

GEOCOMmunicatie 11



over koude koraalriffen, voetstappen, pre-industriële huidmondjes, marien fosfor, de oudste 'moderne boom', diepvries-DNA, een overstromend stuwmeer, gevederde dinosauriërs en kleine ijstijden

A.J. (Tom) van Loon*

Inleiding

De WTKG bestaat kennelijk meer uit marathonlopers dan uit sprinters. In mijn vorige inleiding vroeg ik immers wie het estafettestokje van me wilde overnemen met betrekking tot deze rubriek. Daarop is, voor zover ik weet, niet gereageerd: de WTKG-ers lopen kennelijk niet zo hard. Maar ik had ook een dreigement: bij gebrek aan belangstellende opvolgers zou ik wel eens met deze rubriek kunnen doorgaan. Dat dreigement maak ik nu waar. Het gevolg is dat er nu zo langzamerhand sprake begint te worden van een marathon-rubriek. Hij gaat maar door, zonder (vooralsnog) zicht op de finishlijn. Maar ik had gewaarschuwd, dus klachten worden niet in behandeling genomen.

Overigens: het estafettestokje blijft beschikbaar voor de jonge, ambitieuze schrijver/amateur-geoloog die het voortstompelen van de oude garde niet langer kan aanzien. En dat voortstompelen kan nog wel even duren, want krakende wagens rijden het langst.



Koude, diepe koraalriffen evenaren groei van warme, ondiepe riffen

Op diverse plaatsen op aarde bestaan koraalriffen in koude zeeën, soms op dieptes van enkele honderden meters. Vaak bouwt de soort *Lophelia pertusa* deze riffen op. Een dergelijk rifcomplex bevindt zich op de Sula-Rug, op 64° N.B. voor de kust van Noorwegen, op een diepte van 270-310 m. Het rif is zo'n 13 km lang, 10-35 m hoog en tot zo'n 500 m breed. Deze gegevens zijn bekend geworden door onderzoek met duikboten. Over hun ontstaan en ontwikkeling is nu ook veel meer bekend geworden door sonaronderzoek en door een soort radarmetingen. De Sula-Rug bestaat uit zandsteen en heeft een steile zuidoostelijke flank, terwijl de noordwestelijke flank veel geleidelijker afloopt; op deze laatste flank zijn afzettingen aangetroffen die worden geïnterpreteerd als keileem, afgezet door de ijskap die ter plaatse tijdens de laatste ijstijd bestond. Het rif, dat na de laatste ijstijd tot ontwikkeling kwam, ligt op de kam van de rug, vlakbij de noordwestelijke flank. Het kon zich - zowel in de hoogte als opzij -

uitbreiden door de aangroei van de koralen en door de invang van sediment. Dat sediment bestaat uit 'ingevangen' in het water zwevende kleideeltjes, carbonaatmodder die werd gevormd door de afbraak van kalkskeletten en door onderzeese massaverplaatsingen van materiaal langs onderzeese hellingen.

Gedetailleerde sonarmetingen wijzen uit dat de richtingen van de rifstructuren niet overeenkomen met die van de gelaagdheid in het onderliggende gesteente (wat normaaliter het geval is), maar dat ze een patroon van 'ribbels' volgens die tussen 'groeven' in de ondergrond bestaan. Die groeven, die elk 5-8 m diep zijn en die vooral met sediment zijn opgevuld, worden door de onderzoekers verklaard als een gevolg van ijsbergen die gedurende de laatste ijstijd ter plaatse 'aan de grond liepen', en daarbij een spoor uitschuurden.

Uit de precieze structuren en hoogteverschillen maken de onderzoekers op dat het rif na afloop van de laatste ijstijd (zo'n 10.000 jaar geleden) in de orde van grootte van 20-30 m omhoog is aangegroeid. Dat betekent dus een groeisnelheid van 2-3 mm per jaar. Dat is gelijk aan de snelheid waarmee tropische koralen en koraalriffen aangroeien en niet, zoals tot nu toe - vooral gevoelsmatig - werd verondersteld, minstens een factor tien lager.

