

# Tektonika fliszu podhalańskiego w dolinie Białki

Leonard Mastella \*, Andrzej Konon\*, Tomasz Mardal\*

Tematem artykułu jest tektonika fliszu podhalańskiego w dolinie rzeki Białki, w jej środkowym biegu (ryc. 1). Tektonika tej doliny budziła od dawna zainteresowanie ze względu na sugerowane (Kuźniar, 1910; Romer, 1929; Halicki, 1930, 1932, 1963) istnienie wzdłuż niej dużej południkowej dyslokacji. Istnienie takiej dyslokacji wynika również (Mastella, 1975a) z analizy map geologicznych tego regionu (Uhlig, 1897; Sokołowski, 1948; Fušan, 1963; Małecka, 1982; Birkenmajer, 1958, 1968; Watycha, 1972). Jej fragmentem jest strefa uskokowa przecinająca flisz podhalański (Mastella, 1975a; Mastella i in., 1988). Uskok w części tatrzańskiej doliny Białki stwierdził Kotański (1961), a w części pienińskiej Małecka (1973). Głównym celem niniejszego opracowania jest szczegółowe ustalenie przebiegu tej dyslokacji, jej charakteru i rodzaju.

Badania tektoniczne oparto na szczegółowych pracach terenowych, w tym kartowaniu w skali 1 : 10 000 uzupełnionym fotointerpretacją zdjęć lotniczych w skalach około 1 : 17 000, 1 : 44 000 i radarowych w skali około 1 : 100 000. Badania tektoniczne wykonano zgodnie z ogólnymi zaleceniami metodycznymi zawartymi w pracach Jaroszewskiego (1972) i Mastelli (1988).

## Litostratygrafia

W badanym fragmencie doliny Białki występuje niemal pełny profil eoceńsko-oligocenijskiego (Bieda, 1959; Dudziak, 1983, 1986) fliszu podhalańskiego od warstw szaflarskich, przy pienińskim pasie skałkowym, poprzez warstwy zakopiańskie dolne i górne oraz chochołowskie dolne, w obu skrzydłach synklinorium, do chochołowskich górnych w jego strefie osiowej (Watycha, 1959, 1968, 1976), (ryc. 2). Szczegółową charakterystykę litologiczną wyżej wymienionych ogniw wzdłuż profilu rzeki Białki podaje Watycha (1959). Wyznaczenie granic między poszczególnymi ogniwami litostratygraficznymi jest znacznie utrudnione, gdyż jedyny wyraźny kontrast litologiczny, a zatem i wyraźna granica litostratygraficzna, występuje między piaskowcowymi warstwami szaflarskimi, a łupkowymi zakopiańskimi dolnymi (Mastella i in., 1977; Watycha, 1959). Pozostałe ogniwa przechodzą jedno w drugie w sposób ciągły: od zakopiańskich dolnych po chochołowskie górne, wykształconych tutaj w piaskowcowo-łupkowej facji z Brzegów (Watycha, 1959). Stąd też w różnych opracowaniach (Birkenmajer, 1958, 1968; Małecka, 1973, 1982; Mastella, 1975a; Watycha, 1959, 1968, 1972) przebieg granic litostratygraficznych jest różny. Autorzy, wyznaczając granice litostratygraficzne ich przebieg uwiarygodniali fotointerpretacyjnie metodą Ozimkowskiego (1991).

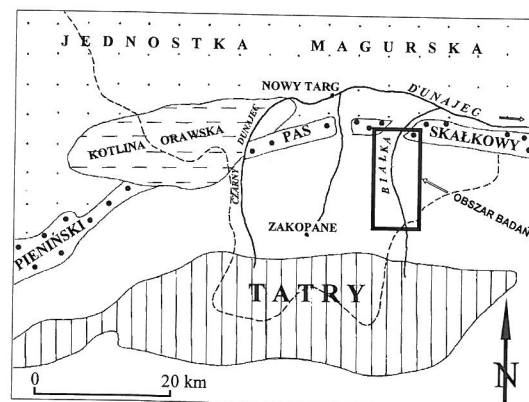
Miąższość odsoniętej części profilu fliszu, w północnym skrzydle synklinorium podhalańskiego, w przekroju rzeki Białki wynosi około 4 km\*\* (ryc. 3). Duża miąższość fliszu w tej części wynika z faktu, że odsłaniają się tutaj starsze jego ogniwa (Mastella i in., 1977) w innych miejscach obcięte dyslokacją rozdzielającą flisz podhalański od pienińskiego pasa skałkowego. Miąższość ta, jak wynika z

danych wiertniczych (Sokołowski, 1991), szybko maleje do około 2,6 km w środkowych partiach niecki podhalańskiej. Większa miąższość fliszu podhalańskiego w jego północnym skrzydle ma charakter regionalny (Mastella, 1975a; Ozimkowski, 1991). Wskazywałoby to na zwiększoną subsydencję w północnej części basenu fliszu podhalańskiego.

