

CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH OSUWISK Z TERENU POŁUDNIOWEJ POLSKI UAKTYWNIONYCH PO OKRESIE INTENSYWNYCH OPADÓW W 2010 ROKU

DESCRIPTION OF SELECTED LANDSLIDES FROM SOUTHERN POLAND ACTIVATED AFTER INTENSIVE RAINFALL IN 2010

ROBERT KACZMARCZYK¹, SYLWIA TCHÓRZEWSKA¹, HENRYK WOŹNIAK¹

Abstrakt. W artykule przedstawiono wyniki badań, które przeprowadzono na 74 osuwiskach z terenu południowej Polski, które powstały lub uaktywniły się po okresie intensywnej opadów w 2010 roku. W większości były to osuwiska, które spowodowały znaczne straty w budynkach mieszkalnych i infrastrukturze i których dalszy rozwój, w przypadku braku odpowiednich przeciwdziałań, może być źródłem poważnych problemów dla gospodarki. Prace obejmowały m.in. pomiar parametrów geometrycznych osuwiska (długość, szerokość, kąt nachylenia niszy oraz stoku, wysokość zerwy itp.), ocenę warunków geomorfologicznych i geologicznych, ustalenie rodzaju występujących gruntów i sposobu ich zalegania, typu osuwiska, występowania wód powierzchniowych i podziemnych, ekspozycji zbocza. Uwagę zwrócono również na geologiczno-inżynierskie warunki powstania osuwisk, powstałe szkody i zagrożenia oraz wykonane prace zabezpieczające. Wyniki badań wykazały, iż analizowane osuwiska to w większości obszary o powierzchni przekraczającej 1 tys. m² i kącie nachylenia stoku ponad 20°. W 52% przypadków stwierdzono wpływ czynników antropogenicznych. Były to głównie: dodatkowe obciążenie skarp nasypem lub obiektem budowlanym, podcięcie zbocza przez wykop drogowy oraz błędy w projektowaniu. Naturalne przyczyny związane są natomiast głównie z oddziaływaniem wód opadowych w postaci zmian stanów wód powierzchniowych i podziemnych.

Słowa kluczowe: powódź, osuwiska, ruchy geodynamiczne, geologia inżynierska, południowa Polska, polskie Karpaty.

Abstract. The article presents the results of the research which was carried out on 74 landslides in southern Poland. The landslides generated or reactivated after a rainfall in 2010. Most landslides caused significant losses in residential buildings and infrastructure, which in case of further development and no appropriate countermeasures, may cause serious problems for the economy. The investigations on each landslide included: measurements of geometric parameters (length, width, angle of inclination of the slope and the niche, etc.), assessment of geomorphological and geological conditions, determination of the soil type, the arrangement of soil layers, the type of the landslide, the presence of surface water and groundwater, and slope exposure. An attention was paid also to the engineering-geological conditions of landslides formation, damages caused by the mass movement and threats. The protection works were also described. The results showed that most of analyzed landslides has an area exceeding one thousand m² and the angle of inclination over 20°. In 52% of cases the impact of anthropogenic factors was noticed. These were mainly: additional loading of slope by an embankment or other construction, undercutting by road excavation and errors in design. Natural causes are mainly associated with the impact of the rainwater, which has caused changes in surface water and groundwater conditions.

Key words: flood, landslides, geodynamic movements, engineering geology, southern Poland, Polish Carpathians.

¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; rkaczmar@op.pl, sylwia_domagala@wp.pl, hwozniak@geol.agh.edu.pl

WSTĘP

W Polsce osuwiska występują głównie na obszarze Karpat fliszowych, rzadziej w Sudetach, w pasie wyżyn, w pasie wybrzeża bałtyckiego na zboczach klifowych oraz na stokach dolin rzek nizinnych (fig. 1). Na obszarze 6% powierzchni kraju, jaką stanowią polskie Karpaty, występuje ponad 95% wszystkich zarejestrowanych osuwisk. Według danych Państwowego Instytutu Geologicznego z roku 2001 (Rączkowski, 2001) była to niebagatelna liczba przekraczająca 20 tys. osuwisk. Natomiast prace prowadzone w latach 2008–2010 w ramach projektu SOPO (System Osłony Przeciwosuwiskowej) pozwoliły te dane uszczegółowić na terenie wybranych gmin karpackich i ekstrapolować na pozostały obszar Karpat. Obecnie szacuje się, że liczba osuwisk w Karpatach może zawierać się w przedziale 50–60 tysięcy. Wskaźnik osuwiskowości, wyrażający wielkość obszaru objętego i zagrożonego osuwiskami w stosunku do powierzchni terenu ogółem, jest w Karpatach szacowany na 30–40% (Działania ..., 2010). Na podstawie wcześniejszych prac (Bażyński, Kuhn, 1970; Michalik, 1970; Bober, 1984, 1994) przyjęto też, że jedno osuwisko występuje średnio na 5 km bieżących drogi jezdnej i średnio na 10 km bieżących linii kolejowej. Ponad 3000 osuwisk, już w latach sześćdziesiątych ubiegłego wieku, zagrażało obiektom budowlanym.

