

Zagrożenia geologiczne w Polsce w 2024 r.

Tomasz Wojciechowski¹, Izabela Laskowicz², Bartłomiej Warmuz¹, Paweł Marciniak¹,
Marcin Wódka¹, Sylwester Kamieniarz¹, Grzegorz Uścińowicz³, Jarosław Kos¹,
Kamila Karkowska⁴, Maria Przyłucka⁴



T. Wojciechowski



I. Laskowicz



B. Warmuz



P. Marciniak



M. Wódka



S. Kamieniarz



G. Uścińowicz



J. Kos



K. Karkowska



M. Przyłucka

Geohazards in Poland in 2024. *Prz. Geol.*, 74: 321–335;
doi: 10.7306/2026.25

Redaktor prowadząca: Maria Przyłucka

Abstract. The paper presents an overview of the most important manifestations of geodynamic activity in Poland in 2024, with particular emphasis on landslides, sinkholes, coastal erosion processes along the Baltic Sea, seismic events, and other ground surface deformations. In 2024, the Polish Geological Survey received nearly 100 reports of potential landslide activity, of which 61 cases were confirmed as new or reactivated landslides. At

the same time, monitoring was conducted at 60 landslides within the SOPO project and at an 14 additional landslides as part of the Polish Geological Institute–National Research Institute's (PIG-PIB) in-house activities. The monitoring programme included GNSS, inclinometric, extensometric, piezometric, photogrammetric, interferometric, and laser scanning measurements. The monitoring results indicate that the activity state of most of the observed landslides did not change significantly compared to the previous year and most of the landslides remained stable; however, locally significant displacements were recorded, among others in Kasinka Mała, Cieszyn, Mała, Siedleszczany, Szymbark, and Grybów. In 2024, the third stage of the SOPO project was completed, resulting in a comprehensive Maps of Landslides and Terrains Prone to Mass Movements (MOTZ) for the entire Carpathians and selected areas outside the Carpathians. In total, more than 12.8 thousand landslides were inventoried in 11 Carpathian municipalities and in 17 counties outside the Carpathians. Particularly high susceptibility to mass movements was identified in the Tyczyn municipality. Sinkholes constituted another major geological hazard in 2024, especially in the Olkusz region, where 1,260 features were inventoried, mainly related to historical zinc and lead ore mining. Along the Baltic Sea coast, erosion intensified, especially in the Lubiatowo area, where shoreline retreat of up to 9.3 m was recorded in a single year. Seismic monitoring recorded 1,513 local seismic events, almost exclusively associated with induced seismicity. Interferometric analyses confirmed the occurrence of continuous ground surface deformations at 29 locations, mainly related to mining activity. The presented results highlight the importance of systematic monitoring and the integration of geological, geodetic, and geophysical data for assessing and mitigating geodynamic hazards in Poland.

Keywords: mass movements, landslides, earthquakes, subsidence, SAR interferometry, sinkholes

Celem artykułu jest przedstawienie zaistniałych w Polsce w 2024 r. zagrożeń geologicznych, które odnotowała państwowa służba geologiczna (PSG). Rozpoznawanie i monitorowanie zagrożeń geologicznych jest jednym z ustawowych zadań tej służby (Ustawa, 2011). Realizując to zadanie, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy

Instytut Badawczy (PIG-PIB) prowadzi szereg projektów, które mają temu służyć. W 2024 r. były nimi m.in.: *System Oslony Przeciwośuwiskowej (SOPO)*, *Zapadliska – etap 1 – studium wykonalności*, *Monitoring geodynamiczny Polski (MGP)*, *Interferometryczny monitoring powierzchni terenu Polski (InMoTeP)*, prowadzone przez Centrum

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Centrum Geozagrożeń, ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków; twoj@pgi.gov.pl; ORCID ID: T. Wojciechowski – 0000-0001-5858-0026, B. Warmuz – 0000-0001-9553-925X, P. Marciniak – 000-0002-1706-2609, M. Wódka – 0000-0003-1591-3980, S. Kamieniarz – 0000-0002-8662-0491, J. Kos – 0000-0002-8971-6237,

² Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki, ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków; ilas@pgi.gov.pl; ORCID ID: 000-0002-8454-9855

³ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza, ul. Kościarska 5, 80-328 Gdańsk; gusc@pgi.gov.pl; ORCID ID: 000-0001-5185-4979

⁴ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Centrum Geozagrożeń, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; kkar@pgi.gov.pl; ORCID ID: K. Karkowska – 000-0001-7039-7718, M. Przyłucka – 0000-0002-2998-6008

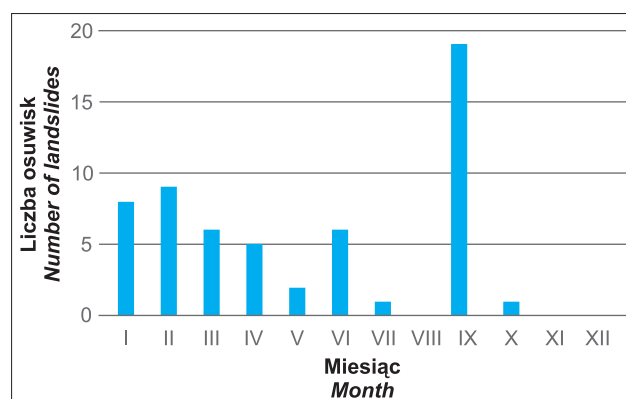
Geozagrożeń w PIG-PIB, a także prowadzony przez Oddział Geologii Morza PIG-PIB projekt *Kartografia 4D w strefie brzegowej południowego Bałtyku*. W sytuacji gdy pojawiały się geozagrożenia, które nie mieściły się w zakresie ww. projektów, badania prowadzono również w ramach zadania pn. *Prowadzenie działań przez państwową służbę geologiczną w związku z wystąpieniem geologicznych zdarzeń incydentalnych, awarii lub katastrof naturalnych (prace interwencyjne)*. Wyniki prac wykonanych w ramach tych projektów obrazują sytuację związaną z zagrożeniami geologicznymi w skali całego kraju. Niniejszy artykuł jest zatem raportem o odnotowanych w 2024 r. zagrożeniach i stanowi kontynuację tego typu poglądowych artykułów prezentujących stan z lat wcześniejszych (Wojciechowski, i in., 2021, 2022, 2024b, c).

W 2024 r. dominującym zagrożeniem geologicznym były osuwiska. Ich aktywność obejmowała sumarycznie największe obszary w Polsce, co często przejawiało się uszkodzeniami infrastruktury i zabudowy. Wyjątkowo intensywny pod tym względem był wrzesień, kiedy to w wyniku intensywnych opadów atmosferycznych w południowo-zachodniej Polsce wystąpiła powódź, której towarzyszyło uaktywnienie osuwisk. Jako ponadnormatywną w 2024 r. należy uznać abrazję brzegu morskiego w rejonie Lubiatowa, gdzie w wyniku sztormów znacząco zmieniła się jego charakterystyka morfologiczna. Podobnie jak poprzedni rok (Wojciechowski, 2024c), 2024 był również rokiem zapadliskowym. Odnotowano wtedy dużą liczbę zapadlisk, przede wszystkim w rejonie olkuskim. Pod względem wstrząsów sejsmicznych oraz deformacji ciągłych 2024 r. nie odbiegał od normy. W ramach prowadzonych przez PSG prac monitoringowych odnotowywano wstrząsy sejsmiczne głównie indukowane działalnością górniczą, a osiadania terenu stwierdzano metodami satelitarnymi w różnych miejscach kraju, podobnie jak rok wcześniej.

AKTYWNOŚĆ OSUWISK

W 2024 r. PSG przyjęła blisko 100 zgłoszeń dotyczących potencjalnego uruchomienia osuwisk. Weryfikacja zgłoszeń pozwoliła na wyodrębnienie nowopowstałych i reaktywowanych osuwisk w 2024 r. Spośród wszystkich zgłoszeń, jakie wpłynęły do PSG, potwierdzono aktywność na 66 osuwiskach w województwach: dolnośląskim, lubuskim, małopolskim, mazowieckim, opolskim, podkarpackim, pomorskim i śląskim (tab. 1). Aż w 32 przypadkach było możliwe wskazanie konkretnych dat uruchomienia (tab. 1), opierając się na informacjach przekazywanych przez organy zgłaszające (najczęściej urzędy gmin lub starostwa powiatowe). Pozyskanie tak szczegółowych informacji służy PSG do rozwoju systemu prognozowania aktywności osuwisk. Biorąc pod uwagę fakt, że większość aktywowanych osuwisk w Polsce jest związana z opadami atmosferycznymi, data aktywacji pozwala dokładnie określić wielkość opadów poprzedzających uruchomienie. Pomimo katastrofalnej w skutkach powodzi, rok 2024 zalicza się do lat o przeciętnych opadach (Ustrnul i in., 2025). Uśredniona dla Polski suma opadów atmosferycznych wyniosła 607,8 mm. Pierwsze pięć miesięcy roku należy zaliczyć do okresów o zwiększonych opadach względem normy z wielolecia (1991–2020), w późniejszym czasie w wielu rejonach kraju obserwowano opady zbliżone do normy, po czym ostatnie miesiące roku charakteryzowały się mniejszymi od normy opadami (Ustrnul i in., 2025). Opady cechują się jednak znaczną zmiennością lokalną, dlatego

wartości zarejestrowane na stacjach meteorologicznych mogą nie oddawać faktycznych ilości opadów w miejscach od nich oddalonych. Pomimo tego część zjawisk o bardziej ekstremalnym charakterze, choć lokalnych, została zarejestrowana na stacjach Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW; Ustrnul i in., 2025). Przykładem jest 4 czerwca i połowa września 2024 r., kiedy to na południu kraju występowały intensywne opady deszczu, lokalnie nawalne, przekraczające 100 mm/dobę. Koreluje się to z największą ilością zgłoszonych aktywacji osuwisk, bo aż 28 spośród 66 zgłoszeń wpłynęło w drugiej połowie września (ryc. 1). Część zarejestrowanych w tym okresie osuwisk powstała w wyniku podcięcia stoków przez wezbrane rzeki, tak jak np. osuwisko w Bardzie, gdzie koluwia uszkodziły gazową linię przesyłową. Część osuwisk została uruchomiona poprzez infiltrację wód powierzchniowych w głębsze warstwy górotworu, co doprowadziło do pogorszenia parametrów stateczności stoków i osunięć. Przykładem może być osuwisko zarejestrowane w Bielsku-Białej (ryc. 2), którego koluwia zsunęły się na drogę. Kilka ze zgłoszonych we wrześniu osuwisk, szczególnie w województwie śląskim, uruchomiło się już w czerwcu, a we wrześniu obserwowano jedynie przyspieszenie ruchu. Osuwiska uruchomione w wyniku wrześniowych opadów zarejestrowano w województwach: dolnośląskim, opolskim, śląskim, małopolskim i lubuskim. Łączna powierzchnia uaktywnionych w 2024 r. osuwisk wyniosła 22 ha. Większość z nich to reaktywacja fragmentów osuwisk (43



Ryc. 1. Liczba uruchomionych osuwisk w 2024 r.
Fig. 1. Number of landslides activated in 2024



Ryc. 2. Osuwisko w Bielsku-Białej, wrzesień 2024 r. Fot. S. Kamieniarz
Fig. 2. Landslide in Bielsko-Biała, triggered in September 2024. Photo by S. Kamieniarz

Tab. 1. Zarejestrowane przez PSG osuwiska uruchomione w 2024 r.
Table 1. Landslides reported by the Polish Geological Survey, activated in 2024

