komen. Daardoor kwam veel van het organische slib dat op de zeebodem was geaccumuleerd aan het aardoppervlak en ging rotten. Hiervoor was veel zuurstof nodig en er volgde een zeer snelle vermindering van het zuurstofgehalte: in drie miljoen jaar verminderde de vrije zuurstof met rond de 20%: het gehalte van de zuurstof in de atmosfeer nam af van 35 tot 28%. In de volgende 15 miljoen jaar van het begin van het Tertiair daalde het zuurstofgehalte tot 16%, ver onder de huidige waarde.

De vermindering van het zuurstofgehalte aan het einde van het Krijt werd noodlottig voor veel organismen, waaronder de dinosauriërs, die speciaal aangepast waren aan de omstandigheden van het Boven-Krijt en onoverkomelijke problemen kregen met hun ademhaling en metabolisch systeem.

De veranderingen in het systeem CO<sub>2</sub> - O<sub>2</sub> worden veroorzaakt door veranderingen in de processen die zich in de aarde afspelen. De aardse processen beïnvloeden in sterke mate het overgrote deel van de processen die zich in de hydrosfeer, atmosfeer en biosfeer afspelen. Zij beïnvloeden het klimaat; veroorzaken grote veranderingen in fotosynthetische productie, in de chemische huishouding van de oceanen, de intensiteit van verwerking, neerslagpatronen en euxinische (zuurstofarme tot zuurstofloze) omstandigheden in de oceanen. De veranderingen van voedselketens geven een noodzaak tot migratie en veroorzaken metabolische spanningen, die bij veel organismen lethaal worden.

## Het Pél -model

Deze duidelijke relatie tussen de geologische, interne en externe geologische processen en de evolutie-impulsen en extinctiefasen van het leven, wordt tegenwoordig in één theorie samengevat: het P  l -model, genoemd naar de vulkaangodin van Hawaï.

Een extinctiefase wordt veelal verklaard door een klimaatsverandering. Hierin krijgt de rol die vulkanische uitbarstingen spelen, waardoor veel stof en roet in de atmosfeer terecht komt en zo door duisternis en koude een extinctie teweeg wordt gebracht, overheersende aandacht. Dit geldt in dezelfde mate voor een inslag van een grote meteoriet of het optreden van enorme bosbranden. In het licht van het P  l -model wordt de duisternis- en koude-theorie van veel minder belang.

Daarnaast blijkt echter dat vulkanische uitbarstingen welzeker een uitermate beslissend effect kunnen hebben op het leven op aarde en zelfs dat grote extinctiefasen in de levensgeschiedenis waarschijnlijk in zeer belangrijke mate veroorzaakt worden door vulkanische werking. Uit de erupties van vulkanen als El Chinc  n en Pinatubo is afgeleid, dat niet het in de atmosfeer gebrachte steenstof of de CO<sub>2</sub>, maar wel de nevel van zuur in de atmosfeer of in de stratosfeer een beslissende invloed heeft op de levensomstandigheden op aarde.

Een idee over de mogelijke invloed van een grote vulkanische uitbarsting van lava met een hoog gehalte aan zwavel is verkregen uit de studie van de eruptie van de Laki-spleet op IJsland in 1783.

Rond de 14 km<sup>3</sup> lava kwam uit deze spleet te voorschijn, overdekte kerken en boerderijen en verwoestte enkele honderden km<sup>2</sup> weidegrond. Dit was echter bepaald niet het ernstigste deel van de vulkanische ramp. IJsland werd bedekt door een merkwaardige blauwige mist, die de vegetatie en de oogst op de velden doodde en direct of indirect 75% van de veestapel deed omkomen; hierdoor ontstond een hongersnood die het aantal mensen op IJsland met een kwart reduceerde.