Tak duży wskaźnik osuwiskowości potwierdza, iż osuwiska stanowią bardzo istotny element rzeźby terenu w gór-

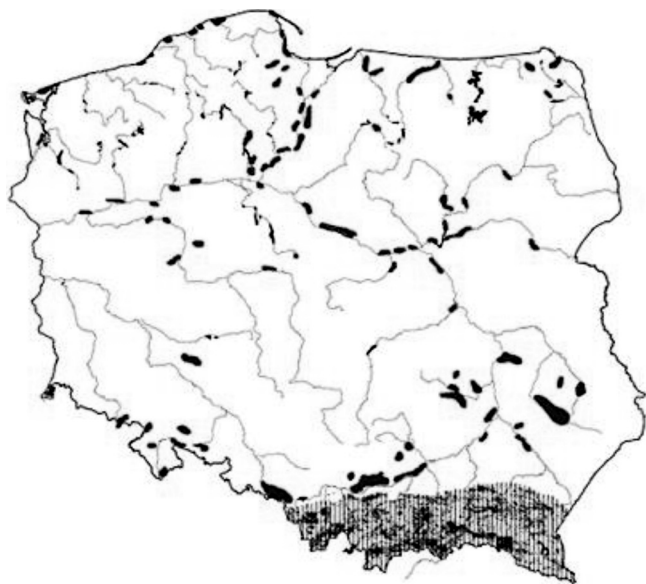


Fig. 1. Rozmieszczenie obszarów zagrożonych ruchami masowymi ziemi w Polsce (na podstawie wyników rejestracji z lat 1968–1970 dla Polski pozakarpackiej oraz materiałów Oddziału Karpackiego PIG)

Distribution of the areas susceptible to mass movements in Poland (according to the registry from the years 1968–1970 and materials by Carpathian Branch of PGI)

skim obszarze polskich Karpat. Katastrofalne opady deszczu, które wystąpiły w latach 1997–2002 oraz ostatnio w 2010 roku wykazały dobitnie brak przygotowania i radzenia sobie w przypadku wystąpienia tego typu zagrożeń. Powstało wtedy wiele nowych i odnowiło się wiele starych osuwisk. Gwałtowne opady deszczu w lipcu 2001 r. sprawiły, że wiele osuwisk uaktywniło się, np. w Lachowicach-Falkowej osuwisko zniszczyło 12 zabudowań mieszkalnych, a 38 budynków znalazło się w strefie dużego zagrożenia. Odnowienie osuwisk nastąpiło również na wiosnę 2002 r. w związku z gwałtownym topnieniem śniegu. Natomiast w lecie 2002 r. uaktywnienie się osuwisk było związane z katastrofalnymi opadami atmosferycznymi na obszarze południowej części Beskidu Sądeckiego i Średniego, zwłaszcza w rejonie Muszyny (Poprawa, Rączkowski, 2003).

Podczas ostatniej powodzi (na przełomie maja i czerwca 2010 r.) osuwiska stanowiące zagrożenie dla budynków wystąpiły łącznie w 107 gminach na obszarze Karpat, w tym w 57 gminach w województwie małopolskim, 34 gminach w województwie podkarpackim i 16 gminach w województwie śląskim.

W województwie małopolskim najwięcej osuwisk powstało w powiecie wadowickim (gmina Lanckorona), limanowskim (gminy Laskowa i Limanowa), nowosądeckim (gminy Łososina Dolna i Gródek nad Dunajcem) oraz tarnowskim (gminy Pleśna i Tuchów). W województwie podkarpackim najbardziej zagrożone osuwiskami zostały tereny powiatów jasielskiego, strzyżowskiego, dębickiego, sędziszowsko-ropczyckiego i rzeszowskiego. Główny Urząd Nadzoru Budowlanego ocenia, że w Polsce według stanu na 17.06.2010 r. w wyniku osuwisk zniszczonych zostało łącznie 2269 budynków, w tym całkowicie 560 budynków, a 1709 wymaga odbudowy lub remontu. Straty spowodowane działaniem żywiołu w okresie maj–czerwiec 2010 r. – według danych MSWiA wyniosły 2,9 mld euro (Działania ..., 2010), w porównaniu ze 173 mln zł w latach 2000–2001 (w tym 86 mln zł w infrastrukturze drogowej i mostowej) (Poprawa, Rączkowski, 2003). To tylko kilka przykładów z ostatnich lat. Straty materialne powstałe w wyniku działania osuwisk są liczone w mln złotych, natomiast straty społeczne są bardzo trudne do oszacowania. Mimo, że osuwiska nie powodują tak wielkiej liczby przypadków śmiertelnych, jak inne zjawiska katastrofalne, przyczyniają się jednak do wielu tragedii ludzkich, ciężkich chorób, silnych stresów i depresji związanych ze zniszczeniem często dorobku całego życia. Osuwiska są poważnym problemem dla gospodarki. Z tego punktu widzenia szczególnie zagrożone są szlaki komunikacyjne, linie wysokiego napięcia, gazociągi i inne linie przesyłowe. Wzrost aktywności ruchów osuwiskowych w ostatnich latach okazał się szczególnie niebezpiecznym dla osiedli i skupisk ludzkich oraz stał się szczególnym punktem zainteresowań samorządów lokalnych i geologów.

