

## Czytelność budowy geologicznej na zdjęciach lotniczych na przykładzie zachodniej części Beskidu Wyspowego

*Readability of geological structure of the western part of Beskid Wyspowy  
Mountain Ridge (Outer Carpathians, Poland) based on interpretation  
of air photographs*

Monika FIRLIŃSKA

**Słowa kluczowe:** Beskid Wyspowy, budowa geologiczna, zdjęcia lotnicze

**Key words:** Outer Carpathians, geological structure, interpretation of air photographs

The area under investigation described in this paper is located in the Outer Carpathians in the western part of Beskid Wyspowy mountain ridge, in the Rača Subunit of the Magura Nappe and partly in the area of Tectonic Window of Mszana Dolna. A purpose of the study was to use of aerial photographs for assessment of readability of geological structure of above mentioned area. There is a lot of factors that determine the readability of geological structure on airphotos: scale of the photographs, kind of films and filters, treatment of negatives and positives, season and time of the day when the photos were taken.

The following photo interpretation criteria were considered the greatest importance during interpretation of the geological structure: morphology, tone of the air photos, colour, objects' size and shape, image pattern and shade. Also

a hydrographical network and vegetation cover were taken under consideration as they are strongly connected with the geology.

A geological sketch was executed as a result of the study. The sketch was compared with geological maps. It turned out that there are a few geomorphological elements that could be recognised in airphotos as valleys, mountain' chains, rivers' terraces and landslides. There was no problem with distinguishing such geological structures as: intersectional lines, lithology, bedding of rocks, faults, the boundary of the Magura Nappe's thrust. In some cases there was incompatibility between elaborated geological sketch and geological maps due to a way the map was prepared, dislocalization of an element on the geological map, and problems with an interpretation of the areas with an abundant vegetation.

### Wstęp

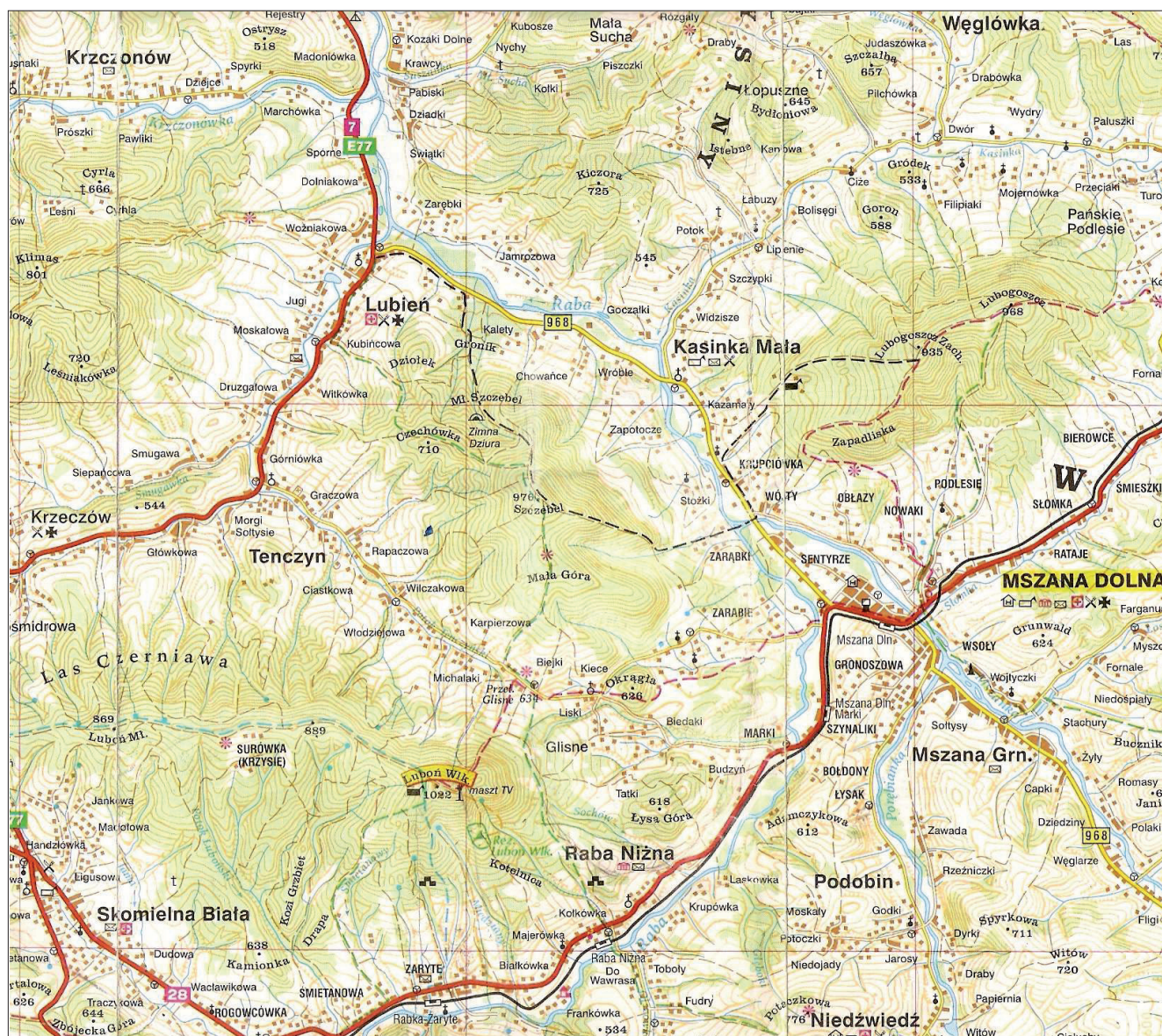
Teren badań położony jest w Karpatach zewnętrznych, w zachodniej części Beskidu Wyspowego. Charakterystyczne dla niego jest bogactwo form geomorfologicznych oraz specyficzna budowa geologiczna. Znamienne dla Beskidu Wyspowego, zaznaczające się także na obszarze badań, jest odwrócenie morfologii terenu w stosunku do strukturalnej budowy geologicznej – tak zwana inwersja rzeźby.

Na obszarach południowej Polski z dobrze rozpoznaną budową geologiczną z zastosowaniem tradycyjnych metod badawczych, użycie metod fotogeologicznych niejednokrotnie dostarcza nowych danych na temat tej budowy i dowodzi konieczności jej reinterpretacji. Sukces przydatności fotogeologii warunkowany jest przez jej cechę rozszerzania skali ludzkiego widzenia, a także głębi tego widzenia (Guzik, 1960).

Celem niniejszej pracy jest określenie stopnia przydatności stereoskopowych zdjęć lotniczych do interpretacji budowy geologicznej na obszarze badań, wskazanie tych elementów budowy geologicznej, które łatwo dają się interpretować na zdjęciach lotniczych.

### Teren badań

Teren badań położony jest geograficznie w Karpatach Zachodnich, w zachodniej części Beskidu Wyspowego (ryc. 1). Zajmuje on powierzchnię 217,46 km<sup>2</sup>. Zgodnie z podziałem administracyjnym z 1 stycznia 1999 roku, położony jest częściowo na obszarze powiatu limanowskiego, a częściowo na obszarze powiatu myślenickiego.



Ryc. 1. Fragment mapy turystycznej Beskidu Wyspowego w skali 1:75000 przedstawiający obszar badań (Starzewski, 1999).  
Fig. 1. The described area on the part of a tourism map – Beskid Wyspowy in scale of 1:75000 (Starzewski, 1999).

