

Trilobieten in vogelvlucht:

de collectie van het Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis

door dr. F. Hartl en dr. C. Winkler Prins

Inleiding

Trilobieten hebben altijd tot de verbeelding gesproken en deze groep van uitgestorven organismen behoort met de dinosaurïërs en de ammonieten tot de meest populaire fossielen. Zij vormen de juweeltjes in elke fossielenverzameling. De term trilobiet is ook bekend bij leken, die niet geïnteresseerd zijn in fossielen. Zij kunnen zich er meestal niets bij voorstellen, maar zij weten dat het om een bijzonder soort fossiel gaat. Hun roem en het feit, dat zij goed bruikbaar zijn voor stratigrafisch onderzoek in het Onder-Paleozoïcum, heeft gemaakt dat de trilobieten tot de best bestudeerde groep ongewervelde fossielen behoren. De beschikbare gegevens worden gebruikt in verschillende takken van de aardwetenschappen, zoals (bio)stratigrafie en paleogeografie. Trilobieten zijn uitgestorven, in zee levende geleedpotigen, die uitsluitend in het Paleozoïcum gevonden worden. Zij hadden een pantser van chitine, dat gedeeltelijk geïmpregneerd is met calciumcarbonaat en -fosfaat. Dit pantser bestaat uit drie delen (lobben), zowel in de lengte (kop = cephalon, gesegmenteerde thorax en staartstuk = pygidium) als in de breedte (centraal deel duidelijk gescheiden van de laterale gedeelten), vandaar de naam. Op grond van de kenmerken van het pantser worden momenteel zo'n 1500 genera onderscheiden met ca. 15000 verschillende soorten. Zij komen over de hele wereld voor en variëren in ouderdom van Cambrium tot Perm; ze hebben de zeeën gedurende ruim 350 miljoen jaar bevolkt. In de nieuwste editie van de *Treatise* (Moore, 1997) worden 8 ordes onderscheiden, bestaande uit verschillende onderordes en superfamilies (voor de in de tekst gebruikte nummers zie de indeling in het artikel 'Systematiek van de klasse Trilobita'). Apart staat een zustergroep zonder gemineraliseerd pantser, de Naraoïidae, waarvan de orde onzeker is. Whittington (1985) noemde deze groep Nektaspida.

1. Redlichiida (Onder – Midden-Cambrium)

Suborde Olenellina

- Superfamilie Fallotaspidoidea **1A**
- Superfamilie Olenelloidea **1B**

Suborde Redlichiina

- Superfamilie Emuelloidea **1C**
- Superfamilie Paradoxidoidea **1D**
- Superfamilie Redlichiioidea **1E**

