

Planowanie wglębnego rozpoznania osuwisk na podstawie ich szacowanej miąższości

Marcin Wódka¹



Planning of deep landslide investigation based on estimated landslide thickness. *Prz. Geol.*, 74: 336–342; doi: 10.7306/2026.26

Redaktor prowadząca: Maria Przyłucka

Abstract. Improper recognition of the depth of landslides can lead to errors in their stabilization measures. In recent years, a number of studies have emphasized good practices in landslide documentation; however, they have largely overlooked one crucial aspect – the estimation of landslide thickness. Incorrect assessment of thickness may result in either underestimating or overestimating the planned depths of boreholes. The article presents indicators that may suggest the depth of a given landslide during both surface and deep research, and highlights the importance of identifying the type of landslide prior to planning geological boreholes. Correct estimation of landslide thickness at the planned drilling location and correct recognition of the slip surface helps to avoid costly mistakes in the subsurface investigation of landslides.

Keywords: landslide deep recognition, slip surface, landslide thickness, mass movements

Dokumentowanie osuwisk poprzez ich wglębne rozpoznanie jest bardzo istotne w przypadku planowania inwestycji na ich obszarze, a zwłaszcza w przypadku decyzji o stabilizacji osuwiska czy zabezpieczeniu przed skutkami ruchów masowych obiektów znajdujących się w jego obrębie.

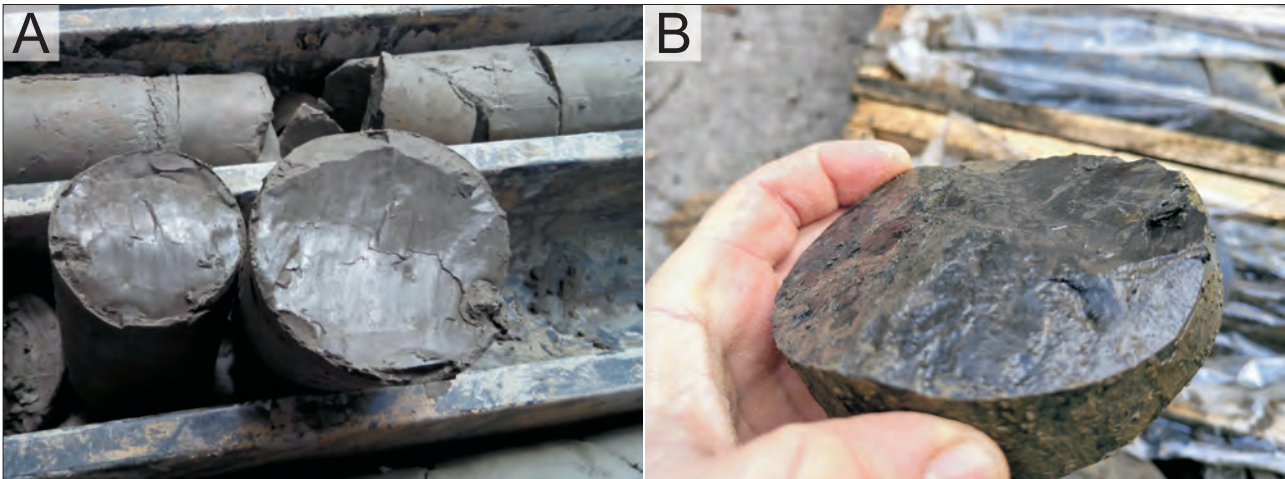
Planowanie robót geologicznych powinno opierać się na prawidłowym rozpoznaniu powierzchniowym osuwiska – ustaleniu jego dokładnych granic i zinventaryzowaniu wszystkich form rzeźby osuwiskowej wraz z określeniem ich parametrów morfometrycznych. Podczas robót geologicznych istotne jest właściwe udokumentowanie parametrów geologiczno-inżynierskich, które jest możliwe przy wykorzystaniu właściwej techniki wierceń pełnordzeniowych, zaplanowaniu odpowiednich badań laboratoryjnych i odpowiednim poborze próbek do badań (Kos, 2021). Wyniki prawidłowo zaprojektowanych prac powinny stanowić podstawę do obliczeń stateczności stoku. Dobre praktyki przy dokumentowaniu osuwisk opisano m.in. w pracach Kosa i Wójcika (2021) czy Kosa (2021). Na zakres i metody badań geologiczno-inżynierskich wykonywanych w obrębie osuwisk wskazywali też Frankowski i in. (2012). Zalecenia ws. badań dla dróg i kolei znalazły się również w *Instrukcji obserwacji i badań osuwisk drogowych* (Instrukcja, 1999) oraz *Wytycznych badań podłoża gruntowego dla potrzeb budowy i modernizacji infrastruktury kolejowej* (Wytyczne, 2016). Żadna z powyższych prac nie poruszała problemu szacowania miąższości osuwisk, które jest konieczne do prawidłowego zaplanowania badań wglębnych. Częstą przyczyną błędnego udokumentowania geologiczno-inżynierskiego osuwisk jest ich zbyt płytkie rozpoznanie, co ma związek z niedostatecznym zaprojektowaniem głębokości otworów wiertniczych, ich złą lokalizacją oraz niewłaściwie rozpoznaną powierzchnią poślizgu (Wójcik, 2015; Wójcik i in., 2017).

Celem artykułu jest zwrócenie uwagi na aspekty mogące świadczyć o miąższości osuwiska przede wszystkim planowania robót geologicznych, a następnie ich wykonywania, i docelowo podwyższanie jakości dokumentacji geologiczno-inżynierskich wykonywanych w obrębie osuwisk.

