

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

Zadanie 1.1. Monitorowanie sejsmiczności indukowanej

RAPORT KWARTALNY 1.1.4.

za okres 01.10.2024 – 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 hab. inż. Adam Lurka
prof. GIG-PIB
Kierownik Zadania

Zawartość raportu:

1. Wprowadzenie
 2. Monitoring sejsmiczności indukowanej w obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego
 - 2.1. *Sieć pomiarowa*
 - 2.2. *Zastosowana metodyka badawcza*
 - 2.3. *Strona internetowa Górnośląskiej Regionalnej Sieci Seismologicznej GIG-PIB*
 - 2.4. *Repozytorium i materiały źródłowe*
 3. Sejsmiczność indukowana w okresie czwartego kwartału 2024
 4. Podsumowanie
- Literatura

Załączniki:

1. Karta informacyjna – Aktywność sejsmiczna w GZW w IV kwartale 2024

Bazy danych:

Baza danych o indukowanych zjawiskach sejsmicznych w GZW w IV kwartale 2024r.
(plik w formacie *csv*)

1. Wprowadzenie

Niniejszy raport dotyczy realizacji zadania pn. "Monitorowanie sejsmiczności indukowanej". Zakres merytoryczny raportu zawiera informacje o monitorowaniu sejsmiczności indukowanej działalnością górniczą w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW) za IV kwartał 2024r., w tym szczególnie:

- Prowadzenie obserwacji sejsmologicznych w obszarze GZW przez Górnośląską Regionalną Sieć Sejsmologiczną (GRSS GIG-PIB),
- Interpretacje indukowanych wstrząsów sejsmicznych z ciągłych rejestracji cyfrowych z sieci sejsmologicznej GRSS GIG-PIB,
- Opracowanie bazy danych o górniczych wstrząsach sejsmicznych indukowanych w obszarze GZW.
- Repozytorium i materiały źródłowe.

Wraz z rozwojem przemysłu górniczego w GZW i eksploatacją pokładów węgla na coraz większych głębokościach (obecnie najgłębsze kopalnie eksploatują pokłady węgla na poziomie około 1300m ppt), zjawiska sejsmiczne indukowane bądź aktywowane działalnością górniczą osiągały coraz wyższe magnitudy (M), przekraczające nawet wartość M4.0. W ostatnich latach obserwowana jest również sejsmiczność indukowana związana z likwidacją i zatapianiem kopalń na terenach pogórnich (*Mutke i inni 2024*). Ten problem będzie narastał w miarę likwidacji kolejnych kopalń.

Obserwowanym efektem najsilniejszych zjawisk sejsmicznych mogą być uszkodzenia infrastruktury budowlanej. Na rysunku 1 przedstawiono przykładowe szkody wywołane w budynkach przez najsilniejsze górnicze zjawiska sejsmiczne zaistniałe w obszarze GZW w ostatnich latach.



Rys. 1. Przykładowe uszkodzenia wywołane w budynkach po wystąpieniu najsilniejszych zjawisk sejsmicznych w obszarze GZW (dwa rysunki po lewej stronie: fot. G. Mutke) oraz uszkodzenia w wyrobisku podziemnym (tąpnięcie) rysunek po prawej stronie (z materiałów po tąpnięciu KWK Wujek, Ruch Śląsk z roku 2008)

W odniesieniu do prowadzonej eksploatacji górniczej, wstrząsy sejsmiczne mogą powodować katastrofy w podziemnych wyrobiskach górniczych w formie tąpnięć. W strefach epicentralnych wyżej wymienione zjawiska sejsmiczne są również silnie odczuwane przez mieszkańców i obniżają komfort ich życia związany z uciążliwością użytkowania budynków, a nawet uszkodzenia tych obiektów (rys. 1).

Opracowywane w ramach zadania bazy danych sejsmicznych są niezbędne do oceny zagrożenia sejsmicznego w GZW. Na podstawie wyników prowadzonego monitoringu sejsmicznego opracowywane są mapy aktywności sejsmicznej w GZW (wraz z ich bieżącą aktualizacją) oraz katalogi indukowanych zjawisk sejsmicznych i mapy ryzyka sejsmicznego w GZW na potrzeby zagospodarowania przestrzennego oraz bezpieczeństwa publicznego. Informacje monitoringowe pozwalają na wyznaczenie przyspieszenia projektowego drgań, niezbędnego do projektowania obiektów budowlanych na terenach poddanych indukowanemu zjawiskom sejsmicznym. Wreszcie informacje monitoringowe służą do wyznaczania stref intensywności drgań sejsmicznych i oceny spodziewanych szkód wywołanych drganiami według Górniczej Skali Intensywności Sejsmicznej GSIS-2017, opracowanej w GIG-PIB dla górnictwa węgla kamiennego oraz dla wstrząsów indukowanych w likwidowanych kopalniach na terenach pogórcznych (*Mutke i inni 2018; Mutke i inni 2023, 2024*).

2. Monitoring sejsmiczności indukowanej na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego

Sieć sejsmologiczna GRSS GIG-PIB oparta jest o aparaturę GeoSIG i na podstawie rejestracji z tej sieci sejsmologicznej realizowane są podstawowe zadania związane z monitorowaniem sejsmiczności indukowanej w GZW:

- Utrzymanie w sprawności technicznej sieci GRSS GIG-PIB, opłaty za dzierżawę terenu oraz transmisja cyfrowa danych do centrum danych w Górnośląskim Obserwatorium Geofizycznym GIG-PIB, w celu zapewnienia ciągłego monitoringu indukowanych zjawisk sejsmicznych w GZW,
- Interpretacja i analiza danych cyfrowych oraz opracowanie katalogów zjawisk sejsmicznych w aspekcie określenia czasu ich wystąpienia w ognisku wstrząsu, lokalizacji epicentrum oraz siły zjawiska wyrażonej magnitudą z momentu sejsmicznego i pikowych parametrów drgań na poszczególnych stacjach sejsmicznych,
- Opracowanie i publikacja informacji o sejsmiczności indukowanej w GZW na stronie internetowej grss.gig.eu, w tym baza zgłaszanych przez mieszkańców odczuć/szkodliwego oddziaływania zjawisk sejsmicznych,
- Prowadzenie bazy cyfrowych rejestracji sejsmicznych (od 2010 roku),
- Prowadzenie repozytorium monitorowania sejsmiczności indukowanej w GZW.

Monitoring sejsmiczny w IV kwartale 2024r obejmował prowadzenie bazy danych o silnych zjawiskach sejsmicznych w GZW, pikowych wartościach parametrów drgań od najsilniejszych zjawisk sejsmicznych na wybranych stanowiskach pomiarowych, banku cyfrowych rejestracji drgań oraz rejonizację i kategoryzację obszarów występowania indukowanych wstrząsów sejsmicznych w formie mapy.

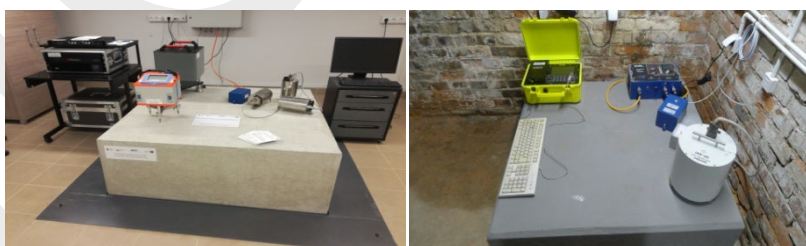
2.1. Sieć pomiarowa

Górnośląska Regionalna Sieć Sejsmologiczna GIG-PIB składa się z centrum rejestracji i archiwizacji ciągłych danych pomiarowych, centrum interpretacji zjawisk sejsmicznych, centrum danych oraz stacji sejsmicznych rozmieszczonych w terenie polskiej części GZW w rejonach występowania sejsmiczności indukowanej.

Centrum rejestracji i archiwizacji ciągłych drgań pomiarowych w GZW (próbkiowanie 100 razy na sekundę z każdej stacji sejsmicznej) znajduje się w GIG-PIB i stanowi część Górnośląskiego Obserwatorium Geofizycznego (GOG GIG-PIB). Dane pomiarowe przesyłane są automatycznie do centrum interpretacji w GOG GIG-PIB z wykorzystaniem łączności siecią telefonii komórkowej i zapisywane na macierzach dyskowych o dużej pojemności.