De blauwe mist werd ook in Parijs opgemerkt door Benjamin Franklin, die de mist in verband bracht met de uitzonderlijk strenge winter van 1783-'84. Franklin noemde als een mogelijke

oorzaak de stofwolk van een eruptie van de Hekla. Ook in Scandinavië hing deze mist; dat jaar mislukte vrijwel de gehele oogst, de gewassen stierven af bij aanraking door de mist. In Italië en Zuid-Frankrijk werd de zon door de mist zo ver versluierd dat zonder voorzorg recht in de zon kon worden gekeken. De mist werd ook in Syrië en westelijk Siberië opgemerkt.

De samenstelling van deze merkwaardige mist is uit beschrijvingen van die tijd niet af te leiden. Afzettingen in de ijskap van Groenland gaven echter de oplossing; de mist bestond grotendeels uit druppeltjes zwavelzuur met daarbij een aantal andere verbindingen die ontstonden uit vulkanische gassen. Uit de afzetting van de Laki-eruptie in het ijs van Groenland is afgeleid, dat er tijdens deze zogenoemde *Skaffár Vuren* een enorme hoeveelheid SO<sub>2</sub> uitgestoten werd die in de atmosfeer een aërosol vormde, een wolk van fijne, in de lucht zwevende druppeltjes van rond de 80 miljoen ton zwavelzuur. Daarnaast waren vooral de chloor- en fluorzuren uit het magma de oorzaak van de veesterfte.

Berekend is dat de basische lava van de Laki een zwavelgehalte had van 800 tot 1000 delen per miljoen en een fluorgehalte van enkele honderden ppm.

De klimaatseffecten van de Laki zijn duidelijk waarneembaar geweest: de gemiddelde temperatuur in de wintermaanden van 1783 en 1784 in het oosten van de Verenigde Staten was 4,9°C lager dan over de periode van 225 jaar dat regelmatige temperatuursmetingen bekend zijn. Het heeft waarschijnlijk ongeveer vijf jaar geduurd voor de temperaturen weer op een normaal niveau waren teruggekomen.

Bij de Laki-eruptie is de zure mist vlak boven het aardoppervlak blijven hangen omdat de kracht van de eruptie gering was: lavafontein werden niet meer dan rond één kilometer hoog en luchtstromingen hebben de zure wolk niet verder dan tot rond de 6 kilometer hoogte gebracht.

De zure aërosol die in de troposfeer blijft hangen wordt daar snel door de regen uit weggevoerd. Hierdoor treedt een weliswaar sterke, maar zeer kortstondige verzuring van grote gebieden op, die in het geval van de Laki weinig blijvende effecten had.

Een ander probleem ontstaat als er óf een veel grotere hoeveelheid zwavelzuur in de atmosfeer terecht komt, óf als er een belangrijke hoeveelheid tot in de stratosfeer wordt geblazen. Dit laatste kan gebeuren bij een zeer grote eruptie, waarbij door de hitte sterke turbulente oprijzende luchtstromen ontstaan. Het SO<sub>2</sub>-gas dat in de stratosfeer terecht komt reageert met waterdamp tot zwavelzuur, net zoals dit in de troposfeer gebeurt. De reactie gaat echter in de stratosfeer veel langzamer en daarnaast blijft het zwavelzuur lange tijd in de stratosfeer zweven. Zo blijft de stratosfeer vele maanden, mogelijk jaren lang een bron van zuur.

Eén van de allergrootste vulkanische erupties die bekend is, is die van het Toba-meer van noordelijk Sumatra. Hier werd 75.000 jaar geleden de onbeschrijfelijk grote hoeveelheid van rond de 2800 km<sup>3</sup> tefra uitgestoten, waarbij een zeer grote hoeveelheid in de stratosfeer terecht is gekomen. Tot nu toe zijn er weinig duidelijke aanwijzingen voor klimaatseffecten van de Toba-eruptie gevonden, hoewel het einde van het Brørub Interstadiaal wel met deze eruptie in verband wordt gebracht. Eén van de redenen is dat dit zure magma een veel geringer zwavelgehalte heeft dan het bazaltische magma van IJsland.

Merkwaardig is wel, dat de twee grootste bekende erupties die sinds het jaar 550 optraden, althans die welke de grootste hoeveelheid zuur in de atmosfeer brachten, op IJsland voorkwamen: de Laki, en de Eldgja in 935.