POWIERZCHNIA POŚLIZGU OSUWISKA

Powierzchnia poślizgu to powierzchnia, wzdłuż której doszło do przemieszczenia mas skalnych lub gruntów w procesie osuwania, niezależnie od tego czy proces ten miał miejsce kilka dni czy tysiące lat temu. Przemieszczenia te mogą zachodzić po „powierzchni dyskretnej”, ale mogą też obejmować większą strefę „słabego gruntu”. W takim przypadku strefa ta może obejmować grunty o kilkudziesięciocentymetrowej lub większej miąższości (Zabuski, 2022). Liczne dokumentacje geologiczno-inżynierskie wykonane na obszarach osuwiskowych potwierdziły, że osuwiska mogą mieć wiele powierzchni poślizgu na różnych głębokościach (m.in. Zabuski i in., 1999; Nescieruk i in., 2013; Wójcik i in., 2017, 2019; Kos, Wójcik, 2021). Potwierdzają to również pomiary inklinometryczne prowadzone na wielu osuwiskach w Karpatach (Zabuski, 2013; Warmuz, Nescieruk, 2019). Właściwie zaprojektowane badania powinny udokumentować najgłębiej zalegającą powierzchnię poślizgu osuwiska. Powierzchnie poślizgu obserwowane w rdzeniu wiertniczym charakteryzują się najczęściej niezmineralizowanymi, niskokątowymi zlustrowaniami, zwykle nienawiązującymi do uławicenia skał czy ich oddzielności łupkowej (ryc. 1). Na zlustrowaniach nieraz zaznaczają się rysy wskazujące na kierunek przemieszczeń materiału skalnego (ryc. 2). Strefy poślizgu charakteryzują się czasem wyraźną zmianą plastyczności gruntów, związaną z obecnością wody w tych strefach.

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Centrum Geozagrożeń, ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków; mwod@pgi.gov.pl; ORCID ID: 0000-0003-1591-3980



Ryc. 1. Powierzchnia poślizgu: **A** – rozwinięta w miocenijskich ilach; **B** – rozwinięta w paleogeńskich łupkach ilastych
Fig. 1. Landslide slip surface: **A** – developed in Miocene clays; **B** – developed in Paleogene shales



Ryc. 2. Powierzchnia poślizgu osuwiska z widocznymi rysami ślizgowymi rozwinięta w obrębie ilów miocenijskich
Fig. 2. Landslide slip surface with visible sliding cracks developed within Miocene clays

Interpretacja rdzenia pod kątem występowania powierzchni poślizgu nie jest łatwa, zwłaszcza w strefach silnie zaburzonych przez procesy tektoniczne, gdzie wiele zlustrowań jest wynikiem nacisków lub procesów odprężania, niezwiązanych z ruchami masowymi. Problemy w interpretacji mogą też wynikać z nieodpowiedniej jakości rdzenia wiertniczego – jego słabego uzysku lub z obecnością zlustrowań związanych ze zbyt dużym naciskiem urządzenia wiertniczego. Do dziś nie opracowano metody wizualnej pozwalającej stwierdzić, czy zaobserwowana powierzchnia poślizgu to powierzchnia aktywna, po której nadal zachodzą przemieszczenia. Jedynym sposobem na określenie, które ze stwierdzonych powierzchni poślizgu są nadal aktywne, jest monitoring wgłębny osuwisk oparty na pomiarach inklinometrycznych (Zabuski, 2013; Bednarczyk, 2015; Warmuz, Nescieruk, 2019; Warmuz, 2025). Pomimo tego że nie zawsze najniższej zalegająca powierzchnia poślizgu jest powierzchnią aktywną, należy pamiętać, że zabezpieczenie konstrukcyjne osuwiska powyżej niej może doprowadzić do uaktywnienia głębokich przemieszczeń w wyniku dociążenia koluwiów.

Drugim kluczowym elementem wgłębnego rozpoznania osuwiska jest określenie kształtu powierzchni poślizgu,

a jest to możliwe tylko przy odpowiednim zlokalizowaniu pełnordzeniowych otworów wiertniczych. Wyniki wierceń, oprócz określenia miąższości koluwiów w miejscu planowanej konstrukcji zabezpieczającej, powinny pozwalać na wykonanie przekroju podłużnego przez osuwisko. Kształt powierzchni poślizgu jest ściśle związany z typem osuwiska. W utworach jednorodnych, np. ilach, dominują zsuwy rotacyjne, a powierzchnia ma zwykle kształt cylindryczny. W utworach niejednorodnych cylindryczny kształt jest zwykle zaburzony przez anizotropowość ośrodka skalnego, np. zmiany litologiczne, spękania, uskoki (Margielewski, 2004). W osuwiskach strukturalnych wykorzystujących uskoki, spękania czy konsekwentnie zapadające warstwy skalne powierzchnia ta może być znacznie bardziej płaska i nawiązywać do powierzchni strukturalnych. Właściwe określenie kształtu najgłębiej zalegających powierzchni poślizgu pozwala na dobranie optymalnej metody zabezpieczenia terenu osuwiskowego.

PLANOWANIE GŁĘBOKOŚCI OTWORÓW W OBREBIE OSUWISK

Podstawowymi dokumentami wykorzystywanymi do wstępnego planowania robót geologicznych na terenach osuwiskowych są *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1 : 50 000* (SMGP) oraz *Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000* (MOTZ). Z uwagi na skalę opracowania MOTZ, do zadań projektowych wykorzystuje się aktualne podkłady wysokościowe w większych skalach, na które są nanoszone elementy osuwiskowe. Zmiana skali i zmiana podkładu wymaga najczęściej wykonania korekt kartograficznych (bezpośrednie przenoszenie zasięgu osuwisk z MOTZ na inne mapy zwykle wiąże się z błędami). Na opracowanie MOTZ składa się nie tylko mapa z zaznaczoną treścią osuwiskową, lecz także karty rejestracyjne terenów, na których występują ruchy masowe ziemi (osuwisk) i terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz tekst objaśniający. Oprócz wiedzy o osuwiskowej genezie form rzeźby terenu występujących na obszarze planowanych badań zaczerpniętej z MOTZ, istotne podczas planowania robót geologicznych jest pozyskanie informacji z punktu 4.3 karty rejestracyjnej terenu, na którym występują ruchy masowe ziemi. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 4 grudnia

2020 r. w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi (Rozporządzenie, 2020) w punkcie tym określono mierzona lub szacowaną maksymalną miąższość koluwiów. Koluwia, w odróżnieniu od funkcjonującej definicji przyjętej przez Dikau i in. (1996), która określa ją jako wymieszany czy wręcz zmiksowany materiał skalny, są tu rozumiane jako wszystkie przemieszczone utwory znajdujące się powyżej powierzchni poślizgu, również te niewymieszane, jak np. pakiety skalne (*slide body*) (Wódka i in., 2025). Maksymalna miąższość koluwiów jest zatem maksymalną głębokością powierzchni poślizgu osuwiska w stosunku do powierzchni terenu. Co istotne, wartość ta jest mierzona w pionie („miąższość pozorna”), czyli ma bezpośrednie przełożenie na głębokość planowanych wierceń.

