

HET BELANG VAN KLEI OP KRIJT IN DE GEULHEMMERBERG

John W.M. Jagt, Natuurhistorisch Museum Maastricht, de Bosquetplein 6, 6211 KJ Maastricht
Rudi W. Dortangs, Hoofdstraat 36, 6436 CG Amstenrade

Dat de omgeving van Maastricht (Sint-Pietersberg) geologisch van internationaal belang is, mag bekend zijn. Tenslotte bevindt zich hier het typeprofiel van het Maastrichtien, de jongste tijdseenheid van het Krijt, gedateerd tussen ruwweg 71,3 en 65,0 miljoen jaar geleden. Zulke tijdseenheden hebben natuurlijk ook een onder- en bovengrens, die aanwijsbaar moeten zijn in een gesteentekolom. En dat was waar de schoen wrong in het typegebied van het Maastrichtien, althans tot voor kort. Strikt genomen hebben we namelijk géén onder- en bovengrens, hoe vreemd dat ook moge klinken. In dit artikel wordt uit de doeken gedaan hoe dat komt, en eveneens hoe de 'ontdekking' van het Geulhemmerberg profiel in de herfst van 1992 hierin enige verandering bracht.

GEEN ONDER- EN GEEN BOVENGRENS?

Voor de Luikse geoloog André Hubert Dumont, die in de zomer van 1849 voor het eerst de term 'système maestrichtien' (DUMONT, 1849) bezigde, was het zo klaar als een

klontje. De onderkant van zijn nieuwe eenheid, die in de Sint-Pietersberg dagzooft, was een laagje vol met kleine, versteende uitwerpselen of coprolieten. De kalkstenen erboven noemde hij het 'système maestrichtien', terwijl hij de kalken eronder tot het 'système sénonien' rekende. Veel later, in 1975, heeft Werner M. Felder de oorspronkelijke ondergrens van zijn eigen Formatie van Maastricht gemaakt en hem van een naam voorzien: de Horizont van Lichtenberg (FELDER, 1975) (figuur 1).

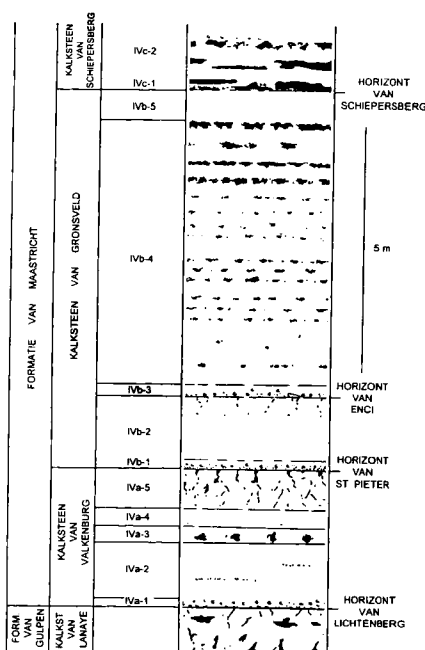
De angel in het hele verhaal is echter dat fossielen, en die van pijlinktvis (belemnieten) in het bijzonder, een ander beeld schetsen. De naar Canada uitgeweken Rus Juri Jeletzky toonde in 1951 aan dat belemnieten onder en boven de Horizont van Lichtenberg tot dezelfde soort behoorden, namelijk *Belemnitella junior* (JELETZKY, 1951). Deze soort zag hij als gidsfossiel voor het Laat-Maastrichtien in Europa en een groot deel van Rusland,

en daar beginnen de problemen. Want, als dit een gidsfossiel is voor het Laat-Maastrichtien, hoe zit het dan met het Vroeg-Maastrichtien? JELETZKY (1951) veronderstelde dat het Vroeg-Maastrichtien veel dieper moest liggen, ergens in de huidige Formatie van Gulpen. We weten nu dat hij gelijk had; het Vroeg-Maastrichtien omvat in ons gebied een klein deel van de Kalksteen van Beutenaken en de gehele Kalksteen van Vijlen (KEUTGEN & JAGT, 1999) (figuur 2).

