

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

**Zadanie 6. Opracowywanie zintegrowanych map zagrożeń geodynamicznych
i hydrogeologicznych na terenach górniczych i pogórnich.**

RAPORT KWARTALNY 6.3

za okres 01.07.2025 – 30.09.2025

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 7/D/10095/2830/DGH/MP/2025 z dnia 05.03.2025 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 hab. inż. Adam Lurka prof. GIG-PIB
Kierownik Zakładu Geologii, Geofizyki
i Ochrony Powierzchni

dr inż. Piotr Gruchlik
Kierownik Zadania

Zespół autorski:

1. Bartosz APANOWICZ
2. Piotr GRUCHLIK
3. Grażyna HOLECZEK
4. Karol KURA
5. Grzegorz MUTKE
6. Katarzyna NIEDBALSKA
7. Grażyna POŚPIECH

Zawartość raportu:

Kontynuacja realizacji geoportalu wspierającego monitoring zagrożeń geodynamicznych i hydrogeologicznych na obszarach eksploatacji górniczej i terenach pogórnich

1. Wstęp
2. Technologie wykorzystane w projekcie
3. Dane źródłowe i ich charakterystyka
4. Przygotowanie danych w QGIS
5. Budowa geoportalu z wykorzystaniem qgis2web
6. Opis warstw i funkcjonalności geoportalu
7. Aktualizacja geoportalu
8. Ograniczenia i możliwości rozwoju systemu
9. Wnioski

Załącznik nr 1. Mapa GZW z pionowymi przemieszczeniami powierzchni w III kwartale 2025, zinwentaryzowanych w 2024 roku wyrobisk górniczych mających połączenie z powierzchnią, lokalizacją epicentrów indukowanych wstrząsów sejsmicznych oraz rejonów zalewisk i podtopień - III kwartał 2025

1. Wstęp

Niniejszy raport stanowi opis oraz ogólną dokumentację geoportalu opracowanego z wykorzystaniem środowiska QGIS oraz wtyczki qgis2web. Opracowanie zostało zrealizowane w ramach zadania 6 prowadzonego przez Główny Instytut Górnictwa – Państwowy Instytut Badawczy (GIG-PIB) i ma na celu integrację, wizualizację oraz analizę danych przestrzennych dotyczących zagrożeń geodynamicznych i hydrogeologicznych na terenach górniczych i pogórnich Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW).

Podstawowym celem utworzenia geoportalu było stworzenie nowoczesnego, interaktywnego narzędzia wspomagającego identyfikację, analizę i monitorowanie zjawisk niebezpiecznych związanych z działalnością górniczą oraz jej skutkami dla środowiska i infrastruktury powierzchniowej. System umożliwia gromadzenie, prezentację i porównywanie danych przestrzennych pochodzących z różnych źródeł, co sprzyja lepszemu rozumieniu złożonych procesów zachodzących w obszarach eksploatacji górniczej.

Zakres tematyczny geoportalu obejmuje m.in. następujące zagadnienia:

- sejsmiczność indukowaną działalnością górniczą,
- deformacje powierzchni terenu,
- lokalizacje szybów, szybków i innych wyrobisk z dostępem do powierzchni,
- występowanie zapadlisk,
- zbiorniki wodne, obszary zalewowe oraz tereny narażone na podtopienia.

Stworzony geoportal umożliwia interaktywne przeglądanie, analizę i wizualizację danych w kontekście lokalizacji, skali oraz charakteru występujących zagrożeń. Narzędzie to wspiera procesy decyzyjne, umożliwia prowadzenie analiz porównawczych oraz stanowi praktyczne wsparcie w ocenie ryzyka dla terenów objętych wpływami działalności górniczej.

System jest dostępny pod adresem: <https://geoportal.gig.eu>. Ze względu na charakter i znaczenie prezentowanych informacji, geoportal jest ogólnie dostępny, jednak dostęp do wybranych warstw danych oraz funkcji szczegółowych został ograniczony do użytkowników uprawnionych, poprzez zastosowanie systemu autoryzacji i logowania.

Projekt opracowano w oparciu o narzędzia open-source, co zapewnia wysoką elastyczność, niskie koszty utrzymania oraz możliwość dalszego rozwoju i rozbudowy funkcjonalności w przyszłości. Rozwiązanie to umożliwia łatwą integrację z innymi systemami informacji przestrzennej (GIS) oraz zapewnia zgodność z obowiązującymi standardami w zakresie udostępniania danych przestrzennych.

2. Technologie wykorzystane w projekcie

Do realizacji geoportalu wykorzystano oprogramowanie typu open-source, co pozwoliło nie tylko na redukcję kosztów wdrożenia i utrzymania systemu, ale również zapewniło wysoką elastyczność w zakresie jego dalszego rozwoju, modyfikacji oraz integracji z innymi rozwiązaniami informatycznymi. Zastosowanie otwartego oprogramowania umożliwia także pełną transparentność kodu źródłowego oraz korzystanie ze wsparcia szerokiej społeczności użytkowników i programistów.

Podstawowym środowiskiem pracy z danymi przestrzennymi był QGIS (Quantum GIS) – zaawansowany, wieloplatformowy system informacji geograficznej umożliwiający tworzenie, edycję, analizę oraz wizualizację danych geoprzestrzennych. Dzięki rozbudowanemu ekosystemowi wtyczek QGIS stanowi elastyczne narzędzie, które można dostosować do potrzeb różnorodnych projektów badawczych i inżynierskich.

