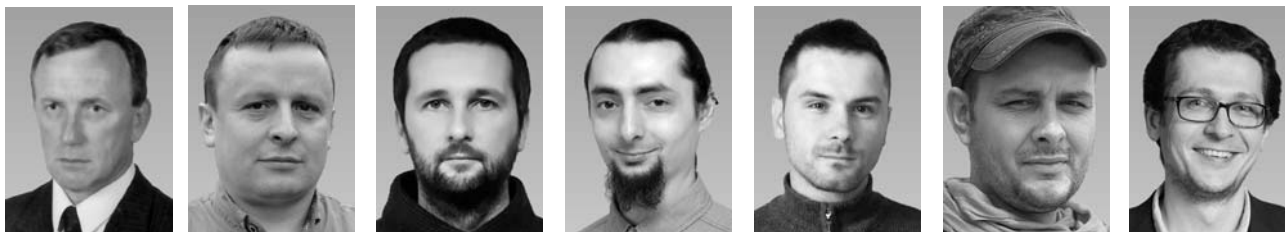


Rozwój badań osuwisk w Państwowym Instytucie Geologicznym

Antoni Wójcik¹, Tomasz Wojciechowski¹, Marcin Wódka¹, Jarosław Kaczorowski²,
Sylwester Kamieniarz¹, Rafał Sikora¹, Marcin Kułak², Krzysztof Karwacki²,
Bartłomiej Warmuz¹, Zbigniew Perski¹



A. Wójcik

T. Wojciechowski

M. Wódka

J. Kaczorowski

S. Kamieniarz

R. Sikora

M. Kułak



K. Karwacki

B. Warmuz

Z. Perski

Development of landslide research at the Polish Geological Institute.
Prz. Geol., 68: 356–363.

Abstract. The paper presents the history and latest achievements in landslide research at the Polish Geological Institute (PGI). Since the establishment of PGI in 1919, landslides have been investigated during geological mapping in the Carpathians and considered by engineering geologists. After the 2nd World War, the importance of landslide research becomes more and more important following each landslide catastrophic event. Since 2008, the research on landslide and mass movements has been carried out systematically at the PGI within the SOPO (Landslide Counteracting System) project framework. Since that time, the SOPO project has been develop-

ing from landslide mapping and recording into a large spatial database, a sophisticated monitoring system (including on-line data acquisition) and susceptibility analysis, and early warnings with prediction capabilities. SOPO plays an important role to local and national administration. Together with the legal component, it allows defining a strategy for landslide risk reduction in Poland. Recently, landslide research plays so important role at the PGI that a special department, called Geohazard Center, has been established within the PGI organizational structure.

Keywords: landslide research, geohazards, Polish Geological Institute, SOPO

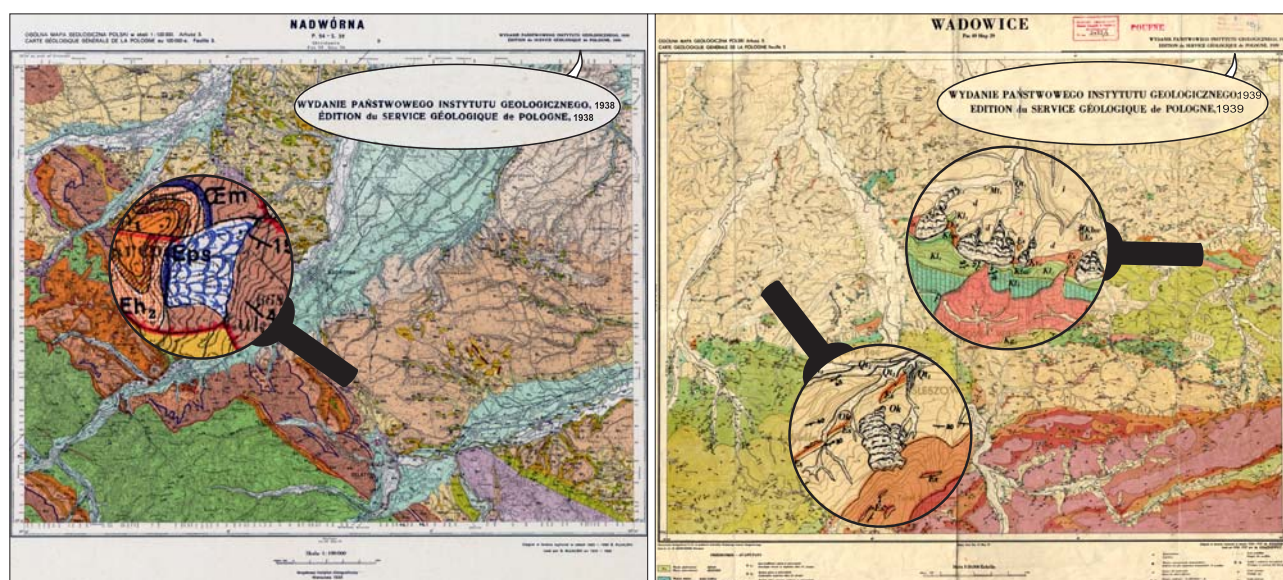
Osuwiska na obszarze Polski niemal od zawsze stanowiły poważny problem geologiczny, zwłaszcza w obszarach górskich. Bardzo często przejawiały się one w rzeźbie terenu oraz powodowały poważne zniszczenia mienia ludzkiego. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB) od początku swojej działalności zajmował się ruchami masowymi, chociaż nie stanowiły one odrębnego nurtu badawczego. Osuwiska były natomiast uwzględniane na mapach geologicznych w skali 1 : 100 000 (m.in. Bujalski, 1938; Książkiewicz, 1939, ryc. 1) wykonywanych i wydawanych przez PIG. Przed II wojną światową geolodzy rozpoznając ruchy masowe w trakcie prac kartograficznych, zwracali uwagę na związek osuwisk z budową geologiczną. Bohdan Świdorski (1932) jeden z pracowników Stacji Geologicznej w Borysławiu, która jest uznawana za podwaliny Oddziału Karpackiego PIG, słusznie zauważył, że osuwiska w Karpatach nie obejmują tylko zwietrzliny, ale również podłoże fliszowe. Polemizował w tym zakresie z tezą Ludomira Sawickiego (1917) *jakoby osuwiska karpackie*

powstawały li tylko tam, gdzie [...] istnieją większe masy zwietrzliny. Fakt istnienia osuwisk skalnych w Karpatach jest dzisiaj oczywisty, chociaż trzeba przyznać, że nadal zdarza się pomijanie podłoża skalnego we wglębnym rozpoznaniu osuwisk przez niedoświadczonych w tym zakresie geologów. Świdorski (1932) mając na myśli osuwiska, podnosił, że *czynnik ten, tak ważny w morfologii Karpat i ich osadnictwie, [...] dotychczas nie został należycie uwzględniony.* Zwracał uwagę, że *należałoby przewidzieć specjalne wydawnictwo rejestracyjne osuwisk dla celów gospodarczych.* Był to apel, który z powodu wybuchu wojny nie doczekał się w tamtym okresie realizacji. Warto dodać, że przed wojną ruchy masowe były uwzględniane również w badaniach geologiczno-inżynierskich, jakie PIG prowadził na potrzeby rozbudowy infrastruktury liniowej. To zadanie, wskazane przez pierwszego dyrektora PIG prof. Józefa Morozewicza, szerzej opisali Frankowski i in. (2020).

Po zakończeniu II wojny światowej badania osuwisk w PIG były kontynuowane. Niemał od początku tego okre-

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Centrum Geozagrożeń, ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków; antoni.wojcik@pgi.gov.pl

² Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Centrum Geozagrożeń, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa.

