



Politechnika
Śląska

ZAGROŻENIE SEJSMICZNE NA TERENACH POGÓRNICZYCH – METODY OCENY I MONITOROWANIA

Violetta Sokoła-Szewioła



Przyszłość Terenów Pogórniczych – Gliwice, 17.06.2025 r

PostMinQuake

Induced earthquake and rock mass movements in coal post mining areas: mechanisms, hazard and risk assessment.

Główne cele:

2

- ustalenie zależności pomiędzy zdarzeniami sejsmicznymi lub deformacjami powierzchni a procesem zatapiania kopalń węgla,
- wybór metod i planów długoterminowego monitorowania obszarów pogórnich w celu zmniejszenia ryzyka sejsmicznego w trakcie i po zamknięciu kopalni węgla.



Central Mining
Institute (Główny
Instytut Górnictwa,
CMI)
Poland



INERIS
France



GFZ
Germany



Politechnika Śląska
(Silesian University
of Technology, SUT)
Poland



Spółka
Restrukturyzacji
Kopalń SA. (SRK)
Poland



Institute of Geonics
AS CR (IGN)
Czech Republic



Green Gas DPB, Inc.
(GG)
Czech Republic



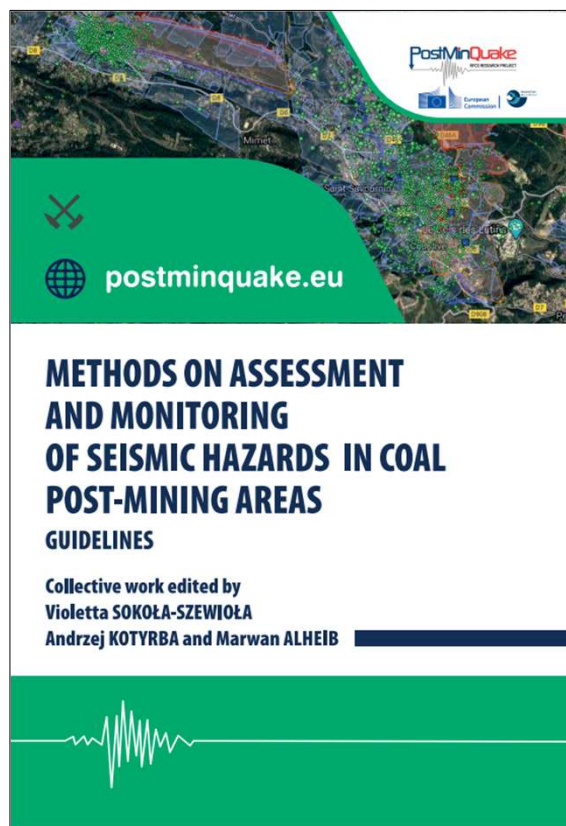
DIAMO, s.p.
Czech Republic



Technische
Hochschule Georg
Agricola University
(THGA)
Germany

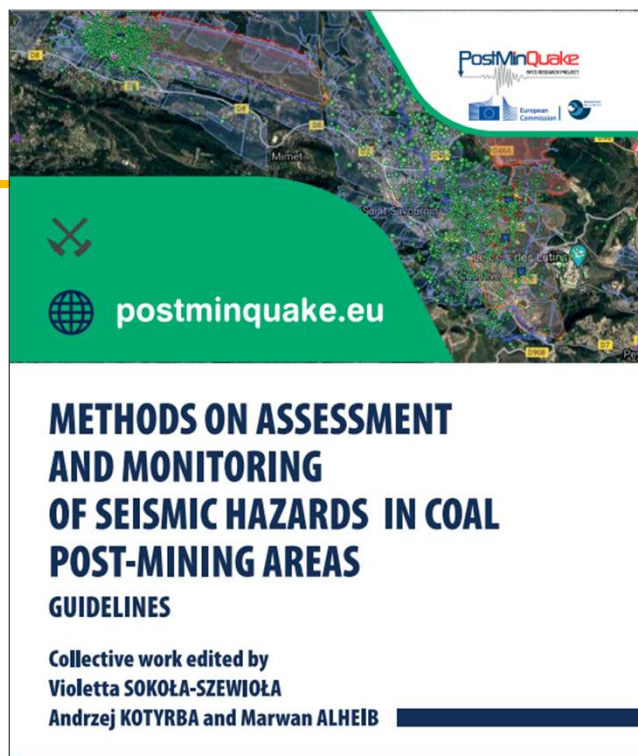


Bureau de
Recherches
Géologiques et
Minières (BRGM)
France



Wytyczne dotyczące metod oceny i monitorowania zagrożenia sejsmicznego na terenach pogórnicznych.

Wytyczne skierowane są głównie do konsultantów górniczych, potencjalnych inwestorów i organów decyzyjnych na terenach pogórnicznych, w tym organów odpowiedzialnych za zarządzanie zamkniętymi kopalniami, w szczególności tymi, które przechodzą proces zatapiania.