### Budowa geologiczna

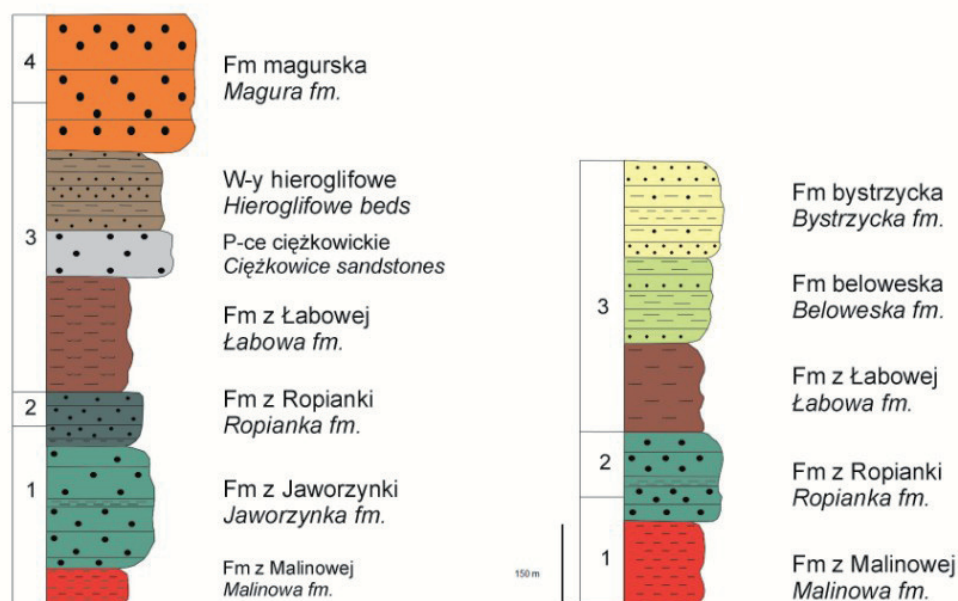
Polskie Karpaty są położone w północnej części łańcucha górskiego przynależnego do alpejskiej strefy fałdowań - tak zwanych Alpidów. Tradycyjnie ze względu na różnice w budowie i historii geologicznej oraz w strukturze góry te dzielone są na Karpaty wewnętrzne i zewnętrzne rozdzielone pienińskim pasem skalnym. Karpaty zewnętrzne ze względu na swój łupkowo-piaskowcowy charakter zwane są fliszowymi (Książkiewicz, 1972; Unrug (red.) 1979;). Na obszarze Polski rzeki Dunajec i Poprad rozgraniczają Karpaty fliszowe na część wschodnią i zachodnią (Unrug (red.), 1979). Pośród głównych jednostek tektonicznych Karpat zewnętrznych wymienia się od południa: płaszczynę magurską, grupę jednostek fałdowych strefy przedmagurskiej, płaszczynę śląską, płaszczynę podśląską oraz płaszczynę skolską (Ślącza, Kamiński, 1998).

Teren badań prowadzonych w ramach niniejszej pracy jest położony na obszarze jednostki magurskiej. Jednak za sprawą okna tektonicznego Mszany Dolnej odsłaniają się tu utwory również płaszczyny śląskiej oraz strefy przedmagurskiej.

Płaszczyna magurska, największa oraz najbardziej wewnętrzna jednostka polskich Karpat, nasunięta jest na utwory jednostki dukielskiej (jedna z fałdowych jednostek strefy przedmagurskiej) lub bezpośrednio na jednostkę śląską. Ze względu na różnice w litostratygicznym rozwoju górno kredowych i paleogeńskich utworów dzieli się ją na strefy tektoniczno-facjalne (od południa): krynicką, bystrzycką, raczańską oraz Siar (Cieszkowski i in., 1985). Jednak na obszarze badań występują utwory tylko strefy raczańskiej oraz bystrzyckiej (ryc. 2).

Zgodnie z aktualną nomenklaturą wydzielen za N. Oszczytko i in. (2005) oraz N. Oszczytko (1991) profil stratygraficzny serii magurskiej w raczańskiej strefie

**SERIA MAGURSKA (*Magura series*) - STREFA FACJALNA (*Facial zone*):**  
**RACZAŃSKA (*Raca*)** **BYSTRZYCKA (*Bystrica*)**



Ryc. 2. Profile stratygraficzne strefy facjalnej raczańskiej i bystrzyckiej. 1 – późna kreda, 2- paleocen, 3 – eocen, 4 – oligocen.

Fig. 2. Lithostratigraphic log of *Raca* and *Bystrica* subunits. – Late Cretaceous, 2 – Palaeocene, 3 – Eocene, 4 – Oligocene.

facjalnej na obszarze badań rozpoczynają łupki pstrych formacji z Malinowej (*turon – późny santon*) podścielające biotytowe piaskowce formacji z Jaworzynki (*dolny kampan – wczesny mastrycht*). Kolejno w profilu występują: średnioławicowa sekwencja turbidytowa piaskowcowo-łupkowego fliszu formacji z Ropianki (*warstwy inoceramowe*) (*mastrycht – paleocen*), formacja pstrych łupków z Łabowej (*wczesny - środkowy eocen*), gruboławicowe piaskowce ciężkowickie (*paleocen-eocen*), cienko- i średnioławicowy flisz piaskowcowo-łupkowy warstwy hieroglifowych dolnych i górnych (warstwy podmagurskie sensu Paul, Ryłko, 1984; Burtan, Szymakowska, 1964) (*środkowy – późny eocen*), formacja magurska – (warstwy magurskie w facji mikowej sensu Burtan, Szymakowska, 1964) (*późny eocen – oligocen*), gruboławicowe piaskowce formacji magurskiej – (warstwy magurskie w facji glaukonitowej – piaskowce z Wątkowej) (*późny eocen – oligocen*).

Na obszarze badań profil serii magurskiej w bystrzyckiej strefie facjalnej w porównaniu ze strefą raczańską (ryc. 2) charakteryzuje się brakiem wychodni osadów formacji z Jaworzynki, natomiast po utworach formacji z Łabowej występują tylko turbidyty formacji belowskiej (*wczesny-środkowy eocen*), które podścielają najstarsze wydzielenie – formację bystrzycką (*wczesny-późny eocen*).

Utwory serii magurskiej są sfałdowane w liczne elementy synklinalne i antyklinalne. Synkliny początkowo wykształcone zostały jako symetryczne, normalne, szerokie i płaskie. Jednak ich południowe skrzydła uległy silnej redukcji tektonicznej. Antykli-

ny są zazwyczaj wąskie, ścienione, często złuskowane i poprzecinane uskokami zrzutowo-przesuwczymi, czasem wtórnie przełałdowane. Na obszarze badań w obrębie płaszczowiny magurskiej zaznacza się klasyczna inwersja rzeźby z budową geologiczną. Najmłodsze utwory (formacja magurska) budują jądra synklin będące wyniesieniami, natomiast jądra antyklinal budują skały starsze, mniej odporne na erozję (formacja łupków z Łabowej), w morfologii obszaru zaznaczające się jako obniżenia dolinne. Jest to zjawisko typowe na południe od nasunięcia płaszczowiny magurskiej.

Osady serii przedmagurskiej za J. Burtan i in. (1976) rozdziela się na fację północną i południową. Na utworach serii północnej jako nasunięte lub jako czapki tektoniczne spoczywają utwory serii przedmagurskiej południowej. Profil stratygraficzny serii przedmagurskiej rozpoczynają warstwy z Kaniny (*turon – senon dolny*), które podścielają gruboławicowy flisz piaskowcowo-łupkowy warstw inoceramowych ciśniańskich (*senon*). Ponad nimi wykształciły się obfite w lyszczyki warstwy biotytowe z Jaworzynki (*senon dolny-paleocen*). Kolejne z wydzieliń litostratygraficznych to: łupki ciemne z soczewkami piaskowców glaukonitowych (*paleocen*), łupki pstry, głównie zielone (*eocen*), wapienie z Koniakowa (*eocen*), warstwy grybowskie wykształcone w postaci fliszu piaskowcowo-łupkowego (*oligocen*), łupki menilitowe z poziomem piaskowców gruboławicowych w stropie (*oligocen*), cienko-ławicowy flisz piaskowcowo-łupkowy warstw krośnieńskich (*oligocen*).

Osady serii przedmagurskiej odsłaniają się w obrębie okna tektonicznego Mszany Dolnej (Burtan, 1974)

- największego okna spośród jedenastu odsłaniających się w Polsce na terenie płaszczowiny magurskiej. Formują dwie jednostki: niższą – Mszany Dolnej oraz wyższą – grybowską. Jednostkę Mszany Dolnej tworzy kilkanaście fałdów o przebiegu równoleżnikowym, które są obalone i złuskowane przy brzegu okna. Nasunięta od południowego wschodu jednostka grybowska występuje w postaci płatów leżących w depresjach obwiedni fałdów pierwszej jednostki (Mastella, 1988). Omawiane utwory są złuskowane i nasunięte ku północy na utwory płaszczowiny śląskiej (Oszczypko, 2004). Jednak w morfologii okna Beskidów zaznacza się rozległym obniżeniem z łagodnymi, kopulastymi wyniesieniami (Burtan i in. w: Oszczypko, Zuchiewicz, 1992).

