

Budowa geologiczna jednostki łysogórskiej (Góry Świętokrzyskie) na podstawie analizy zdjęć radarowych

Leonard Mastella*, Włodzimierz Mizerski**,***

Geological setting of the Łysogóry Unit (Holy Cross Mountains, Central Poland) based on analysis of the radar images. *Prz. Geol.*, 50: 767–772.

S u m m a r y. The paper is focused on the geological setting of the Łysogóry Range between the region northwards of Kielce to the eastern ending of the Truskolaska Hill based on the photointerpretation of radar images in the 1:200.000 scale at a resolution of ca. 30 meters. Side selection radar images, taken in concordance with the strike of the geological structures, were chosen for interpretation. The images remove part of the obstacles due to regetation cover and weathered debris. Therefore they are very useful for the recognition of the lithostratigraphy and tectonics of the Łysogóry Unit. Four lithological complexes, corresponding to the previously distinguished lithostratigraphic units, were recognised in the Middle and Upper Cambrian strata. Generally, the Łysogóry Unit is characterised by strata dipping monoclinally northwards. Southern dips occur sporadically within the shale-sandstone complex I, where they are linked with folding. The Łysogóry Unit is delimited bounded by a dislocation (Holy Cross Dislocation) not only from the south, but probably also from the north. Eastwards from Radostowa Hill and Nowa Słupia, the latter dislocation is cut by a series of NE–SW trending sinistral faults. This might indicate its strike-slip, dextral character. Similarly, a series of NW–SE trending large dextral faults, lying at 25° in relation to the dislocation, accompany the Holy Cross Dislocation. This proves that they are low-angle Riedel shears (R). In this interpretation the presence of a dextral strike-slip component along with the dip-slip component should be assumed. Additionally, in effect of these fault the Łysogóry Unit was flaked, and the individual flakes were husted upon each other. Among the many large regional faults cutting the Łysogóry Unit, the only distinct fault is the Łysogóry Dislocation westwards of Nowa Słupia. The others are invisible in radar images. This is probably caused by the limitations of this method. In effect, the remote sensing method should be supplemented by fieldwork.

Key words: Radar images, tectonics, strike-slip faults, slices, Cambrian, Łysogóry unit, Holy Cross Mountains

Celem opracowania jest przedstawienie budowy geologicznej pasma łysogórskiego na podstawie interpretacji radarowych zdjęć lotniczych. Badaniami objęto pas wychodni kambru o długości ok. 40 km, od linii kolejowej Kielce–Radom na zachodzie po wschodnie zakończenia góry Truskolaska na wschodzie. Niniejszy artykuł jest poszerzoną wersją abstraktu referatu, wygłoszonego przez autorów na sesji naukowej „II Świętokrzyskie Spotkania Geologiczno-Geomorfologiczne” („Jodłowy Dwór” pod Św. Krzyżem, 9–11.05.2002).

Użyte do interpretacji zdjęcia (ryc. 1) zostały wykonane metodą *side-looking airborne radar* (SLAR) przy długości fali 2,6 cm. Sygnał nadawany i odbierany był spolaryzowany horyzontalnie. Interpretowano zdjęcia o kierunku nalotu zgodnym z rozciągłością struktur regionalnych wykonanych przy niskim kącie padania wiązki fal radarowych. Są one wykonane w skali 1:200 000 i 1:100 000 o zdolności rozdzielczej systemu ok. 30 m (Doktór & Graniczny, 1982).

Na zdjęciach radarowych częściowo jest eliminowany efekt pokrycia zwietrzeliną skalną oraz pokrywy roślinnej (Ostaficzuk, 1978; Doktór & Graniczny, 1982; Vergely & Zadeh Kabir, 1988; Graniczny i in., 1989). Wszystko to powoduje wzrost zróżnicowania morfologii, a co za tym idzie możliwości interpretacyjnych struktur geologicznych, znajdujących swoje odzwierciedlenie w rzeźbie terenu. Dotyczy to zwłaszcza uskoków skośnych do kierunku lotu oraz dyslokacji i ogniw litostratygraficznych o rozciągłości zgodnej z kierunkiem nalotu (Graniczny i in.,

1989; Mastella & Szykaruk, 1998). Czytelność zróżnicowania rzeźby terenu, wynikająca ze zmian odporności skał na erozję, w zależności od litologii, pozwala oszacować regionalne położenia warstw. Zmienność mikrostruktury obrazu (Ostaficzuk, 1978) pozwoliła również na zaobserwowanie zmienności litologicznej poszczególnych ogniw wzdłuż ich rozciągłości.

Ograniczeniem zastosowanej metody analizy budowy geologicznej jednostki łysogórskiej była mała skala zdjęć radarowych oraz „zacinienie” fragmentów niektórych obszarów, położonych zwłaszcza między Świętą Katarzyną a Nową Słupią (ryc. 1), co jest związane z niskim kątem padania wiązki fal radarowych podczas wykonywania zdjęć. Ograniczenia te starano się usunąć uzupełniając interpretację zdjęć radarowych analizą istniejących materiałów kartograficznych, a zwłaszcza arkuszy *Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000* (arkusze: Bodzentyn — Filonowicz, 1962; Słupia Nowa — Filonowicz, 1963; Łągów — Walczowski, 1964; Kielce — Filonowicz, 1971; Opatów — Dowgiałło, 1972; oraz objaśnieniami do nich — Filonowicz, 1968, 1969, 1973; Walczowski, 1968; Dowgiałło, 1974) oraz arkusza Kielce mapy w skali 1:100 000 (Czarnecki, 1938).