## Tektonika

W obrębie badanego obszaru przedłużają się wszystkie równoleżnikowe strefy tektoniczne z północno-wschodniej części skrzydła synklinorium podhalańskiego (Mastella, 1975a), (ryc. 2, 3). Najbardziej północna z nich — **strefa kontaktu z pienińskim pasem skałkowym** (ryc. 2, 3) w części przypienińskiej jest słabo odsłonięta. Kilkometrowej szerokości strefy brekcji o rozciągłości W–E odsłaniają się tam okresowo w dnie rzeki Białki. Prawdopodobnie, tak jak i w innych miejscach (Mastella, 1975a), strefa ta składa się z wielu dużych, równoleżnikowych uskoków. W powiązaniu z pracami terenowymi (Watycha, 1968; Mastella, 1975a; Mastella i in., 1988) oraz opierając się na fotointerpretacji zdjęć lotniczych, w tym radarowych, należy wnioskować, że zarówno uskoki te, jak i cała strefa dyslokacyjna, wzdłuż której kontaktują ze sobą pieniński pas skałkowy i flisz podhalański, mają charakter uskoków normalnych o stromym nachyleniu na południe. W całej strefie przeważają warstwy o biegach 70–110/68–35S z dominatą 95/48S (ryc. 4).

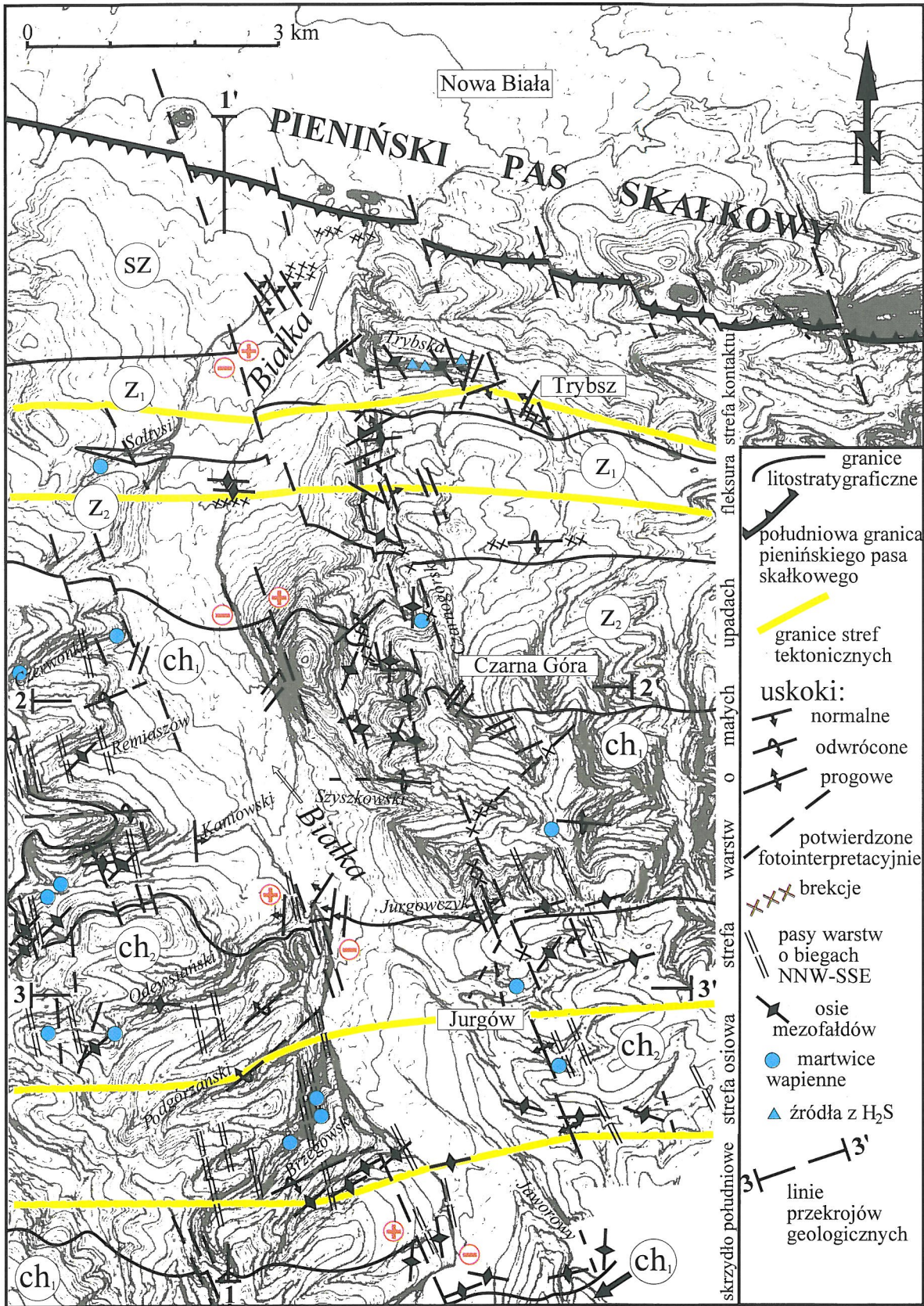
Gwałtowne zestromienie warstw, aż do pionowych upadów wyznacza północną granicę **strefy fleksury przypienińskiej** (ryc. 3). Poza występowaniem warstw o stromych upadach (ryc. 5), strefa ta, charakteryzuje się nagromadzeniem średnich i drobnych fałdów, fleksur i uskoków (ryc. 5, 6) o kierunkach osi i biegów w przybliżeniu równoleżnikowych (ryc. 7, 8). Uskokom często towarzyszą źródła H<sub>2</sub>S, co wskazywałoby (Macioszczyk, 1964), że uskoki w tej strefie sięgają głębokości kilkuset metrów. Wzdłuż omawianej strefy



