

Budowa geologiczna doliny Białego Dunajca

Leonard Mastella¹, Mirosław Ludwiniak¹, Danuta Klimkiewicz¹



L. Mastella

M. Ludwiniak

D. Klimkiewicz

Geology of the Biały Dunajec Valley (Podhale region, S Poland). *Prz. Geol.*, 60: 496–505.

A b s t r a c t. The Biały Dunajec Valley is one of the large, meridionally oriented valleys cutting the Podhale Synclinorium. The tectonic origin of this valley has been suggested since the beginning of the 20th century. A large fault zone with an azimuth of about 20° has been recognized here. This zone extends to the north and cuts the Pieniny Klippen Belt, which is significantly lowered in its eastern side. The southern part of the Biały Dunajec fault zone (SBD) extends probably into the Tatra Massif (into the Mała Łąka Valley area and far to the south into the border of the Koszysta elevation and the Goryczkowa depression). The majority of faults constituting

the SBD were formed during the initial phase as strike-slip faults; they were reactivated later as dip-slip faults with a prevailing dip-slip, mainly normal component. As a whole, the SBD is a scissor-like fault: in the northern part, near the Szaflary village, downfaulted is its eastern block, whereas in the southern part – its western block.

Keywords: Central Western Carpathians, Podhale Synclinorium, Biały Dunajec fault zone, fault network



Celem artykułu jest szczegółowy opis budowy geologicznej doliny rzeki Biały Dunajec na odcinku między Szaflarami i północnym skrajem Zakopanego. Dolina ta

jest jedną z kilku dużych dolin rzecznych południkowo przecinających synklinorium podhalańskie (ryc. 1). Od dawna sugerowano, że te z nich, które kontynuują się w Tatrach, mają założenia tektoniczne (m.in. Kuźniar, 1907, 1910; Limanowski, 1912; Świdzki, 1922; Teisseyre, 1929; Halicki, 1930, 1932). Późniejsze opracowania kartograficzne i badania regionalne potwierdziły, w ogólnym zarysie, słuszność tych sugestii zarówno w stosunku do doliny Białki (Kotański, 1961; Fusán, 1963; Małecka, 1973; Mastella, 1975b; Mastella i in., 1996), jak i do doliny Białego Dunajca (Gołąb, 1959: „antyklina Białego Dunajca”; Halicki, 1963: „elewacja Białego Dunajca”). O dużej dyslokacji wzdłuż doliny Białego Dunajca można wnioskować na podstawie analizy map Watychy (1974, 1976b), Birkenmajera (1968) i Małeckiej (1982) oraz wyników badań strukturalnych (Mastella, 1975b; Klimkiewicz, 2008; Pisaniec, 2008; Ludwiniak, 2010).

Badania oparto na własnym zdjęciu geologicznym w skali 1 : 10 000 uzupełnionym planami w skali 1 : 2500 (Pisaniec, 2008). Dodatkowo przeprowadzono analizę zdjęć lotniczych w skali ok. 1 : 17 000 i cyfrowego modelu terenu. Analizę strukturalną przeprowadzono zgodnie z zaleceniami metodycznymi Jaroszewskiego (1972) i Mastelli (1988).

Badany teren obejmuje pełny przekrój fliszu podhalańskiego przez północne skrzydło synklinorium od jego tektonicznego kontaktu z pienińskim pasem skałkowym (PPS) po strefę osiową oraz tylko niewielką część skrzydła południowego (ryc. 2, 3).

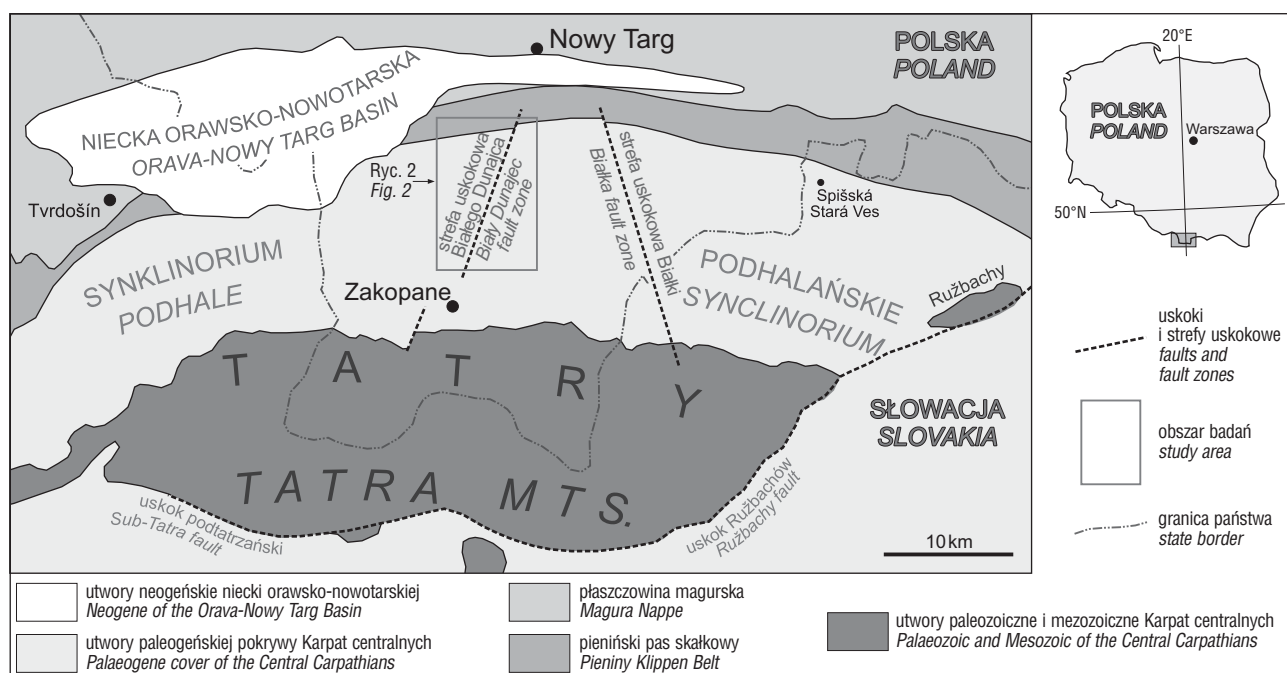
LITOSTRATYGRAFIA

Flisz podhalański jest fragmentem paleogeńskiej pokrywy Karpat centralnych (ryc. 1) (Marschalko, 1968; Książkiewicz, 1972). Jego utwory zostały podzielone na kilka nieformalnych ogniw litostratygicznych tradycyjnie nazywanych warstwami (Gołąb, 1959; Watycha, 1959, 1968) (ryc. 4). Granice litostratygiczne między poszczególnymi warstwami mają na mapach geologicznych bardzo różny przebieg (por. m.in. Birkenmajer, 1968; Watycha, 1974, 1976b; Małecka, 1982).

Sumaryczną miąższość utworów fliszowych oszacowano na od 2,5 km we wschodniej do 4 km w zachodniej części synklinorium podhalańskiego (Watycha, 1959, 1976b, 1977; Ludwiniak, 2006), zaś w północnym jego skrzydło jest ona większa niż w południowym (Ozimkowski, 1992). Wiek utworów fliszowych określono, opierając się na analizie dinocyst, jako środkowy wczesny oligocen (środkowy rupel)–późny oligocen (Gedl, 2000a, b), a na podstawie nanoplanktonu wapiennego jako wczesny oligocen (środkowy rupel)–wczesny miocen (Garecka, 2005).

