GEOCOMmunicatie 24

over het Kwartair, met het uitsterven van de mammoet en de familie van de uitgestorven dodo, wandelende polen, verdwijnende temperatuurdramatiek, een enorme modderstroom, en een nog enormere waterstroom

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

Inleiding

De aarde is mijn thuis. Voor wie zou dat beter kunnen opgaan dan voor een geoloog. En zo ben ook ik weer uitgezworven, zoals diverse WTKG'ers dat vóór mij deden. Ik heb een nieuw thuis gevonden in Spanje, aan de oostkust, maar een paar kilometer vanaf de kust zodat ik de toeristenhordes kan ontlopen, maar wel kan genieten van de bergen (tegen een waarvan ons huis staat, met uitzicht op zee). 's Avonds op het terras - ook in de winter! - de lichtjes beneden je in het dal zien aangaan, en de sterren boven je in steeds grotere getale zien oplichten, het is haast te mooi om waar te zijn. En haast ook te mooi om tijd te besteden aan de geologische literatuur. Toch, temidden van het bij ons huis vertikaal staande Mesozoïcum, komt soms (maar niet te vaak, en niet te lang!) het verlangen weer op naar dat simpele Kwartair in ons platte Nederland. Vandaar ditmaal een aflevering die geheel aan het Kwartair gewijd is.

De laatste mammoeten in Europa

In Europa zijn tal van mammoetresten gevonden, maar dateringen zijn betrekkelijk schaars. Voor Oost-Europa geldt dat in nog sterkere mate, maar ook in Scandinavië is het aantal gedateerde mammoeten beperkt (7 van de 19 vondsten in Noorwegen; 5 van de 30 vondsten in Zweden, 7 van de 9 vondsten in Finland, en 15 van de 125 vondsten in Denemarken). Voor West-Rusland en de drie Baltische staten (Estland, Letland en Litouwen) geldt hetzelfde. Het gevolg is dat vrij goed bekend is hoe het uitsterven van de mammoet plaatsvond omstreeks de grens Pleistoceen/Holoceen in wat nu gebieden zijn met een gematigd klimaat, maar dat er nog veel witte plekken bestaan voor de gebieden waar het klimaat ook aan het eind van de laatste ijstijd nog betrekkelijk onaangenaam was.

Het uitsterven van een diersoort, dus ook die van de mammoet, wordt in de regel gedefinieerd als het tijdstip waarop het jongst bekende fossiele exemplaar leefde (of beter: stierf). Dat maakt de dateringen van mammoetvondsten

ook zo interessant. Veel vondsten blijken met de hiervoor gehanteerde 14C-methode niet te dateren: ze zijn te oud (d.w.z. meer dan ca. 40.000 jaar). Algemeen wordt aangenomen dat die vondsten stammen uit het Vroeg-Weichselien, toen het landijs over Noord-Europa oprukte. Een tweede groep dateringen geeft waarden aan van rondom 30.000 jaar. Sedimentologisch onderzoek van afzettingen uit deze tijd (Midden-Weichselien) geven aan dat er toen in oostelijk Europa tijdelijk een ijsvrij gebied bestond.
Voor het uitsterven van de mammoet is de derde groep dateringen van belang. Deze dateringen wijzen op een uitsterven rond ca. 10.000 jaar geleden (in feite een paar honderd jaar eerder). Er was echter één afwijkende datering; die betrof een slagtand die op een vindplaats van artefacten uit de Midden-Steentijd (Mesolithicum) was gevonden. Aan de slagtand werd lange tijd een gelijke ouderdom toegeschreven (9.780 BP). Dat moment werd dan ook algemeen aangehouden als het moment van uitsterven van de mammoet in Noord- en Oost-Europa. Dat beeld moest later worden herzien toen dateringen aangaven dat de slagtand een ouderdom had van meer dan 38.000 jaar: kennelijk waren de prehistorische jagers op de resten van een veel eerder overleden mammoet gestuit, en hadden ze de kostbare slagtanden meegenomen. Daarmee werd het uitsterven van de mammoet weer ver in de tijd teruggeworpen.
Een groep Finse en Estse onderzoekers heeft, mede vanwege enkele nieuwe vondsten, de bekende gegevens nog eens op een rijtje gezet, in het bijzonder voor Estland en West-Rusland. Ze hebben daarbij vijf kiezen, vier stukken van slagtanden en een botfragment (allemaal nieuwe vondsten uit Estland, maar wel van verschillende locaties) gedateerd. Zes monsters bleken te oud voor datering met C-14, een van de kiezen dateerde van de 'bekende' tijd van 31.000 jaar geleden, en twee kiezen uit centraal Estland gaven een ouderdom van 10.000 BP. Daarmee zijn dat de jongste mammoetresten die bekend zijn uit noordoost-Europa. Waarschijnlijk vormden de dieren waarvan deze restanten afkomstig zijn, een geïsoleerde, laatste groep die de grens Pleistoceen/Holoceen nog net overleefde.