Ryc. 1. Szkic lokalizacyjny obszaru badań

\*Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa

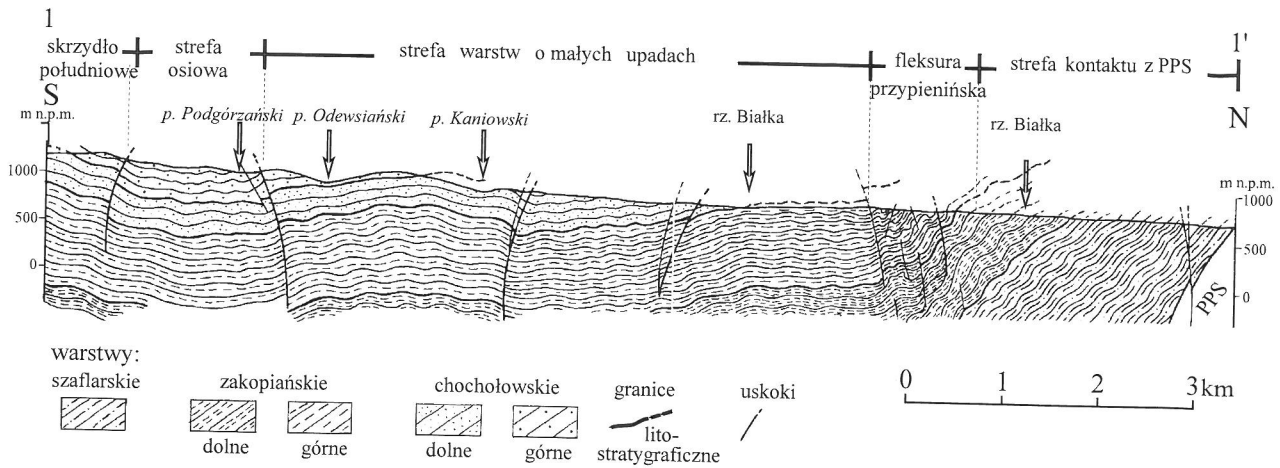
\*\*Miąższość fliszu, około 2,5 km, jaką podaje dla tego przekroju Watycha (1959, 1976) jest zaniżona, gdyż przyjął on, przy słabym wówczas stanie odsłonięć, zbyt małe upady warstw w strefie przypienińskiej



Ryc. 2. Mapa geologiczna odkryta doliny rzeki Białki

jest zrzucone skrzydło południowe, a zrzut fleksuralny wynosi ok. 800 m (ryc. 3). Strefa fleksury ma około 1 km szerokości, a jej południową granicę wyznacza wypłaszczenie się, na krótkim odcinku, upadów warstw.

To wypłaszczenie upadów, w przekroju południkowym ok. 6 km szerokości (ryc. 2, 3), tworzy **strefę warstw o małych upadach** (Mastella, 1975a). Przy przeważnie bardzo zmiennych biegach (ryc. 9) dominują upady warstw ok.

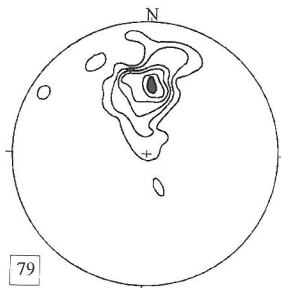


Ryc. 3. Przekrój geologiczny wzdłuż doliny rzeki Białki (PPS — pieniński pas skałkowy); lokalizacja na ryc. 2

10/S (ryc. 3, 9). Warstwy o upadach na północ występują rzadko, głównie w środkowej części strefy (ryc. 3). W tej części strefy występuje kilka, w przybliżeniu równoleżnikowych, uskoki odwróconych o zrzuconych skrzydłach północnych (ryc. 3). Wielkość ich zrzutu wynosi od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów. Podobne uskoki odwrócone, ale o zrzuconych skrzydłach południowych występują w jej części południowej. Tak więc część środkowa omawianej strefy jest płaską antyklina zębowa (ryc. 3).