2. Agnostida (Onder-Cambrium – Boven-Ordovicium)

Suborde Agnostina

- Superfamilie Agnostoidea **2A**
- Superfamilie Condylopygoidea **2B**

Suborde Eodiscina **2C**

3. Corynexochida (Onder-Cambrium – Midden-Devoon)

Suborde Corynexochina **3A**

Suborde Illaenina **3B**

Suborde Leiostegiina **3C**

4. Lichida (Midden-Cambrium – Midden-Devoon)

Superfamilie Dameselloidea **4A**

Superfamilie Lichoidea **4B**

Superfamilie Odontopleuroidea **4C**

5. Phacopida (Onder-Ordovicium – Boven-Devoon)

Suborde Calymenina **5A**

Suborde Cheirurina **5B**

Suborde Phacopina **5C**

Superfamilie Acastoidea **5C**

Superfamilie Dalmanitoidea **5D**

Superfamilie Phacopoidea **5E**

6. Ptychopariida (Onder-Cambrium – Boven-Devoon)

Suborde Harpina **6A**

Suborde Olenina **6B**

Suborde Ptychopariina **6C**

Superfamilie Ellipsocephaloidea **6C**

Superfamilie Ptychoparioidea **6D**

7. Asaphida (Boven-Cambrium – Siluur)

Superfamilie Anomocaroidea **7A**

Superfamilie Asaphoidea **7B**

Superfamilie Cyclopygoidea **7C**

Superfamilie Dikelocephaloidea **7D**

Superfamilie Remopleuridoidea **7E**

Superfamilie Trinucleoidea **7F**

8. Proetida (Ordovicium – Perm)

Superfamilie Proetoidea **8A**

Familie Proetidae **8A1**

Familie Phillipsiidae **8A2**

Superfamilie Aulacopleuroidea **8B**

Superfamilie Bathyrhoidea **8C**

De collecties

In de eerste tijd na de stichting van het Rijks Museum van Natuurlijke Historie (RMNH) in 1820 vormde de paleontologie een onbelangrijk deel van de collecties, waarbij het fossielmateriaal onderdeel vormde van de verschillende zoölogische collecties. Het aandeel van de trilobieten was te verwaarlozen.

Met de schenking aan het museum van de Staring collectie, bijeengebracht door de Commissie voor de vervaardiging van de eerste geologische kaart van Nederland, kwam een geologische collectie met een wetenschappelijke achtergrond in ons bezit. Deze collectie bevatte logischerwijs slechts enkele trilobieten uit zwerfstenen (Fig. 1), die overigens niet echt wetenschappelijk bewerkt waren.

Nadat de geologische collecties in 1878 aan de hoede van professor K. Martin waren toevertrouwd en zo het Rijksmuseum van Geologie en Mineralogie was gecreëerd dat onder het bestuur van de Rijksuniversiteit Leiden (RUL) viel, werd meer aandacht besteed aan de completering van de paleontologische collecties voor de tentoonstelling en het onderwijs van de studenten. Van de meeste belangrijke groepen trilobieten en uit verschillende tijdperken werd materiaal aangekocht. Het wetenschappelijk onderzoek richtte zich echter vooral op de kenozoïsche mollusken en foraminiferen uit het toenmalige Nederlands Indië. Het geologisch materiaal verzameld tijdens de eerste Snellius Expeditie in Indië bevatte een kleine, maar interessante collectie trilobieten uit het Perm van Timor (Fig. 2).

Het zal duidelijk zijn, dat na de opheffing van het Geologisch Instituut van de Rijksuniversiteit Leiden voor het museum geen plaats meer was bij de RUL en het werd dan ook in 1984 overgedragen aan het Ministerie van CRM onder gemeenschappelijk directoraat met het RMNH, waarna de twee instellingen in 1990 weer fuseerden onder de naam Nationaal Natuurhistorisch Museum (NNM). Het was logisch, dat na de opheffing van het Instituut de geologische collec-

ties in ons bezit kwamen. Hiertoe behoorde o.a. een belangrijke collectie Devoon trilobieten, bijeengebracht in het kader van het Devoon project in het Cantabrisch Gebergte (Noord-Spanje) en bewerkt door Smeenk (promotie in 1983). Ook al bevat een dergelijke collectie weinig materiaal dat geschikt is om tentoon te stellen (een groot deel zijn losse pygidia of cranidia/cephalons), dan is het wetenschappelijk gezien toch van groot belang, daar de vindplaatsen goed gedocumenteerd zijn, zodat nauwkeurig bekend is uit welke laag de fossielen stammen, en de collectie type materiaal van nieuwe soorten bevat (Fig. 3). Een deel van het materiaal wacht nog op beschrijving. Het onderzoek in het Cantabrisch Gebergte leverde ook sporen van trilobieten op, *Cruziana*, de enige fossielen die daar in de ordovicische kwartsieten te vinden zijn (Fig. 4). Eén van de auteurs (CWP) verricht al vele jaren stratigrafisch onderzoek aan het Carboon van het Cantabrisch Gebergte (zie Winkler Prins, 2000) en verzamelt daarbij ook de trilobieten, die hij aan een collega in Würzburg (professor J. Gandl) ter bewerking uitgeleend heeft, die zelf ook in het Carboon van het Cantabrisch Gebergte actief onderzoek verricht (Gandl, 1985). Door drukke werkzaamheden en het feit, dat de Boven-Carboon trilobieten steeds slecht bekend zijn, schiet het werk niet snel op, maar wel zijn vele nieuwe vormen gevonden, die voor een belangrijk deel nog beschreven moeten worden (Fig. 5).

