Hongarije:

Over het Bükk-gebergte en zijn Perm/Trias-grens

door Aaike van Oord

Het Bükk-gebergte moet wel het mooiste stuk van Hongarije zijn. Ruig, vol met bossen (*bükk* is beuk in het Hongaars), oude spoorlijntjes, groeves en nog enkele wilde dieren. Deze zomer bracht ik er een bezoek en besloot er nog een nagekomen artikeltje voor Gea aan te wijden. De route ging van het mooie stadje Eger, met de vele kerken en het oude Lyceum met observatorium, naar het noorden richting Szilvásvárad. Daar is de Perm/Trias-grens (PTb = Permian Triassic boundary) te vinden.

De Bükk vormen het indrukwekkendste berggebied van Hongarije. De hoogste toppen zijn 956 en 959 meter hoog. Het gebied is maar ongeveer 30 kilometer van oost naar west en krap 40 van noord naar zuid. Tektonisch gezien is het Bükk-gebergte een apart blok, dat ook wel de *Bükk-unit* wordt genoemd. Dit blok bestaat uit een paar kleine bergjes en de Bükk zelf, met de twee bergtoppen Istállóskõ en Bálvány in het midden. De structuur van het Bükk-gebergte op zichzelf bestaat uit vier anticlines: de 'Noord-Bükk-anticline', de 'Bükk-plateau-anticline', de 'Répáshuta-anticline' en enkele ongekarteerde elementen in het zuidoosten. De Bükk worden aan de westkant duidelijk begrensd door de Darnó-breukzone, die door het dal van Mónosbél en Szilvásvárad loopt.

Afb. 1. Gabbro uit de groeve rechts van de weg, bij de spoorwegovergang tussen Szarvaskõ en Mónosbél in het Bükk-gebergte.

De route van Eger naar Szarvaskõ en Szilvávárad

Als we de stad Eger verlaten en na een tijdje ook de grote weidewinkels achter ons hebben gelaten begint de weg meer en meer te slingeren. We passeren nog een aantal *pincérs*, wijnkelders, waar je terecht kunt om je wijn in te kopen. En dan duiken we samen met een klein spoorlijntje het dal van de Eger in. Een mooie, diepe en beboste kloof, uitgesleten in Jurassische gesteenten. Deze zuidelijke delen van de Bükk zijn redelijk fossielrijk. Koralen en sponzen zijn veel gebruikt om de gesteenten te dateren.

Vanaf Szarvaskõ wordt het erg interessant. We rijden het Szarvaskõ-ofiolietcomplex in. Dit deel is een dekblad dat tijdens het Onder Krijt over de autochtone gesteenten heen is geschoven. De gesteenten van dit complex zijn gevormd in een *back-arc basin*, een zone van de zee tussen de eilandboog en de subductiezone aan de ene kant en het vasteland aan de andere kant. Er zijn in het smalle dal tot aan Mónosbél een paar grote groeves (goed toegankelijk) waar basalt en prachtige grofkristallijne gabbro (afb.1) uitgegraven worden en werden.

Afb. 2. De kalkgroeve van Bélapátfalva.