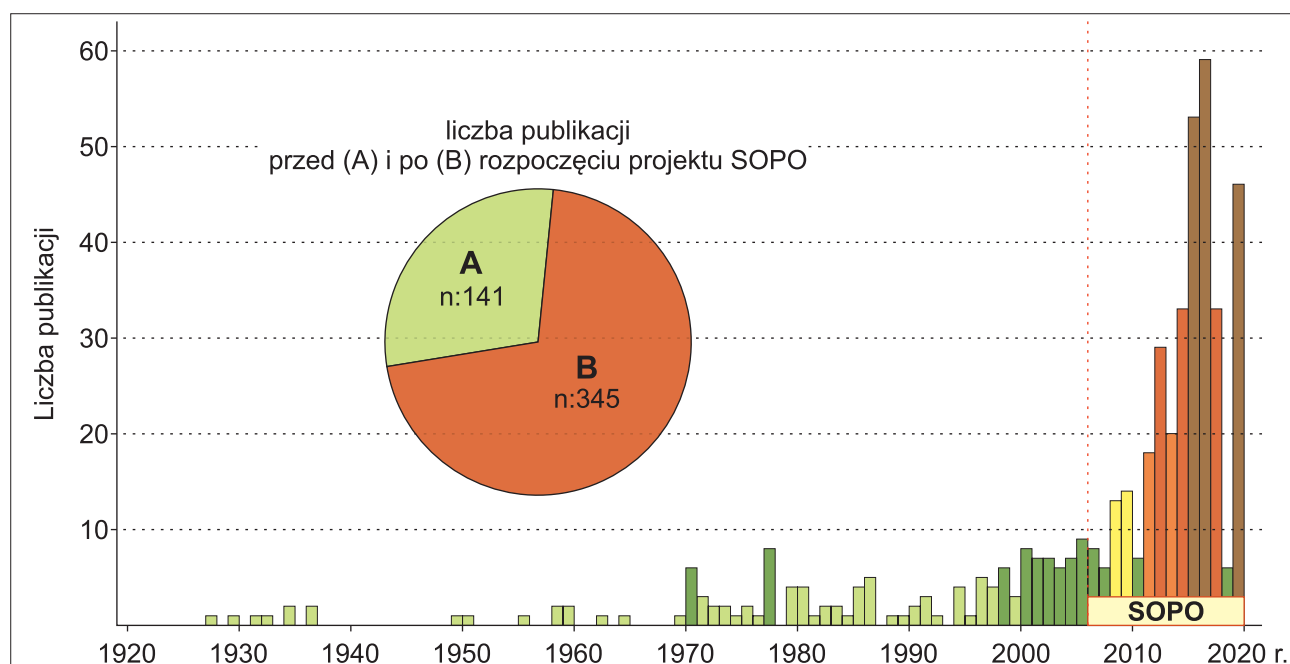


Ryc. 1. Pierwsze mapy geologiczne uwzględniające występowanie osuwisk wydane przez PIG (Bujalski, 1938; Książkiewicz, 1939)
Fig. 1. The first geological maps issued by the PGI, showing also the occurrence of landslides (Bujalski, 1938; Książkiewicz, 1939)

su pojawiały się publikacje, które podejmowały problemy pojedynczych osuwisk (m.in. Sokołowski, 1947; Badak, Pawłowski, 1959; Michalik, 1962). Zainteresowanie ruchami masowymi stopniowo wzrastało, zwłaszcza w sytuacjach kryzysowych, gdy osuwiska powstawały lub uaktywniały się w wyniku intensywnych i długotrwałych opadów atmosferycznych. W ostatnim stuleciu w polskich Karpatach odnotowano takich epizodów co najmniej 10 (Ziętara, 1974; Rączkowski, 2007; Wódka, 2020). Takie masowe uruchamianie się osuwisk stanowiło bodziec do szerszego, regionalnego spojrzenia na problem osuwisk wraz z próbami rozpoznania mechanizmów ich powstawania (Rączkowski, 2019). Przegląd oraz uwarunkowania rozwoju osuwisk w Karpatach znalazły się m.in. w pracach Bobera (1971, 1984), które są do dzisiaj licznie cytowanymi pozycjami w polskiej literaturze osuwiskowej. Związki osuwisk z bu-

dową geologiczną potwierdzali następnie w swoich badaniach np. Wójcik i Zimnal (1996), Wójcik (1997) czy Zabuski i in. (1999).

W latach 1968–1970 Instytut Geologiczny koordynował pracami nad pierwszą usystematyzowaną rejestracją osuwisk w Polsce (Bażyński, Kühn, 1970; Michalik, 1970). Dotyczyła ona głównie terenów zabudowanych oraz położonych wzdłuż szlaków komunikacyjnych. Na podstawie wybranych danych z rejestru instytut w późniejszych latach opracował katalogi osuwisk dla poszczególnych województw (Chowaniec i in., 1975), przedstawiające mapy występowania osuwisk w skali 1 : 100 000, wraz z krótkimi komentarzami tekstowymi. Jak wskazują najnowsze zestawienia (Marciniec i in., 2019b) instytut był również wykonawcą co najmniej dziewięciu innych rejestracji o znaczeniu lokalnym i ogólnopolskim. Wśród nich warto wymienić



Ryc. 2. Liczba publikacji pracowników PIG-PIB dotyczących osuwisk w latach 1920–2020
Fig. 2. Number of publications on landslides by PGI-NRI employees in the period 1920–2020