Wzdłuż badanego odcinka doliny Białego Dunajca odsłaniają się utwory fliszowe, od najstarszego, występującego wyłącznie w północnym skrzydło synklinorium fragmentu warstw szaflarskich poprzez wyżejległe warstwy zakopiańskie aż po warstwy chochołowskie. Południowa część badanego terenu obejmuje jedynie fragment warstw zakopiańskich górnych (ryc. 2, 4). W północnej brak jest dolnego ogniwa i znacznej części ogniwa środkowego warstw szaflarskich, obciętych tutaj dyslokacją, wzdłuż której pieniński pas skałkowy kontaktuje z fliszem podhalańskim (Birkenmajer, 1968; Mastella i in., 1988). Bezpośrednio przy kontakcie występuje cienki, łupkowy fragment stropowych partii środkowego ogniwa warstw szaflarskich, a powyżej nich górne ogniwo zbudowane z gruboławicowych piaszczowców (Mastella i in., 1988). Nad nimi leżą łupkowe

¹Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; l.mastella@uw.edu.pl, mirosław.ludwiniak@uw.edu.pl, d.klimkiewicz@uw.edu.pl.



Ryc. 1. Lokalizacja terenu badań na tle północnej części zachodnich Karpat centralnych (wg Bielego i in., 1996; Żytki i in., 1989; zmienione)

Fig. 1. Location of the study area on the background of the northern part of the Central Western Carpathians (after Biely et al., 1996; Żytko et al., 1989; modified)

warstwy zakopiańskie. W obrębie głównego fragmentu doliny, między wsiami Biały Dunajec i Poronin, występują łupkowo-piaskowcowe warstwy chochołowskie dolne. Natomiast wyższe partie zboczy doliny Białego Dunajca są zbudowane z piaskowcowych i piaskowcowo-łupkowych warstw chochołowskich górnych (ryc. 2). Szczegółowy opis litologiczny poszczególnych wydzieleni zawarty jest w pracach Gołąba (1959), Watychy (1959, 1968, 1976a, 1977) i Pisarniec (2008).

TEKTONIKA

Strefa tektoniczna przebiegająca wzdłuż doliny Białego Dunajca wyraźnie rozdziela synklinorium podhalańskie na części zachodnią i wschodnią, zasadniczo różniące się budową geologiczną (Gołąb, 1959; Halicki, 1959, 1963). Na linii Białego Dunajca zanika ciągnąca się od wschodu strefa fleksury przypienińskiej (Mastella, 1975b). Jej ślady występują w potokach Furczańskim i Smalcowskim w postaci drobnych zafałdowań, sporadycznych warstw o upadach na północ i obecności w tych potokach źródeł z H_2S (ryc. 2) (Macioszczyk, 1959, 1964).

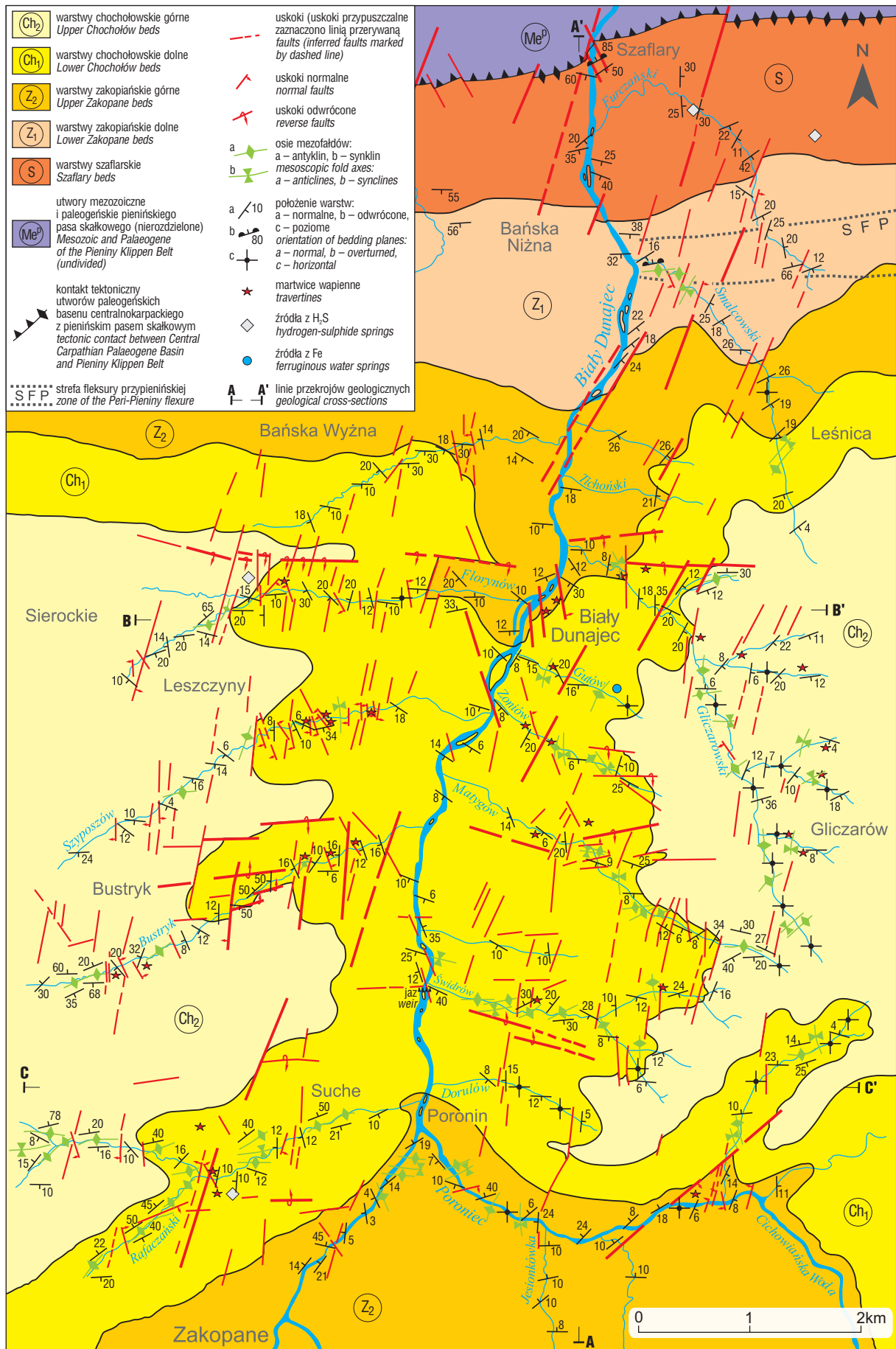
Regionalne znaczenie strefy Białego Dunajca (SBD) wykracza poza obręb fliszu podhalańskiego. W części północnej strefa ta przecina pieniński pas skałkowy, który po jej wschodniej stronie ulega znacznemu obniżeniu. Widoczne jest to w morfologii terenu w postaci rozległego, w miarę płaskiego obniżenia będącego efektem zanikania wychodni utworów serii skałkowych (Birkenmajer, 1968; Watycha, 1974, 1976b; Małecka, 1982). W części południowej, jak wynika z mapy (Bac-Moszaszwili i in., 1979), strefa Białego Dunajca przedłuża się prawdopodobnie w rejon doliny Małej Łąki w Tatrach, a dalej w rozgraniczenie elewacji Koszystej od depresji Goryczkowej-Jawora (Kotowski, 1961; Mastella, 1975b). W obrębie fliszu podhalańskiego

SBD zaznacza się przede wszystkim zmianą regionalnego położenia warstw oraz charakterystyczną siecią uskokuw o różnej wielkości.

