

Gdzie była płyta bałtycka we wczesnym kambrze?

Jerzy Nawrocki*

Where was the Baltic plate in the Early Cambrian? Prz. Geol., 51: 744–747.

Summary. New Early Cambrian geographic reconstruction locates the Baltic plate in the equatorial position. The late Cadomian orogen, developed between present eastern and southern margin of Baltic plate and NW margin of Gondwana, could be partly considered as a result of convergence of these plates. In the Early Cambrian the Malopolska and Brunovistulian terranes were located in the area of Cadomides, close to the present southern margin of Baltica. The Grenvillian ages of detrital zircons from the Malopolska terrane indicate that it could have been located there in the Middle Proterozoic as well. It is not to be excluded, however, that Malopolska and Brunovistulian terranes coupled the southern margin of Baltic plate in the Cambrian time after derivation from the northern margin of Gondwana. For both solutions the subsequent dextral tectonic transport of these units along the Baltic margin is required. The Malopolska terrane was moved into present position before the Devonian or even before the Middle Ordovician.

Key words: Early Cambrian, geography, Baltika, Brunovistulian, Malopolska

Dyskusja na temat pochodzenia i paleozoicznej wędrówki bloków litosferycznych ulokowanych obecnie przy SW krawędzi kratonu wschodnioeuropejskiego ma już ponad dwudziestoletnią historię (zob. np. Brochwicz-Lewiński i in., 1981; Pożaryski, 1991; Lewandowski, 1993; Belka i in., 2002). Problemu genezy bloków górnośląskiego i małopolskiego, będących przedmiotem szczególnych zainteresowań badaczy polskich, nie można rozpatrywać bez odniesienia do konfiguracji dużych płyt kontynentalnych, konfiguracji zmieniającej się bardzo dynamicznie w czasie geologicznym. Dzisiejszy stan wiedzy wskazuje, że fanerozoiczna ewolucja geotektoniczna zachodniej, środkowej i południowej Europy to przede wszystkim wynik wzajemnego oddziaływania płyt bałtyckiej i afrykańskiej wchodzącej w paleozoiku w skład megakontynentu Gondwany. Strefa peryferyczna Gondwany dostarczyła w przeszłości szeregu bloków litosferycznych (terranów), które dzisiaj są wbudowane w orogeny południowej, środkowej i zachodniej Europy (zob. np. Torsvik i in., 1996; Tait i in., 2000).

Postęp w rozpoznaniu paleozoicznej konfiguracji ówczesnych kontynentów, mimo że znaczący, w wielu miejscach nie jest pozbawiony luk i niejednoznaczności. Nadal nie rozstrzygnięty jest problem permskiej konfiguracji megakontynentu Pangei. Trwa długoletni spór, czy północno zachodnia krawędź Afryki kontaktowała wówczas z południową krawędzią Baltiki (Pangea B), czy też z południowo-wschodnim fragmentem Ameryki Północnej (Pangea A) (zob. np. Van der Voo & Torsvik, 2001).

Do niedawna wydawało się, że problem wiarygodnej, opartej na danych paleomagnetycznych rekonstrukcji kambryjskiego położenia Baltiki w odniesieniu do megakontynentu Gondwany został już rozstrzygnięty (Torsvik & Rehnström, 2001). Najnowsze wyniki badań paleomagnetycznych (Popov i in., 2002) wskazują jednak, że tak nie jest. Problem ten jest istotny z punktu widzenia studiów nad polską częścią strefy transeuropejskiego szwu tektonicznego, ponieważ w ostatnich opracowaniach zaczyna dominować pogląd, że zasadniczy etap zabudowy blokami litosferycznymi tego obszaru miał miejsce właśnie w kambrze (zob. np. Belka i in., 2002).

