



Analiza morfotektoniczna form rzeźby osuwiskowej na SW stokach góry Kornuty (Karpaty fliszowe, Beskid Niski)

Michał Zatorski¹



Morphotectonic analysis of the landslide relief on the SW slopes of Mt Kornuty (Flysch Carpathians, Beskid Niski Mts). *Prz. Geol.*, 66: 111–117.

Abstract. On the SW slopes of the Mt. Kornuty (Magura Wątkowska mountain range in the Beskid Niski Mts.) is located one of the largest landslide areas in the Polish Flysch Carpathians. The morphotectonic analysis performed using contour diagrams and rose directional diagrams, made it possible to determine the direction of gravity mass movement. In total, over than 2500 measurements of the spatial orientation of joint surfaces were made within the landslide zone. Changing the direction of the tectonic anisotropy of the in situ and ex situ forms allowed conducting the morphogenetic analysis, i.e. specifying the types of gravitational movements. Besides the commonly occurring toppling, also rockfalls, rotation around the horizontal or vertical axis, and antithetical displacements (the listric type) were observed. The combination of several types of gravitational movements of different age allows us to unequivocally say that it is a complex type of landslide.

Keywords: mass movements, morphotectonic analysis, structural anisotropy, flysch rocks Beskid Niski Mts., Polish Outer Carpathians, Southern Poland

Powierzchniowe ruchy masowe są najbardziej powszechnymi procesami morfotwórczymi w Karpatach fliszowych (Starkel, 1960; Ziętara, 1968, 1969; Jakubowski, 1974; Bober, 1984; Poprawa, Rączkowski, 2003; Bajgier-Kowalska, 2007). Różnorodność typów ruchów masowych występujących w skałach fliszowych jeszcze do niedawna przysparzała naukowcom wiele trudności w kwestiach klasyfikacji tych procesów (Kleczkowski, 1955; Ziętara, 1969; Bober, 1984; Bajgier, 1994). Nowsze badania nad osuwiskami w Karpatach wskazują, że „strukturalne założenia mają praktycznie wszystkie skalne osuwiska” (Margielewski, 2001), jednak nie są to (poza ściśle określonymi przypadkami) zsuwy strukturalne *sensu stricto*, a bardzo często przemieszczenia grawitacyjne złożone z wielu typów ruchów masowych (Margielewski, 2006, 2009). Przykładem takiego zespołu osuwisk są SW stoki góry Kornuty w Beskidzie Niskim, które charakteryzują się urozmaiconą rzeźbą osuwiskową, na tyle unikalną w skali Karpat, że od 1953 r. są objęte ochroną prawną jako rezerwat przyrody nieożywionej. Były one również wielokrotnie wzmiankowane w planach ochrony przyrody Magurskiego Parku Narodowego (operat szczegółowy, m.in. Margielewski i in., 2013). Pierwszą charakterystykę form rzeźby tego obszaru przedstawił Świdziński (1936). W latach 70. ub.w. Lach (1970) opisał fazy rozwoju form skalnych, zaś na występujący w tym rejonie podwójny grzbiet uwagę zwrócili Alexandrowicz i Alexandrowicz (1988). Na początku bieżącego stulecia ukazała się również praca Wrońskiej (2004–2005), która dotyczy wpływu procesów osuwiskowych na działalność człowieka oraz szatę roślinną Magurskiego Parku Narodowego. Dotychczas nie przeprowadzono jednak szczegółowej analizy morfotektonicznej rozwoju form rzeźby na SW stokach góry Kornuty.

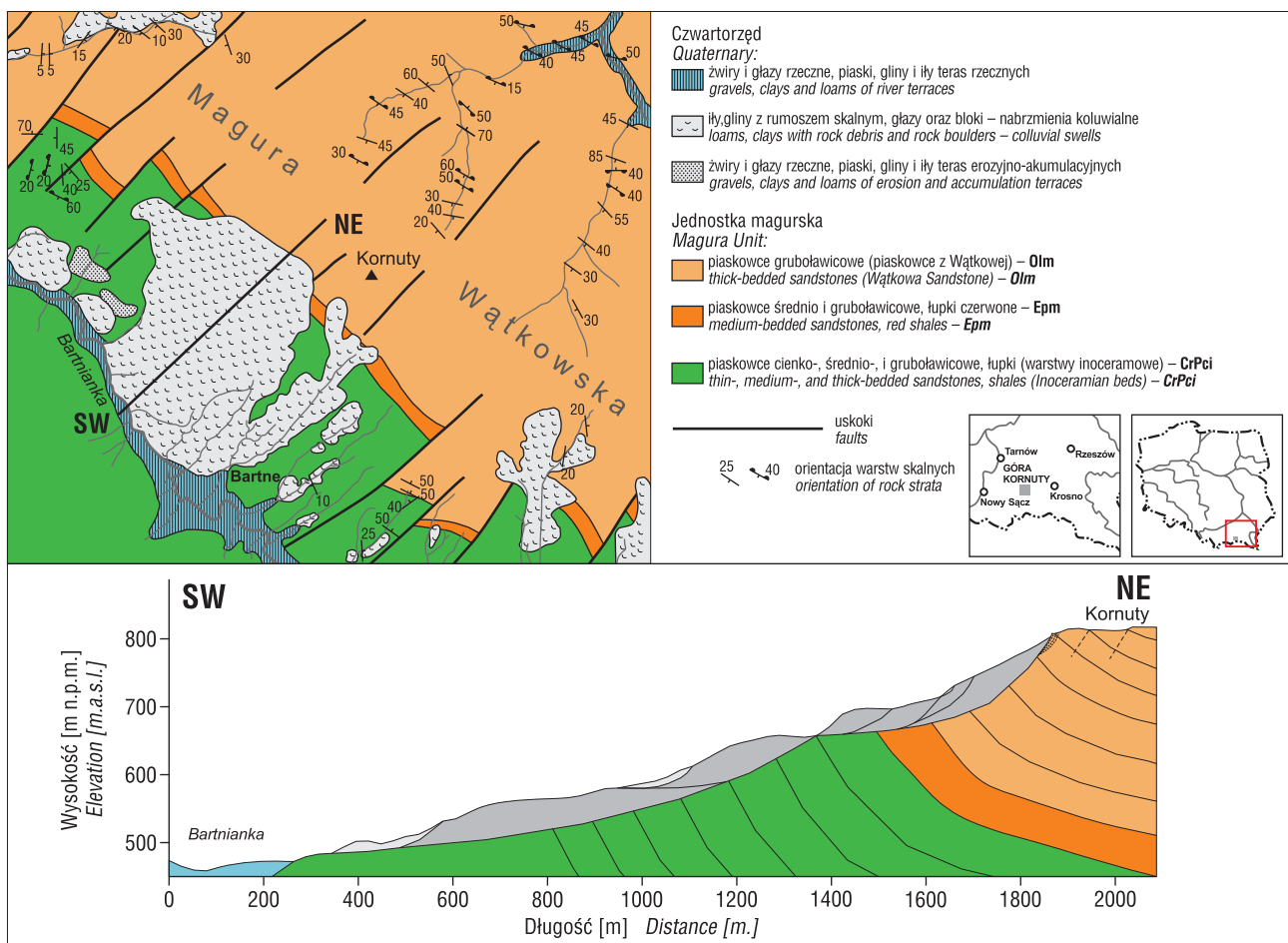
Celem niniejszej publikacji jest: określenie typu przemieszczeń grawitacyjnych na podstawie analizy orientacji spękań ciosowych, ustalenie wpływu spękań na rzeźbę osuwiska i charakterystyka rozwoju strefy osuwiskowej w świetle analizy kierunków anizotropii strukturalnej masywu skalnego.