**Authors:**

Marwan ALHEIB, Piotr BAŃKA, Arnold BLAISONNEAU, Simone CESCA,
Isabelle CONTRUCCI, Pascal DOMINIQUE, Michael FOUMELIS, Pierre
GEHL, Théophile GUILLON, Patrycja JARCZYK,
Eva JIRANKOVA, Vlastimil KAJZAR, Emmanuelle KLEIN, Petr KONICEK,
Andrzej KOTYRBA, Adam LURKA, Pavel MALUCHA, Julie MAURY,
Marcello DI MICHELE, Stefan MÖLLERHERM, Grzegorz MUTKE, Caterina
NEGULESCU, Peter NIEMZ, Paloma PRIMO DONCEL, Tobias RUDOLPH,
Jan SCHREIBER, Zbigniew SIEJKA,
Violetta SOKOŁA-SZEWIOLA, Paweł SOPATA,
Martin VAVRO, Johanna VIEILLE.

BRGM, DIAMO, GIG, Green Gas
DPB, GFZ, IGN, INERIS, SUT, THGA.



postminquake.eu



European
Commission

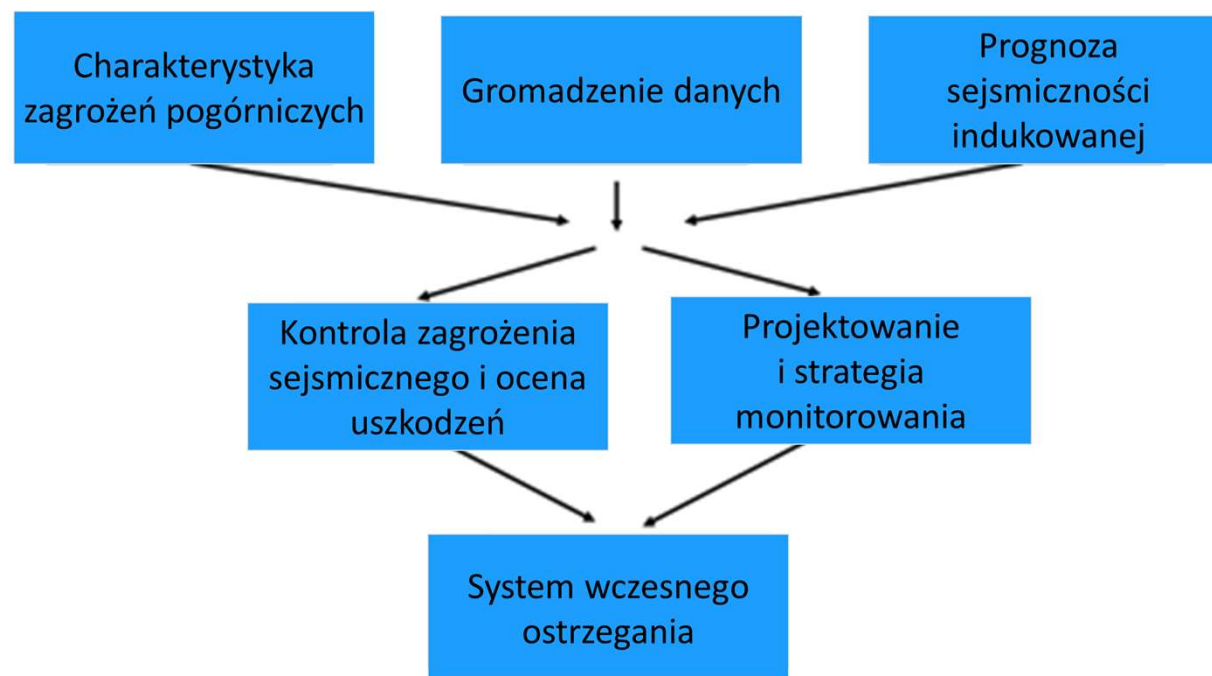


Research Fund for Coal & Steel



- Struktura metodologii opracowanej w celu oceny i zarządzania ryzykiem związanym z sejsmicznością indukowaną na terenach pogórniczych.

5



Metodologia oceny i monitorowania zagrożenia sejsmicznego na terenach pogórniczych (źródło: Method on assessment and monitoring, ed. by Sokoła-Szewioła V., Kotyrba A., Alheib M, ., 2023) -Rozdział 1



Politechnika
Śląska



CHARAKTERYSTYKA ZAGROŻEŃ POGÓRNICZYCH

- Główne zagrożenia pogórnice, które mogą wystąpić po zamknięciu podziemnej kopalni węgla.

