

## Zagrożenia geologiczne w Polsce w 2021 roku

Tomasz Wojciechowski<sup>1</sup>, Izabela Laskowicz<sup>2</sup>, Jarosław Kos<sup>1</sup>, Paweł Marciniak<sup>1</sup>,  
Grzegorz Uścińowicz<sup>3</sup>, Kamila Karkowska<sup>4</sup>, Maria Przyłucka<sup>4</sup>, Marcin Wódka<sup>1</sup>



T. Wojciechowski



I. Laskowicz



J. Kos



P. Marciniak



G. Uścińowicz



K. Karkowska



M. Przyłucka



M. Wódka

**Geohazards in Poland in 2021.** Prz. Geol., 70: 617–626.

*Abstract.* Geological hazards caused by landslides, earthquakes, erosion, land surface deformation and collapse in 2021 in Poland were among the average compared to recent years. They did, however, affect material losses. The Polish Geological Survey (PGS) recorded 41 events related to sudden landslide activations, which damaged or destroyed 17 road sections. Through ongoing monitoring of 72 landslides, 33 were shown to be active. In 2021, more than 5,200 landslides were identified and inventoried in Poland. Geodynamic monitoring performed by PGS recorded 611 seismic events in Poland, whose magnitudes reached M4.2. In addition, using satellite radar interferometry, continuation of land surface deformations was found mainly in mining areas. In 2021, there was a number of collapses of various origins. The paper is a brief report

on the ongoing tasks of the Polish Geological Survey in the field of geological hazards and presents events that took place in Poland in 2021.

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

Zagrożenia geologiczne stale towarzyszą mieszkańcom Polski, a częstym ich skutkiem są zniszczenia i uszkodzenia mienia. Zdarza się, że w przypadkach bardziej dynamicznych zdarzeń mogą one zagrażać życiu człowieka. Kluczowe elementy strategii redukcji ryzyka związanego z geozagrożeniami leżą w kompetencjach przede wszystkim podmiotów administracji rządowej i samorządowej, ale są oparte na badaniach prowadzonych w ramach ustawowego zadania państwowej służby geologicznej (PSG), jakim jest rozpoznawanie i monitorowanie zagrożeń geologicznych. Zgodnie z ustawą *Prawo geologiczne i górnicze* (Ustawa, 2011) rolę PSG pełni Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB), który realizuje projekty finansowane przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej dotyczące zagrożeń geologicznych. Są to zadania o zasięgu krajowym wykonywane przez Centrum Geozagrożeń PIG-PIB, tj. *System Osłony Przeciwosuwiskowej* (SOPO), *Monitoring geodynamiczny Polski* (MGP), *Interferometryczny*

*monitoring powierzchni terenu Polski* (InMoTeP) oraz przez Oddział Geologii Morza PIG-PIB, który realizuje projekt *Kartografia 4D w strefie brzegowej południowego Bałtyku*. Problemy zapadlisk są rozwiązywane w ramach projektu *Prowadzenie działań przez państwową służbę geologiczną w związku z wystąpieniem geologicznych zdarzeń incydentalnych, awarii lub katastrof naturalnych* (prace interwencyjne).

Ze względu na skalę oddziaływania oraz zapotrzebowanie społeczne realizacja powyższych projektów dotyczących geozagrożeń koncentruje się na badaniach ruchów masowych, które w Polsce przyczyniają się do znacznych strat materialnych, monitorowania zdarzeń sejsmicznych na obszarze kraju i obszarach przyległych, a także na satelitarnym monitorowaniu deformacji powierzchni terenu. Wyniki prowadzonych prac pozwalają na zestawienie stanu wiedzy o zagrożeniach geologicznych w Polsce. Niniejszy artykuł jest rocznym podsumowaniem zjawisk zarejestrowanych w 2021 r. i stanowi kolejny etap raportowa-

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Centrum Geozagrożeń, ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków; [twoj@pgi.gov.pl](mailto:twoj@pgi.gov.pl)

<sup>2</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki, ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków; [ilas@pgi.gov.pl](mailto:ilas@pgi.gov.pl)

<sup>3</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza, ul. Kościarska 5, 80-328 Gdańsk; [gusc@pgi.gov.pl](mailto:gusc@pgi.gov.pl)

<sup>4</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Centrum Geozagrożeń, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; [kkar@pgi.gov.pl](mailto:kkar@pgi.gov.pl)

nia rocznego stanu zagrożeń geologicznych w Polsce (Wojciechowski i in., 2021). Celem takich podsumowań jest podnoszenie świadomości społecznej o geozagrożeniach, gdyż wiedza ta jest ciągle niewystarczająca. Uwaga społeczeństwa jest bowiem skupiona głównie na zdarzeniach medialnych lub tych, które dotyczą człowieka w sposób bezpośredni. Większość zagrożeń jest jednak niedoszacowana, a nawet ignorowana. Skutkiem tego są znaczące straty materialne, które wynikają z zabudowywania obszarów zagrożonych lub stosowania technologii nieuwzględniającej możliwości wystąpienia niebezpiecznych zjawisk geologicznych.

### OSUWISKA W ROKU 2021

W Polsce największe zagrożenia i wynikające z tego straty materialne są związane z osuwiskami. Ich aktywność jest związana przede wszystkim z wyższą wilgotnością gruntu i skał podłoża, która rośnie na skutek różnych zjawisk pogodowych obejmujących krótkotrwałe i intensywne opady atmosferyczne, długotrwałe opady o średniej intensywności, nagłe topnienie pokrywy śnieżnej lub chłodny i wilgotny okres utrzymujący się przez wiele miesięcy (Gil, Starkel, 1979). Rzadziej do uaktywnień osuwisk dochodzi wskutek działalności człowieka i wstrząsów sejsmicznych. W 2021 r. aktywność osuwisk była spowodowana przede wszystkim opadami deszczu w okresie letnim, które zgodnie z powyższą klasyfikacją należy zaliczyć do krótkotrwałych i intensywnych. Rok ten ze względu na wielkość opadów należał w Polsce do wilgotnych, a uśredniona suma opadów z całego roku stanowiła 103% normy ustalonej na podstawie okresu 1991–2020 (Pyrz, 2022). Zasadniczy wpływ na tak wysokie sumy opadów miał fakt, że szczególnie na obszarze Karpat zarówno w sierpniu, jak i w lipcu 2021 r. występowały punktowo bardzo intensywne opady o charakterze ulewnym i nawalnym, przekraczające lokalnie wielkość 15 mm w ciągu 10 minut. Co ciekawe, w rejonie Tatr, Beskidu Wyspowego, Gorców, Pogórza Wiśnickiego i Rożnowskiego, Beskidu Sądeckiego, zachodniej części Beskidu Niskiego oraz Pogórza Dynowskiego rok 2021 sklasyfikowano jako ekstremalnie wilgotny (Pyrz, 2022). W rejonie Limanowej i Nowego Sącza notowano w sierpniu opady dwu-, a nawet niemal trzykrotnie większe niż średnie z wielolecia referencyjnego. Lokalnie sumy opadów sierpnia 2022 r. były najwyższe od czasu prowadzenia pomiarów czyli od roku 1951 r. Z analizy rozkładu sum dobowych opadów w sierpniu wynika, że za tak wysoką sumę miesięczną odpowiadają trzy epizody opadowe skumulowane w pierwszych, środkowych i ostatnich dniach sierpnia rozdzielone co najmniej czterodniowymi okresami pozbawionymi opadów.

W 2021 r. PSG zarejestrowało wzmogłą aktywność osuwisk w czterech województwach: małopolskim, podkarpackim, śląskim i dolnośląskim (tab. 1). W związku z zaistniałymi warunkami atmosferycznymi największa liczba uruchomień została odnotowana w sierpniu. Niezależnie od tego wyraźnie podwyższoną aktywność osuwisk obserwowano w okresie od marca do maja (ryc. 1), czyli w okresie, gdy obserwuje się nakładanie się kilku zjawisk – topnienia śniegu, rozmarzania gruntu i opadów wiosennych, nawet jeśli żadne z tych zjawisk nie przebiegało gwałtownie. Okres wiosenny sprzyja uruchomieniu osuwisk, czego przykładem są lata: 1998, 2000, 2002, 2020 (Mrozek, Laskowicz, 2014; Wojciechowski i in., 2021).