BUDOWA GEOLOGICZNA OBSZARU BADAŃ

Pasma Magury Wątkowskiej i jej przedpola budują dwie jednostki tektoniczne o charakterze płaszczowin: magurska i śląska (Tokarski, 1946; Świdziński, 1952; Żytko, 1973; Koszarski, 1976; Ślącza, 1977; Kopciowski, 1995). Góra Kornuty jest położona w północnej części płaszczowiny magurskiej, utworzonej ze skał fliszowych górnokredowo-paleogeńskich (ryc. 1) (Żytko, 1973). Jednostka magurska jest nasunięta ku północy na centralną depresję karpacką znajdującą się w obrębie jednostki śląskiej.

Grzbiet Magury Wątkowskiej wraz z kulminacją Kornutów (830 m n.p.m.) został utworzony w osi synkliny zbudowanej z kompleksów bardzo gruboławicowych piaskowców magurskich, podścielonych utworami drobnoorytmicznego fliszu warstw hieroglifowych (Świdziński, 1936; Alexandrowicz, Alexandrowicz, 1988). Najstarszym ogniwem litostratygraficznym występującym na analizowanym obszarze są górnokredowe (senon) warstwy inoceramowe, wykształcone jako kompleks cienkich warstw łupków, przeławiconych piaskowcami. Miąższość tych warstw dochodzi do 450 m i budują one niższą część stoku w rejonie doliny rzeki Bartnianka (Tokarski, 1946; Żytko, 1973). Ponad warstwami inoceramowymi zalega kompleks dolnoeocenijskich łupków pstrych (o miąższości dochodzącej do 100 m) (Żytko, 1973). Najmłodszym ogniwem litostratygraficznym są dolnooligoceńskie piaskowce ma-

¹ Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków; michal.zatorski@uj.edu.pl.



Ryc. 1. Mapa geologiczna południowo-zachodnich stoków Kornutów (wg Kopciowskiego i in., 1997)

Fig. 1. Geological map of the south-western slope of Kornuty Mt (by Kopciowski et al., 1997)

gurskie, określane w tym rejonie jako piaskowce z Wątkowej (ryc. 1) (Koszarski, 1976; Ślącza, 1977; Kopciowski, 1995; Kopciowski i in., 1997). Charakteryzują się one grubymi warstwami piaskowców i zlepieńców o nieuporządkowanej teksturze, niekompletnie wykształconym uziarnieniu frakcjonalnym oraz zaburzonymi strukturami sedymentacyjnymi widocznymi w ławicach (Alexandrowicz, 1978). Skały fliszowe charakteryzują się znaczną anizotropią tektoniczną – są silnie pocięte spękaniami ciosowymi, liczne są tu również dyslokacje.

RZEŻBA OBSZARU BADAŃ

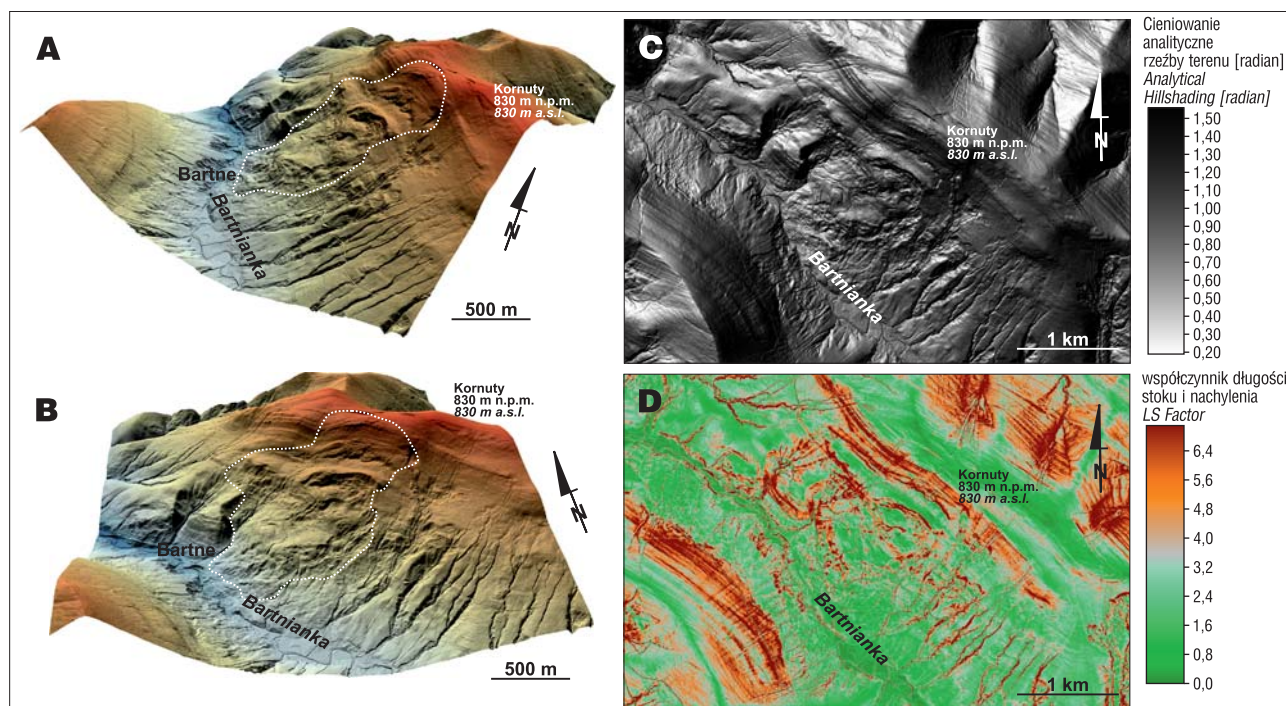
Pasma Magury Wątkowskiej, w którym znajduje się góra Kornuty, znajduje się w północnej części Beskidu Niskiego. Całość pasma tworzy grzbiet górski o długości ponad 15 km oraz przebiegu NW–SE z dwoma wyraźnymi kulminacjami: Kornuty (830 m n.p.m.) oraz Wątkowa (846 m n.p.m.). Od NE Magura Wątkowska graniczy z Dołami Jasielsko-Sanockimi, a od SW wzdłuż dolin rzecznych Bartnianka i Świerżówka z Ostrą Górą (759 m n.p.m.) i Mareszką (801 m n.p.m.). Grzbiet Magury Wątkowskiej, utworzony w jądrze wąskopromiennej synkliny, charakteryzuje się inwersyjną rzeźbą (Koszarski, 1976; Lach, 1970; Ślącza, 1977). Inwersyjny charakter ma także rzeźba doliny potoku Bartnianka powstała u podnóża Kornutów (utworzyła się ona w osiowej części występującej tu synkliny). Góra Kornuty ma asymetryczne stoki, które są rozcięte dolinami rzecznyymi powstałymi wskutek

