



## Geneza i geologiczne uwarunkowania rozwoju form osuwiskowych w środkowej części Obniżenia Noworudzkiego w Sudetach

Aleksander Kowalski<sup>1</sup>



**Origin and geological constraints for the development of landslide forms in the central part of the Nowa Ruda Basin, Sudetes.** Prz. Geol., 69: 666–679; doi: 10.7306/2021.35

*Abstract.* The paper presents the results of field mapping and structural analyses conducted within the landslides situated near Ludwikowice Kłodzkie, in the central part of the Nowa Ruda Basin (Middle Sudetes, SW Poland). The area affected by mass movements is located within the eastern limb of the Intra-Sudetic Synclinorium (Głuszyca Monocline) composed of Upper Carboniferous to Lower Permian (Rotliegend) sedimentary rocks. Nine individual landslide forms, ranging in area from 0.5 to 22.7 ha, including two landslide complexes (Sokółka landslides, 49.7 ha in total area) have been identified and described in terms of their origin and geological conditions. Studies of landslide morphology and structural analysis allow recognition of several types of mass movements. They include: (i) rotational landslides (landslides Sokółka 1-3 and 5); (ii) translational slides (landslides Miłków 1–3); (iii) deep-seated, compound landslides (landslide Sokółka 4), and (iv) topple evolving into deep-seated rotational (?) slide (Stawoszewski landslide). The studies repeatedly confirm the usefulness of analyses of LiDAR digital elevation models coupled with field investigations and structural analyses.

**Keywords:** mass movements, deep-seated landslides, rock topple, LIDAR DEM analysis, Intra-Sudetic Synclinorium, Middle Sudetes

Geologiczne i geomorfologiczne uwarunkowania rozwoju osuwisk występujących w paśmie górskim Sudetów stały się w ostatnich kilku latach przedmiotem licznych prac badaczy zajmujących się tematyką ruchów masowych (np. Synowiec, 2003; Migoń i in., 2010, 2014, 2016a; Kasprzak, Traczyk, 2012; Różycka i in., 2015; Sikora i in., 2016a, b; Kowalski, 2018; Makoś, Sobczyk, 2018; Sikora, Wojciechowski, 2019, 2021). Do niedawna powszechnie uważano, że zagrożenie osuwiskowe w południowo-zachodniej części Polski, w tym na obszarze sudeckim, jest relatywnie niskie, a występujące tu osuwiska są nieliczne i rozproszone (Migoń, 2008), a także mają niewielki zasięg głębokościowy. Do wyjątków od tej reguły zaliczono pojedyncze formy osuwiskowe powodujące szkody w infrastrukturze lub znane z czasów historycznych, takie jak np. osuwisko z 1598 r. w paśmie Gór Bardzkich (Oberc, 1957), jak również osuwiska rozpoznane podczas pierwszego kartowania geologicznego i geomorfologicznego w paśmie Gór Kamiennych (Sudety Środkowe; Berg i in., 1910; Berg, 1925; Pulinowa, 1972). Obszar tego ostatniego pasma górskiego już od początków XX w. był bowiem uznawany za przekształcony w znacznym stopniu przez wielkoskalowe ruchy masowe (por. Migoń, 2010; Migoń i in., 2014).

Powodem znacznego wzrostu zainteresowania ruchami masowymi na obszarze Polski stały się bez wątpienia liczne zdarzenia katastrofalne, które przyczyniły się do powstania projektu Systemu Osłony Przeciwosuwiskowej (SOPO), który zintensyfikował badania nad osuwiskami (Grabowski i in., 2008). Do rozwoju metod badań ruchów masowych i lepszej jakości ich wyników przyczyniło się bez wątpienia udostępnienie danych wysokościowych pochodzących z lotniczego skaningu laserowego o wysokiej rozdzielczości LiDAR (*Light Detection and Ranging*),

przeprowadzonego na początku XXI w. (np. Borkowski i in., 2011; Wojciechowski i in., 2012; Perski, Wojciechowski, 2015). Numeryczne Modele Terenu (NMT) wygenerowane na podstawie tych danych okazały się szczególnie pomocne we wstępnej identyfikacji i precyzyjnym wyznaczeniu zasięgu nierozpoznanych wcześniej form osuwiskowych występujących w Sudetach, m.in. w Górach Kamiennych (Migoń i in., 2014, 2016a), Stołowych (Migoń, Kasprzak, 2011; Duszyński i in., 2017), Bystrzyckich (Różycka i in., 2015; Migoń i in., 2016b), Bardzkich (Sikora i in., 2016b; Jancewicz, Traczyk, 2017), Sowich (Kowalski, 2018), Wałbrzyskich (Kotwicka i in., 2019), na Pogórzu Kaczawskim (Różycka i in., 2016; Kowalski, Wojewoda, 2017; Kowalski i in., 2019), Izerskim (Kowalski, 2017a), w Masywie Ślęży (Traczyk, Kasprzak, 2014), a także w paśmie Zaworów (Kowalski, 2017b).

Opublikowane w ostatnich latach prace zawierały również dane dotyczące ilości i zasięgu przestrzennego obszarów przekształconych przez ruchy masowe w Sudetach (Kowalski, Makoś, 2019; Sikora, Wojciechowski, 2019, 2021), a także ogólnej podatności osuwiskowej tego pasma górskiego, wynikającej z podatności osuwiskowej Polski (Wojciechowski, 2019). Sikora i Wojciechowski (2019, 2021) zinwentaryzowali na obszarze Sudetów łącznie 2444 osuwiska, biorąc pod uwagę również najmniejsze formy o powierzchni nie przekraczającej 0,5 ha, a także formy antropogeniczne. Natomiast Kowalski i Makoś (2019), na podstawie analiz numerycznych modeli terenu LiDAR i prac terenowych, wyznaczyli na obszarze górskiej części Sudetów 326 osuwisk o powierzchni od 0,5 do 53 ha (bez form antropogenicznych). Łączna powierzchnia rozpoznanych wówczas osuwisk wynosiła ok. 1200 ha (12 km<sup>2</sup>). Zinwentaryzowane osuwiska to głównie niewielkie formy

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Dolnośląski, al. Jaworowa 9, 50-204 Wrocław; [aleksander.kowalski@pgi.gov.pl](mailto:aleksander.kowalski@pgi.gov.pl)

obejmujące powierzchnię od 0,5 do 5 ha, stanowiące ponad 90% spośród występujących w Sudetach osuwisk (Kowalski, Makoś, 2019; Sikora, Wojciechowski, 2019, 2021). Bardzo rzadko występują natomiast rozległe zespoły osuwiskowe o powierzchni od 20 do 67 ha (8 form). Największe rozpoznane dotychczas osuwisko w Sudetach to osuwisko na górze Toczek w Górach Bystrzyckich, które jest w rzeczywistości kompleksem trzech połączonych ze sobą form osuwiskowych o łącznej powierzchni 67 ha (Kasprzak i in., 2014; Gotowała i in., 2015; Migoń i in., 2016b).

Wymienieni powyżej autorzy zgodnie podkreślają, że osuwiska w Sudetach rozwijają się przede wszystkim w miejscach, gdzie współwystępują ze sobą różne odmiany litologiczne skał o odmiennych właściwościach reologicznych. Zależność tę obserwowano we wszystkich typach genetycznych skał objętych osuwiskami. Ruchy masowe w skałach zwięzłych występowały zazwyczaj w obrębie masywnych, niekiedy silnie porowatych skał osadowych (np. piaskowców), podścielonych przez skały plastyczne i ławoodkształcalne (mułowce i iłowce). Reguła ta dotyczy również współwystępowania ze sobą skał magmowych i osadowych, gdzie np. masywne trachyandezyty lub ryolitoidy przykrywają drobnoziarniste mułowce i iłowce. Ruchy masowe obserwowano także w skałach metamorficznych, w miejscach gdzie masywne i spękane utwory metawulkaniczne (np. zieleńce), przykrywają plastyczne i ławoodkształcalne łupki metamorficzne (np. łupki serycytowe).

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki szczegółowych, kartograficznych prac terenowych połączonych z geomorfometrycznymi analizami NMT wygenerowanych na podstawie danych LiDAR, przeprowadzonymi na obszarze Obniżenia Noworudzkiego (Sudety Środkowe), w obrębie zboczy przełomowej doliny rzeki Włodzicy i jej dopływów, w okolicach miejscowości Ludwikowice Kłodzkie. Występują tu osuwiska i zespoły osuwisk, które nie były jak dotąd szczegółowo badane i opisywane w literaturze. Trzy z pięciu form składające się na opisany w niniejszym artykule zespół osuwisk, zlokalizowany na zboczach doliny potoku Sokółka, były prezentowane przez Migonia i in. (2015) w ramach sesji posterowej podczas konferencji O!suwisko w 2015 r. W artykule przedstawiono najważniejsze parametry morfometryczne badanych form. Osuwiska występujące na obszarze badań charakteryzują się dużym stopniem zróżnicowania zarówno pod względem morfologicznym, jak i rozpoznanych mechanizmów ruchu. Celem artykułu jest scharakteryzowanie wpływu warunków litologicznych i tektonicznych, jak również rzeźby terenu badanego obszaru na rozwój wielkoskalowych ruchów masowych, także pod kątem rozpoznania i wytypowania miejsc zagrożonych ruchami masowymi w przyszłości. Szczególną uwagę w niniejszej pracy poświęcono sposobom transformacji poszczególnych elementów strukturalnych masywu skalnego (powierzchni uławicenia, spękań i uskoku) przez ruchy masowe. Pozwoliło to na interpretację charakteru przemieszczeń grawitacyjnych mas skalnych w obrębie badanych form.

## OBSZAR BADAŃ

### – RZEŻBA TERENU I BUDOWA GEOLOGICZNA

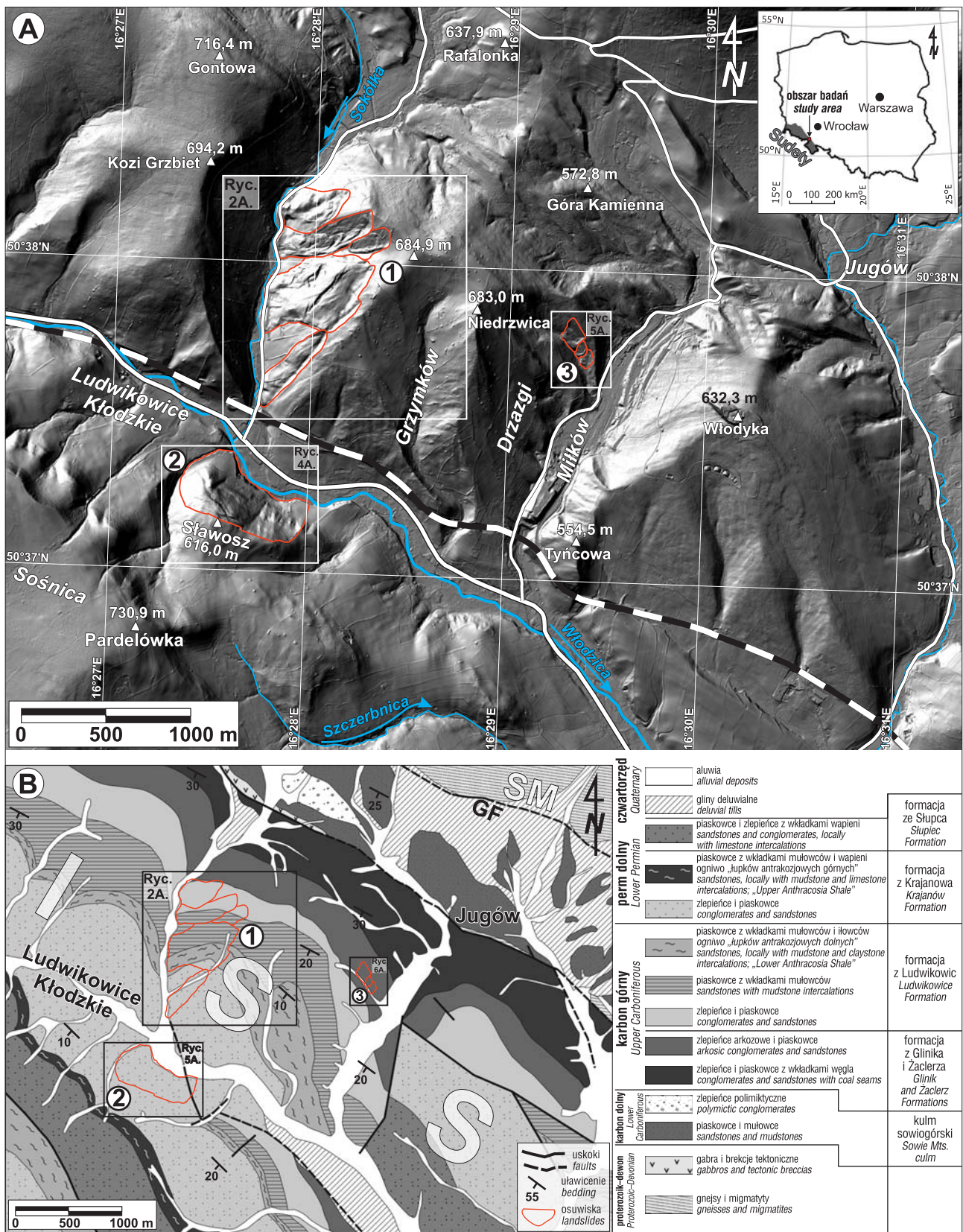
Obszar badań jest położony w Sudetach Środkowych (SW Polska), w dolinie rzeki Włodzicy i jej dopływów, w okolicach miejscowości Ludwikowice Kłodzkie (ryc. 1A). Według regionalizacji fizycznogeograficznej Polski zapro-