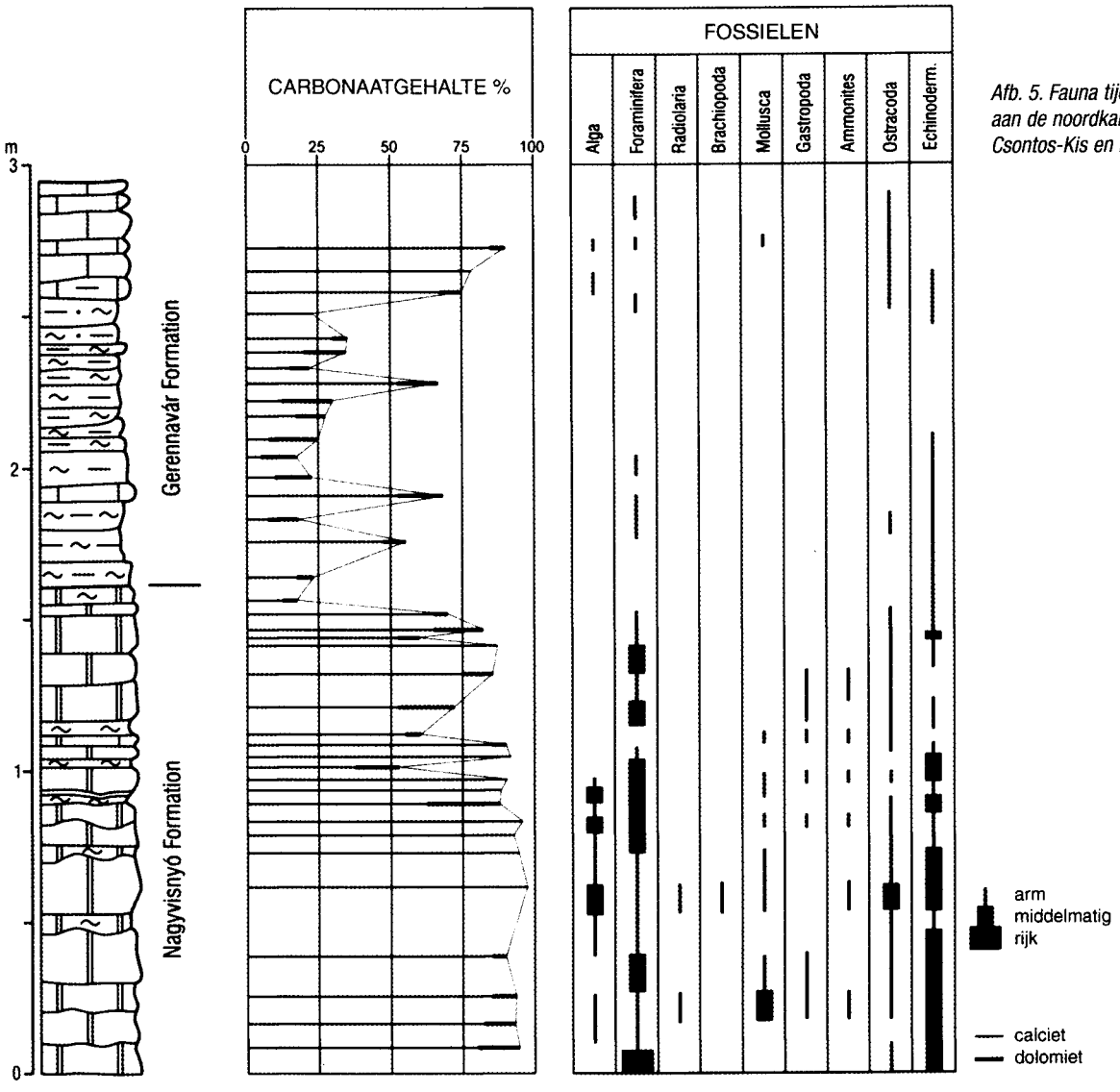
Afb. 3. De waterval Fátyol-vízesés in het Szalajkadal.

Het stationnetje van Mónosbél herinnert aan betere tijden in de mijnbouw. De oude industriële installaties uit de tijd van het communisme zijn versierd met hamers en houwelen. Enkele kilometers verder, bij Bélapátfalva, bevinden we ons reeds in Onder-Jurassische of Triassische gesteenten. Een enorme groeve langs de bergkam aan de rechterkant van de weg is duidelijk zichtbaar (afb. 2). Dit is de Bélkõ-groeve waar kalk voor cement wordt gewonnen. Op internet staat dat de mijn gesloten is, maar zo ziet hij er van dichtbij niet uit. Deze groeve is goed afgesloten met slagbomen en bewakers. Achter de bergkam zijn lokaties waar de rode marmer van de Bükk wordt en werd gedolven.
De noordkant van het Bükk-gebergte is vrij sterk gemetamorfoseerd. Naar fossielen hoef je hier niet te zoeken, die zijn niet meer in het gesteente te herkennen.
In Szilvásvárad is het mogelijk een mooie wandeling te maken door de Szalajka-vallei. Gewoon de weg over de betaalde parkeerplaats volgen, het bos in. De gesteenten die we hier tegenkomen zijn Triassisch en Permisch, met veel schalies en kalksteen. Halverwege de route is er een mooi bosbouwmuseum. Aan het eind van het pad ligt een grote waterval, Fátyol-vízesés, met travertijnafzettingen. De trapjes in de afzettingen zijn op afb. 3 heel duidelijk zichtbaar. Dit pad is voor Hongaarse geologen ook belangrijk omdat boven de waterval een bijzondere ontsluiting van de Perm/Trias-grens te vinden is (afb. 4), zij het dat je er iemand voor nodig hebt die de lokale geologie kent.

