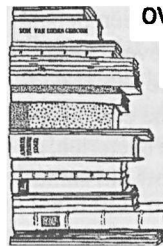


GEOCOMmunicatie 16



over de eerste fotosynthese, vroegere CO₂-concentraties, onverwachte gevolgen van massa-uitsterving, de redding van een vliegend reptiel, en de ecologische consequenties van El Niño

A.J. (Tom) van Loon*

Inleiding

Geologie omvat - hoe kan het anders? - een geologisch lange tijd. Dat wordt weer eens weerspiegeld in dit nummer van GEOCOMmunicatie, waarin we weer eens beginnen in het Precambrium, om te eindigen met de gevolgen die El Niño enkele jaren geleden had. En dan zit er ook nog het nodige tussenin, met - voor de verstokte fossielenjagers - zelfs wat nieuwtjes op paleontologisch gebied.

Met deze bijdrage wordt het vierde jaar van deze (nog) vaste rubriek afgesloten. Ik stel me overigens nu voor om de vijf jaar vol te maken (zo de redactie me daartoe de kans biedt). Dan is het welletjes geweest. Weliswaar is vijf jaar geen echt geologisch lange periode, maar je moet dit soort dingen nu eenmaal niet te lang doen. Geen akeliger gezicht dan een aftandse grijsaard die probeert als een jeugdig kind in het rond te dartelen!

Inmiddels huppel ik zelf niettemin, door niemand op de vingers getikt, dus nog even vrolijk rond. Springend van onderwerp naar onderwerp. Kortom, weer net zo chaotisch en ongestructureerd als gewoonlijk. Wat zeg ik, bijna net zo chaotisch als de geologische geschiedenis zelf. En zijn niet juist die onvoorspelbare, vaak chaotische gebeurtenissen in het geologisch verleden de reden waarom dit vakgebied altijd weer blijft boeien? Mij wel. Hopelijk kan ik dat ook een beetje op de lezer overbrengen.



Fotosynthese begon bij paarse bacteriën

Het allereerste leven op aarde moet de benodigde energie hebben ontleend aan chemische reacties die samenhangen met verwerings- en vulkanische processen (waarschijnlijk in een waterig milieu) waarbij warmte vrijkwam. Fotosynthese is veel jonger. Hoe dit proces tot ontwikkeling kwam, is nauwelijks bekend, hoewel inzicht hierin uiteraard van groot belang is voor inzicht in de verdere evolutie van het leven. Japanse en Amerikaanse onderzoekers wisten een tipje van de sluier op te lichten; ze deden dat op basis van onderzoek van de genen die voor fotosynthese zorgen bij de groene bacteriën *Chlorobium tepidum* (een bacterie met een zwavelmetabolisme) en

Chloroflexus aurantiacus (die geen zwavelmetabolisme heeft).

Van de desbetreffende genen van deze bacteriën bepaalden ze nog niet bekende sequenties van ongeveer 100.000 base-paren. Daarbij vonden ze sequenties die verantwoordelijk zijn voor het coderen van enzymen die een rol spelen bij chlorofyl/porphyrine biosynthese van bacteriën, carotenoïde biosynthese en electronentransport dat samenhangt met fotosynthese.

Op basis van hun bevindingen concluderen de onderzoekers dat zogeheten heliobacteriën het nauwst verwant zijn met de laatste gemeenschappelijke voorouder van alle evolutionaire vertakkingen waarin fotosynthese optreedt. Ook concluderen ze dat de groepen wel en niet op een zwavelmetabolisme berustende groene bacteriën momenteel de nauwst met elkaar verwante groepen zijn. De groep van paarse bacteriën moet de eerste aftakking van de bacteriën zijn geweest waarvan de energie van fotosynthese afkomstig was. Met deze op moleculaire analyse gebaseerde bevindingen wordt afgerekend met de hypothese dat hetzij de niet op zwavelmetabolisme gebaseerde groene bacteriën, hetzij de heliobacteriën de vroegste op fotosynthese gebaseerde organismen op aarde waren.

