



Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

Raport z testu badawczego dotyczącego zagrożenia osuwiskowego z wykorzystaniem numerycznych modeli terenu opracowanych na podstawie danych LiDAR wzdłuż drogi powiatowej nr 1406 S Zarzecze – Tresna w miejscowościach: Zarzecze i Tresna i oddziaływania

Nadzór merytoryczny:

Dr Albert Ślęzak

1. Plan badawczy zawierający przebieg badań z podziałem na prace terenowe i laboratoryjne, wraz ze wskazaniem kolejnych kroków przebiegu prac badawczych

Prace terenowe

- wizja terenowa wraz ze wstępną analizą rzeźby terenu,
- analiza rzeźby terenu w obszarze badawczym,
- identyfikacja obszarów potencjalnie objętych osuwaniem,
- identyfikacja strefy, która powinna zostać objęta analizami z wykorzystaniem numerycznych modeli terenu opracowanych na podstawie danych LiDAR,
- określenie granic, w których zostanie opracowany model różnicowy terenu na podstawie danych LiDAR.

Prace laboratoryjne

- wyznaczenie okresu, w którym przeprowadzona zostanie analiza na podstawie danych LiDAR,
- wyznaczenie przedziałów czasowych, dla których przeprowadzona zostanie analiza na podstawie danych LiDAR,
- wybór modeli terenu i ortofotomap na bazie których zostanie przeprowadzona analiza,
- budowa modelu różnicowego na bazie modeli terenu z danych LiDAR pozwalających na identyfikację zmian rzeźby terenu wynikających z ewentualnego osuwania,
- dopasowanie i nałożenie ortofotomapy i modeli rzeźby terenu uzyskanych na podstawie danych LiDAR,
- zaplanowanie typów grafik obrazujących zmiany powierzchni gruntu z wykorzystaniem numerycznych modeli terenu opracowanych na podstawie danych LiDAR,
- wyznaczenie stref, gdzie stwierdzono aktywność osuwiskową,
- ocena aktywności osuwiskowej badanego obszaru.

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

2. Opis przebiegu prac badawczych z uwzględnieniem założeń teoretycznych, opisu metody, ewentualnego poboru prób w terenie i kolejnych kroków prac laboratoryjnych.

Założenia teoretyczne (LiDAR)

LiDAR stanowi zaawansowaną metodę teledetekcyjną, bazującą na emisji impulsów laserowych w kierunku powierzchni Ziemi oraz rejestracji sygnału odbitego. W badaniach nad osuwiskami technologia ta znajduje szerokie zastosowanie w precyzyjnym odwzorowywaniu rzeźby terenu. Umożliwia opracowywanie szczegółowych numerycznych modeli terenu na obszarach objętych procesami osuwiskowymi, co pozwala na bardzo dokładną analizę morfologii stoków. Wysoka rozdzielczość danych LiDAR umożliwia identyfikację nawet drobnych deformacji powierzchni gruntu. Istotną zaletą tej technologii jest możliwość filtracji sygnałów odbitych od pokrywy roślinnej, dzięki czemu możliwe jest wierne odtworzenie rzeczywistej powierzchni terenu znajdującej się pod drzewostanem i krzewami. Na podstawie danych LiDAR można rozpoznawać charakterystyczne formy rzeźby związane z działalnością osuwiskową, takie jak nisze osuwiskowe, progi, strefy akumulacji materiału, jęzory osuwiskowe oraz liczne mniejsze formy morfologiczne w ich obrębie. Analiza danych pozyskanych w różnych okresach umożliwia ocenę dynamiki procesów osuwiskowych, w tym określenie skali i tempa przemieszczeń mas skalnych oraz zwietrzelinowych. Technologia LiDAR znajduje zastosowanie zarówno w badaniach naukowych dotyczących aktywności osuwisk, jak i w działaniach praktycznych związanych z identyfikacją stref zagrożenia. Dane uzyskane z numerycznych modeli terenu wspierają ocenę stopnia zagrożenia osuwiskowego oraz stanowią podstawę do opracowywania map ryzyka i podatności stoków na osuwanie. Metoda ta odgrywa istotną rolę w planowaniu przestrzennym, szczególnie na obszarach o złożonej rzeźbie terenu, umożliwiając szybkie i efektywne opracowanie analiz dla rozległych obszarów. Wyniki analiz modeli terenu opracowanych na podstawie danych LiDAR cechują się bardzo wysoką dokładnością pomiarową. Ponadto technologia ta umożliwia wczesne wykrywanie zmian mogących prowadzić do powstania niebezpiecznych osuwisk. Numeryczne modele terenu generowane z danych LiDAR mogą zatem pełnić funkcję narzędzia wczesnego ostrzegania przed zagrożeniem osuwiskowym, przyczyniając się do zwiększenia poziomu bezpieczeństwa oraz ograniczenia strat materialnych.