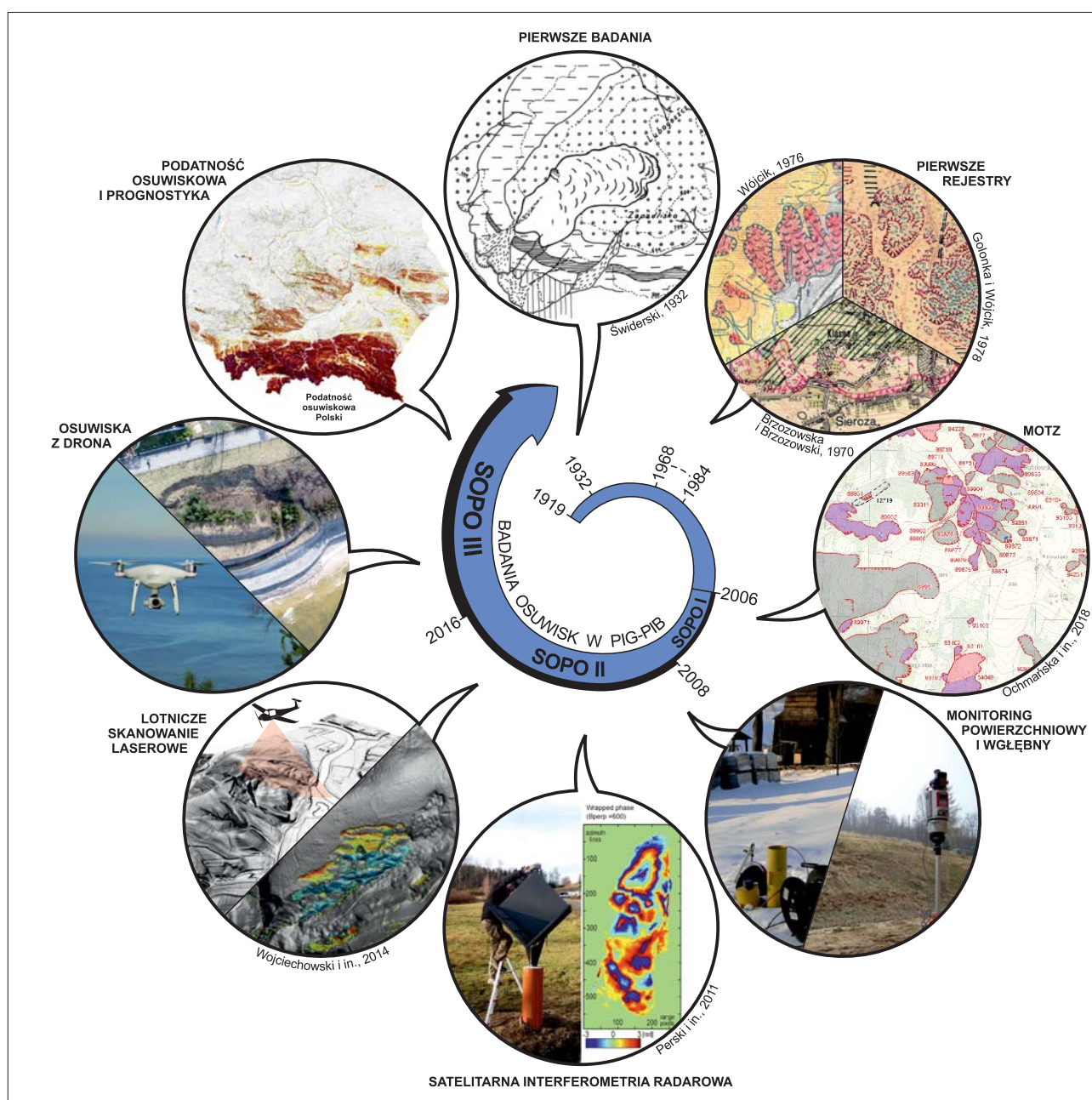
m.in. przeprowadzoną w latach 70. ub.w. inwentaryzację osuwisk na potrzeby projektowanych zbiorników wodnych w dolinach: Sanu, (Wójcik, 1976; Bober, Wójcik, 1977), Dunajca (Oszczykko, Wójcik, 1984), Wisłoki (Wójcik, Rączkowski, 2001) oraz rejestrację osuwisk na terenie województwa nowosądeckiego i tarnowskiego, uaktywnionych po powodzi w 1997 r. (Poprawa i in., 1998; Poprawa, Rączkowski, 1999). Osuwiska w ujęciu regionalnym w mniejszym lub większym stopniu były i są przedstawiane również na arkuszach *Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1 : 50 000*. Jako jedno z pierwszych opracowań w tej skali uwzględniające koluwia osuwiskowe warto wymienić arkusz Rabka (Świderski, 1953).

Zdecydowanie największymi impulsami do rozwoju badań osuwisk w PIG-PIB były występujące 4-krotnie w latach 1997–2010 katastrofalne opady atmosferyczne. Wielkość strat materialnych (Grabowski, Przybycin, 2010)

wywołanych osuwiskami unaoczniała władzom rządowym i samorządowym skalę problemu, wymuszając konieczność systemowego podejścia. W PIG-PIB powstał System Osłony Przeciwosuwiskowej (SOPO), a jego realizacja spowodowała olbrzymi postęp w badaniach osuwisk w Polsce, co przejawia się chociażby znaczącym wzrostem publikacji dotyczących ruchów masowych (Rączkowski, 2019; ryc. 2).

SYSTEM OSŁONY PRZECIWO SUWISKOWEJ

System Osłony Przeciwosuwiskowej, jak żaden inny projekt dotyczący ruchów masowych w Polsce, przyczynił się do rozwoju badań osuwisk. Dużą w tym rolę pracowników PIG-PIB, którzy koordynowali i rozwijali ich metodologię oraz wdrażali kolejne rozwiązania, a te przyczyniały się do lepszego rozpoznania problemów osuwiskowych.



Ryc. 3. Rozwój metod badawczych osuwisk w PIG-PIB
 Fig. 3. Development of landslide research methods in the PGI-NRI

Wokół projektu SOPO udało się zbudować w instytucie silny merytorycznie zespół badawczy o interdyscyplinarnym podejściu (ryc. 3). Wszystko jednak zaczęło się po katastrofalnym roku 1997. Wielkość zniszczeń wywołanych osunięciami ukazała silną potrzebę wdrożenia w Polsce systemu, który z jednej strony przyczyniałby się do ograniczenia strat materialnych na osuwiskach poprzez uwzględnianie ruchów masowych w planowaniu inwestycji, a z drugiej – dawał wsparcie eksperckie na etapie zabezpieczenia osuwisk i odbudowy zniszczonych obiektów budowlanych. Za kluczową można uznać konferencję *Prognozowanie i przeciwdziałanie skutkom ruchów osuwiskowych*, która odbyła się 7 września 2000 r. w Krakowie. Jej współorganizatorami był Oddział Karpacki PIG oraz Kancelaria Prezesa Rady Ministrów. Wnioski z konferencji wskazywały na konieczność stworzenia regulacji prawnych dotyczących zarówno zabezpieczania osuwisk, jak i przeciwdziałania zagrożeniom naturalnymi zjawiskami geodynamicznymi (Poprawa i in., 2000; Marciniak i in., 2019b). Już w 2002 r. pojawiły się pierwsze efekty – ruchy masowe zaczęto uwzględniać w ustawach oraz ministerialnych rozporządzeniach o czym bardziej szczegółowo pisali już m.in. Marciniak i in. (2015, 2019b), Laskowicz (2019) czy Wojciechowski (2019a).

Stworzenie SOPO poprzedził realizowany od 2003 r. przez PIG projekt *Ochrona Przeciwosuwiskowa*, współfinansowany w ramach umowy kredytowej pomiędzy Rzeczpospolitą Polską a Europejskim Bankiem Inwestycyjnym (EBI). Więcej szczegółów tego przedsięwzięcia ujęto w artykule Marciniak i in. (2019a). Realizowane były wówczas równoległe dwa komponenty: A (likwidacja skutków osuwisk) i B (system ograniczenia ryzyka osuwiskowego). Stały się one początkiem strategii redukcji ryzyka osuwiskowego, która z powodzeniem i wysoką skutecznością funkcjonuje obecnie. Komponent B w sposób płynny przeszedł w 2006 r. w System Ochrony Przeciwosuwiskowej (SOPO) finansowany przez NFOŚiGW (Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej), a nadzór i realizację powierzono PIG. System ten jest obecnie nieodzownym elementem strategii redukcji ryzyka osuwiskowego, która została ukształtowana licznymi wydarzeniami geologicznymi i prawnymi (ryc. 4).

SOPO III

Obecnie jest realizowany 3. etap projektu SOPO (ryc. 4), którego poprzednie fazy oraz szczegóły obecnego harmonogramu prac zostały przedstawione w artykułach Grabowskiego (2008) oraz Marciniak i in. (2019a). SOPO można określić jako platformę wsparcia dla administracji rządowej i samorządowej, a co za tym idzie – społeczeństwa. System już nie tylko pozyskuje, magazynuje i udostępnia dane o osuwiskach w Polsce. Dzisiejsze SOPO to tradycyjne kartowanie geologiczne wsparte nowoczesnymi technologiami pozyskiwania informacji o terenie (np. lotniczy skanowanie laserowe, fotogrametria), monitoringiem wglębnym i powierzchniowym (Nescieruk, Rączkowski, 2012), analizą rdzeni wiertniczych (Wójcik i in., 2019), obliczaniem podatności osuwiskowej i prognozowaniem zagrożeń (Wojciechowski, 2008; Mrozek, 2013; Laskowicz, Mrozek, 2018; Małka, 2018; Wojciechowski, 2019b) czy choćby datowaniem osuwisk (Wójcik i in., 2006; Wójcik, 2019; Marciniak i in., 2019a). W PIG-PIB został wypracowany



Ryc. 4. Kalendarium wydarzeń prowadzących do wypracowania strategii redukcji ryzyka osuwiskowego

Fig. 4. Calendar of events leading to the development of landslide risk reduction strategy

pewien standard prac, który coraz częściej określany jest mianem *normy SOPO*.

