

Trilobieten in Polen

door ir. A.A. Slupik,
Natuurmuseum Rotterdam, Westzeedijk 345, 3015 AA Rotterdam
e-mail: slupik@nmr.nl prive: aslupik@hetnet.nl

Inleiding

Het territorium van Polen heeft een lange en gecompliceerde geologische geschiedenis ondergaan. Dit wordt weerspiegeld in de verschillende geologische eenheden die in Polen te onderscheiden zijn. Deze eenheden zijn gevormd tijdens verschillende cycli van bergteevorming. Een groot deel van Polen is bedekt met Pleistoceen, maar in het zuidelijke deel van Polen komen oudere afzettingen aan het oppervlak. Uiteraard zijn afzettingen ouder dan Pleistoceen wel bekend uit boringen in heel Polen.

Geologische eenheden

De in Polen voorkomende geologische eenheden vertegenwoordigen de orogene cycli vanaf Precambrium tot en met de Alpiene orogenese (Afb. 1). In het oosten ligt het Oost-Europees Platform. De westelijke rand van deze structuur loopt dwars door Polen in noordwest-zuidoostelijke richting. Het Oost-Europees Platform is een geologische structuur die tijdens verschillende plooiingsfasen in het Precambrium gevormd is. Het Platform is een zeer geconsolideerde en stabiele eenheid, die vanaf het Cambrium geen plooiingen meer heeft ondergaan. Sindsdien hebben slechts verticale bewegingen en breuktektoniek plaatsgevonden.

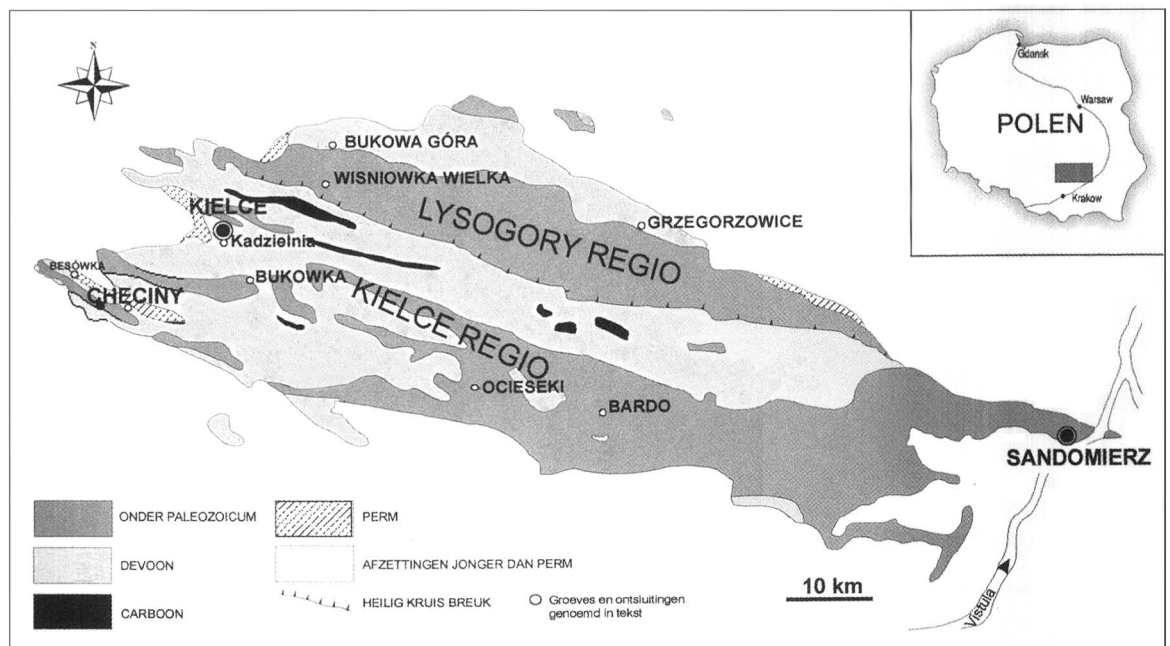
Ten westen van het Oost-Europees Platform bevindt zich een langgerekte, dwars door Polen in de richting noordwest-zuidoost lopende structuur: de Pools-Deense Trog. Dit was vanaf het Perm een dalend gebied, waarin een bijna complete opeenvolging van afzettingen vanaf Perm tot Tertiair voorkomt. Deze afzettingen liggen op een oude Paleozoïsche ondergrond, die structureel beïnvloed was door de Caledonische en Variscische (Hercynische) orogenese. Vanaf het Tertiair zijn de dalende bewegingen veranderd in opheffingen, waardoor in het zuiden van de trog de Paleozoïsche structuren ontdaan werden van hun Mesozoïsche bedekking en aan de oppervlakte kwamen.