W ramach projektu szczególne znaczenie miała wtyczka qgis2web, służąca do automatycznego eksportu widoku mapy z QGIS do formatu aplikacji internetowej. Rozszerzenie to umożliwia generowanie interaktywnych map internetowych z wykorzystaniem technologii Leaflet lub Mapbox GL JS, oferując jednocześnie szeroki zakres konfiguracji — m.in. definiowanie okien informacyjnych (popupów), legendy, narzędzi nawigacyjnych, skali oraz przełączników warstw.

W niniejszym projekcie zastosowano eksport w technologii Leaflet, która cechuje się lekkością, intuicyjną obsługą oraz dużą popularnością w środowisku open-source. Dzięki temu możliwe było stworzenie wydajnej, responsywnej aplikacji o dużej kompatybilności z różnymi przeglądarkami i urządzeniami.

Wygenerowana aplikacja została przygotowana jako statyczny zbiór plików HTML, CSS oraz JavaScript, w pełni gotowy do publikacji na serwerze. Takie rozwiązanie umożliwia łatwe wdrożenie geoportalu, jego późniejsze aktualizacje oraz utrzymanie przy zachowaniu stabilności i bezpieczeństwa działania systemu.

3. Dane źródłowe i ich charakterystyka

Dane zaimplementowane w geoportalu obejmują przestrzenną reprezentację różnorodnych zjawisk geodynamicznych i hydrogeologicznych, których występowanie i natężenie mają istotny wpływ na bezpieczeństwo ludzi, infrastrukturę oraz środowisko.

Zakres przestrzenny danych ograniczono do granic Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW).

Rodzaje danych:

- Punkty:
 - sejsmiczność indukowana (lokalizacja, magnituda, data),
 - zapadliska (współrzędne lokalizacji),
 - szyby i szybiki (id, nazwa, nazwa OG, współrzędne lokalizacji).
- Linie:
 - granice obszarów terenów górniczych i pogórnich,
 - granice deformacji terenu.
- Poligony:
 - zbiorniki wodne,
 - zalewiska i podtopienia.

Źródła danych to:

wyniki działań realizowanych w sposób ciągły przez GIG – PIB:

- Monitorowanie sejsmiczności indukowanej
- Monitorowanie i prowadzenie bazy terenów o potencjalnym zagrożeniu zapadliskowym
- Monitorowanie deformacji terenu w obszarach górniczych i pogórnich Górnośląskiego Zagłębia Węglowego
- Monitorowanie i prowadzenie bazy danych o obszarach zalewisk i podtopień

W geoportalu mapy podkładowe, OpenStreetMap oraz ortofotomapy o wysokiej rozdzielczości pełnią kluczową rolę jako warstwy referencyjne. OpenStreetMap to ogólnodostępna, otwarta baza danych kartograficznych, która dostarcza aktualnych informacji o elementach infrastruktury, takich jak drogi, budynki czy punkty użyteczności publicznej. Ortofotomapy to przetworzone zdjęcia lotnicze lub satelitarne, które zostały georeferencyjnie przekształcone w celu wiernego odwzorowania powierzchni terenu,

umożliwiając szczegółową analizę przestrzenną na podstawie rzeczywistego obrazu terenu. Każda z tych warstw pełni istotną funkcję w geoportalu, wspierając interpretację i analizę danych przestrzennych.

4. Przygotowanie danych w QGIS

Przed utworzeniem geoportalu, dane przestrzenne wymagały przygotowania w środowisku QGIS:

1. Import danych – wczytanie plików SHP, GeoJSON, GPKG oraz warstw rastrowych.
2. Czyszczenie atrybutów – usunięcie zbędnych kolumn, ujednolicenie nazw pól, weryfikacja wartości.
3. Stylizacja – nadanie warstwom indywidualnych stylów wizualnych:
 - kolory według klasy (np. magnituda sejsmiczna),
 - symbole punktowe dla szybów i zapadlisk,
 - półprzezroczystość dla poligonów zbiorników i zalewisk.
4. Konfiguracja widoczności i skali – ustawienie widoczności warstw względem poziomu zoomu.
5. Projekt mapy – stworzenie kompozycji mapy w QGIS jako widoku bazowego.

5. Budowa geoportalu z wykorzystaniem qgis2web

Po zakończeniu prac nad przygotowaniem mapy w środowisku QGIS, wykorzystano wtyczkę qgis2web w celu wygenerowania webowej (internetowej) wersji mapy. Proces ten pozwolił na przekształcenie projektu GIS w interaktywną aplikację przeglądarkową, umożliwiającą prezentację danych przestrzennych w formie dostępnej online.