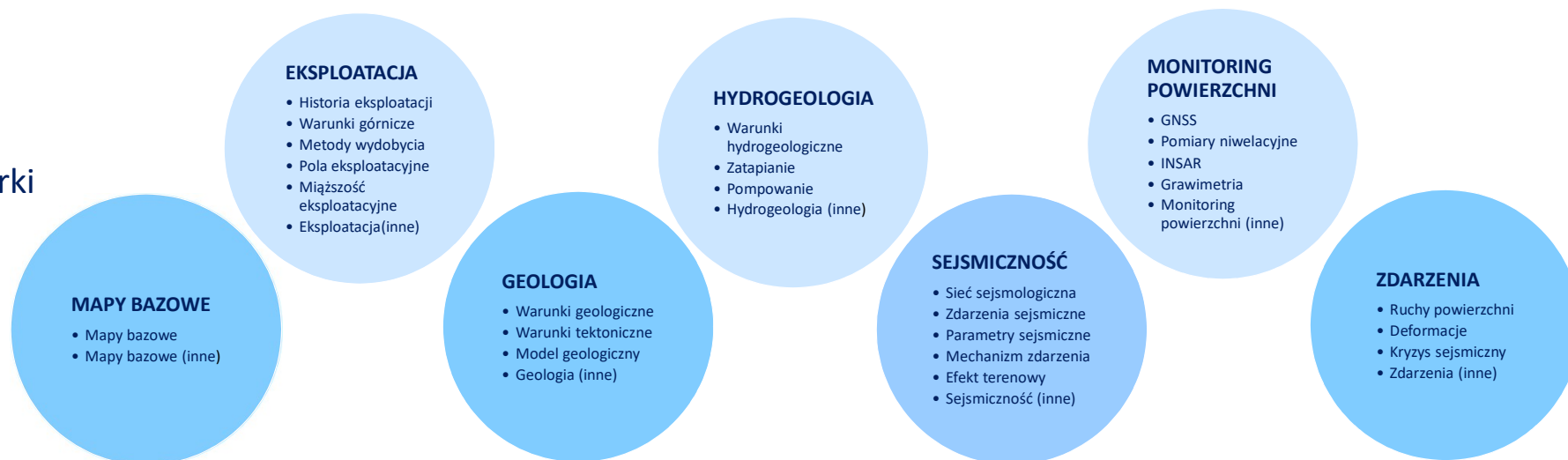


	Rodzaj
Powierzchnia	Obniżenia/ Wypiętrzenia
	Zapadliska
	Sejsmiczność indukowana
Woda	Zmiany wypływu
	Pojawienie się stref podmokłych lub obszarów polderowych
	Zmiany przepływów rzecznych
Gaz	Wypływ gazu kopalnianego

Źródło: Method on assessment and monitoring, ed. by Sokoła-Szewioła V., Kotyrba A., Alheib M., 2023- Rozdział 2

METODOLOGIA GROMADZENIA DANYCH GEOLOGICZNYCH I GÓRNICZYCH

➤ dane geologiczne i górnicze, w tym dotyczące gospodarki wodnej, danych z monitoringu górniczego i sejsmicznego oraz zalecana struktura bazy danych.

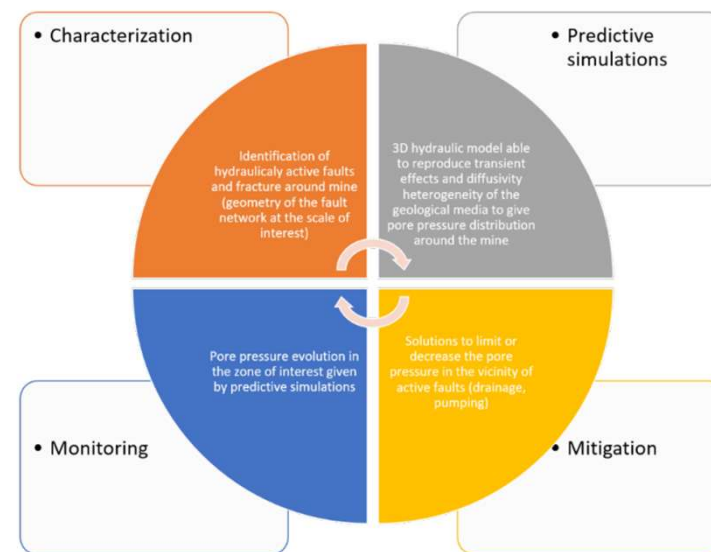


Proponowana struktura bazy danych
(źródło: Method on assessment and monitoring, ed. by Sokoła-Szewioła V.,
Kotyrbka A., Alheib M., 2023)- Rozdział 3

Rozwiązania IT zależne od wymagań użytkowników.

MODELOWANIE HYDROMECHANICZNE JAKO NARZĘDZIE PRZEWIDYWANIA SEJSMICZNOŚCI W ZATAPIANYCH KOPALNIACH WĘGLA

- przydatność modelowania numerycznego do przewidywania pogórnictwej sejsmiczności indukowanej związanej zatapianiem struktur podziemnych.
- opis metod modelowania, które mogą być wykorzystane oraz zakres danych potrzebnych do wykonania modelowania.



Proponowane zalecenia wynikające z symulacji hydromechanicznych wpływu wahań poziomu wody na sejsmiczność pogórnictwą związaną ze strefami uskokowymi otaczającymi wyrobiska górnicze (źródło : Method on assessment and monitoring, ed. by Sokoła-Szewioła V. Kotyrba A., Alheib M., 2023)- Rozdział 4

KONTROLA ZAGROŻENIA SEJSMICZNEGO I PRZEWIDYWANIE NEGATYWNYCH SKUTKÓW NA POWIERZCHNI

Szkodliwość wpływu drgań gruntu wywołanych przez pogórnice zjawisko sejsmiczne na budynki i ludzi.