**Strefa osiowa synklinorium** występuje dalej na południe, w obrębie najmłodszych warstw chochołowskich górnych (ryc. 2, 3). Charakteryzuje się ona dużą zmiennością położenia warstw z upadami na północ i na południe (ryc. 10) oraz częstym występowaniem drobnych i średnich fałdów o osiach w przybliżeniu równoleżnikowych (ryc. 7). Skrócenie fałdowe strefy osiowej, uwzględniając drobne i średnie fałdy, jest większe niż by to wynikało z samego synklinealnego wygięcia strefy. Prawdopodobnie to zwiększone skrócenie powstało przez dodatkowe ściskanie strefy osiowej w wyniku działania składowej poziomej dużych, równoleżnikowych uskoki odwróconych o zrzuconych, w części północnej, skrzydłach południowych, a w południowej — północnych (ryc. 2, 3). Zgeneralizowany kierunek i kąt zanurzenia osi synklinorium, określony z diagramów położenia warstw (ryc. 10), wynosi około 90/10E.

**Południowe skrzydło synklinorium**, na badanym odcinku, podobnie jak i dalej na południe, aż po strefę zaburzeń przytatrzańskich (Mastella i in., 1988), ma budowę monoklinalną (ryc. 3). Przeważają warstwy o położeniu 74–110/2–24N z dominantą 96/12N (ryc. 11).



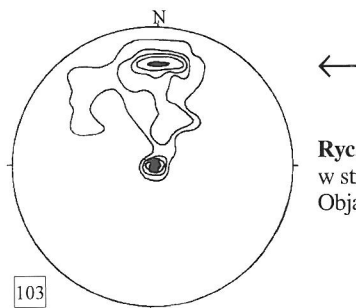
Ryc. 4. Diagram położenia warstw w strefie kontaktu z pienińskim pasem skałkowym. Projekcja linii upadu na górną półkulę. Poprowadzono izolinie: 2–4–8–12–16–20%. W lewym dolnym rogu podano liczbę pomiarów

### Strefy uskokowe o kierunku NNW–SSE

Różnej wielkości uskoki zrzutowe o biegach w przybliżeniu południkowych nagromadzone są głównie w dwóch strefach o rozciągłości NNW–SSE. Wschodnia, wyraźniejsza prześlędzona została (Mastella, 1975a) od przełomu rzeki Białki przez pieniński pas skałkowy aż do granicy państwa w rejonie Jurgowa. Druga, w fragmentach zaznaczana przez Mastellę (1975b) i Małecką (1982), odsłania się w lewych dopływach Białki (ryc. 2). W obu strefach najliczniej występują drobne i średnie strome uskoki zrzutowe o biegach 130°–10° (ryc. 8). Większe uskoki manifestują się w odsłonięciach pasmami brekcji. W ich przedłużeniu występują pasy warstw o biegach NNW–SSE (ryc. 3), a w morfologii ostre, prostoliniowe skarpy lub wcięcia w zboczach. Stąd przebieg tych uskoki z dużym prawdopodobieństwem można wyznaczyć ze zdjęć lotniczych. Również i te uskoki są strome. Ich biegi mieszczą się w przedziale 155°–165° (ryc. 9, 12). W obu strefach uskoki, w części północnej przeważają uskoki o zrzuconych skrzydłach zachodnich, a w południowej — wschodnich (ryc. 13). Reguła ta dotyczy szczególnie większych uskoki (ryc. 2). Zmiana kierunku zrzutu następuje wzdłuż środkowych partii strefy warstw o małych upadach (ryc. 2). Od tego miejsca zrzuty pojedynczych uskoki, a co za tym idzie sumaryczny zrzut wzdłuż obu stref uskoki, zwiększa się zarówno w kierunku północnym jak i południowym. Przybliżona wartość zrzutu skrzydła zachodniego w rejonie Trybsza wynosi ok. 300 m, a skrzydła wschodniego, na południe od Jurgowa, ok. 150 m. Tak więc każda ze stref uskoki, traktowana jako całość, ma charakter uskoki nożycowego (ryc. 2), Mastella (1975a, b).

Uskokom towarzyszą fałdy różnego kształtu i wielkości (ryc. 14, 15). Osie fałdów są pochyłe o azymutach 145°–35° (ryc. 7). Przebieg stref podkreślony jest występowaniem warstw o biegach w przybliżeniu południkowych (ryc. 9, 10). Występują one bądź w wąskich pasach, bądź są równomiernie rozproszone w całej strefie.