Podstawową metodą wyznaczania i aktualizacji osuwisk w ramach SOPO były, są i będą terenowe prace kartograficzne. Przez ostatnich kilkadziesiąt lat badań ruchów masowych w PIG-PIB wypracowano metody identyfikacji form osuwiskowych bezpośrednio w terenie i odróżnienia ich od tych, które są związane z innymi procesami geologicznymi lub przekształceniami antropogenicznymi. Prace terenowe (przy odpowiedniej dostępności odsłonięć skalnych) dają możliwość zaobserwowania i zbadania struktur deformacyjnych w obrębie osuwiska w odniesieniu do podłoża skalnego (Bober i in., 1997; Sikora, 2018; Rubinkiewicz i in., 2019). Są one kluczowe do prawidłowej klasyfikacji typu osuwiska. Prace terenowe, standardowo już, są poprzedzone przeglądem materiałów archiwalnych, w tym analizami numerycznych modeli terenu (NMT) pozyskanymi lotniczym skanowaniem laserowym (Borkowski i in., 2011; Wojciechowski i in., 2012) oraz zdjęć lotniczych analizowanych na stacjach fotogrametrycznych. Oprócz danych pozyskiwanych z GUGiK instytut na potrzeby badań osuwisk zlecał też wykonywanie własnych nalotów. Pierwsze takie dane pozyskano po katastrofie osuwiskowej, jaka miała miejsce w 2010 r. w rejonie wsi Kłodne, Szczepanowice, Zbyszyce oraz Lanckorona, dzięki czemu była możliwa precyzyjna interpretacja deformacji osuwiskowych oraz inwentaryzacja zniszczeń (Graniczny i in., 2012; Wojciechowski i in., 2012; Perski i in., 2014). W tym miejscu należy jednak podkreślić, że dane wysokościowe są obarczone błędami, które niestety bardzo negatywnie wpływają na idealną i bezdyskusyjną inwentaryzację osuwisk. Z tego też

powodu w ramach SOPO są obecnie prowadzone prace metodyczne, które mają na celu wypracowanie procedur poprawnego stosowania danych laserowych w badaniach osuwisk (Wojciechowski i in., 2015).

Pełne rozpoznanie osuwisk jest związane nie tylko z określeniem zasięgu powierzchniowego, ale również wgłębnego. Dla posadowienia obiektu budowlanego na obszarze objętym ruchami masowymi to właśnie wyznaczenie przebiegu najgłębszej powierzchni poślizgu jest kluczowe na etapie projektowania. Podstawą do rozpoznania zasięgu wgłębnego osuwiska jest prawidłowo wykonana dokumentacja geologiczno-inżynierska opracowana na podstawie wyników pełnordzeniowych wierceń. W czasie trwania projektu SOPO pracownicy instytutu wykonali kilkaset wierceń na terenach osuwisk, a każdy metr pozyskanego rdzenia był dokładnie przeanalizowany. Otrzymany materiał badawczy w pełni potwierdził tezę Świderskiego (1932) o skalnym charakterze osuwisk. Dzisiaj już wiemy, że osuwiska mogą osiągać kilkudziesięciometrowe miąższości, a osunięcia mogą zachodzić nawet wzdłuż kilku powierzchni poślizgu. W aspekcie rozpoznania wgłębnego osuwisk w PIG-PIB są stosowane również metody geofizyczne. Pozwalają one na ciągłe obrazowanie dwu- lub trójwymiarowe i wyznaczanie w ośrodku skalnym stref o zróżnicowanych lub anomalnych wartościach parametrów fizycznych oraz stref o wysokich gradientach tych parametrów. Najczęściej stosowaną metodą jest tomografia elektrooporowa (Ostrowski, Pacanowski, 2011), często wykonywana łącznie z profilowaniem refrakcyjnym (Ostrowski i in., 2013).

Istotnym elementem badania osuwisk jest określenie wieku ich powstawania i rozwoju (m.in. Margielewski, 1998, 2006), które są również w PIG-PIB. Za pomocą metody radiowęglowych określono już wiek szeregu osuwisk, który nierzadko przekracza 13 tys. lat (Wójcik i in., 2006; Wójcik, 2019). Oznaczenia palinologiczne wykonano m.in. na największym osuwisku na Podhalu, zlokalizowanym na północno-wschodnich stokach Magury Witowskiej (Marciniec i in., 2019a).

Oprócz rozpoznania osuwisk ważnym elementem działalności PIG-PIB jest monitorowanie ich aktywności. Tu widać największy postęp technologiczny, który umożliwia pozyskiwanie danych o zachowaniu się osuwisk w zależności od ich typu i podłoża geologicznego. Model dynamiki osuwisk stanowi podstawę prognozy zagrożeń osuwiskowych w przyszłości. W ramach SOPO jest obecnie prowadzony monitoring instrumentalny dla 60 osuwisk, ale system pilotażowy zainstalowano w 2006 r. na osuwisku w Hańczowej. Bazując na doświadczeniach z innych krajów, monitoring oparto na trójczłonowym systemie pomiarów: wgłębnym, powierzchniowym i meteorologicznym. W otworach wiertniczych, którymi rozpoznawano budowę geologiczną osuwisk, instalowano kolumny do pomiarów inklinometrycznych, a na powierzchni zamontowano punkty geodezyjne. Uzupełnienie pomiarów przemieszczeń stanowił monitoring hydrogeologiczny i hydrometeorologiczny, jako kontrola czynników utraty stabilności zbocza. Ponieważ pomiary te dawały precyzyjne informacje o dynamice przemieszczeń i głębokości występowania powierzchni poślizgu, to od 2009 r. PIG-PIB rozpoczął na obszarze Karpat i zapadliska przedkarpackiego monitoring na 67 osuwiskach w oparciu o analogicznie skonfigurowany system (Warmuz, Nescieruk, 2019). Liczbę monitorowanych osuwisk ograniczyły wysokie koszty systemu pomiarowego

oraz niezbędne zasoby kadrowe potrzebne do prowadzenia pomiarów i analizy wyników. Wyselekcjonowane osuwiska stanowią znaczące zagrożenie dla infrastruktury, a także reprezentują możliwe pełne spektrum czynników wpływających na rozwój osuwisk w Karpatach. Do roku 2019 monitoring miał charakter okresowy. Pomiary były wykonywane zwykle dwa razy w ciągu roku, jedynie dane opadowe i zmiany poziomu wód gruntowych rejestrowano w sposób ciągły. W latach 2018–2019 w Międzybrodziu Bialskim zbudowano system monitoringu osuwiska w czasie rzeczywistym, ze zdalną transmisją wyników pomiarów. System zawiera automatyczną rejestrację parametrów meteorologicznych, hydrogeologicznych i geodezyjnych z wykorzystaniem Globalnego Systemu Nawigacji Satelitarnej (GNSS), a także monitoruje osuwisko wgłębnie. Dane wgłębnej aktywności osuwiska są uzyskiwane przy użyciu zestawu czujników ekstensometrycznych i ciśnienia porowego. Monitoring ten jest kontrolowany i uzupełniany pomiarami okresowymi przy użyciu inklinometrów, metody TDR (ang. *time-domain reflectometer*), polegającej na lokalizacji uszkodzeń kabli wprowadzonych do rur inklinometrycznych, skanera laserowego, tachimetru i pomiarów GNSS.

