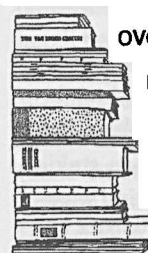


GEOCOMMunicatie 12



over de jacht op een mammoet, op kunstmatige diamant, op oeroude cyanobacteriën, op absolute ouderdommen, en op de oorzaak van het massaal uitsterven op de Trias/Jura-grens

*A.J. (Tom) van Loon**

Inleiding

Een derde jaar zit erop. En nog steeds heb ik de indruk dat er veel meer leuke geologische onderzoeken worden gedaan dan je denkt. Jammer dat ze vaak zo saai worden gepubliceerd: soms zou je er bijna bij in slaap vallen. Maar voor geologen heeft dat ook weer z'n positieve kanten: als je slaperig wordt, komt immers het zandmannetje langs. En bij wie zou het zand dat hij in de ogen strooit welkomer zijn dan bij een geoloog? Over strooien gesproken: december is natuurlijk de maand om eens gul te strooien, zoals ik hier weer probeer met deze bijdrage. Maar zou het niet aardig zijn als alle WTKG'ers eens om zich heen keken en een vriend, buurvrouw of andere kennis zou verrassen met een gul gebaar? Met een jaarlidmaatschap voor de WTKG, bijvoorbeeld. Leuk voor de WTKG, leuk voor die vriend, buurvrouw of kennis, en leuk voor mij: voor iedere auteur geldt immers dat hij door zoveel mogelijk mensen gelezen wil worden! Dus strooi in december eens; mocht Zwarte Piet het als concurrentie zien, dan zal Sinterklaas het in ieder geval opschrijven in Het Grote Boek als een lovenswaardige geste. Trouwens: Sint leest 'Afzettingen' ook altijd met grote aandacht.



Jacht op de wolharige mammoet geopend

Tot de grote zoogdieren die in prehistorische tijden zijn uitgestorven, behoort - naast onder meer de sabeltandtijger, de wolharige neushoorn en de holenbeer - ook de wolharige mammoet. Van deze laatste soort moet het laatste exemplaar omstreeks 3700 jaar geleden hebben geleefd op Wrangel-eiland, in de Oostsiberische Zee. De omstandigheden ter plaatse, met permafrost en een overwegend zeer koud klimaat, hebben ertoe geleid dat soms redelijk goed bewaarde 'diepvries-exemplaren' worden gevonden.

De jacht daarop is nu in volle gang, met als uiteindelijke doel om de uitgestorven soort weer opnieuw leven in te blazen. Japanse onderzoekers zijn daartoe medio augustus in Noordoost-Siberië aangekomen, op zoek naar een exemplaar. Ze zullen daartoe de oevers van de Kolyma afzoeken. De Japanners worden op de hiel gezeten door een team onder leiding van een Franse onderzoeker, dat

wil proberen twee rompen die vorig jaar 1500 km meer westelijk werden opgemerkt op het Taimyr schiereiland, terug te vinden.

De beide groepen willen op twee manieren proberen om - als ze er in slagen om het juiste uitgangsmateriaal te vinden - weer een wolharige mammoet op te kweken. Een van de manieren is via klonen; daartoe moet een stukje langdurig diepgevroren weefsel worden bemachtigd waaruit ongeschonden DNA kan worden geïsoleerd. Met behulp daarvan kan dan, in feite op dezelfde wijze als bij het inmiddels beroemde/beruchte schaap Dolly een - in principe identieke - nakomeling worden verkregen.

De tweede methode zou, als hij al zou lukken, niet leiden tot een 'echte' wolharige mammoet, maar tot een hybride vorm. De onderzoekers hopen in dat geval dat ze nog werkzaam sperma van de wolharige mammoet kunnen bemachtigen, dat ze willen gebruiken om het eitje van een Aziatische vrouwtjesolifant - een naaste verwant van de mammoet - te bevruchten.