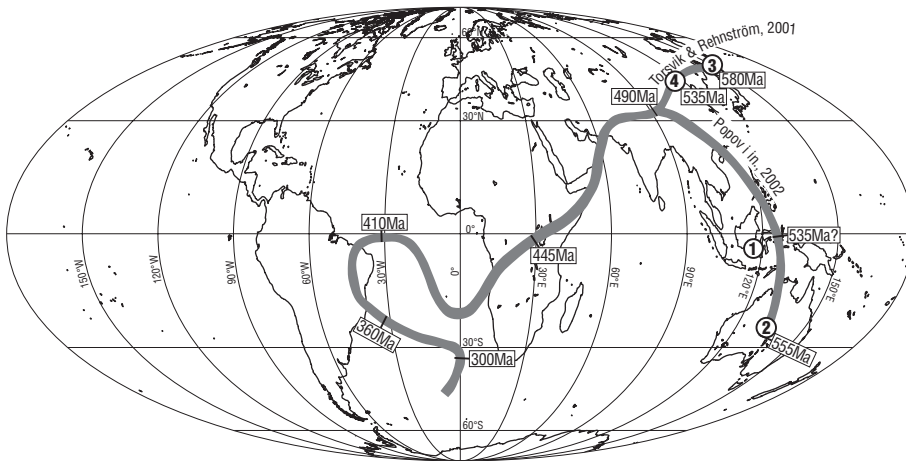
Model paleogeograficzny oparty na danych paleomagnetycznych ze Skandynawii

Jeszcze kilka lat temu, wobec braku wiarygodnych danych paleomagnetycznych kambryjska pozycja paleogeograficzna płyty bałtyckiej nie była zdefiniowana w stopniu, który można było uznać za w pełni udokumentowany. W większości rekonstrukcji umieszczano ją na umiarkowanych lub względnie wysokich szerokościach geograficznych, co wynikało z interpolacji przeprowadzonej pomiędzy biegunami paleomagnetycznymi z kompleksu Fen, którym przypisano wiek wendyjski, a biegunami uzyskanymi z utworów dolnego ordowiku (ryc. 1). Za przełomowe dla uwiarygodnienia rekonstrukcji kambryjskich można było uznać dane niedawno uzyskane przez Torsvika i Rehnström (2001), wskazujące na stabilną pozycję Baltiki w ciągu kambru. Zgodnie z parametrami biegunów paleomagnetycznych, otrzymanych z odsłaniających się w Szwecji skał wczesnego i późnego kambru, płyta bałtycka znajdowała się wówczas na południowej półkuli, w strefie umiarkowanych szerokości geograficznych. Jej dzisiejsza SW krawędź zwrócona była ku północy, rozciągając się w przybliżeniu wzdłuż równoleżnika 35° (ryc. 2, Baltika „B”). Na przełomie kambru i ordowiku płyta bałtycka rotowała przeciwnie do ruchu wskazówek zegara o kąt ok. 60° (Torsvik & Rehnström, 2001). Oceniając wendyjsko-kambryjskie dane ze Skandynawii należy stwierdzić, że ich wiarygodność obniża brak uporządkowanego stratygraficznie zapisu zmian polarności magnetycznej. Ponadto zbieżność biegunów wendyjskiego, wczesno- i późnokambryjskiego nasuwa podejrzenie przemagnesowania skał wendyjskich i dolnokambryjskich w późnym kambrze.

Nowy biegun wendyjski z regionu Morza Białego — implikacje paleogeograficzne

Wyniki najnowszych badań paleomagnetycznych utworów górnego wendyjskiego z regionu Morza Białego (Popov i in., 2002) zdecydowanie różnią się od danych uzyskanych wcześniej z dolnowendyjskich utworów kompleksu Fen, danych które posłużyły do konstrukcji ścieżki przez Torsvika i Rehnström (2001). Datowany na 555 mln lat biegun lokuje się na obszarze dzisiejszej środkowej Australii (ryc. 1). Odtworzone zmiany polarności magne-

*Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa e-mail: jnaw@pgi.waw.pl

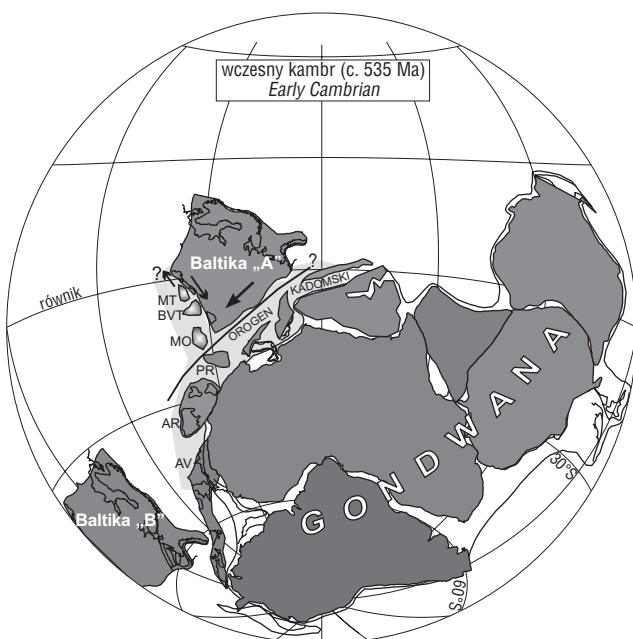


Ryc. 1. Ścieżka pozornej wędrówki bieguna paleomagnetycznego charakterystycznego dla Baltiki oraz wybrane bieguny otrzymane ze skał wendy i kambry. Ordowicko-permski fragment ścieżki przedstawiono według Torsvika i in. (1990, 1996). Dla wendy i kambry przedstawiono dwie wersje ścieżki (patrz tekst). 1 — biegun wczesnokambryjski z terranu Brunovistulikum (Nawrocki i in., 2001); 2 — biegun ze skał wendyjskich regionu Morza Białego (Popov i in., 2002), 3 — biegun z kompleksu skalnego Fen (Meert i in., 1998), 4 — wczesnokambryjski biegun ze Szwecji (Torsvik & Rehnström, 2001)

Fig. 1. APWP for Baltica and selected paleopoles obtained from the Vendian-Early Cambrian rocks. The Ordovician-Permian segment of the path is according to Torsvik et al. (1990, 1996). Two version of the path are presented for Vendian-Cambrian (see text). 1— Early Cambrian paleopole from the Brunovistulian terrane (Nawrocki et al., 2001), 2 — paleopole from the Vendian sediments of the White Sea region (Popov et al., 2002), 3 — paleopole from Fen Complex (Meert et al., 1998), 4 — Early Cambrian paleopole from Sweden (Torsvik & Rehnström, 2001)

tycznej potwierdzają wysoki stopień wiarygodności tych danych. Przedstawiona na ryc. 1 ścieżka jest interpolacją pomiędzy tym biegunem a wiarygodnymi biegunami bałtyckimi ze skał dolnego ordowiku. Można teoretycznie założyć, że lukę tę wypełnia biegun Torsvika i Rehnström (2001) uzyskany ze skał dolnego kambry północnej Szwecji i datowany na 535 mln lat. Jednak wówczas należałoby przyjąć, że w ciągu 20 mln lat Baltika przemieściła się o 70 stopni, co daje tempo dryfu ok. 40 cm na rok. Dla pozostałych 45 mln lat, do wczesnego ordowiku tempo to

musiałoby drastycznie spaść do kilku centymetrów na rok. Przy tych mało prawdopodobnych parametrach wendyjsko-kambryjskiego dryfu Baltiki bardziej możliwą wydaje się być teza o wtórnej późnokambryjskiej genezie namagnosowania skał dolnego kambry ze Szwecji. Zakładając równomierne przemieszczanie się Baltiki od niskich szerokości północnych w wendzie do umiarkowanych szerokości południowych we wczesnym ordowiku, tak jak to implikuje ścieżka sporządzona według Popova i in. (2002), we wczesnym kambry kontynent bałtycki należałoby umieścić w strefie wokółrównikowej (ryc. 2, Baltika „A”) zwrócony dzisiejszą krawędzią uralską w stronę kadomskiego górotworu obrzeżenia Gondwany. Z punktu widzenia globalnej tektoniki płyt taki kierunek konwencji jest bardzo prawdopodobny, gdyż skorupę kadomską poza północno-zachodnim obrzeżeniem Gondwany zidentyfikowano właśnie na uralskim obrzeżeniu płyty bałtyckiej (zob. np. Roberts & Siedlecka, 2002). W tym miejscu należy jednak podkreślić, że rekonstrukcja ta ma słaby punkt, którym jest brak facji węglanowych w utworach dolnego kambry Baltiki. Należy zauważyć jednak również, że znaczna część klastycznej sekwencji dolnokambryjskiej Skandynawii ma spoiwo wapieniste. Równikowe położenie Baltiki we wczesnym kambry postulowali także Lewandowski i in. (1999), opierając się na danych paleomagnetycznych z Bornholmu, które to dane nie doczekały się niestety szerszej publikacji.