ponowanej przez Solona i in. (2018) obszar ten jest zaliczany do Obniżenia Noworudzkiego. Charakterystycznymi elementami rzeźby są tu równoległe do siebie grzbiety, formujące progi strukturalne (kwesty) o przebiegu NW–SE i wysokościach sięgających od 550 do 730 m n.p.m. Grzbiety cechują się wyraźną asymetrią i schodowym przebiegiem. Ich stoki o ekspozycji północno-wschodniej są zazwyczaj krótkie i strome (nachylenie do 35°), podczas gdy przeciwległe stoki o ekspozycji południowo-zachodniej są kilkukrotnie dłuższe i łagodnie nachylone (zazwyczaj <20°). Geneza grzbietów jest powiązana z różnicami w odporności na niszczenie nachylonych monoklinalnie w kierunku południowo-zachodnim odmian skał osadowych o różnym uziarnieniu (zlepieńców, piaskowców i mułowców; por. ryc. 1B), jak również, prawdopodobnie, z tektoniką uskoku (Don, 1961; Krechowicz, Berezowska, 1968). Część środkową obszaru badań zajmują masywy Gontowej (716,4 m n.p.m.) i bezimiennego wzniesienia (684,9 m n.p.m.) z rozległymi spłaszczeniami grzbietowymi, nachylonymi łagodnie (do 6°) w kierunku południowo-zachodnim. Stoki tych masywów cechują się również wyraźną asymetrią. Ważnym elementem rzeźby analizowanego obszaru jest głęboko wcięta dolina rzeki Włodzicy (lewobrzeżny dopływ Ścinawki; zlewnia Nysy Kłodzkiej), odwadniającej obszar badań w kierunku południowo-wschodnim. W okolicach Ludwikowice Kłodzkiej dolina ta ma charakter przełomowy, osiągając maksymalną szerokość 300 m, przy różnicach wysokości pomiędzy dnem doliny a ograniczającymi ją wzniesieniami wynoszących nawet 220 m. Lewobrzeżne dopływy Włodzicy: Sokółka i Jugowski Potok – formują głębokie doliny konsekwentne (tj. zgodne z kierunkiem upadu skał osadowych) o przebiegu NE–SW, natomiast prawobrzeżne, bezimienne dopływy mają podobną orientację, lecz formują głębokie i wąskie dolinki wciosowe rozcinające stromo nachylone progi kuest o ekspozycji północno-wschodniej.

Rzeźba obszaru badań jest ściśle warunkowana budową geologiczną (ryc. 1B). Badany obszar obejmuje północno-wschodnie skrzydło synklinorium śródsudeckiego, określane mianem monokliny Głuszycy-Miłkowska-Sokolicy (dalej: monoklina Głuszycy; por. Krechowicz, Berezowska, 1968). Synklinorium śródsudeckie to jednostka tektoniczna zbudowana z utworów osadowych i magmowych karbonu i permu dolnego, a także przykrywających je niezgodnie skał osadowych triasu dolnego i kredy górnej (Augustyniak, Grocholski, 1968; Awdankiewicz i in., 2003; Wojewoda i in., 2011). Skały budujące monoklinę Głuszycy kontaktują poprzez system uskoku Głuszycy o biegu NW–SE (Cymerman, 2004) z utworami metamorficznymi bloku sowiogórskiego (masywem gnejsowym Gór Sowich; por. Grocholski, 1959). Monoklina Głuszycy cechuje się mało skomplikowaną budową wewnętrzną. Najstarszymi utworami budującymi synklinorium śródsudeckie są skały osadowe karbonu i permu dolnego, zapadające pod kątami od 10 do ok. 30° w kierunku południowo-zachodnim.

Osady karbonu dolnego, określane w literaturze jako kulk sowiogórski (Łapot, 1986), to słabo wysortowane zlepieńce przechodzące ku górze w drobnoziarniste piaskowce i mułowce, które przykryte są lokalnie zlepieńcami polimiktycznymi. Utwory te zaliczane są do wizenu i interpretowane jako utwory pochodzenia morskiego (Oberc, 1949; Łapot, 1986). Kulk sowiogórski monokliny Głuszycy kontaktuje tektonicznie ze słabo odsłoniętymi, górnokarbońskimi piaskowcami i zlepieńcami z wkładkami węgla kamiennego, zaliczanymi do formacji z Żaclerza





**Ryc. 1.** Lokalizacja obszaru badań. **A** – numeryczny, cieniowany model wysokości LiDAR z naniesionymi formami osuwiskowymi: **1** – kompleks osuwiskowy w dolinie Sokółki; **2** – osuwisko na północnych stokach góry Sławosz; **3** – osuwiska w Miłkowie; **B** – uproszczona mapa geologiczna obszaru badań (na podstawie: Krechowicz, Kisielski, 1965 oraz Ihnatowicz i in., 2017) z naniesionym zasięgiem form osuwiskowych; oznaczone czarną linią prostokąty wskazują zasięg obszarów prezentowanych na rycinach 2A, 5A i 6A. Objasnienia symboli literowych: SM – masyw gnejsowy Gór Sowich; ISS – synklinorium śródsudeckie; GF – uskoki Głuszycy

**Fig. 1.** Location map of the study area. **A** – LiDAR-based, shaded relief map with superimposed landslide forms: **1** – landslide complex in Sokółka Valley; **2** – landslide on the northern slopes of Mt. Sławosz; **3** – landslides in Miłków; **B** – simplified geological map (based on Krechowicz, Kisielski, 1965; Ihnatowicz et al., 2017) with superimposed landslides and location of areas presented in Figs 2A, 5A and 6A (black rectangles). Letter symbols: SM – Sowie Mountains Gneiss Massif; ISS – Intra-Sudetic Synclinorium; GF – Głuszycza Fault

i Glinika. Wzdłuż strefy uskoku oddzielającej utwory dolnego i górnego karbonu stwierdzono wychodnie starszych skał podłoża i brekcie tektoniczne (Krechowicz, Kisielewski, 1965; ryc. 1B).

Utwory formacji z Glinika przechodzą stopniowo ku górze w grubokruhowe zlepienie i piaskowce, przykryte kolejno przez tzw. piaskowce płytowe, drobnoziarniste piaskowce i mułowce. Utwory te wydzielono łącznie jako formację z Ludwikowic, która jest zaliczana do najwyższej części karbonu (stefan; Nemeč i in., 1982). Piaskowce i mułowce występujące w najwyższej części tej formacji są tradycyjnie zaliczane do ogniwa tzw. łupków antrakozjowych dolnych (np. Dziedzic, 1961; Wójcik-Tabol i in., 2021). Jakkolwiek utwory te były początkowo zaliczane do permu dolnego (Krechowicz, Kisielewski, 1965), to obecnie uznaje się je za osady kończące profil górnego karbonu w synklinorium śródsudeckim (Nemeč i in., 1982). Osady formacji z Ludwikowic są przykryte piaskowcami i zlepieniami formacji z Krajanowa (perm dolny), które przechodzą ku górze w węglanowo-okruhowe utwory (piaskowce, mułowce i wapienie) wydzielane jako w ogniwo łupków antrakozjowych górnych. Przykrywające je piaskowce i zlepienie są zaliczane do formacji ze Słupca (Nemeč i in., 1982; Kurowski, 2004). Utwory tej formacji są poprzecinane lokalnie (poza obszarem badań) przez permskie intruzje subwulkaniczne i wulkaniczne trachyandezytów, a także ryolitoidów i ich tufów (por. np. Awdankiewicz, 1999). Do najmlodszych osadów występujących na obszarze badań należą czwartorzędowe gliny deluwialne i osady aluwialne.

## METODYKA BADAŃ

Badania terenowe w okolicach Ludwikowic Kłodzkich prowadzono w latach 2016–2019, a także w latach 2020–2021 w trakcie wykonywania zdjęcia geologicznego obszaru arkusza Ludwikowice Kłodzkie w ramach II edycji *Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów w skali 1 : 25 000* (Cymerman, 2016). Terenowe prace kartograficzne na obszarach objętych ruchami masowymi dotyczyły dokumentowania i opisu charakterystycznych elementów morfologicznych, litologicznych i strukturalnych (powierzchnie uławiczenia, spękań, uskoku). Lokalizację punktów dokumentacyjnych wyznaczano za pomocą odbiorników GPS Nomad Trimble (aplikacja ArcPad; dokładność wyznaczania pozycji od 1 do 3 m) oraz GPS Garmin 66s (dokładność wyznaczania pozycji od 1 do 3 m). Precyzyjne pomiary długości i szerokości form rzeźby osuwiskowej prowadzono z wykorzystaniem dalmierza laserowego Bushnell. Podczas badań terenowych wykonywano szkice geomorfologiczne w oprogramowaniu ArcPad. Przeprowadzenie obserwacji i pomiarów w obrębie odsłoneń skał podłoża i koluwiów było możliwe na obszarach wszystkich opisanych w artykule osuwisk lub ich zespołów (nr 1, 2 i 3 na ryc. 1).

Terenowe pomiary elementów rzeźby osuwiskowej zwerfikowano podczas analiz geomorfometrycznych NMT. Zbiory danych wykorzystanych do wygenerowania numerycznego modelu terenu pochodziły z lotniczego skaningu laserowego (ALS – *Airbone Laser Scanning*), wykonanego na terenie Polski w latach 2010–2014 w ramach realizacji Informatycznego Systemu Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami (ISOK). Wyniki skanowania laserowego zostały udostępnione przez Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej (CODGiK) w formie zbiorów punktów o gęstości ok. 4–6 punktów/1 m<sup>2</sup> (co oznacza średnią odległość punktów pomiarowych ok.

0,5 m; por. Wężyk, 2015) i średnim błędzie wysokościowym nie przekraczającym 0,4 m (Wężyk, 2015). Pozyskana chmura punktów jest sklasyfikowana obiektowo, dzięki czemu możliwe było wykluczenie elementów pokrycia terenu (m.in. roślinności i zabudowy) na etapie generowania NMT. Użytkany model przedstawiał zatem tylko powierzchnię terenu, która była analizowana poprzez wizualizację metodą reliefu cieniowanego (*shaded relief maps*) z różnym kątem oświetlenia (iluminacji; por. np. Ozimkowski, 2010). Dane przetwarzano, wykorzystując oprogramowanie Global Mapper, Surfer (Golden Software) v. 13.0 oraz SAGA GIS v. 2.1.2. Wszystkie materiały kartograficzne opracowywano w Państwowym Układzie Współrzędnych Geograficznych 1992.

