

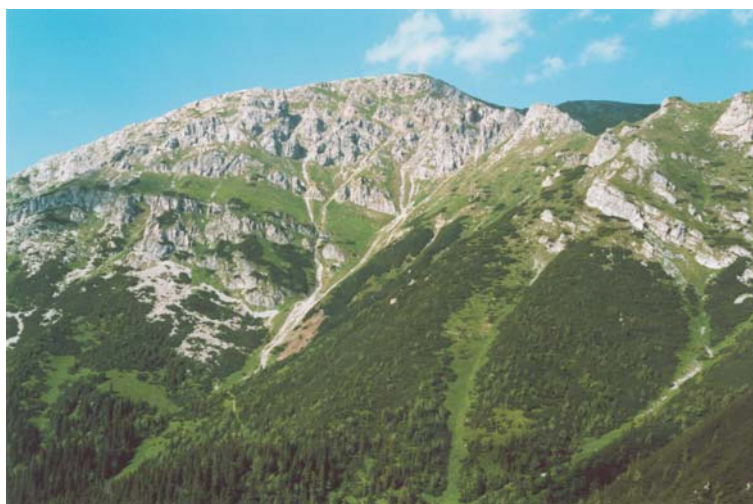
Profesor Zbigniew Kotański — przewodnik geologiczny po Tatrach

Zbigniew Cymerman*



Z okazji 88. rocznicy powołania przez Sejm II Rzeczypospolitej Państwowego Instytutu Geologicznego, w Warszawie odbyła się sesja naukowa poświęcona pamięci niedawno zmarłego Profesora Zbigniewa Kotańskiego (1927–2005).

Rok wcześniej, także w dniu święta Państwowego Instytutu Geologicznego, odbyła się sesja naukowa upamiętniająca osiągnięcia naukowe innego wybitnego polskiego geologa — Profesora Waława Ryki. W ubiegłym roku, wśród kilku okolicznościowych referatów, miałem zaszczyt podzielić się uwagami nad dorobkiem naukowym Prof. Ryki (Cymerman, 2006), a w bieżącym roku nad niezwykle bogatą spuścizną naukową Prof. Kotańskiego. Obydwaj Profesorowie rozpoczęli swoją działalność naukową w drugiej połowie XX wieku i przez kilka kolejnych dekad wykonali gigantyczną pracę badawczą, znacząco przyczyniając się do rozwoju geologii polskiej w minionym już wieku. Dobitnie świadczy o tym Ich ogromny dorobek naukowy, na trwałe zapisany w historii rozwoju nauk geologicznych na ziemiach Polski. Tych wybitnych naukowców dzieliła tylko inna specjalizacja i zainteresowanie odmiennymi regionami naszego kraju. Profesor Ryka był uznanym petrografem skał metamorficznych, natomiast Prof. Kotański był paleontologiem, stratygrafem, sedimentologiem, a także tektonikiem. Profesor Ryka badał prawie wyłącznie skały prekambryjskie polskiej części kratonu wschodnioeuropejskiego, a z kolei Prof. Kotański koncentrował się na szczegółowych studiach skał mezozoicznych Tatr. Prof. Ryka opisywał fragmenty rdzeni skał metamorficznych z głębokich wierceń w NE Polsce, a nawet z dna Morza Bałtyckiego, natomiast Prof. Kotański wspinał się



Ryc. 1. Masyw Czerwonych Wierchów oglądany od południa — ze szczytu Suchy Wierch. Na pierwszym planie Stoły, zbudowane z wapieni i dolomitów anizyku i ladynu; w głębi Krzesanica. Fot. Z. Cymerman

po zboczach i graniach tatrzańskich, aby wykonywać swoje obserwacje i pobierać próby skalne (ryc. 1). Profesor Ryka współdecydował o lokalizacji znacznej części głębokich wierceń i był jednym z nielicznych geologów, którzy opisywali nowy materiał wiertniczy z otworów w podłożu krystalicznym NE Polski. Z kolei Prof. Kotański badał skały tatrzańskie już po kilku znakomitych poprzednikach, w dodatku często oglądane przez rzesze geologów, m.in. w czasie zjazdów i sesji naukowych, praktyk studenckich, a także zwykłych wycieczek turystycznych po Tatrach.

Pierwsza publikacja Kotańskiego (z 1954 r.) była próbą genetycznej klasyfikacji brekcji na podstawie badań wierzchowego triasu w Tatrach, a kolejna publikacja (z 1955 r.) dotyczyła wapieni środkowego triasu z serii wierzchowej Tatr. Potem Kotański opublikował dziesiątki innych prac o szerokim zakresie badawczym — od stratygrafii, litologii, sedimentologii, paleogeografii aż po tektonikę skał mezozoicznych, głównie z tatrzańskiego pasma wierzchowego, ale także z pasma reglowego. Tylko niektóre, wybrane z

*Państwowy Instytut Geologiczny, Oddział Dolnośląski, al. Jaworowa 19, 53-122 Wrocław, zbigniew.cymerman@pgi.gov.pl

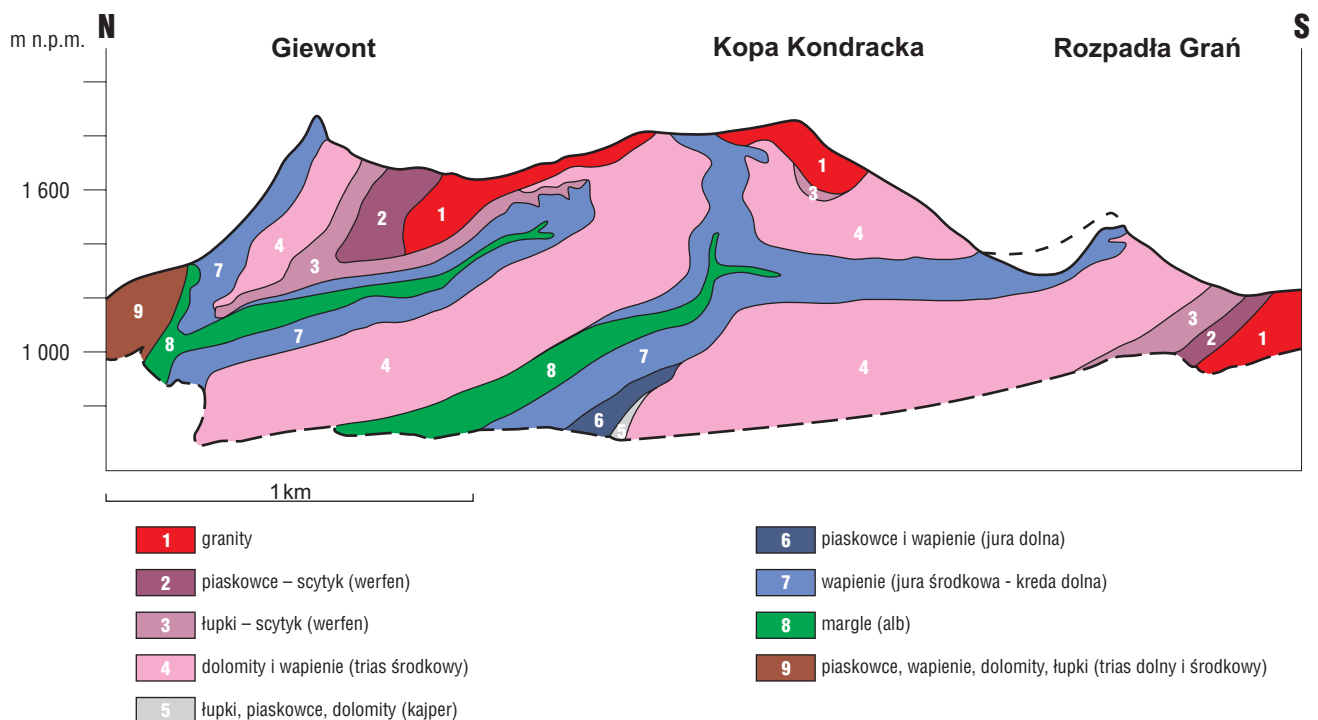
tych publikacji podano w spisie bibliografii (Kotański, 1954, 1955, 1956a, b, 1959a, b, 1961, 1963a, b, 1965a, b, 1971, 1979a, b, 1985).