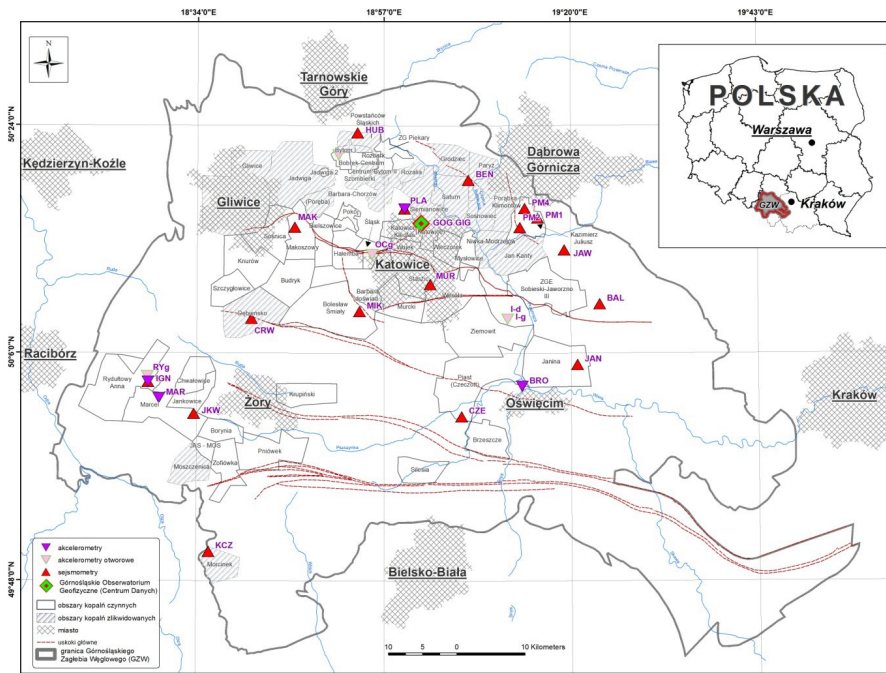
Centrum interpretacji zjawisk sejsmicznych znajduje się w GIG-PIB, a komputery do cyfrowej obróbki i interpretacji danych wyposażone są w odpowiednie oprogramowanie (GeoDAS, Seisan, Multilok i Sejsgram).

W IV kwartale 2024r. sieć sejsmologiczna GRSS GIG-PIB składała się z 17 trójskładowych sejsmometrycznych stacji sejsmicznych (sejsmometry 8 sekundowe VE-53 BB produkcji GeoSIG) oraz 11 trójskładowych, przyspieszeniowych stacji sejsmicznych (3 akcelerometry AC-63 oraz 8 akcelerometrów AC-63-DH produkcji GeoSIG). W sumie cyfrowa informacja o drganiach podłoża w GZW przesyłana była do centrum rejestracji i archiwizacji ciągłych danych pomiarowych w GZW z 84 kanałów sejsmicznych z częstotliwością próbkiowania 100 Hz. W sumie interpretacji komputerowej podlegają 84 kanały sejsmiczne (wybór zjawisk sejsmicznych indukowanych z rejestracji ciągłej na poszczególnych kanałach, wstępna obróbka cyfrowa wybranych plików, interpretacja parametrów zarejestrowanych zjawisk sejsmicznych). Po wykonaniu interpretacji zjawisk sejsmicznych opracowywana jest baza danych archiwizowana w centrum danych GOG GIG-PIB.



Rys. 2. Przykładowe stacje sejsmiczne GRSS GIG-PIB w GIG-PIB oraz na terenie zabytkowej kopalni Ignacy (Fot. G. Mutke).

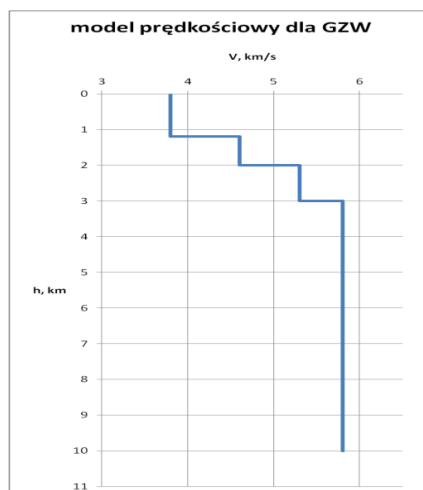
Aktualne rozmieszczenie stacji sejsmicznych GRSS GIG-PIB w obszarze GZW w IV kwartale 2024 przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Rozmieszczenie stacji sejsmicznych GRSS GIG-PIB w obszarze GZW w IV kwartale 2024

2.2. Zastosowana metodyka badawcza

Interpretacja zjawisk sejsmicznych odbywa się z wykorzystaniem programu GeoDAS i SEISAN oraz programów własnych SEJSGRAM i MULTILOK (*Lurka i inni 2023*). W pierwszej kolejności przeprowadzana jest wstępna obróbka i przetwarzanie cyfrowych zapisów sejsmicznych w programach GeoDAS i SEJSGRAM. Dla przygotowanych sejsmogramów wyselekcjonowanych zjawisk sejsmicznych obliczana jest lokalizacja ogniska wstrząsu, czas wystąpienia zdarzenia t_0 , skalarny moment sejsmiczny M_0 i magnituda z momentu sejsmicznego M_W (*Lurka i inni 2023, Mutke 2019*). Do lokalizacji wykorzystywany jest program komputerowy SEISAN (*Havskov*) oraz Multilok (*Lurka i inni 2023*), realizujący iteracyjną metodę lokalizacji ognisk wstrząsów z równań stacyjnych dla modelu prędkościowego ośrodka skalnego warstwowanego 1D, wyznaczonego dla obszaru GZW, rys. 4.



Rys. 4. Seismologiczny model prędkościowy dla ośrodka warstwowanego w GZW wybrany do lokalizacji ognisk wstrząsów z wykorzystaniem rejestracji sejsmicznych z sieci GRSS GIG-PIB (platforma cyfrowa projektu EPOS www.episodesplatform.eu – epizod badawczy USCB)

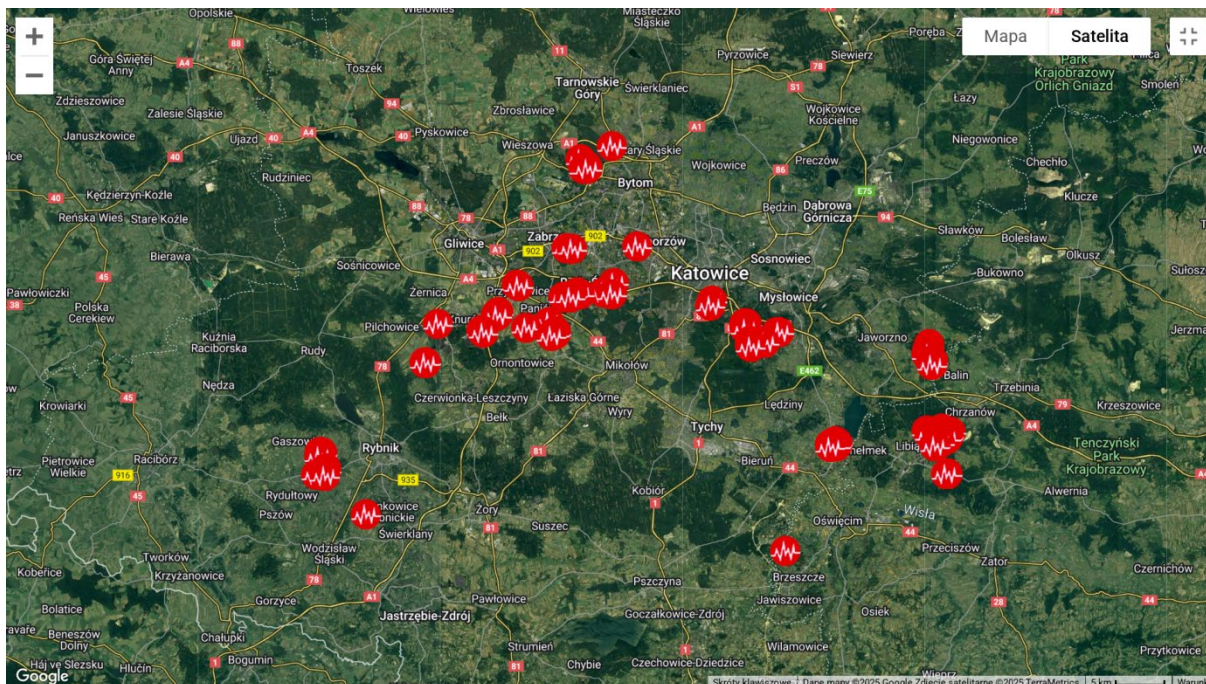
Średnie odchyłki lokalizacji ognisk wstrząsów w odniesieniu do lokalizacji uzyskanych z podziemnych kopalnianych sieci lokalnych wynoszą do 1000m.

Podstawowa zależność pomiędzy M_w oraz M_0 została opracowana dla silnych trzęsień ziemi w postaci (Hanks and Kanamori 1979):

$$M_w = (2/3) \cdot [\log M_0 - 9.1].$$

2.3. Strona internetowa Górnośląskiej Regionalnej Sieci Seismologicznej GIG-PIB

Strona internetowa www.grss.gig.eu służy do prezentowania i upowszechniania danych monitoringowych o sejsmiczności w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym, obejmującym tereny górnicze i pogórnice. Wyniki monitoringu o górniczych wstrząsach sejsmicznych są odpowiednio skonfigurowane i sformatowane, w celu ich prezentacji na mapach podkładowych google. Na stronę internetową wprowadzana jest informacja o silnych górniczych wstrząsach sejsmicznych o magnitudzie $M_w \geq 2$, obejmująca współrzędne geograficzne epicentrum wstrząsu, parametry drgań na najbliższych stacjach sejsmicznych oraz magnitudę z momentu sejsmicznego. W roku 2024 wprowadzono na stronę www.grss.gig.eu 412 wstrząsów sejsmicznych o magnitudzie od M2.0 do M3.5 (rys. 5).



Rys. 5. Zrzut ekranu ze strony internetowej www.grss.gig.eu – widok na położenie epicentrow górniczych wstrząsów sejsmicznych za cztery kwartały roku 2024, na tle mapy obejmującej obszar polskiej części GZW.