Kluczowe etapy realizacji procesu obejmowały:

- Wybór silnika renderującego – w projekcie zastosowano technologię Leaflet, charakteryzującą się dużą lekkością, intuicyjnością obsługi oraz kompatybilnością z różnymi przeglądarkami internetowymi,
- Konfigurację okien informacyjnych (popupów) dla warstw punktowych i poligonowych, umożliwiających prezentację szczegółowych atrybutów obiektów po kliknięciu na mapie,
- Aktywację narzędzi interfejsu użytkownika, takich jak legenda, narzędzia nawigacyjne, przyciski powiększania (zoom) oraz przełączniki widoczności warstw, co zwiększyło funkcjonalność i czytelność aplikacji,

- Eksport plików aplikacji (HTML, JavaScript, CSS) do lokalnego katalogu roboczego, stanowiącego kompletny zestaw zasobów niezbędnych do uruchomienia geoportalu w środowisku serwerowym,
- Weryfikację poprawności działania aplikacji w przeglądarce internetowej, obejmującą testy funkcjonalności, responsywności oraz spójności wizualnej danych.

Wygenerowane pliki zostały następnie wdrożone na serwerze GIG-PIB pod adresem:

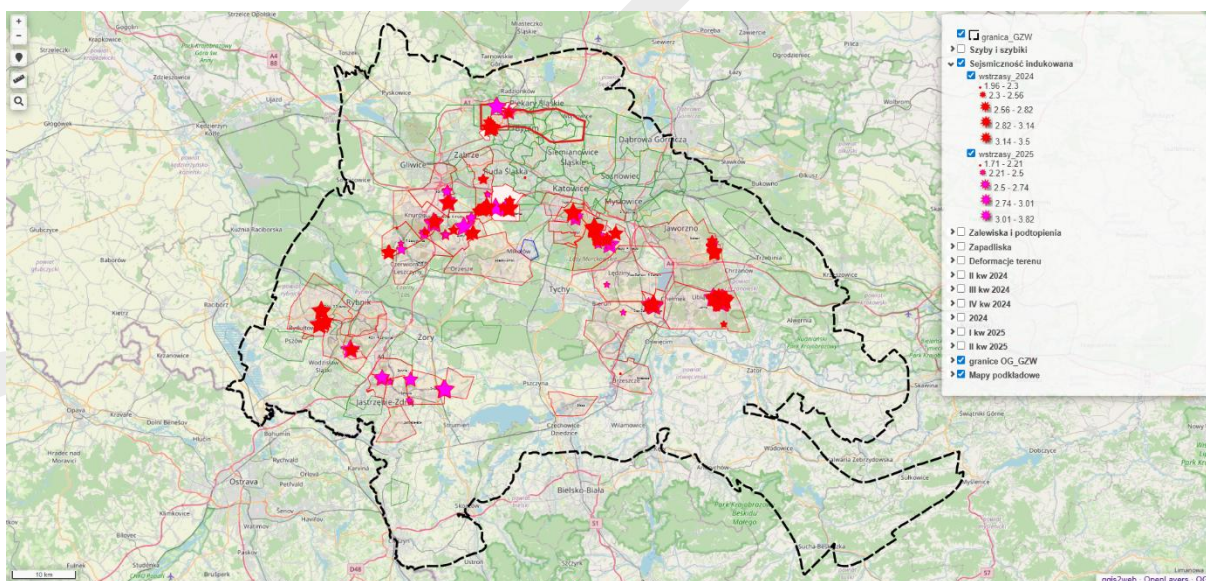
<https://geoportal.gig.eu>.

Geoportal funkcjonuje jako aplikacja statyczna, umożliwiającą szybki dostęp do danych przestrzennych oraz stabilne działanie systemu przy minimalnych wymaganiach serwerowych. Dostęp do części funkcji i warstw został ograniczony do użytkowników uprawnionych, zgodnie z przyjętym systemem autoryzacji.

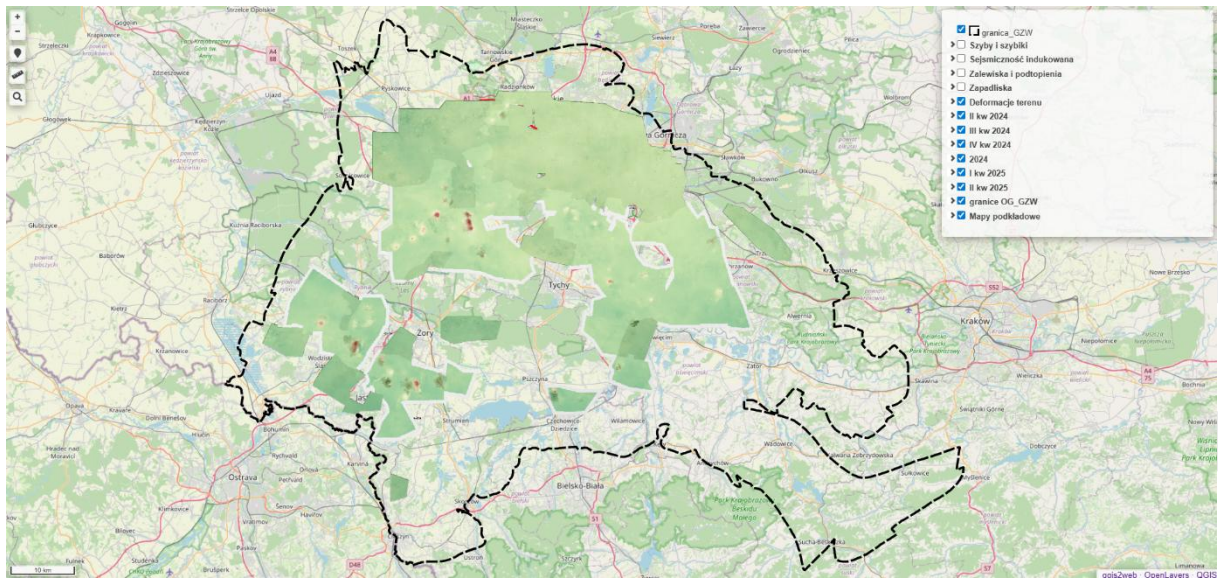
6. Opis warstw i funkcjonalności geoportalu

