

Orientacja spękań i uskoków w południowo-wschodniej części zapadliska orawskiego

Józef Kukulak*

Następstwem formowania się zapadliska orawskiego jest powstanie w jego obrębie i na obrzeżach systemu nowych uskoków i spękań oraz uaktywnienie podobnych struktur o starszym założeniu. Ich łączna sieć jest obecnie wiekowo zróżnicowana, zwłaszcza w brzeżnych strefach zapadliska. W rejonie Miętustwa podłużne uskoki mają kierunek SW–NE, a poprzeczne NW–SE. Odslaniają się one na Czerwonej Górze lub zaznaczają się w korytach potoków Cichego i Bystrego ciągiem martwic wapiennych i zaburzeniem ułożenia osadów. Kontakty utworów neogeńskich z fliszem podhalańskim i pienińskim pasem skałkowym są zarówno tektoniczne, jak i erozyjne. Do biegu uskoków i zboczowych szczelin nawiązują spękania. Większość spękań założonych w utworach neogeńskich wyróżnia się odrębną orientacją kierunków w stosunku do układu tych struktur we fliszu podhalańskim i pasie skałkowym. Zagęszczenie i otwieranie się spękań wzdłuż uskoków może być następstwem neotektonicznych ruchów zapadliska orawskiego.

Słowa kluczowe: tektoniczne zapadlisko Orawy–Nowego Targu, uskoki, spękania, neotektonika

Kukulak Józef — **Orientation of joints and faults in the SE part of the Orawa Depression.** Prz. Geol., 47: 1021–1026.

S u m m a r y. A system of new faults originated and old faults of similar trend became reactivated within the Orawa Depression and around it as a result of its formation. The resulting fault network consists now of faults of various age, especially in the marginal zones of the depression. Near Miętustwo the longitudinal faults are oriented SW–NE and the transverse ones — NW–SE. They are exposed on the Czerwona Góra and are marked in the channels of the Cichy and Bystry streams by the occurrences of carbonate tufas and by disturbances in the attitude of strata. The contacts of the Neogene strata with flysch are both tectonic and erosional. Most joints in Neogene strata have different orientation from those in the Podhale Flysch and in the Pieniny Klippen Belt. Increased density of joints and their opening near faults may result from neotectonic movements in the Orawa Depression.

Key words: Orawa–Nowy Targ Depression, faults, joints, neotectonics

Zapadlisko orawskie zaczęło formować się w badenie, na pograniczu Karpat wewnętrznych i zewnętrznych w obrębie trzech różnowiekowych jednostek tektonicznych: pienińskiego pasa skałkowego (utwory wieku jurajski–eocen), fliszu magurskiego (kreda–dolny miocen) i podhalańskiego (eocen–oligocen; ryc. 1). Wypełniają je osady neogeńskie i czwartorzędowe. Zapadlisko ma kształt romboidalny i jest ograniczone strefą normalnych uskoków zrzutowych i zrzutowo-przesuwczych, lokalnie występujących zespołowo (Birkenmajer, 1976, 1978, 1986; Watycha, 1977; Baumgart-Kotarba, 1992, 1996; Bac-Moszaszwili, 1993; Pomianowski, 1995). Są one zaburzone licznymi uskokami ukośnymi, często przedłużającymi się w brzegi zapadliska. Przyjmuje się, że większość tych uskoków była aktywna jeszcze w plejstocenie.

Problem, teren i metoda badań

Rozwój struktur nieciągłych w każdej z jednostek budujących zapadlisko rozpoczął się w różnym czasie. Założenia sieci spękań i uskoków w pasie skałkowym sięgają górnej kredy i paleocenu (główne etapy fałdowań pasa), we fliszu podhalańskim natomiast — schyłku oligocenu–środkowego miocenu (etapy głównych deformacji niecki fliszowej). Uskoki i spękania w utworach neogeńskich są młodsze od badenu i zapewne w dużej mierze powstawały na planie nieciągłych struktur starszych jednostek, z podłoża zapadliska. Tym samym w granicznej strefie zapadliska obecny ich układ jest złożony, zwłaszcza w obu starszych jednostkach. Występują w nich zarówno struktury pierwotne, o kierunkach nie powtarzających się w utworach młodszych, jak i wtórne (o kierunkach „neogeńskich”), które mogą być nowo