Beide methoden zijn in praktijk zeer moeilijk te verwezenlijken en de kans daarop wordt door deskundigen uiterst gering geacht. De kans dat weefsel of sperma gedurende de langdurige periode na het overlijden van een - hopelijk - te vinden exemplaar nog voldoende intact zal zijn, lijkt namelijk minimaal. Weliswaar is sprake van een zeer koud klimaat, maar het is zeker niet uit te sluiten dat tijdelijk de temperatuur toch zover is gestegen dat van ongestoorde 'diepvries' geen sprake is.

Mocht het - tegen de verwachting in - lukken om de wolharige mammoet weer tot leven te wekken, dan willen de Japanners, die daartoe worden gesponsord door een Japanse onderneming (Field Co. Ltd.), een natuurreservaat opzetten waarin de mammoet weer in zijn natuurlijke omgeving kan leven.

Overigens is er op het moment van schrijven ook een bekende Nederlandse mammoetoloog op jacht naar een ingevroren exemplaar. Dat moet, als eenmaal het enorme blok ijs is losgehakt waarin de mammoet zit vastgevroren, met legerhelicopters naar de bewoonde wereld worden gebracht voor verder onderzoek onder gecontroleerde omstandigheden. Maar daarvan vertel ik verder maar niets: hoe die expeditie verloopt is regelmatig in de Nederlandse dagbladen te lezen.

Referentie: 1



Vorming van diamant uit vloeibare carbonaten in aardmantel nagebootst

Diamant zoals we die kennen van de bekende natuurlijke vindplaatsen (zoals bij Kimberley) ontstaan bij hoge temperatuur (900-1400 °C) en hoge druk (5-6 GPa, overeenkomend met ongeveer 500-600 atmosfeer). Dat blijkt uit de aard van de insluitels die in vrijwel alle diamanten voorkomen. Voor de kunstmatige vervaardiging van diamant zijn echter nog extremere omstandigheden nodig, en wel zo'n 1600 °C en een druk van meer dan

7 GPa. Dat geldt tenminste voor niet-metallische omstandigheden.

Onderzoekers van het Mineralogisch en Petrologisch Instituut van de Siberische Afdeling van de Russische Academie van Wetenschappen zeggen nu echter diamant ook bij 'natuurlijke' temperatuur en druk te hebben vervaardigd. Ze deden dat via uitkristallisatie vanuit een basische smelt met vloeibare carbonaten. De relevante chemische verbindingen waarmee ze experimenteerden, waren Na₂CO₃ (soda), K₂CO₃, grafiet (C) en oxaalzuur (COOH-COOH) dat ze dehydratatie lieten ondergaan. Uit dit mengsel ontstond bij de 'natuurlijke' temperatuur en druk van diamantvorming een vloeistof van C-O-H. Daaraan voegden de onderzoekers minuscule diamantkristalletjes toe als kristallisatiekernen.

Bij toepassing van een gesloten systeem (in platina-ampullen) van Na₂CO₃ en C met de C-O-H vloeistof, waarbij de temperatuur op 1420 °C werd gehouden, bleek 20 uur te kort voor kristalvorming, maar na 30 uur waren er reeds enkele diamantjes ontstaan. Na 40 uur waren er 500-600 kristallen gevormd, met hun karakteristieke kristalvorm. Bij herhaling van de proef bij 1320 °C werd na 40 uur een vergelijkbaar resultaat bereikt. Toen de proef nogmaals werd herhaald maar zonder de C-O-H vloeistof, bleken de toegevoegde kristallisatiekernen echter niet meer als zodanig te functioneren. Daaruit blijkt dat vooral de C-O-H vloeistof bij de diamantvorming een rol speelt. Dat bleek ook bij een proef die werd uitgevoerd bij 1150 °C en die 120 uur duurde; ook daarbij kristalliseerde diamant uit rondom de toegevoegde kernen, zij het dat de gevormde kristalletjes niet groter waren dan 4 micron. Dezelfde proeven werden herhaald met een systeem waarbij het Na₂CO₃ was vervangen door K₂CO₃. De resultaten waren vrijwel gelijk. Bij 1150 °C bleken echter geen kristalletjes rondom de kernen te ontstaan.