ZAKRES BADAŃ

Szczegółowemu badaniu poddano 74 spośród ponad 50 tys. osuwisk lub obszarów zagrożonych ruchami masowymi z terenu południowej Polski. Podstawowym kryterium doboru do szczegółowych badań był związek z intensywnymi opadami w 2010 r. Wszystkie wybrane osuwiska stanowią wyraźne, typowe formy, które powstały lub uaktywniły się po powodzi. W przypadku osuwisk uaktywnionych dodatkowym kryterium doboru był zakres zgromadzonej wiedzy w wyniku, często wieloletnich, obserwacji prowadzonych przez autorów.

Analizowane osuwiska znajdują się na terenie województwa śląskiego na obszarze powiatu żywieckiego – 25

osuwisk oraz na terenie województwa małopolskiego w powiatach: Suchej Beskidzkiej – 23, krakowskim – 10, wielickiego – 9, gorlickiego – 4 i myślenickiego 3 osuwiska.

Badania obejmowały: pomiary długości i szerokości osuwiska, wysokości niszy, kąta nachylenia niszy oraz stoku, datę powstania osuwiska, sytuację geomorfologiczną i geologiczną osuwiska, wiek skał w rejonie osuwiska, zaleganie warstw, rodzaj warstw, typ osuwiska, występowanie wód powierzchniowych i podziemnych, ekspozycję zbocza. Dodatkowo szczególną uwagę zwrócono na geologiczno-inżynierskie warunki powstania osuwisk, zaistniałe szkody i zagrożenia oraz wykonane prace zabezpieczające.

CHARAKTERYSTYKA ANALIZOWANYCH OSUWISK

Sytuacja geomorfologiczna. Opisywane osuwiska w 33% koncentrują się na zboczach dolin cieków wodnych (fig. 2), z tej liczby 17% stanowią doliny potoków, 11% doliny rzeczne, a 5% zbocza dolin wokół jezior. Na terenie zboczy górskich występuje 29% badanych osuwisk, a na zboczach wyżynnych 17%. Pozostałe 21% to osuwiska na skarpach nasypów (12%) oraz skarpach wykopów drogowych (9%). Te pierwsze w wielu przypadkach należy uznać za efekt nierozważnej, a czasami nawet nieodpowiedzialnej działalności człowieka.

Wielkość osuwisk. Zgodnie z klasyfikacją zawartą w instrukcji (Instrukcja, 1999) tylko 27% analizowanych osuwisk to osuwiska małe o powierzchni poniżej 1000 m², 13% – osuwiska średnie o powierzchni od 1000–3000 m², a zdecydowana większość (60%) – osuwiska duże >3000 m² (fig. 3). Największe osuwiska, o powierzchni ponad 100 000 m² występują w miejscowościach: Ochojno, Podstolice, Lachowice i Gorlice. Są to osuwiska stare, uaktywnione po okresie intensywnych opadów w 2010 r.

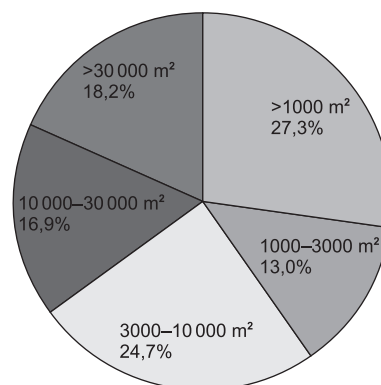


Fig. 3. Powierzchnia osuwisk

Landslide distribution by surface area

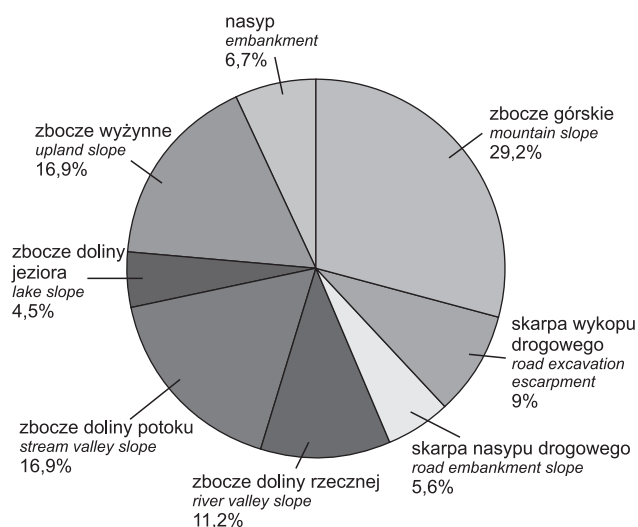


Fig. 2. Sytuacja geomorfologiczna osuwisk

Geomorphological position of landslides

wice i Gorlice. Są to osuwiska stare, uaktywnione po okresie intensywnych opadów w 2010 r.