Kortom: wat Dumont het 'Maestrichtien' noemde komt nu nog slechts overeen met de Formatie van Maastricht (figuur 2), maar niet meer met de definitie van het Maastrichtien zoals we die momenteel wereldwijd hantieren. Verwarrend? Alleszins!

ONDERGRENS

Het meest frustrerend aan de zaak is dat de gesteentekolom die Dumont aanwees als zijn 'système maestrichtien' als het ware zweeft in het Maastrichtien zoals we dat nu definiëren, en dat de ondergrens hiervan (op 71,3 miljoen jaar gedateerd) niet in de Sint-Pietersberg te zien is. Mogelijk wel elders in zuidelijk Limburg, maar daarover zijn de meningen nog verdeeld. Want, met de lagen die van Vroeg-Maastrichtien ouderdom zijn, ziet het er niet goed uit. Ze zijn niet volledig ontwikkeld of zelfs geërodeerd, met name het oudste laagpakket. Dit heeft er voor gezorgd dat de ondergrens van 'ons' Maastrichtien elders formeel is aangewezen en verankerd. 'Elders' betekent in dit geval een grote verlaten groeve in Tercis les Bains (Landes, zuidwest Frankrijk, vlak bij Dax (ODIN, 2001). Hier is de ondergrens van het Maastrichtien nu geratificeerd door diverse internationale stratigrafische commissies. Het belangrijkste fossiel dat momenteel met deze grens in verband wordt gebracht is de ammoniet *Pachydiscus neubergicus*. Sinds kort is bekend dat deze soort ook in de Sint-Pietersberg voorkomt (JAGT & FELDER, 2003). Betekent dat dan dat we de ondergrens dan weer teruggevonden hebben voor ons gebied? Helaas niet, omdat de oudste vertegenwoordigers



FIGUUR 1

Een deel van het profiel van de Sint-Pietersberg met de basis van de Formatie van Maastricht (Horizont van Lichtenberg) (uit: FELDER & BOSCH, 1998).

van deze ammoniet bij ons een stuk jonger zijn dan in Tercis. Dat weten we onder andere door studie van belemnieten. Niet alleen de verschillende soorten zijn van belang maar ook de in hun skeletten opgeslagen isotopen, die voor ouderdomsbepaling kunnen worden gebruikt. Maar dat is een ingewikkeld verhaal dat het kader van dit artikel ver te buiten gaat.

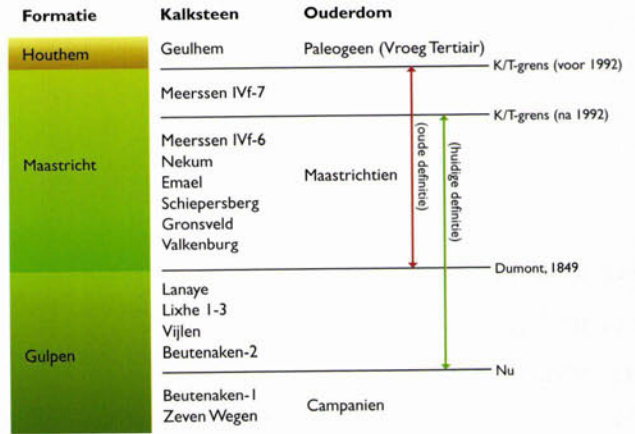
BOVENGRENS

En hoe zit het dan met de bovengrens van het Maastrichtien? Deze valt natuurlijk samen met de ondergrens van de eenheid die erop volgt, het Danien. Deze eenheid werd voor het eerst vermeld in 1847, en is vastgelegd in Denemarken (vandaar de naam), in de kliffen van Stevns Klint en in een inlandse kalksteengroeve (Fakse Kridtbrud; zie DESOR, 1847). Nu is deze grens wereldwijd van groot belang omdat het eind van het Krijt (lees: het eind van het Maastrichtien) wordt gekarakteriseerd door een milieuramp die zijn weerga niet kent. Het inslaan van een hemellichaam op wat nu het schiereiland Yucatán (Golf van Mexico) heet, betekende het eind van een hele reeks dieren en planten, in zee en op het land. Dat moment, de K/T (= Krijt-Tertiair) grens, moet in een gesteentekolom worden vastgelegd. Na veel gestechel is de keus gevallen op een kleipakket in El Haria bij El Kef, in de allesverzengende hitte van de Tunesische woestijn.