Referentie: 3

Dodo geeft geheim van taxonomische positie prijs

Hij heeft het zo'n 25 miljoen jaar weten uit te houden. Vooral omdat hij - in ieder geval gedurende de laatste miljoenen jaren van zijn bestaan - geen natuurlijke vijanden had. Toen de mens echter eenmaal zijn pad kruiste, was het snel met hem gedaan: de dodo, die alleen bekend was van het eiland Mauritius, ging zo'n vierhonderd jaar geleden ten onder aan de naar vers vlees snakkende zeevaarders uit West-Europa. De dodo was voor hen een gemakkelijke prooi, want niet alleen kon hij niet vliegen, maar ook was hij niet bang voor de mens. Dat was een gevolg van zijn geïsoleerde positie op het eiland Mauritius, dat ca. 7,3 miljoen jaar geleden ontstond.
Hoewel er goede beschrijvingen van de dodo bestaan (zijn officiële naam was oorspronkelijk *Didus inseptus* maar is later veranderd in *Raphus cucullatus*), er diverse tekeningen en schilderijen van hem zijn, en er zelfs opgezette exemplaren bestaan, was zijn taxonomische positie tot voor kort onduidelijk. Dat komt mede door zijn merkwaardige uiterlijk, op basis waarvan nauwelijks of helemaal geen verwantschap met andere vogels viel af te lezen. Een dergelijke 'vreemde' morfologie is overigens niet ongewoon voor soorten die zich lange tijd geïsoleerd van verwanten hebben ontwikkeld. In het verleden was de dodo op grond van nogal vage morfologische criteria, en soms ook min of meer intuïtief, door onderzoekers ingedeeld bij de loopvogels (hoewel sommige onderzoekers een andere verwantschap meenden te onderkennen). Pas vanaf omstreeks 1850 raakten veel onderzoekers ervan overtuigd, vooral op basis van skeletkenmerken, dat de dodo verwant was aan de huidige duivensoorten, of anders toch tenminste aan de duifachtigen.
Onderzoekers van de Universiteit van Oxford hebben nu, samen met een collega van het Museum voor Natuurlijke Historie in Londen, de taxonomische positie van de dodo weten vast te stellen. Ze deden dat - hoe anders? - aan de hand van DNA dat ze verzamelden uit een bewaard gebleven kop en een poot. De gegevens daarvan vergeleken ze met het DNA van 37 soorten - deels uitgestorven - duiven en duifachtigen. Een dergelijk onderzoek was nog niet eerder uitgevoerd. Op basis daarvan konden de onderzoekers dan ook een soort stamboom met de 'meest waarschijnlijke verwantschappen' vaststellen.
Uit het onderzoek blijkt dat de dodo inderdaad direct verwant is met de duiven. Zijn meest naaste verwant - voor zover bij dit onderzoek kon worden vastgesteld - is helaas inmiddels ook uitgestorven; het gaat daarbij om een duif van het naburige eiland Rodrigues, de Rodrigues solitaire. De met de dodo meest verwante nog levende vogel blijkt de Nicobarduif (*Caloenas nicobarica*). Opvallend is dat een vogel waarvan de snavel wel iets weg heeft van die van een klein formaat dodo, en die ook zijn naam (*Didunculus strigirostris*) ontleent aan de oorspronkelijke naam voor de dodo, minder nauw met hem is verwant.