Ryc. 2. Uproszczona rekonstrukcja paleogeograficzna obrazująca rozmieszczenie wybranych kontynentów, częściowo wg Torsvika & Rehnström (2001) oraz Torsvika i in. (1996) oraz terranów Brunovistulikum i małopolskiego we wczesnym kambry. Zaprezentowano dwa możliwe położenia Baltiki we wczesnym kambry (Baltika „A” wg danych Popova i in., 2002; Baltika „B” wg danych Torsvika & Rehnström, 2001). PR — Perrunika, AV — Avalonia, AR — Armoryka, BV — Brunovistulikum, MO — Moesia, MT — Malopolska

Fig. 2. Simplified paleogeographic reconstructions showing distribution of selected continents, partly adopted from Torsvik & Rehnström (2001), Torsvik et al. (1996) and the position of the Brunovistulian and Malopolska terranes in the Early Cambrian. Two possible Early Cambrian locations of Baltica are presented (Baltica „A” is according to the data of Popov et al. (2002); Baltica „B” is based on the data of Torsvik and Rehnström (2001). PR — Perrunika, AV — Avalonia, AR — Armorica, BV — Brunovistulian, MO — Moesia, MT — Malopolska

Wczesnokambryjska pozycja paleogeograficzna terranów Brunovistulikum i małopolskiego

Kambryjska fauna trylobitowa z obszaru obydwu terranów rozpatrywana na poziomie rodzajów ma charakter mieszany (Żylińska, 2001; Belka i in., 2002). Występują tutaj zarówno przedstawiciele prowincji perygondwańskiej, jak i typowe rodzaje bałtyckie. Na poziomie gatunków fauna ta jest przeważająco endemiczna. Wspólny dla terranu Brunovistulikum i terranu małopolskiego trylobit *Schmidtellus panowi* może wskazywać na ich bliskość paleogeograficzną we wczesnym kambrze. Minerale detrytyczne, występujące w utworach kambru górnośląskiego, wskazują na kadomski wiek ich powstania lub metamorfizmu (Belka i in., 2000). Trochę inne spektrum wieku izotopowego detrytus, aczkolwiek zawierające również daty kadomskie, otrzymano ze skał terranu małopolskiego. Cechą charakterystyczną jest tutaj zidentyfikowane w cyrkonach wiek grenwilski (Belka i in., 2002). Dane paleomagnetyczne otrzymane z bogatych w hematyt klastyków dolnego kambru górnośląskiego implikują niskie, podrównikowe szerokości geograficzne Brunovistulikum we wczesnym kambrze (Nawrocki i in., 2001).

Powyższy zbiór informacji narzuca określone ramy dla usytuowania bloku górnośląskiego i małopolskiego we wczesnym kambrze. Ich miejsce na tle modelu paleogeograficznego Torsvika i Rehnström (2001) budzi poważne wątpliwości. Zapis faunistyczny nie wskazuje na znaczącą separacją Baltiki i terranu Brunovistulikum. Przy założeniu bliskiego położenia terranów Brunovistulikum i małopolskiego trudno też wytłumaczyć grenwilskie wieki detrytus odnotowane na tym ostatnim. Przyjęcie pozycji paleogeograficznej Baltiki, która byłaby zgodna z krzywą opartą na danych Popowa i in. (2002) zdecydowanie ułatwia wskazanie modelu, który pogodziłby wszystkie cytowane powyżej dane. Proponowane tutaj usytuowanie terranu Brunovistulikum i terranu małopolskiego przy dzisiejszej południowej krawędzi Baltiki, na peryferiach rozwiniętego między Gondwaną a Baltiką orogenu późnokadomskiego (ryc. 2), jest zgodne nie tylko z danymi paleomagnetycznymi. Tłumaczy ono również mieszany charakter fauny i kadomski oraz grenwilski wiek zanotowany w minerałach detrytycznych. Cyrkony wskazujące wiek grenwilski są najprawdopodobniej reliktem pochodzącym z orogenu, który rozwinął się przed około miliardem lat między Baltiką a Amazonią. Płyty te weszły wówczas w skład megakontynentu Rodinii (zob. np. Daliel, 1992; Nance i in., 2002). Do osadów kambryjskich terranu małopolskiego cyrkony dostały się najprawdopodobniej w wyniku redepozycji ze skłonu płyty bałtyckiej. W modelu tym terran małopolski i terran Brunovistulikum przed kambrem wchodziłyby w skład północnej peryferycznej części Gondwany. Prawdopodobne jest też rozwiązanie, w którym terrany małopolski i Brunovistulikum znajdując się w obrębie pasa grenwilskiego, po rozpadzie Rodinii pozostały przy dzisiejszym południowym skłonie kratonu wschodnioeuropejskiego, nie będąc nigdy elementami pochodzenia gondwańskiego. Później obszar ich występowania został objęty orogenezą kadomską. Rozwiązanie to nawiązuje do koncepcji Żelaźniewicza (1996). Pewną różnicą polega na tym, że grenwilski i kadomski etap rozwoju tych bloków nie odbywałby się w pobliżu SW