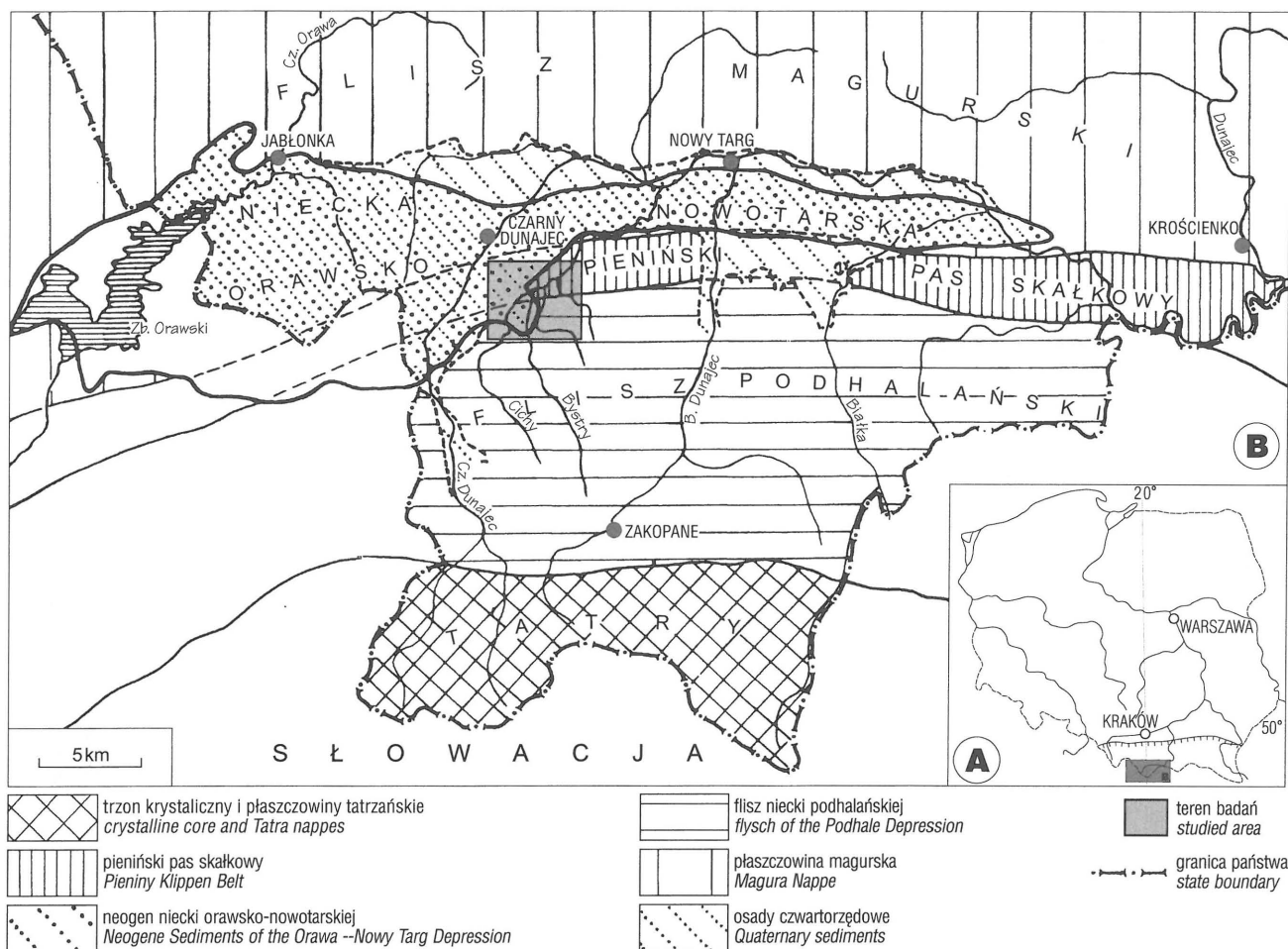
założoną generacją nieciągłości lub odnowieniem po badenie struktur pierwotnych. Uwidacznia się to szczególnie w spękaniach ciosowych tych jednostek.

W celu określenia stopnia zgodności kierunków spękań w tych jednostkach, wykonano szczegółowe pomiary ciosu w południowo-wschodnim narożniku zapadliska w rejonie Cichego–Ratułowa–Starego Bystrego (ryc. 1, 2). Wykartowano również nowe uskoki w tym rejonie (ryc. 2). Sprawdzone także charakter bezpośrednich kontaktów neogeńskiej molasy z utworami starszymi. Spękania utworów pasa skałkowego pomierzono w korycie Wielkiego Rogoźnika (A) i na ścianach Skałki (B), spękania we fliszu podhalańskim w korytach Potoków: Wojcieszackiego (G) i Bystrego (H), a utworów neogenu — w podcięciach Domańskiego Wierchu przed Skałką (C), w Wąwozie Jaszczurów (D), w Miętustwie (E) oraz skarpie Czerwonej Góry (F). We fliszu i pasie skałkowym pomierzono spękania ławic skalnych, w neogenie natomiast — spękania pojedynczych otoczków lub ich skupień w słabo zlitfikowanych zlepieńcach, a także wszystkie spękania widoczne makroskopowo, uwzględniając ich bieg i kierunki upadu powierzchni, obecność i charakter wypełnień mineralnych oraz występowanie poziomych przemieszczeń skał. Wyniki tych pomiarów przedstawiono w postaci przestrzennych diagramów ich orientacji, wykonanych oddzielnie dla poszczególnych odsłoneń. Ze względu na różny wiek badanych jednostek tektonicznych i różne generacje ciosu, diagramy prezentują spękania ciosowe w obecnej pozycji warstw, nie zrotowanych do położenia poziomego.

Kontakty utworów neogeńskich z fliszem podhalańskim i pasem skałkowym

Przebieg granicznych uskoków zapadliska jest w strefie powierzchniowej słabo udokumentowany z uwagi na

*Instytut Geografii, Akademia Pedagogiczna, ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków



Ryc. 1. Położenie zapadliska orawsko-nowotarskiego w Polsce (A) i na Podhalu (B) (wg Watychy, 1977)
 Fig. 1. Position of the Orawa-Nowy Targ Depression in Poland (A) and in Podhale (B) (after Watycha, 1977)