Kotański rozpoczął swoje badania w Tatrach po prawie 50 latach od rozpoznania i przyjęcia modelu płaszczowinowej budowy Tatr (Lugeon, 1903; Limanowski, 1912; Rabowski, 1925; Rabowski & Goetel, 1925). Geologiczne przekroje przez Tatry Uhliga (1897) zostały odmiennie zinterpretowane przez Lugeona (1903), który zaproponował model płaszczowinowej budowy Tatr. W ujęciu Lugeona, granitoidy tzw. wyspy Goryczkowej nie leżą na miejscu ich powstania, ale zostały pchnięte z południa i stanowią jądro wielkiego fałdu, którego korzeni należy szukać gdzieś na południu. W konsekwencji przyjęcia takiego modelu tektonicznego, seria regłowa — leżąca na północ od serii wierzchowej — także musi pochodzić z południa. Zarysowany przez Lugeona obraz budowy płaszczowinowej Tatr był oparty na wcześniejszym obrazie kartograficznym Uhliga (1897), którego wydzielenia stratygraficzne serii wierzchowej wymagały rewizji; a dotyczyło to zwłaszcza niewłaściwego zaliczenia wapieni i dolomitów triasowych do jury. Stąd i model płaszczowinowej budowy Tatr według Lugeona w trakcie dalszych, bardziej szczegółowych badań Tatr uległ zmianom i modyfikacjom jeszcze przed II wojną światową. Nie sposób tu wspomnieć o osiągnięciach z tego okresu takich badaczy Tatr, jak Limanowski, Goetel, Sokołowski, Passendorfer, Guzik, Andrusov i Rabowski. Szczególnie ważne dla tych zmian były prace Rabowskiego, który uporządkował stratygrafię serii wierzchowych Tatr i wydzielił w ich budowie trzy zasadnicze jednostki: serię (strefę) autochtoniczną i nasuniętą na nią dwa leżące makrofałdy — Czerwonych Wierchów i Giewontu, które są rozdzielone utworami kredowymi (ryc. 2). Rabowski (1925) zakładał, tak jak inni, że serie wierzchowe sfałdowały się pod wpływem nasuwających się płaszczowin regłowych. Tak

powstały w okresie międzywojennym zasadnicze zręby dygitacyjno-płaszczowinowego modelu tektoniki Tatr, a głównie serii wierzchowej. Model ten stanowił podstawę do dalszego, twórczego rozwijania nowych koncepcji budowy geologicznej Tatr już po II wojnie światowej. Wielką zasługą Kotańskiego było opracowanie bardzo obszernych, rękopiśmiennych materiałów Rabowskiego, głównie ze strefy wierzchowej, oraz przygotowanie ich do druku po prawie dwudziestu latach od śmierci Rabowskiego (Rabowski, 1959).

Na profilu geologicznym według Rabowskiego (1931, 1959) jednostka Czerwonych Wierchów była przedstawiana jako leżący makrofałd z zamknięciem antyklinalnym u czoła (od północy) i wyprasowanym skrzydłem brzusznym (ryc. 2). Taki obraz wynikał z przyjęcia przez Rabowskiego, rozwijanego wtedy na obszarze Alp, modelu plastycznych makrofałdów tatrzańskiego pasma wierzchowego, z zachowanymi skrętami czołowymi i korzeniowymi tych makrofałdów (*op. cit.*). Natomiast w paśmie regłowym Tatr badacz ten zakładał istnienie wielkich płaszczowin, zdigitalizowanych także w sposób plastyczny i powiązanych ze sobą fałszywymi antyklinami.

Dygitacyjno-płaszczowinowy model budowy Tatr zakwestionował najpierw Kotański (1961, 1963a, 1965b), a potem także wielu Jego uczniów, między innymi Bac (1963, 1971), Bac i Grochocka (1965), Grochocka-Rečko (1963), Sieciarz (1963), Szulczewski (1963), Iwanow (1965), Piotrowski (1965, 1978) oraz D. Peryt (1974) i T. Peryt (1974). W latach 1960. model dygitacyjno-płaszczowinowy (ryc. 2) został zastąpiony modelem łuskowo-płaszczowinowym (ryc. 3). Szczegółowe badania Kotańskiego (1954, 1959a, b, 1961, 1963a, b, 1965a, b, 1971) oraz dużej grupy geologów z Uniwersytetu Warszawskiego wykazały, że jednostki wierzchowe mają budowę bardziej skomplikowaną niż dotychczas przyjmowano. Wynikało to przede wszystkim z faktu bardziej szczegółowej stratygrafii i wykonania szcze-



Ryc. 2. Przekrój geologiczny przez Giewont, Kopę Kondracką i Rozpadłą Grań (według Rabowskiego, 1959), przedstawiający model dygitacyjno-płaszczowinowej budowy Tatr

gólowego zdjęcia geologicznego znacznej części serii wierzchowej. W świetle tych nowych danych wykazano, że fałd Czerwonych Wierchów jest zbudowany z dwóch jednostek — Żdzarów i Organów (ryc. 3). Jednostka Żdzarów została wydzielona z płaszczowiny Czerwonych Wierchów i nasunięta na bardziej północną część tej płaszczowiny. Ta ostatnia została określona jako jednostka Organów. Według Kotańskiego (1971) jednostka Czerwonych Wierchów nie jest makrofałdem, ale łuską tektoniczną odkłutą od swego podłoża.

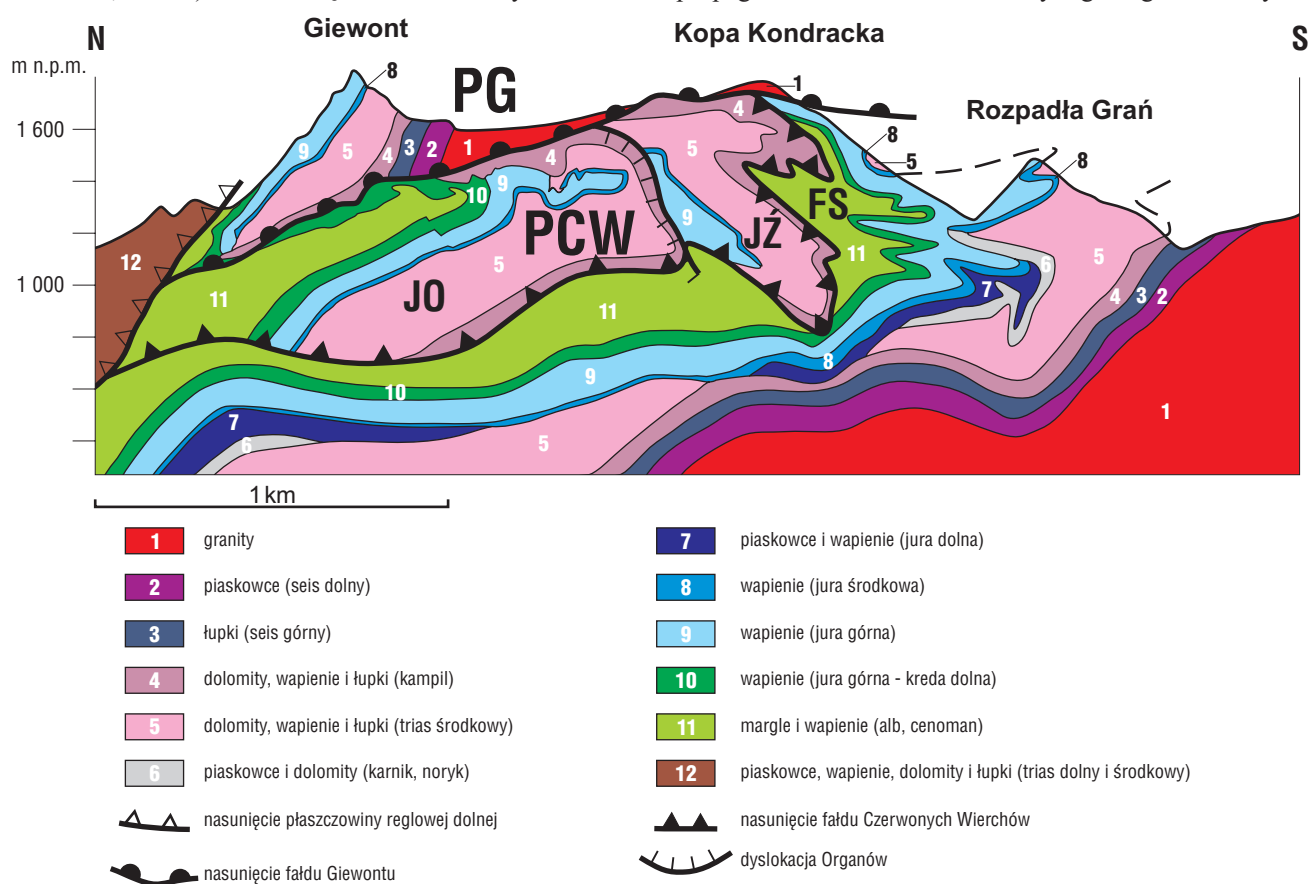
Podobnie jest przedstawiana jednostka Giewontu, która również nie jest makroskopowym fałdem, ale buduje wyżejległą łuskę tektoniczną z jądrem krystalicznym (tzw. wyspą krystaliczną Goryczkowej). Kotański (1963a, 1965b, 1971) sugerował, że płaszczowina wierzchowa Czerwonych Wierchów była przemieszczana z SW — z rejonu Bystrej, natomiast wyżejległa płaszczowina Giewontu przywędrowała z terenu Krywania, a może i dalszego. Wcześniej przyjmowano, że płaszczowina Czerwonych Wierchów była nasunięta z południa — z obszaru Wielkiej Kopy Koprowej. Kotański (1956b, 1959a, b) sugerował także, że seria wierzchowa podlegała wcześniejszym, uskokowym deformacjom starokimeryjskim na pograniczu triasu i jury.

