

Prądnik. Prace Muz. Szafera	33	007–018	2023
-----------------------------	----	---------	------

JAN WISZNIOWSKI , ŁUKASZ RUDZIŃSKI* 

Instytut Geofizyki PAN, ul. Księcia Janusza 64, 01-452 Warszawa

*e-mail: rudzin@igf.edu.pl

STACJA SEJSMOLOGICZNA INSTYTUTU GEOFIZYKI PAN W JASKINI KOZIARNIA

Seismic station of the Institute of Geophysics PAS in Koziarnia Cave

Abstract. The paper describes the history of the seismic station located in Ojców National Park. The station is part of the Polish Seismological Network and is operated by Institute of Geophysics PAS. Its acronym is OJC, and it features a very broad-band seismometer. The data recorded in OJC are of very good quality and are available to the seismological community worldwide. Since its opening, the OJC station has registered thousands of natural and human-induced earthquakes. The station will be soon upgraded with a new data recorder, which will allow it to register data of the same quality over the next few decades.

Key words: seismological observation, Ojców seismic station, seismicity in Poland

WSTĘP

Trzęsienia ziemi są zjawiskami fizycznymi, które od wieków budziły zainteresowanie zarówno globalne jak i lokalne. Zagrożenia związane z wibracjami powierzchni ziemi, będące efektem naturalnych lub indukowanych zjawisk sejsmicznych, nieraz odpowiedzialne były za wielkie tragedie, podczas których ludzie tracili nie tylko swój dorobek, ale i życie. Ponieważ zjawiska fizyczne tego typu niosą ze sobą duże zagrożenie, staramy się je opisać, zrozumieć, a nawet prognozować. Choć w obecnej chwili pełna prognoza przyszłych trzęsień ziemi (czyli podanie dokładnego czasu, miejsca i siły zjawiska) nie jest możliwa, znając parametry fizyczne ognisk wstrząsów oraz relacje zachodzące między nimi, jesteśmy w stanie wyznaczyć zagrożenie i ryzyko sejsmiczne w danym obszarze. W konsekwencji pozwala to na budowę obiektów będących odpornymi na wibracje gruntu w rejonach sejsmicznych. W celu prawidłowego rozpoznania tego zagrożenia i związanego z nim ryzyka prowadzone są obserwacje sejsmologiczne. Obserwacje te prowadzone są za pomocą czułych instrumentów pomiarowych zainstalowanych na stacjach sejsmicznych, które zgromadzone są w sieci sejsmologicznej o różnych rozmiarach. Takie pomiary prowadzimy również w Polsce, a jednym z jej elementów jest stacja, której sejsmometry położone są w Jaskini Koziarnia.

Pomiary sejsmologiczne na terenie Polski prowadzone są przez Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk (IGF PAN) od początków jego istnienia (początkowo jako Zakład Geofizyki) w roku 1953. Monitoring drgań gruntu do lat 90. XX w. prowadzono w sposób analogowy, z ciągłym zapisem na papierze fotograficznym. Dopiero w końcowych latach XX w. postawiono pierwsze aparaty cyfrowe, z bardzo czułymi sejsmometrami szerokopasmowymi, mogącymi rejestrować praktycznie wszystkie zjawiska sejsmiczne z całego świata o magnitudzie powyżej M4.5, jak również bardzo słabe, nieodczuwalne przez ludzi wstrząsy z Polski o magnitudzie nawet M1.0. Tego typu stację założono również w Jaskini Koziarnia w Ojcowskim Parku Narodowym w Obserwatorium Sejsmologicznym w Ojcowie, będącym jednym z obserwatoriów geofizycznych Instytutu, położonych w różnych miejscach w Polsce oraz obszarach polarnych. Obecnie na terenie Obserwatorium w Ojcowie funkcjonuje automatyczna stacja sejsmologiczna wyposażona w sejsmometr szerokopasmowy.

