

Spory o podział geologiczny Sudetów

Zbigniew Cymerman*

Zbigniew Cymerman — **Controversies about a geological division of the Sudetes; Prz. Geol., 46:530–536.**

Summary. The Sudetes (sensu lato) have classically been divided into Lugiicum (Western Sudetes) and Silesicum or Moravo-Silesicum (Eastern Sudetes) by the so-called Ramzova thrust (northern continuity of the Moldanubian thrust). From the time of Suess (1912) geologists have been regarded the Ramzova thrust as forming E-verging nappe structure. However, an eastward thrusting model for the Ramzova thrust is not supported by the recent structural and kinematic data that indicate a normal ductile faulting with a top-to-the-WSW. The Sudetes, believed by some workers to have Saxothuringian affinities, comprise several tectonic units which have recently been divided into a mosaic of suspect terranes. Recent data (e.g. kinematic, geochemical, isotopic) put a new light on the geotectonic evolution of the whole Sudetes. The dominant displacement of ductile thrusting and wrenching with a general top-to-the-NNE sense of displacements was connected with the dextral transpressional regime both in the eastern part of Lugiicum (e.g. the Orlica-Śnieżnik dome and the Strzelin metamorphic complex) and in Moravo-Silesicum (e.g. the Keprnik and Desna dome). In conclusion, from existing open questions on the tectonic evolution of the Sudetes, I suggest not dividing the Sudetes into classical Lugiicum and Moravo-Silesicum, and rather I propose a division of the Sudetes into geographical regions: the Western, Central and Eastern Sudetes.

Key words: areal geology, tectonics, terranes, orogeny, transpression, critical review Sudeten Mountains

Od ponad już siedemdziesięciu lat w geologii regionalnej Dolnego Śląska jest przyjmowany powszechnie i bez większych zastrzeżeń, dwuczłonowy podział Sudetów na tzw. Sudety Zachodnie i Sudety Wschodnie. Jednak obecnie, w wyniku ciągłego napływu nowych, różnorodnych danych (m.in. radiometrycznych, strukturalno-kinematycznych, ścieżek P–T, geochemicznych) rozszerzają się dotychczasowe możliwości przedstawiania modeli ewolucji geotektonicznej Sudetów. Część z tych modeli uwzględnia możliwość paleozoicznej akrecji różnych terranów na obszarze obecnych Sudetów. Dlatego też, obecnie w literaturze regionalnej Sudetów istnieją przeciwstawne sobie modele geotektoniczne. Sprzeczność tych poglądów znajduje także swoje odbicie w różnym podejściu geologów strukturalnych do problemu podstawowego podziału geologicznego Sudetów. W związku z tym, aktualnym zagadnieniem wydaje się podjęcie dyskusji na temat dotychczasowego podziału geologicznego Sudetów. Dyskusja dotychczasowego podziału, a nie propozycja nowego podziału Sudetów, jest podstawowym celem artykułu. Każda próba takiego podziału jest zadaniem bardzo trudnym, ponieważ Sudety są geologicznie szczególnie skomplikowanym fragmentem w obrębie całego pasma europejskich waryscydów. Na początku — w zarysie — jest przedstawiona historia powstania dotychczasowego podziału geologicznego Sudetów, z podkreśleniem trudności i rozbieżności powstających podczas prób utworzenia takiego podziału.

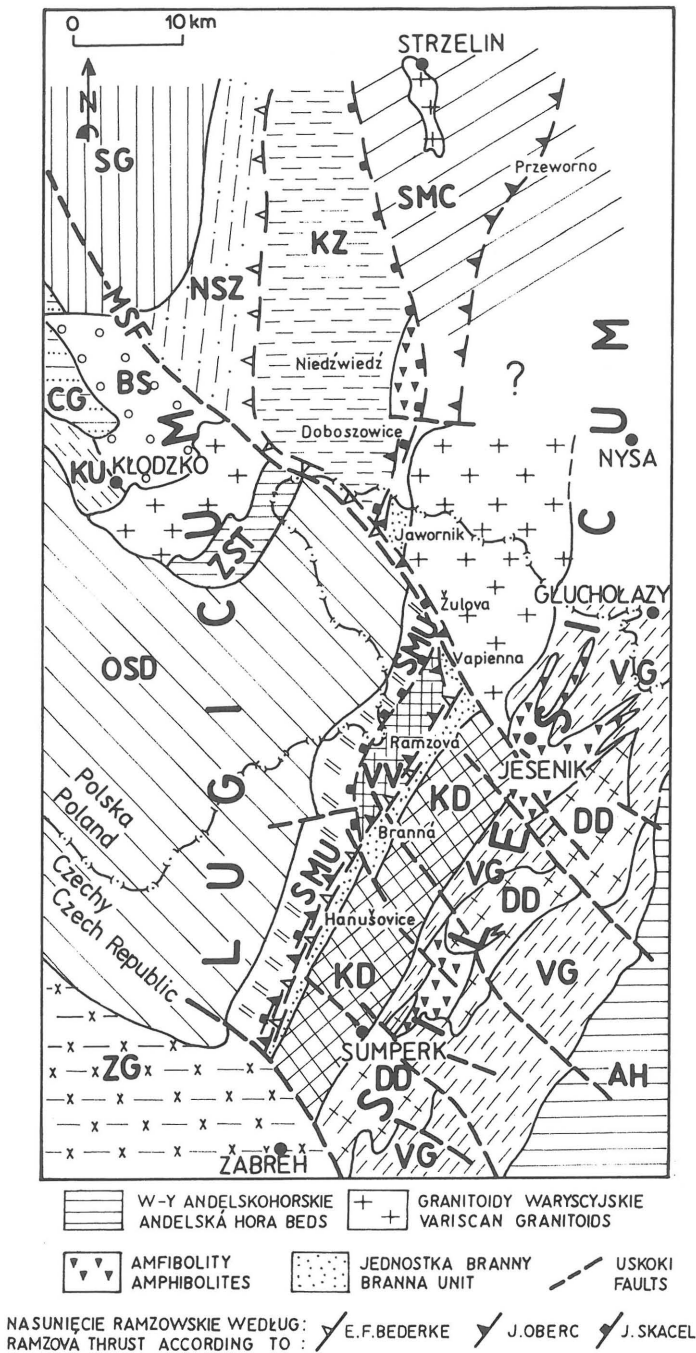
Zarys historii geologicznego podziału Sudetów

Dwuczłonowy, geologiczny podział Sudetów został wypracowany już w latach dwudziestych przy udziale m.in. tak wybitnych geologów jak Suess, Closs, Kossmat i Bederke. Bodaj największy i najbardziej inspirujący udział miał Suess (1912, 1926), który podzielił Sudety na Lugiicum (Sudety Zachodnie) i Silesicum (Sudety Wschodnie), określane także jako Moravo-Silesicum. Te dwie części Sudetów oddzielać miało tzw. nasunięcie ramzowskie (ryc.1), będące odpowiednikiem nasunięcia moldanubskiego, rozpoznane-

go z SE części Masywu Czeskiego (Suess, 1912). Suess (1912, 1926) zakładał, że ta regionalna granica tektoniczna jest nasunięciem typu płaszczowinowego. Przy takich założeniach Lugiicum miało być nasunięte ku wschodowi na Silesicum, charakteryzujące się synchronicznym rozwojem budowy płaszczowinowej, z nasunięciami ku wschodowi. Wschodni kierunek transportu tektonicznego ustalono wówczas na podstawie dominującej ku wschodowi wergencji fałdów. Pogląd o nasunięciu Lugiicum na Silesicum wzdłuż nasunięcia ramzowskiego był akceptowany przez wszystkich geologów pracujących w Sudetach. Jednak, w wyniku nowych prac strukturalno-kinematycznych, poglądu o nasunięciu Lugiicum na Silesicum wzdłuż tzw. nasunięcia ramzowskiego nie można już dłużej utrzymać. W całej jednostce Branny, zamiast regionalnego nasunięcia, udokumentowano bowiem — na podstawie przebiegu penetratywnej lineacji ekstensyjnej na powierzchniach ścinania oraz o asymetryczność form wskaźników ścinania w płaszczyźnie ruchu — ekstensyjną, regionalną strefę ścinania podatnego o transporcie „góra” ku WSW (Cymerman, 1993; Chab i in., 1994; Schulmann i in., 1995).