Dit houdt in dat alle volgende interpretaties van de K/T grens (of beter: K/Pg grens, voor Krijt-Paleoceen; zie figuur 2) aan de typelocatie El Kef getoetst dienen te worden. Het maakt daarbij niet uit of dat in zee of op het land ontstane sedimenten zijn. De onderste laag van het kleipakket in El Kef, dat kon ontstaan omdat de kalkproductie volledig was ontregeld onder invloed van de meteorietinslag, laat een verhoogde concentratie van iridium zien, een edelmetaal uit de platinumgroep. Ook elders in de wereld is deze 'iridium-anomalie' herkend. Deze anomalie gaat vergezeld van geschokte mineralen (kwarts), roetdeeltjes en microkrystieten (omgezette glasbolletjes).

En Limburg dan? Ondanks het feit dat rond 1860 al duidelijk werd dat het hoogste deel van het mergelpakket in zuidelijk Limburg van paleocene ouderdom was, en dus jonger dan het Krijt, duurde het tot het midden van de vorige eeuw eer dat aspect meer aandacht

FIGUUR 2
Lithostratigrafische eenheden in zuidelijk Limburg en het aangrenzende gebied en hun ouderdom. Aangegeven zijn: de oorspronkelijke basis van het 'système maestrichtien' van DUMONT (1849), de positie van de K/T-grens vóór en na 1992, en de nu geldende interpretatie (afgekort: 'nu') van de basis van het Maastrichtien (deels gebaseerd op FELDER & BOSCH, 2000) (illustratie: A.S. Schulp).



kreeg. Met name op het gebied van ééncelligen (foraminiferen) werd veel onderzoek gedaan. De algemeen aanvaarde visie was dat er tussen de jongste lagen van de Kalksteen van Meerssen en de het oudste sediment van de Kalksteeb van Geulhem tijd, en dus ook gesteente, ontbrak. Een hiaat, in vaktermen. Dat betekent dat de K/T grens in ons gebied niet in het gesteente te zien is, althans niet in de vorm die we van elders gewend zijn. Dat vraagt om een verklaring.

EN TOEN – HERFST 1992

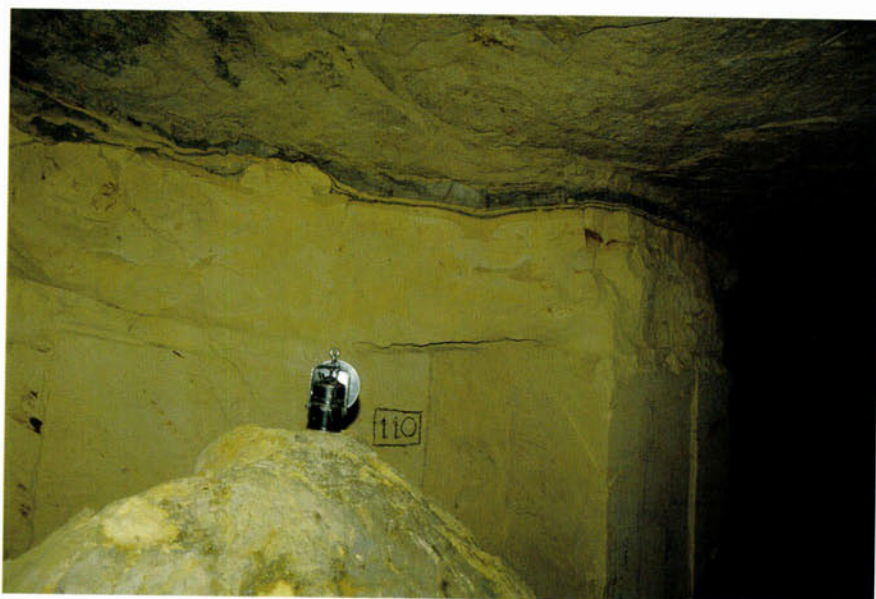
Als 'bonus' van een verzameltrip in de ENCI-groeve door Henk Brinkhuis, Ton Romein, Poul Schiøler, Lucia Roncaglia, Werner Felder en John Jagt, werd in november 1992 de Geulhemmerberg sectie (figuur 3) voor het eerst eens nader bekeken. Want Werner wist te vertellen dat daar recent kleilagen in de mergel waren aangetroffen, op plekken waar het plafond naar beneden was gekomen. De eerste monsters leverden al meteen voor het vroegste Paleoceen kenmerkend ééncellig en kalkschalig plankton op. Wat Jac. Severijns en Rudi Dortangs, medewerkers

