

GEOCOMmunicatie 20



over astronomisch bepaalde
gesteentecycli, gashydraten,
een dino op de vlucht, geografie
als factor in de evolutie van de
mens en vroegere biodiversiteit

A.J. (Tom) van Loon*

Inleiding

Ook nu weer een scala aan onderwerpen; dat toont - wellicht ten overvloede - nog eens aan hoe veelzijdig de aardwetenschappen zijn. En hoe veel interessants daarin dus is te ontdekken. Die ontdekkingsreis blijft zonder einde. Vandaar dat deze serie ook het komende jaar nog zal doorgaan. Hopelijk met een groeiende concurrentie van WTKG-leden die, net als Lars van den Hoek Ostende met zijn 'Lapilli' ook uit de grote brij van ruw geologische materiaal wat diamantjes weten te isoleren. Tot genoegen van de schrijver zelf (want het speuren naar deze 'diamantjes' levert vanzelfsprekend veel plezier op), maar ook tot genoegen van de lezers van 'Afzettingen', die dit soort wetenschappelijk nieuws nog steeds (b)lijken te waarderen.



Precessie van aardas en eccentriciteit van aardbaan leiden tot verschillende cycli

De astronomische parameters die het klimaat op aarde sterk beïnvloeden en daar een cyclisch karakter aan geven zijn de precessie (de tolbeweging van de aardas met een cyclusduur van 21000 jaar), de eccentriciteit van de aardbaan om de zon (cycli van 100.000 en 400.000 jaar) en de scheefstelling (hoek van de aardas t.o.v. de baan om de zon (cyclus van 41.000 jaar). Inmiddels zijn er op tal van plaatsen op aarde gesteenten aangetroffen waarin na een nauwkeurige analyse van ritmische opeenvolgingen de cycli van deze drie astronomische parameters zijn herkend. Dit is onder meer het geval in een aantal gebieden in Griekenland en Roemenië. Onderzoek in deze gebieden door een aantal aardwetenschappers van de Universiteit van Utrecht heeft nu uitgewezen dat de invloed van de eccentriciteit op de gesteentecycli duidelijk groter is dan de invloed van de precessie.

De onderzoekers analyseerden gesteenten die in het Vroeg-Mioceen (24-16 miljoen jaar geleden) bij Lupaia (Roemenië) in een meer werden gevormd. Deze afzettingen bestaan uit een afwisseling van bruinkool (afkomstig van plantengroei in het meer) enerzijds en pakketten van zand en klei anderzijds. Ze vergeleken deze pakketten met

even oude afzettingen uit een meer met een afwisseling van bruinkool en kalkgesteenten bij Ptolemais (noord-Griekenland), met pakketten van ongeveer een miljoen jaar oud (met een afwisseling van bruinkool en zand/klei) bij Megalopolis (zuid-Griekenland) en Miocene pakketten (met een afwisseling van kalkgesteenten en klei) bij Orera (noordoost-Spanje).

Terwijl de pakketten met kalkgesteenten hun ritmiek vooral ontleen aan de precessie-cyclus - wat ook al door andere onderzoekers was vastgesteld - blijkt nu dat de ritmiek in pakketten waarin geen kalkgesteenten voorkomen, juist een gevolg is van de eccentriciteit van de aardbaan. De verklaring van de onderzoekers hiervoor is dat water in omstandigheden waaronder zich kalk kan vormen, sneller reageert op zonne-instraling dan water in gebieden waarin de omstandigheden voor kalkvorming niet of nauwelijks aanwezig zijn (de chemische neerslag van kalk, maar ook de snelheid waarmee micro-organismen kalkschaaltjes kunnen vormen hangt mede af van de watertemperatuur, die zelf weer in belangrijke mate afhangt van de hoeveelheid zonnewarmte). De onderzoekers opperen als alternatieve mogelijkheid dat de eccentriciteit van de aardbaan relatief gering was toen de pakketten met kalken werden afgezet; die geringe eccentriciteit was overigens 'toeval', omdat ten tijde van de afzetting van deze pakketten het 'lage' punt van de eccentriciteitscyclus van 100.000 jaar samenviel met een laagtepunt in een eccentriciteitscyclus met een duur van 2.300.000 jaar; deze effecten versterkten elkaar.