W okresie do końca maja 2021 r. odnotowano 19 osuwisk, które uruchomiły się głównie z przyczyn naturalnych, jedynie dwa osuwiska uruchomione w styczniu i lutym powstały z przyczyn antropogenicznych. Wśród osuwisk uruchomionych w pierwszej połowie roku większość ma powierzchnię poślizgu położoną poniżej 5 m p.p.t., co sugeruje, że uruchomienie zostało spowodowane znacznym nawodnieniem górotworu i migracją infiltrujących wód do głębszych stref, czemu sprzyjał okres roztopów i wiosennych deszczy. W osuwiskach tych obserwuje się przeważnie rotacyjny charakter ruchu. Na powierzchni zaznaczają się wyraźne, wysokie do kilku metrów skarpy. Wśród 17 osuwisk uruchomionych w pierwszej połowie roku 15 form to stare, ponownie uruchomione osuwiska. Dwa nowopowstałe osuwiska należą do osuwisk płytkich (max. do 3 m), a ruch mas koluwalnych miał charakter translacyjny.

Opady z sierpnia 2021 r. sprzyjały uruchomieniu osuwisk płytkich o charakterze zsuwów translacyjnych, zwierzelinowych przechodzących w spływy błotne. Spośród 13 uruchomionych osuwisk większość to małe formy. Pięć osuwisk o powierzchni nieprzekraczającej 0,08 ha to nowe formy, pozostałe to osuwiska, które uległy odmłodzeniu. Pokłosiem wzmogionych opadów w sierpniu 2021 r. jest także uruchomienie dwóch form w październiku (tab. 1) – są to osuwiska rotacyjne o głębiej położonej powierzchni poślizgu, których uruchomienie jest związane z głębszą infiltracją wód i dłuższym czasem reakcji na opady.

Pomimo stosunkowo niewielkiej skali aktywności osuwisk szczególnie te uruchomione w pierwszej połowie 2021 r. spowodowały wymierne straty lub poważnie zagrożiły budynkom publicznym i mieszkalnym. W Wodzisławiu Śląskim zostało zniszczone boisko sportowe, w wielu przypadkach uszkodzone zostały drogi (gminne, powiatowe, lokalne, np. Jawornik Polski (ryc. 2), Kamionka Wielka, Łopuszna Wielka, w Limanowej (ryc. 3) i Piotrowicach Małych drogi gminne zostały całkowicie zerwane, a w kilku przypadkach zagrożone są budynki mieszkalne na niedawno budowanych osiedlach (Tymbark, Kielnarowa, Wieliczka). Pod koniec 2021 r. doszło też do kolejnego uaktywnienia niewielkiego osuwiska w Polańczyku, które spowodowało niemal całkowite zniszczenie drogi dojazdowej do prywatnej posesji (ryc. 4 – patrz str. 734).

Głównym powodem zgłaszania uruchomień osuwisk jest powstanie szkód lub zagrożenie powstania szkody. Z tego względu PSG nie posiada pełnej informacji o uruchomieniach osuwisk. Nagminnie nie są zgłaszane uruchomienia na terenach niezagospodarowanych (np. nieużytkach) oraz leśnych. Należy przyjąć, że wśród 41 odnotowanych osuwisk są jedynie te zgłoszone przez administrację publiczną, gdzie doszło do uszkodzenia budynków, dróg i innej infrastruktury bądź też zaistniało ryzyko takiego uszkodzenia.

Największe zagrożenia dla życia i mienia mieszkańców stwarzają osuwiska aktywne. Aktywność ruchów masowych może się przejawiać widocznymi zmianami na powierzchni terenu lub poprzez uszkodzenia lub zniszczenia obiektów budowlanych. Zmiany takie można zaobserwować bez użycia specjalistycznej aparatury. Biorąc jednak pod uwagę, że przeważająca ilość osuwisk aktywnych cechuje się ekstremalnie powolnym tempem przemieszczeń (*sensu*: Cruden, Varnes, 1996), stwierdzenie stopnia aktywności jest możliwe tylko poprzez monitoring instrumental-

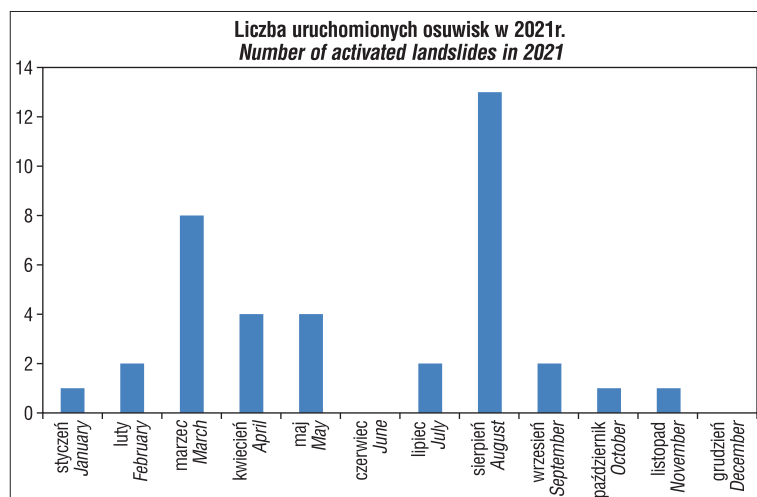
**Tab. 1.** Zgłoszone przez jednostki administracji publicznej osuwiska, w których zaobserwowano uruchomienie w 2021 r.  
**Table 1.** Landslides reported by public administration in which activation was observed in 2021

| Województwo<br><i>Voivodeship</i> | Powiat<br><i>Poviat</i> | Gmina<br><i>Municipality</i> | Liczba osuwisk<br><i>Number of landslides</i>                           | Uszkodzenia<br><i>Damage</i>   | Data uruchomienia<br><i>Date of activation</i> |
|-----------------------------------|-------------------------|------------------------------|---|--|--|
| małopolskie                       | brzeski                 | Dębno                        | 1   | budynek gospodarczy<br><i>outbuilding</i>                                    | III 2021                                       |
|                                   | Kraków                  | Kraków                       | 3   | tory kolejowe,<br>droga dojazdowa<br><i>railroad tracks,<br/>driveway</i>    | III 2021<br>VIII 2021<br>VIII/IX 2021          |
|                                   | gorlicki                | Łużna                        | 1   |  | III 2021                                       |
|                                   | limanowski              | Limanowa<br>(ryc. 3)         | 2   | droga powiatowa,<br>droga gminna<br><i>district road,<br/>municipal road</i> | 18 V 2021<br>VIII/IX 2021                      |
|                                   |                         | Tymbark                      | 1   | posesja<br><i>estate</i>   | VIII/IX 2021                                   |
|                                   | myślenicki              | Dobczyce                     | 1   |  | IX 2021  |
|                                   |                         | Myślenice                    | 2   | budynek gospodarczy<br><i>outbuilding</i>                                    | 17 VII 2021<br>17VII 2021                      |
|                                   | nowosądecki             | Chełmiec                     | 1   | uszkodzenie drogi<br><i>road damage</i>                                      | 31 VIII 2021                                   |
|                                   |                         | Gródek nad<br>Dunajcem       | 5   | droga gminna<br><i>municipal road</i>  | VIII 2021                                      |
|                                   |                         | Kamionka Wielka              | 2   | droga gminna<br><i>municipal road</i>  | IV 2021  |
|                                   |                         | Łososina Dolna               | 1   |  | IV 2021  |
|                                   |                         | Muszyna                      | 3   | chodnik<br><i>pavement</i>   | 30 VIII 2021<br>VIII 2021                      |
|                                   | Rytko                   | 1                            | droga gminna<br><i>municipal road</i>                                   | 30 VIII 2021   |  |
|                                   | proszowicki             | Koniusza                     | 1   | droga gminna<br><i>municipal road</i>  | 7 VIII 2021                                    |
|                                   | suski                   | Budzów                       | 1   | ogrodzenie posesji<br><i>property fencing</i>                                | I 2021   |
|                                   | tarnowski               | Zakliczyn                    | 1   | droga powiatowa<br><i>district road</i>                                      | IX 2021  |
|                                   |                         | Tuchów<br>(ryc. 5)           | 1   | wodociąg<br><i>waterworks</i>  | 5 II 2021                                      |
|                                   | wielicki                | Wieliczka                    | 2   | drenaż,<br>ogrodzenie posesji<br><i>drainage, property<br/>fencing</i>       | VIII 2021<br>X 2021                            |
|                                   | podkarpackie            | przeworski                   | Jawornik Polski<br>(ryc. 2)   | 1  | droga powiatowa<br><i>district road</i>        |
| Kańczuga                          |                         |                              | 1   | droga gminna<br><i>municipal road</i>  | II 2021  |
| leski                             |                         | Solina                       | 2   | droga dojazdowa<br><i>driveway</i>   | 01 III 2021                                    |
| brzozowski                        |                         | Domaradz                     | 1   | droga powiatowa<br><i>district road</i>                                      | 8 III 2021                                     |
| jarosławski                       |                         | Jarosław                     | 1   |  | 18 IV 2021                                     |
| łańcucki                          |                         | Markowa                      | 1   |  | V 2021   |
| strzyżowski                       | Niebylec                | 2                            | budynek gospodarczy,<br>droga dojazdowa<br><i>outbuilding, driveway</i> | 1 III 2021<br>III 2021   |  |
| dolnośląskie                      | wałbrzyski              | Walim                        | 1   |  | V 2021   |
| śląskie                           | wodzisławski            | Wodzisław Śląski             | 1   | boisko<br><i>court</i>   | 13 V 2021                                      |