van Stichting de Rotswoning, hier tijdens inventarisatiewerkzaamheden waren tegengekomen, met name bij meetpunt I 10 (figuur 4), was waar we al die tijd op hadden zitten te wachten (DORTANGS, 2001). Hier lag de sleutel tot het ontrafelen van de puzzel die K/T grens heet, in het typegebied van het Maastrichtien. Een hiaat? Niks daarvan!

Alle registers gingen open, en het project 'Deep Dark Hole' was geboren. Van heinde en verre werden aardwetenschappers aangezocht om delen van het profiel te onderzoeken (figuur 5) en rapport uit te brengen. Vele disciplines passeerden de revue; van sedimentologie tot macropaleontologie, en van paleomagnetisme tot organische en anorganische geochemie. In 1996 werden de eerste resultaten in boekvorm gepresenteerd (BRINKHUIS & SMIT, 1996), maar zoals dat zo vaak het geval is met dit soort projecten, is het laatste woord hierover nog lang niet geschreven. Integendeel. De 'hordes' geologen en paleontologen die al voorbij getrokken zijn, in de grot monsters en in het nabijgelegen restaurant drankjes en hapjes tot zich hebben genomen, zijn het er roerend over eens: de Geulhemmerberg is uniek (JAGT, 1997).



FIGUUR 3
De Geulhemmerberg K/T-grens sectie (foto: R.W. Dortangs, augustus 2003).



FIGUUR 4

Het K/T-profiel bij meetpunt 110 in de Geulhemmerberg (foto: R.W. Dortangs, augustus 2003).

INTERNATIONAAL BELANG

De eerlijkheid gebiedt te zeggen dat de Geulhemmerberg vaak in één adem wordt genoemd met de groeve Ankerpoort-Curfs (figuur 6), die enkele honderden meters westelijk van de Geulhemmerberg ligt. Hier is het bovenste deel van de Formatie van Maastricht (Kalksteen van Meerssen), met de horizonten van Berg en Terblijt (= top van laagpakket IVf-6) en Vroenhoven (= top van pakket IVf-7), goed ontsloten (figuur 6) en fossielrijk. Dit deel vertoont zelfs kleilaagjes, weliswaar niet doorlopend, maar toch.

Uit onderzoek van kalkschalig nannoplankton (coccolieten) is bekend dat aan de basis van IVf-7, dus direct op de Horizont van Berg en Terblijt, al de soort *Cruciplacolithus primus* voorkomt. Dit is een mariene algensoort die typisch is voor het vroegste Danien (Paleo-

ceen). Dit, en het optreden van klei, maakt dat het profiel in de groeve goed vergeleken kan worden met de Geulhemmerberg, hoewel er verschillen blijven bestaan, zelfs op een dergelijk kleine afstand. Als grote verrassing gold de vondst van ammonieten (uitgestorven inktvisachtigen) in de bovenste 20 centimeter van IVf-7 (JAGT, SMIT & SCHULP, 2003). Dit soorten dieren zou eigenlijk uitgestorven moeten zijn boven de K/T grens die, zoals we nu weten, een aantal meters dieper in het laagpakket ligt! Het heeft er alle schijn van dat we in de omgeving van Maastricht soorten hebben die de milieuramp aan het eind van het Krijt hebben overleefd, om welke reden dan ook. In recente literatuur (MACHALSKI, 2001) worden twijfels uitgesproken over het voorkomen van ammonieten in paleocene afzettingen. Hier is dus nog werk aan de winkel. Handboeken in alle wetenschappelijke

disciplines zijn er om van tijd tot tijd (deels) herschreven te worden; zullen de Limburgse paleocene ammonieten baanbrekend blijken?