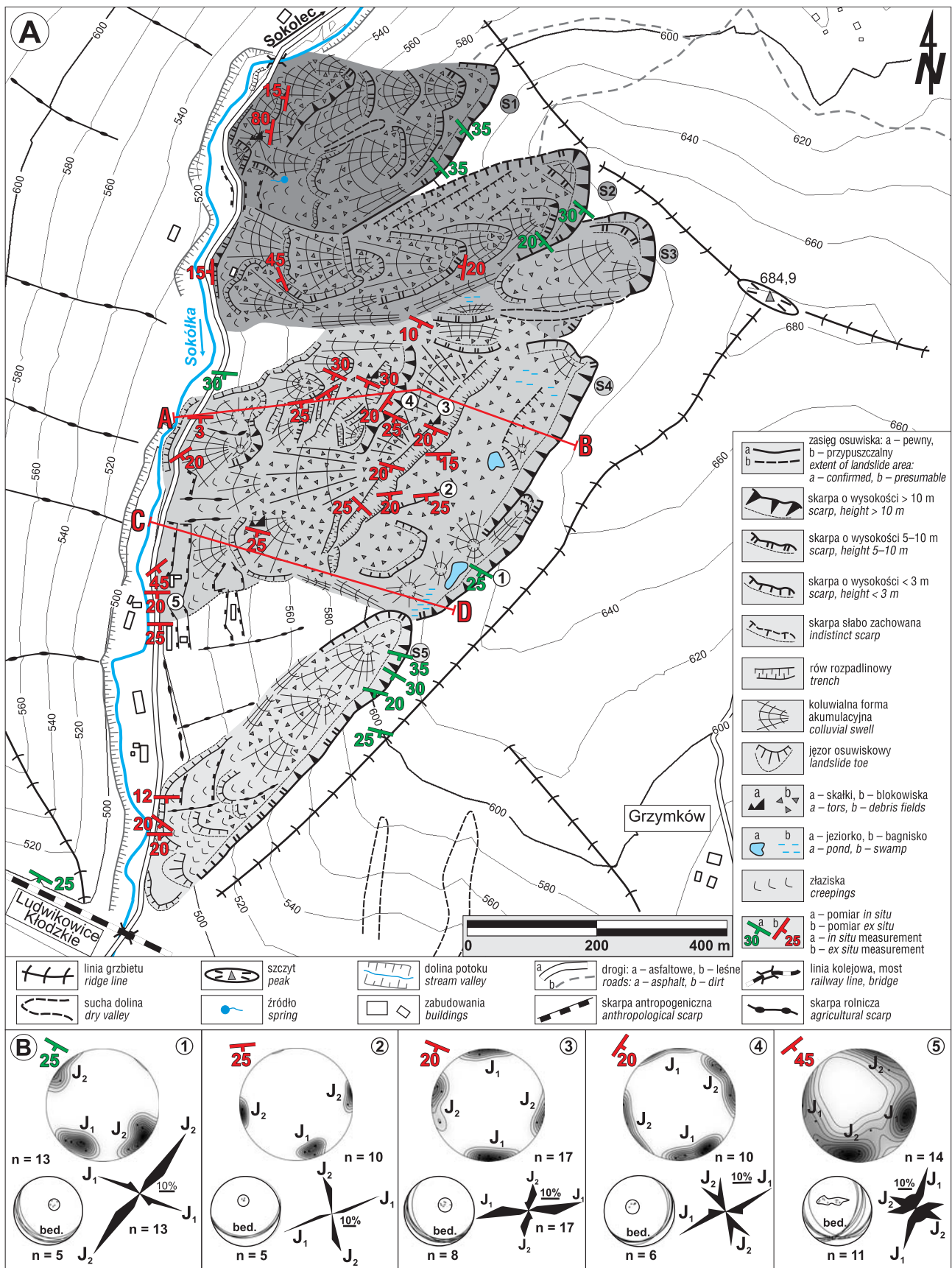
Przy opisie form osuwiskowych zastosowano obowiązujące klasyfikacje ruchów masowych (Varnes, 1978; WP/WLI, 1990, 1993; Dikau i in., 1996; Margielewski, 2004) oraz terminologię sugerowaną przez autorów *Instrukcji opracowania Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000* (Grabowski i in., 2008).

## ZESPÓŁ OSUWISK W DOLINIE POTOKU SOKÓŁKA

Obszar objęty osuwiskami o łącznej powierzchni 49,7 ha (nr 1 na ryc. 1; ryc. 2A; tab. 1) występuje na zachodnich stokach masywu bezimiennego wzgórza o wysokości 684,9 m n.p.m., położonego na północ od Ludwikowic Kłodzkich i na południe od Sokolca. Masyw ten stanowi formę rozrogu, od którego grzbiety rozchodzą się w kierunkach ku WNW, SW i ESE, jest oddzielony jest od położonego dalej na zachód masywu Gontowej (716,9 m n.p.m.) głęboko wciętą, zorientowaną południkowo przełomową doliną potoku Sokółka, stanowiącego lewobrzeżny dopływ Włodzicy. Deniwelacje w obrębie zboczy doliny Sokółki sięgają od 50 m w jej południowej części do nawet 170 m w części północnej (ryc. 2A). Ruchy masowe rozwinęły się skośnie do nachylenia ławic górnokarbońskich zlepieńców i piaskowców formacji z Ludwikowic Kłodzkich (osuwiska Sokółka 1, 2, i 3, a także północna część osuwiska Sokółka 4) oraz zlepieńców permu dolnego formacji z Krajanowa (południowa część osuwiska Sokółka 4 i osuwisko Sokółka 5; por. ryc. 1B), nachylonych monoklinalnie ku SW pod kątem do 30°. W środkowej części stoku w obrębie górnokarbońskich piaskowców i zlepieńców występują przeławienia utworów drobnoziarnistych – głównie mułowców zaliczanych do poziomych łupków antrakozjowych dolnych (ryc. 1B).

Zespół osuwisk na zboczach doliny Sokółki ma najbardziej złożoną rzeźbę spośród form rozpoznanych na obszarze badań. Badania terenowe wykazały, że składa się on z pięciu połączonych ze sobą form osuwiskowych (osuwiska S1–S5; ryc. 2A, 3A; tab. 1). Górne krawędzie skarp głównych tych form utworzyły się na wysokościach od 608 do 616 m n.p.m. (osuwiska S1 i S5) oraz 655–667 m n.p.m. (osuwiska S2–S4). W części północnej zespołu osuwisk skarpy mają łukowaty przebieg (skarpy osuwisk S1–S3), natomiast skarpy form S4 i S5 są prostolinijne i zorientowane równolegle do krawędzi grzbietu o przebiegu NE–SW (ryc. 2A). Poniżej łukowatych w zarysie skarp form S1–S3 występują rowy rozpadlinowe i spłaszczenia nachylone w kierunku przeciwnym do nachylenia stoku (ku NE) oraz zespoły skarp wtórnych o schodowym przebiegu. Dodatkowo na granicy osuwisk S2 i S3 rozwinęły





się wyraźnie zarysowane, wydłużone koluwalne formy akumulacyjne (wały brzeżne), zorientowane zgodnie z kierunkiem ruchu mas koluwalnych (ryc. 2A). Środkowe i dolne części osuwisk S1–S3 mają charakter rumoszowo-pakietowy, a ich jęzory schodzą do dna doliny potoku Sokółka, zaburzając przebieg koryta (ryc. 2A).

Największą powierzchniowo formą w opisywanym zespole osuwisk jest osuwisko S4 (ryc. 2A; 3A). W obrębie tej formy, poniżej dwóch, łączących się, prostoliniowych skarp głównych o długościach 270 i 210 m, znajduje się rozległe spłaszczenie stokowe (lokalnie wsteczne pochylone), o wymiarach ok. 500 × 130 m (ryc. 2A; 3A–C). W obrębie

←

**Ryc. 2.** Rzeźba kompleksu osuwisk na zboczach doliny Sokółki. **A** – szkic geomorfologiczny osuwiska z zaznaczonymi liniami przekrojów geologicznych (ryc. 3B); **B** – wyniki pomiarów strukturalnych wykonanych w wybranych stanowiskach zlokalizowanych w skarpie głównej (*in situ*; stanowisko 1) oraz w obrębie osuwiska S4 (*ex situ*; stanowiska 2–5). Na diagramach kołowych zaznaczono pomiary powierzchni uławicenia (*bed.*), a na diagramach konturowych i punktowych (projekcja równopowierzchniowa Schmidta-Lamberta na dolną półkulę) zaznaczono pomiary dwóch głównych zespołów ciosu o orientacji WNW–ESE ( $J_1$ ) i NE–SW ( $J_2$ ) – wymienione kierunki dotyczą pomiarów *in situ* w skarpach głównych osuwisk

**Fig. 2.** Geomorphic features of the Sokółka landslide complex. **A** – geomorphological sketch of the landslides. See Fig. 3B for cross-sections; **B** – results of structural measurements performed within chosen outcrops situated within main scarp (*in situ*; site 1) and within landslide S4 (*ex situ*; sites 2–5). Pole point and great circle diagrams show bedding surfaces of sedimentary rocks (*bed.*). Rose diagrams as well as pole point- and contour diagrams (equal area plots, projection on lower hemisphere) show two main sets of joints: WNW–ESE ( $J_1$ ) and NE–SW ( $J_2$ ), orientation measured within main scarps (*in situ*)

**Tab. 1.** Charakterystyka morfometryczna osuwisk opisanych w artykule  
**Table 1.** Morphometry of landslides described in the text

Osuwisko <i>Landslide</i>	Typ osuwiska <i>Landslide type</i>	Powierzchnia <i>Area</i> [ha]	Ekspozycja <i>Aspect</i>	Maks. długość (L)/ maks. szerokość (W) <i>Max. length (L)/ max. width (W)</i> [m]	Wskaźnik L/W <i>L/W ratio</i>	Maks/min. wysokość [m n.p.m.] <i>Max/min. elevation [m a.s.l.]</i>	Rozpiętość pionowa [m n.p.m.] <i>Vertical range [m a.s.l.]</i>	Średnie nachylenie <i>Mean slope</i> [°]
Sokółka 1 (S1)	zsuw rotacyjny <i>rotational slide</i>	7,88	W	425/270	1,60	608/513	95	18,9
Sokółka 2 (S2)	zsuw rotacyjny <i>rotational slide</i>	9,32	WSW	596/158	3,80	664/511	153	18,1
Sokółka 3 (S3)	zsuw rotacyjny <i>rotational slide</i>	3,29	W	708/122	5,80	667/585	82	17,9
Sokółka 4 (S4)	złożone <i>compound</i>	22,68	W	640/434	1,50	655/496	159	18,4
Sokółka 5 (S5)	zsuw rotacyjny <i>rotational slide</i>	6,57	SW	581/181	3,20	616/484	132	19,3
Sławosz (S)	przechył <i>topple</i>	22,76	NE	405/778	0,50	614/461	153	24,4
Miłków 1 (M1)	zsuw translacyjny <i>translational slide</i>	1,62	SW	141/146	0,96	577/518	59	18,5
Miłków 2 (M2)	zsuw translacyjny <i>translational slide</i>	0,50	SW	97/73	1,30	548/513	35	19,8
Miłków 3 (M3)	zsuw translacyjny <i>translational slide</i>	0,63	SW	104/78	1,30	539/507	32	16,4

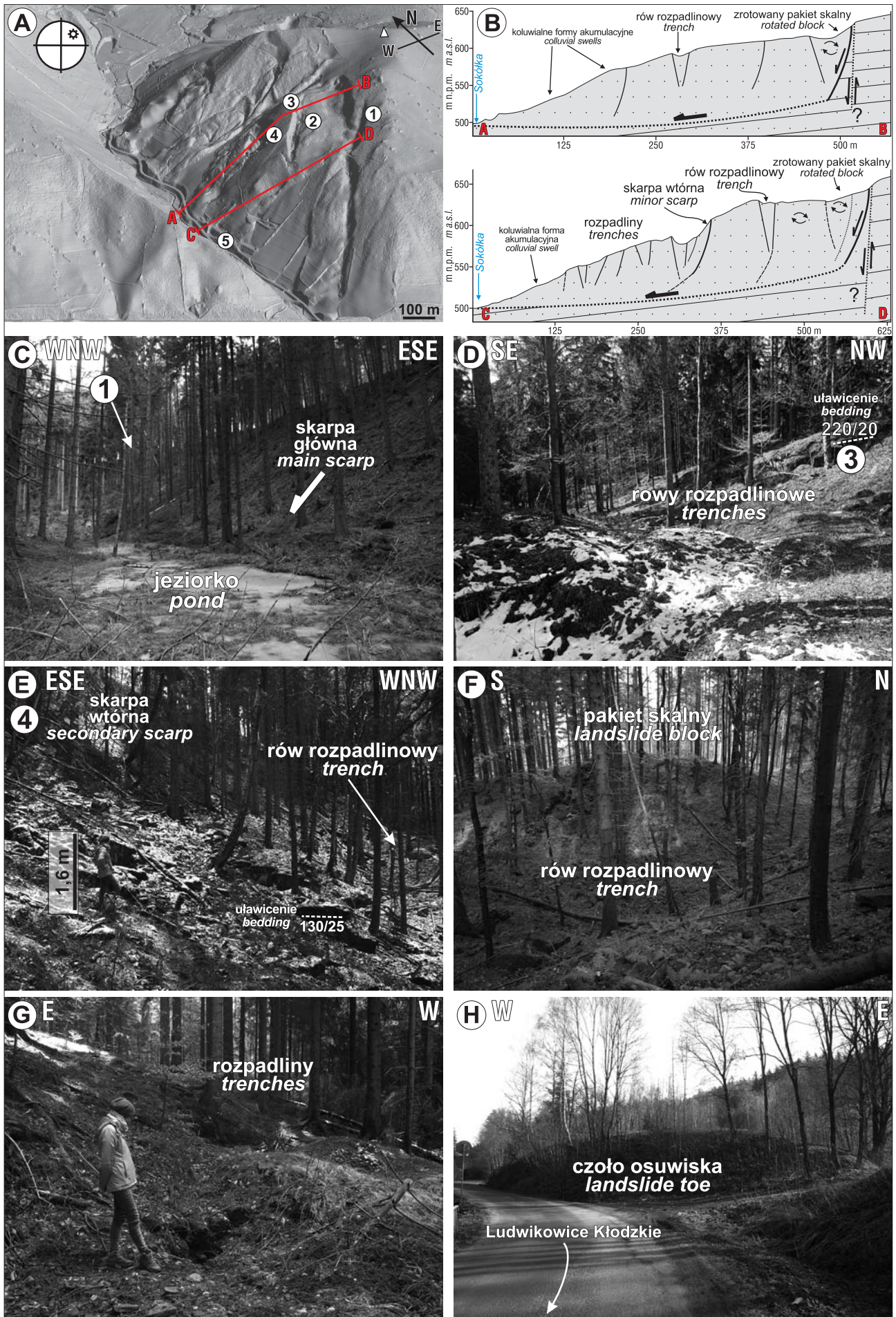
splaszczania występują niskie (do 3 m) koluwalne formy akumulacyjne i wypełnione wodą zagłębienia bezodpływowe (ryc. 3C). W skrajnej części splaszczania uformował się rozległy rów rozpadlinowy o orientacji NW–SE, długości do 350 m i głębokości do 7 m (ryc. 2A, 3A–B, D). W ścianach rowu występują wychodnie zlepieńców i piaskowców, natomiast w jego dnie blokowiska (ryc. 3D). Poniżej rowu występuje przemieszczony *en block* płat osuwiskowy o niezaburzonej (lub słabo zaburzonej) strukturze, z niewielkimi nabrzmieniami w jego południowej części. Płat ten został obciążony (na wysokościach 600–604 m n.p.m.) łukowatą skarpią wtórną o wysokości do 20 m (ryc. 2A, 3E), do której przylega częściowo zdeintegrowany pakiet skalny (ryc. 3F). Poniżej pakietu występuje system rozpadlin, mniejszych rowów i skarp wtórnych (ryc. 3G). Czoło

osuwiska ma postać szeregu jeziorów osuwiskowych, niekiedy o znacznej wysokości (w środkowej części osuwiska do 15 m), w obrębie których znajdują się antropogeniczne podcięcia stoku i asfaltowa droga, a także nieliczne zabudowania (ryc. 2A).