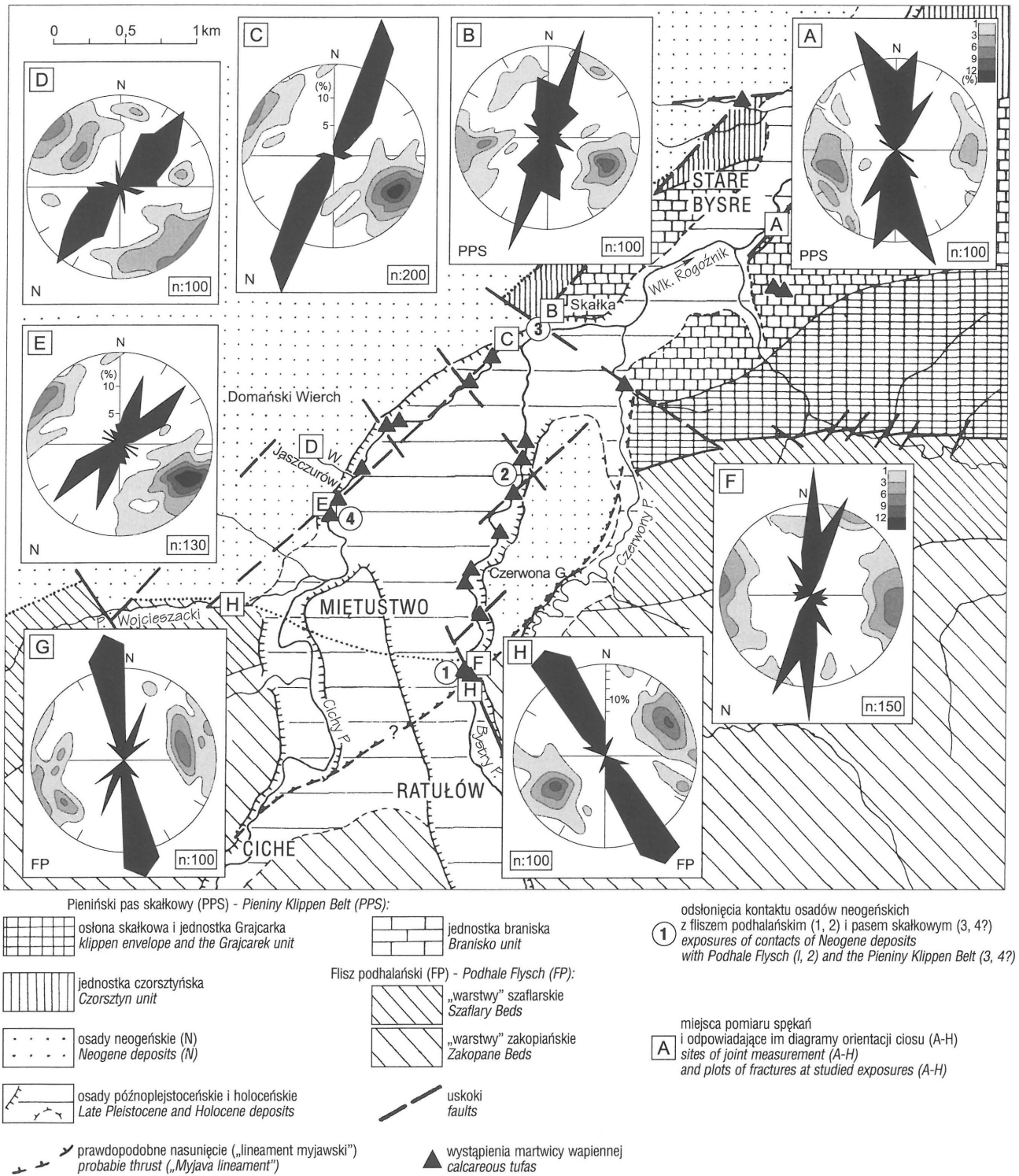
słaby stopień ich odsłonięcia. Maskują je utwory czwartorzędowe, lokalnie także neogénskie, leżące przeważnie przekraczająco na brzegach zapadliska. O ich obecności, lokalizacji i kierunku przebiegu wnioskuje się często z rzeźby terenu, analizy zdjęć satelitarnych lub obserwacji geologicznych (m.in. Baumgart-Kotarba, 1983, 1992, 1996; Birkenmajer, 1958, 1976, 1979; Książkiewicz, 1972; Sikora & Wieser, 1974; Watycha, 1976, 1977; Bac-Moszaszwili, 1993). Jednak o układzie tych uskóków, prawdopodobnie najbliższym rzeczywistości, dowodzą wyniki badań geofizycznych (grawimetrycznych i geoelektrycznych; por. Badak, 1966; Pomianowski, 1995; Baumgart-Kotarba, 1996).

Uskoki południowego brzegu zapadliska od Trsteny po Ciche nie są na powierzchni odsłonięte. Jest możliwe, że granica zapadliska przebiega tu na linii czytelnego w rzeźbie lineamentu myjawskiego (uskoku Krowiarek; por. Bac-Moszaszwili, 1993; Baumgart-Kotarba, 1996). Ich przebieg jest lepiej czytelny dopiero w erozyjnie rozciętych narożniku zapadliska — Kotlinie Miętustwa. Odsłaniają się tu zarówno bezpośrednie kontakty utworów neogénskich z fliszem podhalańskim (Czerwona Góra, Domański Wierch) i pasem skałkowym (Skałka w Starem Bystrem), jak i uskoki w tych jednostkach (ryc. 2).