Referentie: 3



Voetstappen van moderne mens zijn 20.000-30.000 jaar oud

De tot nu toe oudst bekende voetstappen van de moderne mens (*Homo sapiens sapiens*) zijn ontdekt in de al van eerdere prehistorische vondsten bekende Chauvet-grot in Zuid-Frankrijk. Het Franse Ministerie van Cultuur maakte dat op 9 juni bekend. Het gaat om vier voetafdrukken in de leemachtige bodem van de grot, die volgens voorlopige dateringen 20.000-30.000 jaar oud zijn. Drie van de afdrukken zijn van een linkervoet; de vierde - die het best bewaard is gebleven en die 212 mm lang is en 92 mm breed - van een rechtervoet. De onderzoekers leiden uit de karakteristieken af dat het gaat om de voetafdrukken van een jongen van 8-10 jaar oud.

De opzienbarende vondst roept herinneringen op aan de ontdekking van de vanwege zijn wandschilderingen beroemde grot van Lascaux, die door vier schooljongens werd ontdekt. De 'grot van Chauvet' werd op 18 december 1994 door de amateur-speleoloog Jan-Marie Chauvet met drie vrienden bij toeval ontdekt. Anders dan zijn voorgangers zag Chauvet echter direct de 'marktwaarde' van de grotsschilderingen in, en hij claimt in een nog voortdurende strijd met de overheid een deel van de daaruit voortvloeiende inkomsten. Hij dreigt drie hoge ambtenaren van het ministerie zelfs met een proces omdat ze documenten vervalst zouden hebben met het doel om hem te benadelenen.

Ook de meer dan tien nieuwe grotsschilderingen, waarvan er al ruim 400 eerder waren aangetroffen, zijn voor het

merendeel met roet en rode plantaardige kleurstoffen vervaardigd. Sommige van de figuren bestaan uit ingekerfde lijnen. Ze zijn gedateerd als minimaal 30.000 jaar oud en behoren daarmee tot de oudste ter wereld. De tekeningen stellen alle dieren voor, zoals mammoeten, paarden, herten, bisons en neushoorns.

Mede met het oog op de ervaringen die in Lascaux zijn opgedaan, waar de rotschilderingen door de adem van de grote massa toeristen en door de via hen meegebrachte zaden etc. zodanig sterk in kwaliteit achteruitgingen dat toegang nu nog slechts mogelijk is voor zeer beperkte aantallen onderzoekers die daarvoor een speciale toestemming van de minister moeten krijgen, lijkt het Ministerie van Cultuur voorlopig niet van zins om de grot voor het publiek open te stellen. Wel wordt overwogen om, net als nu het geval is in Lascaux, een natuurgetrouwe 'kopie' van de grot en de schilderingen te maken zodat het publiek toch zal kunnen genieten van wat - met een beetje Franse overdrijving - als 'de archeologische vondst van de eeuw' wordt afgeschilderd.

Referentie: 1



Huidmondjes verraden snelle CO₂-fluctuaties in pre-Industriële atmosfeer

Onderzoekers van de Rijksuniversiteit Utrecht, de Vrije Universiteit van Amsterdam, het Museum voor Natuurlijke Historie van Florida en de Universiteit van Amsterdam hebben nieuwe gegevens verzameld over de fluctuaties van atmosferisch koolzuurgas gedurende de eerste honderden jaren na het einde van de laatste ijstijd. Ze onderzochten daartoe de relatieve hoeveelheid huidmondjes op boombladeren. Het was al bekend dat de frequentie van huidmondjes recht evenredig toeneemt met de daling van het CO₂-gehalte (en omgekeerd).

Voor eerdere onderzoeken was al gebruik gemaakt van herbaria met planten die gedurende de laatste 200 jaar zijn verzameld; die tijdspanne is interessant omdat die zowel de pre-industriële als de industriële periode omvat, en zelfs wat door sommigen de post-industriële periode wordt genoemd. Ook is tijdens eerdere onderzoeken de invloed van pre-industriële condities op de frequentie van huidmondjes vastgesteld. Steeds bleek dezelfde omgekeerd-evenredige relatie te bestaan, maar met die kennis was tot nu toe niet veel gedaan.