ny. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Klimatu i Środowiska z dn. 4 grudnia 2020 r. w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi (Rozporządzenie, 2020) starosta, który prowadzi rejestr terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz terenów, na których występują te ruchy, ma możliwość wyboru metody dokonania obserwacji. Ewentualną aktywność osuwisk może on stwierdzić metodą wizji w terenie, która opiera się głównie na obserwacji obiektów budowlanych, lub stosując moni-

toring wykorzystujący specjalistyczne urządzenia pomiarowe, umożliwiające określenie wielkości przemieszczeń mas koluwalnych w sposób obiektywny. Ze względów ekonomicznych najczęściej wybierana jest wizja w terenie.

Rok 2021 był pierwszym, w którym obowiązywało ww. rozporządzenie, dlatego też ilość dokonanych obserwacji metodą wizji w terenie nie była jeszcze duża. Nie mniej jednak powstawały już pierwsze protokoły z obserwacji. Zdecydowana większość z nich nie dała podstaw do



Ryc. 1. Zgłoszenia uaktywnień osuwisk w 2021 r.

Fig. 1. Reports of activation of landslides in 2021



Ryc. 2. Osuwisko w Jaworniku Polskim. Fot. E. Rycio

Fig. 2. Landslide in Jawornik Polski. Photo by E. Rycio



Ryc. 3. Osuwisko w Limanowej. Fot. A. Walicka

Fig. 3. Landslide in Limanowa. Photo by A. Walicka

aktualizacji kart rejestracyjnych osuwisk. Może to wynikać z wielu czynników – obserwowane osuwiska mogły nie wykazywać aktywności lub skutki aktywności nie były możliwe do uchwycenia ludzkim okiem. Na bazie wykonanych w 2021 r. protokołów z obserwacji zaktualizowano np. kartę rejestracyjną osuwiska w Brzezowej (pow. Mysłenicki) czy też w Konieczkowej (pow. Strzyżowski).

Obserwacje metodą monitoringu na osuwiskach są prowadzone przez PIG-PIB od 2007 r. W 2021 r. monitorowano instrumentalnie 71 osuwisk, z czego w ramach SOPO

60 z nich (ryc. 6) obserwowano w sposób kompleksowy (wglębnie i powierzchniowo), natomiast pozostałe 11 osuwisk, zlokalizowanych w powiecie wielickim, we Włocławku, Szczecinie i Gdańsku, monitorowano tylko powierzchniowo.

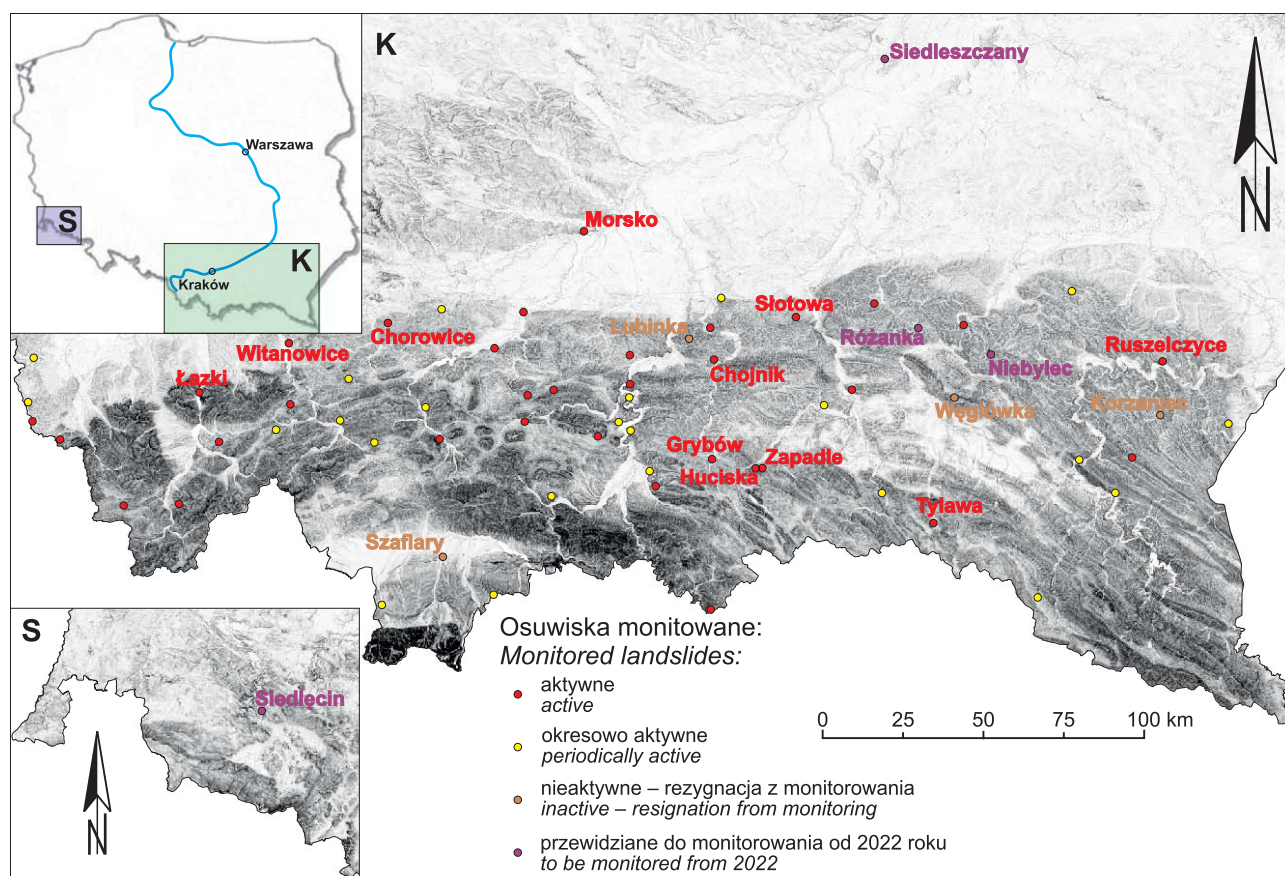
Monitoring powierzchniowy jest prowadzony na podstawie pomiarów GNSS (Globalny System Nawigacji Satelitarnej – *Global Navigation Satellite System*), naziemnego skaningu laserowego, za pomocą satelitarnej interferometrii radarowej, jest także uzupełniany fotogrametrycznymi pomiarami z wykorzystaniem dronów (Wojciechowski i in., 2021). Pomiary wglębne są wykonywane na podstawie cyklicznych pomiarów inklinometrycznych, piezometrycznych oraz stałych obserwacji ekstensometrycznych i ciśnienia porowego na wytypowanych osuwiskach (Warmuz, Nescieruk, 2019; Wojciechowski i in., 2021).

