

GEOCOMmunicatie 6: over vetbulten bij dinosauriërs, het uitsterven op de K/T-grens, de stabiliteit van het ijs rondom Antarctica, en abrupte klimaatfluctuaties

A.J. (Tom) van Loon*

INLEIDING

Wordt GEOCOMmunicatie nog steeds gelezen? Je zou het denken na het jaarverslag van de redactie van Afzettingen (in het vorige nummer): ik ging bijna blozen. Daarom hierbij maar weer wat onderwerpen, met de nadruk op een aantal uiteenlopende facetten die in sterke mate bijdragen aan ons klimaat (en de fluctuaties daarin), en die zo indirect ook het leven op aarde sterk beïnvloeden. Misschien niet puur geologisch, maar wel degelijk van belang om de context van het verschijnen en uitsterven van organismen beter te kunnen begrijpen. En om hun specifieke kenmerken beter te kunnen interpreteren. En dat is hard nodig, zoals onder meer blijkt uit een volledig nieuwe interpretatie van de anatomie van bepaalde dinosauriërs.

'ZEILEN' OP DE RUG VAN SOMMIGE DINOSAURIËRS WAREN MOGELIJK VETBULTEN

Het is moeilijk om uitsluitend op basis van fossiele botten de uiterlijke vorm van een uitgestorven dier te reconstrueren. Veel oorspronkelijke ideeën zijn dan ook in de loop der tijd drastisch herzien. Dat lijkt nu ook te gaan gebeuren met bepaalde dinosauriërs, en wel met de groep die zo'n 100 miljoen jaar (Albien) geleden in Afrika woonde en die nu vaak wordt afgebeeld met een soort 'zeilen' op zijn rug. Deze uitstulpingen van de huid zijn in tal van reconstructies opgenomen op basis van bepaalde uitsteeksels op de ruggegraat; soortgelijke zeilen zijn voor het eerst in de geologische geschiedenis bekend van de pelycosauriërs, een groep die leefde omstreeks de overgang van Vroeg- naar Laat-Perm, en die als voorloper van de dinosauriërs wordt beschouwd. Morfologisch vertonen de uitsteeksels van zowel de pelycosauriërs als de nu ter discussie staande dinosauriërs veel gelijkenis met de stekels in rugvinnen van vissen, zodat een reconstructie van een dun vlies dat door de stekels overeind werd gehouden voor de hand lag. Vanwege het destijds aan dinosauriërs toegeschreven (maar nu reeds enige tijd ter discussie staande) koudbloedige karakter, was er voor de 'zeilen' ook een logische verklaring: ze hielpen bij het opwarmen van het dier door de opname van zonnewarmte.

Volgens een Amerikaans onderzoeker zou er bij dinosauriërs met zo'n warmte-opnemende huidplooï in een warm klimaat echter gauw oververhitting optreden. Hij heeft daarom de 'stekels' van twee soorten dinosauriërs uit de desbetreffende groep (een herbivoor met de naam *Ouranosaurus* en een carnivoor met de naam *Spinosaurus*) vergeleken met die van de 'gebochelde' bison en die van twee relatief kort uitgestorven zoogdieren: het reuzehert en de reuzekameel (beide hadden ook uitsteeksels op hun ruggegraat). Ook mat hij bepaalde verhoudingen. Dezelfde metingen voerde hij uit bij exemplaren van pelycosauriërs, bij soorten waarvan deskundigen er op basis van tal van argumenten van overtuigd zijn dat hun 'zeilen' als zonnecollectoren functioneerden.

Uit het onderzoek kwam duidelijk naar voren dat de botten van de twee onderzochte dinosauriërsoorten veel beter overeenkwamen met die van de drie onderzochte zoogdieren

dan met die van de pelycosauriërs. Dat wijst er volgens de onderzoeker op dat deze dinosauriërs waarschijnlijk geen 'zeilen' hadden, maar vetophopingen op de rug (die niet alleen dienen als energiebron maar die ook een warmte-isolerende werking hebben). De nieuwe interpretatie wordt door veel paleontologen als waarschijnlijker dan de oude ideeën gezien, maar een definitief bewijs zal pas kunnen worden geleverd als ook de desbetreffende weefsels bij fossiele exemplaren zullen worden aangetroffen.