W podcięciu Czerwonej Góry (nazywanej również Srokowskie Berek) przez potok Bystry słabo zlitfikowane zlepieńce neogenu leżą niezgodnie na fliszu, ale ich kon-

takt ma cechy zarówno erozyjne, jak i dyslokacyjne (ryc. 3, 1). Ślad powierzchni granicznej w odsłonięciu jest nachylony ku N pod kątem tylko 15–20° (wartość wyznaczona z południkowego ciągu kilkunastu wkopów i naturalnych odsłonień w tym podcięciu) jest nierówny, a ławice piaskowców są silnie zwietrzałe. Jednocześnie wzdłuż jej biegu występują gęste, regularne (56°/70°N i 118°/82°S) i otwarte spękania we fliszu, a nawet równoległe do kontaktu przemieszczenia fragmentów grubszych ławic piaskowcowych. Warstwy fliszowe (miejscami odwrócone) są tu ułożone stromo (60–75° SE do NW). Należy również uwzględnić możliwość, że rzeczywisty upad powierzchni kontaktu nie musi być ku N, lecz ku NW (taki upad mają tu warstwy neogenu), może być zatem stromszy (uskok — Sikora & Wieser, 1974; Birkenmajer, 1979; linia lineamentu myjawskiego? — Bac-Moszaszwili, 1993).

Uskokową pozycję ma izolowany pakiet fliszowo-żwirowy, odsłaniający się w podcięciu Czerwonej Góry (ryc. 2, odsłonięcie 2). Jest on wyniesionym blokiem tektonicznym ograniczonym klinowo przez dwa strome uskoki od SE i NE (Birkenmajer, 1979). Blok ten ma dwuczęściową budowę. Jego część dolną tworzą grube ławice rozsypawych piaskowców (prawdopodobnie z „warstw” szafarskich) o położeniu 6°/10–32°E i spękanie dwoma zespołami ciosu (52°/72°N, 162°/80°S). Piaskowce są ścięte poziomą powierzchnią erozyjną i przykryte żwirami



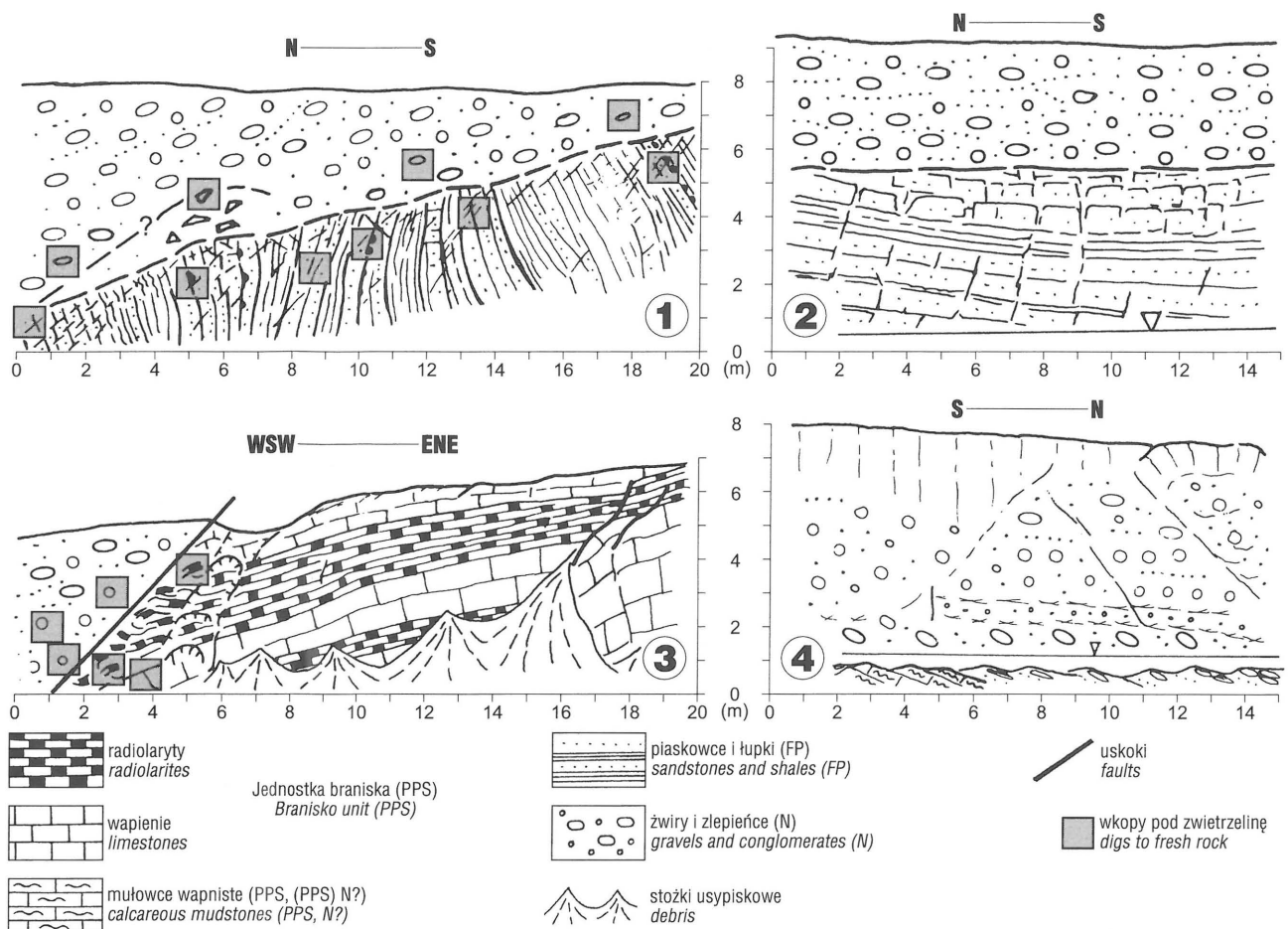
Ryc. 2. Elementy strukturalne SE części zapadliska orawskiego. Normalną projekcją diagramów konturowych ciosu wykonano na półkulę północną. Izolinie orientacji upadu spekań ciosowych są identyczne dla wszystkich diagramów (jak w A)