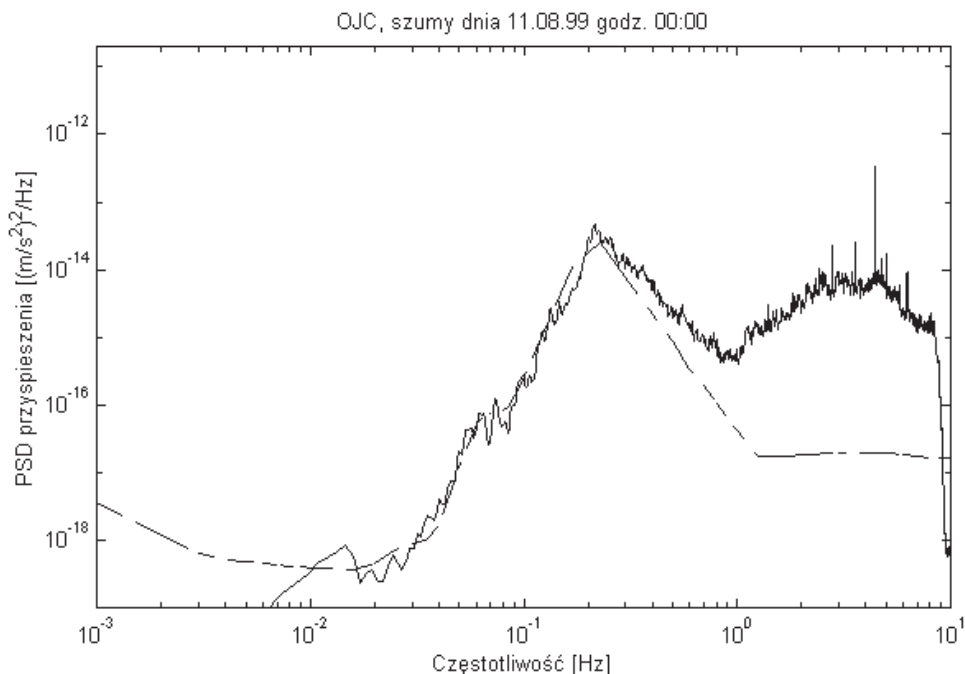
GENEZA POWSTANIA STACJI SEJSMOLOGICZNEJ W KOZIARNI

Obserwatorium geofizyczne jest placówką wyposażoną w aparaty mierzące i rejestrujące fizyczne pola ziemi, np. stacje sejsmologiczne. Zatrudnieni tam pracownicy zajmują się utrzymaniem rejestracji i opracowywaniem zapisanej dokumentacji. Obserwatorium Geofizyczne IGF PAN w Ojcowie uruchomiono w 1990 roku (od 22 października 1997 r. nosi imię prof. Maurycego Piusa Rudzkiego). Placówka ta kontynuuje prace Obserwatorium na Wawelu, założonego w 1903 r. przez prof. Maurycego Piusa Rudzkiego, który był jednym z twórców geofizyki na świecie. W 1895 r. powołał on na Uniwersytecie Jagiellońskim pierwszą na świecie Katedrę Geofizyki i właśnie w Krakowie założył pierwszą w Polsce i jedną z pierwszych w Europie stację sejsmologiczną, której wyniki obserwacji były regularnie zamieszczane w międzynarodowych katalogach sejsmologicznych.

Ze względu na zakłócenia spowodowane funkcjonowaniem miasta, wzrastający ruch uliczny oraz nowe oczekiwania dotyczące dokładności pomiarów, niezbędne stało się przeniesienie stacji poza Kraków, w miejsce o znacząco niższych szumach sejsmicznych. Po serii badań w okolicy Krakowa wybrano jaskinię Koziarnia, ze względu na niski poziom szumów i warunki infrastrukturalne umożliwiające założenie obserwatorium (ryc. 1).

Jaskinia ta jest usytuowana w wąwozie Koziarnia przy ujściu do Doliny Sąspowskiej. Ma 90 m długości i deniwelację 13,5 m. Jest ważnym stanowiskiem archeologicznym reprezentującym różnoczasowe zabytki datowane od środkowego paleolitu. W końcowej części komory głównej, na betonowej podstawie połączonej bezpośrednio ze skałą, ustawiono na wysokości 391 m n.p.m. sejsmiczną aparaturę pomiarową do rejestracji wstrząsów lokalnych oraz dalekich (ryc. 2).

Sygnaly sejsmiczne przekazywane są światłowodem do stacji sejsmicznej mieszczącej się w budynku obserwatorium – willi „Koziarnia” – w pobliżu jaskini (Kozłakiewicz & Madeyska 2011). Budynek ten jest malowniczo położony na skale, która również stanowi jedną z jego ścian. Pochodzi on z początku XX w. Do II wojny światowej był użytkowany jako pensjonat, później jako obiekt mieszkalny. W 1970 r. został wykupiony od prywatnego właściciela przez Ojcowski Park Narodowy oraz przekazany w użytkowanie Instytutowi Geofizyki PAN w Warszawie, na mocy umowy zawartej w 1974 r. (Partyka, 2018). Został wtedy poddany renowacji, podczas której dobudowano dodatkowe piętro (ryc. 3).

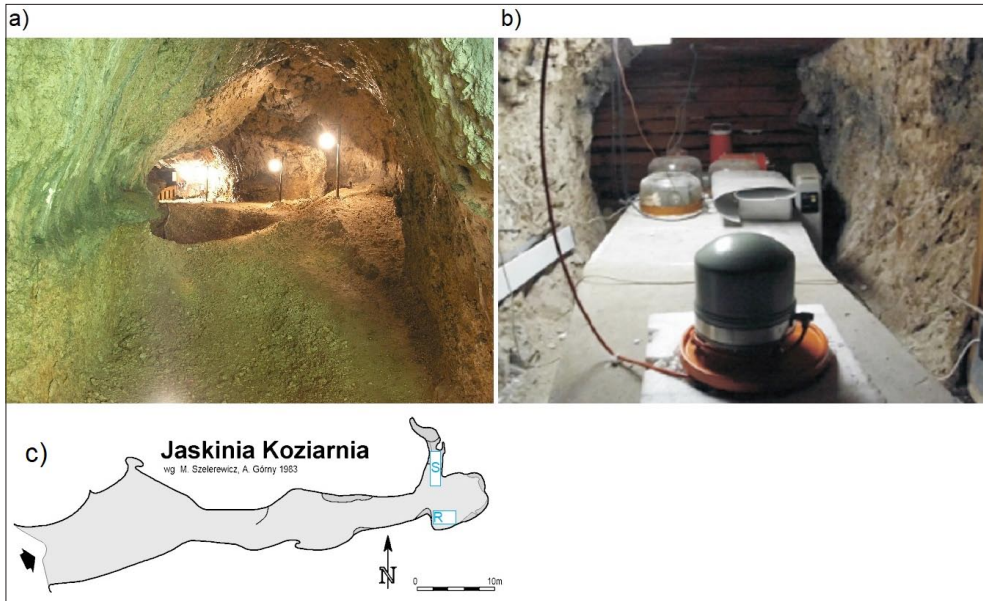


Ryc. 1. Estymacja gęstości widma mocy szumów seismicznych w Ojcowie wyliczona na podstawie rejestracji z próbkowaniem 20 próbek na sekundę składowej pionowej rejestracji stacji UMSS MK-6, wykonanych dnia 11 sierpnia 1999 r. w godzinach 0–24 (Wiszniowski, 2001). Linia przerywana oznacza gęstość widmową mocy przyspieszenia dla modelu Petersona minimalnych szumów seismicznych (Peterson, 1982). Szumy w Ojcowie są dla szerokiego pasma częstotliwości na poziomie najniższych szumów seismicznych.