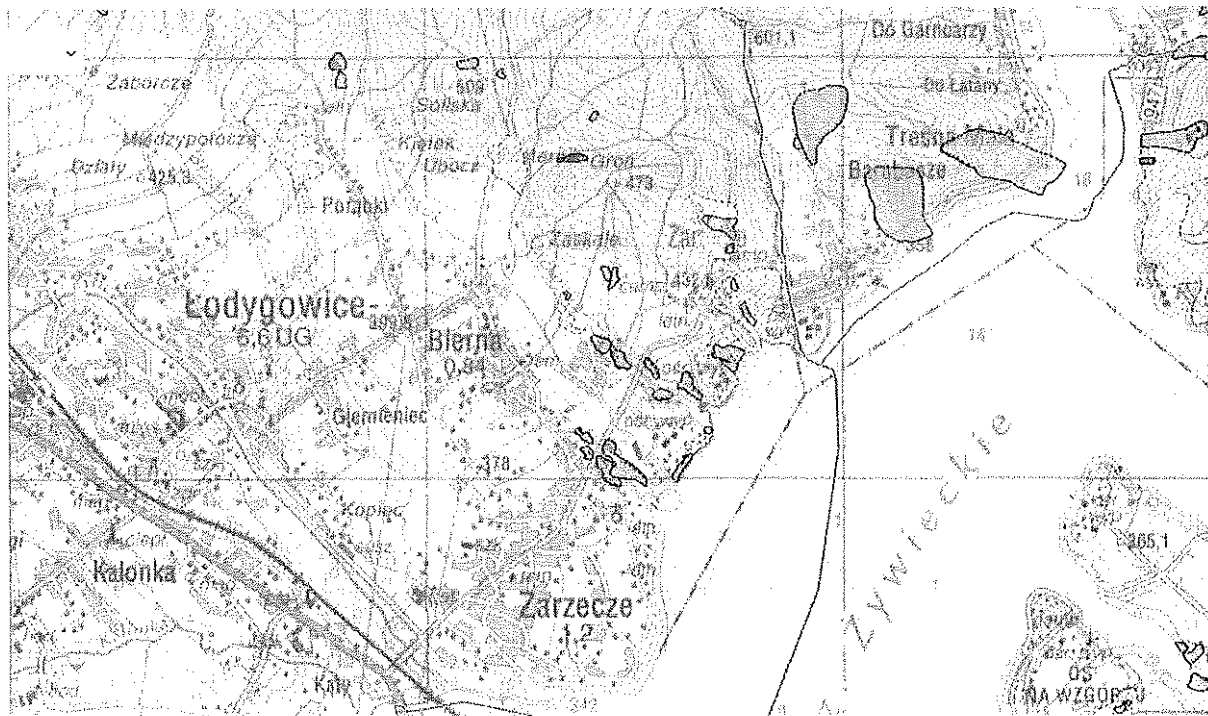
Położenie i główne cechy obszaru badań

Przeprowadzony test badawczy obejmuje obszar położony bezpośrednio w sąsiedztwie drogi powiatowej nr 1406 S biegnącej wzdłuż Jeziora Żywieckiego, po jego północno-zachodniej części (Rycina 1). Obszar ten, ze względu na przebieg drogi powiatowej i występowanie tu licznych osuwisk, zinventaryzowanych w bazie SOPO jest obszarem, w którym konieczna jest cykliczna analiza zagrożenia

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

osuwiskowego. Droga powiatowa 1406 S przebiega przez formy osuwiskowe, z których część została oznaczona w bazie SOPO jak osuwiska aktywne (Rycina 1).