Z wyników pomiarów prowadzonych w 2021 r. wynika, że 33 osuwiska są aktywne, 23 okresowo aktywne i 4 nieaktywne (ryc. 6). Największą dynamikę przemieszczeń obserwuje się na osuwiskach w Szymbarku-Zapadle, Szymbarku-Huciskach, Słotowej, Tylawie i Witanowicach. W Szymbarku-Zapadle zarejestrowano przemieszczenia powierzchniowe rzędu 60 mm w skali roku, a w ściętych inklinometrach doszło do przesunięć kolumny o 8,5 mm. W Szymbarku-Huciskach w inklinometrach zmierzono przemieszczenia o maksymalnej wielkości 27,5 mm. Obydwa osuwiska stanowią istotne zagrożenie dla infrastruktury drogowej i obiektów budowlanych, mogą też spowodować zaciśnięcie koryta cieką Bielanka, który przepływa u ich czoła. Na osuwisku w Słotowej, gdzie zlokalizowanych jest 8 budynków mieszkalnych i gospodarczych oraz odcinek drogi powiatowej, pomierzono przemieszczenia rzędu 20–26 mm. Obserwowane były także ruchy powierzchniowe w centralnej części osuwiska, które stwarzają realne zagrożenie dla istniejących obiektów, podobnie jak na osuwisku w Witanowicach, gdzie po ścięciu inklinometru na 9,0 m w dalszym ciągu są rejestrowane przemieszczenia powierzchniowe i wglębne. Osuwisko w Tylawie w roku 2021 wykazywało stałe przemieszczenia od 24 do 32 mm, które stanowi zagrożenie dla drogi krajowej nr 19 przebiegającej w jego dolnej części.



Ryc. 5. Osuwisko w Tuchowie. Fot. E. Rycio

Fig. 5. Landslide in Tuchów. Photo by E. Rycio



Ryc. 6. Aktywność osuwisk monitorowanych w ramach SOPO w 2021 r.

Fig. 6. Activity of landslides monitored by LCS (Landslide Counteracting System) in 2021

W 2021 r. na osuwisku w Chorowicach w jednym z otworów inklinometrycznych na głębokości 13,5 m p.p.t. nastąpiło ścięcie kolumny pomiarowej i jej przemieszczenie o ok. 500 mm. Podobna sytuacja miała miejsce na osuwisku w Ruszelczycach, gdzie kolumna inklinometryczna uległa ścięciu na głębokości 12,5 m i przemieściła się o 200 mm. Pomiary przemieszczeń powierzchniowych w przysiółku Łazki w Międzybrodziu Bialskim wskazują na ruchy w dolnej części i zachodnim fragmencie osuwiska. Automatyczne urządzenia ostrzegawcze zlokalizowane w środkowej części osuwiska nie wykazały w 2021 r. przekroczeń progów alarmowych.

W stosunku do 2020 r. na większości osuwisk zaobserwowano mniejszą dynamikę przemieszczeń wgłębnych, co jest związane z okresem prowadzonych obserwacji w roku stosunkowo suchym. Pomiary przeprowadzone w 2021 r. potwierdziły brak aktywności na czterech osuwiskach zlokalizowanych w miejscowościach Korzeniec, Lubinka, Szaflary i Węglówka (ryc. 6). W związku z brakiem przemieszczeń zalecono zaprzestanie prowadzenia obserwacji i zainstalowanie systemu monitoringu powierzchniowego oraz wgłębego na 4 nowych osuwiskach. W roku 2021 rozpoczęto procedury objęcia monitoringiem w ramach SOPO osuwiska w Siedleszczanach (powiat tarnobrzeski), W Niebylcu, Różance (powiat strzyżowski) oraz w Siedlecinie (powiat karkonowski; ryc. 6). Dla każdego z osuwisk zostały opracowane projekty robót geologicznych z określeniem rodzaju projektowanego monitoringu powierzchniowego i wgłębego.

W roku 2021 prowadzono także pomiary powierzchniowe poza systemem SOPO w miejscowościach: Podsto-

lice, Łazany, Lednica Górna (powiat wielicki), we Włocławku, w Szczecinie i Gdańsku. Aktywność wykazywało tylko osuwisko w Lednicy Górnej.

#### REJESTRACJA NOWYCH OSUWISK W ROKU 2021

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 4 grudnia 2020 r. (Rozporządzenie, 2020), rejestry „osuwisk” prowadzone przez starostów są uzupełniane *Mapami osuwisk i terenów zagrożonych w skali 1 : 10 000 (MOTZ)*, wykonanymi metodą terenowego kartowania geologicznego w ramach projektu SOPO. Ponadto mapy takie starostowie mogą wykonać w ramach prac własnych analogicznymi metodami. W roku 2021 ustalanie terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz terenów, na których występują te ruchy, odbywało się przede wszystkim w ramach SOPO, kilka powiatów stosownie mapy wykonywało samodzielnie. W celu wypełnienia zapisów ww. rozporządzenia (Rozporządzenie, 2020), wszystkie mapy osuwisk, niezależnie od ich wykonawcy, aby stanowiły element rejestrów prowadzonych przez starostów, muszą znaleźć się w bazie danych SOPO, co odbywa się po pozytywnej weryfikacji danych.

Pomimo ograniczeń związanych z sytuacją pandemiczną MOTZ w 2021 roku była wykonywana dla 22 gmin (województwo podkarpackie) na obszarze Karpat oraz dla 42 gmin (w obrębie 8 powiatów na terenie 7 województw) na obszarze pozakarpaccim. Najwięcej osuwisk rozpoznano w 3 gminach położonych na obszarze Karpat i zapadliśka przedkarpackiego. Rekordową liczbę 1448 osuwisk

zarejestrowano w gminie Ropczyce (Laskowicz i in., 2021) na obszarze powiatu ropczycko-sędziszowskiego. Niewiele mniej osuwisk zinwentaryzowano w gminie Dydnia – 1299 (powiat brzozowski; Rubinkiewicz i in., 2021) oraz w gminie Nozdrzec (powiat brzozowski; Kaczorowski i in., 2021) – 1034. Obszary tych trzech inwentaryzowanych gmin charakteryzują się bardzo wysokim wskaźnikiem gęstości osuwiskowej *G sensu* Bober (1984), który wynosi 8,56 w gminie Nozdrzec, 9,98 w gminie Dydnia oraz 10,68 osuwisk/km<sup>2</sup> w gminie Ropczyce.