Szilvásvárad en de Perm/Trias-grens

Sinds enige jaren wordt er in deze kleine maar belangrijke ontsluiting naarstig onderzoek verricht. Die kleine ontsluiting is een unieke plek op aarde en zeer belangrijk voor onderzoek naar grote extincties. Slechts op een handvol plekken op aarde is de concordante, of continue, mariene stratigrafie van de Perm/Trias-grens ontsloten en aan de noordkant van de berg de Bálvány ligt één van die plaatsen. De grens wordt gevormd door een kleilaagje. Reeds in de jaren '50 werden de eerste formatiebeschrijvingen van de Bükk afgeleverd waarin ook fossielvoorkomens waren opgenomen. Het was al snel duidelijk dat er een grote overgang plaatsvond in deze Perm/Trias-sequentie. In afb. 5 zijn de voorkomens van verschillende organismen die men in de ontsluiting in de Bükk heeft gevonden schematisch weergegeven.
Na de PTb verdwijnen veel ammonieten- en gastropodensoorten; andere mollusken, veel brachiopoden- en radiolariënsoorten verdwijnen bijna geheel. Algen en ostracoden verdwijnen op enkele procenten na. Van de foraminiferen verdwijnen de fusulinen, in het algemeen de grootforaminiferen, geheel, terwijl de kleinere forams maar gedeeltelijk uitsterven. Ook de stekelhuidigen (echinodermen) worden gedecimeerd: 7 van de 11 groepen (cystoidea, blastoidea, edriaster, homalozoa, arkuaria, helocoplacoidea, eocrinoidea) verdwijnen geheel.
Sommige van de genoemde organismen verdwijnen echter al vanaf 80 cm onder de PTb; alleen ostracoden, echinodermen en bepaalde foraminiferen reageren precies op deze overgang. De moeilijkheid is hier dat in de dolomieten de fusulinen 30 cm boven de kleilaag verdwijnen. De loop van de gebeurtenis is dus niet zonder meer duidelijk.
Er zijn enkele belangrijke theorieën voor het massale uitsterven aan het einde van het Perm, die mede op basis van de gegevens uit de ontsluiting in Szilvásvárad zijn ontwikkeld. Er zou o.a. sprake kunnen zijn van een grote vulkanische gebeurtenis in Siberië of van een komeetinslag.

Afb. 4. De ontsluiting van de Perm/Trias-grens in Szilvásvárad. Foto: János Haas.



Afb. 5. Fauna tijdens de Perm/Trias-grens aan de noordkant van Mt. Bálvány (naar Csontos-Kis en Pelikán, 1990) (2).

ingeslagen hemellichaam. De komeet of astroïde die de dinosauriërs aan het eind van het Krijt liet uitsterven bevatte gewoon meer iridium.

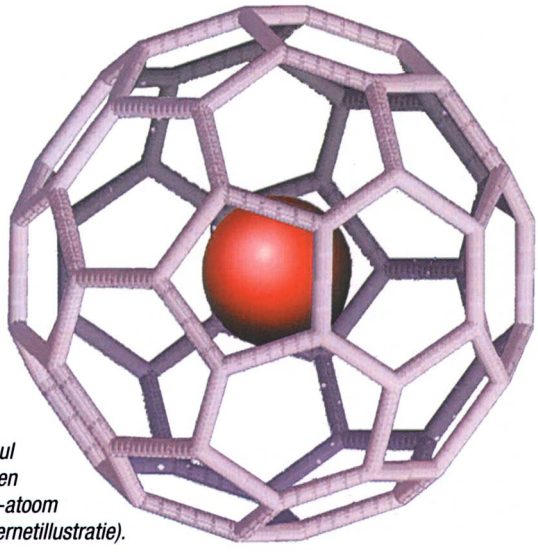
Volgens de wisselend gewaardeerde Hongaarse onderzoeker Csaba Detre zijn in de ontsloten schalie van de PTb ook sferules te vinden. Sferules zijn microscopisch kleine glazen bolletjes, die ontstaan bij gebeurtenissen waarbij enorm grote energie vrijkomt. Detre heeft samen met een Japanse collega, Sh. Miono, vast kunnen stellen dat een relatief groot deel van deze sferules van buitenaardse afkomst is. Dit is echter speculatie. Astronomen zijn er nog lang niet uit.