Referentie: 6

Polen wandelden door ijsbedekking

De afwisseling van glacialen en interglacialen tijdens het Pleistoceen had gevolgen voor de omwentelingssnelheid van de aarde. Net zoals een pirouette van een ijsdanser sneller gaat naarmate hij zich smaller en langer maakt, zo neemt de omwentelingssnelheid van de aarde toe naarmate er meer massa bij de polen zit en minder bij de evenaar. Omdat tijdens de glacialen de ijsbedekkingen het grootst waren in de poolstreken, nam de draaisnelheid

van de aarde toen dus toe.
Die fluctuaties in de omwentelingssnelheid hadden tal van gevolgen. Zo kan de diepe aardmantel worden beschouwd als een zeer visceuze vloeistof. Vanwege die grote viscositeit reageert het materiaal in de diepe mantel langzaam op veranderingen in de omwentelingssnelheid (ook het mantelmateriaal moest tijdens de glacialen immers - maar dus wel met vertraging - een grotere omwentelingssnelheid krijgen). En dat had weer gevolgen voor de precieze positie van de as waarom de aarde draait (die positie zou volgens de meestal gehanteerde opvattingen ook afhankelijk zijn van de sprong in de dichtheid van het mantelmateriaal op ongeveer 670 km diep, alsmede van de dikte en de viscositeit van de lithosfeer), en dus voor de positie van de geografische Noord- en Zuidpool. Tijdens het Pleistoceen hebben de Noord- en Zuidpool daarom veel meer over het aardoppervlak gewandeld dan voor de ijstijden het geval was.
Hoe ver de polen tijdens het Pleistoceen wandelden, is niet precies na te gaan, want de verplaatsingen waren relatief gering, en bovendien bewegen de geografische polen eigenlijk altijd. Een ander probleem bij het vaststellen van de afgelegde weg is dat het Pleistoceen zo kort heeft geduurd dat er heel weinig mogelijkheden bestaan om de positie van de polen op basis van paleomagnetische gegevens gedetailleerd in kaart te brengen als functie van de tijd. Een extra moeilijkheid is dat de beweging van de polen over het aardoppervlak afhankelijk is van diverse factoren (waarvan de belangrijkste hierboven zijn genoemd), maar dat de desbetreffende waarden niet precies bekend zijn. Dat geldt bijv. voor de viscositeit van de binnenmantel. De Japanner Masoa Nakada (van de Kyushu Universiteit in Fukuoka) heeft daarom berekeningen uitgevoerd op basis van verschillende aannames voor de niet goed bekende parameters.
Een van zijn verrassende conclusies is dat, als wordt uitgegaan van de redelijke veronderstelling dat de lithosfeer zich gedraagt als een visco-elastische massa, de snelheid waarmee de polen zich over het aardoppervlak verplaatsen, vooral samenhangt met de viscositeit van de binnenmantel, maar nauwelijks of niet - zoals gewoonlijk wel wordt aangenomen - van de dichtheidssprong in de aardmantel. Naarmate de lithosfeer dikker is, neemt die snelheid eveneens toe.