Toen de nationale natuurhistorische presentatie aan het NNM was toegewezen, werd geld uitgetrokken om collecties aan te vullen met tentoonstellingsmateriaal. Een belangrijke collectie, die aangeschaft werd, was die van Duveen, die o.a. fraaie trilobieten bevat (Fig. 6). Andere fraaie trilobieten o.a. met ogen op steeltjes, die speciaal voor de fossielen-tentoonstelling, de zgn. Oerparade, aangeschaft zijn, komen uit het Ordovicium van Rusland (Fig. 7). Sinds de opening in 1997 door H.M. Koningin Beatrix kan dit materiaal nu ook door het publiek bewonderd worden. Hoewel medewerkers van het museum nooit zelf actief aan trilobieten-onderzoek gedaan hebben, is zo toch een interessante collectie bijeengebracht. We prijzen ons gelukkig, dat we gastmedewerkers bereid hebben gevonden ons te helpen bij het werken aan de trilobieten. Oorspronkelijk had de helaas te vroeg overleden heer Bert Kokmeier deze taak op zich genomen; gelukkig helpt nu Frantisek Hartl ons met het op peil houden van de trilobieten-collecties en het uitdragen van de kennis daarover. Het onderstaand overzicht van de trilobieten in ruimte en tijd is geïllustreerd aan de hand van materiaal uit de Naturalis-collectie.

Overzicht van trilobieten in ruimte en tijd

De oudste groep trilobieten was de suborde Olenellina (**1A**) uit het Onder-Cambrium (ca. 540 miljoen jaar geleden), spoedig gevolgd door de kleine, blinde Agnostida (**2**). De trilobieten waren wijd verspreid gedurende het Midden- en Boven-Cambrium, waarbij de nogal conservatieve Olenina (**6B**) overheersten (Fig. 8). Na een uitstervingsperiode aan het eind van het Cambrium, koloniseerden nieuwe Ordovicische groepen ook andere milieus, zoals riffen. Veel van deze succesvolle groepen, b.v. de Trinucleoidea (**7F**), stierven echter uit aan het eind van het Ordovicium. De overlevenden waren groepen die zich makkelijk konden aanpassen en daardoor een lange levensduur hadden, zoals de Proetida (**8**) en sommige Illaenina (**3B**). Na een zekere stagnatie gedurende het Siluur, ontwikkelden de trilobiet fauna's zich verder gedurende het Onder-Devoon. In het Midden- en Boven-Devoon stierf het merendeel van de trilobiet groepen uit; slechts enkele vertegenwoordigers van de orde Proetida (**8**) overleefden dit, zoals de "brave soldaat Schweik", en gingen door tot het Boven-Perm. Het uitsterven van de laatste Permische proëtiden, die behoren tot de kleine en gelijkvormige familie Phillippsiidae (Fig. 2) (**8A2**) en die in warm, ondiep water nabij de kust van het supercontinent Pangaea leefden, hing waarschijnlijk samen met de daling van het zeeniveau die ook zoveel andere mariene ongewervelden noodlottig is geworden.

De zeer variabele, soms zelfs bizarre architectuur van het trilobiet-pantser (Fig. 9, zie ook de voorplaat!). Dit is meestal 2-10 cm lang, is in hoge mate functioneel en bestaat uit verschillende organen van vitale betekenis, zoals mechanische en chemische receptoren. Zeer interessant zijn de ogen, die bestaan uit vele ommatidia, in sommige

gevallen wel 15000, zoals in de ordovicische *Amphytrion* (Remopleuroidea, **7E**). Zij zijn elk bedekt door een cirkelvormige of hexagonale lens. Sommige ontwikkelingslijnen waren zonder ogen, zoals de Agnostida (**2**) en Trinucleoidea (**7F**), terwijl een groot aantal trilobieten hun ogen later verloren hebben, waarschijnlijk door afotische milieu-omstandigheden (b.v. modderige diepzeebodem).