Inzicht in deze ontwikkeling van fotosynthese is van belang omdat daarmee voor het leven op aarde een energiebron beschikbaar kwam die de eerder gebruikte energiebronnen zeker honderd- of duizendmaal in grootte overtrof. Dat hing samen met de nieuwe mogelijkheid van bacteriën om waterstof aan water te onttrekken, wat een onuitputtelijke voorraad energie opleverde.

Met het onderzoek is tevens de twijfel verdwenen omtrent de omstandigheden waaronder fotosynthese mogelijk werd. Dat gebeurde toen de aarde nog een sterk reducerende atmosfeer bezat. De zes belangrijkste takken van bacteriën moeten bovendien reeds omstreeks 2,8-3 miljard jaar geleden (en mogelijk nog aanzienlijk eerder) als afzonderlijke taxa hebben bestaan. Het is mogelijk de duidelijke afname van de warmtestromen vanuit het inwendige der aarde geweest (doordat veel radioactieve isotopen inmiddels tot stabiele isotopen waren vervallen) waardoor, zo'n 3-4 miljard jaar geleden, de mogelijkheid ontstond om, na de fotosynthese door organismen die in een reducerende omgeving leefden, ook fotosynthese onder zuurstofrijkere omstandigheden te ontwikkelen.

Referenties: 3, 7



In laatste 60 miljoen jaar gewoonlijk veel hogere CO₂-concentraties

De atmosferische CO₂-concentratie is momenteel helemaal niet hoog, hoewel hij sinds ongeveer 100 jaar duidelijk stijgt. Die stijging wordt vrij algemeen toegeschreven aan de industriële revolutie. Er spelen echter ook andere factoren een rol, en waarschijnlijk zijn die zelfs veel belangrijker dan de uitstoot van verbrandingsgassen van fossiele brandstoffen. Dat is althans de mening van

veel aardwetenschappers; zij hadden echter tot nu toe veel moeite om een betrouwbare reconstructie te maken van het atmosferisch CO₂-gehalte gedurende de loop van de geschiedenis van de aarde.

Dat is nu gelukt voor de laatste 60 miljoen jaar. Engelse onderzoekers hebben voor de reconstructie daarvan gebruik gemaakt van een nieuwe techniek, waarbij ze de verhouding maten van boron-isotopen in de schaaltes van planktonische foraminiferen. Met behulp van die methode konden ze de zuurgraad (pH) van het oppervlaktewater in de oceanen bepalen; die zuurgraad hangt direct samen met de atmosferische CO₂-concentratie, zodat ook die kon worden uitgerekend.

De onderzoekers komen tot de conclusie dat die concentratie tussen ongeveer 60 en 52 miljoen jaar geleden (Laat-Paleoceen tot vroegste Eoceen) gemiddeld ongeveer 2000 ppm bedroeg, echter met pieken tot ca. 3750 ppm (60 miljoen en 52 miljoen jaar geleden). Daarna vond er een scherpe daling plaats, waardoor ruim 50 miljoen jaar geleden die concentratie was afgenomen tot ca. 750-800 ppm. Dat zou een gevolg zijn van een sterk verminderde uitstoot van gassen uit het inwendige der aarde via de vulkanische activiteit op de mid-oceanische ruggen, en in mindere mate door een geringere uitstoot van vulkanen op het land. Daarnaast zou gedurende deze tijdspanne veel koolstof aan de atmosfeer zijn 'onthouden' doordat veel organisch materiaal onder nieuwe sedimentpakketten werd begraven voordat het kon verrotten.

Tot omstreeks 40 miljoen jaar geleden bleef de concentratie schommelen tussen zo'n 300 en 1000 ppm, met een (geologisch) kortstondige piek tussen 47 en 45 miljoen jaar geleden, toen even een niveau van ongeveer 2400 ppm werd bereikt. Voor het interval tussen 40 en 24 miljoen jaar geleden ontbreken helaas gegevens.

