

## 14 EEN OPMERKELIJKE ZEE-EGELFAUNA UIT HET VUURSTEENELUVIUM VAN DIETS-HEUR (ZUID-TONGEREN): EEN BLIK OP HET GESLACHT *CARDIASTER*

In het zuiden en het zuidoosten van de provincie Limburg dagzomen talrijke ontsluitingen uit het Boven-Krijt, een geologische periode van circa 70 miljoen jaren geleden. In het LIKONA jaarboek 1995 zijn een aantal van deze ontsluitingen opgenomen in een geologische route. Behalve kalksteengroeven, zijn ook velden, holle wegen en tijdelijke ontsluitingen uitstekende plaatsen om het Boven-Krijt en bijhorende vuurstenen te bemonsteren. De kalksteen, in de volksmond mergel genoemd, werd vroeger vaak gebruikt als bouwsteen of als meststof. Bekende lokale ontsluitingen zijn het gangencomplex van de Roosburg te Zichen-Zussen-Bolder, het Avergat in Kanne, de insnijding van het Albertkanaal tussen Kanne en Vroenhoven en de 'Kuilen' te Valmeer. Daarnaast zijn er nog kleinere locaties in Sluizen, Elst-Millen, Vechmaal en Diets-Heur ten zuiden van Tongeren. Het vuursteeneluvium dat in Diets-Heur dagzoomt, bevat een merkwaardige fossiele fauna voor het Limburgse grondgebied. Zee-egels (Echinoidea) zijn het meest algemeen. Minstens twee soorten van het geslacht *Cardiaster* komen op deze plaats voor. De werkgroep 'Krijt en Vuursteeneluvium' stelt enkele bijzonderheden vast en werpt een kritische blik op de systematiek van het geslacht *Cardiaster*.

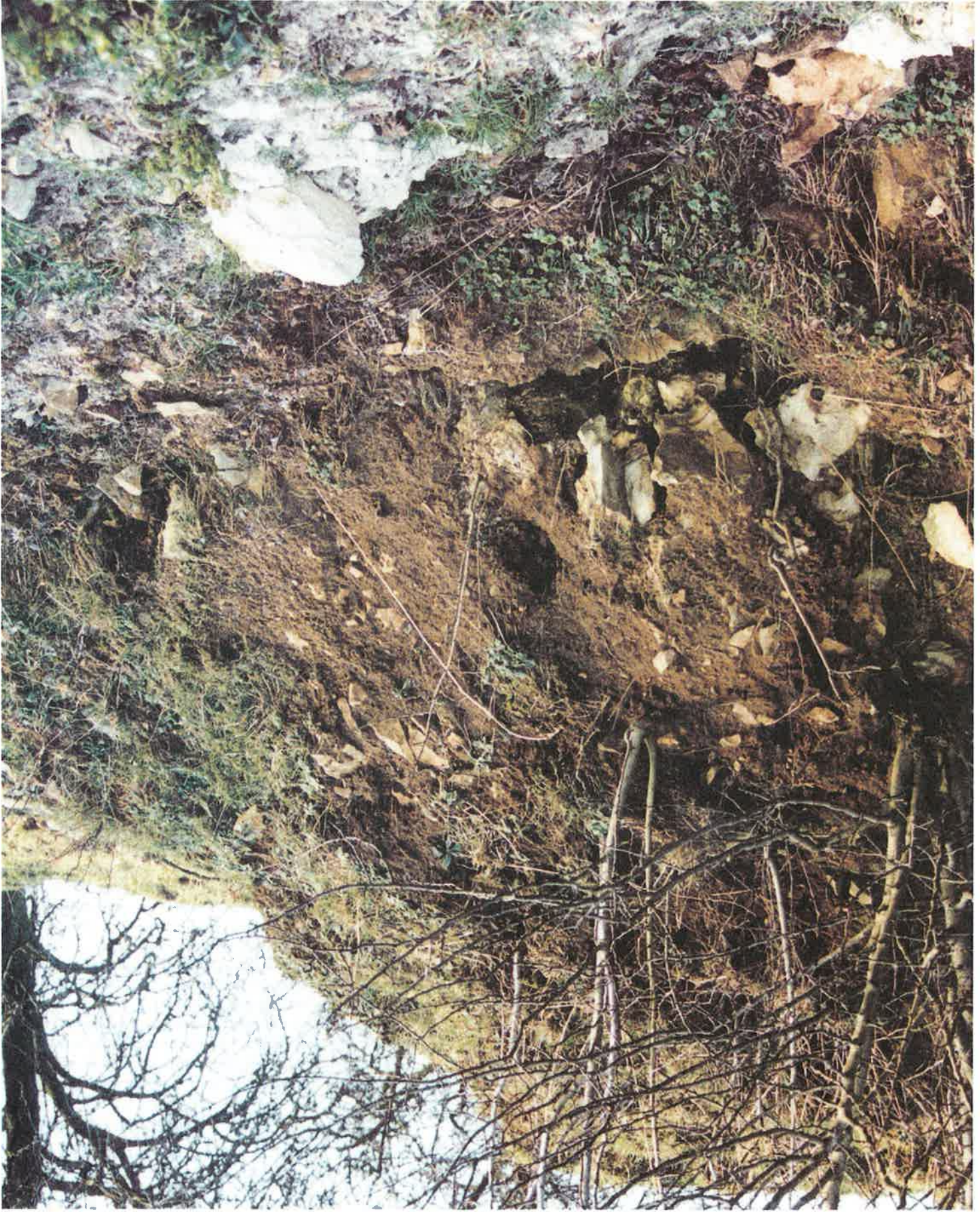
Ludo INDEHERBERGE  
Reuvoortweg 63  
B-3520 Zonhoven