Pas in de laatste tijd worden de levensgewoonten van trilobieten in detail bestudeerd vanuit ecologisch oogpunt. De meeste cambrische soorten kropen over de bodem, alleen kleine agnostiden (**2**) en larven zwommen. Vanaf het begin van het Ordovicium zijn de leefgewoontes echter sterk gedifferentieerd. Over de bodem kruipende soorten zijn vaak zeer groot (Fig. 10) - recordhouder is een 75 cm lange *Uralichas* (Lichoidea, **4B**) - en hebben een knobbelig pantser, een prominente glabella, middelmatig tot grote ogen en lange wangpunten (Fig. 6a). Gravende soorten, b.v. sommige Illaenina (**3B**) en Homalonotidae (Calymenina, **5A**), hebben een wijde rhachis, (meestal) een glad pantser, een sterk convex lichaam in dwarsdoorsnede (Fig. 9a, 11), evenals een kort en stijf pygidium; soms hebben zij ogen op steeltjes (Fig. 7a-b). Daarnaast waren er soorten met een brede rand (Harpina, **6A**, en Trinucleoidea, **7F**), die als een sneeuwpluig door het losse sediment gingen en die het organische materiaal uit de modder zeeften (Fig. 12). Epifytische trilobieten (b.v. vastgehecht aan algen) zijn klein (meestal een paar mm lang) en licht van gewicht zodat ze in de vegetatie konden leven (b.v. sommige Agnostida: **2**). Goede zwimmers (nektisch of planktisch) zijn herkenbaar aan thorax-segmenten met korte pleurae, een rhachis van enorme afmetingen vanwege de robuuste musculatuur en grote ogen, b.v. Cyclopygoidea (**7C**). Hun goede aanpassingsvermogen blijkt uit het feit dat trilobieten in praktisch elk marien sedimentair gesteente (zandsteen, kiezelgesteente, schalie, kalksteen, ijzererts, kwartsiet, vulkanische tuf enz.) gevonden worden. De flexibele thorax maakte dat een trilobiet niet alleen kon kruipen, graven en zwemmen, maar zich ook kon oprollen (Fig. 2b, 13), wat meestal gezien wordt als een manier om de weke delen tegen predatoren te beschermen. De buikzijde van de kop werd dicht tegen het pygidium aangedrukt en de borstvliezen kwamen gedeeltelijk over elkaar heen te liggen. Lang niet alle trilobieten konden zich echter oprollen, Olenelloidea (**1B**) en Redlichioidea (**1E**) b.v. konden dit niet, terwijl sommige Remopleuroidea (**7E**) gedurende hun evolutie verstoken waren van dit mechanisme. Trilobieten waren vooral aaseters en leefden voorts van organische resten op de zeebodem of in het zachte sediment. Behalve de epiplanktische of pelagische vormen, waren de meesten moddereters of filterden zij het voedsel uit het zeewater. Gefossileerde trilobietensporen tonen aan dat sommige trilobieten hun prooi achterna joegen, b.v. sommige Cyclopygoidea (**7C**) en Phacopida (**5**). Hun jachtvaardigheden worden o.a. gesuggereerd door hun vergrote ogen (Fig. 9d).

Trilobieten zijn vaak gebruikt voor de reconstructie van verdwenen werelden. Zij bevolkten de ondiepe zeeën die het binnenland van Noord-Amerika overspoelden gedurende het Ordovicium en zij waren talrijk in de zeeën die de koude oevers van Gondwana omspoelden. Zij kropen in de zachte modder van het gebied dat we nu kennen als Zuid-Zweden en Estland. Toen de ordovicische continenten, zo'n 470 miljoen jaar geleden, waren verspreid over de oceanen, ontwikkelden de trilobieten zich op verschillende manieren op de verschillende platen - in het bijzonder wanneer zij op verschillende breedtegraden lagen. Elk continent had zijn eigen fauna, waarbij vooral de trilobieten belangrijk waren. Karter de trilobieten en je maakt een kaart van de continenten (Fig. 14a): Laurentia (Noord-Amerika, Groenland en noordelijk Schotland), Baltica (Noorwegen, Zweden, de Baltische republieken, Rusland tot aan de Oeral), Siberië, Gondwana (Australië, Zuid-Amerika, het schiereiland van India, Afrika, Antarctica), en een aantal microcontinenten zoals Perunica (Bohemen, dat tussen Baltica en noordoostelijk Gondwana lag), of Avalonia (vnl. zuidelijk Groot-Britannië, dat van Gondwana losgebroken was, en noordwaarts gemigreerd via de Iapetus Oceaan en verenigd met Baltica en Laurentia). De verdeling van trilobieten in het Ordovicium is goed bekend en vier vroeg-ordovicische provincies worden onderscheiden, genoemd naar karakteristieke vormen. Slechts enkele genera waren cosmopolitisch, zoals de planktonische