De gekozen omstandigheden komen overeen met die op veel plaatsen binnen de aardmantel, afhankelijk van de chemische samenstelling van het mantelmateriaal ter plaatse. De onderzoekers menen dan ook dat zij met hun proeven hebben aangetoond dat de door hen nagebootste omstandigheden de meest waarschijnlijke zijn waarbij diamant in de natuur wordt gevormd.

Referentie: 6



Blomarkers wijzen op cyanobacteriën van 2,5 miljard jaar oud

In het begin van de aardgeschiedenis was de atmosfeer reducerend. Pas toen veel later een oxiderende atmosfeer ontstond, werden de omstandigheden voor de ontwikkeling en de evolutie van het leven op aarde geweldig verbeterd. Die omslag naar een zuurstofrijke atmosfeer was overigens, naar men aanneemt, het gevolg van de eerdere ontwikkeling van organismen die hun energie verkregen op basis van een op methaan en/of sulfaat gebaseerde stofwisseling. Al voor de duidelijke omslag

van een reducerende naar een oxiderende atmosfeer konden zich overigens al de op basis van fotosynthese zuurstof producerende cyanobacteriën ontwikkelen. Dergelijke bacteriën zijn uiteraard moeilijk fossiel te vinden, en nog moeilijker als er intussen zo'n lange tijd overheen is gegaan waarin uiteenlopende invloeden hun verwoestende werking kunnen uitoefenen. Het is dan ook geen wonder dat de oudst bekende fossielen bestaan uit structuren (in de vorm van onregelmatige laminaties: stromatolieten) die zouden zijn ontstaan door de invang van sediment op de desbetreffende organismen.

Australische en Amerikaanse onderzoekers hebben nu echter organisch materiaal gevonden in Australische schalies (een soort versteende klei) van zo'n 2,5 miljard jaar oud. Het gaat daarbij overigens niet om als zodanig bewaarde organismen, maar om zogeheten biomarkers: organische stoffen die ontstaan zijn door omzetting van (delen van) organismen. In dit geval gaat het om koolwaterstoffen die, in de loop van de geologische tijd, gevormd zijn uit lipiden die de onderzoekers toeschrijven aan cyanobacteriën. Daarmee is een belangrijke stap gezet in het onderzoek naar het ontstaan en de ontwikkeling van de organismen die uiteindelijk (waarschijnlijk) verantwoordelijk zijn voor onze zuurstofrijke atmosfeer.

Dat de biomarkers afkomstig moeten zijn van cyanobacteriën leiden de onderzoekers af aan een karakteristieke biochemische eigenschap: het frequente voorkomen in die groep van zogeheten bacteriohopaanpolyolen (BHPs), veelal met een methylgroep aan het tweede koolstofatoom (2-methyl-BHP). Deze stof doet dienst bij het verstevigen van de celwanden. Het bijzondere ervan is dat deze stof niet in significante hoeveelheden voorkomt in andere typen organismen. Bij de omzetting van het organische materiaal wordt het 2-methyl-BHP omgezet in goed traceerbaar 2-methylhopaan, dat ook karakteristiek is als omzettingsproduct van cyanobacteriën.

Uit de aangetroffen koolstofisotopen blijkt overigens dat zo'n 2,7-2,8 miljard jaar geleden een grote 'explosie' van leven moet hebben plaatsgevonden, waarschijnlijk in de vorm van bacteriën die geen stofwisseling op basis van fotosynthese hadden, maar die hun energie ontleenden aan de omzetting van methaan, dat daarbij wordt geoxideerd. Daarmee werd waarschijnlijk de basis gelegd voor de ontwikkeling van de cyanobacteriën, zodat de nu aangetroffen omzettingsproducten daarvan waarschijnlijk behoren tot de 'oude', zo niet de meest oorspronkelijke, generatie van deze groep.