Obok Suessa także Closs (1922) sugerował podział Sudetów na Wschodnie i Zachodnie, rozgraniczone prawie południkowo przebiegającą strefą. W omawianej strefie granicznej miały znajdować się skały maficzne i ultramaficzne grupy Ślęzy, metamorfik kłodzkiej, granitoidy niemczańskie i kłodzko-złotostockie oraz skały osadowe struktury bardzkiej i rowu Górnej Nysy Kłodzkiej. W Sudetach Zachodnich znajdowały się m.in. blok sowiogórski. Natomiast na obszarze Sudetów Wschodnich występowałyby kompleksy metamorficzne Jesenika (Jesioników) oraz masyw granitoidowy Strzelin-Żulova. Strefa ta w znacznym stopniu pokrywała się z obszarem tzw. Sudetów Środkowych (Bederke, 1924), wydzielonych ze wschodniej części Sudetów Zachodnich. Potem Bederke (1929a, b) podał nieco inny przebieg zachodniej granicy Sudetów Środkowych — wzdłuż zachodnich peryferii depresji Świebodzic i depresji śródsudeckiej oraz w południowo-wschodniej części struktury kaczawskiej. Jednak, nie tyle przebieg tych umownych granic był najważniejszy w pracach Bederkego (1924, 1929a, b, 1931), co założenie, że Sudety Zachodnie powstały podczas orogenezy kaledońskiej, a Sudety Wschodnie — orogenezy waryscyjskiej. W wyniku napływu nowych danych (stratygraficznych i radio-

*Państwowy Instytut Geologiczny, Oddział Dolnośląski, ul. Jaworowa 19, 53-122 Wrocław



Ryc. 1. Granica Sudetów Zachodnich (Lugicum) z Sudetami Wschodnimi (Silesicum) wzdłuż nasunięcia ramzowskiego (moldanubskiego); AH — warstwy andelskohorskie; BS — struktura bardzka; CG — rów Czerwieńczyk; DD — kopuła Desny; KD — kopuła Keprnika; KU — metamorfik kłodzki; KZ — metamorfik kamieniecko-niemczański; MSF — uskoc sudecki brzeżny; NSZ — strefa ścinania Niemczy; OSD — kopuła orlicko-śnieżnicka; SG — metamorfik sowiogórski; SMC — strzeliński kompleks krystaliczny; SMU — jednostka Starego Miasta; VG — grupa vrbeńska; VV — kopuła Wielkiego Vrbna; ZG — grupa zabrzańska; ZST — strefa ścinania Złoty Stok-Trzebieszowice

Fig. 1. Boundary between the Western Sudetes (Lugicum) and the Eastern Sudetes (Silesicum) along the so-called Ramzov thrust; AH — Andelska Hora beds; BS — Bardo structure; CG — Czerwieńczyk graben; DD — Desna dome; KD — Keprnik dome; KU — Kłodzko metamorphic unit; KZ — Kamieniec-Niemcza metamorphic complex; MSF — Marginal Sudetic fault; NSZ — Niemcza shear zone; OSD — Orlica-Snieżnik dome; SG — Sowie Góry metamorphic complex; SMC — Strzelin crystalline complex; VG — Vrbno group; VV — Velké Vrbno dome; ZG — Zabřeh group; ZST — Złoty Stok-Trzebieszowice shear zone

(1927), dzieląc warwicydy środkowoeuropejskie na cztery, regionalne strefy, włączył Sudety Zachodnie (określone przez niego jako Sudeticum) do strefy saksońsko-turyngijskiej, a Sudety Wschodnie — do strefy renohercyńskiej. Pogląd ten ostatnio popierają m.in. Franke i Żelaźniewicz (np. Franke i in., 1993; Franke & Żelaźniewicz, 1997).

Po drugiej wojnie światowej do rozważań o podstawowym, I-go rzędu podziale geologicznym Sudetów przyłączył się Oberc (np. 1960, 1968, 1972), który zakładał, podobnie jak wcześniej geolodzy niemieccy, że nasunięcie ramzowskie rozgranicza warwicyjskie struktury Silesicum od Lugicum. Jednak, w przeciwieństwie do geologów niemieckich, całe Lugicum zostało przez tego autora ogólnie uznane za strukturę prekambryjską. Później Oberc (1991) dokonał próby modyfikacji swojego dotychczasowego podziału Sudetów, wprowadzając ponownie, jak wcześniej Bederke (1929a, b), termin Sudety Środkowe. W takim ujęciu (Oberc, 1987) w strefie Niemczy miała przebiegać granica między dwoma, prekambryjskimi blokami litosfery: zachodnim (kłodzko-sowiogórskim) i środkowo-wschodnim. Ten ostatni blok

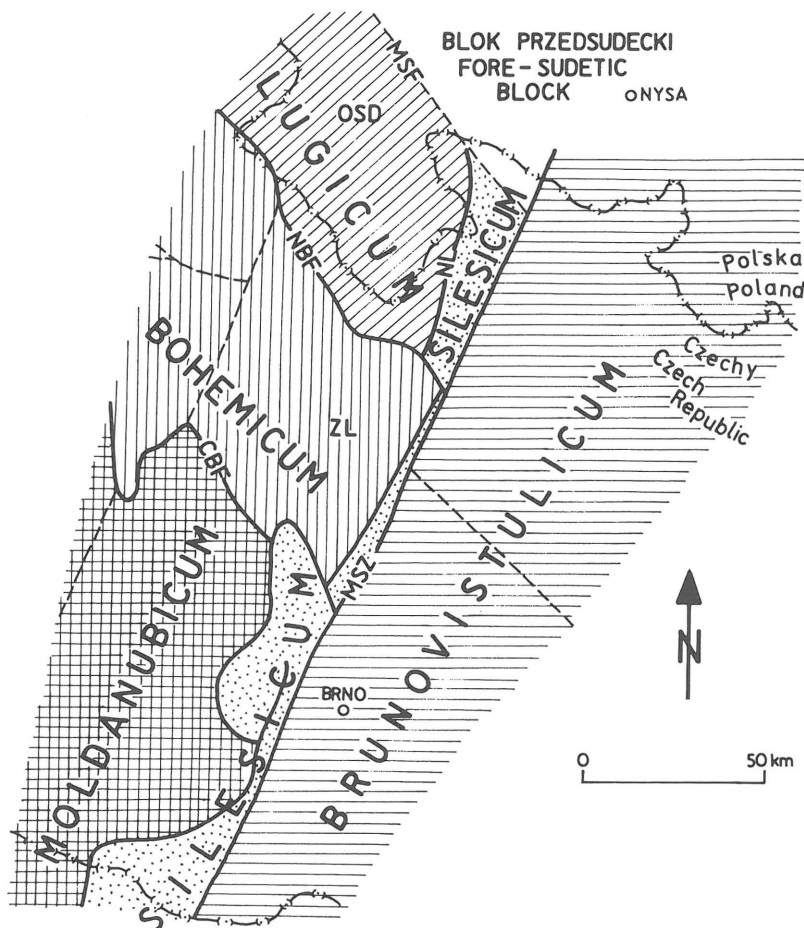
dochodził na wschodzie po nasunięcie ramzowskie (w ujęciu Oberca, 1968; ryc. 1). Do obszaru Sudetów Środkowo-Wschodnich zaliczono m.in. metamorfiki Imbramowic i Wzgórz Niemczańskich oraz ich — zakładaną — kontynuację na południu pod osadami kredy górnej w rowie Górnej Nysy Kłodzkiej (Oberc, 1991). W wyniku tego podziału struktura bardzka znalazła się w części w Sudetach Środkowo-Wschodnich, a w części zaś w Sudetach Zachodnich (Oberc, 1991).