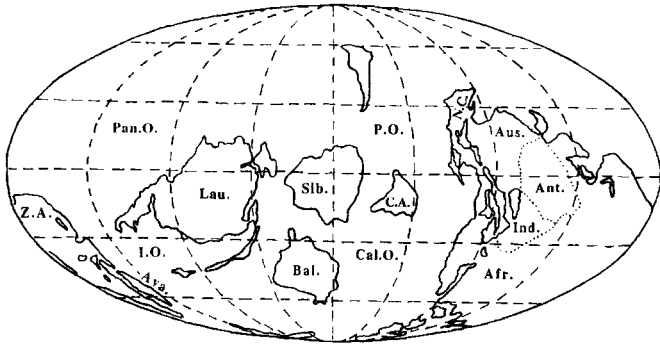


Fig 14a. Gereconstrueerde wereldkaart; A: van het Onder-Ordovicium (480 miljoen jaar geleden); B: van het Boven-Ordovicium (450 miljoen jaar geleden). Afkortingen: Pan.O. – Panthalassa Oceaan; P.O. – Prototethys Oceaan; Cal.O. – Caledonisch Oceaan; I.O. – Iapetus Oceaan; Z.A. – Zuid-Amerika; Ava. – Avalonia; Lau. – Laurentia; Sib. – Siberië; Bal. – Baltica; C.A. – Centraal Azië (Kazakhstan); N.S. Noord-China; Aus. – Australië; Ind. – Indië; Ant. – Antarctica; Afr. – Afrika. Helemaal boven op bevindt zich het continent Amuria (zonder afkorting)

Geragnostus, Howell, 1935 (2A) (vondsten bekend uit Zweden, Noorwegen, Frankrijk, Tsjechië, Schotland, Canada, Argentinië, Turkije, Tadzjikistan, Uzbekistan, China, USA, Maleisië). Elke provincie had endemische families en endemische genera van meer wereldwijd verspreide families. Tijdens het Onder-Ordovicium spreidde het reusachtige continent Gondwana zich uit van de Zuidpool (Afrikaanse plaat), tot de equator (Australische plaat). Ten eerste had dit continent op hoge breedte een kustzee met koudwater-fauna's met *Calymenina* (Fig. 15) (5A), *Dalmanitoidea* (5D) en *Selenopeltis* (Odonopleuroidea 4C; Fig. 16), b.v. in Frankrijk, Spanje, Centraal Europa en Turkije. Ten tweede waren er de kustzeeën op lage breedte van Gondwana (nu: China en Australië) met een fauna van *Dikelocephaloidea* (7D). Ten derde zijn er de tropische platforms van Laurentia en Siberië met een fauna van *Bathyrroidea* (8C). Ten slotte is er het geïsoleerde Baltisch-Russische platform (Baltica), op gematigde breedte, met een endemische fauna van *Asaphida* (7) (Fig. 7a). Andere fossielen, zoals brachiopoden en weekdieren, zijn ook endemisch in deze zelfde vier provincies. Aan het eind van het Ordovicium vormde zich een polaire ijskap, die zich sterk uitbreidde gedurende het Hirnantien. Dit veroorzaakte een wereldwijd uitsterven en wordt beschouwd als de voornaamste oorzaak van het verdwijnen van het provincialisme op de grens Ordovicium – Siluur. Na de glaciatie herstelden zich de trilobietenfauna's slechts langzaam. Daar de continenten toen dicht bij elkaar lagen (Fig. 14b) verspreidden de tropisch/gematigde fauna's zich wereldwijd, behalve de koudwater- *Clarkeia*-fauna. Het Onder-Devoon was weer een tijd van toenemend provincialisme.