Wraz z rozwojem i dostępnością nowych technologii w PIG-PIB sukcesywnie wdrażano kolejne metody pomiarowe, które poprawiały efektywność pozyskiwania danych, ich jakość, a także umożliwiały pozyskanie nowych informacji, o szerszym zakresie. Od 2010 r. są wykorzystywane chmury punktów otrzymane za pomocą lotniczego skaningu laserowego. Obecnie są prowadzone prace metodyczne nad wykorzystaniem laserowych technologii lotniczych do monitoringu nie tylko pojedynczych osuwisk, ale dla całych obszarów charakteryzujących się wysokim wskaźnikiem osuwiskowości powierzchniowej (*sensu* Bober, 1984). Dwa z czterech pomiarów rejonu zbiornika różnowskiego przeprowadzono już w latach 2018 i 2019, a wstępne wyniki różnicowe już można określić jako co najmniej zadawalające (Wódka, 2020). Najnowsze wdrożenia w PIG-PIB dotyczą wykorzystania bezzałogowego statku latającego (UAV) umożliwiającego wykonywanie tzw. fotogrametrii niskiego pułapu. Testowanie tej technologii rozpoczęło się w instytucie w 2017 r., pokazując duży potencjał UAV w monitorowaniu aktywności osuwisk (Karwacki, 2019; Karwacki i in., 2019). Dobre wyniki eksperymentów przyczyniły się do zaimplementowania tej technologii w 2020 r. w SOPO.

Badania deformacji powierzchni terenu na osuwiskach oprócz metod naziemnych i lotniczych są prowadzone również z pułapu satelitarnego. Satelitarna interferometria radarowa jest wykorzystywana przez specjalistów z instytutu już od ponad dekady (Wojciechowski i in., 2008; Perski i in., 2009, 2011, 2014; Przyłucka, Graniczny, 2015; Perski, 2019). Metoda ta pozwala uzyskać dane o przemieszczeniach rzędu pojedynczych milimetrów na rok, co czyni ją jedną z najdokładniejszych metod pomiarowych zmian powierzchni terenu. Badania osuwisk w oparciu o dane satelitarne to również wiele wyzwań, jakie stoją przed specjalistami PIG. Dla uzyskania dobrych wyników na wybranych obszarach osuwiskowych zostały zainstalowane reflektory radarowe, których projekt powstał w instytucie. Nieustanna praca i rozwijanie tej technologii widoczne jest również przy tworzeniu/rozwijaniu specjalistycznego oprogramowania InTOP (*Interferometric Toolbox Of PGI*). Doświadczenia

pracowników instytutu w zakresie interferometrii radarowej zostały docenione przez Europejską Agencję Kosmiczną, która w latach 2013–2014 powierzyła PIG-PIB walidację interferometryczną danych radarowych satelity Sentinel-1 (Larsen i in., 2017). Badania zostały przeprowadzone na poligonie badawczym Babiak (pow. lidzbarski), gdzie w związku z podziemnym szczelinowaniem łupków gazonośnych zainstalowano 20 reflektorów radarowych.

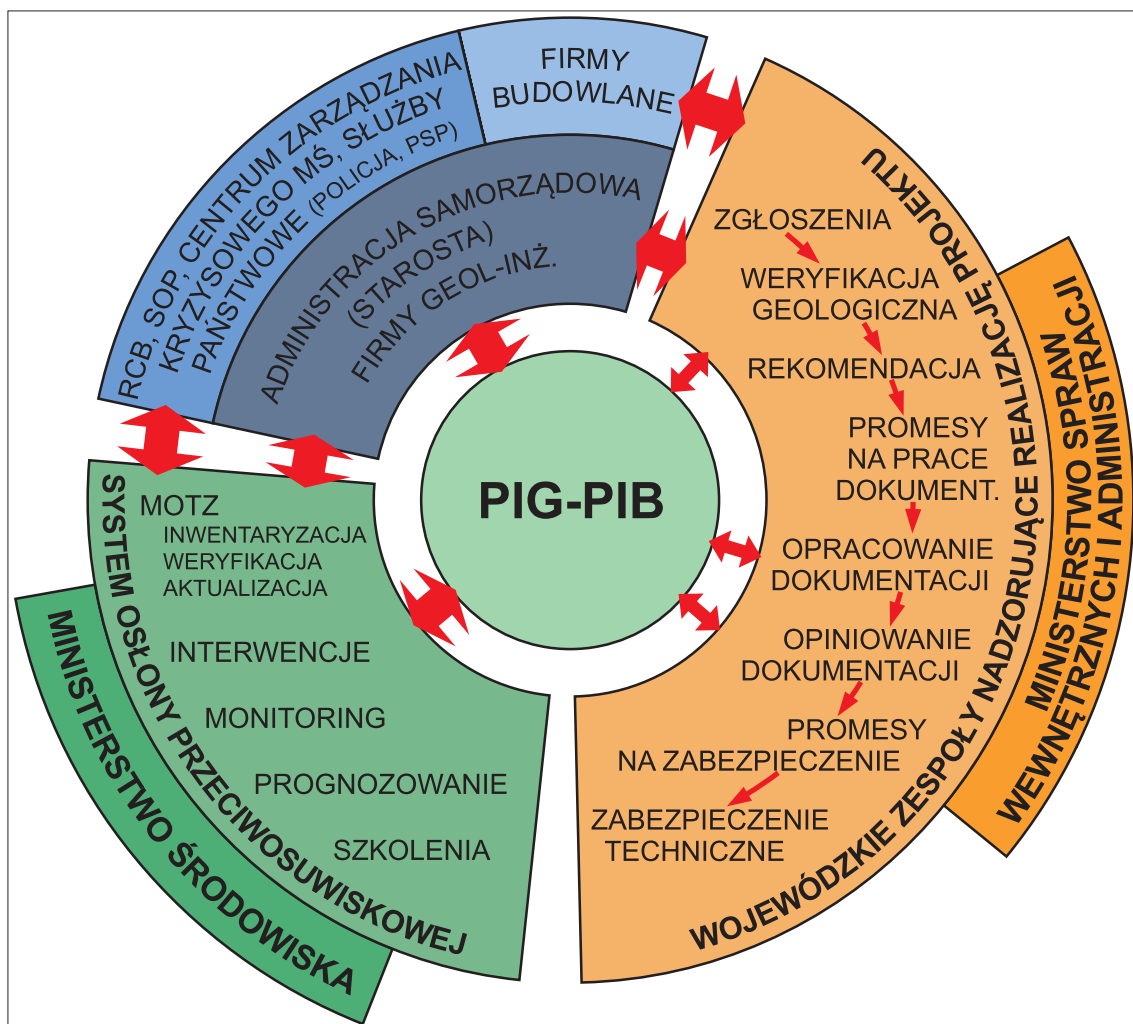
Informacje o osuwiskach zbierane w trakcie projektu są gromadzone w bazie danych SOPO. Jest ona największym zbiorem tego typu danych w Polsce. Znajdują się w niej informacje na temat prawie 67 tys. osuwisk i ponad 6 tys. terenów zagrożonych ruchami masowymi – to łącznie ponad 2,2 mln rekordów. Pod względem liczby zarejestrowanych osuwisk baza SOPO jest obecnie 3. co do wielkości w Europie – więcej osuwisk zawierają jedynie bazy włoska i norweska (Herrera i in., 2018).