Referentie: 1

OVERLEVINGSKANSEN VAN ZEEËGELSOORTEN OP K/T-GRENS STERK AFHANKELIJK VAN VOEDSELBRON

Zeilen of vetbulten, voor de dinosauriërs maakte het niet veel uit op de K/T-grens: alle soorten stierven uit. Samen met zo'n driekwart van alle toen levende soorten op aarde. Als oorzaak wordt vaak een meteorietinslag genoemd, maar het is duidelijk dat die slechts indirect de oorzaak van het massale uitsterven kan zijn geweest. De vraag is dus welke dodelijke processen door de inslag in gang zijn gezet. Daarbij is vooral intrigerend waarom ook zoveel mariene soorten zijn uitgestorven.

Recent onderzoek aan zeeëgels heeft daarin - althans voor die groep, maar met duidelijke implicaties voor andere groepen - helderheid gebracht. De onderzoekers hebben daartoe voor alle bekende soorten alle gegevens over uitsterven of niet op de K/T-grens uit literatuur van de afgelopen 150 (!) jaar verzameld, voor locaties over de hele wereld. Dat was bepaald geen sinecure, want ook bij zeeëgels zijn er - net als bij tal van andere groepen - niet alleen heel wat exemplaren verkeerd gedetermineerd, maar ook zijn er natuurlijk nogal wat wijzigingen in de naamgeving opgetreden. Dat leverde uiteraard wel de nodige onduidelikheden op (zeker in gevallen waarin de desbetreffende exemplaren niet waren afgebeeld), maar toch kwam al spoedig aan het licht dat de geografische positie zeker een rol speelde: er waren tal van soorten die alleen regionaal uitstierven op de K/T-grens. Vooral in de bekkens in en nabij de Verenigde Staten stierven veel soorten uit; misschien een gevolg van de nabijheid van de inslag (en dus niet direct van belang voor de oorzaken van het wereldwijde uitsterven van andere soorten).

Op de K/T-grens stierf volgens de onderzoekers 36% van de zeeëgelsoorten uit; dat is aanmerkelijk minder dan eerdere schattingen (70%), maar zelfs dit nieuwe getal kan nog best te hoog zijn omdat bepaalde in het Maastrichtien nog wel maar in het Paleoceen niet meer voorkomende soorten ook voor de meteorietinslag kunnen zijn uitgestorven, dus voor de K/T-grens. Bovendien zijn er betrekkelijk weinig gesteenten met fossiele zeeëgels uit het begin van het Paleoceen bekend; nauwkeurig onderzoek van nieuwe vindplaatsen moet dus haast wel zeker nieuwe 'overlevers' opleveren.

Het duidelijkste verband met het massale uitsterven vertoont de leefwijze van de diverse soorten zeeëgels, en in het bijzonder hun wijze van voedsel vergaren. De soorten die in een voedselarm milieu leefden en voor hun voedsel afhankelijk waren van het bezinken van organische restanten, stierven grotendeels uit; omnivoren overleefden het best. Overigens is opvallend dat ook bij soorten die de K/T-grens overleefden, de grootte vaak sterk afnam. Kennelijk was er toch een tekort aan voedsel. Dat leidde tot selectieve overlevingskansen, niet zozeer voor de zwevende larven die zich met plankton voedden alswel voor de volwassen, op de zeebodem levende exemplaren.

Referenties: 5, 8

NIEUW MODEL MAAKT VOORSPELLING VAN (IN)STABILITEIT VAN HET IJS RONDON ANTARCTICA BETER MOGELIJK

Niet alleen catastrofale gebeurtenissen zoals meteorietinslagen zijn van belang voor het klimaat - en daarmee het leven - op aarde. Ook de grote landijskappen (en vooral die in Antarctica en op Groenland) zijn van grote betekenis. Ze vormen de weerslag van het samenspel van grote aantallen klimaatfactoren en bepalen - op hun beurt - weer in hoge mate oceanische en atmosferische stromingspatronen. Daarenboven worden ze door sommigen beschouwd als een soort thermometer voor de temperatuur op aarde: bij stijging daarvan (bijv. als gevolg van het broeikas-effect) zouden ze meer gevoelig worden voor processen die deze ijskappen - waar die zich tot buiten het vasteland van Antarctica in zee uitstrekken - opbreken in kleinere stukken. Omdat dergelijke kleine stukken een grotere oppervlakte/inhoud-verhouding hebben dan een grote landijskap, smelten ze relatief snel door de hogere temperatuur van het zeewater. Dit smelten zou, door het in absolute zin grote volume, significant kunnen bijdragen aan een stijging van de zeespiegel en daardoor ook aan de bedreiging van veel kustgebieden. Er zijn in het recente verleden dan ook veel pogingen gedaan om het gedrag van de grote landijskappen zodanig te modelleren dat daaraan een voorspellende waarde kan worden toegekend.