Model łuskowo-płaszczowinowej budowy pasma wierzchowego Tatr spotkał się z krytyką niektórych badaczy, głównie Passendorfera (1975), który uważał, że nie można bez zastrzeżeń przenosić łuskowego stylu budowy serii regłowych z okolic Zakopanego (Guzik & Kotański, 1963; Kotański, 1965a) na budowę serii wierzchowych. Jednak

Kotański wcześniej stwierdził styl budowy łuskowo-płaszczowinowej w seriach wierzchowych (Kotański, 1961, 1963a), a nieco później razem z Guzikiem (Guzik & Kotański, 1963) opracował tektonikę łuskową w paśmie regłowym. Passendorfer (1975) tradycyjnie zakładał, że płaszczowina Czerwonych Wierchów powstała z ogromnego fałdu leżącego przez wyprasowanie jego skrzydła brzuszego, podobnie jak wcześniej przyjmował Rabowski (1925, 1959), a nie z odkłucia, jak sugerował Kotański (1961, 1963a, 1965b, 1971). Kotański (*op. cit.*) przyjął, że górne skrzydło makroskopowego fałdu ścina serię brzusznią wraz ze skretem korzeniowym oraz że jądra krystaliczne makrofałdów wierzchowych pozostają w tyle i ścinają wcześniejsze struktury.

Piotrowski (1978), w wyniku szczegółowej analizy mezostrukturalnej jednostek tektonicznych z obszaru otoczenia Doliny Kościeliskiej, przyjął łuskowo-płaszczowinowy model budowy Tatr, wcześniej zaproponowany przez Kotańskiego (1961, 1963a, 1965b, 1971) oraz Guzika i Kotańskiego (1963). W uzasadnieniu Piotrowski (1978) podał, że łuskowo-płaszczowinowy styl budowy: *najpełniej oddaje... charakter tektoniczny... oraz upraszcza i wyjaśnia wiele skomplikowanych sytuacji tektonicznych, do tej pory interpretowanych w sposób bardzo zawiły* (str. 8). O złuskowanej jednostce Kufy pisał wcześniej T. Peryt (1974).

Profesor Kotański, oprócz tego że był specjalistą z zakresu stratygrafii czy tektoniki osadowych skał mezozoicznych Tatr polskich, był również jednym z największych propagatorów rozszerzania wiedzy o geologii Tatr. Czynnikiem



Ryc. 3. Przekrój geologiczny przez Giewont, Kopę Kondracką i Rozpadłą Grań, obrazujący model łuskowo-płaszczowinowej budowy Tatr (według Kotańskiego, 1971 i Bac-Moszaszwili i in., 1979): FS — fałd Stołów, JO — jednostka Organów, JZ — jednostka Żdzarów, PCW — płaszczowina Czerwonych Wierchów, PG — płaszczowina Giewontu

to głównie w formie niezwykle szczegółowych opisów tras wycieczek geologicznych w różnych przewodnikach. Już w *Przewodniku geologicznym 32. Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego w Tatrach i na Podhalu w 1959 roku*, czyli drugiego zjazdu w Tatrach (pierwszy odbył się przed II wojną światową), znajduje się wiele wycieczek geologicznych przygotowanych przez Kotańskiego.

Szczególne miejsce w bibliografii prof. Kotańskiego zajmuje jednak znakomity, z prawie 200 rycinami i w znacznej części nadal aktualny *Przewodnik geologiczny po Tatrach* z 1971 roku, o nakładzie ponad 4 tys. egzemplarzy, a i tak bardzo szybko wyczerpany. W założeniu stanowił on w pewnym zakresie uzupełnienie wielokrotnie wznawianej i zmienianej książki *Jak powstały Tatry* Passendorfera (1934, 1971, 1975). W piątym wydaniu *Jak powstały Tatry* (Passendorfer, 1975) podejmuje polemikę z Autorem *Przewodnika geologicznego po Tatrach* (Kotański, 1971). Polemika ta dotyczyła także takich kluczowych zagadnień, jak powstanie Tatr w modelu klasycznej teorii płaszczowinowej, czyli w modelu dygitacyjno-płaszczowinowym zastąpionym nowszym modelem łuskowo-płaszczowinowym.

Jako ciekawostkę należy podać, że wiele fotografii do *Przewodnika geologicznego po Tatrach* (Kotański, 1971) wykonał ówczesny student geologii, a obecnie dyrektor Państwowego Instytutu Geologicznego, a także inicjator i organizator sesji naukowej poświęconej pamięci prof. Zbigniewa Kotańskiego — prof. Tadeusz Peryt. Ten ostatni, jak wielu Jego uczniów, przeszedł z Autorem przewodnika wiele z opisanych tras, o czym można się dowiedzieć we wstępie do wspomnianego przewodnika. W tym też wstępie Kotański zaznaczył, że celem przewodnika było przede wszystkim przedstawienie faktów w terenie i podanie ich najnowszej interpretacji (str. 9). Nieco dalej argumentował jednak, że wiele zagadnień dyskusyjnych i hipotetycznych jest przedstawionych w książce „*Jak powstały Tatry*”. Czytelnik może się, więc zorientować, że pewne zagadnienia w *Tatrach* nie są w pełni wyjaśnione... O tych „nie w pełni wyjaśnionych” zagadnieniach tatrzańskich i dalszych dyskusjach można się dowiedzieć z 5. wydania książki *Jak powstały Tatry* (Passendorfer, 1975) i z *Przewodnika geologicznego 51. Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego w Tatrach w 1979 roku* oraz z *Przewodnika geologicznego 68. Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego w Tatrach w 1997 roku*. W roku trzeciego Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego w Tatrach ukazała się drukiem *Mapa geologiczna Tatr Polskich 1 : 30 000* (Bac-Moszaszwili i in., 1979), której współautorem był Kotański. W ostatnim przewodniku, z czwartego już Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego w Tatrach w 1997 roku, znajduje się opis trasy A7, prowadzącej z Doliny Chochołowskiej przez Siwiańskie Turnie, Małe i Wielkie Koryciska do Polany Huciska. Trasa ta została opisana przez Kotańskiego, ale prowadzącym wycieczkę był Andrzej Iwanow — jeden z Jego uczniów.

Prof. Kotański (1959b) słusznie zauważył, że *postęp w dziedzinie tektoniki jest zależny od jednoczesnego postępu w dziedzinie stratygrafii, gdyż nowe wydzielenia stratygraficzne mogą wyczelować, a nawet znacznie zmienić obraz tektoniki. Już od dawna dawał się odczuwać brak szcze-*

gółowego rozpoziomowania triasu (str. 168). Kotański lukę tę wypełnił doskonale, wskazując na charakterystyczne cechy zespołów litologicznych przydatnych w pracach kartograficznych i wydzielając na podstawie fauny i flory pieter alpejskich seis, kampil, anizyk, ladin, karnik i noryk. Szczególne znaczenie w rozwiązywaniu budowy zawiłych węzłów tektonicznych Tatr mają między innymi warstwy myophoriowe górnego kampilu (*op. cit.*). Nie można pominąć zasług prof. Kotańskiego w dziedzinie stratygrafii triasu i Jego porównań triasu tatrzańskiego z triasem śląskim.

