

Mgr inż. Bartłomiej Warmuz

Dynamika osuwisk usytuowanych w litologicznie zróżnicowanych skałach fliszu karpackiego w oparciu o monitoring instrumentalny

Streszczenie rozprawy doktorskiej:

W pracy zajęto się istotnym zagadnieniem jakim jest wpływ opadów atmosferycznych na dynamikę osuwisk. Obecnie największy zakres monitoringu instrumentalnego osuwisk prowadzi Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy w ramach projektu System Osłony Przeciwosuwiskowej (SOPO). Monitoring ten bazuje na trójczłonowym systemie pomiarów wgłębnych, powierzchniowych i rejestracji zwierciadła wód gruntowych w odniesieniu do opadów atmosferycznych jako czynnika aktywizującego osuwiska. Dane zgromadzone w ramach prac monitoringowych były podstawą opracowania tej dysertacji.

W niniejszej pracy spośród osuwisk monitorowanych w ramach projektu SOPO wybrano jednaście, które zdaniem autora reprezentują szerokie spektrum czynników determinujących rozwój osuwisk w Karpatach. Są to osuwiska skalne i skalno-zwierzelinowe różniące się rozmiarem, kątem nachylenia stoku, liczbą powierzchni poślizgu i rodzajem ruchu. Są to osuwiska, które zarówno wykazywały ciągłą aktywność w trakcie monitoringu oraz ulegały reaktywacji tylko po obfitych opadach deszczu. Osuwiska te zlokalizowane są w różnych częściach Karpat i rozwinęły się w różnych warunkach litologiczno-strukturalnych fliszu karpackiego. Osuwiska znajdują się na obszarze jednostek tektonicznych: skolskiej, podśląskiej, śląskiej i magurskiej. Osuwisko w miejscowości Mała rozwinęło się częściowo na mioceńskich osadach transgresywnych zalegających na Karpatach.

Celem pracy było określenie wpływu opadów atmosferycznych na dynamikę osuwisk, która uzależniona jest głównie od warunków geologicznych, w jakich te osuwiska się rozwinęły. Podjęto próbę skorelowania danych opadowych ze zmianami zwierciadła wód gruntowych i przyrostami przemieszczeń na analizowanych osuwiskach.

Dla zrealizowania postawionego celu autor przeprowadził analizy wpływu opadów atmosferycznych na zmiany poziomu wód gruntowych i na dynamikę osuwisk. Zestawiono dane opadowe z deszczomierzy zainstalowanych na obszarze lub w sąsiedztwie badanych osuwisk, dane o zmianach poziomu wód gruntowych, przemieszczenia w otworach inklinometrycznych, przemieszczenia punktów geodezyjnych zainstalowanych na obszarze

osuwisk oraz dane o budowie geologicznej osuwisk pozyskane z prac kartograficznych, robót wiertniczych i materiałów archiwalnych.

W pierwszym etapie pracy opisano osuwiska oraz ich podłoże geologiczne i warunki hydrogeologiczne. Przeanalizowano wyniki monitoringu powierzchniowego i wglębnego.

Drugim elementem analizy była próba skorelowania danych opadowych ze zmianami z.w.g. i przyrostami przemieszczeń w kolumnach inklinometrycznych. Określenie momentu inicjacji tych przemieszczeń sprowadza się do określenia czasu, w którym wystąpiły najbardziej niekorzystne warunki meteorologiczne przekładające się na wyraźną zmianę sytuacji hydrogeologicznej. Przyjmując to założenie, dla każdego z osuwisk szczegółowo przeanalizowano wytypowane okresy czasu, w których porównano wpływ opadów atmosferycznych na z.w.g. Dla wytypowanych interwałów pomiarowych podjęto próbę wskazania czasu i sytuacji opadowej powodującej zmianę dynamiki tych osuwisk.