Fig. 2. Structural elements in the SE part of the Orava Depression. Normal projections to the N hemisphere. Contours of joint dip azimuths are the same for all diagrams (as in A)

neogenu. Kontakt różnowiekowych utworów jest tu niewątpliwie erozyjny i prawie zgodny z położeniem ławic, tak odmienny od stanowiska poprzedniego. Na przylegających do pakietu blokach utwory neogeńskie są pochylone ku NW. Z odległej pozycji pakietu od najbliższych wychodni fliszu, w warunkach znacznego upadu utworów

neogeńskich, można wnioskować, że zrzuty jego granicznych uskoki są co najmniej kilkudziesięciometrowe.

Na Skałce w Starym Bystrem (ryc. 3, 3) powierzchnia kontaktu utworów neogeńskich ze skałkowymi jest stromo pochylona ku zachodowi (20–30°/40–60°N). Nie jest jednak dostatecznie odsłonięta by pewnie wnioskować o jej



Ryc. 3. Kontakt utworów neogeńskich (N) z fliszem podhalańskim (FP) na Czerwonej Górze (1, 2) i pasem skałkowym (PPS) na Skałce (3) oraz u podnóża Domańskiego Wierchu (4). Lokalizacja odsłonieć (1–4) jak na ryc. 2

Fig. 3. Contact of Neogene sediments (N) with the Podhale Flysch (FP) on the Czerwona Góra hill (1, 2) and the Pieniny Klippen Belt (PPS) — (3) and at the feet of the Domański Wierch (4). Location of exposures (1–4) as in fig. 2

tektonicznym pochodzeniu. W licznych wkopach wzdłuż jej biegu wapienie i radiolaryty są pokruszone i zwietrzałe. Podobne biegi i upady mają dwa małe uskoki w Skałce, w odległości ok. 15 m od tej powierzchni (Birkenmajer, 1958, 1979; Kukulak, 1998).

Blżej Miętustwa (ryc. 3, 4) w spągu kompleksu żwirów neogeńskich występują mułowce wapienste o nie ustalonym dotąd wieku. Są białoszare, zbite, bezstrukturalne, cienko uławiczone. Zawierają one sporo muskowitu, co budzi wątpliwość co do ich skałkowej przynależności. Jest bardziej prawdopodobne, że są one poziomem korelacyjnym utworów neogeńskich z Czerwonej Góry (warstwa 1,5 m wapienistych mułowców z tufitem).

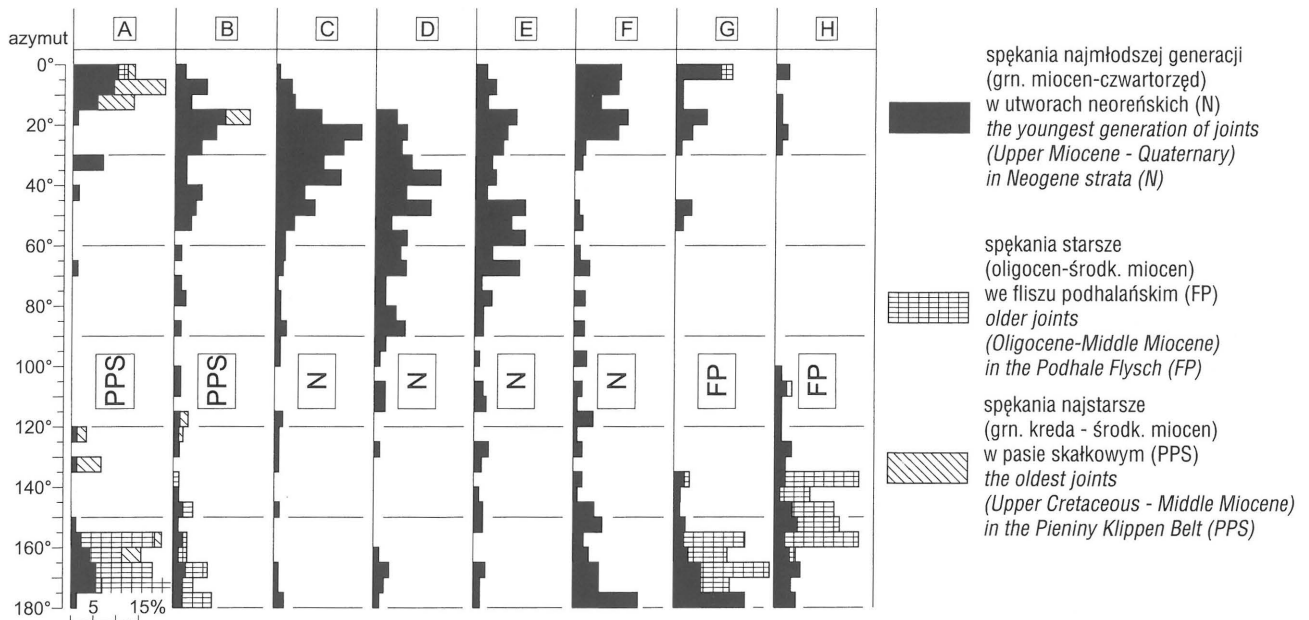
Orientacja uskoków

Uskoki w Kotlinie Miętustwa odsłaniają się jedynie na Czerwonej Górze i w Wojcieszackim Potoku (ryc. 2). Przebiegają one skośnie (NW–SE, NE–SW) skarpę Czerwonej Góry ograniczając pakiet fliszowo-neogeński (odsłonięcie 2), obok największego odsłonięcia neogenu (Miętustwo A, B — Tokarski & Zuchiewicz, 1998) oraz na granicy neogenu z fliszem (odsłonięcie 1). Ten ostatni jest przedłużeniem uskoku z fliszu na linii potoku Bystry, zrzucającym ku NE utwory neogeńskie. Przyjmuje się również, że sam kontakt neogenu z fliszem na Czerwonej Górze może być tekto-