Na obszarze badań występują tylko trzy wydzielenia przynależne do serii śląskiej: łupki wierzowskie (czarne, ilaste z muskowitem) (*wczesna kreda*), margle podmilitowe (*eocen*), skorupowe łupki lub skorupowo-płytkowe piaskowce przedzielane szarymi łupkami marglistymi warstw krośnieńskich (*oligocen*). Utwory serii śląskiej odsłaniają się na niewielkim obszarze terenu badań w jego południowo-wschodniej części. Na warstwy krośnieńskie i łupki menilitowe strefy Skrzydłnej nasunięte są utwory łuski Bystrego ze śląską kredą dolną. Osady łupków menilitowych są tektonicznie zredukowane.

Na obszarze badań ponad tektoniką uskokowo-fałdową dominuje tektonika płaszczowinowa. Osie fałdów mają przebieg NW-SE lub NE-SW. Największą dyslokacją na obszarze badań jest powierzchnia nasunięcia płaszczowiny magurskiej (granica okna tektonicznego Mszany Dolnej). Dyslokacjami niższych rzędów są powierzchnie nasunięć łusek tektonicznych oraz uskoki (Burtan, 1974; Burtan, Szymanowska, 1964; Burtan i in., 1976; Paul, Ryłko, 1984; Firlńska, 2008).

Osady czwartorzędowe występują głównie w dolinach rzek oraz na słabo nachylonych stokach. Takie występowanie determinowane jest genezą fluwialną (napływowe) lub erozyjną (gliny zwietrzelinowe) osadów. Pokrywają starsze utwory kredowe lub trzeciorzędowe warstwą o różnej miąższości.

### Rzeźba

Obszar objęty niniejszą pracą znajduje się w południowo-zachodniej części mezoregionu Beskidu Wyspowego należącego do makroregionu Beskidów Zachodnich a podprowincji zewnętrznych Karpat Zachodnich (Kondracki, 1998) i obejmuje w całości masywy o inwersyjnej rzeźbie: Lubonia Wielkiego (1022 m n.p.m.), Szczebła (976 m n.p.m.), Lubogoszczy (968 m n.p.m.) oraz częściowo masywy Zembalowej, Wieszkówki, Wierzbanowskiej Góry, które są otoczone obniżeniami dolin rzecznych. Wymienione masywy opływane są przez rzekę Rabę i jej dopływy (ryc. 1). Charakterystyczną cechą omawianych wyniesień są zaokrąglone grzbieity i strome stoki o nachyleniu przekraczającym 30% w górnych partiach stoków. W dolnych partiach stoków nachylenie waha się w granicach 10-30% (Starkel, 1972;

Burtan, 1978; Burtan i in., 1978; Unrug (red.), 1979; Starkel (red.), 1999). Odporne na wietrzenie najmłodsze osady wypełniające jądra synklin - piaskowce formacji magurskiej i warstw hieroglifowych budują strome szczyty wzniesień. Natomiast miękkie, słabo odporne na erozję łupki formacji z Łabowej oraz rozsypliwie piaskowce formacji z Jaworzynki determinują łagodne zbocza o małym nachyleniu (Burtan i in., 1978).

Najniżej położone na obszarze badań jest lustro rzeki Raby, które znajduje się nieco poniżej 400 m n.p.m. Wartości wysokości względnych na terenie badań wahają się od 200 m do 622 m (Burtan i in., 1978; Starzewski, 1999; Otałęga i in., 2000). Pod względem wysokości bezwzględnej obszar badań obejmuje góry średnie. Na omawianym terenie występuje kilka fragmentów powierzchni zrównań poziomu śródgórskiego i pogórskiego (Unrug (red.), 1979; Otałęga i in., 1997; Starkel i in., 1999).

Inną ważną cechą rzeźby omawianego obszaru są także nieregularne formy terenu związane z koluwalnym osuwaniem się podłoża (Burtan i in., 1978; Starzewski, 1999). Ponadto wyróżnia się formy fluwialne, erozyjne lub akumulacyjne, powstałe głównie w wyniku działalności Raby (np. terasy rzeczne, stożki napływowe, łachy przybrzeżne i korytowe) (Burtan i in., 1978).

Duże nachylenia stoków, wysokie opady deszczu, mało zwięzłe gleby sprzyjają rozwojowi takich procesów rzeźbotwórczych jak denudacja chemiczna, procesy fluwialne, osuwiskowe i soliflukcyjne (Otałęga, 1997; Starkel (red.), 1999).

### Stosunki wodne

Układ hydrograficzny obszaru badań tworzy rzeka Raba wraz z licznymi dopływami kolejnych rzędów. Układ sieci rzecznej jest typu dendrytycznego. Przepływy dobowe cieków wodnych są bardzo zmienne, natomiast reżim jest typu pluwialno-niwalnego. Charakterystyczne jest, że na obszarach górskich zaznaczają się dwa wzniosy zwierciadła wód. Pierwszy – wiosenny – jest efektem wsiąkania wód roztopowych. Drugi jest determinowany znacznymi opadami występującymi latem. Średni odpływ jednostkowy wynosi 15 l/s km<sup>2</sup>. Średni odpływ w miesiącach letnich wynosi na ogół 130-180% średniego odpływu rocznego i jest wyższy lub zbliżony do odpływu w miesiącach wiosennych. Maksimum odpływu miesięcznego przypada na lipiec. Zasilenie powierzchniowe dominuje nad pozostałymi (powyżej 65%) (Starkel (ed), 1999; Otałęga (ed), 2000).

Powierzchnia zlewni Raby wynosi 1470 km<sup>2</sup> (Starkel (ed), 1999). Na obszarze badań ta rzeka pokonuje dystans 24 km. Do głównych dopływów Raby na obszarze badań należą (od południa): Potok Luboński, Olszówka, Gęsia Szyja, Mszanka z jej dopływem Porębianką, Kasinka, Smugawka oraz Krzczonówka. Średnia długość dopływów waha się tu od 1 do 8 km. Najdłuższym dopływem jest Kasinka. Prostolinijne doliny potoków rozcinają w poprzek struktury geologiczne (są diaklinalne).

Miejscami biegają przeciwnie do upadu warstw (anaklinalne). Układ den dolin geometrycznie określa się mianem promienistego (Otałęga (ed), 2000). Deniwelacje między źródłem a ujściem potoków do Raby wynoszą od 120 do 400 m. Genetycznie źródła dopływów są szczelinowe we fliszu lub porowe w pokrywie zwietrzelinowej. Charakteryzują się licznym występowaniem ale niską wydajnością (Starzewski, 1999).

Obszar badań jest średnio zasobny w wody podziemne (Otałęga (ed), 2000). Średni odpływ podziemny na obszarze badań wynosi 5 l/s km<sup>2</sup> (Starkel (ed), 1999). Głębokość występowania pierwszego poziomu wód podziemnych jest zmienna. Jednak na obszarze podnóży Lubonia Wielkiego występuje na głębokości 5-15 m. W najmłodszej terasie zalewowej Raby głębokość wód podziemnych waha się w granicach 2-5 m. (Burtan i in., 1978; Burtan, 1978; Otałęga, 2000). Na omawianym obszarze występuje typ szybkiego krążenia wody uwarunkowany klimatem (częste opady o znacznym natężeniu), rzeźbą (duże deniwelacje terenu), a także budową geologiczną (podłoże o słabej przepuszczalności i ograniczonej wodoności) (Starkel i in., 1999).

#### Gleby i szata roślinna

Na obszarze polskich Karpat jednym z dominujących czynników glebotwórczych jest pionowa strefowość klimatyczno-roślinna. Obszar badań położony jest w strefie pogórza (do 600 m n.p.m.) oraz w strefie niższego leśnego piętra górskiego, które w Karpatach sięga do 1250 m n.p.m. Gleby pierwszej ze stref są przeważnie przekształcone przez człowieka (Bednarek, Prusinkiewicz, 1997; Starkel (red), 1999). Na pokrywę glebową na obszarze badań wpływają również: podłoże geologiczne, rzeźba, stosunki hydrologiczne oraz rolnicza działalność człowieka (Otałęga (red.), 1997). Na przemianległe piaskowce i łupki fliszu karpackiego stanowią substrat warunkujący powstanie gleb brunatnych kwaśnych (*dystric cambisols*), brunatnych wylugowanych i gleb opadowo-glejowych (*stagnic gleysols*) (Bednarek, Prusinkiewicz, 1997). Na obszarze badań występują także płaty gleb wytworzonych również z utworów lessowatych – gleby płowe (*luvisols*) (Bednarek, Prusinkiewicz 1997; Skiba, 2000, w: Otałęga (red.), 2000).