Miąższość osuwiska szacuje się na podstawie informacji zebranych w trakcie prac terenowych, analizy numerycznych modeli terenu oraz materiałów archiwalnych. Do istotnych informacji pomagających w oszacowaniu głębokości osuwiska należą wielkość zachowanych elementów rzeźby osuwiska, w tym wysokości skarp, progów osuwiskowych i wysokości czoła, a także informacja, w jakich utworach rozwinęło się osuwisko i jak użytkowany jest teren osuwiskowy. Stan zachowania (wielkość) form wewnątrzsuwiskowych zależy w dużej mierze od litologii i od użytkowania terenu (Wódka, 2020). Współwystępowanie powierzchniowych form wewnątrzsuwiskowych o znanych wysokościach względnych pomaga oszacować miąższość maksymalną osuwiska. Na minimalną wartość maksymalnej miąższości osuwiska może wskazywać wysokość jego czoła. Jeżeli czoło uformowało się w wyniku zsuwu strukturalnego, jego wysokość może wskazywać na maksymalną miąższość osuwiska, podobnie jest w przypadku gdy doszło do silnego upłynięcia koluwiów, których największa akumulacja mogła nastąpić właśnie w rejonie czoła. Jeśli czoło jest częścią zsuwu rotacyjnego i powstało w wyniku wypchnięcia terenu po cylindrycznej powierzchni poślizgu, miąższość maksymalna osuwiska może być wielokrotnie większa niż wysokość czoła. Dlatego jednym z najistotniejszych elementów pozwalających oszacować głębokość osuwiska jest ocena z jakim typem osuwiska mamy do czynienia. Ocena ta jest istotna zarówno podczas planowania rozpoznania wglębnego osuwisk, jak i samej rejestracji (kartowania) osuwisk. Określenie typu osuwiska ułatwia nie tylko szacowanie jego głębokość, ale również pozwala zrozumieć mechanizm, który spowodował obecne zaburzenia terenu, a także pomaga odpowiedzieć na pytanie, czy obserwowane zaburzenia powierzchni terenu są efektem ruchów masowych, czy przyczyną jest np. zróżnicowanie litologiczne w obrębie stoku lub ruchy tektoniczne. I tak np. prostolinijne skarpy na stokach konsekwentnych mogą być związane ze zsuwami translacyjnymi, a na stokach obsekwentnych są często wynikiem zróżnicowanej odporności skał, w osuwiskach o charakterze rotacyjnym prostolinijne elementy rzeźby terenu wymagają analizy pod kątem genezy, która nie zawsze jest związana z ruchami masowymi itp.

TYPY RUCHÓW MASOWYCH UJĘTE W POLSKIM PRAWIE

Ruchy masowe, zgodnie z ustawą z dnia 27 kwietnia 2001 r. *Prawo ochrony środowiska* (Ustawa, 2001), to powstające naturalnie lub wskutek działalności człowieka osuwanie, splezywanie, obrywanie warstw skał, spływanie

zwietrzliny oraz gleby. Definicja osuwiska, mimo postulatów o jej wprowadzenie (Wojciechowski, 2019), nie została jeszcze ujęta w polskim prawie, ale pojawiła się w II wydaniu *Instrukcji opracowania „Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000”* (Wódka i in., 2025).

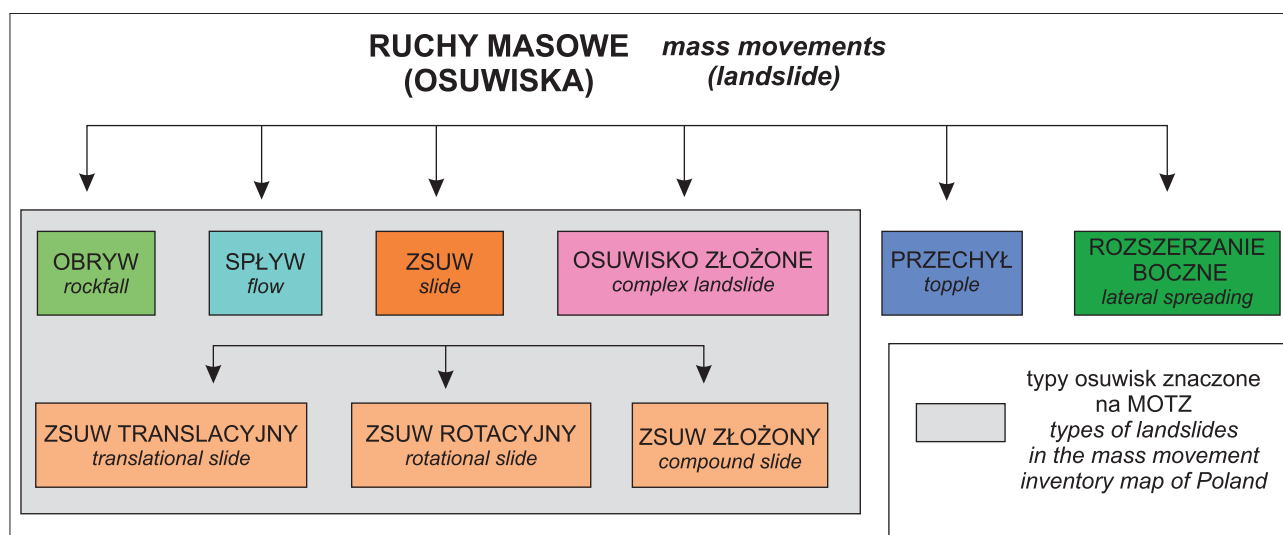
Przyjęte ogólnoswiatowe klasyfikacje ruchów masowych, nawet jeśli są rozbudowywane, opierają się zwykle na klasyfikacji Varnesa (1978), który podzielił ruchy na sześć głównych typów: obryw, przechył, zsuw, rozszerzenie boczne, spływ oraz ruchy złożone. W literaturze światowej termin ruchy masowe jest często używany zamiennie z terminem osuwisko (m.in. Varnes, 1978; Cruden, 1991; Dikau i in., 1996; Hungr i in., 2014). Na problemy z tym związane zwracał uwagę np. Margielewski (2004). W polskiej literaturze termin osuwisko jest zwykle utożsamiany tylko ze zsuwem, czyli formą wykształcającą powierzchnię poślizgu (m.in. Ziętara, 1969; Bober, 1984; Margielewski, 2004). Kleczkowski (1955) klasyfikując osuwiska, nazwał wręcz zsuwy *osuwiskami właściwymi*. W opracowaniach zagranicznych też czasem podkreśla się, że bardziej *restrykcyjne* znaczenie terminu *landslide* odnosi się tylko do zsuwów (m.in. Cruden, Varnes, 1996; Highland, 2004).