Edwin DEFOUR  
Opperstraat 9  
B-3550 Heusden-Zolder

Daniel BOGAERTS  
Leeuwerstraat 19  
B-3723 Guigoven

Raymond VAN DER HAM  
Piet Heinstraat 6  
NL-2628 RK Delft

Figuur 1. Vuursteen-  
eluvium in steilrand van  
weide te Diets-Heur



ARTIKEL N°2 EEN BLIK OP HET GESLACHT CARDIASTER

16 VONDSTOMSTANDIGHEDEN

Tijdens het bemonsteren van een kalksteenwand in Diets-Heur, ten zuiden van Tongeren, werden in een vlakbij gelegen weiland enkele losse, verweerde vuurstenen aangetroffen (Figuur 1). Deze vuurstenen werden door vorst en erosie aan de oppervlakte gebracht. Hoewel de vondstmogelijkheden beperkt waren door het plaatselijk karakter van de ontsluiting, konden een achttal interessante vuursteenstukken verzameld worden. In een eerste brok werd een uitzonderlijk gave vuursteen kern van de zee-egel *Cardiaster rutoti* (Lambert, 1911) aangetroffen (nr. K1393, Figuur 4). Ook de buitenafdruk in vuursteen is zeer gaaf en toont de kleinste details van de oorspronkelijke schaal. Een tweede stuk bevatte de volgende zee-egelfauna: 2 exemplaren van *Diplodetus parvistella* (Schlüter, 1899), *Cardiaster granulatus* (Goldfuss, 1829), *Hemiaster koninckanus* (d'Orbigny, 1855) en *Gautbieria sp.* Uit een derde stuk werden *Oolopygus pyriformis* (Leske, 1778) en vier exemplaren van *Cardiaster granulatus* (Goldfuss, 1829) geborgen. Tenslotte is op dezelfde plaats nadien nog de zee-egel *Hemipneustes striatoradiatus* (Leske, 1778) gevonden, zodat er voorlopig acht soorten zijn. Naast de zee-egelfauna, vermelden we een brachiopode en een belemnietfragment. Opmerkelijk is dat er zoveel zee-egels werden aangetroffen in een beperkte hoeveelheid vuursteen. Gelijkaardige vaststellingen hebben we eerder gedaan te Sluizen en Elst. Het toont aan dat het Krijt van Belgisch Limburg plaatselijk zeer rijk is aan fossielen. Verscheidene soorten zijn bovendien weinig gekend en vaak karakteristiek voor hun vindplaats.

LITHOLOGIE / STRATIGRAFIE

De kalksteenwand te Diets-Heur werd in juni 1996 bemonsterd en beschreven door W.M. Felder in functie van het kaartblad Tongeren. Hij plaatst de kalkstenen met bijhorende vuursteenbanken in de Kalksteen van Lanaye (Boven-Maastrichtiaan). Bovenop de Krijt-afzettingen rust een vuursteeneluvium in Quartaire löss. De afstand tussen de onderlinge vuursteenbanken uit de Kalksteen van Lanaye is over

Figuur 2. Lokatie vindplaats

Figuur 3. Schematische opbouw van het plastron bij *Cardiaster granulatus* (nr 342)

Figuur 4. *Cardiaster rutoti* (Lambert 1911), vindplaats Diets-Heur

Figuur 5. Plastronale platen bij *Cardiaster rutoti* (Kro63, Boirs)



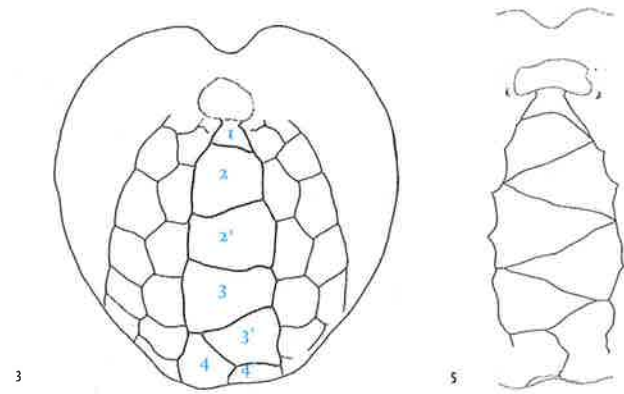
grote afstand in de regio constant. Ze kunnen gemakkelijk gecorreleerd worden met het profiel van Diets-Heur. Behalve het correleren van de vuursteenlagen, geven ook de fossielen een indicatie voor de ouderdom van de ontsloten lagen. Het kalksteenpakket blijkt samengesteld te zijn uit de onderste lagen van de Kalksteen van Lanaye. Het eluvium, dat rust bovenop de kalksteenlagen, is bijgevolg jonger. Steunend op het onderzoek van W.M. Felder en vergelijkend met de fossielen uit het eluvium van Halembaye, kan besloten worden dat het vuursteeneluvium afkomstig is uit de bovenste helft van de Kalksteen van Lanaye en mogelijk het onderste deel van de Kalksteen van Valkenburg (Tabel 1).