Warstwy tematyczne:

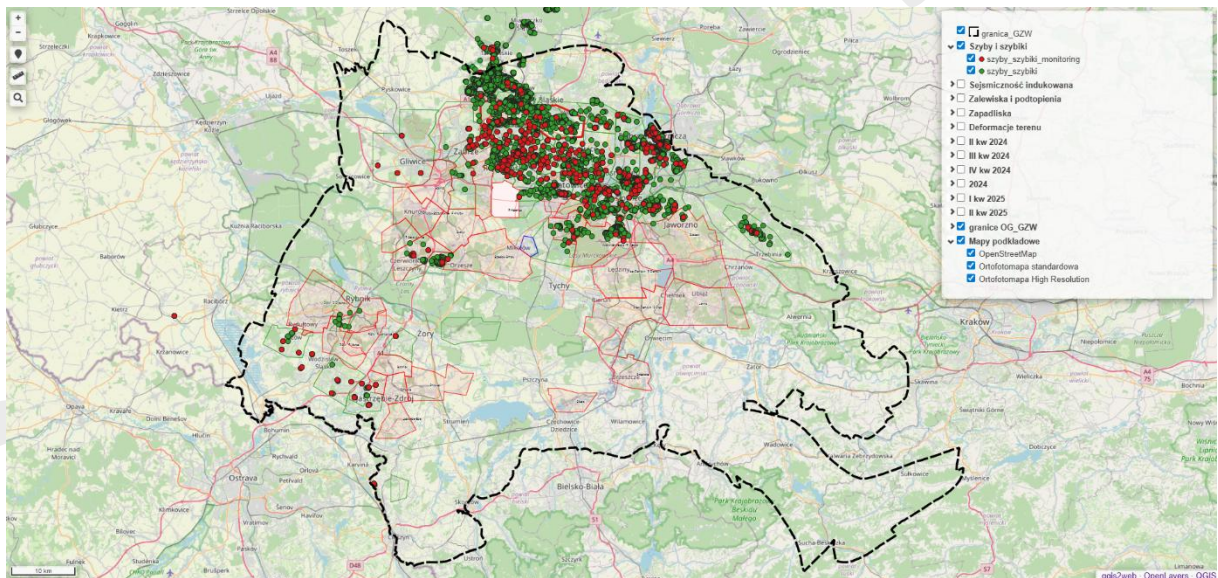
- Sejsmiczność indukowana – punkty reprezentujące zdarzenia sejsmiczne, zawierające informacje o magnitudzie, dacie, czasie i współrzędnych lokalizacji.



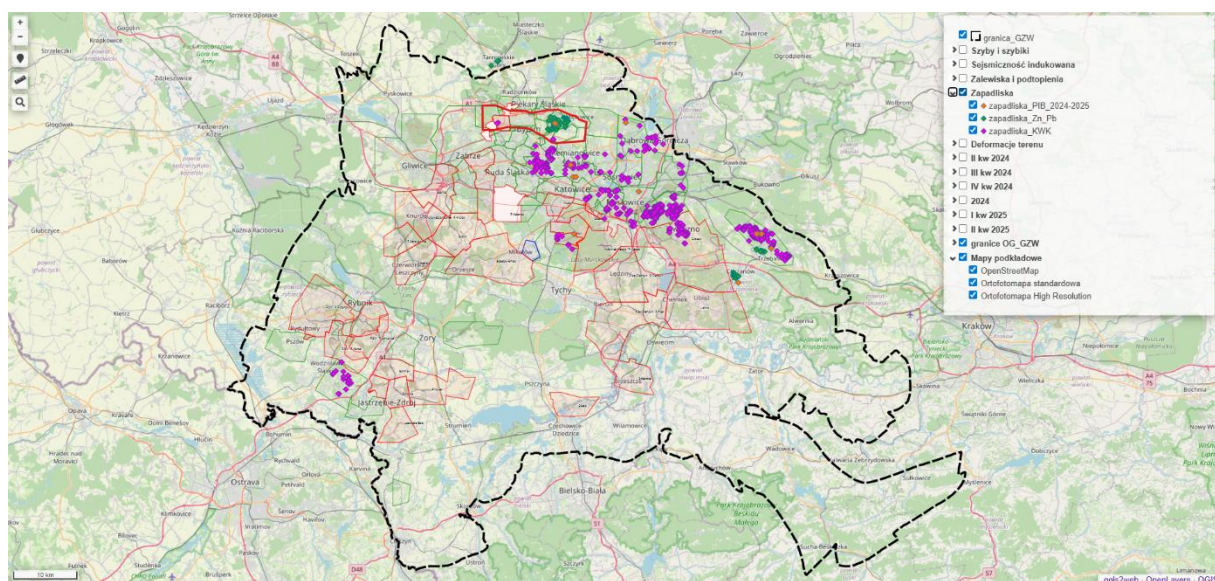
- Deformacje terenu – linie lub obszary, w których zarejestrowano przemieszczenia powierzchni.