Fig. 1. Power spectra density (PSD) in Ojców estimated based on vertical signals recorded over the whole day of August 11, 1999 with sampling rate 20 sps using UMSS MK-6 station (Wiszniowski, 2001). The dashed line describes the PSD for the Peterson minimal noise model (Peterson, 1982). The seismic noise in Ojców is on the minimal worldwide noise level for the broad frequency spectrum.

HISTORIA POMIARÓW SEISMOLOGICZNYCH W OJCOWSKIM PARKU NARODOWYM

Po okresie próbnych rejestracji seismicznych, w kwietniu 1992 r., Obserwatorium w Ojcowie przejęło funkcje Obserwatorium na Wawelu. Rejestrację analogową na papierze (taką samą jak w Krakowie) rozpoczęto w 1991 r., jednak od początku planowano cyfrowy zapis sygnału seismicznego zapewniający większą dynamikę, dokładność i możliwości analizy. Dlatego już w 1991 roku rozpoczęto rejestrację cyfrową. Było to drugie obserwatorium w Polsce, po Książu na Dolnym Śląsku, wyposażone w aparaturę cyfrową, a pierwsze wyposażone w rejestrator MSS MK-2 opracowany w IGF PAN (Olszewski & Wiszniowski, 1993), który wkrótce stał się standardem we wszystkich obserwatoriach w Polsce i w Horsundzie na Spitsbergenie. Rejestrację cyfrową początkowo prowadzono z sejsmometrem krótkookresowym Guralpa a następnie z sejsmometrem SM-3 o okresie drgań własnych 1.5 s. Analiza zjawisk prowadzona była na podstawie zapisów z automatycznej detekcji, a wyniki były zapisywane na dyskietki. Pomiaru te prowadzono



Ryc. 2. Jaskinia Koziarnia (a), znajdujące się tam stanowiska sejsmometrów (b) oraz szkic jaskini (c) z zaznaczonymi miejscami usytuowania sejsmometrów (S) i innych czujników (R). Na pierwszym planie stoi sejsmometr szerokopasmowy STS-2, w tyle pod kloszami szklanymi sejsmometry krótkookresowe SM-3.

Fig. 2. Koziarnia Cave (a), vault with seismometers (b), and a sketch of the cave (c) showing the locations of seismometers (S) and other geophysical sensors (R). The broadband seismometer STS2 is in the foreground, while in the background, under glass covers, are SM-3 short-period seismometers.

w latach 1991–2006. W sierpniu 1999 r. zainstalowano szerokopasmowy sejsmometr STS-2, o okresie drgań własnych 120 s i nową aparaturę cyfrową UMSS MK-6 z przetwornikiem 26-bitowym (Wiszniowski, 2001), rejestrującą sygnał w sposób ciągły. Aparatura ta pracuje do dzisiaj. Czujniki sejsmiczne zostały umieszczone w Jaskini Koziarnia (ryc. 2), a aparatura rejestrująca w budynku Obserwatorium. Od 2003 r. dane sejsmiczne są transmitowane on-line i można je pobierać ze stron światowych centrów sejsmologicznych (np. European Integrated Data Archive: <https://www.orfeus-eu.org/data/eida/>) pod międzynarodowym kodem stacji OJC. Obrazy zapisów ze stacji są również udostępniane na stronach Instytutu Geofizyki PAN. Szczególnie cenne są jej rejestracje dla instytutów sejsmologicznych w Czechach i na Słowacji, które uzupełniają dane również z tamtejszych sieci sejsmicznych.

Stacja sejsmiczna w Ojcowie jest częścią Polskiej Sieci Sejsmologicznej (PLSN) oznaczonej międzynarodowy kodem PL. Jest ona prowadzona przez Zakład Sejsmologii IGF PAN (Rudziński i in., 2021). Sieć ta składa się z 7 stacji szerokopasmowych (rejestrujących drgania o długości fali do 120 s), wspomaganych przez kilka stacji krótkookresowych (z sejsmometrami o okresie ~ 1 s) w Polsce (ryc. 4) oraz stacji sejsmologicznej w Polskiej Bazie Polarnej w Hornsundzie na Spitsbergenie.

Stacje te rejestrują naturalne i indukowane zjawiska sejsmiczne w Polsce i na całym świecie. Chociaż jesteśmy krajem o niskiej sejsmiczności naturalnej, to naturalne trzęsienia ziemi w Polsce również występują. Najwięcej takich zjawisk zarejestrowano