Natomiast Don (1984, 1990) na obszarze Sudetów Zachodnich wydzielił dwa odrębne segmenty: warwicyjski (północno-wschodni) i kaledoński (południowo-zachodni), rozdzielone przez główny uskoc śródsudecki. Później Don (1995) uszczegółowił ten początkowy podział, wydzielając na obszarze Sudetów Zachodnich po dwie, powtarzające się strefy: kaledońskie z Lugicum (blok Łużyc razem z metamorfikami izersko-karkonoskim i Ziemi Kłodzkiej) i z tzw. metamorfikum legnickim oraz hercyńskie z Sudeticum (zgo-

metrycznych) wiemy obecnie, że było to tylko założenie. Obydwie części Sudetów powstały podczas orogenezy warwicyjskiej.

Jak wynika z powyższego rysu historycznego już w okresie międzywojennym, obok podstawowego, dwuczłonowego, geologicznego podziału Sudetów, dokonywano także prób zasadniczo trójczłonowego podziału Sudetów. Przeważał jednak pogląd o podziale Sudetów na kaledońskie Lugicum i warwicyjskie Silesicum, oddzielone od siebie nasunięciem ramzowskim (moldanubskim) (ryc. 1).

Na podział geologiczny Sudetów silny wpływ wywarła także dyskusja o kontynuacji jednostek tektonicznych i litostratygraficznych z obszaru Sudetów — lub braku takiej kontynuacji — na sąsiednim obszarze Masywu Czeskiego i terenie Niemiec. Suess (1912, 1926) uważał, że Sudety Wschodnie przedłużają się w formie łuku dalej ku północy, a następnie skracają ku zachodowi przechodząc w strefę renohercyńską; zaś Lugicum pozostaje zupełnie odrębną, niezależną domeną skorupy ziemskiej. Z kolei Kossmat



Ryc. 2. Jednostki tektonostratygiczne wschodniej części Masywu Czeskiego (według Chaloupskiego, 1989 — zmodyfikowane); CBF — uskok środkowo-czeski; MSF — uskok sudecki brzeżny; MSZ — morawsko-śląska strefa tektoniczna; NBF — uskok północno-czeski; NL — linia tektoniczna Nyznerowa; OSD — kopuła orlicko-śnieżnicka; ZL — region zabrzezsko-letowicki

Fig. 2. Tectonostratigraphic units of the eastern part of the Bohemia Massif (modified after Chaloupsky, 1989); CBF — Central Bohemian fault; MSF — Marginal Sudetic fault; MSZ — Moravicum-Silesicum tectonic zone; NBF — North Bohemian fault; NL — Nyznerov tectonic line; OSD — Orlica-Śnieżnik dome; ZL — Zabřeh-Lětovice terrain

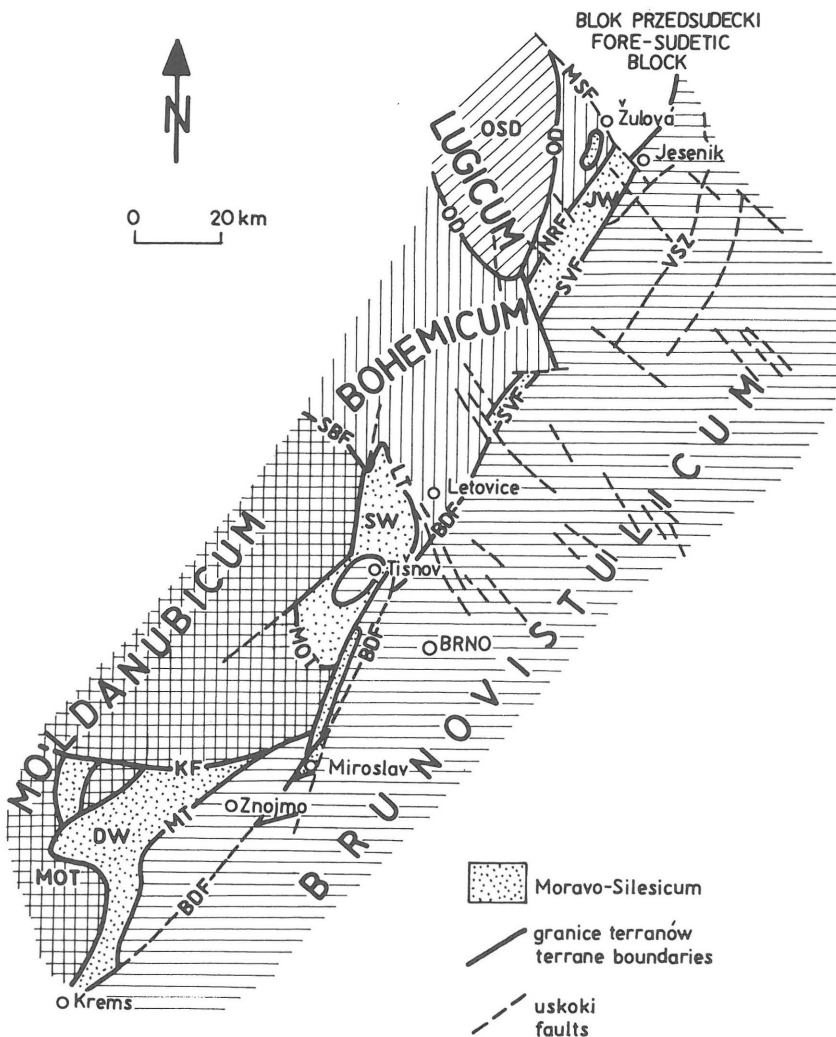
rzelecko-kaczawsko-niemczańsko-bardzkie) i ze strefę Łaby.

Z kolei Żelaźniewicz zalicza ostatnio Sudety Zachodnie zarówno do Lugicum (Żelaźniewicz i in., 1995, 1996, 1997), jak i do strefy saksońsko-turyngijskiej (Saxo-Thuringicum + Sudeticum w ujęciu Kossmata, 1927; Franke i in., 1993; Franke & Żelaźniewicz, 1997). Żelaźniewicz (1996, 1997) nadal uważa, że całe Lugicum zostało nasunięte od zachodu na strefę morawsko-śląską wzdłuż nasunięcia ramzowskiego podczas dewonu-karbonu dolnego. Badacz ten nie przyjmuje do wiadomości faktu udokumentowania w jednostce Branny regionalnej strefy ścinania podatnego o cechach uskoku normalnego (ekstensyjnego) — (Cyerman, 1993; Chab i in., 1994; Schulmann i in., 1995), co obala tradycyjne założenie o istnieniu tam wielkoskalowego nasunięcia ramzowskiego. Fakt, że Sudety Zachodnie są geologicznie znacznie bardziej zróżnicowanym regionem niż Sudety Wschodnie może wynikać z ich nierównopowierzchniowego podziału. Sudety Zachodnie obejmują prawie 90% powierzchni całych Sudetów, dlatego też na ich obszarze można spodziewać się większej różnorodności. I tak jest w rzeczywistości.