Województwo <i>Voivodship</i>	Powiat <i>County</i>	Gmina <i>Municipality</i>	Liczba osuwisk <i>Number of landslides</i>	Uszkodzenia <i>Damage</i>	Data uruchomienia <i>Date of activation</i>
Dolnośląskie	ząbkowicki	Bardo	1	gazociąg <i>gas pipeline</i>	17 IX 2024
	jeleniogórski	Karpacz	1	brak uszkodzeń <i>no damage</i>	IX 2024
	złotoryjski	Świerzawa	1	linia telekomunikacyjna <i>telecommunication line</i>	22 IX 2024
Małopolskie	brzeski	Dębno	1	brak uszkodzeń <i>no damage</i>	15 XI 2024
		Iwkowa	1	brak uszkodzeń <i>no damage</i>	I 2024
	gorlicki	Gorlice	2	brak uszkodzeń <i>no damage</i>	III 2024 10 VI 2024
	krakowski	Czernichów	1	droga gminna <i>commune road</i>	15 IX 2024
		Mogilany	1	budynek mieszkalny <i>residential house</i> droga gminna <i>commune road</i> ogrodzenia posesji <i>property fencing</i>	I 2024
		Zabierzów	1	cmentarz <i>cemetery</i>	III 2024
		Zielonki	1	droga gminna <i>commune road</i> linia energetyczna <i>power line</i> obiekty sportowe <i>sports facilities</i>	II 2024
	limanowski	Limanowa	3	droga gminna <i>commune road</i> linia kolejowa <i>railway line</i> linia energetyczna <i>power line</i>	10 VI 2024 2024 2024
	myślenicki	Siepraw	1	droga powiatowa <i>county road</i>	3 II 2024
	nowosądecki	Chełmiec	2	linia energetyczna <i>power line</i> budynek mieszkalny <i>residential house</i>	III 2024 III 2024
		Piwniczna Zdrój	1	droga gminna <i>commune road</i>	2024
		Kamionka Wielka	1	droga gminna <i>commune road</i>	IV 2024
		Łącko	1	brak uszkodzeń <i>no damage</i>	II 2024
		Łososina Dolna	4	droga gminna <i>commune road</i>	2024 IX 2024 12 VI 2024 2024
	nowotarski	Czorsztyn	4	ścieżka rowerowa w trzech miejscach <i>bike path in three places</i>	15 IX 2024 15 IX 2024 15 IX 2024 X 2024
	suski	Zawoja	1	szlak turystyczny <i>tourist trail</i>	V 2024
	tarnowski	Pleśna	3	droga powiatowa <i>county road</i> linia energetyczna <i>power line</i>	I 2024 I 2024 II 2024
		Ryglice	1	droga powiatowa <i>county road</i>	IV 2024
	wielicki	Biskupice	1	droga gminna <i>commune road</i>	4 I 2024
		Wieliczka	1	droga gminna <i>commune road</i> budynek mieszkalny <i>residential house</i>	2024
wadowicki	Zebrzydowice	1	brak uszkodzeń <i>no damage</i>	IX 2024	

Tab. 1. Zarejestrowane przez PSG osuwiska uruchomione w 2024 r. – cd.
Table 1. Landslides reported by the Polish Geological Survey, activated in 2024 – cont.

Województwo <i>Voivodship</i>	Powiat <i>County</i>	Gmina <i>Municipality</i>	Liczba osuwisk <i>Number of landslides</i>	Uszkodzenia <i>Damage</i>	Data uruchomienia <i>Date of activation</i>
Lubuskie	zielonogórskie	Nowogród Bobrzański	1	nasyp <i>embankment</i>	19 IX 2024
Mazowieckie	nowodworskie	Pomiechówek	1	droga powiatowa <i>county road</i>	V 2024
Opolskie	nyski	Paczków	2	zabudowa rekreacyjna <i>recreational development</i> budynek gospodarczy <i>outbuilding</i>	IX 2024 15 IX 2024
	głubczycki	Kietrz	1	składowisko odpadów <i>landfill</i>	IX 2024
Podkarpackie	jasielski	Osiek Jasielski	1	droga gminna <i>commune road</i>	I 2024
	krośnieński	Wojaszówka	1	droga gminna <i>commune road</i>	26 I 2024
	rzeszowski	Krasne (ryc. 3 / Fig. 3)	1	kanalizacja <i>sewage system</i> droga powiatowa <i>county road</i>	I 2024
	tarnowska	Zakliczyn	1	droga gminna <i>commune road</i>	początek 2024 <i>beginning of 2024</i>
	strzyżowski	Frysztak	3	grunty orne <i>agricultural fields</i> 2 budynki gospodarcze <i>2 outbuildings</i>	II 2024 II 2024 5 IV 2024
		Niebylec	2	budynek mieszkalny <i>residential house</i>	VII 2024 III 2024
Strzyżów		2	droga powiatowa <i>county road</i> grunty rolne <i>agricultural fields</i>	11 XI 2024 II 2024	
Pomorskie	pucki	Władysławowo	1	budynek gospodarczy <i>outbuilding</i>	20 III 2024
Śląskie	bielski	Bielsko-Biała (ryc. 2 / Fig. 2)	5	chodnik <i>footpath</i> droga powiatowa <i>county road</i> ogrodzenie posesji <i>property fencing</i>	3 VI 2024 3 VI 2024 15 IX 2024 IV 2024 15 IX 2024
		Jasienica	1	droga powiatowa <i>county road</i>	14 IX 2024
		Jaworze	3	droga leśna <i>forest road</i>	4 VI 2024 4 VI 2024 2024
	cieszyński	Ustroń	3	ogrodzenie posesji <i>property fencing</i> przepust drogowy <i>road culvert</i>	15 IX 2024 15 IX 2024 IX 2024
	żywiecki	Świnna	1	droga gminna <i>commune road</i>	IV 2024

przypadki o łącznej powierzchni 18,5 ha), pozostałe to osuwiska nowe, które powstały w 2024 r. Osuwiska nowe należy zaliczyć do bardzo małych, których powierzchnia nie przekracza 1 ha (średnia wielkość 0,02 ha). Znacznie większe są obszary reaktywowanych fragmentów osuwisk (średnia wielkość 0,5 ha), w pięciu przypadkach ich powierzchnia przekracza 1 ha, a największy ma ponad 5 ha.

Ze względu na straty, jakie spowodowały aktywne osuwiska w 2024 r., podobnie jak w minionych latach (Wojciechowski in. 2021, 2022, 2024b, c) dominują uszkodzenia dróg publicznych o kategorii dróg gminnych i powiatowych. W większości przypadków są to spekania nawierzchni, z niewielkim obniżaniem się fragmentu jezdni, jak w przypadku drogi powiatowej w Rychwałdzie czy drogi gminnej w Jamnicy w powiecie nowosądeckim. Rządziej miało miejsce całkowite zniszczenie nawierzchni i podbudowy

drogi prowadzące do częściowego ograniczenia przejazdu, jak np. na drodze powiatowej w Malawie w powiecie rzeszowskim (ryc. 3). Oprócz strat w obiektach użyteczności publicznej (drogi, boiska, sieć energetyczna), odnotowano także uszkodzenia w granicach prywatnych nieruchomości, w obrębie budynków mieszkalnych, innych elementów zabudowy, a także pól uprawnych. Obserwowano także uruchomienie dwóch osuwisk (Pułanki w powiecie strzyżowskim i Rudawa w powiecie krakowskim) wielokrotnie reaktywowanych w ostatnich 20 latach (Wojciechowski i in., 2022). Okresowo, co parę lat (co także zarejestrowano w 2024 r.) uruchamiały się osuwiska w Trzebini (powiat żywiecki) oraz w Baryczce (powiat strzyżowski). Znacznie powiększyło się osuwisko w Chłapowie (powiat pucki), czemu towarzyszyło powstanie skarp osiagających do 4 m wysokości. Powstałe tam otwarte szczeliny spowodowały,



Ryc. 3. Osuwisko w Malawie uruchomione w styczniu 2024 r. Fot. K. Górka

Fig. 3. Landslide in Malawa triggered in January 2024. Photo by K. Górka

że osuwisko stało się zagrożeniem dla turystów przebywających zarówno na klifie, jak i plaży przed czołem osuwiska.

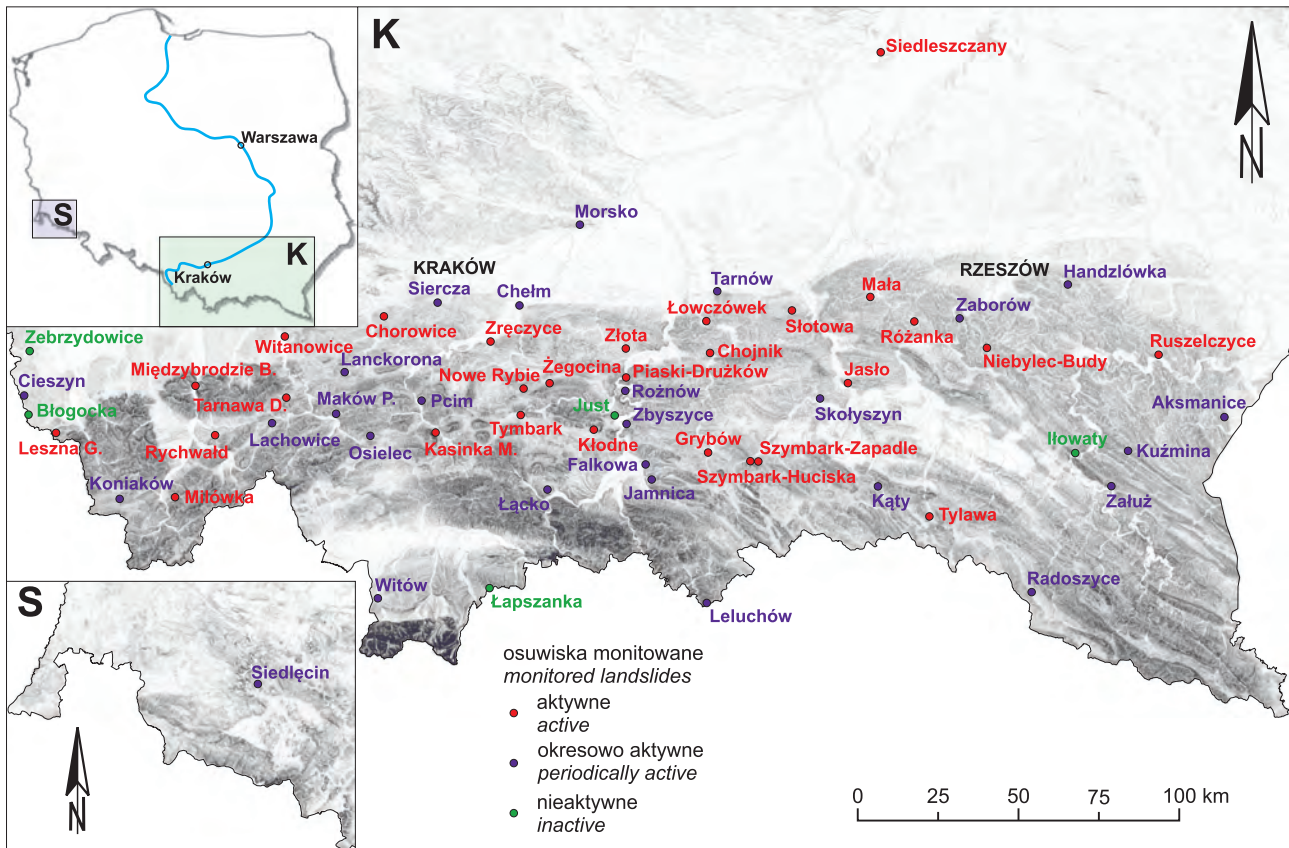
MONITOROWANIE OSUWISK

W 2024 ro. w ramach projektu SOPO kontynuowano obserwację osuwisk z wykorzystaniem różnych metod monitoringu. Prowadzono zarówno powierzchniowy, jak i wglębny monitoring przemieszczeń, a także rejestrowano opady atmosferyczne oraz zmiany poziomu wód gruntowych na terenie 60 osuwisk (ryc. 4). Niezależnie od tego projektu,

PIG-PIB wykonywał dodatkowo pomiary powierzchniowe na 14 kolejnych osuwiskach zlokalizowanych we Włocławku, Szczecinie, Gdańsku oraz w powiecie wielickim.