Analyses van het Geulhemmerberg profiel hebben nu geleid tot het opstellen van een mogelijk scenario, voor wat er vóór en na de inslag van de meteoriet in Yucatán gebeurd is: De jongste lagen van de Kalksteen van Meerssen (= top IVf-6) zijn afgezet in een ondiepe, warme, (sub)tropische zee; gemiddeld werd 10 cm per 1000 jaar afgezet. Hierna ontstond de Horizont van Berg en Terblijt, als gevolg van een daling van de zeespiegel en/of van afgenomen sedimentatie. Deze harde kalksteenbank (tauw in de volksmond) kent plaatselijk hoogteverschillen van meer dan 2,5 meter (figuur 4). Uit het feit dat deze laag bewaard is gebleven, mogen we afleiden dat er nog materiaal



FIGUUR 5

Hoogteverschillen (= paleoreliëf) en diverse kleilagen in laagpakket IVf-7 (Kalksteen van Meerssen), zoals ontsloten in de Geulhemmerberg. De K/T-grens correspondeert met de grens tussen het lichtgele en donkergele gesteente halverwege dit profiel (foto: R.W. Dortangs, augustus 2003).

op werd afgezet, vóórdat de meteorietinslag plaatsvond.

Direct na de inslag in Yucatán vormt de Horizont van Berg en Terblijt de bodem van de zee. We weten dit omdat graafgangen van kreeftachtigen in de harde kalksteenbank eronder opgevuld zijn met grove kwartskorrels en glauconiet, een mineraal uit de glimmer-groep. De 'fall-out' van de meteorietinslag, met onder andere iridium-rijk stof, moet binnen een aantal weken op aarde zijn neergedruppeld. Hiervan is echter niets terug te vinden op deze horizont. Wat wel aangetroffen is, zijn de eindproducten van bacteriële gistingsprocessen zoals die ook van El Kef beschreven zijn. Aangenomen wordt dat het sediment dat oorspronkelijk direct op de horizont lag is opgeruimd door krachtige stormen ('hypercanes') en/of een zeespiegeldaling.

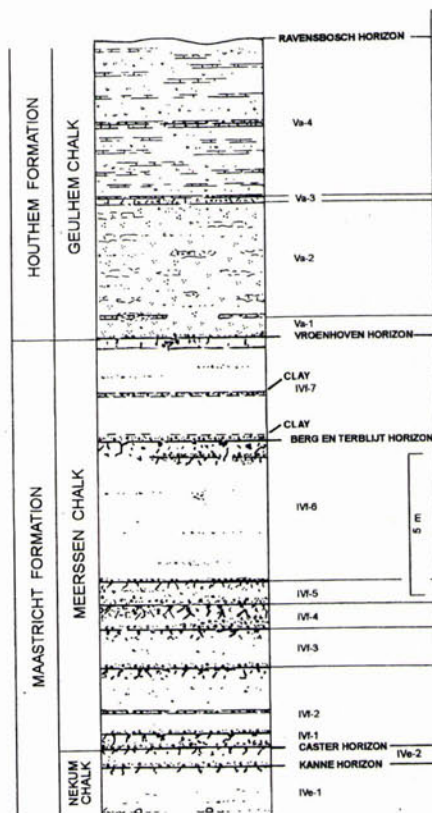
Nú ligt er op de horizont een pakket grofkorrelig materiaal waarin de vele donkergekleurde schelpen van oesters en de tientallen kleine witte schelpjes van de armpotige *Thecidea papillata* in het oog springen (figuur 7).

Aangenomen wordt dat na de inslag wereldwijd een grote daling in de temperatuur ('impact winter') optrad, gevolgd door een periode van opwarming (broeikaseffect) en zeespiegelstijging. Dat laatste zou door afsmelten van landijs verklaard kunnen worden.