DE ORDE HOLASTEROIDA EN HET GESLACHT CARDIASTER

*Cardiaster* is een irregulaire, hartvormige zee-egel behorende tot de orde Holasteroïda. De Holasteroïda vormen een grote, uitgebreide groep zee-egels en zijn in het Krijt van Belgisch en Nederlands Limburg en in de provincie Luik overvloedig aanwezig. Bekende geslachten zijn: *Cardiaster*, *Cardiotaxis*, *Echinocorys*, *Galeola* en *Hemipneustes*. De primaire kenmerken van Holasteroïde zee-egels zijn het langgerekt apicaal systeem op de bovenzijde van de egel en de rangschikking van de plastronale platen achter de mondopening (zie Moore, 1966; Ernst, 1972; Jeffery, 1999; ...). Recent veldwerk heeft echter aangetoond dat dit laatste kenmerk bij *Cardiasters* van éénzelfde populatie variabel kan zijn. Deze variatie werd niet alleen vastgesteld bij *Cardiasters* uit het Maastrichtiaan van Limburg, maar ook bij exemplaren uit het Boven-Campaniaan van het Mons-bekken en Duitsland (Kronsmoor).

De platen achter de mondopening, die het interambulacraal veld IA5 vormen, worden als volgt genummerd en beschreven (Figuur 3):

- nr.1 = labrum of lip
- nr.2 en 2' = sternale platen of sternum
- nr.3 en 3' = episternale platen
- nr.4,4',5,5',6,6' = pre-anale en anale platen



Bij Holasteroïda zee-egels wordt het labrum altijd gevolgd door één sternale plaat. Deze opbouw wordt 'meridosternaal' genoemd. Indien de daarop volgende platen op één enkele rij staan en gescheiden worden door horizontale naden, spreken we van 'merido-metasternaal' (Moore, 1966, pag. 237). Cardiotaxis heeft een dergelijke plastronbouw. Indien de platen onder het labrum gescheiden worden door schuine zig-zag naden en de platen gedeeltelijk langs elkaar liggen, spreken we van merido-orthosternaal (Moore, 1966, pag. 237). Op basis van deze gehanteerde systematiek zou het geslacht *Cardiaster* tot deze laatste groep behoren.

In ons gebied vertonen *Cardiasters* kenmerken van zowel het 'metasternaal' als het 'orthosternaal' type en, zoals eerder vermeld, kunnen exemplaren van eenzelfde populatie variatie in plastronbouw vertonen (zie Figuur 6).

Voorlopig kunnen wij in het Luiks-Limburgse Boven-Krijt met zekerheid twee *Cardiasters* onderscheiden, nl. *Cardiaster granulatus* (Goldfuss, 1829) en *Cardiaster rutoti* (Lambert 1911). Een derde vorm, gelijkend op *Cardiaster granulatus* (Goldfuss, 1829), maar met een duidelijk afwijkende plastronbouw, vertegenwoordigt mogelijk een nog niet beschreven soort. Deze drie *Cardiasters* zijn samen aangetroffen in de ontsluiting van Diets-Heur.

#### CARDIASTER RUTOTI

*Cardiaster rutoti* werd in 1911 beschreven door Lambert als *Heteropneustes rutoti* (typelokaliteit: Looz, België). In 1935 werd de soort door Smiser overgebracht naar het geslacht *Toxopatagus*. Noch Lambert, noch Smiser hebben de aanwezigheid van een marginaal fasciole vermeld. Mede op grond van de aanwezigheid van een marginaal fasciole werd de soort door van der Ham *et al.* (1987) in het geslacht *Cardiaster* geplaatst.

*Cardiaster rutoti* is een vrij grote (70 tot 120 mm) irreguliere, dunschalige zee-egel. De vorm van de corona lijkt een combinatie