Referentie: 4

'Dramatische klimaatomslag' wellicht minder dramatisch

Het Pleistoceen heeft tal van min of meer heftige klimaatfluctuaties gekend. Een van de sterkste omslagen vond volgens analyses van koolstof- en zuurstofisotopen uit mariene organismen plaats tussen ongeveer 480.000 en 380.000 jaar. De als zeer koud bekende Elster-ijstijd ging toen over in het als een opvallend warm interglaciaal bekend staande Holsteinien. Die overgang van zeer koud naar (relatief) zeer warm heeft klimatologen altijd geïntrigeerd, want volgens de fameuze 'curve van Milankovitch' (waarin de astronomische parameters zijn samengevat die de afwisseling van koude en warme tijden onder invloed van de ontvangen hoeveelheid zonnestraling verklaren) zou er helemaal niet zo'n dramatische omslag moeten hebben plaatsgevonden.
De vraag is natuurlijk of de indirect bepaalde sterke klimaatomslag werkelijk heeft plaatsgevonden, of dat er niet-representatieve monsters zijn genomen voor de isotopenbepaling, of dat er wellicht verkeerde metingen zijn gedaan, of dat de gegevens verkeerd zijn geïnterpreteerd. Onderzoek van een team van Russische en Amerikaanse aardwetenschappers lijkt erop te wijzen dat de omslag minder dramatisch is geweest dan tot nu toe werd aangenomen.
De onderzoekers baseren hun conclusie op een analyse van skeletjes uit bodemmonsters van het Baikal-meer in Siberië. In dat meer hebben ze boorkernen genomen die volgens hen een niet merkbaar onderbroken geschiedenis representeren van ongeveer 580.000-380.000 jaar geleden. In de boorkernen troffen ze de resten van tal van temperatuurgevoelige organismen aan, in het bijzonder diatomeeën (kiezelwieren). Op basis van de diatomeeën concluderen ze dat het temperatuurverschil tussen het Elsterien en Holsteinien helemaal niet zo groot was, minder uitgesproken zelfs dan de temperatuurfluctuaties die binnen de cyclus van Saalien-Eemien-Weichselien-Holoceen (130.000-10.000 jaar geleden optrad).
Deze bevinding is van belang omdat de sedimenten van het Baikal-meer algemeen worden beschouwd als zeer belangrijk. Het gaat om de meest uitgebreide sedimentaire voorkomens uit het continentale binnenland die we kennen, en bovendien geeft de kennelijk ononderbroken sedimentaire opeenvolging veel minder kans op foute interpretaties dan monsters die van verschillende plekken op aarde op de een of andere - indirecte - wijze met elkaar gecorreleerd worden.
De vraag rijst daarom waarom het nu verkregen beeld zo afwijkt van het eerder bestaande beeld, dat grote temperatuurveranderingen interpreteerde op basis van isotopenverhoudingen die leken te wijzen op zeer grote wisselingen in de hoeveelheid landijs. Die veranderingen in de isotopenverhoudingen zijn diverse malen bevestigd, en het lijkt dan ook onwaarschijnlijk dat daarbij meetfouten zijn gemaakt. De interpretatie daarvan met betrekking tot de hoeveelheid landijs lijkt echter wel voor discussie vatbaar. Er zijn bijv. aanwijzingen dat die veranderende isotopenverhoudingen ook een gevolg kunnen zijn van temperatuurvariaties van het oceanische dieptewater.
De diatomeeën uit het Baikal-meer lijken er in ieder geval op te wijzen dat de Midden-Pleistocene ijstijden in Siberië niet zo uitgebreid en zo koud waren als de Laat-Pleistocene ijstijden.