Przyczyny powstania. Osuwanie się mas skalnych jest wynikiem utraty stateczności zbocza lub skarpy w wyniku przekroczenia wytrzymałości na ścinanie wzdłuż dowolnej, ciągłej powierzchni poślizgu. Przyczyny prowadzące do tego stanu dzieli się na antropogeniczne i naturalne. W analizowanych osuwiskach w 52% przypadków stwierdzono, że zasadniczy wpływ miały czynniki antropogeniczne. Były nimi głównie: dodatkowe obciążenie zbocza (skarpy) nasypem lub budynkiem, podcięcie przez wykop oraz błędy w projektowaniu. Naturalne przyczyny związane są natomiast głównie z oddziaływaniem wód opadowych w postaci zmian stanów wód powierzchniowych i podziemnych. Zalicza się do nich: infiltrację wód opadowych jako główną przyczynę implikującą pogorszenie właściwości wytrzymałościowych, podcięcia erozyjne oraz abrazję, które łącznie stanowiły 48% wszystkich przyczyn (fig. 4).

Spośród przyczyn antropogenicznych najliczniejszą grupę stanowią osuwiska powstałe w wyniku obciążenia skarpy dodatkowym obciążeniem zewnętrznym w postaci budynków, nasypów lub składowisk odpadów budowlanych. Ta

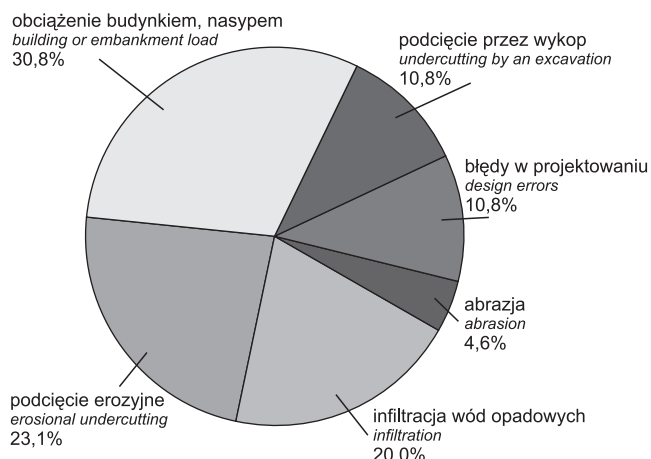


Fig. 4. Przyczyny powstania osuwisk

The origin of landslides

przyczyna stanowi aż 31% wszystkich badanych przypadków. Osuwiska tego typu występują m.in. w Golkowicach (Lasowice), Grabówkach, Soboniowicach i Swoszowicach (fig. 5). Inną przyczyną o charakterze antropogenicznym jest podcięcie zbocza lub skarpy w wyniku prowadzenia prac inżynierskich. Przyczyna ta jest czynnikiem sprawczym co dziesiątego badanego osuwiska. Do typowych przypadków tej grupy można zaliczyć m.in. osuwisko w Golkowicach na działce nr 389 (fig. 6) oraz osuwisko powstałe podczas budowy zapory w Tresnej. Pozostałe 10% antropogenicznych przyczyn ruchów masowych to błędy w projektowaniu, wstrząsy i drgania pochodzące ze wzmożonego w ostatnich latach ruchu drogowego, a także wyrębu obszarów leśnych.

Do najczęściej spotykanych naturalnych przyczyn w grupie badanych osuwisk należy infiltracyjna działalność wód opadowych. Wody opadowe infiltrując do warstw gruntu powodują obniżenie ich parametrów mechanicznych

i utratę stateczności. Działanie tego czynnika zaznacza się we wszystkich badanych osuwiskach, a w przypadku 20% osuwisk było ono wyłączną przyczyną uaktywniania się lub powstania ruchów masowych na przełomie maja i czerwca 2010 r. Infiltracja jest również czynnikiem inicjującym zjawisko sufozji, czyli wymywania drobnych cząstek gruntu spomiędzy większych ziaren szkieletu gruntowego, co również często prowadzi do naruszenia stateczności.

Inną naturalną przyczyną uaktywniającą ruchy osuwiskowe na omawianych obszarach jest działalność erozyjna potoków górskich i rzek. Ich wzmożoną rolę można zaobserwować podczas obfitych opadów atmosferycznych i roztopów, kiedy następuje zwiększenie erozji brzegów i dochodzi do licznych podcięć stoków górskich i zboczy dolin rzecznych. Osobnym problemem, typowym dla obszaru badań w rejonie Jeziora Żywieckiego, jest erozyjna działalność wód tego zbiornika. Wzbudzone wiatrem fale erodują brzeg sztucznego jeziora, co doprowadza do zmiany jego geometrii i inicjacji ruchów masowych w postaci osuwisk, a w skrajnych przypadkach nawet obrywów i obwałów.