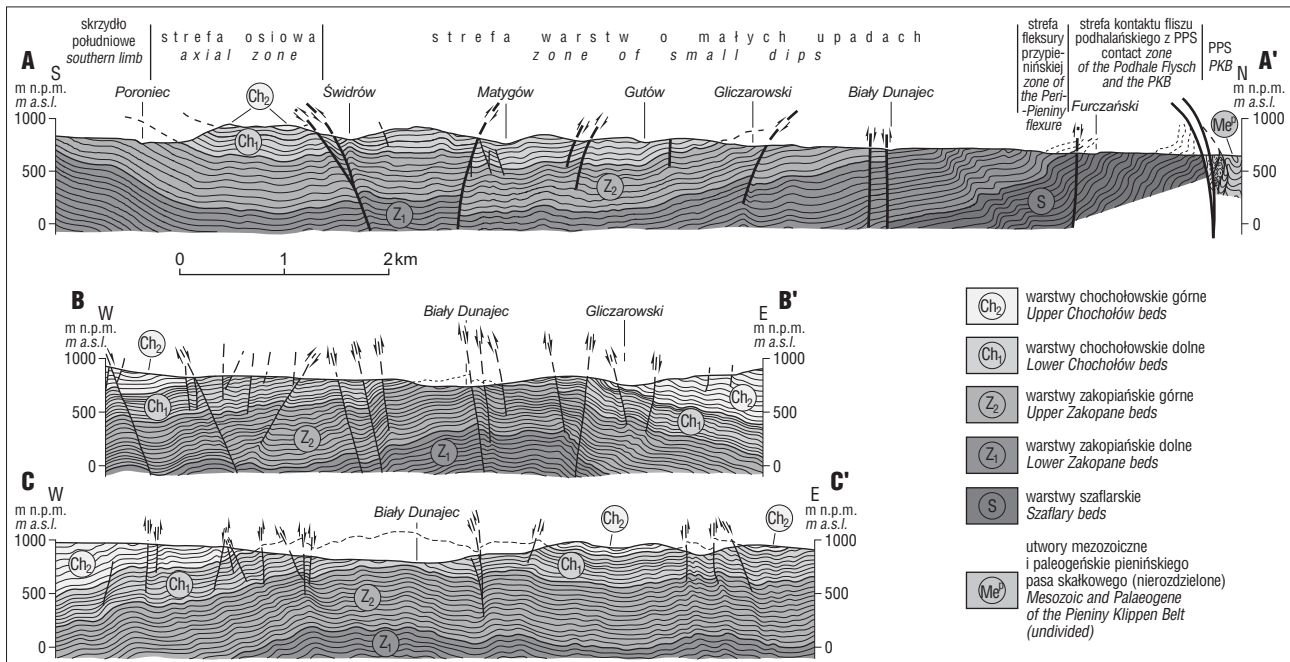
ANALIZA POŁOŻENIA WARSTW

Jak wynika z analizy map (Watycha, 1974, 1976b; Bac-Moszaszwili i in., 1979; Małecka, 1982), a także z fotointerpretacji (Ozimek, 1992), w obrębie synklinorium podhalańskiego dominują warstwy o biegach w przybliżeniu równoleżnikowych. Warstwy w takim położeniu przeważają również w bezpośrednim sąsiedztwie omawianej SBD, po obu jej stronach: po zachodniej 90/15S, a po wschodniej 91/8S (ryc. 5 – diagr. 5, 6). Ten regionalny obraz wyraźnie zmienia się w obrębie SBD, gdyż na całym jej obszarze już dawno odnotowano warstwy o biegach w przybliżeniu południkowych (Halicki, 1963; Watycha, 1974, 1977; Mastella, 1975a; Małecka, 1982). Wyniki szczegółowych pomiarów potwierdzają, że w obrębie SBD przeważają warstwy o biegach zmieniających się w przedziale azymutów 4–28°, wyznaczając w ten sposób jej kierunek NNE-SSW (ryc. 2, 5).

Charakterystyczną cechą warstw o takich biegach jest zmienność kierunków ich upadów. W części południowo-zachodniej przeważają upady na zachód (ryc. 2, 5 – diagr. 1, 3, 7), a w części północno-zachodniej (na północ od Potoku Florynów) położenie warstw zbliżone jest do regionalnego (ryc. 2, 5 – diagr. 11). Przeciwnie jest po stronie wschodniej. Tam warstwy o biegach w przybliżeniu południkowych mają upady wschodnie. Ciągają się od kontaktu z PPS pasem stopniowo zanikającym w rejonie Matygowego Potoku (ryc. 2, 5 – diagr. 12, 8, 4). Ponownie warstwy z upadami na zachód odsłaniają się w rejonie Poronina (ryc. 5 – diagr. 2), co wynika z zanurzania się osi synklinorium na zachód w tej części Podhala. Z tym związane



Ryc. 2. Mapa geologiczna odkryta doliny Białego Dunajca
 Fig. 2. Geological map of the Biały Dunajec Valley



Ryc. 3. Przekroje geologiczne przez teren badań (lokalizacja linii przekrojów na ryc. 2; PPS – pieniński pas skałkowy)
 Fig. 3. Geological cross-sections through the study area (location of cross-sections shown in the Fig. 2; PKB – Pieniny Klippen Belt)

jest występowanie w południowo-wschodniej części SBD warstw zalegających poziomo i o biegach równoleżnikowych z upadami na północ i na południe (ryc. 2).

W przybliżeniu równoleżnikowe biegi warstw w obrębie samej SBD odnotowano również w części przypienińskiej. W tej ostatniej zwraca uwagę fakt, że upady warstw są dużo większe w części zachodniej (ok. 50/S) niż w części wschodniej SBD (ok. 25/S) (ryc. 2, 5 – diagr. 11, 12). W efekcie na obu krańcach SBD powstały fleksury z łagodnie ugiętych warstw o upadach w części północnej ok. 15/E, a w części południowej ok. 10/W (ryc. 3 B, C).

FAŁDY

Na badanym obszarze obecne są wyłącznie średnie i drobne fałdy. Główne ich nagromadzenie występuje w strefie osiowej synklinorium (ryc. 2). W tej części dominują fałdy o osiach SWW-NEE zanurzających się pod niewielkim kątem na zachód (ryc. 6). Nieliczne fałdy o kierunkach osi w przybliżeniu południkowych (ryc. 2) powstały w wyniku przyskokowych podgięć warstw.

USKOKI

Cały badany obszar pocięty jest licznymi uskokami, od form dużych, o rozmiarach kartometrycznych (ryc. 2, 7A), po formy średnie i drobne (ryc. 7 B, 8 B, 9A, C).

Uskoki kartometryczne

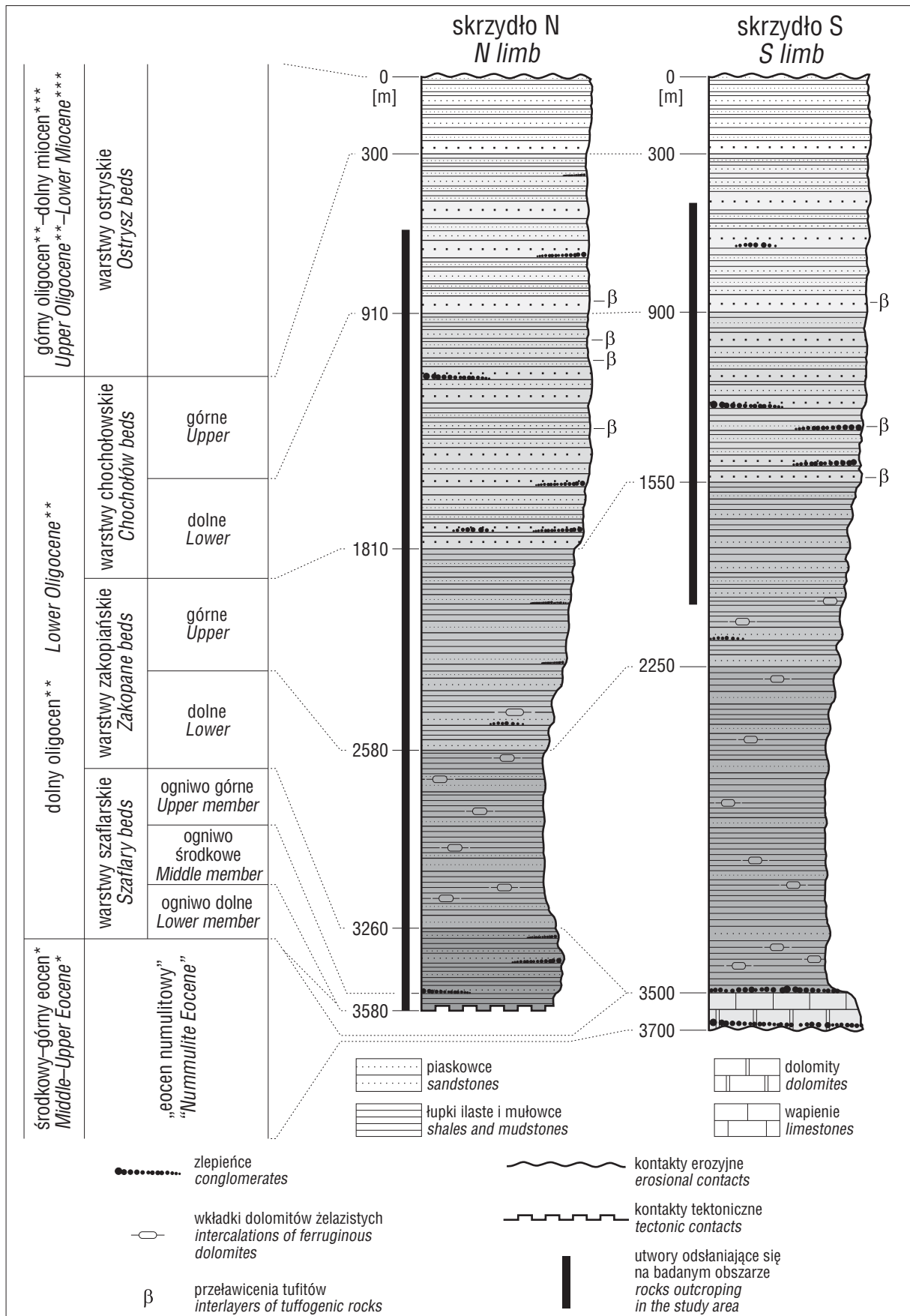
Zaznaczają się w morfologii w formie krótkich wcięć, prostoliniowych odcinków brzegów rzeki i potoków, a niekiedy w postaci nisz osuwisk strukturalnych. Istnienie tych uskoków potwierdzają występujące w ich przedłużeniach pasma brekcji i kataklazytów oraz uskoki niższego rzędu. Innymi przesłankami wskazującymi na obecność uskoków są wystąpienia martwic i pól wapiennych (np. w rejo-