odpreparowania podłoża utworzonego ze skał podatnych na denudację. Przebieg dolin rzecznych odwadniających stok nawiązuje do dyslokacji poprzecznych w stosunku do struktur fałdowych. Profil południowo-zachodnich stoków Kornutów ma strukturę schodkową uzależnioną od różnic w odporności skał podłoża (ryc. 2). Wierzchołowa łagodnie przechodzi w stoki, których nachylenie wynosi 25–30°. Większe nachylenia południowo-zachodnich stoków wpływają na intensywność procesów erozyjnych oraz stateczność osuwiskową stoku (LS Factor) (ryc. 2).

METODY BADAŃ

Analiza numerycznego modelu terenu (map wskaźnikowych: Analitical hillshading, LS Factor) pozwoliła na wstępne określenie zasięgu osuwiska oraz przebiegu głównych form osuwiskowych. Podczas badań terenowych przeprowadzono kartowanie geomorfologiczne strefy osuwiskowej, na podstawie którego wykonano plan tworzących go form osuwiskowych, uwzględniających m.in. skarpy osuwiskowe, wychodnie, duże bloki skalne, rumowiska, stopnie osuwiskowe, rowy rozpadlinowe, płyty osuwiskowe, nabrzmienia i wały koluwalne oraz młaki.

Pomiary elementów nieciągłości tektonicznej wykonano w najbardziej reprezentatywnych wychodniach skalnych zlokalizowanych w skarpię głównej i wtórnej, a także wybranych formach skałkowych. Łącznie na obszarze osuwiska kompasem geologicznym Freiberg z dokładnością



Ryc. 2. Numeryczny model terenu południowo-zachodniego stoku Kornutów (A, B) i wybrane mapy morfometryczne (C – cieniowanie analityczne rzeźby terenu, D – współczynnik długości stoku i nachylenia)

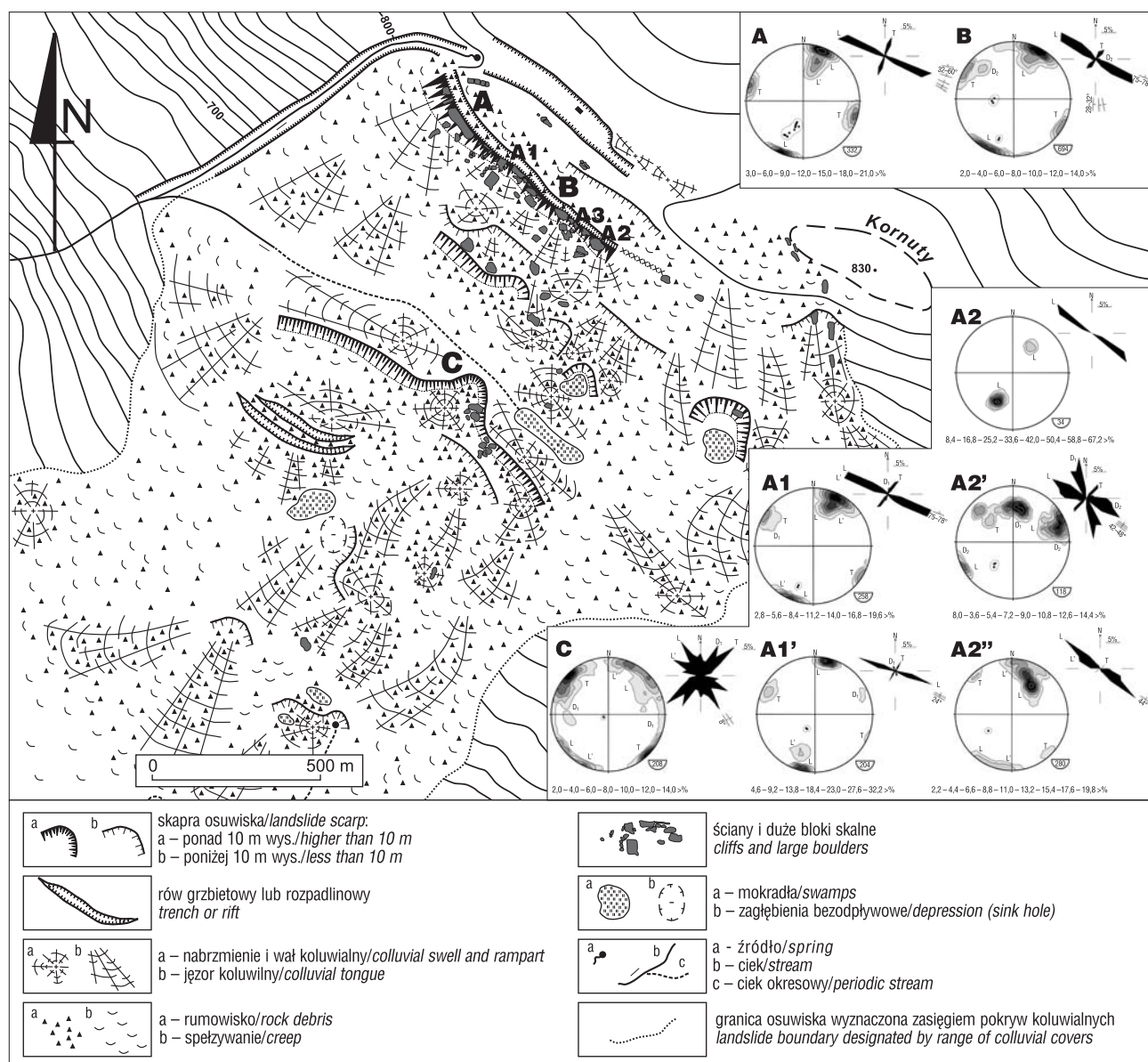
Fig. 2. Numerical terrain model of the south-western slope of Kornuty Mt. (A, B) and selected morphometric maps (C – Analytical Hillshading, D – LS Factor)