Siberian Traps

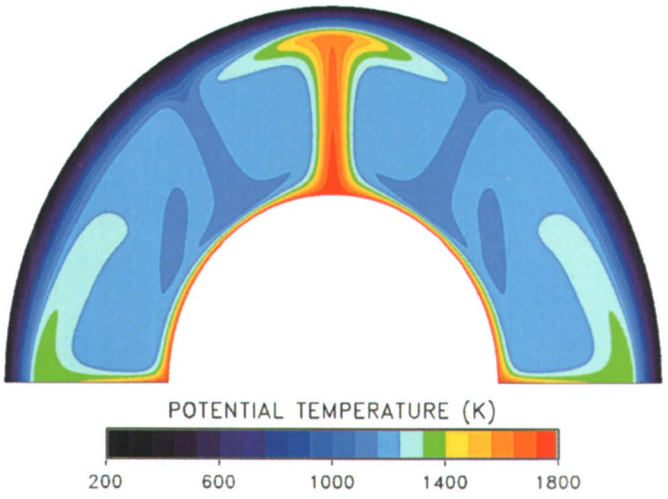
Er is naast de mogelijke kosmische oorzaken nog een belangrijke theorie die genoemd moet worden. In Siberië ligt, rond het plaatsje Noril'sk, een enorm basaltplateau: de *Siberian Traps*. Dit gebied ligt tussen de Karazee en Krasnoyarsk. Deze basalten zijn gedateerd op 248 tot 250 Ma, omstreeks de grens tussen Perm en Trias. Plateaubasalten zijn het gevolg van een mantelpluim (afb. 7), die voor lange tijd magma naar het aardoppervlak brengt. In totaal zijn er in de Siberian Traps 3 tot 6 kilometer dikke pakketten vulkanische gesteenten afgezet. Het enorme gebied, 2.000 bij meer dan 4.000 kilometer, is ontstaan aan de rand van de toenmalige oostelijke Tethys-oceaan en de Panthalassa. Volgens de Hongaarse onderzoeker H. Kozur zijn de gegevens uit de PTb-ontsluiting in Szilvásvárad niet per se het bewijs van kosmische invloeden. De "lange winter", die zou zijn gevolgd op het ontstaan van de Siberian Traps - door het stof in de atmosfeer, de zure regens en vooral de sterke afname van zuurstof in de oceaan, dezelfde effecten als Becker beschreef - zou dan het enorme uitsterven tot gevolg hebben gehad.

Verder zijn er nog interessante speculaties over het na zo'n inslag mogelijk vrijkomen van gashydraten uit de oceaan (zie Gea, december 2003, blz. 97-102).

Mijn dank gaat uit naar Prof.dr. J. Smit, Faculteit der Aard- en Levenswetenschappen van de Vrije Universiteit Amsterdam, voor de kritische opmerkingen die hij maakte ter verbetering van dit artikel.



Afb. 6. Buckminsterfullereen-molecuul met een ingesloten helium- of argon-atoom (op basis van internetillustratie).



Afb. 7. Een computermodel van een mantelpluim, een snelrijzende pluim van heet mantelmateriaal (op basis van internetillustratie).

Referenties

Becker, L., R. J. Poreda, A. G. Hunt, T. E. Bunch, M. Rampino, 2001, Science 291, 1530.

Haas, J., 2001, Geology of Hungary, Eötvös university Press, Boedapest.

Haas, J., nog ongepubliceerde studie over de ontsloten mariene P/T-grens in Hongarije.

Kozur, H.W., 1998, Problems for Evaluation of the Scenario of the Permian-Triassic Boundary Biotic Crisis and of Its Causes, Geologia Croatica, 51/2, 135-162, Zagreb.

Miono, Sh., Detre, Cs.H. et al., 1998, Permo-Triassic boundary cosmic spherulelayers in Eurasia, Proc. of the 29th LPI Conference , 1029.