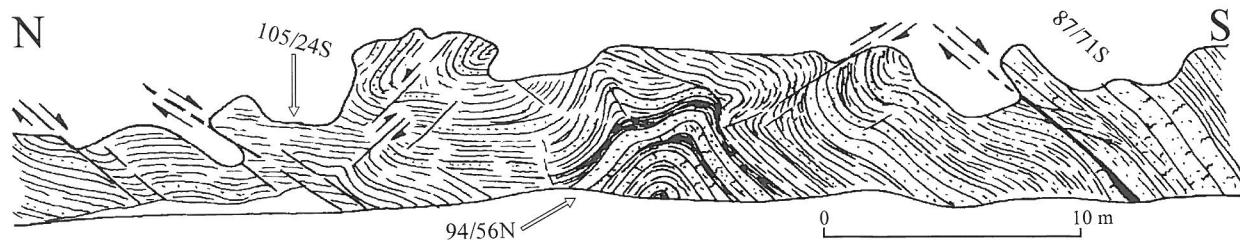
Inwentarz struktur tektonicznych oraz sposób ich rozmieszczenia w obrębie tych stref są typowe dla dyslokacji powstałych w nadkładzie nad wypiętrzającym się podłożem (Wunderlich, 1957; Jenyon, 1986; Coward i in., 1991; Chapman i in., 1991; Krantz, 1991). Za taką interpretacją przemawiają również przesłanki regionalne. Liczne tego typu strefy uskoki powstałe nad dyslokacjami blokowo wypiętrzającego się podłoża zostały opisane (Buday, 1967; Mahel, 1969) z fliszu Karpat wewnętrznych na Słowacji. O głębokich, sięgających podłoża, założeniach opisywanych



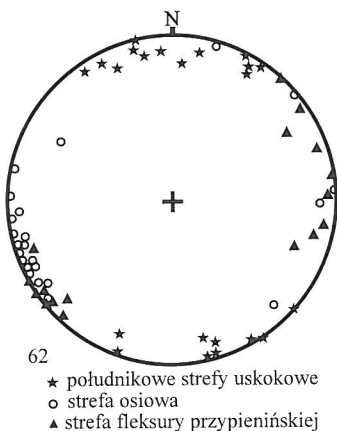
Ryc. 5. Diagram położenia warstw w strefie fleksury przypienińskiej. Objasnienia jak na ryc. 5

stref uskokowych w dolinie Białki świadczą również liczne wystąpienia martwic wapiennych w obrębie tych stref (ryc. 2).

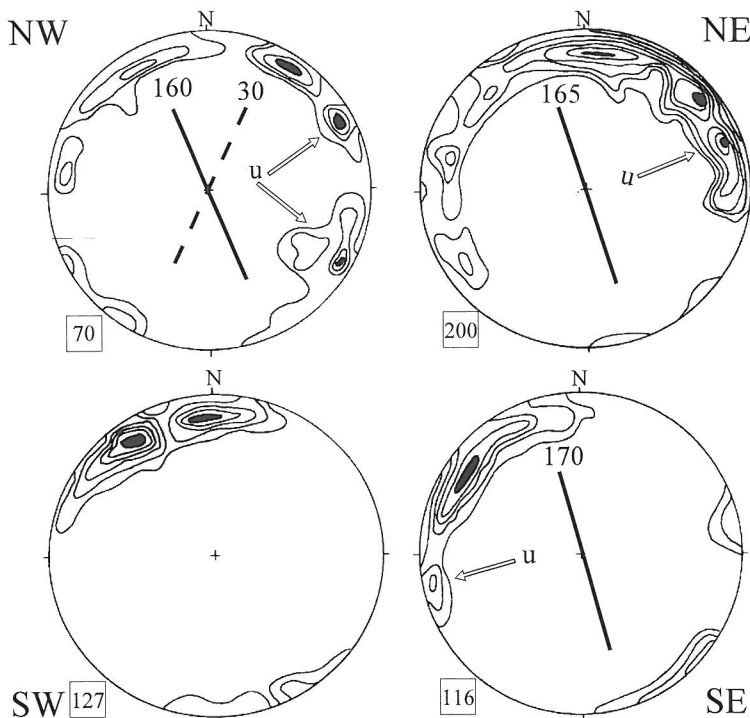
Liczne młode podcięcia erozyjne, z których część pokrywa się z wykartowanymi uskokami (ryc. 2), mogą być przesłanką wskazującą na możliwość współczesnej aktywności południkowych stref uskokowych. Inną przesłanką jest występowanie, podobnie jak w rejonie Mszany Dolnej (Gruszczynski & Mastella, 1986), współczesnych martwic wapiennych (ryc. 1). Aktywność taką, na podstawie analizy wysokości tarasów rzeki Białki, stwierdzają Mastella (1975a) i na jednym odcinku Baumgart-Kotarba (1978). Do-



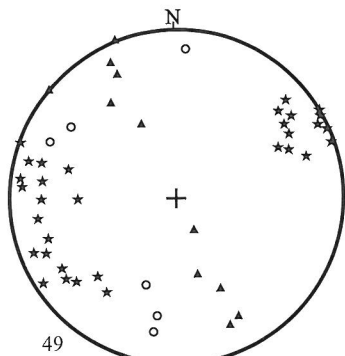
Ryc. 6. Średnie fałdy i uskoki w strefie fleksury przypienińskiej. Rysunek odsłonięcia w prawy brzegu rzeki Białki