do 2° wykonano ponad 2740 pomiarów orientacji spękań ciosowych. Na ich podstawie sporządzono diagramy konturowe spękań (projekcja równopowierzchniowa biegunów na dolną półkulę) i kierunkowe (róża spękań co 10°). Położenie warstw prezentowano na diagramach punktowych (projekcja równopowierzchniowa na dolną półkulę). Zespoły ciosu przyjęto za Mastellą i in. (1997): L, L' – podłużny, D1, D2 – skośny, T – poprzeczny. Analiza zmienności położenia powierzchni nieciągłości tektonicznych na diagramach sporządzonych dla form skalnych, występujących w różnych partiach osuwiska, pozwoliła na określenie typów przemieszczeń grawitacyjnych. Była ona również pomocna podczas rekonstrukcji etapów rozwoju strefy osuwiskowej, odmładzanej kolejnymi generacjami przemieszczeń grawitacyjnych. Na podstawie orientacji sieci spękań ciosowych przeprowadzono analizę morfotektoniczną głównych elementów rzeźby osuwiskowej.

CHARAKTERYSTYKA STREFY OSUWISKOWEJ

Poniżej szczytowych partii góry Kornuty (830 m n.p.m.), wzdłuż grzbietu głównego, powstał rów rozpadlinowy (ryc. 3) (Lach, 1970; Alexandrowicz, Alexandrowicz, 1988). Ma on długość 300 m, szerokość od 3 m w części SE do 30 m w części NW, a jego głębokość dochodzi maksymalnie do 3–3,5 m. Poniżej na stoku, równoległe do rowu rozpadlinowego (na wysokości ok. 800 m n.p.m.), występuje skarpa główna zespołu osuwisk, która tworzy współcześnie ciąg wychodni zbudowanych z gruboławicowych i gruboziarnistych piaskowców (piaskowiec z Wątkowej). Skarpa główna ma długość 700 m i wysokość dochodzącą niekiedy do 20 m. Zasadniczą jej część tworzy charakterystyczny próg skalny, który ku SE tworzy współcześnie pojedyncze, odizolowane formy skałkowe (ryc. 4 – patrz str. 70). Dezintegracja skarpy głównej wskutek procesów wietrzeniowych oraz ruchów masowych spo-

wodowała powstanie u jej podnóża strefy blokowskiej. Poniżej skarpy rozciąga się obszar pokryty zwietrzeliną gruzową, który obejmuje niemal cały SW stok Kornutów, aż po dno doliny rzeki Bartnianka. Jest on przemodelowany przez osuwiska wtórne (liczne jęzory rumowiskowe, nabrzemia koluwalne, zagłębienia bezodpływowe, rowy rozpadlinowe), a także procesy spęływania (ryc. 3). W środkowej części strefy osuwiskowej, na wysokości 700 m n.p.m., powstało duże wypłaszczenie o nachyleniu 3–5°, z młaką i wypływającym z niej ciekim okresowym. Wypłaszczenie utworzyło się w płacie koluwalnym, ograniczonym od strony NE wysokim progiem rozfragmentowanym przez niewielkie osuwiska, a od SW przez wały koluwalne, poniżej których wykształciła się skarpa wtórna długości 500 m i wysokości ok. 20 m. Lokalnie odsłania się w niej gruboławicowy piaskowiec, średnio- i drobnoziarnisty, silnie spękany. Miejscami był on także eksploatowany, o czym świadczą niewielkie łomy, jak również wzmianki w literaturze dotyczące „zaplecza surowcowego” kamieniarzy łemkowskich ze wsi Bartne i Przegonina (Łopatkiewicz, 1985). Poniżej skarpy wtórnej osuwiska występują dwa równoległe do siebie rowy rozpadlinowe o kierunku nawiązującym do przebiegu skarpy. Ich długość wynosi ok. 380 i 375 m, szerokość nie przekracza 5 m, a głębokość dochodzi do ok. 10 m. Od strony NW obszar osuwiskowy ogranicza ciek, który płynie dnem rynny marginalnej całej strefy osuwiskowej. Jej przebieg nawiązuje do występującej tu dyslokacji (ryc. 1). Na wschód od skarpy głównej powstało kolejne wtórne osuwisko o długości 400 m i szerokości 50–80 m, bez wyraźnej strefy oderwania. Jęzor osuwiskowy jest utworzony głównie ze zwietrzliny gruzowej i ogranicza całą strefę osuwiskową od strony SE (ryc. 3). Łączna powierzchnia całego obszaru przemodelowanego przez ruchy masowe na SW stoku Kornutów, aż po koryto rzeki Bartnianka, wynosi ok. 1,48 km².



Ryc. 3. Plan geomorfologiczny strefy osuwiskowej na południowo-zachodnim stoku Kornutów oraz zestawienie diagramów konturowych (projekcja równopowierzchniowa biegunów na dolną półkulę) i kierunkowych (A, B – skarpa główna, C – skarpa wtórna). Obok diagramów załączono ilość pomiarów i wartość cięcia warstwicowego