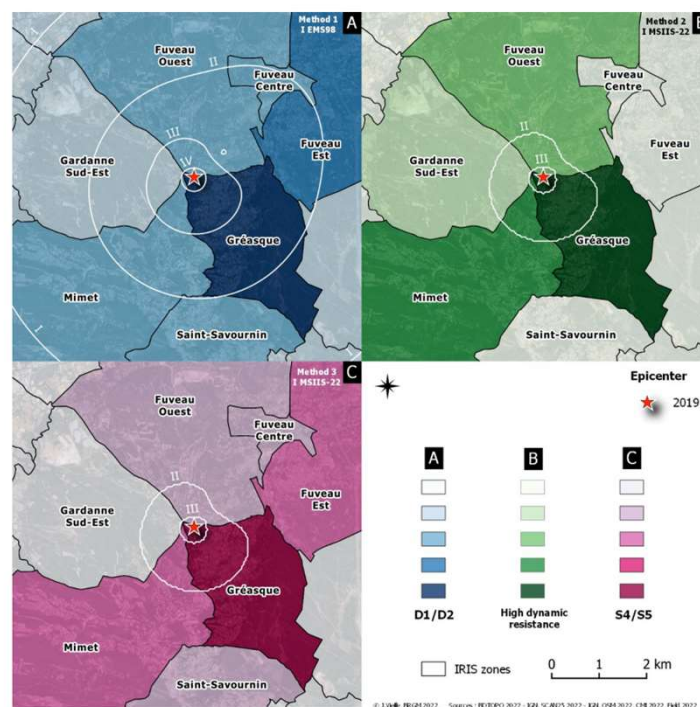
9 Kontrola zagrożenia sejsmicznego, monitoring sejsmiczny, równanie predykcji ruchu gruntu, mapy zjawisk sejsmicznych, scenariusz sejsmiczny oraz instrumentalna skala intensywności MSIS-22 dostosowana do wstrząsów pogórnich.

MSIS-22 Stopień instrumentalnej intensywności I_{MSIS}	Prędkość wibracji (mm/s)		Odczuwalność drgań	Potencjalne uszkodzenia budynków	Stopień szkodliwości drgań w budynkach S
	Krótkotrwałe oddziaływanie ($t \leq 1.5$ s)	Długotrwałe oddziaływanie wpływ ($t > 1.5$ s)			
I	<1	<1	Nieodczuwalne lub bardzo słabo odczuwalne	Nie powodują żadnych szkód	S_1
II	1-5	1-5	Słabo odczuwalne lub odczuwalne w pomieszczeniach	Nie powodują żadnych szkód	S_2
III	5 - 20	5 - 10	Odczuwany w pomieszczeniach przez wiele osób, a na zewnątrz przez nielicznych. Naczynia grzechoczą, a wiszące przedmioty zaczynają się kołysać.	Nie powodują żadnych szkód	S_3

Skrócona forma Górniczej i Pogórnicej Instrumentalnej Skali Intensywności MSIS-22 (fragment skali), (źródło: Method on assessment and monitoring, ed. by Sokoła-Szewioła V., Kotyrba A., Alheib M., 2023)- Rozdział 5

OCENA USZKODZEŃ BUDYNKÓW I INFRASTRUKTURY POWIERZCHNIOWEJ WSKUTEK SEJSMICZNOŚCI POGÓRNICZEJ

- Klasyczne podejście stosowane do sejsmiczności naturalnej (Europejska Skala Makrosejsmiczna - EMS-98) oraz podejście opracowane dla sejsmiczności indukowanej (MSIIS-22) w celu oceny szkód w istniejących budynkach spowodowanych sejsmicznością indukowaną.



Scenariusze uszkodzeń pogórniczego zjawiska sejsmicznego z 19 kwietnia 2019 r. (Mw 1,7) przy użyciu metody A (opartej na intensywności EMS-98), metod B i C (na podstawie skali MSIIS-22, + metody Risk-UE Level),
(źródło: Method on assessment and monitoring, ed. by Sokoła-Szewioła V., Kotyrba A., Alheib M., 2023)- Rozdział 6

STRATEGIE MONITOROWANIA BEZPIECZEŃSTWA UŻYTKOWANIA TERENÓW POGÓRNICZYCH

Multidyscyplinarny monitoring na terenach pogórnich, szczególnie w okresie zatapiania kopalń obejmuje:

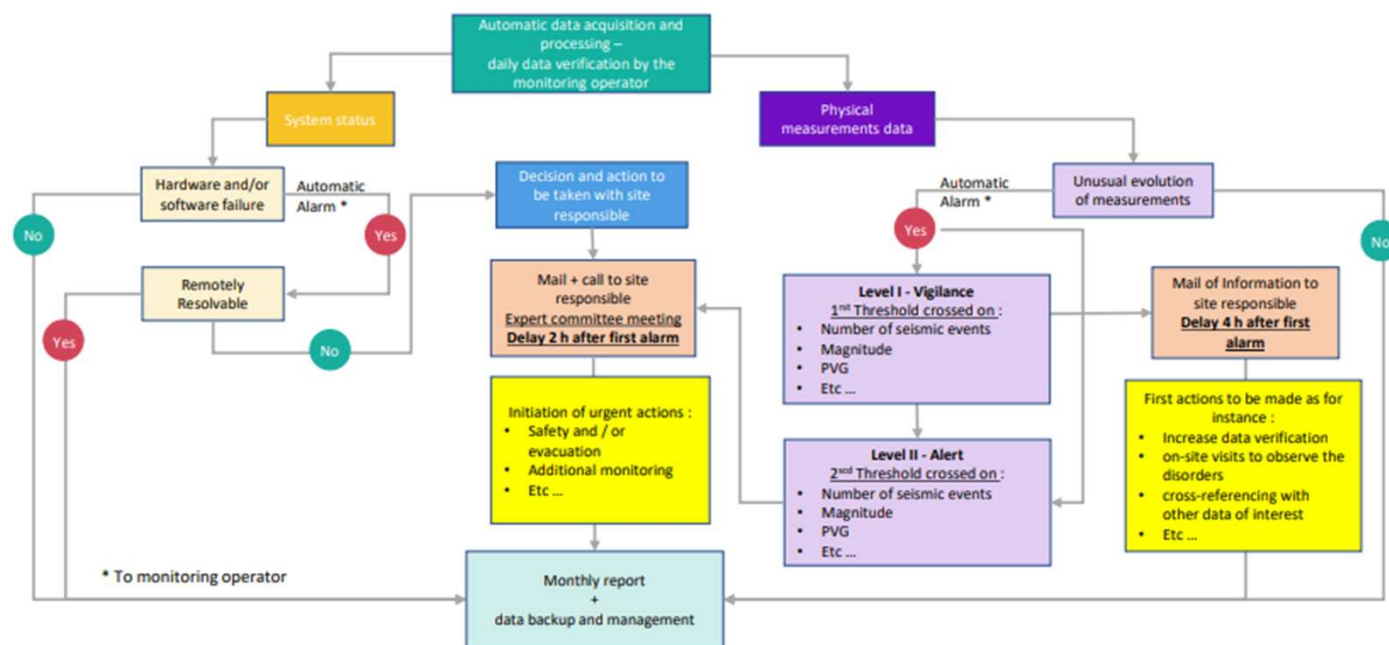
- okresowe pomiary geofizyczne przypowierzchniowe,
- ciągły i okresowy monitoring grawimetryczny,
- monitoring sejsmiczny,
- monitoring deformacji powierzchni,
- monitoring wody w głębokich i płytkich partiach górotworu.

Near-surface geophysics	Surveys	Perform temporary geophysical surveys to characterise fissuring processes in faulting zones; long term observations of deformation processes is
	Gravity	Monitoring
	Seismicity	Monitoring
	Deformation	GNSS
Hydrological	Water level	Automated monitoring systems are recommended, ensuring real-time data. The sensing probes should be located in abandoned shafts or geological boreholes.
	Water origin	In mines where coal-bearing formations are covered with younger sediments, it is recommended to monitor water in each stratigraphic series.

Zalecenia dotyczące monitoringu pogórnego (Fragmenty tabeli zawierającej zalecenia)
źródło: Method on assessment and monitoring, ed. by Sokoła-Szewioła V., Kotyrba A., Alheib M., 2023) - Rozdział 7

WYTYCZNE DOTYCZĄCE PROJEKTOWANIA I ZARZĄDZANIA SYSTEMEM WCZESNEGO OSTRZEGANIA O RYZYKU SEJSMICZNYM PO ZAKOŃCZENIU WYDOBYCIA

Automatyczny system wczesnego ostrzegania o ruchach górotworu spowodowanych sejsmicznością pogórnictw oraz raportowania szkodliwości ich wpływu na budynki.



Przykład logigramu monitorowania,

(źródło: Method on assessment and monitoring, ed. by Sokoła-Szewioła V., Kotyrba A., Alheib M., 2023) – Rozdział 8

ZALECENIA OGÓLNE

Obowiązkowy i zalecany program monitoringu w kopalniach węgla kamiennego w procesie zatapiania (+ oznacza potrzebę zastosowania metody monitorowania)

Nr	Metoda monitoringu	Poziom wody w górotworze na głębokości $\leq 100\text{m}$ -Przypadek 1-	Poziom wody w górotworze na głębokości $> 100\text{m}$ -Przypadek 2-
		Obowiązkowy	Rekomendowany
1	Regionalne sejsmologiczne obserwacje ciągłe	+	+
2	Lokalne sejsmologiczne obserwacje ciągłe	+	
3	Ciągłe obserwacje poziomu wody w serii stratygraficznej w zakresie głębokości od powierzchni do najgłębszego punktu szybu w kopalni.	+	
4	Okresowe obserwacje poziomu wody w serii stratygraficznej w zakresie głębokości od powierzchni do najgłębszego punktu szybu w kopalni		+
5	InSAR	+	+
6	GNSS		+
7	Ciągłe obserwacje grawimetryczne		+
8	Okresowe badania grawimetryczne w obszarach płytkiego wydobywania komorowego i filarowego	+	