niczny (Sikora & Wieser, 1974; Birkenmajer, 1979). W Wojcieszackim Potoku odsłaniają się dwa uskoki: podłużny i poprzeczny do osi zapadliska, zrzucające ku N iły neogeńskie (Kukulak, 1998).

Część uskoków nie jest odsłonięta, ale o ich biegu świadczą ciągi źródeł, martwice wapienne oraz zmienna wysokość kontaktu różnowiekowych utworów. Przypuszczalnie duży uskok podłużny (NE–SW) biegnie u podnóża Domańskiego Wierchu na linii potoku Cichy (Baumgart-Kotarba, 1983, 1992). Znaczą jego bieg liczne wystąpienia martwic wapiennych w korycie potoku (ryc. 2) oraz zafałdowania iłów neogeńskich. W jego przedłużeniu ku NE jest widoczny kontakt neogenu z pasem skałkowym na Skałce (odsłonięcie 3), a jeszcze dalej — poprzeczny uskok pasa (prawdopodobnie schodowy) na linii Wielkiego Rogoźnika (Birkenmajer, 1979). Rejon Skałki jest ponadto zaburzony innym uskokiem poprzecznym, o zrzuconym skrzydle SW. Wapienne skałki na jego skrzydle wiszącym odsłaniają się na Domańskim Wierchu bardzo wysoko (Birkenmajer, 1958, 1979). Do układu uskoków w Kotlinie Miętustwa nawiązują również ukośne uskoki zaburzające kontakt fliszu podhalańskiego z pasem skałkowym w pobliskiej dolinie Molczego Potoku (Mastella i in., 1988).

W zlepieńcach neogenu oprócz uskoków ważną strukturą są otwarte szczeliny, o prawie pionowym położeniu



Ryc. 4. Generacje spękań i różnice ich orientacji w brzeżnej strefie zapadliska orawskiego koło Miętustwa
Fig. 4. Joint generations and differences in their directions in the marginal part of the Orawa Depression near Miętustwo

(ryc. 2, odsłonięcie C, E, F). Występują one lokalnie i zespołowo, miejscami o dużym zagęszczeniu (odsłonięcie C — ryc. 5*). Ich powierzchnie są prawie równoległe, w miarę płaskie, omijają lub przecinają poszczególne otoczaki, są trwałe nawet w soczewkach piasków. W dolnych częściach warstw żwirowych są zwykle pokryte związkami żelaza, wytraconymi z krążących nimi wód. Ich orientacja nawiązuje do biegu pobliskich i wglębnych uskoków, tym samym mogą być następstwem ich aktywności. Współczesne otwieranie się szczelin ma w tych skarpach genezę grawitacyjną i wzdłuż nich postępują obrywy skalne.

Charakterystyka spękań

A. W utworach neogeńskich spękania otoczków są wielokierunkowe, ale w ich gęstej sieci wyróżniają się liczebnością i wyrazistością tylko 1–2, a miejscami 3 zespoły (ryc. 2, diagramy C, D, E, F). Azymuty tych zespołów nie są identyczne w każdym odsłonięciu, jakkolwiek ich dyspersja jest niewielka (ryc. 4). Najliczniejsze są kierunki pomiędzy SW–NE a S–N. Dominujące zespoły spękań przecinają się pod kątem 20–30°.

W odsłonięciu pod Skalką (diagram C), aż 75% wszystkich spękań mieści się w przedziale azymutów 15–50°, wśród których dominują dwa kierunki: 20–25° oraz 35–40°. Podobne wartości ich biegu stwierdzili w tym odsłonięciu Tokarski i Zuchiewicz (1998). Pojedyncze otoczaki są pocięte spękaniami w trzech kierunkach (głównie 20, 35 i 170°) — (ryc. 6). Identyczne kierunki mają tu wielkie szczeliny, tnące prawie pionowo cały pakiet odsłoniętych żwirów (10–15 m; ryc. 5). Grawitacyjne otwieranie się tych szczelin powoduje również ujawnianie się spękań w poszczególnych otoczkach i pionowe przemieszczenia ich fragmentów (ryc. 7).

W górnej części Wąwozu Jaszczurów (D) spękania w otoczkach są słabiej ujawnione i rzadko kontynuują się dalej niż przez kilka klastów. Sieć spękań jest tu rzadsza. Dominują kierunki 35–40° i 45–50°, a pojedyncze szczeliny mają bieg 50°.

W lewym brzegu Potoku Cichego (E), powyżej wylotu Wąwozu Jaszczurów, spękania są ponownie zagęszczone i często grawitacyjnie otwarte (ryc. 8). Wyróżniają się tu dwa skupienia kierunków o dominacji 20 i 50°. Podobny bieg (35–50°) mają długie szczeliny w skarpi.