Na przełomie lat 80. i 90. bieżącego stulecia doszło do pierwszych prób przedstawiania ewolucji Masywu Czeskiego, a tym samym także i Sudetów w świetle modeli terranowych. Chaloupsky (1989) we wschodniej części Masywu Czeskiego wydzielił pięć jednostek tektonostratygicznych, z których aż cztery znajdują się w Sudetach: *Lugicum* (kopuła orlicko-śnieżnicka), *Bohemicum* (jednostki Nowego Miasta i zabrzezka), *Silesicum* (jednostki Starego Miasta, Wielkiego Vrbna i seria Branny) oraz *Brunovistulicum* (ryc. 2). W pierwszych, wybitnie terranowych modelach, stworzonych przez badaczy zachodnioeuropejskich, wschodnia

część Sudetów została praktycznie pominięta w rozważaniach (Matte i in., 1990; Oliver i in., 1993). Miśař i Dudek (1993) zmodyfikowali nieco podział Chaloupskiego (1989), poszerzając terran Bohemicum o jednostkę Starego Miasta, wydzieloną z terranu Silesicum (ryc. 3). W ostatniej, zmodyfikowanej wersji modelu terranowego dla całych Sudetów (Cyerman i in., 1997) granica terranów moldanubskiego i morawskiego została ustalona na obszarze górskim Sudetów w strefie Nyznerova (Skácel, 1989), a na obszarze bloku przedsudeckiego — w strefie ścinania Brzeg-Nysa (Cyerman, 1991) (ryc. 4). Przy takim ujęciu terrany moldanubski i morawski nie są od siebie oddzielone dwoma, bardzo cienkimi, silnie wydłużonymi południkowo terranami (Silesian i Bohemicum), tak jak zakładali wcześniej Miśař i Dudek (1993). Jednak w każdym z tych modeli geotektonicznych podkreślone jest zgodnie ogromne znaczenie strefy Nyznerova, jako potencjalnego reliktu szwu kolizyjnego (Skácel, 1989; Miśař & Dudek, 1993; Štripska i in., 1995; Cyerman, 1997; Cyerman i in., 1997). Skácel (1989) słusznie zakładał, że dyslokacyjna strefa Nyznerova jest pierwszorzędą granicą we wschodniej części Sudetów, znacznie ważniejszą od nasunięcia ramzowskiego. Dzisiaj wiemy, że zamiast zakładanego regionalnego nasunięcia istnieje tam regionalna, dolnkarbońska strefa normalnego, podatnego uskokuwania ze składową przemieszczenia „góra” ku WSW (Cyerman, 1993, Chab i in., 1994).

Na bloku przedsudeckim przebieg nasunięcia ramzowskiego wzbudzał znacznie większe kontrowersje niż na obszarze górskiej części Sudetów (ryc. 1). Na obszarze wschodniej części bloku przedsudeckiego przebieg tego nasunięcia był różnie przedstawiany: od lokalizacji w strefie Niemczy (Bederke, 1929a, b, 1931), na wschodnim obrzeżu



Ryc. 3. Terrany wschodniej części Masywu Czeskiego (według Mišar & Dudek (1993); BDF — uskoki Boskovice-Diendorf; DW — oko tektoniczne Dyje; JW — oko tektoniczne Jesenika; KF — uskoki Kravsko; LT — jednostka tektoniczna Letovice; MOT — moldanubska strefa tektoniczna; MSF — uskoki sudeckie brzeżny; MT — nasunięcie morawskie; NRF — strefa tektoniczna Nyznerov-Ramzova; OD — dyskordancja orlicka; SBF — uskoki południowo-czeski; SVF — strefa tektoniczna Svojanov; SW — oko tektoniczne Svratki; VSZ — strefa ścinania Vrbna
Fig. 3. Terranes of the eastern part of the Bohemian Massif (by Mišar & Dudek 1993); BDF — Boskovice-Diendorf fault; DW — Dyje window; JW — Jeseníky window; KF — Kravsko fault; LT — Lětovice tectonic unit; MOT — Moldanubian tectonic zone; MSF — Marginal Sudetic fault; MT — Moravian thrust; NRF — Nyznerov-Ramzova tectonic zone; OD — Orlica discordance; SBF — South Bohemian fault; SVF — Svojanov tectonic zone; SW — Svratka window; VSZ — Vrbno shear zone

metamorfiku strzelińskiego (Oberc, 1968, 1972); poniżej masywu amfibolitowego Niedźwiedzia (Skacel, 1989). Cwojdzński i Żelaźniewicz (1995) natomiast, na bloku przedsudeckim nie definiują dokładnie granicy pomiędzy Lugicum i Silesicum. W zamian wyznaczają — na wschód od metamorfiku strzelińskiego — szeroki (na ok. 30 km) pas strefy granicznej saksoturynگیkum i morawosiliziku, obejmującej m.in. regionalną, południkowo przebiegającą (ryc. 4) strefę ścinania Brzeg-Nysa (Cymerman, 1991).

Jak wynika z powyższego historycznego zestawienia dotychczasowych prób podziału geologicznego Sudetów przez ostatnich siedemdziesiąt lat dominował w geologii regionalnej dwuczłonowy, podstawowy (I-go rzędu) podział Sudetów, z drobnymi i raczej drugorzędnymi modyfikacjami. Podział ten doprowadził do przedziwnej sytuacji, w

której opisy poszczególnych jednostek tektonolitostratygraficznych Sudetów zostały zarejestrowane w osobnych rozdziałach, m.in. w różnych monografiach wydanych w krajach zachodnich (np. Zoubek, 1988; Dallmeyer i in., 1995), a także w krajowych (Stupnicka, 1989). Dlaczego tak się dzieje? Próba odpowiedzi na to pytanie jest dość złożona i znajduje się w kolejnym rozdziale.

Dlaczego nadal istnieje podział Sudetów na Lugicum i Silesicum?

