

**MONITOROWANIE ZAGROŻEŃ GEODYNAMICZNYCH
I HYDROGEOLOGICZNYCH NA TERENACH GÓRNICZYCH I POGÓRNICZYCH
W GÓRNOŚLĄSKIM ZAGŁĘBIU WĘGLOWYM ORAZ ZAGROŻEŃ RADIACYJNYCH**

Zadanie 1.2. Monitorowanie i prowadzenie bazy terenów o potencjalnym zagrożeniu zapadliskowym.

RAPORT ROCZNY 1.2/2024

za okres 01.01.2024 – 31.12.2024

Podstawą sporządzenia Raportu jest rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 lipca 2023 r. w sprawie nadania Głównemu Instytutowi Górnictwa statusu państwowego instytutu badawczego (Dz.U. z 2023 r. poz. 1579) oraz umowa nr 17/D/10095/2830/2024/DA z dnia 12.08.2024 r. zawarta pomiędzy Ministerstwem Przemysłu oraz Głównym Instytutem Górnictwa - Państwowym Instytutem Badawczym.

Jarosław Zagórowski
Dyrektor GIG-PIB

dr inż. Zbigniew Lubosik
Z-ca Dyrektora
ds. Geoinżynierii i Bezpieczeństwa
Przemysłowego

dr Sławomir Siwek
Kierownik Zadania

Zespół autorski:

Sławomir Siwek
Kotyba Andrzej
Kortas Łukasz
Kierepka Waldemar

Zawartość raportu:

1. Wprowadzenie.
2. Informacja o zapadliskach zarejestrowanych na obszarze GZW w 2024 r.
3. Informacja o wykonanych pracach w zakresie oceny i weryfikacji wyników inwentaryzacji starych wyrobisk górniczych mających połączenie z powierzchnią (szyby, szybiki, sztolnie itp.) przeprowadzonej przez WUG w latach 2012-2023 i selekcji obiektów przeznaczonych do prowadzenia prac monitoringowych w latach kolejnych.
4. Przystosowanie komórki organizacyjnej GIG-PIB do realizacji badań monitoringowych.
5. Podsumowanie.

1. Wprowadzenie

Prowadzona na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego eksploatacja złóż węgla kamiennego oraz rud metali spowodowała znaczne przeobrażenie naturalnego środowiska geologicznego tych terenów. Efektem działalności górniczej jest pozostawienie w ośrodku skalnym pustek w postaci niezlikwidowanych wyrobisk i zrobów pogórnich oraz obiektów górniczych udostępniających złoża, mających połączenie z powierzchnią terenu (szyby, upadowe). Pozostawione w górotworze pustki, w zależności od warunków gruntowo-wodnych mogą być wypełnione mieszaniną gazów lub wodą. W przypadku obszarów eksploatacji górniczej prowadzonej na niewielkich głębokościach, gdzie umowną granicą jest 100 m p.p.t., pozostawione pustki i infrastruktura górnicza (obiekty podziemne) stanowią główne źródła obecnie istniejącego zagrożenia zapadliskowego w obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW). Na intensywność zagrożenia w okresie po-górnim największy wpływ mają zmiany zawodnienia górotworu skalnego. Saturacja skał narusza stateczność przeobrażonych eksploatacją partii górotworu powodując, iż stają się one ponownie niestabilne.

W skali regionalnej, ze względu na dużą powierzchnię terenów dokonanej eksploatacji podziemnej, zagrożenia zapadliskowego nie można zlikwidować w całości. Zurbanizowanie terenów Górnego Śląska oraz perspektywiczny rozwój społeczno-gospodarczy aglomeracji są czynnikami powodującymi, iż tereny zagrożone, w przeszłości uznawane za nie nadające się do zabudowy, obecnie stanowią często jedyną możliwość rozwoju gospodarczego regionu. W związku z tym jedyną ekonomicznie uzasadnioną metodą kontroli i minimalizacji zagrożenia jest monitorowanie rejonów o dużej jego intensywności oraz podejmowanie działań mających na celu ich likwidację. W okresie swojej działalności operacyjnej kopalnie miały obowiązek monitorowania i dokumentowania zapadlisk oraz usuwania ich skutków środowiskowych. Likwidacja kopalń w GZW oraz przekazanie części ich terenów samorządom stworzyło sytuację, w której zadanie monitorowania zapadlisk przejął GIG-PIB na mocy rozporządzenia PRM z dnia 24 lipca 2023 (Dz.U. z dnia 10 sierpnia 2023 poz. 1575).

Niniejszy raport jest pierwszym dokumentem przedstawiającym w ujęciu rocznym stan zagrożenia zapadliskami na terenach górnictwa węgla i rud metali w GZW w roku 2024.

Obecność w skałach pustych przestrzeni zwiększa i przyspiesza intensywność procesów wietrzenia, które prowadzą do stopniowej dezintegracji struktury warstw skalnych nadkładu i przemieszczania się ich fragmentów do pustej przestrzeni. W górotworze pojawia się wówczas proces określany terminem migracji tj. przemieszczenia pustych przestrzeni, tzw. pustek wtórnych w kierunku powierzchni terenu. Na intensywność tego ruchu mają wpływ procesy naturalne takie jak zmiany temperatury i opady atmosferyczne (czynniki klimatyczne) oraz czynniki antropogeniczne w postaci drgań od wstrząsów górniczych, drgań komunikacyjnych czy odkształceń górotworu pod wpływem robót górniczych prowadzonych na większych głębokościach. W momencie dotarcia pustek wtórnych blisko powierzchni terenu dochodzi do przerwania ciągłości warstw gruntowych i powstania zapadliska. Wielkość

i głębokość powstałego leja zapadliskowego determinowane są objętością pozostawionych pustek w górotworze, głębokością eksploatacji oraz własnościami materiału skalnego budującego przypowierzchniowe warstwy ośrodka geologicznego.

Niniejszy roczny raport obejmuje:

- zestawienie informacji o zapadliskach zarejestrowanych w GZW w 2024 r.,
- informację o wykonanych pracach w zakresie oceny i weryfikacji wyników inwentaryzacji starych wyrobisk górniczych mających połączenie z powierzchnią przeprowadzonej przez WUG w latach 2012-2023 i selekcji obiektów wymagających prowadzenia prac monitoringowych w latach kolejnych (na bazie wytycznych opracowanych przez GIG-PIB dla WUG w 2011r.).
- informację o przystosowaniu komórki organizacyjnej GIG-PIB do realizacji prac monitoringowych na wytypowanych szybach.