Rycina 1. Lokalizacja osuwisk biegnących wzdłuż drogi powiatowej 1406 S gdzie przeprowadzono test badawczy (kolorem różowym oznaczono osuwiska aktywne).

Źródło: Mapa pochodzi z zasobów witryny internetowej Projektu SOPO prowadzonej przez PIG-PIB.

Test badawczy polegał na porównaniu numerycznych modeli terenu (NMT) opracowanych na podstawie danych LiDAR, został on przeprowadzony w celu identyfikacji zmian morfologii terenu w obszarze badawczym, świadczących o ewentualnej aktywizacji osuwisk. Do analizy wykorzystano dwa modele: model starszy z 2021 roku oraz model najnowszy z 2024 roku. Porównanie modeli pozwoliło wygenerować różnicowy model terenu obrazujący zmiany wysokościowe zachodzące w okresie 3 lat. Dane LiDAR, charakteryzujące się wysoką rozdzielczością i dokładnością wysokościową, umożliwiły identyfikację lokalnych deformacji terenu, potencjalnie związanych z procesami osuwiskowymi. Wyniki analizy różnicowej zostały skonfrontowane z ortofotomapą i modelem rzeźby terenu z 2024 roku,

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

opracowanym na podstawie danych LiDAR. Analiza modelu różnicowego pozwala na identyfikację zmian rzeźby terenu w badanym okresie 3 lat, co pozwalała z kolei wnioskować o dynamice ruchów osuwiskowych w badanym obszarze.

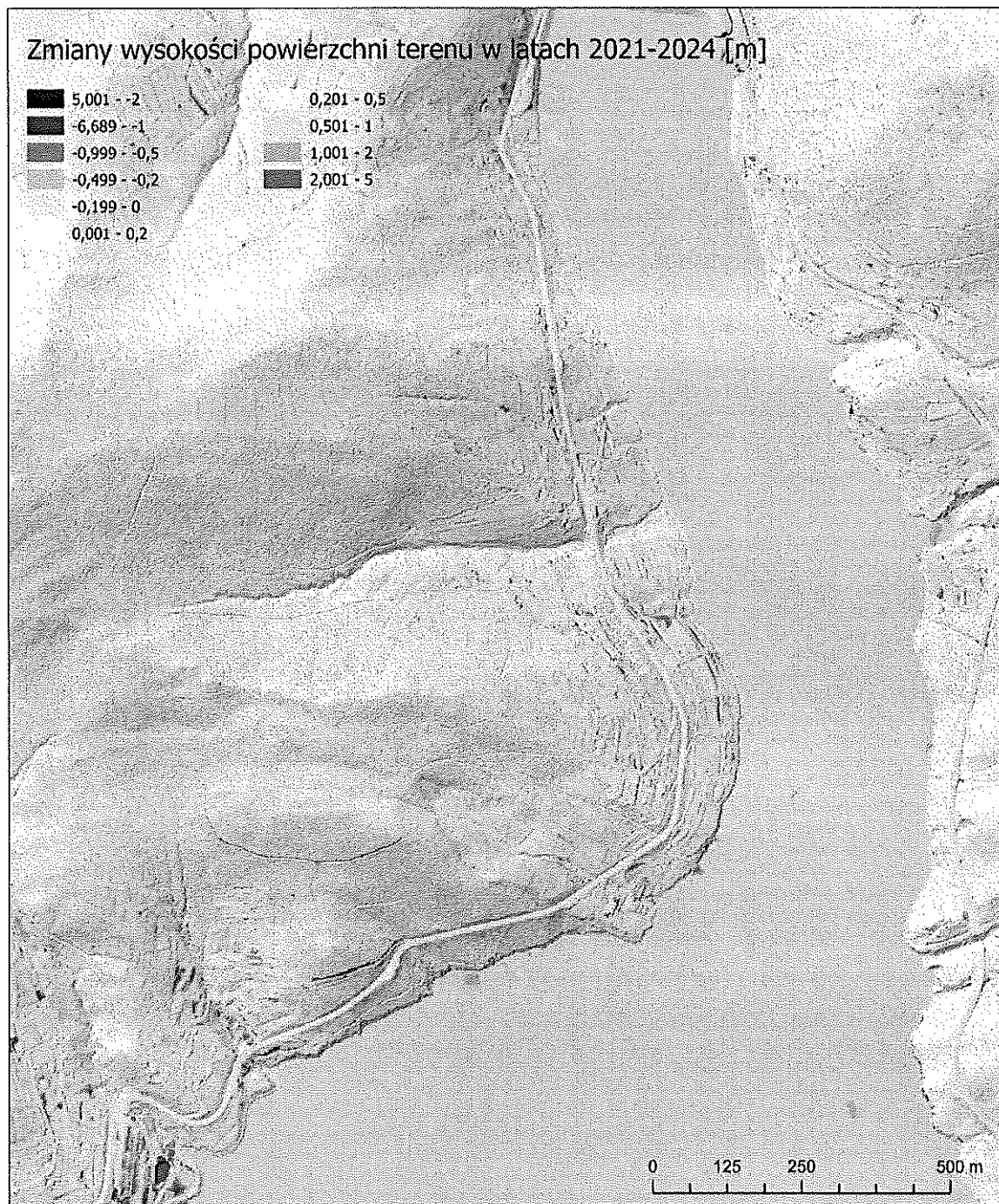
3. Wyniki badań w postaci obliczeniowej wraz z niezbędną dokumentacją w postaci tabel, wykresów i rysunków