Analiza zdjęć radarowych w świetle dotychczasowych poglądów na budowę geologiczną jednostki łysogórskiej

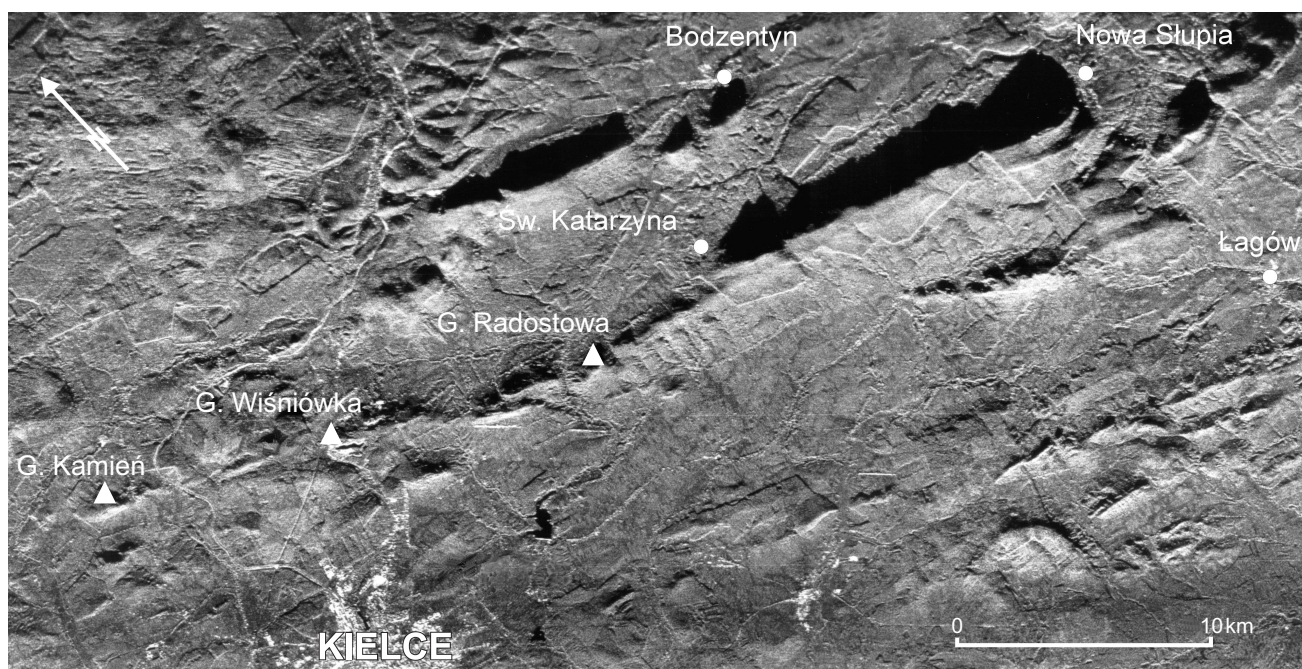
Litostratygrafia

Na obrazach radarowych w obrębie badanego regionu wyróżniono cztery kompleksy litologiczne (ryc. 2), ciągnące się wzdłuż niemal całego Pasma Głównego (ryc. 3). Kompleksy te generalnie odpowiadają wydzielanym wcześniej ogniwom litostratygraficznym środkowego i

*Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; mastella@geo.uw.edu.pl

**Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; wmiz@pgi.waw.pl;

***Katedra Geologii, Uniwersytet Łódzki, ul. różłowa 47, Łódź



Ryc. 1. Zdjęcie radarowe zachodniej części obszaru badań
 Fig. 1. Radar image of the west part of the study area

górnego kambriu (Czarnocki, 1919; Samsonowicz, 1934; Filonowicz, 1968; Orłowski, 1975).

Najniższy **kompleks I** buduje podnóża południowych zboczy Łysogór w ich środkowej części (ryc. 2). Na zdjęciu radarowym charakteryzuje się małymi nachyleniami zboczy i „chropowatą”, „ząbkowaną” mikrostrukturą obrazu. Wyższy **kompleks II** zaznacza się bardziej stromymi zboczami oraz gładką, tylko miejscami lekko chropowatą, mikrostrukturą obrazu. Najszerze jego wychodnie występują na zachód od Nowej Słupi, stopniowo zwężając się w kierunku zachodnim, aż do zaniknięcia w rejonie Góry Radostowej (ryc. 3). Ponadto obecność tego kompleksu stwierdzono bezpośrednio przy dyslokacji świętokrzyskiej na krańcach wschodnim i zachodnim, gdzie brak kompleksu I. Obydwa kompleksy (ryc. 2) odpowiadają środkowokambryjskiej formacji łupków z Gór Pieprzowych (Orłowski, 1975), choć ich wychodnie nie pokrywają się zawsze z zasięgiem formacji łupków z Gór Pieprzowych wyznaczonych przez Orłowskiego (1975). Składają się one z łupków ilastych z przewarstwieniami piaskowców i mułowców o miąższościach warstw nie przekraczających na ogół 10 cm.