Maar hoe past de Geulhemmerberg in dit beeld? In de kleilagen van de Geulhemmerberg ontbreken immers de typische warmwatervertegenwoordigers van ééncellig plankton (dinoflagellaten). Bovendien komen er uitzonderlijk veel sporen van mossen in voor, die suggereren dat er op het land een toendraachtige vegetatie te vinden was. Hieruit leiden

FIGUUR 6
Het profiel ontsloten in de groeve Ankerpoort-Curfs (uit: JAGT et al., 1996).

BRINKHUIS & SMIT (1996) af dat de kleien en dunne kalksteenlaagjes van de Geulhemmerberg, die in totaal meer dan 1,4 m in dikte kunnen bereiken, afgezet moeten zijn ná het neerdruppelen van iridium-rijk stof, maar vóór de periode van opwarming. Op die plaatsen waar de stormactiviteit afnam, kon klei worden afgezet (figuur 8). De sedimentatie van de D- en E-kleien vond plaats in waterdieptes van 20-40 m. Omdat de stormactiviteit langzamerhand afnam, kon periodiek klei worden afgezet in zo goed als stilstaand zeewater. Sedimentatie van de zogeheten D- en E-klei vond plaats in waterdieptes van 20-40 m. Met name de dikste kleilaag, de E-klei, is van belang, omdat deze als een soort deken ervoor gezorgd heeft dat de onderliggende lagen niet geërodeerd konden worden. In de kleilagen komt in hoofdzaak kalkschalig nannoplankton voor, in een grote diversiteit en fantastische bewaringstoestand (MAI et al., 1997). Wat hoger in de gesteentekolom nam het omwoelen van de zeebodem door organismen (bioturbatie) toe, wat inhoudt dat de sedimentatie geringer moet zijn geweest en er voldoende zuurstof in het water en in de bodem aanwezig was. Deze fase eindigt met het ontstaan van de Horizont van Vroenhoven in het vroeg-Paleoceen. Direct hierboven volgt dan de Kalksteen van Geulhem, een pakket glauconiethoudende kalkstenen die zijn afgezet tijdens het dieper worden van de zee. Het



lijkt er sterk op dat IVf-7 en de Horizont van Vroenhoven overeenkomen met de zogeheten 'Cerithium Kalk' in Denemarken (Stevens Klint), en dat de Kalksteen van Geulhem het equivalent is van de bryozo-rijke kalken die volgen op die 'Cerithium Kalk'. Hierop wijzen ook diverse fossielen, met name stekelhuidigen (JAGT, 2000). Voor Stevens Klint typische gidsfossielen onder de zeesterren en zeelies zijn ook bekend uit de Kalksteen van Geulhem en doen immigratie vanuit het noorden vermoeden.



FIGUUR 7
Graafgangen gevuld met donkerder materiaal aan de top van laagpakket IVf-6, en de fossielrijke basis van IVf-7 (de donkere plekken zijn oesterschelpen), die nu het plafond vormen van de Geulhemmergroeve (foto: H. Brinkhuis, herfst 1992).

EN HOE NU VERDER?

Hoewel er al veel bekend is, moeten er nog veel (lastige) vragen beantwoord worden. Het ontbreken van een iridium-piek blijft moeilijk te duiden en ook het voorkomen van ammonieten boven de K/T grens vraagt om een verklaring. Nu er ook uit Denemarken berichten, die binnenkort getoetst zullen worden, van ammonieten in het vroege Paleoceen zijn, staat zuidelijk Limburg er niet meer alleen voor.