Referentie: 5

Een modderstroom van 10 km^3

Op vulkaanhellingen komen vaak modderstromen voor. Vulkanische uitbarstingen brengen namelijk veel deeltjes in de atmosfeer die als condensatiekernen fungeren, zodat een uitbarsting vaak met heftige regenval gepaard gaat. Op de hellingen van de vulkaan dringt het regenwater diep in de verse as door, waardoor een waterverzadigde massa ontstaat die, bij een aardbeving die met de uitbarsting gepaard gaat (of doordat de hellingen te steil worden door nieuwe as-afzettingen), van de helling kan afstromen. Een dergelijke vulkanische modderstroom (lahar) kan dramatische gevolgen hebben: in 79 n. Chr. verwoestte zo'n lahar de Romeinse stad Herculaneum, na een uitbarsting van de Vesuvius.
In het iets verdere verleden moeten er nog veel grotere lahars zijn opgetreden. Twee Mexicaanse aardwetenschappers hebben onderzocht wat er 18.500 jaar geleden gebeurde op de oostelijke helling van de vulkaan Nevado de Colima. Die vulkaan stortte in elkaar, waarna een afglijding ontstond waarvan de uitlopers de Stille Zuidzee bereikten, 120 km verderop. Dat gebeurde in een opeenvolging van processen. Eerst ontstond er een massa gesteenteblokken die zo'n 20 km als een soort steenlawine langs de helling naar beneden tuimelden. Toen kruiste hun baan de loop van een rivier, de Naranjo. Die rivier liep ter plaatse langs een rug van resistente kalksteen uit het Krijt, de Cerro la Carbonera. Door die barrière werd de steenlawine gedwongen om te buigen, en de loop van de rivier verder naar beneden te vervolgen. Dat deed de steenmassa voor nog eens zo'n 25 km, voordat hij - als gevolg van een veel minder steile helling, in het rivierdal tot rust kwam.
In dat dal vormde de steenmassa zelf ook weer een barrière. Het mengsel van grote blokken, zand en fijne deeltjes was voor het rivierwater ondoordringbaar, zodat zich achter de natuurlijke dam een meer begon te vormen. Dat meer, waarin ook typische meer-afzettingen werden gevormd, bevatte na verloop van tijd ongeveer een kubieke kilometer water. Toen was het waterpeil inmiddels zo ver gestegen dat het water plaatselijk over de dam van puin begon te stromen, waarbij snel een diepe doorgang werd uitgeschuurd. Op het hoogtepunt van de leegloop van het meer (wat al snel plaatsvond) moet ongeveer 3,5 miljoen kubieke meter water per seconde uit het meer zijn gestroomd. Die enorme kolkende watermassa nam ook weer allerlei stenen en kleinere deeltjes mee, waardoor een soort modderstroom ontstond. Ook die volgde de bedding van de Naranjo verder stroomafwaarts, waarbij steeds meer materiaal uit de ondergrond en van de zijkanten werd meegenomen. Daardoor verzesvoudigde het volume van de modderstroom zich geleidelijk tot ongeveer 10 km^3. Die enorme, verwoestende massa kwam niet tot rust voordat de monding van de rivier was bereikt.