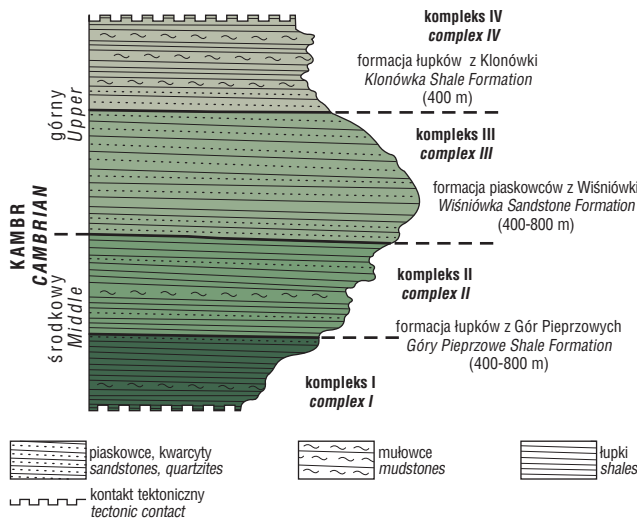
Kompleks I odpowiada dolnej części profilu tej formacji o zwiększonym udziale łupków, które w pewnych rejonach (np. południowe stoki Radostowej) odgrywają dominującą rolę, a skały tego kompleksu odsłaniają się doskonale w zboczach Kamecznicy Podmachocickiej, spływającej z południowych stoków Radostowej.

Kompleks II prawdopodobnie reprezentuje wyższą część formacji łupków z Gór Pieprzowych i ma charakter bardziej piaskowcowy. Miąższość formacji łupków z Gór Pieprzowych (graniczącej tektonicznie z dyslokacją świętokrzyską) waha się od 400 do 800 m, a zaobserwowane zmiany miąższości wydzielonych kompleksów mogą być

spowodowane zmianami facjalnymi lub też wynikiem ścinania przez dyslokacje świętokrzyską.

Kompleks III jednoznacznie odpowiada (ryc. 2) górnokambryjskiej formacji piaskowców z Wiśniówki (Orłowski, 1975). Dominują w niej piaskowce kwarcytyczne (tzw. „kwarcyty łysogórskie” w Łysogórach), z podrzędnie występującymi łupkami ilastymi. Kompleks ten buduje na całej rozciągłości szczytowe partie pasma łysogórskiego (ryc. 3). Na zdjęciach radarowych od otaczających go kompleksów litologicznych odcina się wyraźnym progiem morfologicznym. Charakteryzuje się on pasami jasnych i jasnoszarych fototonów i gładką mikrostrukturą obrazu. Pasy jasnych fototonów odpowiadają grzędom, zbudowanym z odpornych na wietrzenie zespołów ławic piaskowców kwarcytycznych o miąższościach warstw sięgających do 3 m, a jasnoszare — zagłębieniom między grzędami. Kompleks ten jednoznacznie odpowiada (ryc. 2) górnokambryjskiej formacji piaskowców z Wiśniówki (Orłowski, 1975). Dominują w niej piaskowce kwarcytyczne „kwarcyty łysogórskie” o miąższościach ławic sięgających do 3 m (w Łysogórach) z podrzędnie występującymi łupkami ilastymi i mułowcami.

Najwyższy, **kompleks IV** wydzielono jedynie po stronie północnej Pasma Łysogórskiego na zachód od Świętej Katarzyny po rejon Góry Radostowej (ryc. 3). Stoi to w pewnej sprzeczności z wydzieleniami litostratygraficznymi Orłowskiego (1975), który formację leżącą powyżej formacji piaskowców z Wiśniówki wyróżnił wzdłuż całej północnej części jednostki łysogórskiej. Na zdjęciu radarowym kompleks ten zaznacza się trójkątnymi, ujemnymi formami morfologicznymi i ciemnoszarymi fototonami. Na pozostałych fragmentach terenu zaś kompleks ten bądź nie występuje, bądź nie jest czytelny, gdyż znajduje się w



Ryc. 2. Kompleksy litologiczne w obrębie kambru jednostki łysogórskiej, wydzielone na podstawie interpretacji zdjęć radarowych i odpowiadającym im jednostkom litostratygraficznym wydzielone przez S. Orłowskiego, 1975

Fig. 2. Lithological complexes in the Cambrian rocks of the Łysogóry unit, based of the radar images and lithostratigraphic units after S. Orłowski, 1975

cieniu wiązki fal radarowych. Jego odpowiednikiem w profilu litostratygraficznym jest najprawdopodobniej kompleks łupkowo-mułowcowo-piaskowcowy formacji łupków z Klonówki (ryc. 2). Jest możliwe, że słabsza czytelność kompleksu IV, wydzielanego jako formacja łupków z Klonówki, wynika ze zmian facjalnych wzdłuż rozciągłości Pasma Łysogórskiego (por. Mizerski, 1979). Możliwe, że w rejonie, gdzie został wydzielony ten kompleks mamy do czynienia z dużą przewagą łupków nad piaskowcami. Miąższość skał kambru górnego jest zmienna (Mizerski, 1979) i waha się od 800 do 2000 m.