Źródło : Method on assessment and monitoring, ed. by Sokoła-Szewioła V., Kotyrba A., Alheib M., 2023 – Rozdział 9

Dodatkowe zalecenia ogólne

14

Monitoring	Okres
Model hydromechaniczny górotworu powinien zostać wykorzystany do oceny wpływu procesu zatapiania i wahań zwierciadła wody na wyzwalanie aktywności sejsmicznej.	Plan likwidacji kopalni powinien zawierać model hydromechaniczny. Model ten powinien być na bieżąco aktualizowany przez cały okres zatapiania kopalni.
Ocena wpływu drgań wywołanym pogórnym wstrząsem na budynki, odczuwalność drgań przez ludzi oraz ocena bezpieczeństwa przenoszenia się oddziaływań dynamicznych przez budynki i ocena uszkodzeń obiektów.	Na bieżąco , w oparciu o dane z monitoringu sejsmicznego oraz dane o stanie technicznym obiektów, przez cały okres zatapiania kopalni.
System wczesnego ostrzegania.	System powinien zostać opracowany przed rozpoczęciem procesu zatapiania kopalni. System powinien pracować w sposób ciągły , szczególnie w okresie zatapiania kopalni.

Źródło : Method on assessment and monitoring, ed. by Sokoła-Szewioła V., Kotyrba A., Alheib M., 2023) – Rozdział 9

Przydatność terenu pogórniczego z przewidywaną pogórniczną aktywnością sejsmiczną do zagospodarowania proponuje się określić, biorąc pod uwagę wartości przewidywanych parametrów drgań gruntu oraz występowania deformacji powierzchni (ciągłych i nieciągłych).

Kategoria	Przydatność	Uwagi/zalecenia
I	Teren przydatny	Istnieją deformacje resztkowe, wartości parametrów drgań gruntu, które nie mogą spowodować uszkodzenia obiektów. Zalecane wzmocnienie konstrukcji obiektów.
II	Warunkowo przydatny teren A	Występują zanikające deformacje, wartości parametrów drgań gruntu, które nie mogą powodować uszkodzeń obiektów. Konieczna analiza techniczna możliwości zagospodarowania. Zalecane wzmocnienie konstrukcji obiektów. Teren, po zmniejszeniu wartości deformacji ciągłych, można zaliczyć do kategorii I.
III	Warunkowo przydatny teren B	Występują deformacje zanikające. Wartości parametrów drgań gruntu, które nie mogą powodować uszkodzeń obiektów. Możliwe są deformacje nieciągłe, szczególnie w obszarach płytkiej eksploatacji. Zaleca się wyłączenie z zabudowy terenów nieczynnych szybów i sztolni oraz płytkiej eksploatacji. Konieczna analiza techniczno-ekonomiczna możliwości zagospodarowania. Zalecane wzmocnienie konstrukcji obiektów
IV	Teren tymczasowo nieprzydatny do zabudowy	Występują deformacje zanikające. Wartości parametrów drgań gruntu, które mogą powodować uszkodzenia obiektów. Możliwe są deformacje nieciągłe, szczególnie na terenach płytkiej eksploatacji. Teren wyłączony z zabudowy do czasu zmniejszenia zagrożenia szkodliwymi drganiami gruntu i zalania pustek poeksploatacyjnych. Po tym czasie możliwe jest zaliczenie terenu do kategorii III.

Źródło : Method on assessment and monitoring, ed. by Sokoła-Szewioła V., Kotyrba A., Alheib M., 2023 – Rozdział 9

KONTAKTY

16

Rozdział	Tytuł	Dane kontaktowe
1.	CONTEXT, INTRODUCTION, AND OBJECTIVES OF THE GUIDELINES	Marwan ALHEIB, Marwan.ALHEIB@ineris.fr Institut national de l'environnement Industriel et des risques - Mines Nancy, France.
2.	CHARACTERIZATION OF POST-MINING HAZARDS	Stefan MÖLLERHERM,, Stefan.Moellerherm@thga.de Forschungszentrum Nachbergbau – Technische Hochschule Georg Agricola, Bochum, Germany
3.	METHODOLOGY OF GEOLOGY AND MINING DATA COLLECTION	Petr KONICEK, petr.konicek@ugn.cas.cz Institute of Geonics of the Czech Academy of Sciences, Ostrava, Czech Republic.
4.	HYDRO-MECHANICAL MODELLING AS A TOOL FOR SEISMICITY PREDICTION IN FLOODED COAL MINES	Arnold BLAISONNEAU, a.blaisonneau@brgm.fr BRGM, F-45060 Orléans, France.
5.	SEISMIC HAZARD CONTROL AND PREDICTION OF SURFACE ADVERSE EFFECTS	Grzegorz MUTKE, gmutke@gig.eu CMI - Central Mining Institute, Katowice, Poland Pierre GEHL, P.Gehl@brgm.fr BRGM, F-45060 Orléans, France
6.	DAMAGE ASSESSMENT OF POST-MINING EARTHQUAKES ON BUILDINGS AND INFRASTRUCTURE	Caterina NEGULESCU, C.Negulescu@brgm.fr Johanna VIEILLE, j.vieille@brgm.fr BRGM, F-45060 Orléans, France