2. Informacja o zapadliskach zarejestrowanych na obszarze GZW w 2024 r.

Główny Instytut Górnictwa - Państwowy Instytut Badawczy prowadzi i aktualizuje informacje o występowaniu zagrożenia zapadliskowego w obszarze GZW w ramach „Górnośląskiego Systemu Informacji o Zagrożeniach Powierzchni na Terenach Zlikwidowanych Kopalń” (strona internetowa: zapadliska.gig.eu). System ten stanowi kartograficzne udokumentowanie i udostępnienie w postaci cyfrowej informacji ze zlikwidowanych obszarów górniczych na współczesnych mapach powierzchni terenu, zawierając w szczególności:

- granice obszarów górniczych (OG) zlikwidowanych kopalń węgla i rud metali,
- rejony dokonanej płytkiej eksploatacji węgla i rud metali,
- podstawowe informacje o zakładach górniczych (kopalniach),
- podstawowe informacje o dokonanej eksploatacji, warunkach geologicznych oraz zagrożeniu zapadliskowym,
- położenie wyrobisk mających połączenie z powierzchnią (szyby, upadowe, itp.),
- położenie odnotowanych i udokumentowanych zapadlisk,
- położenie rejonów zagrożonych procesami egzo- i endogenicznymi w płytko-zalegających pokładach węgla, generujących nowe pustki,
- spis publikacji dotyczących zapadlisk i metodyki ustalania warunków geologiczno-inżynierskich na terenach zagrożonych zapadliskami.

Wg stanu na dzień 31 grudnia 2024 r. dane przedstawione w serwisie zapadliska.gig.eu obejmowały:

- 539,95 km² obszarów płytkiej eksploatacji (umownie do 100 m ppt),
- 8368 wyrobisk mających połączenie z powierzchnią,
- 1111 deformacji nieciągłych (zapadlisk).

Należy zaznaczyć, że wielowiekowa eksploatacja złóż surowców mineralnych spowodowała duże przeobrażenie przypowierzchniowej warstwy górotworu. Przedstawione w serwisie zapadliska.gig.eu lokalizacje wyrobisk mających połączenie z powierzchnią (szybów, szybków,

sztolni, upadowych itd.) są jedynie częścią, z szacowanych na kilkadziesiąt tysięcy takich wyrobisk jakie najprawdopodobniej istniały w obszarze GZW.

W okresie od 1 stycznia do 31 grudnia 2024 r. pozyskano informację o wystąpieniu 12 nowych zapadłisk powierzchni terenu związanych z prowadzoną w przeszłości na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) płytką eksploatacją górnictwem złóż węgla kamiennego i rud metali cynkowo – ołowionych (tab. 1).

Tab. 1. Szczegółowe dane o zarejestrowanych zapadłiskach w okresie 01.01.2024 – 31.12.2024r.

L.p.	Data	Miejsce	Współrzędne		Wymiar poziomy	Głębokość	Informacje dodatkowe	Przyczyna
			B (WGS84)	L (WGS84)				
1.	25-01-2024	Trzebinia torowisko pomiędzy hektometrami 1.5-1.6	50,195740	19,447150	4,9 x 3,5 m	0,8 m	Torowisko	Były OG KWK Siersza. Pokład 209-210 węgiel kam.
2.	29-01-2024	Trzebinia, Grunwaldzka 4	50,174661	19,471974	2,1 x 1,3 m	1,1 m	Nie użytki	Były OG KWK Siersza. Pokład 209-210 węgiel kam.
3.	01-02-2024	Chrzanów, Kolonia Rospontowa	50,124830	19,396580	Ø 2,5 m	0,5 m	Garaże	Pole górnicze sprzed 1939r. Złoże rud Zn-Pb
4.	07-03-2024	Trzebinia, Kopalniana	50,195249	19,449615	Ø 9m	6 m	Nie użytki	Były OG KWK Siersza. Pokład 209-210 węgiel kam.
5*	20-03-2024	Będzin, Świerkowa 4	50,356450	19,1425334	Ø 2 m	0,4 m	Teren zabudowy jedno-rodzinnej, blisko domu	Były OG KWK Paryż Kop. Antoni, Szyb Elżbieta. węgiel kam.
6*	10.04.2024	Katowice, ul. Cisowa /Owocowa, przy wjeździe do OBKIŚ	50,277478	19,023390	4,9 x 3,5 m	0,8 m	Szyb historyczny	Były OG KWK Siemianowice (kop. Hohenlohe). Rejon zlikwidowanego szybu Park"
7*	15.04.2024	Katowice, ul. Cedrowa, przy wschodniej granicy parkingu	50,277422	19,030169	2,1 x 1,3 m	1,1 m	Szyb historyczny	Były OG KWK Siemianowice (kop. Hohenlohe). Rejon zlikwidowanego szybu.
8**	16.10.2024	Siemianowice Śląskie ul. Kasztanowa 10	50,295062	19,017768	0,6 x 0,6 m	0,5 m	3 zapadłiska w promieniu 15m.	Były OG KWK Siemianowice - pole rezerwowe (hist. kop. Hohenlohe)
9***	16.11.2024	Piekary Śląskie – Brzeziny ul. Komunardów	50,355096	18,983465	1 x 2 m	ok. 0,5 m	Nie użytki	Były OG ZGH „Orzeł Biały”
10***	16.11.2024	Piekary Śląskie – Brzeziny ul. Komunardów	50,354475	18,984484	1 x 2 m	ok. 0,5 m	Nie użytki	Były OG ZGH „Orzeł Biały”
11***	16.11.2024	Piekary Śląskie – Brzeziny ul. Komunardów	50,355037	18,983393	1 x 1 m	ok. 0,5 m	Nie użytki	Były OG ZGH „Orzeł Biały”
12****	8.12.2024	Jaworzno, ul. Martyniaków	50.295116	19.018030	14 x 12 m	ok. 6-7 m	Teren leśny	Były OG KWK Jaworzno p. 208

Szkody:

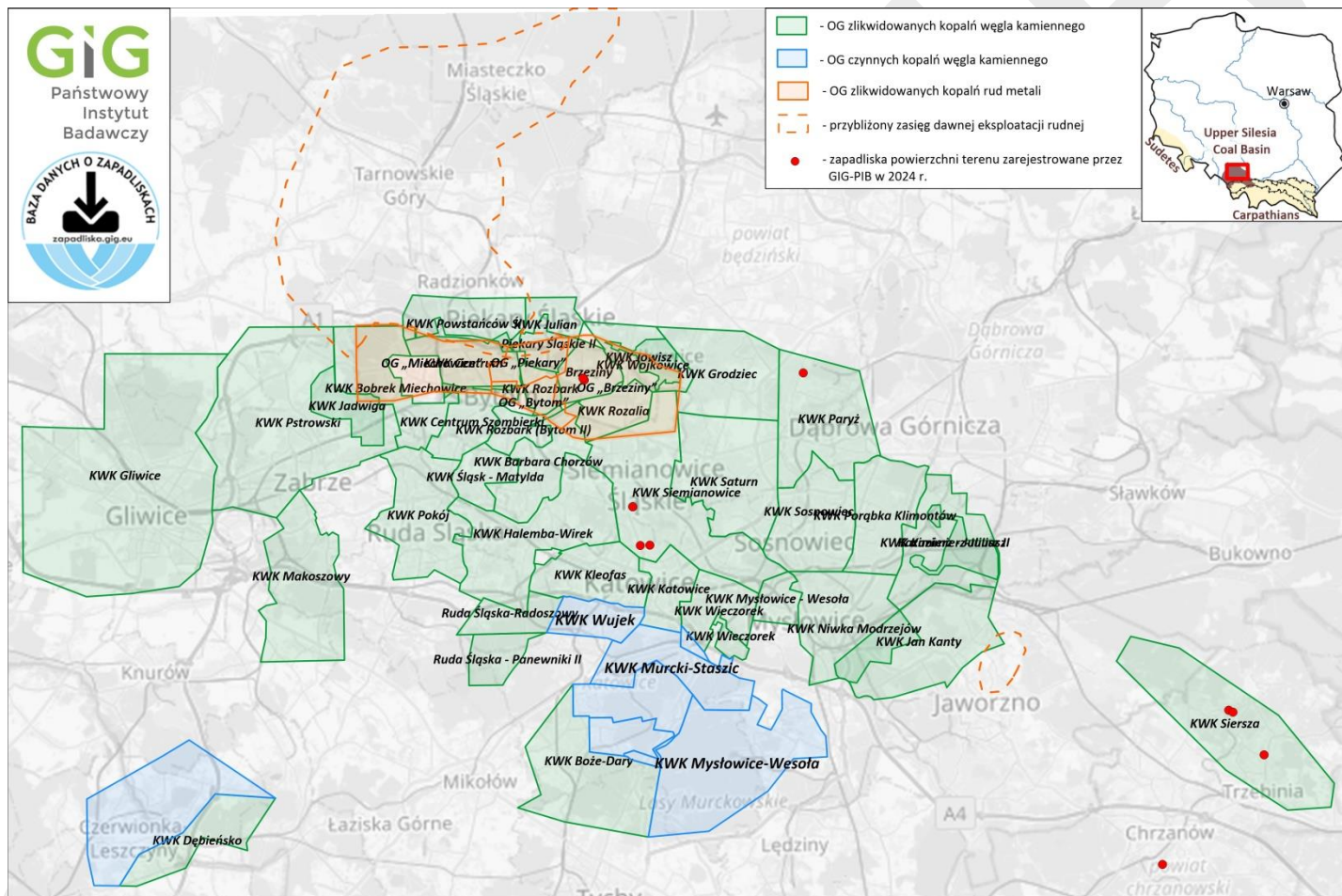
* Obniżenie zasypu w rurze szybowej. Ubytki gruntu w otoczeniu rury szybowej. Uszkodzenie konstrukcji nawierzchni z kostki betonowej/jezdni asfaltowej.

** Małe deformacje najprawdopodobniej w rejonie szczelin przy krawędzi eksploatacji. Bliskie (ok. 10 m) sąsiedztwo wielorodzinnego budynku mieszkalnego.

*** Leże deformacyjne niewielkich rozmiarów. Zlokalizowane na terenach aktualnie niezagospodarowanych. Powstałe w wyniku procesów sufozji materiału powierzchniowego do szczelin i spękań poeksploatacyjnych w utworach triasu (naruszonego eksploatacją rudną i głęboką eksploatacją węgla kamiennego).

**** Duża deformacja powierzchni terenu w postaci leja zapadliskowego. Wg stanu na dzień 9.12.2024 r. od strony drogi dodatkowe pęknięcie powierzchni gruntu. Uwzględniając jego zasięg, wymiary deformacji wynoszą ok. 14 x 17 m.

Na rys. 1 przedstawiono przybliżoną lokalizację zarejestrowanych zapadlisk na mapie sytuacyjnej. Szczegółowa lokalizacja dostępna jest w serwisie zapadliska.gig.eu.



Rys. 1. Orientacyjna lokalizacja zapadlisk zarejestrowanych w okresie 01.01.2024 – 31.12.2024r.

3. Informacja o wykonanych pracach w zakresie oceny i weryfikacji wyników inwentaryzacji starych wyrobisk górniczych mających połączenie z powierzchnią (szyby, szybiki, sztolnie itp.) przeprowadzonej przez WUG w latach 2012-2023 i selekcji obiektów przeznaczonych do prowadzenia prac monitoringowych w latach kolejnych.

W oparciu o opracowaną w 2011r. w GIG-PIB *metodykę oceny zagrożeń ze strony wyrobisk górniczych mających połączenie z powierzchnią usytuowanych na terenach zlikwidowanych podziemnych zakładów górniczych*, Wyższy Urząd Górniczy w Katowicach w latach 2012– 2023 przeprowadził inwentaryzację dawnych wyrobisk górniczych mających połączenie z powierzchnią na terenie GZW w obrębie województw śląskiego i małopolskiego. Prace te prowadzone były poprzez wyłonionych w przetargach publicznych wykonawców, prywatne przedsiębiorstwa lub jednostki naukowo – badawcze. W wyniku przeprowadzenia tych prac, zebrany został zbiór danych o wyrobiskach górniczych mających połączenie z powierzchnią w obszarze GZW zawierający 6547 pozycji. W zaproponowanej przez GIG-PIB metodyce oceny zagrożenia ze strony szybów przyjęto, że po skwantyfikowaniu zagrożenia w zbiorze wyselekcjonowane zostaną obiekty stwarzające największe zagrożenie dla użytkownika powierzchni (duże prawdopodobieństwo wystąpienia deformacji). Zaproponowano, iż ze względu na brak możliwości jednoznacznej oceny zachowania się tych obiektów w przyszłości zostaną one poddane okresowemu monitoringowi wizyjnemu dokumentowanemu raportem z przeglądu. Obiekty, w rejonie których zaobserwowane zostaną zmiany stanu geotechnicznego poddane zostaną badaniom specjalistycznym (pomiaru geofizyczne i geotechniczne). Jeżeli badania te wykażą, że szyb stwarza zagrożenie dla powierzchni w dokumentacji określone zostaną sposoby jego likwidacji.