Z uwagi na wzór karty rejestracyjnej osuwiska, który zarówno w obecnie obowiązującym rozporządzeniu dotyczącym informacji o ruchach masowych ziemi (Rozporządzenie, 2020), jak i wcześniejszych aktach prawnych przewiduje rozwój osuwisk w formie zsuwu, spływu i obrywu, na MOTZ stosuje się definicję osuwiska w ujęciu szerszym, które obejmuje formy powstałe w wyniku wszystkich typów ruchów masowych ujętych w polskim prawie (ryc. 3).

Poszczególne rodzaje ruchów wykształcają formy rzeźby terenu pozwalające z dużym prawdopodobieństwem określić typ przemieszczeń już na etapie kartowania osuwisk. Cechy charakterystyczne form (osuwisk) wykształconych wskutek poszczególnych typów ruchów masowych były niejednokrotnie opisywane w literaturze (m.in. Dikau i in., 1996; Soeters, van Westen, 1996; Zabuski, 2022).

Obrywy są stosunkowo łatwe w rozpoznaniu, występują na stromych, często prawie pionowych i zwykle splekanych zboczach. Charakteryzują się występowaniem ściany obrywu oraz nagromadzeniem blokowisk u podnóża zbocza. Zabezpieczanie zboczy przed obrywami zazwyczaj opiera się na konstrukcjach powierzchniowych (geosiatki, konstrukcje innego typu wyłapujące odpadające odłamki skalne itp.).

Spływy mają zwykle szerszy „misowaty” obszar źródłowy oraz węższy jeźor wykorzystujący nienaruszone elementy górotworu, takie jak doliny, wcioty czy inne wcięcia na stoku, do przemieszczania upłynionego materiału (nie dotyczy spływów typu *debris avalanche* – patrz Varnes, 1978). W rejonie czoła przemieszczony materiał często rozszerza się, tworząc wachlarzowate czoło podobne do stożków napływowych. Z uwagi na wysoką prędkość przemieszczeń w spływach, które są klasyfikowane jako bardzo szybkie (3 m/min) do ekstremalnie szybkich (od 5 m/s) (Cruden, Varnes, 1996), wcześniejsze działania ostrzegawcze są często niemożliwe, a ich zabezpieczenie bardzo trudne (Hungr i in., 2014). W Karpatach spływy są często elementem wieloetapowego rozwoju osuwiska złożonego z różnych typów ruchów (osuwiska złożone; Walicka, 2022).



Ryc. 3. Podstawowe typy ruchów masowych (na podstawie Varnesa, 1978)

Fig. 3. Basic types of mass movements (based on Varnes, 1978)

Wśród typów osuwisk szczególną uwagę należy poświęcić osuwiskom właściwym, czyli zsuwom. W Polsce to najczęściej na tego typu osuwiskach są wykonywane konstrukcyjne zabezpieczenia obiektów, przez co rozpoznanie wglębne zsuwów jest niezwykle istotne. Do najważniejszych cech powierzchniowych charakteryzujących zsuw rotacyjny należą m.in.: łukowaty, amfiteatralny kształt skarpy głównej, znacznie mniejsze nachylenie powierzchni koluwiów niż nachylenie osuwiska, obecność zrotowanych pakietów skalnych w obrębie koluwiów w stosunku do odsłoneń w skarpie głównej, pagórkowata rzeźba terenu, obecność spłaszczeń terenu pochyłonych w kierunku skarpy głównej czy czoło przyjmujące kształt półkolistego progu. Osuwiska tego typu rozwijają się głównie w utworach jednorodnych (Hutchinson, 1995; Dikau i in., 1996; Zabuski i in., 1999; Margielewski, 2004; Zabuski, 2022), zwłaszcza w iłach, ale także w utworach silnie spękanych lub zwietrzałych, w których rozwój powierzchni poślizgu może być podobny jak w utworach jednorodnych (Zabuski i in., 1999; Margielewski, 2002, 2004; Zabuski, 2022). Dlatego typowe zsuwy rotacyjne rozwijają się również w Karpatach, zwłaszcza w obrębie spękanych utworów drobnorytmicznego fliszu (Zabuski i in., 1999; Margielewski, 2001; Zabuski, 2022), ale też w obrębie gruboławicowych, spękanych piaskowców podścielonych łupkami. Osuwiska rotacyjne należą do osuwisk ścięciowych. Ważnym czynnikiem powstania zsuwu rotacyjnego jest istnienie wysokich ciśnień porowych, na co zwracali uwagę m.in. Zabuski i in. (1999).