In het zuiden van Polen ligt het Karpaten-blok dat in het Tertiair is gevormd als onderdeel van de Alpiene gebergtegedels. Aan de noordelijke zijde van het Karpaten-blok ligt de Voor-Karpatische Depressie - een dalend gebied dat ontstond tijdens plooiingen van de Karpaten in het Laat-Tertiair.

Ten noorden van de Karpaten bevindt zich het Variscische gebied. Het is een plateau, waarin zich de geplooidde Paleozoïsche structuren van Variscische afkomst bevinden. Deze geplooidde structuren van Variscische afkomst bevinden. Deze geplooidde structuren zijn bedekt met Permo-Mesozoïsche gesteenten. Slechts in sommige delen komen de Paleozoïsche rotsen aan de oppervlakte. Dit is het



Afb. 1. Geologische en morfologische eenheden in Polen.



Afb. 2. Schematische geologische kaart van het Heilig Kruis Gebergte (volgens: Marynowski et al., 2000).

geval ten westen van Krakow in de omgeving van stadje Debnik, in Opper-Silezië en in het Heilig Kruis Gebergte. In het zuidwesten van Polen bevindt zich het Sudeten-blok. Het is een onderdeel van het zeer oude Boheems Massief, dat voornamelijk uit Precambrische gesteenten bestaat. Dit massief is in het Mioceen door een breuk gesplitst in een zuidelijk deel met opheffende bewegingen, de Sudeten, en een noordelijk gedaald deel, het Sudetisch Voorland.

Zie Gea, 1998, vol. 31, no. 3 voor een uitgebreidere beschrijving van de geologie van Polen.

Het Heilig Kruis Gebergte

Van al deze geologische eenheden is voor iemand die in Paleozoïsche fossielen geïnteresseerd is, ongetwijfeld Gory Swietokrzyskie ofwel het Heilig Kruis Gebergte, gelegen in Centraal-Polen (regio van de stad Kielce) het meest interessant (Afb. 2).

Het is een gebergte dat structureel gevormd is tijdens de Variscische orogenese. Het bestaat uit een Paleozoïsche kern, die omgeven wordt door Mesozoïsche afzettingen. Het Heilig Kruis Gebergte ligt in het zuidelijke deel van de Deens-Poolse Trog. Tijdens de alpiene gebergtevorming in de Karpaten-regio gedurende het Laat-Tertiair is dit gebied aan opheffingen onderhevig geweest. De geplooid Paleozoïsche kern is toen omhoog gedrukt, samen met de Mesozoïsche formaties daarboven, waardoor een koepelvormige structuur in het landschap ontstond. Via erosie is daarna de Mesozoïsche bedekking verwijderd en is het huidige gebergte ontstaan.

