

Dr hab. Elżbieta Rojan, prof. UW  
Zakład Geomorfologii  
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW  
Ul. Krakowskie Przedmieście 30  
00-927 Warszawa

Warszawa, 6.09.2024 r.

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Joanny Kajdas  
pt. „Współczesna morfodynamika skalnych stoków Tatr Wysokich”

Rozprawę doktorską stanowią:

1. opis publikacji stanowiących zasadniczą część dzieła. Opis ten składa się ze streszczenia (w jęz. polskim i angielskim), wprowadzenia, charakterystyki obszaru, danych i metod badań, przedstawienia wyników i ich interpretacji, wniosków (łącznie 31 str. z 13 rycinami i 3 tabelami) oraz bibliografii (8 str.).

2. trzy współautorskie artykuły naukowe powiązane tematycznie, które ukazały się w czasopiśmie indeksowanych w bazach międzynarodowych. W dwóch z nich Doktorantka jest pierwszym autorem:

i - Gądek B., Kajdas J., Krawiec K., 2023. Contemporary degradation of steep rock slopes in the periglacial zone of the Tatra Mts., Poland. *Geographia Polonica*, 96 (1), 53-68.

Udział Doktorantki – 45%

ii - Kajdas J., Gądek B., Rączkowska Z., Cebulski J., 2024. Triggers of present-day rockfalls in the zone of sporadic permafrost in non-glaciated mountain region: the case study of Turnia Kurczaba (the Tatra Mts., Poland). *Geology, Geophysics and Environment*, 50 (1), 23-38.

Udział Doktorantki – 35%

iii - Kajdas, J., Gądek B., 2024. Potential rockfalls in the periglacial zone of the Polish High Tatras: Extent and kinematics. *Geographia Polonica*, 97 (2), 189-204.

Udział Doktorantki – 70%.

### **Ocena oryginalności, doboru tematu i zakresu pracy**

Stoki skalne stanowią dużą część obszarów wysokogórskich, w polskich Tatrach Wysokich 28%. Ulegają one przekształcaniu m.in. w wyniku procesów wietrzenia (głównie fizycznego) przygotowującego materiał do odpadania i obrywania. Powstawanie i skutki

działania tych procesów są uzależnione zwykle od wielu czynników środowiskowych. Częstotliwość tych procesów wzrasta w warunkach zmieniającego się klimatu. Rozpoznanie morfodynamiki stoków polskiej części Tatr Wysokich stało się głównym celem realizacji przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej mgr Joanny Kajdas. W ramach celów szczegółowych Doktorantka podjęła się m.in. wskazania uwarunkowań i oceny predyspozycji stoków do powstawania obrywów skalnych oraz określenia maksymalnego potencjalnego rozprzestrzenienia materiału skalnego, co w obszarze badań jest istotne ze względu na znaczną długość szlaków o bardzo dużym natężeniu ruchu turystycznego oraz liczbę dróg wspinaczkowych.

Rozprawa doktorska zawiera oryginalne wyniki badań. Po raz pierwszy dla skalnych stoków polskich Tatr Wysokich uzyskano precyzyjne dane ilościowe dotyczące ich degradacji. Dotychczasowe wyniki pozyskiwano z pomiarów materiału zdeponowanego i datowań materiału usypiskowego. Ponadto po raz pierwszy wykonano bardzo szczegółową dokumentację oraz analizę przyczyn, przebiegu i skutków powstania bardzo dużego obrywu skalnego w Tatrach.

Podjęte przez Doktorantkę działania wpisują się w nurt badań w zakresie ewolucji ścian masywów górskich świata, które są prowadzone m.in. w krajach alpejskich, takich jak Francja i Szwajcaria.

### *Uwagi*

Za główny cel rozprawy doktorskiej Doktorantka podała „kompleksowe rozpoznanie współczesnej intensywności degradacji skalnych stoków”. Wskazane byłoby wyjaśnienie jak jest rozumiana „intensywność” degradacji ze względu na rangę terminu (przewija się w całym opracowaniu), a liczba jego definicji jest duża.