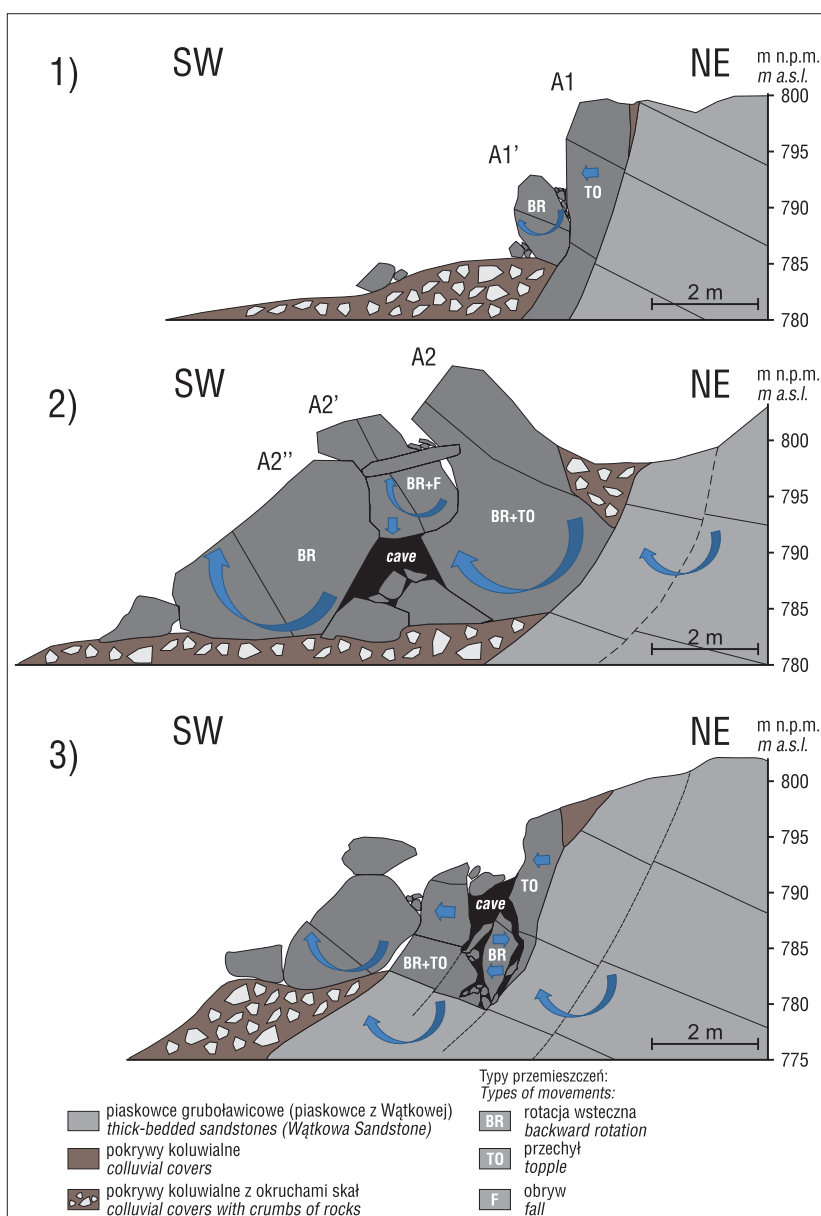
Fig. 3. Geomorphological plan of the landslide zone on the south-western slope of Kornuty Mt and juxtaposition of contour diagrams (equal area pole projection on lower hemisphere) and directional diagrams (A, B – landslide main scarp, C – landslide secondary scarp)

ANALIZA MORFOTEKTONICZNA STREFY OSUWISKOWEJ W ŚWIELE KIERUNKÓW NIECIĄGŁOŚCI TEKTONICZNYCH

Skarpę główną strefy osuwiskowej Kornutów tworzy ściana skalna, która powstała na czołach warstw gruboławicowych piaskowców zapadających ku NNE, przeciwnie do kierunku nachylenia stoku. Skarpa ma przebieg liniowy, monolityczny w części NW i stanowi stabilny punkt odniesienia do przeprowadzenia analizy przestrzennej zmienności kierunków spękań w całym osuwisku. W części SE wysokość skarpy zmniejsza się do ok. 10 m, jest ona tu silnie rozfragmentowana, a jej elementy skaliste odsłaniają się jedynie w pojedynczych formach skałkowych. Skarpa główna nawiązuje swoim przebiegiem do zespołu spękań ciosowych podłużnych (L) o orientacji 110–120° i nachyleniu 60–70° na SSW (zgodnie z nachyleniem stoku) (ryc. 3A). Mniej wyeksponowany jest zespół ciosu

poprzecznego (T) o przebiegu 20°, który warunkuje powstanie ambon skalnych w kształcie klinów (ryc. 3A; 4A – patrz str. 70). Drugą część skarpy głównej tworzą pojedyncze formy skałkowe z najsilniej zaznaczającym się zespołem spękań podłużnych (L) o kierunku 110–130° oraz zespołem spękań poprzecznych (T) o kierunku 40° (ryc. 3B). Płaszczyzny obydwu zespołów ciosowych są stromo nachylone – ok. 70° (ryc. 3B). Kompleksy gruboławicowych piaskowców, które odsłaniają się w skarpię głównej osuwiska, ulegają dezintegracji (w części SE skarpy głównej otwierają się niemal wszystkie zespoły ciosowe). W efekcie tego rozpadu poniżej skarpy utworzyły się rozległe blokowiska i rumowiska, część bloków skalnych zostało przemieszczonych w formie wtórnych procesów stokowych. Przykładem bloku przemieszczonego grawitacyjnie jest forma skałkowa, która znajduje się bezpośrednio przy skarpię głównej osuwiska (formy A1 i A1' na ryc. 3). Wyraźnie widoczne są w nich zespoły spękań

ciosowych podłużnych (L) o kierunku 100–110° oraz spękań poprzecznych (T) o przebiegu 25–30°. W tej wychodni skalnej zaznacza się również zespół ciosu skośnego (D1) o kierunku 155–165°. Analizy diagramów spękań zestawionych dla skałek i skarpy głównej osuwiska wskazują, że w trakcie przemieszczeń grawitacyjnych formy skałkowe zostały prawoskrętnie zrotowane o 10° wzdłuż osi pionowej oraz wstecznie zrotowane o 20° wzdłuż osi poziomej (ryc. 3A1 i A1'). W części SE skarpy głównej osuwiska występuje forma skałkowa składająca się z trzech bloków (formy: A2, A2' i A2'' na ryc. 3). Pierwszy z bloków jest złączony ze skarpią osuwiska i powstał wzdłuż zespołu spękań ciosowych podłużnych (L) o orientacji 120–130°. Analiza położenia płaszczyzn spękań wskazuje, że w trakcie przemieszczeń został on względem skarpy głównej wstecznie zrotowany o ok. 30–40° (ryc. 3B i A2). Dwa pozostałe bloki skalne uległy grawitacyjnemu przemieszczeniu w dół stoku. Jeden z nich (położony niżej) został odspojony ze skarpy głównej wzdłuż zespołu spękań podłużnych (L), o przebiegu 110–130° i nachyleniu 50–60° ku NNE, oraz spękań poprzecznych (T) – o kierunku 45° (ryc. 3A2''). Przemieszczenie tego bloku skalnego w stosunku do skarpy głównej osuwiska miało charakter rotacji wstecznej o 30–40° z równoczesną lewoskrętną rotacją wokół osi pionowej o 10–15° (ryc. 3B i A2''). Trzeci z bloków skalnych przemieszczonych grawitacyjnie znajduje się nieco powyżej, u podnóża skarpy głównej (ryc. 3A2'). Na podstawie analizy położenia płaszczyzn spękań można stwierdzić, że jego przemieszczeniu towarzyszyła wsteczna rotacja o 30°, z jednoczesną lewoskrętną rotacją wokół osi pionowej o 40° (ryc. 3B i A2'). Przemieszczenia bloków miały charakter ruchów złożonych (typu *complex*), zachodzących wieloetapowo (ryc. 3B i A2', A2''). Wieloetapowość przemieszczeń w skarpi głównej osuwiska potwierdzają również badania morfotektoniczne wykonane w Jaskini Mroczonej, powstałej u podnóża skarpy osuwiskowej wskutek przemieszczeń grawitacyjnych (Zatorski, 2014). Na podstawie analizy przebiegu korytarzy powstałych wzdłuż spękań wydzielono cztery części jaskini kształtowane przez różne przemieszczenia. Obserwacja orientacji przestrzennej zespołów ciosowych, występująca w dostokowych i odstokowych ścianach jaskini, umożliwiła stwierdzenie kilku typów ruchów masowych: m.in. przechył, rotację wsteczną oraz rotację wokół osi pionowej (Zatorski, 2014). W niżej położonych korytarzach jaskini stwierdzono także rotację wsteczną związaną z tworzeniem się nowej strefy oderwania, a w wyżej położonych korytarzach jest widoczny przechył oraz rotacja lewoskrętna bloków skalnych jaskini wokół osi pionowej (Zatorski, 2014; ryc. 3A3). Przemieszczenia grawitacyjne zaobserwowane w skarpi głównej osuwiska i Jaskini Mroczonej