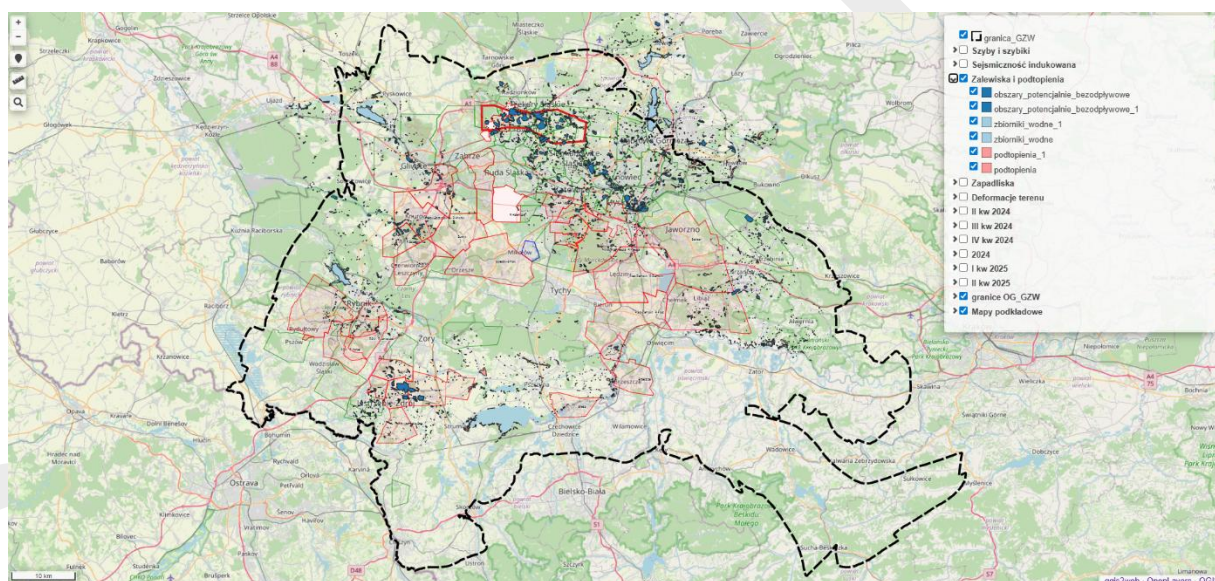
- Szyby i szybiki – dane o głębokości, funkcji (czynny/nieczynny), statusie i nazwie wyrobiska.



- Zapadliska – poligony określające obszary zapadnięć gruntu.

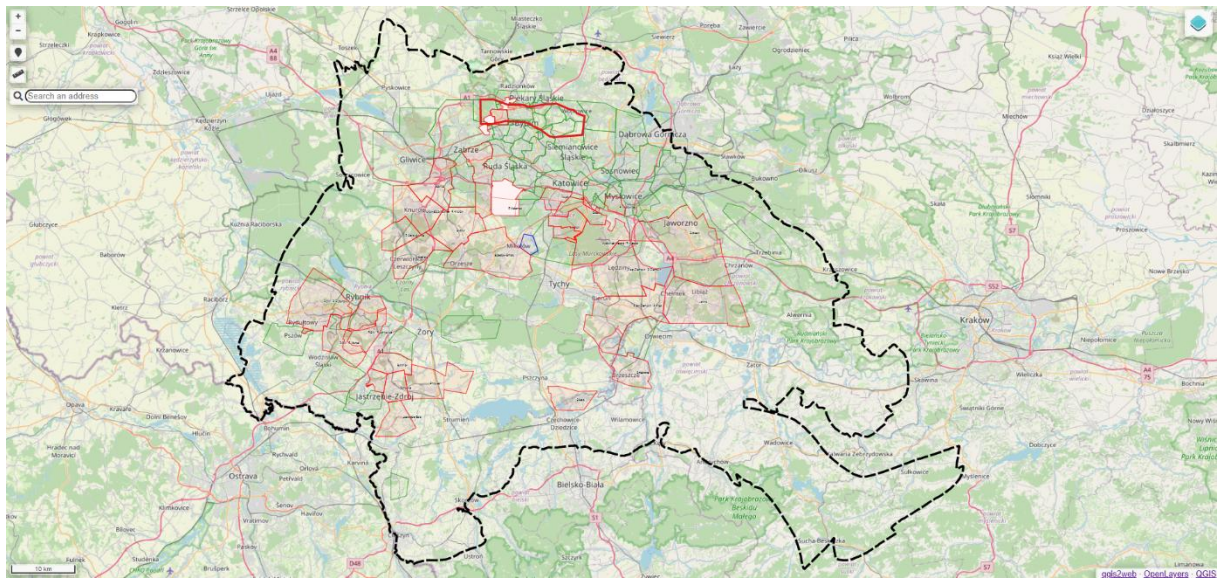


- Zbiorniki wodne i zalewiska – obszary okresowego lub trwałego występowania wód.
- Podtopienia – strefy narażone na czasowe zaleganie wody powierzchniowej.