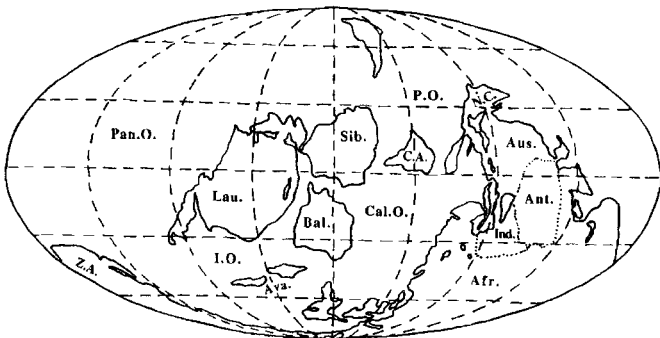


Fig 14b.

Trilobieten hebben een grote stratigrafische waarde in het Cambrium en Ordovicium. Het Cambrium wordt praktisch geheel ingedeeld op trilobieten (zgn. indexfossielen), die talrijk en makkelijk te herkennen zijn en vaak een korte verticale en een brede horizontale versprei-

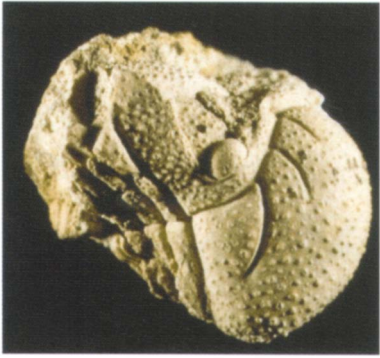
ding hebben. Correlatie tussen de verschillende faunaprovincies in het Ordovicium is echter alleen mogelijk wanneer fauna's gemengd zijn of met behulp van pelagische trilobieten. Vanaf het Siluur zijn trilobieten niet meer van veel stratigrafisch belang. Voor lokale correlaties kunnen zij echter zeker nuttig zijn en hun belang kan nog toenemen.

Naar verwachting zal de heruitgave van het trilobieten-deel van de "Treatise" (eerste deel: Moore, 1997) de vooruitgang laten zien van het trilobieten-onderzoek in de laatste decennia en de huidige stand van zaken weergeven, hoewel het uiteraard altijd achter ligt op de allernieuwste ontwikkelingen.

Literatuur

- Gandl, J., 1985. Trilobites from the Upper Carboniferous of the Cantabrian Mountains (NW-Spain) and their biostratigraphical significance. *Compte Rendu X Congrès International du Stratigraphie et Géologie du Carbonifère*, Madrid, 1983, vol. 2: 501-507.
- Gheyselinck, R.F.Ch.R., 1937. Permian trilobites from Timor and Sicily, with a revision of their nomenclature and classification. *Scheitema & Holkema*, Amsterdam (proefschrift).
- Kaesler, R.L. (editor) 1997. *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part O, Arthropoda 1, Trilobita*. Geological Society of America Inc. & University of Kansas Press, New York (revised edition).
- Smeenk, Z., 1983. Devonian trilobites of the southern Cantabrian Mountains (northern Spain) with a systematic description of the *Asteropyginae*. *Leidse Geologische Mededelingen*, 52, 2: 383-511.
- Whittington, H.B., 1985. *Tegopelte gigas*, a second soft-bodied trilobite from the Burgess Shale, British Columbia. *Journal of Paleontology*, vol. 59: 1251-1274.
- Winkler Prins, C.F., 2000. Het Steenkooltijdperk en de brachiopoden. *Grondboor & Hamer*, 54, 2/3: 30-32.

