



Grondboor & Hamer

Tweemaandelijks tijdschrift van de Nederlandse Geologische Vereniging
Jaargang 52 (1998) nummer 6

Inhoud van dit nummer:

- 158 A.J. (Tom) van Loon: Hoe abrupt is 'abrupt' in het geologisch verleden?
- 162 Jan Drent: Belemnieten van de lokatie Kuhfuss bij Coesfeld (BRD).
- 171 Fred Rabe en Peter Venema: In gesprek met prof. Boekschoten.
- 173 Victor Strijbos: Fossielen van Cap Blanc Nez VII. Brachiopoden.
- 181 Fred Rabe: Geovaria.
- 182 P. van Rooijen: Boekbespreking. Grondwater in Nederland.

Hoe abrupt was 'abrupt' in het geologisch verleden?

A.J. (Tom) van Loon

Sommige veranderingen in de klimatologische omstandigheden - en daarmee in het milieu - treden op binnen een geologisch (en soms zelfs menselijk) gezien korte tijd. We spreken dan van abrupte klimaatveranderingen. Worden dergelijke zeer plotselinge veranderingen in het wereldwijde of regionale klimaat nu ook op de een of andere manier vastgelegd in de gesteente-opeenvolging? Die vraag blijkt nooit expliciet te zijn gesteld. Pas op een congres dat in juni 1998 in Stockholm werd gehouden, werden de geologen zich daarvan bewust.

Inleiding

De geologische geschiedenis van de aarde is onderverdeeld in een aantal tijdsintervallen. Die zijn destijds onderscheiden op basis van abrupte veranderingen die in gesteente-opeenvolgingen bleken op te treden. Het ging daarbij aanvankelijk vaak om plotseling andere gesteentetypen, later vooral om het optreden van plotselinge veranderingen in de aanwezige fossielen of fossiel-assemblages. Inmiddels is gebleken dat veel van dergelijke grenzen vroeger getrokken zijn op plaatsen waar een hiaat bestaat in de gesteente-opeenvolging (zie ook Van Loon, 1983). Zo'n hiaat kan een gevolg zijn van erosie van eerder gevormde pakketten, of van een zekere tijd waarin geen nieu-

we gesteentepakketten konden worden opgebouwd. Dergelijke op hiaten gebaseerde grenzen geven dus in werkelijkheid helemaal geen abrupte veranderingen aan, maar vertegenwoordigen een lacune in de geologische weerspiegeling van de opeenvolgende processen in het verleden. Toch twijfelt geen enkele geoloog eraan dat in het geologische verleden ook wel degelijk abrupte processen hebben plaatsgevonden. Daarbij kan gedacht worden aan catastrofale gebeurtenissen zoals de inslag van een komeet, maar ook aan processen met een minder dramatisch karakter, zoals klimaatveranderingen; zo weten we dat de afwisseling van ijstijden en interglacialen in het Pleistoceen althans in sommige gevallen snel is verlopen. Zo

staat - op basis van talloze dateringen van organisch materiaal uit afzettingen waarin stuifmeel een goed beeld geeft van de vegetatie - buiten kijf dat er in de Jonge Dryas (ca. 13.000-10.000 jaar geleden), aan het einde van het Weichselien, een plotselinge verbetering van het klimaat is opgetreden (Dansgaard *et al.*, 1989; Kolstrup, 1998; Severinghaus *et al.*, 1998). Resten van vegetatie (vooral stuifmeel) wijzen uit dat de temperatuur toen binnen slechts enkele tientallen jaren vele graden steeg. Dan kan men met recht spreken van een abrupte klimaatverandering. Maar is het *abrupte* karakter van dergelijke klimaatveranderingen nu ook uit gesteente-opeenvolgingen zelf af te leiden? Sommige onderzoekers claimen dat ook voor het Vroeg-