van *Cardiaster granulatus*, *Hemipneustes oculatus* en *Hemipneustes striatoradiatus*. Vooral verdrukte exemplaren van *Hemipneustes striatoradiatus*, die algemeen zijn in het Limburgse Krijt, lijken sterk op *Cardiaster rutoti*. De hoogte bedraagt niet meer dan 50% van de lengte. Het hoogste punt ligt dicht bij de voorste rand, terwijl de 'kiel' vanaf dit hoogste punt rechtdlijnig naar achter afloopt tot boven het periproct (anus). Het periproct ligt in een kort, schuin naar binnen gelegen vlak. De voorste groeve bevat zeer kleine ronde poriën, is breed, gaat hoekig over in de corona en loopt onderaan breed uit naar het peristoom (mond). De poriënparen in de voorste rijen van de lichtgebogen zijwaartse ambulacrale velden zijn steeds kleiner dan die in de achterste rijen. De apicale platen zijn langgerekt, zodat de genitale poriën geen vierkant, maar ongeveer een rechthoek vormen. Het peristoom is groot, ovaal gebogen en aan de achterzijde gedeeltelijk bedekt door het labrum. De platen van het plastron worden gescheiden door schuine naden (merido-orthosternaal), hetgeen meer aan *Hemipneustes striatoradiatus* dan aan *Cardiaster granulatus* doet denken. Een marginaal fasciole is duidelijk aanwezig. *Cardiaster rutoti* is als schaalexemplaar uitermate zeldzaam. De dunschaligheid, lage vorm en gelijkenis met een platgedrukte *Hemipneustes* zijn wellicht de belangrijkste redenen waarom schaalexemplaren niet vaker voorkomen in collecties. Dankzij intensief speurwerk in het vuursteeneluvium, is deze zee-egel de laatste jaren vaker aangetroffen. Zowel bewaringscondities als de herkenningmogelijkheden zijn in vuursteen gunstiger dan in het krijt zelf. Afgietsels laten toe de kleinste details van de oorspronkelijke schaal te bestuderen (Indeherberge 1992). In de Kalksteen van Lanaye doet *Cardiaster rutoti* zijn intrede na *Hemipneustes striatoradiatus*. Kenmerkend voor dit lagenpakket is het voorkomen van een aantal nieuwe fauna-elementen uit de zuidelijke warme Tethys-zee. *Echinocorys*, een zee-egel die tot dan algemeen voorkomt, verdwijnt plots. Het is duidelijk dat de typische boreale (koude) fauna verdrongen wordt door een warmwaterfauna.



**18** *Cardiaster rutoti* komt, behalve in de Kalksteen van Lanaye, ook voor in de Kalksteen van Emael en de Kalksteen van Nekum. In deze lagen is de egel uitermate zeldzaam. De verticale verspreiding van *Cardiaster rutoti* is weergegeven in Tabel 1.

In tegenstelling tot *Cardiaster granulosis*, die een wereldwijde verspreiding kent, is *Cardiaster rutoti* niet aangetroffen buiten België en Nederland. Het voorkomen van *Toxopatagus (Cardiaster) rutoti* in het Russische Don Basin-bekken (Savchinskaya, 1974) kan voorlopig niet bevestigd worden.

De herkomst en precieze datering van Lambert's type-exemplaar uit Looz is op zijn minst twijfelachtig. Looz is de Franse benaming voor Borgloon. Op deze plaats dagzoomt geen krijt en zijn geen vuursteenfossielen bekend. Mogelijk gaat het hier om een verplaatste vuursteenkern. Smiser (1935) vermeldt nog drie andere exemplaren, waarvan één met schaal (Kanne) en twee als vuursteenkern (Halembaye en Maastricht). Een meer recente vondst is het schaal-exemplaar uit de Kalksteen van Nekum (Kanne) en is beschreven door Meijer (1981). De voorbije jaren werden enkele tientallen exemplaren verzameld uit het vuursteeneluvium van Halembaye en enkele schaal-exemplaren van Romontbos (Eben-Emael). Uit de grindontsluiting te Stokkem is een verweerde vuursteenkern (collectie N. Debruin) bekend.

Een interessante vaststelling bij de vuursteenkern gevonden te Diets-Heur, is het kleine putje aan de rechterzijde, net langs de mondopening. Het is de afdruk van een kort, scherp uitsteeksel op de schaalbinnenzijde, waaraan waarschijnlijk een spier of orgaan vastgehecht was (Defour *et al.*, 1993). Ook hier bestaat overeenkomst met *Hemipneustes striatoradiatus*.

Na enig spuurwerk kunnen op de vuursteenkern ook de aanhechtingspunten van het darmkanaal teruggevonden worden.

### CARDIASTER GRANULOSUS

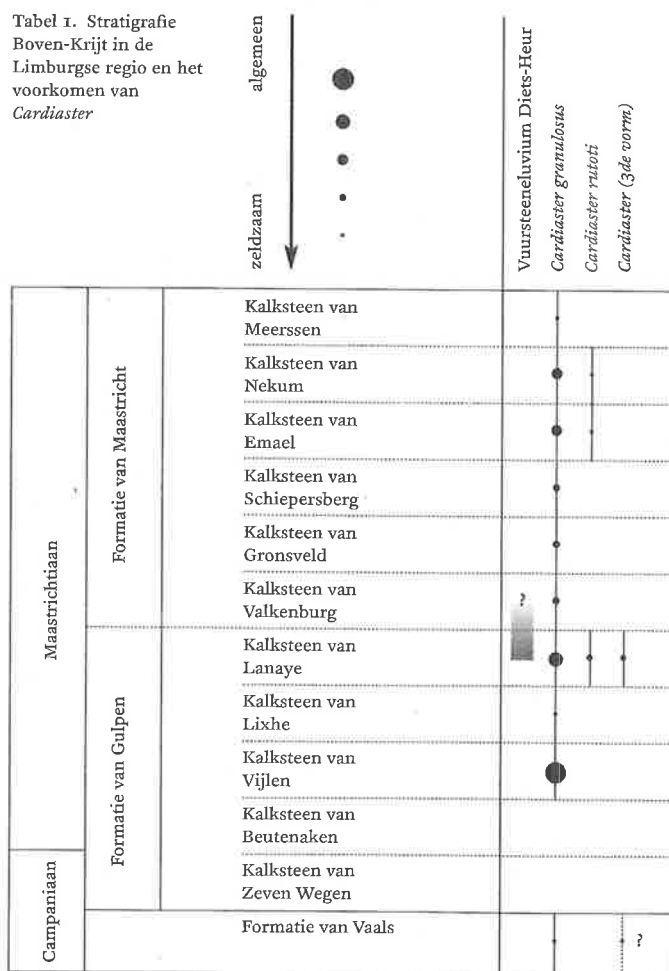
*Cardiaster granulosis* werd voor het eerst beschreven door Goldfuss in 1829.