Z osuwiskiem S4 od południa sąsiaduje forma S5, wyróżniająca się na tle rozpoznanych osuwisk długością skarpy głównej (>650 m), osiagającej w części wschodniej wysokość 20 m i nachylenie do 35°. Osuwisko charakteryzuje się niewielką szerokością (maks. 145 m) przy znacznym wydłużeniu. Poniżej skarpy rozwinęły się koluwalne formy akumulacyjne, a także wyraźny jezior osuwiskowy o wysokości do 9 m, dochodzący do drogi asfaltowej (ryc. 3H).

Osuwiska w dolinie Sokółki rozwinęły się skośnie (insekwentnie) do powierzchni uławicenia skał osadowych









**Ryc. 3.** **A** – trójwymiarowy model terenu (LiDAR) z zaznaczonymi przekrojami i stanowiskami pomiarowymi opisanymi w tekście. 2 razy przewyższony model; **B** – przekroje geologiczne przez podłoże i koluwium osuwiska S4 wraz z interpretacją (por. Fig. 2A); **C** – skarpa główna osuwiska S4 z przyległym, obniżonym pakietem skalnym (stanowisko 1); **D** – rów rozpadlinowy w środkowej części osuwiska S4 (stanowisko 3) z wychodniami skalnymi w ścianach rowu; **E** – skalista skarpa wtórna w środkowej części osuwiska S4 (stanowisko 4); **F** – rów rozpadlinowy i obniżony pakiet osuwiskowy poniżej skarpy wtórnej w obrębie osuwiska S4; **G** – zespół rowów rozpadlinowych w środkowej części osuwiska S4; **H** – strome czoło osuwiska S5 dochodzące do drogi asfaltowej w Ludwikowicach Kłodzkich

**Fig. 3.** **A** – LiDAR-based three-dimensional model of the Sokółka landslides. Lines of cross-sections and exposures described in the text are marked. 2 × vertical exaggeration; **B** – interpretive geological cross-sections of the basement and colluvium of landslide S4 (Fig. 2A); **C** – main scarp scarp of landslide S4 with a large landslide block below (site 1); **D** – trench with rock exposures in the middle part of landslide S4 (site 3); **E** – rocky, secondary scarp in the middle part of landslide S4 (site 4); **F** – gravitational trench and displaced landslide block below secondary scarp of landslide S4; **G** – trenches in the middle part of landslide S4; **H** – steep landslide toe of landslide S5 near the road in Ludwikowice Kłodzkie

nachylonych pod niewielkimi kątami (do 35°) ku SW (zbocza doliny Sokółki są nachylone w kierunku zachodnim; ryc. 2B). Przemieszczeniem grawitacyjnym (szczególnie w przypadku osuwisk S3–S5) sprzyjała obecność licznych wkładek mułowców i drobnoziarnistych piaskowców wydzielanych jako dolne łupki antrakozjowe (ryc. 1B). Najwyższe partie osuwisk S1 i S2 mają cechy rotacyjnych osuwisk skalnych. Świadczą o tym przemieszczone grawitacyjnie i wstecznie pochylone płyty osuwiskowe, przylegające do stromych (<32°), miejscami skalistych skarp o łukowatym kształcie, a także schodowy układ elementów koluwium w niższych partiach stoku (ryc. 2A). Duża wysokość czoła osuwiska S1 (do 14 m lub nawet większa – dolna część osuwiska została zniwelowana przez drogę asfaltową) świadczy najprawdopodobniej o głębokich założeniach tej formy i wyciskaniu utworów podłoża ze strefy poślizgu. Z uwagi na najlepszy stopień odsłonięcia skał podłoża i obecność dużej liczby odsłoneń w przemieszczonych pakietach osuwiskowych do przeprowadzenia szczegółowych analiz strukturalnych wytypowano formę S4. Analizy położenia powierzchni uławicenia i zespołów spękań w obrębie tego osuwiska (por. ryc. 2), a także analiza rzeźby wskazuje, że jest to głębokie osuwisko złożone (typu *compound*; por. Margielewski, 2004), łączące typy przemieszczeń rotacyjnych i translacyjnych. Położenie powierzchni uławicenia i spękań w odsłonięciach zlepieńców i piaskowców odsłaniających się *in situ* w skarpię głównej (stanowisko 1) oraz w obrębie przylegającego do skarpy płata osuwiskowego, wskazuje, że przemieszczenia grawitacyjne zachodziły wzdłuż płaszczyzn spękań J<sub>2</sub> o biegu NE–SW (ryc. 2B), a obniżony blok skalny uległ lewoskrętnej rotacji wokół osi pionowej, prawdopodobnie wzdłuż powierzchni o nieznacznie zakrzywionym (cyldrycznym) kształcie (ryc. 3B). Pogląd ten potwierdza lewoskrętna rotacja powierzchni uławicenia o ok. 30°, rotacja obu stwierdzonych zespołów spękań J<sub>1</sub> i J<sub>2</sub>, a także rozmieszczenie elementów rzeźby osuwiska (por. ryc. 2) – wsteczne pochylenie obniżonego płata w stosunku do pierwotnej powierzchni stoku (nachylonej pod kątem ok. 11° ku W i WNW) świadczy o jego rotacji w trakcie przemieszczeń.

Nieznaczna rotacja powierzchni uławicenia i obu zespołów spękań (ryc. 2B) zaobserwowanych w zewnętrznej ścianie rowu rozpadlinowego (stanowisko 4), obrzeżającego płat osuwiskowy od zachodu, świadczy o przemieszczeniach wzdłuż relatywnie płaskiej powierzchni poślizgu kolejnego, położonego niżej płatu skalnego. Oprócz znacznego rozwarcia spękań zespołu J<sub>1</sub>, wzdłuż których utworzyły się lokalnie szczeliny i niewielkie jaskinie, w zew-

nętrznej ścianie rowu rozpadlinowego nie zaobserwowano przejawów intensywnych deformacji kruchych związanych z przemieszczeniami mas skalnych. Z drugiej strony, w osuniętym płacie osuwiskowym, przylegającym do skarpy wtórnej w środkowej części osuwiska S4, stwierdzono znaczną, lewoskrętną rotację kierunków spękań i powierzchni uławicenia (por. ryc. 2A–B, 3E). Świadczy to o wtórnych przemieszczeniach rotacyjnych w obrębie formy S4. Podobną rotację płaszczyzn strukturalnych zaobserwowano w ścianach rowów rozpadlinowych rozwiniętych poniżej stanowiska 4 (ryc. 2A, B). Znaczne rozproszenie kierunków obserwowanych spękań i powierzchni uławicenia w strefie czoła osuwiska (stanowisko 5) wskazuje na istnienie pakietowo-rumoszowego koluwium w jego dolnej części. Podobne zjawiska obserwowano w strefach czołowych wszystkich osuwisk wchodzących w skład zespołu osuwiskowego w dolinie Sokółki.

Warto podkreślić, że na arkuszu Rudolfswaldau (dziś Sierpnica) *Mapy Geologicznej Prus i Obszarów Przyległych w skali 1 : 25 000* (niem. *Geologische Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten*), autorstwa Dathego (1904), na obszarze nierozpoznanych wówczas osuwisk, w dolinie potoku Sokółka, w miejscu przemieszczonych pakietów skalnych zaznaczono liczne uskoki, które dały podstawę do wnioskowania o przemieszczeniach tektonicznych w obrębie skał osadowych karbonu górnego i permu dolnego na obszarze badań (ryc. 4). Natomiast na arkuszu Ludwikowice Kłodzkie *Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów w skali 1 : 25 000*, utwory te zostały uznane za niezaburzone tektonicznie, a w miejscu przemieszczonych grawitacyjnie pakietów osuwiskowych zaznaczono pomiary powierzchni uławicenia (40° i 35° w kierunku SW; Krechowicz, Kisielewski, 1965).

### OSUWISKO NA PÓŁNOCNYCH STOKACH GÓRY SŁAWOSZ

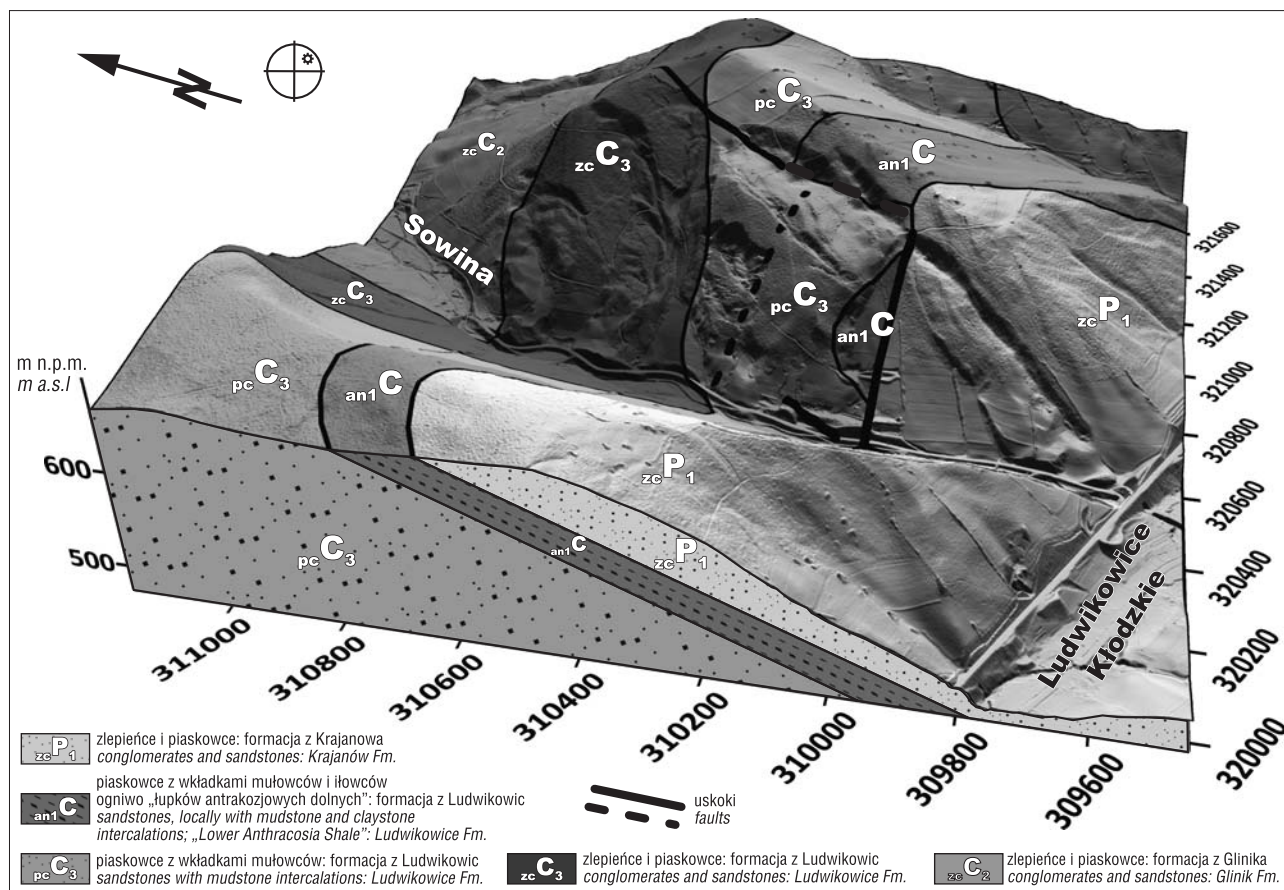
Na północnych stokach góry Sławosz (616 m n.p.m.) rozpoznano pojedynczą, aczkolwiek rozległą jak na warunki sudeckie, formę osuwiskową o łącznej powierzchni 22,76 ha (nr 2 na ryc. 1; ryc. 5A; tab. 1). Osuwisko to powstało na niemal całkowicie zalesionym, stromo nachylonym (do 35°), południowym zboczu doliny Włodzicy, zbudowanym z monoklinalnie nachylonych ku SW skał osadowych dolnego permu – zlepieńców i piaskowców formacji z Krajanowa (czerwony spągowiec; ryc. 1B).