Niezmienną podstawową techniką geodezyjną monitoringu powierzchniowego były pomiary GNSS (*Global Navigation Satellite System*, globalny system nawigacji satelitarnej), dodatkowo na kilkunastu osuwiskach stosowano skaning laserowy, satelitarną interferometrię radarową, a także pomiary fotogrametryczne z wykorzystaniem dronów. Pomiary inklinometryczne i rejestracja poziomu wód gruntowych były prowadzone w ramach projektu SOPO na większości osuwisk, gdzie otwory pomiarowe nie uległy do tej pory zaciśnięciu. Na osuwisku w Międzybrodziu Białskim prowadzono ciągły monitoring obejmujący rejestrację przemieszczeń za pomocą stacjonarnego systemu GNSS, pomiary deformacji górotworu z wykorzystaniem czujników ekstensometrycznych oraz pomiary ciśnienia wody porowej w zamkniętym piezometrze (Warmuz, Nescieruk, 2019; Wojciechowski i in., 2021).

Wyniki monitoringu przeprowadzonego w 2024 r. pokazały, że stan aktywności monitorowanych osuwisk zasadniczo nie uległ zmianie w stosunku do poprzedniego roku. Spośród 60 osuwisk 28 oceniono jako aktywne ciągle, 27 jako aktywne okresowo oraz 5 uznano za nieaktywne. Największą aktywność zarejestrowano dla północnego fragmentu rozległego osuwiska w Kasince Małej (ryc. 4). Stosowany tam monitoring fotogrametryczny z pułapu drona wykazał przemieszczenia poziome o wartości do 27 m (od marca 2023 r. do listopada 2024 r.). Największe przemieszczenia w pomiarach geodezyjnych zarejestrowano dla punktu zlokalizowanego w górnej części osuwiska w Cieszynie (ryc. 4), który przemieścił się o ponad 1 m. Częściowe



Ryc. 4. Aktywność osuwisk monitorowanych w ramach SOPO w 2024 r.

Fig. 4. Activity of landslides monitored by LCS (Landslide Counteracting System) in 2024

uaktywnienie wywołane zostało przebudową toru motokrosowego znajdującego się na osuwisku. Pozostałe punkty pomiarowe na tym osuwisku nie wykazały istotnych przemieszczeń. Pomiary inklinometryczne w środkowej części osuwiska w miejscowości Mała (ryc. 4) ujawniły deformacje o wartości 37 mm, natomiast w Siedleszczanach (ryc. 4) o wartości 32 mm. Można się spodziewać, że przy takim tempie deformacji otwory te w niedalekiej przyszłości ulegną ścięciu. Pomiary interferometryczne reflektorów radarowych uzupełnione o pomiary geodezyjne punktów potwierdziły ciągle i stosunkowo wysokie tempo osuwisk w Szymbarku i Grybowie (ryc. 4), gdzie po ścięciu kolumn inklinometrycznych monitoring jest realizowany już tylko metodami powierzchniowymi.

W 2024 r. system permanentnego monitoringu w Międzybrodziu Bialskim nie sygnalizował wartości alarmowych odkształceń w ekstensometrach oraz szybkiego wzrostu ciśnienia wody w porach o dużej wartości. Na osuwisku w Cieszynie na ul. Błogockiej odnowiono sieć punktów geodezyjnych oraz wykonano naziemny skaningu laserowy dla ewentualnej przyszłej kontroli newralgicznych fragmentów zabezpieczonego osuwiska. Nie kontynuowano natomiast pomiarów w celach monitoringowych. Na początku 2024 r. zakończono monitoring osuwiska w Tylawie (ryc. 4), gdzie obecnie trwają prace związane z budową drogi ekspresowej S19. Jesienią na osuwisku w Zręczycach (ryc. 4) wykonano ostatni pomiar jednej z kolumn inklinometrycznych, która od kilku lat powoli, lecz systematycznie ulegała ścinaniu.

Monitoring powierzchniowy realizowany poza zakresem projektu SOPO potwierdził przejawy aktywności ruchów masowych gruntu w rejonie Wieliczki. Zarejestrowane przemieszczenia, choć charakteryzujące się niewielkimi wartościami, jednoznacznie wskazują na utrzymującą się, w przybliżeniu stałą, intensywność procesów osuwiskowych, potwierdzoną w trakcie kilkuletniego cyklu pomiarowego.

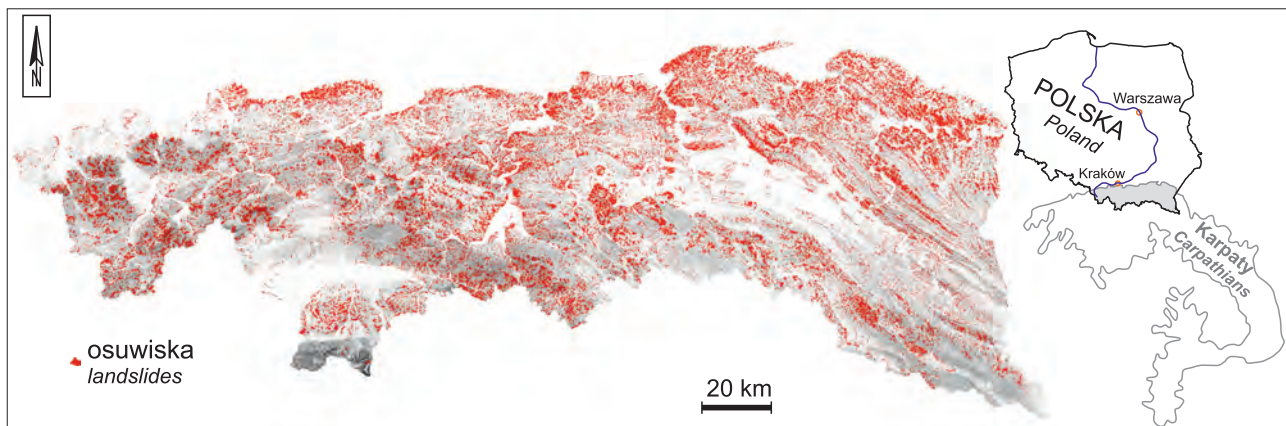
REJESTRACJA OSUWISK

W projekcie SOPO był to rok zakończenia jego III etapu. Podczas jego realizacji powstała kompletna *Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000* (MOTZ) dla całego obszaru Karpat, gdzie rozpoznano łącznie blisko 83,5 tys. osuwisk (ryc. 5), oraz dla kilkudziesięciu powiatów na pozostałym obszarze Polski.

Podobnie jak w latach poprzednich w 2024 r. rozpoznanie terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz terenów, na których występują te ruchy, na potrzeby MOTZ wykorzystywanej przez starostów do prowadzenia rejestru osuwisk, odbywało się zarówno w ramach projektu SOPO, jak i przez firmy geologiczne, które wykonywały prace na zlecenie urzędów powiatowych.

W 2024 r. zakończono opracowanie MOTZ dla 11 gmin: Dynów, Baligród, Zagórz, Lutowiska, Ustrzyki Dolne, Cisna, Olszanica, Rzeszów, Tyczyn, Komańcza oraz Sanok, gdzie zarejestrowano sumarycznie 11 024 osuwiska. Wskaźnik gęstości osuwiskowej G sensu Bober (1984) dla wszystkich tych gmin wynosi średnio 5,35 osuwiska/km², natomiast powierzchnia jaką zajmują osuwiska w tych gminach to 5,18% (tab. 2).

Liczba zinwentaryzowanych osuwisk w poszczególnych gminach była bardzo zmienna (tab. 2). Najwięcej osuwisk rozpoznano w gminie Ustrzyki Dolne, w której zarejestrowano 2434 osuwiska (tab. 2). Pomimo ogromnej ilości rozpoznanych form, gmina ta charakteryzuje się umiarkowanym ryzykiem osuwiskowym. Jedynie w obrębie 18 osuwisk znajduje się zabudowa, a 205 osuwisk może stanowić zagrożenie dla ciągów komunikacyjnych (Kwecko, 2024). Ponad 1000 osuwisk zarejestrowano w trzech gminach (tab. 2): Komańcza (1736 osuwiska), Sanok (1258) i Dynów (1103). Również w tych przypadkach, ze względu na niską gęstość zaludnienia, gminy charakteryzują się umiarkowanym ryzykiem osuwiskowym. Jedynie kilkadziesiąt osuwisk stanowi tam zagrożenia dla zabudowy, ciągów komunikacyjnych czy infrastruktury przesyłowej. Istotnym elementem było opracowanie MOTZ dla miasta Rzeszów i gminy Tyczyn, gdzie tereny zabudowane stanowią duży udział ich powierzchni, a szybko postępująca urbanizacja prowadzi do zagospodarowania terenów dotychczas nieużytkowanych, często zagrożonych ruchami masowymi. W obszarze Rzeszowa rozpoznano 332 osuwiska (tab. 2), a ich największe zagęszczenie obserwuje się w południowych i południowo-wschodnich dzielnicach miasta (Walicka i in., 2024). Są to głównie obszary leżące na progu Karpat, w obrębie płaszczowiny skolskiej. W gminie Tyczyn rozpoznano 706 osuwisk (tab. 2), a największe z nich znajdują się w południowej części gminy, co jest związane z występowaniem w podłożu fliszu piaskowcowo-lupkowego zbudowanego głównie z warstw hieroglifowych i menilitowych oraz warstw krośnieńskich (Górka



Ryc. 5. Rozmieszczenie osuwisk w polskiej części Karpat wg danych SOPO na dzień 31.12.2024 r. Mapa poglądowa nie uwzględnia obszarów parków narodowych

Fig. 5. Landslide distribution in the Polish part of the Carpathians, based on SOPO database as of December 31, 2024. Data from national parks are not included

Tab. 2. Ranking gmin, dla których zakończono MOTZ w 2024 r., pod względem podstawowych parametrów osuwiskowych
Table 2. Ranking of communes for which the MOTZ was completed in 2024, shown in terms of basic landslide parameters

Liczba osuwisk / Number of landslides			Gęstość osuwisk / Landslide density			Powierzchnia osuwisk / Landslide area		
Pozycja Position	Gmina Commune	Liczba Number	Pozycja Position	Gmina Commune	G [os/km ²]	Pozycja Position	Gmina Commune	Osuwiskowość Landslides area [%]
1	Ustrzyki Dolne	2434	1	Tyczyn	13,1	1	Tyczyn	10,2
2	Komańcza	1736	2	Dynów	9,3	2	Dynów	8,4
3	Sanok	1258	3	Olszanica	6,1	3	Baligród	6,8
4	Dynów	1103	4	Sanok	5,4	4	Cisna	6,4
5	Lutowiska	875	5	Ustrzyki Dolne	5,1	5	Komańcza	5,9
6	Cisna	760	6	Baligród	4,6	6	Sanok	5,5
7	Baligród	727	7	Komańcza	3,8	7	Lutowiska	4,1
8	Tyczyn	706	8	Zgórz	3,3	8	Olszanica	3,8
9	Olszanica	566	9	Cisna	2,9	9	Ustrzyki Dolne	2,6
10	Zgórz	527	10	Rzeszów	2,6	10	Zgórz	1,9
11	Rzeszów	332	11	Lutowiska	2,6	11	Rzeszów	1,4
Suma / Total		11 024	średnio / average		5,35	średnio / average		5,18

Tab. 3. Ranking powiatów, dla których zakończono realizację MOTZ w 2024 r., pod względem podstawowych parametrów osuwiskowych
Table 3. Ranking of counties for which the implementation of the MOTZ was completed in 2024, shown in terms of basic landslide parameters

Liczba osuwisk / Number of landslides			Gęstość osuwisk / Landslides density			Powierzchnia osuwisk / Landslides area		
Pozycja Position	Powiat County	Liczba Number	Pozycja Position	Powiat County	G [os/km ²]	Pozycja Position	Powiat County	Osuwiskowość Landslides area [%]
1	krakowski*	444	1	lidzbarski	0,425	1	krakowski*	0,323
2	lidzbarski	393	2	krakowski*	0,417	2	jeleniogórski (karkonoski)	0,189
3	lipnowski	150	3	jeleniogórski (karkonoski)	0,196	3	zgorzelecki	0,169
4	zgorzelecki	143	4	sandomierski	0,194	4	lipnowski	0,155
5	sandomierski	131	5	zgorzelecki	0,170	5	lidzbarski	0,114
6	jeleniogórski (karkonoski)	123	6	lipnowski	0,148	6	kamiennogórski	0,106
7	janowski	90	7	janowski	0,103	7	sandomierski	0,072
8	człuchowski	62	8	kamiennogórski	0,088	8	średzki	0,027
9	opatowski	45	9	dzierżoniowski	0,073	9	janowski	0,023
10	szczecinecki	44	10	opatowski	0,049	10	dzierżoniowski	0,019
11	kamiennogórski	35	11	człuchowski	0,039	11	ełcki	0,014
12	dzierżoniowski	35	12	średzki	0,029	12	opatowski	0,013
13	toruński	33	13	toruński	0,027	13	człuchowski	0,011
14	nakielski	21	14	szczecinecki	0,025	14	toruński	0,010
15	średzki	18	15	nakielski	0,019	15	gostyński	0,007
16	gostyński	15	16	gostyński	0,019	16	szczecinecki	0,006
17	ełcki	12	17	ełcki	0,011	17	nakielski	0,003
Suma / Total		1794	średnio / average		0,12	średnio / average		0,074

* dotyczy pozakarpaciej części powiatu krakowskiego (bez gmin: Skawina, Mogilany, Świątyni Górne) / applies to the non-Carpathian part of the Kraków county (excluding the Skawina, Mogilany, and Świątyni Górne communes).

i in., 2024). Pomimo że w gminie Tyczyn nie rozpoznano największej liczby osuwisk w stosunku do pozostałych gmin, w których zakończono prace w 2024 r., to gmina ta charakteryzuje się największym wskaźnikiem gęstości osuwiskowej G wynoszącym 13,1 osuwisk/km² (tab. 2) oraz największą osuwiskowością powierzchniową, która stanowi ponad 10% powierzchni obszaru gminy.