W podcięciu Czerwonej Góry (F) najwięcej spękań ma rozciągłość prawie południkową. Przecinają one nawet otoczaki upakowane w piasku. Większość z nich nawiązuje do biegu (170–5°) prawie pionowych szczelin, także otwartych tu grawitacyjnie. Podobny układ spękań otoczków udokumentowali Tokarski i Zuchiewicz (1998) w odsłonięciu oddalonym o 0,4 km ku N (Miętustwo A).

B. W bardzo gęsto spękanym fliszu podhalańskim (G, H) najliczniejsze są spękania katetalne. Są one strukturami starszej generacji, głównie o kierunkach NNW–SSE i pochyleniu powierzchni ku WSW lub ENE. Często są wypełnione kalcytem. Spękań niekatetalnych, młodszych, jest mniej, zaledwie do 10% (G), a ich kierunki grupują się w trzech zespołach: 156–175°, 16–25° i 45–55°. Większość tych spękań wykazuje strome upady (ponad 60°) nachylone ku ENE, WNW lub prawie pionowe położenie. Najbardziej strome są one w ławicach o większej miąższości i dużym upadzie (G), gdzie nabierają one cech spękań przewodnich (Tokarski, 1975; Jaroszewski, 1980; Aleksandrowski, 1989). We fliszu bardziej łupkowym (H) spękań jest więcej, ich bieg jest jeszcze bardziej regularny, a upad również duży, jak w ławicach piaskowców. Wśród nich wyróżnia się zespół ciosu o kierunku 21–251° — nieliczny, ale o najbardziej płaskich i niezwiertających powierzchniach, w dodatku przecinających inne spękania już wypełnione kalcytem. Orientacja wszystkich spękań fliszu na brzegu zapadliska różni się ogólnie mniejszą dyspersją kierunków, niż na zbior-

*Ryc. 5–8 patrz IV str. okładki (s.1040)

czym ich diagramie, wykonanym dla szerszej strefy fliszu (Halicki, 1961; fałd Pasieki — Boretti-Onyszkiewicz, 1968). **C. W pienińskim pasie skałkowym** (A, B) spękania mają najbardziej rozproszoną orientację (ryc. 2). Bliżej Rogoźnika (A) występują cztery zespoły spękań, z których najliczniejszy jest zespół o kierunku 161–170°, zwykle wypełniony kalcytem. Trzy pozostałe są otwarte i wzdłuż nich występują przemieszczenia poziome skał, zwłaszcza wzdłuż kierunków 26–30° oraz 140°. Wśród spękań Skałki (B) w Starem Bystrem dominuje kierunek 16–25° (23%), najmłodszy. Spękania o tym kierunku przecinają skośnie ławice wapieni i starsze lustra tektoniczne. Są one strome, bez wypełnień mineralnych, z przemieszczeniami poziomymi brył wapieni. Ich bieg jest podobny do orientacji drobnych uskoków Skałki i jej powierzchni kontaktowej (ryc. 3, 3) z neogenem (Kukulak, 1998). Spękania o innych kierunkach są mniej regularne, w radiolarytach są wypełnione kalcytem, a w wapieniach ich powierzchnie są bardziej zwietrzałe. Najbardziej zaburzone są spękania o kierunkach 80 i 55°.

Wnioski

Porównawczy diagram spękań z wszystkich stanowisk pomiarowych, reprezentujących trzy jednostki tektoniczne, przedstawia czasowe i przestrzenne różnice orientacji tych struktur (ryc. 4). Zaznacza się na nim wyraźna tendencja zmiany ich orientacji w kolejnych etapach rozwoju tej części zapadliska.

Kierunki spękań w utworach neogeńskich dają się uszeregować w trzy grupy: powtarzające się z pasa skałkowego, powtarzające się z fliszu podhalańskiego oraz wyraźnie odrębne (zapadliskowe). Ilościowo dominują tu odrębne systemy spękań, o większych wartościach azymutów niż w jednostkach starszych. Ich geneza i orientacja jest przypuszczalnie związana z mobilnością brzeżnych uskoków zapadliska orawskiego (Zuchiewicz, 1997; Tokarski & Zuchiewicz, 1998). Wskazuje na to ich strefowe zagęszczenie i otwieranie się, lokalnie ich otwierające się powierzchnie utworzyły nawet zespoły szczelin tektonicznych (C, E, F). Dominacja najmłodszych spękań o kierunku 20–30°, drugorzędnie 45–55° wiąże się prawdopodobnie z młodą aktywnością wschodniego uskoku zapadliska orawskiego (na linii Cichego–Wielkiego Rogoźnika). Mogły one powstać przy zrzutowym i lewo-przesuwczym ruchu skrzydeł tego uskoku (Birkenmajer, 1979, 1986). Ich rozwój preferowała północno-wschodnia i pozioma orientacja regionalnego pola naprężeń, dominująca w tym rejonie, przypuszczalnie już od środkowego miocenu po czwartorzęd włącznie (Pomianowski, 1995; Tokarski & Zuchiewicz, 1997). Dużo rzadsze i słabiej ujawnione są spękania w miejscach bardziej oddalonych od uskoków (np. Wąwóz Jaszczurów).

Udział spękań o kierunkach przejętych z fliszu podhalańskiego lub pasa skałkowego wzrasta w utworach neogeńskich jedynie wzdłuż kontaktu z tymi jednostkami (B, G, H). Część starszych spękań pasa skałkowego nie ma wcale odpowiedników kierunkowych w jednostkach młodszych. Złożona sieć spękań w utworach skałkowych jest następstwem kolejnego nakładania się na siebie ich kilku generacji wiekowych w ciągu długiej ewolucji tektonicznej tej jednostki.