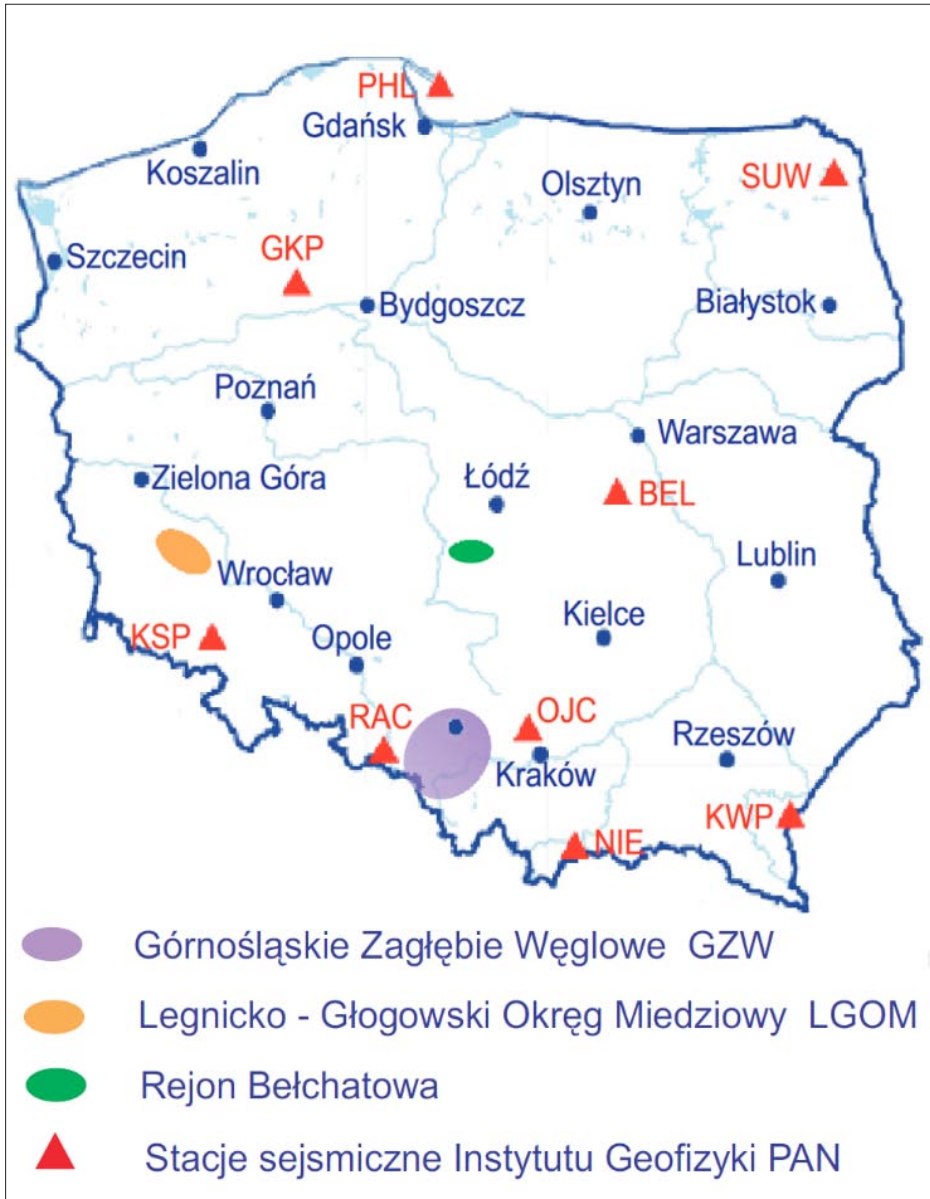
Ryc. 3. Budynek Obserwatorium Seismologicznego w Ojcowie w willi „Koziarnia”
Fig. 3. The building of the Seismological Observatory in Ojców in Villa Koziarnia

w Karpatach, ale również odnotowano dwa silnie zjawiska na północy w okolicach Królewca (Domański, 2007). Silniejsze wstrząsy zostały również odnotowane w czasach historycznych (ryc. 5).

W Polsce występuje również sejsmiczność indukowana działalnością antropogeniczną. Jej źródłem jest powstawanie naprężeń w górotworze spowodowanych wydobywaniem surowców mineralnych takich jak np. węgiel, ropa naftowa, miedź, lub spiętrzaniem wody w sztucznych zbiornikach. Możemy wyróżnić trzy najaktywniejsze sejsmicznie obszary w Polsce: Górnośląskie Zagłębie Węglowe, Lubiąsko-Głogowski Okręg Miedziowy i okolice Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów” (ryc. 4). Sejsmiczność indukowaną obserwuje się również w rejonach sztucznych zbiorników wodnych, m.in. wokół Zbiornika Czorszyńskiego.