Druga odmiana zsuwu to zsuw translacyjny, którego kierunek przemieszczeń ściśle nawiązuje do struktur geologicznych, przez co powierzchnia poślizgu może być zbliżona do płaszczyzny. Zsuwy tego typu są zwykle związane z odpajaniem mas skalnych wzdłuż spękań lub uskoków (Bober, 1984; Margielewski, 2002, 2004). W przeciwieństwie do zsuwów z obrotom mas skalnych (rotacyjnych), rzeźba powierzchniowa jest tu znacznie mniej urozmaicona. Skarpy główne, drugorzędne czy czoła osuwisk mają często przebieg zbliżony do prostoliniowego, a nachylenie osuwiska zwykle nieznacznie różni się od nachylenia koluwiów.

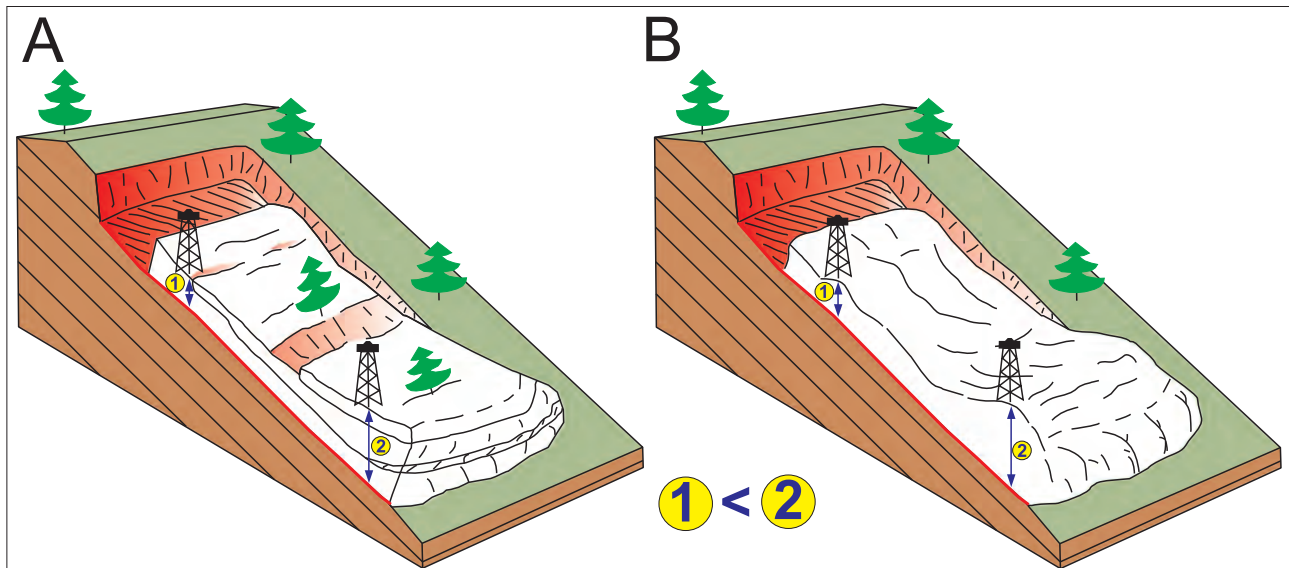
Trzecią odmianą zsuwu jest zsuw złożony (*compound*), którego powierzchnia poślizgu ma częściowo przebieg rotacyjny, a częściowo nawiązuje do powierzchni strukturalnych. Ten typ osuwiska może być związany z jego wieloetapowym rozwojem lub z zaburzeniami tektonicznymi czy zróżnicowaniem litologicznym, które nie pozwalają na wykształcenie się typowej powierzchni rotacyjnej. Wiele głębokich osuwisk w Karpatach, zwłaszcza tych rozwiniętych w piaskowcach czy zlepieńcach, wykazuje cechy zsuwu złożonego. Elementy obserwowane na powierzchni takich osuwisk są bardzo zróżnicowane. To zarówno prostoliniowe skarpy nawiązujące do uskoków tektonicznych, jak i koliste nabrzmienia, zagłębienia czy zrotowane pakiety skalne.

Ostatnim typem osuwisk uwzględnianych na MOTZ są osuwiska złożone z różnych typów ruchów (*complex*). Najczęściej powstają w wyniku wieloetapowego rozwoju, np. w dolnej części zsuwu rotacyjnego, po zdeintegrowaniu i przemieszczeniu materiału skalnego dochodzi do jego silnego upłynnienia i powstania skarpy drugorzędnej w obrębie pierwotnego czoła osuwiska (patrz Walicka, 2022). W dolnej części osuwiska takie wykazuje cechy typowego spływu. Osuwiska złożone są bardzo powszechne, zwłaszcza w Karpatach.

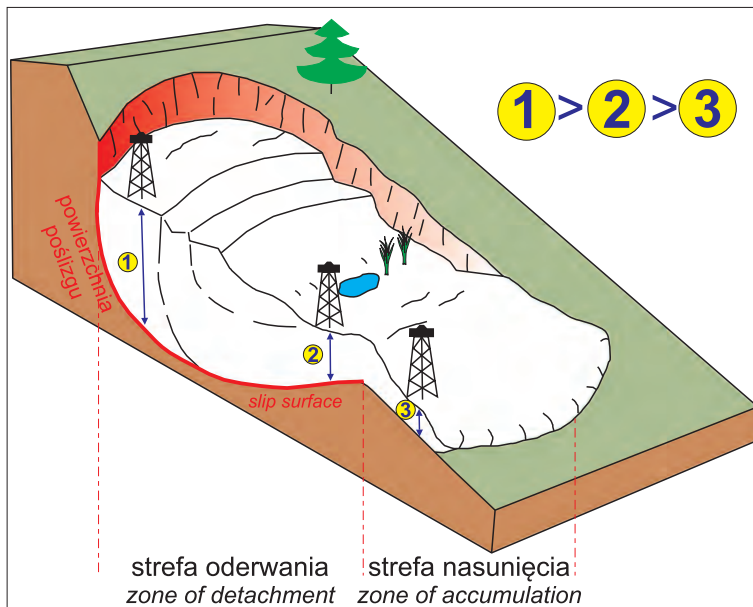
TYP OSUWISKA A GŁĘBOKOŚĆ PLANOWANYCH ROBÓT GEOLOGICZNYCH

W dotychczasowych opracowaniach dotyczących dokumentowania geologiczno-inżynierskiego, w tym również terenów osuwiskowych (Instrukcja, 1999; Frankowski i in., 2012; Wytyczne, 2016; Wójcik, Kos, 2017; Wójcik i in., 2017; Kos, 2019, 2021; Kos, Wójcik, 2021), nie podnoszono problemu rozpoznania typu osuwiska, którego określenie wydaje się kluczowe podczas planowania wierceń, a w dalszej kolejności również projektowania zabezpieczeń.