Baza wraz z aplikacją internetową do jej obsługi działają od 2008 r., jednakże najstarsze informacje, które się w niej znajdują, pochodzą z lat 2002–2003. Zawiera ona także wyniki monitoringu osuwisk prowadzonego w ramach projektu SOPO (dokumentacje geologiczno-inżynierskie oraz coroczne raporty z monitoringu). Do obsługi bazy została utworzona dedykowana aplikacja internetowa, która składa się z dwóch głównych modułów: edycyjnego i prezentacyjnego. Moduł edycyjny, dostępny tylko dla wyko-

nawców projektu, pozwala na wprowadzanie i weryfikację danych, natomiast prezentacyjny stanowi aplikacja mapowa (mapa.osuwiska.pgi.gov.pl), dane przestrzenne i pliki tekstowe tego modułu są ogólnodostępne.

SŁUŻBA PIG-PIB W ZAKRESIE PRZECIWDZIAŁANIA ZAGROŻENIOM GEOLOGICZNYM

Strategia redukcji ryzyka osuwiskowego w Polsce (ryc. 5) jest zbiorem dobrych i sprawdzonych praktyk, procedur, powiązań międzyinstytucjonalnych, którą wypracowano przez ostatnie dziesięciolecia z istotnym wkładem PIG. Jednak nie jest ona jednym, spójnym dokumentem. Jej elementy mieszczą się w często bardzo złożonych zapisach prawnych dotyczących geologii, ochrony środowiska, ruchów masowych, katastrof naturalnych oraz szeroko pojętego budownictwa. Poszczególne składniki są jednak ze sobą komplementarne (Mrozek, Laskowicz, 2014) i międzyresortowe. Ogólnie rzecz biorąc, za przeciwdziałanie skutkom ruchów masowych odpowiada Ministerstwo Środowiska, które poprzez PIG-PIB realizuje SOPO jako zadanie państwowej służby geologicznej. Za odbudowę zniszczeń odpowiada zaś Ministerstwo Spraw Wewnętrznych i Administracji (MSWiA), które poprzez wojewodów przyznaje dotacje celowe jednostkom administracji



Ryc. 5. Strategia redukcji ryzyka osuwiskowego w Polsce
Fig. 5. Landslide risk reduction strategy in Poland

samorządowej na potrzeby zabezpieczeń infrastruktury. Pracownicy instytutu również tu odgrywają istotną rolę, ponieważ ich doświadczenie jest wykorzystywane w Wojewódzkich Zespołach Nadzorujących Realizację Zadań w Zakresie Przeciwdziałania Ruchom Osuwiskowym oraz Usuwania ich Skutków, które powołują wojewodowie. Zespoły te opiniują planowane zadania i w przypadku pozytywnej oceny rekomendują finansowanie MSWiA. Odpowiedzialność decyzyjna jest tu bardzo duża, ponieważ inwestycje budowlane finansowane w ten sposób muszą się cechować co najmniej 25-letnią wytrzymałością. W przypadku nieskutecznego zabezpieczenia infrastruktury przed uszkodzeniem lub zniszczeniem wywołanym przez osuwisko, ponowny wniosek o promesę można składać dopiero po takim okresie. Najbardziej prężne zespoły działają w województwach: małopolskim, śląskim i podkarpackim. Nie rekomendują one zadań bez pozytywnej opinii PIG-PIB o każdym dokumencie geologicznym (karta osuwiska, projekt robót geologicznych, dokumentacja geologiczno-inżynierska, projekt budowlany). Wymagania instytutu w tym zakresie są wysokie, wypełniając tym samym braki w polskim ustawodawstwie, które niestety nie uwzględnienia wielu istotnych czynników dotyczących osuwisk (Wojciechowski, 2019a). Strategia redukcji ryzyka służy głównie administracji samorządowej, odpowiadającej za planowanie przestrzenne, a więc społeczeństwu. Jest to również wzajemne współdziałanie wielu podmiotów administracji rządowej i samorządowej, instytucji publicznych, centrów zarządzania kryzysowego, służb państwowych, uczelni wyższych oraz firm geologicznych i budowlanych.

WNIOSKI

Dotychczasowa praktyka wypracowana w PIG-PIB pokazuje, że tylko skoordynowane, systematyczne i wielowymiarowe badania nad ruchami masowymi pozwalają ograniczać negatywne skutki ich rozwoju i ostrzegać o możliwości wystąpienia zagrożenia. Szczególnym problemem jest edukacja w tym zakresie i przeciwdziałanie tzw. amnezji osuwiskowej wśród ludności zamieszkującej tereny osuwiskowe oraz podmiotów objętych strategią redukcji ryzyka osuwiskowego. Dużym sukcesem instytutu w tym zakresie było dwukrotne zorganizowanie Ogólnopolskiej Konferencji O!suwisko, która odbyła się w 2015 r. w Wieliczce i w 2019 r. w Szczawnicy, za każdym razem gromadząc setki uczestników. W 2019 r. przy tej okazji ukazał się specjalny numer *Przeglądu Geologicznego* poświęcony ruchom masowym. Szeroki zakres zamieszczonych w nim artykułów spina dotychczasowe osiągnięcia PIG-PIB z perspektywami rozwoju badań w przyszłości. Postulaty Świderskiego (1932) o konieczności redagowania specjalnego wydawnictwa dedykowanego osuwiskom nie dość, że zostały spełnione, to wykorzystując olbrzymi postęp w badaniach osuwisk ostatniego stulecia, zostały w sposób znaczny rozszerzone. Obecnie funkcjonująca strategia ryzyka osuwiskowego, w tym realizacja SOPO, stanowi olbrzymie i wydaje się nieodzowne wsparcie dla społeczeństwa. W tym też celu w 2019 r. powołano w PIG-PIB Centrum Geozagrożeń, które zajmuje się całym wachlarzem zagadnień związanych z geozagrożeniami w Polsce oraz zapewnienia zachowanie najwyższych standardów prowadzonych prac w zakresie identyfikowania, monitorowania i prognozowania geozagrożeń.

Autorzy składają podziękowania Recenzentowi za poświęcony czas oraz cenne uwagi, które pozwoliły udoskonalić treść i formę artykułu.