Skarpa główna rozpoznanego osuwiska ma orientację NW–SE, prostoliniowy przebieg, długość ok. 650 m i wysokość do 20 m (ryc. 5A, B), zaś jej nachylenie jest zmienne



i sięga od 45° na skalistym odcinku północno-zachodnim do 20° w jej części południowo-wschodniej. Nachylenie skarpy spada wraz z jej wysokością ku NW i SE. Zlepieńce i piaskowce zlepieńcowate w obrębie skarpy nachylone pod kątem 15° w kierunku SW (ryc. 5A, C). W części północno-zachodniej osuwiska poniżej skarpy powstał rozległy rów rozpadlinowy o długości ok. 220 i szerokości

do 15 m, który od północnego wschodu jest ograniczony co najmniej dwoma przemieszczonymi grawitacyjnie pakietami skalnymi (ryc. 5A–C). Pakiety te są obcięte skarpami wtórnymi, poniżej których występują kolejne przemieszczone grawitacyjnie bloki skalne i mniejsze rowy rozpadlinowe. Skały osadowe w obrębie pakietów są nachylone pod kątem od 15 do 25° w kierunku NE. Boczne granice



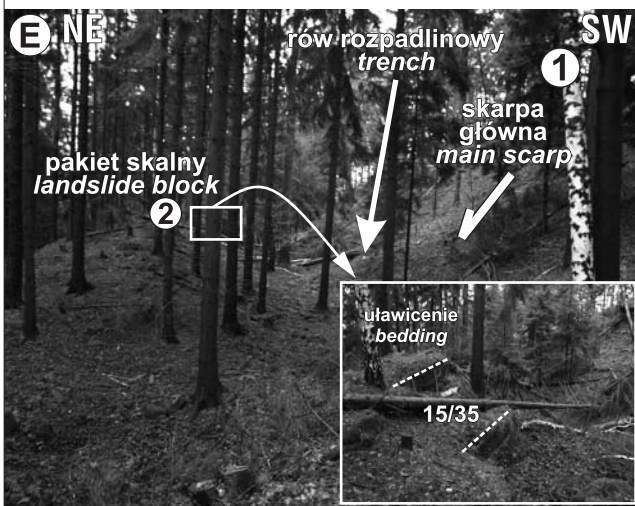
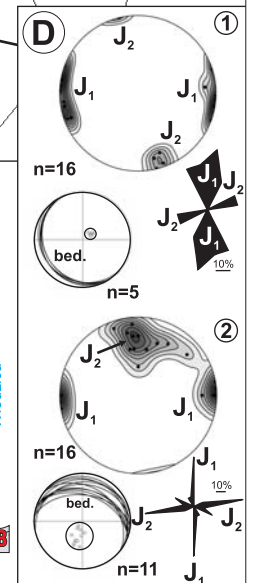
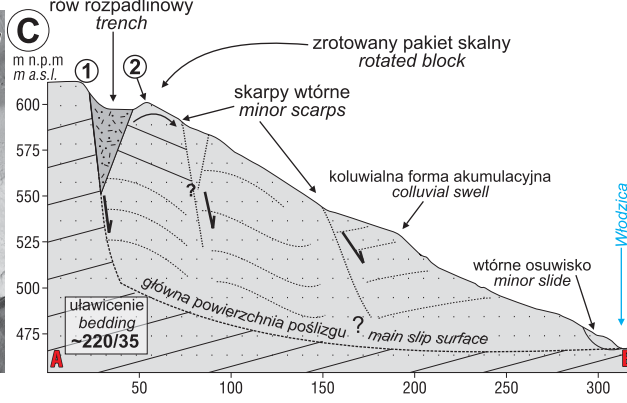
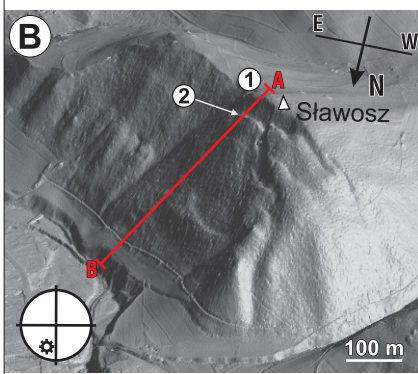
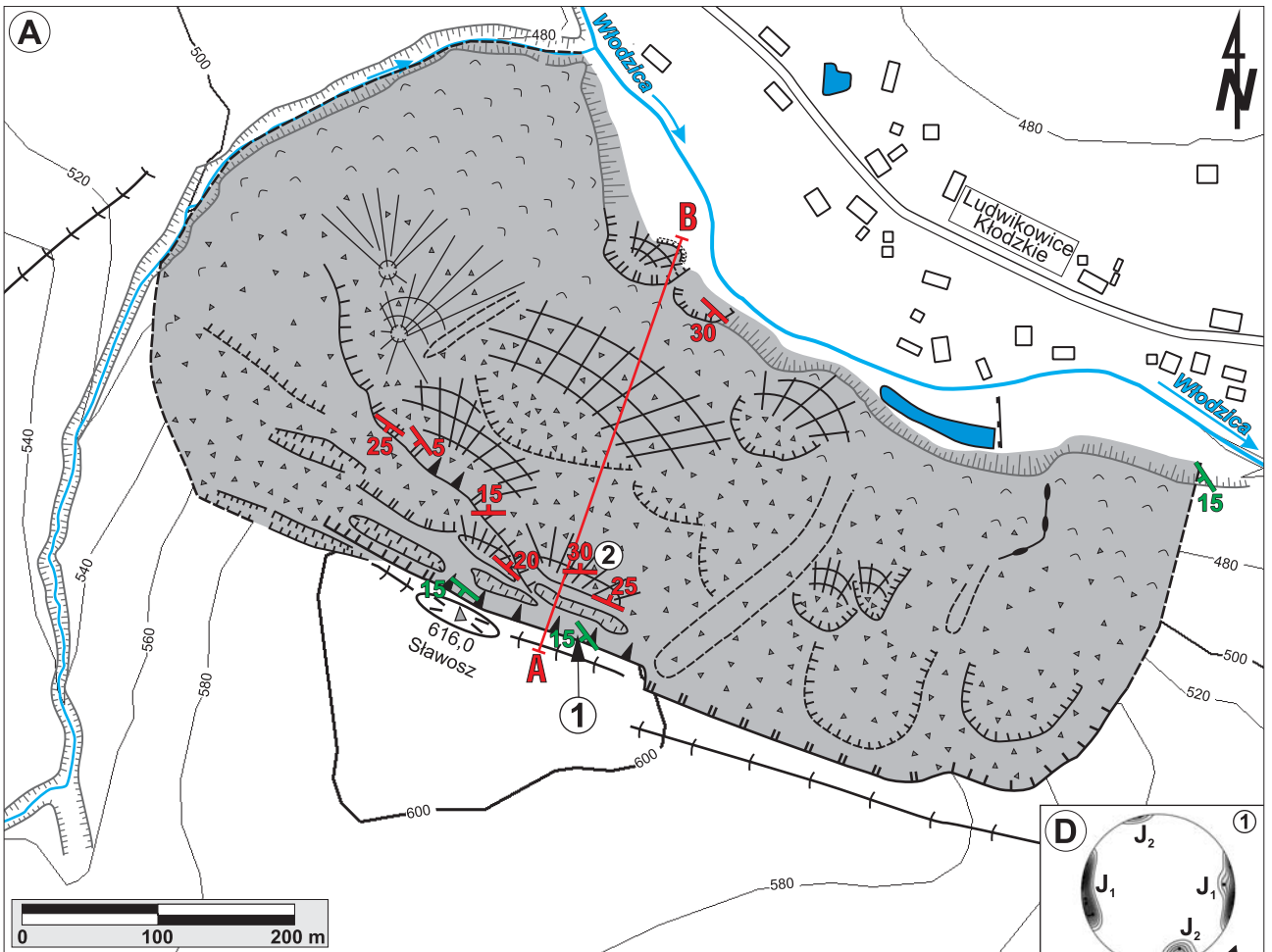
**Ryc. 4.** Model budowy geologicznej okolic kompleksu osuwiskowego w dolinie Sokółki wykonany na podstawie mapy geologicznej Dathego (1904). Uskoki normalne wkreślono w miejscu skarp osuwiskowych i granic koluwiów. Skala wg siatki kilometrowej współrzędnych metrycznych PUWG 1992/19

**Fig. 4.** Geological model of the Sokółka landslide complex area, after Dathe (1904). Note normal faults marked within the main scarps and the colluviums of the landslides. Scale on the picture: metric coordinates PUWG 1992/19

→

**Ryc. 5.** Osuwisko na północnych stokach góry Sławosz. **A** – szkic geomorfologiczny osuwiska z zaznaczoną linią przekroju geologicznego (ryc. 5C). Objasnienia symboli jak na ryc. 2A; **B** – trójwymiarowy model terenu (LiDAR) z zaznaczonym przekrojem i stanowiskami pomiarowymi opisanymi w tekście. 2 razy przewyższony model; **C** – przekrój geologiczny przez podłoże i koluwium osuwiska na górze Sławosz wraz z interpretacją (por. Fig. 5A); **D** – wyniki pomiarów strukturalnych wykonanych w stanowiskach zlokalizowanych w skarpie głównej osuwiska (stanowisko 1) i w obrębie obniżonego i przechylonego bloku skalnego (stanowisko 2). Na diagramach kołowych zaznaczono pomiary powierzchni uławicenia (*bed.*), a na diagramach konturowych i punktowych (projekcja równopowierzchniowa Schmidta-Lamberta na dolną półkulę) zaznaczono pomiary dwóch głównych zespołów ciosu o orientacji W–E ( $J_1$ ) i NNW–SSE ( $J_2$ ) występujących w skarpie osuwiska (*in situ*; stanowisko 1) oraz w obrębie osuwiska (w pozycji *ex situ*; stanowisko 2); **E** – skarpa główna osuwiska z przyległym i zrotowanym pakietem skalnym poniżej; **F** – koluwalna forma akumulacyjna w zachodniej części osuwiska

**Fig. 5.** Landslide on the northern slopes of Sławosz hill. **A** – geomorphological sketch of the landslide with the cross-section line marked (Fig. 5C). See Fig. 2A for symbol explanations; **B** – LiDAR-based three-dimensional model of the landslide. Lines of cross-section and exposures described in the text are marked. 2 × vertical exaggeration; **C** – interpretive geological cross-section across the basement and colluvium of the Sławosz landslide (Fig. 5A); **D** – results of structural measurements performed within exposure in the head scarp of the landslide (site 1) and within the displaced and tilted landslide block (site 2). Great circle diagrams show measurements of bedding planes (*bed.*). Rose diagrams as well as pole point- and contour diagrams (equal area plots, projection on lower hemisphere) show two main sets of joints: WNW–ESE ( $J_1$ ) and NE–SW ( $J_2$ ) measured in the main scarp of landslide (*in situ*; site 1) and within landslide (*ex situ*; site 2); **E** – main scarp of the Sławosz landslide with the displaced and tilted landslide block below; **F** – colluvial swell in the western part of landslide





osuwiska wyznaczono na przedłużeniu rowów rozpadlinowych o orientacji WNW–ESE występujących na przedłużeniu skarpy głównej na zachodzie. Stok objęty ruchami masowymi w części wschodniej osuwiska jest pod względem morfologicznym słabo zróżnicowany i charakteryzuje się mniejszym nachyleniem (ryc. 5A). Oddzielony jest on od zachodniego fragmentu osuwiska suchą dolinką o orientacji NE–SW. W górnej części stoku występuje słabo zaznaczająca się skarpa, poniżej której utworzyły się skarpy wtórne i przylegające do nich koluwalne formy akumulacyjne. Przekształcona antropogenicznie dolna część osuwiska (łąki i pastwiska, z których usunięto rumosz skalny) przechodzi w strome zbocza doliny Włodzicy (wys. do 15 m), w obrębie których rozwinęły się mniejsze osuwiska, w przeważnie zwietrzelinowe (ryc. 5A).