W ramach działalności strony internetowej funkcjonuje zakładka „zgłoś wstrząs”, która umożliwia bezpośrednie przesyłanie informacji o intensywności odczucia drgań przez lokalną społeczność oraz o zaobserwowanych skutkach drgań w budynkach i infrastrukturze technicznej. Na podstawie tych E-mailowych informacji, tworzona jest baza makrosejsmicznej intensywności oddziaływania górniczych wstrząsów sejsmicznych w GZW na środowisko powierzchniowe.

Z informacji na stronie internetowej www.grss.gig.eu korzysta lokalna społeczność Górnego Śląska, naukowcy z dziedziny nauk o Ziemi z kraju i z zagranicy, lokalna administracja rządowa, miejskie i gminne sztaby kryzysowe, samorządy oraz kopalnie i SRK S.A.

2.4. Repozytorium i materiały źródłowe

Utworzone zostało repozytorium metadanych związanych z monitoringiem sejsmiczności indukowanej w GZW. W repozytorium znajdują się przydatne mapy oraz literatura i publikacje odnoszące się do sieci monitoringowej GRSS GIG-PIB oraz do sejsmiczności indukowanej, w tym w polskiej części GZW. Repozytorium znajduje się ł na serwerach centrum danych Górnośląskiego Obserwatorium Geofizycznego GIG-PIB oraz na stronie GRSS GIG-PIB.

W IV kwartale 2024 uzupełniono repozytorium o kilka najbardziej istotnych nowych publikacji monograficznych i artykułów oraz bazę szczytowych parametrów drgań gruntu zarejestrowanych w roku 2024 na stanowiskach sejsmicznych sieci GRSS GIG PIB.

Uzupełnione publikacje w czwartym kwartale 2024r. z zakresu sejsmiczności indukowanej eksploatacją górnictwem w GZW:

Wojtecki Ł., Krawiec K., Cwiękała M., Dzik G. 2024: An attempt to determine the cause of the strong tremor responsible for a rockburst in a hard coal mine based on numerical modeling and spectral parameters. *Geology, Geophysics & Environment*. vol. 50 (4): 323–340. <https://doi.org/10.7494/geol.2024.50.4.323> .

Nawrocki D, Mendecki M., Mutke G., Teper L 2024: Influence of Site Effects on Scaling Relation Between Rotational and Translational Signals Produced by Anthropogenic Seismicity. *Applied Sciences*. 15 / 1. <https://doi.org/10.3390/app15010102>.

Wojtecki Ł., Pakosz R., 2024: Charakterystyka aktywności sejsmicznej występującej podczas eksploatacji pokładu 507 w KWK "Ruda" Ruch Bielszowice w skomplikowanych warunkach geologiczno-górnictwem. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, t. 12/364.

Pakosz R., Wojtecki Ł., Mendecki M., Krzyżanowska A., 2024: An attempt to determine the strong tremors causes during longwall mining of distressed bottom layer of thick coal seam. *Journal of Sustainable Mining*. T. 24/1. <https://doi.org/10.46873/2300-3960.1447>.

3. Sejsmiczność indukowana w okresie czwartego kwartału 2024

Aktywność sejsmiczna w obszarze GZW, zarejestrowana przez sieć sejsmologiczną GRSS GIG-PIB w czwartym kwartale 2024r., przedstawiona została w tabeli 1.

W czwartym kwartale 2024r na terenach górnictwem i pogórnictwem w GZW wystąpiło 114 indukowanych zjawisk sejsmicznych o $M_w \geq 2$. Ich lokalizację zobrazowano na mapie – rys. 6.

Tabela 1. Baza danych z wykazem indukowanych zjawisk sejsmicznych o magnitudzie powyżej $M_w 2.0$ na obszarach górnictwem i pogórnictwem w GZW, zarejestrowanych przez sieć sejsmologiczną GRSS GIG-PIB w IV kwartale 2024r.

l.p	ID_W	DATA	CZAS_T0.UTC	M _w	Lat	Lon
1	20241002.150908.64	2024-10-02	15:09:08,64	3,1	50,1874	19,0826
2	20241002.204304.99	2024-10-02	20:43:04,99	2,9	50,0988	19,3678
3	20241003.033241.39	2024-10-03	03:32:41,39	2,8	50,1675	19,3461
4	20241003.211809.56	2024-10-03	21:18:09,56	2,9	50,1672	19,3470
5	20241004.184707.37	2024-10-04	18:47:07,37	2,8	50,0992	19,3674

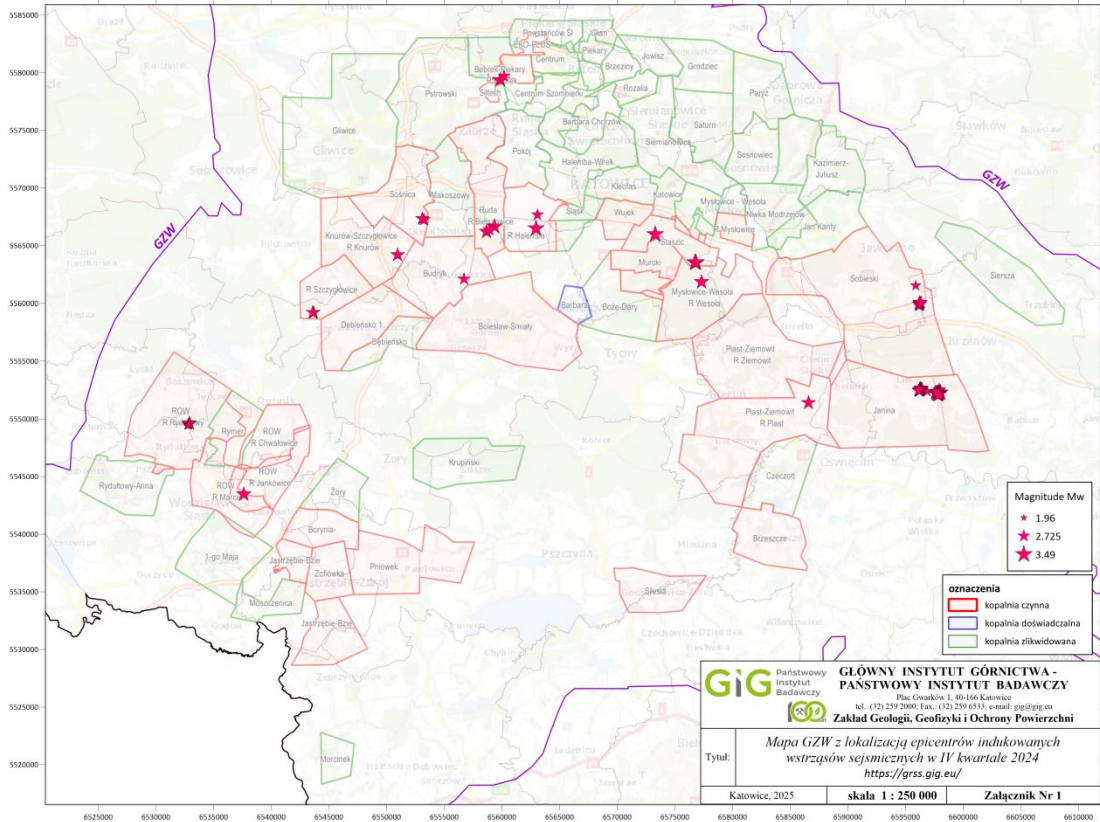
6	20241007.131424.67	2024-10-07	13:14:24,67	2,9	50,0993	19,3662
7	20241007.150853.68	2024-10-07	15:08:53,68	2,7	50,0990	19,3656
8	20241007.200343.53	2024-10-07	20:03:43,53	3,1	50,2024	19,0762
9	20241008.030948.29	2024-10-08	03:09:48,29	2,8	50,1682	19,3469
10	20241008.133348.41	2024-10-08	13:33:48,41	3,0	50,0816	18,4598
11	20241008.170116.55	2024-10-08	17:01:16,55	2,8	50,1014	19,3473
12	20241008.172555.63	2024-10-08	17:25:55,63	2,8	50,0989	19,3663
13	20241009.141056.17	2024-10-09	14:10:56,17	3,0	50,1675	19,3458
14	20241009.223122.72	2024-10-09	22:31:22,72	2,9	50,1017	19,3477
15	20241010.032940.43	2024-10-10	03:29:40,43	2,8	50,0981	19,3679
16	20241010.124128.08	2024-10-10	12:41:28,08	3,0	50,0982	19,3670
17	20241011.050716.15	2024-10-11	05:07:16,15	2,8	50,0980	19,3669
18	20241011.135254.47	2024-10-11	13:52:54,47	2,7	50,1684	19,3462
19	20241012.001020.47	2024-10-12	00:10:20,47	2,6	50,1681	19,3474
20	20241012.045206.22	2024-10-12	04:52:06,22	2,7	50,1680	19,3473
21	20241012.063142.86	2024-10-12	06:31:42,86	2,8	50,0980	19,3699
22	20241012.072844.03	2024-10-12	07:28:44,03	2,7	50,0967	19,3674
23	20241014.125420.06	2024-10-14	12:54:20,06	2,6	50,0996	19,3540
24	20241015.010528.97	2024-10-15	01:05:28,97	2,9	50,1679	19,3474
25	20241015.040739.37	2024-10-15	04:07:39,37	2,9	50,0969	19,3664
26	20241016.091821.45	2024-10-16	09:18:21,45	3,2	50,2025	19,0750
27	20241017.003834.78	2024-10-17	00:38:34,78	2,8	50,0984	19,3672
28	20241017.222210.13	2024-10-17	22:22:10,13	2,5	50,1683	19,3471
29	20241018.160947.52	2024-10-18	16:09:47,52	2,9	50,1005	19,3684
30	20241018.220208.12	2024-10-18	22:02:08,12	2,6	50,0812	18,4584
31	20241019.045645.33	2024-10-19	04:56:45,33	3,1	50,0981	19,3667
32	20241019.063236.06	2024-10-19	06:32:36,06	3,3	50,0985	19,3699
33	20241019.064158.19	2024-10-19	06:41:58,19	2,7	50,0974	19,3684
34	20241020.181802.32	2024-10-20	18:18:02,32	3,4	50,2028	19,0758
35	20241021.202313.39	2024-10-21	20:23:13,39	2,9	50,0820	18,4596
36	20241022.112409.48	2024-10-22	11:24:09,48	2,8	50,1683	19,3468
37	20241022.172854.72	2024-10-22	17:28:54,72	2,8	50,0974	19,3683
38	20241023.082311.12	2024-10-23	08:23:11,12	2,8	50,1922	18,7942
39	20241025.020355.94	2024-10-25	02:03:55,94	2,7	50,2416	18,8843
40	20241026.005451.58	2024-10-26	00:54:51,58	3,1	50,2289	18,8220
41	20241026.013534.05	2024-10-26	01:35:34,05	2,7	50,1020	19,3463
42	20241028.175429.25	2024-10-28	17:54:29,25	2,7	50,1021	19,3458
43	20241029.234125.44	2024-10-29	23:41:25,44	3,4	50,2027	19,0750
44	20241030.030817.00	2024-10-30	03:08:17,00	3,0	50,0979	19,3689
45	20241031.191141.16	2024-10-31	19:11:41,16	2,9	50,1021	19,3460
46	20241106.044624.78	2024-11-06	04:46:24,78	2,9	50,1009	19,3460
47	20241106.164727.56	2024-11-06	16:47:27,56	2,7	50,0809	18,4579
48	20241107.020545.36	2024-11-07	02:05:45,36	2,8	50,0980	19,3649