Pleistoceen (Raymo *et al.*, 1998) en het Midden-Pleistoceen (Oppo *et al.*, 1998) abrupte klimaatveranderingen zijn te reconstrueren op basis van vooral geochemische analyses van oceanische sedimenten, maar het abrupte karakter staat nog bepaald niet vast. Dat lukt al beter bij sommige klimaatveranderingen uit het Weichselien, op basis van gedateerde veranderingen in het koolzuurgasgehalte in ijsbelletjes (Stauffer *et al.*, 1998) of van zogeheten 'Heinrich events' (Hunt & Malin, 1998), d.w.z. het plotseling afkalven van enorme ijsmassa's van het poolijs, maar pas voor de Jonge Dryas (en eventueel het tijdsinterval daar vlak voor: Ridge, 1998) worden de aanwijzingen voor abrupte klimaatveranderingen echt overtuigend. Dat dat ook lukt voor de afgelopen paar eeuwen (Mann *et al.*, 1998) is nauwelijks verwonderlijk.

Impuls door geologische asielzoeker

Bij de interpretatie van het afzettingmilieu van gesteentepakketten die gedurende een geologisch lange tijd zijn gevormd, zijn vaak (geïnterpreteerde) klimaatveranderingen medebepalend voor de reconstructie van het afzettingmilieu. Voor geologen zijn klimaatveranderingen dan ook niets bijzonders: integendeel, de geschiedenis

van de aarde blijkt sterk door frequente klimaatveranderingen te zijn bepaald (en dat geldt zeker niet alleen voor de afwisseling van warmere en koudere intervallen in de diverse ijstijdvakken die de aarde heeft meegemaakt). Het is dan ook eigenlijk heel merkwaardig dat de vraag of *abrupte* klimaatveranderingen als zodanig ook in de opbouw van gesteentepakketten zijn terug te vinden, nooit expliciet is gesteld. Dat gebeurde pas kort geleden, door een Iraans geoloog die zijn vaderland was ontvlucht in en Zweden asiël had gekregen. Hoewel deze geoloog, Amir Mokhtari Fard, in Iran betrokken was geweest bij de opsporing van delfstoffen, raakte hij - bij gebrek aan andere mogelijkheden - op de Universiteit van Stockholm betrokken bij het onderzoek naar afzettingen die waren gevormd langs de rand van het ijs dat zich op het einde van het Weichselien, via Zuid-Zweden, verder naar het noorden terugtrok. Uit het warme Iran komend, werd hij zo geconfronteerd met heel andere typen gesteenten, met een heel andere ontstaanswijze dan waaraan hij was gewend. En wat niemand voor hem echt had gedaan, deed hij: hij stelde de vraag of de abrupte klimaatverandering van de Jonge Dryas ook equivalenten had in eerdere ijstijden, en of die ook in de gesteente-opeenvolgin-

gen zouden zijn te traceren. Samen met de hoogleraar van de Afdeling voor Kwartair-onderzoek, Bertil Ringberg, ontwikkelde hij zo - daarbij ook sterk gestimuleerd door de 'grand old man' van de Zweedse Kwartairgeologie, emeritus-hoogleraar Jan Lundqvist, het idee om een conferentie aan dit onderwerp te wijden. Die bijeenkomst (*International conference on recognition of abrupt climate change in clastic sedimentary environments: methods, limitations and potential*) vond van 8-10 juni 1998 plaats, uiteraard op de Universiteit van Stockholm. Specialisten uit Europa, Afrika, Amerika, Azië en Australië wisselden daar hun ideeën uit, daarin voorgedaan door vijf 'key-note speakers' van internationale faam. Interessant was daarbij dat ook deze vijf vooraanstaande geologen moesten bekennen nauwelijks iets in de literatuur te hebben kunnen vinden over het onderwerp, en er zelf ook nooit echt aandacht aan te hebben besteed. Tot de uitnodiging voor de conferentie, tenminste: alle vijf bleken zich duchtig op het onderwerp te hebben voorbereid, op basis van (nieuwe) interpretaties van bestaande literatuur, veldonderzoek, fysische en mathematische modellen, etc.



De abrupte overgang van het Krijt naar het Tertiair in de Geulhemmergroeve. Breedte beeld ca. 1.50 m. Foto: P. Venema.