krawędzi Baltiki (Żelaźniewicz, 1996, Fig. 3), lecz przy jej południowej krawędzi, co implikuje ich znaczny powczesnokambryjski mobilizm. Wyniki analizy basenów wendu i wczesnego kambru wskazują jednoznacznie, że dzisiejsza SW krawędź Baltiki była wówczas krawędzią dywergentną (Poprawa i in., 1999), przez co trudno tutaj lokować pierwotnie orogen kadomski. Jego elementy zostały na dzisiejsze miejsce przy SW krawędzi Baltiki przesunięte w późniejszym okresie. Terran małopolski został przemieszczony wzdłuż krawędzi Baltiki na pozycję zajmowaną do dzisiaj przed dewonem (Nawrocki, 2000; zob. też Mizerski, 1998), a najprawdopodobniej nawet już przed środkowym ordowikiem (Schaetz i in., 2002). Prawoskrętny, przesuwczy mechanizm przemieszczenia nawiązuje do mechanizmu, który zaproponował Lewandowski (1993). W modelu tego autora przemieszczenie to łączyło się z orogenezą waryscyjską a w kambrze blok małopolski pozostawał jeszcze od Baltiki odseparowany (Lewandowski, 1993). W przedstawionym tutaj modelu terrany małopolski i Brunovistulikum dołączają do Baltiki w ciągu kambru lub nawet wcześniej. Również przemieszczenie przesuwczy terranu małopolskiego jest wyraźnie wcześniejsze (por. też Nawrocki, 1994).

Pewną modyfikację modelu Lewandowskiego, przedstawił Narkiewicz (2002), który w sylurze lokuje blok małopolski na wysokości Dobrudży, a jego przemieszczenie na dzisiejszą pozycję wiąże z przełomem syluru i dewonu. Autor ten w swoim opracowaniu nie nawiązuje do paleogeografii kambryjskiej. Blok małopolski uważa on za oderwany fragment Baltiki (Narkiewicz, 2002). Jak już wspomiano wyżej SW krawędź płyty bałtyckiej, która była w wendzie i wczesnym kambrze krawędzią dywergentną, trudno uznać za miejsce pierwotnej alokacji bloków o podłożu konsolidacji kadomskiej. Zmetamorfizowane i silnie zdeformowane skały wendu zidentyfikowano w południowej części terranu małopolskiego. Brakuje ich na obszarze SW krawędzi Baltiki. Stąd pogląd o bałtyckiej genezie terranu małopolskiego nie wydaje się być uzasadnionym. Ponadto dane paleomagnetyczne (Schaetz i in., 2002) wskazują, że postulowany wiek wielkoskalowego przemieszczenia, podobnie jak w przypadku modelu Lewandowskiego jest za młody. Nie można wykluczyć oczywiście przemieszczenia mniejszej skali, które z jednej strony tłumaczyłoby obserwowane różnice paleotermiczne oraz różnice w rozwoju basenu sylurskiego w kieleckim i łysogórskim regionie Gór Świętokrzyskich, z drugiej zaś strony pozostawałoby poza rozdzielczością metody paleomagnetycznej. Dane strukturalne nie wspierają jednak prawoskrętnego charakteru takiego ewentualnego przemieszczenia, ponieważ na przełomie syluru i dewonu na SW obrzeżeniu terranu małopolskiego dominuje lewoskrętna transpresja (Żaba, 1999).

Podsumowanie

Wobec braku w pełni wiarygodnych wczesnokambryjskich danych paleomagnetycznych odpowiedź na postawione w tytule pytanie nie może być precyzyjna. Tym niemniej w nawiązaniu do nowych, wysokiej jakości danych paleomagnetycznych ze skał późnego wendu okolic Morza Białego (Popov i in., 2002) przedstawiono tutaj prawdopodobną wczesnokambryjską rekonstrukcję, która