Referentie: 9



NW Golf van Mexico bevat 4-6 maal zoveel gas als Slochteren

De vondst van het gasveld bij Slochteren maakte Nederland in een klap tot een van de rijkste landen ter wereld, maar er komt in de Golf van Mexico veel meer gas voor: alleen al op het continentaal plat in het NW deel zit er zo'n 10.000-14.000 miljard kubieke meter methaan; dat is 4-6 maal de hoeveelheid die Slochteren heeft bevat (ca. 2800 miljard kubieke meter), en dan ook nog van veel betere kwaliteit.

Het probleem van het methaan in de Golf van Mexico is dat deze ontzagwekkende hoeveelheid niet voorkomt in de vorm van gas dat zich binnen de poriën van een poreus gesteente bevindt (de beroemde 'gasbel'), maar in de vorm van gashydraten: op ijs lijkende verbindingen van methaan en water. Deze gashydraten vormen samen zo'n enorme energiebron, dat daardoor de verhoudingen tussen energie-importerende en energie-exporterende landen drastisch kunnen veranderen. Er wordt daarom momenteel veel onderzoek naar deze gashydraten gedaan, waarbij ook hun ontstaan steeds duidelijker wordt.

Alexei Milkov en Roger Sassen van de Texas A&M University hebben daarbij voor de gashydraten in de NW Golf van Mexico twee typen onderscheiden. De meeste gas-

hydraten komen voor in pakketten waaruit ze niet kunnen ontsnappen (gasvallen) doordat opstijgende zoutdiapieren - of breuken die met deze opstijging verband houden - hun migratie verhinderen. Deze groep hydraten bevat, omgerekend naar de hoeveelheid methaan erin bij standaard temperatuur en druk, 8.000-12.000 miljard kubieke meter. Het tweede type gashydraat bevindt zich in vrijwel ongestoorde bekkens met cirkel- tot ellipsvormige omtrek, die zijn ontstaan doordat gas in de ondergrond is 'weggestroomd' bij de vorming van zoutdiapieren elders. Vaak worden deze mini-bekkens dan ook omgeven door een soort muren van zout, waardoor het aanwezige gas - als dat al vrijkomt uit het gashydraat - niet kan ontsnappen. Dit type gashydraat bevat, weer omgerekend, een hoeveelheid methaan van 2000-3000 miljard kubieke meter.

De voorkomende hoeveelheid hebben de onderzoekers berekend met behulp van een model dat de geologische context in ogenschouw neemt, waardoor een goede benadering is te krijgen van de oppervlakte en de dikte van de gashydraat-bevattende pakketten. Daardoor is een betrekkelijk nauwkeurig beeld te krijgen, al geven de onderzoekers toe dat ook hun model niet met alle factoren rekening kan houden. Hun model is echter van groot belang, omdat daarmee beter dan vroeger een berekening is te maken van de opbrengsten van eventuele winning. In het verleden werd daar vaak te optimistisch over gedaan: eerdere schattingen die met veel minder geologische details rekening hielden kwamen soms uit op 15-25 maal grotere voorraden. Eveneens van belang is dat het model uitwijst dat de kans op grote voorkomens van gashydraten elders in de Golf van Mexico betrekkelijk gering is: vrijwel al het gashydraat lijkt geconcentreerd op de continentale helling in het noordwesten.

Hoewel de hoeveelheid gashydraat die nu is vastgesteld aanmerkelijk geringer is dan in eerder schattingen werd aangenomen, blijft het nog altijd gaan om een zeer grote hoeveelheid energie. Deze is zelfs 30-40 maal zo groot als het totaal aan olie dat via de bestaande technieken in de hele Golf van Mexico kan worden gewonnen; die hoeveelheid was destijds voor President Bush sr. reden om de tot dan toe zeer losse banden met Mexico nauw aan te halen.