nie Gliczarowa i Suchego – ryc. 2) oraz źródeł z H_2S (np. w potoku Furczańskim – ryc. 2). W sieci uskoków kartometrycznych dominują uskoki o trzech kierunkach: F_k – NNE-SSW; R_k – NNW-SSE; L – W-E (ryc. 2, 9B).

Uskoki F_k są najliczniejsze. Wśród nich dominują strome uskoki o biegach 12–20° (ryc. 9B). Największe z nich wykartowano na przegubowych częściach fleksur – po zachodniej stronie rzeki Biały Dunajec w potokach Bustryk i Suchy, a po wschodniej stronie tej rzeki w pobliżu Szaflar. W tym rejonie wschodni fragment linii intersekcyjnej kontaktu fliszu z PPS przesunięty jest wzdłuż uskoków F_k na północ o ok. 500m (ryc. 2). Typowym przykładem jest zespół uskoków predysponujących kierunek koryta rzeki Biały Dunajec między ujściami potoków Smalcowskiego i Krajowego, zaznaczający się dwoma pasmami brekcji i skróceniem biegów warstw (ryc. 2). Układ okruchów brekcji w obrębie szczelin uskokowych może wskazywać na pionowe przemieszczenie. Wschodnie upady skróconych warstw sugerują zrzut skrzydła wschodniego. Takie same kierunki zrzutu stwierdzono w większości uskoków w obrębie północno-wschodniego fragmentu SBD. Natomiast zrzuty przeciwne przeważają w uskokach F_k w części południowo-zachodniej omawianego obszaru (ryc. 3B, C).

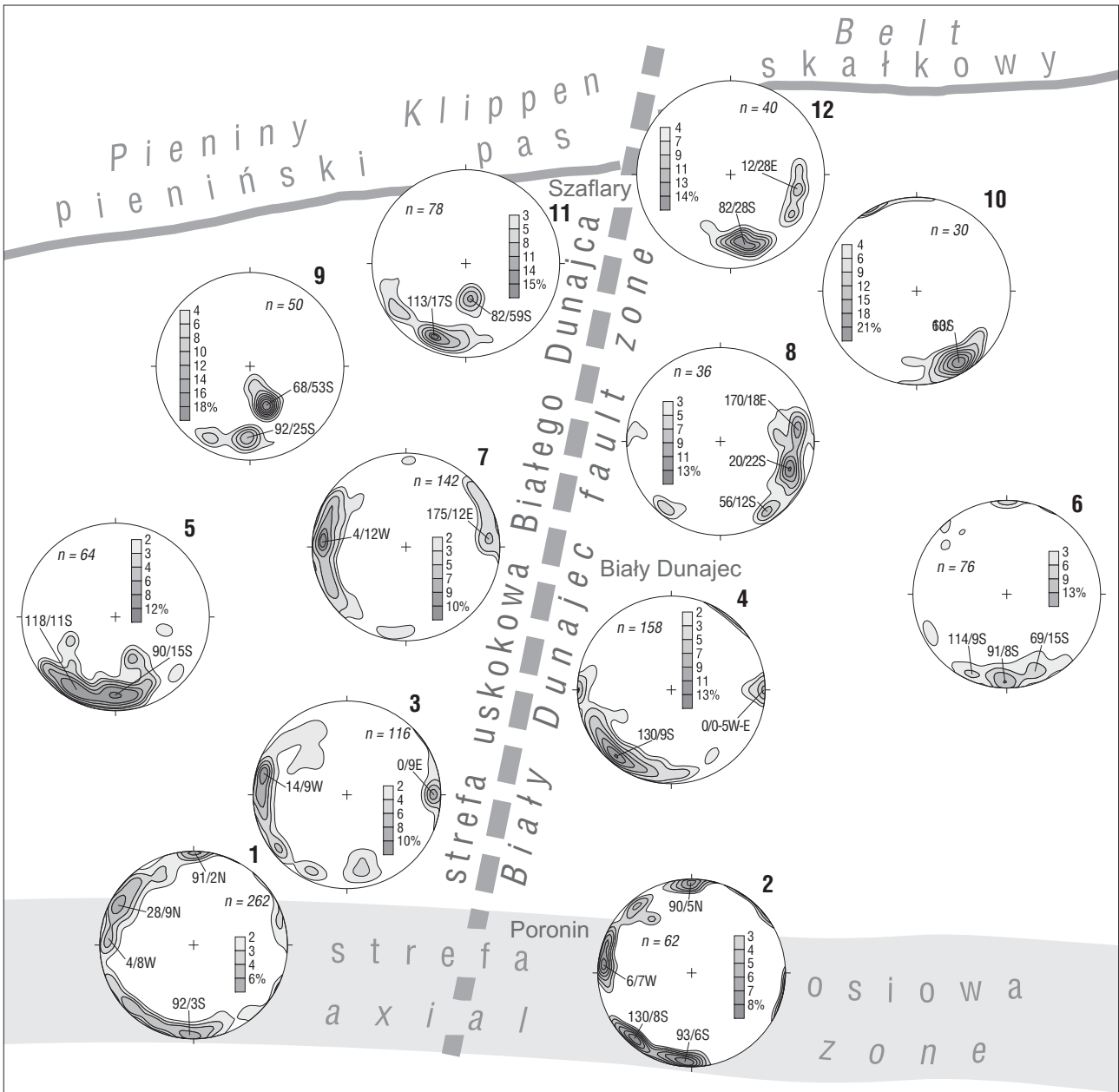
Uskoki R_k są drugą co do liczebności grupą uskoków kartometrycznych. Ich główne kierunki mieszczą się w przedziale 150–164° (ryc. 9B), a ich upady są bardzo strome. Szczeliny uskokowe mają szerokości kilku decymetrów i wypełnione są brekcjami. Szczeliny te zwężają się ku krańcom uskoku i najczęściej zanikają w gęstych spękaniach zespołu ciosu o azymucie zbliżonym do azymutu uskoku. Powierzchnie uskokowe bywają zlustrowane. Na lustrach występują głównie pionowe rysy ślizgowe. Miejskami zacierają one sporadycznie występujące poziome rysy ślizgowe.