### **Ocena doboru i wykorzystania materiałów źródłowych i metod badawczych**

Doktorantka prowadziła badania w górnych partiach doliny Rybiego Potoku monitorując stoki skalne Wielkiego Szczytu Mięguszowieckiego i Cubryny. Pomiary terenowe wykonała na 4 poligonach testowych w kotłach polodowcowych Morskiego Oka i Czarnego Stawu pod Rysami. Podczas okresu badawczego doszło tam do powstania m.in. największego w ostatnich dekadach obrywu skalnego w Tatrach. Oberwaniu uległa Turnia Kurczaba znajdująca się w obrębie E ściany Wielkiego Mięguszowieckiego Szczytu (22.10.2021 r.). Wyniki



badania związane z tym zdarzeniem są niezwykle cenne ze względu na to, iż pomiary zostały przeprowadzone zaledwie 6 dni po jego powstaniu, a poprzednie miały miejsce 24 dni przed nim.

Na potrzeby realizacji pracy Doktorantka wykorzystwała różnorodne metody badawcze.

Na szczególne wyróżnienie zasługują:

1. Zastosowanie naziemnego skaningu laserowego (TLS) w celu precyzyjnego określenia mikrotopografii stoków skalnych i usypiskowych u ich podnóży. Wyniki powtarzalnych pomiarów pozwoliły na przygotowanie modeli o wysokiej rozdzielczości (0,1 m x 0,1 m), które posłużyły do uzyskania modeli różnicowych. Metoda ta pozwala na śledzenie, zwłaszcza w terenie trudno dostępnym jakim są góry, zmian ich powierzchni zachodzących wskutek procesów zarówno sekularnych, jak i wysokoenergetycznych.
2. Wykonanie numerycznej symulacji obrywów skalnych z wykorzystaniem programu RAMMS (Rapid Mass Movement Simulation)::Rockfall, dzięki czemu uzyskano prędkość i energię kinetyczną uwolnionych okruchów skalnych oraz trajektorię i wysokość odbicia okruchów skalnych.
3. Monitoring temperatury powietrza (pomiar co godzinę) w Wielkim Kotle Mięguszowieckim. Pozyskane dane zostały wykorzystane m.in. do oceny meteorologicznych uwarunkowań obrywu Turni Kurczaba, który miał miejsce ok. 300 m od punktu pomiarowego.
4. Pomiary gęstości powierzchniowej szczelin ścian i stoków skalnych na podstawie wysokorozdzielczych fotografii naziemnych.

## **Artykuły naukowe – najważniejsze cele i wyniki**

### Artykuł nr 1

Głównym celem artykułu było określenie rozmieszczenia i wielkości współczesnych obrywów w obszarze badań (str. 2) oraz analiza ich litologicznych i topograficznych uwarunkowań.

Zebrane materiały pozwoliły na stwierdzenie, że przestrzenne zróżnicowanie liczby i wielkości uwolnień okruchów z granitoidowych stoków jest bardziej związane z gęstością spękań niż z parametrami morfometrycznymi stoków takimi jak: wysokość nad poziomem morza, nachylenie i ekspozycja. Ubytki skalne były skoncentrowane wzdłuż najdłuższych i

najbardziej wyraźnych pęknięć. Zatem dane dotyczące spękań stoków skalnych należy również uwzględniać w badaniach systemów stokowych, z piargami włącznie.

Autorka obliczyła kubaturę ubytków skalnych ( $8-356 \text{ m}^3/3 \text{ lat/poligon testowy}$ ), głębokość (max  $0,4 \text{ m}$ ) oraz tempo cofania się ścian, które wynosi średnio  $2,5 \text{ mm}\cdot\text{rok}^{-1}$ , od  $0,13$  do  $4 \text{ mm}\cdot\text{rok}^{-1}$ .

### *Uwagi*

Jednym ze stwierdzeń Doktorantki jest: „Wyraźna jest zależność pomiędzy tempem cofania się badanych stoków a udziałem w ich całkowitej powierzchni ścian skalnych o nachyleniu  $>80\%$ ” (str. 29). Zdanie nie jest jasne. Wymaga rozwinięcia, zwłaszcza, że zapewne częściowo dotyczy danych zbliżonych do uzyskanych dla stoków o nachyleniu  $<45^\circ$ .

Na mapie spadków przyjęto 4 klasy nachyleń o wartościach granicznych:  $45^\circ$ ,  $65^\circ$  i  $80^\circ$  - str. 27. Co uzasadnia akurat taki podział?