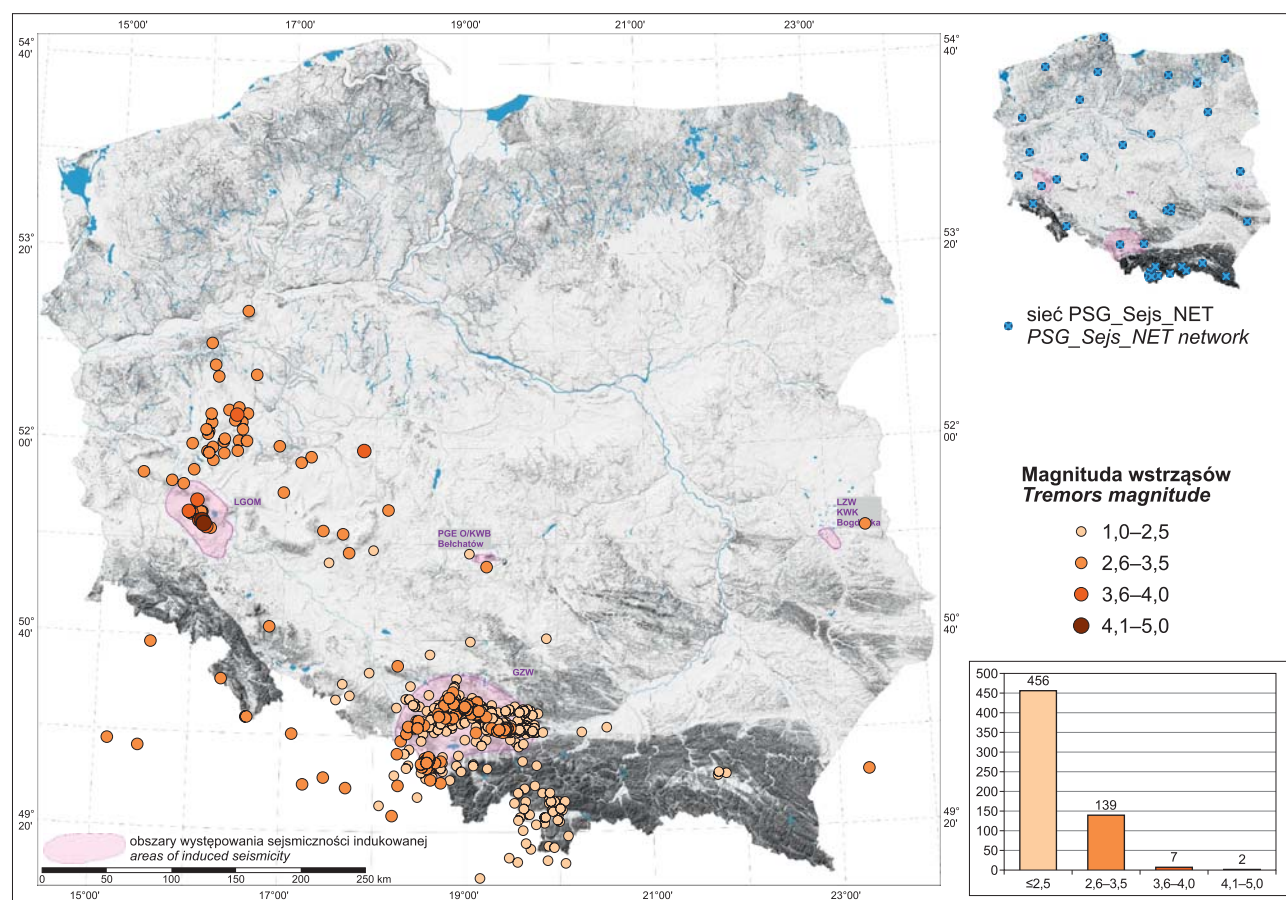
W 2021 r. rozpoznano i zinwentaryzowano ponad 5200 osuwisk i 150 terenów nimi zagrożonych. *Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi* są przekazywane jednostkom administracji samorządowej na potrzeby prowadzenia rejestru osuwisk. Głównymi odbiorcami informacji zgromadzonych w bazie SOPO oraz rejestrach są: społeczeństwo, działy administracji publicznej zajmujące się gospodarką przestrzenną oraz sektor geologiczno-inżynierski, który sporządza dokumentację geologiczno-inżynierskie dla zinwentaryzowanych osuwisk na potrzeby ich stabilizacji lub zabezpieczenia infrastruktury.

### ZAGROŻENIA GEOLOGICZNE W STREFIE BRZEGOWEJ BAŁTYKU

Rok 2021 nie odznaczał się występowaniem zjawisk ekstremalnych na wybrzeżu Bałtyku, a nasilenie zagrożeń geologicznych należy zaliczyć do nieodbiegających od normy z ostatnich lat. Najwięcej przemian wiązało się z erozją morską, która wzrasta się w okresach jesienno-zimowych

sztormów. Za początek okresu sztormowego należy przyjąć miesiące wrzesień–październik, wraz z pojawieniem się silnych wiatrów, o czym ostrzegał Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW, 2021a, b, c, d). W komunikatach tych czytamy o wietrze, którego średnia prędkość mogła dochodzić do 65 km/h a w porywach (zwłaszcza w strefie nadmorskiej) do 110 km/h oraz o sztormach z porywami do 10–11 w skali Beauforta. Silne porywy wiatru w strefie nadmorskiej oraz utrzymujące się wysokie napełnienie Bałtyku powodowały wahania i wzrosty stanów wody w strefie wody wysokiej z przekroczeniami stanów ostrzegawczych, punktowo i krótkotrwale osiągały one również stany alarmowe.

Warunki takie spowodowały przemodelowanie strefy brzegowej, poprzez zredukowanie szerokości plaż, obniżenie ich profilu, a także erozji podstawy wydmy czy klifu. Należy jednak pamiętać, że przeciętne dla okresu jesienno-zimowego i wczesnowiosennego procesy ulegają w późniejszym czasie odwróceniu. Pierwotnie zerodowana plaża ulega odtworzeniu wskutek działalności falowania i transportu wzdłuż brzegowego osadu. Strome, podcięte stoki wydmy przedniej na skutek wiatru ulegają złagodzeniu. Dopiero nakładające się i powtarzające po sobie we względnie krótkich okresach czasu zdarzenia ekstremalne powodują na pewnych odcinkach brzegu długotrwałe przeobrażenia. Przemodelowanie strefy brzegowej w 2021 r. zostało utrwalone przez serię spiętrzeń sztormowych, które nastąpiły już w styczniu 2022 r. Miały wtedy miejsce dwa postępujące po sobie silne sztormy: *Marie* (28.01.2022 r.), który przyniósł na wybrzeżu wiatr o prędkości w porywach



Ryc. 8. Lokalizacja wstrząsów sejsmicznych w 2021 r.  
Fig. 8. Location of earthquake epicentres in 2021

90 km/h, oraz groźniejszy, *Nadia* (30.01.2022 r.) powodujący duże zmiany poziomu wód. W wyniku tego w rejonie Ustki-Orzechowa doszło do istotnego przemodelowania wybrzeża klifowego, w rejonie Gdyni-Orłowa nastąpiła niemal całkowita erozja plaży (wcześniej odtworzonej na skutek działań Urzędu Morskiego), oraz w Lubiatowie, gdzie sztormy doprowadziły do znacznej erozji pasa wydm (ryc. 7 – patrz str. 734).

### WSTRZĄSY SEJSMICZNE

Obserwacja aktywności sejsmicznej na obszarze Polski jest realizowana za pomocą sieci monitoringu sejsmicznego PSG\_Sejs\_NET. Stacje sejsmiczne są rozmieszczone w taki sposób, aby możliwe było rejestrowanie zjawisk sejsmicznych z całego kraju oraz stref przygranicznych. Według stanu na dzień 31.12.2021 r. w sieci PSG\_Sejs\_NET pracowało łącznie 41 stacji sejsmicznych, w tym 17 mobilnych i 2 stałe stacje stanowiące własność PIG-PIB oraz 22 krótkookresowe stacje należące do Instytutu Geofizyki (IGF) PAN.