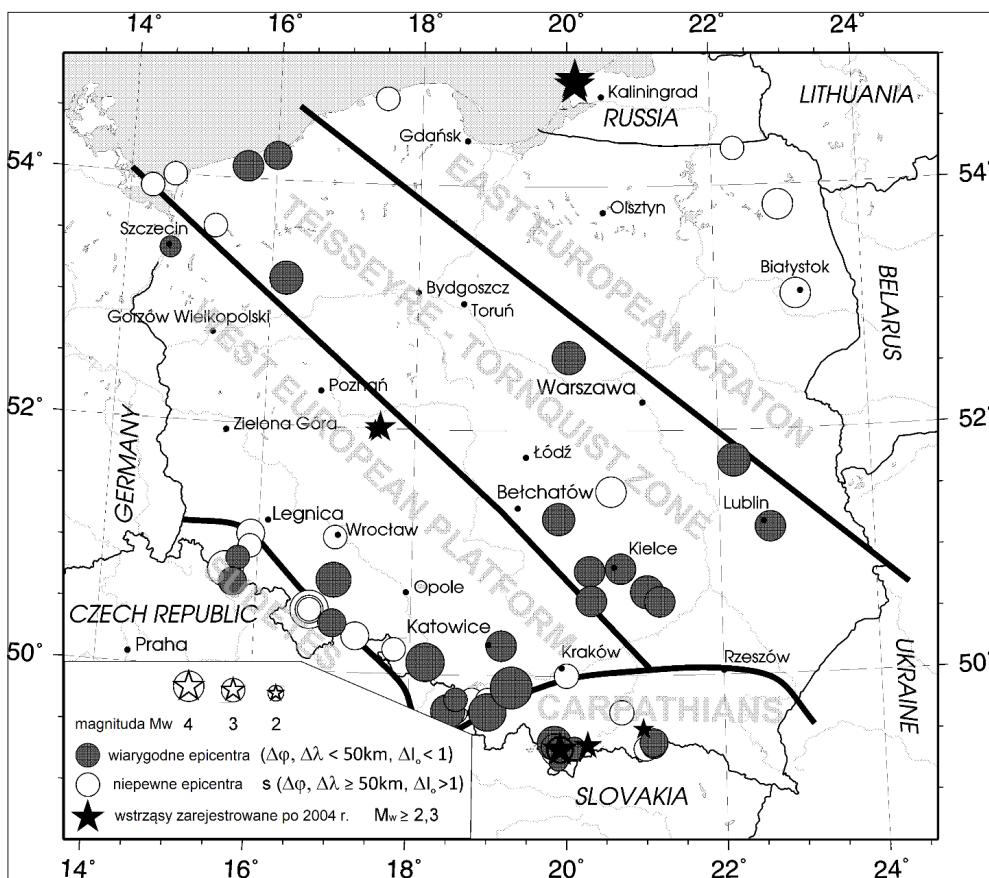
REJESTRACJE ZJAWISK SEJSMICZNYCH

Stacja OJC przedstawia największą wartość ze wszystkich stacji sejsmicznych w Polsce, gdyż ma najniższe szумы i zakłócenia (Wiszniowski, 2001). Rejestruje ona głównie wstrząsy indukowane działalnością górniczą na Górnym Śląsku, ale obszarem monitorowania obejmuje całą Polskę i sąsiednie kraje oraz uzupełnia światową sieć seismologiczną.



Ryc. 4. Rozmieszczenie stacji sejsmologicznych PLSN oraz główne obszary występowania wstrząsów indukowanych eksploatacją górniczą w Polsce (na podstawie Materiałów Edukacyjnych Zakładu Sejsmologii IGF PAN: <https://www.igf.edu.pl/materialy-edukacyjne.php>)

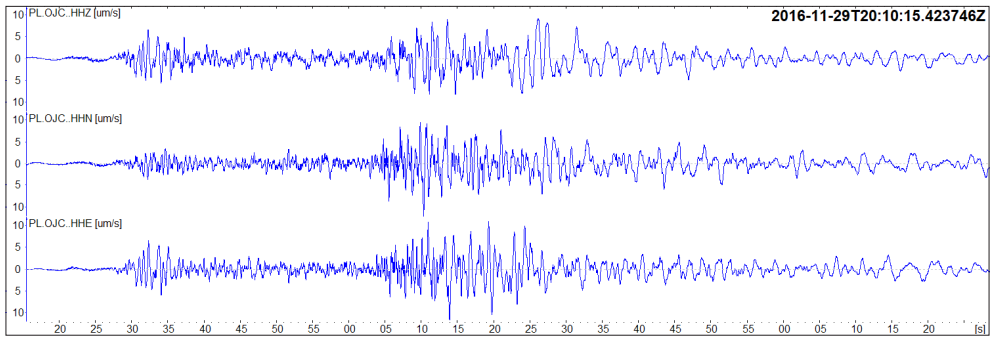
Fig. 4. Location of seismological stations belonging to PLSN and the main areas of mining-induced seismic activity in Poland (based on Educational Materials of the Department of Seismology IGF PAN: <https://www.igf.edu.pl/materialy-edukacyjne.php>)



Ryc. 5. Mapa historycznej sejsmiczności i silniejszych instrumentalnie zarejestrowanych trzęsień ziemi od 1400 do 2012 roku (na podstawie Trojanowski i in., 2015)

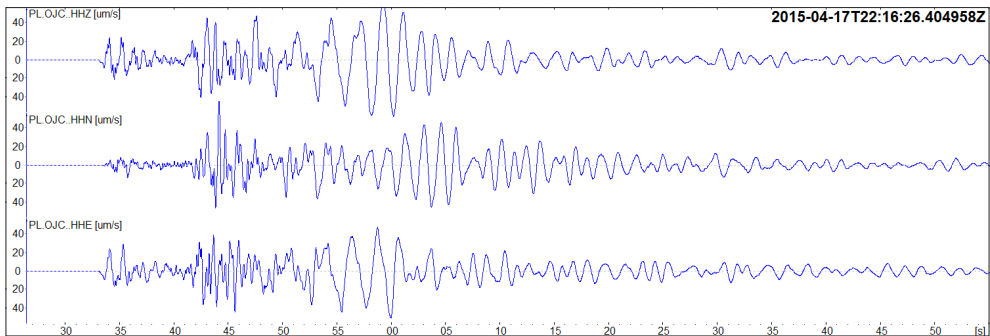
Fig. 5. Map of the historical seismicity and instrumentally recorded stronger earthquakes from 1400 to 2012 (based on Trojanowski et al., 2015)

Wiele zjawisk regionalnych, zarówno indukowanych jak i naturalnych, było zarejestrowanych tylko w Ojcowie. Do największej liczby zjawisk sejsmicznych rejestrowanych na stacji OJC należą zjawiska indukowane działalnością górnictwem z terenu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego oraz Lubiąsko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. Zjawiska pochodzenia górniczego z tych regionów są bardzo liczne i rokrocznie odnajdujemy ich na sejsmogramach co najmniej kilkaset. Przykładem takich zjawisk jest tragiczne tąpnięcie w Zakładach Górniczych Rudna w Polkowicach (Lasocki i in., 2017) (ryc. 6), czy też kopalni węgla kamiennego „Wujek”-Ruch Śląsk (Rudziński i in., 2019) (ryc. 7). Znacznie rzadziej, bo średnio raz na około 10 lat, rejestrują się również zjawiska z terenu odkrywkowej Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów” (Wiejacz & Rudziński, 2010) (ryc. 8).