### Artykuł nr 2

Głównym celem opracowania było dokładne rozpoznanie przyczyn powstania obrywu Turni Kurczaba (str. 2). Wyniki pomiarów posłużyły do określenia cech metrycznych miejsca oberwania i depozycji materiału skalnego, a także rodzaju, trajektorii i prędkości jego ruchu. Ponadto przeprowadzono analizę wielu komponentów środowiska przyrodniczego: budowy geologicznej, rzeźby terenu i warunków meteorologicznych mających wpływ na przedstawione zdarzenie.

Obryw powstał w strefie mocno spękanych mylonitów i kataklazytów (gęstość spękań  $0,42 \text{ m}$ ). Oderwany materiał przemieścił się przez rynnę skalną na stożek usypiskowy górny, a następnie przez żleb na stożek usypiskowy dolny (Szeroki Piarg). Zdarzenie poprzedził okres z wahaniami temperatury z przejściem przez  $0^\circ\text{C}$  oraz z opadami deszczu i śniegu, przy czym obryw nastąpił, gdy temperatura była ujemna. Rozpad Turni Kurczaba trwał ok.  $10 \text{ min}$ . Bloki skalne spadały z prędkością max.  $30 \text{ ms}^{-1}$ .

Na podstawie pomiarów skaningowych wiadomo, że w miejscu powstania obrywu powstała nisza skalna o szerokości maksymalnej  $40 \text{ m}$ , wysokości  $80 \text{ m}$  i głębokości  $1-10 \text{ m}$  (śr.  $3,1 \text{ m}$ ), a ubytek masy skalnej wyniósł  $7200 \text{ m}^3$ . Zdeponowany materiał na stożku górnym pokrył  $62\%$  jego powierzchni, średnia miąższość depozytu to  $1-2 \text{ m}$ , a maksymalna  $5 \text{ m}$ . Na Szerokim Piargu zostało zdeponowane  $260 \text{ m}^3$  rumoszu o maksymalnej średnicy  $2,6 \text{ m}$ .



Uzyskane wyniki pomiarów są unikatowe przede wszystkim ze względu na to, iż zostały pozyskane niemal bezpośrednio po tym zdarzeniu. Stanowią więc doskonałe źródło do dalszych badań w analizowanym terenie oraz do porównań z innymi obszarami górskimi.

### *Uwagi*

W części dotyczącej geologicznych uwarunkowań powstania obrywu Autorka stwierdza, że „w dniu obserwacji terenowych strefa ta (rec.: w domyśle uskokowa, w obrębie której doszło do powstania obrywu) nie była stabilna. Znaczne jej fragmenty były oddzielone od reszty stoku pionowymi i mocno rozwartymi szczelinami”. Są to istotne informacje ze względu na miejsce powstania potencjalnych obrywów i odpadnięć, ale bardzo ogólne. W kontekście podkreślanej przez Autorkę istotnej roli szczelin w takich procesach i na szczególnym obszarze jakim jest badana część Doliny Rybiego Potoku wskazane byłoby uzupełnienie danych i rozwinięcie tego zagadnienia.

Nie jest jasne czy poniższe stwierdzenie jest na podstawie badań własnych, czy brakuje powołania na literaturę: „W podobnych warunkach meteorologicznych powstały wszystkie większe obrywy odnotowane w Tatrach Wysokich w okresie ostatnich 10 lat.”

Wyniki pomiarów temperatury gruntu mogłyby wzbogacić materiał do analiz nad uwarunkowaniami meteorologicznymi, zwłaszcza, że jest to obszar występowania wieloletniej zmarzliny sporadycznej.

### Artykuł nr 3

W artykule skupiono się na wyznaczeniu stoków predysponowanych do powstawania obrywów skalnych oraz oszacowaniu trajektorii i energii kinetycznej materiału potencjalnie uwolnionego. Bazowano na danych dotyczących dwóch obrywów: z Niebieskiej Turni (do Dolinki pod Kołem) i Turni Kurczaba (str. 2) powstałych w strefie peryglacialnej Tatr. Wyniki pomiarów i analiz wstecznych pozwoliły na uzyskanie parametrów zdarzeń, które dla obu miejsc okazały się zbliżone: prędkość przemieszczenia materiału - ok. 20 m/s, max. wysokość odbicia - 5,5 m, energia kinetyczna - 2,5 MJ. Autorka stwierdziła, że obrywami jest zagrożone 6% powierzchni badanego obszaru i w ich zasięgu jest ok. 10 km szlaków turystycznych.