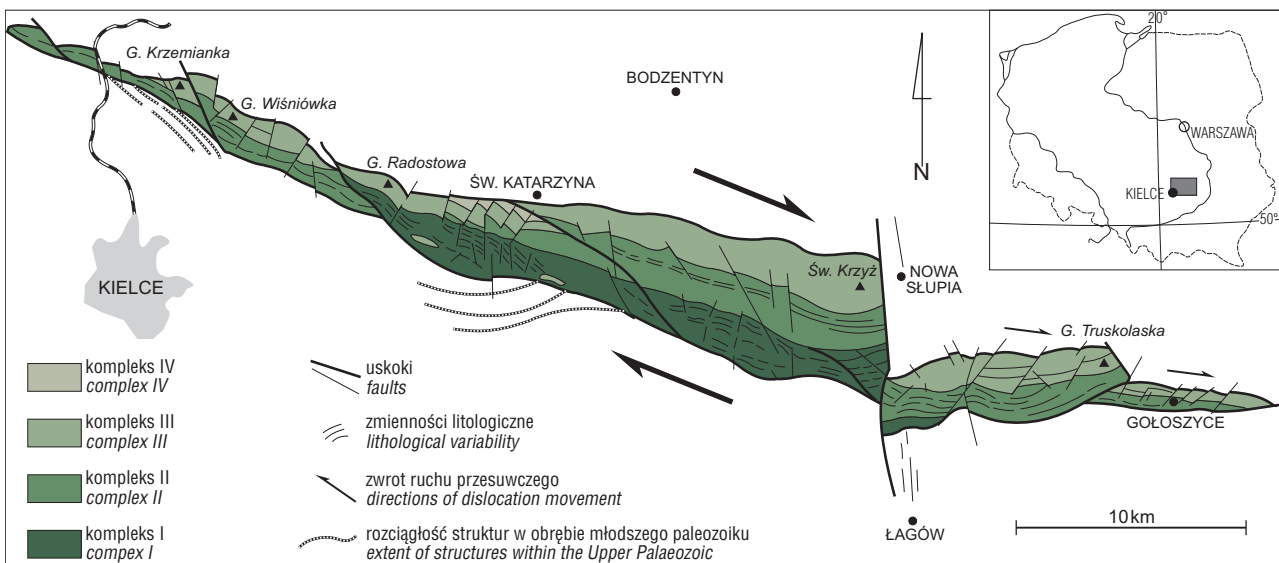
Tektonika

Poglądy na tektonikę Pasma Głównego są zróżnicowane. Znosko (1974, 1994), Filonowicz (1968), Kowalczew-

ski (1981) reprezentują pogląd, że utwory kambru są silnie prześladowane, tworząc szereg obalonych na południe form fałdowych i nasunięte ku południowi wzdłuż dyslokacji świętokrzyskiej. Mizerski (1979, 1991) uważa, że skały górnego kambru zapadają monoklinalnie ku północy, zaś sfałdowane są wyłącznie bardziej miękkie skały formacji łupków z Gór Pieprzowych, przy czym intensywność deformacji wzrasta w kierunku dyslokacji świętokrzyskiej. Badania terenowe (Mizerski, 1979) potwierdzają, że dyslokacja świętokrzyska jest stromą strefą uskokową będącą powierzchniowym przejawem głębokiego rozłamu sięgającego do powierzchni Moho (Guterch i in., 1976; Dądelek, 2000) dzielącego skorupę ziemską na dwa bloki o różnej grubości. Na wszystkich mapach geologicznych jednostka łysogórska jest przedstawiana jako jednostka tektoniczna pocięta licznymi uskokami poprzecznymi, interpretowanymi przez różnych autorów bądź jako dyslokacje przesuwowe (Jaroszewski, 1973, 1980), bądź zrzutowe lub zrzutowo-przesuwowe (Mizerski, 1979, 1982). Analiza zdjęć radarowych wykazała, że tektonika jednostki łysogórskiej jest bardziej skomplikowana niż to przyjmowali różni autorzy (Znosko, 1962; Kowalczewski, 1981; Mizerski, 1995, 1998) prezentujący nawet skrajnie różne poglądy na temat wewnętrznej budowy tej jednostki.

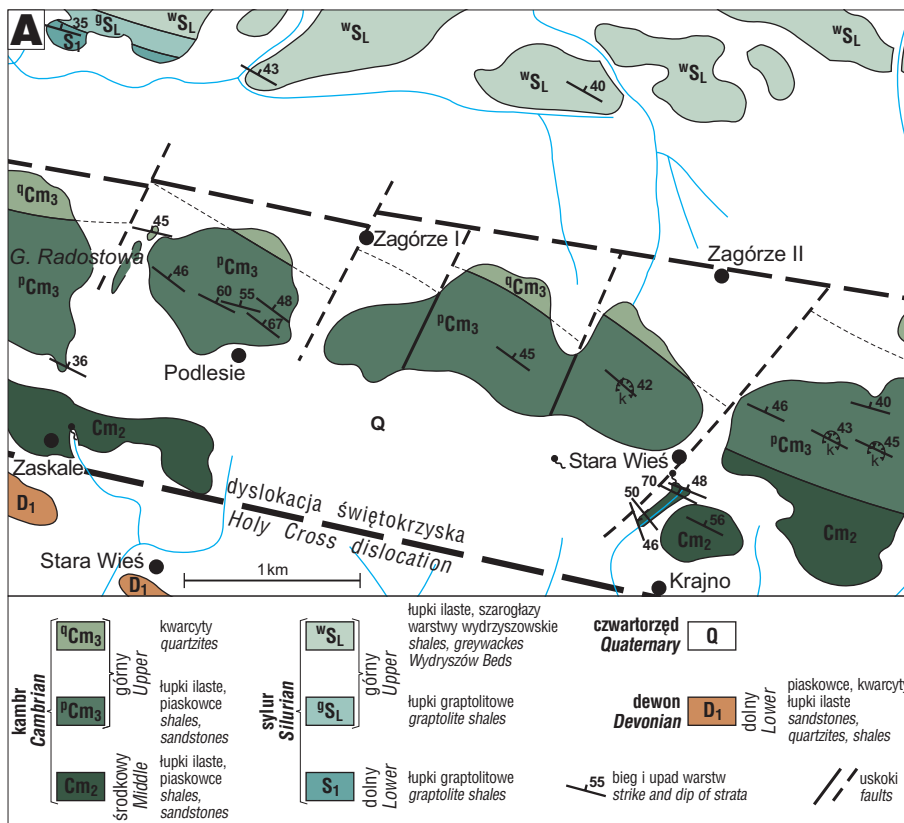
Biegi warstw, czytelne na zdjęciach radarowych w obrębie Pasma Łysogórskiego są generalnie zgodne z jego rozciągłością i wynoszą ok. 110–120° (Mizerski, 1979, 1991, 1995; ryc. 5). Wyjątek stanowi jego północny fragment między Radostową, a Świętą Katarzyną (Filonowicz, 1962), gdzie nastąpiło skrócenie biegów warstw na NW–SE (ryc. 4), najprawdopodobniej w wyniku działania uskoku, co dobrze odzwierciedla analiza zdjęcia radarowego w tym rejonie (ryc. 3).