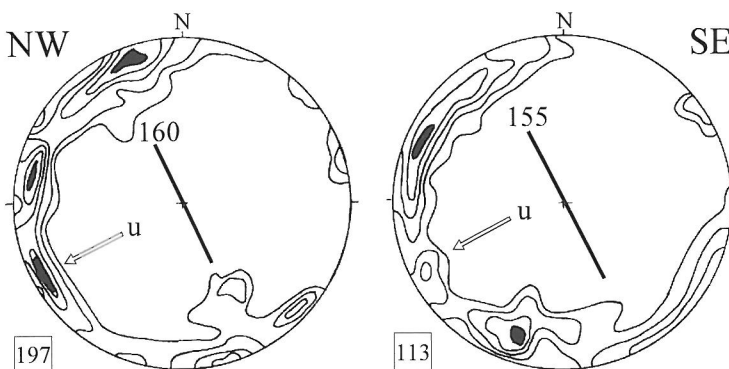
Ryc. 7. Diagram położenia osi średnich fałdów w dolinie rzeki Białki. Projektcja na górną półkulę. W lewym dolnym rogu podano liczbę pomiarów



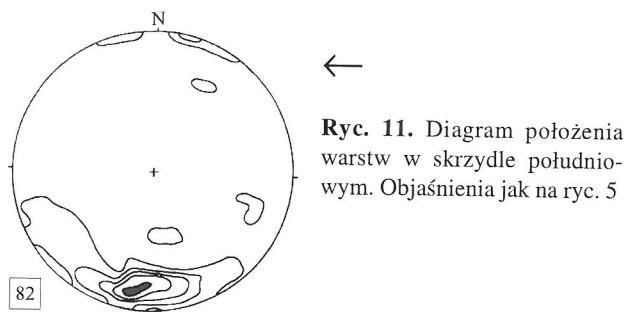
Ryc. 9. Diagramy położenia warstw w strefie warstw o mały upadach. Linia ciągłą zanaczono kierunki biegów warstw w dominujących, a przerywaną w drugorzędnych, strefach uskokowych (u — dominanty położenia warstw w tych strefach), przy liniach podano ich azymuty. Inne objaśnienia jak na ryc. 5



Ryc. 8. Diagram położenia powierzchni uskokowych średnich uskoków w dolinie rzeki Białki. Projektcja normalnych do powierzchni uskokowych. Reszta objaśnień jak na ryc. 11



Ryc. 10. Diagramy położenia warstw w strefie osiowej. Objasnienia jak na ryc. 8

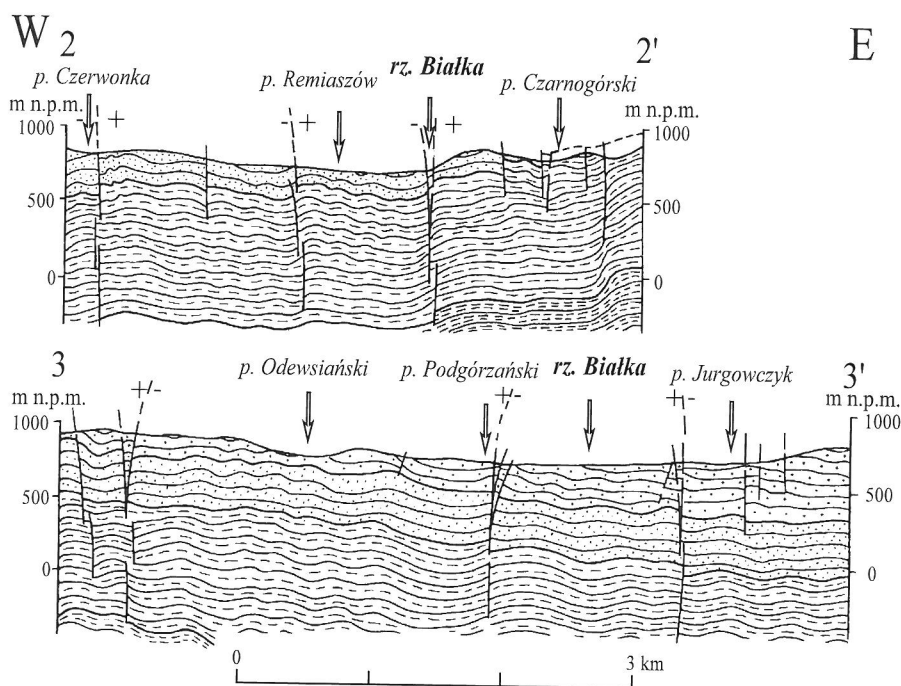


Ryc. 11. Diagram położenia warstw w skrzydle południowym. Objaśnienia jak na ryc. 5

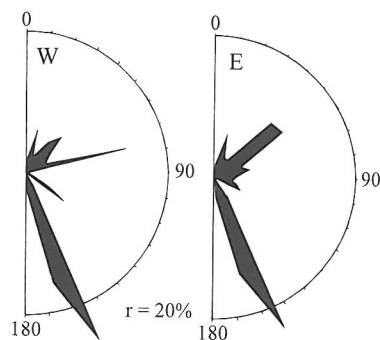
wodów na współczesne ruchy pionowe w tym regionie dostarczają badania geodezyjne (Makowska & Jaroszewski, 1987).