Vanaf 24 miljoen jaar geleden zijn echter weer volop gegevens beschikbaar. Omstreeks 24 miljoen jaar geleden was de concentratie ruim 400 ppm, maar dat nam binnen twee miljoen jaar af tot minder dan 300 ppm. Vervolgens bleef de concentratie ongeveer gelijk, steeds tussen een ruime 300 en 200 ppm, met een 'dal' voor een korte periode omstreeks 15 miljoen jaar geleden, toen de concentratie daalde tot ongeveer 150 ppm. Ook omstreeks 4-2 miljoen jaar geleden was er een kortstondige daling, tot ca. 200 ppm. De onderzoekers schrijven deze lage concentraties toe aan snel dalende temperaturen.

Op basis van deze cijfers moet worden geconcludeerd dat er in het verleden langdurig situaties hebben bestaan waarbij sprake was van een 'super-broeikas-effect'. De grens daarvoor kan gelegd worden bij ca. 1000 ppm. De huidige CO₂-concentratie (ca. 325-350 ppm) valt dus ruim binnen de natuurlijke fluctuaties, en is - in vergelijking met de afgelopen 60 miljoen jaar - zelfs aan de lage kant. Die opvallende conclusie kan uiteraard grote consequenties hebben voor het mondiale milieubeleid.

Referentie: 6



Fossiel van vliegend reptiel gered voor wetenschap

Hopelijk weet een exemplaar van *Icarosaurus siefkeri*, 200 miljoen jaar na zijn dood, een doorbraak te forceren door een einde te maken aan de verkoop van bijzondere fossielen aan particulieren die daarvoor veel geld overhebben. In de laatste jaren is dat een bron van toenemende zorg geweest voor wetenschappers, die steeds meer studie-objecten - die onder meer van belang zijn voor onze kennis van de evolutie - uit de toegankelijke collecties van musea zagen verdwijnen naar ontoegankelijke collecties van particulieren. Daarbij kwam dan ook nog dat dergelijke fossielen in particuliere collecties vaak met onvoldoende zorg werden geconserveerd, waardoor ze onherstelbaar beschadigd raken. En veel fossielen van particuliere verzamelaars blijken in de loop der tijd gewoon verloren te zijn gegaan.

Dat lot bedreigde ook een prachtig exemplaar van een van de oudst bekende reptielen met vleugels. Waarschijnlijk kon het dier, dat de grootte had van een fors uitgevallen libel, niet echt vliegen, maar wel glijvluchten maken. Het exemplaar werd in 1960 ontdekt (in een steengroeve in New Jersey) door drie jongens, onder wie Alfred Siefker, aan wie de soort zijn naam ontleent. Siefker gaf het fossiel in bruikleen aan het Stedelijk Museum voor Natuurlijke Historie van New York, zoals dat in die tijd vaak gebeurde met bijzondere vondsten. De naamgeving van het dier, door de paleontologen van het museum, kan in dat kader worden beschouwd als betaling in de vorm van 'eeuwige roem' voor de vinder.

Siefker raakte later in financiële moeilijkheden, door hoog opgelopen medische kosten. Hij besloot daarop het uitgeleende fossiel weer terug te vragen, en hij bood het aan diverse musea te koop aan. De prijs die hij vroeg was echter zo hoog dat geen van de musea zich de aankoop kon permitteren. Daarop besloot Siefker uiteindelijk om het fossiel te laten veilen bij veilinghuis Butterfields, in San Francisco. Die schatte de opbrengst op een goede 300.000 dollar.

De belangstelling viel echter tegen. Het fossiel werd op 27 augustus uiteindelijk voor 167.500 dollar verkocht aan een lokale zakenman, Dick Spight. Die schonk het fossiel vervolgens weer aan het museum in New York, zodat *Icarosaurus siefkeri* weer veilig op zijn oude nest terugkeerde. Diverse vooraanstaande wetenschappelijke tijdschriften besteedden aandacht aan deze voor de wetenschap belangrijke ontwikkeling, die mede wordt gestimuleerd door de Amerikaanse fiscus, die dergelijke giften beschouwd als aftrekbare bedragen. Paleontologen strijden reeds geruime tijd voor een verbod op de verkoop van dergelijke fossielen, niet alleen omdat de wetenschap daardoor in het onderzoek wordt belemmerd, maar ook omdat hoge prijzen zouden kunnen leiden tot diefstal van bijzondere exemplaren uit museacollecties.