LITERATURA

- BADAK J., PAWŁOWSKI Z. 1959 – Osuwisko w Lipowicy koło Dukli. *Prz. Geol.*, 11: 516–517.
- BAŻYŃSKI J., KÜHN A. 1970 – Rejestracja osuwisk w Polsce. *Prz. Geol.*, 18: 142–145.
- BOBER L. 1971 – Structural landslides of the Podhale Region (Polish Inner Carpathians). *Acta Geol. Acad. Sc. Hung.*, 15: 389–403.
- BOBER L. 1984 – Rejony osuwiskowe w polskich Karpatkach fliszowych i ich związek z budową geologiczną regionu. *Biul. Inst. Geol.*, 340: 115–162.
- BOBER L., THIEL K., ZABUSKI L. 1997 – Zjawiska osuwiskowe w polskich Karpatkach fliszowych. *Geologiczno-inżynierskie właściwości wybranych osuwisk*. IBW PAN, Gdańsk.
- BOBER L., WÓJCIK A. 1977 – Structural landslides in the region of the Prusów Ridge (Beskid Żywiecki Mts.). *Stud. Geomorph. Carpatho-Balcan.*, 11: 155–167.
- BORKOWSKI A., PERSKI Z., WOJCIECHOWSKI T., JÓŻKÓW G., WÓJCIK A. 2011 – Landslides mapping in Roznow lake vicinity, Poland using airborne laser scanning data. *Acta Geodynam. Geomater.*, 8 (3): 325–333.
- BRZOZOWSKA C., BRZOZOWSKI J. 1970 – Rejestracja osuwisk w powiecie krakowskim, woj. krakowskie. „Geoprojekt” Przedsiębiorstwo geologiczno-fizjograficzne i geodezyjne budownictwa w Krakowie. *Nar. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Kraków.
- BUJAŁSKI B. 1938 – Ogólna Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 100 000, ark. 3 Nadwórna. *Wyd. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
- CHOWANIEC J., KOLASA K., NAWROCKA D., WITEK K., WYKOWSKI A. 1975 – Katalog osuwisk. *Województwo Krakowskie*. *Nar. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Kraków, nr inw. B 1040/2.
- FRANKOWSKI Z., MAJER E., SOKOŁOWSKA E., RYŻYŃSKI G., OSTROWSKI SZ., MAJER K. 2020 – Kierunki rozwoju geologii inżynierskiej w Państwowym Instytucie Geologicznym. *Prz. Geol.*, 68 (5): 345–355.
- GOLONKA J., WÓJCIK A. 1978 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1 : 50 000, ark. Jeleśnia. *Nar. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
- GRABOWSKI D. 2008 – System Osłony Przeciwośuwiskowej SOPO. *Prz. Geol.*, 56: 537–538.
- GRABOWSKI D., PRZYBYCIN A. 2010 – Działania resortu środowiska w zakresie systemu osłony przeciwośuwiskowej w Polsce. *Prz. Geol.*, 58: 941–945.
- GRANICZNY M., KAMIŃSKI M., PIATKOWSKA A., SURALA M. 2012 – Wykorzystanie lotniczego skaningu laserowego do inwentaryzacji i monitoringu osuwiska w rejonie Łańcicy (gmina Lanckorona), Pogórze Wielickie, Karpaty zewnętrzne. *Prz. Geol.*, 60: 89–94.
- HERRERA G., MATEOS R.M., GARCÍA-DAVALILLO J.C. i in. 2018 – Landslide databases in the Geological Surveys of Europe. *Landslides*, 15: 359.
- KARWACKI K. 2019 – Zastosowanie bezałogowego statku latającego (UAV) w monitoringu powierzchniowym ruchów masowych na przykładzie osuwiska w Kasince Małej (Beskid Wyspowy, Zewnętrzne Karpaty Zachodnie). *Prz. Geol.*, 67: 339–350.
- KARWACKI K., WOJCIECHOWSKI T., PERSKI Z., GOŁDA M. 2019 – Wykorzystanie danych ze skaningu naziemnego i fotogrametrii niskiego pułapu do badania dynamiki osuwiska w Kasince Małej. *I Krajowe Forum Użytkowników LIDAR*. Sękocin Stary.
- KSIĄŻKIEWICZ M. 1939 – Ogólna Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 100 000, ark. 5 – Wadowice. *Wyd. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
- LARSEN Y., MARINKOVIC P., LAUKNES T., PERSKI Z., DEHLS J., HOOPER A., WRIGHT T. 2017 – InSAR Time Series Analysis with the Sentinel-1 Constellation – Initial Experiences from the InSARap Project. *Proceedings of the Fringe 2017, the 10th International Workshop on “Advances in the Science and Applications of SAR Interferometry and Sentinel-1 InSAR”*. 5–9.06.2017, Helsinki.
- LASKOWICZ I. 2019 – Zagospodarowanie przestrzenne osuwisk – nadal otwarty problem. *Prz. Geol.*, 67: 303–307.
- LASKOWICZ I., MROZEK T. 2018 – Redukcja ryzyka osuwiskowego w Polsce – działania AD HOC czy strategia? *Pr. Stud.Geogr.*, 63 (3): 33–46.
- MAŁKA A. 2018 – Podatność i ryzyko osuwiskowe w obszarach rzeźby młodoglacjalnej, przeobrażonej antropogenicznie, na terenie Gdyni. *Pr. doktorska. Arch. Państw. Inst. Geol.*, Gdańsk
- MARCINIEC P., GRANOSZEWSKI W., ZIMNAL Z. 2019a – Osuwisko na stokach Magury Witowskiej (Podhale). *Prz. Geol.*, 67: 405–413.