### Podsumowanie

Wszystkie równoleżnikowe strefy ze wschodniego Podhala przedłużają się na obszar doliny Białki.



Ryc. 13. Przekroje geologiczne poprzeczne przez dolinę rzeki Białki; lokalizacja na ryc. 2

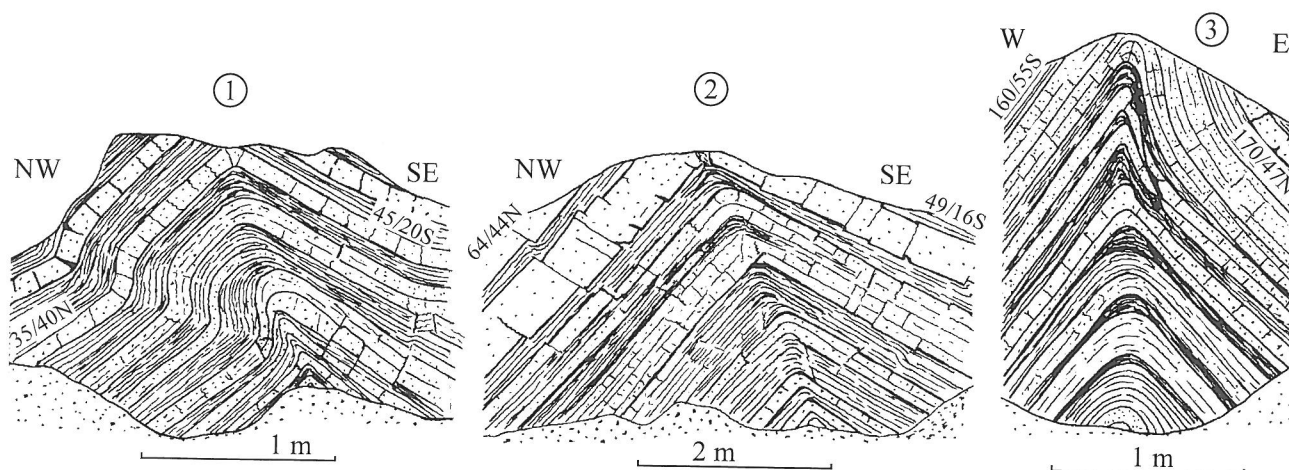


Ryc. 12. Diagramy rozetowe kierunków uskoków wyznaczonych fotointerpretacyjnie i potwierdzonych badaniami terenowymi: W — w części zachodniej, E — wschodniej doliny rzeki Białki

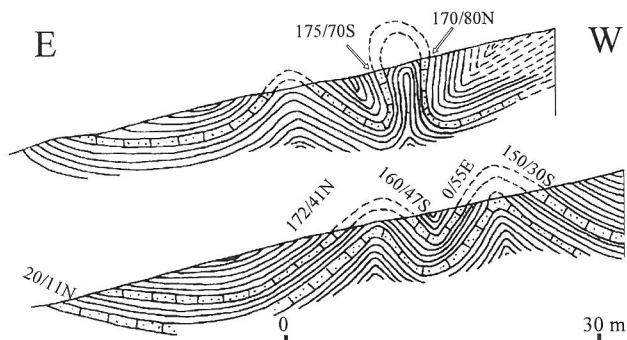
Strefy te przecięte są dwiema dużymi dyslokacjami o kierunku NNW–SSE ciągnącymi się wzdłuż wschodniego i zachodniego zbocza doliny Białki. Obydwie dyslokacje mają charakter uskoków zrzutowych, nożycowych. W części południowej są zrzucone skrzydła wschodnie, a w części północnej — zachodnie.

Omawiane dyslokacje mają zasięg regionalny. W kierunku północnym wschodnia dyslokacja przecina pieniński pas skałkowy i kontynuuje się w podłożu kotliny nowotarskiej (Pomianowski, 1996). W kierunku południowym w ich przedłużeniu występują uskoki przecinające Tatry (Fušan i in., 1963).

Zarówno omawiane dyslokacje, jak i równoleżnikowe strefy tektoniczne powstały nad uskokiemi w podłożu fliszu. Z wzajemnego przecinania się stref, oraz w oparciu o prace Budaya (1967), Mahela (1969) i Mastelli (1975a) można wnioskować, że równoleżnikowe strefy tektoniczne są star-



Ryc. 14. Średnie antykliny z południkowych stref uskokowych w dolinie rzeki Białki. Odślonienia: 1 — bezimienny potok na północ od potoku Brzegowskiego, 2 — potok Brzegowski, 3 — potok Kaniowski



**Ryc. 15.** Przekroje przez zbocze zachodnie we wsi Czarna Góra, prawdopodobnie sawskie, a strefy uskokowe NNW–SSW nie starsze niż styryjskie i wykazują współczesną aktywność tektoniczną.