Referentie: 6



Destabilisatie van gashydraten maakte overgang van zeer strenge (vroeg) ijstijden naar warme perioden mogelijk

Gashydraten - zoals die dus in zeer grote hoeveelheden in onder meer de Golf van Mexico voorkomen - zijn er mogelijk de indirecte oorzaak van geweest dat er een einde kwam aan een aantal zeer koude ijstijden in het verre verleden van de aarde. Onder die ijstijden (die niet moeten worden verward met die uit het IJstijdvak - Pleistoceen - dat ongeveer twee miljoen jaar geleden begon), behoorden die uit een periode van 800-600 miljoen jaar geleden

tot de meest uitgesproken. Sommige onderzoekers gaan er zelfs van uit dat de gehele aarde toen diverse malen met ijs was bedekt (de 'sneeuwbal aarde').

Deze oude ijstijden worden vaak gekenmerkt door extreem dikke keileem-achtige lagen, die suggereren dat de ijstijden waarin ze zijn gevormd zeer lang hebben geduurd. Minstens zo opvallend is echter dat deze afzettingen bijna overal worden bedekt door een speciaal type kalkgesteente. Dat is merkwaardig, omdat kalkstenen in de geologische geschiedenis vooral zijn ontstaan in relatief warme zeeën. De plotselinge overgang van kennelijk zeer langdurige en zeer koude ijstijden naar veel warmere perioden heeft geologen dan ook voor veel raadsels gesteld.

Voor dat probleem is nu een oplossing aangedragen: volgens Martin Kennedy, Nicholas Christie-Blick en Linda Söhl bestonden er ook tijdens de desbetreffende ijstijden temperatuurfluctuaties (zoals dat ook binnen de meer recente ijstijden regelmatig voorkwam). Bij stijgende temperatuur smolt een deel van het ijs af, waardoor de zeespiegel steeg. Daarbij werden eerder drooggevalen delen van het continentaal plat weer overstroomd. In de bodem van het continentaal plat bevonden zich - met ijs vergelijkbare - gashydraten, in een bodem die eerder door de lage temperatuur continu bevroren was geweest (permafrost). Door de overstroming met het water ontdooide de permafrost, waarbij de in de bodem aanwezige gashydraten werden gedestabiliseerd, en uiteenvielen. Daarbij kwamen zeer grote hoeveelheden methaangas vrij. Die hoeveelheid methaangas zorgde voor een zo sterk broeikas-effect, dat daarmee de omstandigheden voor kalksteen-vorming gunstig werden.

Een interessante ondersteuning van deze theorie vinden de onderzoekers in de verhoudingen tussen de koolstof-isotopen in de kalkstenen die direct op de glaciale afzettingen liggen. Via een tamelijk technische redenering komen ze tot de conclusie dat het meeste vrijkomende methaan op het contactvlak van sediment en zeewater werd geoxideerd door een proces waarbij zuurstof vrijkwam ten gevolge van de reductie van sulfaten. Daardoor werd het milieu alkalischer (meer basisch) en kon kalksteen chemisch neerslaan.

Ook nu bevinden zich in de zeebodem onvoorstelbaar grote hoeveelheden gashydraten. Al eerder is er op geologische conferenties op gewezen dat verstoringen van de zeebodem (bijv. bij het leggen van kabels) de kans op het uiteenvallen van de gashydraten vergroten, en daardoor een milieurisico vormt dat in beschouwing moet worden genomen bij iedere activiteit die plaatsvindt waar zich grote concentraties gashydraten bevinden.

Referenties: 3, 5



Belangwekkende dino blijft ontsnappen aan onderzoekers

Hadden (bijna) alle dinosauriërs haren? Of wellicht veren? De beantwoording van die vragen zou het beeld dat we nu hebben van deze uitgestorven groep volledig kunnen veranderen. En er is een fossiel dat op een van die vragen mogelijk een positief antwoord kan geven. Tot dusver heeft de wetenschap echter steeds achter het net gevestigd bij pogingen om het fossiel te onderzoeken. De reden is dat het fossiel merkwaardige omzwervingen maakt, tussen handelaren en mogelijk ook particuliere verzamelaars. Een kortgeleden gepubliceerd boek van Luis Rey, met als titel 'Extreme dinosaurs', heeft de naspeuringen in gang gezet. Het boek bevat een figuur van een dinosauriër die waarschijnlijk behoort tot de psittacosauriden, een groep die behoort tot de orde van de Ornithischia, een van de twee ordes waarin dinosauriërs worden onderverdeeld. Van de andere orde, de Saurischia, zijn huidplaten bekend waarop haren of veren zouden kunnen hebben gegroeid. Bij de Ornithischia zijn zulke huidplaten nooit aangetroffen. Bij de psittacosauride in het boek van Rey komen ze echter wel voor, en omdat de figuren in dit boek als betrouwbare interpretaties op basis van fossiele vondsten kunnen worden gekenschetst, is de figuur waarschijnlijk gebaseerd op waarnemingen. Als die correct zouden zijn, dan maakt dat het stuk waarschijnlijker dat alle (of op z'n minst veel) dinosauriërs veren of haren hebben gehad.