Południowo-wschodnia część miasta Rzeszów i gmina Tyczyn charakteryzują się wysokim ryzykiem osuwiskowym. Uwzględnianie osuwisk w aktach planowania prze-

strzennego, ograniczanie inwestycji lub świadome inwestowanie na obszarach osuwiskowych, zwłaszcza w tak rozwijających się pod względem urbanizacji rejonach, może w znacznym stopniu ograniczyć przyszłe ryzyko osuwiskowe.

W 2024 r. zarejestrowano również osuwiska poza obszarem Karpat. Zakończono pracę w 17 powiatach (tab. 3). Na ich terenie rozpoznano 1794 osuwiska, z czego najwięcej w powiecie lidzbarskim (393) oraz pozakarpaciej części powiatu krakowskiego (444). Pomimo stosunkowo dużej

liczby osuwisk w powiecie lidzbarskim ryzyko osuwiskowe nie jest wysokie, a największe zagrożenie wystąpienia ruchów masowych dotyczy zboczy dolin rzecznych w miastach Lidzbark Warmiński oraz Orneta, które są zbudowane ze zróżnicowanych litologicznie i podatnych na osuwanie glin zwałowych (Mianowski, Rubinkiewicz, 2024). W pozakarpackiej części powiatu krakowskiego najwięcej osuwisk zarejestrowano w gminie Krzeszowice (124 osuwiska), Zabierzów (78 osuwisk) oraz Kocmyrzów-Luborzyca (57 osuwisk; Marciniak i in., 2024).

Należy mieć na uwadze, że zdecydowana większość zarejestrowanych form osuwiskowych to formy bardzo stare, zwykle istniejące od tysięcy lat, które nie zostały wcześniej zinwentaryzowane w sposób zgodny z wymogami Rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 4 grudnia 2020 r. w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi (Rozporządzenie, 2020). W większości są to osuwiska małe o powierzchni do 1 ha, choć zdarzają się również osuwiska znacznie większe, jak np. osuwisko w powiecie krakowskim (gmina Kocmyrzów-Luborzyca) o powierzchni 36,5 ha. Wskaźnik gęstości osuwiskowej G dla wszystkich 17 powiatów, dla których zakończono realizację MOTZ w 2024 r., jest niemal 45 razy mniejszy niż w przypadku zakończonych w tym samym roku 11 gmin karpaccich (tab. 2, 3). Powierzchnia, jaką zajmują osuwiska w tych powiatach, jest 70 razy mniejsza od łącznej powierzchni osuwisk zarejestrowanych w 11 gminach karpaccich.

Tab. 4. Zestawienie gmin, dla których zakończono prace aktualizacyjne MOTZ w 2024 r.

Table 4. List of municipalities for which the MOTZ update was completed in 2024

Województwo <i>Voivodeship</i>	Powiat <i>County</i>	Gmina <i>Municipality</i>
Śląskie	bielski	Bestwina
		Buczkowice
		Czechowice-Dziedzice
		Jasienica
		Jaworze
		Kozy
		Wilamowice
	cieszyński	Cieszyn
		Skoczów
		Istebna
	żywiecki	Łodygowice
		Lipowa
		Świnna
Węgierska Górka		
Małopolskie	bocheński	Bochnia miasto
		Bochnia wieś
		Trzciana
		Żegocina
	limanowski	Niedźwiedź
	myślenicki	Pcim
		Tokarnia
	nowotarski	Spytkowice
	oświęcimski	Zator
	suski	Jordanów miasto
Jordanów wieś		
wielicki	Biskupice	
Podkarpackie	strzyżowski	Strzyżów

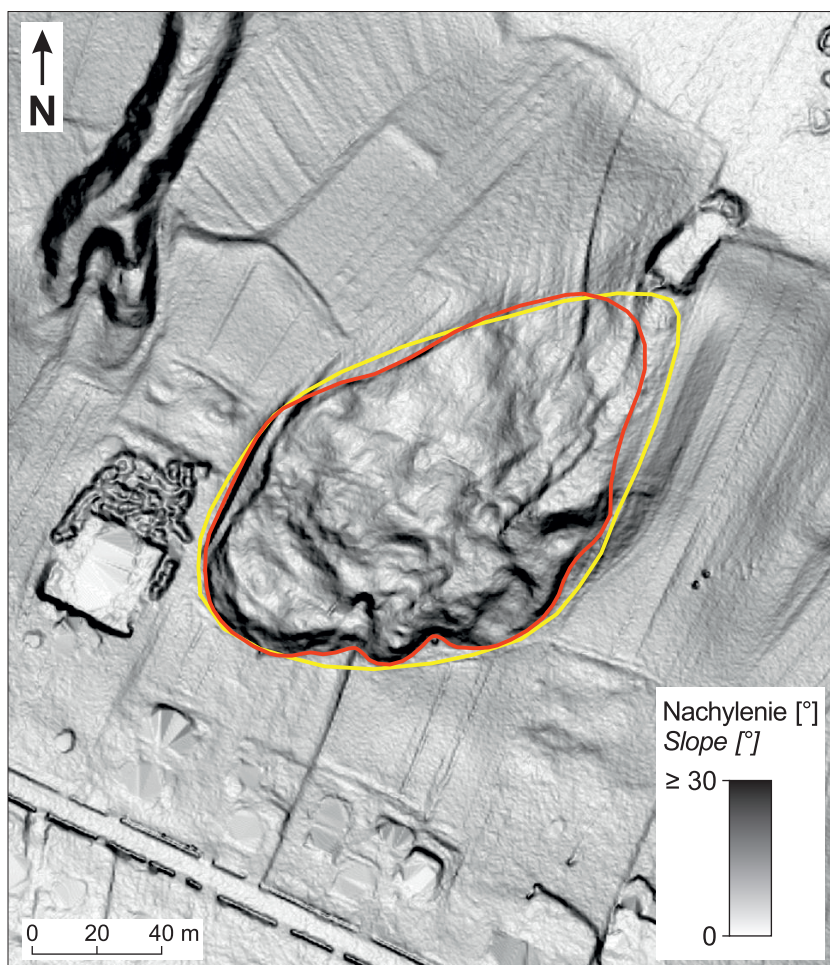
W 2024 r. prowadzono również prace związane z aktualizacją MOTZ. Jest ona konieczna do prawidłowego i skutecznego zarządzania ryzykiem osuwiskowym (Wódka i in., 2025b). Wynika to głównie z dwóch aspektów. Po pierwsze, osuwiska są zjawiskiem dynamicznym (Kleczkowski, 1955; Dikau i in., 1996). Ich granice, rzeźba wewnętrzna i stopień aktywności ulegają zmianom w czasie na skutek oddziaływania czynników naturalnych oraz antropopresji. Po drugie, postęp technologiczny i łatwiejszy dostęp do zawansowanych danych przestrzennych umożliwia spojrzanie na problematykę ruchów masowych z szerszej perspektywy lub ocenę zjawiska w miejscach trudno dostępnych. W ostatnim czasie szczególnie lotniczy skaningu laserowego (*Airborne Laser Scanning*, ALS) zyskał na znaczeniu jako narzędzie wspomagające precyzyjne rozpoznanie, dokumentowanie i monitorowanie procesów osuwiskowych (m.in. Borkowski i in., 2011; Jaboyedoff i in., 2012; Wojciechowski i in., 2012; Wódka, 2020, 2022).

W 2024 r. zakończono prace aktualizacyjne na obszarze 27 gmin z regionu Karpat, dla których MOTZ wykonano przed katastrofalnymi opadami deszczu z 2010 r. (tab. 4). Aktualizację przeprowadzono na podstawie opracowanej w Centrum Geozagrożeń PIG-PIB *Metodyki wykorzystania danych ALS w badaniu osuwisk i możliwości zastosowania jej do aktualizacji MOTZ* (Wojciechowski i in., 2024a). Polegała ona na doprecyzowaniu granic, elementów rzeźby wewnętrznej, a w niektórych przypadkach również stopni aktywności osuwisk na podstawie analiz wysokorozdzielczych, numerycznych modeli rzeźby terenu wygenerowanych na podstawie danych z ALS oraz uzupełniających, terenowych prac kartograficznych (ryc. 6). W ramach aktualizacji wyznaczono również nowe, wcześniej niezarejestrowane formy osuwiskowe. Przedmiotem aktualizacji były geometria osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz karty rejestracyjne.

ZAGROŻENIA GEOLOGICZNE W STREFIE BRZEGOWEJ BAŁTYKU

Podobnie jak w latach ubiegłych (Wojciechowski i in., 2022, 2024b, 2024c) największe zagrożenia w strefie brzegowej w 2024 r. wiązały się z występowaniem silnego wiatru z kierunków W–NW. Zgodnie z ostrzeżeniami IMGW szczególnie niekorzystne warunki pogodowe panowały od października, zwłaszcza 12 października, w dniach 31 października i 1 listopada, a także w połowie i końcu grudnia (15–16 oraz 31 grudnia, przechodząc w nowy rok). W tym czasie odnotowano silny wiatr wiejący z prędkością 40–65 km/h, a w porywach osiągający od 90 km/h do nawet 115 km/h. Takie warunki były szczególnie dotkliwe dla całego polskiego wybrzeża, sprzyjając intensyfikacji procesów erozyjnych.

Do obszarów polskiego wybrzeża, które w 2024 r. szczególnie doświadczyły skutków sztormów, należy rejon Lubiatowa. Odcinek ten został poddany tak intensywnej erozji, że zmieniła się jego charakterystyka morfologiczna. Dotychczas klasyfikowany jako wybrzeże wydymowo-miezejowe w wyniku erozji na znacznych fragmentach całkowicie utracił wydmy przednią, przy jednoczesnym zredukowaniu profilu plaży. Procesy abrazji objęły następnie starsze pokrywy eoliczne i osady organiczno-mineralne, których cechy litologiczne sprzyjają formowaniu się tego o charakterze zbliżonym do niskiego klifu. Z tego względu terminologia stosowana do opisu badanego odcin-



←

Ryc. 6. Osuwisko w miejscowości Zawada (gmina Bochnia) na numerycznym modelu rzeźby terenu z danych ALS – porównanie granic przed (żółty kolor; Laskowicz, Marciniak, 2008) i po aktualizacji (czerwony kolor; Kamieniarz, 2023). Źródło danych ALS: Główny Urząd Geodezji i Kartografii

Fig. 6. Landslide in Zawada (Bochnia municipality) on an ALS-derived digital terrain model – comparison of boundaries before (yellow; Laskowicz, Marciniak, 2008) and after update (red; Kamieniarz, 2023). ALS source: Head Office of Geodesy and Cartography

ka odnosi się obecnie do stanu przejściowego, pośredniego między brzegiem wydmowo-mierzejowym a klifowym.