Het ene 'abrupt' is het andere niet

Uit alle betogen kwam naar voren dat het met de huidige kennis vrijwel nooit mogelijk is om *abrupte* klimaatveranderingen uit een gesteentepakket te reconstrueren. Dat wil niet zeggen dat er geen klimaatwisselingen kunnen worden vastgesteld (ook al weten we vaak de achterliggende oorzaken niet: Ashley, 1998): integendeel, de literatuur bevat een overvloed aan artikelen die op basis van de gesteente-opeenvolging in een bepaald gebied een reconstructie geven van het vroegere klimaat ter plaatse, met de ontwikkeling daarvan in de loop van de geologische tijd. De - daarbij nooit gestelde - vraag is dan echter: was die klimaatverandering abrupt of vond die geleidelijk plaats?

Tijdens de discussies over dit type vraagstellingen werd al spoedig duidelijk dat de lange duur van de geologische tijd een belangrijke - zo niet doorslaggevende - rol speelt: hoe verder men teruggaat in de tijd, hoe minder gesteenten er bewaard zijn gebleven, dus hoe minder er ook met een redelijke mate van betrouwbaarheid te reconstrueren valt. Dat geldt des te sterker omdat geologische processen (en dus ook de weerslag daarvan in de gevormde gesteenten) minstens net zozeer afhankelijk van lokale omstandigheden en van (per definitie tijdelijke) weerscondities als van 'het klimaat'. Om het vroegere klimaat goed te kunnen reconstrueren zijn er dus veel gegevens nodig. Het is dan ook geen wonder dat de meest nauwkeurige klimaatreconstructies uit het geologische verleden betrekking hebben op het einde van het Weichselien en op het Holoceen.

Daarnaast speelt het *historisch perspectief* een minstens zo belangrijke rol; het gaat daarbij om de vermindering van het *oplossend vermogen* waarover de geoloog beschikt. Naarmate men verder teruggaat in de tijd, wordt het steeds moeilijker om details te herkennen en goed te interpreteren. Dat komt mede doordat gesteenten in de loop van de geologische geschiedenis aan tal van processen blootstaan (zoals diagenese, metamorfose, tektoniek) die de oorspronkelijke eigenschappen veranderen of zelfs geheel doen verdwijnen. Het is als met de letters op de kaart van de oogarts: niet alleen zijn de kleine letters moeilijker leesbaar dan de grotere, maar naarmate de afstand tot de kaart groter wordt, worden ook de grote letters steeds moeilijker te ontcijferen. Dit betekent dat men in gesteente-opeenvolgingen van relatief recente datum als regel meer details kan onderscheiden dan in oude pakketten. Waar in een 'jong' pakket nog een graaduele overgang is waar te nemen, kan het in oude gesteenten (die onder identieke omstandigheden zijn

gevormd) lijken te gaan om een min of meer abrupte overgang. Bovendien, vanwege het historisch perspectief heeft een tijdsduur van bijv. duizend jaar een andere betekenis in het Holoceen dan in bijvoorbeeld het Carboon (cf. Soreghan, 1997).

Wat is 'abrupt' eigenlijk?

Tijdens het congres in Stockholm heb ik geprobeerd om, aan de hand van het met de tijd afnemende oplossend vermogen, de term 'abrupt' te definiëren (Van Loon, 1998).

In het dagelijks leven beschouwen we een verandering als abrupt als die zo snel plaatsvindt dat we de betrokken periode van verandering nauwelijks nauwkeuriger kunnen definiëren.