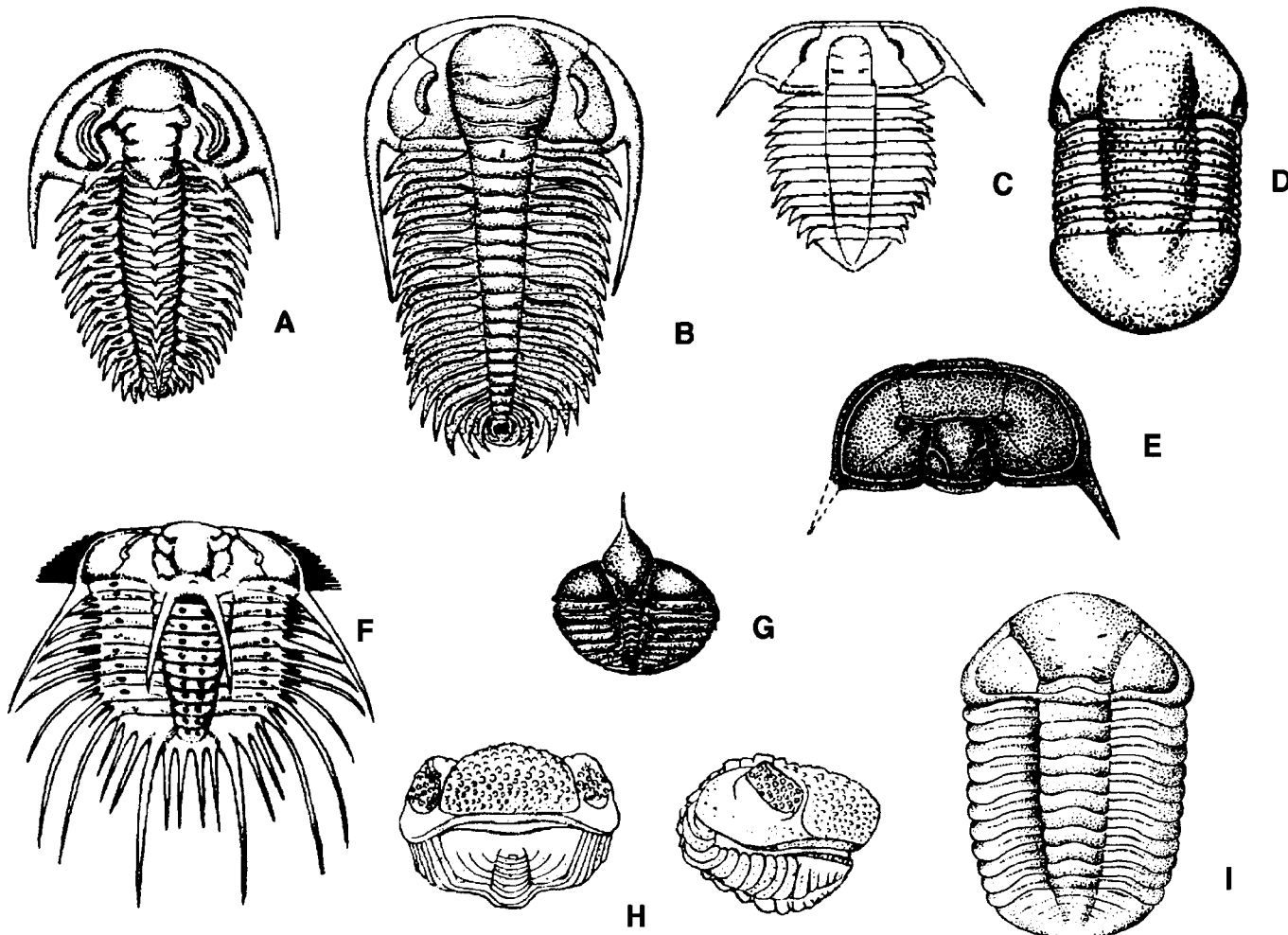
De Paleozoïsche kern bestaat uit evenwijdig van west-noordwest

naar oost-zuidoost verlopende (open) synclines en anticlines. Het cumulatief profiel van het Paleozoïcum bedraagt ruim 6000 m en is bijna compleet vanaf Cambrium tot en met Perm. "Slechts" het Boven-Carboon en Onder-Perm ontbreken.

Gedurende het Paleozoïcum was deze regio zee. Het was tijdens het Cambrium, Ordovicium en Siluur de zuidoostelijke aftakking van de Caledonische geosyncline in Noordwest-Europa. De sedimentatiecondities in deze zee zijn, afhankelijk van de regio, verschillend geweest. Het noordelijke deel, ofwel de Lysogory-regio, is opgebouwd uit gesteenten die in dieper water zijn afgezet. In dit deel van de geosyncline vond vanaf Cambrium tot Devoon ononderbroken sedimentatie plaats. Hier bevindt zich ook het complete profiel van deze perioden. De sedimentatie in het zuidelijke gedeelte, ofwel de Kielce-regio, vond plaats in een ondiepe zee. Hierin treden, tijdens tektonische "onrust" in de geosyncline, enkele perioden van non-sedimentatie op, waardoor het profiel niet compleet is.