Referenties: 2, 7

waarvan de ouderdom wel is vast te stellen (zodat de ouderdom van het afzettingsgesteente daartussen moet liggen), hetzij het voorkomen van zogeheten gidsfossielen, waarvan elders (ook weer op basis van datering van stollingsgesteenten) de ouderdom kon worden vastgesteld. Een en ander betekent dat voor veel afzettingsgesteenten (zand en zandsteen, klei en schalie, grind en conglomeraat) de ouderdom slechts bij benadering is vast te stellen. Drie Australische onderzoekers hebben nu een mogelijkheid ontdekt om van sommige afzettingsgesteenten de ouderdom radiometrisch vast te stellen, op gelijke wijze als dat gebeurt bij stollingsgesteenten. Het gaat daarbij om gesteenten waarin het mineraal zirkoon (ZrSiO_4) als korrels voorkomt, en waarin dat zirkoon kort na de vorming van het pakket is omgeven door een nieuwvorming van het mineraal xenotiem (YPO_4). Xenotiem is in de natuur (bijna) nooit zuiver, maar bevat kleine verontreinigingen, waaronder lood. Dit lood is geheel afkomstig uit het radioactieve verval van minieme hoeveelheden uranium dat bij de vorming van het xenotiemkristal in het materiaal werd ingesloten.

Uranium vervalt via een gecompliceerde vervalreeks in de loop der tijd tot lood (de lood-isotoop die uiteindelijk ontstaat hangt af van de oorspronkelijke uranium-isotoop). De tijd die dit verval, inclusief alle tussenstappen, in beslag neemt, is goed bekend. Dat maakt het dus mogelijk om, aan de hand van de relatieve hoeveelheden van alle betrokken isotopen in het xenotiem, de tijd van vorming vast te stellen.

De theorie is dus eenvoudig, maar de vraag rijst of de gevonden ouderdommen ook correct zijn. In principe zou het xenotiem in sedimenten immers pas lange tijd na de afzetting van die pakketten kunnen zijn gevormd. Dat blijkt echter, voor zover tot nu toe gevonden, niet het geval te zijn. De onderzoekers hebben de ouderdom van twee oude zandstenen uit NW Australië met behulp van xenotiem vastgesteld op $1704 (\pm 7)$ miljoen jaar en $1704 (\pm 14)$ miljoen jaar. De ouderdom van die gesteenten was eerder, via de klassieke methode van inpassing tussen andere gesteenten, vastgesteld als 750-1790 miljoen jaar oud (een nauwkeuriger datering was niet mogelijk!). Met de nieuwe methode wordt zo de mogelijkheid geschapen om veel sedimenten veel nauwkeuriger te dateren dan tot nu toe het geval was. Dat geldt dan tegelijk voor de fossielen in die gesteenten, waardoor weer van andere gesteenten die wel dezelfde fossielen bevatten maar geen xenotiem dat kan worden gedateerd, toch veel nauwkeuriger dan vroeger de leeftijd kan worden vastgesteld. Hiermee zal de correlatie tussen afzettingsgesteenten uit ver van elkaar verwijderde gebieden aanzienlijk gemakkelijker worden, maar ook zal het beeld van de ontwikkelingsgeschiedenis van grote gebieden sterk kunnen worden verrijkt.

Referenties: 4, 8



Absolute datering van sedimenten blijkt soms mogelijk

Hoe oud bepaalde afzettingsgesteenten zijn, was tot nu toe niet direct vast te stellen. Hun ouderdom moest worden vastgesteld aan hetzij het (zeldzame) voorkomen ter plaatse van oudere en jongere stollingsgesteenten,



Onvoorstelbare lavastromen op grens van Trias en Jura

Soms lijkt de Wet van Murphy ook op te gaan voor de geologie: alles wat mis kan gaan, gaat ook mis, en vaak ongeveer gelijktijdig. Zo zijn een aantal belangrijke grenzen tussen opeenvolgende tijdvakken gekenmerkt door uiteenlopende catastrofes, zoals de inslag van een komeet, gepaard met massaal vulkanisme (overgang Krijt/Tertiair), een sterke toename van het koolzuurgehalte gepaard met grote basaltuitvloeiingen (grens Perm/Trias) of een ijstijdvak gepaard met sterke gebergtevorming (grens Carboon/Perm). Er zijn nu duidelijke indicaties dat ook de grens tussen het Trias en de Jura (200 miljoen jaar geleden), waarbij grote massa-uitstervingen optraden, plaatsvond in een tijdsinterval van enorme catastrofes.