Z analizy zdjęć radarowych wynika, że w całej jednostce łysogórskiej warstwy górnokambryjskie generalnie zapadają monoklinalnie na północ, co potwierdzają wcześniejsze obserwacje terenowe (ryc. 5). Jedynie w obrębie kompleksu I, jak wynika z analizy mikrostruktury obrazu radarowego, lokalnie upady warstw są skierowane ku południowi (ryc. 5A), co wynika z występowania w nim



Ryc. 3. Szkic geologiczny jednostki łysogórskiej wykonany na podstawie fotointerpretacji zdjęć radarowych

Fig. 3. Geological sketch of the Łysogóry unit, based of the photointerpretation of the radar images



Ryc. 4. A — szkic geologiczny jednostki łysogórskiej między Górą Radostową a Krajnem wykonany na podstawie fotointerpretacji zdjęć radarowych i mapy geologicznej w skali 1 : 50 000 (Filonowicz, 1962); B — teoretyczny model powstania uskoków z ryc. 4A

Fig. 4. A — Geological sketch of the Łysogóry unit between Radostowa Hill and Krajno, based of the photointerpretation of the radar images and geological map 1 : 50 000 (Filonowicz, 1962); B — theoretical model of the formation of faults shown in Fig. 4A

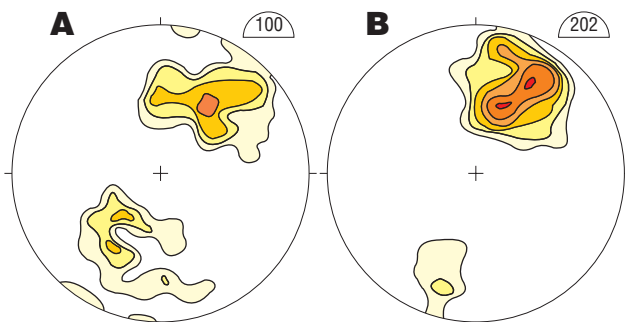
struktur fałdowych, towarzyszących najczęściej dyslokacji świętokrzyskiej (Mizerski, 1991).

Granice jednostki łysogórskiej wyraźnie zaznaczają się na zdjęciach radarowych. Dotyczy to zwłaszcza granicy północnej wzdłuż której, niemal na całej długości, kontaktują odporne na erozję kwarcyty formacji z Wiśniówki i mułowcowo-ilaste facje formacji łupków z Klonówki z miękkimi łupkowo-piaszczystymi skałami ordowiku i syluru. W kilku miejscach na (wschód od Św. Katarzyny i w rejonie Wiśniówki) struktury jednostki są skośne do jej (ryc. 4). Mogłoby to świadczyć, że podobnie jak to zaznacza Filonowicz (1968) — lokalnie w Paśmie Jeleniowskim, granica ta może mieć charakter tektoniczny. Potwierdzeniem tego przypuszczenia mogą być zlustrowania na granicy formacji łupków z Klonówki, a ogniwami wyższego ordowiku stwierdzone w profilach otworów wiertniczych, zlokalizowanych po północnej stronie Pasma Głównego (Tomczyk, 1974).

Seryjne lewoskrętne uskoki przesuwcze o kierunku NE–SW opierają dyslokację na wschód od Nowej Słupi, oraz między Radostową a Świętą Katarzyną (ryc. 3, 4A).