Cechą charakterystyczną tych uskoków jest ich seryjne występowanie w szeregach kulisowych o kierunkach przybliżeniu zgodnych z kierunkami uskoków F_k . Taki szereg



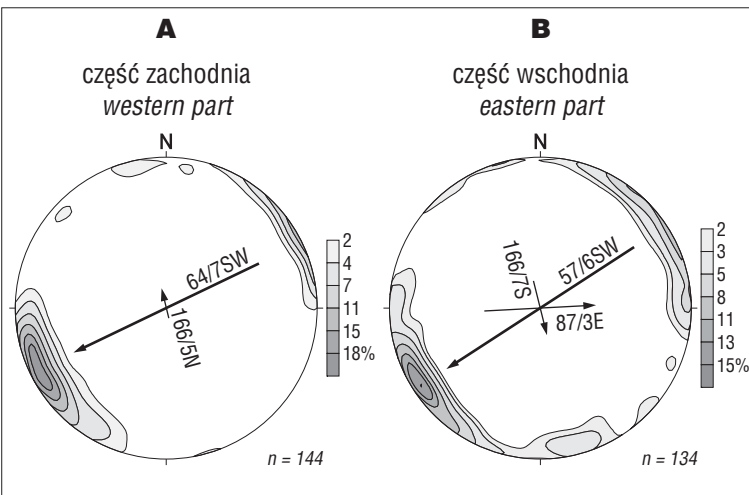
Ryc. 4. Profile litostratigraficzne fliszu podhalańskiego z obszaru zachodniego Podhala (zestawione na podstawie danych Watychy (1974, 1976b), Bac-Moszaszwili i in. (1979) oraz badań własnych autorów; wiek poszczególnych wydzieleni wg Biedy (1959)*, Gedla (2000a)** i Gareckiej (2005)***)

Fig. 4. Lithostratigraphic logs of the western Podhale flysch (compiled after Watycha (1974, 1976b), Bac-Moszaszwili et al. (1979) and the author's own investigations; age of particular members after Bieda (1959)*, Gedl (2000a)** and Garecka (2005)***)



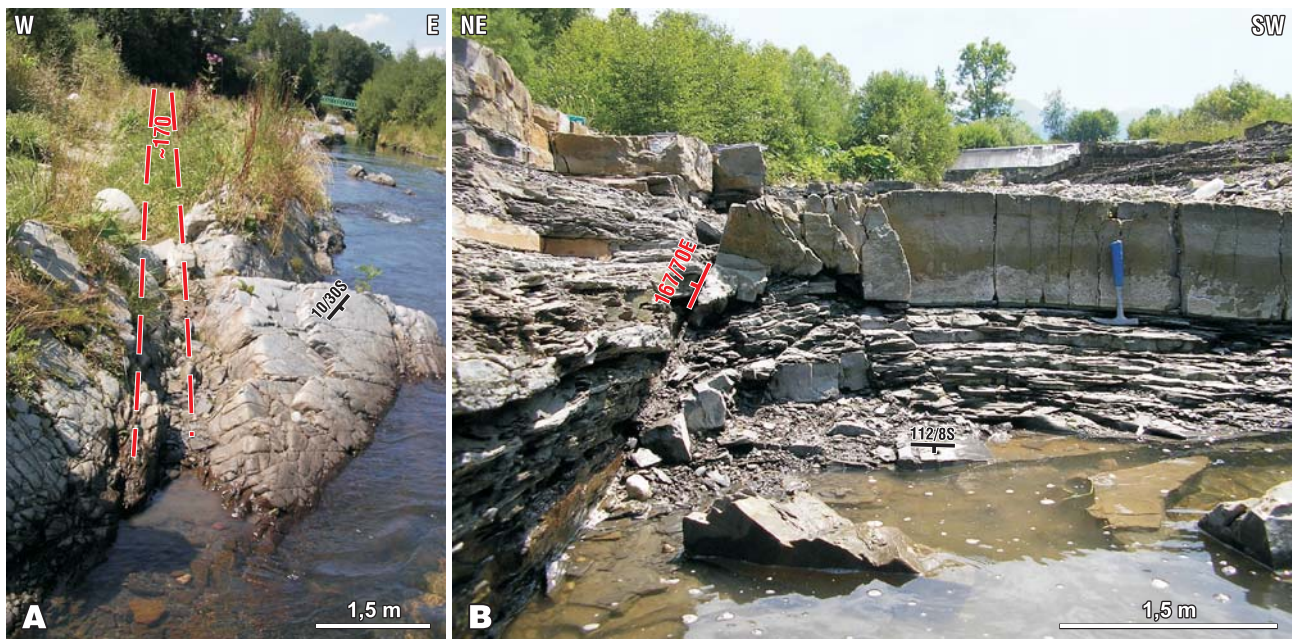
Ryc. 5. Zróżnicowanie przestrzenne położenia warstw w dolinie Białego Dunajca. Diagramy wykonano w projekcji linii upadu na dolną półkulę siatki Schmidta; n – ilość pomiarów

Fig. 5. Scheme of the spatial variation of the bedding orientation within Biały Dunajec Valley. The diagrams present projection of dip-line of the bedding planes on the lower hemisphere Schmidt net; n – number of measurements



Ryc. 6. Diagramy konturowe orientacji osi mezofałdów w zachodniej (A) i we wschodniej (B) części doliny Białego Dunajca (projekcja osi fałdów na dolną półkulę siatki Schmidta; n – ilość pomiarów). Strzałki na diagramach oznaczają dominującą orientację osi fałdów (kierunek/kąt zanurzenia osi)

Fig. 6. Contour diagrams of mesofold axes orientation in the western (A) and in the eastern part (B) of Biały Dunajec Valley (lower hemisphere Schmidt net; n – number of measurements). Arrows on diagrams show dominant orientations of the fold axes (trend/plunge of the fold axis)



Ryc. 7. Odslonięcia w warstwach chochołowskich dolnych w rzece Biały Dunajec w Poroninie. **A** – uskoc kartometryczny R_k (250 m na północ od jazu); **B** – uskoc średni R_s (15 m na północ od jazu). Fot. K. Pisaniec

Fig. 7. The outcrops of the Lower Chochołów beds located on the Biały Dunajec River. **A** – map-scale fault R_k (250 m northward from the weir); **B** – medium-scale fault R_s (15 m northward from the weir). Photo by K. Pisaniec

kulisowy złożony z czterech uskoców R_k o widocznej długości od kilkudziesięciu metrów do ok. 200 m wykartowano (Pisaniec, 2008) w korycie rzeki Biały Dunajec poniżej jazu na północ od Poronina oraz, obecnie gorzej odsłonięty, w rejonie ujścia Potoku Florynów (ryc. 2).

Uskoki L są grupą dużych równoleżnikowych uskoców odwróconych (ryc. 2). Na północ od linii potoków Busztryk–Matygów ich upady są południowe, zaś w rejonie Poronina północne (ryc. 2, 3A). Taki układ uskoców spowodował wypiętrzenie środkowej części tego obszaru z kulminacją nieco na północ od Poronina (ryc. 3A) mające charakter regionalny (Mastella, 1975a; Mastella & Mizerski, 1977; Ludwiniak, 2010), co częściowo potwierdzają wyniki badań geofizycznych (Wieczorek & Barbacki, 1997).