Przy planowaniu robót geologicznych warto pamiętać, że rozległe osuwiska rozwinięte w wyniku zsuwu translacyjnego są z reguły osuwiskami płytszymi niż te rozwinięte w wyniku zsuwu rotacyjnego czy złożonego. Osuwiska rotacyjne należą do osuwisk ścięciowych, natomiast zsuwy



Ryc. 4. Zmiany miąższości koluwiów w obrębie zsuwu translacyjnego: A – skały skonsolidowane; B – skały słabo skonsolidowane
 Fig. 4. Changes in colluvium thickness within the translational slide: A – consolidated rock; B – poorly consolidated rock



Ryc. 5. Zmiany miąższości koluwiów w obrębie zsuwu rotacyjnego
 Fig. 5. Changes in colluvium thickness within the rotational slide

translacyjne są zwykle związane z rozwojem spękań i szczelin inicjalnych. Jak podkreślił Margielewski (2009), powołując się na ówczesne badania (Pulina, 1997; Margielewski, Urban, 2003, 2005), głębokość rozwoju (otwierania) tego typu szczelin w Karpatach z reguły nie przekracza kilkunastu metrów. Oprócz szacowanej maksymalnej miąższości osuwiska, planując roboty geologiczne, warto zwrócić uwagę na możliwe zmiany jego miąższości w zależności od lokalizacji otworów badawczych. Co prawda miąższość zsuwów translacyjnych może być stosunkowo niewielka i podobna w różnych częściach osuwiska, w pobliżu skarpy głównej może być bliska zero, a w rejonie czoła może się znacznie zwiększać. Związane jest to z charakterem przemieszczenia, które poniżej skarpy głównej może wręcz odsłonić powierzchnię poślizgu, a brak jej widoczności może być związany z jej późniejszym zapełnieniem. W rejonie czoła może natomiast dochodzić do nasuwania

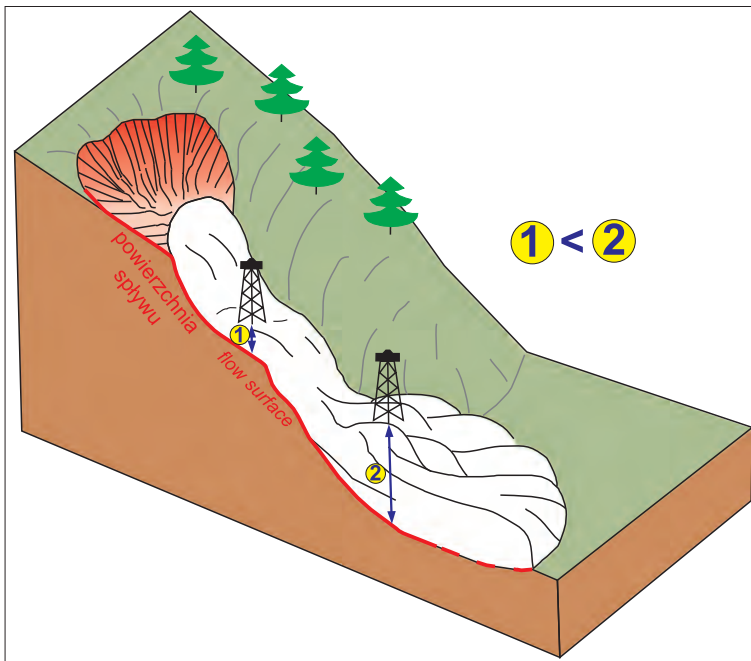
się przemieszczonych twardych warstw skalnych (ryc. 4A), co ma miejsce w wielu karpackich osuwiskach rozwiniętych na stokach o konsekwentnym układzie warstw lub akumulacji mniej odpornego materiału w formie nabrzmiąłych wałów (ryc. 4B).

W przypadku z reguły głębszych osuwisk rotacyjnych miąższości maksymalne koluwiów mogą występować w ich środkowych, a czasem w górnych częściach, w zależności od ukształtowania stoku. W dolnej części osuwiska mogą mieć znacznie mniejszą miąższość, zwłaszcza jeśli oprócz wypychania gruntu doszło nasunięcia jęzora na podłoże osuwiska (ryc. 5).

W przypadku osuwisk, w których doszło do silnego upłynnienia przemieszczanego materiału (spływy), największych miąższości można się spodziewać w rejonie jęzora lub czoła. W strefie skarpy głównej miąższość jest zwykle niewielka lub wręcz bliska zero ze względu na szybkie i całkowite przemieszczenie silnie upłynnionego materiału w dół stoku. W przypadku spływów typu *mudflow* lub *debrisflow* maksymalna miąższość koluwiów nie przewyższa pierwotnej głębokości doliny, przez którą nastąpił transport upłynnionego materiału. Maksymalne strefy spiężeń występują często w miejscach występowania naturalnych przeszkód, w tym np. zmian kierunku przebiegu doliny, co powoduje spowolnienie transportu i akumulację koluwiów. W przypadku braku takich przeszkód transport materiału może zachodzić bardzo szybko, pozostawiając niewielką miąższość koluwiów w środkowej części jęzora, a ich maksymalna miąższość występuje w strefie czoła osuwiska (ryc. 6).

