

mgr Edyta Rycio

Ocena wpływu czynników biernych na występowanie osuwisk w zachodniej części Gór Słonnych (rejon Sanoka) z wykorzystaniem modelu Frequency Ratio (FR)

Streszczenie rozprawy:

Przedmiotem badań są osuwiska powstałe w wyniku grawitacyjnych ruchów masowych i będą rozumiane jako ograniczone formy geomorfologiczno-geologiczne, niezależnie od tego czy proces osuwania nadal trwa, czy jego aktywność ustała w przeszłości. W klasycznej postaci formy te będą posiadały strefę oderwania materiału, strefę transportu i strefę akumulacji.

Obszar badawczy znajduje się w zachodniej części Gór Słonnych w okolicy Sanoka w województwie podkarpackim, gdzie znajduje się przełom rzeki San przez Słonne Góry. Pod względem geologicznym teren badań położony jest we wschodniej części Karpat, gdzie wyróżnić można trzy główne elementy strukturalne: płaszczowinę śląską nasuniętą na płaszczowinę skolską i lokalnie pojawiającą się między nimi płaszczowinę podśląską. W centralnej części terenu badań znajduje się fragment fałdu Grabownicy – Załuża, który jest określany jako tzw. spiętrzenie brzeżne płaszczowiny śląskiej w strefie jej nasunięcia na płaszczowinę skolską.

Celem pracy było określenie genezy dużej koncentracji i znaczącego zróżnicowania gęstości osuwisk, którą podczas badań terenowych zaobserwowano w rejonie Sanoka, oraz wskazanie czynników biernych, które na ten proces wpłynęły najsilniej.

Dodatkowym wątkiem pracy było określenie wieku ruchów masowych w rejonie Sanoka na podstawie datowania torfów pozyskanych z obszaru dużego osuwiska na Górze Kopacz oraz za pomocą metody historyczno-archeologicznej w przypadku osuwisk na górach Horodna i Horodyszczce, gdzie znajdują się pozostałości po średniowiecznych grodziskach.

Do osiągnięcia celu pracy wykorzystana została metoda statystyczna Frequency Ratio Model (FR), tzw. model współczynnika częstotliwości. W swej klasycznej postaci metoda wskazuje relacje przestrzenne między częstotliwością występowania osuwisk, a występowaniem poszczególnych klas wartości analizowanych czynników biernych. W przedstawionej pracy, aby lepiej wnioskować o parametrach czynników biernych, które wpływają na rozwój ruchów masowych, wokół górnych części osuwisk wyznaczono 40 m strefy buforowe. Mając na względzie, że osuwisko to forma rzeźby terenu, która w swoich granicach powoduje zmiany pierwotnego ukształtowania i właściwości stoku, w granicach stref buforowych znajdują się fragmenty stoku o parametrach niezaburzonych przez osuwiska. Obszary te reprezentują rzeczywiste (pierwotne) warunki rozwoju osuwisk. Zatem do obliczeń z zastosowaniem metody Frequency Ratio wykorzystano zarówno poligony osuwisk, jak i strefy buforowe. W Polsce podejście takie nie było dotąd stosowane.

Analizowane czynniki bierne przedstawione zostały w środowisku GIS za pomocą 10 warstw (map) monotematycznych. Są to: litostratygrafia wydzieleni, dominujący typ fliszu, nachylenie stoków, ekspozycja stoków, odległość od elementów tektonicznych

takich jak uskoki, strefy nasunięcia, osie synklin i antyklin. Podjęto również pierwszą próbę przedstawienia układu geologicznego stoków w postaci warstwy wektorowej, spodziewając się, że uzyska ona najwyższe współczynniki osuwiskowości.

W wyniku prowadzonych obliczeń i przetwarzania danych przestrzennych w środowisku GIS obliczono dla wyznaczonych klas czynników biernych tzw. współczynniki częstotliwości osuwiskowej FR. Otrzymano je wykorzystując do obliczeń osuwiska (FRo) i strefy buforowe (FRb). Każda klasa otrzymała 2 współczynniki: FRo i FRb. Zgodnie z metodyką $FR=1$ jest wartością średnią. Wartości większe od 1 będą świadczyły o większej korelacji klasy czynnika i rozwoju osuwisk, a mniejsze od 1 mówią o jego mniejszym wpływie na rozwój ruchów masowych. Wartości współczynników FRo i FRb dla tych samych klas różniły się, czasami w sposób znaczny. Wszystkie ich wartości przedstawiono w układzie tabelarycznym, dla łatwiejszego porównania wagi/wielkości wpływu na rozwój ruchów masowych. Równocześnie sporządzony został ranking klas o najwyższych współczynnikach osuwiskowości.