Poprawnie zlikwidowany szyb górniczy, czyli wypełniony całkowicie materiałem zasypowym od rząpia do powierzchni terenu w ustabilizowanych warunkach hydrogeologicznych (nie zmieniającym się w czasie zawodnienia górotworu), nie stwarza zagrożenia zapadliskowego po okresie ok. 50 - 70 lat od wykonania prac likwidacyjnych. W okresie po wykonaniu prac zasypowych w rurze szybowej zachodzi proces kompaktacji (zagęszczania) materiału zasypowego. W jego wyniku zasyp zmniejsza swoją objętość, co obserwowane jest jako obniżenie jego poziomu w rurze szybowej. Obserwowane wielkości obniżenia poziomu zasypu zmieniają się w zakresie od kilku centymetrów do kilkunastu metrów. Kompaktacja materiału zasypowego prowadzi do powstania pustki w górnej części rury szybowej. Zasypanie pustki likwiduje zagrożenie zapadliskowe. Inaczej jest w przypadkach, gdzie w sposób celowy nie wypełniono rury szybowej materiałem zasypowym, zabudowując w niej na pewnej głębokości pomost (zwykle drewniany, stalowy lub betonowy). Butwienie i gnienie drewna oraz korozja stali i betonu mogą być powodem zawalenia się takiej konstrukcji powodując zapadlisko powierzchni w rejonie szybu.

W ramach realizacji zadania 1.2, przeprowadzono prace analityczne i weryfikacyjne na utworzonej w wyniku prac inwentaryzacyjnych bazie danych. Miało to na celu wytypowanie wyrobisk górniczych mających połączenie z powierzchnią terenu, które mogą w bliżej nieustalonym czasie, stworzyć zagrożenie dla bezpiecznego użytkownika powierzchni, poprzez

wystąpienie na nich lub w ich bezpośrednim sąsiedztwie deformacji nieciągłych powierzchni (zapadlisk).

Zagrożenie ze strony każdego ze zinventaryzowanych obiektów szybowych w zależności od sumy punktów, które uzyskały one w ocenie parametrycznej, jest skwantyfikowane w czterech kategoriach oznaczonych symbolami I, II, III i IV (tab. 2). Prawdopodobieństwo wystąpienia deformacji w rejonie szybów zaliczonych do kategorii I i II jest niewielkie. Ze względu na fakt, że stwarzają one relatywnie znikome zagrożenie dla powierzchni nie wymagają one monitorowania. W pierwszej weryfikacji zbioru danych inwentaryzacyjnych dla potrzeb selekcji obiektów wymagających monitorowania obiekty te usunięto z całkowitego zbioru danych i utworzono podzbiór danych zaliczonych do III i IV kategorii. Podzbiór ten poddano kolejnym pracom weryfikacyjnym.

Tab. 2 Klasyfikacja zagrożenia powierzchni ze strony szybu (po korekcie ujednocniającej).

Kategoria	Suma punktów	Stopień zagrożenia	Prawdopodobieństwo
I*	≤ 20	Brak	0,001 – 0,0099
II*	21 – 30	Mały	0,01 – 0,099
III*	31-40	Średni	0,1 – 0,49
IV*	> 40	Duży	0,5 – 1

Wytypowane obiekty zostały zakwalifikowane do kolejnego etapu prac, obejmującego okresowe wizje terenowe oraz badania specjalistyczne. Prace analityczne prowadzono w 4 etapach:

- etap I – I kwartał 2024 r. – obejmował analizę 1850 wyrobisk górniczych związanych z eksploatacją złóż węgla kamiennego mających połączenie z powierzchnią w północno-wschodniej części GZW w zlikwidowanych obszarach górniczych (lub kopalniach): Jowisz, Grodziec, Paryż, Saturn, Sosnowiec, Porąbka – Klimontów, Kazimierz – Juliusz, Niwka – Modrzejów, Jaworzno (Jan Kanty) oraz Siersza.
- etap II – II kwartał 2024 r. – obejmował analizę 1861 wyrobisk górniczych związanych z eksploatacją złóż węgla kamiennego mających połączenie z powierzchnią w północno-zachodniej części GZW w zlikwidowanych obszarach górniczych (lub kopalniach): Chorzów I, II i III, OG Szopienice I, Siemianowice I i II, Rozalia, Siemianowice Pole Rezerwowe, Katowice I, Rozbark Łągiewniki, Świętochłowice I i II, Bytom V, Centrum, Chruszczów I (Bytom – Centrum i Szombierki), Miechowice Bobrek, Gliwice III, Rokitnica Biskupice, Ruda Śląska, Staszic Wujek, Wujek, Mysłowice Wesoła, Wieczorek, Polska Wirek, Pokój, Makoszowy, Piekary.
- etap III – III kwartał 2024 r. – obejmował analizę 2831 wyrobisk górniczych związanych z eksploatacją złóż węgla kamiennego w zlikwidowanych obszarach górniczych (lub kopalniach) w południowej części GZW oraz rud metali w zlikwidowanych obszarach górniczych (lub kopalniach) w obszarze GZW. W szczególności analizą objęto tereny zawarte w następujących zbiorach: Anna, Jas Mos, Rymer, Dębieńsko, Kaczyce, Borynia, Wilchwy, ZGH Orzeł Biały, Kopalnia Jaworzno (galmany), Kopalnia Emanuel, Kopalnia

Barbara II, Żyglin, Bibiela, Huta Fryderyk, Miasteczko Śląskie – dworzec, Miasteczko Śląskie, Stare Tarnowice, Tarnowskie Góry, Świerklaniec, Zbrostawice, Repty Śląskie, Sucha Góra, Kozłowa Góra, Wieszowa, Stolarzowice, Miechowice, Piekary Śląskie, Kamień, Czekanów, Zabrze, Karb, Bytom, Dąbrówka Wielka.

– etap IV – IV kwartał 2024 r. – obejmował weryfikację parametrycznej oceny zagrożenia ze strony zinwentaryzowanych przez WUG szybów. Na tej podstawie, w oparciu o cechy (atrybuty) zinwentaryzowanych wyrobisk, przeprowadzono selekcję rekordów w bazie danych i wytypowano **476 szybów**, które stwarzają obecnie relatywnie **największe zagrożenie zapadliskowe** dla powierzchni. W rejonie tych obiektów planuje się przeprowadzenie ponownych wizji kontrolnych w celu oceny ich stanu technicznego i zagrożenia dla powierzchni. Z grupy tej wybrane zostaną obiekty wymagające specjalistycznych badań metodami geofizycznymi i geotechnicznymi oraz okresowego monitorowania ich stanu.