Drobne i średnie uskoki

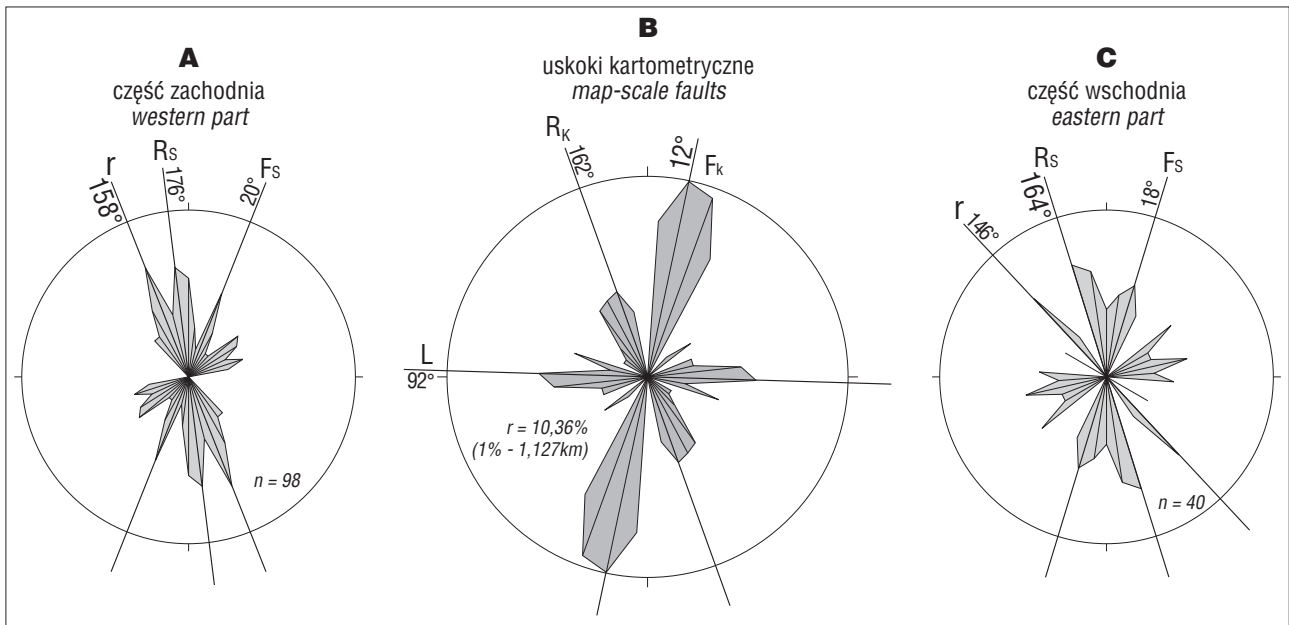
Tworzą one gęstą sieć mniejszych uskoców. Szerokości szczelin **średnich uskoców** są rzędu decymetra i, podobnie jak w przypadku uskoców kartometrycznych, wypełnione są brekcjami. Szczeliny drobnych uskoców mają szerokości rzędu centymetra. Powierzchnie **średnich i drobnych uskoców** są równe, a ich upady strome (ryc. 7B). Często na ich powierzchniach obserwuje się rozarte i zlustrowane brekcje z pionowymi rysami ślizgowymi (ryc. 8A). Sporadycznie występują zniszczone rysy poziome. Skośne rysy ślizgowe najczęściej obserwowano na powierzchniach drobnych uskoców (ryc. 8B).

Biegi drobnych i średnich uskoców są w przybliżeniu zgodne z kierunkami uskoców kartometrycznych, przy czym najczęściej powtarzają się kierunki uskoców kartometrycznych R_k , a najrzadziej dużych uskoców F_k . Brak jest wyraźnej powtarzalności uskoców L . Pojawia się natomiast nowy zespół drobnych, seryjnie występujących uskoców r (ryc. 8A, 9) o składowej przesuwczej lewoskrętnej. Obserwuje się je niemal wyłącznie jako opierające uskoki R_k



Ryc. 8. Odslonięcie w warstwach chochołowskich dolnych w rzece Biały Dunajec w Poroninie, 300 m na północ od jazu. **A** – brekcja; **B** – drobne uskoki r . Fot. L. Mastella

Fig. 8. The outcrop of Lower Chochołów beds located on the Biały Dunajec River, at the village of Poronin, 300 m northward from the weir. **A** – fault breccia; **B** – small-scale faults r . Photo by L. Mastella



Ryc. 9. Diagramy orientacji powierzchni mezoskoków w zachodniej (A) i we wschodniej części (C) doliny Białego Dunajca oraz diagram orientacji wszystkich uskoków kartometrycznych z uwzględnieniem ich długości (B); r – promień koła wielkiego, n – ilość pomiarów

Fig. 9. Diagrams of mesofaults orientation in the western (A) and in the eastern part (C) of Biały Dunajec Valley, and diagram of all map-scale faults with consideration of their length (B); r – great-circle radius; n – number of measurements

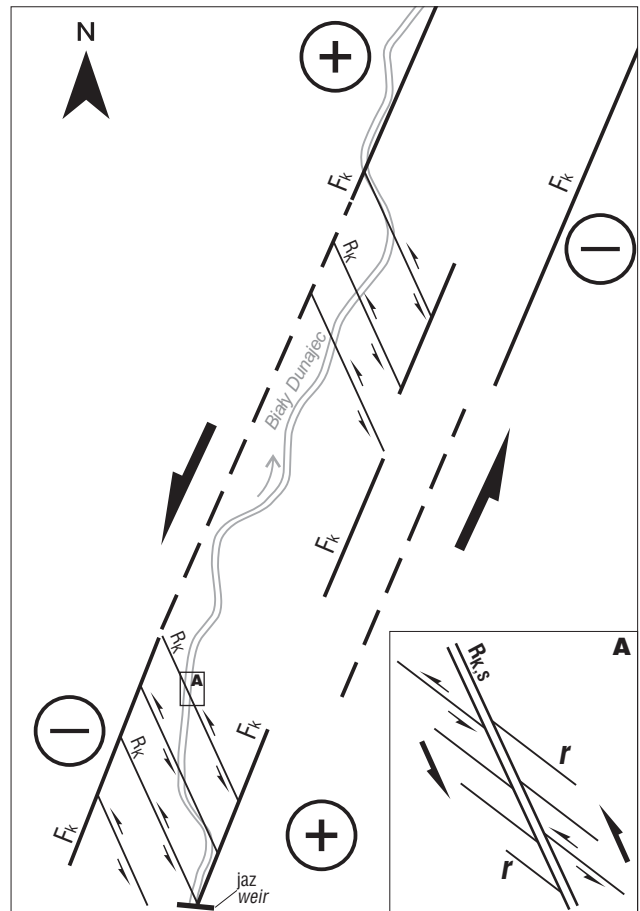
i R_s , ustawione do nich pod kątem ok. 18° (ryc. 9A, C). Te geometryczne cechy wskazują, że w stosunku do uskoków $R_{k,s}$ pełnią one funkcję niskokątowych spękań riedlowskich (Riedel, 1929; Jaroszewski, 1980). Określa to równocześnie lewoskrętność składowej przesuwczej uskoków opierzanym.

Opisane powyżej uskoki są wyraźnie uskoki zrzutowymi ze śladami przesuwczymi. Składowa zrzutowa zaznacza się podgięciami ławic po obu stronach uskoku, pionowymi rysami na zlustrowanych powierzchniach uskokowych i na lustrach w obrębie brekcji w szczelinach uskokowych oraz na powierzchniach ciosu w bezpośrednim sąsiedztwie uskoku. Wielkość zrzutu stwierdzona w odślonieniach na podstawie identyfikacji ławic w obu skrzydłach uskoku dochodzi do kilku metrów. Składowa przesuwcza zaznacza się w postaci poziomych lub lekko skośnych rys ślizgowych (ryc. 8B) oraz sporadycznie w postaci innych tektoglify na stromych, zlustrowanych powierzchniach. Stwierdzono to jedynie w odślonieniach drobnych i średnich uskoku. Struktury na lustrach zwykle są zniszczone przez późniejsze przemieszczenia zrzutowe bądź przykryte mineralizacją kalcytową. Innym objawem przesuwczymi jest występowanie drobnych uskoku opierzanym uskoku wyższego rzędu oraz szeregów kulisowych uskoku kartometrycznym R_k .

Niszczenie brekcji i luster z poziomymi rysami przez późniejsze przemieszczenia pionowe, a także występowanie w szeregach kulisowych uskoku zrzutowym wskazują, że pierwotnie opisywane uskoki rozwijały się jako przesuwczymi, a później były przekształcane na zrzutowe.