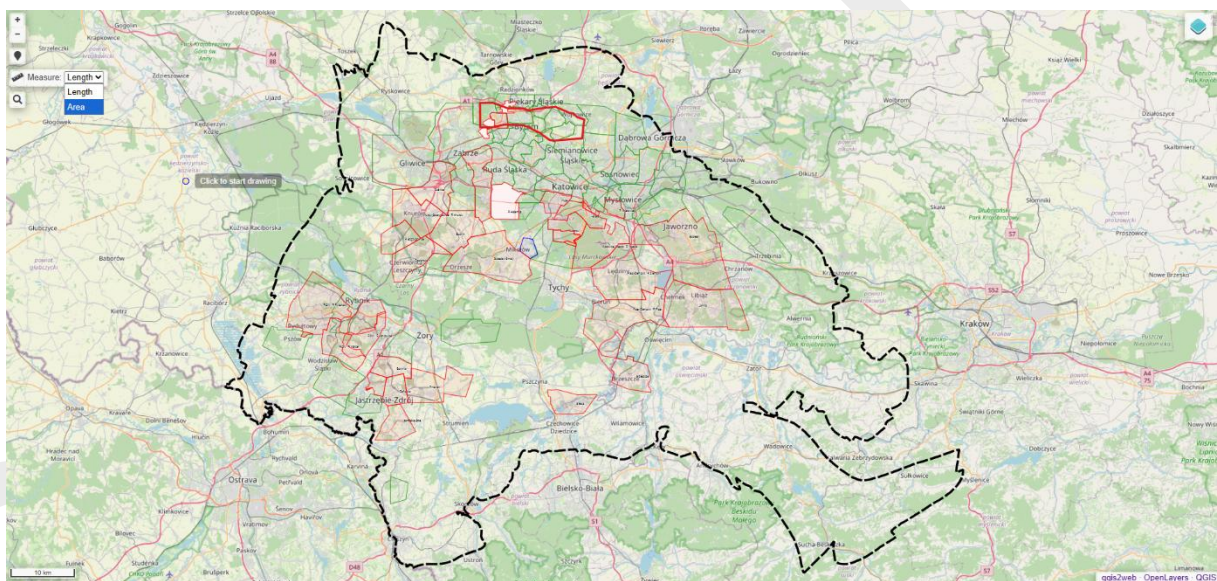


Funkcjonalności użytkowe:

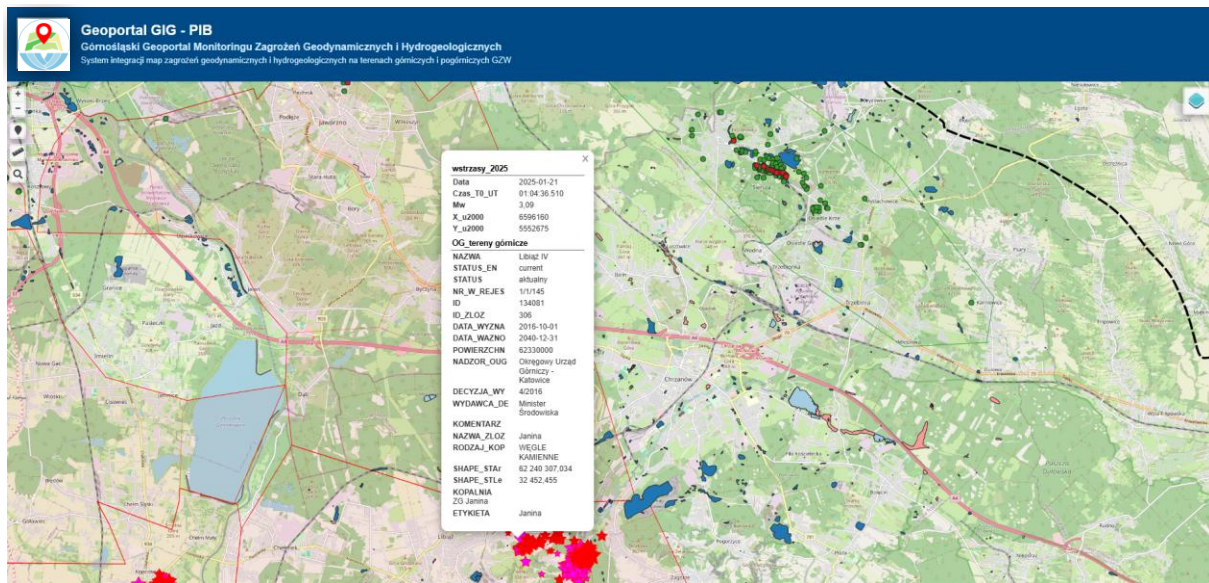
- Wyszukiwanie lokalizacji po adresie.



- Pomiar odległości i powierzchni.



- Popupy – kliknięcie obiektu powoduje wyświetlenie jego szczegółów (data wstrząsu, czas, magnituda i współrzędne lokalizacji).