49	20241107.132251.17	2024-11-07	13:22:51,17	2,8	50,1686	19,3464
50	20241112.205313.85	2024-11-12	20:53:13,85	2,6	50,0984	19,3678
51	20241113.052917.55	2024-11-13	05:29:17,55	2,9	50,2386	18,7463
52	20241113.103937.91	2024-11-13	10:39:37,91	2,9	50,1011	19,3456
53	20241114.035950.30	2024-11-14	03:59:50,30	2,8	50,1007	19,3458
54	20241115.045554.39	2024-11-15	04:55:54,39	2,5	50,1661	19,3462
55	20241116.032112.83	2024-11-16	03:21:12,83	3,0	50,1007	19,3453
56	20241118.064625.87	2024-11-18	06:46:25,87	3,2	50,2327	18,8319
57	20241118.185817.02	2024-11-18	18:58:17,02	2,6	50,0982	19,3643
58	20241119.042507.68	2024-11-19	04:25:07,68	2,8	50,1005	19,3456
59	20241120.022016.21	2024-11-20	02:20:16,21	2,7	50,1025	19,3453
60	20241120.044748.37	2024-11-20	04:47:48,37	2,8	50,0980	19,3695
61	20241120.133708.42	2024-11-20	13:37:08,42	2,9	50,1690	19,3465
62	20241120.144553.18	2024-11-20	14:45:53,18	2,8	50,0976	19,3658
63	20241120.175202.52	2024-11-20	17:52:02,52	2,8	50,1009	19,3457
64	20241121.163625.61	2024-11-21	16:36:25,61	2,6	50,0977	19,3653
65	20241121.222136.20	2024-11-21	22:21:36,20	2,8	50,0981	19,3645
66	20241122.152554.85	2024-11-22	15:25:54,85	2,6	50,0980	19,3665
67	20241123.125102.62	2024-11-23	12:51:02,62	2,8	50,1007	19,3447
68	20241125.160441.28	2024-11-25	16:04:41,28	2,7	50,0980	19,3642
69	20241126.001007.02	2024-11-26	00:10:07,02	2,9	50,0976	19,3661
70	20241126.180446.56	2024-11-26	18:04:46,56	3,0	50,1002	19,3450
71	20241128.044526.25	2024-11-28	04:45:26,25	3,1	50,0970	19,3679
72	20241128.145617.55	2024-11-28	14:56:17,55	3,2	50,3471	18,8406
73	20241128.153754.67	2024-11-28	15:37:54,67	2,9	50,2305	18,8255
74	20241128.183517.12	2024-11-28	18:35:17,12	2,6	50,0973	19,3676
75	20241128.190143.57	2024-11-28	19:01:43,57	3,0	50,1006	19,3447
76	20241129.211300.57	2024-11-29	21:13:00,57	3,0	50,0973	19,3661
77	20241202.210815.90	2024-12-02	21:08:15,90	3,0	50,0986	19,3639
78	20241203.195020.24	2024-12-03	19:50:20,24	2,9	50,1689	19,3482
79	20241206.061312.86	2024-12-06	06:13:12,86	2,7	50,3501	18,8455
80	20241206.155051.53	2024-12-06	15:50:51,53	2,3	50,0804	18,4579
81	20241206.161947.08	2024-12-06	16:19:47,08	3,0	50,1008	19,3444
82	20241207.033841.36	2024-12-07	03:38:41,36	2,5	50,1819	19,3423
83	20241207.061030.19	2024-12-07	06:10:30,19	2,9	50,0972	19,3683
84	20241209.132206.28	2024-12-09	13:22:06,28	2,6	50,0973	19,3670
85	20241210.010533.31	2024-12-10	01:05:33,31	3,1	50,0976	19,3645
86	20241210.094550.78	2024-12-10	09:45:50,78	2,9	50,1673	18,6113
87	20241210.200143.21	2024-12-10	20:01:43,21	2,7	50,1003	19,3444
88	20241211.045019.59	2024-12-11	04:50:19,59	2,8	50,0969	19,3670
89	20241211.162132.76	2024-12-11	16:21:32,76	2,8	50,1669	18,6106
90	20241212.105253.74	2024-12-12	10:52:53,74	2,7	50,0972	19,3668
91	20241213.164233.41	2024-12-13	16:42:33,41	3,1	50,0976	19,3685

92	20241213.232213.40	2024-12-13	23:22:13,40	3,1	50,0923	19,2100
93	20241214.044555.58	2024-12-14	04:45:55,58	2,9	50,0973	19,3665
94	20241215.081506.94	2024-12-15	08:15:06,94	2,9	50,0976	19,3682
95	20241217.002108.29	2024-12-17	00:21:08,29	3,0	50,0976	19,3664
96	20241217.013339.70	2024-12-17	01:33:39,70	2,0	50,0800	18,4587
97	20241217.182518.48	2024-12-17	18:25:18,48	2,1	50,0807	18,4572
98	20241218.132036.19	2024-12-18	13:20:36,19	3,5	50,2251	19,0270
99	20241218.211017.58	2024-12-18	21:10:17,58	3,1	50,0971	19,3660
100	20241219.230306.11	2024-12-19		3,1	50,2115	18,7138
101	20241220.111021.11	2024-12-20	11:10:21,11	3,0	50,2394	18,7442
102	20241220.210049.87	2024-12-20	21:00:49,87	3,1	50,0261	18,5248
103	20241220.210709.55	2024-12-20	21:07:09,55	2,7	50,1006	19,3435
104	20241221.011845.66	2024-12-21	01:18:45,66	3,1	50,0966	19,3671
105	20241221.213114.08	2024-12-21	21:31:14,08	2,7	50,0984	19,3640
106	20241223.155858.96	2024-12-23	15:58:58,96	2,8	50,1003	19,3434
107	20241223.230003.64	2024-12-23	23:00:03,64	2,9	50,0970	19,3668
108	20241224.010238.82	2024-12-24	01:02:38,82	2,7	50,0988	19,3639
109	20241227.200719.50	2024-12-27	20:07:19,50	2,8	50,1002	19,3434
110	20241227.233016.33	2024-12-27	23:30:16,33	2,1	50,0798	18,4570
111	20241228.130421.07	2024-12-28	13:04:21,07	2,2	50,0802	18,4585
112	20241230.101857.70	2024-12-30	10:18:57,70	2,8	50,0970	19,3679
113	20241230.172644.73	2024-12-30	17:26:44,73	2,9	50,1673	18,6100
114	20241231.065212.62	2024-12-31	06:52:12,62	3,4	50,2308	18,8822