Należy zaznaczyć, iż dane zgromadzone w bazie utworzonej w wyniku prac inwentaryzacyjnych koordynowanych przez WUG są bardzo niejednorodne. Zasadniczym problemem, z którym mierzyli się wykonawcy poszczególnych etapów prac inwentaryzacyjnych zleconych przez WUG był brak podstawowych informacji, pozwalających na scharakteryzowanie wyrobisk szybowych. Do danych tych zaliczyć należy: nazwę, głębokość, przekrój wyrobiska (np. tarczy szybu), czas funkcjonowania i likwidacji, sposób wykonanej likwidacji czy zastosowany do jej przeprowadzenia materiał. Ta sama nazwa używana jest dla wielu różnych obiektów (np. szybik, szybik/szyb BN). Podobnych niejednoznaczności nie uniknięto również w trakcie inwentaryzacji, przy nadawaniu oznaczeń identyfikacyjnych kolejnych wyrobisk (ID szybu). W przypadku kolejnych opracowań i uzupełnień, nie kontynuowano numeracji już istniejącej, przez co w wielu przypadkach dochodzi do zwielokrotnienia tego samego oznaczenia. Powoduje to, że dane zawarte w utworzonej bazie są nieprecyzyjne i niejednorodne. Zbiorcze zestawienie wyrobisk zinwentaryzowanych przez WUG podlegających weryfikacji przedstawiono w tabeli 3.

Tab.3. Statystyka liczebności rekordów w poszczególnych kategoriach zagrożenia.

Kategoria zagrożenia	Suma punktów	Stopień zagrożenia	Liczba obiektów w złożach węgla	Liczba obiektów w złożach rud	Udział w zbiorze szybów węglowych, %	Udział w zbiorze szybów rudnych, %
I	≤ 20	brak	73	59	1,88	2,21
II	21 – 30	mały	163	1998	4,20	75,03
III	31 – 40	średni	1671	606	43,02	22,76
IV	> 40	duży	1977	0	50,90	0,00
suma			3884	2663	100	100

W najwyższych kategoriach zagrożenia III (średnie) i IV (duże), która liczy 4258 obiektów zdecydowanie więcej znalazło się szybów wykonanych dla potrzeb eksploatacji węgla kamiennego (ok. 93 %) niż dla potrzeb eksploatacji rud metali (ok. 23 %). Można stąd wnioskować, że te ostatnie stanowią relatywnie mniejsze zagrożenie dla bezpieczeństwa

użytkowania powierzchni terenów pogórnich w GZW. Statystyka ta odzwierciedla jednak również różnice w wielkości powierzchni terenów dokonanej eksploatacji obydwu surowców. Powierzchnia terenów eksploatacji złóż węgla kamiennego jest kilkukrotnie większa od powierzchni terenów eksploatacji rud metali.

W świetle analizy zebranych danych, monitorowania z użyciem metod specjalistycznych wymagają obiekty zaliczone do kategorii III i IV. Ich duża liczba sprawia, że koszty badań wszystkich tych szybów byłyby bardzo wysokie i często niewspółmierne do rzeczywistego zagrożenia jakie stwarzają dla użytkowania powierzchni (potencjalne zapadliska na terenach leśnych, rolnych czy na zwałowiskach odpadów). Wobec braku niektórych, istotnych danych opisujących obiekty szybowe i warunki środowiskowe w ich rejonie, dla pewnej części obiektów zawyżona jest kategoria zagrożenia. Nakazywało to weryfikację zgromadzonej bazy danych w podzbiórce zawierającym obiekty zaliczone do kategorii III i IV metodami sekwencyjnej filtracji.

Pozostałe obiekty w bazie danych zaliczone do kategorii I i II wymagają jedynie kontroli makroskopowej (wizja lokalna w terenie bez użycia metod specjalistycznych). Przyjmuje się, za dotychczasowymi ustaleniami dotyczącymi zakresu wymaganych badań geologiczno-inżynierskich terenów pogórnich, że każdy teren w obrębie którego zlokalizowane są stare szyby górnicze przewidziany do zagospodarowania na cele budowlane, wymaga szczegółowego rozpoznania geotechnicznego stanu podłoża, niezależnie od oszacowanej w wyniku kwerendy WUG kategorii zagrożenia (Dobak P., Drągowski A., Frankowski Z., Frolik A., Kaczyński R., Kotyrba A., Pinińska J., Rybicki S., Woźniak H.: (red); *Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich dla celów likwidacji kopalń*. Publikacja Min. Środowiska. Warszawa 2009). Liczbę obiektów wymagających monitorowania poprzez wykonywanie okresowych badań specjalistycznych (pomiary geofizyczne, sondowania geotechniczne) o kategoriach III i IV w pozostałych rejonach można ograniczyć modyfikując kryteria punktowe użyte do kwantyfikacji zagrożenia i wieloparametrową filtrację rekordów w zebranych zbiorze danych. Zabieg ten pozwala na znaczne ograniczenie liczby obiektów, których okresowe monitorowanie jest uzasadnione rzeczywistym zagrożeniem i interesem społeczno-gospodarczym. Do weryfikacji obiektów zaliczonych do kategorii III i IV zastosowano parametry filtracji zestawione w tabeli 4.

Tab. 4 Kryteria filtracji rekordów w zbiorze danych z inwentaryzacji WUG

Lp.	Grupa/kolumna	Kryterium	Uwagi
1	Suma punktów	<30 (kat. I i II)	Ujednoczenie punktacji wg klasyfikacji zmodyfikowanej przez GIG-PIB dla II etapu inwentaryzacji
2	Nazwa	Badawczy, Poszukiwawczy/ Versuch/Vers/Szyb Vers	Wykluczenie ze zbioru
3	Głębokość	<30m	Wykluczenie ze zbioru
4	Rozmiar poziomy	<2.49m	Wykluczenie ze zbioru szybów o małej powierzchni przekroju (dla szybu kołowego - średnica, dla szybów o przekroju prostokątnym - bok dłuższy.
5	Czas likwidacji	Min 70 lat od daty inwentaryzacji	Wykluczenie ze zbioru obiektów bardzo starych - do filtracji przyjęto dane starsze aniżeli XIX w (szyby sprzed 1900 r.)