W związku z powyższymi obserwacjami psg porównała skalę erozji pomiędzy czerwcem 2024 r. a czerwcem 2025 r. w rejonie Lubiatowa, opierając się na NMT pozyskanym z portalu SIPAM (opracowanego na zlecenie Urzędu Morskiego w Gdyni w czerwcu 2024 r.) oraz modelu wykonanego przez psg w czerwcu 2025 r. Do określenia stopnia zmian wykorzystano parametr Net Shoreline Movement narzędzia DSAS (Himmelstoss i in., 2021). Parametr ten określa odległość między starszą a młodszą linią brzegową pomierzoną w zadanych profilach i wyrażoną w metrach. W przypadku rejonu Lubiatowa erozję analizowano w odniesieniu do cofania się korony nowo uformowanego, abrazyjnego brzegu o charakterze zbliżonym do klifowego.

Na odcinku o długości 1095 m, pomiędzy wejściem na plażę nr 44 a ujściem rzeki Lubiatołki, odnotowano wyraźne i zróżnicowane tempo cofania się brzegu. W ciągu roku zmiany położenia brzegu mieściły się w przedziale od 1,7 m do 9,3 m, przy średniej wartości 4,9 m (ryc. 7). Największe przesunięcia odnotowano we wschodnim fragmencie analizowanego obszaru. Ubytek osadu oszacowano na 19 833 m³, co odpowiada średnio 18 m³ na każdy metr bieżący linii brzegowej. Jest to ubytek wyjątkowo duży, zważywszy na krótki okres analizy obejmujący jedynie 12 miesięcy. Dla porównania, w wielu odcinkach wybrzeża wydmowo-mierzejowego wartości te są zbliżone do kilku metrów cofania się brzegu w skali kilkuletniej, a nie rocznej. Tak wysoka dynamika świadczy o znacznym nasileniu

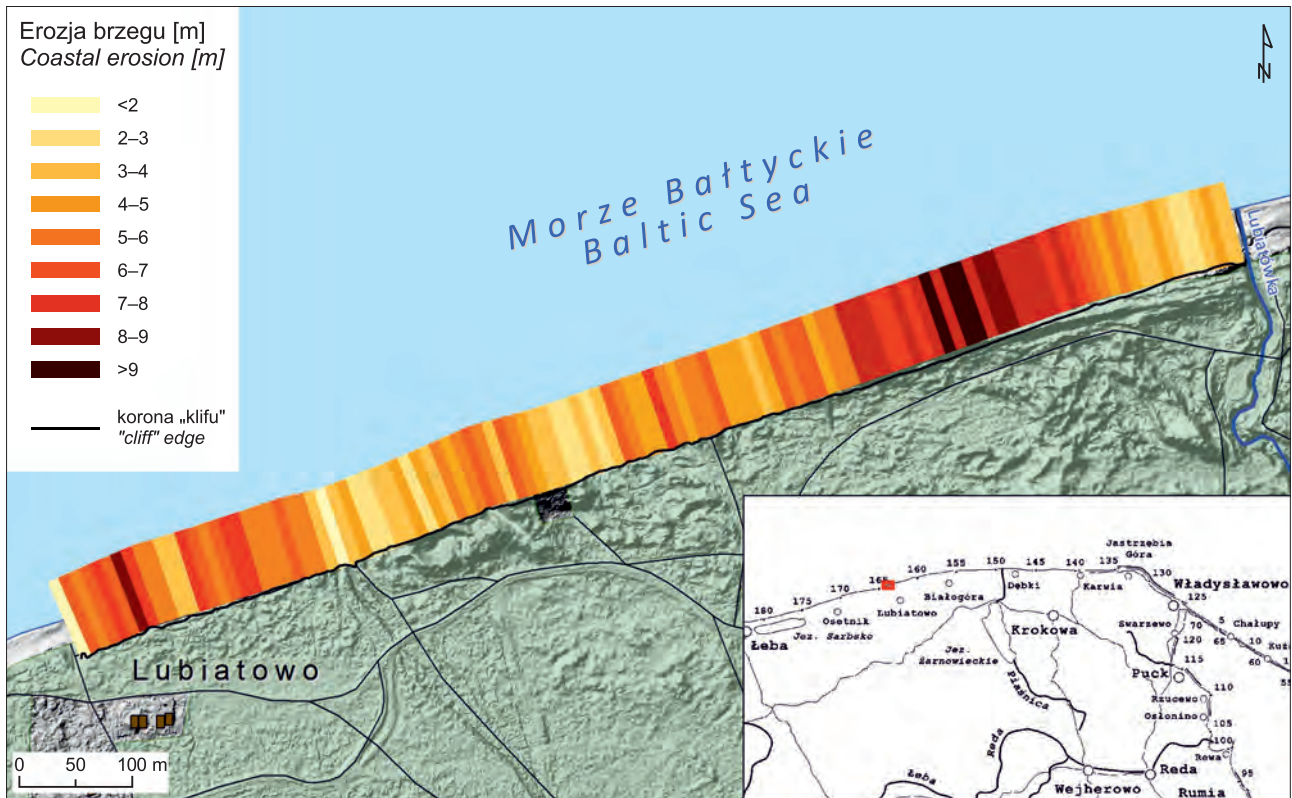
procesów erozyjnych, które mogą prowadzić do trwałej zmiany charakteru badanego fragmentu wybrzeża.

Obserwowane przekształcenia mają nie tylko wymiar geomorfologiczny, lecz także praktyczny. Cofanie się linii brzegowej w tempie kilku metrów rocznie oznacza przyspieszoną utratę cennych zasobów przyrodniczych, a w dłuższej perspektywie także zagrożenie dla infrastruktury lądowej. Dodatkowo ubytek materiału piaszczystego ogranicza możliwość naturalnej odbudowy plaży w okresach spokojniejszych warunków hydrodynamicznych, co wzmacnia efekt kumulatywny kolejnych sztormów.

Stwierdzone wartości należy uznać za bardzo duże, a wręcz rzadko spotykane w tak krótkim czasie obserwacji i należy mieć nadzieję, że opisany proces ma charakter incydentalny. Sytuacja ta jednoznacznie wskazuje na konieczność prowadzenia systematycznych badań i monitoringu strefy brzegowej, obejmujących zarówno pomiary geodezyjne, jak i obserwacje geologiczne. Tylko dzięki długofalowej analizie jest możliwa pełna ocena dynamiki procesów erozyjnych oraz podejmowanie skutecznych działań ochronnych, dostosowanych do zmieniającego się charakteru polskiego wybrzeża.

ZAPADLIŚKA

Potrzebę pilnego stworzenia odpowiedniej strategii likwidacji skutków i przeciwdziałaniu zapadliskom w Polsce unaoczniała sytuacja z 2023 r. w Trzebini (Wojciechowski i in., 2023; Wódka i in., 2024, 2025a; Witkowski i in., 2026) oraz w obszarze olkuskim, gdzie obserwowano ponadnormatywną aktywność zapadlisk. Wydarzenia te



Ryc. 7. Tempo erozji brzegu morskiego w rejonie Lubiatowa w latach 2024–2025
 Fig. 7. Erosion rate of the seashore in the Lubiatowo area in 2024–2025

przyczyniły się do uruchomienia od 2024 r. zadania PSG *Zapadliska – etap I – studium wykonalności*. PIG-PIB podjął się zadań w zakresie swoich kompetencji i przeprowadził w 2024 r. prace, których celem było rozpoznawanie i monitorowanie zapadlisk w rejonie olkuskim, jak również wykonywał prace interwencyjne na terenie całej Polski.

W rejonie olkuskim, gdzie prowadzono eksploatację rud cynku i ołowiu, w celu identyfikacji form zapadliskowych analizom poddano szereg danych, w tym różnoczasowe dane z lotniczego skaningu laserowego, ortofotomapy, historyczne zdjęcia lotnicze, mapy górnicze i archiwalne protokoły z wykazem zlikwidowanych zapadlisk. Wykonano dodatkowe skanowanie laserowe oraz zobrazowanie terenu przy użyciu bezzałogowego statku powietrznego. Wszystkie wytypowane nowe zapadliska zostały zweryfikowane podczas prac terenowych. Efektem przeprowadzonych analiz jest wstępna mapa zapadlisk z zasięgiem wyrobisk i obszarami eksploatacji systemem z zawałem stropu (ryc. 8; Kos i in., 2025).

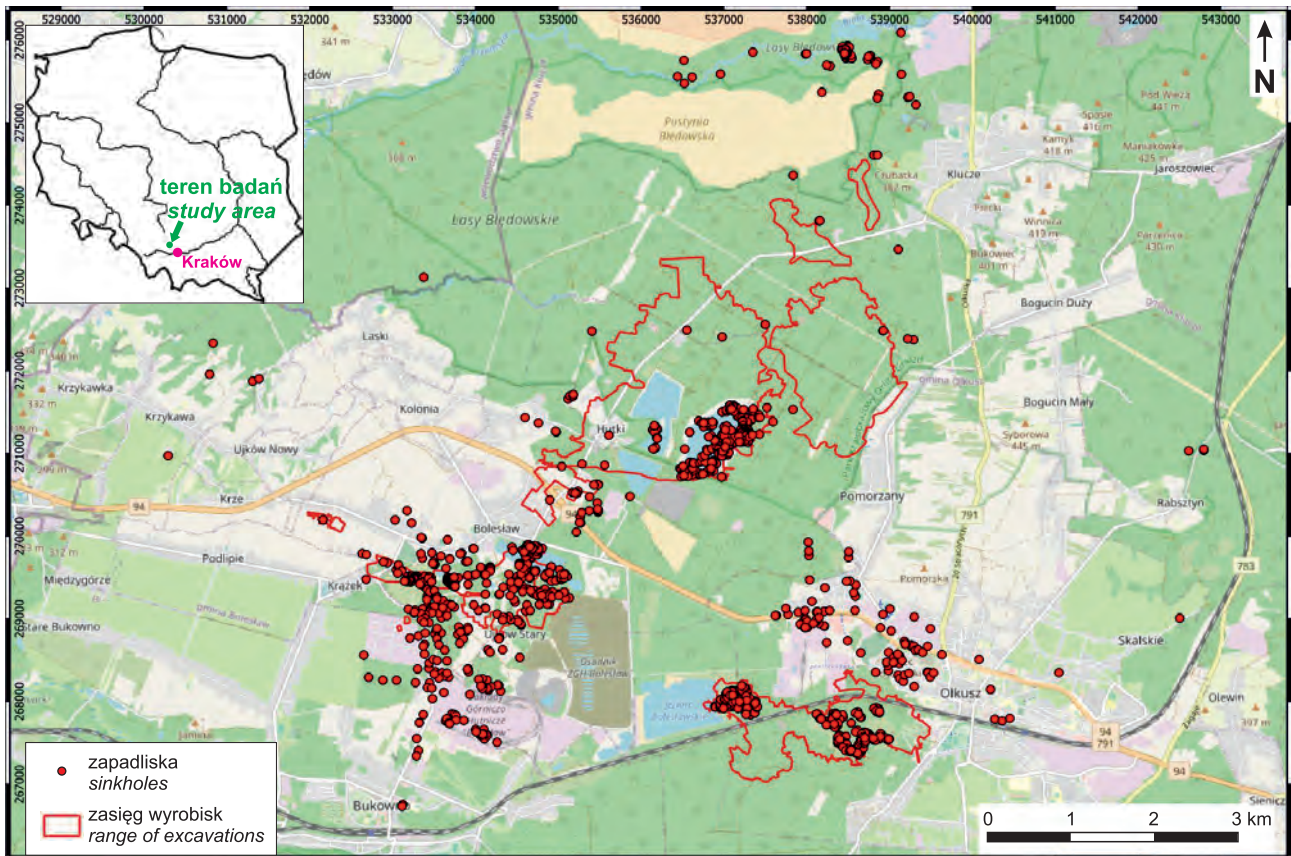
Na wskazanym terenie oddziaływania eksploatacji rud cynku i ołowiu zinventaryzowano 1260 zapadlisk (ryc. 8). Zdecydowana większość lejów zapadliskowych powstała na obszarach dawnej lub współczesnej eksploatacji górniczej w wyniku zapadania się stropu dawnych lub współczesnych wyrobisk i sięgnięcia strefy zawału do powierzchni terenu. Pod względem genezy większość z nich jest związana z eksploatacją prowadzoną systemem z zawałem stropu (Kos i in., 2025), gdzie stwierdzono ok. 700 zapadlisk (55,5%). Formy te są zlokalizowane głównie na obszarach występowania komór poeksploatacyjnych w rejonie Hutek, na południowy zachód od Olkusza oraz na południe od miejscowości Bolesław (ryc. 8). Analiza danych archiwalnych skorelowana z obecnie zinventaryzowanymi zapadli-

skami pozwala stwierdzić, że ok. 36% zapadlisk to formy, które uległy reaktywacji. Proces ten występuje i będzie występował szczególnie w rejonach zalewanych przez wodę oraz na obszarach prowadzonej eksploatacji systemem z zawałem stropu.