De trilobieten

De trilobietenfauna is in Polen bekend uit veel diepe boringen, echter alleen in het Heilig Kruis Gebergte komen trilobieten voor in sedimenten die aan de oppervlakte komen. Daar bevinden zich veel natuurlijke rotswanden, ontsluitingen, en groeves, waarvan de trilobietenfauna goed bekend en onderzocht is. Hieronder worden per periode de belangrijkste soorten en begeleidende fauna-elementen behandeld. Belangrijke gidsfossielen zijn opgenomen in afbeelding 4.



Afb. 4. Enkele biostratigrafisch belangrijke trilobieten van het Heilig Kruis Gebergte.

A - *Holmia* sp. (bron: Lehmann, Hillmer 1983); B - *Paradoxides* sp. (bron: Bieda 1966); C - *Olenus* sp. (bron: Clarkson 1998); D - *Illaenus* sp. (bron: Lehmann, Hillmer 1983); E - *Aulacopleura konincki* (cephalon) (bron: Tomczykowa, 1957); F - *Odontopleura ovata* (bron: Bieda 1966); G - *Raphiophorus rouaulti* (bron: Tomczykowa, 1957); H - *Phacops schlottheimi skalensis*; H₁ - aanzicht van de voorkant; H₂ - aanzicht van de zijkant (bron: Bieda, 1966); I - *Trimercephalus* sp. (bron: Orłowski, Szulczewski, 1990).

| | | Trilobieten zones | Heilig Kruis Gebergte | | |
|--------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------|
| | | | West | Midden | Oost |
| Boven Cambrium | <i>Parabolina</i> | Formatie schalies van Klonowka | | | |
| | <i>Peltura</i> | | | | |
| | <i>Protopeltura</i> | | | | |
| | <i>Olenus</i> | Formatie zandstenen van Wisniowka | | | |
| Midden Cambrium | Geen fossielen | Formatie schalies van Gory Pieprzowe | | | |
| | <i>Paradoxides polonicus</i> | | | | |
| | <i>Paradoxides pinus</i> | Geen ontsluitingen | Formatie zandstenen van Slowice | Formatie zandstenen van Usarzow | |
| | <i>Paradoxides insularis</i> | | | | |
| Onder Cambrium | <i>Protolenus</i> | Formatie zandstenen van Ocieseki | | | |
| | <i>Holmia</i> | Formatie schalies van Czarna | | | |
| | <i>Sub-Holmia</i> | | | | |

Afb. 3. Trilobietenzones en lithostratigrafische eenheden in het Cambrium van het Heilig Kruis Gebergte.

Het Cambrium

In de Lysogory-regio is het complete profiel van het Cambrium aanwezig. De afzettingen bestaan meestal uit zandsteen en leisteen (Afb. 3). De trilobietenfauna is bekend van zowel Onder-, Midden- als Boven-Cambrium. De soortensamenstelling is een typische afspiegeling van de Atlantische zoögeografische trilobietenprovincie.

In de *Holmia*-zone (Onder-Cambrium) komt een zeer rijke trilobietenfauna voor: *Holmia kjerulfi* (afb. 4 A), *H. glabra*, *H. orientata*, *Schmidtellus panowi*, *Kjerulfia arcina* van de familie Olenellidae en *Strenuaeva primaeva*, *S. polonica* van familie Ellipsocephalidae (beide families uit de orde Ptychopariida). Dankzij deze rijkdom aan gidsfossielen is een goede correlatie met het Cambrium van Oost-Polen, Silesië, Oekraïne en Scandinavië mogelijk.