W 2021 r. zarejestrowano i zweryfikowano 611 zdarzeń sejsmicznych. W ramach dodatkowej weryfikacji baza zjawisk zarejestrowanych w sieci PSG\_Sejs\_NET była porównywana z Miesięcznymi Raportami Polskiej Sieci Sejsmologicznej (<https://private.igf.edu.pl/~kaj/slmon/bulletin/>; Rudziński i in., 2021) oraz katalogami zjawisk udostępnionymi w ramach projektu EPOS-PL (IS EPOS, 2017). Dzięki programowi SWIP5 (Wiszniewski i in., 2021) w dwóch przypadkach określono nowe lokalizacje wstrząsów. Wśród zarejestrowanych wstrząsów dominowały zjawiska indukowane działalnością górniczą, w tym głównie w rejonach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW), Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM), Lubelskiego Zagłębia Węglowego (LZW) oraz Kopalni Węgla Brunatnego *Belchatów* (ryc. 8). Dwa najsilniejsze w 2021 r. zjawiska sejsmiczne o magnitudzie M4.2 odnotowano w dn. 16.10.2021 r. o godz. 04:01:45 UTC oraz 17.10.2021 r. o godz. 12:20:54 UTC z epicentrum wstrząsu w rejonie LGOM. Fragmenty sejsmogramów

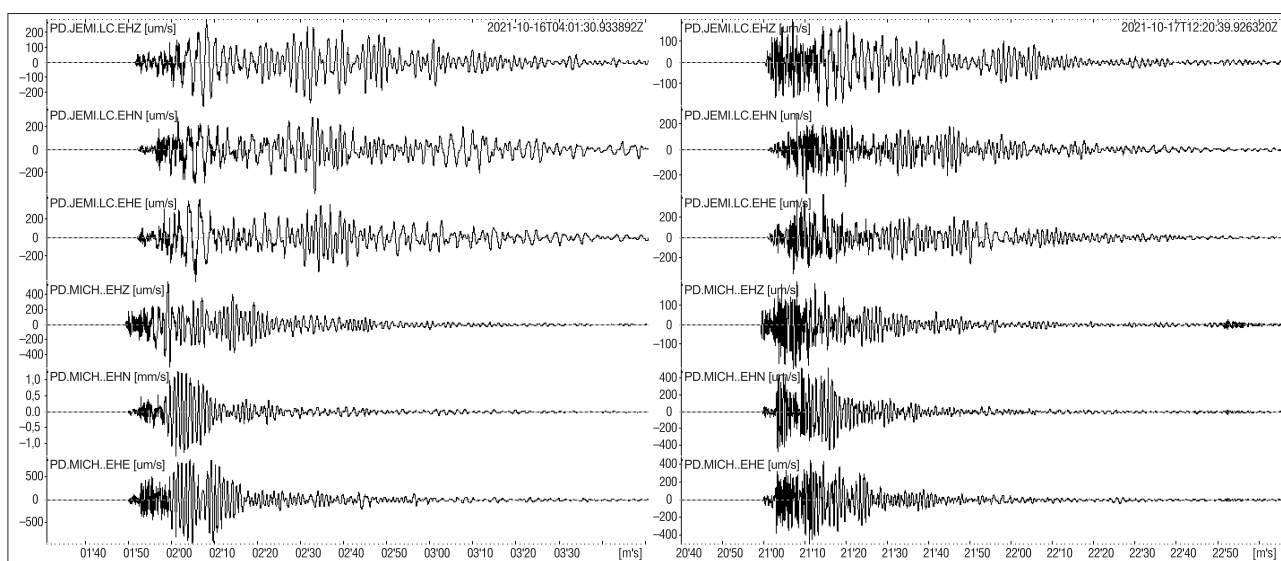
zarejestrowanych na dwóch najbliższych stacjach z zapisem obrazu falowego tych wydarzeń zaprezentowano na rycinie 9.

Dużym problemem w 2021 r. było lokalizowanie zjawisk sejsmicznych na północ i wschód od LGOM, co było spowodowane niewystarczającym zagęszczeniem stacji sejsmicznych. Aby poprawić sytuację w połowie 2021 r. zainstalowano nową stację sejsmiczną posadowioną 33 km na wschód od LGOM, a w najbliższej przyszłości planuje się instalację kolejnych stacji w regionie.

### DEFORMACJE POWIERZCHNI TERENU

Deformacje powierzchni terenu na obszarze Polski są monitorowane w ramach zadania PSG za pomocą satelitarnej interferometrii radarowej. W 2021 r. na terenie kraju stwierdzono liczne obniżenia powierzchni terenu, z czego duża część z nich charakteryzowała się prędkościami przekraczającymi 1 cm/rok. Większość z tych obszarów jest bezpośrednio związana z eksploatacją złóż. Stwierdzono dalsze osiadania w LZW, GZW (Przyłucka i in., 2015; Przyłucka, 2017) i LGOM oraz na obszarze wysadów solnych, m.in. Wapno, Kłodawa, Inowrocław (Perski i in., 2019). Widoczne były też deformacje powierzchni terenu związane z eksploatacją węgla brunatnego (kopalnia *Belchatów* czy rejon działalności kopalni *Konin* w woj. wielkopolskim) oraz wydobywaniem gazu ziemnego. Zjawiska te były kontynuacją wieloletnich procesów deformacyjnych związanych z eksploatacją surowców i/lub zmianami głębokości zwierciadła wód podziemnych. Przyrosty deformacji w roku 2021 nie odbiegają od tych stwierdzanych w latach poprzednich.

Realizowany w ramach zadań PSG projekt InMoTeP, był reorganizowany w 2021 r. Miało to związek z pojawieniem się usługi monitorowania powierzchni ziemi Copernicus (*Copernicus Land Monitoring Service*), w ramach której powstał europejski monitoring deformacji powierzchni terenu – *European Ground Motion Service* (EGMS, Costantini i in., 2022). Prace w projekcie skupiały się nad wykorzystaniem i zintegrowaniem nowopowstałego ser-



Ryc. 9. Zapis wstrząsów sejsmicznych z 16.10.2021 r. o godz. 04:01:45 UTC (M4.2) oraz 17.10.2021 r. o godz. 12:20:54 UTC (M4.2) zarejestrowanego na stacjach sejsmologicznych w Jemielnie (JEMI) i Michałowie (MICH) w sieci PSG\_Sejs\_NET

Fig. 9. The seismogram of two events: 16-Oct-2021 04:01:45 UTC (M4.2) and 17-Oct-2021 r. 12:20:54 UTC (M4.2) recorded by the seismic stations in Jemiello (JEMI) and Michałow (MICH) in the PSG\_Sejs\_NET network



**Ryc. 10.** Naziemny skaner laserowy Riegl VZ-2000i podczas pracy. Fot. Z. Perski

**Fig. 10.** Terrestrial laser scanner Riegl VZ-2000i in operation. Photo by Z. Perski

wisu z rozwiązaniami PIG-PIB oraz interferometrycznym monitorowaniem deformacji powierzchni terenu w miejscach zainstalowanych reflektorów radarowych. Wyniki monitorowania reflektorów radarowych na obszarach osuwiskowych zawarte zostały w artykule Perskiego i Wojciechowskiego (2022).

## ZAPADLIKA

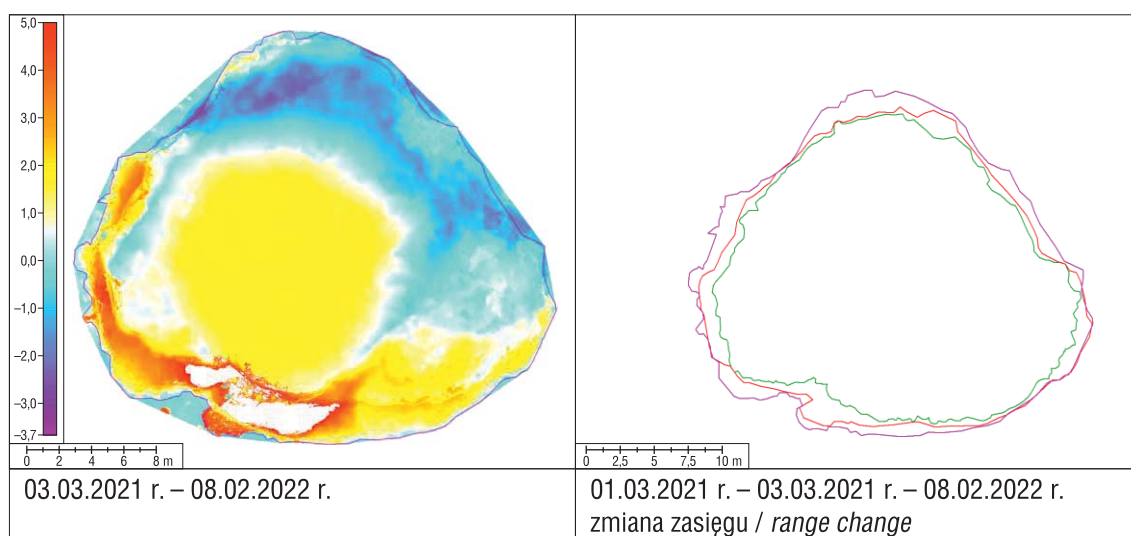
Mniej powszechnie występującym, ale katastrofalnym w skutkach geozagrożeniem w Polsce są zapadliska. Pojawiają się one na obszarach, gdzie płytko pod powierzchnią terenu występują różnego rodzaju pustki. Mogą to być dawne, zapomniane wyrobiska podziemne, ale również komory czy tunele wyplukane lub wyługowane przez wodę (jaskinie lub kanały sufozyjne). W ramach prac PSG w roku 2021 przeprowadzono badania pięciu zapadlisk: w Wapnie (powiat węgrowski), Cisownicy (powiat ciechanowski), Porębie (powiat lipski), Pławowicach (powiat proszowski) oraz w Kłodnem (powiat limanowski).