Een groep onderzoekers uit Engeland, Oostenrijk, Argentinië en Australië lijkt er nu in te zijn geslaagd om de tussen 1986 en 1997 opgetreden gedragingen van de zogeheten Larsen-ijskap te verklaren met een model. De keuze van deze ijskap door de onderzoekers is zeer gelukkig gebleken, omdat er enkele opvallende gebeurtenissen hebben plaatsgevonden, die tot nu toe niet goed in tijd en plaats waren te verklaren. Daarbij gaat het onder meer om de plotselinge opbreking, in talloze kleine stukken, van het noordelijkste deel van deze ijsmassa; dat proces, waarbij een gigantische ijsmassa als het ware uit zijn gevangenis werd bevrijd, vond binnen slechts enkele dagen plaats, in januari 1995.

De onderzoekers hebben bij hun modellering gebruik gemaakt van een eindige-elementen-analyse (finite element analysis), wat inhoudt dat ze het gebied als het ware in partjes hebben opgedeeld; waar de veranderingen het grootst zijn, waren de 'partjes' het kleinst om de nauwkeurigheid van het eindresultaat te optimaliseren. Voor elk van deze partjes hebben ze berekend hoe een spanning afkomstig uit een naburig veldje zich in het desbetreffende partje zou voortzetten, en hoe spanning aan de andere omringende partjes zou worden doorgegeven. Een dergelijke berekening vereist, vanwege het iteratieve karakter, zeer veel rekentijd van computers, ook al omdat het ijs geen statische massa vormt maar een visceus geheel dat met uiteenlopende snelheden in verschillende richtingen wegvloeit. Het bleek echter toch mogelijk om uiteindelijk een totaalbeeld te krijgen dat aangeeft onder welke mate van spanning (en bij welke spanningsrichtingen) de ijsmassa in kleinere brokstukken kan desintegreren. Van nog meer belang is echter dat het model ook aangeeft onder welke omstandigheden de veranderingen in de spanningsvelden zo groot worden dat die desintegratie kan optreden. Voorspellingen van toekomstige desintegraties lijken daarmee binnen handbereik gekomen.

Overigens speelt de hoeveelheid ijs (op land en in de oceaan) ook nog een heel andere rol: het blijkt dat de koolzuurgasconcentratie in de atmosfeer in significante mate samenhangt met het opbouwen of juist afsmelten van ijsmassa's. Deze conclusie mag worden getrokken uit onderzoek naar de samenstelling van luchtbelletjes die in het ijs van Antarctica werden opgesloten tijdens de laatste ijstijd. Overigens is er nogal wat discussie geweest over de betrouwbaarheid van de chemische samenstelling van dergelijke luchtbelletjes, want boorkernen uit het ijs van Antarctica en Groenland leverden nogal eens opvallende verschillen op. Nu is de algemene mening dat de Antarctische luchtbelletjes het meest

betrouwbaar zijn; de samenstelling van de belletjes in het ijs van Groenland zouden beïnvloed zijn door verontreinigingen uit het in de lucht meegevoerde stof (op Groenland komt meer stof in de lucht voor dan op Antarctica). Uit de Antarctische luchtbelletjes blijkt dat er tijdens de laatste ijstijd cyclische variaties van de CO₂-concentratie in de atmosfeer optraden met een periodiciteit in de orde van grootte van duizend jaar.