Rozdział	Tytuł	Dane kontaktowe
7	MONITORING STRATEGIES FOR SAFETY USE OF POST MINING TERRAINS	
7.1.	Temporary near-surface geophysical surveys	Andrzej KOTYRBA, akotyrb@gig.eu Central Mining Institute, Katowice, Poland
7.2	Continuous and periodic monitoring of gravity	Andrzej KOTYRBA, akotyrb@gig.eu Central Mining Institute, Katowice, Poland.
7.3.	Seismic monitoring and seismological techniques	Simone CESCA, cesca@gfz-potsdam.de GFZ, Potsdam, Germany
7.4.	Monitoring of surface deformations	
7.4.1.	General principles of implementing satellite GNSS measurements	Violetta SOKOŁA-SZEWIOŁA, violetta.sokola-szewiola@polsl.pl Zbigniew SIEJKA, rmsiejka@cyf-kr.edu.pl Silesian University of Technology, Gliwice, Poland
7.4.2.	Interferometric SAR Technique	Marcello Di MICHELE, m.demichele@brgm.fr BRGM, F-45060 Orléans, France
7.5.	Monitoring of water in soils and rock mass	Andrzej KOTYRBA, akotyrb@gig.eu Central Mining Institute, Katowice, Poland.
8.	GUIDELINE TO DESIGN AND MANAGE AN EARLY WARNING SYSTEM FOR POST-MINING SEISMIC RISK	Isabelle CONTRUCCI, Isabelle.CONTRUCCI@ineris.fr Ineris - Institut national de l'environnement Industriel et des risques - Mines Nancy, France
9.	CONCLUSIONS AND GENERAL RECOMMENDATIONS	Violetta SOKOŁA-SZEWIOŁA, violetta.sokola-szewiola@polsl.pl Silesian University of Technology, Gliwice, Poland



postminquake.eu



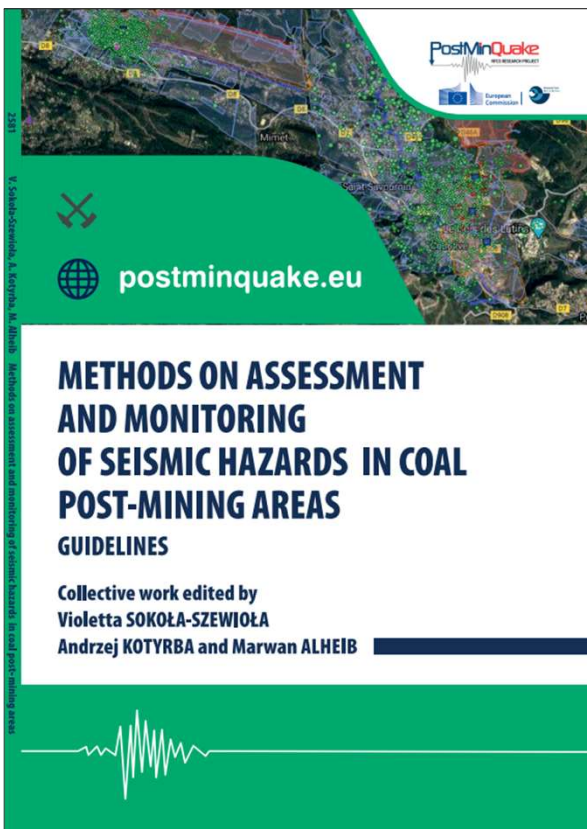
European
Commission



Research Fund for Coal & Steel



17



The book contains guidelines on the assessment methods of seismic hazard and monitoring in the areas of decommissioned and flooded deep coal mines in Europe and in the world with the aim of ensuring public safety. The successive chapters present methods and basic recommendations in the process of their implementation. The characteristics of the essential data relevant for the assessment and monitoring of seismic hazard were presented as well as the scope of numerical modeling and hydro-mechanical simulations, important during the period of mine flooding, issues regarding the harmfulness of the impact of ground vibrations caused by post-mining earthquakes on buildings and people, and in detail the scope and implementation method of comprehensive monitoring including continuous and periodic geophysical (seismology, gravimetry, hydrometry) and ground deformations (GNSS, InSAR) measurements. The book also contains guidelines for the development of an automatic early warning system for rock mass movements caused by post-mining earthquakes and for reporting on the harmfulness of their impact on buildings.