### Literatura

- BAUMGART-KOTARBA M. 1978 — Stud. Geom. Carpath. - Balc., 12: 95–110
- BIEDA F. 1959 — Biul. Inst. Geol., 149: 215–222.
- BIRKENMAJER K. 1958 — Mapa geologiczna pienińskiego pasa skałkowego, 1 : 10 000, ark. Dursztyn. Wyd. Geol.
- BIRKENMAJER K. 1968 — Mapa geologiczna pienińskiego pasa skałkowego, 1 : 10 000, ark. Bór nad Czerwonym. Wyd. Geol.
- BUDAY T. 1967 — Regionalni geologie ČSSR. Zapadne Karpaty. Dil. 2, nr 2, Praha: 287–383
- COWARD M.P., GILLCRIST R. & TRUDGILL B. 1991 — [In:] The Geometry of Normal Faults. Geological Soc. Spec. Publ., 56. London: 93–123.
- Chapman T.J. & Meneilly A.W. 1991 — Ibidem: 183–217
- Dudziak J. 1983 — Stud. Geol. Pol., 77: 55–81
- Dudziak J. 1986 — Stud. Geol. Pol., 88, cz. IV: 157–171
- FUŠAN O. 1963 — Geologická Mapa CSSR (Vysoké Tatry) skale 1 : 100 000. Ustr. Ust. Geol. Praha.
- GRUSZCZYŃSKI M. & MASTELLA L. 1986 — Ann. Soc. Geol. Pol., 56: 117–131.
- HALICKI B. 1930 — Spraw. Państw. Inst. Geol., 5: 377–534.
- HALICKI B. 1932 — Ibidem, 5: 301–318.
- HALICKI B. 1963 — Roczn. Pol. Tow. Geol., 33: 349–363.
- JAROSZEWSKI W. 1972 — Stud. Geol. Pol., 38: 1–216.
- JENYON M.K. 1986 — Salt Tectonics Elsevier Science Publ. London–New York: 191.
- KOTAŃSKI Z. 1961 — Acta Geol. Pol., 1: 187–412.
- KRANTZ R.W. 1991 — Geol. Soc. Spec. Publ., 56: 219–229.
- KUŹNIAR W. 1910 — Spraw. Komis. Fizjogr. PAU, 44: 26–76.
- MACIOSZCZYK T. 1964 — Arch. IHIGI Wydz. Geol. UW. Warszawa.
- MAHEL M. 1969 — Geol. Pr., 47: 7–30.
- MAKOWSKA A. & JAROSZEWSKI W. 1987 — Prz. Geol., 35: 506–512.
- MAŁECKA D. 1973 — Biul. Geol. UW, 15: 87–147.
- MAŁECKA D. 1982 — Mapa głównych jednostek geologicznych Podhala i obszarów przyległych, 1 : 100 000. Wyd. Geol.
- MASTELLA L. 1975a — Roczn. Pol. Tow. Geol., 45: 361–401.
- MASTELLA L. 1975b — Symposium: Współczesne i neotektoniczne ruchy skorupy ziemskiej w Polsce, t. 2, Warszawa: 179–187.
- MASTELLA L. 1988 — Ann. Soc. Geol. Pol., 58: 53–173.
- MASTELLA L., ARENDARSKI A. & KICANA J. 1977 — Prz. Geol., 25: 19–22.
- MASTELLA L., OZIMKOWSKI W. & SZCZĘSNY R. 1988 — Ibidem, 36: 566–572.
- OZIMKOWSKI W. 1991 — Biul. Geol. UW, 32: 93–118.
- POMIANOWSKI 1996 — Tektonika Kotliny Orawsko-Nowotarskiej na podstawie analizy wybranych materiałów geofizycznych. Arch. Inst. Geol. Podstaw. UW.
- ROMER E. 1929 — Pr. Geogr., 11: 1–186.
- SOKOŁOWSKI S. 1948 — Pr. Państw. Inst. Geol., 4: 1–45.
- SOKOŁOWSKI J. 1991 — Konferencja: Problemy geotermii, środowiska przyrodniczego i kulturowego Tatr, Podhala, Orawy, Spisza i Gorców. Kraków: 7–50.
- UHLIG V. 1897 — Atlas geologiczny Galicji, 1 : 75 000, z. 24. Nowy Targ, Zakopane, Wiedeń.
- WATYCHA L. 1959 — Prz. Geol., 7: 350–356.
- WATYCHA L. 1968 — Kwart. Geol., 12: 898–913.
- WATYCHA L. 1972 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski, 1 : 50 000, ark. Nowy Targ. Wyd. Geol.
- WATYCHA L. 1976 — Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski, 1 : 50 000, ark. Nowy Targ. Ibidem.