Stosownie do podziału fitogeograficznego Polska przynależy do Państwa Holarktycznego, przy czym obszary górskie zaliczane są do Prowincji Środkowoeuropejskiej Górskiej (Otałęga i in., 1997). Zgodnie z podziałem geobotanicznym Polski według W. Szafera i B. Pawłowskiego (1972, w: Starkel (ed), 1999) obszar badań jest położony na terenie Podokręgu Śląsko-Babiogórskiego w Okręgu Beskidów zaliczanych do Działu Karpat Zachodnich (Podprowincja Karpacka). Na obszarze badań występują dwa piętra roślinności górskiej: piętro pogórza oraz piętro regla dolnego (Otałęga (red), 1997). Zrównania śródgórskie zostały zasiedlone, a także częściowo zajęte pod uprawę (Kondracki, 1998). Pierwsze piętro roślinne (pogórza) sięga miejscami do

około 700 m n.p.m. Na jego obszarze dominują lasy łąkowe i lasy mieszane. Charakterystyczne jest jego znaczne przekształcenie przez człowieka ze względu na łatwą dostępność terenu. Piętro regla dolnego porasta zbocza gór w Beskidach od 500 m n.p.m. do około 1200 m n.p.m. Na jego obszarze dominuje tak zwana buczyna karpacka (lasy jodłowo-bukowe typu karpackiego) (Otałęga, 1997; Kondracki 1998, Starkel i in., 1999).

#### Materiały

Źródłem informacji o budowie geologicznej na analizowanym obszarze były stereogramy barwnych zdjęć lotniczych. Wykorzystano 21 zdjęć lotniczych analogowych w skali 1:26000 wykonanych 11.08.1997 roku oraz 16.09.1997 roku. Kolejnym materiałem użytym w badaniach było osiem arkuszy map topograficznych w skali 1:10000 sporządzonych w układzie 1965. Wykorzystano również numeryczny model terenu powstały w projekcie LPIS o rozdzielczości przestrzennej 1 m do wyznaczenia wysokości fotopunktów pozyskanych z map topograficznych. Innym źródłem informacji o budowie geologicznej na badanym obszarze była mapa geologiczna w skali 1:50000 wykonana w układzie 1942. Wykorzystano fragmenty czterech arkuszy tej mapy: Osielec (Burtan, Szymanowska, 1964), Mszana Dolna (Burtan, 1974), Mszana Górna (Burtan, Watycha, 1976), Rabka (Paul, Ryłko, 1984).

#### Metody

##### przetwarzanie danych źródłowych

Jednym z etapów badań było pozyskanie danych wektorowych z arkuszy map geologicznych w skali 1:50000. W tym celu zeskanowano mapy geologiczne. Następnie w programie PowerMap 08.05.02.02 firmy Bentley nadano im właściwy układ współrzędnych (1942) oraz połączono cztery arkusze i przeprowadzono rektyfikację do układu 1992. Na tak przygotowanym materiale, również w programie PowerMap, wektoryzowano mapę geologiczną metodą *heads-up digitizing* z dokładnością przestrzenną 10 m wynikającą ze skali mapy. Ta angielska nazwa oznacza ręczną digitalizację ekranową za pomocą myszki (Longley i in., 2006). Sprawdzone topologię liniową.

Przygotowanie zdjęć lotniczych do dalszych etapów badań wymagało przeprowadzenia procesu aerotriangulacji metodą automatyczną wykorzystując program ImageStation Automatic Triangulation 5.2 firmy Intergraph. Aerotriangulacja jest procesem kameralnego zagęszczenia osnowy fotogrametrycznej (Boroń, Boroń, 2003). Do powiązania 21 zdjęć lotniczych wybrano 12 punktów kontrolnych. Zdjęcia połączono za pomocą 1086 punktów wiążących. Ilość stopni swobody wyniosła 962. W wyniku wyrównania projektu otrzymano na punktach kontrolnych następujące dokładności: X= 0,085 m, Y= 0,093 m, Z= 0,064 m. Średnie odchylenie

standardowe punktów wyznaczanych wynosi:  $SX=0,127$  m,  $SY=0,156$  m,  $SZ=0,303$  m. Dla całego projektu aerotriangulacji sigma wyniosła  $4,2 \mu\text{m}$ . Powiązane zdjęcia utworzyły trzy szeregi po siedem zdjęć w każdym. Tym samym otrzymano osiemnaście modeli stereoskopowych obejmujących cały obszar badań.

### Interpretacja obrazu

Fotointerpretacja geologiczna jest metodą odczytania treści geologicznej ze zdjęć fotograficznych terenu. Za kryteria fotointerpretacyjne służą przede wszystkim: rzeźba terenu, fototony obrazu oraz wegetacja roślinna poddane równoczesnej analizie (Ostaficzuk, 1978). Na ilość odczytanych elementów budowy geologicznej wpływa wiele czynników – zależnych (skala zdjęcia, rodzaj filtrów i klisz, obróbka materiałów negatywowych i pozytywowych, pora roku i dnia wykonania zdjęcia) i niezależnych od fotointerpretatora (budowa geologiczna, morfologia terenu, sieć hydrograficzna, obecność szaty roślinnej i zabudowy) (Bacówna i in., 1966; Ostaficzuk, 1978; Ciołkosz i in., 1986).

Fotointerpretację geologiczną przeprowadzano z użyciem stereoskopowej stacji fotogrametrycznej DEPHOS z wykorzystaniem okularów ciekłokrystalicznych podłączonych do karty graficznej komputera. Rysowano wyinterpretowane granice geologiczne z 1-metrową dokładnością przestrzenną. Występujące zjawisko przewyższenia stereoskopowego ułatwiało analizę morfologii szczególnie na obszarach o małych deniwelacjach. Interpretację litologii przeprowadzano na podstawie wymienionych wyżej cech, a w szczególności: rzeźby terenu, gleb oraz roślinności. Na początku fotointerpretacji oddzielono aluwia od utworów starszych na podstawie wyraźnej zmiany w ukształtowaniu terenu. Rzeźba odgrywa decydującą rolę przy fotointerpretacji (Bacówna i in., 1966). Linie graniczną pomiędzy tymi różnogenezytycznymi osadami kreślono dolną granicą skarpy (ryc. 3). Następnie wyznaczano lineamenty (głównie uskoki), granice geologiczne oraz granice form geomorfologicznych i geologicznych w obrębie poszczególnych poligonów, głównie na podstawie morfologii terenu.

Analizę porównawczą wektoryzowanej mapy geologicznej ze szkicem budowy geologicznej powstałym w wyniku fotointerpretacji geologicznej przeprowadzono metodą wizualną na ekranie monitora. Do zastosowania tej metody posłużył wynik porównania mapy geologicznej ze szkicem (ryc. 5). Starano się odnaleźć takie obszary, gdzie te same granice geologiczne pochodzące z dwóch wektoryzacji (mapa geologiczna i szkic) pokrywają się, gdyż takie miejsca świadczyłyby o przydatności zdjęć lotniczych do interpretacji budowy geologicznej na obszarze Beskidu Wyspowego.

### Analiza

Fotointerpretacja geologiczna stereogramów przeprowadzona na obszarze zachodniej części Beskidu Wy-

spowego pozwoliła na wyróżnienie zespołu elementów i cech budowy geologicznej dobrze rozpoznawalnych na obrazach stereoskopowych z terenu badań. Jednocześnie otrzymano informacje na temat tych struktur geologicznych, które za pomocą zastosowanych metod teledetekcyjnych nie mogą być wyznaczane.