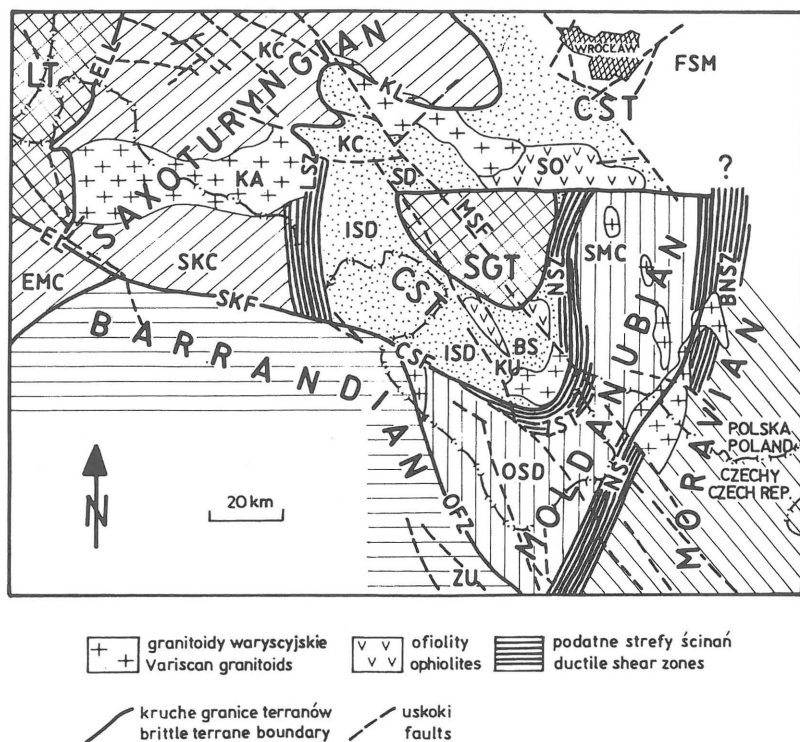
Dotychczasowy podział geologiczny Sudetów na Lugicum i Silesicum utrzymuje się — zdaniem piszącego te słowa — z trzech, zasadniczych powodów: historycznego, politycznego i ludzkiego. W poprzednim rozdziale było nieco wzmiankowane o historycznym uwarunkowaniu tego podziału. Prawie już wiekowa tradycja dotychczasowego geologicznego podziału Sudetów, niepodważanie przez całe dziesięciolecia podziału I-go rzędu, ugruntowanego dodatkowo setkami publikacji i podręcznikami (np. Oberc, 1972; Stupnicka, 1989) oraz nauczaniem akademickim, będzie trudna do zmiany w najbliższych latach.

Drugi z powodów — polityczny — wydaje się też oczywisty, choć jest chyba niedoceniany. Tradycyjnemu, dwuczłonowemu podziałowi Sudetów sprzyjała sytuacja geopolityczna po drugiej wojnie światowej, a zwłaszcza przebieg granic państwowych i ich szczelne zamknięcie, także dla badań naukowych. I tak Sudety Wschodnie znajdujące się praktycznie w całości na terenie Moraw, były badane przez ostatnie pół wieku, aż do początku lat dziewięćdziesiątych wyłącznie, przez geologów czeskich; podobnie jak Sudety Zachodnie znajdujące się w zdecydowanej większości na terenie Polski — przez geologów polskich. W pracach geologów czeskich brak jest praktycznie cytowań polskiej literatury sudeckiej.

Zbieżność w czasie, szerokie otwarcie granic państwowych z początkami rozwoju modeli terranowych w Sudetach na

początku lat dziewięćdziesiątych, stworzyła możliwość porównywania ewolucji całych Sudetów z terenami sąsiednich Czech i Niemiec, a zwłaszcza z obszarem Saksonii i Turynii. I tutaj dochodzimy do trzeciego powodu utrzymywania dotychczasowego podziału Sudetów, czyli wpływu czynnika ludzkiego.

W ostatnich latach w interpretacjach geotektonicznych Sudetów pojawiły się dość liczne modele terranowe, zakładające wielkoskalowe przemieszczenia tektonostratygraficznych terranów (np. Matte i in., 1990; Oliver i in., 1993; Johnson i in., 1994; Cymerman & Piasecki 1994; Aleksandrowski i in., 1997; Cymerman i in., 1997). Z drugiej strony Żelaźniewicz (1996, 1997), jako przeciwnik modeli terranowych, stworzył alternatywny, stacjonarny, zasadniczo niemobilistyczny schemat prekambryjskiej i paleozoicznej ewolucji



Ryc. 4. Schematyczna mapa terranów sudeckich (zmodyfikowana, według Cymerman i in., 1997)

BNSZ — strefa ścinania Brzeg–Nysa; BS — struktura bardzka; CSF — uskoki środkowo-sudeckie; CST — terran środkowo-sudecki; EL — lineament Elby; ELL — linia tektoniczna wschodnio-łużycka; EMC — kompleks metamorficzny Gór Kruszcowych; FSM — monoklina przedsudecka; ISD — depresja śródsudecka; KA — granitoidy Karkonoszy; KC — kaczawski kompleks metamorficzny; KL — linia tektoniczna Kaczawy; KU — metamorfik kłodzki; LSZ — strefa ścinania Leszczyńca; LT — terran łużycki; MSF — brzeżny uskoki sudecki; NSZ — strefa ścinania Niemczy; NS — strefa ścinania Nyznerova; OFZ — strefa uskokowa Orlicy; OSD — kopała orlicko-śnieżnicka; SD — depresja Świebodzice; SGT — terran sowiogórski; SKC — metamorfik południowo-karkonoski; SKF — strefa uskokowa południowo-karkonoska; SMC — krystalinik strzeleński; ZST — strefa ścinania Złoty Stok–Trzebieszowice; ZU — jednostka zabrzeska.

Fig. 4. Sketch-map of the Sudeckian terranes (modified after Cymerman et al., 1997); BNSZ — Brzeg–Nysa shear zone; BS — Bardo structure; CSF — Central Sudetic fault; CST — Central Sudetic terrane; EL — Elba lineament; ELL — East Lusatian tectonic line; EMC — Erzgebirge metamorphic complex; FSM — Fore-Sudetic monocline; ISD — Intra-Sudetic depression; KA — Karkonosze granitoids; KC — Kaczawa metamorphic complex; KL — Kaczawa tectonic line; LSZ — Leszczyńiec shear zone; LT — Lusatian terrane; MSF — Marginal Sudetic fault; NSZ — Niemcza shear zone; NS — Nyznerov shear zone; OFZ — Orlica fault zone; OSD — Orlica–Śnieżnik dome; SD — Świebodzice depression; SGT — Sowie Góry terrane; SKC — South Karkonosze metamorphic complex; SKF — South Karkonosze fault zone; SO — Śląska ophiolites; SMC — Strzelin metamorphic complex; ZST — Złoty Stok–Trzebieszowice shear zone; ZU — Zabřeh unit

Sudetów. W schemacie tym minimalizuje się znaczenie stref ścinania podatnych w rozwoju tektonometamorficznym Sudetów (Żelaźniewicz, 1996, 1997). A przecież to właśnie podatne strefy ścinania — i to o znaczeniu regionalnym — zostały rozpoznane na obszarze praktycznie wszystkich kompleksów metamorficznych w Sudetach, zarówno przez piszącego te słowa, jak także przez wielu innych geologów strukturalnych w ostatnim dziesięcioleciu (np. Rajlich, 1990; Johnson i in., 1994; Chab i in., 1994; Aleksandrowski, 1995; Aleksandrowski i in., 1997; Mazur & Puziewicz, 1995; Mazur i in., 1997; Oberc-Dziedzic & Szczepański, 1995; Schulmann i in., 1995; Štripska i in., 1995; Józefiak & Mazur, 1997; Seston i in., 1997). W strefach ścinania

podatnych kierunek transportu tektonicznego jest w zasadzie wyznaczany przez przebieg lineacji ziarna mineralnego (tzw. lineacja elongacyjna = lineacji mylonitycznej = lineacji z rozciągania), a asymetryczność struktur deformacji rotacyjnej (niekoaksjalnej).