De onderzoekers hebben nu berkebladeren (*Betula pendula* en *B. pubescens*) onderzocht uit een veen bij Denekamp, waar een sectie was ontsloten dankzij onderzoek van een archeologische vindplaats. De verzamelde bladeren kwamen uit 16 niveaus, die alle stammen uit het Preboreaal (het begin van de warmere fase na de laatste ijstijd), dat lokaal wordt onderverdeeld in de Friesland-fase, de Rammelbeek-fase en het Laat-Preboreaal. Uit C-14 dateringen blijkt dat de bemonsterde niveaus steeds zo'n 40-50 jaar in ouderdom verschillen.

In de Friesland-fase zou, op basis van de tellingen, de CO₂-

concentratie 265 (± 21) tot 260 (± 25) ppm (volume) hebben bedragen. Dat CO₂-gehalte liep vervolgens snel op tot 327 (± 10) ppm of vervolgens langzaam verder te stijgen tot een maximum van 336 (± 8) ppm in het begin van het Laat-Preboreaal. Daarna volgde een daling tot 301 (± 21) ppm, en een weer snelle stijging tot 348 (± 14) ppm. De waarden voor het laatste deel van het Laat-Preboreaal geven een stabiele concentratie van 333 (± 8) tot 347 (± 11) ppm te zien. Interessant bij al deze fluctuaties is de snelheid daarvan: de concentratie steeg bijvoorbeeld in de Friesland-fase met zo'n 65 ppm in minder dan een eeuw. De onderzoekers benadrukken dat hun bevindingen de thans algemeen aangehangen gedachte weerleggen dat de CO₂-concentratie gedurende het Holoceen stabiel tussen 270 en 280 ppm zou hebben gelegen, totdat de industriële revolutie voor een plotselinge toename zorgde. In het begin van het Holoceen, net na de laatste ijstijd, zou een concentratie van meer dan 300 ppm wel eens eerder de norm dan uitzondering kunnen zijn geweest.

Referentie: 11



Marlen fosfor wordt afgezet in cycli van 33 miljoen jaar

Volgens sommige onderzoekers kent de aarde tal van cycli die elk 26-33 miljoen jaar duren. Dat kan uiteraard alleen een astronomische oorzaak hebben als dat werkelijk zo zou zijn over langdurige tijdsintervallen. Indiase onderzoekers hebben met het oog daarop onderzocht of er cycli zijn te vinden in de aanwezigheid van het element fosfor in mariene afzettingen. Zij kozen voor juist dit chemische element omdat daarvan bekend is dat het voorkomen ervan sterk gerelateerd is aan klimaatfluctuaties, aan continentale verwering en aan de productie van biomassa in de oceanen.

Ze voerden hun onderzoek uit aan de hand van gegevens die waren verkregen met het Deep Sea Drilling Project en met het Ocean Drilling Project. Van de bij deze projecten opgehaalde boorkernen werden niet minder dan 5648 monsters onderzocht, waardoor de onderzoekers niet alleen een goed inzicht kregen in verticale afwisselingen in de fosforconcentratie, maar dat ook deden voor afzettingen die onder sterk uiteenlopende paleogeografische en sedimentaire omstandigheden waren gevormd. Het resultaat van het onderzoek mag daarom worden beschouwd als representatief voor de mariene sedimentatie.

Een probleem was uiteraard de precieze datering van ieder monster. Dat deden de onderzoekers op basis van biostratigrafische gegevens waarbij ze overigens aangeven dat die voor het Neogeen niet erg exact zijn. Niettemin konden er toch opvallende cycli worden vastgesteld. De eerste cyclus in de fosforconcentratie kent een periode van 33 (± 3) miljoen jaar; bij de tweede (iets minder uitgesproken) cyclus is dat 18 (± 1) miljoen jaar. In beide gevallen gaat het om cycli met een statistische waarschijnlijkheid van meer dan 95%, zodat in feite van een vast-

staand feit mag worden gesproken.

De onderzoekers hebben niet kunnen vaststellen door wat voor mechanisme de cycli ontstaan. Ze merken daarover wel op dat er in ieder geval geen verband bestaat met momenten van massaal uitsterven, en evenmin met de bekende inslagen van meteorieten of andere hemellichamen.