W sieci spękań zlepieńców neogeńskich na skarpach Domańskiego Wierchu i Czerwonej Góry mało jest spękań o współczesnej grawitacyjnej genezie. Orientacja ciosu jest jedynie zbliżona do krawędzi morfologicznych, ale się z nimi nie identyfikuje całkowicie. Szybki rozwój grawitacyjny tych skarp sprzyja głównie otwieraniu się spękań, ale ich nie inicjuje. Nawet mechanicznie ujawnione powierzchnie spękań mają już w otoczkach powłoki żelaziste lub są bardziej zwietrzałe. Największe podobieństwo kierunków mają spękania tektoniczne z krawędzią skarpy na Czerwonej Górze, dlatego jej rozwój jest niezwykle dynamiczny. Tempo jej cofania wydaje się być jednak szybsze od tempa wietrzenia żwirów wzdłuż spękań, co wskazuje na starsze założenia ciosu niż skarpy.

Literatura

- ALEKSANDROWSKI P. 1989 — Geologia strukturalna płaszczowiny magurskiej w rejonie Babiej Góry. Stud. Geol. Pol., 96: 1–140.
BAC-MOSZASZWILI M. 1993 — Struktura zachodniego zakończenia masywu tatrzańskiego. Ann. Soc. Geol. Pol., 63: 167–193.
BADAK J. 1966 — O morfologii podłoża Kotliny Orawskiej. Kwart. Geol., 10: 576–577.
BAUMGART-KOTARBA M. 1983 — Kształtowanie koryt i teras rzecznych w warunkach zróżnicowanych ruchów tektonicznych (na przykładzie wschodniego Podhala). Pr. Geogr. IG PZ PAN, 145: 1–119.
BAUMGART-KOTARBA M. 1992 — Rozwój geomorfologiczny Kotliny Orawskiej w warunkach ruchów neotektonicznych. Stud. Geomorph. Carpatho-Balcan., 25–26: 3–26.
BAUMGART-KOTARBA M. 1996 — On origin and age of the Orawa Basin, West Carpathians. Stud. Geomorph. Carpatho-Balcan., 30: 3–20.
BIRKENMAJER K. 1958 — Przewodnik geologiczny po pienińskim pasie skałkowym. Wyd. Geol.: 1–134.
BIRKENMAJER K. 1976 — Plejstocenijskie deformacje tektoniczne w pasie skałkowym. Roczn. Pol. Tow. Geol., 46: 309–323.
BIRKENMAJER K. 1978 — Neogene to Early Pleistocene subsidence close to the Pieniny Klippen Belt, Polish Carpathians. Stud. Geomorph. Carpatho-Balcan., 12: 17–28.
BIRKENMAJER K. 1979 — Przewodnik geologiczny po pienińskim pasie skałkowym. Wyd. Geol.: 1–236.
BIRKENMAJER K. 1986 — Stages of structural evolution of the Pieniny Klippen Belt, Carpathians. Stud. Geol. Pol., 88: 7–32.
BORETTI-ONYSZKIEWICZ W. 1968 — Cios we fliszu zachodniego Podhala. Acta Geol. Pol., 18: 101–143.
HALICKI B. 1961 — Tektonika Podhala. Roczn. Pol. Tow. Geol., 33: 349–359.
JAROSZEWSKI W. 1980 — Tektonika uskoków i fałdów. Wyd. Geol.: 1–360.
KSIĄŻKIEWICZ M. 1972 — Budowa geologiczna Polski. T. IV. Tektonika. cz. 3. Karpaty: 228. Wyd. Geol.
KUKULAK J. 1998 — Udział tektoniki w pogrzebaniu Pienińskiego Pasa Skałkowego w rejonie Starego Bystrego–Miętustwa. Pieniny – Przyroda i Człowiek, 6: 171–178.
MASTELLA L., OZIMKOWSKI W., SZCZĘSNY R. 1988 — Tektonika północno-zachodniej części fliszu podhalańskiego. Prz. Geol., 10: 566–571.
POMIANOWSKI P. 1995 — Budowa depresji orawskiej w świetle analizy wybranych materiałów geofizycznych. Ann. Soc. Geol. Pol., 64: 67–80.
SIKORA W. & WIESER T. 1974 — Utwory piroklastyczne w utworach neogeńskich śródgórskiej niecki Orawy–Nowego Targu. Kwart. Geol., 18: 441–443.
TOKARSKI A.K. 1975 — Structural analysis of the Magura Unit between Korościenko and Zabrzeż (Polish Flysch Carpathians). Roczn. Pol. Tow. Geol., 45: 327–359.
TOKARSKI A.K. & ZUCHIEWICZ W. 1998 — Popękane klasty w stożku Domańskiego Wierchu: Przyczynki do rekonstrukcji ewolucji pola naprężeń w rejonie Kotliny Orawskiej (Karpaty) podczas neogenu i czwartorzęd. Prz. Geol., 46: 62–66.
WATYCHA L. 1976 — Neogen niecki orawsko-nowotarskiej. Kwart. Geol., 20: 575–585.
WATYCHA L. 1977 — Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50000. Arkusz Czarny Dunajec. Inst. Geol. Warszawa.
ZUCHIEWICZ W. 1997 — Reorientacja pola naprężeń w polskich Karpatach w świetle wstępnych wyników analizy ciosu. Prz. Geol., 45: 105–109.