Żelaźniewicz powraca do koncepcji Kosmata (1927) połączenia Sudetów Zachodnich ze strefą saksońsko-turyngijską, tworząc jeden blok litosfery (Franke i in., 1993; Żelaźniewicz, 1996, 1997). Przy takim założeniu oraz przy przyjęciu, że Sudety w paleozoiku rozwijały się na kadomskiej skorupie kontynentalnej, nie ma teoretycznych możliwości rozpatrywania ewolucji Sudetów, jako mozaiki terranów. Dlatego też koncepcja Żelaźniewicza (1996, 1997), powstała po opublikowaniu modeli terranowych Sudetów, jest próbą obalenia dotychczasowych osiągnięć tektoniki płytowej w Sudetach. W hipotezie roboczej Żelaźniewicza (1996, 1997) wyklucza się z rozważań o ewolucji Sudetów rozwój: wielkoskalowych, wewnątrzskorupowych stref ścinania podatnych; procesów subdukcji skorupy oceanicznej i jej obdukcji (np. największego reliktu paleozoicznej sekwencji ofiolitowej Śląży w całych waryscydach środkowoeuropejskich); nadsubdukcyjnego magmatyzmu typu łuków wyspowych (kra sowiogórska) (Oliver i in., 1993; Kröner & Hegner, 1997); przejawów wysokociśnieniowego metamorfizmu ściśle związaneego ze strefami subdukcji (np. Kryza i in., 1996; Maluski & Patočka, 1997). Nie uwzględniając tych różnorodnych danych w swoim modelu ewolucji Sudetów, łatwo jest kwestionować możliwość akrecji egzotycznych terranów w narożnikowej, północno-wschodniej części Masywu Czeskiego.

Jak wynika z powyższych rozważań, utrzymanie dotychczasowego, dwudzielnego podziału Sudetów jest korzystne dla przeciwników teorii tektoniki płytowej, których w ośrodku wrocławskim jest dość liczna grupa zwolenników. Z drugiej strony, coraz lepsze udokumentowanie rozwoju regionalnych stref ścinania w Sudetach, jak i prawdopodobnie wielkoskalowych przemieszczeń różnych fragmentów litosfery podczas paleozoiku na obszarze pomiędzy Gondwaną a Baltiką (np. Trench i in., 1992; Tait i in., 1995), stoi w zasadniczej sprzeczności z założeniami teorii ekspandującej Ziemi.

Jakim orogেনem są Sudety?

Chcąc odpowiedzieć na pytanie, czy i jak podzielić Sudety, trzeba najpierw odpowiedzieć na znacznie ważniejsze i trudniejsze pytanie — jakim orogেনem są Sudety? Odpowiedź z pozoru wydaje się prosta — orogেনem waryscyjskim, podobnie jak pozostała część Masywu Czeskiego. Procesy orogenezy waryscyjskiej zadecydowały w znacznej mierze o obecnej budowie geologicznej całych Sudetów. Najbardziej kontrowersyjnym problemem jest udział oroge-

nez pre-waryscyjskich (kadomskiej i kaledońskiej) w rozwoju Sudetów.

Sudety od NW graniczą z kadomskim blokiem łżycim, podobnie jak od SE z kadomskim blokiem Brna. Otwarte pozostaje nadal zagadnienie: czy mozaikowa budowa Sudetów rozwijała się na przetransponowanej skorupie kadomskiej, po której zachowały się jedynie na obrzeżach Sudetów obecne bloki krystaliczne Łżyc i Brna (Żelaźniewicz, 1997; Żelaźniewicz & Bankwitz, 1996); czy też paleozoiczna, geodynamiczna historia Sudetów obejmowała takie procesy jak: subdukcja skorupy oceanicznej i zamykanie oceanów (Ligurianu, Tornquista, czy też Rheickiego), rozwój łuków magmowych, basenów załukowych i procesów amalgamacji egzotycznych terranów.

Nowe dane radiometryczne (głównie metoda U/Pb na cyrkonach) wskazują, że intensywny magmatyzm w Sudetach zaznaczył się w przede wszystkim w przedziale wiekowym od kambru górnego po dolny ordowik (Oliver i in., 1993; Kröner i in., 1994; Kröner & Hegener, 1997). Jednak, dyskusyjnym problemem pozostaje zagadnienie środowiska geochemicznego — rozległego obszaru — procesu magmowego (np. Kryza & Pin, 1997; Kröner & Hegener, 1997). Natomiast intensywne procesy deformacji i regionalnego metamorfizmu — starszego, wysokociśnieniowego (HP) są niewątpliwie związane z procesami późnodewońsko-wczesnokarbońskiej, finalnej konwergencji różnych płyt litosfery i rozwoju podatnych nasunięć i stref ścinania w warunkach reżimu transpresyjnego. Procesy te doprowadziły do tektonicznego pogrubienia skorupy litosfery oraz późniejszych (górnowizeńsko-dolnopermskich) i/lub synchronicznych z nimi procesami regionalnej ekstensji, grawitacyjnego kolapsu, rozwoju basenów sedimentacyjnych i rowów tektonicznych oraz późnoorogenicznego magmatyzmu.

Współczesne badania pasm orogenicznych wskazują na dwa, zasadnicze procesy ich powstawania: 1) przez pionowy przyrost skorupy w wyniku procesów wewnątrz skorupowych nasunięć; 2) poprzez skośną akrecję terranów, na ogół wzdłuż wielkoskalowych stref przesuwczych. Waryscydy europejskie — łącznie z Sudetami — powstały także w wyniku podobnych procesów orogenicznych. W całych Sudetach rozpoznano liczne strefy, wewnątrz skorupowych ścinań podatnych, na ogół o cechach przesuwczo-nasunięciowych.

Kopuła orlicko-śnieżnicka, uważana tradycyjnie za najbardziej wschodnią część Lusicum jest oddzielona od Silesicum przez pasmo Nyznerov, wydzielonego ze wschodniej części jednostki Starego Miasta (Skácel, 1989). Pasma to może być uznane za strefę szwu kolizyjnego terranów moldanubskiego i morawskiego (Cymerman, 1997; Cymerman i in., 1997). Podobnie, lewoskrętna strefa ścinania Złoty Stok-Trzebieszowice, położona na północ od kopuły orlicko-śnieżnickiej może być rozpatrywana jako potencjalna strefa szwu kolizyjnego pomiędzy terranami moldanubskim i środkowosudeckim (ryc. 4).

Mechanizmy prawoskrętnej transpresji zostały dobrze rozpoznane zarówno w Sudetach Wschodnich (Rajlich, 1990; Schulmann i in., 1995), jak i we wschodniej części Sudetów Zachodnich ze skróceniem w kierunku W-E i transportem tektonicznym zasadniczo ku NNE (Cymerman, 1993, 1997). W warunkach reżimu transpresji i przemieszczeń typu przesuwczego, skracanie horyzontalne i pionowe pogrubianie litosfery współdziałają wzajemnie i są ciągłym procesem strukturotwórczym. Skośna kolizja terranu moldanubskiego z terranem morawskim wzdłuż prawie południkowej strefy Nyznerova spowodowała prawoskrętną,

regionalną transpresję. W warunkach transpresji doszło do transportu pakietu nasuniętych jednostek (łusek) kopuły orlicko-śnieżnickiej na rozczłonkowane tektonicznie pakiety sekwencji ofiolitowej i/lub łuku wyspowego terranu środkowosudeckiego. Skośna, diachroniczna kolizja tych dwóch terranów była głównym powodem zwolnienia tempa przemieszczeń pakietów skalnych z „górami” ku NNE. W wyniku tego procesu doszło do względnej zmiany zwrotu transportu tektonicznego z „górami” ku SSW w północno-wschodniej części omawianej kopuły (Cymerman, 1997). Deformacja o reżimie transpresyjnym powoduje przemieszczenia wzdłuż uskoku przesuwczego ze ścinaniem prostym z jednoczesnym ścinaniem czystym, zorientowanym zasadniczo prostopadle do granic kolidujących płyt litosfery.