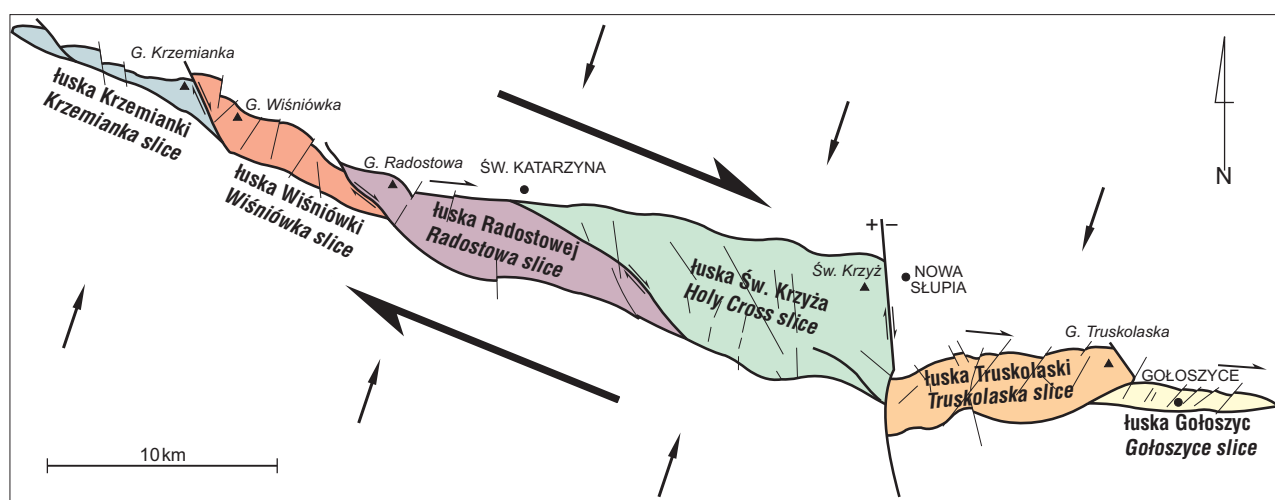
Wskazywałyoby to, tak jak w przypadku uskoków przesuwczych w SW obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich (Konon & Mastella, 2001; Mastella & Konon, 2002), że przynajmniej na tych odcinkach miała ona prawoskrętną składową przesuwczą (ryc. 6).

Niewątpliwie dyslokacją jest granica południowa Pasma Łysogórskiego — dyslokacja świętokrzyska (Czarnocki, 1938). Na zdjęciu radarowym jest ona mniej wyraźna od północnej. W części zachodniej jest łatwa do wyinterpretowania, gdyż wzdłuż niej występują ścięte fałdowe struktury, zbudowane ze skał dewońskich (ryc. 3). O wpływie dyslokacji świętokrzyskiej na wewnętrzną strukturę jednostki łysogórskiej może świadczyć fakt, że skały górnokambryjskie Góry Kamień (ryc. 2), znajdującej się w zachodniej części jednostki, w sąsiedztwie dyslokacji świętokrzyskiej, są jedną wielką brekcją tektoniczną. Z analizy przebiegu linii intersekcyjnej dyslokacji świętokrzyskiej, wyznaczonej fotointerpretacyjnie, można jedynie potwierdzić, że na badanym odcinku ma ona zmienne strome południowe upady. Z tym, że jest ona wyraźnie stromsza j w części środkowej niż obocznie.



Ryc. 5. Położenie warstw utworów środkowego (A) i górnego (B) kambru w obrębie jednostki łysogórskiej (Mizerski, 1991). Izarytmy procentowe: 2, 4, 6, 8, 10, 12; po prawej strony u góry diagramu — liczba pomiarów. Projektacja normalnych na górną półkulę

Fig. 5. Attitude of the strata of the Middle (A) and Upper (B) Cambrian rocks in the Łysogóry unit (Mizerski, 1991). Percentage isarithms: 2, 4, 6, 8, 10, 12; on the upper right-hand side of each diagram — number of measurements. Projection of normals onto the upper hemisphere



Ryc. 6. Szkic łusek tektonicznych w obrębie jednostki łysogórskiej
Fig. 6. Sketch of the tectonics slickes into Łysogóry unit

Dyslokacji świętokrzyskiej towarzyszą duże uskoki skośne NW–SE ustawione pod kątem 20–30° do rozciągłości Pasma Głównego. Przecinają jego północną granicę, przedłużając się w kierunku południowym w dyslokację świętokrzyską. Są to uskoki występujące na południe od: Wiśniówki, Radostowej, Świętej Katarzyny oraz mniejszy z nich między Nową Słupią a Łagowem (ryc. 3). Jak wynika z przemieszczenia granic litostratygraficznych, są to prawdopodobnie uskoki przesuwcze prawoskrętne (ryc. 6). Ich niskokątowe ustawienie względem dyslokacji świętokrzyskiej oraz zwrot przesunięcia wskazuje, że można je interpretować jako niskokątowe (riedlowskie-R — według nomenklatury Jaroszewskiego, 1972) uskoki opierające. Przy takiej interpretacji należy przyjąć, że wzdłuż dyslokacji świętokrzyskiej obok składowej zrzutowej (Mizerski, 1979, 1995), a jak niektórzy sądzą i składowej nasuwczej (Stupnicka, 1997), występowała prawoskrętna składowa przesuwna. Działanie tej składowej spowodowało podzielenie jednostki łysogórskiej na wiele łusek (ryc. 6). Świadectwem tych ruchów mogą być strefy brekcji tektonicznych występujące w skałach kambryjskich rejonu Wiśniówki, ciągnące się równoległe do dyslokacji świętokrzyskiej, a także struktury fałdowe o stromych osiach powstałe w wyniku ciągnięcia ławic w wyniku ruchu przesuwnego wzdłuż ich rozciągłości (Mizerski, 1979).