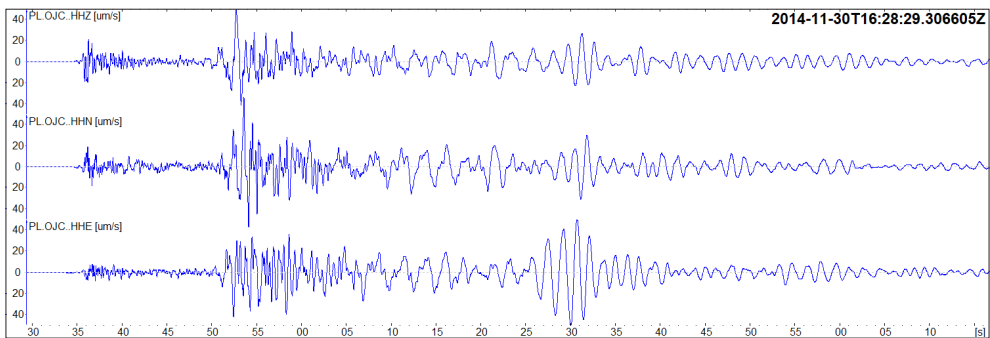
Ryc. 6. Sejsmogramy trzęsienia ziemi zaindukowanego wydobywaniem miedzi w Lubin-Głogówskim Zagłębiu Miedziowym

Fig. 6. Seismograms of a mining-induced seismic event in Lubin-Głogów Copper District



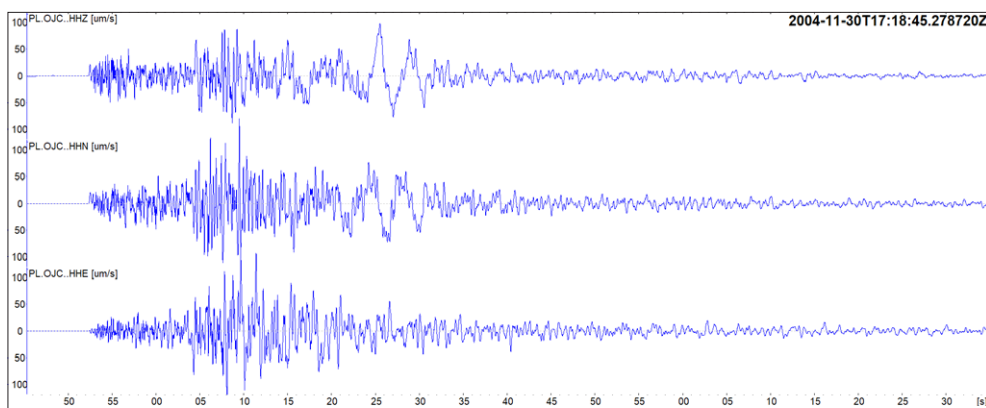
Ryc. 7. Sejsmogramy trzęsienia ziemi zaindukowanego wydobywaniem węgla kamiennego na Górnym Śląsku

Fig. 7. Seismograms of a mining-induced seismic event in Upper Silesia



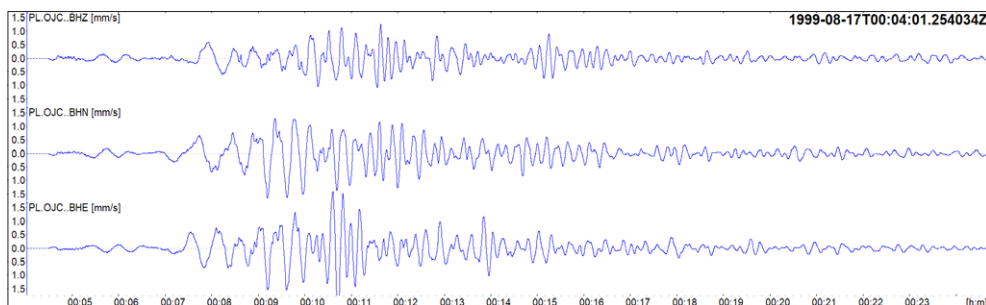
Ryc. 8. Sejsmogramy trzęsienia ziemi o magnitudzie lokalnej $ML=4.4$ zaindukowanego odkrywkowym wydobywaniem węgla brunatnego w Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów”

Fig. 8. Seismograms of a mining-induced seismic event with local magnitude $ML=4.4$ located in the Bełchatów open pit mine



Ryc. 9 Sejsmogramy naturalnego trzęsienia ziemi na Podhalu z 30 listopada 2004 r., zarejestrowany na stacji OJC (odległość 91 km, azymut $355,2^\circ$). Była to najbliższa stacja, która w pełni zarejestrowała to zjawisko. Sejsmogram z bliżej znajdującej się stacji w Niedzicy, wówczas krótkookresowej o mniejszej dynamice, był przesterowany

Fig. 9 Seismograms of November 30, 2004 natural earthquake recorded by OJC station (distance 91 km, azimuth $355,2^\circ$). OJC was the closest station to record this event without additional problems. The seismograms of this event recorded in Niedzica, were registered on a short-period seismometer with low dynamics, which caused signal-clipping



Ryc. 10 Trzęsienie w Gölcük, Turcja, o magnitudzie M7.8, w którym zginęło 17 tys. ludzi, zarejestrowane przez stacje w Ojcowie dnia 17 sierpnia 1999 r.

Fig. 10 Tragic August 15, 1999 earthquake with magnitude M7.8 at Gölcük, Turkey, recorded in Ojców. The earthquake killed 17,000 people

Przykładem najsilniejszego naturalnego zjawiska w Polsce zarejestrowanego na tej stacji było trzęsienie ziemi o intensywności makrosejsmicznej 7 i magnitudzie M4.7, które wystąpiło 30 listopada 2004 r. na Podhalu (Wiejacz & Dębski, 2009) (ryc. 9). Jest to do tej pory najsilniejsze naturalne zjawisko sejsmiczne zarejestrowane cyfrowo, którego epicentrum znajdowało się na terenie Polski.