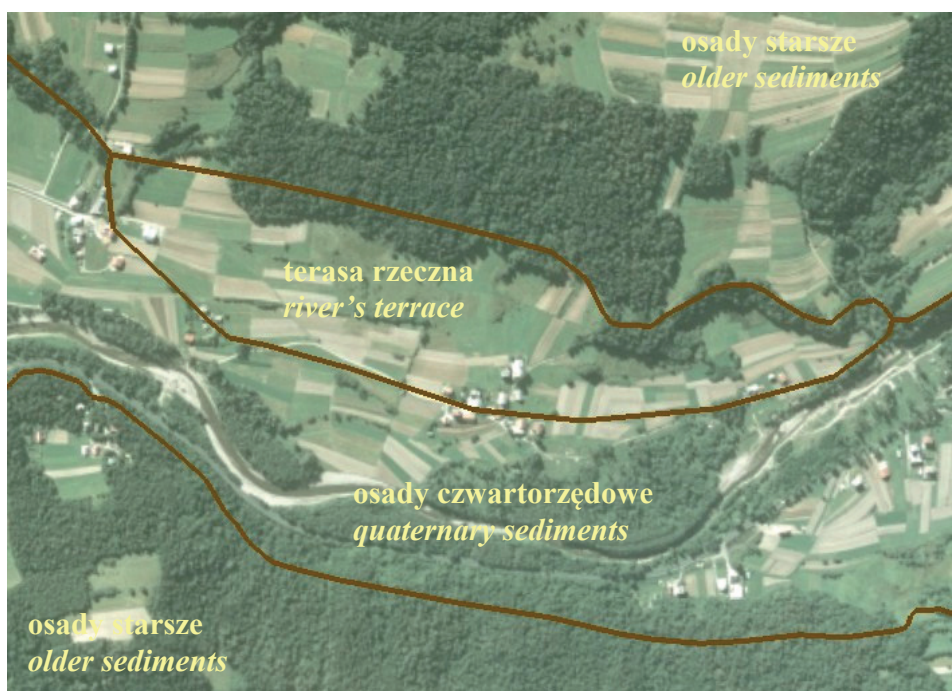
Po pierwsze łatwym do wyznaczenia na zdjęciach lotniczych są osady koluwalne. Nisze osuwiskowe są formami ujemnymi o wyraźnie zaznaczonych granicach, szczególnie tej ściany, na której miało miejsce odspojenie skał. Wewnątrz niszy obraz posiada nieuporządkowaną, ziarnistą strukturę, a roślinność rozmieszczona jest chaotycznie. Zaobserwowane na obrazie stereoskopowym nisze dają szereg informacji o budowie geologicznej obszaru. Między innymi o zmianach w litologicznym wykształceniu warstw geologicznych (osuwiska strukturalne) lub o zluźnieniach tektonicznych (osuwiska tektoniczne).

Interpretowanie przebiegu granicy terasów rzecznych (ryc. 3) ułatwia przewyższenie stereoskopowe, które uwypukla rzeźbę. W ten sposób na obrazie trójwymiarowym jest ona dobrze widoczna na obszarach o małych deniwelacjach (Ostaficzuk, 1978). Dodatkową informacją o terasach rzecznych ułatwiającą rozpoznanie jest współkształtny przebieg ich granic do osi doliny.

Barwę wykorzystano jako bezpośrednią cechę wskazującą litologię, tam gdzie skały podłoża, lub ich zwierteliny występująca powierzchnią. Posłużyła ona do wykreślenia granic geologicznych na obszarze kamieniołomu w Teczynie. Bardziej żółtawa barwa występująca w górnej części kamieniołomu odpowiada piaskowcom formacji magurskiej. Barwa szarawa cechuje skały warstw hieroglifowych. Dodatkowo wyznaczanie linii ułatwia analiza morfologii obszaru otaczającego kamieniołom. Barwa skał przynależnych do odpowiednich wydzieleni litostratygraficznych została zweryfikowana w trakcie badań terenowych.

W północno-wschodniej części terenu badań zaobserwowano na koronach drzew pasy o zmiennej jasności barwy. Zmiana ta warunkowana jest warstwowaniem w obrębie skał podłoża. Zatem w podłożu występują skały o naprzemiennej litologii, które wpływają na jasność koron drzew. Ponadto zaznaczone linie są zgodne z azymutami linii biegów odczytanymi z mapy geologicznej wynoszącymi od  $85^\circ$  do  $95^\circ$ .

Analizując przebieg osi dolin i linii grzbietowych na obrazie stereoskopowym zauważono, że ujemne formy geomorfologiczne III-rzędowe (doliny) biegną równolegle do dodatnich form III-rzędowych (grzbiety). Jest to typowe dla Karpat wykształcenie krajobrazu. W dolinach znajdują się mniej odporne na wietrzenie formacje geologiczne budowane przez flisz z dominacją łupków w profilu stratygraficznym. Natomiast grzbiety formują skały bardziej odporne na wietrzenie, takie jak na przykład masywne piaskowce (Bacówna i in., 1966). Takie zależności pomiędzy morfologią terenu a budową geologiczną zostały potwierdzone w trakcie badań terenowych oraz są zgodne z charakterystyką formacji geologicznych zaznaczonych na mapie geologicznej.



Ryc. 3. Fragment fotoszkieca z zaznaczonymi terasami rzecznyymi.  
 Fig. 3. The part of photosketch with river's terraces.

Zarówno linie grzbietowe jak i granice geologiczne w obrębie wyniesień na obszarze badań przyjmują kształt zbliżony do prostoliniowego. Najwyższe partie stoków są strome i posiadają gładką strukturę. Takie cechy obrazu oraz odpowiedni przebieg intersekcyjny mogłyby dowodzić fałdowej budowy terenu badań (Ostaficzuk, 1978). Weryfikacja terenowa autorki dokonującej kartowania geologicznego na obszarze badań pozwoliła ustalić wiekowe następstwo wydzieleni litostratygraficznych. Na tej podstawie potwierdzono zgodnie z wcześniejszymi ustaleniami badaczy, iż wyniesienia obszaru badań są synklinami. Natomiast osie dolin pokrywają się z osiami antyklin. Zatem na obszarze badań występuje klasyczna inwersja rzeźby.

Informacją pośrednią o tektonice dającą się wyinterpretować na zdjęciach lotniczych jest granica pomiędzy oknem tektonicznym Mszany Dolnej a osadami serii magurskiej. Przeprowadza się ją na podstawie struktury obrazu i morfologii terenu. Po stronie okna tektonicznego obraz ma gładką strukturę, a teren jawi się jako rozległe wypłaszczenie. Osady serii magurskiej uformowane są w pagóry o większych deniwelacjach i ziarnistej strukturze obrazu.

Fotointerpretacja przebiegu uskoku wymaga dużego doświadczenia fotointerpretatora i jest przeprowadzana tylko na podstawie kombinacji cech pośrednich. Niezbędna jest weryfikacja terenowa wyznaczonych na fotoszkiecu lineamentów. Dla przykładu odnalezienie brekcji uskokuwej, strzałki kalcytowej oraz rys tektonicznych w wychodniach wzdłuż potoku Miedziany potwierdziło występowanie uskoku wyinterpretowanego wcześniej w tym miejscu na zdjęciu lotniczym.