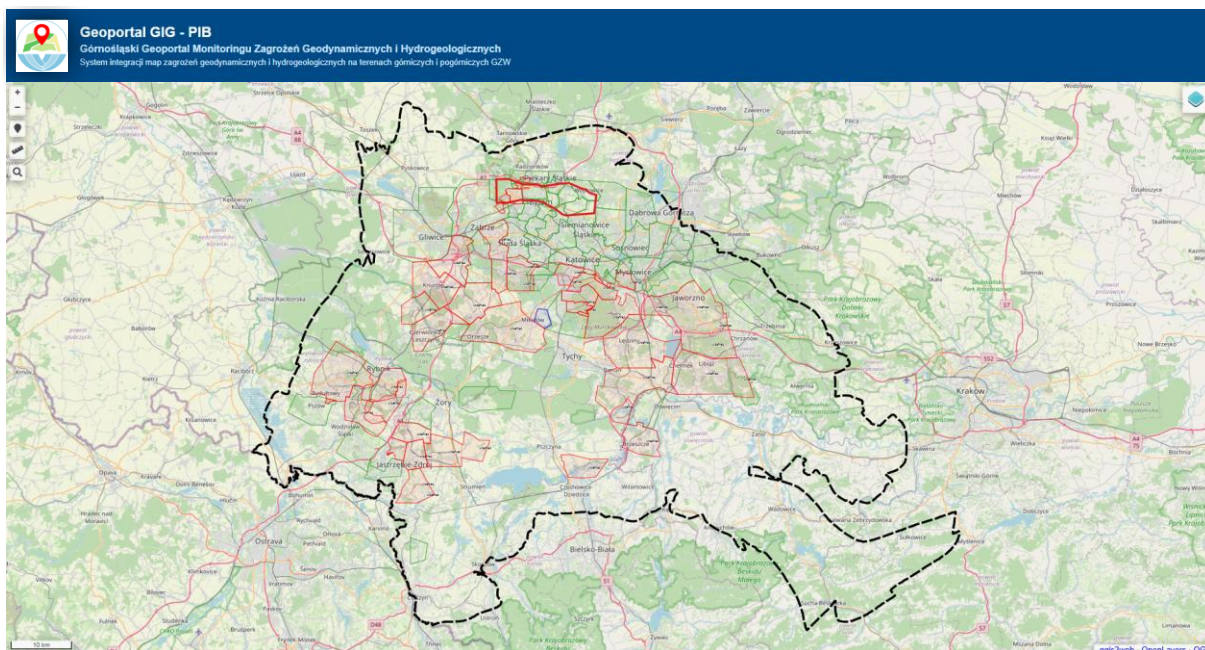
- Legenda – dynamiczna legenda z podziałem na warstwy.
- Przełącznik warstw – użytkownik może aktywować/dezaktywować poszczególne warstwy.
- Skalowalność mapy – obsługa zoomu oraz dopasowania widoku.
- Interfejs nawigacyjny – proste, intuicyjne sterowanie mapą.

7. Aktualizacja geoportalu

Po wygenerowaniu plików mapy, aplikacja została zaktualizowana na serwerze GIG-PIB i udostępniona pod adresem: <https://geoportal.gig.eu>. Proces aktualizacji obejmował wdrożenie najnowszej wersji zasobów mapowych oraz plików aplikacji, a także weryfikację poprawności działania poszczególnych funkcji systemu.

Ze względu na charakter i znaczenie prezentowanych informacji, geoportal jest ogólnie dostępny dla użytkowników, natomiast dostęp do wybranych warstw danych oraz funkcji o charakterze szczegółowym został ograniczony do osób uprawnionych. Ograniczenia te wprowadzono w celu zapewnienia bezpieczeństwa i ochrony danych, a także zachowania integralności systemu. Autoryzacja odbywa się poprzez system logowania, który umożliwia nadawanie odpowiednich poziomów uprawnień w zależności od roli użytkownika i zakresu realizowanych zadań.

Dzięki zastosowaniu takiego rozwiązania geoportal może być jednocześnie źródłem ogólnodostępnych informacji przestrzennych oraz narzędziem roboczym dla uprawnionych jednostek zajmujących się analizą zagrożeń geodynamicznych i hydrogeologicznych.



Strona główna geoportalu: <https://geoportal.gig.eu>

8. Ograniczenia i możliwości rozwoju systemu

Na obecnym etapie realizacji geoportalu wspierającego monitoring zagrożeń geodynamicznych i hydrogeologicznych na obszarach eksploatacji górniczej oraz terenach pogórniczych zidentyfikowano kilka ograniczeń wynikających zarówno z przyjętej architektury systemu, jak i z zakresu jego obecnych funkcjonalności.

Ograniczenia systemu:

- Brak integracji z dynamiczną bazą danych (np. PostGIS), co uniemożliwia automatyczne aktualizowanie informacji w czasie rzeczywistym oraz wymaga ręcznego odświeżania danych przestrzennych.
- Ograniczona wydajność renderowania mapy w przypadku bardzo dużej liczby obiektów (np. punktów reprezentujących zdarzenia sejsmiczne), co może powodować wydłużony czas wczytywania i spadek płynności działania aplikacji.
- Brak zaawansowanych narzędzi analitycznych, takich jak buforowanie, analiza przestrzenna, generowanie profili terenu czy zapytania przestrzenne, które mogłyby rozszerzyć możliwości interpretacyjne i badawcze systemu.

Pomimo powyższych ograniczeń, zastosowana architektura open-source zapewnia duży potencjał rozwojowy, umożliwiający wprowadzanie kolejnych usprawnień i rozbudowę funkcjonalności geoportalu.