Profesor Kotański (1971, 1979a, b, 1985) wprowadził także szczegółowy podział tektoniczny płaszczowin reglowych Tatr. I tak najniższa z nich, określana jako płaszczowina dolna (kriżniańska), jest zbudowana z wielu mniejszych jednostek: Bobrowca, Suchego Wierchu, Czarnej Turni, Małej Świnicy, Grześkówek, Spadowca, Samkowej Czuby, Krokwi, Kop Sołtysich–Siodła, Gęsiej Szyi-Skałek, Hawrania, Żlebiny i Bujaczego. Płaszczowina środkowa (choczańska) składa się z jednostki Siwej Wody oraz z łusek tektonicznych Uplazu, Kończystej i Bramy Kantaka. Najwyższa strukturalnie płaszczowina górna (strażowska) może być podzielona na jednostki Furkaski i Korycisk.

Kotański (1961, 1963a, 1965b, 1971), przyjmując w swoim modelu tektonicznym założenia tektoniki spływowej, zakładał, że jedynie w depresjach powstawały struktury fałdowe. Struktury te miały się rozwijać zupełnie niezależnie od siebie, a zatem nie powinno być żadnych powiązań między strukturami jednostek Czerwonych Wierchów, Giewontu i Szerokiej Jaworzyńskiej. Natomiast zachowane na elewacjach fragmenty elementów fałdowych uważał on za porwaki, przywleczone przez płaszczowinę reglową (*op. cit.*). Teoria spływów grawitacyjnych, związanych z hipotetycznymi geotumorami, była rozwijana przez Kotańskiego przede wszystkim dla serii wierchowej. Kotański (1961, 1963a, 1965b, 1971) przyjmował istnienie geotumora tatrzańskiego, z którego ku depresjom ześliznęły się fałdy wierchowe. Z taką interpretacją nie zgadzał się Passendorfer (1975), który podkreślał, że *trudno sobie jednak wyobrazić powstanie fałdów wierchowych ześlizgami grawitacyjnymi, gdyż Giewont ma potężne jądro krystaliczne, którego powstania nie sposób wytłumaczyć bez przyjęcia silnych nacisków poziomych, które jedynie mogły z krystaliniku oderwać jego część grzbietową i włączyć do fałdu jako jego jądro* (str. 187–188).

Piotrowski (1978) zakładał odkłucie utworów budujących płaszczowinę Czerwonych Wierchów we wczesnej fazie ruchów subheryńskich w wyniku nacisków tangencjalnych oraz nacisków wywołanych spływającą grawitacyjnie do tzw. depresji Goryczkowej–Jawora masą wyżej leżącej płaszczowiny Giewontu. Ten też czynnik miałby spowodować zundulowanie płaszczowiny Czerwonych Wierchów i powstanie ścięcia (dyslokacji) Organów w partii przegubowej skrzywienia antyklinalnego rozczłonkowującego płaszczowinę Czerwonych Wierchów na dwie mniejsze jednostki synklinalne: Organów i Żdziarów (ryc. 3). Położona bardziej na południu jednostka Żdziarów miałaby się nasuwać na jednostkę Organów. Z kolei dyslokacja Organów miałaby zmieniać swoją orientację od stro-

meogo uskoku na zachodzie Czerwonych Wierchów do prawie horizontalnego ułożenia we wschodniej części Czerwonych Wierchów (Kotański, 1963a, 1965b; Piotrowski, 1978).

Passendorfer (1975) kwestionował także przedstawiony przez Kotańskiego (1971) obraz paleogeograficzny jednostek wierchowych, któremu nie odpowiadał obraz zaokrąglonych basenów sedymentacyjnych. Passendorfer (1975) uważał, że baseny te były podłużnymi pasami z dużymi lukami stratygraficznymi w górnym triasie i dolnej jurze. Zakładał też, że seria wierchowa Tatr musiała się osadzać znacznie dalej na południe i daleko poza obszarem Tatr — na terenie Kotliny Liptowskiej. Proponowany przez Kotańskiego (1971) obraz paleogeograficzny jednostek wierchowych wynikał z przyjęcia koncepcji, że struktury fałdowe formowały się jedynie w obrębie depresji. Gdyby jednak ten obraz był prawdziwy, to wtedy w osadach tych basenów, w miarę zbliżania się do ich granic, powinno dochodzić do zmian facjalnych (Passendorfer, 1975).

Kotański (1971) we wstępie do *Przewodnika geologicznego po Tatrach* pisał słusznie, że: *Badania geologiczne w Tatrach przeszły już wiele etapów rozwoju. Wielu geologom, którzy konstruowali świetne na swe czasy syntezy, przyszło dożyć chwil, gdy zbudowany przez nich gmach runął zupełnie, gdyż miał zbyt kruche podstawy, albo też wymagał znacznych uzupełnień. I nieco dalej: I ta synteza nie jest zapewne ostateczna, o ile o ostatecznej syntezie można w ogóle mówić w geologii. A na samym końcu: Najpewniejsze w najnowszych badaniach są stwierdzenia stratygraficzne i paleogeograficzno-facjalne oraz wnioski o stylu tektonicznym i o stosunku do siebie poszczególnych jednostek tektonicznych. Zagadnienia tektogeniczne natomiast długo jeszcze, o ile nie zawsze, pozostaną otwarte* (str. 9). Trudno nie zgodzić się z tym ogólnym stwierdzeniem.

Wobec takiego stwierdzenia prof. Kotańskiego należałoby się zastanowić, jak obecnie przedstawia się stan badań tektonicznych w Tatrach, w dwa lata po Jego śmierci i kilkanaście już lat po zaprzestaniu przez Niego prac w Tatrach? Ostatnio opublikowano kilka szczegółowych mezo- i mikrostrukturalnych prac na temat strefy wierchowej (Jurewicz, 2000b, 2003; Jurewicz & Słaby, 2004). Jurewicz (2003) stwierdziła wieloetapowy rozwój stref ścinania w spągu jednostki Giewontu. Wynika on z tego, że proces nasuwania w Tatrach nie był jednoetapowym zjawiskiem, ale długotrwałym (wydzielono 6 etapów nasuwczych), z wielokrotnym reaktywowaniem tych samych powierzchni w dolomitycznych mylonitach. Procesy takie stwierdzono w podstawie nasunięcia jednostki Giewontu na jednostkę Czerwonych Wierchów. Kluczową rolę odgrywały tam procesy hydrotektoniczne z hydraulicznym rozwojem systemów spękań. Deformacja odbywała się w warunkach kruchych, które często zmieniały się w warunki podatne — o temperaturach dochodzących do 300°C. Cykliczność tego procesu doprowadziła do destrukcji dużych części skał i razem z procesami rozpuszczania pod ciśnieniem spowodowała znaczne ubytki mas skalnych wzdłuż powierzchni nasunięcia. W wyniku tego płaszczowiny w Tatrach nie uzyskują cech klasycznych dupleksów, a tym

samym nie łatwa jest przestrzenna analiza geometryczna ich pozostałości.

Podobne, wieloetapowe procesy nasunięciowe opisano w nowo rozpoznanej strefie ścinania z okolic Chudej Turni w jednostce Giewontu (Jurewicz & Słaby, 2004). Strefa ta została określona jako tzw. zachłanna lub drapieżna strefa ścinania Zadnie Kamienne i została zinterpretowana jako powierzchnia szerokokątowego (R') ścinania kruchego typu Riedela (*op. cit.*). W procesie rozwoju drapieżnej strefy ścinania Zadnie Kamienne, postępującym synchronicznie z nasunięciem jednostki Giewontu na jednostkę Czerwonych Wierchów, dominował mechanizm pełzania i procesy rozpuszczania pod ciśnieniem, prowadzące do znacznych ubytków mas skalnych.