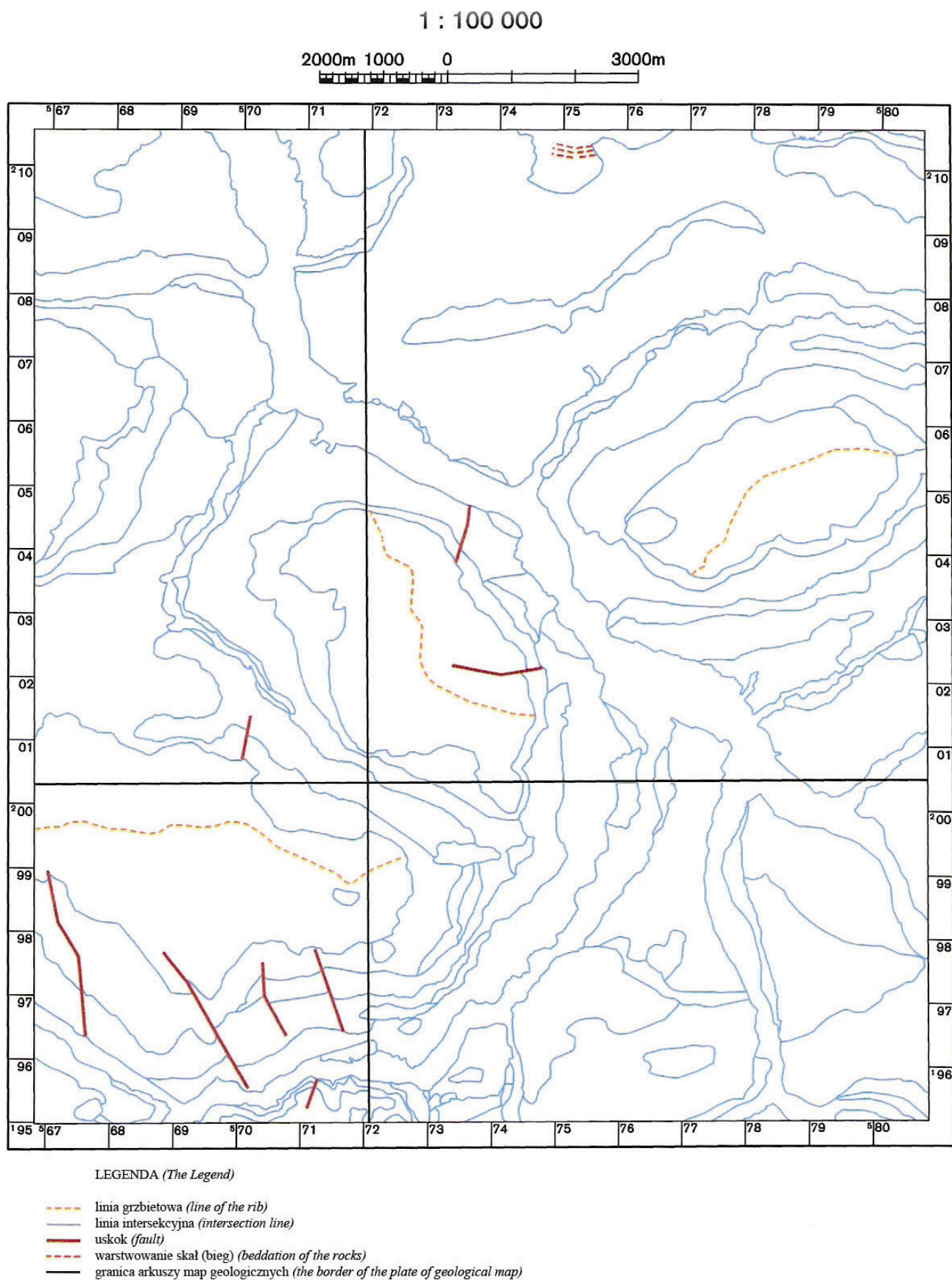
Przedstawiona analiza szkicu sporządzonego metodą fotointerpretacji geologicznej stereogramu dowodzi przydatności metody fotointerpretacji geologicznej do badania budowy geologicznej na obszarze zachodniej części Beskidu Wyspowego. Dobrze rozpoznawalne na zdjęciach lotniczych na obszarze badań są następujące formy geomorfologiczne III rzędu: systemy dolin, grzbiety górskie; formy geomorfologiczne IV rzędu: osuwiska, terasy. Do elementów i struktur geologicznych rozpoznawalnych na zdjęciach lotniczych należą: litologia (w przypadku większych wychodni), warstwowanie skał osadowych, granice danych formacji geologicznych, granice nasunięć płaszczowin, uskoki.

## Wyniki

Szkic obszaru badań w skali 1:100000 (ryc. 4) jest efektem fotointerpretacji. Obserwując obszar badań na stereogramach wyinterpretowano przebieg granic niektórych formacji geologicznych, niektórych, dobrze widocznych uskokuw oraz zasięgi osadów aluwialnych i koluwalnych. Wyrysowano również kolejne poziomy teras rzecznych.

## Dyskusja

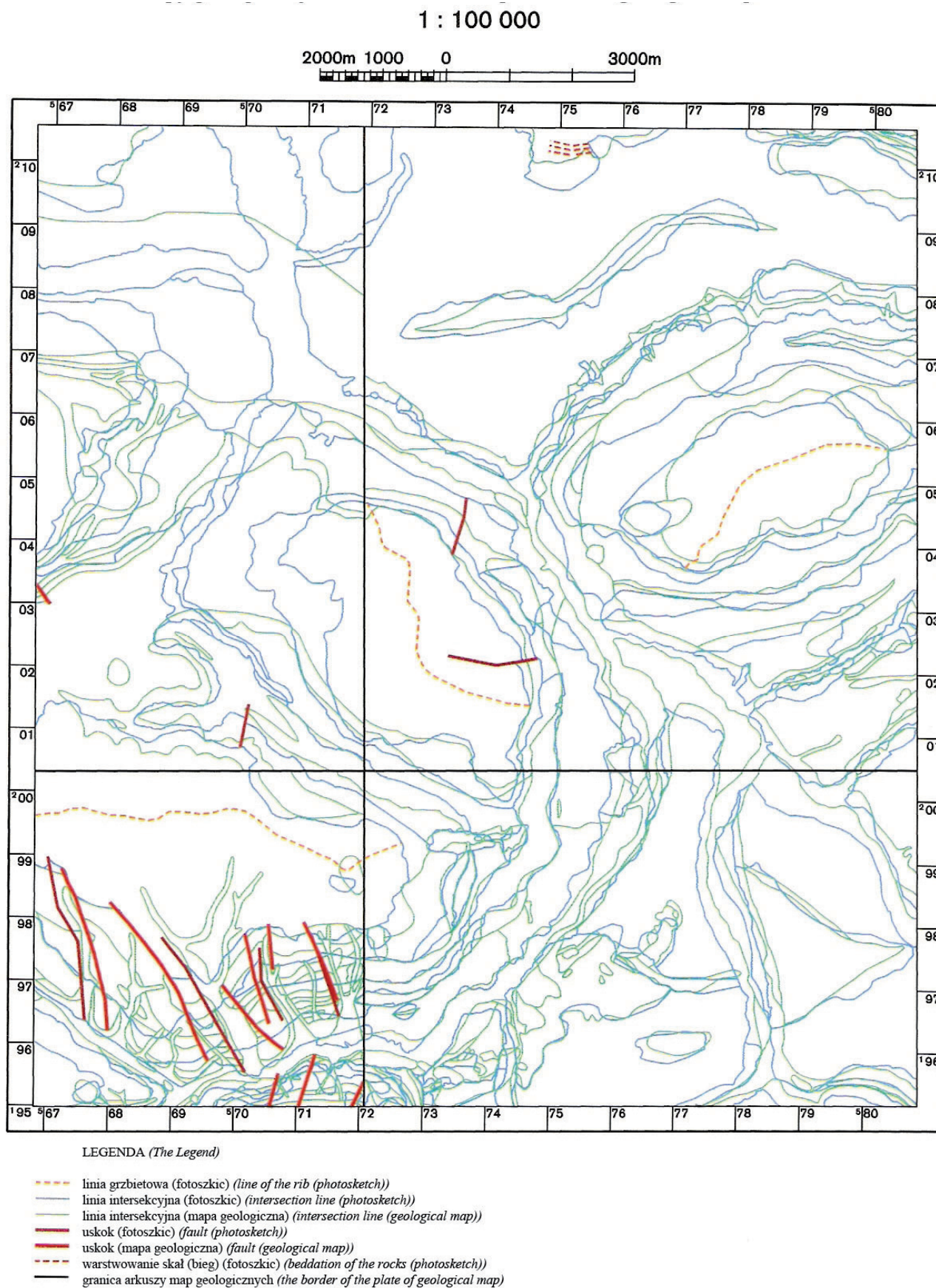
Fotointerpretacja geologiczna nie może zastąpić całkowicie terenowych metod kartowania i badania geologicznego, jednak jej stosowanie umożliwia porządkowanie i systematyzowanie zjawisk i procesów geologicznych (Guzik, 1960). Powyższe spostrzeżenia zostały potwier-



Ryc. 4. Szkic fotointerpretacyjny w skali 1:100000 przedstawiający budowę geologiczną obszaru badań.

Fig. 4. The photointerpretational sketch of geology in scale 1:100000.





Ryc. 5. Porównanie mapy geologicznej ze szkicem budowy geologicznej opracowanym na podstawie interpretacji zdjęć lotniczych.

Fig. 5. The comparison of geological map and geological sketch made using geological photointerpretation.

dzone w trakcie niniejszego opracowania, które charakteryzuje się wysokim stopniem rozpoznania obiektów geomorfologicznych i geologicznych.