Geometria i rozwój sieci uskokowej

Opisane wyżej uskoki, zarówno kartometryczne, jak i mezoskopowe, tworzą stosunkowo prosty układ geometryczny.



Ryc. 10. Schemat układu sieci uskoku w strefie uskoku Białego Dunajca. A – szczegółowy schemat układu drobnych uskoku r opierzanym uskoku $R_{k,s}$ (pozostałe objaśnienia w tekście)

Fig. 10. Scheme of the fault pattern in the Biały Dunajec fault zone. A – detailed scheme of the small feather faults r associated with the $R_{k,s}$ faults (for other explanations see text)

Nadrzędną rolę pełnią uskoki F_k wyznaczające kierunek NNW-SSE całej SBD. Z kolei pokrywanie się azymutu szeregów kulisowych R_k z azymutami uskoków F_k wyraźnie świadczy o geometrycznym powiązaniu obu tych zespołów uskoków. Ustawienie uskoków R_k pod kątem ok. 30° do kierunku uskoków F_k i całej SBD i ich lewoskrętność (ryc. 2, 9, 10) oznacza, że są one niskokątowymi spękaniami riedlowskimi. Podobne warunki powstawania sieci uskoków przesuwczych opisywali już m.in. Beach (1975), Vialon (1979) i Mastella (1988). Omawiane uskoki typu F i R były w fazie późniejszej przekształcane na uskoki zrzutowe o zrzuceniu w części północno-wschodniej – zachodniej – zachodnim (ryc. 10).

Sieć drobnych i średnich uskoków w porównaniu z siecią uskoków kartometrycznych jest mniej regularna. Widoczna jest niewielka zmienność kierunków uskoków po obu stronach doliny Białego Dunajca (ryc. 9A, C). Nie dotyczy to kierunku zespołów F_s , natomiast nieco odmienne kierunki mają zespoły R_s (w części zachodniej dominują te o azymucie 176° a we wschodniej – 164°) i r (na zachodzie dominują te o azymucie 158° , a na wschodzie – 146°) (ryc. 9A, C). Tak jak i w przypadku uskoków kartometrycznych, również drobne i średnie uskoki wykazują ślady lewoskrętnej składowej przesuwczej, zatartej przez późniejsze ruchy pionowe.

WNIOSKI

Na podstawie prac kartograficznych i przeprowadzonej analizy strukturalnej stwierdzono:

- występowanie wzdłuż doliny rzeki Biały Dunajec dużej strefy uskokowej (SBD) o kierunku NNE-SSW;
- strefa o szerokości ok. 4 km i prześledzonej długości 12 km przedłuża się na obszar pienińskiego pasa skałkowego i prawdopodobnie Tatr;
- tworzy ją sieć stromych uskoków o rozmiarach kartometrycznych i dominujących azymutach ok. $20\text{--}160^\circ$. Podobne kierunki mają uskoki niższego rzędu;
- uskoki tworzące sieć powstawały w dwóch etapach. W pierwszym powstawały jako uskoki przesuwcze, lewoskrętne, w drugim jako zrzutowe;
- na tej podstawie należy wnioskować, że cała SBD początkowo tworzyła się jako przesuwcza, lewoskrętna i była odmładzana jako zrzutowa;
- jak wynika z analizy położenia warstw, uskoków i obrazu kartograficznego, odmłodzona SBD ma charakter uskoku nożycowego o zrzuceniu w części północno-wschodniej skrzydle wschodnim, a w części południowo-zachodniej – zachodnim (ryc. 10);
- na podstawie regionalnych opracowań strefy SBD można wnioskować, że powstała ona, tak jak wiele innych stref uskokowych (Buday, 1967; Mahel', 1969; Mastella, 1975b), w wyniku uruchomienia w końcu paleogenu i w miocenie (op. cit.; Książkiewicz, 1972) uskoków w mezozoicznym podłożu paleogeńskiej pokrywy Karpat centralnych;
- powstawanie SBD jako uskoku przesuwczego wiązać należy z poziomą kompresją z przełomu oligocenu i miocenu (faza sawska). Dalszy rozwój strefy przesuwczej został przerwany, zaś charakter przemieszczenia zmienił się na zrzutowy w wyniku stopniowego wypiętrzania w miocenie w fazie styryjskiej;

– SBD jest nadal aktywna, czego potwierdzeniem zdaje się być występowanie martwic wapiennych i co potwierdzają również współczesne pomiary (Makowska & Jaroszewski, 1987; Perski, 2008).

LITERATURA

- BAC-MOSZASZWILI M., BURCHART J., GŁĄZEK J., IWANOW A., JAROSZEWSKI W., KOTAŃSKI Z., LEFELD J., MASTELLA L., OZIMKOWSKI W., RONIEWICZ P., SKUPIŃSKI A. & WESTWALEWICZ-MOGILSKA E. 1979 – Mapa geologiczna Tatr polskich 1 : 30 000. Wyd. Geol., Warszawa.
- BEACH A. 1975 – The geometry of en-echelon vein arrays. *Tectonophysics*, 28: 245–263.
- BIEDA F. 1959 – Paleontologiczna stratygrafia eocenu tatrzańskiego i fliszu podhalańskiego. [W:] Z badań geologicznych wykonanych w Tatrach i na Podhalu. *Biul. Inst. Geol.*, 149: 215–221.
- BIELY A., BEZÁK V., ELEČKO M., KALIČIAK M., KONEČNÝ V., LEXA J., MELLO J., NEMČOK J., POTFAJ M., RAKÚS M., VASS D., VOZÁR J. & VOZÁROVÁ A. 1996 – Geologická mapa Slovenskej republiky 1 : 500 000. Ministerstvo Životného Prostredia Slovenskej Republiky – Geologická Služba Slovenskej Republiky, Bratislava.
- BIRKENMAJER K. 1968 – Mapa geologiczna Pienińskiego Pasa Skałkowego 1 : 10 000, ark. Bór na Czerwonem (3) i Szaflary (13). Wyd. Geol., Warszawa.
- BUDAY T., KODYM O., MAHEL M., MÁŠKA M., MATEJKA A., SVOBODA J. & ZOUBEK V. 1967 – Regionální geologie ČSSR. Díl 2. Západní Karpaty, sv. 2. Ústřední ústav geologický, Praha: 287–383.
- FUSÁN O. (red.) 1963 – Geologická mapa ČSSR 1 : 200 000 (Vysoké Tatry). Ústřední Ústav Geologický, Praha.
- GARECKA M. 2005 – Calcareous nannoplankton from the Podhale Flysch (Oligocene-Miocene, Inner Carpathians, Poland). *Stud. Geol. Pol.*, 124: 353–370.
- GEDL P. 2000a – Biostratygrafia i paleośrodowisko paleogenu Podhala w świetle badań palinologicznych, cz. I. *Stud. Geol. Pol.*, 117: 69–154.
- GEDL P. 2000b – Biostratigraphy and palaeoenvironment of the Podhale Palaeogene (Inner Carpathians, Poland) in the light of palynological studies, part 2. Summary and systematic descriptions. *Stud. Geol. Pol.*, 117: 155–303.
- GOŁĄB J. 1959 – Zarys stosunków geologicznych fliszu zachodniego Podhala. *Biul. Inst. Geol.*, 149: 225–237.
- HALICKI B. 1930 – Dyluwialne zlodowacenie północnych stoków Tatr. *Spraw. Państw. Inst. Geol.*, 5: 377–534.
- HALICKI B. 1932 – Parę uwag o rozwoju dolin tatrzańskich. *Spraw. Państw. Inst. Geol.*, 7: 301–318.
- HALICKI B. 1959 – Nowe opracowanie geologiczne Podhala. [W:] Z badań geologicznych wykonanych w Tatrach i na Podhalu. *Biul. Inst. Geol.*, 149: 241–249.
- HALICKI B. 1963 – Tektonika Podhala. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 33: 349–359.
- JAROSZEWSKI W. 1972 – Drobnostukturalne kryteria tektoniki obszarów nieorogenicznych na przykładzie północno-wschodniego obrzeżenia mezozoicznego Gór Świętokrzyskich. *Stud. Geol. Pol.*, 38: 1–216.
- JAROSZEWSKI W. 1980 – Tektonika uskoków i fałdów. Wyd. Geol., Warszawa: 360 pp.
- KLIMKIEWICZ D. 2008 – Strefa uskokowa Białego Dunajca. [W:] Tatrzańskie mapy geologiczne, Zakopane, 27–29 maja 2008 r. Materiały konferencyjne. Państw. Inst. Geol., Warszawa: 69–70.
- KOTAŃSKI Z. 1961 – Tektogeneza i rekonstrukcja paleogeografii pasma wierzchowego w Tatrach. *Acta Geol. Pol.*, 11: 187–415.
- KSIĄŻKIEWICZ M. 1972 – Karpaty. [W:] Budowa geologiczna Polski, t. 4, Tektonika, cz. 3. Wyd. Geol., Warszawa: 228 pp.
- KUŹNIAR W. 1907 – Eocen tatrzański. *Spraw. Kom. Fizjograf. PAU*, 42: 25–57.
- KUŹNIAR W. 1910 – Eocen Tatr i Podhala. *Spraw. Kom. Fizjograf. PAU*, 44: 26–76.
- LIMANOWSKI M. 1912 – Tektonika Tatr. [W:] Encyklopedia Polska. PAU, Kraków, t. 1: 61–70.
- LUDWINIAK M. 2006 – Geometria i geneza sieci spękań ciosowych we fliszu zachodniego Podhala. *Arch. Inst. Geol. Podst. UW [rozprawa doktorska]*.
- LUDWINIAK M. 2010 – Multi-stage development of the joint network in the flysch rocks of western Podhale (Inner Western Carpathians, Poland). *Acta Geol. Pol.*, 60: 283–316.
- MACIOSZCZYK T. 1959 – Niektóre problemy hydrogeologii źródeł zachodniego Podhala. *Prz. Geol.*, 7: 372–375.