W Obserwatorium w Ojcowie opracowywane były zarejestrowane na stacji w Ojcowie oraz na stacji w Niedzicy zjawiska lokalne w Polsce i osobno wstrząsy globalne, zwane telesejsmicznymi, dla których fale czasem przychodzą z drugiego końca Ziemi. Przykładem takiego globalnego zjawiska było tragiczne w skutkach trzęsienie ziemi w Turcji (ryc. 10). Opracowywanie rejestracji polegało na wyszukiwaniu i opisywaniu poszczegól-

nych fal sejsmicznych oraz estymowaniu wielkości wstrząsów tzw. magnitudy. Wyniki tych opracowań wysyłane były do europejskich centrów sejsmologicznych oraz do centrów w USA. Biuletyny miesięczne zamieszczane były razem z sejsmogramami stacji sieci PLSN w serwisie internetowym Zakładu Sejsmologii IGF PAN: <https://www.igf.edu.pl/plsn.php>. Obecnie opracowywanie zjawisk zostało scentralizowane i prowadzone są prace nad ich automatyzacją.

POZOSTAŁA DZIAŁALNOŚĆ OBSERWATORIUM

Oprócz typowych pomiarów sejsmicznych, polegających na rejestracji prędkości drgań gruntu, prowadzono w Ojcowie pomiary drgań rotacyjnych obejmujące ruchy skrętne i odkształcenia. W 2000 r. ustawiono w Jaskini Koziarnia zestaw dwóch tzw. sejsmometrów rotacyjnych typu TAPS, co oznacza Podwójny Przeciw-równoległy Sejsmometr Wahadłowy (po angielsku Twin Antiparalell Pendulum Seismometer). Taki zestaw to dwa przyrządy ustawione obok siebie, pod kątem prostym jeden do drugiego, gdzie każdy jest podwójnym poziomym sejsmometrem wahadłowym; przyrządy te są jednakowe i sygnały z nich pochodzące zapisywane są w ten sam sposób. Wahadła zastosowane w tych przyrządach to tzw. wahadła poziome; w rzeczywistości są one lekko nachylone, gdyż wahadło całkiem poziome nie mogłoby działać. Różnice między sygnałami wychodzącymi z tych czterech wahadeł pozwalają na obliczenie ewentualnych odkształceń i drgań skrętnych oraz tzw. ścinających. Od 2002 r. zainstalowano tam dodatkowo interferometry laserowe: FOG, następnie bardziej czuły FORS2, wykorzystujące efekt Sagnaca (Jaroszewicz i in., 2009). Rejestracje za pomocą tych przyrządów wykazały, że silne wstrząsy górnicze, zarówno w kopalniach węgla na Górnym Śląsku i w Czechach, jak i w kopalniach rudy miedzi, dają zapisy drgań skrętnych na tyle wyraźne, że da się je oddzielić od tzw. tła, czyli drobnych chaotycznych sygnałów stale obecnych w większości pomiarów fizycznych (Teisseyre, 2006a). Jest to dziedzina nauki wciąż rozwijająca się. Nie ma też obecnie ogólnie przyjętej teorii, na temat pochodzenia mierzonych drgań i deformacji skrętnych (Teisseyre, 2006b).

Stacja sejsmiczna w Ojcowie, dzięki niskim szumom, uzupełniała swoimi danymi badania sejsmologiczne i sejsmiczne sondowania wnętrza ziemi. Przykładami takich projektów były m.in. prowadzony w latach 2008–2012 Monitoring Zagrożenia Sejsmicznego Obszaru Polski (Trojanowki i in., 2009, 2012), czy PASSEQ (Pasywny Eksperyment Sejsmiczny w Transeuropejskiej Strefie Uskoków Tektonicznych) prowadzony w latach 2006–2008, który był jednym z pierwszych na świecie trójwymiarowym badaniem sejsmicznym wnętrza ziemi (Wilde-Piórko i in., 2008).

Obserwatorium prowadziło też działalność edukacyjną mającą na celu popularyzację zagadnień geofizyki wśród młodzieży szkolnej i akademickiej (m.in. w ramach projektu EDU-SCIENCE: <https://www.eduscience.pl>). W miarę rozwoju Internetu pojawiła się możliwość zdalnego opracowywania danych sejsmologicznych, a pracownicy Obserwatorium weszli do wirtualnego zespołu opracowującego sejsmiczność z całej sieci PLSN oraz innych lokalnych sieci sejsmicznych IGF PAN. Od 2014 r. opracowywanie danych przeniesiono do siedziby IGF PAN, a w Ojcowie została automatyczna stacja sejsmiczna.

Bieżące oraz historyczne rejestracje ze stacji w Ojcowie, a także innych stacji szerokopasmowych w Polsce można odnaleźć na stronach internetowych IGF PAN pod adresem: <https://www.igf.edu.pl/daily-seismograms.php>.

Instytut Geofizyki PAN cały czas rozwija swoją bazę obserwacyjną. W najbliższym czasie planowane są prace związane z przeprowadzeniem modernizacji stacji w Ojcowie poprzez wymianę rejestratora cyfrowego. Oprócz obserwacji na sieci PLSN, Zakład Sejsmologii prowadzi również działania integrujące obserwacje lokalnej sejsmiczności antropogenicznej w Polsce i na świecie. Efektem tych działań jest otwarta internetowa platforma EPISODES (<https://episodesplatform.eu>), będąca nowoczesnym narzędziem do udostępniania i analizy danych sejsmologicznych zebranych dla regionów aktywnych sejsmicznie, w których sejsmiczność wyzwalana jest działalnością człowieka taką jak górnictwo, wydobywanie węglowodorów czy napełnianie zbiorników wodnych (Orlecka-Sikora i in., 2020).

Podziękowania

Niniejsza praca powstała dzięki finansowemu wsparciu Ministerstwa Edukacji i Nauki w ramach działalności statutowej Instytutu Geofizyki PAN projekt nr 2021/WK/09 oraz 13/E-41/SPUB/SP/2020.