Trunkó, L., 1996, Geology of Hungary, Beiträge zur regionalen Geologie der Erde, nr. 23, Gebrüder Borntraeger, Berlijn.

Aaike van Oord,
Stichting MoveOut.nu, geo-excursies

GEOCOMpositie 4

Microben bevorderen omzetting van smectiet in illiet

De omzetting van het kleimineraal smectiet in het kleimineraal illiet is geologisch van grote betekenis. Deze omzetting speelt onder meer een rol bij de samenpersing van schalie, bij het ontstaan van bepaalde breuken *(growth faults)* en bij veranderingen in de samenstelling van het poriënwater van kleihoudende afzettingen. Nog belangrijker is de rol echter bij de omzetting van organische verbindingen in aardolie. De omzetting van smectiet in illiet die daarbij onontbeerlijk lijkt, werd tot nu toe toegeschreven aan de invloed van verhoogde temperatuur en druk. De omzetting vindt namelijk plaats bij temperaturen van 300-350 °C en een druk van ca. 100 MPa (10 atmosfeer). Dat duurt ongeveer 4-5 maanden.
Nieuw onderzoek wijst echter uit dat verhoogde temperatuur en druk niet absoluut noodzakelijk zijn: bij kamertemperatuur en een druk van 1 atmosfeer blijkt de omzetting ook (binnen 14 dagen!) te kunnen plaatsvinden onder invloed van microorganismen. Daarbij wordt het driewaardige ijzer uit de smectiet-kristalstructuur gereduceerd. Die bevinding kan leiden tot nieuwe inzichten in de vorming van aardolie.
Bij het onderzoek werd gebruik gemaakt van de bacterie *Shewanella oneidensis*, een bacterie waarvan bekend was dat hij metalen reduceert. Deze bacterie werd onder anaerobe omstandigheden opgesloten in de aanwezigheid van een ijzerrijke variëteit van smectiet, nontroniet: $(Ca,Na,K)_{1,05}[Si_{6,98}Al_{1,02}][Al_{0,29}Fe_{3,68}Mg_{0,04}]O_{20}(OH)_4$. Het oorspronkelijk driewaardige ijzer bleek tijdens de proef steeds meer te worden omgezet in tweewaardig ijzer; na twee weken was dat met 43% van al het ijzer het geval.
De smectiet die voor deze proef werd gebruikt was afkomstig van de Clay Minerals Society om een correcte kleisamenstelling te garanderen. Ter controle werden niet-gereduceerde monsters onderzocht met een transmission electron microscope (TEM), waarbij inderdaad alleen de karakteristieke smectiet-structuur zichtbaar was. Hetzelfde onderzoek bij de gereduceerde monsters leverde daarentegen twee duidelijk verschillende kleitypes op: smectiet en illiet. Ook andere onderzoeksmethoden (onder meer met röntgendiffractie) gaven dezelfde uitkomsten.
Illiet bevat minder ijzer dan smectiet, zodat er bij de omzetting een overschot aan ijzer moest zijn ontstaan. Ook dat werd teruggevonden. Ongeveer 10% van het door de microben geproduceerde tweewaardige ijzer werd aangetroffen in opgeloste vorm; er moest echter veel meer tweewaardig ijzer zijn vrijgekomen, dat kennelijk in een vaste vorm moest zijn gegoten. Ook dat (grotere) deel werd teruggevonden, en wel in de vorm van nieuwgevormd sideriet ($FeCO_3$); dit mineraal werd niet in de niet-gereduceerde controlemonsters aangetroffen.
Omdat in de nieuwgevormde klei aanvankelijk geen balans meer bestond wat betreft de elektrische lading, is het niet verwonderlijk dat kalium in de kristalstructuur werd opgenomen. Daarmee ontstond illiet (algemene formule: $KAl_4[Si,Al]_8O_{18}.2H_2O$). Dat illiet nu op talrijke plaatsen (onder meer de Nankai-Trog bij Japan) voorkomt in recente mudstones, kan nu worden verklaard met de activiteit van microorganismen; hun voorkomen was tot nu toe raadselachtig.

Kim, J., Dong, H., Seabaugh, J., Newell, S.W. & Ebert, D.D., 2004. Role of microbes in the smectite-to-illite reaction. Science 303, p. 830-832

A.J. van Loon