Het is een hartvormige irreguliere zee-egel, dunschalgig, tot 60 mm lang. De voorste groeve ligt verdiept en wordt aan beide zijden begrensd door een rij forse tuberkels, die doorlopen over de boven- en voorzijde van de corona tot aan de mond. Dit tuberkelpatroon is een typisch kenmerk, vooral voor de fauna die in de Kalksteen van Vijlen voorkomt. De poriënrijen van de zijwaartse ambulacrale velden lopen ongeveer recht en liggen niet verdiept. Een marginaal fasciole is aanwezig. De grenzen van de platen van het plastron staan schuin. *Cardiaster granulosis* komt plaatselijk algemeen voor. In het Limburgse grensgebied wordt *Cardiaster granulosis* voor het eerst aangetroffen in het Vaalser Groenzand (Boven-Campaniaan). In de daarop volgende Kalksteen van Zeven Wegen en Kalksteen van Beutenaken is *Cardiaster* nog niet aangetroffen. Daarna is de zee-egel ononderbroken aanwezig tot op het einde van de Krijtperiode. (Zie ook Tabel 1). Het is de enige irreguliere zee-egel in ons gebied die een dergelijk lange periode aanwezig is. Het is dan ook niet verwonderlijk dat tijdens deze miljoenen jaren lange aanwezigheid, de zee-egel zich meermaals aanpaste aan

verschillende leefomstandigheden. Zo kunnen wij vaststellen dat *Cardiaster granulosis* uit de fijnkorrelige Kalksteen van Vijlen plaatselijk forse tuberkels en bijhorende stekels droeg. *Cardiaster granulosis* uit de grofkorrelige Kalksteen van Nekum daarentegen heeft kleinere en meer egaal verspreide tuberkels. De forse stekels dienden om de ruimte rondom de zee-egel vrij te houden van sediment en om het graven in fijn sediment te vergemakkelijken. Ook de weinige *Cardiasters* die bekend zijn uit het Vaalser Groenzand lijken niet helemaal op die van de Kalksteen van Vijlen, vooral omwille van het afwijkend plastron.

Losse delen, zoals stekels, mond- en anusplaatjes, gaan meestal snel verloren na het afsterven van het dier of worden tijdens het prepareren niet opgemerkt en gaan dan alsnog verloren. In het Natuurhistorisch Museum van Maastricht bevindt zich echter een uitzonderlijk stuk vuursteen met ongeveer 49 samengespoelde exemplaren van *Cardiaster granulosis*, waarbij mond- en anusplaatjes aanwezig zijn. In de Kalksteen van Vijlen kunnen *Cardiasters* en ook andere zee-egels aangetroffen worden met

Tabel 1. Stratigrafie Boven-Krijt in de Limburgse regio en het voorkomen van *Cardiaster*



stekels. Dergelijke, unieke bewaringscondities zijn bewijzen van een snelle inbedding in het sediment. In het vuursteeneluvium uit de Kalksteen van Nekum zijn juveniele *Cardiasters* gevonden. Voor meer gedetailleerde gegevens over de leefomstandigheden, het voorkomen en kenmerken van *Cardiaster granulosus* verwijzen wij naar Jagt & Michels (1986).

Enkele jaren geleden werd in Duitsland een artikel gepubliceerd (Niebuhr, 1997) waarin *Cardiaster cordiformis* (Woodward, 1833) wordt afgebeeld. Het gaat hier om hetzelfde exemplaar dat Ernst (1972) vermeldt als *Cardiaster aff. granulosus*. Ernst beschouwt deze vorm uit het Boven-Campaniaan van Noord-Duitsland als de voorloper van de echte *Cardiaster granulosus*, op basis van de 'primitieve' bouw van het plastron. Hij bevestigt het idee om Holasteroidea te onderscheiden op basis van de bouw van het plastron.

Beide publicaties brachten ons ertoe om zo veel mogelijk *Cardiasters* in verschillende verzamelingen nader te bekijken en vooral de bouw van het plastron na te gaan. Zo blijkt dat *Cardiaster granulosus* uit het Boven-Campaniaan van het Mons-bekken een grote variatie toont in bouw van het plastron (zie Figuur 7). Type 2 en 3 komen ongeveer in dezelfde aantallen voor en vormen 90% van alle *Cardiasters*, type 1 en 4 zijn zeldzamer (samen slechts 10%). Merkwaardig is dat alle vondsten uit hetzelfde niveau afkomstig zijn en er niet of nauwelijks sprake kan zijn van evolutie. *Cardiasters* uit het Boven-Campaniaan van Krons Moor (Duitsland) vertonen eenzelfde variatie. De onderlinge verhouding tussen de 4 plastrontypes werd voor dit materiaal nog niet bestudeerd.