Obliczenia wykazały, że wpływ poszczególnych czynników biernych na rozwój ruchów masowych różni się nieznacznie, zależnie od tego, czy był on obliczony przy pomocy osuwisk czy stref buforowych. Porównanie otrzymanych różnic pozwoliło wyeliminować kilka błędów w trakcie prowadzonej analizy, np. dotyczących predysponowanego nachylenia skoku sprzyjającego ruchom masowym. W przypadku osuwisk największe znaczenie w rozwoju ruchów masowych ma: litologia i odległość od uskoków oraz nachylenie stoków. A w przypadku stref buforowych: litologia, nachylenie stoków i odległość od uskoków. W dalszej kolejności odległość od stref nasunięć i osi antyklin. Zaskakująco niskim wynikiem, w obu przypadkach obliczeniowych, wykazała się warstwa przedstawiająca układ geologiczny stoków. Pomimo to, stoki o układzie konsekwentnym otrzymały wysokie wartości współczynników FRo i FRb.

W celu sprawdzenia, czy metoda wykorzystująca do obliczeń strefy buforowe wykazuje potencjał predykcyjny dla ruchów masowych, obliczono tzw. indeksowe mapy podatności osuwiskowej poprzez sumowanie współczynników FRo i FRb. W trakcie weryfikacji przeprowadzonej przy pomocy grupy osuwisk testowych (które nie brały udziału we wcześniejszych kalkulacjach) otrzymano krzywe predykcji o wysokich, zbliżonych do siebie wartościach współczynników AUC. $AUCo=79,3\%$ i $AUCb=79,9\%$. Oznaczają one wystarczająco dobre dopasowanie modeli obliczeniowych i wartości predykcyjne obu metod obliczeniowych.

Na końcowym etapie pracy sporządzono mapę podatności osuwiskowej dla zachodniej części Gór Słonnych, na której podatność przedstawiona została w 5-stopniowej skali opisowej (od bardzo wysokiej do bardzo niskiej). W strefach o bardzo wysokiej i wysokiej podatności osuwiskowej znalazło się 84,5 % wszystkich wyznaczonych osuwisk. Otrzymaną mapę porównano z wcześniejszymi mapami podatności osuwiskowej Karpat (Długosz, 2011) i Polski (Wojciechowski, 2019).

Na podstawie przeprowadzonych badań wynika, że:

1. W rejonie Sanoka największy wpływ na rozwój ruchów masowych ma litologia, nachylenie zboczy oraz odległość od stref uskokowych i nasunięć.

2. W badanym terenie najbardziej podatne na osuwanie są zbocza zbudowane z warstw godulskich i łupków radiolariowych, margli węglowieckich, łupków pstrych i łupków ilastych warstw menilitowych, czyli z fliszu łupkowego. Zwłaszcza jeśli utwory te budują skrzydła fałdów w odległości 100 – 250 m od ich osi (zwłaszcza od osi antyklin). Rozwojowi osuwisk sprzyja także konsekwentny układ geologiczny stoków o ekspozycji: N, NE, NW i nachyleniu w przedziale wartości $17-23^{\circ}$.
3. Ważnym parametrem wpływającym na rozwój osuwisk w zachodniej części Gór Słonnych, jest kąt zapadania warstw podłoża.
4. Zastosowanie w obliczeniach stref buforowych dało bardzo dobre rezultaty. Wartość predykcyjna map podatności osuwiskowej otrzymanych przy ich pomocy ma bardzo zbliżone wartości jak tożsama mapa otrzymana standardowo przy pomocy osuwisk. Dodatkowo, zastosowanie stref buforowych pozwoliło skuteczniej wnioskować o realnym wpływie niektórych klas czynników biernych na rozwój ruchów masowych i uniknąć błędów interpretacyjnych. Przykładem jest wskazanie predysponowanego nachylenia stoków w zakresie $17-23^{\circ}$, a nie $35-52^{\circ}$.
5. Na podstawie badań palinologicznych, datowania metodą ^{14}C i metodami archeologiczno-historycznymi określono, że osuwiska w zachodniej części Gór Słonnych przechodziły minimum 3-4 fazy aktywności. Początek rozwoju datuje się na granicę plejstocenu i holocenu, a następnie aktywowały się prawdopodobnie na granicy: boreału i atlantyku, subboreału i subatlantyku oraz w czasie tzw. Małej Epoki Lodowcowej.