Liczne dowody na wieloetapowość deformacji i silną heterogeniczność w rozwoju kruchych struktur tektonicznych przedstawiono także ostatnio w wybranych strefach ścinania w granitoidach Tatr Wysokich (Jurewicz & Bagiński, 2005). Wcześniej charakterystykę stromo zapadających stref uskokowych Tatr Wysokich podała Grochocka-Piotrowska (1970), jednak bez ich interpretacji wiekowej i danych kinematycznych. Uzupełnieniem tej charakterystyki o analizę paleonaprężeń jest publikacja Jurewicz (2002), w której wykazano sarmacką ekstensję w kierunku WNW-ESE w czasie rozwoju stromych uskoków w Tatrach Wysokich. Starsze, być może waryscyjskie, mylonityczne i kataklastyczne strefy ścinania przebiegają tam na ogół w kierunku WNW-ESE (Piotrowska, 1997; Jurewicz, 2002). Kluczową rolę w tektonice Tatr Wysokich przypisano nasunięciu Kazalnicy (Piotrowska, 1997).

Jurewicz (2000a) dokonała pierwszej próby rekonstrukcji pola naprężeń na podstawie analizy struktur ślizgowych z granitów Tatr Wysokich. Analiza mezoskopowych i mikroskopowych struktur związanych z alpejskimi nasunięciami płaszczowinowymi z obszaru granitoidów Tatr Wysokich wskazuje, że kierunek kompresji alpejskiej w czasie nasunięć płaszczowinowych zmieniał się z NNW-SSE na N-S. Zagadnieniem otwartym pozostaje ustalenie zależności między fałdowaniami płaszczowinowymi a poziomą rotacją Tatr. Czy zmieniał się kierunek kompresji, czy może też pole naprężeń miało stałą orientację, a dochodziło jedynie do poziomej rotacji bloku tatrzańskiego? Możliwe jest, że za zmianę kierunku kompresji alpejskiej w czasie nasunięć płaszczowinowych odpowiada lewoskrętna rotacja podłoża o około 45° w stałym polu regionalnych naprężeń (Jurewicz, 2000b).

W świetle nowych, szczegółowych prac kartograficznych w Tatrach, wykonywanych przez autora niniejszej publikacji*, wydaje się, że skały krystaliczne Tatr Zachodnich nie tworzą jednej, zwartej masy, jak dotychczas powszechnie przyjmowano. Przeciwnie, nowe, niepublikowane dane kartograficzne i strukturalne wskazują, że krystalinik Tatr Zachodnich składa się z wielu alpejskich łusek i nasunięć o podobnej geometrii i intensywności rozwoju do rozpoznanych wcześniej w paśmie wierchowym

*autor artykułu współuczestniczy w opracowaniu trzech arkuszy (góra Rakoń, Czerwone Wierchy i Kasprowy Wierch) *Szczegółowej mapy geologicznej Tatr w skali 1 : 10 000*, pod redakcją prof. Krystyny Piotrowskiej

przez Rabowskiego (1925, 1931, 1959) i Kotańskiego (1959b, 1961, 1963a, 1965b, 1971). Proroczo w tym względzie brzmią słowa Kotańskiego z przewodnika geologicznego, że na obszarze krystalicznym Tatr ...*być może, że poszczególne bloki i płyty skalne są względem siebie przesunięte i ponasuwane na siebie. Istnienie nasunięć w trzonie krystalicznym jest jednak bardzo trudno wykryć, gdyż nie można się tu oprzeć na żadnej stratygrafii jak w seriach osadowych* (Kotański, 1971 — str. 63). W tym czasie, gdy Kotański pisał te słowa, podstawy nowoczesnej geologii strukturalnej dopiero powstawały, a znaczenie stref ścinania w pasmach orogenicznych zaczęto doceniać dopiero w latach 80. ubiegłego wieku. Jednakże ogromny i dynamiczny w ostatnich dziesięcioleciach rozwój geologii strukturalnej, także w naszym kraju, nie znalazł dotychczas odpowiedniego odzwierciedlenia w badaniach skał krystalicznych Tatr — z bardzo wielu powodów, których tutaj (ze względu na brak miejsca) nie będę podawał.

Prawie 20 lat temu w SW części Tatr słowackich wykazano odwrócenie następstwa stref metamorficznych, co uznano za dowód wielkoskalowego, waryscyjskiego nasunięcia o transporcie tektonicznym ku SE (Janák i in., 1988; Putiš, 1992; Janák, 1994). Migmatyty i granitoidy znajdowałyby się w skrzydle nasuniętym (stropowym), natomiast paragnejsy i łupki krystaliczne powstałe w niższych temperaturach metamorfizmu regionalnego — w skrzydle spągowym. Zgodnie z taką interpretacją polska część krystaliniku Tatr Zachodnich należy w całości do skrzydła stropowego. Nasunięcia w obrębie krystaliniku Tatr Zachodnich sugerowali także polscy petrologi (Skupiński, 1975; Gawęda i in., 2000; Gawęda, 2001). W podłożu krystalicznym polskiej części Tatr Zachodnich wydzielono dwie jednostki strukturalne (Gawęda i in., 2000; Gawęda, 2001): dolną (łupkowo-paragnejsową) i górną (migmatytowo-amfibolitową). Górna jednostka miała być nasunięta na dolną jednostkę w kierunku ku NW do WNW podczas wczesnowaryscyjskiej kolizji płyt (Gawęda, 2001).

W wyniku nowych prac kartograficznych, wykonywanych przez autora do kilku arkuszy mapy w skali 1 : 10 000, na obszarze Tatr Zachodnich udokumentowano istnienie bardzo licznych, heterogenicznych stref ścinania kruchej z rozwojem kataklazytów i brekcji tektonicznych w czasie deformacji alpejskich. Strefy te wyznaczają pakiety łusek o zmiennej wielkości i różnej geometrii, z dominacją subhoryzontalnych powierzchni spągowych łusek w obrębie skał krystalicznych. Obok rozpoznania w skałach krystalicznych Tatr Zachodnich licznych stref ścinania kruchej, stwierdzono także rozwój podobnych zestawów (pakietów) łusek i nasunięć na kontakcie krystaliniku Tatr Zachodnich z jego pokrywą osadową, a także wewnątrz tych skał osadowych, uznawanych za tzw. serię autochtoniczną Tatr.

Utwory autochtoniczne Tatr, stanowiące pokrywę osadową trzonu krystalicznego, są litostratygraficznie bardzo zróżnicowane (Rabowski, 1925; Andrusov, 1959; Michalik, 1955; Kotański, 1961). Kotański (1961) wyróżnił w obrębie tzw. autochtonu Tatr wiele serii o odmiennym profilu stratygraficznym i znacznym zróżnicowaniu facjalnym. Piotrowski (1978) podkreślał wyraźne różnice w stylu tektonicznym poszczególnych serii autochtonicznych Tatr. Dane te, razem z nowymi danymi kartograficznymi i struk-