Analiza położenia płaszczyzn strukturalnych w odślonięciach zlokalizowanych w skarpie głównej i pakietach osuwiskowych wskazuje, że dominującym typem przemieszczeń grawitacyjnych w górnej części osuwiska na górze Sławosz był przechył (*topple*), który zachodził obsekwentnie na czołach warstw (ryc. 5A, C–E). Występuje tu rotacja powierzchni uławicenia w zlepieńcach i piaskowcach wokół osi poziomej, zachodząca w kierunku ruchu przechylonych pakietów skalnych przylegających do skarpy osuwiska (ryc. 5D–E). Występujący poniżej skarpy głównej pakiet skalny został przemieszczony grawitacyjnie i pochylony o ok. 40° w kierunku NE. Podział masywu następował prawdopodobnie z udziałem szczelin ekstensyjnych rozwijanych wzdłuż stromo nachylnego zespołu spękań  $J_2$ . W dolnej części osuwiska, prawdopodobnie wskutek rozwoju inicjalnej powierzchni poślizgu, mniejszych zsuwów rotacyjnych i wyciskania uplastycznionego podłoża, powierzchnia jezora została silnie zdeformowana, co przejawia się licznymi koluwalnymi formami akumulacyjnymi (ryc. 5F).

### ZESPÓŁ OSUWISK NA POŁUDNIOWYCH STOKACH NIEDRZWICY

Trzy niewielkie formy osuwiskowe utworzyły się w leju źródłiskowym bezimiennego potoku w sąsiedztwie zabudowań Miłkowa (nr 3 na ryc. 1, ryc. 6A; tab. 1), na stoku o ekspozycji południowo-zachodniej, który stanowi wschodnią część rozrogu Niedrzwicy (714,9 m n.p.m.). Osuwiska o powierzchni 1,62; 0,5 i 0,63 ha (formy M1, M2 i M3; por. tab. 1) utworzyły się w obrębie górnokarbońskich zlepieńców i piaskowców z nieciągłymi przewarstwieniami mułowców (formacja z Glinika), nachylonych monoklinalnie pod kątem do 40° w kierunku ku SW. Wszystkie rozpoznane tu formy osuwiskowe charakteryzują się podobną rzeźbą. Na wysokościach od ok. 525 do 577 m n.p.m., w strefach oderwania materiału skalno-zwietrzelinowego, utworzyły się słabo zarysowane, prostolinijne skarpy o kierunku NW–SE, wysokości do 2 m i kącie nachylenia niewiele większym od przylegającego do nich stoku nieobjętego ruchami masowymi (do 25°). Górne krawędzie skarp mają długości: 135 m (osuwisko M1), 65 m (M2) i 85 m (M3). Poniżej skarp rozwinęły się niewysokie (do 3 m) koluwalne formy akumulacyjne pokryte rumowiskami skalnymi, przechodzące w dolnej części stoku w jezory osuwiskowe przyjmujące formę prostoliniżnych wałów zbudowanych z materiału detrytycznego. Pomiędzy osuwiskami M1 i M2, a także M2 i M3 występują wyraźne, wydłużone nabrzmienia (wały brzeżne; ryc. 6A) o długości do 50 m i wysokości do 3,5 m. Teren u podnóżu jezorów jest silnie podmokły;

w sąsiedztwie czoła osuwiska M1 utworzono antropogeniczny zbiornik wodny.

Osuwiska M1–M3 na stokach Niedrzwicy rozwinęły się na powierzchniach uławicenia zlepieńców i piaskowców nachylonych zgodnie z orientacją stoku (ryc. 6B). Są to zatem osuwiska translacyjne (strukturalne, konsekwentno-ześlizgowe; por. Margielewski, 2004, 2009) przemieszczane wzdłuż płaskich powierzchni poślizgu (ryc. 6A–D). Lewoskrętna rotacja powierzchni uławicenia i powierzchni zespołów spękań piaskowców stwierdzonych w koluwium osuwiskowym, w stosunku do pomiarów wykonanych w podłożu osuwisk (ryc. 6B, D), jest związana ze znaczną dezintegracją materiału skalnego, który uległ przemieszczeniom grawitacyjnym. Odspojenie i oderwanie pakietów skalnych nastąpiło częściowo wzdłuż powierzchni zespołu spękań  $J_1$  o biegu NNW–SSE, które nawiązują do przebiegu prostoliniżnych skarp w strefach oderwania materiału, oraz spękań zespołu  $J_2$  zorientowanych równolegle do bocznych fragmentów skarp. Najprawdopodobniej powierzchnie poślizgu utworzyły się w obrębie nieciągłych przeławień mułowców i ilowców stwierdzonych w stanowisku 1 (ryc. 6A, E). Dolna część osuwisk M1–M3 (jezory osuwiskowe) ma charakter rumoszewy (ryc. 6F).

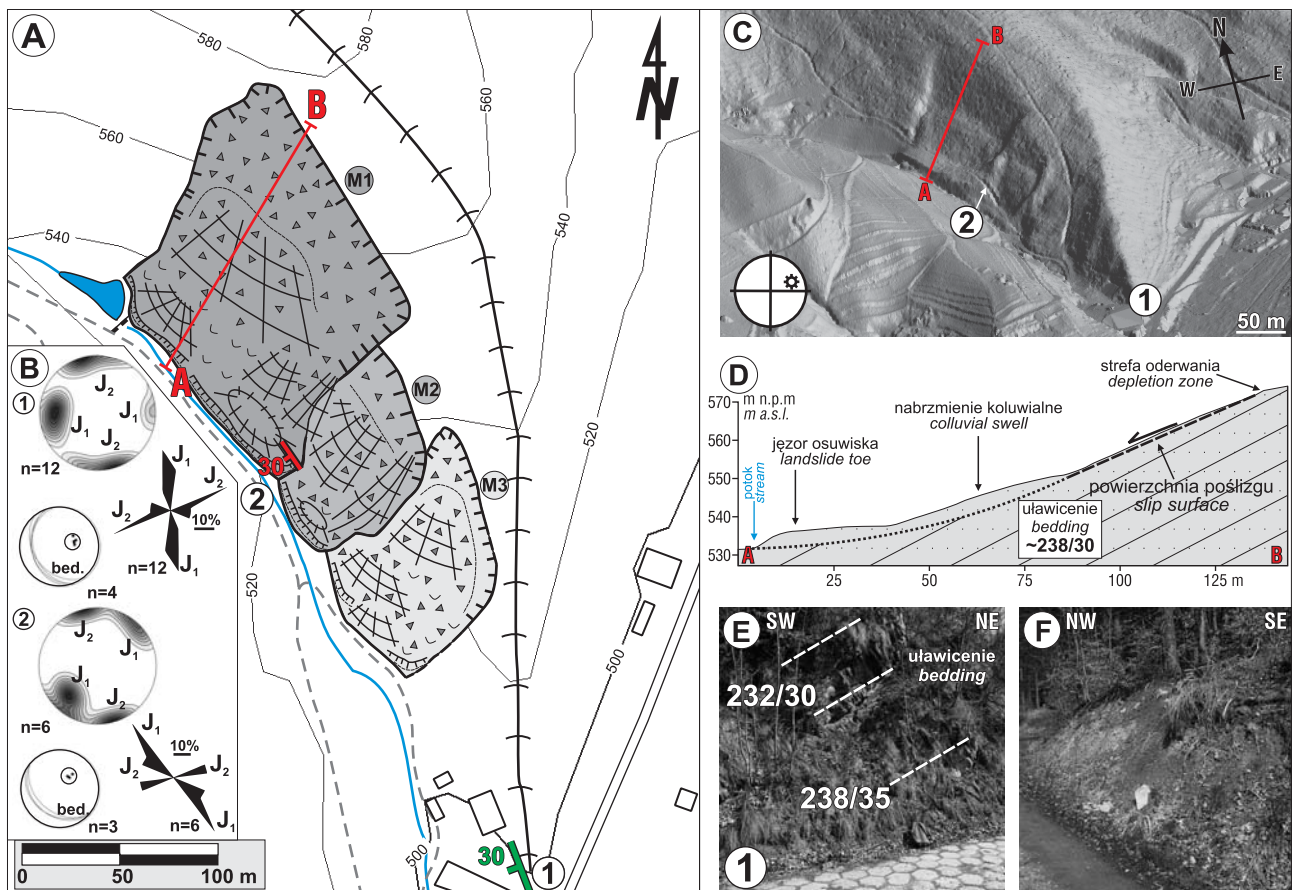
### DYSKUSJA

Na podstawie wyników prac kartograficznych przeprowadzonych na obszarze badań wydzielono: 1) skalne osuwiska rotacyjne (osuwiska S1–S3 oraz S5); 2) głęboko zakorzenione formy typu przechyłu (*topple*), rozwijane na czołach ławic piaskowców i zlepieńców, przechodzące prawdopodobnie w głębokie osuwiska skalne typu rotacyjnego (osuwisko Sławosz); 3) płytkie osuwiska translacyjne (konsekwentno-ześlizgowe; osuwiska M1–M3); a także 4) osuwiska złożone (typu *compound*; osuwisko S4).

Zbocza przełomowej doliny Włodzicy, a także głęboko wcięte zbocza dolin jej dopływów są obszarami szczególnie predysponowanymi do występowania ruchów masowych. Na obszarze o niewielkiej powierzchni (ok. 6,5 km<sup>2</sup>) stwierdzono występowanie pojedynczej, aczkolwiek rozległej formy osuwiskowej na stokach góry Sławosz (ok. 0,23 km<sup>2</sup>), a także dwóch zespołów osuwisk (S1–S5 i M1–M3) o łącznej powierzchni ok. 0,52 km<sup>2</sup>. Powstawaniu osuwisk na analizowanym obszarze sprzyjała wyjątkowo urozmaicona rzeźba, budowa geologiczna (struktura monoklinalna zbudowana z różnych typów litologicznych skał osadowych przeciętych uskokiemi), a także znaczne różnice wysokości w obrębie dolin rzecznych o stromych zboczach.

Istotnym czynnikiem sprzyjającym ruchom masowym na obszarze badań jest rzeźba strukturalna (kuesty) rozwinięta w obrębie struktury monoklinalnej stanowiącej fragment północno-wschodniego skrzydła synklinorium śród-sudeckiego. Badania osuwisk prowadzone na obszarach górskich wskazują, że ten typ rzeźby sprzyja w szczególności powstawaniu osuwisk typu translacyjnego z powierzchnią poślizgu wykształconą wzdłuż płaskich powierzchni uławicenia skał osadowych (por. Dikau i in., 1996; Margielewski, 2004). Dziwić może zatem fakt, że na obszarze badań osuwiska translacyjne objęły jedynie fragmenty południowych stoków masywu Niedrzwicy o niewielkiej powierzchni niecałych 3 ha (formy M1–M3).

Potencjalnie tektoniczne uwarunkowania rozwoju osuwisk na badanym terenie pozostają zagadnieniem dyskusyjnym. Nie można wykluczyć, że osuwiska na zboczach



**Ryc. 6.** Zespół osuwisk M1–M3 na południowych stokach Niedrzwicy. **A** – szkic geomorfologiczny osuwisk z zaznaczoną linią przekroju geologicznego (ryc. 6D). Objaśnienia symboli jak na ryc. 2A; **B** – wyniki pomiarów strukturalnych wykonanych w odsłonięciach skał podłoża osuwiska (stanowisko 1) i w obrębie koluwium (stanowisko 2). Na diagramach kołowych zaznaczono pomiary powierzchni uławicenia (bed.), a na diagramach konturowych i punktowych (projekcja równopowierzchniowa Schmidta-Lamberta na dolną półkulę) zaznaczono pomiary dwóch głównych zespołów ciosu o orientacji NNW–SSE ( $J_1$ ) i NE–SW ( $J_2$ ) występujących w podłożu osuwiska (*in situ*; stanowisko 1) oraz w obrębie osuwiska (w pozycji *ex situ*; stanowisko 2); **C** – trójwymiarowy model terenu (LiDAR) z zaznaczonym przekrojem i stanowiskami pomiarowymi opisanymi w tekście. 2 razy przewyższony model; **D** – przekrój geologiczny przez podłożo i koluwium osuwiska M1 wraz z interpretacją; **E** – odsłonięcia piaskowców i zlepieńców karbonu w podłożu osuwiska (stanowisko 1); **F** – odsłonięcie koluwium w jeziorze osuwiska M3

**Fig. 6.** Landslides M1–M3 on the southern slopes of Niedrzwica hill. **A** – geomorphological sketch of the landslides with the cross-section line marked (Fig. 6C). See Fig. 2A for symbol explanations; **B** – results of structural measurements performed within exposures of non-displaced bedrock (site 1) and within the colluvium of landslide M1 (site 2). Great circle diagrams show measurements of bedding planes (bed.). Rose diagrams as well as pole point- and contour diagrams (equal area plots, projection on lower hemisphere) show two main sets of joints: WNW–ESE ( $J_1$ ) and NE–SW ( $J_2$ ); **C** – LiDAR-based three-dimensional model of the landslides. Lines of cross-section and exposures described in the text are marked. 2 × vertical exaggeration; **D** – interpretive geological cross-section across the basement and colluvium of landslide M1; **E** – outcrops of the Carboniferous sandstones and conglomerates occurring within non-displaced bedrock of the landslide (site 1); **F** – outcrop of colluvial deposits within the landslide toe of landslide M3

doliny Sokółki (osuwiska S1–S5) rozwinęły się w pobliżu strefy uskokowej o przebiegu NE–SW. Hipotezę tę może potwierdzać zupełny brak przemieszczeń grawitacyjnych na przeciwległym (zachodnim) zboczach doliny, wykazującym podobne nachylenia stoku i analogiczną do zbocza wschodniego budowę geologiczną (monoklinalne ułożenie warstw, występowanie różnych odmian skalnych o odmiennej podatności na odkształcenia; por. ryc. 4). Co więcej, na przedłużeniu skarp osuwiskowych osuwiska S4 i S5, na południowym zboczach doliny Włodzicy znajduje się głęboko wcięta dolina o możliwych założeniach uskokowych, do której od południa przylega osuwisko na górze Sławosz. Może to potwierdzać istnienie dyslokacji o przebiegu NE–SW w tej części obszaru badań.