O możliwości ruchów przesuwnych wzdłuż dyslokacji świętokrzyskiej pisał już Tomczyk (1988). Uważał on, że ruchy te zachodziły w paleozoiku. Na istnienie struktur tektonicznych powstałych w wyniku działania nacisków równoleżnikowych zwracał również uwagę Mizerski (1991, 1995, 1998), który sądził, że naprężenia te były związane z wczesnym, paleozoicznym etapem ewolucji tektonicznej obszaru świętokrzyskiego. Obecne badania, w nawiązaniu do prac Konona i Mastelli (2001), Mastelli i Konona (2002) rzucają nowe światło na możliwość ruchów przesuwnych wzdłuż dyslokacji świętokrzyskiej, podczas faz laramijskich, a nawet być może młodszych. Wyniki analizy zdjęć radarowych byłyby zatem potwierdzeniem wcześniejszych sugestii Jaroszewskiego (1972, 1980). Z tym, że stromsze (rzędu 25°) niż teoretyczne (Jaroszewski, 1980), ustawienie względem dyslokacji ograniczających

jednostkę łysogórską uskoków NW–SE (ryc. 3, 6) oraz strome, obsekwentne ustawienie względem tych dyslokacji uskoków NNW–SSE (ryc. 3, 4), jak wynika z prac Konona i Mastelli (2001), Mastelli i Konona (2002) wskazuje, że ruch przesuwny wzdłuż nich był transpresyjny (ryc. 4B, 6)

Obok wyżej już omówionych dyslokacji podłużnych w sieci uskokowej najwyraźniej zaznacza się duża dyslokacja łysogórska Rudek (Filonowicz, 1968). Mizerski (1982) był zdania, że dyslokacja ta ma charakter zrzutowej. Analiza zdjęcia wykazała, że oprócz składowej zrzutowej ma ona również składową przesuwną o prawoskrętnym charakterze.

Interesujące jest, że zaznaczana na mapach jako duża dyslokacja psarska (Filonowicz, 1969) w obrębie jednostki łysogórskiej na zdjęciu radarowym jest niemal niewidoczna. Wynika to zapewne z ograniczeń metodyki interpretacji zdjęć radarowych. Wyraźnie widoczna jest natomiast sieć mniejszych uskoków. Układają się one w dwa zespoły. W pierwszym z nich dominują kierunki od NNW–SSE do NW–SE, a w drugim ok. SSW–NNE (ryc. 3). Są to uskoki bardzo strome, a ich charakteru, w większości, nie da się określić na podstawie analizy zdjęcia radarowego.

Podsumowanie

Jednostka łysogórska jest bardzo dobrze czytelna na zdjęciach radarowych, a analiza jej wewnętrznej struktury na podstawie zdjęcia radarowego pozwala stwierdzić, że jej struktura jest prawdopodobnie znacznie bardziej skomplikowana, niż to przedstawiano w dotychczasowych opracowaniach (Znosko, 1994; Filonowicz, 1968; Kowalczewski, 1981; Mizerski, 1979, 1991, 1995, 1998).

Występowanie i rozprzestrzenienie czterech kompleksów litostratygraficznych odpowiada wydzielonym wcześniej określonym formacjom w tej jednostce, choć granice tych kompleksów (formacji) nie zawsze pokrywają się z granicami wydzielonych wcześniej jednostek litostratygraficznych.

Z dużą dozą prawdopodobieństwa stwierdzono, że północna granica jednostki łysogórskiej przynajmniej na

niektórych odcinkach jest dyslokacją, podobnie jak i jej południowa granica oraz, że zarówno ona, jak i dyslokacja świętokrzyska mają wyraźnie zaznaczoną transpresyjną prawoskrętną składową przesuwczą.

Stwierdzono, że jednostka łysogórska została podzielona dużymi uskokami skośnymi na szereg łusek wzajemnie na siebie ponasuowanych.

Ograniczenia metodyki fotointerpretacji geologicznej zdjęć radarowych wymuszają uzupełnienie wyżej wymienionej metody terenowymi badaniami na podstawie analizy strukturalnej.

Autorzy pragną podziękować Pani mgr Katarzynie Skurczyńskiej-Garwolińskiej za komputerowe opracowanie ilustracji.

Praca została wykonana częściowo w ramach grantu KBN 6 PO4 DO2 621 oraz częściowo w ramach tematu 6.20.9020.01.0 badań statutowych Państwowego Instytutu Geologicznego oraz tematu 505/348 badań własnych UŁ.