Bekend is echter dat basische lava's veel meer zwavel in oplossing kunnen opnemen dan zure lava's. De oplosbaarheid van zwavel in lava's hangt samen met het ijzergehalte. Zure lava's bevatten minder ijzer dan basische en daardoor is het gehalte aan zwavel ook lager. De dacitische lava van de St.-Helens bevatte rond 100 ppm zwavel, terwijl de bazaltische Laki-lava 8 tot 10 maal zo veel zwavel bevatte.

De grootste invloed op het leven op aarde hebben de grote uitvloeiingen van bazaltische lava waardoor de plateaubazalten worden gevormd. De beroemde plateaubazalten van noordwestelijk India, de Deccan Trapps, zijn meer dan 3 km dik en strekken zich uit over meer dan een miljoen km<sup>2</sup>. Het volume bedraagt enkele miljoenen km<sup>3</sup>! De uitstroming van deze enorme hoeveelheid basische lava zal massale hoeveelheden zwavelzuur in de atmosfeer hebben gebracht. Bij dergelijke enorme hoeveelheden zal dan de vraag of het SO<sub>2</sub>-gas alleen in de troposfeer terecht is gekomen of opgestegen is tot in de stratosfeer van minder belang zijn. De aantasting van de ozonlaag door de zwavelzuur-aërosol zal natuurlijk ook een belangrijke factor zijn voor de beïnvloeding van het leven op aarde.

De hoeveelheid zure regen zal tijdens een heftige fase in de activiteit van de bazaltische spleetvulkanen zo groot kunnen zijn, dat grote delen van het aardoppervlak volledig worden vergiftigd. Deze zure regen zal de vegetatie over enorm uitgestrekte gebieden doden, waarbij de enige organismen die zonder veel problemen kunnen overleven de paddestoelen zijn, alsmede de varens. Er zijn maar weinig organismen die op een dieët van paddestoelen kunnen leven en het uitsterven van vele groepen organismen kan door deze extreme verzuring dan ook gemakkelijk worden verklaard.

De Deccan Trapps werden gevormd tussen 69 en 65 miljoen jaar geleden, rond de grens van Krijt en Tertiair, en hebben waarschijnlijk een cruciale rol gespeeld in het uitsterven van vele soorten organismen, zowel op het land als in de zee.

Een andere en veel grotere extinctiefase dan die aan het einde van het Krijt is die op de grens tussen Perm en Trias, waarbij rond 90 (!) procent van alle leven op aarde verdween, onder meer vrijwel alle amfibieën. Ook de oorzaak van dit uitsterven wordt wel gezocht in de inslag van een meteoriet, die nog veel groter moet zijn geweest dan die van de Krijt/Tertiair-grens. De inslag zou dan gevolgd zijn door wereldwijde branden. Er zijn echter op de Perm/Trias-grens tot nu toe nog weinig of geen tekenen gevonden die deze aanname van inslag en branden bevestigen. Een meer voor de hand liggende oorzaak is de verzuring door de eruptie van de enorme hoeveelheden plateaubazalten van Oost-Siberië, die een nog veel groter volume hebben dan die van de Deccan Trapps. Een gevolg was een afsterven van de vegetatie over enorme oppervlakten van Pangea. Het verdwijnen van veel vegetatie en het daarop volgende stadium van begroeiing met niet meer dan paddestoelen en varens was voor het landleven fataal; ook werd het chemisch evenwicht van de oceanen aangetast, wat het uitsterven van veel zeeleven tot resultaat had.

---

## Het bemonsteren en analyseren van fijn grind

door dr. Leen Krook

---

### Inleiding

Zandverzamelaars halen hun zandmonsters vaak uit klastische sedimenten die ook grind bevatten. Dit grind blijft

achter in één of meer zeven, waarvan de fijnste ± 2 mm is. Het grind wordt over het algemeen niet nader bekeken, het gaat immers om het zand! De samenstelling van grind hangt, uiteraard, af van de herkomst van het sediment,