Należy stwierdzić, że ruchy osuwiskowe na terenach objętych badaniami są zjawiskiem wywołanym przez różnorodne i wzajemnie nakładające się czynniki. Dlatego przy ustalaniu przyczyn powstania danego osuwiska należy wziąć pod uwagę nadrzędność czynników determinujących ruch i podporządkować im inne, drugoplanowe przyczyny o mniejszym znaczeniu. W przypadku osuwisk dotyczących opisywanych terenów do przyczyn nadrzędnych zaliczyć należy infiltrację opadów atmosferycznych, która powoduje spadek parametrów wytrzymałościowych gruntów budujących zbocze oraz nierozważną działalność człowieka.

Rodzaj utworów w obrębie płaszczyzny poślizgu. Rola infiltracji, jako jednej z podstawowych przyczyn utraty stateczności nie stanowi zaskoczenia, jeśli wziąć pod uwagę, że wiele stoków omawianego obszaru pokrytych jest grubą



Fig. 5. Nisza osuwiskowa przy ul. Sawiczewskich w Krakowie-Swoszowicach.
Fot. R. Kaczmarczyk

The landslide niche in Sawiczewskich Street in Krakow-Swoszowice.
Photo by R. Kaczmarczyk

Fig. 6. Osuwisko w Golkowicach na działce nr 389 w dniu jego powstania.

Fot. R. Kaczmarczyk

The landslide in Golkowice on parcel no. 389, on the day of its generation.
Photo by R. Kaczmarczyk



warstwą zwietrzliny skał fliszowych – utworów bardzo wrażliwych na nawet niewielkie zmiany wilgotności. Spośród analizowanych przypadków ponad 66% stanowią osuwiska, których płaszczyna poślizgu przebiega w utworach zwietrzelinowych, głównie zwietrzelinach skał fliszowych, a tylko nieco ponad 25% z płaszczyną poślizgu w obrębie gruntów rodzimych nie zwietrzałych. Odrębną, niewielką grupę (niecałe 8%), stanowią osuwiska z płaszczyną poślizgu w gruntach nasypowych lub na kontakcie tych gruntów z naturalnym podłożem (fig. 7).

Kąt nachylenia stoku (zbocza). Prawie połowa (44,8%) badanych osuwisk charakteryzuje się kątem nachylenia stoku (skarpy) rzędu 30 i więcej stopni (fig. 8), a maksymalne nachylenia (rejon Międzybrodzia Żywieckiego) sięgają nawet 50°. W tych przypadkach, przy stosunkowo niższej infiltracji spowodowanej większym spływem powierzchniowym, główną przyczyną utraty stateczności jest oddziaływanie sił ciśnienia spływowego w piaskowcach i spękanych łupkach oraz parcie wód podziemnych na słabiej przepuszczalne, wyżejległe zwietrzliny utworów fliszowych.

Zwiększoną rolę infiltracji przy niższych kątach nachylenia zbocza można zaobserwować wśród osuwisk rejonu Jeziora Żywieckiego. Szczególnie dotyczy to osuwisk, gdzie w strefie przypowierzchniowej występują utwory o stosunkowo dobrej przepuszczalności, np.: pyły zalegające na bardzo słabo przepuszczalnych zwietrzelinach osadów fliszowych wykształconych w postaci ilów i łupków ilastych. Infiltracja wód opadowych sprzyja tam pęcznieniu gruntów ilastych na kontakcie obu tych warstw, a tym samym zmniejszeniu ich wytrzymałości na ścinanie, czego konsekwencją jest, często zachodzący w tych warunkach, proces pełzania.

Sposób użytkowanie terenu. Połowa badanych osuwisk znajduje się na terenach pokrytych roślinnością – grunty orne, łąki i tereny zalesione (fig. 9). Spośród terenów zalesionych zdecydowaną większość stanowią jednak obszary z dziko rosnącą roślinnością charakterystyczną dla nieużytków. Taka roślinność w przeciwieństwie do drzew i krzewów z dobrze rozwiniętym systemem korzeniowym, nie może