In een gebied dat delen omvat van Noord- en Zuid-Amerika, Afrika en Europa, en dat destijds uiteenviel in verschillende continenten die losscheurden van het oercontinent Pangea, blijken enorme basalt-uitvloeiingen te hebben plaatsgevonden binnen een geologisch zeer korte periode van hooguit een paar miljoen jaar. Gedurende dat interval van enorme spleeterupties werd een gebied van 7 miljoen vierkante kilometer door lavastromen bedekt. De basalten hebben, voor zover nu bekend, een volume van ca. 4 miljoen kubieke kilometer, wat betekent dat het enorme betrokken gebied werd bedekt met een pakket van gemiddeld bijna een halve kilometer dik. Er waren overigens van plaats tot plaats duidelijke verschillen in dikte, want de uitvloeiende, basische lava was zeer vloeibaar zodat diepe bekkens met een veel grotere toestroom te maken kregen dan hoger gelegen gebieden.

Een dergelijke uitvloeiing was uiteraard catastrofaal voor al het leven ter plaatse. De snelle bedekking van de bodem door dikke basaltpakketten moet het zowel voor plaatsgebonden als voor vrij bewegende organismen onmogelijk hebben gemaakt om te overleven. Dat verklaart dan ook de massale uitsterving die op deze grens plaatsvond. Daarbij kunnen enkele kleinere gebieden mogelijk tijdelijk zijn ontzien, maar na verloop van tijd ontstond toch een aaneengesloten basaltpakket. De verwoestende werking moet zelfs nog groter zijn geweest dan die van de twee andere bekende grote basalt-uitvloeiingen, die op het eind van het Perm (in Siberië) en op het eind van het Krijt (op het Deccan Plateau) plaatsvonden. Die twee uitvloeiingen gingen namelijk beide om 'slechts' zo'n 2,5 miljoen kubieke kilometer, maar ook die kenmerken beide een periode van massaal uitsterven.

De herkenning van de nieuwe fase van gigantische uitvloeiingen biedt misschien een oplossing voor een lang - en nog steeds - onbegrepen verschijnsel: de sterke zeespiegelstijging die op het einde van het Krijt optrad. Het moet namelijk niet geheel uitgesloten worden geacht dat de extreme spleeterupties een gevolg waren van een enorme massa magma die door convectieprocessen omhoog werd geperst, waardoor over een groot gebied de

zeebodem werd opgeheven, en dus ook de zeespiegel steeg. Duidelijkheid hierover bestaat overigens nog geenszins.

Referenties: 3, 5

Geraadpleegde literatuur

- 1 Anonymus. Bericht in Science, 13 augustus 1999.
- 2 Canfield, D.E., 1999. A breath of fresh air. Nature 400, p. 503.
- 3 Marzoli, A., Renne, P.R., Piccirillo, E.M., Ernesto, M., Bellieni, G. & De Min, A., 1999. Extensive 200-million-year-old continental flood basalts of the central Atlantic magmatic province. Science 284, p. 616-618.
- 4 McNaughton, N.J., Rasmussen, B. & Fletcher, I.R., 1999. SHRIMP uranium-lead dating of diagenetic xenotime in siliciclastic sedimentary rocks. Science 285, p. 78-80.
- 5 Olsen, P.E., Giant lava flows, mass extinctions, and mantle plumes. Science 284, p. 604-605.
- 6 Pal'yanov, Yu.N., Sokol, A.G., Borzdov, Yu.M., Khokhryakov, A.F. & Sobolev, N.V., 1999. Diamond formation from mantle carbonate fluids. Nature 400, p. 417-418.
- 7 Summons, R.E., Jahnke, L.L., Hope, J.M. & Logan, G.A., 1999. 2-Methylhopanoids as biomarkers for cyanobacterial oxygenic photosynthesis. Nature 400, p. 554-557.
- 8 Whitehouse, M.J., 1999. Sediments reveal their age. Science 285, p. 58-59.

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