Podczas orogenezy waryscyjskiej przemieszczenia domen skalnych we wschodniej części Lusicum, jak i w Silesicum, zasadniczo w kierunku prawie równoległym do przebiegu pasma orogenicznego, czyli w kierunku NNE-SSW, odbywały się prawie prostopadle do synchronicznej kontrakcji w sąsiednich jednostkach tektonolitostratygraficznych w zachodniej i środkowej części Sudetów (kopuła izersko-karkonoska i metamorfik izerski). Stopniowe przejście od ścinania prostego do warunków transpresji ograniczało dalsze pogrubianie skorupy litosfery, co jest typową cechą orogenów kolizyjnych.

Większość cech strukturalnych i kinematycznych z kompleksów metamorficznych Sudetów Zachodnich i Wschodnich może być wytłumaczona heterogenicznymi ruchami typu podatnych nasunięć z powstaniem pakietu łusek i imbrykacji. Strefy ścinań o południkowych przebiegach i stromych zapadach mogą zostać zinterpretowane jako powierzchni boczne łusek, strefy ścinań natomiast o przebiegach zbliżonych do równoleżnikowych mogą być uważane za powierzchnie czołowe takich podatnych nasunięć.

Nie dzielić Sudetów na Lusicum i Moravo-Silesicum

Na zakończenie tego przeglądowego artykułu o geologii regionalnej Sudetów zamiast wniosków jedna prośba skierowana do geologów pracujących w Sudetach. Nie dzielimy fragmentu orogenu waryscyjskiego, jakim są Sudety, na dwa odrębne geologiczne fragmenty — Lusicum i Moravo-Silesicum. W świetle przedstawionych powyżej rozważań tektonicznych, a zwłaszcza wobec faktu istnienia zupełnie odmiennych koncepcji ewolucji Sudetów, wydaje się obecnie nieuzasadnionym i przedwczesnym dzielenie geologiczne Sudetów, czy to wzdłuż granic terranów (nie do końca jednoznacznie ustalonych), czy też wzdłuż tzw. nasunięcia moldanubskiego (które nie istnieje w Sudetach!). Dla tych powodów należałoby — przy regionalnym podziale Sudetów — powrócić do neutralnego, geograficznego podziału Sudetów na trzy makroregiony: Sudety Zachodnie, Środkowe i Wschodnie (Walczak, 1968; Kondracki, 1978).

Autor dziękuje obydwu anonimowym recenzentom za komentarz i uzupełnienia tekstu. Z założenia artykuł ten, nie proponując nowego podziału geologicznego Sudetów i kryteriów tego podziału, nie obala wszystkich podstaw dotychczasowego podziału, a jedynie wskazuje na trudności związane z jego utrzymaniem.

Literatura

- ALEKSANDROWSKI P. 1995 — Rola wielkoskalowych przemieszczeń przesuwczych w ukształtowaniu waryscyjskiej struktury Sudetów. *Prz. Geol.*, 43: 745–754.
ALEKSANDROWSKI P., KRYZA R., MAZUR S. & ŻABA J. 1997 —