PIŚMIENNICTWO

Domański, B.M. (2007). Source parameters of the 2004 Kaliningrad earthquakes. *Acta Geophysica*, 55, 267–287. doi: 10.2478/s11600-007-0021-7.

Jaroszewicz, L.R., Krajewski, Z. & Wiszniowski, J., 2009. Fiber-Optic Sagnac Interferometer as Seismograph for Investigation Rotation Seismic Events. *Sensors*, 2009 IEEE, 840–844.

Koźlakiewicz, J. & Madeyska, T. (2011). Jaskinia Koziarnia. W: M. Gradziński, J., Partyka & J., Urban (red.), *Materiały 45. Sympozjum Speleologicznego – Ojców, 20-23.10.2011 r.*, wyd. Sekcja Speleologiczna Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika, Kraków, s. 29–30.

Lasocki, S., Orlecka-Sikora, B., Mutke, G., Pytel, W. & Rudziński, Ł. (2017). A catastrophic event in Rudna copper-ore mine in Poland on 29 November, 2016: What, how and why. W: J.A, Vallejos & S.A., Editec, (red.), *Proc. 9th International Symposium on Rockbursts and Seismicity in Mines RaSiM9*, Santiago, Chile, 15–17 November, 316–324.

Olszewski, J. & Wiszniowski, J. (1993). A microcomputer-based seismic station. *Polish Technical Review*, 1, 18–21.

Orlecka-Sikora, B., Lasocki, S., Kocot, J. i in. (2020). An open data infrastructure for the study of anthropogenic hazards linked to georesource exploitation. *Scientific Data* 7, 89, doi: 10.1038/s41597-020-0429-3.

Partyka, J. (2018). *Ojcowski Park Narodowy*. Warszawa: wyd. MUZA, Sport i Turystyka.

Peterson, J. (1982). *GDSN Enhancement Studies Final Report*, ARPA Order No. 4295, USGS Albuquerque Seismological Laboratory, Albuquerque, New Mexico.

Rudziński, Ł., Mirek, K. & Mirek, J. (2019). Rapid ground deformation corresponding to a mining induced seismic event followed by a massive collapse. *Natural Hazards* 96, no. 1, 461–471, doi: 10.1007/s11069-018-3552-0.

Rudziński, Ł., Lasocki, S., Orlecka-Sikora, B., Wiszniowski, 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, 1717–1725.

Szelerewicz, M. & Górny, A. (1986). Jaskinie Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej. Kraków-Warszawa: PTTK „Kraj”.

Teisseyre, K.P. (2006a). Mining Tremors Registered at Ojców and Książ Observatories: Rotational Field Components. W: A., Idziak & R., Dubiel (red.), *Mining and Environmental Geophysics. Selected and Revised Contributions to the XXX Polish-Czech-Slovakian Symposium held at Łądek Zdrój on June 6–8, 2005*, (s. 78–93). Publications of the Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences, M-29 (395).

Teisseyre, R. (2006b). Seismic Effects and Rotation Waves. W: A., Idziak & R., Dubiel (red.), *Mining and Environmental Geophysics. Selected and Revised Contributions to the XXX Polish-Czech-Slovakian Symposium held at Łądek Zdrój on June 6–8, 2005*, (s. 6–14.). Publications of the Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences, M-29 (395).

Trojanowski, J., Plesiewicz, B., Guterch, A. & Grad, M. (2009). Monitoring zagrożenia sejsmicznego obszaru Polski. *Przegląd Geologiczny* 57 (2), 133–137.

Trojanowski, J., Plesiewicz, B. & Wiszniowski, J. (2015). Seismic monitoring of Poland – temporary Seismic Project with mobile Seismic Network. *Acta Geophysica*, 63 (1), 17–44.

Wiejacz, P. & Rudziński, Ł. (2010). Seismic event of January 22, 2010 near Bełchatów, Poland. *Acta Geophysica*. 58, no. 6, 988–994, doi: 10.2478/s11600-010-0030-9.

Wiejacz, P. & Dębski, W. (2009). Podhale, Poland, earthquake of November 30, 2004. *Acta Geophysica*. 57, 346–366.

Wilde-Piórko, M., Geissler, W.H., Plomerová, J., Grad, M. i in. (2008). PASSEQ 2006–2008: Passive Seismic Experiment in Trans – European Suture Zone. *Studia Geophysica et Geodaetica*. 52, 439–448.

Wiszniowski, J. (2001). *Broadband Seismic System: Effect of Transfer Band on Detection and Recording of Seismic Waves*. Publications of the Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences, 339 (B-27).

SUMMARY

Seismological observations are essential for understanding the physics of seismic sources and related ground vibrations. Even though today we cannot forecast when and where an earthquake is going to strike a given place and at what magnitude, it is possible to assess seismic hazards and risks, which helps to design buildings resistant to strong ground motion. These hazards are estimated using parameters calculated directly from seismological observations, i.e. seismograms. These observations come from seismic networks, which consist of seismic stations. The Institute of Geophysics PAS (IG PAS) operates one such network called the Polish Seismological Network. It consists of seven broad-band stations in Poland and one in Hornsund, Spitzbergen. One of the PLSN stations has its home in Koziarnia Cave and Villa Koziarnia, which are located in Ojców National Park. The station, with the acronym OJC, contains an STS2 broad-band seismometer together with additional equipment essential for transmitting correct data via the internet to the IG PAS. These raw data are gathered and processed by seismologists of the IG PAS, and later both the signals and the earthquake parameters are sent to seismological centres worldwide. Since its beginnings in the early 1990s, the OJC station has recorded thousands of natural seismic events throughout the world as well as mining-induced earthquakes in Polish mining regions. In the near future the station will be upgraded with a new data recorder, which will give us a chance to make seismological observations over the next few decades.