Referentie: 10



Archaeopteris was zijn tijd anatomisch vooruit

De plant *Archaeopteris*, niet te verwarren met de vogel *Archaeopteryx*, was een van de eerste bomen. Hij maakte deel uit van de Devonische bossen en stierf omstreeks de overgang van Devoon naar Carboon uit. Over deze boom was tot nu toe niet bijzonder veel bekend, maar daarin is verandering gekomen door de vondst van een grote hoeveelheid (ongeveer 150) goed bewaarde restanten. Die werden gevonden in mariene afzettingen uit het Famennien (366-354 miljoen jaar) van zuidoost-Marokko. Onderzoekers van de restanten spreken overigens over een ouderdom van 370 miljoen jaar, maar dat valt volgens de meest recente uitzichten niet in het Famennien maar in het Frasnien.

Volgens de onderzoekers blijkt *Archaeopteris* de oudst bekende 'moderne' boom. Ten opzichte van eerdere (en ook nog talrijke latere) boomsoorten onderscheidde deze soort zich namelijk doordat die reeds vertakkingen kende zoals die ook bij de vroege zaadplanten optraden, plaatsen waar zich wortels konden ontwikkelen op inkepingen van de stam, knobbels waaruit op den duur laterale 'organen' zouden kunnen ontstaan, en anatomische karakteristieken die de spanning ophieven die door de voortdurende groei van takken ontstond. Het ziet ernaar uit dat de takken die zich vanuit de stam ontwikkelden daar min of meer loodrecht opstonden. Ze waren echter niet recht maar onregelmatig golvend. Op hun 'aanhechtingspunt' met de stam zorgden een soort 'kragen' dat voldoende sterkte aanwezig was om het gewicht van de takken te dragen.

De gevonden exemplaren bestaan deels uit strompen van zo'n 40 cm in doorsnede, en kleinere onderdelen tot een soort twijgjes van 2,5 mm doorsnede. De meeste analyses over de groei-ontwikkeling vonden plaats aan de hand van een 5-m lange stomp met een doorsnede van ongeveer 10 cm. Uit deze doorsnede maken de onderzoekers op dat het gaat om een juveniel exemplaar.

Dat deze soort zulke 'vooruitstrevende' eigenschappen bezat, zal volgens de onderzoekers zeker hebben bijgedragen aan hun evolutionair succes. Ze konden namelijk door hun bouw langer leven, grotere afmetingen bereiken en op efficiënte wijze meer ruimte innemen (ten koste van concurrerende soorten) dan andere bomen van destijds. Dat zou op z'n minst gedeeltelijk kunnen verklaren waarom deze soort in het Laat-Devoon wereldwijd de bossen in riviervlaktes overheerste.

Referentie: 7



DNA uit een boorkern in oud ijs

In het kader van klimaatonderzoek zijn - en worden - diverse boringen uitgevoerd in het ijs van Antarctica en Groenland. Analyse van de (ijs)boorkernen levert vaak ook op andere gebieden dan het paleoklimaat interessante gegevens op. Zo zijn uit ijs van 2000-4000 jaar oud op Groenland organische resten gevonden waaruit DNA kon worden geïsoleerd; dat is voor het eerst.

Het ging bij de vondst om fragmenten van zogeheten ribosoom-genen. Met behulp van moderne vermenigvuldigingstechnieken leverden de oorspronkelijk zeer kleine monsters genoeg materiaal op om de opeenvolgende basen-paren in de genen (voor zover nog aanwezig in de oorspronkelijke fragmenten) te analyseren. De gevonden opeenvolgingen van de basen-paren vergeleken de Deense onderzoekers vervolgens met de overeenkomstige gegevens die databanken over tal van primitieve organismen bevatten. Daarbij bleek dat er een onverwacht diverse hoeveelheid organismen in het ijs was diepgevroren.

In totaal konden zo'n 120 resten worden geanalyseerd. Die bleken niet minder dan 57 verschillende taxa te bevatten. Het gaat daarbij om schimmels, algen, landplanten en protisten. Deze organismen vertonen deels de kenmerken van bekende organismen uit het arctische milieu en zijn waarschijnlijk dus van lokale oorsprong. Andere organismen moeten echter van ver zijn aangevoerd, vrijwel zeker via de wind.