Gisteren kregen we bijvoorbeeld 'plotseling' buikpijn. Hoe snel gebeurde dat echt, en hoe nauwkeurig kunnen we ons dat herinneren? We moeten al een behoorlijk goed ontwikkeld tijdgevoel en geheugen hebben om ons een gebeurtenis van de vorige dag tot op 1-2 minuten nauwkeurig te herinneren. Een dag heeft een tijdsduur van $24 \times 60 \times 60$ seconden = 86.400 seconden. Een nauwkeurigheid van 1-2 minuten komt dus overeen met ca. 0,1% daarvan ($0,1\% = 86,4$ seconden). Een dergelijke graad van nauwkeurigheid lijkt wel zo'n beetje op de grens van het (in het dagelijks leven) haalbare te liggen. Dankzij geschreven bronnen is het veelal mogelijk om bepaalde gebeurtenissen ongeveer op een jaar nauwkeurig te dateren; dat is dus een nauwkeurigheid in de orde van grootte van 0,1%.

Ook in de geschiedenis geldt een dergelijke nauwkeurigheid als zeer goed: in West-Europa duurde de (door geschreven bronnen vastgelegde) geschiedenis ca. 2.000 jaar, zodat een nauwkeurigheid van 0,1% dateringen van gebeurtenissen mogelijk zou moeten maken in de orde van grootte van 2 jaar. Dat lijkt inderdaad de juiste orde van grootte (van veel gebeurtenissen in de vroege geschiedenis kennen we wel het jaartal maar geen nauwkeurigere datering).

Als we aannemen dat ook bij geologische dateringen een nauwkeurigheid in de orde van grootte van 0,1% het best haalbare is, dan betekent dat dus dat een ontwikkeling die plaatsvond binnen een tijdsbestek dat niet meer dan zo'n 0,1% van de ouderdom van een gesteente duurde, moet worden beschouwd als abrupt. Dit zou dan ook moeten opgaan voor bijv. de Huronische ijstijden. Omdat die ca. 2 miljard jaar geleden plaatsvonden, zouden ontwikkelingen van toen dus als 'abrupt' moeten worden gekenschetst als ze niet langer in beslag namen dan ca. 0,1% van 2 miljard jaar, ofwel 2 miljoen jaar. Dat is echter wel even lang als het hele Kwartair, met zijn afwisseling van glacialen en interglacialen!

Het is op basis van praktijkervaring (bijv. met radiometrische ouderdomsbepalingen) nauwelijks aan te nemen dat op korte termijn een nauwkeurigheid van 0,1% is te bereiken voor de datering van gesteenten met een Huronische ouderdom. Daarom zal een overgang tussen glacialen en interglacialen van het Huronische ijstijdvak - als een dergelijke overgang in het gesteente al zichtbaar zou zijn - per definitie abrupt lijken. De vraag of een proces in het geologisch verleden abrupt plaatsvond of niet, is dus - althans bij de huidige stand van kennis en technologie - zinloos. Het begrip 'abruptheid' is te nauw met het menselijk bevattingvermogen verweven om daaraan een geologisch zinvolle betekenis te kunnen toekennen.

Snelle klimaatverandering nu?

Als het onmogelijk is om na te gaan of ontwikkelingen in het verre verleden abrupt plaatsvonden of niet, dan is het per definitie uitgesloten dat processen die (volgens onze dagelijkse opvattingen) abrupt plaatsvinden, ook in de overgebleven gesteente-opeenvolgingen als zodanig worden herkend. Dat is in sommige opzichten teleurstellend: het zou immers zowel uit wetenschappelijk als uit maatschappelijk oogpunt buitengewoon interessant zijn om te kunnen nagaan of we thans in een periode van abrupte klimaatveranderingen leven. Op basis van de hiervoor genoemde overwegingen moet echter uitgesloten worden geacht dat de gesteenten die thans worden gevormd, daarover - door vergelijking met oudere gesteenten - een definitief uitsluitsel kunnen geven. Jammer: ook de aanwezigen op de conferentie in Stockholm zouden daar wel meer inzicht in gehad willen hebben, zoals bleek uit een levendige discussie. Een discussie waaruit overigens ook bleek - en dat is zeker interessant in het kader van de mogelijke oorzaken en gevolgen van het broeikaseffect (waarvan overigens geologisch gezien bepaald nog niet vaststaat dat daarvan nu sprake is!) - dat de geologen die vooral modelmatig werken (onder andere Syvitski, 1998) merendeels van mening zijn dat we nu inderdaad leven in een tijd van snelle klimaatverandering, terwijl degenen die de geologische processen bestuderen (onder andere Karlén, 1998) merendeels van mening zijn dat de huidige geologische processen volledig passen binnen de klimaatfluctuaties die de aarde altijd en overal hebben gekenmerkt.