Metodą fotointerpretacji geologicznej stereogramu otrzymano w pełni kartometryczne dane o budowie geologicznej obszaru badań. Wizualna analiza porównawcza sporządzonego szkicu z mapą geologiczną daje możliwość wzajemnego porównania obu obrazów budowy geologicznej tego samego obszaru otrzymanych różnymi metodami. Otrzymuje się informacje o elementach budowy geologicznej, które wystarczy badać za pomocą metod teledetekcyjnych oraz tych elementów, które pozwoli wykryć tylko kartowanie terenowe. Z analizy porównawczej wynika wyższość rysowania (wyznaczania granic geologicznych) na obrazie trójwymiarowym ze względu na niepunktowe źródło informacji o morfologii terenu.

Rycina nr 5 przedstawia wynik wzajemnego nałożenia granic geologicznych z mapy geologicznej oraz szkicu fotointerpretacyjnego (ryc. 4).

Na obszarze kamieniołomu w Tenczynie granice geologiczne z mapy geologicznej oraz ze szkicu nie pokrywają się z względu na postępek eksploatacji złoża na przestrzeni pomiędzy datą wykonania mapy geologicznej (1964r.) a zdjęć lotniczych (1997r.).

W trakcie wizualnej weryfikacji szkicu fotointerpretacyjnego w oparciu o mapę geologiczną odnośnie interpretacji przebiegu granic geologicznych na mapie będącej wynikiem porównania (ryc. 5) zaobserwowano kilka powtarzających się sytuacji. Pierwsza z nich ma miejsce wtedy, kiedy pokrywają się granice geologiczne ze szkicu i z mapy. Pas terenu, gdzie w podłożu występują utwory formacji łupków z Łabowej pomiędzy Kasinką Małą a Węglówką, w obrazie przestrzennym jawi się jako obniżenie w obrębie utworów bardziej odpornych na wietrzenie (warstwy hieroglifowe) (północna część szkicu). Dodatkowo wyznaczenie zasięgu formacji z Łabowej ułatwia wiśniowe zabarwienie gleby, która pozostaje w ścisłym związku ze skałą macierzystą (pstre łupki).

W celu ilościowego określenia zgodności prześlędzonych granic na fotoszkicu i na mapie geologicznej zbadano stosunek długości linii na fotoszkicu do długości linii na mapie. Wyniósł on 1,3. Przy czym obliczeń dokonano jedynie na obszarze arkuszy: Mszana Dolna, Mszana Górna oraz Rabka. Pomięto obszar arkusza Osielec ze względu na odkryty charakter tej mapy. Warto dodać, iż linie na fotoszkicu kreślone były z większą dokładnością niż na mapie, na której dodatkowo zastosowano generalizację. Zatem ze względu na sposób kreślenia w danym miejscu linie na mapie będą posiadały mniejszą długość.

Kolejna sytuacja występuje podczas, gdy na danym obszarze na fotoszkicu znajdują się wyinterpretowane na obrazie trójwymiarowym wspomniane linie. O przebiegu tych linii decydują zmiany w morfologii terenu, które odzwierciedlają różnice w wykształceniu litologicznym podłoża. Jednak na mapie geologicznej brak jest na tym samym obszarze odpowiadających granic

geologicznych. Taką sytuację można wytłumaczyć słabym rozpoznaniem terenowym autorów mapy (lub ówczesnym brakiem wychodni) lub wyznaczeniem na szkicu fotointerpretacyjnym zmienności morfologii w obrębie danej formacji geologicznej, nie zaznaczonej na mapie geologicznej. W znacznej części przypadków, szczególnie na obszarze arkusza Osielec, brak linii intersekcyjnych na mapie wynika z faktu odkrytego charakteru mapy geologicznej. Na obrazie stereoskopowym na obszarze badań granice pomiędzy osadami czwartorzędowymi a osadami starszymi są łatwe do wyznaczenia. Również wyinterpretowanie przebiegu granicy poszczególnych poziomów teras nie jest trudne.

Innym zjawiskiem zaobserwowanym na analizowanej mapie (ryc. 5) jest sytuacja, gdzie na danym obszarze na mapie geologicznej są wyrysowane granice, natomiast na obrazie stereoskopowym odpowiadające im linie nie zostały wyinterpretowane. Brak różnic w morfologii na obrazie stereoskopowym jest tłumaczony podobnym wykształceniem litologicznym sąsiadujących formacji geologicznych. Podobne pod względem litologicznym wykształcenie warstw warunkuje jednakową odporność na wietrzenie. Dopiero weryfikacja terenowa może potwierdzić zróżnicowanie litologii w obrębie wyinterpretowanego na obrazie przestrzennym poligonu.

Ostatnią sytuacją zaobserwowaną na etapie wizualnej analizy porównawczej mapy geologicznej oraz szkicu jest zjawisko przesunięcia par linii o stałą odległość (średnio o 270 m). Ma to miejsce na północno-wschodnim stoku Szczebła, gdzie spąg formacji magurskiej, warstw hieroglifowych oraz formacji łupków z Łabowej wyinterpretowany na zdjęciach lotniczych przesunięty jest na południowy zachód w stosunku do linii pochodzących z mapy geologicznej. Tak samo przesunięta jest kolejna granica – strop formacji z Jaworzynki. Wyjaśnieniem takiego przesunięcia może być błąd wniesienia linii intersekcyjnych na mapę geologiczną.

Porównanie uskoków utrudnia fakt, iż bezpośrednio na arkuszach mapy geologicznej Mszana Górna oraz Mszana Dolna w skali 1:50000 nie zostały przedstawione te nieciągłe deformacje. Tylko 55%-owe rozpoznanie uskoków na obszarze arkusza Rabka może mieć związek z małym doświadczeniem fotointerpretatora. Pośród 5 uskoków znajdujących się na obu podkładach, po przyjętym buforze tolerancji 100 m, 2 pary uskoków można uznać za tożsame (40%). Natomiast w przypadku 60% uskoków (3 pary) zauważono fakt zgodności przebiegu uskoków względem stron świata. Nawet w miejscu, gdzie uskok zmienia azymut linii uskokowej, kąty na szkicu i mapie są sobie równe. Aczkolwiek odległości linii uskokowych w poszczególnych parach uskoków (jeden uskok w takiej parze pochodzi z mapy geologicznej a drugi ze szkicu fotointerpretacyjnego) wahają się w przedziale od 200 m do 400 m. Zjawisko to może być związane z błędem wkartowania uskoków na mapę lub w mniejszej części – z błędami skanowania mapy. Takie błędy mogą być również przyczyną różnic w długościach linii uskokowej w parach uskoków. Ponadto zbadano, że kolejne pary uskoków (pochodzące

z mapy i fotoszkieca) (rozpoczynając od zachodu) mają adekwatnie następujące długości: I – 2961 m i 2712 m, II – 2851 m i 2522 m, III – 1494 m i 1236 m, IV – 1360 m i 1362 m oraz V – 888 m i 489 m. Suma długości uskoków na mapie wynosi 9554 m, natomiast na szkicu – 8321 m. Długość uskoków wyrysowanych na szkicu stanowi 87% długości uskoków zaznaczonych na mapie. Różnice w długości w parze uskoków wahają się od 2 m do 399 m, a średnio wynoszą 247 m.

## Podsumowanie

Poddane analizie porównawczej szkic i mapa przedstawiające budowę geologiczną zachodniej części Beskidu Wyspowego sporządzone różnymi metodami umożliwiły wzajemne porównanie materiałów. Przeprowadzona fotointerpretacja geologiczna potwierdziła, że najważniejszymi kryteriami fotointerpretacyjnymi, które należy poddać jednoczesnej analizie, są rzeźba terenu, fototony obrazu oraz szata roślinna. Porównanie materiałów wykazało ponadto, że na obszarze badań na zdjęciach lotniczych można interpretować formy geomorfologiczne III (systemy dolin, grzbiety górskie) i IV rzędu (osuwiska, terasy rzeczne). Szczególnie w przypadku teras rzecznych ułatwiona jest ich interpretacja za sprawą przewyższenia stereoskopowego, które uwypukla rzeźbę na terenach o małych deniwelacjach wysokości. Natomiast do elementów budowy geologicznej łatwo dających się wyinterpretować na zdjęciach lotniczych należą: różnice w litologii (piaskowce-lupki), uławicenie skał osadowych, granice danych formacji geologicznych, granice nasunięcia płaszczowinowe i uskoki.