Możliwości dalszego rozwoju systemu:

- Wprowadzenie filtra czasowego umożliwiającego prezentację danych w wybranym przedziale (np. wyświetlanie zdarzeń z ostatnich 12 miesięcy).
- Rozbudowa o moduł raportowania, pozwalający na generowanie raportów PDF bezpośrednio z poziomu mapy, z możliwością wyboru zakresu danych i warstw tematycznych.
- Utworzenie wersji mobilnej geoportalu z uproszczonym interfejsem, zoptymalizowanej pod kątem urządzeń przenośnych.
- Integracja z bazą danych przestrzennych oraz zewnętrznymi systemami monitoringu (np. sejsmicznego, hydrogeologicznego), co umożliwi automatyczne aktualizacje danych i zwiększy bieżącą wartość informacyjną systemu.

Realizacja powyższych kierunków rozwoju pozwoli na dalsze zwiększenie użyteczności geoportalu, jego efektywności analitycznej oraz znaczenia jako narzędzia wspierającego proces monitoringu i oceny zagrożeń geodynamicznych oraz hydrogeologicznych.

9. Wnioski

Opracowany geoportal stanowi funkcjonalne, czytelne i elastyczne narzędzie służące do prezentacji, analizy oraz integracji danych przestrzennych dotyczących zagrożeń geodynamicznych i hydrogeologicznych na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW). System umożliwia kompleksowe zobrazowanie zjawisk związanych z działalnością górniczą i jej skutkami, co przyczynia się do poprawy efektywności monitorowania oraz oceny ryzyka występowania procesów niebezpiecznych.

Integracja danych pochodzących z różnych źródeł oraz ich interaktywna wizualizacja w środowisku przeglądarki internetowej znacząco usprawnia prowadzenie analiz przestrzennych i wspiera procesy decyzyjne w zakresie planowania, zarządzania oraz ochrony terenów górniczych i pogórnich. Geoportal może być wykorzystywany zarówno przez

jednostki naukowo-badawcze, jak i administrację publiczną oraz służby odpowiedzialne za bezpieczeństwo i gospodarkę przestrzenną.

Zastosowanie rozwiązań open-source (m.in. QGIS i qgis2web) pozwoliło na efektywne wdrożenie projektu przy zachowaniu wysokiej jakości, przejrzystości oraz zgodności z obowiązującymi standardami GIS. Takie podejście umożliwia również łatwą modyfikację i dalszy rozwój systemu w miarę pojawiania się nowych danych, technologii oraz potrzeb użytkowników.

Stworzony geoportal stanowi tym samym nowoczesną platformę informacyjną, która może być w przyszłości rozszerzana o kolejne moduły tematyczne, integrująca dane z innych źródeł (np. monitoring InSAR, pomiary geodezyjne, dane środowiskowe), co pozwoli na dalsze zwiększanie jej wartości analitycznej i użytkowej.

Załącznik nr 1 przedstawia przykładowy raport zawierający mapę Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW), zintegrowaną z zagregowanymi warstwami danych dotyczących geozagrożeń. Mapa obejmuje pionowe przemieszczenia powierzchni terenu zarejestrowane w III kwartale 2025 roku, a także lokalizacje wyrobisk górniczych posiadających połączenie z powierzchnią, zinwentaryzowanych w roku 2024.

Dodatkowo zaprezentowano rozmieszczenie zapadlisk, epicentrów wstrząsów sejsmicznych o charakterze indukowanym oraz obszary zalewisk i podtopień odnotowane w tym samym okresie.

Aktualny zakres danych udostępnianych w geoportalu obejmuje:

- Sejsmiczność indukowaną działalnością górniczą – dane pochodzące z monitoringu sejsmicznego prowadzonego na obszarach eksploatacji górniczej, obejmujące wyniki za cały rok 2024 oraz trzy kwartały roku 2025,
- Deformacje powierzchni terenu – wyniki monitoringu przemieszczeń pionowych i poziomych terenu uzyskane na podstawie analiz satelitarnych i pomiarów geodezyjnych, również za okres 2024 – III kw. 2025,
- Lokalizacje i charakterystyka szybów, szybików oraz innych wyrobisk z dostępem do powierzchni – dane uzyskane w wyniku inwentaryzacji przeprowadzonej w 2024 roku oraz aktualizacji wykonanych w 2025 roku,
- Lokalizacje występowania zapadlisk – informacje o zidentyfikowanych deformacjach nieciągłych powierzchni związanych z działalnością górniczą, wraz z ich opisem i klasyfikacją,

- Zbiorniki wodne, obszary zalewowe oraz tereny narażone na podtopienia – dane hydrograficzne opracowane w wyniku inwentaryzacji terenowej z 2024 roku oraz uzupełnione o obserwacje z III kwartałów 2025 roku,
- Aktualny przebieg granic czynnych i zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) – opracowany na podstawie aktualnych danych górniczo-geologicznych i archiwalnych.

Zestawienie tych informacji w jednym opracowaniu umożliwia kompleksową ocenę aktualnego stanu zagrożeń geologicznych i hydrogeologicznych w regionie, a także stanowi podstawę do dalszych analiz przestrzennych i porównawczych w zakresie monitorowania skutków działalności górniczej.

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:

- Błądną 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.