Opisane formy osuwiskowe objęły zalesione stoki, położone z dala od zabudowań (wyjątkiem są czołowe partie osuwiska Sokółka 4, gdzie występują pojedyncze zabudo-

wania). Było to najprawdopodobniej jedną z przyczyn braku ich rozpoznania i wyznaczenia ich zasięgu w przeszłości (np. dyskusja w: Migoń i in., 2014). O braku rozpoznania osuwisk w trakcie dotychczasowych prac kartograficznych prowadzonych na obszarze badań świadczy zaznaczenie uskoków w obrębie skarp osuwiskowych przez geologów niemieckich (Dathe, 1904), jak również zamieszczenie pomiarów uławicenia w obrębie przemieszczonych grawitacyjnie pakietów skalnych w strefach jezior osuwiskowych. Podobnie jak w przypadku innych obszarów przekształconych przez ruchy masowe w Sudetach Zachodnich i Środkowych (por. Kowalski, 2018), przemieszczone bloki skalne znajdujące się w pozycji *ex situ* były interpretowane w tym przypadku przez autorów map jako zaburzone tektonicznie wychodne skały podłoża. Odwrotną interpretację tych obszarów zaproponowali autorzy polscy, którzy utworzyli karbonu górnego i permu dolnego oznaczyli jako niez-



burzone tektonicznie. W miejscu przemieszczonych gra-  
witycyjnie pakietów osuwiskowych zaznaczono pomiary  
powierzchni uławicenia ( $40^\circ$  i  $35^\circ$  w kierunku SW; Kre-  
chowicz, Kisielewski, 1965).

### PODSUMOWANIE

Na podstawie wyników szczegółowego kartowania geo-  
logicznego i geomorfologicznego przeprowadzonego na  
obszarze środkowej części Obniżenia Noworudzkiego w Su-  
detach Środkowych wyznaczono zasięgi osuwisk wraz  
z formami wewnętrznymi i ich parametry morfometrycz-  
ne, a także wyciągnięto wnioski o genezie i typach prze-  
mieszczeń grawitacyjnych w obrębie zinventaryzowanych  
form. Wyniki analiz strukturalnych przeprowadzonych  
w podłożu i w obrębie osuwisk wskazują na transformację  
pierwotnych powierzchni uławicenia i spękań w skałach  
osadowych podlegającym ruchom masowym. W wyniku  
tych analiz na obszarze badań stwierdzono występowanie  
skalnych osuwisk rotacyjnych, osuwisk translacyjnych,  
głęboko zakorzenionych form typu przechyłu (*topple*) oraz  
osuwisk złożonych (*compound*). Współwystępowanie róż-  
nych typów ruchów masowych na obszarze o niewielkiej  
powierzchni jest wynikiem budowy geologicznej (struktura  
monoklinalna zbudowana z odmiennych typów litolo-  
gicznych skał osadowych), kruchej tektoniki uskokowej,  
a także wyjątkowo urozmaiconej rzeźby.

W wyniku przeprowadzonych prac po raz kolejny w his-  
torii badań osuwisk na obszarze sudeckim potwierdzono  
przydatność wysokorozdzielczych, numerycznych modeli  
terenu LiDAR w szczegółowych, systematycznych pra-  
cach kartograficznych. Wyjątkowa użyteczność numerycz-  
nych modeli terenu we wsparciu terenowych badań ob-  
szarów objętych osuwiskami była wielokrotnie podkreślana  
w literaturze polskiej (np. Graniczny i in., 2012; Wojcie-  
chowski i in., 2012; Łajczak i in., 2014) i zagranicznej (np.  
Baldo i in., 2009; Jaboyedoff i in., 2012).

Jak wykazały badania prowadzone przez autora, właści-  
we i szczegółowe rozpoznanie fragmentów stoków objętych  
ruchami masowymi ma duży wpływ na interpretację budo-  
wy geologicznej wybranych obszarów górskich (Kowalski,  
2018). Potwierdza to pilną potrzebę rewizji istniejących  
szczegółowych map geologicznych obszaru sudeckiego (por.  
Cymerman, 2016), m.in. pod kątem występowania ruchów  
masowych, na podstawie nowych obserwacji geologicznych  
i analizy wysokorozdzielczych danych wysokościowych  
LiDAR. Osuwiska Obniżenia Noworudzkiego będą przed-  
miotem dalszych badań, w tym zarówno dalszych analiz  
geomorfometrycznych NMT LiDAR, jak i badań struktural-  
nych. Dalsze, szczegółowe analizy zależności rozwoju osu-  
wisk od budowy geologicznej tego obszaru pozwolą na  
lepsze rozpoznanie mechanizmów powodujących ruchy  
masowe na obszarach o zbliżonej budowie geologicznej.

Badania osuwisk opisanych w artykule prowadzono ze środ-  
ków własnych w latach 2016–2019, a także podczas wykonywa-  
nia zdjęcia geologicznego obszaru arkusza Ludwikowice Kłodzkie  
w ramach zadania państwowej służby geologicznej pn. *Wykona-  
nie sześciu arkuszy Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów  
w skali 1 : 25 000: Walim, Jugów, Ludwikowice Kłodzkie, Nowa  
Ruda, Szalejów Górny, Jeleniów i Pasterska Górka*. Autor składa  
serdeczne podziękowania Panu dr. Tomaszowi Wojciechowskiemu  
oraz anonimowemu Recenzentowi za wnikliwe i cenne uwa-  
gi, które przyczyniły się do znacznego ulepszenia pierwotnej  
wersji manuskryptu.

### LITERATURA

- AUGUSTYNIAK K., GROCHOLSKI A. 1968 – Geological structure and outline of the development of the Intra-Sudetic Depression. *Biul. Inst. Geol.*, 227: 87–120.
- AWDANKIEWICZ M. 1999 – Volcanism in a late Variscan intramontane trough: Carboniferous and Permian volcanic centres of the Intra-Sudetic Basin, SW Poland. *Geol. Sudet.*, 32: 13–47.
- AWDANKIEWICZ M., KUROWSKI L., MASTALERZ K., RACZYŃSKI P. 2003 – The Intra-Sudetic Basin – a record of sedimentary and volcanic processes in late- to post-orogenic tectonic setting. *Geolines*, 16: 165–183.
- BALDO M., BIOCCHI C., CHIOCCHINI U., GIORDAN D., LOLLINO G. 2009 – LIDAR monitoring of mass wasting processes: The Radicofani landslide, Province of Siena, Central Italy. *Geomorph.*, 105: 193–201.
- BERG G. 1925 – Geologische Karte von Preussen 1 : 25 000. Blatt Waldenburg.
- BERG G., DATHE E., ZIMMERMANN E. 1910 – Geologische Karte von Preussen 1 : 25 000. Blatt Friedland i. Schl.
- BORKOWSKI A., PERSKI Z., WOJCIECHOWSKI T., JÓŻKÓW G., WÓJCIK A. 2011 – Landslides mapping in Rożnow Lake vicinity, Poland using airborne laser scanning data. *Acta Geodyn. Geomater.*, 8 (3): 325–333.
- CYMERMAN Z. 2004 – Tectonic map of the Sudetes and the Fore-Sudetic Block. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- CYMERMAN Z. 2016 – O konieczności wykonania drugiej edycji Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów w skali 1 : 25 000 – analiza dotychczasowego stanu i założenia kompleksowej realizacji. *Prz. Geol.*, 64 (9): 604–610.
- DATHE E. 1904 – Geologische Karte von Preussen 1 : 25 000. Rudolfswaldau.
- DIKAU R., BRUNSDEN D., SCHROTT L., IBSEN M.-L. (red.) 1996 – *Landslide Recognition*. Wiley, Chichester.
- DON J. 1961 – Utwory młodopaleozoiczne okolic Nowej Rudy. *Zesz. Nauk. UW.*, Nauki Przyr.: Nauka o Ziemi, 3: 3–54.
- DUSZYŃSKI F., JANCEWICZ K., KASPRZAK M., MIGOŃ P. 2017 – The role of landslides in downslope transport of caprock-derived boulders in sedimentary tablelands, Stołowe Mts, SW Poland. *Geomorph.*, 295: 84–101.
- DZIEDZIC K. 1961 – Utwory dolnopermskie w niecce śródsudeckiej. *Stud. Geol. Polon.*, 6: 1–121.
- GOTOWAŁA R., KOWALSKI A., SOBczyk A., WOJEWODA J. 2015 – Structurally-controlled landslide (Toczek Mt., Intrasudetic Shear Zone). [W:] 16<sup>th</sup> Czech-Polish Workshop “On Recent Geodynamics of the Sudeten and Adjacent Areas”, Srebrna Góra, Poland, November 5–7, 2015, Abstracts: 23.
- GRABOWSKI D., MARCINIEC P., MROZEK T., NESCIERUK P., RĄCZKOWSKI W., WÓJCIK A., ZIMNAL Z. 2008 – Instrukcja opracowania Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GRANICZNY M., KAMIŃSKI M., PIĄTKOWSKA A., SURAŁA M. 2012 – Wykorzystanie lotniczego skaningu laserowego do inwentaryzacji i monitoringu osuwiska w rejonie Łańnicy (gmina Lanckorona), Pogórze Wielickie, Karpaty zewnętrzne. *Prz. Geol.*, 60 (2): 89–94.
- GROCHOLSKI W. 1959 – Stosunek warstw żačlerskich do gnejsów siewiogórskich między Głuszycą a Sierpnicą w Sudetach Środkowych. *Acta Geol. Polon.*, 9 (3): 419–432.
- IHNATOWICZ A., CYMERMAN Z., AWDANKIEWICZ H., CISZEK D. 2017 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski. Arkusz Radków (0867) 1 : 50 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- JABOYEDOFF M., OPIKOFER T., ABELLAN A., DERRON M.H., LOYE A., METZGER R., PEDRAZZINI A. 2010 – Use of LiDAR in landslide investigations: a review. *Nat. Hazards*, doi: 10.1007/s11069-010-9634-2
- JANCEWICZ K., TRACZYK A. 2017 – Mało znane formy ruchów masowych w dolinie Węglówki w Górach Bardzkich (Sudety Środkowe). *Przr. Sudetów*, 20: 289–314.
- KASPRZAK M., TRACZYK A. 2012 – Uwarunkowania rozwoju osuwisk w środkowej części Gór Kamiennych (Sudety). *Landform Analys.*, 20: 65–77.
- KASPRZAK M., DUSZYŃSKI F., MICHNIEWICZ A., ROŻYCKA M., MIGOŃ P. 2014 – Landslide recognition using airborne LiDAR and electrical resistivity tomography – a contribution to the contemporary geodynamics of the Sudetes. [W:] 15<sup>th</sup> Czech-Polish Workshop “On recent geodynamics of the Sudeten and Adjacent areas”, Karlov pod Pradědem, November 5–8, 2014, Abstracts: 35.
- KOTWICKA W., JANCEWICZ P., MIGOŃ P. 2019 – Rzeźba osuwiskowa południowo-wschodniej części Gór Wałbrzyskich, Sudety Środkowe. *Prz. Geol.*, 67 (10): 828–836.