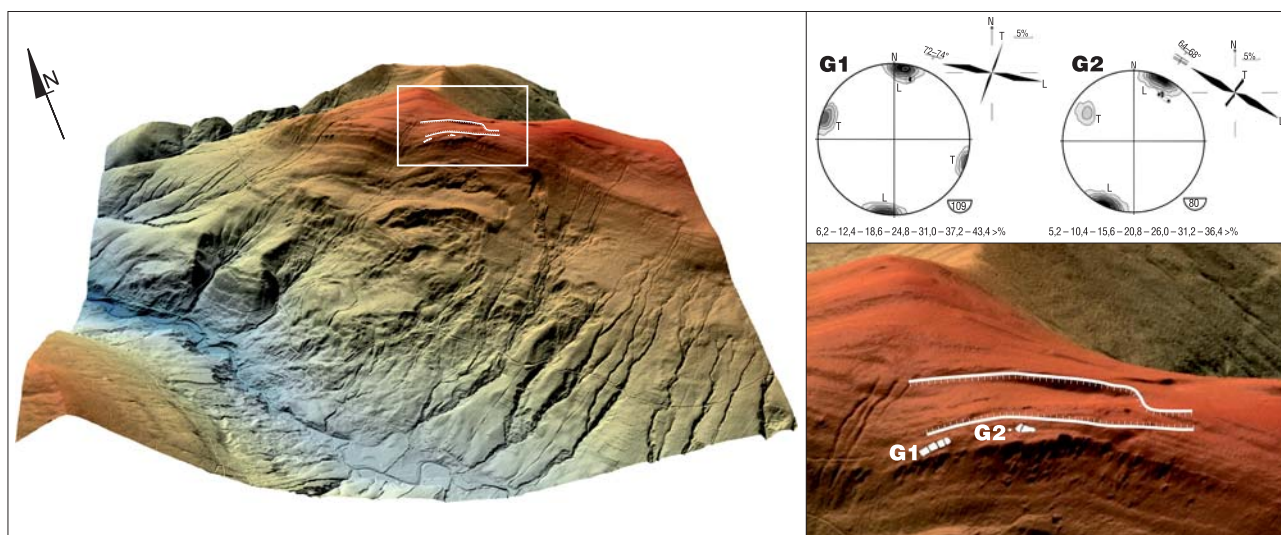


Ryc. 5. Przykłady przemieszczeń grawitacyjnych bloków skalnych w skarpi głównej osuwiska

Fig. 5. Examples of gravitational movement of rock blocks within the main landslide scarp

potwierdzają złożoność procesów stokowych (w tym różnorodność typów przemieszczeń i ich wieloetapowość), wpływających na rozwój całej strefy osuwiskowej (ryc. 5).

W niższych partiach osuwiska (na wysokości ok. 700 m n.p.m.), w przemieszczonym płacie osuwiskowym, występuje wypłaszczenie stokowe o nachyleniu 3–5°, rozciągające się wzdłuż szerokości całej strefy osuwiskowej. Występują w nich lokalne podmokłości oraz wysięki wód. Od strony SSW płat osuwiskowy ogranicza skarpa wtórna, która powstała na wskutek odmłodzenia strefy osuwiskowej młodszą generacją ruchów masowych. Pomiary orientacji płaszczyzn spękań ciosowych w wychodniach skalnych tej części osuwiska wskazują, że zespoły ciosu charakteryzują się tu większą dyspersją kierunków (ryc. 3C). Najbardziej zaznaczają się tu zespoły ciosu poprzecznego (T) o kierunku 50° oraz zespołu skośnego (D1) o przebiegu 30°. Rzadziej reprezentowany jest zespół ciosu podłużnego (L) o azymucie 150° (ryc. 3C). Analiza położenia płasz-



Ryc. 6. Lokalizacja grzbietowych skałek i występujące w nich zespoły ciosowe (grzbietowe skałki oznaczono jako G1 i G2)
Fig. 6. Location of rocky forms and joint sets within them (ridge tors are marked as G1 and G2)

czynn nieciągłości wskazuje, że w stosunku do skarpy głównej nastąpiła tu prawoskrętna rotacja przemieszczanych mas skalnych o 15–17° wokół osi pionowej. Ponadto cały płat osuwiskowy został również zrotowany wokół osi poziomej, na co wskazuje zmniejszenie kąta zapadania warstw z ponad 45 do 8° (ryc. 3A, B i C). Lustra tektoniczne, stwierdzone w tym rejonie na powierzchniach skalnych, wskazują na występowanie tu uskoku inwersyjnego o kierunku płaszczyzny zgodnej z przebiegiem skarpy wtórnej osuwiska (związanego ze strefą nasunięcia), reaktywowanego później jako uskoku normalny, co sprzyjało przemieszczeniom grawitacyjnym.