lokuje płytę bałtycką w strefie równikowej i wiąże rozwój części orogenu późnokadomskiego z procesem konwencji płyty bałtyckiej i Gondwany. Orogen związany z najmłodszym okresem kadomskiej aktywności tektonicznej był rozwinięty między wschodnią i południową krawędzią Baltiki a północno-zachodnią Gondwaną. Terrany małopolski i Brunovistulikum znajdowały się w wendzie i wczesnym kambrze na peryferiach tego orogenu, na dzisiejszym południowym przedpolu płyty bałtyckiej. Zajmowały najprawdopodobniej to miejsce już od środkowego proterozoiku, będąc częścią pasa grenwilskiego rozwiniętego między Baltiką a Amazonią. Nie jest jednak wykluczone, że jednostki te dołączyły strukturalnie do południowego brzegu Baltiki dopiero w kambrze po oderwaniu się od północnego skraju Gondwany. Każdy z tych modeli implikuje późniejszy wielkoskalowy, prawoskrętny transport tektoniczny terranów małopolskiego i Brunovistulikum wzdłuż południowo-zachodniego skraju płyty bałtyckiej. Dla terranu małopolskiego transport ten zakończył się przed dewonem, a być może nawet już przed środkowym ordowikiem.

Opracowanie to powstało w ramach projektu celowego-zamawianego *Paleozoiczna akrecja polski* finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji oraz przez Ministerstwo Środowiska poprzez dotację Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Literatura