Zapadlisko w Wapnie powstało na terenach dawnego wyrobiska nieczynnej kopalni soli i gipsu. Miejsce to jest

od lat celem monitoringu deformacji powierzchni terenu w ramach PSG (Wojciechowski, 2021). 26 lutego 2021 r. na tym obszarze powstało nowe zapadlisko (ryc. 10), którego przyczyną była najprawdopodobniej intensywna infiltracja wód roztopowych w podziemne wyrobiska gipsów (Perski, Nescieruk, 2022). Oprócz tego w Wapnie dochodziło do deformacji powierzchni innego, starego obszaru zapadliskowego przylegającego do terenu dawnego przedszkola miejskiego. Dzięki przeprowadzonym pomiarom laserowym udało się określić wielkość nowo powstałego zapadliska, które ma 28 m średnicy i 7,5 m głębokości. W ciągu 2021 roku obszar zapadliska, który wcześniej obejmował 521 m<sup>2</sup>, zwiększył się o kolejne 47 m<sup>2</sup> (ryc. 11). W drugiej części roku obserwowano spowolnienie procesu zapadania, co jednak nie oznacza zmniejszenia zagrożenia miejscowości Wapno wystąpieniem takich zdarzeń w przyszłości.

Przyczyna powstania zapadliska w Cisownicy nie jest do końca jasna, ale może być związana z istnieniem płytko zalegających chodników, związanych z eksploatacją syderytów, która miała miejsce w tym rejonie na przełomie XVIII i XIX w. Zapadlisko powstało w jezdni asfaltowej i miało średnicę powyżej 2 m. W jego sąsiedztwie wykonano profile georadarowe oraz profil sejsmiczny. Na ich podstawie wyznaczono strefy zniszczeń dochodzące do powierzchni terenu, mogące stanowić zagrożenie wystąpieniem kolejnych zapadlisk.

Zapadlisko w Porębie powstało na polu uprawnym w rejonie, gdzie brak jest wzmianek o jakiegokolwiek podziemnej działalności górniczej. Zapadlisko rozpoczynało się niewielkim otworem o wymiarach ok. 1,0 × 0,8 m, który rozszerza się ku dołowi, osiągając wymiary ok. 3,0 × 3,0 m. Głębokość otworu to niecałe 2 m. W rejonie zapadliska wykonano serię badań geofizycznych, nie zarejestrowano jednoznacznych efektów występowania innych pustek w sąsiedztwie zapadliska. Powstałe zapadlisko jest prawdopodobnie związane z występowaniem zwietrzelin zbudowanych ze stosunkowo luźno rozmieszczonych okruców i bloków skalnych. Przestrzenie między blokami i gruzami wapieni oraz opok kredowych są poszerzane na skutek sufozji oraz w mniejszym stopniu krasu, co może powodować ich zapadanie.



**Ryc. 11.** Zestawienie obrazów różnicowych NMT zapadliska w Wapnie. Skala barw -3,5 m–5,5 m

**Fig. 11.** Summary of DTM differential images of the sinkhole in Wapno. Colour scale -3.5 m–5.5 m





**Ryc. 12.** Zapadnięty kanał sufozyjny w Pławowicach. Fot. M. Wódka  
**Fig. 12.** Collapsed suffosion channel in Pawłowice. Photo by M. Wódka

Zapadlisko w Pławowicach, pierwotnie zgłoszone jako osuwisko, pomimo że wystąpiło blisko granicy dużej formy osuwiskowej, nie ma nic wspólnego z ruchami osuwiskowymi. Utworzona forma jest efektem zapadnięcia kanału sufozyjnego (ryc. 12). Zapadlisko powstało w obszarze występowania czwartorzędowych lessów zalegających na słabo przepuszczalnych iłach miocenijskich. Duży udział drobnej frakcji oraz zawartość rozpuszczalnego pod wpływem wody atmosferycznej węglanu wapnia w lessach sprzyja powstawaniu takich form w tym rejonie. Zapadlisko miało długość ok. 18,0 m, szerokość ok. 3,0 m i głębokość ok. 1,3 m. Utworzyło się na terenie pól uprawnych.

Ostatnim badanym w 2021 r. przez PSG zapadliskiem była forma utworzona na starym, nieaktywnym osuwisku w Kłodnem – w przysiółku Klenie. Zapadlisko ma średnicę ok. 2 m i podobną głębokość, powstało na przedłużeniu szerokiego rowu rozpadlinowego, w koluwiach osuwiskowych. Degradacja skał i ich przemieszczanie w wyniku ruchów masowych sprzyja powstawaniu wolnych przestrzemi m.in. jaskiń. W tym przypadku doszło prawdopodobnie do wypłukania drobniejszego materiału spośród grubszych fragmentów piaskowców przez podziemny przepływ wód i zaważenia się stropu niewielkiej jaskini. Rejon zapadliska został włączony do sieci pomiarowej GNSS, a pomiary są wykonywane wraz z sąsiednim osuwiskiem w Kłodnem. Do dziś nie zaobserwowano powiększania się obszaru zapadliska. Raporty z pomiarów są udostępniane przez Centrum Geozagrożeń PIG-PIB za pomocą internetowej aplikacji SOPO.

## PODSUMOWANIE

W 2021 r. rozpoznano i monitorowano liczne zagrożenia geologiczne na obszarze Polski. Nie był to rok katastrofalny w skutkach, był podobny do roku 2020, kiedy to zdarzenia stwarzające zagrożenia występowały w ciągu całego roku, chociaż nie na masową skalę. W roku 2021 największe straty materialne spośród obserwowanych geozagrożeń spowodowały osuwiska. Mieliśmy do czynienia zarówno z chroniczną ich aktywnością, czyli taką, która przejawiała się w sposób ciągły w ciągu całego roku, jak

i z osuwiskami, które się odmładzały lub tworzyły, często w sposób nagły. W 2021 r. odnotowano większą niż rok wcześniej liczbę wstrząsów sejsmicznych (611) w Polsce. Monitorowano również postępujące deformacje powierzchni terenu, zwłaszcza na obszarach górniczych, oraz nowopowstałe zapadliska. Wszystkie te zagrożenia będą w dalszym ciągu rozpoznawane i monitorowane w ramach zadań PSG.

Warto zaznaczyć, że rok 2021 był szczególnie ze względu na wejście w życie nowego rozporządzenia Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi (Rozporządzenie, 2020). Uproszczenie i dostosowanie wymogów prawa do realnych możliwości spowodowało wzrost aktywności starostów w sprawach związanych z prowadzeniem rejestrów osuwisk, co przekłada się na racjonalny stan procesu rozpoznawania i obserwowania osuwisk w Polsce. Rozporządzenie to spowodowało również zmiany w SOPO, projekcie, którego wagę podkreśliły nowe zapisy prawne. Obecnie PIG-PIB pracuje nad kolejnymi wytycznymi i instrukcjami, które należy dopasować do nowego rozporządzenia. Podpisany przez PIG-PIB aneks do umowy na realizację SOPO z Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej kładzie nacisk na większe wspieranie przez ekspertów realizujących projekt dla jednostek administracji samorządowej. Samorządy mogą liczyć np. na aktualizację informacji zawartych w kartach rejestracyjnych opartą na sporządzonych przez nie protokołach obserwacji, którą wykona PIG-PIB w ramach SOPO.