Poza formami skałkowymi występującymi w skarpi osuwiska oraz blokami skalnymi w stoku, analizie poddano także formy skałkowe powstałe w części wierzchwinowej (grzbietowej) Kornutów. Występują one ponad rowem grzbietowym (formy G1 i G2 na ryc. 6). W skałkach stwierdzono występowanie zespołu spękań podłużnych (L) o kierunku 90–110° (G1) i 120° (G2) oraz zespołu ciosu poprzecznego (T) o azymucie 200° (G1) i 210–215° (G2) (ryc. 6). Płaszczyzny zespołów ciosowych są pionowe lub nieznacznie pochylone ku SE i mają regularny przebieg. Zmiana kąta nachylenia płaszczyzn zespołu ciosu poprzecznego (T), o 20° ku WNW, może wskazywać na rotację formy skałkowej G2 względem G1 (ryc. 6). Z powodu braku jednoznacznego punktu odniesienia nie jest możliwe określenie charakteru rotacji obydwu form skałkowych jedynie na podstawie analizy orientacji zespołów ciosowych w obu tych skałkach. Być może formy skałkowe występujące ponad rowem grzbietowym tkwią w dwu skrzydłach wąskopromiennej synkliny.

DYSKUSJA

Szczególną rolę w rozwoju rzeźby osuwiskowej powstałej na SW stokach Kornutów odegrała silna anizotropia tektoniczna masywu skalnego. Na podstawie analizy orientacji płaszczyzn spękań ciosowych i ich kierunków nachylenia wykazano, że dominującym typem przemieszczeń w głównej skarpi osuwiska jest przechył i obrót mas skalnych wzdłuż osi pionowej. Występują tu także przemieszczenia rotacyjne ze wstecznym obrotem typu szu-

flowego (listrycznego), niekiedy antytetyczne. Niektóre z nich sięgają głęboko w masyw skalny (nawet do 17 m głębokości, o czym świadczy Jaskinia Mroczna), tworząc szczeliny dylatacyjne występujące tu wzdłuż strefy oderwania mas skalnych (Zatorski, 2014). Jak wykazano już wielokrotnie w Karpatach, relacje pomiędzy odpornością litologiczną i anizotropią strukturalną w decydującej mierze wpływają na uaktywnienie się procesów grawitacyjnych w obrębie stoku (m.in. Margielewski, 2009). Skarpa główna osuwiska na SW stoku góry Kornuty została najprawdopodobniej odsłonięta w efekcie jednorazowego zdarzenia (tu przemieszczeń grawitacyjnych), któremu sprzyjało powstanie i propagacja szczeliny inicjalnej rozwiniętej wzdłuż spękań podłużnych. Przeprowadzone badania wykazały, że główne przemieszczenie w obrębie strefy osuwiskowej miało charakter rotacyjny (wsteczna rotacja). Wskazuje na to zmniejszenie nachylenia warstw w przemieszczonym płacie osuwiskowym (8°) w stosunku do skarpy głównej (ponad 45°) (ryc. 3A, B i C). Poniżej wtórnej skarpy osuwiska, utworzonej w obrębie warstw inoceramowych, powstały kolejne, mniejsze osuwiska o charakterze zwietrzelinowym. W efekcie w obrębie całej strefy osuwiskowej doszło do wykształcenia kilku zasadniczych obszarów zróżnicowanych pod względem rzeźby: strefy dużych bloków skalnych (u podnóża skarpy głównej osuwiska), strefy jezorów i wałów rumowiskowych w górnej części stoku, płata osuwiskowego tworzącego podłużne wypłaszczenie stokowe, rumowisk i zwietrzeliny gruzowej w dolnej części stoku (poniżej skarpy wtórnej osuwiska). Na podstawie przeprowadzonych badań można jednoznacznie stwierdzić, że przemieszczenia grawitacyjne mas skalnych i zwietrzelinowych transformujących stok Kornutów mają charakter ruchów masowych typu złożonego (*complex*) (*sensu* Dikau i in., 1996).

WNIOSKI

Na podstawie analiz przeprowadzonych w strefie osuwiskowej SW stoków góry Kornuty stwierdzono występowanie ruchów masowych różnej generacji i typów (przechył, obrót mas skalnych wzdłuż osi pionowej, przemieszczenia rotacyjne ze wstecznym obrotem), typowych

dla osuwiska złożonego typu *complex* (*sensu* Dikau i in., 1996). Dolne partie rozległej strefy osuwiskowej były często odmładzane młodszymi generacjami ruchów masowych. Analiza zmienności orientacji przestrzennej spękań ciosowych pozwoliła na jednoznacznie stwierdzenie znacznego wpływu nieciągłości tektonicznych występujących w masywie skalnym (spękania, uskoki) na inicjację, charakter rozwoju i rzeźbę strefy osuwiskowej, transformowanej przez różnowiekowe ruchy masowe. Badania form osuwiskowych na SW stoku Kornutów potwierdziły również rotacyjny – ścięciowy (a więc nie „strukturalny”) charakter ruchów masowych, które, jak wykazały dotychczasowe badania, powszechnie występują w masywach fliszowych Karpat, rozwijając się niezależnie od struktur występujących w ich obrębie (zob. Margielewski, 2009).

Autor pragnie podziękować Recenzentom za cenne uwagi dotyczące artykułu, a także dr. hab. Józefowi Kukulakowi za merytoryczną pomoc podczas pisania pracy dyplomowej dotyczącej tego obszaru badań. W badaniach wykorzystano dane LIDAR, które zostały udostępnione do celów naukowych Instytutowi Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego.