The guidelines are addressed mainly to mining consultants, potential investors and state administration bodies in charge of the safety of post-mining areas, including units responsible for safety and environmental management in the areas of closed hard coal mines.

The book was developed as a result of research in the field of induced seismicity and rock mass movements in post-mining areas, which was the subject of the European research project financed by the Research Fund for Coal and Steel, entitled "Induced earthquake and rock mass movements in coal post mining areas: mechanisms, hazard and risk assessment" (acronym PostMinQuake, <https://postminquake.eu/>). The project was implemented in 2020-2023 under the grant agreement No. 899192. The project was co-financed in Poland by the Ministry of Science and Higher Education under the grant agreements No. 5124/FBWIS/2020/2 and No. 5147/FBWIS/2020/2.

Keywords: seismicity, post-mining areas, post-mining earthquakes, mine flooding, seismic hazard, seismic monitoring, deformations, sinkholes, precursors, numerical modelling, geophysical monitoring.

ISBN 978-83-7880-924-1

Wydawnictwo Politechniki Śląskiej
44-100 Gliwice, ul. Akademicka 5
tel. (32) 237-18-57, fax (32) 237-15-02
www.wydawnictwopolitechniki.pl
Dział Sprzedaży i Reklamy
tel. (32) 237-18-48
e-mail: wydawnictwo_mark@polsl.pl

Książka jest dostępna w Wydawnictwie
Politechniki Śląskiej:

wydawnictwo_mark@polsl.pl

Wersja drukowana i elektroniczna.



Politechnika
Śląska



Dziękuję za uwagę

Violetta Sokoła-Szewioła
<https://www.polsl.pl/>
violetta.sokola-szewiola@polsl.pl

ACKNOWLEDGMENTS

"The project leading to this application has received funding from the Research Fund for Coal and Steel under grant agreement No 899192"

Co-financing in Poland by Ministry of Science and Higher Education: "Scientific work published within the framework of an international project co-funded by the program of the Ministry of Science and Higher Education entitled "PMW" in 2020- 2023; contract No. 5124/FBWiS/2020/2"

Politechnika Śląska
oraz Polski Komitet International Society
for Mine Surveying
zapraszają na konferencję naukową

XVIII DNI MIERNICTWA GÓRNICZEGO I OCHRONY TERENÓW GÓRNICZYCH

– wyzwania w okresie
transformacji energetycznej



Politechnika
Śląska



www: fundacjawg.pl/dmg2025

USTROŃ

22-24.10.2025 r.

KOMUNIKAT NR 1
konferencji

TEMATYKA KONFERENCJI

Konferencja obejmuje tematykę miernictwa górnictwa oraz ochrony terenów górnictwa. Stanowi forum wymiany doświadczeń osób zajmujących się zawodowo tą problematyką w jednostkach naukowych, urzędach górnictwa, zakładach górnictwa, organach administracji państwowej i samorządu terytorialnego oraz w biurach projektów i w firmach prowadzących działalność gospodarczą na terenach górnictwa. Kolejna edycja obejmuje także zagadnienie, dotyczące zagrożeń występujących na terenach pogórnictwa, w szczególności w aspekcie ich zagospodarowania, co stanowi istotny problem w okresie transformacji energetycznej:

- Prawne, społeczne i ekonomiczne aspekty ochrony terenów górnictwa
- Nowoczesne technologie w miernictwie górnictwa
- Prognozowanie deformacji powierzchni i ich skutków
- Monitoring wpływów eksploatacji górnictwa na górotwór, powierzchnię i obiekty
- Odporność obiektów budowlanych na terenach górnictwa i pogórnictwa, profilaktyka i naprawa szkód
- Mapy górnictwa i integracja danych przestrzennych
- na terenach górnictwa i pogórnictwa
- Zagrożenia i zagospodarowanie terenów górnictwa w okresie transformacji energetycznej
- Przekazywanie dokumentacji mierniczo-geologicznej zlikwidowanych zakładów górnictwa do WUG

WAŻNE TERMINY

Termin zgłaszania udziału w konferencji
poprzez formularz rejestracyjny
na stronie konferencji
fundacjawg.pl/dmg2025
do dnia 15.09.2025 r.

Po terminie 15.09.2025 r. opłata
wzrasta o 300 zł + 23% VAT

Termin nadsyłania artykułów
do publikacji wraz z opłatą:
30.06.2025 r.

KOMITET ORGANIZACYJNY

Dr hab. inż. Violetta Sokoła-Szewioła, prof. PŚ
Dr hab. inż. Ryszard Mielimaka, prof. PŚ
Dr hab. inż. Grzegorz Strozik, prof. PŚ
Dr inż. Grzegorz Dyduch
Dr inż. Joanna Herczakowska
Dr inż. Patrycja Jarczyk
Dr inż. Aleksandra Mierzejowska
Dr inż. Adam Niewiadomski
Dr inż. Justyna Paszek
Dr inż. Marian Poniewiera
Dr inż. Maciej Pomykoł
Dr inż. Monika Żogała
Mgr inż. Szymon Szczerba



Politechnika
Śląska