Analiza modelu terenu na podstawie danych LiDAR

Wykonanie modeli terenu opracowanych na podstawie danych LiDAR pozwala na analizę obszarową rzeźby terenu wraz z uwzględnieniem terenów leśnych i polnych. Analiza modeli terenu dla badanego obszaru pozwoliła stwierdzić, że w okresie 3 lat (2021-2024) funkcjonowały w obszarze badawczym aktywne osuwiska (Rycina 2). W stosunkowo krótkim okresie czasu zidentyfikowano znaczne różnice w rzeźbie terenu na badanym obszarze. W obszarze 1 widoczne są zmiany rzeźby terenu, które wynikają z działań gospodarczych ludzi. Widoczne są tu obniżenia położone w sąsiedztwie zbiornika i wyniesienia materiału powyżej obniżeń, mające linijny lub prostokątny kształt, co sugeruje, że powstały one w wyniku działań ludzi (Rycina 3). W obszarze 2 występują ruchy osuwiskowe obejmujące strefy bezpośrednio sąsiadujące z drogą powiatową. Widoczne są tu biegnące wzdłuż poziomic skarpy osuwiskowe (kolor niebieski) oraz strefy akumulacji materiału występujące poniżej obniżeń (kolor czerwony). Takie sekwencje form rzeźby terenu jednoznacznie wskazują na występowanie ruchów osuwiskowych (Rycina 3). Obszar 2 położony jest w osi niewielkiej doliny potoku. Formy osuwiskowe występują praktycznie jedynie w tej dolinie, co szczególnie dobrze widoczne jest na rycinie 2. Sugeruje to raczej występowanie płytkich osuwisk w obszarze 2, jednak aby to potwierdzić, należałoby przeprowadzić szersze badania. Obszar trzeci to biegnące wzdłuż drogi położonej powyżej (na północ) od drogi powiatowej nr 1406 S obniżenie terenu z sąsiadującym poniżej drogi wyniesieniem. Sekwencja ta sugeruje wystąpienie niewielkiego zsuwu materiału w tym miejscu. Jednak nie wykluczone, że jest to strefa, w której w latach 2021-2024 prowadzono na stokach prace ziemne (wykonując analizę, nie posiadano wiedzy dotyczącej działań związanych z remontami drogi powiatowej nr 1406 S). Obszary numer 4, 4b, 5 i 6 to miejsca, gdzie występują zarówno strefy, gdzie mogło dochodzić do aktywnego osuwania, jak i strefy, w których występują ślady działalności gospodarczej. Aby jednoznacznie stwierdzić pochodzenie każdej z różnic w rzeźbie terenu stwierdzonych w obszarach numer 4, 4b, 5 i 6, należałoby każdą ze stref zweryfikować, rozpoznać typ ewentualnych deformacji terenu. Najbardziej czytelne strefy osuwiskowe występują w obszarze oznaczonym numerem 4. Położone są one w samym sąsiedztwie Jeziora Żywieckiego i biegną wzdłuż jego brzegu (widoczne są pomarańczowo-czerwone wyniesienia gruntu, powyżej których biegnie stosunkowo wąskie obniżenie oznaczone na niebiesko). Niewielkie zmiany rzeźby terenu występują także w strefie oznaczonej jako 4b, gdzie na mapach SOPO występuje aktywne osuwisko, jednak nie są one tak duże jak zmiany rzeźby zidentyfikowane w obszarach o numerach 2 i 4.