6	Ułożenie/kierunek	Poziome/ukośne	Wykluczenie ze zbioru wyrobisk ukośnych (upadowa, sztolnia, wychodowa, pochylnia, stolln).
7	Status operacyjny	Czynny/nieznikwidowany	Wykluczenie ze zbioru obiektów zagospodarowanych.
8	Zagospodarowanie powierzchni / stan obiektu	Potencjalne zagrożenie dla bezpiecznego użytkowania powierzchni przy aktualnym stanie zagospodarowania	Wykluczenie ze zbioru obiektów nie stwarzających dużego zagrożenia w obecnym stanie zagospodarowania powierzchni na podstawie materiałów z inwentaryzacji (lokalizacja, zagospodarowanie, fotografie).

Filtracja wyjściowego zbioru danych o szybach wg. powyższych kryteriów pozwala na odrzucenie dużej liczby rekordów ze zbioru obiektów zaliczonych do kategorii zagrożenia III i IV, liczącego 4258 pozycje. Zastosowanie przedstawionych w tabeli 4 parametrów filtracji 1 – 7 pozwala na wyselekcjonowanie 1517 szybów. Poprzez zastosowanie filtra 8, szerzej opisanego w raporcie z IV kwartału 2024 r. (raport 1.2.4 z 2024r.), dokonano weryfikacji danych dotyczących zagospodarowania terenu i określonych na podstawie wizji wykonanych w trakcie inwentaryzacji, a więc opisy odnoszące się do aktualnego zagospodarowania powierzchni terenu zawarte w punktach 2 tj. „Lokalizacja szybu” oraz 10 „Zagospodarowanie powierzchni” oraz materiał dokumentacyjny, jaki stanowią fotografie wykonane w miejscu lokalizacji szybu. Na podstawie weryfikacji do dalszych prac, wymagających kontrolnych wizji terenowych i/lub badań specjalistycznych wytypowano 476 szybów. Na podstawie tego materiału ze zbioru szybów przefiltrowanego poprzednimi kategoriami, wyłączono obiekty zlokalizowane w miejscach, w których ewentualne wystąpienie zapadliska nie stworzy większego zagrożenia dla użytkownika powierzchni w aktualnym stanie jej zagospodarowania.

Prowadzenie badań monitoringowych planuje się realizować w kolejnych latach działalności GIG-PIB w ramach zadania 1.2 - *Monitorowanie i prowadzenie bazy terenów o potencjalnym zagrożeniu zapadliskowym*. W pierwszej kolejności przeprowadzone zostaną kontrolne wizje terenowe. Dla 86 szybów, które są zlikwidowanymi wyrobiskami, i które są widoczne w terenie (płyta zabezpieczająca, elementy konstrukcji, itp.), dla których brak jest wystarczającego uzasadnienia do prowadzenia badań specjalistycznych, wprowadzone zostanie jedynie okresowe monitorowanie ich stanu i jeśli to możliwe, pomiar poziomu zasypu w rurze szybowej. Pozostałe 390 szybów, przed ostateczną kwalifikacją do etapu badań specjalistycznych objęte zostaną kontrolną wizją terenową, z której sporządzony zostanie raport (karta kontroli). W raportach określona zostanie indywidualnie dla każdego szybu metoda monitoringu (okresowa wizja terenowa i/lub badanie specjalistyczne), którą należy zastosować oraz jakie powinny być odstępy czasu pomiędzy kolejnymi pracami monitoringowymi. Na podstawie zgromadzonych danych można wstępnie oszacować, że odstęp czasu pomiędzy kolejnymi pracami monitoringowymi dla większości obiektów nie powinien być dłuższy niż 5 lat. 55 z wytypowanych do badań szybów zlokalizowanych jest w bliskim sąsiedztwie obiektów użyteczności publicznej tj. szkół, przedszkoli, placów zabaw oraz ogrodów działkowych. Szyby te zakwalifikowane zostały do przeprowadzenia wizji kontrolnej i następnie badań specjalistycznych w pierwszej kolejności.

4. Przystosowanie komórki organizacyjnej GIG-PIB do realizacji badań monitoringowych.

Przystąpienie do rozpoczęcia badań monitoringowych stanu zagrożenia zapadliskami w rejonach starych wyrobisk górniczych mających połączenie z powierzchnią związane jest z dostosowaniem wyposażenia Laboratorium Geofizyki Inżynierskiej GIG-PIB do potrzeb prowadzenia badań geofizycznych z zastosowaniem metody grawimetrycznej i georadarowej. W tym celu w IV kwartale 2024 r. przeprowadzone zostały procedury przetargowe i dokonano wyboru a następnie zakupu najnowocześniejszej obecnie na rynku światowym aparatury geofizycznej, którą stanowią:

- grawimetr lądowy kanadyjskiej firmy Scintrex model CG-6 Autograv,
- georadar SIR-4000 amerykańskiej firmy Geophysical Survey Systems Inc. z zestawem anten.

Grawimetr Scintrex Autograv CG-6

Zakupiony grawimetr Scintrex Autograv CG-6 (Fot. 1) o nr seryjnym 24120675 to w pełni zautomatyzowany instrument oparty na mikroprocesorze, który może być obsługiwany 'bezdotykowo' za pomocą terenowego tabletu Getac T800 za pośrednictwem łącza Bluetooth. Przyrząd ten służy do pomiarów względnych przyspieszenia siły ciężkości w oparciu o sensor kwarcowy z zerowaniem elektrostatycznym czuły na zróżnicowanie gęstości objętościowej mas skalnych budujących podłoże terenu.



Fot. 1. Grawimetr Scintrex Autograv CG-6.

Odczyty w grawimetrze CG-6 uzyskuje się w sposób ciągły z uśrednienia serii pomiarów w jednosekundowych próbkach. Wyniki, bezpośrednio w jednostkach mGal, prezentowane są na wyświetlaczu przyrządu oraz na ekranie tabletu. Dane pomiarowe zapisywane są w pamięci stałej zarówno przyrządu jak i tabletu. Tablet Getac wyposażony jest w GPS, kamerę, a także oprogramowanie Lynx LG służące do bieżącej wizualizacji pozyskiwanych w terenie danych w tym tworzenie uproszczonych map Bouguera typu 'in-field'. Wykorzystanie tabletu umożliwia projektowanie ścieżki pomiarów oraz zarządzanie i podgląd bieżący plików rejestracji. W celu dalszego przetwarzania pozyskanych w terenie danych pliki w formacie ASCII przesyłane są na komputer PC za pośrednictwem łącza USB 3.0. Grawimetr CG-6 charakteryzuje się bardzo małym, a zarazem liniowym dryftem rezydualnym (<0,020

mGal/dzień). Przyrząd ten umożliwia pomiary z rozdzielczością odczytu 0,0001 mGal i powtarzalnością wyników $\pm 0,005$ mGala.