Adres van de auteur

Dr. A.J. van Loon
Benedendorpsweg 61
6862 WC Oosterbeek
tom.van.loon@wxs.nl

Literatuur

- Ashley, G.M., 1988. Methods, potential, and limitations for tracing abrupt climate change in clastic environments. Program and Abstracts International Conference on Recognition of Abrupt Climate Change in Clastic Sedimentary Environments: Methods, Limitations and Potential (Stockholm, 1998): 3 blz.
- Dansgaard, W., J.W.C. White & S.J. Johnsen, 1989. The abrupt termination of the Younger Dryas climate event. *Nature* 339, 532-534.
- Hunt, A.G. & P.E. Malin, 1998. Possible triggering of Heinrich events by ice-load-induced earthquakes. *Nature* 393, 155-158.
- Karlén, W., 1998. Clastic sediment indications of abrupt Holocene climatic changes. Program and Abstracts International Conference on Recognition of Abrupt Climate Change in Clastic Sedimentary Environments: Methods, Limitations and Potential (Stockholm, 1998): 1 blz.
- Loon, A.J. van, 1983. Het tijdsbegrip in de geologie. In: Grashuis, J., Roskam, A. & S. Rozendaal (red.): *Wat is tijd?* Rotterdamse Kunststichting Uitgeverij, p. 63-71.
- Loon, A.J. van, 1998. The response of the glaciofluvial and glaciolacustrine environments to abrupt climatic changes. Program and Abstracts International Conference on Recognition of Abrupt Climate Change in Clastic Sedimentary Environments: Methods, Limitations and Potential (Stockholm, 1998): 2 blz.
- Mann, M.E., R.S. Bradley & M.K. Hughes, 1998. Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature* 392, 779-787.
- Oppo, D.W., J.F. McManus & J.L. Cullen, 1998. Abrupt climate events 500,000 to 340,000 years ago: evidence from subpolar North Atlantic sediments. *Science* 279, 1335-1338.
- Raymo, M.E., K. Ganley, S. Carter, D.W. Oppo & J.M. McManus, 1998. Millennial-scale climate instability during the early Pleistocene epoch. *Nature* 392, 699-702.
- Ridge, J.C., 1998. Varve, Paleomagnetic, and radiocarbon chronologies from glaciolacustrine deposits in the northeastern United States: calibration of glacial and climatic events from 15-11 14C kyr BP. Program and Abstracts International Conference on Recognition of Abrupt Climate Change in Clastic Sedimentary Environments: Methods, Limitations and Potential (Stockholm, 1998): 2 blz.
- Severinghaus, J.P., T. Sowers, E.J. Brook, R.B. Alley & M.L. Benders, 1998. Timing of abrupt climate change at the end of the Younger Dryas interval from thermally fractionated gases in polar ice. *Nature* 391, 141-146.
- Soreghan, G.S., 1997. Walther's Law, climate change, and Upper Paleozoic cyclostratigraphy in the ancestral Rocky Mountains. *Journal of Sedimentary Research* 67, 1001-1004.
- Stauffer, B., T. Blunier, A. Dällenbach, A. Indermühle, J. Schwander, T.F. Stocker, J. Tschumi, J. Chappellaz, D. Raynaud, C.U. Hammer & H.B. Clausen, 1998. Atmospheric CO₂ concentration and millennial-scale climate change during the last glacial period. *Nature* 392, 59-62.
- Syvitski, J.P., 1998. The link between abrupt climate change and basin stratigraphy: a numerical approach. Program and Abstracts International Conference on Recognition of Abrupt Climate Change in Clastic Sedimentary Environments: Methods, Limitations and Potential (Stockholm, 1998): 3 blz.