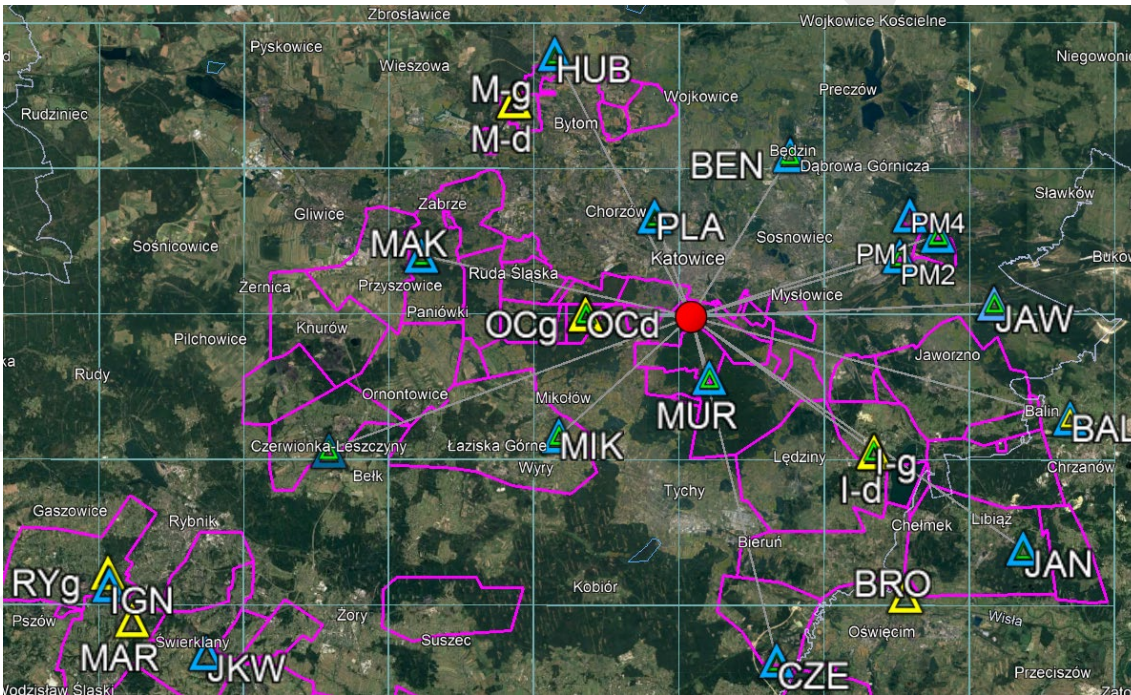
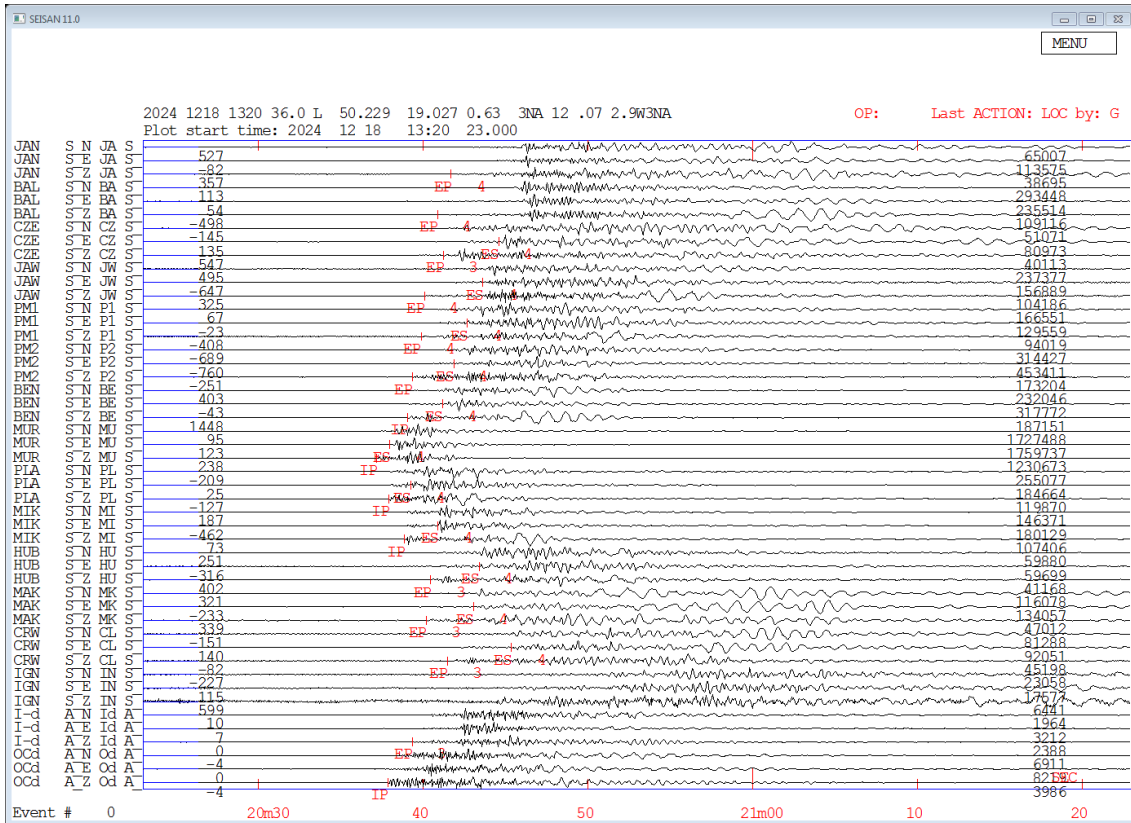
Uwaga: oszacowany błęd lokalizacji epicentrum wstrząsu sejsmicznego w tabeli wynosi do 1000m

Dwa najsilniejsze indukowane wstrząsy sejsmiczne w IV kwartale charakteryzowały się magnitudą momentu sejsmicznego M_w 3.5 oraz M_w 3.4 i wystąpiły odpowiednio w dniach 18.12.2024r oraz 31.12.2024r. Wstrząs sejsmiczny z dnia 18.12.2024r o godzinie 13:20 czasu UTC z OG KWK Murcki-Staszic, był bardzo silnie odczuty w Katowicach i Tychach. Wstrząs sejsmiczny z dnia 31.12.2024r o godz. 06:52 czasu UTC z OG KWK Ruda, był bardzo silnie odczuty przez mieszkańców w Mikołowie, Tychach, Łaziskach, Rudzie Śląskiej, Borowej Wsi, Orzeszu (ok. 40 zgłoszeń). Sejsmogramy tych wstrząsów zarejestrowane przez aktywne stacje sejsmiczne Górnośląskiej Regionalnej Sieci Sejsmologicznej GRSS GIG-PIB, przedstawiono na rys.7a i 7b.

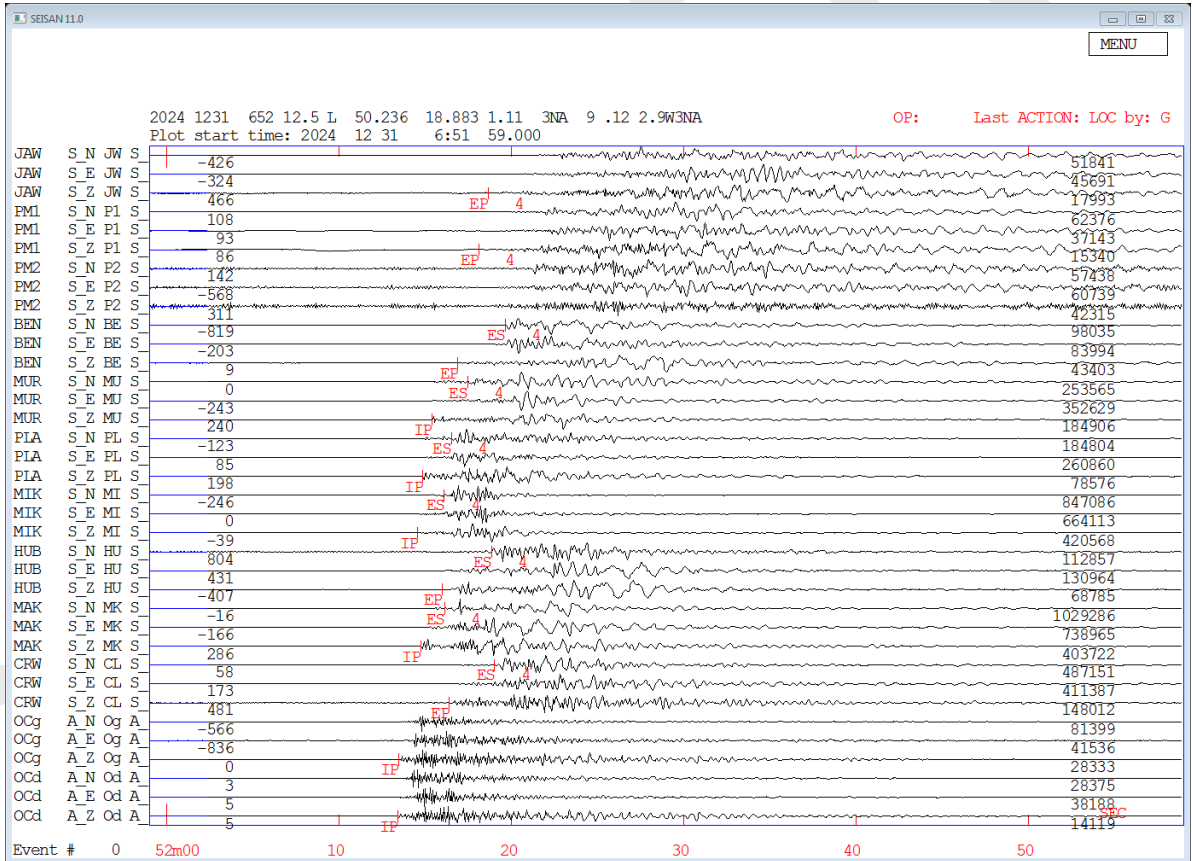
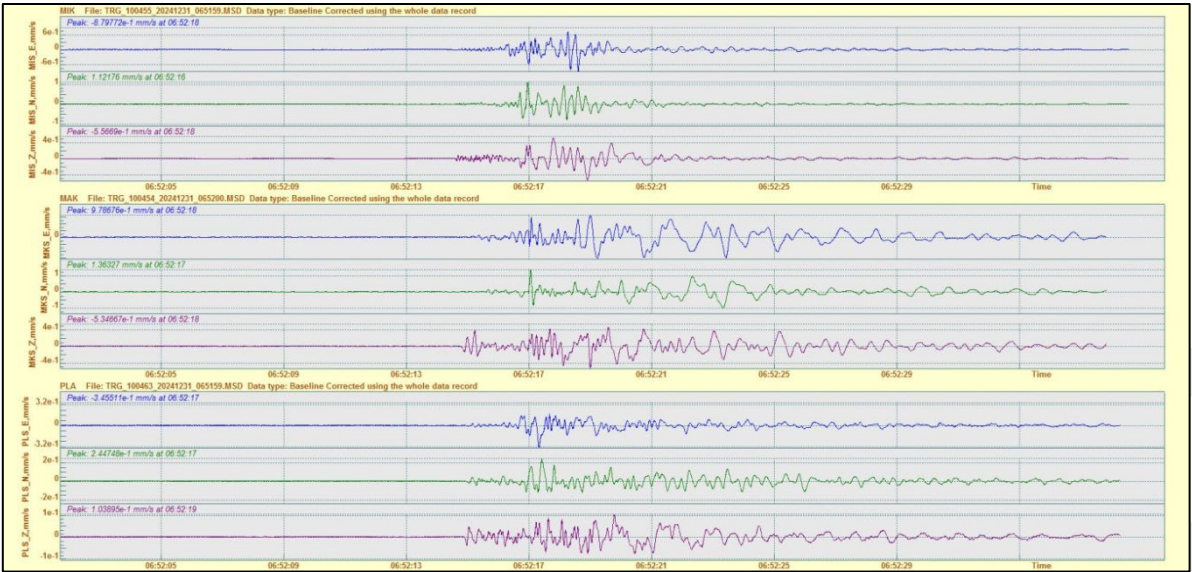