Fotointerpretacja litologii możliwa jest jedynie na terenach większych wychodni podłoża skalnego. Na obszarze badań takim miejscem jest kamieniołom w Tenczynie, w którym rozróżniono na podstawie barwy dwie jednostki litostratygraficzne. Natomiast interpretacja przebiegu granic danych wydziałów litostratygraficznych uzależniona jest od charakteru sedimentologicznego formacji geologicznej, a ściślej – od różnicy w wykształceniu sedimentologicznym dwóch sąsiednich wydziałów. Na przykład zaobserwowano, iż łatwą do interpretacji jest granica geologiczna pomiędzy formacją magurską budowaną przez masywne, gruboławicowe piaskowce a warstwami hieroglifowymi będącymi głównie średnioławicowym fliszem piaskowcowo-lupkowym. Nie sprawia trudności wyznaczenie w obrębie lub w sągu warstw hieroglifowych zasięgu występowania formacji łupków z Łabowej. Formacja ta budowana jest przez ilaste łupki, które jako mało odporne na wietrzenie w terenie tworzą wypłaszczone obniżenia.

Na ilość wyinterpretowanych wyżej wymienionych elementów geomorfologicznych i geologicznych niezależnie miały wpływ czynniki związane z parametrami zdjęć lotniczych wykorzystanych w badaniach (zastosowane filmy i filtry, skala, termin wykonania). Wszystkie zdjęcia użyte w badaniach były barwne, ostre oraz poprawnie naświetlone. Barwa pozwoliła na roz-

różnianie litologii oraz na wnioskowanie o skale macierzystej na podstawie barwy gleby. Zdjęcia w skalach większych od 1:26000 mogłyby maskować niektóre cechy rzeźby na obszarach o dużych deniwelacjach wysokości. Dlatego interpretacja form wielkoskalowych byłaby utrudniona. Zdjęcia w skalach mniejszych od 1:26000 utrudniałyby rozdzielanie osadów czwartorzędowych. Omawiane zdjęcia lotnicze wykonane były w lipcu i sierpniu. Czasowa różnica pomiędzy zdjęciami nie miała wpływu na przebieg fotointerpretacji. Natomiast korzystanie ze zdjęć wykonanych w miesiącach letnich wiąże się z maskowaniem podłoża przez roślinność, która wtedy znajduje się w szczytowym okresie vegetacji. Aczkolwiek niektóre gatunki roślin wskazują na konkretne podłoża geologiczne – na obszarze Beskidu Wyspowego buczyna karpacka może być wskaźnikiem występowania w podłożu formacji magurskiej. Inną cechą roślin przydatną do interpretacji fotolineamentów jest jej linijskie ułożenie.

Różnice w położeniu danych elementów na szkicu fotointerpretacyjnym i na mapie są determinowane przez kilka czynników. Przede wszystkim mogą one wynikać ze sposobu sporządzania mapy geologicznej. Granice intersekcyjne wyznaczane są na podstawie interpolacji pomiędzy punktami o znanych parametrach zalegania warstw. Natomiast na obrazie stereoskopowym tą samą linię wyznacza się w sposób ciągły na podstawie analizy zmian rzeźby terenu. Podczas takiego wyznaczania granic geologicznych otrzymuje się ciągle, kartometryczne dane o znanych trzech współrzędnych.

Inną przyczyną różnic w lokalizacji tych samych elementów mogą być błędne naniesienia tych elementów na mapę geologiczną. Mapę kreślono z mniejszą dokładnością terenową niż przebiegała fotointerpretacja. Dodatkowo w celu zwiększenia jej czytelności mapy geologicznej zastosowano generalizację.

## Literatura

- Bacówna M., Grodzicki J., Guzik K., Hakenberg M., Jaczynowski S., Konieczny J., Ostaficzuk S., Wilczyński M., 1966, *Zdjęcia geologiczne*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Bednarek R., Prusinkiewicz Z., 1997, *Geografia gleb*. Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa.
- Boroń A., Borowiec M., 2003, Aerotriangulacja archiwalnego, nieregularnego bloku zdjęć zalesionych terenów górskich. *Archiwum Fotogrametrii i Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 13B, s. 315-324
- Burtan J., 1974, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, 1:50 000, Arkusz Mszana Dolna*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Burtan J., Watycha L., 1976, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, 1:50 000 Arkusz Mszana Górna*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Burtan J., 1978, *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski Arkusz Mszana Dolna 1:50 000*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Burtan J., Szymakowska F., 1964, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, 1:50 000 Arkusz Osielec*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

- Burtan J., Paul Z., Watycha L., 1978, *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski Arkusz Mszana Górna 1:50 000*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Cieszkowski M., Ślącza A., Wdowiarz S., 1985, New data on structure of the Flysch Carpathians. *Przegląd Geologiczny* 6: 313-333.
- Ciołkosz A., Miszański J., Olędzki J. R., 1986, *Interpretacja zdjęć lotniczych*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Firlińska M., 2008, *Budowa geologiczna płaszczowiny magurskiej między Kasinką Małą a Rabą Niżną*. Praca magisterska z geologii, obrona pracy w dniu 18.06.2008, nie opublikowane.
- Guzik K., 1960, Wykorzystanie zdjęć lotniczych i naziemnych przy kartowaniu i opracowaniu Mapy Geologicznej Tatr Polskich w skali 1:10000. Instytut Geologii, *Kwartalnik geologiczny* T. 5: 1-9.
- Kondracki J., 1998, *Geografia regionalna Polski*. Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa.
- Książkiewicz M., 1972, *Budowa geologiczna Polski*. Tom IV. Tektonika. Cz. 3, Karpaty, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Longley P., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D. W., 2006, *GIS. Teoria i praktyka*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Mastella L., 1988, Budowa i ewolucja strukturalna okan tektonicznego Mszany Dolnej. *Roczniki Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, 58, nr 1-2, 53-173.
- Ostaficzuk St., 1978, *Fotogeologia. Fotointerpretacja i fotogrametria geologiczna*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Oszczypko N., 1991, Stratigraphy of the Palaeogene Deposits of the Bystrica Subunit (Magura Nappe, Polish Outer Carpathians), *Bulletin of The Polish Academy of Sciences Earth Sciences* 39, 4: 415-431.
- Oszczypko N., 2004, The structural position and tectonosedimentary evolution of the Polish Outer Carpathians. *Przegląd Geologiczny*, 52, 8/2: 780-791.
- Oszczypko N., Zuchiewicz W., 1992, Zarys stratygrafii płaszczowiny magurskiej. *Przewodnik LXIII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, Koninki 17-19 września, Wydawnictwo ING PAN, Kraków, s. 11-20.
- Oszczypko N., Malata E., Bąk K., Kędziński M., Oszczypko Clowes M., 2005, Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Upper Albian-Lower/Middle Eocene flysch deposits in the Bystrica and Raca subunits of the Magura Nappe; Western Flysch Carpathians (Beskid Wyspowy and Gorce Ranges, Poland). *Annales Societatis Poloniae* 75: 27-69.
- Otałęga Z. (eds), 1997, Polska. Tom X Encyklopedia geograficzna świata, Opres, Kraków.
- Otałęga Z. (eds), 2000, Atlas Polski. *Encyklopedia geograficzna świata*, Opres, Kraków.
- Paul Z., Ryłko W., 1984, *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, 1:50 000 Arkusz Rabka*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Paul Z., Ryłko W., 1987, *Objaśnienia do szczegółowej Mapy Geologicznej Polski, 1:50000 Arkusz Rabka*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Starkel L. (red), 1999, *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*. Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa.
- Starzewski M., 1999, *Beskid Wyspowy*. Mapa turystyczna 1:75 000, Polskie Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych im. Eugeniusza Romera S.A., Warszawa.
- Ślącza A., Kamiński A., 1998, *A guidebook to excursions in the Polish Flysch Carpathians*. The Grzybowski Foundation, Kraków.
- Unrug R. (red.), Bogacz K., Chrzastowski J., Radomski A., Ślącza A., Waclawik S., 1979, *Przewodnik geologiczny po zachodnich Karpatach Fliszowych: Karpaty fliszowe między Olzą a Dunajcem*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.



Monika Firlińska – licencjat biologii, magister geologii, magister geografii. Obecnie doktorantka kierunku geologia w Instytucie Nauk Geologicznych UJ. Zajmuje się wykorzystywaniem metod teledetekcyjnych do badania budowy geologicznej Karpat. Uniwersytet Jagielloński, Instytut Nauk Geologicznych, ul. Oleandry 2a, 30-063 Kraków, monika.firlińska@uj.edu.pl.