Odrębną grupą zapadlisk stanowią te, które powstały poza obszarami bezpośrednich wpływów eksploatacji górniczej współczesnej i historycznej. Tego typu zapadliska zostały zarejestrowane w północnej części badanego obszaru na zachód od miejscowości Klucze (ryc. 8).

Prowadzona inwentaryzacja zapadlisk w obrębie zagospodarowanej części miejscowości Bolesław wskazuje, że tworzą się one w rejonie szybów i szybków, które zostały zasypane. Najczęściej zasypianie to odbywało się w sposób niekontrolowany, a obecnie ze względu na podnoszenie się zwierciadła wody jest obserwowany proces ich reaktywacji. Cechą charakterystyczną tych zapadlisk jest równomierne obniżanie powierzchni terenu. Na obszarach zurbanizowanych miejscowości Bolesław nie ma obecnie widocznych powierzchniowych oznak zapadania wyrobisk.

Jak istotną kwestią jest analiza danych archiwalnych i ich odpowiednia interpretacja wskazuje powstałe w październiku 2024 r. zapadlisko w obrębie korpusu (pas rozdziału) DK 94 w miejscowości Bolesław – km 292+230 (ryc. 9). Miało ono średnicę ok. 2,0 m i ok. 0,5 m głębokości. Kwerenda dostępnych danych archiwalnych wskazywała, że na przedmiotowym terenie nie była prowadzona eksploatacja górnicza przez ZGH *Bolesław*. Obwodnica stanowiła filar ochronny. Dopiero archiwalna mapa z XIX w., która pomimo słabej jakości, wskazała, że w sąsiedztwie obwodnicy prowadzono prace wydobywcze. Analiza morfologii terenu w sąsiedztwie drogi i na mapie archiwalnej wskazuje na występowanie szybików i otworów wierni-



Ryc. 8. Mapa zapadlisk rejonu olkuskiego
Fig. 8. Map of sinkholes in the Olkusz region



Ryc. 9. Lej zapadliskowy w pasie zieleni DK 94. Fot. J. Kos
Fig. 9. A sinkhole in the green belt of DK 94 road. Photo by J. Kos

czych. Powstałe zapadlisko stanowi najprawdopodobniej jedno z takich wyrobisk, gdzie na skutek konsolidacji utworów nasypanych i rozluźnienia dolnych warstw nasypanych, poprzez podnoszenie się zwierciadła wód podziemnych, nastąpiło zapadnięcie gruntów. Po zasypaniu zapadliska następowało dalsze obniżanie materiału zasypowego. Charakterystyczną cechą tego typu zapadlisk jest równomierne osiadanie zasypu na całej szerokości leja.

Przeprowadzone w późniejszym okresie badania geofizyczne potwierdziły założone od początku hipotezy powstania zapadliska. Było to o tyle istotne, że zapadlisko znajduje się w sąsiedztwie pasów drogowych, gdzie pomimo jego powstania odbywał się tam ruch samochodów. Przeprowadzone analizy były niezbędne do rekomendacji odpowiednich rozwiązań.

Przedstawiony przykład wskazuje, jak istotne jest określenie genezy powstającego zapadliska. Powinna się ona opierać na kwerendzie danych archiwalnych i dopiero na tej podstawie można oceniać, jakie jest ryzyko powiększenia obszaru zapadliska oraz jego głębokości. Przykład zapadliska na drodze krajowej DK 94 czy też zapadlisk w centrum Bolesławia wskazuje potrzebę analizy danych archiwalnych pod kątem możliwości powstania nowych zapadlisk w terenach zagospodarowanych. Szczegółowe dane o zapadliskach w rejonie olkuskim zawiera sporządzony raport (Kos i in., 2025).

W 2024 r. w dalszym ciągu tworzyły się nowe zapadliska na terenie byłej KWK *Siersza*. Dwa z nich powstały w sąsiedztwie torów kolejowych, a następne dwa w rejonie ul. Grunwaldzkiej. Zapadliska pogórnice rejestrowano także w innych częściach Polski. W Chrzanowie w rejonie Rospontowa powstało zapadlisko na obszarze prowadzonej w przeszłości eksploatacji rudnej. Przeprowadzone prace

terenowe i kameralne pozwoliły na zidentyfikowanie licznych zapadlisk w sąsiedztwie powstałej deformacji.

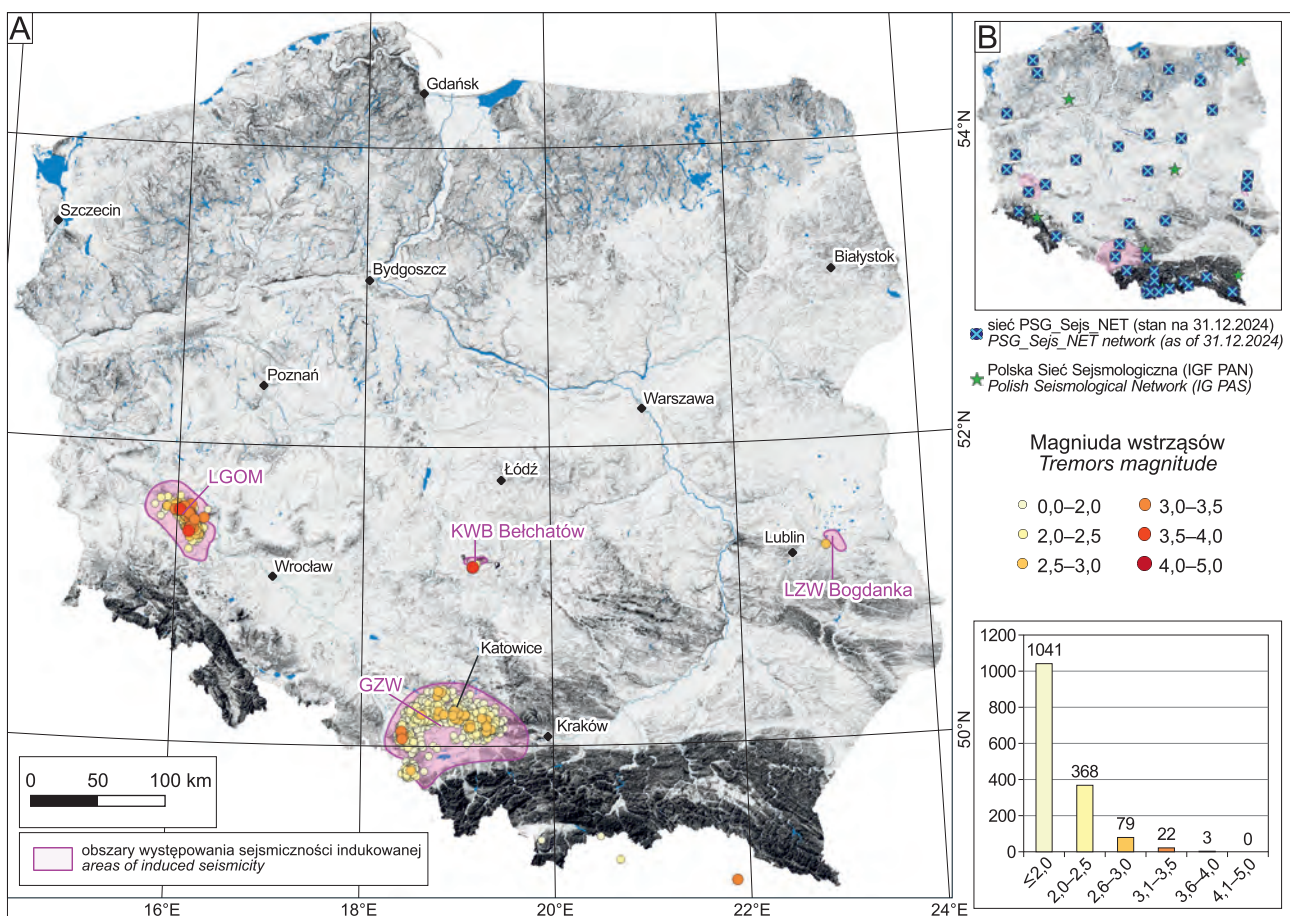
Oprócz zapadlisk związanych z prowadzoną działalnością antropogeniczną w 2024 r. zinventaryzowano znaczną liczbę zapadlisk powstałych w wyniku procesów naturalnych. Zjawiska krasowe doprowadziły do powstania zapadliska w Sąpsowie (powiat krakowski), jak również w Hucie Józefów (powiat kraśnicki), gdzie zapadła się studnia gospodarza ujmująca wody podziemne. W sposób nagły powstało zapadlisko w miejscowości Leśnica (powiat kielecki), gdzie podczas prowadzenia żniw w zapadlisko o głębokości 3 m wpadło koło kombajnu zbożowego. Naturalną genezę powstania mogło mieć także zapadlisko w Krakowie przy ul. Turowicza. Przedmiotem inwentaryzacji były także zapadliska powstałe w wyniku erozyjnej działalności wód powierzchniowych i podziemnych, które powstały w Taciszowie (powiat gliwicki), Żarach, Wieliczce, Markłowicach Dolnych (powiat cieszyński) i w Porębie Lasowskiej (powiat krakowski).

WSTRZĄSY SEJSMICZNE

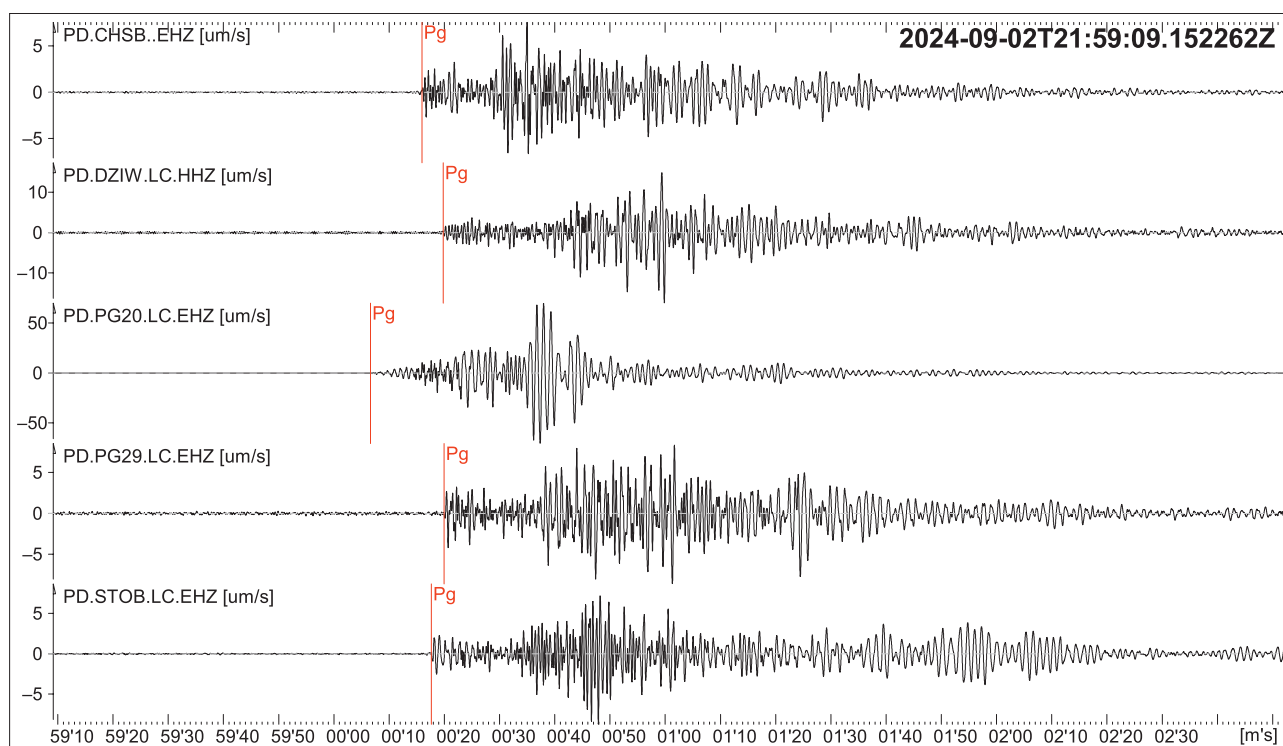
Głównym celem zadania *PSG Monitoring geodynamiczny Polski* jest monitorowanie aktywności sejsmicznej na terenie kraju i w obszarach przygranicznych. Zadanie to było realizowane w 2024 r. poprzez sieć stacji sejsmicz-