- BELKA Z., AHRENDT H., FRANKE W. & WEMMER K. 2000 — The Baltica-Gondwana suture in central Europe: evidence from K-Ar ages of detrital muscovites and biogeographical data, [In:] W. Franke, V. Haak, O. Oncken, D. Tanner (eds), *Orogenic processes, Quantification and Modelling in the Variscan Belt*. Geol. Soc., London, Spec. Publ., 179: 87–102.
- BELKA Z., VALVERDE-VAQUERO P., DÖRR W., AHRENDT H., WEMMER K., FRANKE W. & SCHÄFER J. 2002 — Accretion of first Gondwana-derived terranes at the margin of Baltica. [In:] *Paleozoic Amalgamation of Central Europe*, J.A. Winchester, T.C. Pharaoh, J. Verniers (eds.). Geol. Soc., London, Spec. Publ., 201: 19–36.
- BROCHWICZ-LEWIŃSKI W., POŻARYSKI W. & TOMCZYK H. 1981 — Wielkoskalowe ruchy przesuwcze wzdłuż SW brzegu platformy Wschodnioeuropejskiej we wczesnym paleozoiku. *Prz. Geol.*, 29: 385–397.
- DALZIEL I.W. 1992 — On the organization of American plates in the Neoproterozoic and the breakout of Laurentia. *GSA Today* 2 (11): 237–241.
- LEWANDOWSKI M. 1993 — Paleomagnetism of the Paleozoic rocks of the Holy Cross Mts (Central Poland) and the origin of the Variscan orogen. *Publ. Inst. Geoph. Pol. Acad. Sc.*, A-23, 265: 1–84.
- LEWANDOWSKI M., ABRAHAMSEN N. & MOCZYDŁOWSKA-VIDAL M. 1999 — Paleomagnetism of Cambrian rocks at the SW margin of Baltica. *Aarhus Geoscience*, 8: 59–64.
- MEERT J.G., TORSVIK T.H., EIDE E.A. & DAHLGREN S. 1998 — Tectonic significance of the Fen Province, S. Norway: Constrains from geochronology and paleomagnetism. *Jour. Geol.*, 106: 553–564.
- MIZERSKI W. 1998 — Podstawowe problemy tektoniki i tektogenezy utworów paleozoicznych Gór Świętokrzyskich. *Prz. Geol.*, 46: 337–342.
- NANCE R.D., MURPHY J.B. & KEPPIE J.D. 2002 — A Cordilleran model for the evolution of Avalonia. *Tectonophysics*, 352: 11–31.
- NARKIEWICZ M. 2002 — Ordovician through earliest Devonian development of the Holy Cross Mts. (Poland): constraints from subsidence analysis and thermal maturity data. *Geol. Quart.*, 46: 255–266.
- NAWROCKI 1994 — Paleomagnetyzm osadów dewonu i karbonu z obszaru śląsko-krakowskiego. *CAG Państw. Inst. Geol.*, nr arch. 1215/94.
- NAWROCKI J. 2000 — Late Silurian paleomagnetic pole from the Holy Cross Mountains: constraints for the post-Caledonian tectonic activity of the Trans-European Suture Zone. *Earth and Planetary Sc. Lett.*, 179: 325–334.
- NAWROCKI J., BUŁA Z., GRABOWSKI J., HABRYN R., JACHOWICZ M., JAROSIŃSKI M., JÓ WIĄK W., KRZYWIEC P., POPRAWA P. & ŻYLŃSKA A. 2001 — Early Paleozoic paleogeography of the Upper Silesian terrane (S-Poland). *ESF EUROPROBE Meeting „Neoproterozoic-Early Palaeozoic Time-Slice Symp. Orogeny and Cratonic Response on the Margins of Baltica”*, Ankara, Abstracts, 43.
- POPOV V., IOSIFIDI A., KHRAMOV A., TAIT J. & BACHTADSE V. 2002 — Paleomagnetism of Upper Vendian sediments from the Winter Coast, White Sea region, Russia: Implications for the paleogeography of Baltica during Neoproterozoic times. *Jour. Geoph. Res.*, 107: B11, EPM 10, 1–8.
- POPRAWA P., ŚLIAUPA S., STEPHENSON R.A. & LAZAUSKIENE J. 1999 — Late Vendian-Early Palaeozoic tectonic evolution of the Baltic basin: regional implications from subsidence analysis. *Tectonophysics*, 314: 219–239.
- POŻARYSKI W. 1991 — The strike-slip terrane model for the North German-Polish Caledonides. *Publ. Inst. Geoph., Pol. Acad. Sc.*, A-19: 3–15.
- ROBERTS D. & SIEDLECKA A. 2002 — Timanian orogenic deformation along the northeastern margin of Baltica, Northwest Russia and Northeast Norway, and Avalonian-Cadomian connections. *Tectonophysics*, 352: 169–184.
- SCHÄTZ M., ZWING A., BELKA Z., SOFFEL H.C. & BACHTADSE V. 2002 — Paleomagnetism of Ordovician carbonate rocks from Malopolska, SE Poland — no evidence of major rotations. *EGS General Assembly, Nice, Geoph. Res. Abstracts* 4, EGS02-A-03278.
- TAIT J., SCHÄTZ M., BACHTADSE V. & SOFFEL H. 2000 — Paleomagnetism and Paleozoic paleogeography of Gondwana and European terranes, [In:] W. Franke, V. Haak, O. Oncken, D. Tanner (eds.), *Orogenic processes, Quantification and Modelling in the Variscan Belt*. Geol. Soc., London, Spec. Publ., 179: 21–34.
- TORSVIK T.H., SMETHURST M.A., BRIDEN J.C. & STURT B.A. 1990 — A review of Paleozoic paleomagnetic data from Europe and their paleogeographic implications, [In:] *Paleogeography and Biogeography*, W.S. McKerrow, C.R. Scotese (eds.). Geol. Soc., London, Spec. Publ.: 25–41.
- TORSVIK T.H. & REHNSTRÖM E.F. 2001 — Cambrian palaeomagnetic data from Baltica: implications for true polar wander and Cambrian palaeogeography. *Jour. Geol. Soc.*, London, 158: 321–329.
- TORSVIK T.H., SMETHURST M.A., MEERT J.G., VAN DER VOO R., Mc KERROW W.S., BRASIER M.D., STURT B.A. & WALDERHAUG H.J. 1996 — Continental break-up and collision in the Neoproterozoic and Paleozoic — a tale of Baltica and Laurentia. *Earth Sc. Rev.*, 40: 229–258.
- VAN DER VOO R. & TORSVIK T.H. 2001 — Evidence for late Paleozoic and Mesozoic non-dipole fields provides an explanation for the Pangea reconstruction problems. *Earth and Planetary Sc. Lett.*, 187: 71–81.
- ŻABA J. 1999 — Ewolucja strukturalna utworów dolnopaleozoicznych w strefie granicznej bloków górnośląskiego i małopolskiego. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 166: 1–162.
- ŻELA NIEWICZ A. 1998 — Rodinian-Baltican link of the Neoproterozoic orogen in southern Poland. *Acta Universitatis Carolinae. Geologica*, 42: 509–511.
- ŻYLŃSKA A. 2001 — Fauna trylobitowa z wiercienia Goczałkowice IG-1 i jej znaczenie paleogeograficzne. [In:] Nawrocki J., *Zintegrowana analiza geofizyczno-geologiczna kambryjskiej pokrywy masywu górnośląskiego*. CAG Państw. Inst. Geol., nr arch. 59/2002.