Hoger in het profiel, in de *Protolenus*-zone, komen de volgende soorten trilobieten voor: *Ellipsocephalus sanctacrucensis*, *Protolenus czarnockii*, *P. bodzanti*, *Strettonia cobboldi*, *Serrodiscus speciosus* en *Strenuaeva orlowinensis*.

Ook van de afzettingen uit het Midden-Cambrium zijn vele trilobieten bekend. De uit stratigrafisch oogpunt belangrijkste vormen zijn: *Paradoxides insularis*, *P. pinus*, *P. oelandicus*, *Ellipsocephalus polytomus*, *E. guerichi* en *Strenuella samsonowiczi*.

In de *Paradoxides polonicus*-zone komen de volgende soorten voor: *Paradoxides polonicus*, *P. slowicensis*, *Solenopleurina linnarsoni*, *Ptychagnostus gibbus* en *Peronopsis fallax*. Afb. 4 B.

De meest bekende en klassieke trilobietenvindplaats is de groeve Wisniowka Wielka ten noorden van Kielce, waarin ca. 350 m kwartsistische zand- en leistenen van Onder-Boven-Cambrium (*Olenus*-lagen) ontsloten is. Dit zijn afzettingen (met veel ripplemarks) die ontstonden in een ondiepe zee, onder de getijdenzone. De groeve is wereldberoemd door de ichnofossielen van trilobieten. Het gaat om rust- en voortbewegingssporen van trilobieten, zoals *Rusophycus*, *Cruziana* en *Diplichnites* (zie "Trilobieten en ichnofossielen" elders in dit nummer). Deze sporen zijn toegeschreven aan de soort *Olenus rarus* (zie afb. 4 C), maar volgens sommige andere onderzoekers behoren ze tot één van de soorten van de Ptychopariida. Naast de verschillende ichnofossielen zijn uit deze zandstenen de volgende trilobieten bekend: *Olenus rarus* (zie afb. 4 C) *Protopeltura olenusorum*, *Orusia lenticularis* en *Acrotreta multa*.

In de bovenliggende schalies (formatie van Klonowka) komt ook een zeer rijke trilobietenassociatie voor: *Protopeltura sp.*, *Beltella sp.*, *Sphaerophthalmus alatus*, *Peltura scarabeoides*, *Agnostus pseudo-besous*, *Parabolina bella*, *P. latilimbata*, *P. bukowiana* en *Beltella rotundata*. Al deze soorten wijzen op de aanwezigheid in het Heilig Kruis Gebergte van alle bekende trilobietenzones van het Boven-Cambrium en naar banden met de trilobietenfauna's uit Scandinavië en Groot-Brittannië.

Het Ordovicium

Tijdens het Ordovicium was het Heilig Kruis Gebergte verdeeld in drie faciesregio's. In het noorden (Lysogory-regio) en in het zuiden (Zbrza-regio) waren diepere zeeën en zijn fijnkorrelige sedimenten afgezet. Hier is een ononderbroken overgang van Boven-Cambrium naar Ordovicium zichtbaar. Het begin van het Ordovicium is vastgesteld op de horizon waar voor het eerst de graptoliet *Dictyonema sp.* verschijnt. In het centrum (Kielce-regio) werden in een ondiepe zee zanden en kalken afgezet.

De stratigrafische indeling (orthostratigrafie) van het Ordovicium is gebaseerd op de graptolietenfauna. Trilobieten verliezen langzaam hun belang voor de stratigrafie en worden slechts voor lokale indelingen gebruikt (parastratigrafie).

Een van de plekken waar een trilobietenfauna voorkomt in Ordovicische afzettingen is de berg Skala, in de nabijheid van het dorpje Mojcza. Daar zijn zandstenen met een Arenigien-ouderdom ontsloten. Deze Bukowka-zandstenen (brachiopoden-zandsteen) bevatten veel schelpjes van het geslacht *Orthis*, dat tot de Brachiopoda behoort. Deze zandstenen zijn ook als de *Orthis*-zandsteen bekend. Naast *Orthis* worden ook andere brachiopoden aangetroffen, zoals *Orthambonites*, *Lycophoria*, *Productorthis* en *Progonambonites*. De meeste schelpen zijn opgelost en wat overblijft zijn de binnen- en buitenafdrukken. Het bovenste deel van deze zandstenen gaat over naar de kalkstenen met trilobieten. Er zijn enkele soorten trilobieten beschreven, waaronder *Cybele bellatula* van de orde Phacopida. Deze soort is kenmerkend voor het Ordovicium van het Heilig Kruis Gebergte. Een andere soort is *Nileus armadillo* vertegenwoordiger van de orde Ptychopariida. Hogere delen van het profiel bij Mojcza bestaan uit zandstenen en kalkstenen met brachiopoden. Uit deze afzettingen is de trilobiet *Iliaenus wahlenbergi* (zie afb. 4 D) bekend.