LITERATURA

- ALEXANDROWICZ Z. 1978 – Skalki piaskowcowe zachodnich Karpat fliszowych. Pr. Geol. PAN, 113: 7–12, 50–76.
- ALEXANDROWICZ S.W., ALEXANDROWICZ Z. 1988 – Ridge-top trenches and rifts in the Polish Outer Carpathians. Ann. Soc. Geol. Pol., 58: 207–228.
- BAJGIER M. 1994 – Rozwój osuwisk w czołowej strefie płaszczowiny magurskiej w dorzeczu górnej Soły. Prz. Geogr., 67: 375–387.
- BAJGIER-KOWALSKA M. 2007 – Aktywność procesów osuwiskowych w Karpatach fliszowych w ostatnim dziesięcioleciu. [W:] Sołtysik R., Suligowski R. (red.), Rola geografii fizycznej w badaniach regionalnych, Kielce: 11–16.
- BOBER L. 1984 – Z badań geologicznych w Karpatach. Rejony osuwiskowe w polskich Karpatach fliszowych i ich związek z budową geologiczną. Biul. Państw. Instyt. Geol., 23 (340): 115–153.
- DIKAU R., BRUNSDEN D., SCHROTT L., IBSEN M.-L. (red.) 1996 – Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes. Wiley & Sons, Chichester.
- JAKUBOWSKI K. 1974 – Współczesne tendencje przekształceń form osuwiskowych w holoceńskim cyklu rozwojowym osuwisk na obszarze Karpat fliszowych. Pr. Muz. Ziemi, 22: 169–189.
- KLECZKOWSKI A. 1955 – Osuwiska i zjawiska pokrewne. Wyd. Geol., Warszawa: 15–23, 59–85.
- KOPCIOWSKI R. 1995 – Budowa geologiczna płaszczowiny magurskiej między Ropą, a Bodakami. [W:] Peszt C. & Jarzyna J. (red.), Geologiczne i geofizyczne badania podstawowe w poszukiwaniu, rozpoznawaniu i ocenie złóż surowców skalnych. Materiały do Konferencji Naukowej, Krynica: 167–174.
- KOPCIOWSKI R., JANKOWSKI L., ZIMNAL Z. 1997 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1 : 50 000, ark. Osiek (manuskrypt). Nar. Arch. Państw. Inst. Geol.
- KOSZARSKI L. 1976 – Rozwój najmłodszych osadów wschodniej części płaszczowiny magurskiej. Sprawozdania z posiedzeń Komisji Nauk PAN w Krakowie, 20: 174–175.
- LACH J. 1970 – Fazy rozwoju form skalnych w Magurze Wątkowskiej. Roczn. Nauk.-Dydakt. WSP, 5 (40): 27–33.
- ŁOPATKIEWICZ T. 1985 – Ośrodki kamieniarstwa ludowego na łemkowszczyźnie środkowej. Polska Sztuka Ludowa, 3–4: 177–186.
- MARGIELEWSKI W. 2001 – O strukturalnych uwarunkowaniach rozwoju głębokich osuwisk – implikacje do Karpat fliszowych. Prz. Geol., 6 (49): 515–524.
- MARGIELEWSKI M., URBAN J. 2004 – Jaskinia szczelinowa Diabla Diura w Bukowcu (Pogórze Różnowskie, Karpaty zaewnetrzne) jako inicjalne stadium rozwoju głębokich osuwisk w Karpatach fliszowych. Prz. Geol., 12 (52): 1171–1178.
- MARGIELEWSKI W. 2006 – Structural control and types of movements of rock mass in anisotropic rocks: case studies in the Polish Flysch Carpathians. Geomorphology, 77: 47–68.
- MARGIELEWSKI W. 2009 – Typy przemieszczeń grawitacyjnych mas skalnych w obrębie form osuwiskowych polskich Karpat fliszowych. Prz. Geol., 10 (57): 905–917.
- MARGIELEWSKI W., URBAN J., BUCZEK K., FORMAL A., FRANCAZAK P., ZATORSKI M. 2013 – Elementy rzeźby istotne dla dziedzictwa geologicznego. [W:] Urban J., Margielewski W. (red.), Plan Ochrony Magurskiego Parku Narodowego. Ochrona przyrody nieożywionej i gleb. Operat szczegółowy. IOP PAN, Kraków: 73–132.
- MASTELLA L., ZUCHIEWICZ W., TOKARSKI A., RUBINKIEWICZ J., LEONOWICZ P., SZCZĘSNY R. 1997 – Application of joint analysis for palaeostress reconstructions in structurally complicated settings, case study from Silesian Nappe, Outer Carpathians, Poland. Prz. Geol., 10/2 (45): 1064–1066.
- POPRAWA D., RĄCZKOWSKI W. 2003 – Osuwiska Karpat. Prz. Geol., 8 (51): 685–692.
- STARKEL L. 1960 – Rozwój rzeźby Karpat fliszowych w holocenie Warszawa. Pr. Geogr. IG PAN. Wyd. Geol., Warszawa: 106–128.
- ŚLĄCZKA A. (red.) 1977 – Przewodnik do XLIX Zjazdu PTG. Wyd. Geol., Warszawa: 9–25, 73–75.
- ŚWIDERSKI B. 1952 – Z zagadnień tektoniki Karpat Północnych. Pr. Państw. Inst. Geol., 8: 1–142.
- ŚWIDZIŃSKI H. 1936 – Budowa geologiczna Kornutów. [W:] Sulma T., Kornuty – rezerwat na Łemkowszczyźnie. Ochrona Przyrody, 16: 57–58.
- TOKARSKI A. 1946 – Zachodnia część fałdu Mrukowej oraz możliwości ropne terenu Pielgrzymki i Fulusza. Nafta, 2 (11): 378–385.
- WRÓŃSKA D. 2004–2005 – Wpływ procesów osuwiskowych na działalność człowieka oraz szatę roślinną Magurskiego Parku Narodowego. Fol. Geograph. ser. Geographica-Physica, (35–36): 31–52.
- ZATORSKI M. 2014 – The structural control of the Mroczna Cave development on the slopes of Mt Kornuty (the Flysch Carpathians, Beskid Niski Mts). Landform Analysis, 27: 55–65.
- ZIĘTARA T. 1968 – Rola gwałtownych ulew i powodzi w modelowaniu rzeźby Beskidów. Wyd. Geol., Warszawa: 54–94.
- ZIĘTARA T. 1969 – W sprawie klasyfikacji osuwisk w Beskidach Zachodnich. Stud. Geomorph. Carpatho-Balcan., s: 111–127.
- ŻYTKO K. (red.) 1973 – Przewodnik geologiczny po wschodnich Karpatach fliszowych. Wyd. Geol., Warszawa: 55–59, 62–72, 102–110.

Praca wpłynęła do redakcji 16.02.2016 r.
Akceptowano do druku 4.12.2017 r.

**Analiza morfotektoniczna form rzeźby osuwiskowej na SW stokach góry Kornuty
(Karpaty fliszowe, Beskid Niski) (patrz str. 111)**

**Morphotectonic analysis of the landslide relief on the SW slopes of Mt Kornuty
(Flysch Carpathians, Beskid Niski Mts) (see p. 111)**



Ryc. 4. Formy skałkowe na południowo-zachodnich stokach góry Kornuty w Beskidzie Niskim: **A, B** – wychodnie Piaskowca z Wątkowej w skarpie głównej osuwiska, **C** – grawitacyjnie przemieszczony i podzielony blok Piaskowca z Wątkowej w koluwium. Wszystkie fot. M. Zatorski
Fig. 4. Rocky forms on the SW slopes of Mt Kornuty in the Beskid Niski Mts: **A and B** – Wątkowa Sandstone outcrops in the main scarp of the landslide, **C** – gravitationally displaced and divided block of the Wątkowa Sandstone within the colluviums. All photos by M. Zatorski