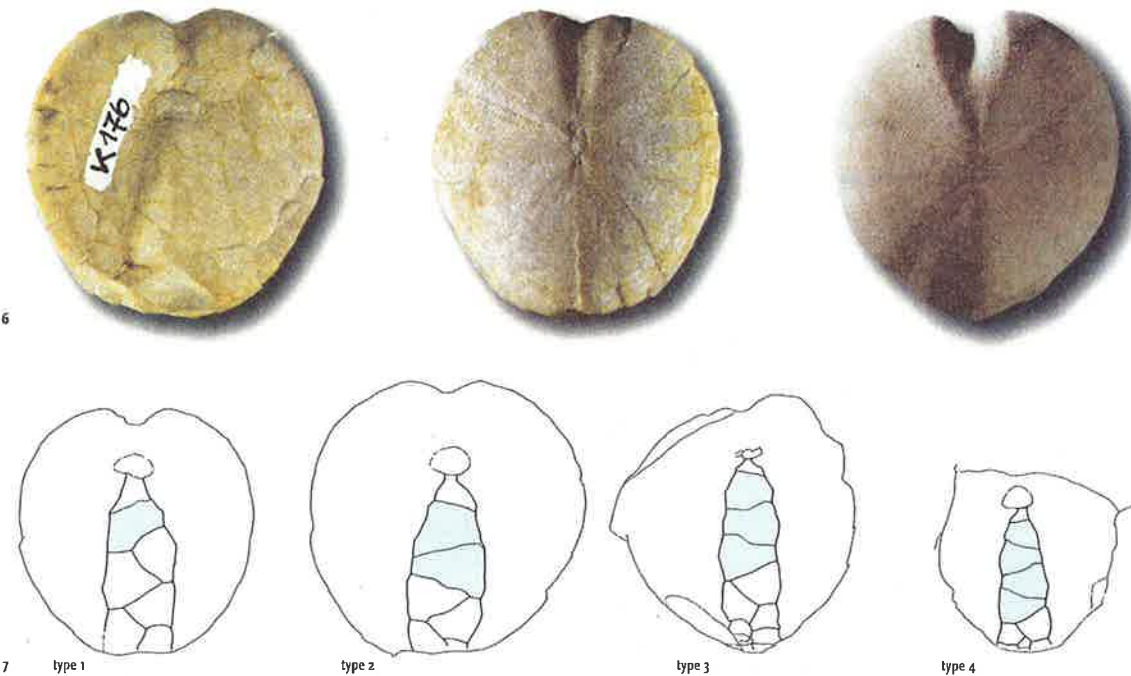
Nadien werden honderden *Cardiasters* uit het Krijt (Kalksteen van

Vijlen, Kalksteen van Lanaye, Kalksteen Emael en Kalksteen van Nekum) van onze regio onderzocht. Ondanks veel goed geconserveerde individuen, konden slechts op enkele exemplaren de plastranden van het plastron waargenomen worden. *Cardiasters* uit de Kalksteen van Vijlen tonen plastrontypes 2 en 3 (zie Figuur 8). Het is aan te nemen dat ook plastrontypes 1 en 4 voorkomen. *Cardiasters* uit jongere lagen dan de Kalksteen van Vijlen hebben meestal plastron type 1 en 2. In het Nederlands grensgebied is uit het Vaalser groenzand één *Cardiaster granulosus* bekend met plastrontype 2 (zie Figuur 8). Tenslotte kan er zelfs variatie optreden binnen hetzelfde type plastron.

Bovenstaande gegevens bevestigen dat *Cardiasters* uit onze regio ook een variabel plastron hebben en er voorlopig geen logisch verband gelegd kan worden tussen de vier types. Een eenduidige verklaring voor de variatie in het plastron kan alleen gegeven worden indien nog meer exemplaren uit verschillende niveaus met elkaar vergeleken kunnen worden. Verder onderzoek en samenwerking tussen amateur- en beroepspaleontologen moet aantonen of het hier gaat om een variatie binnen de soort, dan wel een verschil tussen soorten. In dit kader is er verschillende jaren een goede samenwerking tussen Limburgse amateurs en professionals (Maastricht, Luik, Brussel, Duitsland).