## *Uwagi*

Uzyskane wyniki odniesiono m.in. do starszych form rzeźby terenu. Stwierdzono, że „Wyniki numerycznych symulacji potencjalnych obrywów skalnych świadczą o tym, że stopień zasypania plejstocenijskich form rzeźby w peryglacialnym piętrze polskich Tatr Wysokich zależy nie tylko od intensywności degradacji skalnych stoków, położenia, liczby i rozmiarów obszarów uwalniania, ale także od energii kinetycznej obrywów skalnych”. Czy nie jest tak, że energia ta zależy właśnie od wymienionych komponentów? Jaka jest relacja energii z „intensywnością degradacji”?

We wnioskach czytamy: „Obszary współcześnie zagrożone obrywami skalnymi, uwalnianymi w peryglacialnej strefie Tatr Wysokich, pokrywają się z zasięgiem stoków skalnych i istniejących powierzchni usypiskowych, ...”. To właśnie zasięg stoków skalnych wyznacza miejsca potencjalnych obrywów i stref akumulacji materiału, czyli powierzchni usypiskowych, więc wniosek wydaje się być oczywisty.

## **Najważniejsze osiągnięcia**

Za najważniejsze osiągnięcia Doktorantki w ramach recenzowanej rozprawy uznaję:

1. Podanie precyzyjnych wartości tempa cofania się stoków granitoidowych Tatr Wysokich.
2. Wyznaczenie miejsc najbardziej narażonych powstawaniem obrywów w Tatrach Wysokich, czyli ścian skalnych w strefach uskokowych/mylonitowych w piętrze wieloletniej zmarzliny sporadycznej.
3. Wykonanie mapy potencjalnych obrywów skalnych polskich Tatr Wysokich z podaniem energii kinetycznej procesu.
4. Stwierdzenie braku związku powstawania obrywów w ostatniej dekadzie z degradacją wieloletniej zmarzliny, w obrębie której znajduje się obszar badawczy oraz jednoczesne wskazanie głównych przyczyn ich powstawania, za które uznano czynniki pogodowe w okresie poprzedzającym analizowane procesy (zamróż po opadach deszczu lub/i roztopach).
5. Podkreślenie roli szczelin w przekształcaniu granitoidowych stoków oraz zasugerowanie brania pod uwagę danych o szczelinowości w badaniach nad ewolucją



systemów stokowych oraz działaniach związanych z zarządzaniem ryzykiem wynikającym z szybkich grawitacyjnych ruchów masowych.

### **Pozostałe uwagi**

W opracowaniu znajduje się dużo błędów stylistycznych, interpunkcyjnych i redakcyjnych oraz skrótów myślowych obniżających nieco odbiór dzieła (wybrane przykłady poniżej).

- Proponuję ujednoczenie użytych w opracowaniu pojęć, np. wieloletnia zmarzlina, wieloletnia zmarzlina sporadyczna, potencjalna wieloletnia zmarzlina sporadyczna, strefa potencjalnego występowania wieloletniej zmarzliny.
- Polskie nazwy geograficzne odmieniają się przez przypadki, czego częściowo zabrakło np. „w obrębie progę kotła Bandzioch Miękusowiecki”
- „Jezioro Morskie Oko”, „jezioro Zadni Staw” – jeziora górskie nazywane są stawami i takie nazewnictwo przyjęte zostało w piśmiennictwie, również w opracowaniach naukowych. Wystarczy tylko nazwa własna.
- Wartości tempa cofania ścian i gęstości spękań w polskim tekście powinny być z polskimi mianami.
- „...w przeddzień obrywu” (str. 32) - ... w przeddzień powstania obrywu, czy „Geologiczne, meteorologiczne uwarunkowania obrywu (str. 31, 32) - .... uwarunkowania powstania obrywu
- „grubość pokryw usypiskowych” (str. 17, 21...) - lepiej miąższość pokryw ...
- „Położenie wysokościowe i ekspozycja stoku nie mają takiego znaczenia.” (str. 17) – jakiego znaczenia? Brak określenia lub „takiego znaczenia jak .....”
- „...miąższość materiału obrywowego osiągała maksymalnie 5 m, ale najczęściej mieściła się w przedziale 1-2 m” (str. 35) – osiągnęła (skutek jednego zdarzenia), nie mówimy tu o częstotliwości zdarzeń. Prościej i poprawniej - Średnia miąższość ... to 1-2 m, a maksymalna 5 m.
- „dane denchronologiczne (str. 18) - dendrochronologiczne
- „Numeryczne modele ścian skalnych przetworzono na mapy ekspozycji,...” (str. 25) - Mapy ekspozycji, .... powstały na podstawie modelu
- „Nachylenie badanych powierzchni mieści się najczęściej w przedziale 45-65°” (str. 27) – Największą powierzchnię zajmują stoki o nachyleniu ....., lub Wśród badanych powierzchni przeważają te, których nachylenie wynosi ....