Zakupiony przyrząd pozwala na eliminowanie bezpośrednio, w czasie pomiarów, średnio i długookresowe zmiany miejsca zera grawimetru, spowodowane głównie składową pionową siłą lunisolarnych. Zainstalowane w grawimetrze Scintrex Autograv CG-6 oprogramowanie umożliwia wyliczenie, zgodnie z algorytmem Longmana, i uwzględnienie w trakcie wykonywania odczytów poprawek na pływy ziemskie. Poprawki te mogą osiągać wartość $\pm 0,04$ mGal/h, a w ciągu dnia mogą zmieniać się nawet o $\pm 0,3$ mGal. Przyrząd umożliwia również obliczanie i uwzględnianie w trakcie pomiarów poprawek na wychylenie oraz temperaturę. Zakupiony grawimetr wyposażony jest w tablet Getac T800 z oprogramowaniem Lynx LG, statyw terenowy, 2 baterie litowo-jonowe (73 Wh), ładowarkę, kabel USB, sztywny kontener transportowy oraz inne, drobne akcesoria. Dokładna specyfikacja przyrządu przedstawiona jest w tab. 4.

Tab. 4 Szczegółowa specyfikacja grawimetru Scintrex Autograv CG-6.

Nr seryjny	24120675
Stała przyrządu G CAL1	8245.348
Typ czujnika	skondensowany kwarc z zerowaniem elektrostatycznym
Rozdzielczość odczytu	0.1 mikroGal
Powtarzalność	5 mikroGal
Odchylenie standardowe	< 5 mikroGal
Pamięć własna	4 GB
Zasięg pracy	cały świat (8000 mGal bez resetowania)
Dryft rezydualny	< 20 mikroGal/dzień
Dryft nieskompensowany czujnika	< 200 mikroGal/dzień
Zakres automatycznej kompensacji rozpoziomowania	+/- 200 arcsec
Tary	< 5 mikroGal dla wstrząsów do 20 g
Poprawki automatyczne	pływowa, na rozpoziomowanie instrumentu, temperaturowa, filtr szumów, filtr sejsmiczny, dryft
Częstotliwość próbkowania	wybierana przez użytkownika, do 10 Hz
Antena GPS do pozycjonowania o minimalnych dokładnościach (x,y)	standard <3 m
Urządzenia do bezdotykowej obsługi	tablet Getac T800
Oprogramowanie	pozwalające na akwizycję, wprowadzanie poprawek i przesyłanie danych na inne urządzenia
Baterie akumulatorowe	2 szt, inteligentne Li-Ion 73 Wh, 1.8V
Pojemność baterii	zapewniająca całodzienną pracę (24h) w temperaturze otoczenia 25 °C
Pobór mocy	do 5.5 W w temperaturze otoczenia 25 °C
Zasilacz sieciowy 230 V z prostownikiem (AC/DC)	2 szt
Ładowarka do baterii	1 szt
Odporność obudowy na warunki zewnętrzne	wodoodporność i pyłoodporność
Zakres temperatur pracy przyrządu	od -40 do +45 °C (allweather)
Transmisja danych z grawimetru na inne urządzenia	przez wejścia USB i Bluetooth
Waga	5.5 kg z dwoma bateriami

Georadar GSSI SIR-4000

Firma *Geophysical Survey Systems Inc.* posiada olbrzymie, blisko 50-cio letnie doświadczenie w konstruowaniu urządzeń GPR do bezinwazyjnego badania struktury gruntu, górotworu, obiektów budowlanych, zbiorników wodnych i innych mediów. Przyrządy tej firmy znajdują szerokie zastosowanie również w innych dziedzinach jak np. archeologia czy kryminalistyka. Georadar GSSI SIR-4000 (Fot. 2, 3) jest pierwszym systemem akwizycji danych GPR firmy GSSI zaprojektowanym do pracy z antenami analogowymi i cyfrowymi. Zapewnia to wszechstronność i elastyczność, ponieważ oprócz wykorzystywania najnowszych, cyfrowych anten radarowych aparatura pozwala na zastosowanie w pomiarach również tych analogowych, które pozostają na wyposażeniu Laboratorium od 2008 roku ze starszym systemem pomiarowym SIR-3000. Zakupiony georadar jest jednokanałowy i umożliwia zapis rejestracji na dysku twardym o pojemności 32 GB. SIR-4000 oferuje unikalne moduły gromadzenia i wizualizacji danych, w tym: Quick 3D, UtilityScan, StructureScan i Expert Mode. Aparatura oferuje interfejs użytkownika, który jest łatwy w obsłudze i zawiera integrację systemu GPS typu plug-and-play. Interfejs zawiera również zaawansowane metody wyświetlania (zmienne skale kolorystyczne) i funkcje filtrowania służące do wstępnego przetwarzania danych w terenie. System SIR-4000 wyposażony jest w trzy ekranowane, cyfrowe anteny nadawczo-odbiorcze o częstotliwościach nośnych: 200 Mhz (**Hyper Stacking**), 350 Mhz (**Hyper Stacking**) i dwuzakresowa antena 300/800 MHz DF (**Dual Frequency**). Technologia HyperStacking firmy GSSI znacznie poprawia rozdzielczość rejestracji ze wzrostem głębokości w porównaniu z tradycyjnymi metodami RTS. Zwiększono stosunek sygnału do szumu co zapewniło większą głębokość penetracji w każdych warunkach gruntowych. Pierwsza z anten (200 HS) o największym zasięgu głębokościowym – do 21 m umożliwia łączność bezprzewodową z jednostką sterującą co znacznie ułatwia prowadzenie prac terenowych tym systemem. Antena 350 HS o średnim zasięgu głębokościowym 0-12 m łączy się z jednostką sterującą za pomocą kabla. Antena 300/800 DF jest anteną dwuzakresową i umożliwia rejestrację falogramu dla dwóch częstotliwości sygnału równocześnie. Zapewnia ona głębokość penetracji 0-7 m przy wysokiej rozdzielczości pomiaru.



Fot. 2 Jednostka sterująca zestawu georadarowego GSSI SIR-4000.



Fot. 3 Anteny 200 HS, 300/800 DF zestawu georadarowego GSSI SIR-4000.

W skład zakupionego zestawu pomiarowego oprócz jednostki sterującej i anten wchodzi: szelki do przenoszenia, osłona przeciwsłoneczna, dwa akumulatory litowo-jonowe, ładowarka akumulatorów dwukomorowych, usztywniona walizka transportowa oraz program do obróbki i przetwarzania surowych danych zarejestrowanych w terenie - RADAN v.7. W Tab. 5. Zestawiono parametry georadaru GSSI SIR-4000.