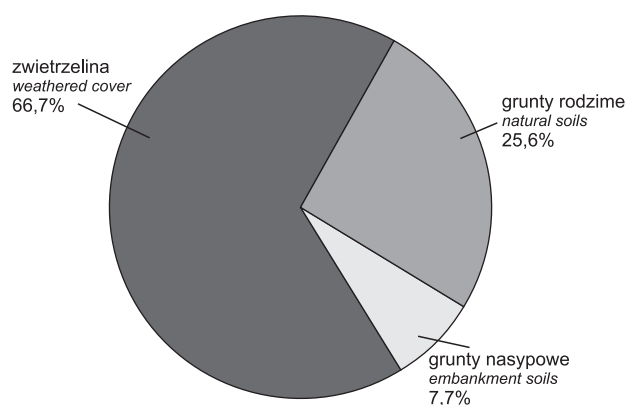


Fig. 7. Rodzaj utworów w obrębie płaszczyny poślizgu

Soil types within the slip plane

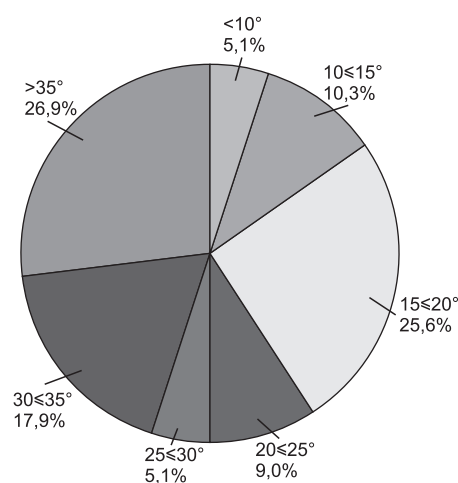


Fig. 8. Kąt nachylenia stoku

Angle of inclination

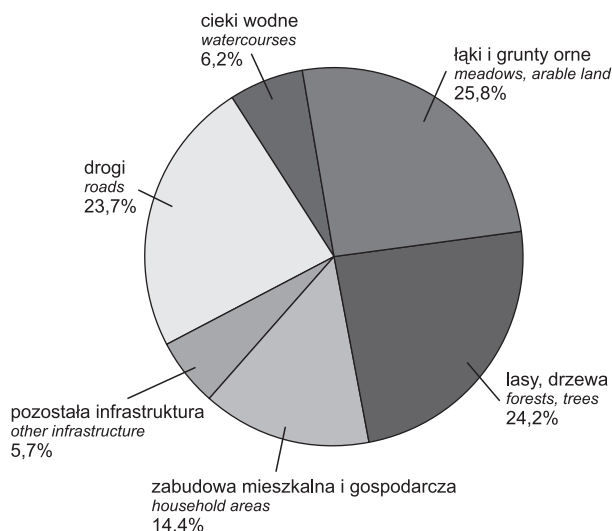


Fig. 9. Sposób użytkowania terenów, na których powstały osuwiska

Landslide distribution by land use

stanowią odpowiedniego, naturalnego zabezpieczenia przed utratą stateczności terenów o potencjalnym zagrożeniu osuwiskowym. Około 25% omawianych osuwisk znajduje się na terenach związanych z infrastrukturą drogową – skarpy wkopów i nasypów drogowych. W tym przypadku przyczynę powstania ruchów masowych, przynajmniej w większości, należy przypisać błędom projektowym. W pozostałych, 15% terenów osuwiskowych, występuje zabudowa mieszkalna i gospodarcza.

Zniszczenia i zagrożenia wywołane przez osuwiska. Najwięcej (35,1%) szkód spowodowanych przez osuwiska wystąpiło w infrastrukturze drogowej (fig. 10). Zniszczenia tego typu (spęknięcia asfaltu, nabrzmienia) stwarzają poważ-

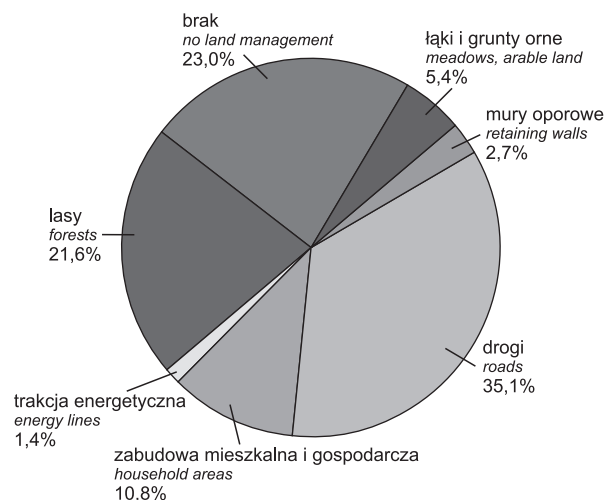


Fig. 10. Obszary zniszczeń

Areas of damage

ne zagrożenia dla ruchu oraz straty materialne, wynikające z konieczności częstych remontów nawierzchni. Osuwiska w Krakowie-Swoszowicach (fig. 5), Ochojnie (fig. 11) i w Świątnikach Górnych (fig. 12) powstałe w wyniku intensywnych opadów deszczu spowodowały oberwanie całego odcinka drogi i kilkumiesięczne utrudnienia w ruchu. Konieczna była odbudowa nasypu drogowego i położenie nowej nawierzchni. W Sierczy obok zbiorników wyrównawczych Raba II, głębokie osuwisko kilkakrotnie, regularnie niszczyło drogę powiatową. W latach 2007–2008 wykonano tam kotwiony mur oporowy i ponownie położono wszystkie warstwy drogowe i nową nawierzchnię. Wysokie koszty prac zabezpieczających przyniosły jednak pożądany efekt – obszar ten jest praktycznie jedynym obszarem byłego osuwiska, na którym po majowej powodzi nie wystąpiły dal-



Fig. 11. Zniszczona droga w Ochojnie.