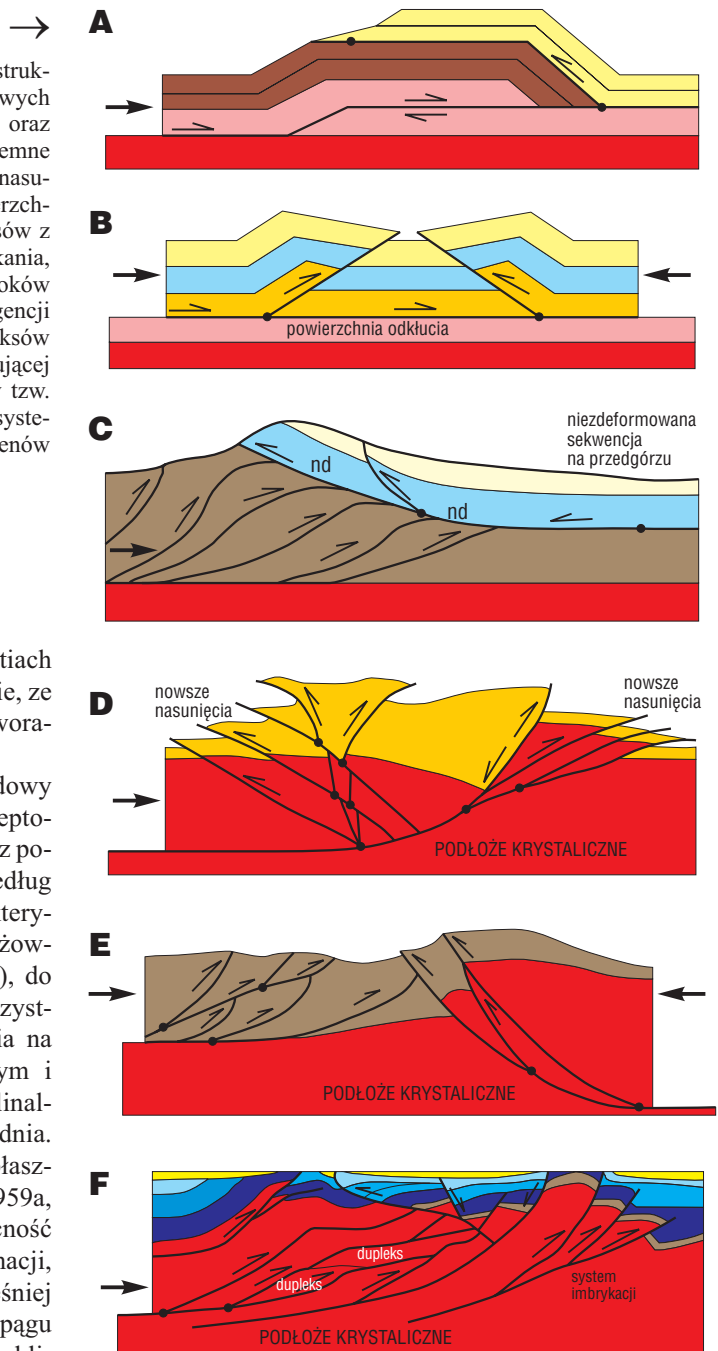
turalnymi, mogą wskazywać, że tzw. autochton Tatr został zdeformowany w czasie orogenezy alpejskiej w nie mniejszym stopniu niż znajdująca się nad nim sekwencja wierchowa czy spoczywające pod nim podłoże krystaliczne.

Na podstawie wyników badań petrograficznych Michalik (1955) wystąpił z nowatorską wtedy koncepcją, że piaskowce werfenu z tzw. autochtonu Tatr razem z wyżej-łegłymi utworami osadowymi są nasunięte na trzon krystaliczny Tatr. Koncepcja ta spotkała się jednak wówczas z powszechną krytyką i została definitywnie odrzucona. Chociaż Sokołowski (1959) podkreślał, że *w sprawie autochtonizmu tej pokrywy należy jednak zaznaczyć, że może być ona w części zluźniona* (str. 22) i że *...w niektórych miejscach kontaktu triasu dolnego i krystaliniku występują utwory, których geneza musi być wyjaśniona, a w związku z tym problem ewentualnego zluźnienia pokrywy mezozoicznej wierchowej na krystaliniku* (str. 28). Z kolei Passendorfer (1975) uważał, że kontakt piaskowca triasowego (werfenu) na Skrajnej Turni jest normalnym kontaktem sedimentacyjnym, chociaż także podał, że *granit w pobliżu piaskowca wykazuje sprasowania, posiada lustra tektoniczne świadczące o przesunięciach. [...] Piaskowiec leży jednak bezwzględnie na miejscu* (str. 51).

Alpejska deformacja piaskowców werfenu w pobliżu kontaktu z krystalicznym podłożem na Siwych Skałach (grzbiet Ornaku) polegała głównie na rozpuszczaniu pod ciśnieniem oraz na poślizgach intergranularnych i wzdłuż powierzchni kliważu w przełwiczeniach sphyllonityzowanych łupków (Żelaźniewicz, 1997). Zastanawiający jest jednak taki sam obraz kinematyczny o zwrocie typu strop ku NNE do NE, notowany zarówno w skałach werfenu, jak i w niżejleżących łupkach mylonitycznych o granitowym protolicie (*op. cit.*). Fakt ten jest kolejnym dowodem na znaczne przemieszczenia tektoniczne na granicy podłoża krystalicznego z tzw. autochtonem tatrzańskim. Przemieszczenia te odbywały się po wczesnym turonie i prawdopodobnie były związane z fazą śródziemnomorską lub z subhercyńską podczas deformacji alpejskich w Karpatach (Lefeld, 1997). Lefeld (1997) dla tej fazy deformacji wydzielił trzy podfazy: I (wstępna) — wywołana naciskami ze skracania skorupy ziemskiej w brzeżnej strefie Karpat wewnętrznych; w jej efekcie powstały takie makrostruktury, jak fałdy Stołów czy Organów; II podfaza — związana z ostatecznym sfałdowaniem strefy wierchowej i procesami ścięcia, które doprowadziły do nasuwania się na siebie kolejnych jednostek płaszczowinowych; III podfaza — wywołana maksymalną kompresją i hipotetycznym nasunięciem trzonu krystalicznego Tatr na jego podłoże metamorficzne.

W świetle obecnego rozpoznania pasm orogenicznych całego globu ziemskiego można przyjąć, że także na obszarze Tatr deformacje nasunięciowe w czasie orogenezy alpejskiej obejmowały całą litosferę. Typ podatnej deformacji w dolnej części litosfery odbiega jednak reologicznie i geometrycznie od warunków kruchej deformacji w przypowierzchniowych partiach litosfery. Geometria i kinematyka nasunięć w całej litosferze Tatr jest bardzo skomplikowana i może w znacznym stopniu przypominać różne schematy ideowe przedstawione na ryc. 4. Należy podkreślić, że geo-

Ryc. 4. Schematyczne zestawienie różnych geometrycznie struktur nasunięciowych z kierunkami nasunięć skrzydeł stropowych (półstrzałki), punktów węzłowych (czarne drobne kółka) oraz horizontalnych osi maksymalnego naprężenia głównego (ciemne strzałki): **A** — prosty klin tektoniczny (łuska); **B** — systemy nasunięciowe o przeciwnej wergencji łusek na pojedynczej powierzchni odklucia, **C** — cienkoskorupowe struktury typu dupleksów z nasunięciem dachowym (nd), **D** — struktura typu z wyciskania, powstała w wyniku inwersji systemu ekstensyjnych uskokuw listrycznych, **E** — systemy nasunięciowe o przeciwnej wergencji łusek, odmiennej dla cienkoskorupowej struktury typu dupleksów i dla gruboskorupowej, imbrycacyjnej struktury, obejmującej podłoże krystaliczne, **F** — hybrydowy system nasunięć w tzw. strefie trójkątnej z rozwojem dupleksów w podłożu oraz systemów imbrycacyjnych i struktur powstałych z inwersji basenów ekstensyjnych



metria nasunięć w Tatrach jest rozpoznana tylko w partiach przypowierzchniowych, a w dodatku fragmentarycznie, ze względu na intensywną erozję i znaczne pokrycie utworami glacialnymi i stokowymi.

Od czasu przyjęcia modelu płaszczowinowej budowy Tatr (Lugeon, 1903) powszechnie przyjmowano i akceptowano kierunek transportu tektonicznego płaszczowin z południa na północ. Tektonika Karpat wewnętrznych, według Andrusova (1959) w tzw. Tatrydach, miała się charakteryzować rozwojem płaszczowin od najwyższej (strażowskiej), poprzez niżejle (choczańską i kriżniańską), do najniższej położonych (Wysokiej i Tatr Wysokich). Wszystkie te płaszczowiny miały być nasunięte z południa na płaszczowinę pienińską. Płaszczowinom cząstkowym i łuskom towarzyszą w ich spągu poddarte fałdy synklinalne, zawsze otwarte ku północy, a zamknięte od południa. Fakt ten miał wskazywać na kierunek nasuwania się płaszczowin z południa ku północy (m.in. Kotański, 1959a, 1961, 1963a, 1971, 1979b). Kotański (*op. cit.*) obecność fałdów synklinalnych wiązał z późniejszą fazą deformacji, podczas której odbywało się wgniatanie w głąb wcześniej nasuniętych niższych jednostek tektonicznych. W spągu płaszczowiny Giewontu powstały poddarcia i fałdy synklinalne, powodujące odwrócenie położenia wszystkich jednostek parautochtonicznych i płaszczowinowych (ryc. 3). Dwie synklinalne łuski płaszczowinowe należące do płaszczowiny Czerwonych Wierchów — jednostki Żdziarów i Organów — przybrały kształt zamkniętych od południa fałdów synklinalnych z odwróconymi górnymi skrzydłami, które są lokalnie rozwleczone tektonicznie. Dalej ku południowi znajduje się makrofałd synklinalny Stołów, uznany za element parautochtoniczny, który jest silnie złuskowany, o warstwach w odwróconym położeniu i intensywnie rozwleczone w spągu nasunięcia Giewontu. W wyniku bardzo różnicowanych przemieszczeń i deformacji heterogenicznej powstał skomplikowany w geometrii wierzchowy węzeł tektoniczny Czerwonych Wierchów (Świdorski, 1922; Rabowski, 1959; Kotański, 1961, 1963a, 1971; Bac, 1963; Bac & Grochocka, 1965; Grochocka-Rečko, 1963; Sieciarz, 1963; Szulczewski, 1963).