Controle is dus van belang. En er is bekend dat er een fossiel van een psittacosauride bestaat dat dergelijke huidplaten vertoont. Het fossiel is, zoals zoveel fossielen van dinosauriërs en vroege vogels, afkomstig uit China. Voor zover bekend bevat het huidplaten langs de staart met structuren die kunnen wijzen op veren of haren. Maar dit bijzondere fossiel, dat illegaal uit China is verdwenen, is nooit door wetenschappers onderzocht, en er is nooit over gepubliceerd. Naspeuringen wijzen uit dat het fossiel in de afgelopen twee jaar heeft rondgezworven in Europa. Een jaar geleden dook het even op bij een winkel (Stone Age) in het Italiaanse Triest. Volgens de eigenaar, Flavio Bacchia, had een Duitse geoloog het aan hem gegeven om schoon te maken. Bacchia zegt het fossiel daarna naar paleontologen van het Museum voor Natuurlijke Historie in Milaan te hebben gestuurd. Daar is het volgens een medewerker inderdaad aangekomen, maar op verzoek van Bacchia weer aan hem teruggestuurd. Volgens Bacchia was dat omdat hij een gezamenlijk onderzoek door Italiaanse en Chinese paleontologen probeerde te arrangeren. Toen dat mislukte, zou hij het fossiel weer naar de Duitse eigenaar hebben verzonden, maar die wilde niet ingaan op een verzoek van het tijdschrift Nature voor een interview over deze zaak.

Volgens Mark Norell, een bij het Amerikaans Museum voor Natuurlijke Historie in New York werkzame, gerespecteerd deskundige op het gebied van Aziatische dinosauriërs, bewijst deze geschiedenis eens te meer hoe particuliere verzamelaars wetenschappelijk onderzoek in

de weg kunnen staan. Hij pleit ervoor om het fossiel op te sporen om het in China wetenschappelijk te laten onderzoeken.

Referenties: 1, 4, 7



Evolutie van vroege mens in Australazië geografisch beïnvloed

Hoe interessant de evolutie van dinosauriërs naar vogels ook mag zijn - en hoeveel aandacht daaraan ook in de literatuur wordt besteed - er zijn nog veel meer interessante evolutionaire ontwikkelingen, inclusief die van de mens. Daarbij blijken vaak eerder ongedachte factoren een rol te spelen. Zo is er bij het beschouwen van de evolutie van de vroege mens in Australazië in het verleden onvoldoende aandacht besteed aan de unieke geografische en ecologische context waarin die mens zich bevond. Dat stelt Paul Storm, medewerker van het museum Naturalis in Leiden. Dat is volgens hem des te merkwaardiger omdat heel goed bekend is dat de zoogdierfauna's daar in sterke mate beïnvloed zijn geweest door geografische barrières en het bestaan van sterk uiteenlopende ecologische zones.

Tot nu toe zijn de verklaringen voor de evolutionaire geschiedenis van de mens ter plaatse vooral bepaald door twee zienswijzen. De eerste (het zogeheten multiregionale scenario) gaat uit van een geleidelijke evolutie van de fossiele naar de huidige mens; het belangrijkste argument daarvoor is de vorm van de schedel. De tweede verklaring (de 'out of Africa' hypothese) gaat ervan uit dat *Homo sapiens* zich ontwikkelde in Afrika, vandaaruit migreerde naar onder meer Azië, en de daar levende *Homo erectus* verdrong. Wanneer milieu-aspecten in beschouwing worden genomen, is er volgens Storm alle aanleiding om te veronderstellen dat beide verklaringen correct zijn, althans dat ze samen aan de ontwikkeling van de mens in Australazië hebben bijgedragen.