Fot. R. Kaczmarczyk

Destroyed road in Ochojnie.
Photo by R. Kaczmarczyk

Fig. 12. Zniszczona droga w Świątnikach Górnych. Fot. R. Kaczmarczyk

Destroyed road in Świątniki Górne.
Photo by R. Kaczmarczyk



Fig. 13. Osuwisko w Międzybrodzu Żywieckim. Fot. R. Kaczmarczyk

The landslide in Międzybrodzie Żywieckie.
Photo by R. Kaczmarczyk

sze szkody w części zabezpieczonej (poniżej zabezpieczeń widoczne były wyraźne ślady aktywności).

W 25% badanych przypadków aktywne ruchy masowe zagrażają zabudowaniom mieszkalnym i gospodarczym. Największe szkody miały miejsce w Lachowicach, Golkowicach, Grabówkach, Sierczy, Międzybrodzu Żywieckim (fig. 13) i w Gdowie (fig. 14). Wiele domów i budynków gospodarczych zostało zniszczonych całkowicie, wiele zostało naruszonych i wymaga odbudowy bądź remontu. Na licznych obszarach uszkodzona została także trakcja energetyczna. We Wrząsowicach pochylone słupy zagrażają zerwaniu linii przesyłowych, a osuwisko w Podstolicach zagraża funkcjonowaniu wyciągu narciarskiego.

Wykonane prace zabezpieczające. Wiele z wyżej wymienionych zniszczeń i uszkodzeń można byłoby uniknąć, gdyby na terenach czasowo nieaktywnych osuwisk oraz na terenach potencjalnych zagrożeń osuwiskowych wykonano wcześniej odpowiednie prace zabezpieczające. Niestety



Fig. 14. Osuwisko w Gdowie. Fot. A. Sanocki

The landslide in Gdów. Photo by A. Sanocki

w większości przypadków nie tylko nie wykonano żadnych prac zabezpieczających, ale nawet nie podjęto działań profilaktycznych (fig. 15).

Spośród 74 analizowanych osuwisk prace zabezpieczające wykonano tylko na 34 osuwiskach, co stanowi 45,9%. Ponad połowa zabezpieczeń, wykonanych głównie na osuwiskach zlokalizowanych w rejonie dróg, polegała jedynie na wykonaniu drenażu, którego zadaniem jest ujęcie wód opadowych i odprowadzenie ich poza teren osuwiska. Pozostałe zabezpieczenia, które wymagały dużych nakładów finansowych oraz nowoczesnych technologii zasługują na szczególną uwagę. Wykonano je na siedmiu osuwiskach: w Sierczy – palowanie i drenaż, w Gorzkowie – przypory filtracyjne, we Wrząsowicach – mikropale i drenaż, w Gólkowicach – przypory filtracyjne, w Bystrej – mikropale zwieńczone rusztem żelbetonowym, w Soboniowicach – mur oporowy oraz w Wapiennej – ściana oporowa z koszy gabionowych, ułożona wzdłuż potoku na fundamencie z mikropali.

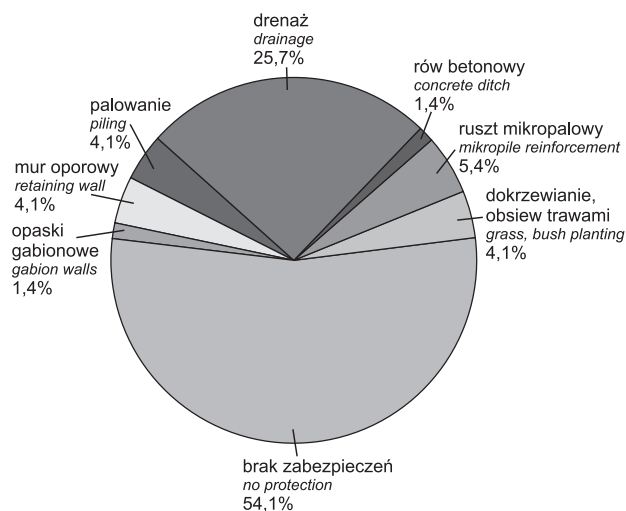


Fig. 15. Wykonane prace zabezpieczające

Preventing works

PODSUMOWANIE

Powierzchniowe ruchy masowe należą do najczęściej występujących destrukcyjnych procesów geologiczno-inżynierskich. Ich powstanie i często kilkakrotnie odnawiająca się aktywność niemal zawsze skutkuje szkodami, niejednokrotnie o znacznych rozmiarach, w zabudowie mieszkalnej i gospodarczej, infrastrukturze, uprawach rolnych lub gospodarce leśnej. Tereny objęte ruchami osuwiskowymi zostają pozbawione możliwości zabudowy, a tereny o potencjalnym zagrożeniu tymi ruchami wymagają albo wykonania odpowiednich zabezpieczeń, albo zastosowania specjalnych sposobów posadowienia.