#### EEN NIEUWE CARDIASTERSOORT ?

Dit artikel zou niet volledig zijn indien wij niet een mogelijk derde *Cardiastersoort* uit onze regio ter sprake brengen (zie Figuur 9). Van der Ham *et al.* (1987) vermelden diverse overgangsvormen



Figuur 6. *Cardiaster granulosus* (Goldfuss, 1829)

Figuur 7. Plastronvariatie bij *Cardiaster granulosus* in het Campaniaan van het Mons-bekken (Camera lucida tekeningen)  
type 1: één niet-alternerende sternale plaat (S1190 Spiennes)  
type 2: twee niet-alternerende sternale platen (S1169 Spiennes)  
type 3: drie niet-alternerende sternale platen (S1133 Spiennes)  
type 4: vier niet-alternerende sternale platen (96 Spiennes)

20 tussen *Cardiaster granulosus* en *Cardiaster rutoti*. De mogelijkheid werd geopperd dat ze andere soorten vertegenwoordigen. De lengte bedraagt tot circa 70 mm, meestal tussen die van *Cardiaster granulosus* en *Cardiaster rutoti* in. We kennen zowel opvallend lage als hoge vormen. Het plastron lijkt sterk op dat van *Cardiaster rutoti* (zie Figuur 10), terwijl het peristoom (mond) en de poriënrijen aan de bovenzijde sterk lijken op die van *Cardiaster granulosus*. De granulen (kleinste tuberkels) zijn kleiner dan bij *Cardiaster granulosus* en ongeveer net zo groot als bij *Cardiaster rutoti*. De voorste groeve is diep en ligt op haar hoogste punt in een enigszins verhoogd veld. Vooral dit verhoogd veld en de bouw van het plastron onderscheiden deze soort van de twee gekende soorten. Deze *Cardiaster* wordt aangetroffen in de Kalksteen van Lanaye. Omdat wij ook bij andere zee-egels uit het Krijt een grote variatie kennen (Defour *et al.*, 1994), moeten wij er rekening mee houden dat deze vormen een variatie van *Cardiaster granulosus* of *Cardiaster rutoti* zijn.

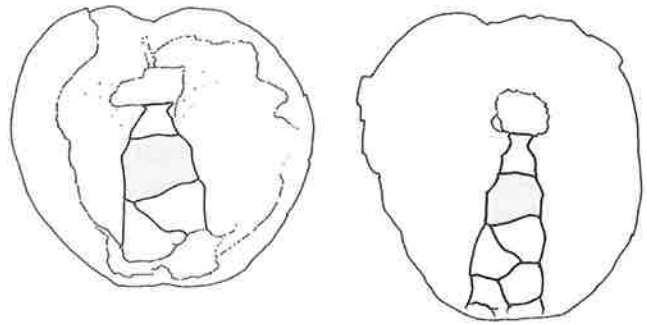
**BESLUIT**

Het verzamelen en vergelijken van *Cardiasters* heeft aangetoond dat het geslacht niet alleen zeer variabel is maar in ons gebied mogelijk meer dan twee soorten omvat. Dankzij recente vondsten op Limburgs grondgebied is meer duidelijkheid gebracht in de systematiek en kan wellicht een derde soort toegevoegd worden. De laatste jaren zijn in de Voerstreek, Elst en andere lokaties in Limburg nieuwe vindplaatsen opgetekend. Het vaak unieke karakter van de Limburgse vondsten opent perspectieven voor de toekomst...

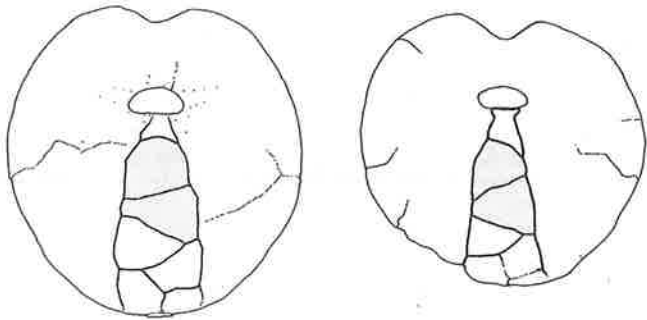
**DANKWOORD**

Dank aan John W.M. Jagt (Natuurhistorisch Museum Maastricht), Werner M. Felder (Vijlen, Nederland), Christian Neumann (Freie Universität Berlin), Klaus Esser (Ellerau, Duitsland) voor het verlenen van toegang tot zijn collectie, Dominique Ceulemans (Mechelen) voor het maken van een aantal foto's, Jules Snellings (Wellen) en Roland Meuris (Beersel) voor het ter beschikking stellen van materiaal.

Figuur 8. Plastron-variantie bij *Cardiaster granulosus* uit het Luik-Limborgse Krijt (Camera lucida tekeningen)



plastrontype 1  
links nr ME14 / vuursteenkern / Millen-Elst / Kalksteen van Emael?  
rechts nr 122 / vuursteenkern / Epen-Vaals (NL) / Kalksteen van Lanaye?