1. *Acanthoparypha tumida* (Angelin, 1854) (5B) uit midden-ordovicische zwerfsteen van Zwiepsche berg (Staring coll.; RGM 15386); afm. 20 mm.
2. *Pseudophilipsia breviceps* (Gheyselinck, 1937) (8A2), dubbelgeklapt exemplaar (RGM 187281), Perm van Timor (Indonesië); cephalon van boven gezien; breedte cephalon 21 mm.
3. *Greenops (Greenops) ultimis* Smeenk, 1983 (5C), pygidium (RGM 339276, holotype), uit het Boven-Devoon (Frasnien) van Veneros, León, Spanje. Breedte pygidium: 11 mm.
4. *Cruziana* sp., kruispoor van een trilobiet, Ordovicische kwartsiet, provincie León, Spanje. RGM 244959. Breedte 14 cm.
5. Steenkern van compleet groot exemplaar van nog onbeschreven soort, waarschijnlijk behorende tot het geslacht *Ditomopyge* Newell, 1931 (8A2). Boven-Carboon (Stephanien) van Herrerueta de Castillera, Palencia, Spanje. Lengte 41 mm.
- 6a. *Paradoxides gracilis* (Boeck, 1827) (1D) uit het Midden-Cambrium van Tsjechië (RGM 291248); lengte 147 mm;
- 6b. *Homotelus bromidensis* Esker, 1964 (7B) uit het Boven-Ordovicium van de USA (RGM 352237); lengte gemiddeld exemplaar 73 mm;
- 6c. *Leonaspis* sp. (4C) uit het Onder-Devoon van Marokko (RGM 377419); breedte thorax 18 mm;
- 6d. *Ceraurus pleurexanthemus* Green, 1832 (5B) uit het Midden-Ordovicium van Canada (RGM 344631); breedte 28 mm.



1



2



3



4



5



6b



6a



6c



6d



7a



7b



7c



7d



8

7a. *Neosaphus kowalewskii* (Lawrow, 1858) (7B) (RGM 344964); breedte 38 mm;
 7b. *Cybele belatula* (Dalman, 1827) (5B) (RGM 344968); breedte 38 mm;
 7c. *Illaenus tauricornis* Kutorga, 1848 (3B) (RGM 344965); lengte 74 mm;
 7d. *Hoploichoides furcifer* (Schmidt, 1885) (4B) (RGM 36199); lengte 62 mm.
 Alle compleet uitgeprepareerde exemplaren uit het Midden-Ordovicium van de omgeving van St. Petersburg (Rusland).
 8. *Elrathia kingii* (Meek, 1870) (6D); lengte 23 mm; uit het Midden-Cambrium van de USA. (RGM 352147)