Een buitengewoon belangrijk - en tot nu toe over het hoofd gezien - aspect zou de bijna onneembare waterbarrière van Wallacea zijn geweest. Die had een enorme invloed op de verspreiding - en daarmee ook de evolutie - van talrijke zoogdieren, waaronder ook de vroege mens. Er is geen enkele aanwijzing dat *Homo erectus* kans heeft gezien om deze barrière te nemen.

Wel is *Homo erectus* waarschijnlijk voortdurend in zuidoostelijk Azië aanwezig geweest. Dat blijkt uit diverse vondsten zoals die van de Trinil-, de Sangiran- en de Ngandong-mens. Tussen 126.000 en 81.000 jaar geleden werd het klimaat vochtiger, met als gevolg dat het tropisch regenwoud zich tot oostelijk Java kon uitstrekken. Die nieuwe omstandigheden maakten het voor elder verder ontwikkelde mensen mogelijk om dat gebied te bereiken. Een aantal van de lokale menstypen, waaronder *Homo erectus*, werden door de beter aan het nieuwe klimaat aangepaste mensen verdreven.

Homo sapiens bleek wel in staat om Wallacea over te ste-

ken. Hij deed dat, maar er bleven ook genoeg individuen achter, zodat de soort zich aan beide zijden van Wallacea verder ontwikkelde. Dat gebeurde onafhankelijk van elkaar, waardoor de huidige bewoners ook op basis van hun schedel in twee duidelijk verschillende typen zijn te onderscheiden.

Referentie: 8



Biodiversiteit in geologisch verleden ongekend groot

Het leven op aarde is in het verleden veel diverser geweest dan we nu weten. Dat ligt voor de hand, want slechts een minieme fractie van alle levende wezens fossiliseert; van die fossielen worden er in de loop van de tijd vele onherkenbaar (bijv. door 'omsmelting' bij verhoogde temperatuur en druk op grote diepte), en er verdwijnen veel fossielen doordat ze tijdens erosieprocessen tot onherkenbaar kleine fragmenten worden verpulverd. En van de fossielen die al deze gevaren overleven, wordt uiteindelijk slechts een verwaarloosbare fractie gevonden en wetenschappelijk verwerkt.

Hoe divers het leven op aarde is geweest, is dan ook moeilijk te schatten. Toch zijn er gegevens over, vooral dankzij het eindeloze monnikenwerk van Jack Sepkoski, die voor meer dan 31.000 geslachten (verdeeld over ongeveer 4000 families) van zogeheten macro-invertebraten (d.w.z. dieren zonder inwendig skelet, en zo groot dat ze met het blote oog te determineren zijn; het bekendste voorbeeld zijn schelpdieren uit zee) onderzocht wanneer ze in de geologische geschiedenis voorkwamen. Hij deed dit op basis van literatuuronderzoek. Dat hij geslachten als uitgangspunt nam en niet soorten, was om de discussies over welke exemplaren tot een soort behoren, te voorkomen. Uit de optelling van alle geslachten die op een gegeven moment leefden op aarde, kon Sepkoski zo een beeld krijgen van de biodiversiteit op dat moment. Die biodiversiteit is toegenomen van een verwaarloosbaar aantal geslachten zo'n 540 miljoen jaar geleden tot ongeveer een miljoen geslachten nu. Dat is echter geen geleidelijke toename geweest, maar een ontwikkeling met pieken en dalen. Zo weten we nu dankzij Sepkoski dat de grote massa-uitstervingen (bijv. na de inslag van een hemellichaam op de grens tussen Krijt en Tertiair) altijd slechts een korte terugslag heeft gegeven, en daarna juist een sterke toename van het aantal nieuwe geslachten.