Literatura

- CZARNOCKI J. 1919 — Stratygrafia i tektonika Gór Świętokrzyskich. Pr. Tow. Nauk. 28: 1–172. Warszawa.
- CZARNOCKI J. 1938 — Ogólna mapa geologiczna Polski w skali 1:100 000 arkusz 4, Kielce. Instytut Geologiczny. Warszawa.
- DADLEZ R. 2001 — Holly Cross Mts. area cristal structure, geophysical data and general geology. Geol. Quart., 45: 99–106.
- DOKTÓR S. & GRANICZNY M. 1982 — Geological interpretation of satellite and radar imagery of the eastern part of the Carpathians. Kwart. Geol., 26: 229–243.
- DOWGIAŁŁO W.D. 1972 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000 (arkusz Opatów). Wyd. Geol.
- DOWGIAŁŁO W.D. 1974 — Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000 (arkusz Opatów), Wyd. Geol.
- FILONOWICZ P. 1962 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1: 50 000 (arkusz Bodzentyn). Wyd. Geol.
- FILONOWICZ P. 1963 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000 (arkusz Słupia Nowa). Wyd. Geol.
- FILONOWICZ P. 1968 — Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000 (arkusz Słupia Nowa), Wyd. Geol.
- FILONOWICZ P. 1969 — Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000 (arkusz Bodzentyn), Wyd. Geol.
- FILONOWICZ P. 1971 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000 (arkusz Kielce). Wyd. Geol.
- FILONOWICZ P. 1973 — Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1: 50 000 (arkusz Kielce). Wyd. Geol.
- GRANICZNY M., DOKTÓR S., KIBITLEWSKI S. & MARSZCZEK T. 1989 — Kompleksowe badania teledetekcyjne, geofizyczne i hydrogeologiczne dla potrzeb geotermii na obszarze Podhala. Tech. Poszuk. Geol., 1: 9–15
- GUTERCH A., KOWALSKI T. J., MATERZOK R., RAJCHEL J. & PERCHUĆ E. 1976 — O głębokiej strukturze skorupy ziemskiej w rejonie Gór Świętokrzyskich. Przew. 48 Zjazdu Pol. Tow. Geol.,
- JAROSZEWSKI W. 1972 — Drobnostukturalne kryteria tektoniki obszarów nieorogenicznych na przykładzie północno-wschodniego obrzeżenia mezozoicznego Gór Świętokrzyskich. Stud. Geol. Pol., 38: 1–215.
- JAROSZEWSKI W. 1973 — Analiza tektonicznych pól naprężeń jako kryterium poszukiwawcze. Prz. Geol., 21: 523–528.
- JAROSZEWSKI W. 1980 — Tektonika uskoków i fałdów. Wyd. Geol.
- KONON A. & MASTELLA L. 2001 — Non planar strike-slip fault Gnieździska–Brzeziny (SW mesozoic margin of Holy Cross Mountains, Central Poland). Roczn. Pol. Tow. Geol., 71: 189–199.
- KOWALCZEWSKI Z. 1981 — Węzłowe problemy tektoniki trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich. Prz. Geol., 29: 334–340.
- MASTELLA L. & KONON A. 2002 — Non-planar strike-slip Gnieździska–Brzeziny fault (SW Mesozoic margin of the Holy Cross Mountains, central Poland) Acta Geol. Pol., 52 (4).
- MASTELLA L. & SZYNKARUK E. 1998 — Analysis of the fault pattern in selected areas of the Polish Outer Carpathians. Geol. Quater., 42: 263–276.
- MIZERSKI W. 1979 — Tectonics of the Łysogóry in the Holy Cross Mountains. Acta Geol. Pol., 29: 1–38.
- MIZERSKI W. 1982 — O zrzutowym charakterze uskoku łysogórskiego. Biul. Geol. UW, 27: 193–202.
- MIZERSKI W. 1991 — Ewolucja strukturalna regionu Łysogórskiego, Góry Świętokrzyskie. Rozpr. Uniw. Warszawskiego, 362: 142.
- MIZERSKI W. 1995 — Geotectonic evolution of the Holy Cross Mts in central Poland. Biul. Państw. Inst. Geol., 372: 47.
- MIZERSKI W. 1998 — Podstawowe problemy tektoniki i tektogenezy utworów paleozoicznych Gór Świętokrzyskich. Prz. Geol., 46: 337–342.
- ORŁOWSKI S. 1975 — Jednostki litostratygraficzne kambru i górnego prekambru w Górach Świętokrzyskich. Acta Geol. Pol., 25: 431–446.
- ORŁOWSKI S. 1992 — Cambrian stratigraphy and stage subdivision in the Holy Cross Mountains, Poland. Geol. Magazin, 129: 471–474.
- OSTAFICZUK S. 1978 — Fotogeologia. Wyd. Geol.
- SAMSONOWICZ J. 1934 — Objasnienia do arkusza Opatów. Państw. Inst. Geol.
- STUPNICKA E. 1997 — Geologia regionalna Polski. Wyd. Uniw. Warszawskiego.
- TOMCZYK H. 1974 — Góry Świętokrzyskie [W:] Budowa Geologiczna Polski, Tektonika I. Wyd. Geol.
- TOMCZYK H. 1988 — Region łysogórski a platforma wschodnioeuropejska w cyklu kaledońsko-waryscyjskim. Prz. Geol., 36: 9–17.
- VERGELY P. & ZADEH KABIR 1988 — Étude par photo interprétation comparée de la région de Langetière Les Vans (Languedoc septentrional, France): Utilisation des photographies aériens, des images par satellites et des images radar. Bull. Soc. Géol. France., 4: 303–314.
- WALCZOWSKI A. 1964 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1: 50 000 (arkusz Łagów). Wyd. Geol.
- WALCZOWSKI A. 1968 — Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1: 50 000 (arkusz Łagów). Wyd. Geol.
- ZNOSKO J. 1962 — W sprawie nowego nazewnictwa jednostek tektonicznych Gór Świętokrzyskich. Prz. Geol., 10: 455–456.
- ZNOSKO J. 1974 — Outline of the tectonic of Poland and their problems of the Vistulicum and Variscicum against the tectonics of Europe., Biul. Inst. Geol., 274: 7–47.
- ZNOSKO J. 1994 — Styl strukturalny kompleksu staropaleozoicznego Gór Świętokrzyskich. CAG PIG nr 20/95.