- „Powierzchnia ma nachylenie” (str. 27) – Powierzchnia jest o nachyleniu... lub nachylenie powierzchni wynosi...
- „Najwięcej ubytków stwierdzono w miejscach o ekspozycji N” (str. 28) - ...stwierdzono na stokach ...
- „Gęstość powierzchniowa szczelin na zdjęciach poligonów nie wykazywała bardzo dużej zmienności” (str. 29) – Prościej: Gęstość powierzchniowa szczelin na zdjęciach poligonów była podobna.
- „Długość i nachylenie strefy ... wynoszą odpowiednio 245 m i 33°” (str. 30) – prościej i bardziej czytelnie: Długość wynosi ....., a nachylenie .....
- „Wysokość progu jest zbliżona do 200 m” (str. 36) - .... wynosi ok. 200 m, czy „Powierzchnia była zbliżona do 1000 m<sup>2</sup>” (str. 37) – ... wynosi ok....
- „Średnia prędkość ... okruchów skalnych” (str. 37) – ..... prędkość przemieszczenia ....
- „Powierzchnie obszarów zagrożonych symulowanymi obrywami” (str. 39) - ... potencjalnymi ..
- „Rycina” i „Tabela” pisane w środku zdania powinny być z małej litery
- „Dotychczasowe dane o morfodynamice ścian skalnych pochodzą przede wszystkim z pomiarów zmian depozytów” (str. 18) – powinno być jaśniej przedstawione
- „...udokumentowanie przyczyn, uwarunkowań, ... „ = to synonimy, więc jeden jest zbędny
- Okruchy skalne 8 ton, to już bloki skalne

#### *Uwagi do rycin i tabel*

Ryc. 6 – brak oznaczeń literowych składowych ryciny

Ryc. 10 – Obliczone i obserwowane miejsca depozycji 8-tonowych bloków .... – „Obliczone i obserwowane” w tytule zbędne, a poza tym „obliczone miejsca” – czy jest prawidłowo ?

c) kształt i wielkość bloków skalnych ... - zbędne, widać na zdjęciu

Tabela 1 – Tytuł – zamiast „charakterystyka morfometryczna” – parametry morfometryczne

Tabela 2 – Zestawienie powierzchni badanych stoków i sum powierzchni ubytków ... (wartości procentowe) → Udziały powierzchni ....

Właściwości stoku – parametry stoku

Zbocze – stok

Tabela 3 – Morfometria systemu stokowego... – Cechy morfometryczne ...



## **Wniosek końcowy**

Reasumując, praca jest wartościowym opracowaniem naukowym wnoszącym wkład w rozpoznanie funkcjonowania stoków obszarów górskich. Stanowi uzupełnienie dotychczasowej wiedzy i daje podstawy do dalszego monitorowania procesów, także pod względem metodologicznym. Przedstawione w recenzji uwagi nie należą do zasadniczych i nie umniejszają ogólnej dobrej oceny recenzowanej pracy. Uważam, że rozprawa doktorska mgr Joanny Kajdas spełnia warunki określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. 2023, poz. 742 z późniejszymi zmianami). W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie mgr Joanny Kajdas do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Elżbieta Ropka