nych *PSG_Sejs_NET* rozmieszczonych na terenie całego kraju (ryc. 10B). Według stanu na 31.12.2024 r. w sieci pracowało łącznie 49 stacji sejsmicznych, w tym 31 stacji własnych *PIG-PIB* (2 stałe + 29 mobilnych) oraz 18 stacji należących Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk (*IGF PAN*) w ramach umowy na dostarczenie danych. Dane z Polskiej Sieci Sejsmologicznej (*PLSN*) administrowanej przez *IGF PAN* (Rudziński i in., 2021, Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences, 1990) były wykorzystywane pomocniczo do wykrywania i lokalizowania zjawisk sejsmicznych na obszarze Polski.

W 2024 r. monitoring aktywności sejsmicznej, podobnie jak w latach poprzednich, był oparty na automatycznym systemie alertowania skonfigurowanym z użyciem *SeisComp* (Helmholtz Centre Potsdam GFZ German Research Centre for Geosciences and *GEMPA GmbH*, 2008). Każde wykryte zjawisko było następnie poddane weryfikacji przeprowadzanej w programie *SWIP5* (Wiszniewski i in., 2021). W 2024 r. zarejestrowano i zweryfikowano 1513 wstrząsów lokalnych. Prawie wszystkie zarejestrowane wstrząsy wystąpiły w obszarach występowania sejsmiczności indukowanej: Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (*GZW*), Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym (*LGOM*), regionie Kopalni Węgla Brunatnego (*KWB*) *Belchatów* oraz Lubelskim Zagłębiu Węglowym (*LZW*) (ryc. 10A). Ponadto wykryto cztery zjawiska pochodzenia



Ryc. 10. A – lokalizacja wstrząsów sejsmicznych w 2024 r., B – lokalizacja stacji sejsmicznych sieci *PSG_Sejs_NET* (stan na 31.12.2024 r.) oraz stacji Polskiej Sieci Sejsmologicznej; *GZW* – Górnośląskie Zagłębie Węglowe, *LGOM* – Legnicko-Głogowski Okręg Miedziowy, *KWB Belchatów* – Kopalnia Węgla Brunatnego *Belchatów*, *LZW Bogdanka* – Lubelskie Zagłębie Węglowe *Bogdanka*
Fig. 10. A – location of quake epicenters in 2024, B – location of seismic stations of the *PSG_Sejs_NET* network (as of 31.12.2024); *GZW* – Upper Silesian Coal Basin, *LGOM* – Legnica-Głogów Copper Basin, *KWB Belchatów* – *Belchatów* Lignite Mine, *LZW Bogdanka* – Lublin Coal Basin *Bogdanka*



Ryc. 11. Zapisy wstrząsu sejsmicznego (składowe pionowe) z dnia 2 września 2024 r. o godzinie 21:59:58 UTC o magnitudzie M3.6 zarejestrowanego przez stacje sieci PSG_Sejs_NET: CHSB (Chorzów), DZIW (Dziwie), PG20 (Kielniki), PG29 (Zgoń), STOB (Stobrawa)

Fig. 11. The seismogram (vertical component) of the 2-Sept-2024 21:59:58 UTC (M3.6) event recorded by the PSG_Sejs_NET seismic station: CHSB (Chorzów), DZIW (Dziwie), PG20 (Kielniki), PG29 (Zgoń), and STOB (Stobrawa)

naturalnego z obszaru Karpat Zachodnich (jedno zjawisko na Podhalu i trzy na obszarze Słowacji).

Najsilniejsze zjawiska sejsmiczne na terenie kraju (wszystkie o magnitudzie 3.6) odnotowano w dniach:

- ❑ 6 sierpnia 2024 r. o godz. 23:22:15 UTC z epicentrum wstrząsu w regionie LGOM,
- ❑ 2 września 2024 r. o godz. 21:59:58 UTC z epicentrum regionie KWB *Bełchatów*,
- ❑ 20 września 2024 r. o godz. 20:11:30 UTC – również w regionie LGOM.

Sejsmogramy zjawiska z regionu KWB *Bełchatów* zarejestrowane na pięciu najbliższych stacjach sieci PSG_Sejs_NET zaprezentowano na rycinie 11.

DEFORMACJE POWIERZCHNI TERENU

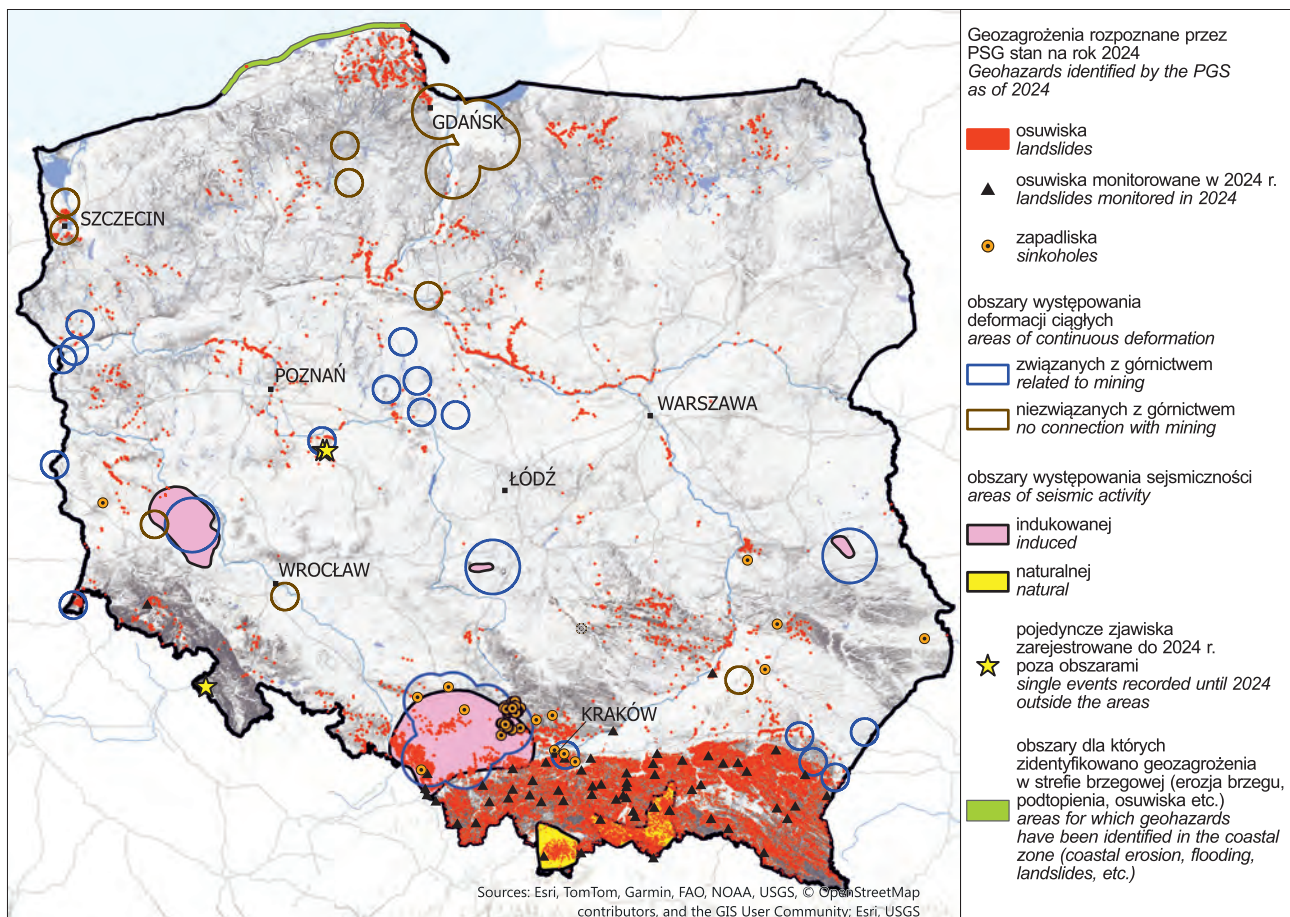
W 2024 r. kontynuowano identyfikację obszarów występowania ciągłych deformacji terenu w Polsce w ramach zadania państwowej służby geologicznej *Interferometryczny Monitoring Terenu Polski* (InMoTEP), bazującego na danych z serwisu *European Ground Motion Service* (EGMS), (Costantini i in., 2021; Crosetto i in., 2021). Analizy obejmują cykliczną identyfikację miejsc występowania ciągłych deformacji istotnych w skali kraju dla kolejnych okresów. Z uwagi na powolny charakter procesów obejmujący wiele lat, nie prowadzi się katalogu występowania deformacji dla jednego roku, jednak można zauważyć, że w 2024 r. deformacje występowały w podobnych lokalizacjach jak w latach poprzednich (Wojciechowski i in., 2024c; Przyłucka i in., 2025), obejmując 29 miejsc, w tym 7 nowo wyznaczonych lokalizacji (ryc. 12). 20 obszarów jest związanych

z prowadzeniem działalności górniczej na terenie złóż: miedzi (jeden obszar), soli (trzy obszary), węgla brunatnego (sześć obszarów), węgla kamiennego (dwa obszary) i gazu ziemnego oraz ropy naftowej (osiem obszarów). Pozostałe dziewięć obszarów wymaga wykonania dokładniejszych analiz, w celu wyłonienia przyczyny zaobserwowanych osiadań, mogą one być antropogeniczne lub związane z kompaktacją gruntów. Największe z nich występują na Żuławach Wiślanych. Mapy deformacji terenu są dostępne na geoportalu Geologia PIG-PIB (<https://geologia.pgi.gov.pl/mapy/?page=Deformacje-terenu>).

PODSUMOWANIE

Zagrożenia geologiczne w 2024 r. w Polsce pojawiały się na znacznych obszarach (ryc. 12), przy czym należy zaznaczyć, że odczuwalność poszczególnych zagrożeń była dostrzegana zazwyczaj lokalnie. Świadomość społeczeństwa o ich istnieniu zamyka się zazwyczaj w granicach najbliższego otoczenia czy regionu, w którym mieszkają. Duży wpływ na tę świadomość ma przekaz medialny, a ten jest zazwyczaj nadawany tylko wtedy, gdy dojdzie do spektakularnych zdarzeń.

Niniejszy artykuł ma na celu podnoszenie świadomości społecznej o zagrożeniach geologicznych w całej Polsce. W 2024 r. po raz kolejny w Polsce występował problem z zapadliskami, tym razem głównie w rejonie olkuskim. Zarejestrowano ponad 1400 wstrząsów sejsmicznych, z których na szczęście większość nie była odczuwana przez człowieka. W dalszym ciągu ze wszystkich zagrożeń geologicznych największe uszkodzenia i zniszczenia powodują



Ryc. 12. Zagrożenia geologiczne w Polsce – stan na 2024 rok
Fig. 12. Geological hazards in Poland – as of 2024

wały osuwiska. Nie bez znaczenia jest również erozja brzegu morskiego Bałtyku, jak również deformacje ciągłe pojawiające się w wielu miejscach kraju.