Autorzy pragną podziękować wszystkim współpracownikom za wysiłek włożony w rzetelne realizowanie zadań w 2021 r., co umożliwiło zebranie danych i kompleksowe ich opracowanie. Autorzy dziękują również Pani dr. hab. inż. Lucynie Florkowskiej za cenne uwagi w recenzji, które pozwoliły na udoskonalenie treści artykułu.

## LITERATURA

- BOBER L. 1984 – Rejony osuwiskowe w polskich Karpatach fliszowych i ich związek z budową geologiczną regionu. *Biul. Inst. Geol.*, 340: 115–162.
- COSTANTINI M., MINATI F., TRILLO F., FERRETTI A., PASSERA E., RUCCI A., DEHLS J., LARSEN Y., MARINKOVIC P., EINEDER M., BRCIC R., SIEGMUND R., KOTZERKE P., KENYERES A., PROIETTI S., SOLARI L., ANDERSEN H. 2022 – EGMS: a New Copernicus Service for Ground Motion Mapping and Monitoring, EGU General Assembly 2022, Vienna, Austria, 23–27 May 2022, EGU22-9733; <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-9733>, 2022
- CRUDEN D.M., VARNES D.J. 1996 – Landslide Types and Processes, Special Report, Transportation Research Board. *Nat. Acad. Sci.*, 247: 36–75.
- GIL E., STARKEL L. 1979 – Long-term extreme rainfalls and their role in the modeling of flysch slopes. *Stud. Geomorph. Carpat.-Bal.*, 13: 207–220.
- IMGW, 2021a – Komunikat Biura Prasowego IMGW z dn. 20.10.2021 r.; <https://www.imgw.pl/index.php/wydarzenia/uwaga-najblizsze-dni-z-silnym-wiatrem-i-opadami-deszczu-nad-morzem-sztorm>
- IMGW, 2021b – Komunikat Biura Prasowego IMGW z dn. 21.10.2021 r.; <https://www.imgw.pl/index.php/wydarzenia/imgw-pib-zroznicowana-pogoda-sztorm-na-baltyku-i-snieg-w-gorach-aktualizacja>
- IMGW, 2021c – Komunikat Biura Prasowego IMGW z dn. 1.12.2021 r.; <https://www.imgw.pl/index.php/wydarzenia/imgw-pib-silny-wiatr-01-02-12-2021-r-i-wzrosty-poziomu-wody-na-baltyku>

- IMGW, 2021d – Komunikat Biura Prasowego IMGW z dn. 26.01.2022 r.; <https://www.imgw.pl/index.php/wydarzenia/imgw-pib-dynamiczna-pogoda-w-dniach-27-30-01-2022>
- IS EPOS, 2017 – Epizod: LGCD, <https://tcs.ah-epos.eu/#episode:LGCD>, doi:10.25171/InstGeoph\_PAS\_ISEPOS-2017-006
- KACZOROWSKI J., GOŁDA M., GRABOWSKI D., GÓRKA K., PARAFINIUK M., CHASZCZEWICZ A. 2021 – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000, gm. Nozdrzec, pow. brzozowski, woj. podkarpackie; <http://mapa.osuwiska.pgi.gov.pl>
- LASKOWICZ I., SIKORA R., BALICKI L., BIAJGO A. 2021 – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000, gm. Ropczyce, pow. ropczycko-śędziszowski, woj. podkarpackie; <http://mapa.osuwiska.pgi.gov.pl>
- MIESIĘCZNE Raporty Polskiej Sieci Sejsmologicznej; <https://private.igf.edu.pl/~kaj/slmon/bulletin/> (dostęp 28.06.2022).
- MROZEK T., LASKOWICZ I. 2014 – Landslide risk reduction in Poland – from landslide inventory to improved mitigation and landuse practice in endangered areas. [W:] Sassa K., Canuti P., Yin Y (red.), Landslide Science for a Safer Geoenvironment – Volume 2 – Methods of Landslide Studies. Springer, 765–771.
- PERSKI Z., NESCIERUK P. 2022 – Pomiar monitoringowe i analiza danych zapadliska powstałego 26 marca 2021 r. w miejscowości Wapno oraz analiza potencjalnych deformacji rejonu przedszkola. Wiosna 2022 r. Raport techniczny, Państw. Inst. Geol. Niepublikowane: 10.
- PERSKI Z., WOJCIECHOWSKI T. 2022 – Monitoring dynamiki ruchów powierzchni osuwisk w warunkach zmiennego poziomu wód gruntowych z wykorzystaniem reflektorów radarowych. Prz. Geol., 70 (9): 661–670.
- PERSKI Z., BRZEZIŃSKI M., PRZYLUCKA M., PACANOWSKI G., MUSIATEWICZ M., NOWACKI Ł., GRANICZNY M., KOWALSKI Z., CHEŁMIŃSKI J., CZARNIAK P., STĘPIEŃ U., CZAPOWSKI G. 2019 – Monitoring geodynamiczny w zakresie interferometrii satelitarnej pasa wysadów solnych w Polsce oraz próba określenia ruchliwości soli w czwartorzędzie z wykorzystaniem tomografii elektrooporowej i technik modelowania 3D, Raport Końcowy. Efekt rzeczowy z realizacji zadania z zakresu państwowej służby geologicznej, nr umowy 913/2014/Wn-07/FG-GO-DN/D z dnia 23.12.2014 r.
- PRZYLUCKA M. 2017 – Geostatystyczna analiza uwarunkowań pionowych przemieszczeń terenu zidentyfikowanych przy pomocy interferometrii satelitarnej na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowe. Prz. Górn., 73 (6): 9–17.
- PRZYLUCKA M., HERRERA G., GRANICZNY M., COLOMBO D., BÉJAR-PIZARRO M. 2015 – Combination of Conventional and Advanced DInSAR to Monitor Very Fast Mining Subsidence with TerraSAR-X Data: Bytom City (Poland). Remote Sensing, 7 (5): 5300–5328.
- PYRC R. 2022 – Analiza dostępnych modeli meteorologicznych i studium wykonalności transmisji danych z IMGW na potrzeby prognozowania aktywności osuwiskowej oraz określenie wilgotności gruntu i wielkości opadów za rok 2021 i ich wpływu na uruchamianie się współczesnych osuwisk na obszarze Karpat (CRZP/26/1681/2021/264 SOPO). Raport pośredni IMGW-PIB.
- 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.
- RUBINKIEWICZ J., WALATEK M., OCHMAŃSKA A., KWECKO P., BALICKI L., CHASZCZEWICZ A., PARAFINIUK M. 2021 – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000, gm. Dydnia, pow. brzozowski, woj. podkarpackie; <http://mapa.osuwiska.pgi.gov.pl>
- 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. Seismolog. Res. Lett., 92 (3): 1717–1725; doi: <https://doi.org/10.1785/0220200354>
- USTAWA z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze. Dz.U. z 2017 r. poz. 2126, z późn. zm.
- WARMUZ B., NESCIERUK P. 2019 – Dynamika przemieszczeń wybranych osuwisk w Karpatach. Prz. Geol., 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, 321: 2–6.
- WOJCIECHOWSKI T., LASKOWICZ I., NESCIERUK P., MARCINIEC P., UŚCINOWICZ G., CZERWIŃSKI T., PERSKI Z. 2021 – Zagrożenia geologiczne w Polsce w 2020 roku. Prz. Geol., 69 (5): 303–311.

Praca wpłynęła do redakcji 20.07.2022 r.  
Akceptowano do druku 4.08.2022 r.



Ryc. 4. Osuwisko w Polańczyku. Fot. M. Wódka

Fig. 4. Landslide in Polańczyk. Photo by M. Wódka



Ryc. 7. Skutki zimowych sztormów (2021–2022), które można było zaobserwować w Lubiatowie jeszcze w czerwcu 2022 r. Fot. G. Uścińowicz

Fig. 7. The effects of winter storms (2021–2022), which can be observed in Lubiatów in June 2022. Photo by G. Uścińowicz