Polska – Słowacja

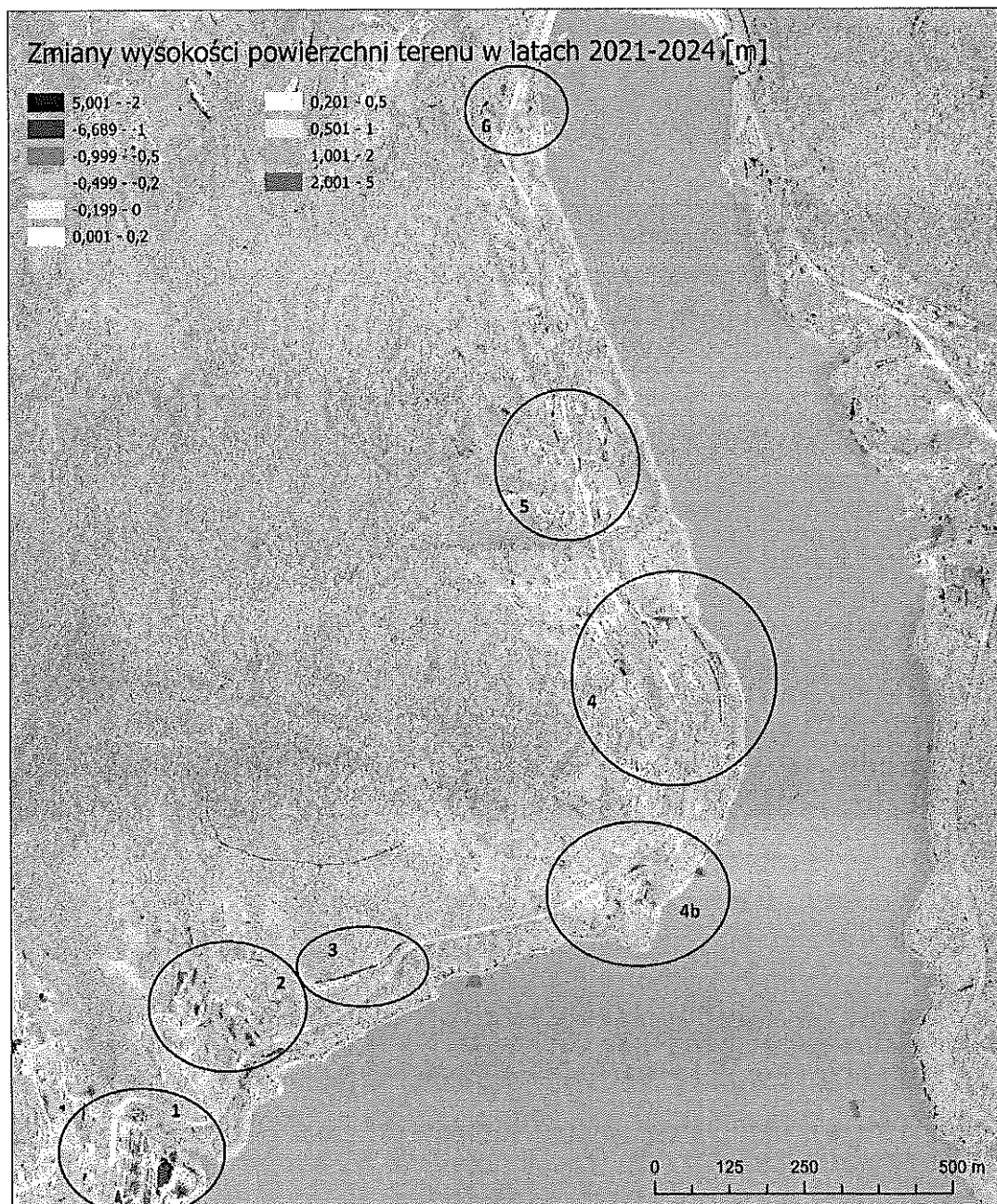
Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Rycina 2. Różnicowy model terenu na którym widoczne są zmiany rzeźby terenu w czasie 2021-2024.

Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien



Rycina 3. Różnicowy model terenu nałożony na podkład w postaci ortofotomapy z zaznaczonymi obszarami największych zmian rzeźby terenu w obszarze badawczym.



Polska – Słowacja

Testowanie i wdrażanie nowoczesnych metod zapobiegania i przeciwdziałania skutkom klęsk żywiołowych w dobie zmian klimatycznych / Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

4. Wnioski z przeprowadzonych badań w formie opracowania zawierającego szczegółowe analizy wraz z szacunkiem dotyczącym zagrożenia występującego w testowanym terenie (osuwiskowego, powodziowego, związanego z zanieczyszczeniem powietrza zależnie od typu testu badawczego)

W badanym obszarze zidentyfikowano liczne, stosunkowo niewielkie, aktywne osuwiska. Strefa najsilniej przekształcona położona jest w południowej części badanego obszaru. Szczególnie w strefach oznaczonych numerami 2 i 4 występują wyraźne ruchy osuwiskowe w postaci głównie podłużnych obniżzeń, poniżej których występują strefy akumulacji koluwiów. Obszary te należałoby zweryfikować pod względem śladów aktywnego osuwania i objąć dodatkowym monitoringiem, zwłaszcza że obszary te nie są wyróżniane jako obszary osuwiskowe w bazie SOPO. Przeprowadzona analiza sugeruje, że w obszarze 2 być może funkcjonuje duża forma osuwiskowa uaktywniana okresowo w różnych miejscach. Strefa 4 może być złożona z wielu mniejszych osuwisk. Strefa zaznaczona numerem 3 to wąska strefa osuwiskowa, jednak obejmująca obszar przylegający bezpośrednio do drogi. Wydaje się być ona stosunkowo łatwa do ustabilizowania, chyba że takie prace zostały już wcześniej rozpoczęte. Pozostałe zmiany rzeźby zidentyfikowane na modelu różnicowym (obszary numer 1, 5 i 6) wynikają raczej z działalności gospodarczej człowieka; możliwe jest tu wystąpienie jedynie niewielkich, raczej niezagrażających infrastrukturze osuwisk.

Biorąc pod uwagę występowanie na badanym obszarze rozproszonego osuwania obejmującego różne obszary, nie można wykluczyć, że teren badań podczas dużych opadów deszczu zostanie objęty bardziej wielkoskalowym osuwaniem, niebezpiecznym dla drogi powiatowej i pozostałej infrastruktury. W związku z tym, że w niektórych miejscach, zwłaszcza w strefie 4, osuwanie obejmuje strefy położone w sąsiedztwie Jeziora Żywieckiego, istnieje także niebezpieczeństwo depozycji znacznych mas koluwiów w jeziorze. Może to spowodować zwiększone falowanie i podniesienie poziomu wód zbiornika, jego zamulanie, itp. Jednak na razie nic nie wskazuje, że można się spodziewać uruchomienia tak dużych mas koluwiów.

PREZES ZARZĄDU
Oddział Górnośląski, Powiat
Towarzystwo Rejonowe Bank o Ziemi
Katowice, 11.02.2026
dr hab. Jerzy Cabała