Elders in het gangenstelsel ligt mogelijk de verklaring. Tot nog toe is in de Geulhemmerberg in hoofdzaak gewerkt rondom een 'sleutelprofiel'. Direct aansluitend daaraan liggen echter nog meer deelprofielen, die letterlijk onder de loep genomen moeten worden. Bovendien zal het profiel dat in de luchtschacht is ontsloten, als dat technisch mogelijk is, uitgebreid schoongemaakt en bemonsterd moeten worden, om aan te kunnen sluiten met het profiel in de groeve Ankerpoort-Curfs. Een mogelijk alternatief zou een boring kunnen zijn, dwars door alle kleilagen en door de glauconiethoudende kalken heen. Hiervoor moet dan eerst een geschikte plaats worden uitgekozen, en zullen ook de nodige technische problemen moeten worden overwonnen.

De Geulhemmerberg sectie is uniek, in alle opzichten. De top van het type Maastrichtien blijkt completer te zijn dan voorheen werd

aangenomen. Bovendien ligt er hier een pakket kalken en kleien dat één van de grootste milieurampen in de aardgeschiedenis omsluit, ontstaan in ondiep water, en dat elders ter wereld zijn weerga niet kent. Dat vraagt om een multidisciplinaire aanpak, een intensivering van de studies die na de 'ontdekking' in 1992 hebben plaatsgevonden en een gedetailleerde vergelijking met de Ankerpoort-Curfs groeve. Hier ligt een unieke kans om ten minste de bovengrens van 'ons' Maastrichtien terug te halen, zij het symbolisch!

DANKWOORD

Om uiteenlopende redenen willen we hier nogmaals bedanken: Frans Bergsteijn, Martin Blom, Henk Brinkhuis, Werner M. Felder, Jo Langeweg, Hartmut Mai, Wiel Miseré, Jacques Severijns en Jan Smit.

SUMMARY

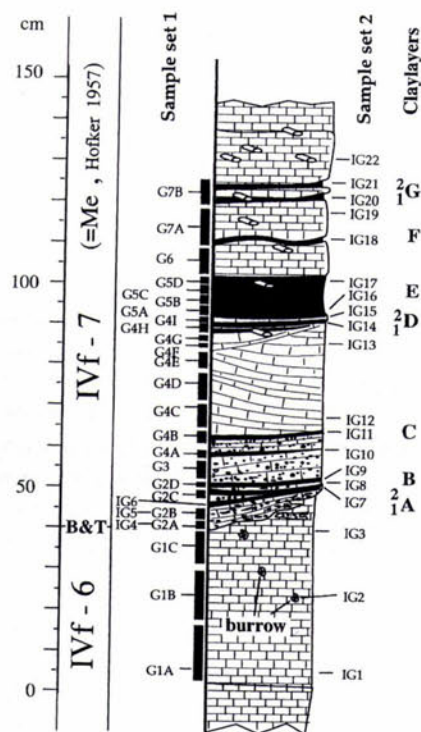
THE SIGNIFICANCE OF CLAY ON CHALK AT THE GEULHEMMERBERG

The subterranean galleries of the Geulhemmerberg, a few kilometres east of Maastricht (southern Limburg, the Netherlands), rank amongst the most spectacular K/T (= Cretaceous/Tertiary, or better, K/Pg = Cretaceous/Paleogene) boundary sections in the world. Discovered, almost by chance, in the autumn of 1992, it is now thought of as the most complete section representing a shallow-water setting, with numerous clay layers and exquisitely preserved microfossils and calcareous nannoplankton. Although an iridium anomaly is absent, massive bacterial fermentation of organic material and bryophyte blooms have been demonstrated, as well as typically Paleocene strontium isotope values. The Geulhemmerberg section is well correlatable with a sequence exposed in the nearby Ankerpoort-Curfs quarry where baculitid and scaphitid ammonites have been collected from above the K/T boundary, some 0-20 cm below the Vroenhoven Horizon. This horizon appears to correspond to the top of the so-called 'Cerithium Kalk'

unit in Stevns Klint (Denmark), and represents an Early Paleocene sequence boundary.