WNIOSKI

Podstawowa wiedza o osuwiskach jest konieczna przy planowaniu robót geologicznych w ich obrębie. Projekt robót geologicznych powinien zakładać rozpoznanie głębokości i przebiegu powierzchni poślizgu. Niestety nawet



Ryc. 6. Zmiany miąższości koluwiów w obrębie splywu
Fig. 6. Changes in colluvium thickness within the flow

w przypadku zapisu o takiej konieczności zdarza się, że planowane głębokości otworów badawczych nie nawiązują do szacowanej miąższości osuwiska określonej w kartach rejestracyjnych lub zakładane głębokości otworów są równe w obrębie całego osuwiska, przez co w niektórych przypadkach są one niedoszacowane, a w innych przeszacowane. Oszacowanie miąższości osuwiska i odpowiednie zaplanowanie wierceń wymaga dokładnego kartowania geologicznego, które powinno uwzględniać wszystkie ważniejsze formy powierzchniowe osuwiska wraz z określeniem ich wielkości, a także pomiary lub co najmniej obserwacje geologiczne odsłonięć znajdujących się zarówno w jego bezpośrednim sąsiedztwie, jak i w jego obrębie. Jednym z kluczowych elementów koniecznych do oszacowania miąższości osuwiska jest określenie jego typu. Pomimo że większość głębokich osuwisk, zwłaszcza w Karpatach, gdzie istnieje największe zagrożenie oraz ryzyko osuwiskowe, reprezentuje typ złożony z różnych ruchów (*complex*) albo są zsuwami rotacyjno-translacyjnymi (*compound*), określenie dominującego ruchu w poszczególnej części osuwiska jest często możliwe i pomaga w określeniu szacowanej miąższości osuwiska. W zależności od lokalizacji obiektu wymagającego zabezpieczenia, w stosunku do całej powierzchni osuwiska, konieczna głębokość rozpoznania podłoża może być inna. Miąższość osuwiska podana w punkcie 4.3 karty rejestracyjnej jest szacowaną lub zmierzoną miąższością maksymalną. Założenie tej samej głębokości rozpoznania w różnych częściach, zwłaszcza dużych form osuwiskowych, jest zwykle błędem. W przypadku zsuwów translacyjnych maksymalna miąższość osuwiska może być podobna w różnych jego częściach, ale zwykle znajduje się w jego dolnej części. W przypadku przeważnie głębszych zsuwów rotacyjnych miąższość maksymalna osuwiska jest uwarunkowana ukształtowaniem terenu, ale z reguły znajduje się w jego środkowej lub górnej części. W przypadku osuwisk splywowych maksymalna miąższość koluwiów znajduje się najczęściej w ich dolnych częściach.

Autor składa podziękowania Recenzentowi za wnikliwy przegląd i uwagi, które pozytywnie wpłynęły na końcową wersję artykułu.

LITERATURA

- BEDNARCZYK Z. 2015 – Metody monitoringu i wczesnego ostrzeżenia on-line na przykładzie badań geologiczno-inżynierskich w Beskidzie Niskim i Średnim. *Przegląd Geologiczny*, 63 (10/3): 1220–1239.
- BOBER L. 1984 – Rejony osuwiskowe w polskich Karpatach fliszowych i ich związek z budową geologiczną regionu. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 340: 115–158.
- CRUDEN D.M. 1991 – A Simple Definition of a Landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43: 27–29.
- CRUDEN D.M., VARNES D.J. 1996 – Landslide types and processes. [W:] Turner A.K., Schuster R.L. (red.), *Landslides: investigation and mitigation*. Transportation Research Board, Washington. Special Report, 247: 36–75.
- DIKAU R., BRUNSDEN D., SCHROTT L., IBSEN M. L. (red.) 1996 – *Landslide recognition. Identification, movement and causes*. Wiley, New York.
- FRANKOWSKI Z., GODLEWSKI T., IRMIŃSKI W., ŁUKASIK S., MAJER E., NAŁĘCZ T., SOKOŁOWSKA M., WOŁKOWICZ W., CHADA K., CHOROMAŃSKI D., GAŁKOWSKI P., JAŚKIEWICZ K., JURYS L., KACZYŃSKI Ł., MADEJ M., MAJER K., PIETRZYKOWSKI P., SAMEL I., WSZĘDYRÓWNY-NAST M. 2012 – *Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich dla potrzeb rekultywacji terenów zdegradowanych*. Ministerstwo Środowiska, Warszawa; http://geoportal.pgi.gov.pl/css/atlas_y_gi/images/publikacje/zasady_dokumentowania_warunkow_geoinz_Dla_potrzeb_rekultywacji_terenow_zdegradowanych.pdf
- HIGHLAND L. 2004 – *Landslide Types and Processes*. U.S. Geological Survey Report, Fact Sheet 2004–3072; <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/>
- HUNGR O., LEROUEIL S., PICARELLI L. 2014 – The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides*, 11: 167–194.
- HUTCHINSON J.N. 1995 – Deep-seated mass movements on slopes. *Memorie della Società Geologica Italiana*, 50: 147–164.
- INSTRUKCJA J. 1999 – *Instrukcja obserwacji i badań osuwisk drogowych*. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych, Warszawa.
- KLECZKOWSKI A. 1955 – *Osuwiska i zjawiska pokrewne*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- KOS J. 2019 – Stateczność stoków osuwiskowych na podstawie pomiarów inklinometrycznych oraz właściwości fizyczno-mechaniczne skał i gruntów na przykładzie osuwisk w Ochojnie i Starym Sączu. *Przegląd Geologiczny*, 67 (5): 377–387.
- KOS J. 2021 – Stateczność stoków osuwiskowych na podstawie właściwości fizyczno-mechanicznych skał i gruntów oraz pomiarów inklinometrycznych. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 478: 15–48; doi: 10.7306/bpig.53
- KOS J., WÓJCIK A. 2021 – Dokumentowanie geologiczno-inżynierskie osuwisk na terenie fliszu karpackiego. *Przegląd Geologiczny*, 69 (12): 825–834.
- MARGIELEWSKI W. 2001 – O strukturalnych uwarunkowaniach rozwoju głębokich osuwisk – implikacje dla Karpat fliszowych. *Przegląd Geologiczny*, 49 (6): 515–525.
- MARGIELEWSKI W. 2002 – Geological control of the rocky landslides in the Polish Flysch Carpathians. *Folia Quaternaria*, 73: 53–68.
- MARGIELEWSKI W. 2009 – Problematyka osuwisk strukturalnych w Karpatach fliszowych w świetle zunifikowanych kryteriów klasyfikacji ruchów masowych – przegląd krytyczny. *Przegląd Geologiczny*, 57 (10): 905–917.
- MARGIELEWSKI W. 2004 – Typy przemieszczeń grawitacyjnych mas skalnych w obrębie form osuwiskowych polskich Karpat fliszowych. *Przegląd Geologiczny*, 52 (7): 603–614.
- MARGIELEWSKI W., URBAN J. 2003 – Crevice-type caves as initial forms of rock landslide development in the Flysch Carpathians. *Geomorphology*, 54: 325–338.
- MARGIELEWSKI W., URBAN J. 2005 – Pre-existing tectonic discontinuities in the rocky massifs as initial forms of deep seated mass movements development: case studies of selected deep crevice-type caves in the Polish Flysch Carpathians. [W:] Senneset K., Flaate K., Larsen J.O. (red.), *Landslides and Avalanches*. 11th ICFL, Norway. Balkema, London: 249–256.
- NEŚCIERUK P., WÓJCIK A., PERSKI Z., WOJCIECHOWSKI T., WARMUZ B., DACKA J. 2013 – *Dokumentacja geologiczna z prac*