Volgens de onderzoekers is de gevonden variatie volstrekt tegen de verwachtingen in, omdat het arctisch milieu als behoorlijk steriel wordt ervaren (vooral wegens het gebrek aan voedingsstoffen). Ondanks de relatief kleine aantallen organismen die er leven, worden er dus kennelijk toch zoveel in het ijs opgenomen dat er zelfs na duizenden jaren - en onder omstandigheden van sterk verlaagde temperatuur en verhoogde druk - niet alleen nog veel individuen maar ook veel soorten herkenbaar blijven.

De gevonden soorten zijn waarschijnlijk echter nog maar het topje van de ijsberg. De onderzoekers hebben namelijk tot nu toe uitsluitend gezocht naar restanten van eukaryoten (organismen met een celkern). In de toekomst willen ze ook onderzoek doen naar het voorkomen van primitievere organismen (bacteriën). Op basis van de tot nu toe bereikte resultaten verwachten ze dan nog een veel groter aantal soorten te zullen aantreffen.

Referentie: 12



Overstromend stuwmeer veroorzaakt grote schade maar verbetert evenwichtsprofiel van rivier

Langs de noordkust van de St. Lawrence River (Quebec, Canada) was op 18-21 juli 1996 sprake van extreem zware slagregens. Plaatselijk viel in die dagen meer dan 27 cm neerslag. Dat leidde ondermeer tot de aanvoer van tot dusver ongekende watermassa's naar een aantal

stuwmeren. Stuwmeren zijn in principe tegen overlopen bestand door de aanwezigheid van overlaten, maar die veiligheidsvoorziening bleek onvoldoende capaciteit te hebben bij een van die stuwmeren (Lake Ha!Ha!). Het gevolg daarvan was dat het water zich een uitweg zocht over een dam heen. De daar optredende waterstroom, die 930-1380 kubieke meter per seconde bedroeg, had zo'n grote kracht dat een geul werd uitgeschuurd, waardoor de maximale waterhoogte in het meer werd verlaagd en de oppervlakte van Lake Ha!Ha! binnen enkele uren vermindert van 8,1 tot 4,7 km². Door 'demping' werd de kracht van het water echter stroomafwaarts minder, en nam ook het verschil tussen het maximale en minimale debiet af (op 12-16 km benedenstrooms bedroeg het debiet 1080-1260 kubieke meter per seconde).

De ongecontroleerde waterafvoer had grote invloed op de 35 km benedenstrooms gelegen rivier. Over in totaal zo'n 25 km werd de rivierbedding door erosie sterk verbreed (plaatselijk tot 280 m) en de rivier sneed zich hier en daar diep in (plaatselijk tot 20 m). Over een afstand van 2 km werd zelfs een geheel nieuwe loop uitgeschuurd. Er waren echter ook twee stroomafwaarts gelegen trajecten (van resp. 6 en 4,5 km lang) waar zich juist een deel van het door het water meegesleurde materiaal afzette, wat leidde tot nieuwe sedimentpakketten die tot enkele meters dik zijn. Of op een bepaalde plaats erosie of juist sedimentatie optrad, was volgens de onderzoekers - werkzaam bij de Geologische Dienst van Canada - vrijwel geheel afhankelijk van de helling van de rivierbedding. In feite betekent dit dat juist een dergelijke uitzonderlijke situatie van extreem hoog debiet het bereiken van een evenwichtsprofiel door de rivierloop sterk bevordert en versnelt.

Maatschappelijk had de gebeurtenis ernstige gevolgen, want dorpen, wegen en fabrieken langs de rivier liepen zware schade op. De overlaat van stuwmeren moet daarom, ook al zijn daarmee grote kosten gemoeid, worden ontworpen op basis van de relatief kortstondige en zeldzame perioden waarin het stuwmeer een exceptioneel wateraanbod te verwerken krijgt. Een dergelijke civieltechnische aanpassing van alle stuwmeren lijkt economisch verantwoord, gezien de grootte van de schade die kan optreden zoals die bij het overstromen van Lake Ha!Ha!