Analiza strukturalna z elementami kinematyki, wykonana przez autora artykułu w licznych strefach kataklasycznych i mylonityczno-klastycznych Tatr Zachodnich, które powstały w czasie orogenezy alpejskiej, dokumentuje dominujący kierunek transportu tektonicznego ku południowi z odchyleniem do SW. Taki powszechny zwrot transportu tektonicznego ku południowi jest odwrotny do akceptowanego poglądu o nasuwaniu się wyżejleżących łusek tektonicznych z południa ku północy (Lugeon, 1903; Świdorski, 1922; Sokołowski, 1958, 1959; Rabowski, 1959; Andrusov, 1959; Kotański, 1961, 1963a, 1971 i wielu innych). Ten prawie stuletni pogląd nie wynikał jednak ani z analizy strukturalnej, ani też analizy wskaźników kinematycznych. Jako jeden z dowodów na dominujący transport tektoniczny ku południowi przedstawiam dane z okolic bliskiego kontaktu czapy krystalicznej Twardego Uplązu (fragmentu

Ryc. 5. Alpejskie fałdy otwarte, pochylone, asymetryczne o wergencji ku południowi (czerwone strzałki). Różowe i szare wapienie, lokalnie margliste. Alb–cenoman–dolny turon? Zadnie Kamienne, około 200 m na południe od Chudej Turni. Płaszczyzna Czerwonych Wierchów. Skala — linijka o długości 20 cm. Pasek biało-czerwony — powierzchnia horyzontu po rotacji zdjęcia o kąt 40° ku południowi



←

Ryc. 6. Alpejski lub waryscyjski fałd otwarty, prawie stojący, asymetryczny o wergencji ku południowi (czerwone strzałki). Linijka leży prawie równoległe do powierzchni osiowej fałdu. Gnejsy warstwowe z sillami leukogranitu. Skalka na NW zboczu Twardego Upłazu. Płaszczyzna Giewontu. Skala — linijka o długości 20 cm. Pasek biało-czerwony — powierzchnia horyzontu po rotacji zdjęcia o kąt 40° ku południowi

Reorientacja ta była wywołana rozwojem miocénskiego uskoku południowotarzańskiego. Dodatkowo, na południowy (do południowo-zachodniego) kierunek transportu tektonicznego wskazuje większość dobrze czytelnych rys ślizgowych i zadziórów. Tektoglify te umożliwiają ustalenie kierunku i zwrotu przemieszczeń skrzydeł uskokowych tysięcy dość płasko nachylonych powierzchni uskokowych, niewątpliwie związanych z alpejskimi nasunięciami płaszczowinowymi w całych Tatrach. Oczywiście, przedstawione fakty odnoszą się do fragmentów Tatr zbadanych przez autora i nie są wystarczające do regionalnych porównań czy powiązań z rozwojem tektonicznym niecki podhalańskiej, Pienin, Tatr Niżnych czy innych części Karpat wewnętrznych.

Podsumowując te krótkie rozważania geologa strukturalnego na temat tatrzańskiego dorobku naukowego prof. Zbigniewa Kotańskiego na tle dokonań Jego poprzedników oraz w świetle najnowszych badań Tatr należy stwierdzić, że z Jego bogatej spuścizny naukowej najważniejsze i aktualne pozostają szczegółowe dane stratygraficzne i litostratygraficzne z pokrywy osadowej zarówno serii wierzchowej, jak i reglowej. Także ustalona geometria łusek i fałdów oraz podziały tektoniczne Tatr pozostaną na trwałe w dorobku naukowym prof. Zbigniewa Kotańskiego. Jednak wyjątkowe miejsce w tym dorobku zajmują szczegółowe opisy licznych tras wycieczek geologicznych po Tatrach, między innymi te z *Przewodnika geologicznego po Tatrach*.

płaszczyzny Giewontu) z serią wierzchową płaszczowiny Czerwonych Wierchów na NW zboczu Ciemniaka. Wergencja licznych fałdów asymetrycznych, powstałych zarówno z zafałdowania warstwowania w kredowych wapieniach (ryc. 5), jak i zafałdowania foliacji w paleozoicznych gnejsach (ryc. 6), wskazuje jednoznacznie na południowy kierunek transportu tektonicznego podczas deformacji alpejskiej. Szczególnie dobrze jest to widoczne po uwzględnieniu efektów rotacji tych struktur fałdowych, a zwłaszcza ich powierzchni osiowych, o kąt 40° wokół osi 90/0° ku południowi w stosunku do ich przedmiocénskiej orientacji.

Artykuł ten nie jest ani oceną ogromnego dorobku naukowego prof. Kotańskiego, ani też wspomnieniem pośmiertnym o tym Badaczu. Jest on pewnego rodzaju impresją geologa strukturalnego rozpoczynającego prace w krystaliniku tatrzańskim nad stanem badań tektonicznych Tatr, ze szczególnym uwzględnieniem najważniejszych osiągnięć prof. Kotańskiego, także jako tektonika tatrzańskiego.