monitoringowych wykonanych na osuwisku w m. Międzybrodzie Bialskie/Łazki. Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Oddział Karpacki, Kraków; <https://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/SOPO/Wyszukaj3>

PULINA M. (red.) 1997 – Jaskinie polskich Karpat fliszowych. Tom 1, 2. Wydaw. Polskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk o Ziemi, Warszawa.

ROZPORZĄDZENIE, 2020 – Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 4 grudnia 2020 r. w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi. Dz.U. z 2020 r. poz. 2270.

SOETERS R., VAN WESTEN C.J. 1996 – Slope instability recognition, analysis, and zonation. [W:] Turner A.K., Schuster R.L. (red.), Landslides investigation and mitigation. National Academy Press, Washington D.C., USA: 129–177.

USTAWA, 2001 – Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. Dz.U. z 2001 r. nr 62 poz. 627.

VARNES D.J. 1978 – Slope movements: type and processes. [W:] Schuster R.L., Krizek R.J. (red.), Landslides: analysis and control. Transportation Research Board, Washington. Special Report, 176: 11–35.

WALICKA A. 2022 – Osuwiska wpływowe w Paśmie Bukowicy (Beskid Niski). Przegląd Geologiczny, 70 (9): 651–660.

WARMUZ B. 2025 – Assessment of the impact of rainfall on landslide activity in the Polish Carpathians over a decadal period. Geological Quarterly, 69, 46; <https://doi.org/10.7306/gq.1819>

WARMUZ B., NESCIERUK P., 2019 – Dynamika przemieszczeń wybranych osuwisk w Karpatach. Przegląd Geologiczny, 67 (5): 326–331.

WOJCIECHOWSKI T. 2019 – Osuwiska – problemy prawne, społeczne i administracyjne. Przegląd Geologiczny, 67 (5): 298–302.

WÓDKA M. 2020 – Ocena aktywności wybranych osuwisk w rejonie Jeziora Rożnowskiego w świetle badań terenowych oraz analiz różnicowych modeli terenu. Przegląd Geologiczny, 68 (1): 60–68.

WÓDKA M., WOJCIECHOWSKI T., LASKOWICZ I., RUBINKIEWICZ J., ZIMNAL Z., GÓRKA K., MARCINIEC P., GRABOWSKI D., KAMIENIARZ S., KARWACKI K., KUŁAK M., SIKORA R. 2025 – Instrukcja opracowania Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami

masowymi w skali 1 : 10 000. Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa.

WÓJCIK A., JURCZAK S., WNUK M., JANIK K. 2019 – Zagrożenia osuwiskowe na trasie budowy drogi ekspresowej S-7 na odcinku Lubień–Naprawa (Karpaty fliszowe). Przegląd Geologiczny, 67 (5): 388–396.

WÓJCIK A. 2015 – Błędy rozpoznania i zabezpieczenia – czyli jak nie należy wykonywać prac stabilizacyjnych. Ogólnopolska Konferencja O!suwisko 19–22 maja 2015 r., Wieliczka. Materiały konferencyjne, 82–83.

WÓJCIK A., KOS J. 2017 – Osuwiska i zagrożenie budowli inżynierskich – sukcesy i porażki przy stabilizacji osuwisk w świetle wierceń i obserwacji inklinometrycznych na przykładzie Sadowia, Kąclowej i Kopca Kościuszki. XXXII Ogólnopolskie warsztaty pracy projektanta konstrukcji, Wisła.

WÓJCIK A., KOS J., JURCZAK S. 2017 – Rozpoznanie i próby zabezpieczenia osuwiska w Kurowie (Pogórze Rożnowskie, Karpaty Zewnętrzne). Przegląd Geologiczny, 65 (9): 576–585.

WYTYCZNE, 2016 – Wytyczne badań podłoża gruntowego dla potrzeb budowy i modernizacji infrastruktury kolejowej. PKP PLK S.A., Warszawa.

ZABUSKI L. 2022 – Mechanika procesów osuwiskowych – modelowanie, stateczność, stabilizowanie. Wydaw. Instytut Budownictwa Wodnego PAN, Gdańsk.

ZABUSKI L. 2013 – Ocena procesów osuwiskowych na podstawie wyników pomiarów inklinometrycznych. Przegląd Geologiczny, 61 (4): 248–256.

ZABUSKI L., THIEL K., BOBER L. 1999 – Osuwiska we fliszu Karpat polskich: geologia – modelowanie – obliczenia stateczności. Wydaw. Instytut Budownictwa Wodnego PAN, Gdańsk.

ZIĘTARA T. 1969 – W sprawie klasyfikacji osuwisk w Karpatach fliszowych. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 3: 21–29.

Praca wpłynęła do redakcji 14.01.2026 r.
Akceptowano do druku 4.02.2026 r.



Oznaczenie osuwiska w Milówce, 2010 r. Fot. Z. Perski
Landslide identification in Milówka, 2010. Photo by Z. Perski