Referentie: 2



Gevederde dinosauriërs uit China jonger dan Archaeopteryx

Tot de beroemdste nieuwe fossielvondsten van de afgelopen jaren behoren de gevederde dinosauriërs uit de Yixian-Formatie in de provincie Liaoning (NW China). Ze zijn vaak buitengewoon goed bewaard gebleven, wat het mogelijk maakt om hun anatomische en histologische kenmerken tot in detail te onderzoeken. Omdat de fossielen bovendien zeer talrijk zijn, is er inmiddels zelfs een op deze dinosauriërs gebaseerde lokale stratigrafie ontstaan! Het zijn overigens niet de enige fossielen die in

deze meer-afzettingen voorkomen: al sinds de twintiger jaren zijn er talrijke vis-, planten en arthropodenfossielen van bekend, maar ook andere typen dinosauriërs (zoals de gehoornde psittacosauriërs en de nog steeds raadselachtige therizinosauriërs). Ondanks deze ruime overvloed aan fossielen is datering echter steeds moeilijk geweest, voornamelijk omdat correlatie met gebieden van buiten Azië niet goed mogelijk leek.

Die datering is juist in dit geval echter van groot belang, omdat sommige van de aanwezige dinosauriërs een evolutionaire ontwikkeling vertonen van de dinosauriërs naar de vogels. Zo is *Sinosauropteryx* (die overigens veel overeenkomst met de uit Solnhofen bekende *Composognathus*) de meest primitieve coelurosaurische dinosauriër met veren; aan de andere kant van de lijn staan genera zoals *Protoarchaeopteryx* en *Caudipteryx*, die deel uitmaken van een 'lineage' die ook 'echte' vogels zoals *Archaeopteryx* omvat. Er zijn trouwens ook onmiskenbare 'vroeg vogels' aangetroffen zoals *Confuciusornis* en *Chenechengornis*, die primitieve vormen van snavels bezitten en die zeker hebben kunnen vliegen. Deze laatste twee genera zijn verwant aan de zogeheten enantiornitische vogels die gedurende het Krijt de belangrijkste groep van vogels vormden.

Samenwerking tussen Chinese en Amerikaanse onderzoekers heeft nu geleid tot een goede datering van de formatie die zoveel interessante fossielen bevat. De ouderdom blijkt Vroeg-Krijt te zijn. Dat is bepaald met radiometrische (40Ar/39Ar) methoden die mogelijk bleken omdat er enkele tuflaagjes werden aangetroffen. De datering van die laagjes geeft een ouderdom van 124 miljoen jaar. Dat ligt binnen de (ruime) marge waarin de formatie tot dan toe was geplaatst (Laat-Jura tot Vroeg-Krijt), maar is toch minder oud dan de meeste onderzoekers hadden aangenomen. Interessant is dat hiermee de aangetroffen gevederde dinosauriërs jonger zijn dan de bekende exemplaren van *Archaeopteryx*, die ongeveer 150 miljoen jaar oud zijn.

Referenties: 4, 6, 9



Kleine ijstijd heeft frequentie van eens per 1500 jaar

Tijdens een bijeenkomst van de American Geophysical Union in Boston (juni) kwam bij de presentatie van onderzoek van diepzeesedimenten een verrassend beeld naar voren van de vooral in Nederland goed bekende 'kleine ijstijden'. In Nederland danken we er veel ijspret-schilderijen aan, zoals die van Hendrick Avercamp (1585-1634). De term 'kleine ijstijd' is bedacht voor perioden waarin de temperatuur significant lager ligt dan tegenwoordig, maar waarin noordwest-Europa niet door oprukkend landijs wordt bedekt.

Klimaatfluctuaties zijn er altijd geweest, maar kleine ijstijden geven een grotere afwijking van het normale patroon dan incidentele fluctuaties. Tijdens kleine ijstijden

(overigens net als tijdens 'gewone' ijstijden) blijken ijsbergen in de Noord-Atlantische Oceaan veel verder zuidwaarts te drijven dan in perioden van meer 'normale' temperatuur. Omdat die ijsbergen vaak noordelijk materiaal meevoeren (bijv. afkomstig van vulkaanuitbarstingen op IJsland, waarbij asdeeltjes over een groot deel van het noordelijke zee-ijs worden verspreid), en omdat de ijsbergen bij hun geleidelijk afsmelten die deeltjes naar de zeebodem doen zinken, komen dergelijke deeltjes in afzettingen uit kleine ijstijden verder naar het zuiden voor dan anders.