Z analizy opadów wynika, że wysokie ich wartości występują głównie w okresie wiosenno-letnim. Zaznacza się duże zróżnicowanie pomiędzy minimalnymi i maksymalnymi wartościami opadów w poszczególnych miesiącach. Najwyższą miesięczną sumę opadów zanotowano w maju 2010 roku na deszczomierzu IMGW (Kalwaria Zebrzydowska) w niedalekiej odległości od osuwiska w Lanckoronie. Było to 432 mm, natomiast średnia dla tego miesiąca wyniosła 321 mm. Ta wyjątkowa sytuacja meteorologiczna z 2010 roku wydłużyła się jeszcze na pierwszą połowę czerwca, a jej efektem była bardzo duża liczba przypadków reaktywacji starych i utworzenia nowych osuwisk, głównie w południowej części Polski. W późniejszym okresie prowadzonej analizy sytuacja taka nie powtórzyła się. Na uwagę zasługują też wysokie średnie wartości miesięcznych sum opadów w czerwcu (173 mm) i lipcu (197 mm) 2013 roku, a także w maju (197 mm) i lipcu (179 mm) 2014 roku oraz maju 2019 roku (195 mm). Każdy z tych okresów wiązał się z ogólnym wzrostem aktywności osuwisk.

Zestawienie w jedną skalę krzywych skumulowanych przemieszczeń pokazuje, że analizowane osuwiska zachowywały się w dwojaki sposób. Pierwsza grupa odznaczała się niedużymi przemieszczeniami rejestrowanymi w kolumnach inklinometrycznych w zakresie do 40 mm (w okresie pomiędzy 10 i 12 lat). Są to osuwiska w Milówce, Lanckoronie, Żegocinie, Rożnowie Zagórz, Łowczówku (zachodnia część osuwiska) i Ruszelczycach (środkowa część), gdzie wiosną 2010 roku odnotowano znaczne przemieszczenia.

Drugą grupę cechuje niemal ciągły charakter przemieszczeń ze zmianami dynamiki zależnymi od ilości opadów. W tej grupie największą dynamiką wykazywała się kolumna pomiarowa II w Kasince Małej, gdzie rejestrowano w przybliżeniu stałą dynamikę

przemieszczeń równą 4,5 mm/miesiąc. Na pozostałych osuwiskach w Witanowicach, Grybowie, Skołyszynie, Małej, Ruszelczycach, Łowczówku (wschodnia część) i Ruszelczycach (zachodnia część) średnia prędkość przemieszczeń wynosiła od 0,3 do 3 mm/miesiąc.

Wartości przemieszczeń, po których następowało ścięcie kolumny pomiarowej zmieniały się w zakresie od 38 mm dla kolumny I2 w Witanowicach do 232 mm dla kolumny I2 w Ruszelczycach. Taka rozbieżność wartości wynika głównie z miąższości strefy ścinania i plastyczności utworów skalnych w strefie ścinania.

Istotnym zagadnieniem omówionym w pracy jest ogólne odniesienie dynamiki osuwisk, do podłoża skalnego, na którym się uformowały i składu koluwiów będącej pochodną tych utworów. Szczególnie istotna wydaje się wodoprzepuszczalność utworów skalnych, ponieważ zmiany warunków hydrogeologicznych wpływają na zmianę wartości parametrów mechanicznych i naprężeń w skałach oraz obciążenie wodą stoku osuwiskowego.

Reaktywacja osuwiska w Milówce w 2010 roku nastąpiła po trzydniowych opadach o sumie 251 mm. W roku 1960 osuwisko w Lanckoronie reaktywowało również trzydniowy deszcz o sumie 88 mm, będący kulminacją miesięcznych opadów o wartości 280 mm. Znacznie bardziej niekorzystne warunki uruchomiły to osuwisko w 2010 roku, gdy czterodniowa kulminacja opadów wynosząca 220 mm zakończyła wyjątkowo deszczowy miesiąc maj. Reaktywację osuwiska w Rożnowie-Zagórzu w maju 2010 roku spowodowały opady o miesięcznej sumie równej 300 mm i trzydniowej kulminacji wynoszącej 137 mm. Dla każdego z tych osuwisk reaktywacja następowała w sytuacji meteorologicznej obejmującej zarówno długi - kilkunastodniowy okres prawie ciągłych opadów, jak i kulminację z deszczem nawalnym, który zdaniem autora miał dominującą rolę w aktywizacji osuwisk zbudowanych z utworów fliszowych o przewadze piaskowców. Późniejsze nieduże przemieszczenia zarejestrowane w trakcie monitoringu wiązały się z intensywnymi kilkudniowymi opadami o natężeniu kilkadziesiąt mm/dobę. Podobnie do osuwisk opisanych powyżej zachowywało się osuwisko w Żegocinie, jednak ze względu na nieduże rozmiary incydentalny wzrost aktywności występował częściej.