Literatura

- ANDRUSOV D. 1959 — Prehľad stratigrafie a tektoniky druhoorného masivu Vysokých Tatier na územi Slovenska. Geol. Sb., Slov. Akad. Vied., 1, 1: 14–26.
- BAC M. 1963 — Budowa geologiczna Stołów pod Kominami Tylkoymi w Tatrach Zachodnich. Acta Geol. Pol., 13: 61–89.
- BAC M. 1971 — Tektonika jednostki Bobrowca w Tatrach Zachodnich. Acta Geol. Pol., 21: 279–317.
- BAC M. & GROCHOCKA K. 1965 — Budowa fałdu Czerwonych Wierchów na wschodnim zboczu Doliny Kościeliskiej w Tatrach. Acta Geol. Pol., 15: 331–354.
- BAC-MOSZASZWILI M., BURCHART J., GLAZEK 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.
- CYMERMAN Z. 2006 — Profesor Waław Ryka — badacz krystalicznego podłoża NE Polski. Prz. Geol., 54: 1051–1056.
- GAWĘDA A. 2001 — Alaskity Tatr Zachodnich. Zapis wczesnowaryscyjskiej kolizji w prakontynencie Karpat. Wyd. Uniw. Śląskiego, Katowice.
- GAWĘDA A., KOZŁOWSKI K. & PIOTROWSKA K. 2000 — Tectonic development of the crystalline basement of the Polish part of the Western Tatra Mts. Acta Universitatis Carolinae — Geologica, 42, 2: 252–253.
- GOETEL W. & SOKOŁOWSKI S. 1930 — Tektonika serii regłowej okolic Zakopanego. Roczn. Pol. Tow. Geol., 6: 235–301.
- GROCHOCKA-PIOTROWSKA K. 1970 — Fotointerpretacja struktur nieciągłych w masywie granitoidowym polskiej części Tatr Wysokich. Acta Geol. Pol., 20: 365–411.
- GROCHOCKA-REČKO K. 1963 — Budowa geologiczna Wyżnej Świstówki. Acta Geol. Pol., 13: 239–270.
- GUZIK K. & KOTAŃSKI Z. 1963 — Tektonika regli zakopiańskich. Acta Geol. Pol., 13: 387–424.
- IWANOW A. 1965 — Budowa geologiczna jednostki regłowej Suche-go Wierchu między Doliną Bystrej i Doliną Małej Łąki w Tatrach. Acta Geol. Pol., 15: 393–428.
- JANÁK M. 1994 — Variscan uplift of the crystalline basement, Tatra Mts, Central West Carpathians: evidence from Ar/Ar laser probe dating of biotite and P-T-t paths. Geol. Carpath., 45: 239–300.
- JANÁK M., KAHAN S. & JANCULA D. 1988 — Metamorphism of pelitic rocks and metamorphic zones in SW part of the Western Tatra Mts. crystalline complexes. Geol. Sb. Geol. Carpath., 39: 455–488.
- JUREWICZ E. 2000a — Próba rekonstrukcji pola naprężeń z etapu fałdowań płaszczowinowych w Tatrach na podstawie analizy struktur ślizgowych w trzonie granitowym. Prz. Geol., 48: 239–245.
- JUREWICZ E. 2000b — Próba korelacji wyników analizy strukturalnej trzonu granitoidowego Tatr Wysokich i jednostek płaszczowinowych. Prz. Geol., 48: 1014–1018.
- JUREWICZ E. 2002 — Geometric analysis of steep-dipping dislocations within the granulite core in the Polish part of the Tatra Mts. Ann. Soc. Geol. Pol., 72: 89–98.
- JUREWICZ E. 2003 — Multistage evolution of the shear zone at the base of the Giewont Unit, Tatra Mountains (Poland). Geol. Carpath., 54: 337–351.
- JUREWICZ E. & BAGIŃSKI B. 2005 — Deformation phases in the selected shear zones within the Tatra Mountains granulite core. Geol. Carpath., 56: 17–28.
- JUREWICZ E. & SŁABY E. 2004 — The Zadnie Kamienne „ravenous” shear zone (High-Tatra Nappe) — conditions of deformation. Geol. Quart., 48: 371–382.
- KOTAŃSKI Z. 1954 — Próba genetycznej klasyfikacji brekcji na podstawie badań wierzchowego triasu w Tatrach. Roczn. Pol. Tow. Geol., 24: 63–95.
- KOTAŃSKI Z. 1955 — Wapienie robaczkowe środkowego triasu serii wierzchowej Tatr. Acta Geol. Pol., 5: 344–362.
- KOTAŃSKI Z. 1956a — Kampil wierzchowy w Tatrach. Acta Geol. Pol., 6: 65–74.
- KOTAŃSKI Z. 1956b — O stratygrafii i paleogeografii kajpru wierzchowego w Tatrach. Acta Geol. Pol., 6: 273–286.
- KOTAŃSKI Z. 1959a — Profile stratygraficzne serii wierzchowej Tatr Polskich. Biul. Inst. Geol., 139: 1–160.
- KOTAŃSKI Z. 1959b — Nowe badania nad tektoniką serii wierzchowej. Biul. Inst. Geol., 149: 159–177.
- KOTAŃSKI Z. 1961 — Tektogeneza i rekonstrukcja paleogeografii pasma wierzchowego w Tatrach. Acta Geol. Pol., 11: 187–476.
- KOTAŃSKI Z. 1963a — Nowe elementy budowy masywu Czerwonych Wierchów. Acta Geol. Pol., 13: 149–198.
- KOTAŃSKI Z. 1963b — Stratygrafia i litologia triasu regli zakopiańskich. Acta Geol. Pol., 13: 317–387.
- KOTAŃSKI Z. 1965a — Budowa geologiczna pasma regłowego między Doliną Małej Łąki i Doliną Kościeliską. Acta Geol. Pol., 15: 257–330.
- KOTAŃSKI Z. 1965b — Przekrój geologiczny wschodniego zbocza Doliny Kościeliskiej w Tatrach w historycznym rozwoju. Acta Geol. Pol., 15: 239–256.
- KOTAŃSKI Z. 1971 — Przewodnik geologiczny po Tatrach. Wyd. Geol.
- KOTAŃSKI Z. 1979a — Trasa B3. Przewodnik 51. Zjazdu Pol. Tow. Geol. Zakopane, 13–15 września 1979. Wyd. Geol.
- KOTAŃSKI Z. 1979b — Pozycja Tatr w obrębie Karpat Zachodnich. Prz. Geol., 27: 359–368.
- KOTAŃSKI Z. 1985 — Jeszcze raz o płaszczowinie strażowskiej w Tatrach, część II. Prz. Geol., 33: 621–628.
- LEFELD J. 1997 — Tektogeneza Tatr. Cykl alpejski. Przewodnik 68. Zjazdu Pol. Tow. Geol., Zakopane, 2–4 października 1997. Pol. Tow. Geol. LIMANOWSKI M. 1912 — Tektonika Tatr. Geografia fizyczna ziem polskich. Encykl. Pol. Akad. Um., 1: 61–70.
- LUEGON M. 1903 — Les nappes de recouvrement de la Tatra et l’origine des Klippes des Carpathes. Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat., Lausanne, 39, 4: 1–51.
- MICHALIK A. 1955 — Tektonika serii wierzchowej na obszarze Liliowego i Małej Koszystej. Biul. Inst. Geol., 96: 5–60.
- PASSENDORFER E. 1934 — Jak powstały Tatry. Wyd. Księżnica-Atlas, Lwów-Warszawa.
- PASSENDORFER E. 1971 — Jak powstały Tatry, wyd. IV. Wyd. Geol.: 279.
- PASSENDORFER E. 1975 — Jak powstały Tatry, wyd. V. Wyd. Geol.: 305.
- PERYT D. 1974 — Budowa geologiczna wschodniego zbocza Niżniej Świstówki w Tatrach. Prz. Geol., 22: 328–329.
- PERYT T. 1974 — Budowa geologiczna węzła tektonicznego Kufy w Tatrach. Prz. Geol., 22: 277–278.
- PIOTROWSKA K. 1997 — Cios, spękania ciosowe i uskoki w trzonie granitoidowym polskich Tatr Wysokich. Prz. Geol., 45: 904–907.
- PIOTROWSKI J. 1965 — Trias środkowy masywu Kominów Tylko-wych i jego tektonika. Acta Geol. Pol., 15: 355–392.
- PIOTROWSKI J. 1978 — Charakterystyka mezostrukturalna głównych jednostek tektonicznych Tatr w przekroju Doliny Kościeliskiej. Stud. Geol. Pol., 55: 1–190.
- PUTIŠ M. 1992 — Variscan and Alpidic nappe structures of the Western Carpathian crystalline basement. Geol. Carpathica, 43: 369–379.
- RABOWSKI F. 1925 — Budowa Tatr. Budowa pasma wierzchowego. Spraw. Państw. Inst. Geol., 3, 1–2: 169–188.
- RABOWSKI F. 1931 — Cztery przekroje geologiczne między Doliną Kościeliską a Doliną Kondratową. Spraw. Państw. Inst. Geol., 6, 4: 742–751.
- RABOWSKI F. 1959 — Serie wierzchowe w Tatrach Zachodnich. Pr. Inst. Geol., 27: 1–178.
- RABOWSKI F. & GEOTHEL W. 1925 — Budowa Tatr. Pasma regłowe. Spraw. Państw. Inst. Geol., 3, 1–2: 189–206.
- SIECIARZ K. 1963 — Budowa geologiczna wschodniego zbocza Kopy Kondrackiej. Acta Geol., Pol., 13: 271–295.
- SKUPIŃSKI A. 1975 — Petrogeneza i struktura trzonu krystalicznego między Ornakiem a Rohaczami — Tatry Zachodnie. Studia Geol. Pol., 49: 4–98.
- SOKOŁOWSKI S. 1958 — Tatry. Przekroje geologiczne przez Polskę. Wyd. Geol.
- SOKOŁOWSKI S. 1959 — Zarys geologii Tatr. Biul. Inst. Geol., 149: 19–98.
- SOKOŁOWSKI S. 1961 — Uwagi o wynikach nowych badań nad tektoniką Tatr. Roczn. Pol. Tow. Geol., 30: 389–412.
- SZULCZEWSKI M. 1963 — Budowa geologiczna Małej Świstówki. Acta Geol. Pol., 13: 199–233.
- ŚWIDERSKI B. 1922 — Korzenie leżące fałdu Czerwonych Wierchów oraz nowe elementy budowy trzonu Tatr. Rozp. Wydz. Mat.-Przyr. Pol. Akad. Um., Warszawa, 21, A: 19–98.
- UHLIG V. 1897 — Die Geologie des Tatrgebirges. I Th. Einleitung und stratigraphischer Theil. Anz. Akad. Wiss. math. nat. Kl., Wien, 64: 643–684.
- ŻELAŻNIEWICZ A. 1997 — Tektogeneza Tatr. Cykl prealpejski. Przewodnik 68. Zjazdu Pol. Tow. Geol., Zakopane, 2–4 października 1997. Pol. Tow. Geol.