Amerikaanse onderzoekers rapporteerden op de bijeenkomst dat zij dergelijke deeltjes hebben getraceerd, en dat die in ieder geval vanaf 130.000 jaar geleden regelmatig ver zuidelijk voorkomen. Op basis van dateringen stellen zij dat een kleine ijstijd ongeveer eens per 1500 jaar optreedt, zij het dat er een variatie in zit van zo'n 500 jaar meer of minder. In ieder geval hebben ze er een kleine honderd kunnen aantonen; bij elke kleine ijstijd moet de temperatuur op het noordelijk halfrond aanzienlijk zijn gedaald, waarschijnlijk veelal in de orde van 0,5-1 °C. Eenzelfde waarde kennen we historisch, omdat zo'n daling ook optrad toen, na het jaar 1400, een nieuwe kleine ijstijd begon. Dat was dan de laatste, maar zeker niet de enige na het einde van de laatste 'echte' ijstijd, die zo'n 10.000 jaar geleden eindigde.

Over het mogelijke mechanisme achter deze afwisseling van kleine ijstijden en 'normale' perioden werd in Boston diepgaand gediscussieerd, maar mogelijke oorzakelijke verbanden met het plotseling wegdrijven van grote ijsmassa's (zogenoemde Heinrich events) of met vulkanische uitbarstingen werden als buitengewoon onwaarschijnlijk afgedaan, gezien het gebrek aan constant ritme dat van die verschijnselen bekend is. Variaties in de zonnestraling kwamen ook aan de orde, mede omdat uit de (laatste) kleine ijstijd bekend is dat er toen nauwelijks zonnevlekken werden waargenomen. Daarover is uit eerdere kleine ijstijden echter uiteraard niets bekend.

Referenties: 5, 2

Geraadpleegde literatuur

- 1 AFP/DPA/RP, 1999. 30.000 Jahre alte Fussabdrücke : Sensationeller Fund bei archäologischen Arbeiten in der prähistorischen Chauvet-Höhle. - Persbericht.
- 2 Brooks, G.R. & D.E. Lawrence, 1999. The drainage of the Lake Ha!Ha! reservoir and downstream geomorphic impacts along Ha!Ha! River, Saguenay area, Quebec, Canada. - *Geomorphology* 28: 141-168.
- 3 Freiwald, A., J.B. Wilson & R. Henrich, 1999. Grounding Pleistocene icebergs shape recent deep-water reefs. - *Sedimentary Geology* 125: 1-8.
- 4 Hou, L., L.D. Martin, Z. Zhou, A. Feduccia & F. Zhang, 1999. A diapsid skull in a new species of the primitive bird *Confuciusornis*. - *Nature* 399: 679-682.
- 5 Kerr, R.A., 1999. The Little Ice Age : only the latest big chill. - *Science* 284: 2069.
- 6 Luo, Z., 1999. A refugium for relicts. - *Nature* 400: 23-25.
- 7 Meyer-Berthaud, B., S.E. Scheckler & J. Wendt, 1999. *Archaeopteris* is the earliest known modern tree. - *Nature* 398: 700-701.
- 8 Showers, W. & G.C. Bond, 1999. The Little Ice Age event in the context of a 1500 year climate oscillation. - Abstracts American Geophysical Union Spring Meeting, OS51C-13, 1 pp.
- 9 Swisher III, C.C., Y-q. Wang, X.-l. Wang, X. Xu, & Y. Wang, 1999. Cretaceous age for the feathered dinosaurs of Liaoning, China. - *Nature* 400: 58-61.
- 10 Tiwari, R.K. & K.N.N. Rao, 1999. Periodicity in marine phosphorous burial rate. - *Nature* 400, p. 31- 32.
- 11 Wagner, F., S.J.P. Bohncke, D.L. Dilcher, W.M. Kürschner, B. van Geel & H. Visscher, 1999. Century-scale shifts in Early Holocene atmospheric CO₂ concentration. - *Science* 284: 1971-1973.
- 12 Willerslev, E., A.J. Hansen, B. Christensen, J.P. Steffensen & P. Arctander, 1999. Diversity of Holocene life forms in fossil glacier ice. - *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96: 8017-8021.

*A.J. (Tom) van Loon, Geocom B.V., Benedendorpswe 61, 6862 WC Oosterbeek, tel. 026-3390908, fax 026-3390783, e-mail tom.van.loon@wx.nl