Referenties: 1, 2



Massa-uitsterving leidde tot verandering van rivierpatronen

Doordat vrijwel alle landplanten afstierven en hun wortels dus geen houvast meer boden aan de bodemdeeltjes, veranderden de rivieren hun patroon na de ongekend massale uitsterving op de grens van Perm en Trias, 250 miljoen jaar geleden. Tijdens deze catastrofe, waarbij in korte tijd zo'n 85% van alle soorten in zee uitstierven, en waarbij ongeveer 70% van alle gewervelde diersoorten op het land verdwenen, moet het milieu in korte tijd dramatisch zijn veranderd. Dat was al bekend, maar dat ook de vorm van het aardoppervlak veranderde, onder meer doordat rivieren zich anders gingen gedragen, is nieuw.

Amerikaanse en Zuid-Afrikaanse onderzoekers stelden dit vast na onderzoek in het Karroo-Bekken, dat zich over honderden kilometers van Afrika uitstrekt. Uit de kenmerken van de sedimenten die door rivieren kort na de overgang tussen Perm en Trias werden afgezet, kunnen ze opmaken dat in het hele bekken binnen korte tijd meanderende rivieren (gekenmerkt door kronkelende geulen en daarnaast gelegen komgronden) overgingen in vlechtende rivieren (waarbij talrijke ondiepe stroompjes tussen 'platen' van eerder afgezet zand en grind zich steeds weer opsplitsen om zich later weer te verenigen). Dat het ging om een bekken-wijde gebeurtenis konden ze vaststellen door lokaties te onderzoeken die honderden kilometers uit elkaar liggen; overal vonden ze hetzelfde patroon. De enig mogelijke verklaring is dat (bijna?) het hele plantendek in uitzonderlijk korte tijd moet zijn verdwenen, zoals dat ook van elders in de wereld van dat moment bekend is.

De plotselinge verdwijning van het plantendek is des te opmerkelijker, omdat het gebied grotendeels met bossen was overdekt, voor een deel met boomgrote zaadvarens, die karakteristiek zijn voor de *Glossopteris*-flora. Een en ander betekent dat het bestaande wortelstelsel al spoedig na de catastrofe - waarvan de oorzaak nog steeds niet met zekerheid bekend is, maar het gaat vrijwel zeker niet om een meteoriet-inslag - niet meer in staat was om de bodem tegen de erosie door regenwater en stroompjes te beschermen. Op zichzelf is dat niet opmerkelijk: ook nu treedt in gebieden waar grootschalige ontbossing plaatsvindt soms een overgang op van meanderende naar vlechtende rivieren. Dat betreft echter steeds relatief kleine gebieden.

De geologisch gezien zeer snelle respons van de rivieren op de veranderende milieu-omstandigheden is te verklaren doordat het uitsterven binnen zeer korte tijd moet hebben plaatsgevonden. Al eerder was vastgesteld dat dat binnen 500.000 jaar moet zijn gebeurd. Nieuw onderzoek van fossielen lijkt op een nog veel korter tijdsbestek te wijzen. Sommige geologen, zoals de paleontoloog Douglas Erwin van het Rijksmuseum voor Natuurlijke Historie in Washington, spreken zelfs al van een abrupt uitsterven. Zo'n abrupt uitsterven is des te aannemelijker omdat op de Perm/Trias-grens een wereldwijde verandering optreedt in de verhouding tussen de koolstofisotopen.

Referenties: 5, 8



El Niño blijkt ook van grote invloed op mariene ecosystemen

Niet alleen het weer op de continenten wordt in sterke mate beïnvloed door El Niño, ook mariene ecosystemen reageren erop. Dat blijkt uit de bevindingen van twee onderzoekers van het Scripps Institute of Oceanography. Hun bevindingen zijn gebaseerd op beelden met een groot oplossend vermogen die zijn opgenomen met Japanse en Amerikaanse satellieten.