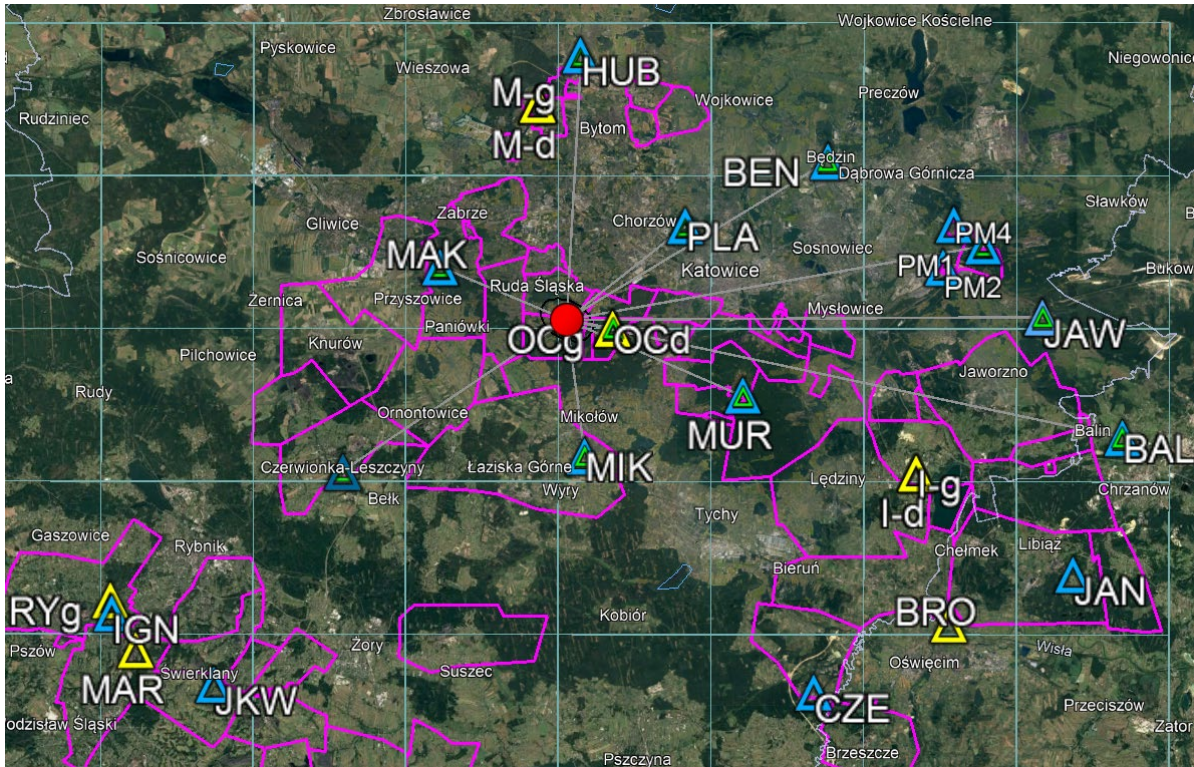
Rys. 6. Mapa z lokalizacją epicentrow najsilniejszych indukowanych zjawisk sejsmicznych w GZW w czwartym kwartale 2024r - ($M_w \geq 2.0$)





Rys. 7a. Seismogramy oraz lokalizacja jednego z dwóch najsilniejszych indukowanych wstrząsów sejsmicznych w GZW w IV kwartale 2024r z OG KWK Murcki-Staszic (rejestracja GRSS GIG-PIB - data: 18.12.2024r; magnituda momentu sejsmicznego: $M_w = 3.5$; lokalizacja: (50.2251; 19.0270))





Rys. 7b. Sejsmogramy oraz lokalizacja jednego z dwóch najsilniejszych indukowanych wstrząsów sejsmicznych w GZW w IV kwartale 2024r z OG KWK Ruda (rejestracja GRSS GIG-PIB - data: 31.12..2024r ; magnituda momentu sejsmicznego: M_w 3.4 ; lokalizacja: (50.2308; 18.8830)

Parametry pikowych amplitud prędkości i przyspieszenia zarejestrowane od dwóch najsilniejszych indukowanych zjawisk sejsmicznych w IV kwartale 2024r przedstawia Tabela 2a i 2b.

Tabela 2a. Parametry pikowych amplitud prędkości i przyspieszenia zarejestrowane od indukowanego zjawiska sejsmicznego z dnia 18.12.2024r o mgnitudzie M_w 3.5.

Data	Czas UTC pocz.	Jedn.	PGV	Stan.	D[m]
2024-12-18	13:20:22.745	mm/s	2.641	MUR	3997
2024-12-18	13:20:23.085	mm/s	0.393	PLA	7748
2024-12-18	13:20:24.380	mm/s	0.265	MIK	11928
2024-12-18	13:20:24.245	mm/s	0.440	BEN	13420
2024-12-18	13:20:25.400	mm/s	0.611	PM2	15106
2024-12-18	13:20:27.000	mm/s	0.245	PM1	18046
2024-12-18	13:20:29.035	mm/s	0.187	MAK	19122
2024-12-18	13:20:26.615	mm/s	0.098	HUB	20713
2024-12-18	13:20:29.200	mm/s	0.325	JAW	20928
2024-12-18	13:20:27.465	mm/s	0.109	CZE	23885
2024-12-18	13:20:28.240	mm/s	0.130	CRW	26400
2024-12-18	13:20:30.800	mm/s	0.350	BAL	26919
2024-12-18	13:20:29.615	mm/s	0.166	JAN	27623
			PGA		
2024-12-18	13:20:23.005	m/s ²	0.011	OCd	7281
2024-12-18	13:20:23.045	m/s ²	0.029	OCg	7281
2024-12-18	13:20:25.815	m/s ²	0.005	I-d	15415
2024-12-18	13:20:27.620	m/s ²	0.011	I-g	15415
2024-12-18	13:20:28.625	m/s ²	0.009	BRO	23828

Tabela 2b. Parametry pikowych amplitud prędkości i przyspieszenia zarejestrowane od indukowanego zjawiska sejsmicznego z dnia 31.12.2024r o magnitudzie M_w 3.4.

Data	Czas UTC pocz.	Jedn.	PGV	Stan.	D[m]
2024-12-31	06:51:59.980	mm/s	1.285	MIK	8468
2024-12-31	06:52:00.235	mm/s	1.486	MAK	9148
2024-12-31	06:51:59.885	mm/s	0.359	PLA	10322
2024-12-31	06:52:01.000	mm/s	0.576	MUR	12425
2024-12-31	06:52:02.200	mm/s	0.684	CRW	17333
2024-12-31	06:52:02.215	mm/s	0.197	HUB	17872
2024-12-31	06:52:02.445	mm/s	0.156	BEN	20352
2024-12-31	06:52:07.000	mm/s	0.093	PM2	25036
2024-12-31	06:52:06.000	mm/s	0.083	PM1	27871
2024-12-31	06:52:08.400	mm/s	0.069	JAW	31224
2024-12-31	06:52:07.800	mm/s	0.090	BAL	37144
			PGA		
2024-12-31	06:51:58.600	m/s ²	0.060	OCd	3135
2024-12-31	06:51:58.645	m/s ²	0.114	OCg	3135

Z tabel 2a i 2b wynika, że najwyższe parametry bezwzględnych pikowych amplitud prędkości i przyspieszenia drgań, zarejestrowane przez GRSS GIG-PIB od dwóch najsilniejszych indukowanych zjawisk sejsmicznych w GZW w IV kwartale 2024, wyniosły:

- $PGV_{Hmax}=2.46$ mm/s w odległości prawie 4 km od epicentrum wstrząsu (rejestracja na stanowisku MURCKI (MUR)).
- $PGA_H=0.114$ m/s² w odległości 3.135km od epicentrum wstrząsu (rejestracja na stanowisku w Panewnikach (OCg)).