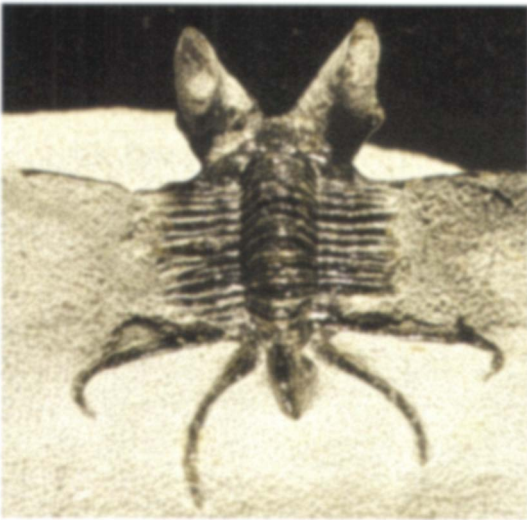
9a



10b



9d



9c



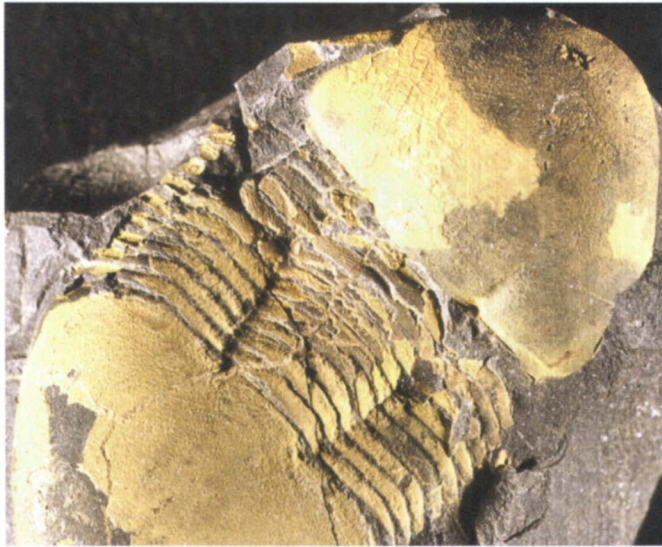
9b



10a

- 9a. *Paralejurus dormitzeri* (Barrande, 1852) (3B) (RGM 344420); breedte 31 mm;
 9b. *Dicranurus monstrosus* Barrande, 1852 (4C) (RGM 344412); lengte exclusief stekels 49 mm;
 9c. *Ceratarges* sp. (4B) (RGM 344628); breedte thorax 25 mm.
 Allen uit het Onder-Devoon van Marokko.
 9d. *Eldredgeops rana crassituberculatus* (Stumm, 1953) vroeger: *Phacops rana crassituberculata* Stumm; uit het Midden-Devoon van de USA (RGM 164456); lengte 64 mm.
 10a. *Isotelus maximus* (Locke, 1838) (7B) uit het Boven-Ordovicium van de USA (RGM 344421); lengte 156 mm;
 10b. *Huntonia lingulifera* (Ulrich et Delo, 1940) (5D) uit het Onder-Devoon van de USA (RGM 344417); breedte 31 mm.

Voorplaat. *Psychopyge elegans* Termier & Termier, 1950 (5D) (RGM 344633); lengte zonder "snavel" 86 mm.
 Achterplaat. *Odontochile (Spinodontochile) spinifera* (Barrande, 1846) (5D) uit het Onder-Devoon van Marokko (RGM 344625); breedte cephalon 87 mm.



11



12



13

11. *Ectillaenus parabolinus* (Novák, in Perner, 1918) (3B) uit het Onder-Ordovicium van Tsjechië (RGM 352209); lengte 63 mm.

12. *Cryptolithoides ulrichi* Whittington, 1941 (7F) uit het Boven-Ordovicium van de USA (RGM 352211); lengte 13,5 mm.

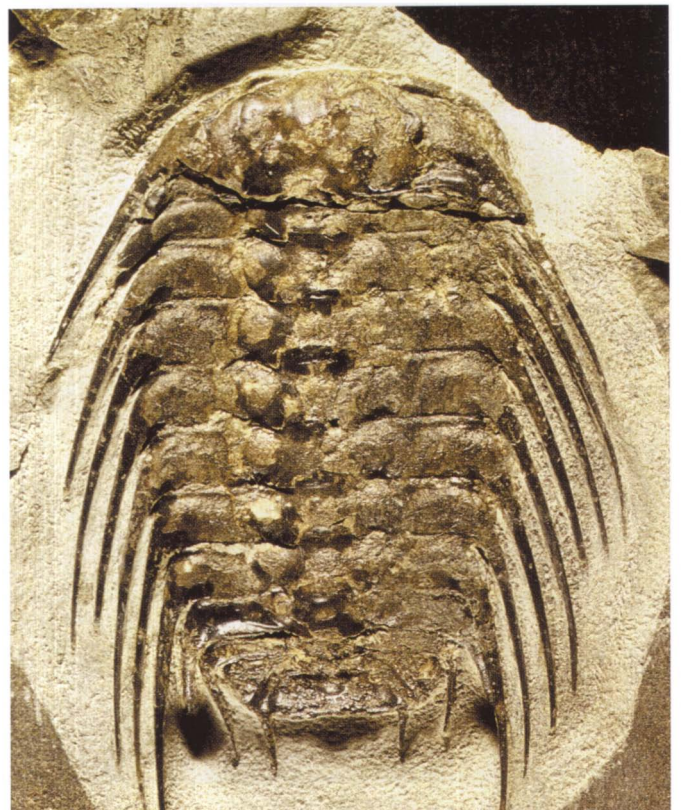
13. *Cordania falcata* Whittington, 1960 (8B) uit het Onder-Devoon van de USA (RGM 344424); breedte cephalon 15,5 mm.

15. *Prionocheilus mendax* (Vanek, 1965) (5A) uit het Midden-Ordovicium van Tsjechië (RGM 352203); lengte 25,5 mm.

16. *Selenopeltis* sp. (4C) uit het Midden-Ordovicium van Marokko (RGM 344413); lengte 135 mm.



15



16