Referenties: 2, 9, 10

DUUR VAN BLOOTSTELLING VAN ORGANISCH MATERIAAL OP ZEEBODEM AAN ZUURSTOF IS BELANGRIJK VOOR DE ZUURSTOFCONCENTRATIE IN ATMOSFEER

Ijs en oceanisch stikstof mogen dan beide een rol spelen bij de concentratie in de atmosfeer van koolzuurgas, maar algemeen wordt aangenomen dat de mate waarin organische verbindingen (met relatief veel koolstof) aan de koolstofkringloop worden onttrokken (bijv. in de vorm van houtgebruik, en meer nog in de vorm van afstervende organismen die niet of niet volledig verrotten) een van de belangrijkste parameters vormt. De plaats waar verreweg de meeste organische koolstof wordt 'opgeborgen', is het continentaal plat met de continentale helling. Veel van de organismen die in de relatief ondiepe kustwateren leven, zakken na hun afsterven naar de bodem, waar ze veelal spoedig bedekt worden door sediment. Volgens recente schattingen komt zo'n 90% van al het organische materiaal in de zeeën en oceanen zo in een relatief smalle zone van sediment rondom de continenten terecht. Een deel daarvan verrot (onder invloed van toetredende zuurstof), maar een ander deel blijft als koolstofverbindingen in het sediment bewaard. Het gaat daarbij om ontzagwekkende hoeveelheden: alle mariene afzettingen op aarde bevatten samen naar schatting zo'n 10¹⁹ kg koolstof. Direct of indirect is deze massa van fotosynthese afkomstig; het belang voor de koolzuurconcentratie in de atmosfeer wordt daarmee verklaard.

Er zijn in de loop der tijd tal van hypothesen opgesteld over de processen waardoor op de zeebodem terecht komend organisch materiaal al dan niet verrot (waarbij de koolstof weer in de kringloop wordt opgenomen). Daaraan gekoppeld waren modellen die aangeven om welke hoeveelheden dat gaat en hoe snel die processen plaatsvinden. Over die hypothesen en modellen bestond echter nauwelijks enige overeenstemming. Een onderzoek dat is uitgevoerd door onderzoekers van de *School of Oceanography* van de *University of Washington* (in Seattle) lijkt met een aantal metingen nu een parameter te hebben gevonden die niet alleen uitermate logisch lijkt, maar die ook goed meetbaar is. Volgens de onderzoekers is de duur van het verblijf van bezonken organisch materiaal op de zeebodem, in contact met zuurstofrijk water, van doorslaggevend belang. Andere veel geopperde parameters (de hoeveelheid organisch materiaal die bezinkt; de aanwezigheid van aerobe of anaerobe bacteriën; de snelheid van de bodemstromen; etc.) zijn volgens hen van slechts ondergeschikte betekenis.

Deze bevinding is gebaseerd op metingen op twee punten in het noordoostelijk deel van de Stille Zuidzee; op een van de punten was de zuurstofconcentratie in het bodemwater vrijwel nihil, en op het andere punt was zuurstof rijkelijk aanwezig. Kernen van de bodemsedimenten gaven niet alleen uitsluitsel over de snelheid waarmee ter plaatse organisch materiaal bezonk, maar ook over de sedimentatiesnelheid van slibdeeltjes en over de diepten tot waar veel zuurstof aanwezig was. Door die gegevens te vergelijken met de verticale verdeling van organisch materiaal in het bodemsediment, kon worden vastgesteld dat de mate van verrotting vooral afhangt van de duur van blootstelling aan voldoende zuurstof.

Referenties: 3, 7

ABRUPT KLIMAATFLUCTUATIES BLIJKEN IN CYCLI OP TE TREDEN

Dat de concentratie van koolzuurgas in de atmosfeer is toegenomen sinds het begin van de industriële revolutie, staat buiten kijf. Tegelijk lijkt het of er een klimaatverandering optreedt. Het is natuurlijk aantrekkelijk die verandering toe te schrijven aan de grote uitstoot van de verbrandingsgassen van fossiele brandstoffen, zoals steenkool, olie en gas. Maar het causale verband is nog steeds omstreden, ondanks de uitspraak van het Intergovernmental Panel on Climatic Change (IPCC) dat menselijke activiteiten een bijdrage aan deze verandering leveren.

Bij het interpreteren van de oorzaken van de klimaatverandering - wat vooral van belang is voor voorspellingen - vormt het geologisch verleden een aanknopingspunt, juist omdat in het Pleistoceen een aantal grote fluctuaties is opgetreden in de vorm van een afwisseling van glacialen en interglacialen. Menselijke invloed kan daarbij geen rol hebben gespeeld. Men heeft zich echter lange tijd afgevraagd of de temperatuurfluctuaties in het verleden even (relatief gezien) abrupt waren als momenteel. Er komen nu steeds meer overtuigende aanwijzingen dat zulks inderdaad het geval was: op het einde van de laatste ijstijd (in de Jonge Dryas), bijvoorbeeld, trad er een duidelijke temperatuurverandering op binnen hooguit enkele tientallen jaren. Amerikaanse onderzoekers hebben nu aangetoond dat abrupte klimaatveranderingen heel gewoon zijn, althans voor het door hen onderzochte tijdsinterval van 500.000-340.000 jaar geleden.