Autorzy artykułu pragną podziękować wszystkim pracownikom Centrum Geozagrożeń oraz z innych komórek organizacyjnych PIG-PIB, które nam pomagały, za ciężką pracę, której wyniki stanowiły podstawę do napisania niniejszego artykułu. Dziękujemy także Recenzentowi za trud włożony w sprawdzenie artykułu i trafne uwagi, które wpłynęły na jakość publikacji.

LITERATURA

- BOBER L. 1984 – Rejony osuwiskowe w polskich Karpatach fliszowych i ich związek z budową geologiczną regionu. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, 340: 115–158.
- BORKOWSKI A., PERSKI Z., WOJCIECHOWSKI T., JÓŻKÓW G., WÓJCIK A. 2011 – Landslides mapping in Roznow lake vicinity, Poland using airborne laser scanning data. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 8 (3): 325–333.
- COSTANTINI M., MINATI F., TRILLO F., FERRETTI A., NOVALI F., PASSERA E., DEHLS J., LARSEN Y., MARINKOVIC P., EINEDER M., BRCIC R., SIEGMUND R., KOTZERKE P., PROBECK M., KENYERES A., PROIETTI S., SOLARI L., ANDERSEN H.S. 2021 – European ground motion service (EGMS). [W:] 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS: 3293–3296.
- CROSETTO M., SOLARI L., BALASIS-LEVINSEN J., BATESON L., CASAGLI N., FREI M., OYEN A., MOLDESTAD D.A., MRÓZ M. 2021 – Deformation monitoring at European scale: the Copernicus Ground Motion Service. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B3-2021: 141–46; doi: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2021-141-2021
- DIKAU R., BRUNSDEN D., SCHROTT L., IBSSEN M.-L. (red.) 1996 – *Landslide Recognition: Identification, Movements and Causes*. Wiley, Chichester.

- GÓRKA K., PIOTROWSKI A., ZIOMEK K. 2024 – *Objaśnienia do Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000, gmina Tyczyn, powiat rzeszowski, woj. podkarpackie*. Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa.
- HELMHOLTZ-CENTRE POTSDAM, 2008 – *GFZ German Research Centre for Geosciences and gempa GmbH 2008. The SeisComP seismological software package*. GFZ Data Services; doi: 10.5880/GFZ.2.4.2020.003
- HIMMELSTOSS E.A., HENDERSON R.E., KRATZMANN M.G., FARRIS A.S. 2021 – *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.1 User Guide – Open-File Report*, U.S. Geological Survey. <https://geologia.pgi.gov.pl/mapy/?page=Deformacje-terenu>
- INSTITUTE OF GEOPHYSICS, POLISH ACADEMY OF SCIENCES, 1990 – *Polish Seismological Network [Data set]*. International Federation of Digital Seismograph Networks; doi: 10.7914/90rh-0q80
- JABOYEDOFF M., OPPIKOFER T., ABELLAN A., DERRON M.-H., ALEXANDRE L., METZGER R., PEDRAZZINI A. 2012 – Use of LIDAR in landslide investigations. *Natural Hazards*, 61 (1): 5–28.
- KAMIENIARZ S. 2023 – *Karta rejestracyjna terenu, na którym występują ruchy masowe ziemi (nr ewidencyjny 12-01-022-4030) w miejscowości Zawada*. Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa.
- KLECZKOWSKI A. 1955 – *Osuwiska i zjawiska pokrewne*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- KOS J., WOJCIECHOWSKI T., WÓJCIK A., ZAJĄC M., KAMIENIARZ S., PRZYLUCKA M., PERSKI Z., KARWACKI K., WÓDKA M., WARMUZ B., JURECZKA J., NADŁONEK W., RYCIO E., NESCIERUK P., SIKORA R., CURYŁO J., BUDZIŃSKI D., WALICKA A., BALICKI L., ROLKA M., KRIEGER W., ŁUGIEWICZ-MOŁAS I., HADRO J., SUSZKA G., STRZEMIŃSKA K., GÓRKA K., RUDNICKI A., ŚCIURKA A. 2025 – *Raport z prac analitycznych o deformacjach terenu dla rejonu oddziaływania eksploatacji rud cynku i ołowiu w rejonie olkuskim*. Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa; <https://www.pgi.gov.pl/zapadliska-home/zapadliska-alias/rejon-olkuski>
- KWIECZO P. 2024 – *Objaśnienia do Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10 000, gmina Ustrzyki Dolne, powiat bieszczadzki, woj. podkarpackie*. Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa.

- LASKOWICZ I., MARCINIEC P. 2008 – Karta rejestracyjna osuwiska (nr ewidencyjny 12-01-022-4030) w miejscowości Zawada. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- MARCINIEC P., BALICKI L., BIELAK M., GÓRKA K., JANECZEK A., KAMIENIARZ S., KOS J., LASKOWICZ I., RYCIO E., WALICKA A., WÓDKA M., ZIMNAL Z. 2024 – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000, gminy: Czernichów, Igołomia-Wawrzeńczyce, Iwanowice, Jerzmanowice-Przeginia, Kocmyrzów-Luborzyca, Krzeszowice, Liszki, Michałowice, Skała, Słomniki, Sułoszowa, Wielka Wieś, Zabierzów, Zielonki, powiat krakowski, woj. małopolskie. Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa.
- MIANOWSKI R., RUBINKIEWICZ J. 2024 – Objasnienia do Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000, powiat lidzbarski, woj. warmińsko-mazurskie. Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa.
- PRZYŁUCKA M., PERSKI Z., CISŁO M. 2025 – Interferometryczny Monitoring Powierzchni Terenu Polski Badania zmian terenu prowadzone przez PSG na podstawie danych InSAR. *Przegląd Geologiczny*, 73 (8): 631–639.
- ROZPORZĄDZENIE, 2020 – Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 4 grudnia 2020 r. w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi. *Dz.U.* z 2020 r. poz. 2270.
- RUDZIŃSKI Ł., LASOCKI S., ORLECKA-SIKORA B., WISZNIEWSKI J., OLSZEWSKA D., KOKOWSKI J., MIREK J. 2021 – Integrating Data under the European Plate Observing System from the Regional and Selected Local Seismic Networks in Poland. *Seismological Research Letters*, 92 (3): 1717–1725.
- USTAWA, 2011 – Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze. *Dz.U.* z 2026 r. poz. 69.
- USTRNUL Z., BIERNACIKI D., WALUS K., CHILIŃSKA A., WASIELEWSKA K., KOPACZKA-LEPA D., KUSEK K. 2025 – Biuletynu Monitoringu Klimatu Polski. IMGW-PIB; <https://imgw.pl/wp-content/uploads/2025/07/RAPORT-IMGW-PIB-Klimat-Polski-2024.pdf>
- WALICKA A., GÓRKA K., RYCIO E. 2024 – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000, gmina: miasto Rzeszów, woj. podkarpackie. Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa.
- WARMUZ B., NESCIERUK P. 2019 – Dynamika przemieszczeń wybranych osuwisk w Karpatach. *Przegląd Geologiczny*, 67 (5): 326–331.
- WISZNIEWSKI J., PLESIEWICZ B., HOLECZEK G. 2021 – Zastosowanie oprogramowania SWIP5 do analizy zagrożenia sejsmicznego w kopalniach. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, 5: 2–6.
- WITKOWSKI W. T., GUZY A., ŁUCKA M., KUSZTYKIEWICZ K. 2026 – Hydro-Spectral Sentinel-1/2 Precursors of Sinkhole Occurrence in a Flooded Post-Mining Area. *Ieee Geoscience and Remote Sensing Letters*, 23, 8001005.
- WOJCIECHOWSKI T., BORKOWSKI A., PERSKI Z., WÓJCIK A. 2012 – Dane lotniczego skaningu laserowego w badaniu osuwisk – przykład osuwiska w Zbyszycach (Karpaty zewnętrzne). *Przegląd Geologiczny*, 60 (2): 95–102.
- WOJCIECHOWSKI T., JURECZKA J., WÓDKA M., KAMIENIARZ S., KARWACKI K., PERSKI Z., SIKORA R., NADŁONEK W., ROLKA M., KRIEGER W., MAŚLANKA R., ZAJĄC M., PRZYŁUCKA M., STRZEMIŃSKA K., NESCIERUK P., KOS J. 2023 – Raport trzeci z prac analitycznych o deformacjach terenu w Trzebini. Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa; <https://www.pgi.gov.pl/zapadliska>
- WOJCIECHOWSKI T., KAMIENIARZ S., WÓDKA M., LASKOWICZ I., ZIMNAL Z., RUBINKIEWICZ J., SIKORA R., KARWACKI K., PERSKI Z., WÓJCIK A., KUŁAK M., KOS J. 2024a – Metodyka wykorzystania danych ALS w badaniu osuwisk i możliwości zastosowania jej do aktualizacji MOTZ. Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa.
- WOJCIECHOWSKI T., LASKOWICZ I., KOS J., MARCINIEC P., UŚCINOWICZ G., KARKOWSKA K., PRZYŁUCKA M., WÓDKA M. 2022 – Zagrożenia geologiczne w Polsce w 2021 roku. *Przegląd Geologiczny*, 70 (9): 617–626.
- WOJCIECHOWSKI T., LASKOWICZ I., KOS J., MARCINIEC P., UŚCINOWICZ G., KARKOWSKA K., PRZYŁUCKA M., WÓDKA M., KAMIENIARZ S. 2024b – Zagrożenia geologiczne w Polsce w 2022 roku. *Przegląd Geologiczny*, 72 (9): 439–450.
- WOJCIECHOWSKI T., LASKOWICZ I., NESCIERUK P., MARCINIEC P., UŚCINOWICZ G., CZERWIŃSKI T., PERSKI Z. 2021 – Zagrożenia geologiczne w Polsce w 2020 roku. *Przegląd Geologiczny*, 69 (5): 303–311.
- WOJCIECHOWSKI T., WÓDKA M., KAMIENIARZ S., KOS J., KARKOWSKA K., LASKOWICZ I., MARCINIEC P., WARMUZ B., UŚCINOWICZ G., PRZYŁUCKA M. 2024c – Zagrożenia geologiczne w Polsce w 2023 roku. *Przegląd Geologiczny*, 72 (12/1): 671–684.
- WÓDKA M. 2020 – Ocena aktywności wybranych osuwisk w rejonie Jeziora Rożnowskiego w świetle badań terenowych oraz analiz różnicowych modeli terenu. *Przegląd Geologiczny*, 68 (1): 60–68.
- WÓDKA M. 2022 – Conditions of landslide development during the last decade in the Rożnów Dam-Lake region (Southern Poland) based on Airborne Laser Scanning (ALS) data analysis. *Geological Quarterly*, 66 (4); <http://dx.doi.org/10.7306/gq.1636>
- WÓDKA M., KAMIENIARZ S., CURYŁO J., WOJCIECHOWSKI T., ZAJĄC M., KOS J. 2025a – Sinkholes detection in the post-mining Olkusz–Bolesław region (Southern Poland) using a drone-based thermal camera. *Geological Quarterly*, 69 (3); <https://doi.org/10.7306/gq.1800>
- WÓDKA M., KAMIENIARZ S., WOJCIECHOWSKI T., PRZYŁUCKA M., PERSKI Z., SIKORA R., KARWACKI K., JURECZKA J., NADŁONEK W., KRIEGER W., ZAJĄC M. 2024 – Post-mining deformations in the area affected by the former “Siersza” hard coal mine in Trzebinia (southern Poland). *Geological Quarterly*, 68 (1), 3; <http://dx.doi.org/10.7306/gq.1726>
- WÓDKA M., WOJCIECHOWSKI T., LASKOWICZ I., RUBINKIEWICZ J., ZIMNAL Z., GÓRKA K., MARCINIEC P., GRABOWSKI D., KAMIENIARZ S., KARWACKI K., KUŁAK M., SIKORA R. 2025b – Instrukcja opracowania Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000. Wydanie II. Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa.

Praca wpłynęła do redakcji 27.01.2026 r.
Akceptowano do druku 10.03.2026 r.