Hoe baanbrekend het werk van Sepkoski ook is geweest, het geeft - alleen al omdat het op literatuurstudies was gebaseerd - een beeld dat niet volledig is. Dat blijkt uit onderzoek dat is uitgevoerd door de Phanerozoic Marine Diversity Working Group. Het systematisch onderzoek door deze werkgroep van 344 collecties met schelpen uit het Pliocene (5-1,7 miljoen jaar geleden) van Panama en Costa Rica (minder dan 0,1% van de toenmalige 7 miljoen km² oceaan) bracht veel meer genera aan het licht dan op grond van statistische berekeningen verwacht zou

mogen worden. De onderzoekers concluderen daaruit dat de huidige schattingen van de vroegere biodiversiteit veel te laag zijn.

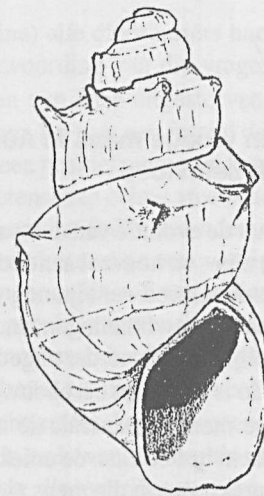
Twee Amerikaanse onderzoekers berekenen op theoretische gronden dat er waarschijnlijk in totaal zo'n miljoen geslachten van marine macro-invertebraten hebben geleefd, en dat daarvan waarschijnlijk zo'n 67.000 geslachten ook daadwerkelijk als fossielen zouden kunnen worden gevonden. Dan moet er nog wel veel aan de bestaande kennis worden toegevoegd. Alleen een uitgebreid systematisch onderzoek, waarbij de onderzoekers denken aan een project dat ongeveer twintigmaal zo uitgebreid als het nu uitgevoerde project zou moeten zijn, zou een statistisch gezien betrouwbaar inzicht in de ontwikkeling van de biodiversiteit op aarde kunnen geven, inclusief een beter inzicht in de effecten op die biodiversiteit van wereldwijde natuurrampen.

Referentie: 2

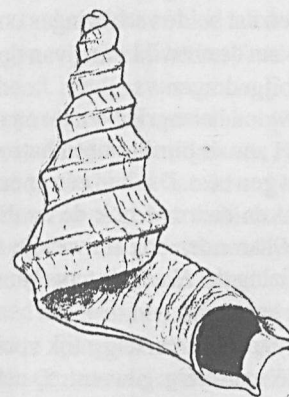
Geraadpleegde literatuur

- 1 Dalton, R., 2001. Elusive fossil could conceal answer to dinosaur debate. *Nature* 412, p. 844.
- 2 Jackson, J.B.C. & Johnson, K.G., 2001. Measuring past biodiversity. *Science* 293, p. 2401-2404.
- 3 Jacobsen, S.B., 2001. Gas hydrates and deglaciations. *Nature* 412, p. 691-693.
- 4 Ji, Q., Norell, M.A., Gao, K.-Q., Ji, S.-A. & Ren, D., 2001. The distribution of integumentary structures in a feathered dinosaur. *Nature* 410, p. 1084-1088.
- 5 Kennedy, M.J., Christie-Blick, N. & Sohl, L.E., 2001. Are Proterozoic cap carbonates and isotopic excursions a record of gashydrate destabilization following Earth's coldest intervals? *Geology* 29, p. 443-446.
- 6 Milkov, A.V., 2001. Estimate of gas hydrate resource, northwestern Gulf of Mexico continental slope. *Marine Geology* 179, p. 71-83.
- 7 Stokstad, E., 2001. Mysterious E-photos vex paleontologists. *Science* 293, p. 1573.
- 8 Storm, P., 2001. The evolution of humans in Australasia from an environmental perspective. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 171, p. 363-383.
- 9 Vugt, N. Van, Langereis, G.C. & Hilgen, F.J., 2001. Orbital forcing in Pliocene-Pleistocene Mediterranean lacustrine deposits: dominant expression of eccentricity versus precession. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 172, p. 193-205.

*A.J. (Tom) van Loon, Geocom B.V., Benedendorpsweg 61, 6862 WC Oosterbeek tel. 026-339 09 08, fax 026-339 07 83, email tom.van.loon@wxs.nl



Pyrgophorus spec. 1
Mioceen, Pebas Formatie
Indiana, Peru
(Tek. Frank Wesselingh)



Tryonia spec. 1
Mioceen, Pebas Formatie
Nuevo Horizonte Peru
(Tek. Frank Wesselingh)