Sieć sejsmiczna GRSS GIG-PIB w IV kwartale 2024r. zarejestrowała najwyższą amplitudę prędkości drgań podłoża, $PGV= 3.5$ mm/s od wstrząsu sejsmicznego z dnia 19.10.2024r. z OG KWK Janina, zarejestrowanego na stanowisku sejsmicznym w Żarkach, oddalonym o 2.3 km od epicentrum zjawiska sejsmicznego. Najwyższa amplituda przyspieszenia drgań $PGA=0.310$ m/s² została z kolei zarejestrowana od wstrząsu sejsmicznego z dnia 28.11.2024r. z OG KWK Bobrek na stanowisku sejsmicznym w Miechowicach, oddalonym od epicentrum zjawiska sejsmicznego o 2.1 km

W IV kwartale 2024r mieszkańcy zgłosili do GRSS GIG-PIB informacje o odczuciu drgań, odnoszących się do 56 górniczych wstrząsów sejsmicznych indukowanych przez eksploatację pokładów węgla. Wykaz odczuty wstrząsów sejsmicznych w GZW, zgłoszonych przez mieszkańców do GRSS GIG-PIB, przedstawiono w poniższej tabeli 3.

Tabela 3. Wykaz indukowanych wstrząsów sejsmicznych w IV kwartale 2024r, dla których lokalna społeczność zgłosiła do GRSS GIG-PIB odczucia drgań

Data	Czas lokalny	Mw	Zgłoszenia do GRSS GIG-PIB
2024-10-01	18:49:33.745	<2.0	odczuty Marklowice
2024-10-02	20:42:50.615	2.93	odczuty Chrzanów, Pogorzycze
2024-10-03	21:17:55.600	2.89	odczuty Chrzanów, Jaworzno
2024-10-04	12:32:11.015	<2.0	odczuty Chrzanów

2024-10-04	18:46:53.015	2.79	odczuty Chrzanów
2024-10-07	20:03:29.800	3.11	odczuty Mysłowice
2024-10-08	03:09:34.200	2.76	odczuty Jaworzno
2024-10-09	22:31:08.415	2.85	odczuty Libiąż
2024-10-10	03:29:26.215	2.79	odczuty Chrzanów
2024-10-15	04:07:25.015	2.85	odczuty Chrzanów
2024-10-16	09:18:07.600	3.24	odczuty Mysłowice
2024-10-18	16:09:33.215	2.93	odczuty Chrzanów
2024-10-19	04:56:31.015	3.05	odczuty Chrzanów
2024-10-19	06:32:21.815	3.32	odczuty Libiąż, Chrzanów, Jaworzno
2024-10-19	06:41:44.015	2.71	odczuty Chrzanów
2024-10-20	18:17:48.400	3.41	odczuty Katowice, Mysłowice
2024-10-21	20:22:59.120	2.94	odczuty Szczerbice
2024-10-22	11:23:55.400	2.78	odczuty Cezarówka Dolna
2024-10-25	04:24:45.415	<2.0	odczuty Libiąż
2024-10-26	00:54:38.705	3.13	odczuty Mikołów Mokre
2024-10-29	23:41:11.600	3.38	odczuty Katowice Koszutka
2024-10-31	11:21:03.615	<2.0	odczuty Libiąż
2024-11-04	12:08:31.565	<2.0	odczuty Cieszyn
2024-11-06	04:46:10.415	2.88	odczuty Chrzanów
2024-11-13	05:29:04.435	2.85	odczuty Paniówki
2024-11-15	04:55:40.400	2.54	odczuty Jaworzno
2024-11-16	03:20:58.415	2.97	odczuty Chrzanów
2024-11-18	06:46:12.645	3.22	odczuty Ruda Śląska
2024-11-18	18:58:02.615	2.61	odczuty Zagórze
2024-11-23	12:50:48.215	2.82	odczuty Libiąż
2024-11-25	04:54:00.240	<2.0	odczuty Książenice
2024-11-25	04:54:36.040	<2.0	odczuty Książenice
2024-11-27	20:25:30.840	<2.0	odczuty Kuźnia Nieborowska
2024-11-28	14:56:03.160	3.19	odczuty Bytom, Zabrze, Chorzów, Tarnowskie Góry, Piekary Śląskie
2024-11-28	19:01:29.015	3.01	odczuty Libiąż
2024-12-02	11:24:56.615	<2.0	odczuty Libiąż
2024-12-03	19:50:06.200	2.86	odczuty Jaworzno
2024-12-03	22:02:03.035	<2.0	odczuty Ruda Śląska
2024-12-05	14:36:09.215	<2.0	odczuty Libiąż
2024-12-07	03:38:27.600	2.50	odczuty Jaworzno
2024-12-10	01:05:19.015	3.07	odczuty Zagórze
2024-12-10	09:45:37.840	2.87	odczuty Książenice
2024-12-11	09:24:50.580	<2.0	odczuty Mikołów Borowa Wieś
2024-12-11	16:21:19.840	2.78	odczuty Książenice
2024-12-12	22:13:15.165	<2.0	odczuty Gogołowa (koło Jastrzębia)
2024-12-13	23:21:59.625	3.05	odczuty Gorzów, Łędziny
2024-12-15	08:14:52.615	2.87	odczuty Zagórze
2024-12-15	08:39:46.415	<2.0	odczuty Zagórze
2024-12-18	01:12:33.640	<2.0	odczuty Knurów os.Szczygłowie
2024-12-18	13:20:22.745	3.50	odczuty Katowice, Tychy

2024-12-19	23:02:53.635	3.08	odczuty Czerwionka Leszczyny
2024-12-20	14:00:15.160	<2.0	odczuty Bytom Karb
2024-12-20	17:09:42.640	<2.0	odczuty Książenice
2024-12-20	21:00:35.965	3.14	odczuty Marklowice
2024-12-30	17:26:31.800	2.89	odczuty Rybnik, Książenice, Czerwionka Leszczyny
2024-12-31	06:51:58.600	3.40	odczuty Mikołów, Tychy, Łaziska, Ruda Śląska, Borowa Wieś, Orzesze (ok. 40 zgłoszeń)

Baza makrosejsmicznej intensywności oddziaływania górniczych wstrząsów sejsmicznych w GZW na środowisko powierzchniowe za rok 2024 obejmuje łącznie 158 zjawisk sejsmicznych zgłoszonych przez mieszkańców GZW.

4. Podsumowanie

W czwartym kwartale 2024 roku, Górnośląska Regionalna Sieć Sejsmologiczna (GRSS GIG-PIB) zarejestrowała w obszarze GZW 114 indukowanych zjawisk sejsmicznych o magnitudzie $M_w \geq 2.0$. W trakcie procedury interpretacyjnej obliczono do każdego zjawiska lokalizację ogniska w geograficznym układzie współrzędnych oraz magnitudę z momentu sejsmicznego. Wykaz tych zjawisk sejsmicznych wraz z ich lokalizacją i magnitudą przedstawiono w tabeli 1 oraz w oddzielnym pliku w formacie csv: *baza danych o indukowanych zjawiskach sejsmicznych w GZW w IV kwartale 2024*. Lokalizację epicentrow 114 najsilniejszych indukowanych wstrząsów sejsmicznych przedstawiono na mapie obszaru GZW- rys.6.

Wszystkie najsilniejsze wstrząsy sejsmiczne z IV kwartału 2024r zostały również wprowadzane na stronę internetową Górnośląskiej Regionalnej Sieci Sejsmologicznej GIG-PIB, www.grss.gig.eu. Ze strony tej korzysta lokalna społeczność Górnego Śląska, naukowcy z dziedziny nauk o Ziemi z kraju i z zagranicy, lokalna administracja rządowa, miejskie i gminne sztaby kryzysowe, samorządy oraz kopalnie i SRK S.A.

Sieć sejsmiczna GRSS GIG-PIB w IV kwartale 2024r. zarejestrowała najwyższą amplitudę prędkości drgań podłoża, $PGV = 3.5$ mm/s od wstrząsu sejsmicznego z dnia 19.10.2024r. z OG KWK Janina, zarejestrowanego na stanowisku sejsmicznym w Żarkach, oddalonym o 2.3 km od epicentrum zjawiska sejsmicznego. Najwyższa amplituda przyspieszenia drgań $PGA = 0.310$ m/s² została z kolei zarejestrowana od wstrząsu sejsmicznego z dnia 28.11.2024r. z OG KWK Bobrek na stanowisku sejsmicznym w Miechowicach, oddalonym od epicentrum zjawiska sejsmicznego o 2.1 km.

Dwa najsilniejsze indukowane zjawiska sejsmiczne charakteryzowały się magnitudą z momentu sejsmicznego, $M_w 3.5$ oraz $M_w 3.4$ i wystąpiły odpowiednio w obszarze górniczym KWK Murcki-Staszic i KWK Ruda. Wstrząsy te były bardzo silnie odczute przez mieszkańców

aglomeracji śląskiej w Katowicach, Tychach oraz w Mikołowie, Łaziskach, Rudzie Śląskiej, Borowej Wsi i Orzeszu.