plastrontype 2  
links nr ME15 / vuursteenkern / Millen-Elst / Kalksteen van Emael?  
rechts nr 9 / schaal-exemplaar / Cottessen (NL) / Vaalser groenzand



plastrontype 3  
nr 342 / schaal-exemplaar / Halembaye / Kalksteen van Vylen

## REFERENTIES

- COTTEAU, G., 1890. Notice sur l'*Hemipneustes oculatus* de la Craie de Ciplly et les autres espèces du genre Hemipneustes. Ann. de la Soc. Roy. Mal. de Belgique 25, 4e serie, tome V: 3-10.
- DEFOUR, E., T. GEUSSENS, L. INDEHERBERGE & V. STRIJBOS, 1994. Vormvariëaties van *Hemipneustes striato-radiatus* en *Hemipneustes prunella* in het Boven-Krijt van Limburg. LIKONA Jaarboek 1993: 7-14.
- ERNST, G., 1972. Grundfragen der Stammesgeschichte bei irregulären Echiniden der nordwesteuropäischen Oberkreide. Geol. Jb. A4: 63-175.
- FELDER, W. M., 1975. Lithostratigrafie van het Boven-Krijt en het Dano-Montien in Zuid-Limburg en het aangrenzende gebied. Toelichting bij de geologische overzichtskaart van Nederland: 63-72.
- INDEHERBERGE, L., D. BOGAERTS, T. GEUSSENS & J. SNELLINGS, 1996. Tussen Vechmaal en Kanne: een geologische tocht door het Krijt van Zuidoost-Limburg. LIKONA Jaarboek 1995: 7-15.
- INDEHERBERGE, L., V. STRIJBOS & T. GEUSSENS, 1993. Voorkomen van het vuursteeneluvium uit het Boven-Krijt in het heuvellandschap tussen Zichen (Riemst) en Sluizen (Tongeren). LIKONA Jaarboek 1992: 7-14.
- JAGT, J.W.M. & G.P.H. MICHELS, 1986. *Cardiotaxis heberti* (Cotteau, 1860) en *Cardiaster granulosus* (Goldfuss, 1828) uit het onderste deel van de Formatie van Gulpen (Boven-Krijt): paleobiologie, voorkomen en systematiek. Grondboor en Hamer 40: 185-205.
- JAGT, J.W.M., 2000. Late Cretaceous-Early Palaeogene echinoderms and the K/T boundary in the southeast Netherlands and northeast Belgium, Part 4: Echinoids. Scripta Geologica 121: 181-375.
- JEFFERY, C.H., 1999. A reappraisal of the Phylogenetic relationships of somaliasterid echinoids. Palaeontology, Vol. 42, Part 6: 1027-1041, 1pl.
- KUTSCHER, M., 1978. Neue Echiniden aus dem Unter-Maastricht der Insel Rügen: 1. Holasteridae. Durham & Melville, Z. Geol. Wiss. 6: 627-639.
- LAMBERT, J., 1898. Note sur les Échinides de la Craie de Ciplly. Bull. Soc. Belge Géol., Pal., Hydrol. 11: 141-189.
- LAMBERT, J., 1911. Description des Échinides Crétacés de la Belgique. Mém. Mus. Roy. Hist. nat. Belg., 4: 1-81.
- MEIJER, A.W.F., 1981. *Toxopatagus rutoti*, een zeldzame irregulaire zee-egel uit de Limburgse krijt afzettingen. Nat. Hist. Maandbl. 70: 192-193.
- MOORE, R.C. (EDS), 1966. Treatise on invertebrate paleontology, Part U: Echinodermata. Univ. Kansas Press.
- MUTTERLOSE, J., A. BORNEMANN, S. RAUER, C. SPAETH & C.J. WOOD, 1998. Key localities of the Northwest European Cretaceous. Bochumer Geologische und Geotechnische Arbeiten, Heft 48. Ruhr-Universität Bochum.
- NIEBUHR, B., R. VOLKMANN & J. SCHÖNFELD, 1997. Das obercampane polyplacum-Event der Lehrter Westmulde (Oberkreide, N-Deutschland): Bio-/ Litho-/ Sequenzstratigraphie, Fazies-Entwicklung und Korrelation. Freiburger Forschungsheft, C468: 211-243.
- ROBASZYNSKI, F. & W.K. CHRISTENSEN, 1989. The Upper Campanian-Lower Maastrichtian chalks of the Mons basin Belgium: a preliminary study of belemnites and foraminifera in the Harmignies and Ciplly areas. Geol. en Mijnbouw 68: 391-408.
- SAVCHINSKAYA, G.Y., 1974. Atlas of the Upper Cretaceous fauna of the Don Basin. Nedra Press, Moscow, 639p., 128pls. (in het Russisch).
- SMISER, J.S., 1935b. A monograph of the Belgian Cretaceous echinoids. Mém. Mus. Roy. Hist. Nat. Belg. 68.
- SMITH, A.B. & C.H. JEFFERY, 2000. Maastrichtian and Palaeocene echinoids: a key to world faunas. Special Papers in Palaeontology n° 63, The Palaeontological Association.
- SMITH, A.B., 1984. Echinoid Palaeobiology. London.
- VAN DER HAM, R.W.J.M., W. DE WIT, M. ZUIDEMA & M. VAN BIRGELEN, 1987. Zee-egels uit het Krijt en Tertiair van Maastricht, Luik en Aken. Publ. Nat. Hist. Gen. in Limburg, Reeks XXXVI.



Figuur 9. *Cardiaster* (3de vorm) uit het vuursteeneluvium van Halenbaye. (nr. 17)

Figuur 10. Plastronbouw bij *Cardiaster* (3de vorm): links nr. 11 / Halenbaye, midden nr. 15 / Halenbaye, rechts nr. 656 / Glons