El Niño leidde in 1997 en 1998 tot hevige stormen en grote overstromingen die een enorme schade op het land teweegbrachten. Nu blijkt dat de aanvoer van grote massa's warm, voedselarm water door deze zeestroom leidde, vooral voor de kust van de Verenigde Staten, tot een sterke afname van de hoeveelheid fytoplankton, de zeer kleine plantjes die aan het begin staan van de mariene voedselkringloop. Die afname was een gevolg van het feit dat de normale aanvoer van voedselrijk, koud water vanuit de diepte door het lichtere water van El Niño werd verhinderd. Daar komt bij dat een van de invloeden van El Niño blijkt te zijn dat de nog aanwezige voedingsstoffen in het water zeer goed worden verspreid, waardoor de voor de visstand (en voor andere organismen direct of indirect) belangrijke gebieden met een hoge voedselconcentratie tijdelijk geheel verdwijnen. Fytoplankton is volgens betrokkenen net zo essentieel voor het ecosysteem als grasland dat is voor het leven op het land. Daarom kan nu worden vastgesteld dat de visstand - en daarmee ook de commerciële visserij - mede afhankelijk is van de grillen van El Niño en diens tegenhanger, La Niña. De afwisseling van deze stromen is immers niet regelmatig, en ook hun intensiteit is niet te voorspellen: El Niño was in 1997-1998 extreem sterk. Een jaar later, in 1999 was het beeld volstrekt omgedraaid door een sterke opkomst van La Niña. De overgang tussen deze twee stromingspatronen was veruit de sterkste die ooit met dit type satellietbeelden is waargenomen (de waarnemingen vinden inmiddels al 15 jaar plaats).

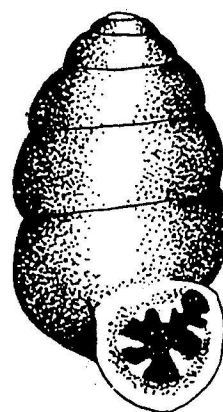
Een opvallend nevenverschijnsel van de sterke El Niño in 1997-1998 was het optreden van een relatief klein gebied voor de kust van Baja California waar, tot ver in zee, nog wel fytoplankton voorkwam in het warme water. Dit verschijnsel was gedurende eerdere El Niño's niet waargenomen. De onderzoekers vermoeden dat het verschijnsel een gevolg was van de ontwikkeling van enorme hoeveelheden cyanobacteriën, die in staat waren om stikstof te binden. Dergelijke bacteriën komen wel vaker in grote hoeveelheden voor in voedselarme gebieden van de open zee - vooral waar het water sterk gelaagd is - omdat ze in staat zijn de stikstof direct aan organische stoffen te binden, waardoor hun afhankelijkheid van opwellend voedselrijk water gering is.

Referentie: 4

Geraadpleegde literatuur

- 1 Anonymus, 2000. Lizard fossil returns to US museum. *Nature* 407, p. 9.
- 2 Anonymus, 2000. Happy landings for flying fossil. In: Holden, C.: Random samples. *Science* 289, p. 1679.
- 3 Des Marais, D.J., 2000. When did photosynthesis emerge on Earth? *Science* 289: p. 1703-1705.
- 4 Kahru, M. & Mitchell, B.G., 2000. Influence of the 1997-98 El Niño on the surface chlorophyll in the California Current. *Geophysical Research Letters* 27, p. 2937-2940.
- 5 Kerr, R.A., 2000. Biggest extinction hit land and sea. *Science* 289, p. 1666-1667.
- 6 Pearson, P.N. & Palmer, M.R., 2000. Atmospheric carbon dioxide concentrations over the past 60 million years. *Nature* 406, p. 695-699.
- 7 Xiong, J., Fischer, W.M., Inoue, K., Nakahara, M. & Bauer, C.E., 2000. Molecular evidence for the early evolution of photosynthesis. *Science* 289, p. 1724-1730.
- 8 Ward, P.D., Montgomery, D.R. & Smith, R., 2000. Altered river morphology in South Africa related to the Permian-Triassic extinction. *Science* 289, p. 1740-1743.

*A.J. van Loon, Geocom B.V., Benedendorpsweg 61,
6862 WC Oosterbeek, tel. 026-3390908,
fax 026-3390783, email tom.van.loon@wxs.nl



Gastrocopta (Sinabulina) nouletiana
(Dupuy, 1850)

Goldberg, Nordlinger Ries.
(Tek. Cor Karnekamp)