Wzrost aktywności ruchów osuwiskowych w ostatnich latach i rozmiary spowodowanych nimi szkód przyczynił się do wzrostu zainteresowania problematyką powierzchniowych ruchów masowych ze strony geologów, głównie celem ustalenia przyczyn ich powstania i sposobów skutecznego im przeciwdziałania. Celom tym służy również niniejsza publikacja, która stanowi pierwsze podsumowanie wyników badań i obserwacji.

Dokonana charakterystyka 74 osuwisk z obszaru południowej Polski wskazuje na obecność szeregu naturalnych czynników sprzyjających procesom osuwiskowym. Ich rozwojowi sprzyja budowa geologiczna, w tym przypadku utwory fliszu z dużym udziałem warstw łupkowych, łupkowo-piaskowcowych i zwietrzelinowych, urozmaicona rzeźba terenu z dużymi wysokościami względnymi i nachyleniami stoków dolin, sprzyjające warunki geomorfologiczne, wysoka zdolność erozyjna rzek i potoków prowadząca do niekorzystnych zmian w geometrii zboczy oraz wysokie (niekiedy katastrofalne) okresowe opady deszczu. W wielu przypadkach decydującą rolę w powstawaniu osuwisk odgrywały jednak nie czynniki naturalne, lecz nierozważna działalność człowieka – podcinanie zboczy, szczególnie przy budowie dróg, dodatkowe obciążenie budowlą lub nasypem oraz brak odpowiedniej dbałości o właściwe odprowadzenie wód opadowych, które infiltrując w głąb istotnie pogarszały parametry wytrzymałościowe.

LITERATURA

- BAŻYŃSKI J., KUHN A., 1970 — Objaśnienia do mapy osuwisk w skali 1:500 000. CAG Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- BOBER L., 1984 — Rejony osuwiskowe w polskich Karpatach fliszowych i ich związek z budową geologiczną regionu. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **340**: 115–162.
- BOBER L., 1994 — Mapa dolin polskich Karpat fliszowych objętych degradacją wskutek ruchów masowych i eksploatacji kruszywa, 1:200 000. CAG Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DZIAŁANIA resortu środowiska w zakresie systemu osłony przeciwosuwiskowej w Polsce. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2010.
- INSTRUKCJA obserwacji i badań osuwisk drogowych. GDDP, Warszawa, 1999.
- MICHALIK A., 1970 — Objaśnienia do mapy osuwisk w Karpatach w skali 1:200 000. Arch. Oddz. Karp. Państw. Inst. Geol., Kraków.
- POPRAWA D., RĄCZKOWSKI W., 2003 — Osuwiska Karpat. *Prz. Geol.*, **51**, 8: 685–692.
- RĄCZKOWSKI W., 2001 — Osuwiska Polskich Karpat fliszowych. *W: Przew. 72 Zjazdu Pol. Tow. Geol. i MAEGS 12*, 10–15 września 2001, Kraków, 259–262.

SUMMARY

Surface mass movements are the most common, destructive engineering-geological processes. Their generation and often repeatedly reactivation almost always results in damages. The areas where the movements occur are excluded from building development. The areas potentially endangered by the movements require either implementation of appropriate protection, or application of special methods of construction.

This article presents a statistical analysis of test results and observations, which were carried out on 74 landslides in southern Poland, which generated or reactivated after a period of intensive rainfall in 2010. The collected material was analyzed on: existing geomorphological conditions, causes, types of works executed within the surface of rupture, landslide size, angle of inclination, land use, type of damage, risk and the type and effects of the protection works.

The results showed that most of analyzed landslides has an area exceeding one thousand m² and the angle of inclination over 20°. In 52% of cases the impact of anthropogenic factors was noticed. These were mainly: additional loading of slope by an embankment or other construction (30.8%), undercutting by road excavation (10.8%) and errors in design (10.8%). Natural causes of landslides are mainly con-

nected with intense, regular rainfalls. Infiltration of rainwater significantly deteriorates the strength of ground and cause development of such processes as soaking, swelling, suffosion and seepage pressure. The influence of this factor was observed in all tested landslide, and for 20% of the landslides, it was the sole cause.

The occurrence of natural landslides is also connected with the development of geological structure, such as: flysch layers consisting of shales and sandstones, terrain with large relative heights and inclinations, valleys with favorable geomorphological conditions, intensive erosion of rivers and streams. All of these factors lead to adverse changes in the geometry of the slopes. Also the lack of the proper drainage of rainwaters is a favourable factor. Disturbing is the fact that among the 74 analyzed landslides only at 34 landslides some safety works were undertaken. More than a half of protection solutions, comprised mainly the landslides located in the area of roads and included only the drainage system installation in order to remove the rainwater from the area of the landslide. Other protective activities that require large amounts of money and modern technology were used only at seven landslides.