- MARCINIEC P., LASKOWICZ I., ZIMNAL Z., GRABOWSKI D., RĄCZKOWSKI W. 2015 – Problematyka osuwiskowa w działalności służby geologicznej i administracji publicznej. *Prz. Geol.*, 63: 1364–1372.
- MARCINIEC P., ZIMNAL Z., WOJCIECHOWSKI T., PERSKI Z., RĄCZKOWSKI W., LASKOWICZ I., NESCIERUK P., GRABOWSKI D., KUŁAK M., WÓJCIK A. 2019b – Osuwiska w Polsce – od rejestracji do prognozy, czyli 13 lat projektu SOPO. *Prz. Geol.*, 67: 291–297.
- MARGIELEWSKI W. 1998 – Landslide phases in the Polish Outer Carpathians and their relation to the climatic changes in the Late Glacial and the Holocene. *Quatern. Stud. Pol.*, 15: 37–53.
- MARGIELEWSKI W. 2006 – Records of the Late Glacial-Holocene palaeoenvironmental changes in landslide forms and deposits of the Beskid Makowski and Beskid Wyspowy Mts. area (Polish Outer Carpathians). *Fol. Quatern.*, 76: 1–149.
- MICHALIK A. 1962 – Osuwisko w Cichem na Podhalu. *Rocz. Nauk.-Dydakt. WSP Kraków, Pr. Geogr.*, 10: 49–56.
- MICHALIK A. 1970 – Objasnienia do mapy osuwisk w Karpatach w skali 1 : 200 000. *Maszynopis. Nar. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Kraków.*
- MROZEK T. 2013 – Zagrożenie i ryzyko osuwiskowe w rejonie Szymbarku (Beskid Niski). *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 199: 40.
- 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.
- NESCIERUK P., RĄCZKOWSKI W. 2012 – Monitoring węglby osuwisk karpaccich. [W:] *Geologia jedna?! II Polski Kongres Geologiczny*, Warszawa, 17–19 września 2012 r. *Abstrakty: 63–67. WG UW, PTG, Warszawa.*
- OCHMAŃSKA A., WARMUZ B., MALATA T. 2018 – Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000, gmina Chmielnik. *Państw. Inst. Geol.*
- OSTROWSKI S., PACANOWSKI G. 2011 – Płytkie badania geofizyczne z wykorzystaniem sejsmiki inżynierskiej oraz tomografii elektrooporowej. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 446: 215–224.
- OSTROWSKI S., RYBAK-OSTROWSKA B., LASOCKI M. 2013 – Wykorzystanie przypowierzchniowych badań geofizycznych w rozpoznawaniu budowy geologicznej na przykładzie stref osuwiskowych w Karpatach. *Prz. Geol.*, 61: 67–73.
- OSZCZYPKO N., WÓJCIK A. 1984 – Utwory czwartorzędowe Beskidu Sądeckiego między Wietrznicą a Jazowskiem. *Biul. Inst. Geol.*, 340: 89–114.
- PERSKI Z. 2019 – Zaawansowane techniki InSAR w monitorowaniu osuwisk. *Prz. Geol.*, 67: 351–359.
- PERSKI Z., BORKOWSKI A., WOJCIECHOWSKI T., WÓJCIK A. 2011 – Application of persistent scatterers interferometry for landslides monitoring in the vicinity of Roznow Lake in Poland. *Acta Geodyn. Geomater.*, 8/3 (163): 319–323.
- PERSKI Z., HANSEN R., WÓJCIK A., WOJCIECHOWSKI T. 2009 – InSAR analyses of terrain deformation near the Wieliczka Salt Mine, Poland. *Eng. Geol.*, 106 (1–2): 58–67.
- PERSKI Z., WOJCIECHOWSKI T., WÓJCIK A., BORKOWSKI A. 2014 – Monitoring of Landslide Dynamics with LIDAR, SAR Interferometry and Photogrammetry Case Study of Kłodne Landslide, Southern Poland. *Proceedings of World Landslide Forum 3, 2–6 June 2014, Beijing*, 4: Discussion Session: 200–204.
- POPRAWA D., GODEK R., GUTOWSKI J., OLBRYCH M., MYSZKA R., ROLEK M., RĄCZKOWSKI W., FRANKOWSKI Z. 2000 – Komunikat końcowy z konferencji „Prognozowanie i Przeciwdziałanie skutkom ruchów osuwiskowych”. 7 września 2000 r., PIG-PIB, Oddz. Kraków: 42–45.
- POPRAWA D., RĄCZKOWSKI W. 1999 – Osuwiska i inne zjawiska geodynamiczne na obszarze środkowej części Karpat. [W:] Grela J., Słota H., Zieliński J. (red.), *Dorzecze Wisły – monografia powodzi – lipiec 1997. IMGW, Warszawa: 159–163.*
- POPRAWA D., RĄCZKOWSKI W., KOPCOWSKI L., NESCIERUK P., ZIMNAL Z., DZIEPAK P., MROZEK T. 1998 – Prace geologiczne dla rejestracji osuwisk i innych zjawisk geodynamicznych na terenie województwa nowosądeckiego i tarnowskiego powstałych w wyniku katastrofalnych opadów i powodzi. *Nar. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Kraków.*
- PRZYŁUCKA M., GRANICZNY M. 2015 – Kompleksowe wykorzystanie przetworzeń DInSAR i PSInSAR w badaniu pionowych przemieszczeń terenu w wybranych rejonach GOP. *Prz. Geol.*, 71 (3): 80–88.
- RĄCZKOWSKI W. 2007 – Landslide hazard in the Polish Flysch Carpathians. *Stud. Geomorph. Carpatho-Balcan.*, 41: 61–76.
- RĄCZKOWSKI W. 2019 – Zarys historii badań nad ruchami masowymi ziemi w Polsce. *Prz. Geol.*, 67: 288–290.
- RUBINKIEWICZ J., SIKORA R., BIEL A. 2019 – Kamieniołom „Krywe” – problematyka osuwisk strukturalnych w paśmie Otrytu. *Sesja terenowa A, LXXXVII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Osiągnięcia współczesnej geologii w kolebce górnictwa w Karpatach*, 26–29.06. 2019 r., Czarna: 68–71.
- SAWICKI L. 1917 – Osuwisko ziemne w Szymbarku i inne zsuwy powstałe w r. 1913 w Galicji zachodniej. *Rozpr. Wydz. Mat.-Przyr. Akad. Um.*, ser. III, 16 A: 227–313.
- SIKORA R. 2018 – Structural control on the initiation and development of the Biała Wisetka Landslide Complex (Silesian Beskid, Outer Carpathians, Southern Poland). *Geol., Geophys. Environ.*, 44: 31–48.
- SOKOŁOWSKI S. 1947 – Osuwisko w Sadowiu na przekopie linii kolejowej Tunel-Kraków. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 32.
- ŚWIDERSKI B. 1932 – Przyczynki do badań nad osuwiskami karpaccimi. *Prz. Geogr.*, 12: 96–111.
- ŚWIDERSKI B. 1953 – Mapa geologiczna 1 : 50 000, ark. Rabka. *Nar. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.*
- WARMUZ B., NESCIERUK P. 2019 – Dynamika przemieszczeń wybranych osuwisk w Karpatach. *Prz. Geol.*, 67: 326–331.
- WOJCIECHOWSKI T. 2008 – Podatność osuwiskowa zbroczy w Wieliczce. *Pr. Nauk. Inst. Gór. PWroc.*, 122 (51): 247–256.
- WOJCIECHOWSKI T. 2019a – Osuwiska – problemy prawne, społeczne i administracyjne. *Prz. Geol.*, 67: 298–302.
- WOJCIECHOWSKI T. 2019b – Podatność osuwiskowa Polski. *Prz. Geol.*, 67: 320–325.
- WOJCIECHOWSKI T., BORKOWSKI A., PERSKI Z., WÓJCIK A. 2012 – Dane lotniczego skaningu laserowego w badaniu osuwisk – przykład osuwiska w Zbyszycach (Karpaty zewnętrzne). *Prz. Geol.*, 60: 95–102.
- WOJCIECHOWSKI T., MARCINIEC P., WÓJCIK A., KARWACKI K., KOWALSKI Z., MICHALIK K., MICHALSKI A., NESCIERUK P., PERSKI Z., PRZYŁUCKA M. 2015 – Procedura optymalnego przetwarzania danych z lotniczego skaningu laserowego pod kątem badań osuwisk – opracowanie wstępne (nie zweryfikowane w terenie). *Nar. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Kraków.*
- WOJCIECHOWSKI T., NESCIERUK P., MICHALSKI A., PERSKI Z., WARMUZ B. 2014 – Metody monitoringu geodynamicznego stosowane przez Państwową Służbę Geologiczną. *I Ogólnopolskie Sympozjum Geointerdyscyplinarnych Metod Badawczych, 4.04.2014, Warszawa.*
- WOJCIECHOWSKI T., PERSKI Z., WÓJCIK A. 2008 – Wykorzystanie satelitarnej interferometrii radarowej do badań osuwisk w polskiej części Karpat. *Prz. Geol.*, 56: 1087–1091.
- WÓDKA M. 2020 – Ocena aktywności wybranych osuwisk w świetle badań terenowych oraz analiz różnicowych modeli terenu w rejonie Jeziora Rożnowskiego. *Prz. Geol.*, 68: 60–67.
- WÓJCIK A. 1976 – Utwory czwartorzędowe w dolinie Sanu między Dubieckiem a Krasiczynem. *Spraw. Pos. Kom. Nauk. PAN w Krakowie za 1975 r.*, 437–438.
- WÓJCIK A. 1997 – Osuwiska w dorzeczu Koszarawy – uwarunkowania strukturalne i geologiczne. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 376: 5–42.
- WÓJCIK A. 2019 – Późnoglacialny rozwój osuwisk w polskich Karpatach wewnętrznych. *Prz. Geol.*, 67: 397–404.
- WÓJCIK A. (red.), KAMIENIARZ S., WÓDKA M., BIAJGO A., JANECZEK A., WALATEK M. 2019 – *Atlas Osuwisk Miasta Krakowa UM KRAKÓW.*
- WÓJCIK A., MROZEK T., GRANOSZEWSKI W. 2006 – Litological conditioning of Landslides and Climatic Changes with examples from the Beskid Mts., Western Carpathians, Poland. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 29: 197–209.
- WÓJCIK A., RĄCZKOWSKI W. 2001 – Osuwiska w dolinie Wisłoki na terenie projektowanego zbiornika w Kątach (Beskid Niski). *Prz. Geol.*, 49: 389–395.
- WÓJCIK A., ZIMNAL Z. 1996 – Osuwiska wzdłuż doliny Sanu między Bachórczem a Rzecpołem (Karpaty, Pogórze Karpackie). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 374: 77–91.
- ZABUSKI L., THIEL K., BOBER L. 1999 – Osuwiska we fliszu Karpat polskich. *Geologia – modelowanie – obliczenia stateczności. IBW PAN, Gdańsk.*
- ZIĘTARA T. 1974 – Rola osuwisk w modelowaniu Pogórza Rożnowskiego (Zachodnie Karpaty fliszowe). *Stud. Geomorph. Carpatho-Balcan.*, 8: 115–133.