Het interessante van het nieuwe onderzoek is dat het een opeenvolging betreft met een volledige ijstijd en een volledig interglaciaal, met aan beide 'uiteinden' nog aansluitende delen. Het blijkt dat de temperatuur, onafhankelijk van het feit of er sprake is van een ijstijd of juist van een interglaciaal, sterke schommelingen vertoont met cycli van 1200-6000 jaar. Wel blijkt dat de schommelingen tijdens ijstijden groter zijn (3-4,5 °C) dan tijdens de interglacialen (0,5-1 °C). Soortgelijke fluctuaties waren al eerder vastgesteld op basis van isotopenonderzoek in ijs dat omhooggehaald werd in boorkernen van Groenland en Antarctica, maar daarbij ging het om ijs dat pas gedurende het Holoceen werd gevormd.

De nieuwe gegevens zijn gebaseerd op de verhouding van zuurstofisotopen in foraminiferen uit sedimenten die door zeestromingen in het noorden van de Atlantische Oceaan zijn afgezet. Deze sedimenten werden geologisch gezien zeer snel opgebouwd (tot meer dan een centimeter per eeuw), waardoor gedetailleerde analyses mogelijk waren: voor ieder interval van 300 jaar kon de gemiddelde temperatuur worden bepaald. Uit deze bepalingen lijkt te kunnen worden geconcludeerd dat de fluctuaties het grootst waren op momenten dat de landijskappen sterk aangroeiden, en op momenten dat grote delen daarvan desintegreerden. Gegevens van onderzoek bij Antarctica wijzen erop dat we nu in een fase zitten van relatief snelle desintegratie van de ijskap. Het kan dan ook niet worden uitgesloten dat er een nieuwe 'Kleine IJstijd' zal komen, zoals die van enkele honderden jaren geleden, waaraan we zoveel mooie schilderijen met 'ijspret' te danken hebben.

Referenties: 4, 6

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

¹ Anonymous, 1998. Dino fins more like humps? - Science 279: 1139.

- ² Doake, C.S.M., Corr, H.F.J., Rott, H., Skvarca, P. & Young, N.W., 1998. Breakup and conditions of the northern Larcen ice shelf, Antarctica. - *Nature* 391: 778-780.
- ³ Hartnett, H.E., Keil, R.G., Hedges, J.I. & Devol, A.H., 1998. Influence of oxygen exposure time on organic carbon preservation in continental margin sediments. - *Nature* 391: 572-574.
- ⁴ Kerr, R.A., 1998. Sea floor records reveal interglacial climate cycles. - *Science* 279: 1304-1305.
- ⁵ Marshall, Ch.R., 1998. Mass extinction probed. - *Nature* 392: 17-20.
- ⁶ Oppo, D.W., McManus, J.F. & Cullen, J.L., 1998. Abrupt climate events 500,000 to 340,000 years ago: evidence from sunbpolar North Atlabtic sediments. - *Science* 279: 1335-1338.
- ⁷ Reimers, C.E., 1998. Feedbacks from the sea floor. *Nature* 391: 536-537.
- ⁸ Smith, A.B. & Jeffery, Ch.H., 1998. Selectivity of extinction asmong sea urchins at the end of trhe Cretaceous period. - *Nature* 392: 69-71.
- ⁹ Stauffer, B., Blunier, T., Dällenbach, A., Indermühle, A., Schwander, J., Stocker, T.F., Tschumi, J., Chappellaz, J., Raynaud, D., Hammer, C.U. & Clausen, H.B., 1998. Atmospheric CO₂ concentration and millennial-scale climate change during the last glacial period. - *Nature* 392: 59-62.
- ¹⁰ VanDeCar, J., 1998. On the shelf. - *Nature* 391: 747.

* Adres van de auteur:

Geocom B.V., Benedendorpsweg 61, 6862 WC Oosterbeek
tel. 026-3390908, fax 026-3390783, e-mail tom.van.loon@wxs.nl