LITERATUUR

- BRINKHUIS, H. & J. SMIT, 1996 (REDS). The Geulhemmerberg Cretaceous/Tertiary boundary section (Maastrichtian type area, SE Netherlands). *Geologie en Mijnbouw* 75: 101-293.
- DESOR, E., 1847. Sur le terrain danien, nouvel étage de la Craie. *Bulletin de la Société géologique de France* (2)4: 179-182.
- DORTANGS, R.W., 2001. De Krijt/Tertiairgrens in de Geulhemmerberg en de geologische laagindeling van het aanwezige kalksteenpakket. *SOK Mededelingen* 34: 12-17.
- DUMONT, A.H., 1849. Rapport sur la carte géologique du Royaume. *Bulletin de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique* 16: 351-373.
- FELDER, W.M., 1975. Lithostratigrafie van het Boven-Krijt en het Danio-Montien in Zuid-Limburg en het aangrenzende gebied. In: Zagwijn, W.H. & C.J. van Staalduinen (red.). *Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland*. Haarlem (Rijks Geologische Dienst): 63-72.
- FELDER, W.M. & P.W. BOSCH, 1998. De St. Pietersberg: typelokatie van het Maastrichtien. *Grondboor & Hamer* 52: 50-63.
- FELDER, W.M. & P.W. BOSCH, 2000. *Geologie van Nederland, deel 5. Krijt van Zuid-Limburg*. NITG-TNO, Delft, Utrecht.
- JAGT, J.W.M., 1997. Zuidelijk Limburg 65 miljoen jaar geleden. De hernieuwde belangstelling voor de Krijt-Tertiair (K/T) grens verklaard. *Natuurhistorisch Maandblad* 86: 214-222.
- JAGT, J.W.M., 2000. Late Cretaceous-Early Palaeogene echinoderms and the K/T boundary in the southeast Netherlands and northeast Belgium - Part 5: Asteroids. Part 6: Conclusions. *Scripta Geologica* 121: 377-577.
- JAGT, J.W.M. & W.M. FELDER, 2003. The stratigraphic range of the index ammonite *Pachydiscus neubergicus* (von Hauer, 1858) in the type area of the Maastrichtian Stage. *Netherlands Journal of Geosciences* 82: 261-268.
- JAGT, J.W.M., W.M. FELDER, R.W. DORTANGS & J. SEVERIJNS, 1996. The Cretaceous/Tertiary boundary in the Maastrichtian type area (SE Netherlands, NE Belgium); a historical account. *Geologie en Mijnbouw* 75: 107-118.
- JAGT, J.W.M., J. SMIT & A.S. SCHULP, 2003. Early Paleocene ammonites and other molluscan taxa from the Ankerpoort-Curfs quarry (Geulhem, southern Limburg, the Netherlands). In: Lamolda, M.A. (red.). *Bioevents: their stratigraphical records, patterns and causes*. Caravaca, 3rd-8th June 2003. Ayuntamiento de Caravaca de la Cruz: 113.
- JELETZKY, J.A., 1951. Die Stratigraphie und Belemnitenfauna des Obercampan und Maastricht Westfalens, Nordwestdeutschlands und Dänemarks, sowie einige allgemeine Gliederungs-Probleme der jüngeren borealen Oberkreide Euraasiens. *Beihefte zum Geologischen Jahrbuch* 1: 1-142.
- KEUTGEN, N. & JAGT, J.W.M., 1999. Late Campanian belemnite faunas from Liège-Limburg (NE Belgium, SE Netherlands). *Geological Survey of Belgium, Professional Paper* 1998/2 (287): 1-31.
- MACHALSKI, M., 2001. Danian ammonites: A discussion. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 49: 49-52.
- MAI, H., K. VON SALIS PERCH-NIELSEN, H. WILLEMS & T. ROMEIN, 1997. Fossil coccospheres from the K/T boundary section from Geulhemmerberg, The Netherlands. *Micropaleontology* 43: 281-302.
- ODIN, G.S., 2001 (RED.). The Campanian-Maastrichtian Stage Boundary. Characterisation at Tercis les Bains (France) and correlation with Europe and other continents [Developments in Palaeontology and Stratigraphy, 19]. Elsevier, Amsterdam.



FIGUUR 8
Het K/T-profiel ontsloten in de Geulhemmerberg (uit: BRINKHUIS & SMIT, 1996), met de kleilagen A tot en met G. B&T staat voor Horizont van Berg en Terblijt.