Referentie 1

Smeltwater als een zondvloed

In de laatste jaren zijn er steeds meer duidelijke aanwijzingen gevonden dat het klimaat op aarde gedurende de afwisseling van ijstijden en tussenijstijden (met ook daarin weer talloze temperatuurfluctuaties) een sterke wisselwerking vertoonde met het patroon van zeestromen, dat op zijn beurt weer werd beïnvloed door veranderingen in zoutgehalte. Dat zoutgehalte werd onder meer beïnvloed door de afvoer van zoetwater naar zee, dus ook door de mate waarin water op het land werd opgeslagen in de vorm van ijs, of waarin juist ijs afsmolt om via smeltwaterstromen als zoetwater in zee terecht te komen. De grootste ijskap gedurende de laatste ijstijd besloeg Noord-Amerika, en de afvoer van smeltwater van deze ijskap blijkt grote invloed te hebben gehad op het zoutgehalte in de oceanen. Bij het afsmelten verdween er namelijk smeltwater via de Mississippi naar de Golf van Mexico, via de St. Lawrence en de Hudson naar het noordelijke deel van de Atlantische Oceaan, via de Mackenzie naar de Noordelijke IJszee, en via de Hudson Straat naar de Labradorzee. De gezamenlijke hoeveelheid smeltwater die via deze rivieren de zee bereikte bedroeg gemiddeld zo'n 100.000 m^3 per seconde, waarbij hoge afvoeren ongeveer tweemaal zoveel water in zee deden stromen als geringe afvoeren.
Er was hierbij echter weinig regelmaat in het afwateringspatroon te ontdekken. Doordat het ijs naar voren schoof en zich weer terugtrok, via steeds andere vormen van het ijsfront, waren de hoeveelheden smeltwater die via de voornoemde rivieren een bepaalde zee bereikten, aan sterke wisselingen onderhevig. Dat was echter nog niet alles: het oprukkende ijs walste vaak over de laaggelegen gebieden heen waarin zich, bij minder ver vooruitgeschoven ijs, grote glaciale meren ontwikkelden (zoals Lake Agassiz). Dat water uit die meren kon dan niet meer gewoon afwateren. Trok het ijs zich later weer terug, dan startte ook de afwatering vanuit deze meren weer, vaak op een catastrofale wijze. Dat kon gedurende bepaalde tijden een verdrievoudiging (en gedurende korte tijden zelfs een vervijfvoudiging) opleveren van het smeltwater dat in zee terechtkwam. Dergelijke catastrofale stromen moeten het zoutgehalte in de zee sterk beïnvloed hebben. Gedurende de Jonge Dryas, aan het einde van de laatste ijstijd, vonden zulke catastrofale stromen plaats doordat de temperatuur in luttele jaren enkele graden steeg, waardoor enorme hoeveelheden ijs afsmolten. Soms kwam het grootste deel van dat water terecht in de Golf van Mexico, soms in de noordelijke Atlantische Oceaan.
Er komen steeds meer aanwijzingen dat temperatuurstijgingen in de ijstijden gepaard zijn gegaan met wisselingen van het zoutgehalte in zee, en met het circulatiepatroon van de zeestromen. Het is nog erg onduidelijk hoe al die factoren precies met elkaar samenhangen, en hoe ze elkaar precies hebben beïnvloed. Het ziet er echter steeds meer naar uit dat eenmaal door afsmeltend ijs in gang gezette processen leidden tot situaties die zelf weer een positieve

invloed hadden op versneld afsmelten van nog meer ijs. Snel afsmelten leidde dus in feite tot instabiele ijskappen. Dat verklaart wellicht waarom temperatuurfluctuaties gedurende het Pleistoceen vaak veel sneller plaatsvonden dan op basis van de huidige klimaatmodellen is te verklaren.

Referentie: 2

Geraadpleegde literatuur

1 Capra, L & Mací, J.L., 2002. The cohesive Naranjo debris-flow deposit (10 km^3): a dam breakout flow derived from the Pleistocene debris-avalanche deposit of Nevado de Colima Volcano (México). Journal of Volcanology and Geothermal Research 117, p. 213-235.
2 Colman, S.M., 2002. A fresh look at glacial floods. Science 296, p. 1251-1252.
3 Lõugas, L., Ukkonen, P. & Hungner, H., 2002. Dating the extinction of European mammoths: new evidence from Estonia. Quaternary Science Reviews 21, p. 1347-1354.
4 Nakada, M., 2002. Polar wander caused by the Quaternary glacial cycles and fluid Love number. earth and Planetary Science Letters 200, p. 159-166.
5 Prokopenko, A.A., Williams, D.F., Kuzmin, M.I., Karabanov, E.B., Khursevich, G.K. & Peck, J.A., 2002. Muted climate variations in continental Siberia during the mid-Pleistocene epoch. Nature 418, p. 65-68.
6 Shapiro, B., Sibthorpe, D., Rambaut, A., Austin, J., Wragg, G.M., Bininda-Emonds, O.R.P., Lee, P.L.M. & Cooper, A., 2002. Flight of the dodo. Science 295, p. 1683.

**Werk-adres van de auteur: Geocom B.V., Postbus 336, 6860 AH Oosterbeek, e-mail: tom.van.loon@wxs.nl*
Nieuw privé-adres:
Valle del Portet 17 bajo
E-03726 Benitachell (Alicante)
Spanje