Het Siluur

In het Heilig Kruis Gebergte is het Siluur zeer goed ontwikkeld. De dikte van de afzettingen bedraagt ongeveer 3000 m. In Onder- en Midden-Siluur is een zeer monotone serie graptolietenschalies afgezet. In het Boven-Siluur heeft een verandering van sedimentatietype plaatsgevonden en werden grofkorrelige sedimenten afgezet.

Tijdens het Siluur was het Heilig Kruis Gebergte verdeeld in twee faciesregio's. In het noorden (Lysogory-regio) was de zee dieper. Daar is het profiel ook compleet en hebben de sedimenten de grootste dikte.

De Silurische afzettingen komen in verschillende plekken aan de oppervlakte, maar er is één plek waar het profiel zeer compleet is en waar de fossielen, qua verscheidenheid en hoeveelheid, een bijzondere rijkdom vertonen. Bovendien zijn daar de fossielen zeer goed bewaard gebleven. Dit komt door de zeer fijnkorrelige schalies die toen zijn afgezet. Deze geologische vindplaats ligt in de Kielce-regio, in de nabijheid van het dorpje Bardo. Structureel wordt het dan ook de Bardo-syncline genoemd. In het noorden bevindt zich de Prago-wiec-kloof, waarin graptolietenschalies van Boven-Wenlockien- en Onder-Ludlowien-ouderdom (graptolietenzones *Testograptus testis* tot en met *Saetograptus leintwardinensis*) ontsloten zijn. Behalve aan graptolieten zijn de afzettingen zeer rijk aan bivalven van de soort *Cardiola interrupta*, nautiloiden (Cephalopoda), tentaculieten, brachiopoden (*Chonetes sp.*, *Leptaena sp.*, *Orthis sp.*) en trilobieten. Deze laatste zijn heel rijk in een circa 15 m dikke laag groenige kalkschalies (*Gothograptus nassa*-zone). De hier voorkomende soorten zijn: *Odontopleura ovata* (afb. 4 F), *Proetus decorus* en

Raphiophorus rouaulti (afb. 4 G). De trilobiet *Odontopleura* en de tweekleppige *Cardiola interrupta* leefden vermoedelijk als epiplankton aangehecht aan kolonies graptolieten. Het type sediment wijst op een iets dieper sedimentatiemilieu, waar zeer stabiele, rustige condities heersten. De trilobieten zijn zeer goed bewaard gebleven. Soms zijn het afdrucken in de schalie, maar dikwijls zijn ook de gehele pantsers te vinden. Het sediment is zeer fijnkorrelig, waardoor ook de minuscule details van hun uitwendige skeletten goed te herkennen zijn.

Een andere vindplaats van trilobieten bevindt zich in de nabijheid van dorpje Bukowka, in het geologische profiel Bukowka - Mojca. Daarin zijn gele en geel-grijze schalies uit het Boven-Wenlockien ontsloten. In deze afzettingen komen enkele soorten trilobieten voor: *Odontopleura ovata* (afb. 4 F), *Aulacopleura konincki* (afb. 4 E), *Proetus decorus* en *Raphiophorus rouaulti* (afb. 4 G).

De Silurische trilobieten zijn in het algemeen goed bewaard gebleven, o.a. dankzij de zeer fijnkorrelige sedimenten waarin ze zich bevinden. In veel gevallen zijn de trilobieten echter extreem plat geworden (geperst) tijdens het ontstaan van de schalies door postsedimentaire processen. Deze vormen zijn breder en groter dan de vormen die in andere soorten afzettingen voorkomen (b.v. in het Barrandien).