Osuwiska w Witanowicach, Grybowie, Sławęcinie i Małej, gdzie przeważają utwory piaskowcowo-lupkowe lub ilaste wykazywały ciągłą aktywność, z różnymi wartościami przemieszczeń w poszczególnych interwałach pomiarowych. Wzrost dynamiki występował zwykle w okresach długotrwałych, obfitych opadów deszczu, kiedy miesięczne sumy opadów zbliżały się do 100 mm, jednak określenie progów opadowych i przybliżonego momentu przyspieszenia jest trudne.

Osuwiska w Kasince Małej, Łowczówku i Ruszelczycach to rozległe formy złożone ze stref o różnej aktywności. W obrębie tych osuwisk obserwowano w kolumnach inklinometrycznych zarówno permanentne przemieszczenia w całym analizowanym okresie, jak również niewielką incydentalną aktywność. Wzrost dynamiki mało aktywnych stref tych osuwisk wiązał się z intensywnymi opadami, które trwały kilkanaście dni lub pojawiały się kilkakrotnie w niedużych odstępach czasu. W przypadku stref stale aktywnych, dwu lub trzydniowe opady o sumie przekraczającej 60 mm przekładały się na większe wartości przemieszczeń w interwale pomiarowym.

Przeprowadzone analizy pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Osuwiska na obszarach zbudowanych w przewadze ze skał ilastych, gdzie infiltracja wód atmosferycznych jest utrudniona, miały długi czas reakcji na opady. Osuwiska te wykazywały w przybliżeniu stałą aktywność trudną do skorelowania z fluktuacyjnymi opadami atmosferycznymi. Wzrost dynamiki występował zwykle w okresach długotrwałych, obfitych opadów. Szybka reakcja na opady wiązać mogła się jedynie z znacznym obciążeniem wodą osuwisk będących blisko granicy stateczności.
2. Osuwiska, gdzie w podłożu geologicznym piaskowce, mułowce lub zlepieńce mają podobny lub przeważający udział w stosunku do utworów ilastych reaktywacja miała charakter „impulsowy”. Przemieszczenia na tych osuwiskach rejestrowane były głównie po wyjątkowo obfitych opadach atmosferycznych lub deszczach nawalnych. Uaktywnianie wiązało się głównie z szybką zmianą stosunków wodnych w obrębie koluwiów. Na tych osuwiskach tzw. „czas reakcji” na opad był krótki i wynosi kilkadziesiąt godzin. Lepsze własności filtracyjne powodowały też, że po ustaniu opadów osuwiska szybciej osiągały stan równowagi.
3. Metody geodezyjne powinny się stosować jako podstawowe, ze względu na niskie nakłady finansowe, łatwość i szybkość interpretacji wyników oraz możliwość realizacji w niemal każdym terenie. Punktowa informacja o powierzchniowych przemieszczeniach opiera się na powtarzalnych pomiarach zwykle kilkunastu punktów.
4. Pomiary inklinometryczne cechuje wysoka precyzja rejestracji przemieszczeń. Dostarczają informacji o głębokości powierzchni poślizgu i kierunku przemieszczenia. Wiążą się jednak z dużym nakładem pracy i środków finansowych. Pomiary inklinometryczne są uzasadnione na obszarach, gdzie dokładna znajomość dynamiki i głębokości powierzchni poślizgu konieczna jest dla kontroli bezpieczeństwa infrastruktury lub potrzeb projektowania geotechnicznej stabilizacji zboczy.

5. Trwałość kolumny inklinometrycznej uzależniona jest od dynamiki przemieszczeń. Wartości przemieszczeń, po których następuje ścięcie kolumny zależy od miąższości strefy ścinania i plastyczności utworów skalnych w strefie ścinania.
6. Wieloletnie obserwacje wykazały, że rejestracja z.w.g. jest uzasadniona głównie dla osuwisk znajdujących się w utworach przepuszczalnych lub o wysokim stopniu szczelinowości. Widoczny jest wówczas wpływ opadów atmosferycznych na poziom z.w.g., co może mieć zastosowanie w wyznaczaniu progów opadowych oraz tworzeniu procedury wczesnego ostrzegania. Na osuwiskach powstałych w utworach ilastych ze względu na charakter dynamiki i słabą korelację z opadami istotniejszy wydaje się monitoring deformacji.