- MACIOSZCZYK T. 1964 – Hydrogeologia źródeł występujących przy strefie kontaktu fliszu Podhala z Pienińskim Pasem Skałkowym. Arch. Wydz. Geol. UW, 1–178 [rozprawa doktorska].
- MAHEL' M. 1969 – Zlomy a ich úloha počas mezozoika vo Vnútrotných Karpátach. Geol. Pr., 47: 7–30.
- MAKOWSKA A. & JAROSZEWSKI W. 1987 – O współczesnych ruchach pionowych w Tatrach i na Podhalu. Prz. Geol., 35: 506–512.
- MAŁECKA D. 1973 – Analiza związków hydraulicznych wód podziemnych środkowego Podhala na tle budowy geologicznej regionu. Biul. Geol. Wydz. Geol. UW, 15: 87–147.
- MAŁECKA D. 1982 – Mapa głównych jednostek geologicznych Podhala i obszarów przyległych 1 : 100 000. Wyd. Geol., Warszawa.
- MARSCHALCO R. 1968 – Facies distribution, paleocurrents and paleotectonics of the Paleogene Flysch of Central West Carpathians. Geol. Zborn.-Geol. Carpath., 19: 69–94.
- MASTELLA L. 1975a – Osuwiska konsekwentno-strukturalne na wschodnim Podhalu. Biul. Geol. Wydz. Geol. UW, 18: 259–270.
- MASTELLA L. 1975b – Tektonika fliszu we wschodniej części Podhala. Roczn. Pol. Tow. Geol., 45: 361–401.
- MASTELLA L. 1988 – Budowa i ewolucja strukturalna okna tektonicznego Mszany Dolnej, polskie Karpaty zewnętrzne. Ann. Soc. Geol. Pol., 58: 53–173.
- MASTELLA L., KONON A. & MARDAL T. 1996 – Tektonika fliszu podhalańskiego w dolinie Białki. Prz. Geol., 44: 1189–1194.
- MASTELLA L. & MIZERSKI W. 1977 – Uwagi o budowie geologicznej SW części Podhala. Prz. Geol., 15: 494–498.
- MASTELLA L., OZIMKOWSKI W. & SZCZĘSNY R. 1988 – Tektonika północno-zachodniej części fliszu podhalańskiego. Prz. Geol., 36: 566–572.
- OZIMKOWSKI W. 1992 – Geologia fliszu podhalańskiego w ujęciu fotointerpretacyjnym. Biul. Geol. Wydz. Geol. UW, 32: 93–119.
- PERSKI Z. 2008 – Współczesna aktywność tektoniczna Tatr i Podhala w świetle wyników badań satelitarnej interferometrii radarowej InSAR i PSInSAR. Prz. Geol., 56: 1082–1086.
- PISANIEC K. 2008 – Analiza strukturalna strefy uskokowej Białego Dunajca w rejonie Poronina (Podhale). Arch. Wydz. Geol. UW [praca magisterska].
- RIEDEL W. 1929 – Zur Mechanik geologischer Brucherscheinungen. Zentbl. Miner. Geol. Palaont., abt. B: 354–368.
- ŚWIDERSKI B. 1922 – Geneza dolin tatrzańskich. Prz. Geogr., 3: 9–17.
- TEISSEYRE H. 1929 – Kilka drobnych obserwacji morfologicznych z Karpat. Prz. Geogr., 9: 330–347.
- VIALON P. 1979 – Les déformations continues-discontinues des roches anisotropes. Eclog. Geol. Helv., 72: 531–549.
- WATYCHA L. 1959 – Uwagi o geologii fliszu podhalańskiego we wschodniej części Podhala. Prz. Geol., 7: 350–356.
- WATYCHA L. 1968 – Wstępna ocena warunków i możliwości powstawania ropy naftowej w utworach wschodniej części fliszu podhalańskiego. Kwart. Geol., 12: 898–915.
- WATYCHA L. 1974 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1 : 50 000, ark. Nowy Targ (1049). Wyd. Geol., Warszawa.
- WATYCHA L. 1976a – Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1 : 50 000, ark. Nowy Targ. Wyd. Geol., Warszawa.
- WATYCHA L. 1976b – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1 : 50 000, ark. Czarny Dunajec (1048). Wyd. Geol., Warszawa.
- WATYCHA L. 1977 – Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1 : 50 000, ark. Czarny Dunajec. Wyd. Geol., Warszawa.
- WIECZOREK J. & BRABACKI A. 1997 – Przekrój geologiczny przez nieckę podhalańską i jej podłoże na podstawie danych sejsmicznych i wiertniczych; implikacje dla geotermii. Prz. Geol., 45: 715–720.
- ŻYTKO K., ZAJĄC R., GUCIK S., RYŁKO W., OSZCZYPKO N., GARLICKA I., NEMČOK J., ELIAŠ M., MENČIK E. & STRANIK Z. 1989 – Map of the tectonic elements of the Western Outer Carpathians and their foreland 1 : 500 000. [W:] Poprawa D. & Nemčok J. (red.) Geological atlas of the Western Outer Carpathians and their foreland. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

Praca wpłynęła do redakcji 23.07.2012 r.

Po recenzji akceptowano do druku 1.08.2012 r.

PRZEGLĄD GEOLOGICZNY



Cena 12,60 zł (w tym 5% VAT)

TOM 60 Nr 9 (WRZESIEŃ) 2012

Indeks 370908 ISSN-0033-2151



**II Polski Kongres
Geologiczny**

Tektonika Podhala

**Regionalizacja tektoniczna
Polski – polemika**

Kopalnia złota Las Médulas

Zdjęcie na okładce: Odsłonięcie piaskowców warstw chochołowskich dolnych (flisz podhalański) w Potoku Jaworowym przy ujściu do rzeki Białki (zob. Mastella i in., str. 496). Fot. L. Mastella

Cover photo: Outcrop of sandstones of the Lower Chochołów Beds (Podhale Flysch) – Jaworowy stream nearby the mouth of the Jaworowy stream into the Białka River (see Mastella et al., p. 496). Photo by L. Mastella