Tab. 5 Szczegółowa specyfikacja georadaru GSSI SIR-4000.

Nr seryjny	2832
Anteny	Zgodne ze wszystkimi antenami GSSI analogowymi i cyfrowymi
Liczba kanałów	Rejestruje dane z 1 anteny jednoczęstotliwościowej lub 1 anteny dwuczęstotliwościowej
Pamięć masowa	32 GB Flash, 1 GB RAM
Wyświetlacz	Ulepszony wyświetlacz LED 10,4" z wewnętrzną wysoką jasnością, aktywną matrycą o rozdzielczości 1024 x 768 i 32-bitowym kolorem
Dane	GPS rejestrowane wewnętrznie
Tryby wyświetlania	Linescan, Linescan plus O-scope, Wiggle trace Pełny 3D, 256 kolorowych pojemników służy do reprezentowania amplitudy i polaryzacji sygnału
Klasa ochrony środowiska	IP65
Gromadzenie danych	Format danych RADAN® (dzt), Format danych wyjściowych 32-bitowy
Interwał skanowania	Wybierany przez użytkownika, do 400 skanów/sek
Liczba próbek na skan	256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16384
Tryby pracy	Ciągły (czas), koło pomiarowe (wyzwalane odległością), tryb punktowy
Zakres czasu	0-20 000 nanosekund w pełnej skali, wybierany przez użytkownika
Wzmocnienie	ręczna regulacja od -42 do +126 dB Liczba segmentów na krzywej wzmocnienia jest wybierana przez użytkownika od 1 do 8
Standardowe filtry w czasie rzeczywistym	Nieskończona odpowiedź impulsowa (IIR) — dolnoprzepustowy i górnoprzepustowy, pionowy i poziomy - Skończona odpowiedź impulsowa (FIR) — dolnoprzepustowy i górnoprzepustowy, pionowy i poziomy
Zaawansowane filtry w czasie rzeczywistym	Migracja, śledzenie położenia powierzchni, śledzenie szumu sygnału i podłoża, adaptacyjne usuwanie tła
Automatyczne konfiguracje systemu	Przechowywanie nieograniczonej liczby plików konfiguracji systemu dla różnych warunków pomiaru i/lub konfiguracji rozmieszczenia anten
Automatyczne rozpoznawanie anten	Automatyczne rozpoznawanie inteligentnych anten w celu zapewnienia maksymalnej zgodnej szybkości transmisji
Języki	angielski, chiński, japoński, francuski, hiszpański, portugalski, holenderski
Temperatura pracy	-20°C do 40°C na zewnątrz

Baterie	Inspired Energy Ni2040ED, 3 godziny pracy (żywotność baterii zależy od poziomu jasności wyświetlacza)
Szybkość transmisji	do 800 kHz (międzynarodowa), Szybkość w USA/Kanadzie i Europie zależą od modelu anteny
Dostępne porty Wejścia	antenowe analogowe i cyfrowe (po jednym na raz), wejście zasilania DC, szeregowy RS232 (port GPS), złącze akcesoriów, wyjście wideo HDMI, Ethernet do komputera, port USB 2.0, mini USB
Ethernet	RJ45 100BT Ethernet
Host USB	Host USB z obsługą klawiatury zewnętrznej, obsługą pamięci flash USB i obsługą koncentratora USB
Wymiary	36x25x7 cm
Waga	4,53 kg łącznie z baterią
Wilgotność względna	<95% bez kondensacji
Temperatura przechowywania	-40°C do 60°C

5. Podsumowanie

W okresie od 1 stycznia do 31 grudnia 2024 r. w ramach realizacji zadania 1.2. *Monitorowanie i prowadzenie bazy terenów o potencjalnym zagrożeniu zapadliskowym:*

- Pozyskano informacje o 12-tu zapadliskach powierzchni związanych z prowadzoną w przeszłości na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) płytką eksploatacją górniczą złóż węgla kamiennego i rud metali. Większość z nich wystąpiła na terenach eksploatacji węgla (9). W grupie tej znajdują się 3 zapadliska na terenie kopalni Siersza w Trzebini oraz 2 zapadliska przy-szybowe (Katowice, Będzin). Na terenach eksploatacji rud metali odnotowano 3 zdarzenia. Największe pod względem średnicy i głębokości zapadliska wystąpiły w Trzebini i Jaworznie.
- Zapadliska spowodowały szkody opisane w tabeli 1. Żadne z nich nie spowodowało większych materialnie szkód w obiektach budowlanych.
- Dokonano analizy i weryfikacji oceny zagrożenia ze strony zinwentaryzowanych przez WUG szybów. Na jej podstawie dokonano selekcji obiektów wymagających prowadzenia prac monitoringowych. Do takich prac wytypowano 476 szybów. Obiekty te wymagają dokonania wizji terenowych udokumentowanych raportami określającymi jaką metodę monitoringu (okresowa wizja terenowa i/lub badania specjalistyczne) należy do nich zastosować.
- Na podstawie dotychczasowych doświadczeń oraz zgromadzonych danych można wstępnie oszacować, że odstęp czasu pomiędzy kolejnymi pracami monitoringowymi dla obiektów stwarzających duże i realne zagrożenie dla powierzchni nie powinien być dłuższy niż 5 lat.
- W celu przystosowania wyposażenia Laboratorium Geofizyki Inżynierskiej GIG-PIB do prowadzenia monitoringu specjalistycznego zakupiono nowoczesną aparaturę geofizyczną w postaci grawimetru lądowego Scintrex Autograv CG-6 oraz georadaru GSSI SIR-4000 z zestawem anten.

Zasady korzystania z Raportów GIG-PIB

Zawartość Raportu, jego forma, treści, sposób wyrażenia, stanowi utwór w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. z 2022 roku, poz. 2509, t.j.) i podlega ochronie przewidzianej w tej ustawie.

Wykorzystanie danych zawartych w Raporcie w zakresie innym niż realizacja zadań publicznych oraz ich ewentualne dalsze przetwarzanie wymaga uzyskania zgody/odrębnej licencji Ministra Przemysłu/uprawnionego podmiotu.

Główny Instytut Górnictwa – Państwowy Instytut Badawczy nie ponosi odpowiedzialności za:

- błędną interpretację i/lub przetwarzanie bazy danych,*
- wykorzystanie danych niezgodne z ich przeznaczeniem,*
- wykorzystanie danych niezgodne z ich standardem i szczegółowością,*
- dokonywanie modyfikacji danych, ich opracowanie czy łączenie z innymi utworami.*