Het Devoon

Het Devoon is zeer goed ontwikkeld en ontsloten in het Heilig Kruis Gebergte. De afzettingen hebben een totale dikte van 2000 m in de Lysogory-regio en 7000 m in de Kielce-regio.

In de noordelijke regio (Lysogory) heeft ononderbroken sedimentatie van Boven-Siluur naar Onder-Devoon plaatsgevonden. In deze regio waren toen iets diepere zeeën. In het zuiden van de toenmalige geosyncline was na het Ludlowien veel onrust, waardoor daar het bovenste Siluur en het Onder-Devoon ontbreken. In het hele gebergte was er gedurende het Devoon een duidelijke tweedeling in sedimentatiemilieus. In het noorden waren diepere zeeën en de sedimenten vertonen een klastisch karakter met voornamelijk zandstenen en schalies. In het zuiden (Kielce) begon de sedimentatie (na een hiaat in het Onder-Devoon) vanaf het Eifelen. Vanaf het Givetien is de verdeling van facies symmetrisch geworden met een koraal-stromatoporoïde riffenzone in het midden van het Heilig Kruis Gebergte en diepere condities ten noorden en ten zuiden van deze riffenstrook. Vanaf het Famennien (*Frasnian / Famennian event*) werd de zee in beide regio's dieper. De riffen verdwenen, waarna schalies werden afgezet.

Ook in het Devoon van het Heilig Kruis Gebergte komen trilobietenfauna's voor. In de Lysogory-regio zijn trilobieten bekend uit de ontsluiting bij Bukowa Gora, waar zandstenen en schalies van het Emsien zijn ontsloten. Deze afzettingen zijn zeer rijk aan fossielen; de meest voorkomende groep zijn brachiopoden van het geslacht *Euryspirifer* (Spiriferida). De zandstenen worden dan ook wel "spiriferenzandsteen" genoemd. De trilobieten behoren tot het geslacht *Treveropyge*. In de schalies die boven de zandstenen liggen is de rijke fauna uitstekend bewaard gebleven. De sedimenten zijn zeer fijnkorrelig en bovendien zijn de fossielen (crinoiden, trilobieten, brachiopoden) gelimonitiseerd, waardoor ze een lichtbruine kleur hebben en details duidelijk te herkennen zijn.

Een andere plek waar een Devonische trilobietenfauna voorkomt ligt ook in Lysogory-regio op de klassieke geologische route Grzegorzowice-Skaly. In dit profiel zijn afzettingen van Eifelen en Givetien ontsloten. Aan het begin van het profiel zijn het dolomieten en gedolomitiseerde kalkstenen met amphiporoiden en stromatoporoiden. Hierboven liggen de brachiopodenschalies die in het plaatsje Skaly zijn ontsloten. In deze schalies komt een bijzonder rijke fauna voor. Het meest bekend zijn natuurlijk de brachiopoden (van o.a. de ordes Spiriferida, Atrypida en Strophomenida). Naast brachiopoden zijn ook de koralen zeer rijk. Van deze groep is *Calceola sandalina* karakteristiek. Verder zijn crinoiden, bryozoën, hydrozoën, ostracoden en trilobieten vertegenwoordigd. Van de trilobieten zijn in Skaly twee vormen van de orde Phacopida bekend, namelijk *Phacops*

schlotheimi skalensis (afb. 4 H) en *Phacops latifrons grzegorzowicensis*. Beide hebben grote knobbels op de glabella en zijn karakteristiek opgerold gebleven.

Ook in de ontsluiting Kadzielnia in de stad Kielce worden trilobieten aangetroffen. In deze oude groeve (nu gedeeltelijk geologisch reservaat) zijn afzettingen van Frasnien en Famennien ontsloten. Het Frasnien wordt vertegenwoordigd door kalkstenen, bestaande uit riffen (biohermen) met een zeer rijke benthonische fauna (koralen, stromatoporen, brachiopoden). In de erboven liggende Famennienafzettingen, die bestaan uit kalkschalies en zijn afgezet in dieper water, komen cephalopoden voor. Er zijn ook trilobieten te vinden, en wel blinde phacopiden van het geslacht *Trimeroccephalus* (afb. 4 I).