- Kinematic data on major Variscan strike-slip faults and shear zones in the Polish Sudetes, northeast Bohemian Massif. *Geol. Mag.* 134: 727–739.
- BEDERKE E. 1924 — Das Devonian in Schlesien und das Alter der Sudetenfaltung. *Fortschr. Geol. Paläont.*, 7: 1–50.
- BEDERKE E. 1929a — Die varistische tektonik der mittleren Sudeten. Stratigraphisch- und petrographisch-tektonische Untersuchungen in der Eulengebirgsgruppe. *Fortschr. Geol. Paläont.*, 23: 429–524.
- BEDERKE E. 1929b — Die Grenze von Ost- und Westsudeten und ihre Bedeutung für die Einordnung der Sudeten in den Gebirgsbau Mitteleuropas. *Geol. Rdsch.*, 20: 186–205.
- BEDERKE E. 1931 — Die moldanubische Überschiebung im Sudetenvorlande. *Zbl. Mineral., B, Stuttgart*, 8: 349–408.
- CHÁB J., MIXA P., VANĚČEK M. & ŽÁČEK V. 1994 — Evidence of an extensional tectonics in the NW of the Hrubý Jeseník Mts. *Věst. Česk. geol. úst.*, 69, 3: 7–15.
- CHALOUPSKÝ J. 1989 — Major tectonostratigraphic units of the Bohemian Massif. *Geol. Soc. Am., Spec. Paper* 230: 101–114.
- CLOOS H. 1922 — Der Gebirgsbau Schlesiens und die Stellung seiner Bodenschätze. *Gebr. Bornträger*, 8: 1–107. Berlin.
- CWOJDZIŃSKI S. & ŻELAŹNIEWICZ A. 1995 — Podłoże krystaliczne bloku przedsudeckiego. *Przew. 66 Zjazdu Pol. Tow. Geol.*: 11–28.
- CYMERMAN Z. 1991 — Regionalna strefa ścinania we wschodniej części bloku przedsudeckiego. *Prz. Geol.*, 39: 457–463.
- CYMERMAN Z. 1993 — Czy w Sudetach istnieje nasunięcie ramzowskie? *Prz. Geol.*, 41: 700–706.
- CYMERMAN Z. 1997 — Structure, kinematics and an evolution of the Orlica-Snieżnik Dome, Sudetes. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 156: 1–120.
- CYMERMAN Z. & PIASECKI M. A. 1994 — The terrane concept in the Sudetes. *Geol. Quart.*, 38: 191–210.
- CYMERMAN Z., PIASECKI M. A. & SESTON R. 1997 — Terranes and terrane boundaries in the Sudetes, northeastern Bohemian Massif. *Geol. Mag.*, 134: 717–725.
- DALLMEYER R.D., FRANKE W. & WEBER K. (eds) 1995 — *Pre-Permian Geology of Central and Eastern Europe*. Berlin, New York: Springer. 1–593.
- DON J. 1984 — Kaledonidy i waryscydy Sudetów Zachodnich. *Prz. Geol.*, 32: 459–468.
- DON J. 1990 — The differences in Palaeozoic facies-structural evolution in the West Sudetes. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 179: 307–328.
- DON J. 1995 — Problem hercynidów i waryscydów w Sudetach. *Prz. Geol.*, 43: 738–744.
- FRANKE W., ŻELAŹNIEWICZ A., POREBSKI S. & WAJSPRYCH B. 1993 — Saxothuringian zone in Germany and Poland: differences and common features. *Geol. Rdsch.*, 82: 583–599.
- FRANKE W. & ŻELAŹNIEWICZ A. 1997 — The Sudetes seen from the West: Terrane correlation across the Elbe Zone. *Terra Nostra*, 97: 46–49.
- KONDRACKI J. 1978 — *Geografia fizyczna Polski*. PWN: 1–463.
- KOSSMAT F. 1927 — *Gliederung des varistischen Gebirgsbaues. Abhandlungen Sächsischen Geologischen Landesamts*, 1: 1–39. Leipzig.
- KRÖNER A., JÄCKEL P. & OPLETAL M. 1994 — Pb-Pb and U-Pb zircon ages for orthogneisses from eastern Bohemia: further evidence for a major Cambro-Ordovician magmatic event. *J. Czech Geol. Soc.*, 39: 60–60.
- KRÖNER A. & HEGNER E. 1997 — Geochemistry, single zircon ages and Sm-Nd systematics of granitoid rocks from the Gory Sowie (Owl) Mts., Polish West Sudetes: evidence for early Palaeozoic arc-related plutonism. *J. Geol. Soc.*, London (in press).
- KRYZA R., PIN C. & VIELZEUF D. 1996 — High-pressure granulites from the Sudetes (south-west Poland): evidence of crustal subduction and collision thickening in the Variscan Belt. *J. Metamorphic Geol.*, 14: 531–546.
- KRYZA R. & PIN C. 1997 — Dolnopaleozoiczne ortognejsy w Sudetach: łuk magmowy czy ryft kontynentalny? *Pr. Spec. Pol. Tow. Miner.*, 9: 116–117.
- JOHNSON J.D., TAIT J.A., OLIVER G.J.H. & MURPHY J.C. 1994 — Evidence for a Caledonian orogeny in Poland. *Trans. Royal Soc., Edinburgh, Earth Sciences*, 85: 131–142.
- JÓZEFIAK D. & MAZUR S. 1997 — Ewolucja tektoniczno-metamorficzna łupków łyszczykowych okolic Kamieńca Żąbkowickiego. *Pr. Spec. Pol. Tow. Miner.*, 9: 13–20.
- MALUSKI H., RAJLICH P. & SOUČEK J. 1995 — Pre-variscan, Variscan and early Alpine thermo-tectonic history of the north-eastern Bohemian Massif: an Ar/Ar study. *Geol. Rdsch.*, 84: 345–358.
- MALUSKI H. & PATOČKA F. 1997 — Geochemistry and ⁴⁰Ar-³⁹Ar geochronology of the mafic metavolcanic rocks from the Rýchory Mountains complex (West Sudetes, Bohemian Massif): palaeotectonic significance. *Geol. Mag.*, 134: 703–716.
- MATTE P., MALUSKI H., RAJLICH P. & FRANKE W. 1990 — Terrane boundaries in the Moldanubian Massif: Result of large-scale Variscan shearing. *Tectonophysics*, 177: 151–170.
- MAZUR S. 1995 — Strukturalna i metamorficzna ewolucja wschodniej okrywy granitu Karkonoszy w południowej części Rudaw Janowickich i Grzbiecie Lasockim. *Geologia Sudetica*, 29: 19–91.
- MAZUR S. & PUZIEWICZ J. 1995 — Deformacja i metamorfizm serii skalnych na wschód od bloku sowiogórskiego — nowe dane i interpretacje. *Prz. Geol.*, 43: 786–793.
- MÍŠAŘ Z. & DUDEK A. 1993 — Some critical events in the geological history of eastern margin of the Bohemian Massif. *J. Czech Geol. Soc.*, 38: 9–20.
- OBERC J. 1960 — Podział geologiczny Sudetów. *Pr. Inst. Geol.*, 30: 309–328.
- OBERC J. 1968 — Granica między strukturą zachodnio- i wschodniopodulską. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 38: 203–271.
- OBERC J. 1972 — Budowa geologiczna Polski, 4, Tektonika, cz. 2, Sudety i obszary przyległe. *Inst. Geol., Warszawa*.
- OBERC J. 1991 — Division of the Middle Sudetes and their Foreland - a proposal of modification. *Kwart. Geol.*, 35: 295–304.
- OBERC-DZIEDZIC T. & SZCZEPAŃSKI J. 1995 — Geologia krystaliku Wzgórz Strzebińskich. *Przew. 66 Zjazdu Pol. Tow. Geol.*: 111–126.
- OLIVER G.J.H., CORFU F. & KROGH T.E. 1993 — U-Pb ages from SW Poland: evidence for a Caledonian suture zone between Baltica and Gondwana. *J. Geol. Soc. London*, 150: 355–369.
- RAJLICH P. 1990 - Strain and tectonic styles related to Variscan transpression and transension in the Moravo-Silesian basin, Bohemian Massif, Czechoslovakia. *Tectonophysics*, 174: 351–367.
- SCHULMANN K., GAYER R. & CHAB J. 1995 — Tectonometamorphic development in an obliquely convergent orogenic zone: Silesian domain. In: *Excursion Guide of International Conference on Thermal and Mechanical Interaction in Deep Seated Rocks*. October, 1–4, Czech Republic: 35–59.
- SESTON R., WINCHESTER J.A., CYMERMAN Z., PIASECKI M.A., FLOYD P.A. & HOLLAND J.G. 1997 — The significance of the Kaczawa Line and related major ductile dislocations in the Sudetes of SW Poland. *Terra Nova*, 11: 126–129.
- SKCEL J. 1989 — Hranice Lugika a Silezika. *Pr. Geol.-Min. Univ. Wr.*, 17: 45–55.
- STELTENPOHL M.G., CYMERMAN Z., KROGH E. & KUNK M.J. 1993 — Exhumation of eclogitized continental basement during Variscan lithospheric delamination and gravitational collapse, Sudety Mountains, Poland. *Geology*, 21: 1111–1114.
- STUPNICKA E. 1989 — *Geologia regionalna Polski*. Wyd. Geol.: 1–286.
- SUESS F.H. 1912 — Die moravischen Fenster und ihre Beziehung zum Grundgebirge des Hohen Gesenkes. *Denkschr. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl.*, 88: 541–631.
- SUESS F. E. 1926 — Intrusionstektonik und Wandertektonik im varistischen Grundgebirge: 1–268. Berlin-Borntraeger.
- ŠTIPSKA P., KRÖNER A., JÄCKEL P. & SCHULMANN K. 1995 — Tectonics of intraplate boundary (Staré Město belt). In: *Excursion Guide of International Conference on Thermal and Mechanical Interaction in Deep Seated Rocks*. Czech Republic: 12–26.
- TAIT J., BACHTADSE V. & SOFFEL H.C. 1994 — Silurian palaeogeography of the Bohemian Massif: implication from Armorica. *J. Geoph. Research.*, 99: 2897–2907.
- TRENCH A., TORSVIK T.H. & McKERROW W.S. 1992 — The palaeogeographic evolution of southern Britain during early Palaeozoic times: a reconciliation of palaeomagnetic and biogeographic evidence. *Tectonophysics*, 201: 75–82.
- WALCZAK W. 1968 — Sudety. PWN.
- ZIEGLER P.A. 1986 — Geodynamic model for Palaeozoic crustal consolidation of Western and Central Europe. *Tectonophysics*, 126: 303–328.
- ZOUBEK V. (ed.) 1988 — *Precambrian in Younger Fold Belts: European Variscides, the Carpathians and Balkans*. J. Willey and Sons, Chichester.
- ŻELAŹNIEWICZ A. 1996 — On some controversies about the geology of the West Sudetes. *Zeitschrift Geolog. Wissenschaften*, 24: 457–65.
- ŻELAŹNIEWICZ A. 1997 — The Sudetes as a Palaeozoic orogen in Central Europe. *Geol. Mag.*, 134: 691–702.
- ŻELAŹNIEWICZ A. & BANKWITZ P. 1994 — Cadomian basement of the Palaeozoic platform in Central Europe. *Studia geoph. et geod.*, 39: 302–308. Prague.
- ŻELAŹNIEWICZ A., KEMNITZ O. & HERMSDORF N. 1995 — Structure. [In:] *Pre-Permian Geology of Central and Eastern Europe* (eds. Dallmeyer et al.). Springer Verlag.: 328–340.