- KOWALSKI A. 2017a – Rozmieszczenie i geneza form osuwiskowych w przełomowej dolinie Bobru w okolicach Wlenia (Sudety Zachodnie). *Prz. Geol.*, 65 (10): 629–641.
- KOWALSKI A. 2017b – Ruchy masowe a interpretacja budowy geologicznej – przykład osuwiska na górze Drogosz w paśmie Zaworów (Sudety Środkowe). *Prz. Geol.*, 65 (2): 96–104.
- KOWALSKI A., WOJEWODA J. 2017 – Nowo rozpoznane formy osuwiskowe w dolinie Kaczawy na Pogórzu Kaczawskim (Sudety Zachodnie). *Landform Analys.*, 34: 15–27.
- KOWALSKI A. 2018 – Osuwiska jako przyczyna błędnych interpretacji budowy geologicznej – przykłady z Sudetów. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 473: 27–48.
- KOWALSKI A., MAKOŚ M. 2019 – Geologiczne uwarunkowania rozwoju osuwisk w Sudetach. 2. Ogólnopolska Konferencja O!suwisko, Szczawnica, 14–17 maja 2019. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KOWALSKI A., KASZA D., WAJS J. 2019 – Structural control of mass movements on slopes formed of magmatic and metamorphic rocks: the case study of Wielisławka Mt. (SW Poland, Sudetes Mts.). *Geol. Quart.*, 63 (3): 460–477.
- KRECHOWICZ J., KISIELEWSKI F. 1965 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów. Arkusz Ludwikowice Kłodzkie 1 : 25 000. Wyd. Geol., Warszawa.
- KRECHOWICZ J., BEREZOWSKA B. 1968 – Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów. Arkusz Ludwikowice Kłodzkie 1 : 25 000. Wyd. Geol., Warszawa.
- KUROWSKI L. 2004 – Fluvial sedimentation of sandy deposits of the Słupiec Formation (Middle Rotliegendes) near Nowa Ruda (Intra-Sudetic Basin, SW Poland). *Geol. Sudet.*, 36: 21–38.
- ŁAJCZAK A., CZAJKA B., KACZKA R.J. 2014 – The new features of landslide relief discovered using LIDAR - case study from Babia Góra Massif, Western Carpathian Mountains. *Quaest. Geograph.*, 33: 77–88.
- ŁAPOT W. 1986 – Petrografia utworów karbonu Gór Sowich. *Geol. Sudet.*, 21 (2): 1–144.
- MAKOŚ M., SOBCZYK A. – Przydatność pomiarów georadarowych i analiz geomorfometrycznych do rozpoznania wewnętrznej struktury płytkich osuwisk – na przykładzie góry Średniak w Masywie Śnieżnika, Sudety Wschodnie. *Prz. Geol.*, 66 (10): 636–647.
- MARGIELEWSKI W. 2004 – Typy przemieszczeń grawitacyjnych mas skalnych w obrębie form osuwiskowych polskich Karpat fliszowych. *Prz. Geol.*, 52 (7): 603–614.
- MARGIELEWSKI W. 2009 – Problematyka osuwisk strukturalnych w Karpatach fliszowych w świetle zunifikowanych kryteriów klasyfikacji ruchów masowych – przegląd krytyczny. *Prz. Geol.*, 57 (10): 905–916.
- MIGOŃ P. 2008 – Współczesna ewolucja rzeźby Sudetów i ich Przedgórze. [W:] Starkel L., Kotarba A., Kostrzewski A., Krzemień K. (red.) *Współczesne przemiany rzeźby Polski*. Inst. Geogr. i Gosp. Przestrz., UJ, Kraków: 135–163.
- MIGOŃ P. 2010 – Nowe dane do poznania rzeźby osuwiskowej Gór Kamiennych. *Przyr. Sudet.*, 13: 215–224.
- MIGOŃ P., PÁNEK T., MALIK I., HRADECKÝ J., OWCZAREK P., ŠILHÁN K. 2010 – Complex landslide terrain in the Kamienne Mountains, Middle Sudetes, SW Poland. *Geomorph.*, 124: 200–214.
- MIGOŃ P., KASPRZAK M. 2011 – Morfologiczny zapis ruchów masowych na progach morfologicznych Gór Stołowych w świetle numerycznego modelu wysokości o dużej rozdzielczości. *Przyr. Sudet.*, 14: 115–124.
- MIGOŃ P., JANCEWICZ K., KASPRZAK M. 2014 – Zasięg obszarów objętych osuwiskami w Górach Kamiennych (Sudety Środkowe) – porównanie map geologicznych i cyfrowego modelu wysokości z danych LiDAR. *Prz. Geol.*, 62 (9): 463–471.
- MIGOŃ P., RÓŻYCKA M., MICHNIEWICZ A., KASPRZAK M. 2015 – Identyfikacja form osuwiskowych na podstawie danych LiDAR – wybrane przykłady z Sudetów Środkowych i Zachodnich. Ogólnopolska Konferencja O!suwisko, Wieliczka, 19–22 maja 2015. Państw. Inst. Geol., Warszawa: 107–108.
- MIGOŃ P., JANCEWICZ K., RÓŻYCKA M., DUSZYŃSKI F., KASPRZAK M. 2016a – Large-scale slope remodelling by landslides – Geomorphic diversity and geological controls, Kamienne Mts., Central Europe. *Geomorph.*, 289: 134–151.
- MIGOŃ P., RÓŻYCKA M., JANCEWICZ K. 2016b – Zespół osuwisk na Toczku (Góry Bystrzyckie) w świetle analizy morfometrycznej. *Przyr. Sudet.*, 19: 167–188.
- NEMEC W., POREBSKI S.J., TEISSEYRE A.K. 1982 – Explanatory notes to the lithotectonic molasse profile of the Intra-Sudetic Basin, Polish part (Sudety Mts., Carboniferous-Permian). [W:] Schwab G. (red.), *Tectonic Regime of Molasse Epochs*. Veröff. Zentralinst. Erde, Potsdam: 267–278.
- OBERC J. 1949 – Zagadnienia geologiczne kulmu sowiogórskiego. *Spraw. Pozn. Tow. Przyj. Nauk.*, 1 (40): 159–162.
- OBERC J. 1957 – Region Gór Bardzkich (Sudety). Wyd. Geol., Warszawa.
- OZIMKOWSKI W. 2010 – Wpływ kierunku iluminacji na wyniki geologicznej interpretacji DEM – przykłady z Karpat Zachodnich. *Prz. Geol.*, 58 (9): 862–866.
- PERSKI Z., WOJCIECHOWSKI T. 2015 – Monitorowanie ruchów masowych (osuwiska, spływy, zerwy) [W:] Weżyk P. (red.), *Podręcznik dla uczestników szkoleń z wykorzystaniem produktów LiDAR*. GUGiK, Warszawa: 168–172.
- PULINOWA M.Z. 1972 – Procesy osuwiskowe w środowisku sztucznym i naturalnym. *Dok. Geograf.*, Inst. Geogr. PAN, Warszawa.
- RÓŻYCKA M., MICHNIEWICZ A., MIGOŃ P., KASPRZAK M. 2015 – Identification and morphometric properties of landslides in the Bystrzyckie Mountains (Sudetes, SW Poland) based on data derived from airborne LiDAR. *Geomorph. Geosci.*, 1: 247–250.
- RÓŻYCKA M., MIGOŃ P., MICHNIEWICZ A. 2016 – Topographic Wetness Index and Terrain Ruggedness Index in geomorphic characterisation of landslide terrains, on examples from the Sudetes, SW Poland. *Zeitsch. Geomorph.*, 61 (2): 61–80.
- SIKORA R., KOWALSKI A., PIOTROWSKI A. 2016a – Implikacje rozwoju osuwisk i zmienności geologicznej podłoża na izerko-kaczawskim odcinku doliny Bobru (Sudety Zachodnie). 3. Polski Kongres Geologiczny, Wrocław, 14–18.09.2016. Tom streszczeń: 348–350.
- SIKORA R., WOJCIECHOWSKI T., PIOTROWSKI A. 2016b – Geologiczne uwarunkowania występowania osuwisk w rejonie Grzbietu Zachodniego Gór Bardzkich. II Ogólnopolska Konferencja Geomorfologia Stosowana – modelowanie i prognozowanie zmian środowiskowych, Poznań, 1–3 czerwca 2016, Streszczenia wystąpień: 55.
- SIKORA R., WOJCIECHOWSKI T. 2019 – Osuwiska w Sudetach. *Prz. Geol.*, 67 (5): 360–368.
- SIKORA R., WOJCIECHOWSKI T. 2021 – New landslide inventory map of the Sudetes Mountains (south-western Poland). [W:] Guzzetti F., Michalić Arbanas S., Reichenbach P., Sassa K., Bobrovsky P.T., Takara K. (red.), *Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk*. WLF 2020. ICL Contribution to Landslide Disaster Risk Reduction. Springer, Cham: 59–65.
- SOŁON J., BORZYSZKOWSKI J., BIDLASIK M., RICHLING A., BADORA K., BALON J., BRZEZIŃSKA-WÓJCIK T., CHABUDZIŃSKA L., DOBROWOLSKI R., GRZEGORCZYK I., JODŁOWSKI M., KISTOWSKI M., KOT R., KRĄŻ P., LECHNIO J., MACIAS A., MAJCHROWSKA A., MALINOWSKA E., MIGOŃ P., MYGA-PIĄTEK U., NITA J., PAPIŃSKA E., RODZIK J., STRZYŻ M., TERPIŁOWSKI S., ZIAJA W. 2018 – Physico-geographical mesoregions of Poland: Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. *Geogr. Pol.*, 2 (91): 143–170.
- SYNOWIEC G. 2003 – Formy osuwiskowe w Górach Kamiennych. *Prz. Geol.*, 51 (1): 59–65.
- TRACZYK A., KASPRZAK M. 2014 – Plejstocenska rzeźba stoków masywu Ślęży (Przedgórze Sudeckie) – reinterpretacja na podstawie danych LiDAR oraz pomiarów elektrooporowych (ERT). [W:] Molewski P., Jaśkiewicz W. (red.), *Krajobrazy młodogłajalne ich morfogeneza, terażniejszość, przyszłość*. X Zjazd Geomorfologów Polskich, Toruń, 16–19 września 2014 r. Streszczenia: 111–112.
- VARNES D.J. 1978 – Slope movement types and processes. [W:] *Landslides: Analysis and Control*. Washington D.C., Transportation and Road Research Board, Nat. Ac. of Sc., Special Report, 176: 11–35.
- WEŻYK P. (red.) 2015 – Podręcznik dla uczestników szkoleń z wykorzystania produktów LiDAR, Informatyczny System Osłony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami. GUGiK, Warszawa.
- WOJCIECHOWSKI T. 2019 – Podatność osuwiskowa Polski. *Prz. Geol.*, 67 (5): 320–325.
- WOJCIECHOWSKI T., BORKOWSKI A., PERSKI Z., WÓJCIK A. 2012 – Dane lotniczego skaningu laserowego w badaniu osuwisk – przykład osuwiska w Zbyszycach (Karpaty zewnętrzne). *Prz. Geol.*, 60 (2): 95–102.
- WOJEWODA J., BIAŁEK D., BUCHA M., GLUSZYŃSKI A., GOTOWAŁA R., KRAWCZEWSKI J., SCHUTTY B. 2011 – Geologia Parku Narodowego Gór Stołowych – wybrane zagadnienia. [W:] *Geoekologiczne Warunki Środowiska Przyrodniczego Parku Narodowego Gór Stołowych*. WIND, Wrocław: 53–96.
- WÓJCIK-TABOL P., DĄBEK J., NOWAK G.J. 2021 – Wstępna charakterystyka mineralogiczna czarnych łupków antrakozjowych z obszaru synklinorium śródsudeckiego. *Prz. Geol.*, 69 (6): 389–392.
- WP/WLI 1990 – The International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party for World Landslide Inventory. A suggested method for reporting a landslide. *Bull. Int. Assoc. Eng. Geol.*, 41: 5–12.
- WP/WLI 1993 – The International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party for World Landslide Inventory. Multilingual landslide glossary. The Canadian Geotechnical Society, BiTech Publishers Ltd, Richmond BC, Canada: 1–7.

Praca wpłynęła do redakcji 29.06.2021 r.  
Akceptowano do druku 26.07.2021 r.





Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska

# PRZEGLĄD GEOLOGICZNY

Cena 12,60 zł (w tym 8% VAT)

TOM 69 Nr 10 (PAŹDZIERNIK) 2021

Indeks 370908 ISSN-0033-2151

**Geneza osuwisk w środkowej części  
Obniżenia Noworudzkiego**

**Warunki występowania wód siarczkowych  
w południowej części niecki miechowskiej**

**Odporność na polerowanie kruszyw  
ze skał magmowych i metamorficznych**



**Zdjęcie na okładce:** Widok z Włodzickiej Góry w kierunku Obniżenia Noworudzkiego i Gór Sowich (Sudety). Zbocza doliny rzeki Włodzicy i jej dopływów (na pierwszym planie) zostały przekształcone przez osuwiska (patrz artykuł na str. 666). Fot. A. Kowalski

**Cover photo:** View from Włodzicka Góra hill towards the Nowa Ruda Basin and the Sowie Mountains (Sudetes). The valley slopes of the Włodzica river and its tributaries (in the foreground) are affected by landslides (see article on p. 666). Photo by A. Kowalski





Odslonięcia górnokarbońskich piaskowców i zlepieńców w skarpie wtórnej osuwiska (S4) w dolinie Sokółki w Obniżeniu Noworudzkim (Sudety; patrz artykuł na str. 666). Fot. A. Kowalski  
Upper Carboniferous sandstones and conglomerates exposed within secondary scarp of the Sokółka (S4) landslide (Nowa Ruda Basin, Sudetes; see the article on p. 666). Photo by A. Kowalski