In dit korte overzicht zijn slechts de plekken in het Heilig Kruis Gebergte genoemd waar de trilobietenfauna een belangrijk bestanddeel van de fauna-associaties is. Op veel andere plekken (in verschillende groeves, kloven en natuurlijke rotswanden) komen ook trilobieten voor, echter de hier beschreven plaatsen zijn "klassiek" voor Polen. Hier zijn de trilobieten vrij gemakkelijk te vinden en zijn ze bovendien karakteristiek voor bepaalde tijdperken.

In dit artikel zijn trilobietenfauna's behandeld die afkomstig zijn uit afzettingen van Cambrium tot Devoon. Afzettingen uit het Carboon komen ook in het Heilig Kruis Gebergte voor en zijn op enkele plekken ontsloten. De daarin voorkomende trilobieten zijn echter zeer zeldzaam en worden hier verder niet beschreven.

Slotconclusies

De trilobietenfauna in Polen vertoont qua soortensamenstelling veel overeenkomsten met de trilobietenfauna bekend uit het Barrandien in Tsjechië. Deze trilobieten hoorden tot de Atlantische trilobietenzoögeografische provincie en waarschijnlijk migreerden ze van West-Europa (Caledonische- en daarna Harz-geosyncline) naar het zuiden via de zee die op de plek van het huidige Polen aanwezig was. De trilobietenfauna in Polen is dus zeer typisch voor Europa en heeft een breed soortenspectrum. Dankzij deze rijkdom is biostratigrafische correlatie mogelijk tussen afzettingen in Polen en afzettingen in andere Europese landen w.o. Engeland, Tsjechië, Duitsland, Oekraïne en Scandinavië en is bovendien het reconstrueren van faunamigraties in het Paleozoïcum mogelijk.

Het gebied van het Heilig Kruis Gebergte is uitstekend geschikt voor verzamelaars en liefhebbers van Paleozoïsche fossielen en in het bijzonder trilobieten. Daar bevinden zich op een relatief klein oppervlak afzettingen van alle tijdperken van het Paleozoïcum en een grote variatie in sedimentatiemilieus, met dikwijls een zeer grote rijkdom aan fauna. Bovendien is het Heilig Kruis Gebergte een zeer belangrijk gebied geweest voor de generaties geologen die daar onderzoek deden. Over de geologie en paleontologie van deze regio is veel gepubliceerd, waardoor er voor de geïnteresseerde verzamelaars een schat aan informatie ter beschikking staat.

Literatuuroverzicht

- Belka Z., Matyja B.A., Radwanski A., (eds.), 1985: Field - guide of the geological excursion to Poland. Inst. Geol. Univ. Warsaw. Warsaw.
- Bieda F., 1966: Paleozoologia. Deel 1. Wyd. Geol. Warszawa.
- Clarkson E.N.K., 1998: Invertebrate palaeontology and evolution. Fourth ed. Blackwell Science. Oxford.
- Lehmann U., Hillmer G., 1983: Fossil invertebrates. Cambridge University Press.
- Marynowski L., Narkiewicz M., Grelowski C., 2000: Biomarkers as environmental indicators in a carbonate complex, example from the Middle to Upper Devonian, Holy Cross Mountains, Poland. Sedimentary Geology, 137.
- Orłowski S., Szulczewski M., (eds.), 1990: Historische geologie. Deel 1 (in het Pools). Wyd. Geol. Warszawa.
- Tomczykowa E., 1957: Trilobieten van graptolietenschalies (Wenlockien en Onder-Ludlowien) in het Heilig Kruis Gebergte (in het Pools). Biul. Inst. Geol. no. 122, t. 2. Warszawa.
- Tomczykowa E., 1958: Fauna van graptolietenschalies in het Siluur van Bardo in het Heilig Kruis Gebergte (in het Pools). Kwart. Geol. T. 2. Warszawa.