W czwartym kwartale 2024r. mieszkańcy zgłosili do GRSS GIG-PIB informacje o odczuciu drgań, odnoszących się do 56 indukowanych zjawisk sejsmicznych w GZW.

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.*

Literatura:

1. Hanks T.C., Kanamori H. 1979: A moment magnitude scale. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 84, No. B5. Pp. 23482350.
2. Havskov J. : Earthquake location. *Seisan*.
3. Lurka A., Mutke G. i Szreder Z. 2023 : Monitoring zjawisk sejsmicznych . w *Automatyzacja i monitorowanie procesu produkcyjnego w kopalniach podziemnych – polskie doświadczenia we wdrażaniu paradygmatu PRZEMYSŁU 4.0*. Monografia naukowa pod redakcją Artura DYCZKO. <https://doi.org/10.32056/KOMAG/Monograph2023.4>.
4. Mutke G. (red) Barański A. ,Chodacki J., Dubiński J., Kowal T.,Lurka A.,Muszyński L., Stec K. 2018 „Zasady stosowania Górniczej Skali Intensywności Sejsmicznej GSIS-2017 do prognozy o oceny skutków oddziaływania wstrząsów indukowanych eksploatacją na obiekty budowlane oraz klasyfikacji ich odporności dynamicznej” – Instrukcja nr 23 Głównego Instytutu Górnictwa, Wyd. GIG, Katowice 2018.
5. Mutke G. 2019: Oddziaływania górniczych wstrząsów sejsmicznych na powierzchnię". Wydawnictwo GIG. Monografia. ISBN 978-83-65503-21-3.
6. Mutke G., Gehl P., Lurka A. & Kotyrba A. 2023 : Seismic hazard control and prediction of surface adverse effects. Chapter 5 in guidelines “Methods on assessment and monitoring of seismic hazards in coal post-mining areas. Sokoła_Szewiola V., Kotyrba A. and Alheib M. eds. Silesian University of Technology Publishing House, 118p., ISBN 978-83-7880-924-1.
7. Mutke G., Lurka A., Kotyrba A. 2024: Monitorowanie sejsmiczności indukowanej na etapie likwidacji i zatapiania wyrobisk górniczych kopalni Kazimierz Juliusz. W *Hydrogeologia w praktyce - praktyka w hydrogeologii*. *Hydrogeologia dla bezpieczeństwa, gospodarki, energetyki i środowiska*. Wyd. GIG-PIB.

KARTA INFORMACYJNA RAPORTU 1.1.4 – Zał. 1

MONITOROWANIE SEJSMICZNOŚCI INDUKOWANEJ

Aktywność sejsmiczna zarejestrowana w obszarze GZW w IV kwartale 2024r przez sieć seismologiczną GRSS GIG-PIB

Liczba zjawisk sejsmicznych o magnitudzie $M_w \geq 2.0$:

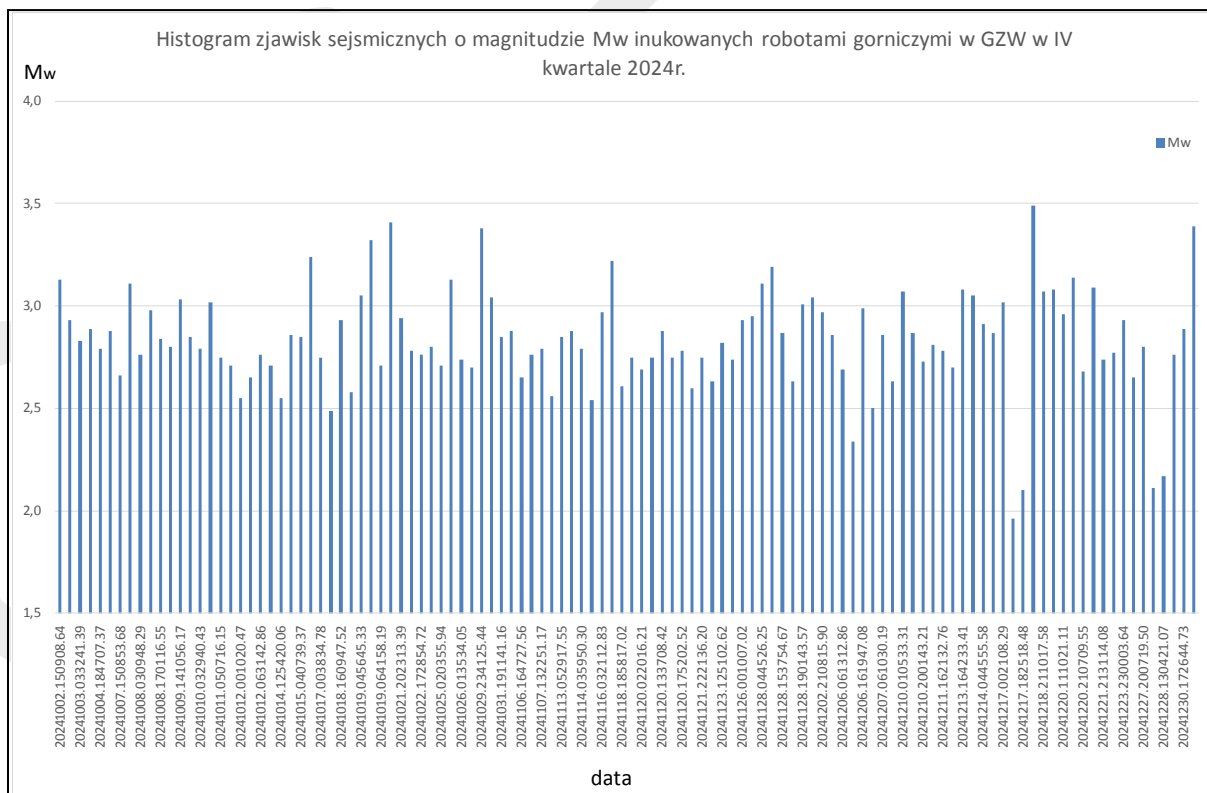
114

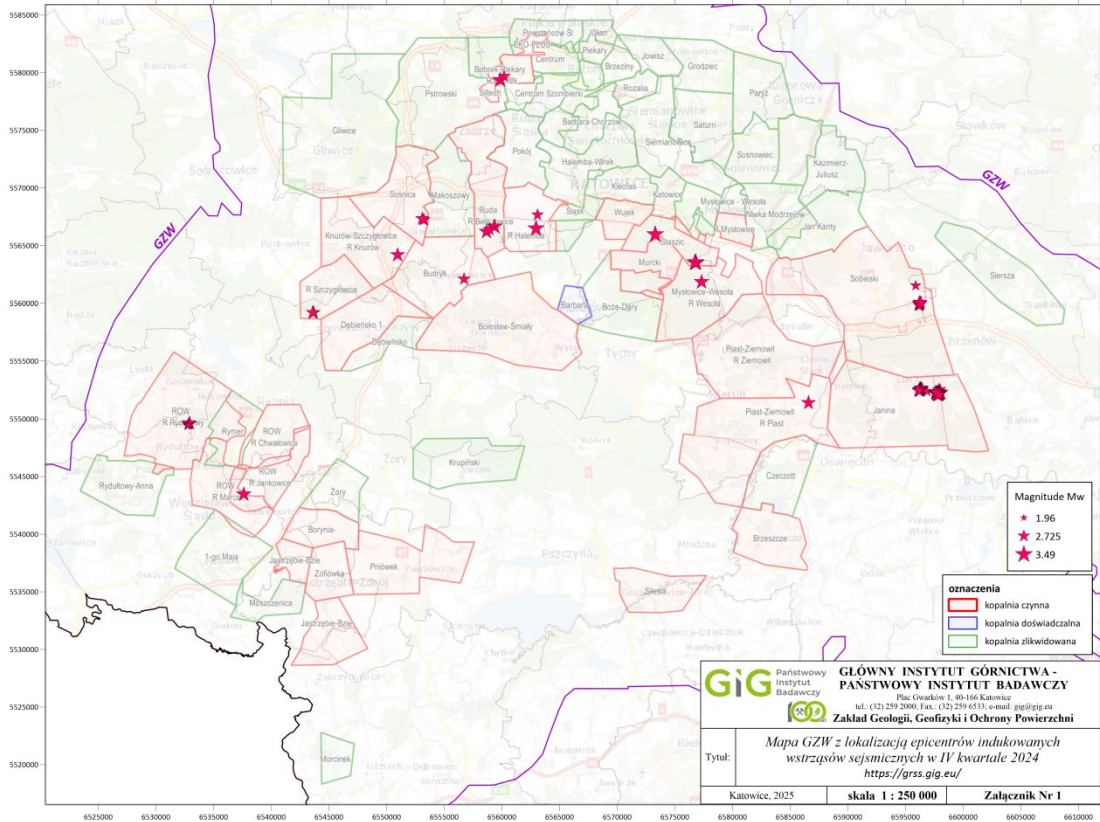
Liczba zjawisk sejsmicznych odczutyh przez mieszkańców i zgłoszonych do GRSS:

56

Maksymalna magnituda z momentu sejsmicznego, M_w :

3.5





Mapa z lokalizacją epicentrów najsilniejszych indukowanych zjawisk sejsmicznych w GZW w czwartym kwartale 2024r - ($M_w \geq 2.0$)